

Ricostruzione digitale e realtà virtuale per la valorizzazione del patrimonio culturale

Il tempio di Mut a Karnak tra patrimonio materiale e immateriale

Candidata

Beatrice Bortoluzzi

Relatrice

Roberta Spallone

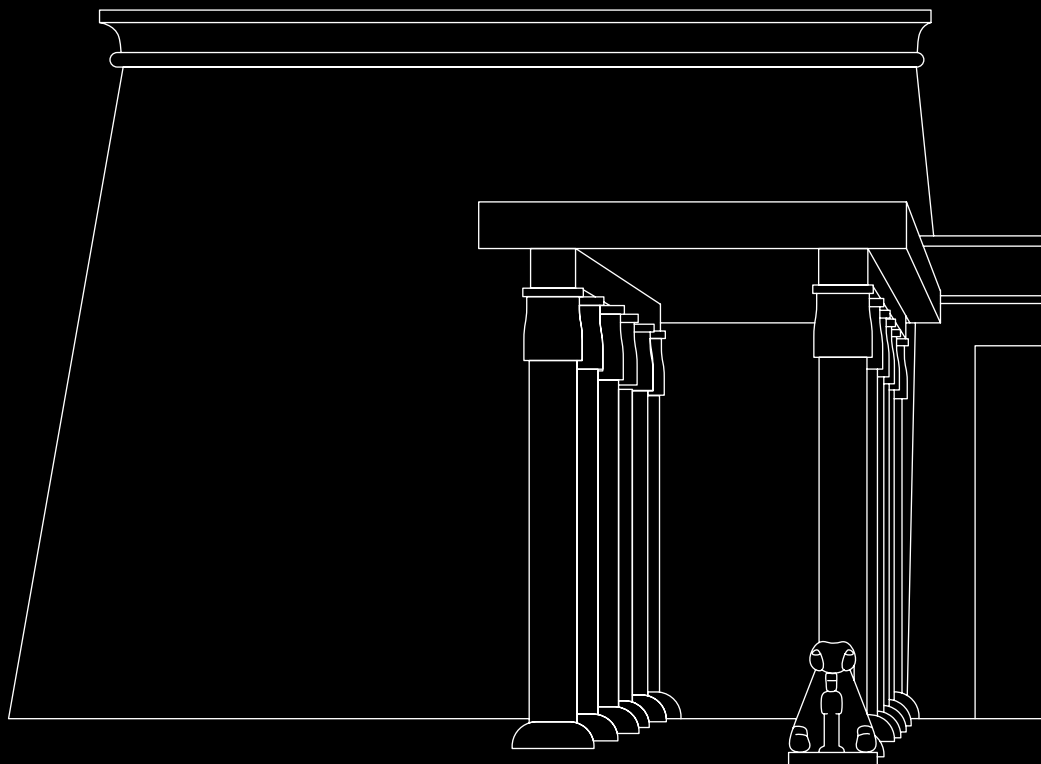
Correlatori

Martina Rinascimento

Johannes Auenmüller

Fabrizio Lamberti

Federico De Lorenzis



Ricostruzione digitale e realtà virtuale per la valorizzazione del patrimonio culturale

Il tempio di Mut a Karnak tra patrimonio materiale e immateriale



**Politecnico
di Torino**

Corso di Laurea
Design e Comunicazione
A.a. 2025/2026
Sessione di Laurea
Febbraio 2026

Un progetto in collaborazione
con il Museo Egizio di Torino



Candidata

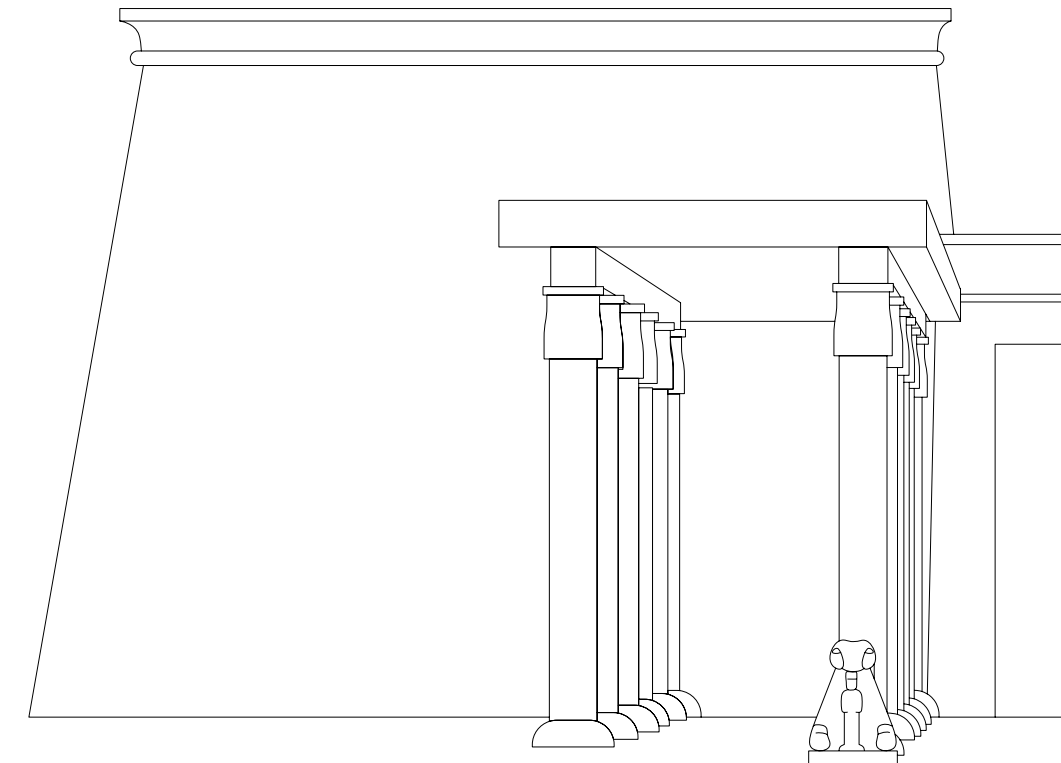
Beatrice Bortoluzzi

Relatrice

Roberta Spallone

Correlatori

Martina Rinascimento
Johannes Auenmüller
Fabrizio Lamberti
Federico De Lorenzis



Abstract

Questo progetto di tesi si inserisce nel campo della digitalizzazione del patrimonio culturale e nasce da una collaborazione tra il Politecnico di Torino, nello specifico il Dipartimento di Architettura e Design (DAD) e il Dipartimento di Automatica e Informatica (DAUIN), con il supporto tecnico del laboratorio VR@POLITO, e il Museo Egizio di Torino, con l'obiettivo di esplorare le potenzialità delle tecnologie digitali per la ricostruzione e la valorizzazione del patrimonio culturale.

A partire dalla richiesta iniziale del Museo Egizio relativa alla creazione di uno spazio digitale di collocamento per le statue della dea Sekhmet provenienti dal Tempio di Mut e oggi conservate presso il museo, il progetto si è articolato in un lavoro di modellazione digitale ricostruttiva dell'architettura del tempio. Su questa base è stata progettata una struttura narrativa e interattiva per un'esperienza di realtà virtuale finalizzata alla comunicazione di elementi del patrimonio culturale legati al sito, con particolare attenzione ai rituali giornalieri che venivano svolti al suo interno.

This thesis project is situated within the field of cultural heritage digitization and stems from a collaboration between the Politecnico di Torino, involving the Department of Architecture and Design (DAD) and the Department of Control and Computer Engineering (DAUIN), with technical support from the VR@POLITO lab, and the Museo Egizio di Torino. The project aims to explore the potential of digital technologies for the reconstruction and enhancement of cultural heritage.

Starting from an initial request by the Museo Egizio concerning to create a digital spatial context for the statues of the goddess Sekhmet from the Temple of Mut, now held in the museum's collection, the project developed into a reconstructive digital modeling process of the temple's architecture. On this basis, a narrative and interactive structure was designed for a virtual reality experience intended to communicate elements of cultural heritage related to the site, with particular attention to the daily rituals that were performed within it.

Indice

1. Introduzione	6-11	4. Il progetto	62-125
2. Teorie e pratiche per il digital heritage	12-41	4.1 Modellazione digitale ricostruttiva	64
2.1 Patrimonio culturale: definizioni	14	4.2 Dai materiali reali alle texture	82
2.2 Il processo di digitalizzazione	18	4.3 L'esperienza di realtà virtuale	92
2.3 Finalità e strumenti	24	5. Conclusioni	126-131
2.4 Casi studio	36	Bibliografia e sitografia	132
3. Il tempio di Mut a Karnak	42-61	Indice delle figure	136
3.1 Contesto storico culturale	44		
3.2 Contesto religioso	52		

INTRODUZIONE

Capitolo 1

Contesto

Il progetto di tesi nasce da una collaborazione tra il **Dipartimento di Architettura e Design (DAD)** e il **Dipartimenti di Automatica e Informatica (DAUIN)**, con il supporto tecnico del laboratorio VR@POLITO, del Politecnico di Torino, e il Museo Egizio di Torino. L'obiettivo è quello di esplorare **come le nuove tecnologie possano essere impiegate nel campo della valorizzazione del patrimonio culturale**, trattando nello specifico la comunicazione di patrimoni complessi come quello archeologico e immateriale.

Negli ultimi 50 anni l'UNESCO ha dato le definizioni e ha parlato ampiamente di **patrimonio culturale**, arrivando ad includere al suo interno anche quello intangibile, sempre con l'intenzione di **sottolineare l'importanza della sua preservazione** per le generazioni future. Inevitabilmente, ad oggi il digitale è lo strumento maggiormente utilizzato per questo scopo, tant'è che si parla di digital heritage; **da strumento, il digitale diventa soggetto stesso di riconoscimento e di tutela**. L'utilizzo delle tecnologie come la modellazione 3D o la realtà estesa rendono la preservazione più sistematica e duratura, aiutano la comunità scientifica nello studio di ipotesi ricostruttive, e permettono una comunicazione più diretta e partecipata.

Tema del progetto

Il progetto di tesi nasce dalla richiesta del Museo Egizio di Torino di creare uno **spazio digitale di collocamento per le statue della dea Sekhmet**, provenienti dal tempio di Mut a Karnak, e oggi conservate al museo nella Galleria dei Re. Per fare ciò è stato necessario un lavoro di modellazione digitale ricostruttiva del tempio di Mut, a cui è seguita la progettazione di un'esperienza di realtà virtuale per raccontare lo spazio digitale creato.

Il tempio di Mut fa parte del grande complesso templare di Karnak a Tebe, l'odierna Luxor. L'intero complesso è dedicato alla **triade tebana**, composta dalla dea Mut, dal suo consorte Amon, e il figlio Khonsu. Il culto del dio Amon si afferma in quest'area

Fasi progettuali

soprattutto durante il Nuovo Regno (ca. 1550-1080 a.C.), periodo in cui si colloca la nascita del tempio di Mut. Nel corso di 1500 anni il tempio si è espanso, ha subito modifiche, e ad oggi non rimangono che pochi resti.

Il progetto si è articolato in una prima parte di ricerca bibliografica e di studio così da acquisire gli strumenti per poter affrontare il lavoro di **modellazione digitale ricostruttiva e la conseguente texturizzazione con i rilievi** rimasti in situ. In questo modo è stato possibile ridare alle statue della dea Sekhmet uno spazio digitale di collocamento, oltre che a fornire alla comunità scientifica un'**ipotesi ricostruttiva digitale del tempio di Mut**.

La seconda parte del progetto si è concentrata sulla **progettazione dell'esperienza di realtà virtuale immersiva**, in cui si è deciso di andare a raccontare i **rituali quotidiani** che venivano svolti all'interno del tempio. Il tempio di Mut, in quanto tempio dedicato alla madre della triade tebana, e luogo di collocamento di un gran numero di statue della dea Sekhmet, è uno spazio con una forte valenza religiosa. Per questo motivo è apparso opportuno restituire l'importanza attraverso un **progetto che ne valorizzasse il significato culturale e simbolico**.

Metodologie

Nello sviluppo del progetto nel suo insieme è stato fondamentale acquisire la terminologia e le conoscenze attraverso un approfondito **studio iniziale e ricerca delle fonti bibliografiche e iconografiche** per poter avviare il progetto di modellazione e texturizzazione. La **modellazione e la texturizzazione** di tutti i modelli 3D, dal tempio agli oggetti utili per l'esperienza di realtà virtuale, è stata fatta utilizzando il software **Blender**.

La progettazione dell'esperienza di realtà virtuale, oltre ad una ricerca iniziale per la ricostruzione dei rituali, ha previsto la definizione di uno **storyboard**. In questa fase si è poi inserita la **collaborazione**

interdisciplinare all'interno del VR@POLITO con il laureando magistrale di Ingegneria Informatica Antonio Lucas Francaviglia. Mentre io ho messo a disposizione tutto il materiale creato, Antonio si è occupato della programmazione e dell'implementazione dell'applicazione, fornendo infine due risultati distinti, in base alle esigenze delle rispettive tesi, partendo però da una base comune. **La collaborazione è stata fondamentale per comprendere la fattibilità di alcune soluzioni progettuali** presenti nello storyboard iniziale, ed eventualmente apportare delle modifiche in base alla funzionalità del programma. Per la realizzazione dell'esperienza di realtà virtuale Antonio ha utilizzato il software **Unity**.

In tutte le fasi del progetto è stato fondamentale il costante **confronto con il curatore del Museo Egizio di Torino, il Dott. Johannes Auenmüller**, che ha guidato il processo di studio iniziale, la ricerca delle fonti e degli esempi comparativi a supporto della modellazione, e ha verificato l'accuratezza degli elaborati da me sviluppati.

Utenza

Il progetto nel suo insieme non è stato pensato per un'utenza specifica, bensì per poter essere di interesse sia per un pubblico generico, che per quello scientifico. Per la prima, sia che l'esperienza venga vissuta all'interno del contesto museale, sia attraverso piattaforme online da remoto, il progetto si configura come un'esperienza guidata all'interno del tempio che è alternativa rispetto a quella di una guida tradizionale. Permette di **visitare spazi che non sarebbe possibile vedere, e di vivere l'esperienza del rituale, che altrimenti non sarebbe possibile ricreare**, se non sfruttando le potenzialità degli ambienti immersivi digitali.

Per la **comunità scientifica**, il modello del tempio può essere **oggetto di studio e di sperimentazione di nuove ipotesi ricostruttive**, permettendo una visualizzazione dei volumi e degli spazi unica.

In questo capitolo si vuole dare una panoramica sulla situazione dell'utilizzo del **digitale per la valorizzazione del patrimonio culturale** di diverso genere, trattando **le finalità e gli strumenti** che vengono principalmente impiegati e riflettendo sulle **effettive potenzialità**.

L'impiego di tecnologie digitali non si limita alla semplice riproduzione del dato, ma introduce **nuovi metodi per documentare, studiare e comunicare** il patrimonio culturale.

TEORIE E PRATICHE PER IL DIGITAL HERITAGE

2.1 PATRIMONIO CULTURALE: DEFINIZIONI

La tesi si propone di contribuire alla valorizzazione e alla trasmissione di elementi riconducibili al **patrimonio culturale tangibile e intangibile**, partendo da una base di ricerca storico-scientifica, e sfruttando le potenzialità offerte delle nuove tecnologie digitali per rendere **efficace e memorabile la divulgazione e la comprensione di tali contenuti**.

Il sito archeologico del tempio di Mut, nonostante non rientri in modo autonomo nella lista dei Patrimoni dell'Umanità secondo l'UNESCO, può essere considerato a pieno titolo parte del patrimonio culturale secondo la definizione che questa istituzione ne fa. La **Convenzione riguardante la protezione sul piano mondiale del patrimonio culturale e naturale** del 1972, include infatti nel patrimonio culturale **monumenti, complessi e siti di valore universale eccezionale sotto il profilo storico, artistico o scientifico** (UNESCO, 1972). Il patrimonio culturale, che per come viene descritto nella convenzione possiamo definire per lo più tangibile, può essere ulteriormente suddiviso in patrimonio immobile, che comprende edifici storici, monumenti e siti archeologici, e in patrimonio mobile, come i dipinti, le sculture, gli arredi e gli affreschi, che sono quindi solitamente esposti in musei o archivi (Wan Isa et al., 2018).

L'articolo 1 e 2 della convenzione (UNESCO, 1972) servivano a dare una definizione di patrimonio culturale e naturale al fine di comprendere cosa potesse rientrare nella **Lista dei patrimoni dell'umanità**, nata successivamente nel 1975. L'obiettivo iniziale era quello di indicare **100 siti tra culturali e naturali, dal valore universale eccezionale, che era dovere della comunità internazionale proteggere** (Rodwell, 2012). [Fig. 2.1]

Tuttavia, la Convenzione del 1972 dava una **definizione di patrimonio culturale fortemente materiale**, per cui diventava meritevole di riconoscimento solo ciò che era ritenuto stabile, **dotato di valori intrinseci e di autenticità**. L'autenticità di cui si parla è intesa nei **materiali**, che devono essere quelli originali; nell'**esecuzione**, in base all'importanza del processo; nel **design**, coerente con l'intenzione del progettista; nell'**ambiente**, in cui l'artefatto deve essere contestualizzato. L'appartenenza alla definizione si stabiliva quindi sul possesso o meno di certi valori, che a loro volta erano **fortemente basati sugli attributi fisici dell'oggetto**. In questo modo si andava a separare l'edificio dalla sua componente intangibile culturale, e proprio per questa distanza le persone faticavano a riconoscergli il giusto valore, con un conseguente aumento di casi di vandalismo. La conclusione di questa riflessione è quindi che **un sito dovrebbe essere definito parte del patrimonio culturale mondiale in base ai valori che le persone gli assegnano, e non il contrario**. Il tangibile quindi può essere interpretato solo attraverso l'intangibile (Munjeri, 2004).

Questa consapevolezza ha portato, nel tempo, a una revisione del concetto stesso di patrimonio culturale e ad una **progressiva convergenza tra le nozioni di patrimonio tangibile e intangibile**.

In questo quadro si inserisce la **Convenzione per la salvaguardia del patrimonio culturale immateriale del 2003**, che ne introduce ufficialmente la definizione, e di conseguenza la necessità di un piano di protezione e preservazione. Secondo questo documento, sono considerabili parte del patrimonio culturale intangibile **le pratiche, le rappresentazioni, le espressioni, le conoscenze e il know-how che le comunità stesse riconoscono in quanto parte del loro patrimonio culturale**. Questi elementi, trasmessi di generazione in generazione, vengono costantemente ricreati dai nuovi membri della comunità in risposta al loro ambiente. Essi contribuiscono a

rafforzare il senso di identità e continuità delle comunità stesse, promuovendo al contempo il **rispetto per la diversità culturale e la creatività umana** (UNESCO, 2003a).

Nella stessa convenzione, l'UNESCO categorizza il patrimonio culturale intangibile in cinque categorie:

- **le tradizioni orali e le espressioni** che includono il linguaggio;
- **le arti performative**, di cui la musica intesa come voce e strumenti, la danza e il teatro;
- **le pratiche sociali**, i rituali e le festività, ovvero le attività che caratterizzano e scandiscono la vita quotidiana della comunità;
- **le conoscenze e le pratiche rispetto alla natura e all'universo**, ovvero ciò che la comunità produce in relazione all'ambiente che li circonda. Questo definisce sostanzialmente qual è la visione che le persone hanno del contesto in cui vivono;
- **l'artigianato tradizionale**, prediligendo le capacità e le conoscenze, piuttosto che il manufatto in sé (UNESCO, 2003a).

Fig. 2.1 ↓
Incisioni rupestri della Valcamonica, primo sito italiano ad entrare nella Lista dei patrimoni dell'umanità nel 1979.



Con la convenzione, viene istituita una nuova lista, parallela a quella del 1975, ma incentrata proprio sulla salvaguardia di queste espressioni culturali, la **Lista rappresentativa del patrimonio culturale immateriale dell'umanità**. [Fig. 2.2]

Risulta quindi chiaro che una delle **missioni principali dell'UNESCO**, sin dalla sua fondazione, sia la **preservazione del patrimonio culturale**, nelle sue accezioni di tangibile e intangibile. La conservazione del patrimonio è considerata **fondamentale per la memoria culturale, per l'accessibilità e la fruizione anche a distanza, per la tutela della diversità ambientale e per i benefici economici che ne derivano** (Wan Isa et al., 2018). Nel corso del tempo, tali obiettivi sono stati perseguiti attraverso il susseguirsi di metodi e approcci differenti.

In particolare, negli ultimi decenni, l'avvento e la diffusione delle tecnologie digitali hanno prodotto dei cambiamenti radicali nei processi di produzione, trasmissione e accesso all'informazione (Cunsolo, 2021), incidendo anche sulle pratiche di tutela, studio e comunicazione del patrimonio culturale.

L'utilizzo di strumenti digitali per la trasmissione del patrimonio culturale **favorisce un processo di immedesimazione e comprensione** che rende accessibile ciò che altrimenti rischierebbe di rimanere appannaggio della sola comunità scientifica. In questo senso, pratiche come la modellazione 3D e l'utilizzo di tecnologie immersive si configurano come strumenti particolarmente efficaci per **ridare vita a pratiche ad oggi non più osservabili, in spazi ancora meno visibili**. Attraverso il digitale **le conoscenze e le competenze si conservano in modo più duraturo e sistematico** (Wan Isa et al., 2018).

Il digitale è dunque inizialmente inteso come **strumento per la preservazione e la trasmissione del patrimonio culturale**: tuttavia, la crescente produzione di contenuti nel virtuale porta a riconoscere

che **il materiale digitale creato è a sua volta portatore di valore culturale** e costituisce **parte integrante della cultura contemporanea**.

In risposta a questa trasformazione, nel **2003**, con la **Carta per la conservazione del patrimonio digitale**, l'UNESCO dà una definizione di **digital heritage**, riconoscendo un valore culturale alle risorse di diverso genere create in digitale, o convertite in forma digitale a partire da risorse analogiche esistenti (UNESCO, 2003b).

Con questa carta viene riconosciuta la necessità di **preservare il patrimonio digitale** per le generazioni future, garantendone l'accessibilità, e nel caso di quello pubblico, **la libertà da qualsiasi restrizione immotivata** (UNESCO; 2003b).

Fig. 2.2 ↓

Teatro delle marionette dei Pupi siciliani, primo sito italiano inserito nella Lista rappresentativa del patrimonio culturale immateriale dell'umanità 2008.



Il documento sottolinea come la perdita del patrimonio digitale rappresenti un'emergenza imminente, dovuta all'**obsolescenza degli hardware e dei software** che ne permettono la visione. Per garantire una continuità nel tempo del patrimonio digitale e rendere l'accesso al bene duraturo, bisogna agire già dalla sua creazione, con la **scelta di sistemi e procedure affidabili** per la produzione di oggetti digitali autentici e stabili. Viene inoltre sottolineata l'importanza della **collaborazione tra enti e istituzioni**, in considerazione della **natura intrinsecamente multidisciplinare del patrimonio digitale**, al fine di definire linee guida e buone pratiche condivise per facilitare la condivisione delle risorse (UNESCO; 2003b).

I beni digitali intesi come digital heritage non vanno interpretati come contrapposti a quelli **naturali tangibili e intangibili**, ma come una **nuova manifestazione di questi**, potenziati dal punto di vista dei processi di interpretazione, comunicazione e conservazione. Gli strumenti di modellazione e visualizzazione nel digitale rappresentano per il patrimonio culturale l'occasione di sviluppare un flusso comunicativo e multidirezionale, mostrando **informazioni di diversa natura** che contribuiscono contemporaneamente alla formazione del messaggio. In questo, è di fondamentale importanza l'**accostamento al modello 3D dei dati relativi**, che possono in questo caso essere considerati come due facce della stessa medaglia (Brusaporci & Maiezza, 2018).

Rispetto alla tesi, si può affermare che il lavoro di ricostruzione digitale del tempio di Mut rientra pienamente nelle pratiche di **produzione di digital heritage**, tangibile per quanto riguarda la dimensione architettonica, e intangibile per la restituzione delle pratiche rituali attraverso la realtà virtuale.

2.2 IL PROCESSO DI DIGITALIZZAZIONE

Carta di Londra e Carta di Siviglia

Alla base di un **artefatto di digital heritage che nasce da una fonte analogica** c'è un processo di digitalizzazione della fonte stessa che va ben oltre la semplice copia o trasposizione del dato. Esistono di conseguenza numerose carte e documenti volti a fornire delle linee guida per una digitalizzazione il più possibile **coerente e scientificamente corretta**.

La **Carta di Londra** è al momento il **documento più attendibile a livello internazionale** quando si parla di digitalizzazione del patrimonio culturale, la quale **manca però di specificità**. Infatti, può essere considerata una base per andare a sviluppare i progetti digitali di patrimonio culturale, ma invita i lettori a sviluppare, a partire da questa, nuove linee guida che rispondano agli specifici bisogni di ogni campo che può essere racchiuso all'interno del termine Patrimonio culturale. Come abbiamo detto all'inizio, infatti, all'interno del patrimonio culturale troviamo elementi materiali e immateriali di vario genere, appartenenti a diversi campi di studio. Esistono quindi, a partire dalla Carta di Londra, diversi documenti che affrontano il tema della ricostruzione e della visualizzazione digitale del patrimonio culturale in ambiti specifici.

I **principi di Siviglia**, ad esempio, trattano la **ricostruzione e la visualizzazione digitale del patrimonio archeologico**. Tali principi nascono nell'ambito di una serie di incontri e workshop, tenutisi a Siviglia tra il 2010 e 2011 presso la The Spanish Society of Virtual Archaeology (SEAV), che hanno coinvolto diversi membri della comunità scientifica, e da cui sono emersi una serie di **linee guida e pratiche condizionali**. Queste indicazioni vennero successivamente

raccolte e sistematizzate da Lopez-Menchero e Grande (2011) in un documento che le formalizza sotto forma di principi, in continuità con la Carta di Londra. **La versione ufficiale arriva poi nel 2017, pubblicata dall'ICOMOS** (Consiglio Internazionale dei Monumenti e dei Siti) sotto il nome di International **Principles of Virtual Archaeology** (ICOMOS, 2017).

Secondo questo documento, quando si parla di digitalizzazione del patrimonio archeologico, il processo può essere diviso in **più fasi**, in base al grado di intervento interpretativo sul dato originario:

- **Virtual anastylosis**, che consiste nella riproduzione digitale degli elementi esistenti, senza operazioni di riassetto o integrazione delle parti mancanti [Figg. 2.3-2.4];
- **Virtual restoration**, dove il modello digitale diventa un ambiente di lavoro in cui poter ricollocare i materiali conservati, consentendo la sperimentazione di diverse ipotesi di configurazione in modo più veloce ed efficace [Fig. 2.5];
- **Virtual reconstruction**, fase in cui il modello digitale derivato dal processo di restoration si arricchisce grazie alle evidenze materiali presenti in situ, le fonti storiche, le conoscenze teoriche e i confronti tipologici per ricostruire le parti mancanti [Fig. 2.6];
- **Virtual recreation**, che mira a ricostruire il sito archeologico in un determinato momento del passato, includendo non solo gli aspetti architettonici e materiali, ma anche elementi della cultura immateriale, il paesaggio, i costumi e le pratiche sociali [Fig. 2.7].

Virtual anastylosis

In termini tradizionali, l'**anastilos** in archeologia è "la ricostruzione di antichi edifici, specialmente dell'antichità classica, ottenuta mediante la **ricomposizione, con i pezzi originali**, delle antiche strutture" (Treccani, n.d.). Applicato in modo tradizionale è un processo faticoso e invasivo per l'opera, per cui la sua versione digitale diventa molto vantaggiosa in certi casi.

Un esempio chiaro e interessante di **virtual anastylosis** è quello applicato su due frammenti di una statua greca arcaica, di cui il torso è oggi conservato nel Museo Archeologico di Siracusa e la testa, proveniente da Lentinoi, si trova nel Museo di Castello Ursino a Catania. Entrambi risalgono alla fine del VI a.C. e presentano caratteristiche simili, per cui gli studiosi ipotizzavano che potessero essere uno complementare dell'altro, andando a formare l'unica statua di **kouros** (figura umana maschile nuda e stante) integra rinvenuta in Sicilia, un dato di **grande importanza storica e archeologica**. Tuttavia, il pubblico difficilmente percepiva la valenza di ciò perché la comunicazione museale si è sempre basata sulla rappresentazione fotografica, in questo caso non adatta ed esaustiva. Per rispondere a questo problema, i ricercatori hanno **scannerizzato i due manufatti** [Fig. 2.3], **creando un modello 3D unico** [Fig. 2.4] che è poi stato **condiviso online** e anche stampato in 3D. Si tratta di un processo di virtual anastylosis perché **i manufatti sono stati digitalizzati e restituiti senza interventi di restauro o di ricostruzioni** (Stanco et al., 2017).

Fig. 2.3 ↓

Acquisizione digitale della testa del Kouros di Lentini al Museo Civico "Castello Ursino" di Catania.

Fig. 2.4 ↓

Elaborazione del modello 3D della testa+busto.



Virtual restoration e virtual reconstruction

Per meglio comprendere le differenze tra la virtual restoration e virtual reconstruction, si può fare riferimento a quella che è la differenza tra **restauro conservativo** e quello che viene definito **restauro "stilistico", o "alla maniera"**. Il restauro conservativo consiste nell'eliminare il più possibile gli effetti del degrado e restituire la leggibilità del manufatto, senza però andare a ricostruire le parti mancanti. Questo restauro si basa sulle **fonti dirette**, ovvero le **informazioni reperibili e verificabili direttamente dal manufatto**. Il restauro stilistico invece prevede un **approccio multidisciplinare**, dove andando a consultare **fonti indirette**, come stampe, fotografie d'archivio e disegni, si può andare ad **ipotizzare una ricostruzione delle parti mancanti**. Questi due approcci sono entrambi presenti nel lavoro di M. Limoncelli (2018) rispetto al progetto di restauro digitale delle superfici decorate della Casa del Centenario, a Pompei. Per le superfici meglio conservate è stato possibile applicare un processo di restauro virtuale [Fig. 2.5], mentre per quelle caratterizzate dalla quasi totale perdita di leggibilità è stato usato un approccio ricostruttivo multidisciplinare [Fig. 2.6] (Coralini & Limoncelli, 2020).

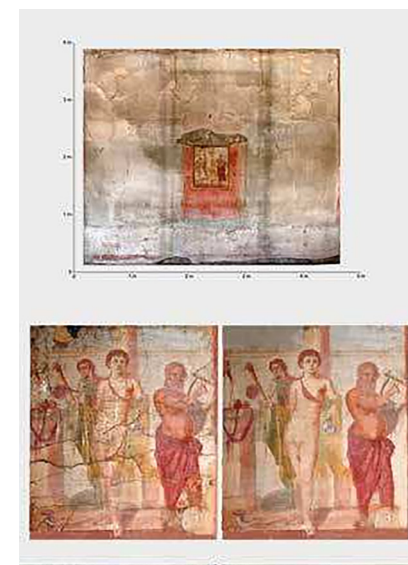


Fig. 2.5 ↗

Pompei, Casa del Centenario, triclino 41: restauro virtuale, con tecnica del ritocco totale (o mimetico) dei quadri centrali.

Fig. 2.6 ←

Pompei, Casa del Centenario I, atrio 49, larario: da sinistra, stato dei luoghi nel 2000 e nel 1880 e ricostruzione virtuale.

Virtual recreation

Il processo di **virtual recreation** mira al **recupero visivo del passato** di un contesto archeologico laddove le fonti dirette, ovvero i dati fisici in situ, siano andati persi. Ci si basa quindi sui dati storici, letterari e analogie stilistiche per **restituire la "sensazione" dello spazio e del paesaggio antico**, più che dell'architettura nello specifico (virtual reconstruction). Il progetto di virtual recreation della **città romana di Épora, in Spagna**, vuole andare a ricostruire il paesaggio urbano e la abitazione attraverso ragionamenti e ipotesi non sempre confermabili da fonti dirette in situ, ma sostenute dai dati riguardanti gli **insediamenti di questa tipologia** [Fig. 2.7]. L'obiettivo è mostrare come una ricreazione virtuale possa sostenere la ricerca, il turismo culturale e la tutela del patrimonio nonostante la scarsità di fonti documentarie (Sicre-González & Ortiz-García, 2024).

Fig. 2.7 ↓

(a) Sketch della virtual recreation della città romana di Épora; (b) il risultato finale.

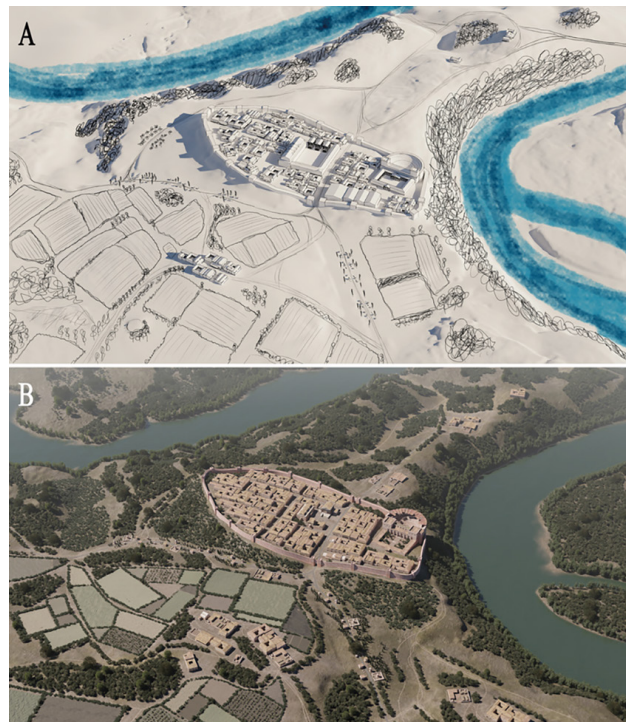


Fig. 2.8 ↓

Render del modello digitale tempio di Mut.

Il processo di modellazione digitale del tempio di Mut sviluppato in questa tesi si può collocare principalmente nella fase di virtual reconstruction, in quanto si configura come una **ricostruzione digitale dello stato attuale del sito, integrata da un'ipotesi ricostruttiva** basata sulle evidenze materiali e sullo studio storico-architettonico del contesto. Considerando il progetto nel complesso, si può estendere il discorso anche alla virtual recreation, in relazione allo studio e alla restituzione dei rituali giornalieri che venivano svolti all'interno del tempio. Tali pratiche, riconducibili alla dimensione del patrimonio culturale intangibile, contribuiscono a **collocare la ricostruzione del tempio nel suo contesto d'uso significativo**, restituendo al modello digitale non solo la sua forma, ma anche un senso culturale e simbolico.



2.3 FINALITÀ E STRUMENTI

Risulta difficile individuare un documento unico che definisca le finalità della digitalizzazione del patrimonio culturale. Tuttavia, **sulla base della letteratura esistente e a seguito di una riflessione critica**, è stato possibile individuare alcune finalità principali, pensate soprattutto rispetto alla **digitalizzazione del patrimonio culturale in campo archeologico**.

- 1. Preservare:** spesso permettere l'accesso fisico a certi beni, per tanto tempo o con modalità invasive, può portare ad un deterioramento. La digitalizzazione può essere la soluzione per garantire l'accesso a quel patrimonio alle generazioni future (Siddiqui et al., 2022);
- 2. Studiare:** soprattutto in campo archeologico, un lavoro di virtual restoration permette agli studiosi di interpretare le rovine, ipotizzare ricostruzioni delle architetture andate perse (Guidi et al., 2014) e studiare possibili collocamenti degli artefatti (Rinascimento, 2022);
- 3. Divulgare:** quando un bene viene digitalizzato diventa più semplice renderlo accessibile alla comunità scientifica e museale, aprendo così un mondo di possibilità per la sua comunicazione e fruizione. In questo contesto, le ricostruzioni virtuali possono essere considerate la sintesi più appropriata di uno studio multidisciplinare, rappresentando il modo più concreto e immediato per comunicare l'insieme delle ricerche svolte (De Paolis et al., 2022).

Fig. 2.9 ↓
Immagine evocativa,
immersività della VR.



1. Preservare

Uno degli scopi principali della digitalizzazione del patrimonio culturale, soprattutto se parliamo di tangibile e archeologico, è la sua **preservazione e conservazione per le generazioni future**. I siti, infatti, sono sempre a rischio a causa dei **pericoli naturali, dei cambiamenti climatici e dell'impatto umano** (Mollou et al., 2024).

L'archeologia ha un carattere possiamo dire distruttivo, perché nell'andare a scavare per scoprire i reperti, si perde quello che era lo stato naturale del sito; per questo, specialmente in questo settore, è importante andare a **registrare ogni passaggio** e strato che si incontra (Mollou et al., 2024).

Oggi le tecnologie utilizzate per l'acquisizione di dati di valenza culturale possono essere classificate in tre categorie:

- **Tecniche image-based**, ovvero che **basano la ricostruzione digitale sulle immagini**, come nel caso della fotogrammetria [Fig. 2.10]. Oggi questo processo di ricostruzione è per lo più automatizzato e combina **algoritmi di Structure from Motion (SfM)**, utilizzati per stimare la posizione delle camere e una prima struttura tridimensionale, e di **Multi-View Stereo (MVS)**, impiegati per densificare la ricostruzione e ottenere modelli tridimensionali dettagliati e texturizzati (Giacomini, 2025). Si possono distinguere tre tipologie principali di tecniche fotogrammetriche in base al metodo di acquisizione delle immagini: la **fotogrammetria panoramica** si basa su immagini ad ampio raggio, ideale per rappresentare ambienti e fornire una visione d'insieme, ma meno adatta per ricostruzioni geometriche di dettaglio; la **fotogrammetria a corto raggio** è ideale per elementi di dettaglio, ma è limitata dalla risoluzione della fotocamera utilizzata; il **metodo UAV-based** utilizza droni per registrare foto dell'area dall'alto, ed è quindi molto efficace nella mappatura di siti di scavo. Questi processi sono relativamente facili ed economici, e

Fig. 2.10 ↓
Esempio di fotogrammetria su un busto.



il risultato è di buona qualità, soprattutto per quanto riguarda le texture (Mollou et al., 2024);

- **Tecniche non image-based**, usano strumentazioni che registrano e georeferenziano una serie di punti nel sito. È il concetto alla base del **laser scanning** [Fig. 2.11], dove con tutti i riferimenti acquisiti si vanno a creare delle nuvole di punti grazie a cui è possibile ricostruire il sito in digitale. Questa tecnica risulta molto **efficiente in termini di tempo e precisione**, ha però dei **limiti**, come nel caso dell'**acquisizione di dati in aree nascoste** in cui il passaggio del laser è bloccato. Inoltre, **non tutte le superfici risultano di uguale facilità nella scansione**; le superfici opache rendono l'acquisizione meno precisa per il modo in cui riflettono il laser, ed è quindi necessario fare un lavoro di **post-processing** per ripulire il modello da eventuali buchi (Mollou et al., 2024);
- **Combinative techniques**, il **metodo ibrido** che unisce tecnologie basate sull'acquisizione di immagini e laser scanning, così da ottenere **modelli dettagliati e con texture di qualità**. Questo approccio necessita l'utilizzo di più tecnologie, per cui bisogna essere in grado di sincronizzare, sovrapporre e integrare i dati acquisiti da ciascuna (Mollou et al., 2024)

Sicuramente queste tecnologie permettono di ottenere dei risultati di qualità; a causa però di alcuni aspetti, **la loro integrazione non è sempre semplice**. Alcune di queste difficoltà possono essere innanzitutto il **costo elevato** delle attrezzature e la necessità di avere **competenze specializzate** per poterle usare. Inoltre, non sono molto accessibili e universali, e ogni tecnologia può risultare **più o meno adatta a seconda dei casi di utilizzo**. Da questo si può dedurre che il processo di digitalizzazione non può essere fatto solo di strumenti tecnologici all'avanguardia, ma **servono sempre le competenze e le capacità decisionali di esperti di dominio** (Mollou et al., 2024).

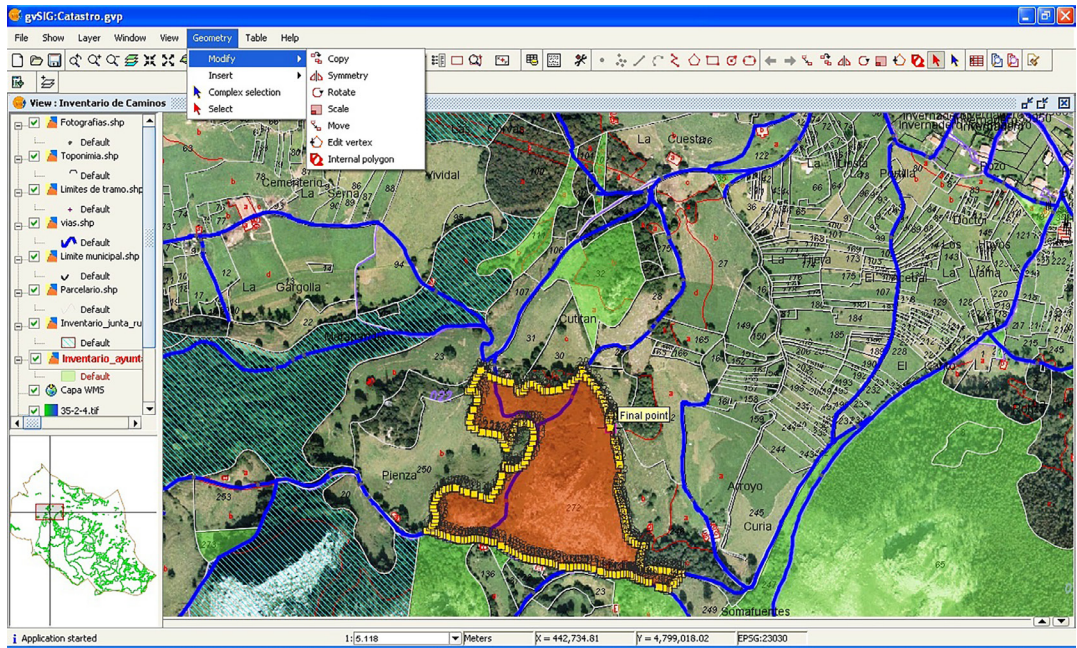


Fig. 2.11 ↑
Immagine rappresentativa della procedura di laser scanning.

Un altro strumento usato in questo campo è il **GIS** (Geographic Information System) [Fig. 2.12], ovvero “un sistema informativo computerizzato che permette l'acquisizione, registrazione, analisi, visualizzazione, restituzione, condivisione e presentazione di informazioni. È quindi **un sistema informativo in grado di associare dei dati alla loro posizione geografica sulla superficie terrestre** e di elaborarli per estrarne informazioni” (Wikipedia, n.d.).

Il GIS è uno strumento molto utile agli archeologi poiché **permette di creare mappe dettagliate** dei siti di scavo per studiarne una serie di dati come la topografia degli antichi insediamenti, o la distribuzione dei reperti. La cartina che si crea è il frutto di una serie di dati come immagini satellitari, mappe storiche e rilievi sul campo che permette agli archeologi di comprendere al meglio il contesto in cui stanno lavorando (Mollou et al., 2024).

Fig. 2.12 ↓
Esempio di un GIS nel quale sono caricati livelli lineari e puntuali.



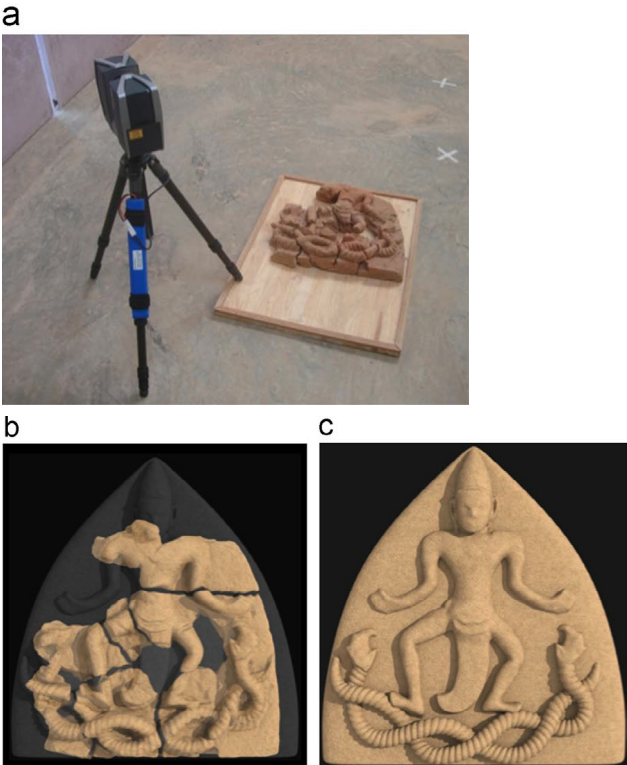
2. Studiare

La **versione digitale di un sito archeologico o dei resti di un'architettura** costituisce un valido **supporto allo studio e alla ricerca**, fornendo una serie di nuovi strumenti e possibilità di analisi. La navigazione all'interno di un ambiente digitale tridimensionale rende **più immediata, veloce e accessibile la comprensione dei volumi e delle relazioni spaziali tra gli elementi**. Inoltre, la formulazione di ipotesi ricostruttive, attraverso l'utilizzo della modellazione 3D, può essere testata direttamente; è possibile applicare texture, spostare o rimuovere elementi e ripristinarli in modo rapido. La **sperimentazione in questo senso diventa più semplice ed efficiente**, superando i limiti della rappresentazione bidimensionale. Il modello digitale diventa quindi uno strumento attivo per lo studio e la ricerca e **rende esplicite e verificabili le ipotesi interpretative**.

Per tali finalità, **si parte dal modello digitale di ciò che è presente in situ**. Questo può essere ottenuto con gli stessi metodi e strumenti utilizzati per la preservazione, oppure, laddove non si abbia accesso al sito e alla strumentazione, e avendo una documentazione archeologica e fonti di scavo sufficientemente esplicative, si può fare un lavoro di **modellazione digitale** che restituisce in forma interpretativa le evidenze esistenti. A partire da questo modello è quindi possibile **formulare ipotesi di ricostruzione e di collocamento** di elementi architettonici e manufatti, attraverso un ulteriore lavoro di modellazione digitale ricostruttiva [Fig. 2.13].

Quello di cui stiamo parlando è proprio ciò che Lopez-Menchero e Grande (2011), e poi l'ICOMOS (2017) definiscono come **virtual reconstruction**, di cui è stato discusso precedentemente.

Fig. 2.13 ↓
Esempio di processo di digitalizzazione e ricostruzione virtuale di un elemento archeologico. (a) acquisizione tramite rilievo 3D; (b) modello digitale reality-based; (c) ipotesi di ricostruzione delle parti mancanti.



La natura interpretativa

Dalla definizione di virtual reconstruction emerge un aspetto fondamentale del processo di digitalizzazione del patrimonio culturale, particolarmente significativo in ambito archeologico, ovvero la sua natura interpretativa. Infatti, per ricostruire un elemento architettonico o decorativo, ci si basa su ciò che ne rimane, sulle conoscenze teoriche, e spesso si ricorre a studi comparativi con esempi simili. Tuttavia, non sempre questi sono sufficientemente chiari ed esauritivi, per cui è essenziale avere basi di studio ampie e solide per poter **sviluppare un'ipotesi di ricostruzione che sia affidabile, scientificamente fondata e coerente** con il contesto storico in cui si lavora. La digitalizzazione prevede quindi una ricerca approfondita che non si limita al singolo elemento architettonico o decorativo, ma si estende progressivamente al contesto storico, sociopolitico, geografico e culturale. Rispetto a questo, **il principio n.7 della Carta di Siviglia parla di trasparenza del dato**, che deve essere comprensibile e accessibile agli esperti di dominio, così che questo possano validare o meno le ipotesi fatte. Per questo è anche importante **affiancare al modello virtuale una documentazione** chiara ed esauritiva per poter comprendere le scelte fatte in fase di modellazione e **interpretare al meglio l'ipotesi ricostruttiva** (ICOMOS, 2017).

“È chiaro che tutti i sistemi di visualizzazione basati su computer richiedono una grande quantità di ricerca scientifica. Di conseguenza, per ottenere il rigore scientifico e accademico in progetti di archeologia virtuale è essenziale preparare le basi documentarie in cui raccogliere e presentare in modo trasparente l'intero processo di lavoro: obiettivi, metodologia, tecniche, il ragionamento, l'origine e le caratteristiche delle fonti di ricerca, i risultati e le conclusioni” (Principio 7.1 della Carta di Siviglia)

Il processo di ricostruzione digitale di artefatti oggi non più esistenti rischia di non essere considerato pienamente scientifico per la **distanza intellettuale**

tra gli archeologi esperti di dominio e i modellatori 3D. Oltre a dedicarsi ad uno studio preliminare del sito che si andrà a ricostruire è quindi importante instaurare un **rapporto di costante revisione tra le due figure**. Il processo può esser definito **iterativo**; partendo da una prima approssimazione, attraverso il confronto tra i dati archeologici rilevati sul campo e i limiti geometrici imposti dalla letteratura, grazie al supporto degli esperti di settore, si riducono le possibili ipotesi ricostruttive (Guidi et al., 2014).

Inoltre, **il principio n.4 della carta di Siviglia sull'autenticità** enuncia che, proprio per la natura interpretativa di questo processo, è importante **rendere distinguibile ciò che c'è ed è reale da ciò che è stato ricostruito**. Questo perché l'archeologia è complessa e non è una scienza esatta, per cui bisogna essere aperti alla **possibilità che ci siano diverse soluzioni ugualmente valide** (ICOMOS, 2017). [Fig. 2.14]

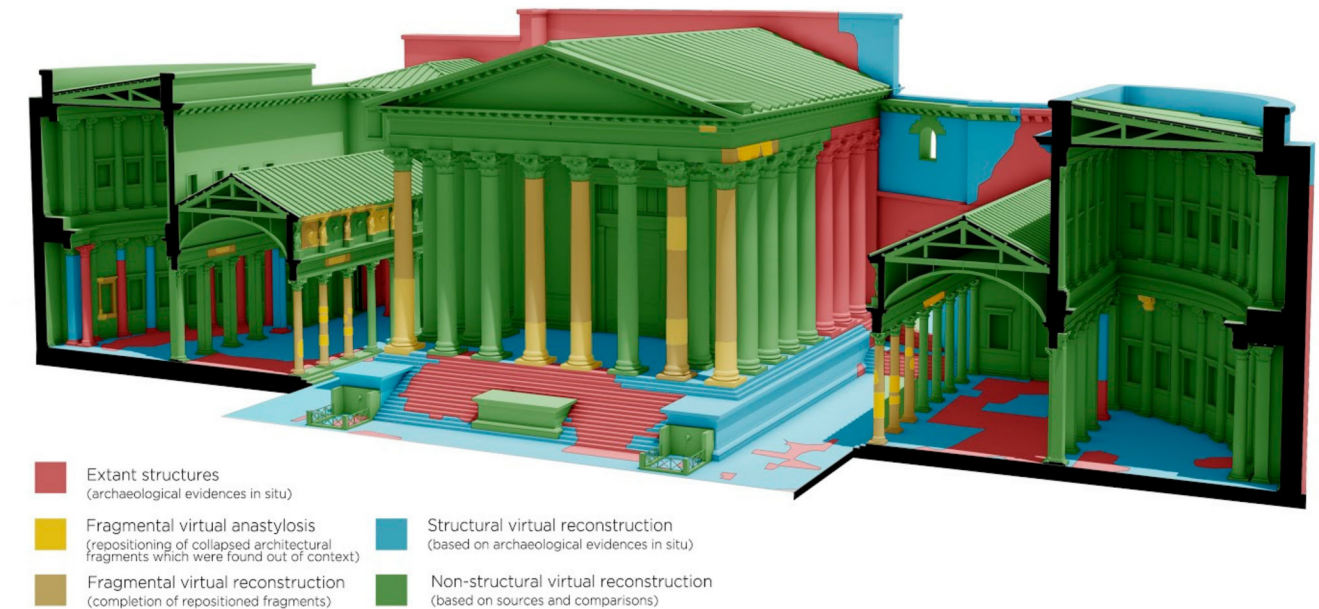


Fig. 2.14 ↓
Virtual reconstruction del forum di Augusto, renderizzata con colori codificati per indicare i diversi livelli di ricostruzione.

3. Divulgare

Una volta ottenuti i modelli 3D dei siti e fatte le eventuali ricostruzioni virtuali, tutto il patrimonio digitale creato si avvale di un ulteriore scopo, quello di essere comunicato. Questa comunicazione può essere indirizzata ad un **pubblico generico, turistico e museale, o alla comunità scientifica**, il che influenza numerosi aspetti come il linguaggio, il tone of voice, e il contenuto divulgato. Nel caso di un pubblico professionale, la comunicazione e l'esperienza di fruizione potranno essere più **analitiche e specializzate**, mentre per l'utenza generica la narrazione sarà più **immediata e stimolante** (Pietroni & Ferdani, 2021).

Anche a questo scopo, la tecnologia riveste un ruolo centrale. Parallelamente allo sviluppo di tecniche di acquisizione 3D e modellazione digitale, si sono infatti affermate **tecnologie immersive** che consentono di entrare nei modelli virtuali per scoprirli e viverli in prima persona. Queste tecnologie ci aprono al mondo della **realtà estesa (Extended Reality)**, che rappresenta un concetto più ampio di **non realtà che si instaura nei nuovi modelli di interazione tra uomo-computer** (Applied, n.d.). All'interno della realtà estesa possiamo distinguere principalmente tre tecnologie: la realtà aumentata, la realtà virtuale e la realtà mista.

- **La realtà aumentata** consiste nella sovrapposizione di contenuti digitali al mondo fisico reale. Attraverso dispositivi come smartphone o tablet, l'utente continua a percepire e vedere l'ambiente circostante, arricchito però da elementi virtuali che vengono contestualizzati nello spazio reale [Fig. 2.15] (Agape et al., 2024).
- **La realtà virtuale** è un ambiente completamente digitale all'interno del quale l'utente è immerso e può interagire con oggetti e spazi simulati, percependoli come presenti. L'esperienza generalmente è indipendente dal mondo circostante, grazie all'utilizzo di dispositivi dedicati, come visori immersivi, che isolano l'utente rispetto all'ambiente reale [Fig.

2.16] (Agape et al., 2024). Allo stesso tempo si possono stimolare più sensi contemporaneamente; il tatto attraverso i gesti delle mani e dispositivi per i feedback aptici, l'udito grazie all'utilizzo di audio direzionali basati sulla posizione e sul movimento, e la vista con strumenti di eye-tracking (Siddiqui et al., 2022).

- **La realtà mista** permette interazioni in tempo reale tra mondo reale e mondo virtuale integrando le caratteristiche della RA e della RV. Unisce la possibilità di sovrapporre elementi digitali al mondo fisico della realtà aumentata, con l'interattività della realtà virtuale [Fig. 2.17] (Agape et al., 2024).

Le possibilità che queste tecnologie offrono fanno sì che vengano impiegate non solo come **strumenti di visualizzazione**, ma come vere e proprie **occasioni di apprendimento**, in cui lo spazio virtuale assume il ruolo di ambiente educativo (Ippoliti & Casale, 2018).

Il tradizionale processo di apprendimento si fonda su una **modalità simbolico-ricostruttiva**, la quale presuppone la decodifica di simboli e la ricostruzione mentale dell'oggetto di cui si fa la conoscenza. Con l'utilizzo di tecnologie immersive, questo approccio si modifica, favorendo una **modalità percettivo-motoria**; alla percezione sensoriale dell'oggetto, mediata dai 5 sensi, **si aggiunge l'azione motoria d'interazione** con lo stesso, la quale genera nuove percezioni con un conseguente incremento della conoscenza. In questo senso, l'esperienza non agisce più solo sugli aspetti cognitivi-razionali, ma **viene coinvolta anche la sfera affettiva-emotiva**. L'obiettivo non è soltanto comunicare un contenuto informativo, ma **offrire vere e proprie esperienze di contatto con la cultura** attraverso una **narrazione comprensibile, accessibile e partecipativa** (Ippoliti & Casale, 2018).

Fig. 2.15 ↓
Utilizzo dell'RA per riportare in vita dei rilievi di soldati.



Fig. 2.16 ↓
Esperienza immersiva con Google Earth VR

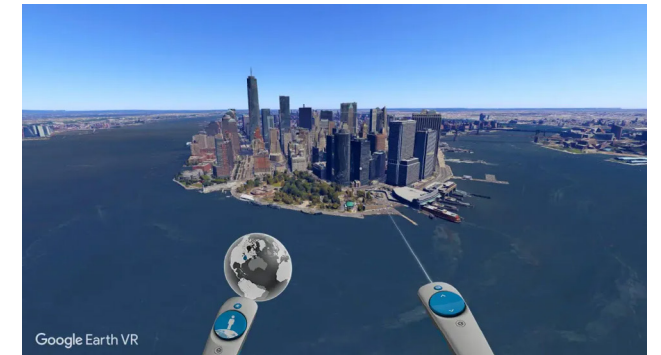
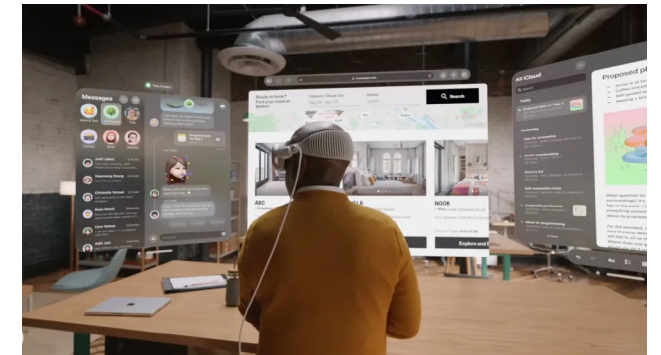


Fig. 2.17 ↓
Lavoro in una sessione di realtà mista utilizzando Apple Vision Pro.



Tecnologie immersive per il patrimonio intangibile

L'utilizzo di tecnologie immersive non solo consente una comunicazione più coinvolgente del patrimonio culturale digitalizzato, ma è anche **particolarmente indicata per la tutela e la trasmissione del patrimonio culturale intangibile**, la cui definizione è stata introdotta all'inizio di questo capitolo.

Nel caso del patrimonio culturale intangibile, **la semplice digitalizzazione documentaria non è sufficiente**: perché tale patrimonio possa essere davvero preservato, compreso e vissuto, **serve trasmettere anche l'esperienza e il sentimento che lo accompagnano**, utilizzando quindi nuove tecnologie e approcci che lo permettano (Pistola et al., 2021).

I recenti progressi nelle tecniche di visualizzazione e nelle tecnologie immersive, offrono la possibilità non solo di salvaguardare il patrimonio culturale immateriale in modo digitale, ma anche di farne nuovi usi e derivarne nuove comprensioni e paradigmi. In questa prospettiva, **le tecnologie immersive non si limitano ad archiviare il patrimonio immateriale, ma contribuiscono a riattivarlo, a renderlo vivo** (Pistola et al., 2021). [Fig. 2.18]

Fig. 2.18 ↓

Progetto di virtualizzazione dell'esperienza dei burattinai tradizionali giapponesi.



Fig. 2.19 ↓

Immagine evocativa, la digitalizzazione del patrimonio mondiale.

Le tre finalità principali della digitalizzazione che sono state discusse, la preservazione, lo studio e la divulgazione e i loro strumenti e metodologie, non sono intese come discorsi separati. **La digitalizzazione finalizzata alla preservazione è alla base delle pratiche di studio**, poiché fornisce dati accurati e affidabili su cui basare ipotesi ricostruttive. A sua volta, la ricostruzione virtuale diventa uno strumento di **studio più efficace quando integrato in esperienze immersive**, poiché permette di formulare ipotesi nello spazio, di confrontare varianti e discuterle in modo collaborativo.

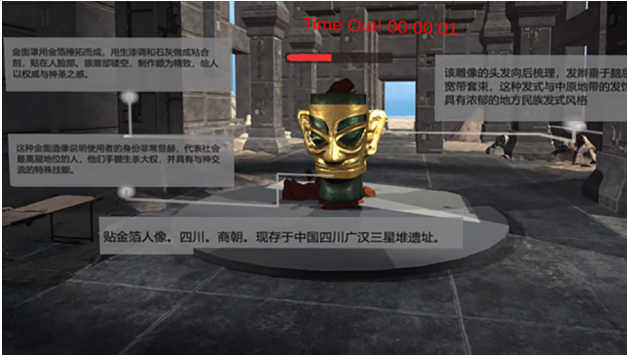
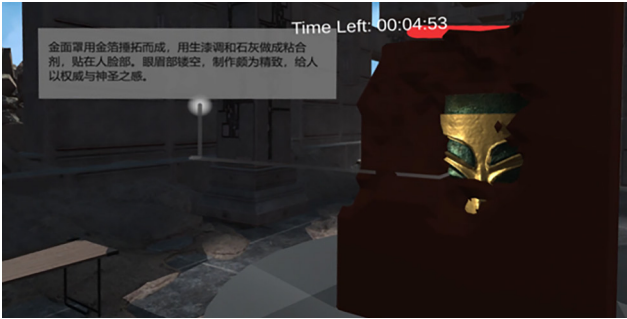
In questo senso, la digitalizzazione del patrimonio culturale può essere intesa come un ecosistema dinamico, in cui le tecnologie e i metodi non si escludono, ma si potenziano reciprocamente, con innumerevoli possibilità nella creazione di nuove forme di conoscenza.

2.4 CASI STUDIO

Dopo aver introdotto le definizioni legate al patrimonio culturale e le linee guida, le finalità e gli strumenti utili per la sua digitalizzazione, l'analisi dei seguenti **cinque casi studio** permette di osservare come tali principi vengano applicati per ottenere diversi output progettuali. La selezione si è focalizzata su progetti che trattano il **patrimonio archeologico**, differenziati tuttavia per obiettivi, tecnologie impiegate e destinatari. Nello specifico, **RelicVR**, **Re-Live History** e **Agnano RiVive** si rivolgono a un pubblico **generico** con finalità educative e divulgative; il progetto sul **Mausoleo di Massenzio** è invece **indirizzato alla comunità scientifica** come strumento di verifica delle ipotesi ricostruttive. Infine, il progetto **APER** cerca di **rispondere alle esigenze di entrambe le utenze**. Inoltre, Re-Live History e Agnano RiVive integrano alla digitalizzazione del patrimonio tangibile anche la **narrazione della dimensione intangibile**, legata ai rituali e alla quotidianità antica.

RelicVR

- **Target:** generico
- **Patrimonio:** tangibile
- **Finalità:** divulgazione



RelicVR è un percorso in realtà virtuale sviluppato da un gruppo di ricerca della **Xi'an Jiaotong-Liverpool University (Suzhou, Cina)** pensato per arricchire l'esperienza museale, in cui gli utenti vanno a scoprire artefatti attraverso **interazioni fisiche con un approccio gamificato**. L'esperienza si svolge all'interno di un ambiente digitale suggestivo, ma neutro, progettato per ospitare reperti di diverse epoche e culture. Qui i visitatori/giocatori devono **scavare dei blocchi di terra per rivelare gli oggetti nascosti all'interno** [Fig. 2.20]. Come succede nella realtà quando si fanno degli scavi archeologici, non si sa che forma avrà l'artefatto nella terra, per cui bisogna stare **attenti ed essere precisi per non urtarlo**, altrimenti si perdono dei punti. L'oggetto ha dei **trigger nascosti** che, se colpiti, fanno aprire una **card con delle informazioni** riguardanti l'oggetto stesso, la sua storia e la manifattura, il tutto accompagnato da un audio [Fig. 2.21]. All'**esplorazione attiva** viene quindi affiancato un **metodo più informativo tradizionale** per l'apprendimento della storia dell'oggetto. Una volta scoperto l'artefatto, vengono date tutte le informazioni che non sono state scoperte in precedenza urtando i trigger [Fig. 2.22], e l'utente aggiunge la reliquia alla sua collezione. Al momento sono presenti solo due artefatti in RelicVR: il primo è la scultura Arhat del Metropolitan Museum of Art in New York, e il secondo è una testa di bronzo con maschera doro del Sanxingdui Museum in Cina. Le informazioni sono state quindi prese dai siti ufficiali dei musei (Liu et al., 2021).

Fig. 2.20 ↑
Scelta dello strumento per lo scavo.

Fig. 2.21 ↖
Colpito il trigger nascosto sull'oggetto appare un pannello informativo.

Fig. 2.22 ←
Finito lo scavo vengono date tutte le informazioni sul manufatto.

Agnano RiVive

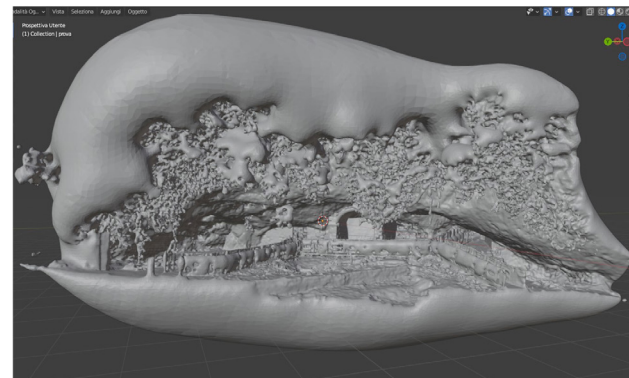
- **Target:** generico
- **Patrimonio:** tangibile e intangibile
- **Finalità:** divulgazione

Fig. 2.23 ↓

Laser scanning della grotta di Santa Maria di Agnano.

Fig. 2.24 ↓

Modello 3D di Ostuni I.



Agnano RiVive è un'esperienza di realtà virtuale immersiva sviluppata con il **Museo Civiltà Preclassiche Murgia Meridionale di Ostuni**. L'applicazione permette all'utente di **esplorare un insediamento del paleolitico e di interagire con antichi manufatti**. Al centro dell'esperienza c'è la volontà di **far rivivere un rituale avvenuto nel passato**, la sepoltura di Ostuni I, nota come la madre più antica al mondo, ritrovata nel sito archeologico della grotta di Santa Maria di Agnano.

Per l'applicazione si è usato Blender come software per la modellazione 3D, fotogrammetria per alcuni manufatti, laser scanning per la grotta, e Unity per l'implementazione della realtà virtuale [Figg. 2.23-2.24].

L'esperienza combina due apprendimenti: da un lato i **pannelli informativi sul contesto archeologico** aiutano l'utente a comprendere il sito e le scelte fatte in fase di ricostruzione; dall'altro i momenti di **interazione con gli oggetti** [Fig. 2.25] aumentano il senso di presenza e il coinvolgimento del visitatore rispetto all'ambiente virtuale (De Paolis et al., 2022).

Fig. 2.25 ↓

Interazioni con gli oggetti in scena.



Re-Live History

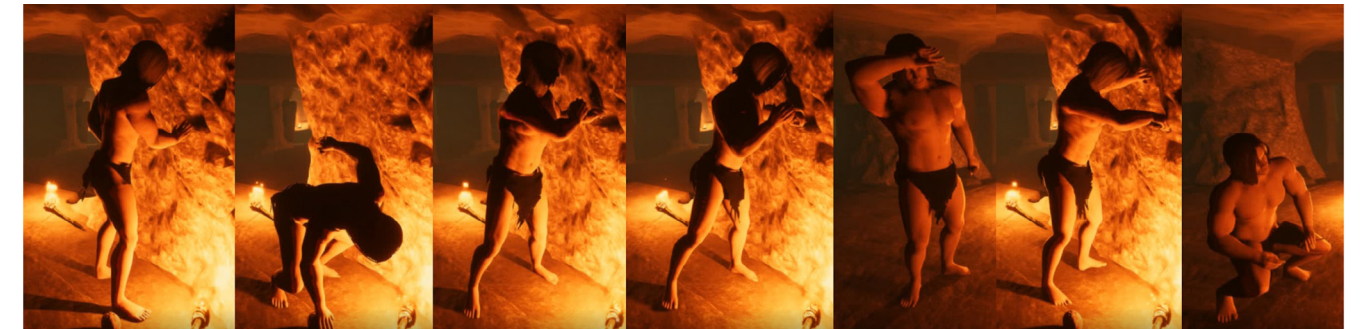
- **Target:** generico (studenti)
- **Patrimonio:** tangibile e intangibile
- **Finalità:** insegnamento scolastico

Fig. 2.27 ↓

Verifica dell'applicazione con gli insegnanti.

Fig. 2.26 ↘

Sequenza di azioni dell'uomo preistorico nella scena.



Il progetto Re-Live History è un progetto educativo sviluppato a Malta dal **Department of Computing del Saint Martin's Institute of Higher Education**, con l'obiettivo di **supportare l'insegnamento della storia preistorica agli studenti di 11-12 anni**. Partendo da una ricostruzione 3D dell'ipogeo di Hal Saflieni (3600 a.C., Malta), è stata realizzata un'esperienza di realtà virtuale immersiva. L'esperienza permette agli studenti di **osservare la figura di un uomo preistorico intento nello scavo dell'ipogeo** [Fig. 2.26], una grotta sotterranea scavata dall'uomo, restituendo gesti, strumenti e modalità operative della quotidianità del tempo. Per gli insegnanti l'obiettivo è far comprendere agli studenti come gli ipogei abbiano assunto la loro conformazione originaria, quali strumenti venivano usati e **come il lavoro manuale caratterizzasse la vita quotidiana delle comunità preistoriche**. Nel progettare l'esperienza immersiva si sono portati avanti **due processi di verifica paralleli**. Da un lato, il **confronto con gli esperti del settore** ha confermato l'accuratezza delle ricostruzioni materiali, come l'ipogeo e la figura umana, e immateriali, relative al comportamento e le azioni dell'uomo preistorico. Dall'altro lato, i **focus group con insegnanti di storia** sono serviti per valutare l'efficacia dell'esperienza rispetto all'apprendimento della storia da parte degli studenti [Fig. 2.27] (Barbara, 2022).

APER

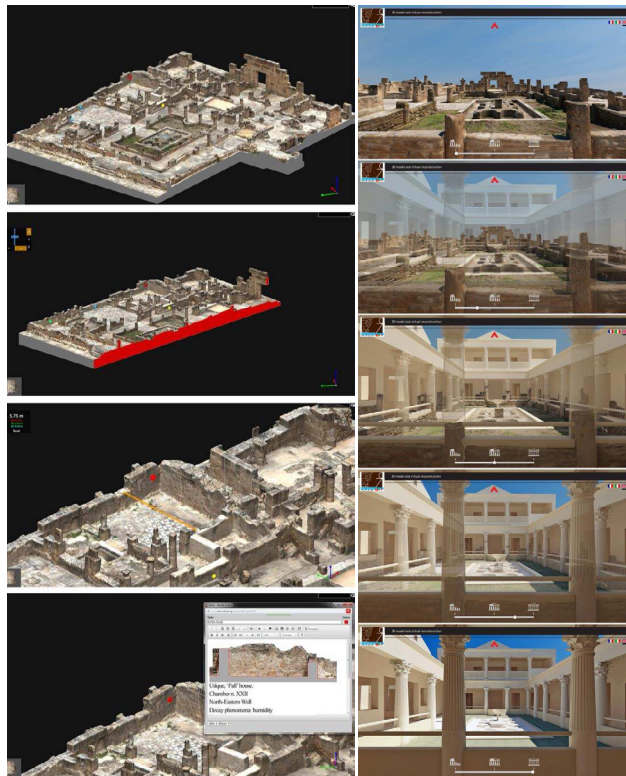
- **Target:** specialistico e generico
- **Patrimonio:** tangibile
- **Finalità:** studio e documentazione, divulgazione

Fig. 2.28 ↓

APER Maintenance, accesso alle informazioni attraverso i segnaposto in scena.

Fig. 2.29 ↘

APER Tour, transizione tra lo stato attuale e la ricostruzione 3D.



Il progetto europeo APER ha sviluppato un approccio integrato per la **documentazione 3D e analisi di tre case antiche mediterranee**, con focus su **preservazione, manutenzione e divulgazione**. Questo progetto coinvolge anche l'Università di Palermo, il Distretto Agrigento, l'Institute National du Patrimoine (Tunisia) e altri partner siciliani e tunisini. Sono state usate **topografia, laser scanning e fotogrammetria** per creare modelli 3D texturizzati di tre abitazioni per periodo ellenistico e romano.

Dai modelli 3D sono stati estratti piani e sezioni e attraverso l'analisi delle proporzioni e delle geometrie è stato possibile ipotizzare delle ricostruzioni degli edifici originali.

Infine, sono stati creati due strumenti web per la visualizzazione dei modelli:

- **APER Maintenance**, per la **manutenzione e il monitoraggio delle rovine**, quindi pensato per un **pubblico più specialista**. Il modello in questo caso è usato come un **database**, dove i dati sono accessibili cliccando su dei placeholder, dei segnaposti, collocati sulla superficie del modello. Inoltre, gli utenti autorizzati possono creare nuovi segnaposto e allegare informazioni in vari formati come testo, foto, video e audio [Fig. 2.28]:
- **APER Tour**, pensato per **utenti occasionali, turisti e studenti**, per la divulgazione e la promozione del sito. L'utente in questa modalità può esplorare il sito e accedere a delle aree che normalmente nel sito vero non potrebbe vedere. Una funzionalità interessante è la possibilità di utilizzare uno **slider temporale per sovrapporre la ricostruzione virtuale ipotetica ai resti attuali**. In questa funzione tutte le parti ricostruite sono state renderizzate con un colore solido diffuso, non essendo disponibili studi specifici su quelli che potevano essere i colori originali [Fig. 2.29] (Agnello et al., 2015).

Mausoleo di Massenzio

- **Target:** specialistico
- **Patrimonio:** tangibile
- **Finalità:** studio comparativo

Fig. 2.31 ↓

Sovrapposizione di una delle ipotesi ricostruttive.

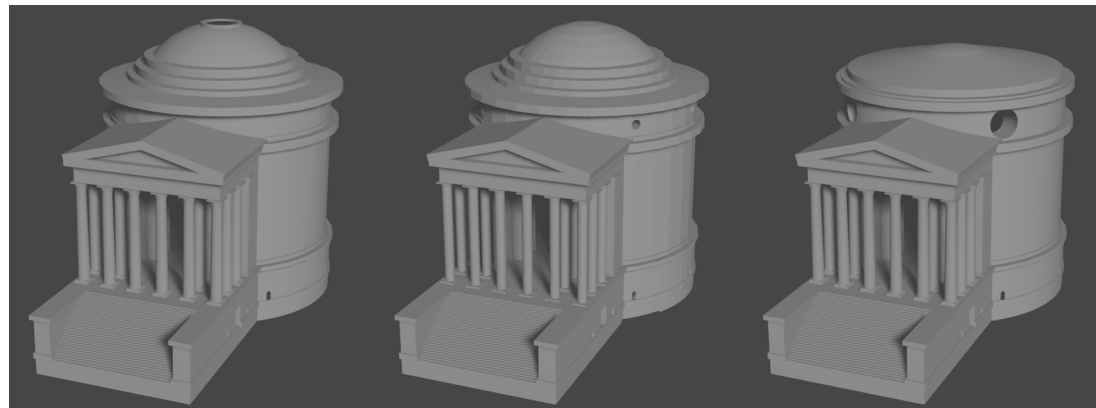
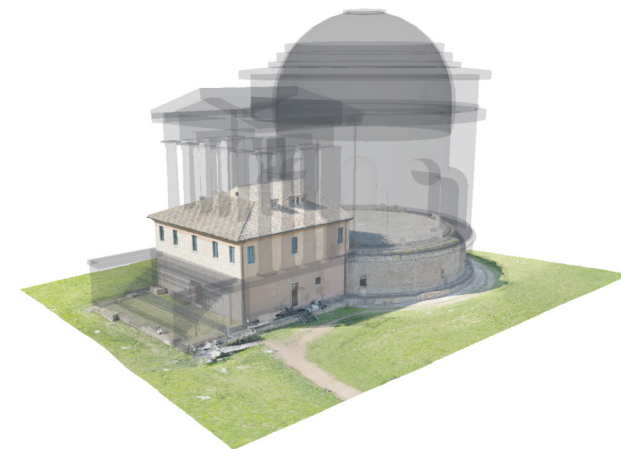


Fig. 2.30 ←

Tre ipotesi ricostruttive del Mausoleo.

Il progetto, sviluppato da un gruppo di **ricercatori della University of Konstanz**, in Germania, riguarda il **Mausoleo dell'Imperatore Massenzio lungo la Via Appia**. L'obiettivo principale è esplorare il potenziale delle tecnologie immersive in ambito archeologico per **confrontare diverse ipotesi ricostruttive** dell'edificio, **utilizzando la VR per facilitare la comprensione e lo studio di uno spazio architettonico non più conservato** nella sua forma originaria [Fig. 2.30]. Il progetto è dunque rivolto principalmente alla comunità scientifica, e non a un pubblico generalista o museale.

All'interno dell'ambiente VR sono stati inseriti i tre modelli ricostruttivi del mausoleo che l'utente può confrontare. Un pannello di controllo consente di passare da una ricostruzione all'altra in qualsiasi punto dello spazio virtuale. Inoltre, **è possibile modificare la posizione della fonte di luce**, così da studiare come questa interagisce con il modello nelle diverse posizioni. Un'altra funzione per l'analisi è la possibilità di attivare una modalità di visualizzazione che **distingue le parti documentate da quelle ipotetiche** [Fig. 2.31] (Kerle-Malcharek et al., 2025).

Nel lavoro di ricostruzione digitale di un sito archeologico è fondamentale **definire un solido quadro di riferimento del contesto in cui si opera**. Alla base di questo progetto di tesi si colloca pertanto un'attenta **attività di ricerca bibliografica**, finalizzata alla comprensione del contesto entro cui si inserisce il tempio di Mut.

IL TEMPIO DI MUT A KARNAK

3.1 CONTESTO STORICO CULTURALE

Nella lunga storia della civiltà dell'Antico Egitto, la costruzione del tempio di Mut si colloca nel **Nuovo Regno (ca. 1550-1080 a.C., comprende XVIII, XIX e XX° dinastia di sovrani)**, un momento di splendore politico, militare e culturale, durante il quale l'Egitto raggiunge la sua massima espansione territoriale, tanto da prendere il nome di **Impero**. Le numerose vittorie in campo militare e l'ampliamento dei territori governati portano **ricchezza che viene redistribuita nel regno**, permettendo l'avvio di una serie di progetti architettonici con l'intento di creare una **testimonianza del potere del sovrano e dell'impero per le generazioni future**. Questa ricchezza si traduce anche in numerose donazioni verso i sacerdoti, il cui potere cresce talmente tanto da poter competere con quello del faraone stesso (Badaway, 1969). In questo contesto, **l'architettura templare vede l'affermarsi di una nuova era**, plasmata dalle nuove influenze e dalla volontà di faraoni e sacerdoti di dimostrare il proprio potere e affermare il proprio culto attraverso costruzioni imponenti e durature. Proprio in questo periodo, **il tempio assume una tipologia standard** che si manterrà fino al tardo periodo tolemaico. Questa struttura poteva subire delle modifiche dimensionali date dagli ampliamenti ricorrenti che i sovrani tendevano a fare, così che ognuno potesse in qualche modo lasciare un segno del proprio passaggio nella storia (Badaway, 1969).

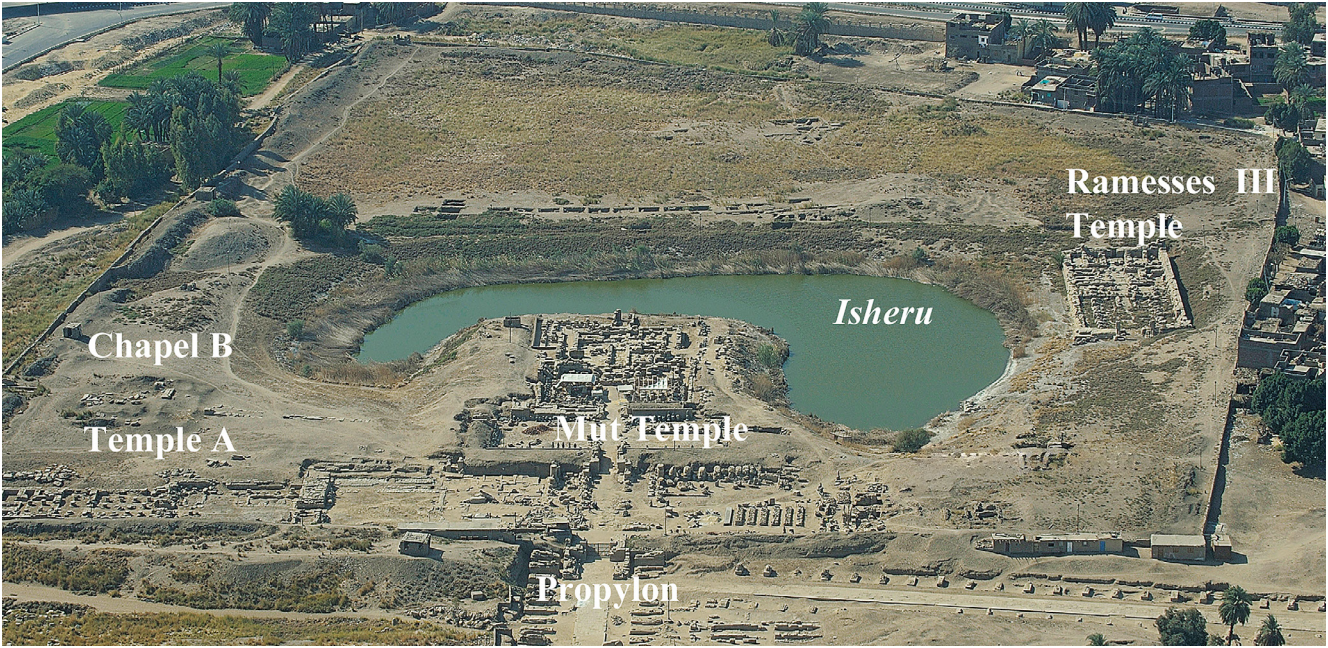
La città di Tebe, l'odierna Luxor, diventa la capitale di questo nuovo vasto Impero, e il suo culto cittadino, quello del **dio Amon**, si afferma come culto principale di riferimento. Proprio qui nasce il tempio di Mut, come parte di un complesso più ampio, a livello architettonico e religioso (Badaway, 1969).

Espansione

Il tempio di Mut fa parte del **complesso templare di Karnak**, che comprende **più edifici religiosi dedicati essenzialmente alla triade tebana**, composta dal dio Amon, la sua consorte la dea Mut, e il loro figlio, il dio Khonsu. A circa trecento metri a sud del recinto dedicato dal dio Amon, seguendo un viale fiancheggiato da criosfini, si trova quello della dea Mut.

Il recinto di Mut comprende il tempio di Mut stesso, circondato su tre lati dal **lago sacro Isheru**, **il tempio A**, così chiamato perché il nome originale rimane sconosciuto, una struttura frammentaria nominata **cappella D**, e il **tempio di Ramses III** [Fig. 3.1] (Arnold, 2003; Fazzini & Bryan, 2021).

Fig. 3.1 ↓
Vista aerea del complesso templare di Mut a Karnak.



Probabilmente è durante la XXX dinastia, o nel primo periodo tolemaico, che il complesso raggiunge la sua maggiore espansione, molto più grande e popolato di edifici rispetto alla sua nascita. **La rappresentazione più antica che abbiamo del tempio di Mut è un rilievo nella tomba di Khabekhenet a Deir el-Medineh** risalente al regno di Ramses II (ca. 1279–1213 a.C.). Nell'immagine [Fig. 3.2] viene evidenziato il viale di criosfinxi che conduce al pilone d'entrata del tempio, circondato dal lago Isheru, su cui naviga la barca sacra della dea, usata in occasioni di processioni religiose. Il rilievo suggerisce quindi che inizialmente il complesso templare consistesse solo di questi due elementi.

Nel 1983 la spedizione del Brooklyn Museum scopre un **portale nell'area nord ovest del recinto con iscrizioni ai sovrani Tuthmosis II (ca. 1492-1479 a.C.) e III (ca. 1479-1425 a.C.)** [Fig. 3.3]. Da qui si sviluppano quelle che probabilmente erano le **prime**

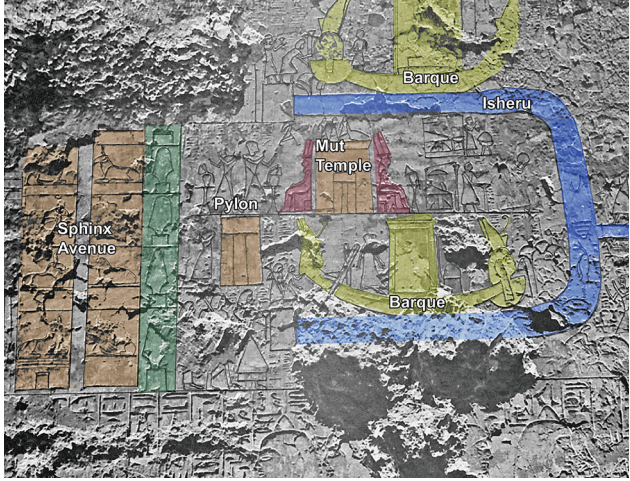


Fig. 3.2 ↑
Analisi rilievo nella tomba di Khabekhenet a Deir el-Medineh.



Fig. 3.4 ↓
Recinto del complesso nel Nuovo Regno.



cinta murarie del complesso nel confine nord-ovest utilizzate durante il Nuovo Regno [Fig. 3.4]. L'ipotesi, inoltre, è che esistesse un tempio di Mut già nel Medio Regno (ca. 2055-1650 a.C.) e nel secondo periodo intermedio (ca. 1650-1550 a.C.), molto più piccolo, di cui ad oggi rimangono solo pochi resti, che però riportano i nomi dei sovrani di quel tempo (Fazzini & Bryan, 2021).

Ulteriori lavori vennero portato avanti sotto i sovrani ramessidi della XIX dinastia (ca. 1292–1190 a.C.), ma è sotto **il sovrano Taharqa (ca. 690-664 a.C.)**

della XXV dinastia che il complesso vede il suo più grande **lavoro di espansione**, promosso soprattutto dal funzionario Montuemhat, così influente che fece costruire una cripta per sé e una per suo figlio all'interno del tempio. Infine, gli ultimi lavori nel sito risalgono al periodo dei sovrani tolemaici (ca. 305–30 a.C.) (Fazzini & Bryan, 2021).

Fig. 3.3 ↑
Portale con iscrizioni ai sovrani Tuthmosis II e Tuthmosis III.

Esplorazione del sito

La prima esplorazione del sito avvenne alla **fine del XVIII secolo** quando **Napoleone**, partito per la conquista dell'Egitto, portò con sé degli scienziati che si imbarcarono proprio nei resti del tempio. Da queste scoperte preliminari nacque nel **1822 Description de l'Egypte**, primo testo ad includere planimetrie dettagliate del complesso templare di Mut [Fig. 3.5]. I primi disegni comprendevano il tempio di Mut e il lago Isheru, il tempio di Ramses III e il tempio A. Successivamente, con la Royal Prussian Expedition del 1842-45 guidata da Carl Richard Lepsius, nacquero una serie di mappe che furono la base per i piani descritti da **Auguste Mariette**, direttore del Servizio delle Antichità d'Egitto. Nel suo libro su Karnak del **1875**, oltre a queste nuove mappe [Fig. 3.6], troviamo le iscrizioni raccolte nella cripta di Montuemhat. Mariette però, aveva sbagliato alcune trascrizioni, per cui l'egittologo Charles Edwin Wilbour si occupò di correggerle e ripubblicarle (Fazzini & Bryan, 2021).

I primi scavi ufficiali cominciarono nel **1895** e furono diretti da **Margaret Benson e Janet Gourlay**, le **prime donne a dirigere degli scavi archeologici in Egitto**. Da questi scavi nacque il libro *The Temple of Mut in Asher* (Fazzini & Bryan, 2021). [Fig. 3.7]

Nel 1976 il Brooklyn Museum iniziò la prima esplorazione sistematica del sito nel suo insieme, con l'obiettivo di definire come il complesso si era sviluppato negli anni e come i vari monumenti si relazionassero gli uni con gli altri. Al loro fianco lavorò dal 1978 al 2010 il **Detroit Institute of Arts**, e a partire dal 2001 la **John Hopkins University**. La spedizione della John Hopkins era diretta dalla Dott.ssa Betsy Bryan, e si occupò della zona più a sud a partire dal secondo cortile del tempio di Mut, compreso il tempio di Ramses III e la parte a sud del lago Isheru, mentre il Brooklyn Museum rimase sulla parte Nord (Fazzini & Bryan, 2021).

Da queste campagne di scavo sono derivati numerosi **rapporti preliminari oggi pubblicati sul sito del Brooklyn Museum** (Brooklyn Museum, n.d.), oltre a un volume di sintesi che costituisce una guida completa al complesso nel suo insieme, scritto da Betsy Bryan e Richard Fazzini, rispettivamente direttori degli scavi della John Hopkins University e del Brooklyn Museum (Fazzini & Bryan, 2021).

A partire dal 1999 è stato inoltre avviato un **programma sistematico di ricollocamento in situ e di catalogazione delle numerose statue della dea Sekhmet**, attività proseguita per anni e documentata fino ai rapporti più recenti del 2019. È attualmente prevista una **pubblicazione di uno studio dedicato esclusivamente alle statue della dea Sekhmet** rinvenute nel tempio di Mut, che comprenderà trascrizioni dei rilievi presenti sulle statue e dati riguardanti la loro posizione di ritrovamento nel sito.

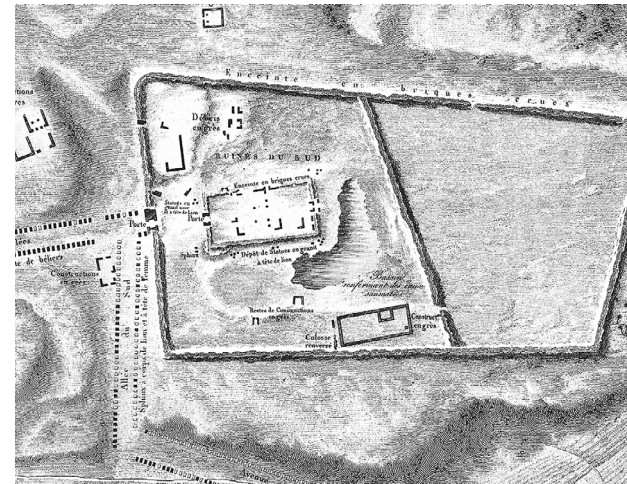


Fig. 3.5 ↑

Una delle prime mappe del complesso di Mut disegnata dagli scienziati di Napoleone.

Fig. 3.6 ↓

Mappe disegnate da Auguste Mariette per la sua pubblicazione su Karnak del 1875.

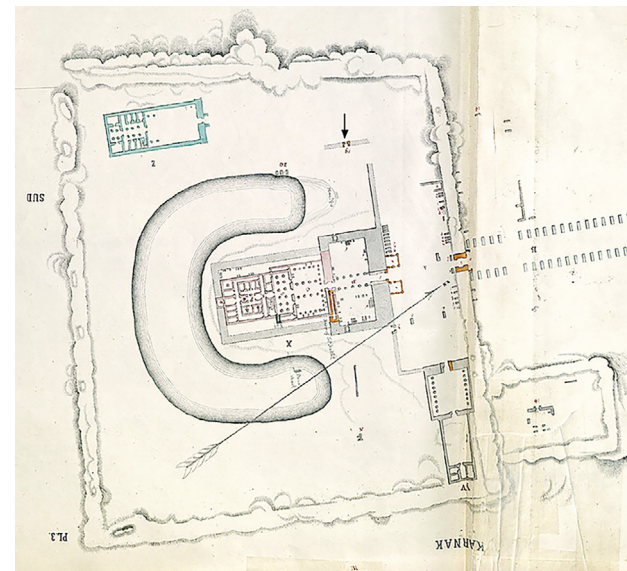


Fig. 3.7 ↑

Margaret Benson (destra) e Janet Gourlay (sinistra).

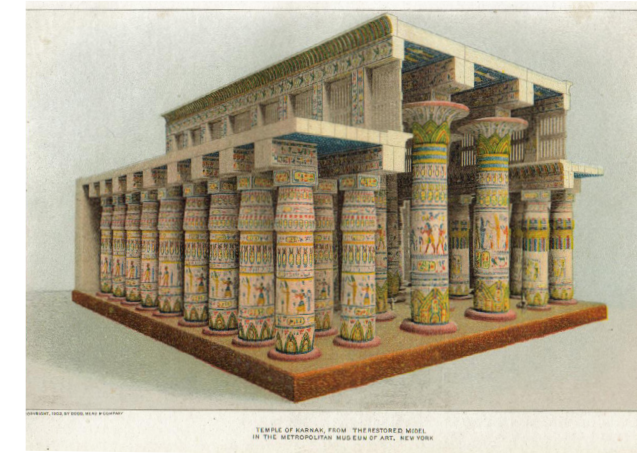
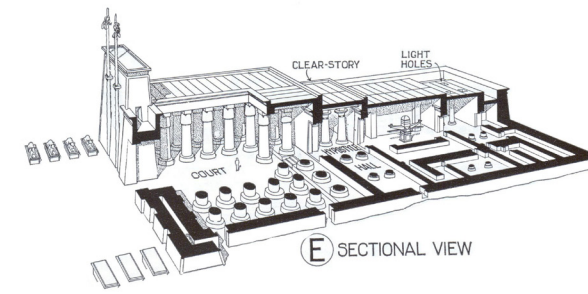


Archetipo architettonico del Nuovo Regno

A partire dal Nuovo Regno, la struttura dei templi si rifà molto a quella dei palazzi, essendo **i templi** considerati come **la casa degli dei sulla terra**. La pianta è articolata in tre aree principali: il cortile anteriore (che può essere uno o più), la sala ipostila e il santuario [Fig. 3.8].

Avvicinandosi al cuore del tempio l'ambiente diventa sempre più riservato, sensazione suggerita anche **dall'abbassarsi dei soffitti e dalla pendenza ascendente dei pavimenti** [Fig. 3.8], con conseguente progressiva diminuzione dell'illuminazione. Le pareti esterne dei templi vengono decorate con scene di battaglia e di vittoria che raffigurano il faraone come un conquistatore invincibile, e il complesso è racchiuso da mura di cinta in mattoni crudi, solitamente di pianta rettangolare, accessibile tramite un portale in pietra. A partire del Medio Regno **le facciate dei templi sono i piloni**, due grandi torri di pianta rettangolare, in pietra o mattoni di argilla.

Fig. 3.9 ↓
Vista sul pilone del tempio di Luxor e sulle sfingi che ne fiancheggiano l'entrata.



A protezione dell'ingresso vengono erette due statue del faraone o due obelischi, e **un viale di sfingi (o criosfingi) conduce all'interno del tempio** [Fig. 3.9].

Dietro il pilone si trova un cortile, solitamente della stessa larghezza della sala ipostila e di pianta rettangolare, delimitato su uno o più lati da un portico con colonne o pilastri. Nel cortile solitamente si trova anche l'altare per le offerte. Nella XIX dinastia, **una caratteristica della sala ipostila è l'ordine delle colonne**, in modo che una navata centrale sia fiancheggiata da due file di alte colonne papiriformi aperte, mentre i corridoi laterali presentano colonne più basse, solitamente del tipo papiriforme a gemma (bud papyriform) [Fig. 3.10].

Nella parte posteriore del tempio si trova **il santuario, la vera dimora del dio**, una stanza stretta e profonda dentro cui troviamo il naos, la dimora della statua del dio. Nel Nuovo Regno il naos, inteso come contenitore sacro, viene posizionato su una **barca sacra, la quale poi viene trasportata in processione** lungo i viali fiancheggiati da sfingi [Fig. 3.11]. Talvolta nelle vicinanze del tempio, all'interno della cinta muraria, viene scavato un **lago di pianta rettangolare o a forma di u**, come nel caso del tempio di Mut. Il lago si riempie grazie alle infiltrazioni sotterranee e su di esso vengono fatte navigare le barche durante le festività (Badaway, 1968).

Fig. 3.8 ↑
Vista sezionata del tempio di Khonsu da cui si può riconoscere la struttura archetipica del tempio.

Fig. 3.10 ↗
Raffigurazione della sala ipostila del tempio di Amon a Karnak.

Fig. 3.11 ←
Rilievo nella cappella rossa di Hatshepsut della processione della barca divina del dio Amon.

3.2 CONTESTO RELIGIOSO

La dea Mut: moglie,
madre e figlia

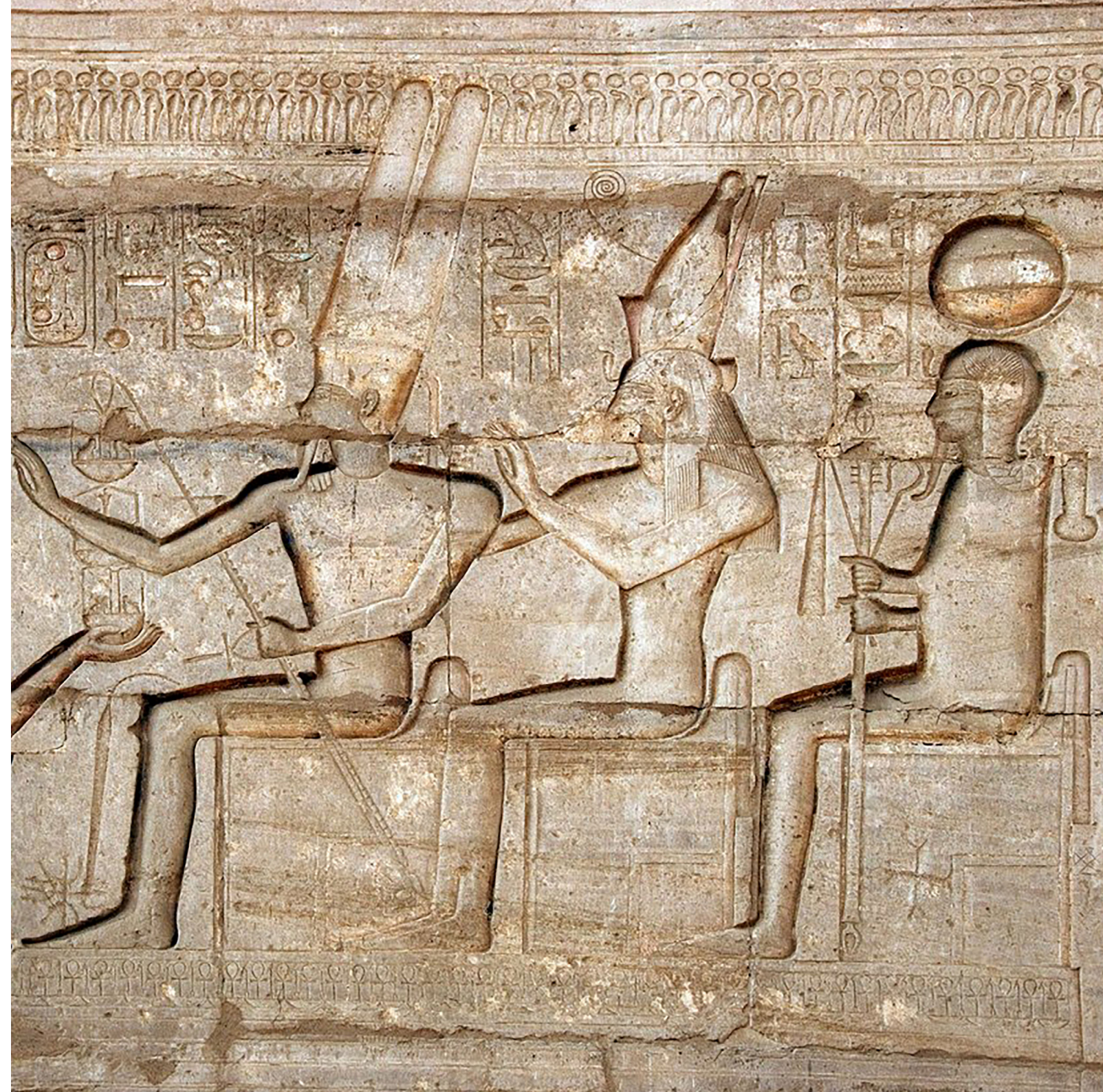
Diversamente dagli dei greci e romani, **per gli egizi i legami familiari sono più ambivalenti**: una divinità può essere contemporaneamente madre, figlia, sorella o consorte di un'altra a seconda del mito, del periodo storico o del culto. Nella **triade tebana** [Fig. 3.12], ad esempio, Khonsu appare come il figlio di Amon, ma questo non è fisso. In qualche modo i due sono due manifestazioni dello stesso dio, dello stesso potere, Khonsu è la versione giovane, rinata di Amon, e Amon è il Khonsu cresciuto. Di conseguenza anche **il ruolo della dea Mut è ambivalente, può essere madre, moglie e figlia**. Questa triade, di cui quella tebana non è l'unica, è considerata semplicemente **la tripartizione di uno stesso dio creatore androgino** (ovvero che ha caratteristiche di ambo i sessi) che unisce tutti gli elementi essenziali alla vita. Sappiamo che **Mut è il termine egiziano per madre**, per cui verrebbe da descriverla come la dea madre tebana, ma non si hanno prove di questo.

I primi reperti che parlano effettivamente della dea Mut risalgono al Nuovo Regno, al contrario del dio Amon, di cui troviamo prova già prima. Probabilmente non è una coincidenza che **il suo culto diventa predominante proprio durante il regno del faraone donna Hatshepsut** (ca. 1478-1458 a.C.).

Nella sua forma umana la dea Mut viene rappresentata con una **doppia corona che rappresenta l'alto e il basso Egitto**. Interessante è che solitamente solo i re indossano questo tipo di corona, il che non rende la dea Mut una regina, ma **la dea che rappresenta la regalità e l'incoronazione del faraone** (Van Dijk, 2010).

Fig. 3.12 →

Rilievo raffigurante la triade tebana (Amon, Mut e Khonsu, in quest'ordine). Ramesseum di Luxor.



Le statue della dea Sekhmet

Nella sua forma più temibile, la dea Mut assumeva sembianze leonine per diventare Sekhmet. La dea Sekhmet è una delle forme possibili della stessa entità femminile, l'**Occhio del Sole, figlia di Ra ed estensione del suo potere sulla terra**. I due miti principali riguardanti la dea sono il mito della Distruzione degli uomini e il mito della Dea lontana (Fazzini & Bryan, 2021).

Mito della Distruzione degli uomini

"Quando l'umanità si ribellò al dio, lui inviò il proprio Occhio a punire i responsabili della rivolta, sotto forma di una leonessa furiosa e affamata di sangue; la dea Sekhmet. Inebriata dalla battaglia, la dea sfuggì al controllo del padre, che per richiamarla la ingannò tingendo di rosso un lago di birra. Scambiandolo per sangue la dea lo bevve tutto e, ubriaca per la bevanda, si trasformò nella sua forma più docile, la gatta Bastet. L'evento fu celebrato con feste e rituali così da tenere a bada la feroce leonessa."

Mito della Dea lontana

"Dopo una discussione con il padre Ra, la dea fugge in Nubia. Il dio inviò Thot (o altri dei a seconda della versione) per convincerla a tornare. Il ritorno della dea segnò il ritorno delle acque del Nilo e per questa verrà celebrata per secoli."



Fig. 3.13 →
Sekhmet n.253
conservata al Museo
Egizio di Torino.

Da questi miti emerge chiaramente l'importanza della venerazione della dea e del giusto svolgimento dei rituali a lei dedicati. Non si trattava semplicemente di pregare la divinità, ma anche di scongiurarla affinché non scatenasse i suoi flagelli sul re e sull'Egitto. La forza violenta di Sekhmet, che si manifestava nelle inondazioni estive del Nilo, fondamentali per la produzione agricola, doveva essere domata per evitare che si ripettesse in altri periodi dell'anno con conseguenze disastrose (Connor, 2017).

Il gruppo statuario dedicato alla dea Sekhmet fu realizzato per volontà del sovrano Amenhotep III (ca. 1475-1425 a.C.) e rappresenta uno dei più grandi programmi iconografici dell'Antico Egitto. Secondo gli studiosi, le statue dovevano far parte di una collezione di **730 statue, metà sedute e metà stanti**: due serie da 365 statue ciascuna, ogni coppia corrispondente ad un giorno dell'anno. La si definisce infatti

una **litanìa in pietra, la rappresentazione di una preghiera quotidiana** che veniva fatta verso la dea per pacificare la sua ira, per ogni giorno dell'anno. La simbologia si rifà anche ad un'antica credenza secondo la quale Hathor era la dea dell'anno, e dunque Sekhmet a sua volta (Yoyotte, 1980).

Fig. 3.14 ↓
Foto storica del primo cortile del tempio di Mut.



L'analisi di questo gruppo statuario permette di investigare numerosi aspetti della scultura egizia. Prima di tutti la **mobilità della statuaria**, che non nasceva per rimanere fissa in un luogo, ma era solita viaggiare per essere usata in templi diversi, anche lontani nel tempo e nello spazio. Questo perché **era la statua a conservare il potere della dea, per cui ovunque venisse posizionata il suo culto rimaneva**.

La maggior parte delle statue ad oggi scoperte fanno riferimento all'area del tempio di Mut, ma altre furono trovate anche nel sito archeologico di Kom el-Hettan, ovvero il "Tempio dei Milioni di Anni" di Amenhotep III, che viene considerato il luogo di collocamento originario del complesso statuario. Dal sito originario le statue vennero spostate nel complesso di Karnak, quelle stanti vennero posizionate nel tempio di Ptah, nel recinto del dio Amon, e quelle sedute nel tempio di Mut. Le ultime ricerche suggeriscono che siano state **spostate nel tempio di Mut solo nella dinastia successiva, all'epoca di Ramses II**, quando si manifestò più palesemente il legame tra la dea Mut e Sekhmet. Una delle prime sculture fu trovata da **Vitaliano Donati nel 1759**, a seguito di una spedizione su ordine del re Carlo Emanuele III. Grazie al diario di Donati è stato possibile comprendere la collocazione originaria nel tempio di Mut. **Le altre venti statue oggi conservate al Museo Egizio di Torino furono acquistate nel 1824 dal re Carlo Felice** dal console di Francia Bernardino Drovetti, noto collezionista. Quest'ultimo, grazie al suo agente **Jean Jacques Rifaud**, venne in possesso delle statue della dea a seguito di scavi effettuati nel complesso di Karnak nel 1818. La provenienza è confermata anche dalle tracce lasciate da Rifaud stesso: il suo nome, infatti, è inciso sulla base di molte di esse [Fig. 3.15] (Connor, 2017).



Fig. 3.15 ↑
Firma di Jean Jacques Rifaud sulla Sekhmet n.251 conservata al Museo Egizio di Torino.

Fig. 3.16 ↓

Statue della dea Sekhmet provenienti dal tempio di Mut, conservate nella Galleria dei Re del ME di Torino.



LA RITUALITÀ GIORNALIERA NEL TEMPIO

Il rituale per la dea Mut

Nell'antico Egitto ogni tempio ha il suo rituale quotidiano dedicato alla divinità in questione. Il rito non è una grande cerimonia pubblica, ma un'azione quotidiana e ripetitiva svolta dal sovrano, o il più delle volte da un sacerdote autorizzato che ne fa le veci (Guglielmi & Buroh, 1997).

Il legame tra la divinità e la sua immagine culturale, come un rilievo o la sua statua collocata nel santuario del tempio, è un aspetto centrale per la religione dell'antico Egitto: tali immagini sono considerate **il corpo del dio sulla terra**, il luogo in cui il suo spirito può risiedere. Il rituale ha quindi una funzione di **manutenzione della statua così che lo spirito del dio non la abbandoni**. Al mattino il sacerdote accede al santuario, si pone davanti al naos e svolge il rituale. Il naos viene poi lasciato aperto per l'intera giornata e richiuso la sera, per permettere la ripetizione del rito il giorno seguente. Durante il rito si alternano una serie di passaggi più operativi ad altri più evocativi e di offerta simbolica, ognuno accompagnato da una formula, una sorta di preghiera (Guglielmi & Buroh, 1997).

Il rituale per la dea Sekhmet

Il rituale dedicato alla dea Sekhmet è ben descritto nel testo **Sekhmet et la protection du monde di Philippe Germond (1981)**.

I rituali dedicati alla dea Sekhmet sono numerosi e spesso legati a specifiche ricorrenze del calendario religioso; tuttavia, è il rituale quotidiano ad assumere un valore centrale, poiché finalizzato ad **ottenere la pacificazione costante della dea**, che non avrebbe scatenato la sua ira sull'Egitto e sarebbe stata favorevole al sovrano tutti i giorni dell'anno.

Germond (Germond, 1981) costruisce la propria analisi raccogliendo una serie di **rilievi templari che rappresentano la dea Hathor in qualità di Occhio di Ra**, che in questo contesto identifica la stessa dea **Sekhmet nella sua forma già pacificata**. Per i rilievi fa riferimento ai testi sul tempio di Edfu e Dendera pubblicati nei MMAF-Mémoires publiés par les membres de la Mission Archéologique Française au Caire, sotto l'IFAO-Institut Français d'Archéologie Orientale (Chassinat, 1928; Chassinat, 1934a; Chassinat, 1934b; Chassinat, 1935).

Nel testo (Germond, 1981) non viene definita una sequenza rituale ordinata, ma bensì una serie di azioni, principalmente **offerte**, rivolte alla dea. Ciascuna di queste possiede un valore simbolico preciso, e in alcuni casi rimanda direttamente al mito principale legato alla dea Sekhmet, quello della Distruzione degli uomini.

A seguito dello studio del contesto storico-culturale e religioso in cui si colloca il Tempio di Mut, è stato possibile iniziare il progetto di ricostruzione vero e proprio, articolato principalmente in tre fasi operative: **la modellazione digitale ricostruttiva, la texturizzazione e la progettazione dell'esperienza di realtà virtuale.**

IL PROGETTO

4.1 MODELLAZIONE DIGITALE RICOSTRUTTIVA

Per la prima fase, e di conseguenza per le successive, è stata fondamentale l'**analisi dei rapporti di scavo pubblicati dal Brooklyn Museum dal 1996 al 2019** (Brooklyn Museum, n.d.). Grazie a questa documentazione è stato possibile acquisire una visione d'insieme del sito, comprendendo meglio il rapporto con gli altri edifici che rientrano nel recinto sacro, ovvero il tempio di Ramses III, il tempio A, la cappella D e alcune strutture minori. Ai fini del progetto si è scelto di focalizzare la ricostruzione solo sul **tempio di Mut entro le sue mura perimetrali**, escludendo le altre architetture e le mura di cinta esterne dell'intero complesso. Tali elementi avrebbero richiesto ulteriori studi e approfondimenti specialistici, sufficienti a configurare un progetto autonomo e distinto rispetto agli obiettivi di questa ricerca.

Il software che è stato usato principalmente è **Blender**, un programma 3D open-source che integra **modellazione, texturizzazione, shading, animazione e rendering in un unico ambiente di lavoro**.

Per impostare il lavoro su Blender è stato innanzitutto necessario individuare una planimetria da utilizzare come **riferimento per la scala dell'intero modello**. A questo scopo è stata adottata la **planimetria prodotta dall'Institut Geographique National** di Parigi [Fig. 4.1], poiché ritenuta la più completa e accurata. Questa è stata ulteriormente confrontata, attraverso al scala grafica, con le **pianta della prima porta del tempio** [Fig. 4.2], presenti nel testo dedicato di Fazzini e Van Dijk (2015), e con quella del **propilone**, dal testo di Sauneron (1983). Una volta impostata la **scala 1:1** delle planimetrie è stato possibile iniziare il processo di modellazione.

Di seguito, attraverso il racconto degli elementi principali che compongono il tempio, si vuole fornire uno **strumento per comprendere le scelte prese in fase di modellazione**, che possa quindi essere utile per l'interpretazione del modello in quanto **una delle ipotesi ricostruttive possibili**. Le scelte di ricostruzione riguardano soprattutto gli alzati del tempio e la modellazione di alcuni elementi decorativi, mentre per le dimensioni di lunghezza e larghezza si è fatto per lo più riferimento alle planimetrie sopra citate.

Nella ricostruzione si è cercato di seguire il più possibile quello che nei **Principi di Siviglia** viene definito come **principio di autenticità**, per cui è importante **differenziare** nel modello ciò che rappresenta elementi presenti in situ, da ciò che è stato ricostruito (ICOMOS, 2017). Come vedremo più avanti, questo principio è stato applicato in fase di modellazione, ma soprattutto per la texturizzazione, cercando di ricreare solo ciò di cui si aveva certezza sulla base dei resti in situ e delle fonti.

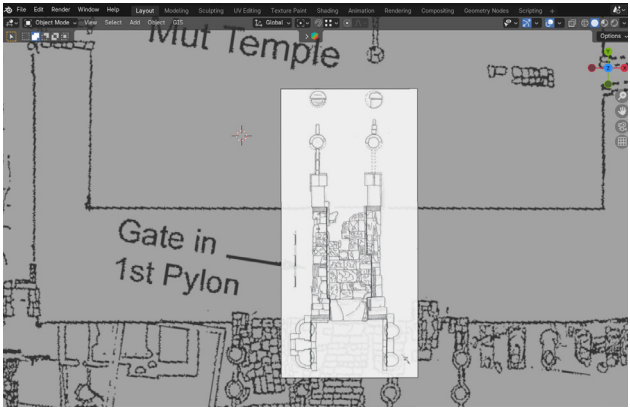


Fig. 4.2 ↑
Scala 1:1 della pianta della prima porta.

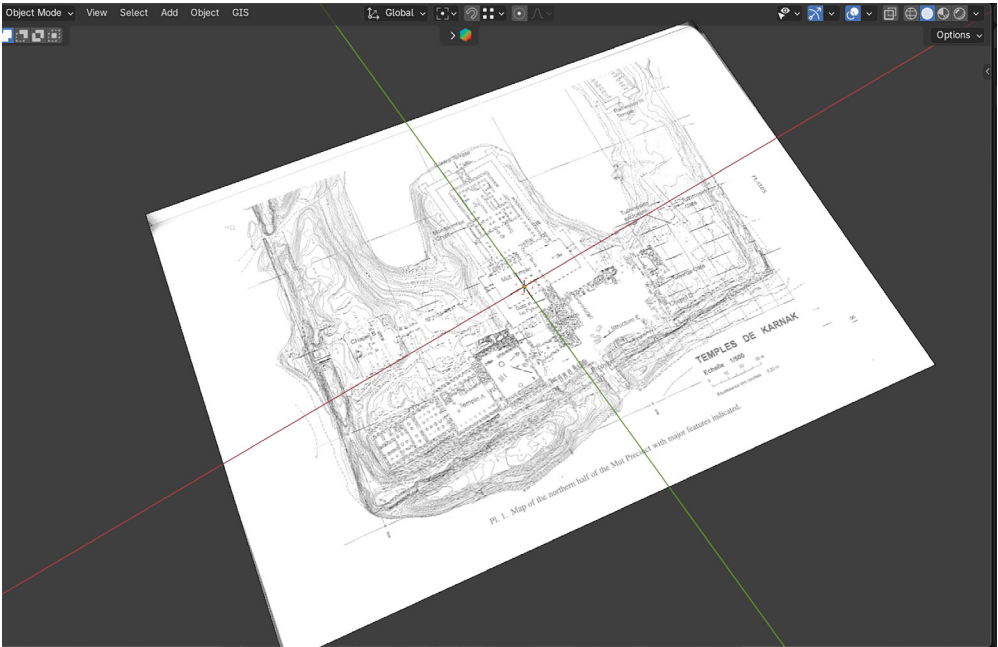


Fig. 4.1 ←
Scala 1:1 della planimetria del complesso templare di Mut.

Le porte e i piloni



Per l'altezza della prima porta si è fatto riferimento sempre al testo di Fazzini e Van Dijk (2015), dove gli autori paragonano le misure conosciute della porta del tempio di Mut a quelle del **tempio di Medinet Habu**. Date le somiglianze per quanto riguarda larghezza della facciata (7,10 m e 7,50 m), del passaggio (3,60 m e 3,32 m) e la profondità (9 m e 10,50m), risulta plausibile ipotizzare un'altezza analoga per la **prima porta del tempio di Mut**, stimabile intorno ai **13 m**.

Per dedurre le altezze del primo e del secondo pilone, e della seconda porta del tempio di Mut, sono stati fatti diversi **ragionamenti comparativi** rispetto a due strutture di riferimento: il tempio di Khonsu [Fig. 4.3], situato all'interno del recinto di Amon a Karnak, e il IX pilone del tempio di Amon nello stesso complesso [Fig. 4.4]. Il tempio di Khonsu è stato scelto perché si tratta di uno degli edifici del Nuovo Regno meglio conservati ed è quindi **rappresentativo della struttura archetipica dei templi egizi** di questo periodo. L'edificio presenta un solo pilone, con una porta di accesso al primo cortile, seguito da una sequenza architettonica tradizionale, che prosegue nella sala ipostila e infine nel santuario.

Per il confronto con il **IX pilone del tempio di Amon** sono state prese in considerazione le misure riportate da Carlotti (1995). Per il tempio di Khonsu invece, non essendoci molte fonti che parlano delle misure del tempio, sono state considerate una serie di illustrazioni storiche architettoniche conservate nella collezione digitale Historic Illustrations of Art and Architecture della University of Michigan Library Digital Collections.

Fig. 4.3 ↗
Tempio di Khonsu
a Karnak.

Fig. 4.4 ←
Foto storica del IX
pilone di Karnak.

Sono state applicate due metodologie di calcolo:

- **confronto proporzionale tridimensionale (larghezza, profondità e altezza)**: è stata utilizzata una formula che mette in rapporto queste dimensioni, tutte e tre note per i due piloni di confronto;
- **rapporto tra altezza del pilone e altezza della porta**: il secondo ragionamento è stato proporzionare l'altezza del pilone a quella della porta che vi si inserisce.

Per calcolare l'**altezza del primo pilone** sono stati applicate entrambe le metodologie.

Con la prima metodologia il calcolo ha restituito due risultati molto diversi tra loro; 47 m, in rapporto al primo pilone del tempio di Khonsu, e 19,5 m rispetto al IX pilone. Il primo valore è stato subito escluso poiché il pilone più alto documentato nell'architettura egizia è quello del tempio di Edfu, di 36 m, ed è improbabile che il primo pilone del tempio di Mut possa superarlo date le proporzioni complessive dell'edificio. Il rapporto tra l'altezza del primo pilone del tempio di Khonsu e la sua porta è pari a 1,5, mentre per il IX pilone è 1,84. Facendo il calcolo con il primo valore di rapporto, e considerando come altezza della prima porta del tempio di Mut 13 metri, otteniamo un'altezza del pilone di 19,5 m, mentre con il secondo valore di rapporto otteniamo un'altezza di circa 24 m.

Da entrambi i ragionamenti emerge l'altezza **19,5 m**, come risultato del confronto proporzionale con il IX pilone e dal rapporto fra il pilone e la porta del tempio di Khonsu. Questo valore può quindi considerarsi come il più plausibile per l'altezza del primo pilone del tempio di Mut.

Una volta definite le altezze della prima porta (13 m) e del primo pilone (19,5 m) è stato possibile procedere con il calcolo delle altezze della **seconda porta e del secondo pilone**, di cui si conoscono solo lunghezza e profondità.

Per il secondo pilone, non avendo l'altezza della seconda porta, **è stato usato esclusivamente in primo metodo**, il confronto proporzionale tra lunghezza, altezza e profondità.

Il calcolo, per l'altezza del secondo pilone, ha restituito i seguenti risultati:

- 15 m in rapporto al pilone del Tempio di Khonsu;
 - 6,5 m in rapporto al IX pilone del Tempio di Amon;
 - 6,4 m in rapporto al primo pilone del Tempio di Mut.
- Rispetto a questi risultati si è applicato il secondo metodo per stimare quale potrebbe essere di conseguenza l'altezza della seconda porta, usando il valore di rapporto di 1,5. I risultati sono:
- altezza del pilone di ca. 15 m → la porta è alta ca. 10m;
 - altezza del pilone di ca. 6,5 m → la porta è alta ca. 4,33 m;
 - altezza del pilone di ca. 6,4 m → la porta è alta ca. 4,3 m.

Il risultato più ripetuto è 6,5 m per l'altezza del pilone e 4,3 m per l'altezza della porta. Tuttavia, si è preferito considerare come più appropriati i primi risultati, ovvero **15 m per il pilone e 10 m per la porta**. Questa scelta è motivata dal fatto che, procedendo negli spazi successivi del tempio (la sala ipostila, il corridoio della barca e il santuario) i pavimenti si alzano e i soffitti si abbassano.

Prendendo come riferimento la sezione del tempio di Khonsu, la scelta di misure eccessivamente ridotte (6,5 m e 4,3 m) avrebbe portato ad un'altezza finale del santuario di 1,7 m, inverosimile per questo tipo di ambiente.

Soffitti e pavimenti

Come è stato appena descritto, nei templi dell'Antico Egitto **la posizione di soffitti e pavimenti tende a non essere costante in tutti gli ambienti**. La progressiva diminuzione dello spazio in altezza ha l'obiettivo di creare un'**atmosfera sempre più raccolta** e in qualche modo spirituale, che culmina nel santuario, la dimora del dio.

Facendo riferimento sempre all'illustrazione architettonica del tempio di Khonsu [Figg. 4.5-4.6], sono stati calcolati i **dislivelli dei pavimenti e dei soffitti** nei diversi ambienti, che in particolare cambiano nel passaggio tra il secondo cortile, la sala ipostila e il santuario. Tra il corridoio della barca e la zona delle cappelle il pavimento è allo stesso livello, mentre diminuisce di poco l'altezza del soffitto.

Per le **pareti**, infine, è bastato **ricalcare ed estrarre le basi segnate in pianta**, prendendo in considerazione sia il rilievo dell'Institut Geographique National di Parigi, che la pianta proposta da Fazzini e Bryan (2021). Nella prima, il disegno riporta solo ciò che ad oggi è ben riconoscibile in situ, per cui alcuni elementi sono mancanti; nella seconda, invece, è stato fatto un lavoro di ricostruzione deduttiva, per cui sono riportate tutte le pareti, oltre alla distinzione tra i due materiali principalmente impiegati, l'arenaria e il mattone crudo.

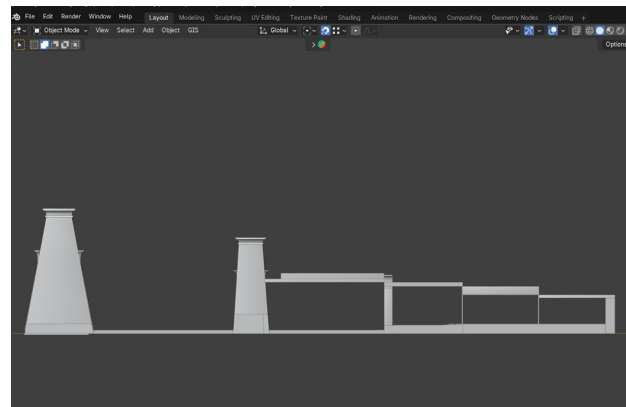
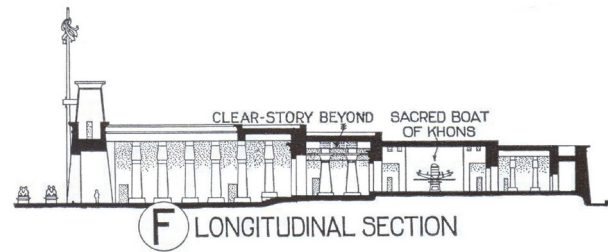


Fig. 4.5 ↖
Sezione laterale tempio di Khonsu.

Fig. 4.6 ←
Sezione laterale modello del tempio di Mut.

Colonnati propilei

Dalle piante del tempio si possono riconoscere le basi di diversi sistemi di colonne posti lungo l'asse principale del tempio, in entrata e nei due cortili successivi. Negli **scavi del Brooklyn Museum** del 2005 (Brooklyn Museum, n.d.) è stato rinvenuto, tra i resti delle colonne più esterne che fiancheggiano l'entrata, un **frammento scultoreo** raffigurante un volto spezzato, riconducibile ad un **capitello di tipo hatorico** [Figg. 4.7-4.8]. Non essendo il solo ad essere stato ritrovato in questa area, si può presupporre che l'intero colonnato fosse costituito da colonne di questo tipo.

Le colonne hatoriche sono caratterizzate da un capitello decorato con il **viso della dea Hathor**, riconoscibile per le **orecchie bovine**, mentre nella parte superiore è generalmente raffigurato un naos, o quello che può sembrare la facciata di un tempio, ovvero un pilone (Philips, 2002). Inoltre, il fusto è solitamente liscio e privo di bombatura (Pratt, 1980). [Fig. 4.9]



Fig. 4.7 ↗
Frammento scultoreo trovato negli scavi del 2005.

Fig. 4.8 →
Frammento del capitello in situ.

Fig. 4.9 ↓

Colonne hathoriche al chiosco di Qertassi.



Il sistema di colonne esterno è stato datato all'**epoca kushita (XXV dinastia)**, attribuibile al **regno del sovrano Taharqa (ca. 690-664 a.C.)**. Tale interpretazione si fonda non solo sulle caratteristiche strutturali del complesso, ma anche sui rilievi rinvenuti nella **cripta di Montuemhat**, alto funzionario responsabile dei lavori al tempio durante il regno di Taharqa. Sulle pareti della cripta sono infatti raccontate le principali operazioni edilizie da lui seguite, tra cui la costruzione di due colonnati d'ingresso, ciascuno costituito da 12 colonne (Fazzini & Bryan, 2021).

Durante il suo regno, Taharqa **fece edificare a Tebe numerose strutture colonnari**, tutte accomunate da alcuni elementi: si trovavano davanti ad un tempio o a un punto di passaggio importante, erano costituite principalmente da colonne papiriformi, avevano delle coperture e le colonne erano unite da delle pareti intercolumnari basse. Questi sistemi di colonne possono essere classificati in **tre tipologie** di costruzione:

- **il chiosco**: edificio strutturalmente indipendente costruito lungo un asse processionale. Il grande chiosco di Taharqa al centro della prima corte del tempio di Karnak ne è l'esempio più celebre [Fig. 4.10];
- **il portico**: costruzione generalmente costituita da due colonne e addossata a un ingresso;
- **il colonnato propileo**: portico monumentale formato da almeno quattro file di colonne e attestato, finora, unicamente sotto il regno di Taharqa. L'esempio meglio conservato in situ si trova a est di Karnak, sul piazzale del tempio orientale di Ramses II (Hourdin, 2023). [Fig. 4.11]

Fig. 4.11 →

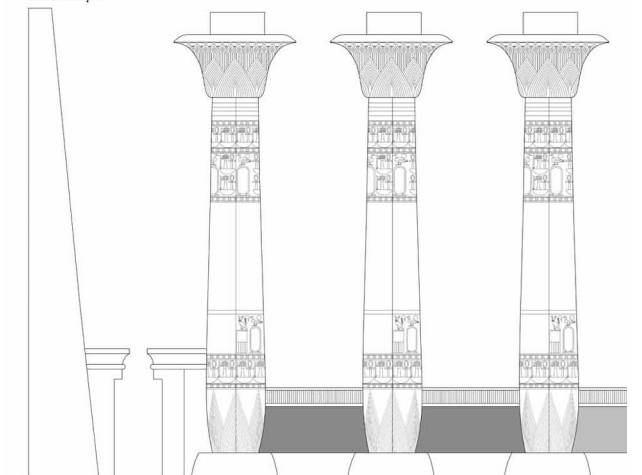
Disegno ricostruttivo del colonnato propileo all'entrata del tempio di Ramses II a Karnak est.

Fig. 4.10 ↗

Chiosco di Taharqa a Karnak.



Pylon of Karnak
Eastern temple



Tra le tre tipologie, la struttura che troviamo di fronte all'entrata del tempio di Mut possiamo considerarla un **colonnato propileo**, data la presenza di **pareti che uniscono le file di colonne alle torri del pilone**. Rispetto ad altri colonnati propilei però, non presenta colonne papiriformi, bensì hathoriche. Nonostante ciò, la struttura viene comunque assimilata a quelle kushita, giustificata dal fatto che **le colonne hathoriche sono tipiche dei templi dedicati alle divinità femminili** (Arnold, 2003). L'ipotesi ricostruttiva di questo colonnato è stata elaborata a partire dal confronto con il **colonnato in entrata al tempio di Ramses II a Karnak est** [Fig. 4.11], che è ad oggi l'esempio meglio conservato di questo tipo di struttura. Tale confronto ha reso possibile l'adozione diretta delle **stesse misure**, poiché dalle misurazioni dei **diametri delle basi e dei fusti** delle colonne nella pianta del tempio di Mut, è emersa una corrispondenza con quelli del colonnato propileo a Karnak est.

Stesso discorso vale anche per le **pareti intercolumnari**, ricostruite ad un'altezza di circa 2 m. Queste pareti, tipiche delle costruzioni nel periodo kushita, solitamente erano spesse la metà del diametro della colonna, a volte era anche più sottili e formate da una singola lastra di pietra e la faccia superiore era sempre sormontata da una **cornice cavetto** (Arnold, 1999). [Fig. 4.12]

Le pareti che uniscono le ultime due colonne delle due file centrali possono essere assimilate alle strutture tipiche dell'**epoca tolemaica (ca. 305-30 a.C.)**, che si discostano leggermente dalle pareti intercolumnari kushite (Ubertini, 2005). Anche dai resti in situ si può vedere come queste siano **molto più alte** di quelle a cui facciamo riferimento nel tempio a Karnak est. Inoltre, sappiamo che **in epoca tolemaica quest'area ha subito dei restauri**, per cui il colonnato propileo effettivamente unisce elementi del periodo kushita ed elementi tolemaici. Queste pareti sono simili a quelle del **chiosco di Qertassi** [Fig. 4.13], che quindi è stato utilizzato come riferimento. Hanno un'**altezza di**



Fig. 4.13 ↑
Chiosco di Qertassi, pareti intercolumnari con fregio ureo.

circa metà della colonna (le colonne sono alte ca. 10 m, quindi le pareti ca. 5 m), e oltre alla cornice a cavetto sono sormontate da un **fregio con gli urei**, il **serpente simbolo della regalità, forza e protezione**, in questo caso dello spazio sacro (khekeru.ch, n.d.). L'ureo è uno di quegli elementi decorativi di cui si ha la quasi totale certezza, per cui nella ricostruzione è stata modellata la cornice con una forma semplificata [Fig. 4.12], per poi lavorare in un secondo momento sulla texture per dare l'idea del fregio. Questo è uno dei pochi casi in cui si è andato a ricostruire l'elemento decorativo, come per i capitelli, per cui allo stesso modo è stata modellata il volume e poi con la texture è stato dato l'effetto del rilievo con il viso della dea Hathor.

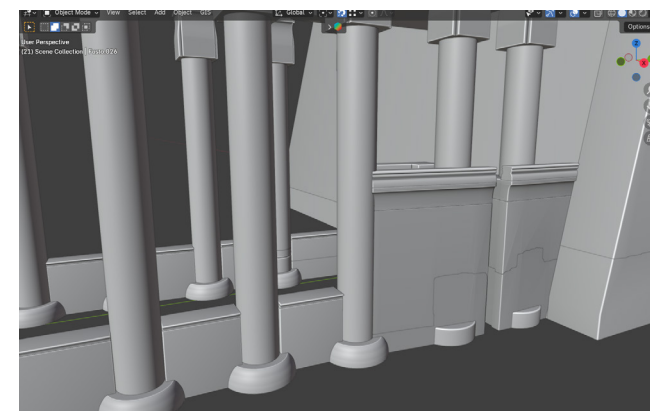
Anche il **colonnato del primo cortile** può essere considerato un colonnato propileo del periodo kushita, e si presuppone che sia stato edificato prima di quello esterno, durante la prima fase del regno di Taharqa (Hourdin, 2020).

Fig. 4.12 ↓

Pareti intercolumnari e pareti tolemaiche, con cornici a cavetto e fregio ureo.

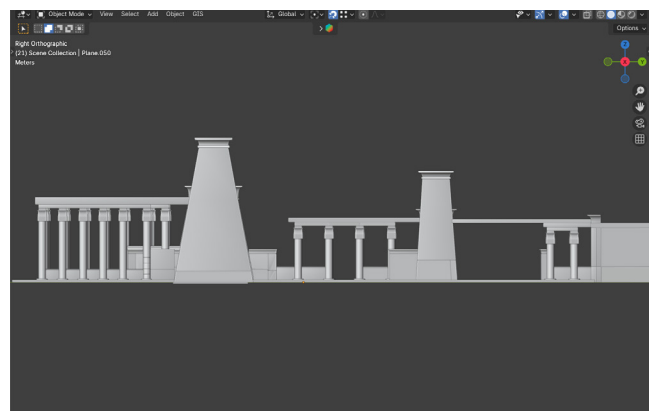
Fig. 4.14 ↘

Vista laterale dei tre colonnati propilei.



L'ipotesi vale anche per il **terzo colonnato**, che si trova nel secondo cortile (Badaway, 1968). A differenza del colonnato in entrata, nei muretti che uniscono i colonnati interni alla parete dell'ambiente successivo, non è stata aggiunta la cornice con gli urei. Questa è infatti tipica dell'architettura tolemaica, di cui però non si attestano lavori nell'area più interna del tempio.

Per quanto riguarda le **altezze delle colonne**, partendo da una misura di **10 m per quelle esterne**, in riferimento all'altezza di quelle a Karnak est (Hourdin 2018; Hourdin 2023), si è cercato di mantenere lo stesso rapporto con l'altezza della porta anche per il colonnato nel primo e nel secondo cortile [Fig. 4.14]. Così come i soffitti, anche le colonne di questo tipo di strutture vanno ad **abbassarsi all'avvicinarsi al cuore del tempio**. Nel definire l'altezza delle colonne è però sorto un dubbio in relazione al fatto che, al diminuire delle altezze, dovrebbe diminuire proporzionalmente anche il diametro delle basi e dei fusti, cosa che però non risulta dalle misurazioni in pianta. Questo è uno di quei casi in cui è stata scelta un'interpretazione piuttosto che un'altra, entrambe ugualmente valide, lasciando **spazio ad ulteriori ipotesi ricostruttive**.



Peristilio

Nel secondo cortile **gli spazi iniziano a restringersi** e la **luce diminuisce** a causa della presenza di un peristilio. Il peristilio è un portico che si sviluppa lungo il perimetro del cortile ed è sostenuto da **pilastrini a sezione quadrata**, in questo caso **pilastrini hathorici**, di cui ad oggi rimane solo qualche base e qualche frammento di capitello (Fazzini & Bryan, 2021). [Fig. 4.15]

Fig. 4.15 ↓
Resti dei pilastrini e un frammento di capitello (basso a sx) in situ.



Sala ipostila

La sala ipostila è un ambiente **chiuso in cui il soffitto è sostenuto da numerose colonne o pilastrini**. Dai resti oggi visibili in situ si distinguono chiaramente **otto basi e alcuni fusti di colonne di tipo cluster** [Fig. 4.16], ossia a fascio (a mazzo di piante), che possono essere **papiriformi** o **lotiformi** [Figg. 4.17-4.18]. La differenza risiede nel capitello, che risulta più snello nel caso del lotiforme, per cui non adatto a sostenere molto peso; il capitello papiriforme, invece, è più largo e resiste a carichi maggiori. Dovendo in questo caso sostenere il tetto della sala, è più plausibile che la colonna fosse cluster del secondo tipo, ispirata al **bocciolo di papiro non ancora dischiuso** (Philips, 2002).

Nel Nuovo Regno, una peculiarità delle colonne della sala ipostila è la **distinzione tra quelle che fiancheggiano il passaggio centrale e quelle più esterne**. Le prime tendono ad essere colonne papiriformi aperte, più alte e con diametro maggiore, mentre quelle esterne sono solitamente di tipo papiriforme chiusa e con dimensioni minori (Badaway, 1968). Nel caso del tempio di Mut però, si è preferito optare per una versione precedente, con colonne simili, perché dai resti si può osservare chiaramente che **la tipologia è uguale per tutte e otto** e che il diametro delle basi e dei fusti non cambia.

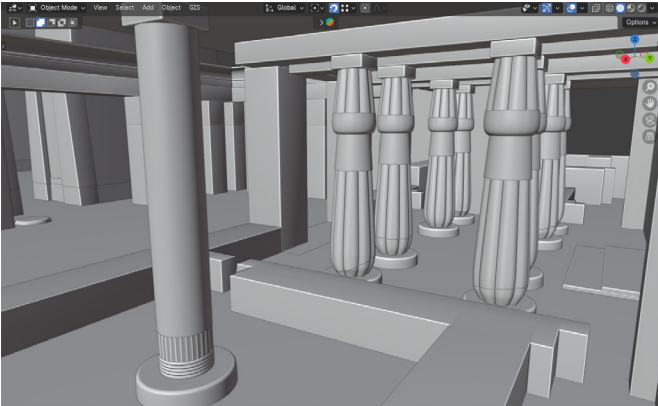


Fig. 4.17 ↑
Colonna cluster lotiforme.

Fig. 4.18 ↑
Colonna cluster papiriforme.

Fig. 4.16 ↓
Resti delle basi e di alcuni fusti delle colonne della sala ipostila in situ.

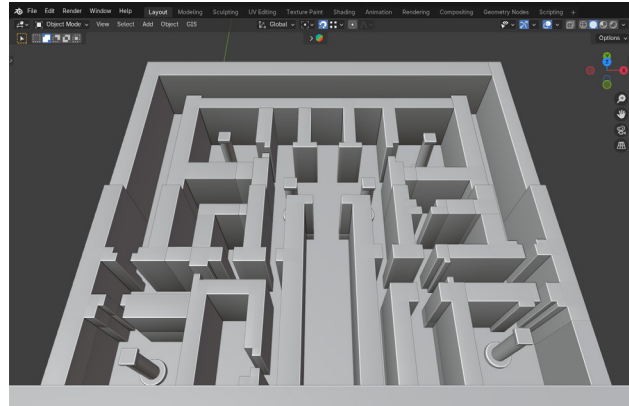
Fig. 4.19 ↘
Modellazione digitale delle colonne della sala ipostila.



Santuario

Fig. 4.20 ↓

Modellazione digitale del santuario.



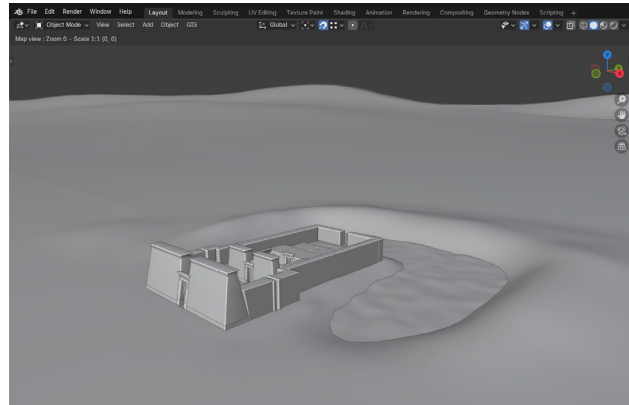
Gli ambienti successivi sono il **corridoio della barca**, dove appunto si trovava la barca sacra della dea che veniva usata in occasione dei festival di processione, e infine troviamo le **tre cappelle dedicate alla triade tebana**, di cui quella centrale contenente il naos della dea Mut.

Dopo il santuario, ad affacciarsi sul lago Isheru, troviamo un piccolo **contra-temple**, una struttura che spesso veniva costruita lungo l'asse del tempio, opposto all'entrata, e che era accessibile alla gente comune che non poteva entrare nel santuario vero e proprio (Fazzini & O'Rourke, 2008).

Contesto

Fig. 4.21 ↓

Modellazione digitale del contesto.



Finita la ricostruzione del tempio, per contestualizzarlo nello spazio sono stati modellati **il suolo e il lago Isheru**. Per il suolo è stato utilizzato un add-on open source per Blender, **BlenderGIS**, che permettere l'importazione di dati GIS (punti georeferenziati) per la creazione di modelli digitali del terreno. In questo modo è stato possibile riprendere i rilievi che si vedono in lontananza, essendo l'area di Karnak per lo più pianeggiante.

Statue

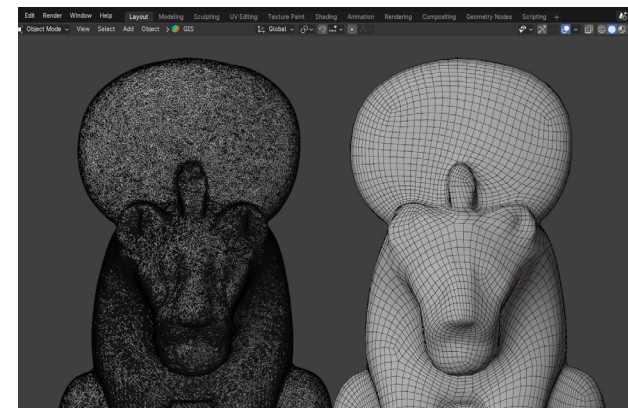
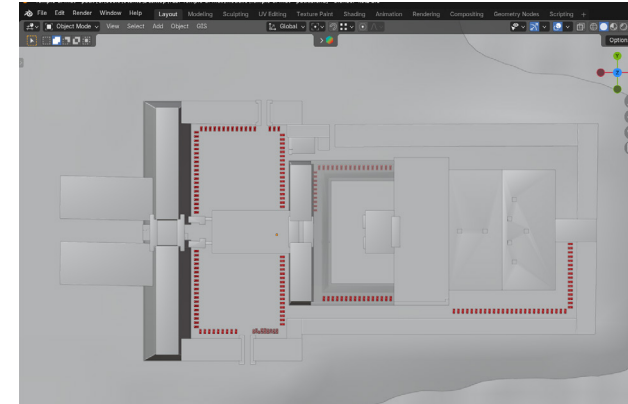
Infine, sono state posizionate le statue della dea Sekhmet. **Il Museo Egizio di Torino ha fornito i modelli 3D e le texture**, ottenute con fotogrammetria, delle **9 statue della dea Sekhmet** provenienti dal sito del tempio di Mut e oggi conservate al museo nella sala dei re. Di queste 9 **è stata scelta la n.253 come più esemplificativa** della figura della dea per poterla inserire nel tempio. Benson e Gourlay (1899) raccontano di aver trovato numerose statue della dea posizionate **lungo il perimetro del primo cortile, nel secondo cortile** dietro i pilastri del peristilio e lungo il **corridoio sud-ovest del tempio** [Fig. 4.22]. Nel primo cortile, lungo uno dei lati corti, sono stati inserite ravvicinate, tutte e 9 le Sekhmet [Fig. 4.23], mentre la n.253 è quella che è stata ripetuta nel resto del tempio.

Fig. 4.22 ↓

Posizionamento delle statue della Sekhmet nel modello.

Fig. 4.28 ↓

Retopology dei modelli delle statue.



Sempre grazie ai modelli forniti dal Museo Egizio di Torino è stato possibile posizionare le **criosfinxi**, caratterizzate dalla figura di un sovrano sotto il mento, e le **sfinxi**. Entrambe sono state collocate secondo i ritrovamenti lungo la parete sud ovest del primo pilone, di fianco al colonnato propileo, alternate ad altre statue della Sekhmet [Figg. 4.24-4.25]. Per le dimensioni si è fatti riferimento alla pubblicazione di Cincotti (2025). Inoltre, due criosfinxi sono state posizionate davanti ai due colonnati propilei che fiancheggiano l'entrata [Fig. 4.26-4.27].

Prima di inserire tutti i modelli è stato fatto un processo di **retopology con l'add-on QuadRemesh** [Fig. 4.28]. Il retopology è un processo in cui la mesh poligonale viene modificata o ricreata per ottenere un **modello più pulito**, mantenendo il più possibile la forma di partenza. Successivamente è stato il fatto **bake delle texture** fornite dal museo sulle statue della Sekhmet ottimizzate, ottenendo quindi il realismo nonostante la mesh semplificata.

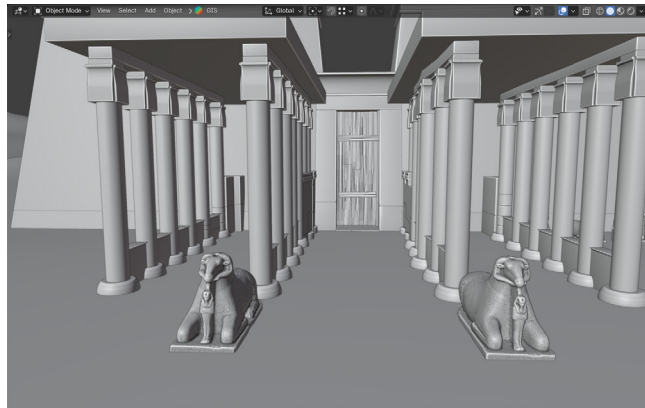
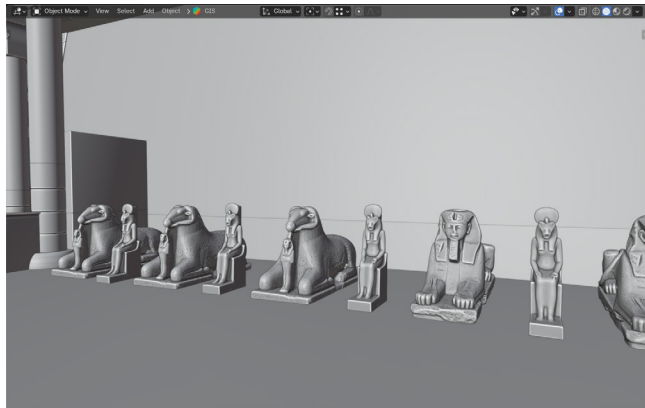


Fig. 4.24 ↑
Criosfingi e sfingi in situ, a ovest
dell'entrata del tempio di Mut.

Fig. 4.25 ↑
Criosfingi e sfingi nel modello digitale,
a ovest dell'entrata del tempio di Mut.

Fig. 4.26 ↑
Criosfingi e sfingi in situ, davanti ai due
colonnati propilei.

Fig. 4.27 ↑
Criosfingi e sfingi nel modello digitale,
davanti ai due colonnati propilei.



Fig. 4.23, 4
Render dei 9 modelli delle
Sekhmet nel modello digitale.



Fig. 4.29 ↑
Render Sekhmet n.253 posizionata
nel primo cortile del tempio.



Fig. 4.30 ↑
Render Sekhmet n.253 posizionata
nel secondo cortile del tempio.

4.2 DAI MATERIALI REALI ALLE TEXTURE

La fase di texturizzazione è quella più importante dal punto di vista della **trasparenza del dato**. Proprio attraverso la differenza materica degli elementi si può distinguere ciò che è presente in situ da ciò che è stato ricostruito, seguendo il **principio n.4 della Carta di Siviglia sull'autenticità** (ICOMOS, 2017).

Poiché **la parte ricostruita è decisamente maggiore di quella presente in situ**, si è deciso di non utilizzare la trasparenza per rendere la differenza perché avrebbe influito negativamente sulla visibilità nel complesso. Si è quindi deciso di lavorare sul colore della texture, che risulta la stessa tonalità, ma con una **saturazione minore nei casi delle parti ricostruite**. Questo lavoro è stato applicato principalmente per il materiale **arenaria**, di cui è costituito la maggior parte del tempio, e il **mattone crudo** (mattone di argilla non cotto), usato per le mura perimetrali e alcune pareti interne [Fig. 4.31].



Fig. 4.31 ←
Differenza tra le texture create per i materiali presenti in situ e per quelli ricostruiti.

Fig. 4.32 ↓
Render vista nord est del primo cortile del tempio.



La parte più importante della texturizzazione è stata sicuramente la **trasposizione dei rilievi ad oggi rimasti intatti in situ** sul modello 3D. Tra quelli ancora riconoscibili, i più documentati e facilmente accessibili sono quelli presenti **sugli stipiti e lungo le pareti interne di passaggio della prima porta**, raccolti da Fazzini e Van Dijk (2015) nel testo dedicato proprio al primo pilone del tempio di Mut. All'interno del testo sono presenti foto di dettaglio, trascrizioni e una pianta con una legenda che è servita per riposizionare correttamente i rilievi [Fig. 4.33] [Fig. 4.34]. Essendo le foto in bianco e nero, è stato fatto un lavoro di **ricolorazione su Photoshop**, oltre ad altri interventi di rielaborazione grafica per poterli poi usare per creare le texture da applicare al modello [Fig. 4.35] [Fig. 4.36].

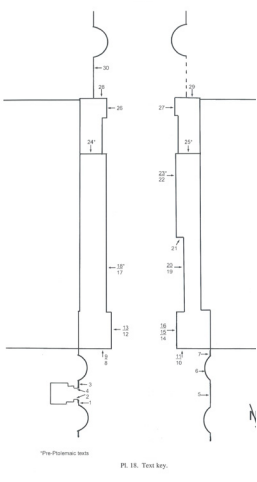
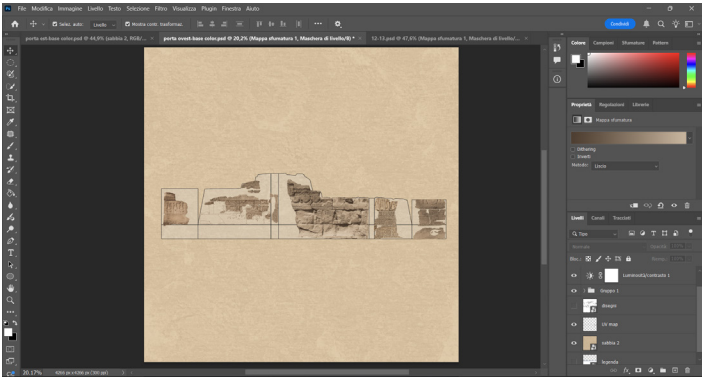
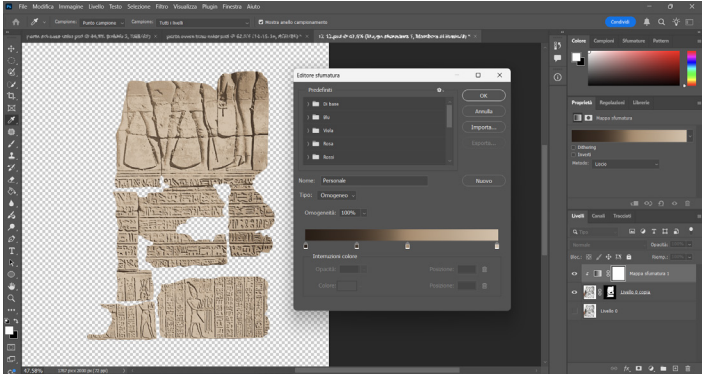


Fig. 4.34 ↑
Legenda per il posizionamento dei rilievi.

Fig. 4.33 ↖
Foto di un rilievo sulla parete est della prima porta.

Fig. 4.35 ↖
Ricolorazione della foto del rilievo su Photoshop.

Fig. 4.36 ←
Posizionamento dei rilievi per creare la texture, con il riferimento dell'UV map del modello esportata da Blender.

Sempre in questa area sono ben riconoscibili i rilievi sulle **pareti a sud del colonnato propileo** che vanno ad unirsi al primo pilone, datate al **periodo tolemaico**. Di questi rilievi, in cui è raffigurato il **dio Bes**, è stato possibile utilizzare direttamente delle foto fatte in situ come texture.

Fig. 4.37 ↓
Foto in situ della parete est con il rilievo del dio Bes.

Fig. 4.38 ↓
Render parete est con il rilievo del dio Bes.



Fig. 4.39 ↓
Foto in situ della parete ovest con il rilievo del dio Bes.

Fig. 4.40 ↓
Render parete ovest con il rilievo del dio Bes.



Fig. 4.41 ↑
Render primo porta del
tempio, vista nord.



Fig. 4.42 ↑
Render primo porta del
tempio, vista sud.



Oltre a questi rilievi attraverso la texturizzazione sono stati **ricostruiti due elementi decorativi** che, nonostante non siano rimasti intatti, siamo sicuri che fossero presenti, in quanto **decorazioni tipiche** e che potremmo definire standard. I due elementi sono i capitelli hathorici e le cornici con l'ureo.

Dei **capitelli hathorici** sono stati ritrovati alcuni frammenti del volto spezzato della dea, e qualche accenno della decorazione superiore. Dai resti è stato possibile riconoscere il rilievo tipico di questo tipo di capitelli, per cui usando come riferimento colonne di questa tipologia meglio conservate, è stato possibile ricomporre il disegno complessivo del rilievo, per poterlo applicare sui capitelli ricostruiti [Fig. 4.43]. La foto del frammento presente in situ è stata usata per creare la texture della colonna a cui si presuppone appartenesse [Figg. 4.44-4.45]

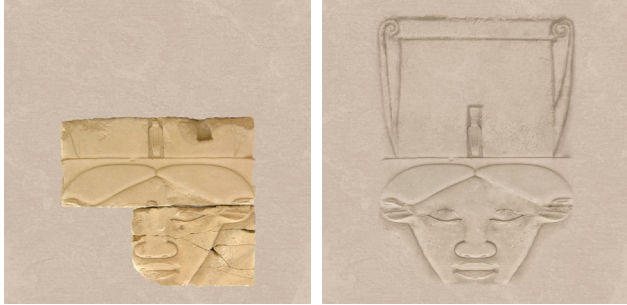


Fig. 4.43 ↑
Texture capitello ricostruito.

Fig. 4.44 ↩
Texture capitello presente in situ.

Fig. 4.45 ↓
Render dettaglio dei capitelli hathorici.



La **cornice con gli urei** è stata riprodotta a coronamento delle pareti che uniscono le due fila più interne del colonnato propileo d'entrata al tempio con il primo pilone. Questa decorazione era tipica nelle cornici sopra le pareti di questo tipo costruite in periodo tolemaico, durante il quale sappiamo essere stati fatti dei lavori proprio in quest'area del tempio. [Fig. 4.46]

Sia per questo dettaglio, che per la ricostruzione del capitello hathorico, si è scelto di applicare solo una **colorazione di base** che rendesse il disegno del rilievo, senza esagerare il realismo con un effetto tridimensionale, così da distinguerli in quanto parti ricostruite e non presenti in situ. [Figg. 4.47-4.48]

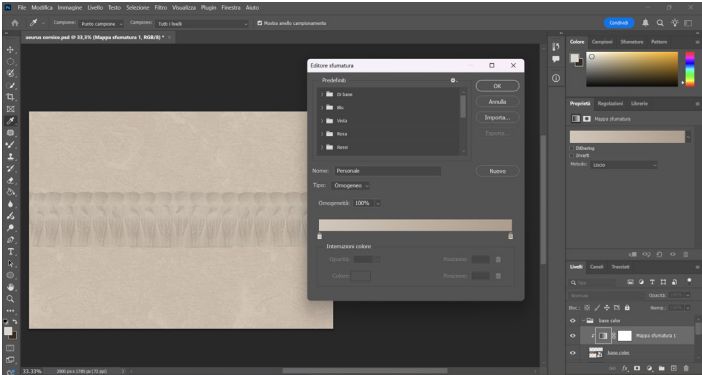


Fig. 4.47 ↩
Cornice con urei dal tempio di Isis a Philae.

Fig. 4.48 ←
Ricolorazione dell'immagine per creare la texture su Photoshop.



Fig. 4.46 ↩
Render cornice con urei.

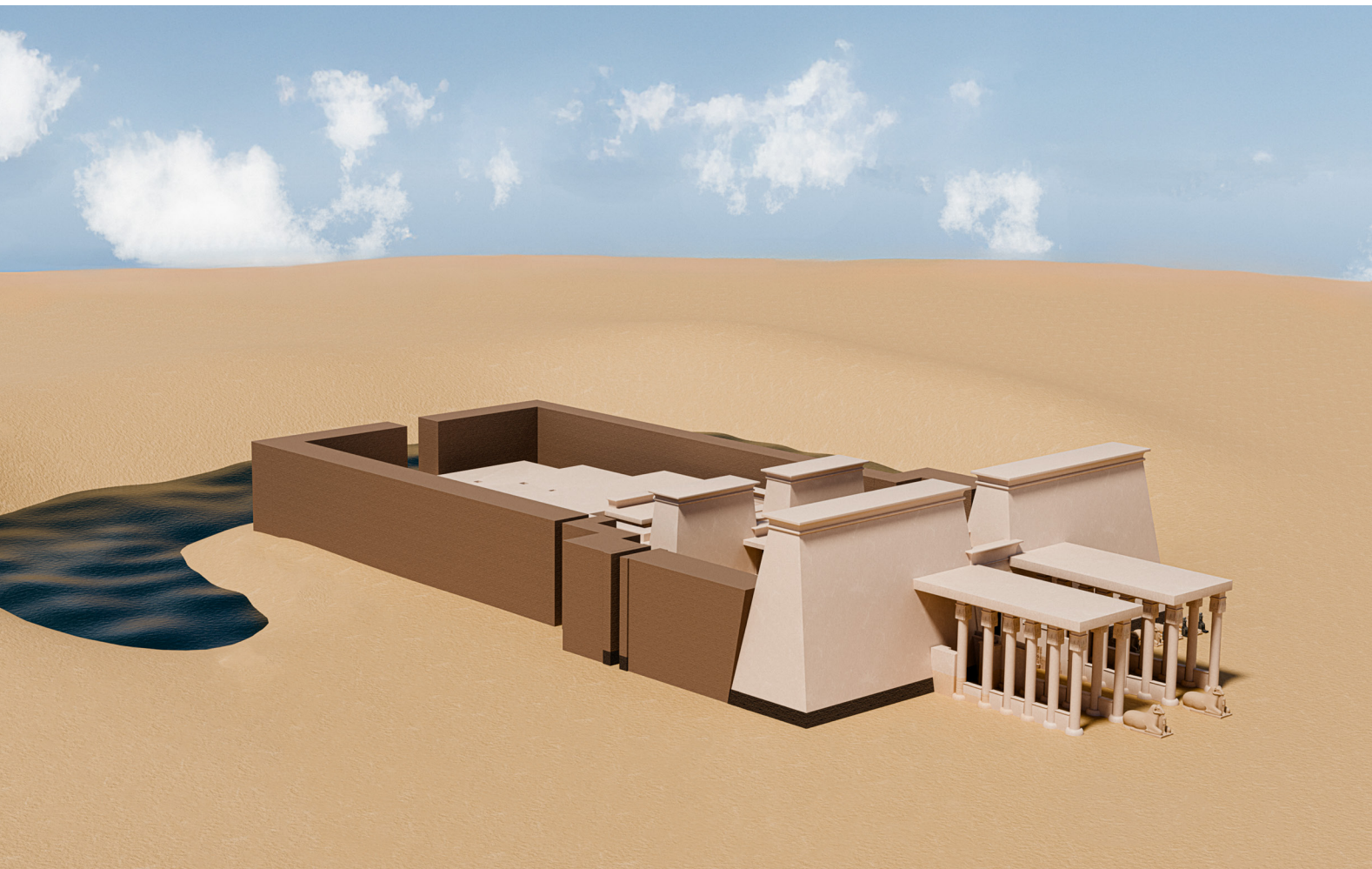


Fig. 4.49a ↑
Render tempio di Mut.



Fig. 4.49a ↑
Render tempio di Mut.

4.3 ESPERIENZA DI REALTÀ VIRTUALE

La collaborazione

L'esperienza di realtà virtuale è stata realizzata grazie a **Unity**, una piattaforma di sviluppo 3D in tempo reale utilizzata per la progettazione e l'implementazione di applicazioni immersive e interattive, come ad esempio videogiochi.

Per questa fase è stata attuata una **collaborazione interdisciplinare** all'interno del laboratorio VR@POLITO del DAUIN del Politecnico di Torino, con il laureando magistrale di Ingegneria Informatica Antonio Lucas Francaviglia. La sua tesi di magistrale è incentrata sulla progettazione di uno strumento di realtà virtuale a supporto delle guide turistiche, concepito in particolare per integrare una serie di meccanismi volti a catturare e reindirizzare l'attenzione del visitatore.

La collaborazione si è quindi strutturata in questo modo: il modello digitale del tempio e tutto il materiale precedentemente citato, utile alla realizzazione dell'esperienza di realtà virtuale, sono stati messi a disposizione di Antonio, che si è occupato **dell'implementazione dell'applicazione**. Il software finale prevede diverse versioni derivate dalla stessa base comune, adattate alle esigenze specifiche delle rispettive tesi.

Le conoscenze di Antonio rispetto alla programmazione sono state utili anche in fase di progettazione dell'esperienza, in quanto il confronto ha permesso di **valutare la fattibilità delle diverse soluzioni progettuali**. Dall'altra parte, il materiale da me prodotto e le mie conoscenze sul tema hanno aiutato Antonio a sviluppare un'**esperienza che rispondesse alle esigenze della sua sperimentazione**.

Fig. 4.50 ↓
Immagine evocativa,
collaborazione.



La progettazione dell'esperienza immersiva all'interno del tempio ha richiesto innanzitutto una riflessione su **quali contenuti legati al tempio andare a raccontare** e con quali modalità.

Data **l'importanza del tempio di Mut come luogo di culto**, non solo per il ruolo della dea Mut come madre della triade tebana, ma anche per la presenza delle numerose statue della dea Sekhmet, si è scelto di raccontare **i rituali che venivano svolti al suo interno**. In questo modo, oltre ad aver svolto un lavoro di digitalizzazione del patrimonio culturale materiale ricostruendo in digitale il tempio, è stata **esplorata la sua dimensione culturale immateriale**.

I rituali svolti all'interno del tempio sono **espressioni della cultura** del luogo che ci permettono di **reinterpretare e comprendere i suoi spazi architettonici**. Tra le diverse pratiche rituali documentate, si è deciso di concentrarsi sui **rituali quotidiani dedicati alle due dee**, in quanto scandivano la vita del tempio e ne definivano l'uso ordinario.

La realtà virtuale è apparsa fin da subito come la tecnologia più adatta, innanzitutto, per la vastità e la complessità degli spazi del tempio, che trovano nella VR uno strumento efficace per un'**esplorazione completa e immersiva**. Inoltre, la possibilità di **coinvolgere direttamente l'utente nello svolgimento delle pratiche rituali** consente di restituire le azioni e comportamenti propri della pratica, favorendo una comprensione più profonda e partecipata. L'esperienza nel suo complesso è pensata come **automatizzata e per un utente singolo**.

Per affrontare questa parte del progetto è stato prima di tutto necessario un processo di studio e di ricerca per **definire la struttura dei due rituali**, che verrà meglio descritto di seguito.

Il rituale dedicato alla dea Mut è articolato in una serie di passaggi che vanno eseguiti secondo un ordine preciso e prevede l'utilizzo di specifici **oggetti rituali**. Si è quindi deciso di riproporre il rituale attraverso questi **passaggi operativi**, che l'utente può ripetere, anche in forma simbolica, all'interno dell'esperienza.

Il rituale dedicato alla dea Sekhmet prevede invece **sette offerte**, senza un ordine specifico. Questa parte dell'esperienza è stata quindi strutturata in modo da permettere all'utente di **scoprire ogni offerta separatamente presso statue diverse**, data la loro disposizione nel tempio. In questo modo si cerca di trasmettere l'idea che il rituale non venisse svolto solo davanti ad una singola statua, ma ogni giorno ci si spostava su una diversa.

Linee guida

Centralità del contenuto rituale: per garantire un'esperienza coerente la narrazione sarà costruita attorno ai rituali giornalieri del tempio, che costituiscono il filo conduttore dell'intero discorso.

Semplicità e accessibilità nell'interazione: le interazioni dovranno essere semplici ed intuitive, così da non ostacolare la fruizione dell'esperienza e permettere all'utente di concentrarsi sui contenuti.

Coinvolgimento dell'utente: l'utente sarà coinvolto attivamente nello svolgimento dei passaggi rituali, favorendo una comprensione più profonda e duratura dell'esperienza.

Equilibrio tra guida e libertà esplorative: elementi grafici e audio guideranno l'utente tra le tappe e le singole azioni, lasciando tuttavia libertà di movimento e di esplorazione degli spazi.

L'esperienza si struttura in tre tappe principali:

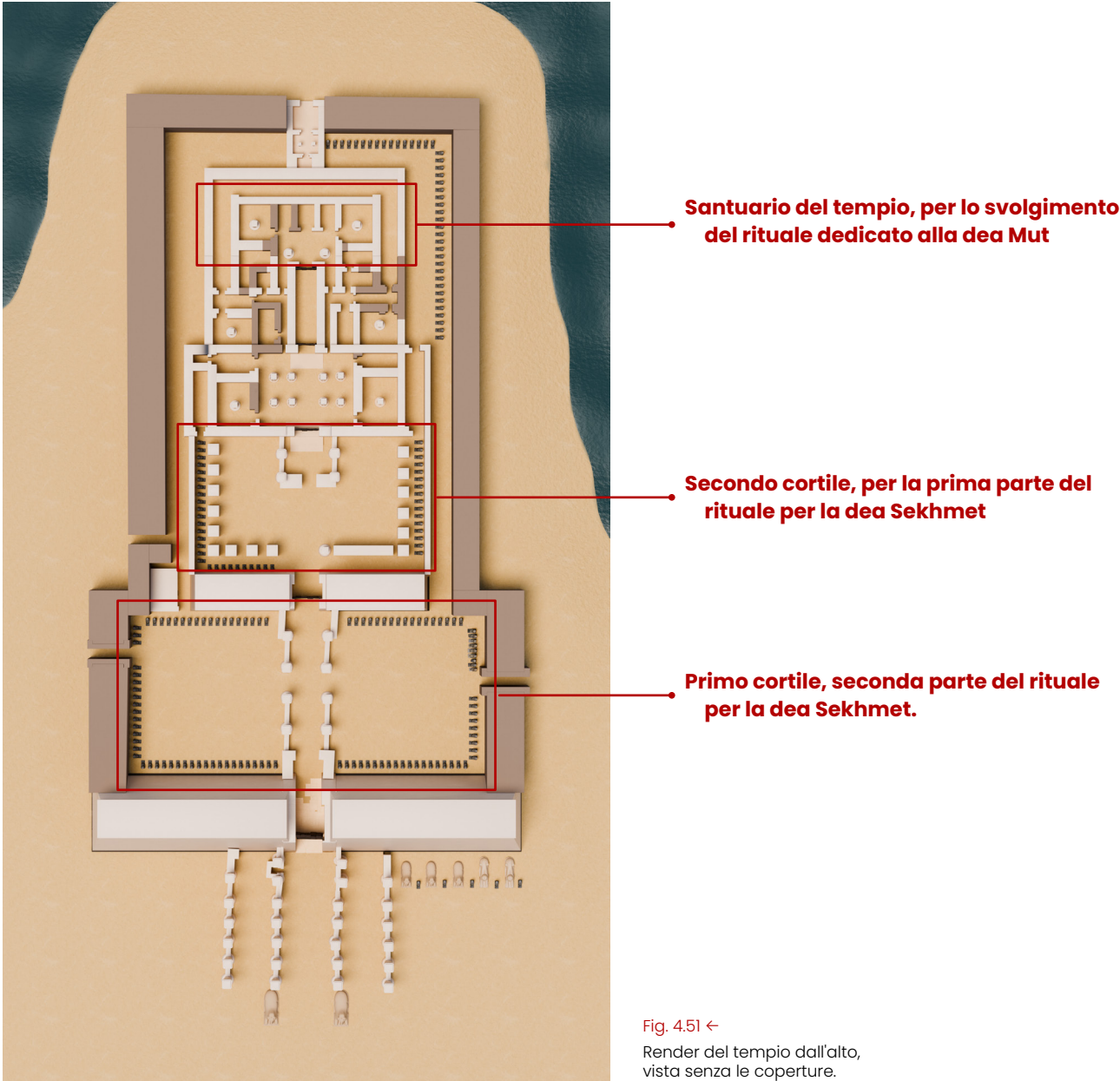
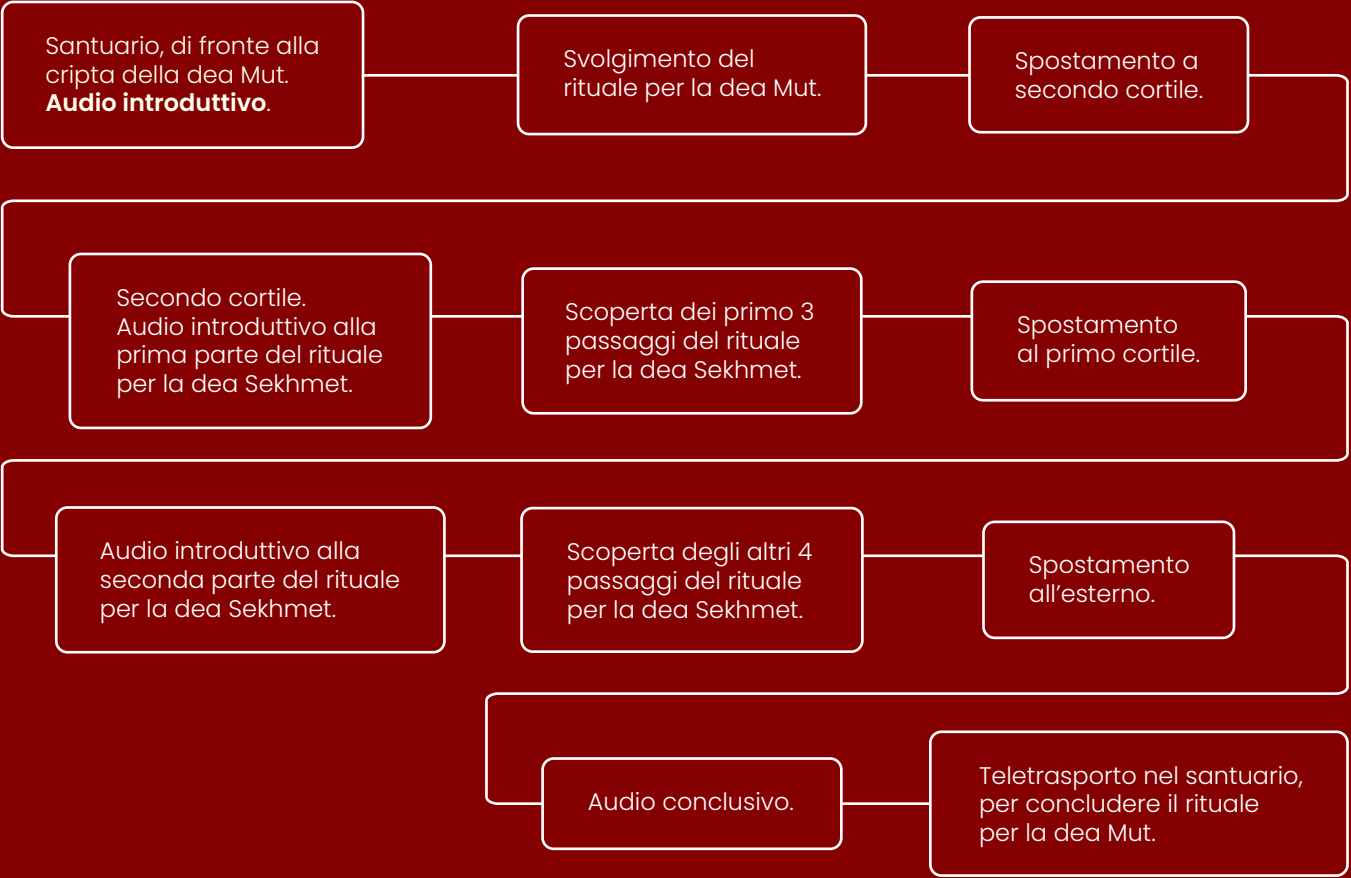


Fig. 4.51 ←
Render del tempio dall'alto, vista senza le coperture.

Storyboard

Fig. 4.52 ↓
Storyboard dell'esperienza di VR.



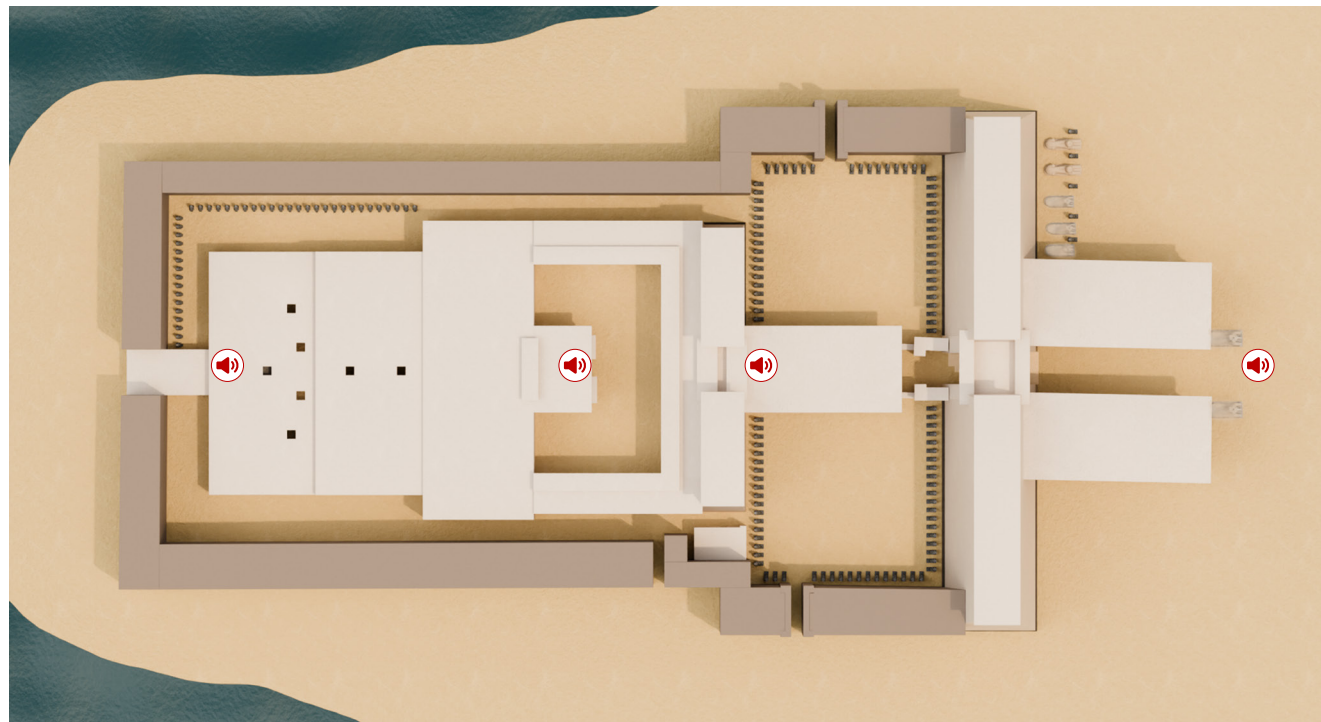
Audio guida

Oltre agli audio specifici a supporto dei due rituali, ne sono presenti altri che **guidano l'utente nello spostamento tra i vari ambienti** e alla scoperta delle nuove tappe:

- **all'inizio dell'esperienza**, nel santuario, prima di iniziare il rituale dedicato alla dea Mut. Introduce l'esperienza nel complesso e il rituale specifico;
- arrivati nel **secondo cortile**, per introdurre il rituale per la dea Sekhmet;
- arrivati nel **primo cortile**, per completare il racconto sulle statue della dea e per introdurre la fine del rituale;
- **all'esterno**, per anticipare il ritorno al punto di partenza per concludere il rituale.

Fig. 4.53 ↓

Schema di collocamento degli audio introduttivi alle varie tappe.



Gli spostamenti tra le tappe

Nello spostamento tra una tappa e l'altro l'utente si può muovere liberamente, guidato da alcuni elementi grafici e sonori. Questi in particolare sono:

- **audio spaziale delle porte che si aprono**, per attirare l'attenzione;
- **linea illuminata per terra**, per direzionare lo spostamento.

In questo modo l'utente non è limitato nel movimento, ma viene guidato gentilmente nell'esperienza.

Inoltre, nel passaggio da un ambiente all'altro la skybox cambia, dando l'idea dello **scorrere del tempo** e grazie al movimento del sole e al cambio di luce e di ombre. L'esperienza infatti inizia al mattino nel santuario e finisce alla sera, quando ci si trova all'esterno.

Fig. 4.54 ↓

Passaggio da una tappa all'altra all'interno della VR.

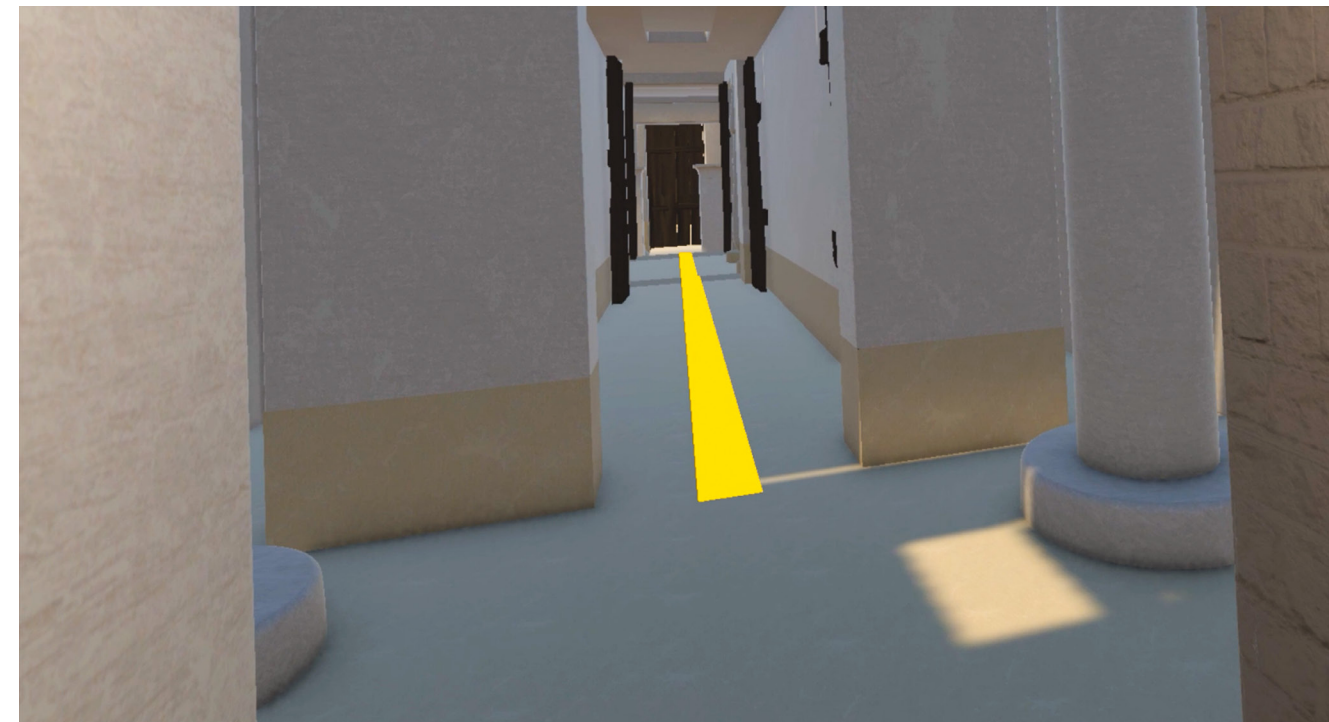
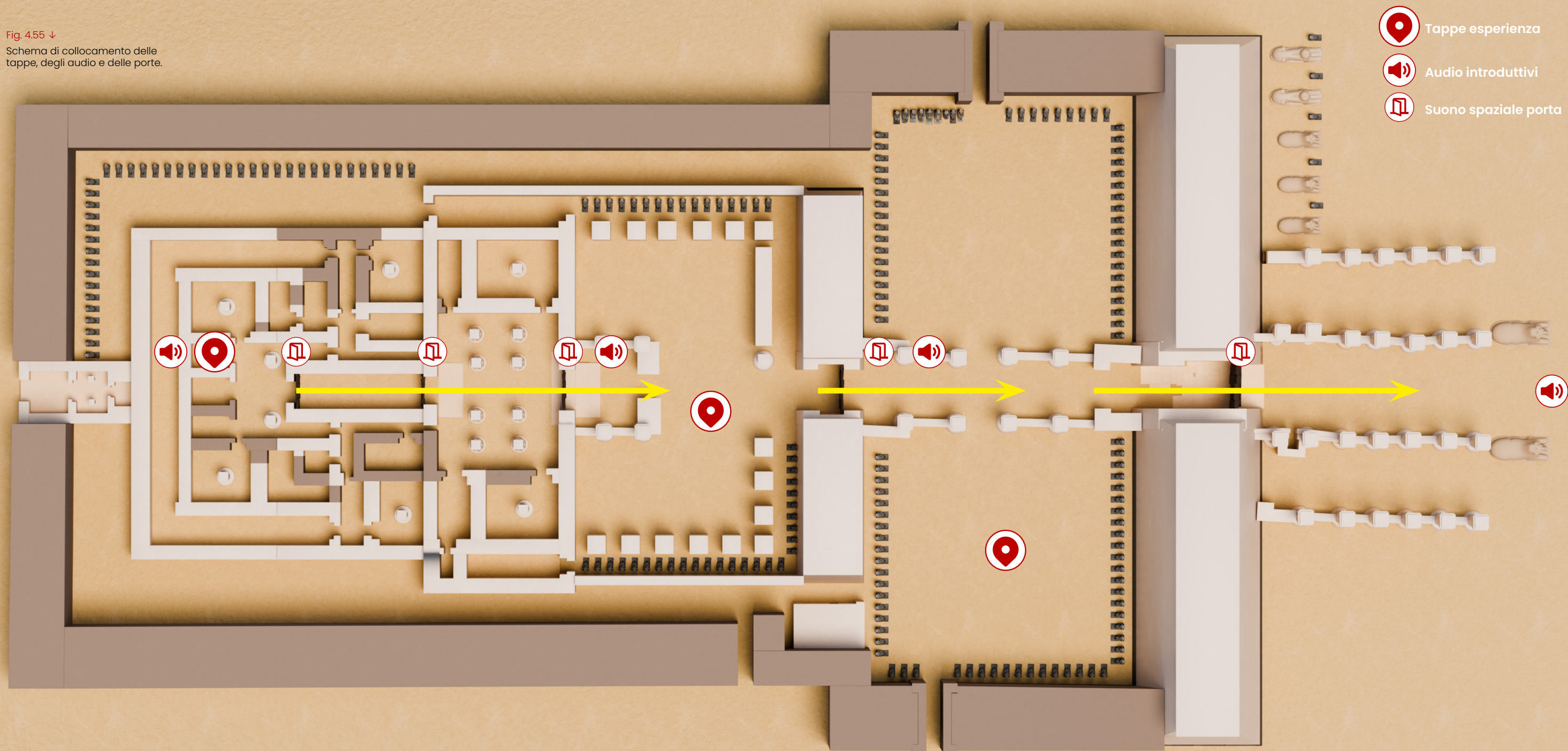


Fig. 4.55 ↓

Schema di collocamento delle
tappe, degli audio e delle porte.



Il rituale per la dea Mut

Ricostruzione del rituale

Fig. 4.56 ↓
Rilievo che riprende il passaggio rituale della svestizione, cappello del dio Amon ad Abydos.



Il rituale dedicato alla dea Mut si compone di una serie di passaggi, alcuni più operativi, altri più simbolici, ognuno accompagnato da una qualche formula o preghiera recitata dal sacerdote.

Per la ricostruzione del rituale è stato necessario **consultare più fonti e metterle a confronto**, al fine di individuarne gli elementi ricorrenti. Nella collezione di papiri del Museo Egizio di Berlino (Ägyptisches Museum und Papyrussammlung, n.d.) si conservano i **papiri 3014 e 3053**, che insieme raccontano il rituale giornaliero nel contesto del tempio di Mut. Questa fonte però è molto frammentata e difficile da usare singolarmente, per cui spesso viene affiancata al **papiro 3055**, il quale descrive lo stesso rituale ma per il dio Amon, consorte della dea Mut. Il confronto tra i resti del papiro 3014+3053 e il 3055 mostra una forte corrispondenza nei passaggi, per cui permette di proporre una ricostruzione verosimile del rituale. Questo parallelismo lo si può ben leggere nelle prime pagine di introduzione al volume che raccoglie i papiri berlinesi.

A questo quadro si sono aggiunti diversi studi fatti rispetto alle **rappresentazioni a parete presenti nelle sei cappelle del tempio di Seti I ad Abydos**. Ogni cappella è dedicata ad un dio diverso, e tutte raccontano **i rituali quotidiani per la divinità in questione** [Fig. 4.56] (Moret, 1902; Osing, 1999). Tra i vari testi consultati si è preso a riferimento per lo studio finale quello più recente dell'autrice **Rosalie David** (2016).

Nel suo testo David riunisce le trascrizioni delle scene delle cappelle e stila un elenco ripulito di quelli che presumibilmente erano i passaggi del rituale. Inoltre, nello stesso testo viene discussa una **nuova interpretazione del rituale dedicato al dio Amon**, con riferimento sempre al papiro 3055, in funzione del rituale definito dalle cappelle di Abydos.

Il confronto tra il papiro 3014+3053 unito al 3055 e le ipotesi di David per quanto riguarda il rituale nel tempio di Abydos e la sua reinterpretazione del rituale del dio Amon ha confermato la presenza di **passaggi rituali ricorrenti e strutturalmente coerenti**.

Il rituale

1. purificazione dello spazio sacro con **incenso**;
2. apertura del **naos**: rottura del sigillo di argilla, scioglimento della corda, apertura dei chiavistelli;
3. prostrazione verso il dio: stendersi sull'addome e baciare il suolo;
4. preparazione del dio;
 - svestizione della statua dai panni che la avvolgono
 - purificazione della statua con **quattro vasi d'acqua nemset e desheret**;
 - purificazione con l'**incenso**;
5. vestizione del dio;
 - offerta di un **unguento**;
 - vestizione della statua con un **panno bianco**, uno **verde** e uno **rosso**;
6. offerta di quattro sfere di **natron** (un minerale che veniva utilizzato anche per il processo di mummificazione);
7. spargimento della **sabbia** per eliminare le tracce del proprio passaggio.

Ognuno di questi passaggi era accompagnato da una formula, **una preghiera**, ad esempio quella per accedere allo spazio sacro iniziale, per aprire il naos e vedere il dio, per apporre le mani sulla statua per la svestizione, e così via.

Per trasporre il rituale all'interno dell'ambiente digitale è stato necessario **modellare gli oggetti utili** al suo svolgimento. Per ognuno si sono presi a riferimento degli oggetti del tempo conservati nei musei di tutto il mondo, ricercando la versione più bella e lussuosa di ognuno, considerando che il loro utilizzo non era mondano, ma legato a pratiche di **forte valenza religiosa**.

Il naos

Il naos è una piccola cappella dentro cui si trova la statua della divinità a cui è dedicato il tempio. Uno degli esempi meglio conservati è **quello dorato di Tutankamon** [Fig. 4.57], che è stato infatti preso come riferimento per la ricostruzione digitale [Fig. 4.58]. Per le dimensioni si è fatto riferimento a quella che è solitamente l'altezza delle statue delle divinità che vi si inserivano all'interno, di circa 53 cm (Guglielmi & Buroh, 1997). L'unico elemento che non è stato riprodotto allo stesso modo è la base del naos, che nel caso di quello di Tutankhamon presenta una slitta con due pattini utili per il trasporto durante le festività, in cui la statua veniva portata in pellegrinaggio. Nel caso del tempio di Mut, è stato ipotizzato che la statua della dea venisse portata in processione posizionata sulla sua barca sacra, e che il naos rimasse nel santuario, per cui nel modello non sono stati riprodotti i pattini.

A volte il naos di legno poteva essere **posizionato all'interno di un naos più grande, con o senza porte, in pietra**. Per la modellazione di questo secondo naos si è fatto riferimento a quello del **tempio di Edfu**.



Fig. 4.58 ↑
Render naos dorato all'interno del grande naos di pietra.



Fig. 4.57 ←
Naos dorato di Tutankhamon.

La statua della dea Mut

La statua della divinità contenuta nel naos **è alta circa un cubito egizio (ca. 53 cm)**, e viene realizzata in **legno, ricoperta d'oro e decorata con inserti e gioielli con pietre preziose** (Guglielmi & Buroh, 1997). Per realizzare il modello, data la complessità, è stato usato **Vizcom**, un software che impiega **algoritmi di intelligenza artificiale** per la generazione ed elaborazione immagini. Tra le funzionalità del software vi è infatti la possibilità di **generare modelli tridimensionali a partire da immagini bidimensionali** di riferimento [Figg. 4.60-4.61]. Il modello così generato è stato usato come base di partenza per la modellazione dell'oggetto finale. Il file è stato inizialmente importato in Blender dove è stato fatto un processo di **retopology** con l'add-on QuadRemesh. Successivamente, usando gli **strumenti di sculpting** del programma, è stata definita la forma finale del modello [Fig. 4.62], affinando proporzioni e dettagli sulla base delle fonti iconografiche e descrittive disponibili.

Fig. 4.62 ↓
Definizione del modello tramite l'utilizzo degli strumenti di sculpting di Blender.

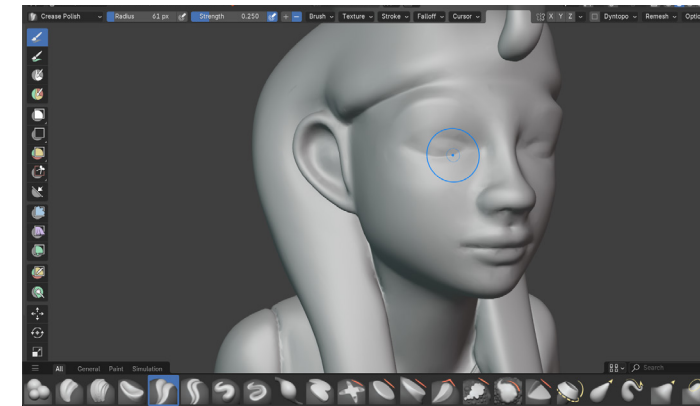


Fig. 4.59 ↑
Render statua della dea Mut.



Fig. 4.60 ↑
Statuetta in rame della dea Mut, conservata al British Museum e usata come reference.



Fig. 4.61 ↑
Confronto tra il modello generato da Vizcom (sx) e modello finale rielaborato, con l'aggiunta di dettagli e gioielli (dx).

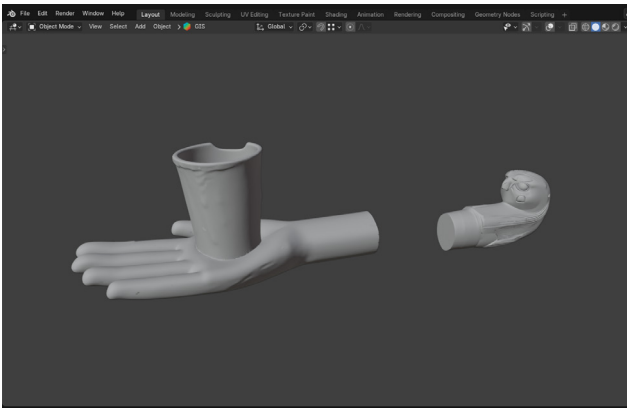


Fig. 4.64 ↑
Incensiere di legno dorato risalente al periodo tolemaico, conservato al Museo Egizio del Cairo - JE 30700.

Fig. 4.63 ↑
Modelli di supporto generati da Vizcom e importati in Blender.

L'incensiere

Anche per l'incensiere è stato utilizzato lo stesso processo di modellazione usato per la statua, con il **supporto di un modello di base** generato da un algoritmo di intelligenza artificiale [Fig. 4.63]. Come riferimento è stato utilizzato un **incensiere di legno dorato**, risalente al periodo tolemaico, **rinvenuto a Medinet Madi e oggi conservato al Museo Egizio del Cairo**, che presenta una **forma archetipica dell'oggetto** ed è in buono stato di conservazione [Fig. 4.64]. In esso si distinguono chiaramente gli elementi tipici di questo oggetto; la testa di falco all'estremità dell'oggetto, la piccola vasca centrale, e in cima la **mano che regge una coppa**, dentro cui veniva messo l'incenso. Per la texture si è scelto di rappresentare l'incensiere di **legno dorato**, così da restituirgli un **carattere sacro e prezioso**, coerentemente con la sua funzione rituale.



Fig. 4.65 ↑
Render dell'incensiere.

I vasi

Il **vaso nemset** è un vaso che veniva solitamente impiegato proprio nei rituali, realizzato in maiolica e tinto di **blu**, può avere o meno un beccuccio. La modellazione si è basata sul confronto con un vaso nemset con il cartiglio di Tutankhamon, ed è stato però realizzato senza beccuccio [Fig. 4.66].

Il **vaso desheret** è un vado tipicamente **rosso, in ceramica**. Come riferimento è stato usato un vaso appartenente al corredo funebre di Tutankhamon [Fig. 4.67].



Fig. 4.68 ↑
Render vasi nemset e desheret.



Fig. 4.66 ↗
Vaso nemset con
cartiglio di Tutankhamon.



Fig. 4.67 →
Vaso desheret vaso
appartenente al corredo
funebre di Tutankhamon.

Unguento



Fig. 4.69 ↑
Contenitore per unguenti proveniente
dal tempio di Hatshepsut a Deir el-Bahri,
conservato al The Met, New York.

Fig. 4.70 ↗
Render contenitore per l'unguento.

Piccola scopa

Il modello base è stato ottenuto attraverso il software **Vizcom**, per poi essere modificato e adattato con gli **strumenti di sculpting** su Blender. Infine, è stata creata la **texture procedurale**, a cui è seguito un bake per l'esportazione in Unity.

Sfere di natron

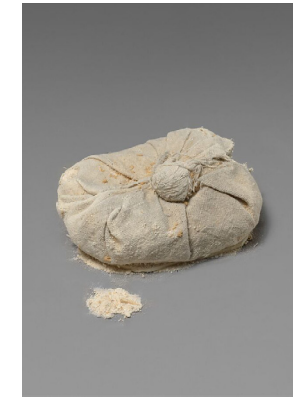


Fig. 4.71 ↑
Sacchetto di natron appartenente al
corredo funebre di Tutankhamon.

Fig. 4.72 ↗
Render delle 4 sfere di natron.



Fig. 4.73 ↑
Scopa risalente al ca.
1539–1075 a.C., conservata al
Brooklyn Museum.



Fig. 4.74 ↑
Render scopa.

Svolgimento del rituale nel VR

In funzione dell'esperienza di realtà virtuale, il rituale è stato semplificato, conservando solo i passaggi strettamente operativi, che quindi l'utente avrebbe potuto rifare facilmente. In questo si è cercato ovviamente di semplificare senza perdere il significato complessivo del rituale.

1. Purificazione dello spazio sacro con **incenso**;
2. **apertura del naos**: rottura del sigillo di argilla, scioglimento della corda, apertura dei chiavistelli;
3. **svestizione** della statua dai **panni** che la avvolgono;
4. purificazione della statua con quattro **vasi d'acqua** nemset e desheret;
5. offerta di un unguento;
6. **vestizione** della statua con un **panno bianco, uno verde e uno rosso**;
7. offerta di quattro **sfere di natron**.

Per capire in qualche ordine svolgere il rituale **ad ogni passaggio un oggetto si illuminerà**, simbolo del fatto che andrà **cliccato con il puntatore**. A seguito di questa interazione possono partire delle **animazioni** oppure l'oggetto verrà **afferrato**. Ad ogni passaggio un **audio** spiegherà il significato di quell'offerta. Mentre alcuni passaggi prevedono più interazioni, altri consistono semplicemente nel prendere l'oggetto in mano per poterlo osservare mentre si ascolta l'audio.

Incensiere



"Con questo incensiere andiamo a purificare lo spazio sacro in cui ci troviamo, rendendolo degno alla presenza della dea."

Apertura naos



Cliccando sugli elementi illuminati si apre il sigillo in argilla, si scioglie la corda, scorrono i chiavistelli e si aprono le porte del naos.

Svestizione



"Iniziamo la preparazione della statua al rituale. Dopo una formula per poter procedere a toccare la statua della divinità, possiamo svestirla dei tre panni che la avvolgono "

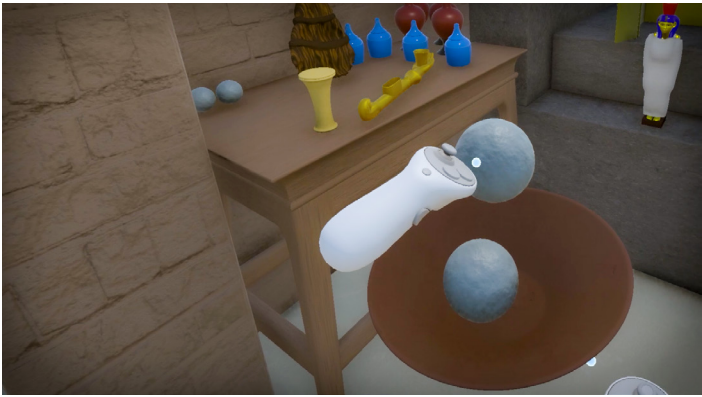
Cliccando sui panni illuminati che avvolgono la statua, questi si apriranno con un'animazione.

Vasi



"I 4 vasi blu, nemset, e i quattro rossi, desheret, contengono l'acqua che serve per purificare la statua della dea "

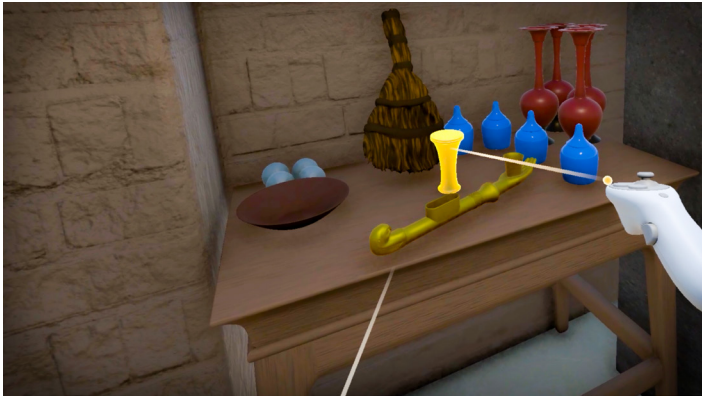
Natron



"Queste quattro sfere sono natron, un minerale che veniva utilizzato per il processo di mummificazione, e che spesso viene presentato come offerta nei rituali."

Con un controller si prende la ciotola e con l'altra si posizionano le sfere al suo interno per preparare l'offerta.

Unguento



"Dopo la dovute formule possiamo iniziare il passaggio di vestizione della dea, offrendole innanzitutto un unguento a base di miele."

Pulizia



"Prima di andare via ripuliamo le tracce lasciate sul pavimento, così da mantenere la purezza dello spazio sacro."

Vestizione



"Successivamente riavvolgiamo la statua nei suoi tre panni "

Come per la svestizione, cliccando sui panni illuminati a terra questi si riavvolgeranno con un'animazione.

Fig. 4.75 ↑
Sequenza di fotogrammi estrapolati dalla registrazione dell'esperienza di realtà virtuale ritraenti il rito dedicato alla dea Mut.

Il rituale per la dea Sekhmet

Il rituale per la dea Sekhmet si compone di **sette offerte**, senza un ordine preciso. Per questo motivo, si è deciso di strutturare questa parte dell'esperienza in modo da permettere all'utente di **muoversi liberamente nello spazio** e scoprire i passaggi del rituale nell'ordine che preferisce. In questo si va anche a differenziare la modalità di svolgimento del rituale rispetto al primo.

Le sette offerte sono state suddivise tra **sette statue nei due cortili**, tre nel secondo cortile e quattro nel primo. Le statue scelte sono evidenziate da un **highlight** giallo, che cattura l'utente e lo invita ad avvicinarsi. Una volta raggiunta una certa distanza dalla statua, l'highlight si spegne e **appare un pannello** su cui è presente il nome dell'offerta, un testo di spiegazione, e un video che l'utente può far partire a cui seguirà l'audio di accompagnamento al testo. Nel video si vedrà un **ricalco di un rilievo** che rappresenta quello specifico passaggio del rituale; il rilievo sarà **animato**, e si alternerà ad un **video che mostra l'oggetto offerto**.

I rilievi derivano dai testi su Edfu e Dendera pubblicati nei Mémoires publiés par les membres de la Mission Archéologique Française au Caire (MMAF) (Chassinat, 1928; Chassinat, 1934a; Chassinat, 1934b; Chassinat, 1935), seguendo le indicazioni date da Germond (19821) nel testo Sekhmet et la protection du monde.



"Lo scettro papiriforme rappresenta rinascita, vitalità e rigenerazione. Nelle mani di Sekhmet esprime il suo aspetto di dea che, oltre alla potenza distruttrice, sostiene la forza della vita e il rinnovamento cosmico. Per questo, insieme all'ankh, è uno dei simboli che più spesso la accompagnano."



Offerta dello
scettro
papiriforme



"L'offerta dei sistri alla dea Sekhmet richiama il potere pacificatore di Hathor, la dea che rappresenta la sua versione pacificata. Il loro suono, simbolo di armonia, viene presentato a Sekhmet per placarne l'energia ardente e guidarla verso il suo aspetto protettivo e benevolo."



Offerta dei
sistri



Offerta della menat

"L'offerta della menat richiama le energie benevole di Hathor: il collare, simbolo di protezione e prosperità, veniva agitato o donato per favorire gioia, vitalità e benedizione. Presentarlo a Sekhmet significa invocare la sua trasformazione in una presenza benefica, capace di concedere forza equilibrata e rinnovamento."



Offerta della birra rossa

"L'offerta della birra richiama il mito della distruzione dell'umanità: tinta di rosso, viene scambiata da Sekhmet per sangue. Bevendola, la dea si inebria e la sua furia si dissolve, aprendo il ritorno all'equilibrio."



Offerta della statuetta di Maat

"L'offerta della piccola statua di Maat rappresenta la consegna dell'Ordine Cosmico alla dea. Maat è il principio di equilibrio e verità, e porgerla a Sekhmet significa invitarla a ritrovare l'armonia interiore, affinché la sua forza torni a sostenere l'equilibrio dell'universo. Nel geroglifico è rappresentata sempre su una cesta, neb, che significa tutto."



Offerta dell'occhio di Horus

"L'Occhio di Horus simboleggia la ricomposizione e la guarigione: secondo il mito, fu distrutto durante uno scontro con il dio Seth, e venne poi restaurato grazie alla magia. Offrirlo a Sekhmet significa invocare questo potere di integrità ritrovata, guidando la dea verso il suo aspetto protettivo e benevolo."



Offerta dell'incenso



"L'offerta dell'incenso ha lo scopo di ottenere la purificazione necessaria al corretto svolgimento del rito. Il suo profumo consacra lo spazio e rende l'ambiente degno alla presenza della dea."

Fig. 4.76 ↑
Ricalchi dei rilievi (sx) e visualizzazione dell'oggetto dell'offerta tridimensionale (dx), fotogrammi estrapolati dai video.

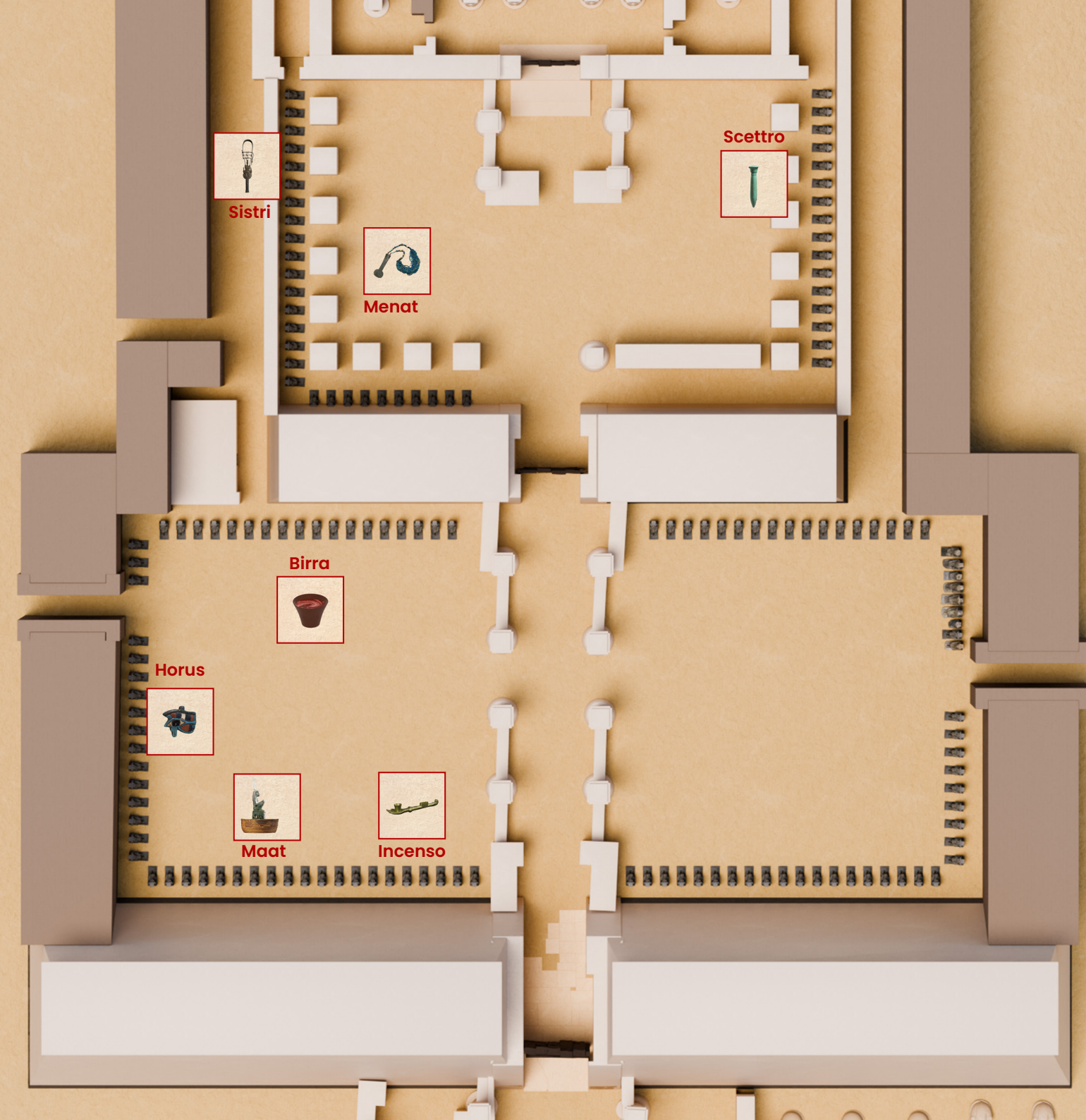


Fig. 4.77 →
Schema di collocamento delle varie offerte all'interno del tempio.



Fig. 4.78 →
Statue evidenziate nel
primo cortile.



Fig. 4.79 →
Ricerca delle statue
evidenziate.



Fig. 4.80 →
Attivazione del video.



Fig. 4.81 →
Visione del video per la
scoperta del passaggio
rituale dell'offerta dei sistri.

TESTI AUDIO

Audio introduttivo

“Ciao! Ti trovi nel santuario del tempio di Mut, a Karnak. Questo tempio è dedicato alla dea Mut, moglie del mio Amon e madre del dio Khonsu, che insieme formano la triade tebana, un culto centrale in quest'area di Karnak. Mut è la dea protettrice della sovranità e di conseguenza del regno. Per questo motivo, era fondamentale svolgere quotidianamente i rituali a lei dedicati, così da mantenere l'ordine e l'equilibrio nel mondo.

Ogni giorno il faraone, o un sacerdote in sua vece, si recava proprio qui, nel cuore del tempio, per svolgere il rituale quotidiano dedicato alla dea. Il rituale si articolava in una serie di passaggi precisi pensati per mantenere la statua della dea in uno stato di purezza affinché l'anima della divinità continuasse a risiedere al suo interno, rimanendo quindi sulla terra a proteggere il regno.

La statua della dea si trova all'interno del naos dorato che vedi di fronte a te. Accanto, sul tavolo, sono disposti gli oggetti che ti serviranno per svolgere il rituale. Ogni oggetto ha un significato e una funzione specifica, che ti verranno spiegati passo dopo passo. Quando uno degli oggetti sul tavolo, o un elemento di fronte a te, si illuminerà, dirigerà il puntatore verso di esso per scoprire il prossimo passaggio del rituale.”

Secondo cortile

“Ti trovi ora nel secondo cortile del tempio. Dietro i pilastri del peristilio che circondano il cortile si trovano numerose statue della dea Sekhmet. Sekhmet è una delle manifestazioni possibili di una stessa entità femminile, l'Occhio di Ra, l'estensione del potere del dio sulla terra. Nei miti che la riguardano, Sekhmet incarna la forza distruttrice e l'ira divina: è lei a punire l'umanità quando questa si ribella alle divinità. I rituali a lei dedicati avevano quindi lo scopo di placare questa furia. Attraverso una serie di offerte, la dea veniva pacificata e ricondotta a un aspetto più benevolo. Nei rilievi che ritraggono questo rituale, Sekhmet è spesso rappresentata come Hathor, anche lei figlia di Ra, che simboleggia la dea Sekhmet già pacificata.

Cerca le tre statue evidenziate, e scopri le prime tre offerte di questo rituale.”

Primo cortile

“Siamo arrivati al primo cortile del tempio di Mut. Come puoi vedere, anche qui il perimetro è scandito da file di statue della dea Sekhmet. Non si conosce con certezza il loro numero originario, ma il sito del tempio di Mut è quello in cui ne sono state rinvenute il maggior numero. Statue della dea seduta, come in questo caso, o stanti, sono state trovate anche in altri templi a Karnak. Gli studiosi pensano che inizialmente fossero 730, di cui la metà sedute e l'altra metà stanti. Sarebbero state fatte realizzare dal sovrano Amenofi III per il suo Tempio dei Milioni di Anni a Kom el-Hettan. Da lì, vennero spostate e utilizzate in altri contesti templari, fino a giungere qua. Il numero non è casuale: 730 statue, 2 per ogni giorno dell'anno, costituivano una vera e propria litania in pietra, simbolo della preghiera quotidiana rivolta alla dea per placarne l'ira e garantire l'equilibrio del regno.

Ora cerca le altre statue evidenziate, e scopri le ultime 4 offerte del rituale utili a placare l'ira della dea Sekhmet.”

Esterno

“Eccoci arrivati all'entrata del tempio di Mut. Il nostro viaggio è iniziato dal cuore del tempio, il santuario, il luogo di maggiore sacralità, accessibile solo ai sacerdoti e al faraone, e qui, abbiamo svolto il rituale per la dea Mut. Da lì ci siamo progressivamente spostati verso l'esterno, attraversando il secondo e poi il primo cortile, alla scoperta delle statue della dea Sekhmet e del rituale a lei dedicato.

Ti lascio qualche secondo per ammirare l'architettura, e poi con un teletrasporto torneremo nel punto di partenza per concludere il rituale per la dea Mut: il naos verrà chiuso e tutto sarà pronto così che il rituale possa essere nuovamente celebrato il giorno seguente.”



Fig. 4.82 →
Render dell'entrata del
tempio, tappa finale che si
raggiunge alla sera.

CONCLUSIONI

I risultati

Questa tesi si è proposta di affrontare il tema dell'utilizzo delle **nuove tecnologie per la valorizzazione del patrimonio culturale**, in particolare lavorando sul caso del tempio di Mut a Karnak, luogo da cui provengono nove statue della dea Sekhmet oggi conservate al Museo Egizio di Torino. L'obiettivo è stato quello di sfruttare la modellazione 3D e la realtà virtuale per comunicare un patrimonio complesso come quello archeologico e immateriale.

Con questo progetto è stato possibile dare **una prima ipotesi di ricostruzione digitale del tempio di Mut**, offrendo una restituzione spaziale difficilmente immaginabile a partire dalla sola osservazione delle rovine in situ. Il processo di ricostruzione ha richiesto un **approfondito lavoro studio e analisi critica della letteratura**. È stato pertanto necessario ricorrere ad un'analisi comparativa con esempi simili, al fine di supportare e validare le scelte interpretative adottate. Fondamentale è stato il **confronto con l'egittologo il Dott. Auenmüller**, per le conferme e i reindirizzamenti durante tutto il percorso.

L'**esperienza di realtà virtuale** ha permesso di dar vita ad una pratica culturale, altrimenti impossibile da immaginare e comprendere in modo completo, attraverso una **narrazione più coinvolgente e partecipata** rispetto ad altre modalità.

La **collaborazione** instaurata all'interno del laboratorio VR@POLITO con il laureando magistrale Antonio Lucas Francaviglia è stata **una sfida stimolante**, che ha permesso un confronto tra due discipline diverse, ma complementari in questo settore. Il **confronto interdisciplinare** ha favorito un arricchimento reciproco, permettendo di **integrare competenze** progettuali, teoriche e tecniche all'interno di un unico processo di sviluppo. Grazie a questa collaborazione, è stato possibile dedicare più tempo alla ricerca riguardante i rituali e alla modellazione degli artefatti utili al loro svolgimento, e allo stesso tempo, grazie alle competenze di Antonio, è stato possibile

progettare un'esperienza di realtà virtuale più interessante e coinvolgente.

Il lavoro svolto ha inoltre permesso di riflettere criticamente sull'**introduzione delle tecnologie digitali nel contesto della conservazione e valorizzazione culturale**, ambito spesso percepito come legato esclusivamente alla tradizione, anche nei metodi. Il digitale, se utilizzato in modo consapevole, **non sostituisce né snatura il patrimonio**, ma può costituire uno strumento capace di affiancarlo, ampliandone le possibilità di interpretazione, accesso e comprensione. In questo progetto, l'uso mirato e consapevole di strumenti digitali quali la modellazione 3D, la realtà virtuale e anche l'intelligenza artificiale, ha permesso di **superare i limiti pratici di una rappresentazione bidimensionale e tradizionale**, mantenendo un controllo critico e scientifico sul processo di ricostruzione.

Possibili sviluppi futuri

Nonostante il buon risultato ottenuto sia in termini di modellazione digitale ricostruttiva che di esperienza di realtà virtuale, ci sono alcune **idee progettuali che non sono state messe in pratica** in questo progetto di tesi, ma che potrebbe essere interessante ipotizzare per dei futuri scenari.

Ad esempio, si potrebbe applicare una metodologia simile a quella applicata nel caso studio APER, e realizzare **due percorsi diversificati, uno per un'utenza generica e uno per una più scientifica**. Per quest'ultima soprattutto sarebbe interessante **integrare all'interno del modello più dati** riguardanti i resti, come anche **le fonti** da cui sono stati ricavati i rilievi da applicare al modello e il loro significato, ma soprattutto **informazioni sul processo di ricostruzione digitale**. Rifacendosi al settimo principio della Carta di Siviglia (ICOMOS, 2017), è fondamentale affiancare al prodotto digitale una documentazione esaustiva così che la comunità scientifica abbia gli strumenti per interpretare, valutare e poter riutilizzare per scopi sperimentali, il modello digitale. In questo

In conclusione

senso, l'esperienza di realtà virtuale potrebbe strutturarsi come un ambiente digitale in cui l'utente può muoversi liberamente ed esplorare lo spazio, con **la possibilità di risalire a tutte le informazioni** sopra citate **indicando l'elemento di interesse direttamente dal modello**.

La definizione di due percorsi diversificati permetterebbe inoltre di **chiarire meglio l'utenza** d'uso dell'applicazione, ragionando sulla sua **possibile integrazione all'interno dell'esperienza museale**. Ciò implicherebbe una riprogettazione dell'esperienza in funzione delle specifiche esigenze spaziali e narrative degli ambienti museali.

Questo lavoro vuole mostrare come le tecnologie digitali ed immersive, se fondate su una solida base di studio storico-scientifica, possano diventare strumenti efficaci per interpretare e comunicare il patrimonio archeologico, restituendone non solo gli aspetti materiali, ma anche le pratiche e i significati culturali ad esso connessi.

Bibliografia e sitografia

Agape, A. G., Stoenciu, D., & Chircu, C. C. (2024). Virtual reality (VR), augmented reality (AR) and mixed reality (MR), a necessity of the modern diving technology. *Land Forces Acad Rev*, 29(2), pp.179-184.
<https://doi.org/10.2478/raft-2024-0019>

Agnello, F., Albano, S., Avella, F., Cannella, M., Giordano, G., & Monteleone, S. (2015). Integrated surveying and modeling techniques for the documentation and visualization of three ancient houses in the Mediterranean area. *Sci Res Inf Technol*, 5(2): pp.33-48.
<https://doi.org/10.2423/i22394303v5n2p33>

Applied. (n.d). Le differenze tra XR, VR, MR e AR.
<https://www.applied.it/it/le-differenze-tra-xr-vr-mr-e-ar-nws-36>

Arnold, D. (1999). Temples of the last pharaohs. Oxford University Press.
https://archive.org/details/isbn_9780195126334

Arnold, D. (2003). The Encyclopedia of Ancient Egyptian architecture. Princeton University Press.
<https://archive.org/details/arnold-dietrer-the-encyclopedia-of-ancient-egyptian-architecture-london-2003>.

Ägyptisches Museum und Papyrussammlung, Staatliche Museen zu Berlin. (n.d.). Papiri 3014, 3053, 3055 [Papiri]. Berlin, Germany: Ägyptisches Museum und Papyrussammlung.

Badawy, A. (1968). A history of Egyptian Architecture: the Empire (the New Kingdom). University of California Press.
<https://archive.org/details/Badawy1968/mode/2up>

Barbara, J. (2022). Re-Live History: An immersive virtual reality learning experience of prehistoric intangible cultural heritage. *Frontiers in Education*, 7.
<https://doi.org/10.3389/FEDUC.2022.1032108>

Benson, M., & Gourlay, J. (1899). The Temple of Mut in Asher: An account of the Excavation of the Temple and of the Religious Representations and Objects Found Therein, as Illustrating the History of Egypt and the Main Religious Ideas of the Egyptians. John Murray.
https://archive.org/details/templeofmutinash00bens_0/mode/2up

Brooklyn Museum. (n.d.) Brooklyn Museum and The Precinct of Mut.
<https://www.brooklynmuseum.org/it-IT/resources/precinct-mut>

Brusaporci, S., & Maiezze, P. (2018). Tra Storia e Memoria. Tecnologie avanzate per la (ri)definizione partecipativa del significato dei luoghi nella città storica. In A. Luigini, & C. Panciroli (A cura di). Ambienti digitali per l'educazione all'arte e al patrimonio (pp.51-63). FrancoAngeli.
<https://series.francoangeli.it/index.php/oa/catalog/book/334>

Cannavò, A., Pacchiotti, S., Retta, N., Terzoli, M., Spallone, R., & Lamberti, F. (2024). Passive haptics and conversational avatars for interacting with ancient Egypt remains in high-fidelity virtual reality experiences. *ACM JOURNAL ON COMPUTING AND CULTURAL HERITAGE*, 17(2), pp. 1-28.
<https://dx.doi.org/10.1145/3648003>

Carlotti, J. F. (1995). Contribution à l'étude métrologique de quelques monuments du temple d'Amon-Rê à Karnak. *Cahiers de Karnak*, 10, pp.65-125.
<https://www.cfeetk.cnrs.fr/les-publications/cahiers-de-karnak/>

Chassinat, E. (1928). Le temple d'Edfou. Vol. III. Institut Français d'Archéologie Orientale (IFAO).

Chassinat, E. (1934a). Le temple de Dendara. Vol. I. Institut Français d'Archéologie Orientale (IFAO).

Chassinat, E. (1934b). Le temple de Dendara. Vol. II. Institut Français d'Archéologie Orientale (IFAO).

Chassinat, E. (1935). Le temple de Dendara. Vol. III. Institut Français d'Archéologie Orientale (IFAO).

Cincotti, S. (2025). Les fouilles de Jean Jacques Rifaud en Égypte (Studi del Museo Egizio, Vol. 6). Franco Cosimo Panini.
https://www.academia.edu/144610762/Les_fouilles_de_Jean_Jacques_Rifaud_en_%C3%89gypte

Connor, S. (2017). Le statue della dea Sekhmet. Edizioni Franco Cosimo Panini.

Coralini, A., & Limoncelli, M. (2020). Pittura antica e restauro virtuale. In P. Giulierini, A. Coralini, & V. Sampaolo (A cura di). Picta fragmenta. La pittura vesuviana: Una rilettura. Silvana Editoriale.
<https://www.academia.edu/44535183>

Cunsolo, F. P. (2021). L'azione dell'UNESCO per la protezione del patrimonio digitale. Ordine internazionale e diritti umani, pp.1013-1047.
https://www.rivistaoidu.net/wp-content/uploads/2021/12/_Cunsolo-1.pdf

David, R. (2016). Temple Ritual at Abydos. The Egypt Exploration Society.

De Paolis, L. T., Faggiano, F., Gatto, C., Barba, M. C., & De Luca, V. (2022). Immersive virtual reality for the fruition of ancient contexts: the case of the Archaeological and Naturalistic Park of Santa Maria d'Agnano in Ostuni. *Digit Appl Archaeol Cult Herit*, 27.
<https://doi.org/10.1016/j.daach.2022.e00243>

Fazzini, R. A., & Van Dijk, J. (2015). The First Pylon of the Mut Temple, South Karnak: Architecture, Decoration, Inscriptions (Orientalia Lovaniensia Analecta, vol. 236). Peeters.

Fazzini, R. A., & O'Rourke, P. (2008). Aspects of the Mut Temple's Contra-Temple at South Karnak, Part I. In L. Gabolde (A cura di), Hommages offerts à Jean-Claude Goyon pour son 70ème anniversaire (pp.139-150; Bibliothèque d'Étude Vol. 143). Institut Français d'Archéologie Orientale.

Fazzini R. A., & Bryan, B. M. (2021). The precinct of Mut at South Karnak: An Archaeological Guide. The American University in Cairo Press.
<https://doi.org/10.2307/j.ctv2ks6wwk>

Germond, P. (1981). Sekhmet et la protection du monde (Aegyptiaca Helvetica Vol. 9). Éditions de Belles-Lettres.
<https://archive.org/details/germond-sekhmet/page/n1/mode/2up>

Giacomini, F. (2025). Techiche image-based di acquisizione 3d e modelli di condivisione dei dati generati nell'ambito del patrimonio culturale [Dottorato di ricerca]. Università di Bologna.

Guidi, G., Russo, M., & Angeleddu, D. (2014). 3D survey and virtual reconstruction of archeological sites. *Digital Application in Archaeology and Cultural Heritage*, 1, pp.55-69.
<https://doi.org/10.48676/unibo/amsdottorato/12354>

Guglielmi, W., Buroh, K. (1997). Die Eingangssprüche des täglichen Tempelrituals nach Papyrus Berlin 3055. In J. Van Dijk (A cura di), Essays on Ancient Egypt in Honour of Herman te Velde (p. 101-166). Styx.
<https://archive.org/details/essays-on-ancient-egypt-in-honour-of-herman-te-velde>

Hourdin, J. (2018). The Kushite Kiosks of Karnak and Luxor: A Cross-over Study. In E. Pischikova, J. Budka, & K. Griffin (A cura di), Thebes in the First Millennium BC: Art and Archaeology of the Kushite Period and Beyond (pp.255-270). Golden House Publications.
https://www.academia.edu/36274071/The_Kushite_Kiosks_of_Karnak_and_Luxor_A_Cross_over_Study

Hourdin J. (2020). Study of Kushite architectural programmes: the Taharqa's columned porches at Thebes. In M. H. Trindade Lopes, J. Popielska-Grzybowska, J. Iwaszczuk, & R. G. Gurgel Pereira (A cura di), Ancient Egypt 2017, Perspectives of Research (pp.77-84; Travaux de l'Institut des cultures méditerranéennes et orientales de l'Académie polonaise des sciences Vol. 6). Polish Academy of Sciences.
https://www.academia.edu/44747425/Study_of_Kushite_architectural_programmes_the_Taharqa_s_columned_porches_at_Thebes

Hourdin, J. (2023). L'étude des colonnades de Taharqa à Karnak (2020-2022): un premier bilan. *Bulletin de la Société Française d'Égyptologie (BSFE)*, 208, pp.77-96.
<https://hal.science/hal-04411129v1>

ICOMOS. (2017). Seville Principles for Virtual Archaeology.
<https://icomos.es/wp-content/uploads/2020/06/Seville-Principles-IN-ES-FR.pdf>

Ippoliti, E., & Casale, A. (2018). Rappresentare, comunicare, narrare. Spazi e musei virtuali tra riflessioni e ricerche. In A. Luigini, & C. Panciroli (A cura di). Ambienti digitali per l'educazione all'arte e al patrimonio (pp.128-137). FrancoAngeli.
<https://series.francoangeli.it/index.php/oa/catalog/book/334>

Kerle-Malcharek, W., Hann-von-Weyhern, N., Hailer, U., Diefenbach, S., Feyer, S. P., Klein, K., & Schreiber, F. (2025). The Junction of Immersive Analytics and Virtual Reconstructions – A Case Study on the Mausoleum of Emperor Maxentius. arXiv [preprint].
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2503.11653>

Khekeru. (n.d.). Chiosco di Qertassi.
https://khekeru.ch/j_khekeru/index.php/assuan-e-dintorni/33-kalabsha/102-chiosco-di-qertassi

Liu, Y., Lin, Y., Shi, R., Luo, Y., & Liang, H. N. (2021). RelicVR: a virtual reality game for active exploration of archaeological relics. In Extended abstracts of the 2021 CHI PLAY conference (pp. 1–5). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2109.14185>

Lopez-Menchero, V. M., & Grande, A. (2011). The principles of the Seville Charter. *Virtual Archaeology Review*, 2(4), pp.1–7. https://www.academia.edu/20123993/The_Principles_of_the_Seville_Charter

Moret, A. (1902). Le rituel du culte divin journalier en Egypte d'après les papyrus de Berlin et les textes du temple de Sêti I à Abydos. Ernest Leroux. <https://archive.org/details/lerituelduculted00more>

Moullou, D., Vital, R., Sylaiou, S., & Ragia, L. (2024). Digital Tools for Data Acquisition and Heritage Management in Archaeology and Their Impact on Archaeological Practices. *Heritage*, 7, pp.107–121. <https://doi.org/10.3390/heritage7010005>

Munjeri, D. (2004). Tangible and Intangible Heritage: from difference to convergence. *Museum International*, 56(1–2), pp.12–20. <https://doi.org/10.1111/j.1350-0775.2004.00453.x>

Osing, J. (1999). Zum Kultbildritual In Abydos. In T. A. Holland, T. G. Urban (A cura di), Gold of Praise: Studies on Ancient Egypt in Honor of Edward F. Wente (pp.337–334; Studies in ancient oriental civilization Vol. 58) The Oriental Institute of the University of Chicago.

Pillips, P. J. (2002). The Columns of Egypt. Peartree Publishing.

Pietroni, E., & Ferdani, D. (2021). Virtual Restoration and Virtual Reconstruction in Cultural Heritage: Terminology, Methodologies, Visual Representation Techniques and Cognitive Models. *Information*, 12(4), 167. <https://doi.org/10.3390/info12040167>

Pistola, T., Diplaris, S., Stentoumis, C., Stathopoulos, E. A., Loupas, G., Mandilaras, T., Kalantzis, G., Kalisperakis, I., Tellios, A., Zavraka, D., Koulali, P., Kriezi, V., Vraka, V., Venieri, F., Bacalis, S., Vrochidis, S., & Kompatsiaris, I. (2021). Creating immersive experiences based on intangible cultural heritage. 2021 IEEE International Conference on Intelligent Reality (ICIR). <https://doi.org/10.1109/ICIR51845.2021.00012>

Pratt, W. S. (1980). The Columnar Architecture of the Egyptians. Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences, 15, pp.313–365. <https://doi.org/10.2307/25138580>

Restivo, S., Cannavò, A., Terzoli, M., Mezzino, D., Spallone, R., & Lamberti, F. (in pubblicazione). Interacting with ancient Egypt remains in high-fidelity virtual reality experiences. In Eurographics Workshop on Graphics and Cultural Heritage (GCH 2023). <https://hdl.handle.net/11583/2982529>

Rinascimento, M. (2022). Ricostruzione digitale e comunicazione del patrimonio museale: Contestualizzazione ed esperienza VR per le statue di Sekhmet dal Tempio di Ptah a Karnak nel Museo Egizio di Torino [Tesi di laurea triennale]. Politecnico di Torino. <https://webthesis.biblio.polito.it/24038/>

Rodwell, D. (2012). The Unesco World Heritage Convention, 1972–2012: Reflections and Directions. *The Historic Environment*, 3(1), pp.64–85. <https://doi.org/10.1179/1756750512Z.00000000004>

Sauneron, S. (1983). La Porte ptolémaïque de l'enceinte de Mout à Karnak (Mémoires publiés par les membres de l'Institut français d'archéologie orientale, Vol.107). Institut français d'archéologie orientale. <https://shs.hal.science/halshs-00357927v1>

Sicre-González, P., & Ortiz-García, J. (2024). Virtual recreation as a valid scientific representation for raising public awareness. *Archeologia e Calcolatori*, 35(2), 147–156. <https://doi.org/10.19282/ac.35.2.2024.16>

Siddiqui, M. S., Syed, T. A., Nadeem, A., Nawaz, W., & Alkhodre, A. (2022). Virtual tourism and digital heritage: an analysis of VR/AR technologies and applications. *Int J Adv Comput Sci Appl*, 13(7), pp.303–315. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2022.0130739>

Spallone, R., Lamberti, F., Auenmüller, J., Calandra, D., Fasano, F., & Rinascimento, M. (2024). Immersive Experiences for the Re-contextualization of Statues of the Goddess Sekhmet. In A. Giordano, M. Russo, & R. Spallone (A cura di), Advances in Representation. New AI-and XR-Driven Transdisciplinarity (pp. 141–159). https://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-62963-1_9

Spallone, R., Lamberti, F., Calandra, D., Mezzino, D., Auenmüller, J., & Rinascimento, M. (2023a). Connecting objects, times and places: Digital VR re-contextualization of the standing Sekhmet statues in the Museo Egizio, Turin, from the Temple of Ptah at Karnak. In Proceedings of the IMG23 University of L'Aquila – IMAGIN(G) HERITAGE INTERNATIONAL AND INTERDISCIPLINARY CONFERENCE ON IMAGE AND IMAGINATION (pp. 248–257). <https://hdl.handle.net/11583/2980057>

Spallone, R., Lamberti, F., Calandra, D., Mezzino, D., Auenmüller, J., & Rinascimento, M. (2023b). Re-contextualizing the standing Sekhmet statues in the Temple of Ptah at Karnak through digital reconstruction and VR experience. *DISEGNARE CON....*, 16(31), pp. 1–9. <https://dx.doi.org/10.20365/disegnarecon.31.2023.4>

Stanco, F., Tanasi, D., Allegra, D., Milotta, F. L. M., Lamagna, G., & Monterosso, G. (2017). Virtual Anastylosis of Greek Sculpture as Museum Policy for Public Outreach and Cognitive Accessibility. *History Faculty Publications*, 8. <https://doi.org/10.1117/1.JEI.26.1.011025>

Istituto dell'Enciclopedia Italiana. (n.d.). Anastilosi. <https://www.treccani.it/vocabolario/anastilosi/>

Ubertini, C. (2005). Elephantine XXXIV: restitution architecturale à partir des blocs et fragments épars d'époque ptolémaïque et romaine (Archäologische Veröffentlichungen Vol. 120). Philipp von Zabern.

UNESCO. (1972). Convenzione riguardante la protezione del patrimonio culturale e naturale mondiale. <https://unesco.cultura.gov.it/la-convenzione-sul-patrimonio-mondiale/>

UNESCO. (2003a). Convenzione per la salvaguardia del patrimonio culturale immateriale. <https://unesco.cultura.gov.it/convenzione-2003/>

UNESCO. (2003b). Carta per la conservazione del patrimonio digitale. https://www.unesco.it/wp-content/uploads/2023/11/Convenzione-Patrimonio-Immateriale_ITA-2.pdf

Van Dijk, J. (2010). The Daughter Who Became Mother: Temple and Cult of the Egyptian Goddess Mut. In J. Van Dijk (A cura di), Onder orchideeën: Nieuwe oogst uit de tuin der geesteswetenschappen te Groningen. Barkhuis Publishing. https://www.jacobusvandijk.nl/docs/Mut_Orch_transl.pdf

Wan Isa, W. M., Mat Zin, N. A., Rosdi, F., & Sarim, H. M. (2018). Digital Preservation of Intangible Cultural Heritage. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 12(3), pp.1373–1379. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v12.i3.pp1373-1379>

Yoyotte, J. (1980). Une monumentale litanie de granit: les Sekhmet d'Aménophis III et la conjuration permanente de la déesse dangereuse. *Bulletin de la Société Française d'Égyptologie*, 87–88, pp. 46–75.

Indice delle figure

Capitolo 2

Fig. 2.1 Incisioni rupestri della Valcamonica, primo sito italiano ad entrare nella Lista dei patrimoni dell'umanità nel 1979.
<https://www.unesco.it/it/unesco-vicino-a-te/siti-patrimonio-mondiale/arte-rupestre-della-valcamonica/>

Fig. 2.2 Teatro delle marionette dei Pupi siciliani, primo sito italiano inserito nella Lista rappresentativa del patrimonio culturale immateriale dell'umanità 2008.
<https://www.figlidartecuticchio.com/origini-dellopera-dei-pupi/>

Fig. 2.3 Acquisizione digitale della testa del Kouros di Lentini al Museo Civico “Castello Ursino” di Catania.
Stanco, F., Tanasi, D., Allegra, D., Milotta, F. L. M., Lamagna, G., & Monterosso, G. (2017). Virtual Anastylis of Greek Sculpture as Museum Policy for Public Outreach and Cognitive Accessibility. *History Faculty Publications*, 8.
<https://doi.org/10.1117/1.JEI.26.1.011025>

Fig. 2.4 Elaborazione del modello 3D della testa+busto.
Stanco, F., Tanasi, D., Allegra, D., Milotta, F. L. M., Lamagna, G., & Monterosso, G. (2017). Virtual Anastylis of Greek Sculpture as Museum Policy for Public Outreach and Cognitive Accessibility. *History Faculty Publications*, 8.
<https://doi.org/10.1117/1.JEI.26.1.011025>

Fig. 2.5 Pompei, Casa del Centenario, triclinio 4I: restauro virtuale, con tecnica del ritocco totale (o mimetico) dei quadri centrali.
Coralini, A., & Limoncelli, M. (2020). Pittura antica e restauro virtuale. In P. Giulierini, A. Coralini, & V. Sampaolo (A cura di). La pittura vesuviana. Picta fragmenta. Una rilettura. Silvana Editoriale.
<https://www.academia.edu/44535183>

Fig. 2.6 Pompei, Casa del Centenario I, atrio 49, larario: da sinistra, stato dei luoghi nel 2000 e nel 1880 e ricostruzione virtuale.
Coralini, A., & Limoncelli, M. (2020). Pittura antica e restauro virtuale. In P. Giulierini, A. Coralini, & V. Sampaolo (A cura di). La pittura vesuviana. Picta fragmenta. Una rilettura. Silvana Editoriale.
<https://www.academia.edu/44535183>

Fig. 2.7 (a) Sketch della virtual recreation della città romana di Épora; (b) il risultato finale.
Sicre-González, P., & Ortiz-García, J. (2024). Virtual recreation as a valid scientific representation for raising public awareness. *Archeologia e Calcolatori*, 35(2), 147-156.
<https://doi.org/10.19282/ac.35.2.2024.16>

Fig. 2.8 Render del modello digitale tempio di Mut.

Fig. 2.9 Immagine evocativa, immersività della VR.
<https://www.freepik.com/>

Fig. 2.10 Esempio di fotogrammetria su un busto.
<https://www.3d-archeolab.it/2017/04/tutorial-la-fotogrammetria-automatica-come-funziona-a-cosa-serve/>

Fig. 2.11 Immagine rappresentativa della procedura di laser scanning.
<https://hivevp.com/advantages-of-3d-terrestrial-laser-scanners/>

Fig. 2.12 Esempio di un GIS nel quale sono caricati livelli lineari e puntuali.
https://it.wikipedia.org/wiki/Geographic_information_system

Fig. 2.13 Esempio di processo di digitalizzazione e ricostruzione virtuale di un elemento archeologico. (a) acquisizione tramite rilievo 3D; (b) modello digitale reality-based; (c) ipotesi di ricostruzione delle parti mancanti.
Guidi, G., Russo, M., & Angheluddu, D. (2014). 3D survey and virtual reconstruction of archeological sites. *Digital Application in Archaeology and Cultural Heritage*, 1, pp.55-69.
<https://doi.org/10.48676/unibo/amsdottorato/12354>

Fig. 2.14 virtual reconstruction del forum di Augusto, renderizzata con colori codificati per indicare i diversi livelli di ricostruzione.
Pietroni, E., & Ferdani, D. (2021). Virtual Restoration and Virtual Reconstruction in Cultural Heritage: Terminology, Methodologies, Visual Representation Techniques and Cognitive Models. *Information*, 12(4), 167.
<https://doi.org/10.3390/info12040167>

Fig. 2.15 Utilizzo dell'RA per riportare in vita dei rilievi di soldati.
<https://news.harvard.edu/gazette/story/2024/04/art-from-a-long-dead-civilization-springs-back-to-life/>

Fig. 2.16 Esperienza immersiva con Goggle Earth VR
<https://www.myarstudio.cloud/explore/virtual-reality-vs-augmented-reality-vs-mixed-reality-lets-know-them/>

Fig. 2.17 Lavoro in una sessione di realtà mista utilizzando Apple Vision Pro.
<https://www.myarstudio.cloud/explore/virtual-reality-vs-augmented-reality-vs-mixed-reality-lets-know-them/>

Fig. 2.18 Progetto di virtualizzazione dell'esperienza dei burattinai tradizionali giapponesi.
Way, D.-L., & Wei, Y.-H. (2023). Use of Cloud-Based Virtual Reality in Chinese Glove Puppetry to Preserve Intangible Cultural Heritage. *Applied Sciences*, 13(9), 5699.
<https://doi.org/10.3390/app13095699>

Fig. 2.19 Immagine evocativa, la digitalizzazione del patrimonio mondiale.
<https://www.freepik.com/>

Fig. 2.20 Scelta dello strumento per lo scavo.
Liu, Y., Lin, Y., Shi, R., Luo, Y., & Liang, H. N. (2021). RelicVR: a virtual reality game for active exploration of archaeological relics. In Extended abstracts of the 2021 CHI PLAY conference (pp. 1-5). Association for Computing Machinery.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2109.14185>

Fig. 2.21 Colpito il trigger nascosto sull'oggetto appare un pannello informativo.
Liu, Y., Lin, Y., Shi, R., Luo, Y., & Liang, H. N. (2021). RelicVR: a virtual reality game for active exploration of archaeological relics. In Extended abstracts of the 2021 CHI PLAY conference (pp. 1-5). Association for Computing Machinery.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2109.14185>

Fig. 2.22 Finito lo scavo vengono date tutte le informazioni sul manufatto.
Liu, Y., Lin, Y., Shi, R., Luo, Y., & Liang, H. N. (2021). RelicVR: a virtual reality game for active exploration of archaeological relics. In Extended abstracts of the 2021 CHI PLAY conference (pp. 1-5). Association for Computing Machinery.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2109.14185>

Fig. 2.23 Laser scanning della grotta di Santa Maria di Agnano.
De Paolis, L. T., Faggiano, F., Gatto, C., Barba, M. C., & De Luca, V. (2022). Immersive virtual reality for the fruition of ancient contexts: the case of the Archaeological and Naturalistic Park of Santa Maria d'Agnano in Ostuni. *Digit Appl Archaeol Cult Herit*, 27.
<https://doi.org/10.1016/j.daach.2022.e00243>

Fig. 2.24 Modello 3D di Ostuni I.
De Paolis, L. T., Faggiano, F., Gatto, C., Barba, M. C., & De Luca, V. (2022). Immersive virtual reality for the fruition of ancient contexts: the case of the Archaeological and Naturalistic Park of Santa Maria d'Agnano in Ostuni. *Digit Appl Archaeol Cult Herit*, 27.
<https://doi.org/10.1016/j.daach.2022.e00243>

Fig. 2.25 Interazioni con gli oggetti in scena.
De Paolis, L. T., Faggiano, F., Gatto, C., Barba, M. C., & De Luca, V. (2022). Immersive virtual reality for the fruition of ancient contexts: the case of the Archaeological and Naturalistic Park of Santa Maria d'Agnano in Ostuni. *Digit Appl Archaeol Cult Herit*, 27.
<https://doi.org/10.1016/j.daach.2022.e00243>

Fig. 2.26 Sequenza di azioni dell'uomo preistorico nella scena.
Barbara, J. (2022). Re-Live History: An immersive virtual reality learning experience of prehistoric intangible cultural heritage. *Frontiers in Education*, 7.
<https://doi.org/10.3389/FEDUC.2022.1032108>

Fig. 2.27 Verifica dell'applicazione con gli insegnanti.
Barbara, J. (2022). Re-Live History: An immersive virtual reality learning experience of prehistoric intangible cultural heritage. *Frontiers in Education*, 7.
<https://doi.org/10.3389/FEDUC.2022.1032108>

Fig. 2.28 APER Maintenance, accesso alle informazioni attraverso i segnaposto in scena.
Agnello, F., Albano, S., Avella, F., Cannella, M., Giordano, G., & Monteleone, S. (2015). Integrated surveying and modeling techniques for the documentation and visualization of three ancient houses in the Mediterranean area. *Sci Res Inf Technol*, 5(2): pp.33-48.
<https://doi.org/10.2423/i22394303v5n2p33>

Fig. 2.29 APER Tour, transizione tra lo stato attuale e la ricostruzione 3D.
Agnello, F., Albano, S., Avella, F., Cannella, M., Giordano, G., & Monteleone, S. (2015). Integrated surveying and modeling techniques for the documentation and visualization of three ancient houses in the Mediterranean area. *Sci Res Inf Technol*, 5(2): pp.33-48.
<https://doi.org/10.2423/i22394303v5n2p33>

Fig. 2.30 Tre ipotesi ricostruttive del Mausoleo.
Kerle-Malcharek, W., Hann-von-Weyhern, N., Hailer, U., Diefenbach, S., Feyer, S. P., Klein, K., & Schreiber, F. (2025). The Junction of Immersive Analytics and Virtual Reconstructions – A Case Study on the Mausoleum of Emperor Maxentius. *arXiv [preprint]*.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2503.11653>

Fig. 2.31 Sovrapposizione di una delle ipotesi ricostruttive.
Kerle-Malcharek, W., Hann-von-Weyhern, N., Hailer, U., Diefenbach, S., Feyer, S. P., Klein, K., & Schreiber, F. (2025). The Junction of Immersive Analytics and Virtual Reconstructions – A Case Study on the Mausoleum of Emperor Maxentius. *arXiv [preprint]*.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2503.11653>

Capitolo 3

Fig. 3.1 Vista aerea del complesso templare di Mut a Karnak.

Fazzini R. A., & Bryan, B. M. (2021). The precinct of Mut at South Karnak: An Archaeological Guide. The American University in Cairo Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctv2ks6wwk>

Fig. 3.2 Analisi rilievo nella tomba di Khabekhenet a Deir el-Medineh.

Fazzini R. A., & Bryan, B. M. (2021). The precinct of Mut at South Karnak: An Archaeological Guide. The American University in Cairo Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctv2ks6wwk>

Fig. 3.3 Portale con iscrizioni ai sovrani Tuthmosis II e Tuthmosis III.

Fazzini R. A., & Bryan, B. M. (2021). The precinct of Mut at South Karnak: An Archaeological Guide. The American University in Cairo Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctv2ks6wwk>

Fig. 3.4 Recinto del complesso nel Nuovo Regno.

Fazzini R. A., & Bryan, B. M. (2021). The precinct of Mut at South Karnak: An Archaeological Guide. The American University in Cairo Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctv2ks6wwk>

Fig. 3.5 Una delle prime mappe del complesso di Mut disegnata dagli scienziati di Napoleone.

Fazzini R. A., & Bryan, B. M. (2021). The precinct of Mut at South Karnak: An Archaeological Guide. The American University in Cairo Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctv2ks6wwk>

Fig. 3.6 Mappa disegnata da Auguste Mariette per la sua pubblicazione su Karnak del 1875.

Fazzini R. A., & Bryan, B. M. (2021). The precinct of Mut at South Karnak: An Archaeological Guide. The American University in Cairo Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctv2ks6wwk>

Fig. 3.7 Margaret Benson (destra) e Janet Gourlay (sinistra).

Fazzini R. A., & Bryan, B. M. (2021). The precinct of Mut at South Karnak: An Archaeological Guide. The American University in Cairo Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctv2ks6wwk>

Fig. 3.8 Vista sezionata del tempio di Khonsu da cui si può riconoscere la struttura archetipica del tempio.

Dalla collezione digitale Historic Illustrations of Art and Architecture. <https://quod.lib.umich.edu/h/hiaic/x-bf23e/bf23e>. University of Michigan Library Digital Collections. Ultimo accesso 14 gennaio, 2026.

Fig. 3.9 Vista sul pilone del tempio di Luxor e sulle sfingi che ne fiancheggiano l'entrata.

<https://www.britannica.com/art/Egyptian-architecture>

Fig. 3.10 Raffigurazione della sala ipostila del tempio di Amon a Karnak.

New International Encyclopedia. (1902). Dodd, Mead and Company.

Fig. 3.11 Rilievo nella cappella rossa di Hatshepsut della processione della barca divina del dio Amon.

<https://laciviltaeigia.org/2023/03/26/le-casse-meret-della-cappella-rossa/>

Fig. 3.12 Rilievo raffigurante la triade tebana (Amon, Mut e Khonsu, in quest'ordine). Ramesseum di Luxor.

<http://www.temples-egypte.net/louxor/ramesseum/cour02/murOuest/couronnement.html>

Fig. 3.13 Sekhmet n.253 conservata al Museo Egizio di Torino. https://collezioni.museoegizio.it/en-GB/material/t_253/?description=&inventoryNumber=&title=&cgt=&yearFrom=&yearTo=&materials=&provenance=&acquisition=&epoch=&dynasty=&pharaoh=&searchLng=en-GB&searchPage=

Fig. 3.14 Foto storica del primo cortile del Tempio di Mut.

Fazzini R. A., & Bryan, B. M. (2021). The precinct of Mut at South Karnak: An Archaeological Guide. The American University in Cairo Press.

Fig. 3.15 Firma di Jean Jacques Rifaud sulla Sekhmet n.251 conservata al Museo Egizio di Torino.

https://collezioni.museoegizio.it/it-IT/material/Cat_251

Fig. 3.16 Statue della dea Sekhmet provenienti dal tempio di Mut, conservate nella Galleria dei Re del ME di Torino.

<https://www.area-arch.it/la-galleria-dei-re-di-oma-al-museo-egizio-di-torino/>

Capitolo 4

Fig. 4.1 Scala 1:1 della planimetria del complesso templare di Mut.

Fig. 4.2 Scala 1:1 della pianta della prima porta.

Fig. 4.3 Tempio di Khonsu a Karnak.

<https://ohiostate.pressbooks.pub/exploringarchitectureandlandscape/chapter/temple-of-khons/>

Fig. 4.4 Foto storica del IX pilone di Karnak.

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=67482114>

Fig. 4.5 Sezione laterale tempio di Khonsu.

Dalla collezione digitale Historic Illustrations of Art and Architecture. <https://quod.lib.umich.edu/h/hiaic/x-bf23e/bf23e>. University of Michigan Library Digital Collections. Ultimo accesso 14 gennaio, 2026.

Fig. 4.6 Sezione laterale modello del tempio di Mut.

Fig. 4.7 Frammento scultoreo trovato negli scavi del 2005.

https://dlfxha3ugu3d4.cloudfront.net/features/docs/Preliminary_Report_2005.pdf

Fig. 4.8 Frammento del capitello in situ.

Foto scattata in situ dal Dott. Johannes Auenmüller.

Fig. 4.9 Colonne hathoriche al chiosco di Qertassi.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kiosk_von_Kertassi_05.JPG

Fig. 4.10 Chiosco di Taharqa a Karnak.

<https://www.meisterdrucke.it/stampe-d-arte/Kenneth-Garrett/1489486/Chiosco-di-Taharka,-primo-cortile,-Tempio-di-Karnak,-Faraoni-Neri,-Nubiani,-Egitto,-Luxor,-2007-%28foto%29.html>

Fig. 4.11 Disegno ricostruttivo del colonnato propileo all'entrata del tempio di Ramses II a Karnak est.

Hourdin J. (2020). Study of Kushite architectural programmes: the Taharqa's columned porches at Thebes. In M. H. Trindade Lopes, J. Popielska-Grzybowska, J. Iwaszczuk, & R. G. Gurgel Pereira (A cura di), Ancient Egypt 2017, Perspectives of Research (pp.77-84; Travaux de l'Institut des cultures méditerranéennes et orientales de l'Académie polonaise des sciences Vol. 6). Polish Academy of Sciences. https://www.academia.edu/44747425/Study_of_Kushite_architectural_programmes_the_Taharqa_s_columned_porches_at_Thebes

Fig. 4.12 Pareti intercolumnari e pareti tolemaiche, con cornici cavetto e fregio ureo.

Fig. 4.13 Chiosco di Qertassi, pareti intercolumnari con fregio ureo.

https://it.wikipedia.org/wiki/File:Kiosk_of_Qertassi_by_Dennis_Jarvis.jpg

Fig. 4.14 Vista laterale dei tre colonnati propilei.

Fig. 4.15 Resti dei pilastri e un frammento di capitello (basso a sx) in situ.

Foto scattata in situ dal Dott. Johannes Auenmüller.

Fig. 4.16 Resti delle basi e di alcuni fusti delle colonne della sala ipostila in situ.

Foto scattata in situ dal Dott. Johannes Auenmüller.

Fig. 4.17 Colonna cluster lotiforme.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Abu_sir_07.jpg

Fig. 4.18 Colonna cluster papiriforme.

https://liceoberchet.edu.it/ricerche/geo4d_03/Africa1/diga_assuan_2liv.htm

Fig. 4.19 Modellazione digitale delle colonne della sala ipostila.

Fig. 4.20 Modellazione digitale del santuario.

Fig. 4.21 Modellazione digitale del contesto.

Fig. 4.22 Posizionamento delle statue della Sekhmet nel modello.

Fig. 4.23 Render dei 9 modelli delle Sekhmet nel modello digitale.

Fig. 4.24 Criosfingi e sfingi in situ, a ovest dell'entrata del tempio di Mut.

https://dlfxha3ugu3d4.cloudfront.net/features/docs/Fazzini_Mut_Precinct_Report_2019_English.pdf

Fig. 4.25 Criosfingi e sfingi nel modello digitale, a ovest dell'entrata del tempio di Mut.

Fig. 4.26 Criosfingi e sfingi in situ, a ovest dell'entrata del tempio di Mut.

Fazzini R. A., & Bryan, B. M. (2021). The precinct of Mut at South Karnak: An Archaeological Guide. The American University in Cairo Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctv2ks6wwk>

Fig. 4.27 Criosfingi e sfingi nel modello digitale, davanti ai due colonnati propilei.

Fig. 4.28 Retopology dei modelli delle statue.

Fig. 4.29 Render Sekhmet n.253 posizionata nel primo cortile del tempio.

Fig. 4.30 Render Sekhmet n.253 posizionata nel secondo cortile del tempio.

Fig. 4.31 Differenza tra le texture create per i materiali presenti in situ e per quelli ricostruiti.

Fig. 4.32 Render vista nord est del primo cortile del tempio.

Fig. 4.33 Foto di un rilievo sulla parete est della prima porta. Fazzini, R. A., & Van Dijk, J. (2015). The First Pylon of the Mut Temple, South Karnak: Architecture, Decoration, Inscriptions (Orientalia Lovaniensia Analecta, vol. 236). Peeters.

Fig. 4.34 Legenda per il posizionamento dei rilievi. Fazzini, R. A., & Van Dijk, J. (2015). The First Pylon of the Mut Temple, South Karnak: Architecture, Decoration, Inscriptions (Orientalia Lovaniensia Analecta, vol. 236). Peeters.

Fig. 4.35 Ricolorazione della foto del rilievo su Photoshop.

Fig. 4.36 Posizionamento dei rilievi per creare la texture, con il riferimento dell'UV map del modello esportata da Blender.

Fig. 4.37 Foto in situ della parete est con il rilievo del dio Bes. Fazzini R. A., & Bryan, B. M. (2021). The precinct of Mut at South Karnak: An Archaeological Guide. The American University in Cairo Press.

Fig. 4.38 Render parete est con il rilievo del dio Bes.

Fig. 4.39 Foto in situ della parete ovest con il rilievo del dio Bes. Fazzini R. A., & Bryan, B. M. (2021). The precinct of Mut at South Karnak: An Archaeological Guide. The American University in Cairo Press.

Fig. 4.40 Render parete ovest con il rilievo del dio Bes.

Fig. 4.41 Render primo porta del tempio, vista nord.

Fig. 4.42 Render primo porta del tempio, vista sud.

Fig. 4.43 Texture capitello ricostruito.

Fig. 4.44 Texture capitello presente in situ.

Fig. 4.45 Render dettaglio dei capitelli hathorici.

Fig. 4.46 Render cornice con urei.

Fig. 4.47 Cornice con urei dal tempio di Isis a Philae. <https://traveltoeat.com/design-of-the-temple-of-isis-from-philae-egypt/>

Fig. 4.48 Ricolorazione dell'immagine per creare la texture su Photoshop.

Fig. 4.49 a-b Render tempio di Mut.

Fig. 4.50 Immagine evocativa, collaborazione. <https://www.freepik.com/>

Fig. 4.51 Render del tempio dall'alto, vista senza le coperture.

Fig. 4.52 Storyboard dell'esperienza di VR.

Fig. 4.53 Schema di collocamento degli audio introduttivi alle varie tappe.

Fig. 4.54 Passaggio da una tappa all'altra all'interno della VR.

Fig. 4.55 Schema di collocamento delle tappe, degli audio e delle porte.

Fig. 4.56 Rilievo che riprende il passaggio rituale della svestizione, cappello del dio Amon ad Abydos. David, R. (2016). Temple Ritual at Abydos. The Egypt Exploration Society.

Fig. 4.57 Naos dorato di Tutankhamon. <https://laciviltàegizia.org/2022/08/22/il-naos-dorato-di-tutankhamon/>

Fig. 4.58 Render naos dorato all'interno del grande naos di pietra.

Fig. 4.59 Render statua della dea Mut.

Fig. 4.60 Statuetta in rame della dea Mut, conservata al British Museum e usata come reference. https://www.britishmuseum.org/collection/object/Y_EA64497

Fig. 4.61 Confronto tra il modello generato da Vizcom (sx) e modello finale rielaborato, con l'aggiunta di dettagli e gioielli (dx).

Fig. 4.62 Definizione del modello tramite l'utilizzo degli strumenti di sculpting di Blender.

Fig. 4.63 Modelli di supporto generati da Vizcom e importati in Blender.

Fig. 4.64 Incensiere di legno dorato risalente al periodo tolemaico, conservato al Museo Egizio del Cairo – JE 30700. <https://egyptophile.blogspot.com/2020/03/lencensoir-un-ustensile-de-culte-sous.html>

Fig. 4.65 Render dell'incensiere.

Fig. 4.66 Vaso nemset con cartiglio di Tutankhamon. <http://www.joanannlansberry.com/fotoart/tut/nemsett.html>

Fig. 4.67 Vaso desheret vaso appartenente al corredo funebre di Tutankhamon. <https://www.metmuseum.org/art/collection/search/549582>

Fig. 4.68 Render vasi nemset e desheret.

Fig. 4.69 Contenitore per unguenti proveniente dal tempio di Hatshepsut a Deir el-Bahri, conservato al The Met, New York. <https://www.metmuseum.org/art/collection/search/544464>

Fig. 4.70 Render contenitore per l'unguento.

Fig. 4.71 Sacchetto di natron appartenente al corredo funebre di Tutankhamon. <https://www.metmuseum.org/art/collection/search/587568>

Fig. 4.72 Render delle 4 sfere di natron.

Fig. 4.73 Scopa risalente al ca. ca. 1539–1075 a.C., conservata al Brooklyn Museum. <https://www.brooklynmuseum.org/it-IT/objects/118434>

Fig. 4.74 Render scopa.

Fig. 4.75 Sequenza di fotogrammi estrapolati dalla registrazione dell'esperienza di realtà virtuale ritraenti il rito dedicato alla dea Mut.

Fig. 4.76 Ricalchi dei rilievi (sx) e visualizzazione dell'oggetto dell'offerta tridimensionale (dx), fotogrammi estrapolati dai video.

Fig. 4.77 Schema di collocamento delle varie offerte all'interno del tempio.

Fig. 4.78 Statue evidenziate nel primo cortile.

Fig. 4.79 Ricerca delle statue evidenziate.

Fig. 4.80 Attivazione del video.

Fig. 4.81 Visione del video per la scoperta del passaggio rituale dell'offerta dei sistri.

Fig. 4.82 Render dell'entrata del tempio, tappa finale che si raggiunge alla sera.

RINGRAZIAMENTI

Desidero ringraziare innanzitutto il Museo Egizio di Torino e la mia relatrice, la Prof.ssa Roberta Spallone, per avermi dato l'opportunità di lavorare a questo progetto, insieme alla mia correlatrice Martina Rinascimento, per il costante supporto e la disponibilità dimostrata durante tutto il percorso di tesi.

Ringrazio il correlatore interno al Museo Egizio di Torino, il Dott. Johannes Auenmüller, per il tempo dedicatomi e per la passione che è riuscito a trasmettermi, spingendomi ad ogni incontro a proseguire con sempre maggiore motivazione.

Ringrazio i correlatori interni al laboratorio VR@POLITO, il Prof. Fabrizio Lamberti e i tutor Davide Calandra, Federico De Lorenzis e Lorenzo Valente, insieme al tesista Antonio Lucas Francaviglia, per il supporto tecnico fornito nell'implementazione dell'esperienza di realtà virtuale.

Un progetto in collaborazione con il Museo Egizio di Torino



Politecnico
di Torino

ME MUSEO
EGIZIO

