

# Virtual tour e fotogrammetria 3D applicati al Museo universitario di Paleontologia e Preistoria P. Leonardi

Letizia Scatà

Dipartimento di Studi Umanistici, Università degli Studi di Ferrara, Corso Ercole I d'Este, 32. I-4121 Ferrara.  
E-mail: [scata.letizia@gmail.com](mailto:scata.letizia@gmail.com)

Marco Bertolini

Ursula Thun Hohenstein

Dipartimento di Studi Umanistici, Università degli Studi di Ferrara, Corso Ercole I d'Este, 32. I-4121 Ferrara.  
Sistema Museale di Ateneo - Museo Leonardi, Università degli Studi di Ferrara, Corso Ercole I d'Este, 32. I-4121 Ferrara.

## RIASSUNTO

Le tecnologie digitali e le soluzioni di realtà virtuale (VR) possono essere una risorsa preziosa all'interno dei musei, per creare contenuti divulgativi ed educativi. Il presente articolo descrive la metodologia utilizzata per la creazione di una mostra virtuale nel contesto del Museo universitario di Paleontologia e Preistoria Piero Leonardi (Ferrara), un'istituzione che è attualmente chiusa al pubblico per cause di forza maggiore. Una combinazione di strumenti di realtà virtuale, fotogrammetria 3D, HTML e JavaScript di base ha permesso la costruzione di una mostra virtuale immersiva, interattiva e realistica, ottenendo così un modo per garantire l'accesso a siti culturali danneggiati a tutti i potenziali visitatori in una forma alternativa. Il progetto è stato portato avanti sfruttando tecnologie a basso costo, ma al tempo stesso coinvolgenti, rendendolo potenzialmente riproducibile in numerose realtà museali che devono conciliare nuove forme di comunicazione con un budget ridotto.

Parole chiave:

musei virtuali, percorsi educativi, paleontologia, fotogrammetria, 3D modeling.

## ABSTRACT

*Virtual tour and 3d photogrammetry applied to the P. Leonardi university Museum of Palaeontology and Prehistory*

*Digital technologies and virtual reality (VR) solutions can be a precious resource in the context of museum exhibitions, for divulgation and educational purposes. This paper presents the methodology used for the creation of a virtual exhibit in the setting of the Piero Leonardi University Museum of Palaeontology and Prehistory (Ferrara, Italy), an institution that is currently closed to the public due to force majeure. A combination of Virtual Reality tools, 3D photogrammetry and a basic knowledge of programming language was used to achieve an immersive, interactive and realistic virtual exhibit, promoting a way for damaged and inaccessible cultural sites to reach out to their perspective visitors and community with an eye to the budget, which facilitates future applications of the same methodology in the context of other small museums.*

Key words:

*virtual museums, educational exhibit, palaeontology, photogrammetry, 3D modeling.*

## INTRODUZIONE E OBIETTIVI DEL PROGETTO

Gli odierni avanzamenti nel campo delle tecnologie 3D e di realtà virtuale (VR) hanno permesso lo sviluppo di una nuova forma di museo che trascende i confini della realtà, resa possibile anche dal fatto che i musei non sono solo una collezione di oggetti, ma veri e propri creatori di significato e conoscenza. Gli oggetti ivi esposti non parlano da soli, hanno bisogno di un contesto per essere riportati efficacemente in vita, per acquisire significato, cosicché potremmo dire che ogni museo racconta una storia. I musei virtuali incarnano questa caratteristica, forse ancor più di quelli tradizionali, perché si basano su una varietà di media, e sono un

luogo di "connessione" intrinseca (Schweibenz, 1998). Le prime esperienze in questa direzione erano più simili ad "archivi online", in cui i beni culturali custoditi in musei sparsi per il mondo venivano raccolti su un'unica piattaforma digitale. Col tempo e lo sviluppo delle tecnologie, le collezioni inserite in queste piattaforme sono divenute via via più realistiche, è il caso, per esempio, del progetto Europeana (v. sito web 1), nato nel 2008 e implementato nel 2012 con il progetto 3D-ICONS volto ad aggiungere in collezione modelli 3D di edifici di alto valore culturale e monumenti archeologici (v. sito web 2). Gli stessi siti che agiscono da depositi virtuali per i beni culturali sono aumentati di numero: un gran numero di istituzioni si affida ad esempio a Sketchfab, una piattaforma ideata

per condividere via internet contenuti 3D (v. sito web 3), altre invece ne hanno sviluppata una propria, ideata per rivolgersi al pubblico nella sua totalità o anche a un'audience più ristretta, com'è il caso dell'University of Michigan Online Repository of Fossils (UMORF), nato principalmente per rendere più accessibili gli esemplari fossili a studenti e ricercatori (v. sito web 4). Si è arrivati oggi anche a creare dei musei virtuali che non hanno nessuna controparte nella realtà fisica, in cui il web user può tuttavia passeggiare liberamente e, dato che questi musei non sono soggetti alle stesse limitazioni incontrate dai musei fisici, i curatori si trovano ad avere opportunità molto maggiori quando vi pianificano delle mostre (Loaiza Carvajal et al., 2020). Ma anche i musei fisici possono beneficiare delle possibilità offerte dalle tecnologie immersive: la costituzione di un museo virtuale fornisce ad esempio l'opportunità di immagazzinare online una "immagine speculare" del museo che permette di tenere in memoria le mostre precedenti, come dimostra il National Museum of Natural History di Washington, il cui sito offre ai visitatori web una vasta scelta di virtual tour, e tra essi vi sono numerose esposizioni non più disponibili in museo, ma ancora accessibili online per chi non avesse avuto la possibilità di visitarle dal vivo (v. sito web 5). Allo stesso modo molti istituti culturali hanno formato una partnership con Google per rendere le proprie sale visitabili da remoto tramite Google Arts & Culture e, come valore aggiunto, gli utenti web possono anche godere di esposizioni online temporanee che sfruttano le tecnologie VR e la computer grafica per potenziare l'esperienza, arrivando alle volte a vedere persino un esemplare estinto "tornare in vita" (v. sito web 6).

Le ragioni per creare un museo virtuale, dunque, sono molte, a partire dall'opportunità di ampliare l'audience offrendo una via per visitare il museo a tutti coloro che per varie ragioni non riescono a recarvisi di persona. C'è, tra queste ragioni, anche il tempo: i musei oggi devono competere per l'attenzione del pubblico con molti nuovi media ed erogatori di servizi che offrono una scelta stratificata in termini di intrattenimento (Kotler & Kotler, 1998) e la maggioranza delle persone spende un'importante fetta del proprio tempo libero online. Si aggiunge a questo il difficile compito di veicolare la conoscenza e le collezioni al loro interno in modi sempre coinvolgenti, e non si tratta di una mera necessità guidata dal marketing: in un mondo che è stato cambiato radicalmente dall'avvento di internet, molti ricercatori hanno ormai evidenziato come internet stia probabilmente rimodellando la nostra relazione con l'informazione, modificando come comunichiamo, impariamo ed elaboriamo dati (Sparrow et al., 2011; Firth et al., 2019). Come conseguenza, oggi la conoscenza sta diventando sempre più una questione di esperienza, e il recente concetto di "musei sincretici" che combina l'educazione con l'intrattenimento (l'edutainment) sfruttando le strategie di storytelling, le tecnologie immersive e il gioco formativo può essere visto come una risposta al bisogno di una

nuova forma di comunicazione basata sull'esperienza. I musei virtuali oggi possono contribuire a rispondere a questa esigenza e la tecnologia in generale può essere vista come un alleato durante l'ideazione di una mostra: può farsi veicolo dei contenuti scientifici e offrire un valore aggiunto agli strumenti tradizionali. È il caso di progetti come la mostra "Lara com'era" tenutasi al Museo dell'Ara Pacis di Roma, terminata nel 2019, che ha usato strumenti di realtà virtuale e aumentata per ridare al monumento i suoi colori originali, permettendo al visitatore di "assistere" a un sacrificio nell'Antica Roma (v. sito web 7), o della mostra "Rebuild Palmyra?" tenutasi a Costanza nel 2017, dove le stampe 3D insieme alla realtà virtuale e aumentata hanno contribuito a trasportare il visitatore nella città di Palmira prima della sua distruzione (Skowronsky et al., 2018). A questo proposito, vale la pena citare il fatto che i dispositivi VR e le ricostruzioni 3D possono essere anche risorse efficaci per preservare e comunicare siti e monumenti storici fragili, danneggiati o a rischio (Grün et al., 2004; Fernández-Palacios et al., 2017; Mah et al., 2018).

In merito all'estetica, i musei virtuali possono avere diversi aspetti e interfacce, a seconda della tecnologia utilizzata: basti pensare alle differenze tra gli ambienti virtuali costruiti con Second Life, che impiegano modellazione e rendering 3D, e l'approccio fotografico usato da Google Art Project (Vosinakis & Tsakonas, 2016), che in genere è considerato più facile, veloce e più realistico e dettagliato nei risultati. Obiettivo primario di questo lavoro è stato la creazione di una simulazione della visita in museo, nel contesto del Museo Piero Leonardi di Ferrara, perciò si è optato per un approccio il più possibile realistico.

Il Museo universitario di Paleontologia e Preistoria Piero Leonardi di Ferrara (v. sito web 8) fu istituito negli anni '60 dal geologo e paleontologo Piero Leonardi, e da allora a migliaia hanno percorso le sue stanze ogni anno per godere di attività educative. Sfortunatamente, nel maggio 2012 la provincia di Ferrara è stata colpita da un terremoto e i danni strutturali alle sale hanno costretto il Museo a chiudere temporaneamente le sue porte. L'applicazione di tecnologie digitali è stata vista come un modo per fare della crisi un'opportunità per il Museo di raggiungere i propri visitatori attraverso vie alternative, adatte al pubblico del XXI secolo, assicurando l'accessibilità delle sue collezioni e garantendo la sua funzione divulgativa. Tra le quattro sezioni che compongono il Museo – Paleontologia dei Vertebrati, Paleontologia Umana e Preistoria, Geologia Storica e Paleontologia degli Invertebrati – ci si è focalizzati nello specifico sulla sala di Paleontologia dei Vertebrati, all'interno della quale è stata ambientata una nuova mostra interattiva incentrata su un esemplare mai esposto in precedenza, così da offrire un valore aggiunto all'esposizione tradizionale. Per costruire la mostra e renderla attraente agli occhi del pubblico è stata usata una combinazione di strumenti di realtà virtuale (VR), fotogrammetria 3D e linguaggio HTML e di programmazione. La scelta

delle tecnologie è stata dettata anche dalla volontà di creare un progetto a basso costo, che potesse essere riproducibile nel contesto di altre piccole realtà museali.

## MATERIALI E METODI

Per la riproduzione della sala di Paleontologia dei Vertebrati tramite fotografie sferiche è stata usata una Ricoh Theta SC montata su cavalletto, un modello di fotocamera economico equipaggiato con doppia lente fisheye. Per costruire un virtual tour in cui il visitatore possa muoversi liberamente così come farebbe in un museo fisico, le fotografie selezionate sono state editate con il software Adobe® Photoshop® per la rimozione del cavalletto e assemblate in un percorso web tramite il software online gratuito Lapentor™. Il tour così costruito, una volta caricato sul sito web del Museo, risulta esperibile tramite una pluralità di dispositivi, fissi e mobili, ed è compatibile anche con visore VR, per chi volesse un'esperienza ancora più immersiva. Per assicurare l'opportunità di vedere più nel dettaglio le collezioni e compensare quindi la bassa risoluzione dovuta alle foto sferiche, sono state aggiunte 17 fotografie ad alta risoluzione scattate con una fotocamera reflex digitale, disseminate lungo gli hotspot del percorso, usati anche per offrire didascalie e link a contenuti di approfondimento.

Come focus esclusivo della mostra online è stato selezionato un esemplare subfossile della famiglia dei Delfinidi, acquisito dal Museo negli anni '60 in seguito a una scoperta locale: fu infatti portato alla luce durante i lavori di escavazione di un canale presso Gherardi (una frazione di Jolanda di Savoia, in provincia di Ferrara), e attirò

subito l'attenzione del pubblico. Non essendo mai stato esposto in precedenza, l'esemplare ha in sé il potenziale per rafforzare i legami con la comunità locale e inoltre si presta a essere un'interessante addizione alle collezioni già in vetrina, per gli spunti che offre sull'evoluzione dei mammiferi marini. In preparazione alla mostra, i resti dell'esemplare sono stati sottoposti a un'analisi comparativa preliminare, eseguita con il supporto di collezioni osteologiche di riferimento e di atlanti osteologici e di anatomia dei mammiferi marini (Cozzi et al., 2016; Huggenberger et al., 2018). In breve, l'analisi ha confermato la determinazione tassonomica di *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821), benché alcuni resti siano stati ascritti a una diversa determinazione anatomica rispetto a quanto riportato in via preliminare. Nonostante l'incompletezza dello scheletro è stato possibile effettuare una stima approssimativa dell'età di morte, portata avanti tramite metodi non distruttivi. La stima si è basata sul precedente lavoro di Klima (1978) in merito al grado di fusione delle ossa sternali, mentre per l'analisi del grado di fusione epifisale della colonna vertebrale è stata seguita la metodologia riportata in Costa e Simões-Lopes (2012). I risultati hanno portato a classificare l'esemplare come un subadulto, ma non è stato possibile stimare un'età più precisa. Ricerche future potrebbero implementare i dati attraverso una datazione al carbonio 14, in grado di fornire una data cronologica più accurata, e un'analisi dei GLG (Growth Layer Groups) nei denti potrebbe aiutare a determinare una più accurata età di morte. Terminata la fase di ricerca si è passati alla digitalizzazione dell'esemplare, realizzata tramite fotogrammetria.

La fotogrammetria si è timidamente fatta strada nel campo dei beni culturali nel corso delle ultime due

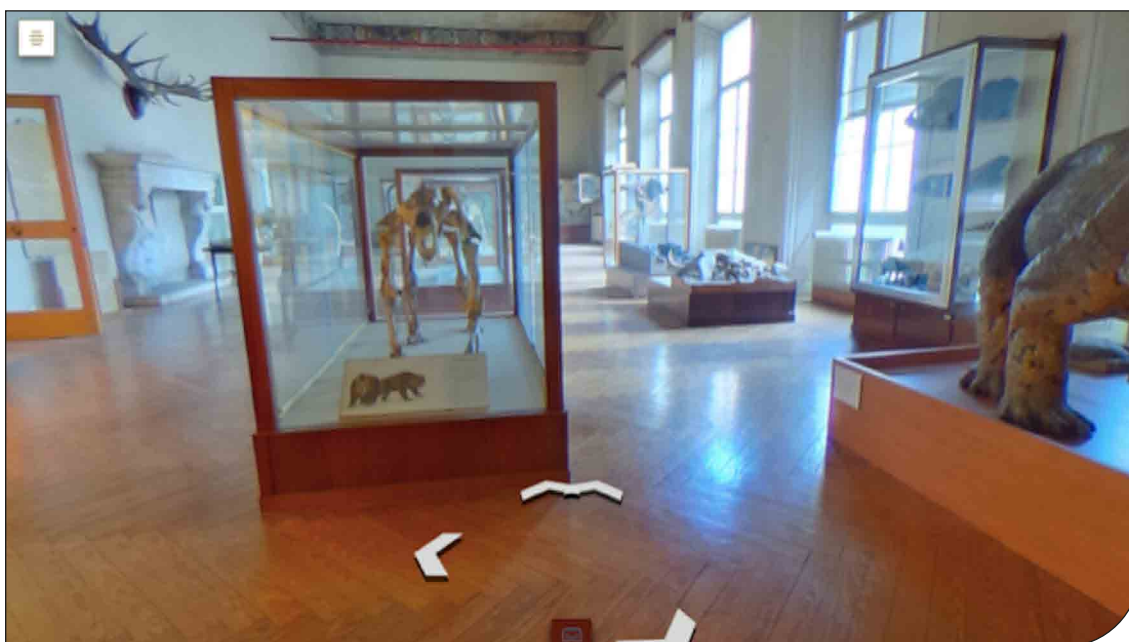


Fig. 1. Un fermoimmagine della ricostruzione virtuale del Museo universitario di Paleontologia e Preistoria Piero Leonardi.

decadi, rivelandosi un utile strumento anche in campo archeologico (Bitelli et al., 2007). Possiamo definirla come un metodo passivo per creare copie tridimensionali di un oggetto acquisendo in dettaglio le caratteristiche della sua forma, le dimensioni e i colori attraverso scatti fotografici. Si differenzia dai metodi attivi quali ad esempio i laser scanner o gli scanner a luce strutturata, che estrapolano invece le medesime informazioni tramite la proiezione di specifici pattern di luce sull'oggetto volti a fornire dati di confronto. Queste due tecnologie offrono risultati simili, tuttavia se la fotogrammetria implica solitamente un maggior consumo di tempo, si rivela essere anche più economica e, in alcuni casi, più accurata. A ogni modo ci sono degli altri parametri da tenere a mente quando si sceglie la tecnica più efficace, primo fra tutti il materiale di cui è costituito l'oggetto e le sue caratteristiche di superficie (Gonizzi Barsanti & Guidi, 2013). È da segnalare che appaiono già in letteratura casi in cui è stata sperimentata una combinazione dei due approcci (Bernardini et al., 2002; El-Hakim et al., 2002) che beneficia dei punti di forza di entrambe le tecnologie, ma che, al contempo, richiede un budget più elevato. La digitalizzazione via fotogrammetria ha implicato l'acquisizione di set di fotografie scattate all'oggetto da una pluralità di posizioni, con una sovrapposizione del 60-80% tra scatti adiacenti. Per digitalizzare l'esemplare del Museo Leonardi sono stati selezionati 21 resti ossei, rappresentativi di ogni distretto scheletrico disponibile e scelti sulla base del loro valore contenutistico nonché del loro stato di conservazione. Le foto sono state scattate con una fotocamera digitale reflex aps-c Canon EOS 600D montata su cavalletto

e, allo scopo di assicurare una luce ottimale e il minor rumore di fondo possibile, i resti ossei sono stati posti in una lightbox e illuminati tramite due softbox munite di diffusori. I set di foto sono poi stati mascherati, un passo necessario se si vuole ottenere un modello 3D completo della "base", ed elaborati con il software di fotogrammetria 3DF Zephyr® versione Lite. I modelli 3D risultanti (esportati come file .obj) sono stati successivamente messi in scala con l'aiuto di MeshLab™, un software gratuito open-source creato per editare mesh triangolari 3D.

Per costruire la mostra online in cui ospitare l'esemplare digitalizzato, è stata creata una serie di pagine web in cui i modelli 3D dei resti dell'esemplare sono inseriti nel quadro dei loro contenuti scientifici. La mostra è incorporata all'interno del virtual tour e vi si può accedere tramite un hotspot localizzato in prossimità dell'esemplare. Per la creazione delle pagine web, è stata necessaria una conoscenza base dell'HTML+CSS e del linguaggio di programmazione JavaScript, combinata con l'uso di un software gratuito open-source di grafica vettoriale, Inkscape™, per gli elementi grafici. I modelli 3D sono stati caricati sul sito e incorporati direttamente nelle pagine tramite l'elemento HTML "model-viewer", evitando così di dover ricorrere a piattaforme esterne per il caricamento e la visualizzazione. Infine, si è optato per aggiungere una serie di quiz e un gioco a scopo educativo con cui l'utente può interagire durante la mostra. Infatti, come accade con lo storytelling, la cornice del gioco sembra essere in grado di coinvolgere contemporaneamente diverse aree del cervello, ed è oggi un principio scientificamente acquisito che vi è un chiaro beneficio nel porre l'atto di

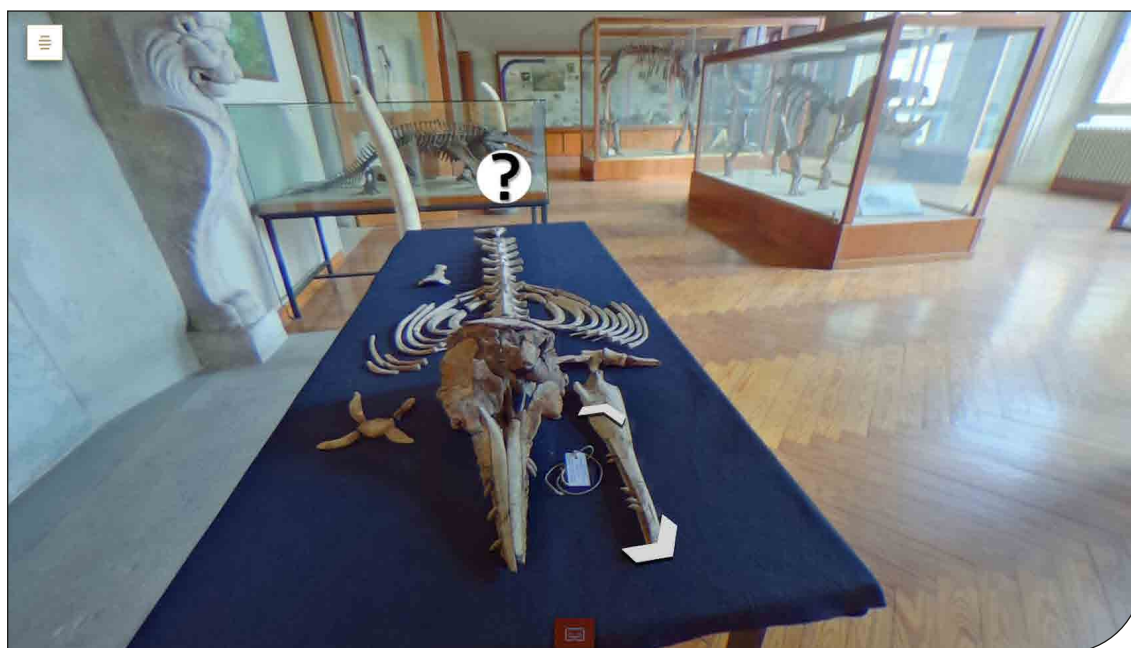


Fig. 2. Il punto di partenza dell'esposizione dedicata all'esemplare di tursiops all'interno del tour virtuale del Museo Piero Leonardi.

imparare in un contesto coinvolgente (Nesti, 2017). Il gioco consiste nell'identificare e riordinare gli elementi dello scheletro di un delfino, allo scopo di aiutare l'utente a comprendere l'anatomia dei mammiferi marini familiarizzando anche con i termini scientifici.

## RISULTATI

### Il virtual tour

Con più di 50 hotspot, 17 immagini ad alta risoluzione e 6 link di approfondimento, il virtual tour offre al visitatore l'opportunità di esperire liberamente la sala di Paleontologia dei Vertebrati del Museo, conseguendo con successo l'obiettivo di ricreare l'ambiente in modo realistico (Fig. 1).

La modalità di esposizione dell'esemplare di tursiope all'interno del tour virtuale (volta a implicare un "lavoro in corso" da parte del paleontologo) è illustrata in figura 2, e l'hotspot posto a fianco funziona da punto di partenza per la mostra online. Si inizia con un breve aneddoto sulla scoperta dello scheletro, che offre al visitatore un quadro storico e funziona anche come un "incipit" che cattura l'attenzione, secondo le tecniche di storytelling: il visitatore è dunque invitato a guardare il "diario del paleontologo" che sta attualmente svolgendo ricerche sull'esemplare, e qui avrà accesso ai modelli 3D corredati di contenuti scientifici. Le tecniche di storytelling sono sempre più usate per comunicare con efficienza nel mondo dell'Infowhelm (un termine coniato per riferirsi al sovraccarico di informazioni nell'era del digitale), dovuto al fatto che le storie innescano emozioni ed empatia, e coinvolgono il cervello su più livelli (Rutledge, 2011; Zak, 2014; Dal Maso, 2018).

### La mostra online sul tursiope

Partendo dal "diario del paleontologo", che funziona da homepage, il contenuto della mostra è suddiviso in quattro sezioni che approfondiscono l'evoluzione dei cetacei, la differenza tra misticeti e odontoceti, le evidenze dell'adattamento all'ambiente presenti a livello scheletrico e alcune informazioni sul metodo di lavoro dei paleontologi, a cui si aggiunge un'ulteriore pagina web che ha lo scopo di offrire un sommario di tutti i modelli 3D disponibili e illustrare la loro collocazione nello scheletro. Le 15 pagine web create funzionano quindi come dei pannelli espositivi, e sono state disegnate usando grafiche colorate, reminiscenze dei videogame, per rendere le spiegazioni ivi riportate più attraenti all'occhio (Fig. 3). È stato evidenziato che gli utenti web tendono a saltare da un contenuto all'altro nel giro di pochi minuti, quando non di secondi (Judd & Kennedy, 2011; Yeykelis et al., 2014), perciò la strategia principale è stata di veicolare le informazioni attraverso brevi testi, incoraggiando il visitatore a interagire costantemente con lo schermo per girare ed esaminare i modelli 3D, rispondere ai quiz e cliccare su contenuti nascosti. La mostra è stata inoltre pensata non come un percorso obbligato, ma offrendo la possibilità di esperire i contenuti anche in modo non lineare, scegliendo liberamente tra le varie sezioni, con l'obiettivo di offrire una pluralità di approcci, che meglio si adatta alle preferenze delle diverse generazioni in materia di apprendimento (Prensky, 2001).

### I modelli 3D

I modelli 3D dei resti ossei sono stati ottenuti tramite la metodologia soprariportata, e sono stati poi incor-

**MISTICETO O ODONTOCETO? DIMMI COME MANGI E TI DIRÒ CHI SEI**

**Qual è la differenza fondamentale tra balene e delfini? Il modo di alimentarsi!! I primi neoceti hanno infatti sviluppato due strategie diverse, entrambe vincenti, che sono divenute identificanti e hanno permesso ai loro discendenti di dominare i mari.**

I cetacei arcaici sono chiamati **archeoceti**. I **neoceti** sono invece tutti i cetacei moderni: balene, balenottere e megattere (i misticeti) e delfini, orche e capodogli (gli odontoceti). Misticeti e odontoceti sembrano aver preso vie evolutive diverse intorno a 35-34 milioni di anni fa, al termine dell'Eocene. L'84% dei cetacei oggi viventi sono odontoceti.

**COME MANGIANO I MISTICETI?**

Le balene non hanno denti, ma hanno sviluppato un sistema originale per filtrare grandi quantità d'acqua trattengono numerose prede con un singolo gesto. Questa innovazione evolutiva sono i **fanoni**, delle lamine di cheratina che si inseriscono nella mascella.

**E GLI ODONTOCETI?**

Gli odontoceti sono "cetacei dentati". Si nutrono cacciando singole prede e la dieta varia a seconda delle specie: può includere pesci, molluschi e a volte anche altri mammiferi marini!

**A CHE GRUPPO APPARTIENE IL NOSTRO TURSIOPE?**

**Lo sapevi che...?**

I primi cetacei, gli **archeoceti**, avevano ancora denti di varie forme simili a quelli dei mammiferi terrestri. Il percorso evolutivo dei denti dei mammiferi marini è registrato nei **fossili!**

Mandibola sinistra del tursiope di Gherardi in 3D!

CRANIO

SCHERMO INTERO

CRANIO

SCHERMO INTERO

PROSEGUI AL QUIZ

Fig. 3. Uno dei pannelli web dedicati alla divisione tra misticeti e odontoceti e alle differenze nella dieta e nell'apparato boccale dei due sottordini.



Fig. 4. Scatti fotografici in due dimensioni del risultato della ricostruzione 3D di alcuni resti ossei dell'esemplare di *T. truncatus*: (a) vertebra C1&2; (b) cranio, (c) emimandibola sinistra, (d) omero sinistro (non in scala).

porati nel percorso online come file .glb, un tipo di file 3D che offre versatilità, una buona performance e riduce la dimensione dei modelli per ottimizzarne l'uso su internet. Il metodo utilizzato è risultato in un'alta definizione e in un ottimo livello di accuratezza delle riproduzioni (Fig. 4) che ne permette l'utilizzo a scopi sia educativi che di ricerca, e prevedendo appunto la possibilità futura di includerli in un archivio online dedicato ai ricercatori i modelli sono stati tutti messi in scala. In alcuni casi la qualità è così alta da mostrare dettagli che non sono facilmente visibili a occhio nudo.

## CONCLUSIONI

La realizzazione di una riproduzione realistica di una delle sale del Museo Piero Leonardi si pone come una via alternativa per riportare il Museo alla sua comunità, che potrà così accedervi senza più limiti fisici e orari, e mostra al contempo le opportunità che le tecnologie digitali e virtuali offrono in campo museale e di divulgazione scientifica. Tra i vantaggi, vi è la possibilità di coinvolgere il pubblico del nuovo millennio in modi che non sono esperibili nel contesto di una visita tradizionale. I modelli 3D interattivi, per fare un esempio, permettono al visitatore web di "avvicinarsi" ed esaminare i reperti nel dettaglio a un livello che non sarebbe replicabile presso la mostra di un museo fisico. L'osservanza di parametri low-budget, un altro dei punti chiave del progetto, rende l'intero processo ripetibile in altri piccoli musei che vogliono provare a raggiungere il loro pubblico via internet. La creazione di simili ambienti virtuali come già detto permette ai curatori di sperimentare diverse soluzioni con ampio spazio di manovra: un'implementazione del percorso web del Museo Piero Leonardi potrebbe prevedere ad esempio la scelta di selezionare da una pagina principale tra diverse tipologie di tour a seconda della tematica d'interesse. Inoltre, qualora nascessero collaborazioni, questi musei virtuali potrebbero integrare la propria collezione con esemplari "prestati" da altri istituti. Infine, i modelli 3D: non solo si prestano bene al contesto didattico-divulgativo, ma possono rivelarsi anche un potente strumento di conservazione e ricerca. È indubbio che, a oggi, la fotogrammetria possa essere un lavoro lungo e tedioso e che non sempre riesca a dare risultati di alta

qualità, ciò nonostante quando la si usa con successo i file 3D ottenuti offrono un ulteriore vantaggio: sono compatibili con la stampa 3D, implicando un potenziale utilizzo anche nell'ambito di future esposizioni e attività didattiche tenute presso i musei fisici, un aspetto che è stato già esplorato da alcuni istituti culturali come, ad esempio, il MUSE di Trento (Farella et al., 2017). Attualmente, il progetto ivi esposto è presente sul sito web del Museo universitario Piero Leonardi ma può solo essere visionato all'interno del network dell'Università di Ferrara. Sono in corso i lavori per renderlo accessibile online alla comunità nel suo complesso.

## RINGRAZIAMENTI

Questa ricerca è stata finanziata dall'Università di Ferrara: FAR 2018 e SMA. Gli autori sono inoltre grati al dott. Alberto Benati per i suoi consigli tecnici.

## BIBLIOGRAFIA

- BERNARDINI F., RUSHMEIER H., MARTIN I.M., MITTLEMAN J., TAUBIN G., 2002. Building a digital model of Michelangelo's Florentine Pietà. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 22(1): 59-67 (doi: 10.1109/38.974519).
- BITELLI G., GIRELLI V. A., REMONDINO F., VITTUARI L., 2007. The potential of 3D techniques for Cultural Heritage object documentation. *Proceedings of SPIE*, vol. 6491. *Videometrics IX*, 64910S (doi: 10.1117/12.705012).
- COSTA A.P.B., SIMÕES-LOPES P.C., 2012. Physical maturity of the vertebral column of *Tursiops truncatus* (Cetacea) from Southern Brazil. *Neotropical Biology and Conservation*, 7(1): 2-7 (doi: 10.4013/nbc.2012.71.01).
- COZZI B., HUGGENBERGER S., OELSCHLÄGER H., 2016. *Anatomy of Dolphins: insights into Body Structure and Function*. Academic Press, Elsevier, 456 pp.
- DAL MASO C., 2018. *Introduzione. Storytelling: perché?* In: Dal Maso C. (a cura di), *Racconti da museo. Storytelling d'autore per il museo 4.0*. Edipuglia, pp. 11-24.
- EL-HAKIM S., BERARDIN J.A., PICARD M., 2002. *Detailed 3D reconstruction of monuments using multiple techniques*. *Proceedings of the International Workshop on Scanning for Cultural Heritage Recording - Complementing or Replacing Photogrammetry*, pp. 58-64.

- FARELLA E., LOPEZ G., FONTANA A., BERNARDI M., BARBIERI N., RODRIGUEZ-PIETO A., DEFLORIAN M.C., TOMBOLATO D., 2017. Fabbricazione digitale per la valorizzazione del patrimonio museale: tre casi studio al MUSE - Museo delle Scienze di Trento. *Museologia scientifica, n.s.*, 11: 108-113.
- FERNÁNDEZ-PALACIOS B.J., MORABITO D., REMONDINO F., 2017. Access to complex reality-based 3D models using virtual reality solutions. *Journal of Cultural Heritage*, 23: 40-48 (doi:10.1016/j.culher.2016.09.003).
- FIRTH J., TOROUS J., STUBBS B., FIRTH J.A., STEINER G.Z., SMITH L., ALVAREZ-JIMENEZ M., GLEESON J., VANCAMPFORT D., ARMITAGE C.J., SARRIS J., 2019. The "online brain": how the Internet may be changing our cognition. *World Psychiatry*, 18: 119-129 (doi:10.1002/wps.20617).
- GONIZZI BARSANTI S., GUIDI G., 2013. 3D digitization of museum content within the 3DIcons Project. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XXIV International CIPA Symposium, II-5/W1*: 151-156 (<https://doi.org/10.5194/isprsannals-II-5-W1-151-2013>).
- GRÜN A., REMONDINO F., ZHANG L., 2004. Photogrammetric reconstruction of the Great Buddha of Bamiyan, Afghanistan. *The Photogrammetric Record*, 19(107): 177-199 (doi:10.1111/j.0031-868X.2004.00278.x).
- HUGGENBERGER S., OELSCHLÄGER H., COZZI B., 2018. *Atlas of the Anatomy of Dolphins and Whales*. 1st edition, Academic Press, London, UK, 539 pp.
- JUDD T., KENNEDY G., 2011. Measurement and evidence of computer-based task switching and multitasking by 'Net Generation' students. *Computers & Education*, 56(3): 625-631 (doi:10.1016/j.compedu.2010.10.004).
- KLIMA M., 1978. Comparison of early development of sternum and clavicle in striped dolphin and in humpback whale. *The Scientific Reports of the Whales Research Institute*, 30: 253-269.
- KOTLER N., KOTLER P., 1998. *Museum Strategy and Marketing: Designing Missions, Building Audiences, Generating Revenue and Resources*. Jossey-Bass Inc. Pub., San Francisco, 395 pp.
- LOAIZA CARVAJAL D.A., MORITA M.M., BILMES G.M., 2020. Virtual museums. Captured reality and 3D modeling. *Journal of Cultural Heritage*, 45: 234-239 (doi:10.1016/j.culher.2020.04.013).
- MAH O.B.P., YAN Y., TAN J.S.Y., TAN Y.X., TAY G.Q.Y., CHIAM D.J., WANG Y.C., DEAN K., FENG C.C., 2018. Generating a virtual tour for the preservation of the (in) tangible cultural heritage of Tampines Chinese Temple in Singapore. *Journal of Cultural Heritage*, 39: 202-211 (doi:10.1016/j.culher.2019.04.004).
- NESTI R., 2017. *Game-based learning. Gioco e progettazione ludica in educazione*. Edizioni ETS, 118 pp.
- PRENSKY M., 2001. Digital Natives, digital immigrants Part 2: Do they really think differently? *On the Horizon*, 9(6): 1-6 (<https://doi.org/10.1108/10748120110424843>).
- RUTLEDGE P.B., 2011. *Transmedia Storytelling: Neuroscience Meets Ancient Practices*. Psychology Today (<https://www.psychologytoday.com/us/blog/positively-media/201104/transmedia-storytelling-neuroscience-meets-ancient-practices>).
- SCHWEIBENZ W., 1998. *The "Virtual Museum": New Perspectives For Museums to Present Objects and Information Using the Internet as a Knowledge Base and Communication System*. In: Zimmermann H., Schramm H. (eds.), Knowledge Management und Kommunikationssysteme, Workflow Management, Multimedia, Knowledge Transfer. Proceedings of the 6th ISI Conference, Prague, November 1998, pp. 185-200.
- SKOWRONSKY M., WIELAND J., BOROWSKI M., FINK D., GRÖSCHEL C., KLINKHAMMER D., REITERER H., 2018. *Blended Museum: the interactive exhibition "Rebuild Palmyra?"*. In: Abdennadher S., Alt F. (eds.), MUM 2018: Proceedings of the 17th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia, Cairo Egypt, November 2018. Association for Computing Machinery, New York, pp. 529-535 (doi:10.1145/3282894.3289746).
- SPARROW B., LIU J., WEGNER D.M., 2011. Google effects on memory: cognitive consequences of having information at our fingertips. *Science*, 333: 776-778 (doi:10.1126/science.1207745).
- VOSINAKIS S., TSAKONAS Y., 2016. Visitor experience in Google Art Project and in Second life-based virtual museums: a comparative study. *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 16(5): 19-27 (doi:10.5281/zenodo.204963).
- YEYKELIS L., CUMMINGS J.J., REEVES B., 2014. Multitasking on a single device: arousal and the frequency, anticipation, and prediction of switching between media content on a computer. *Journal of Communication*, 64: 167-192 (doi:10.1111/jcom.12070).
- ZAK P.J., 2014. *Why Your Brain Loves Good Storytelling*. Harvard Business Review (<https://hbr.org/2014/10/why-your-brain-loves-good-storytelling>).

#### Siti web (ultimo accesso 04.02.2021)

- 1) Europeana  
<https://www.europeana.eu/it>
- 2) 3D-ICONS: 3D Digitisation of Icons of European Architectural and Archaeological Heritage  
<http://3dicons-project.eu/>
- 3) Sketchfab for cultural heritage  
<https://sketchfab.com/museums>
- 4) University of Michigan Online Repository of Fossils  
<https://umorf.ummp.lsa.umich.edu/wp/>
- 5) National Museum of Natural History, Washington  
<https://naturalhistory.si.edu/about/virtual-tour>
- 6) Google Arts & Culture, Museum für Naturkunde Berlin. Brachiosaurus / Giraffatitan: Back to Life in Virtual Reality  
<https://artsandculture.google.com/exhibit/brachiosaurus-giraffatitan-back-to-life-in-virtual-reality/kAICNrvOfj0Rjw?hl=it>
- 7) Museo dell'Ara Pacis  
[http://www.arapacis.it/it/mostre\\_ed\\_eventi/eventi/L\\_ara\\_com\\_era](http://www.arapacis.it/it/mostre_ed_eventi/eventi/L_ara_com_era)
- 8) Museo di Paleontologia e Preistoria Piero Leonardi  
[http://www.unife.it/sma/it/museo-di-paleontologia-e-preistoria-p-leonardi?set\\_language=en](http://www.unife.it/sma/it/museo-di-paleontologia-e-preistoria-p-leonardi?set_language=en)