

## UN PROTOTIPO DI AUGMENTED REALITY PER LA VALORIZZAZIONE DELLA VILLA ROMANA DI TORRE DI PORDENONE (FRIULI VENEZIA GIULIA)

### 1. TOPOGRAFIA, ARCHEOLOGIA E VALORIZZAZIONE

Il sito archeologico noto come villa romana di Torre di Pordenone si colloca ai margini sud-orientali del conoide tardo-pleistocenico del torrente Cellina, lungo la linea delle risorgive, in un contesto geografico plasmato dall'incessante scorrere delle acque. L'attuale morfologia dei luoghi, connotata da un terrazzo fluviale (con scarpata di 300-400 m) e da un'antistante bassura, in destra e sinistra idrografica del fiume Noncello, deve, infatti, la sua origine alla presenza, circa 4000-3500 anni fa, di un paleo-Cellina, il cui alveo, una volta abbandonato intorno all'VIII-VII sec. a.C., venne rivitalizzato dalle acque di risorgiva del Noncello stesso (PARONUZZI, RIGONI, VENTURA 2006)<sup>1</sup>. È in questo contesto umido (FRASSINE 2013, 101), solcato da una via d'acqua connessa ai fiumi Meduna e Livenza, che i Romani decisero di stabilire, già probabilmente verso la fine del I sec. a.C., uno dei più ampi contesti insediativi del Friuli occidentale, che, pur con fasi alterne, ebbe vita fino al V sec. d.C. (Fig. 1). L'importanza dell'elemento acqueo, inserito in quel complesso sistema di navigazione fluviale proprio di tutto l'alto Adriatico (RIGONI 2010, 25), fu ancora una volta determinante, nel XIII secolo, per la nascita di un porto, che da un lato avrebbe favorito lo sviluppo dell'attuale Pordenone (*portus Naonis*), dall'altro avrebbe portato alla progressiva perdita di centralità di Torre, della sua pieve (SS. Ilario e Taziano) e del suo Castello, abbandonato alla morte del conte Giuseppe di Ragogna (1902-1970).

Solamente un massiccio intervento, promosso dal Comune di Pordenone, a partire dal 1995, restituì alla cittadinanza, nel 2001, l'intero complesso restaurato in tutte le sue parti (AMENDOLAGINE 2003), mentre il parco circostante venne sistemato tra il 2008 e il 2009, momento in cui furono avviate indagini archeologiche preventive, i cui risultati ebbero una ricaduta tangibile nella progettazione finale dell'area, portando a dislocare sentieri, aiuole ed essenze vegetali laddove il record archeologico era stato esaurito o non esisteva (Fig. 2). L'esito dell'intervento condotto sul terrazzo fluviale consentì di individuare, per un fronte di oltre 50 m, un edificio rettangolare (NO-SE), articolato in almeno 17 ambienti con portico di 3 m sul lato occidentale, da

<sup>1</sup> In epoca romana, tale corso d'acqua doveva correre ad oriente del complesso archeologico, che oggi infatti risulta tagliato dal Noncello (PARONUZZI, RIGONI, VENTURA 2006, 8).



Fig. 1 – Torre di Pordenone (PN): posizionamento delle evidenze archeologiche (sfondo da Bing).



Fig. 2 – Il parco e il Castello di Torre di Pordenone (foto M. Frassine).

ricondursi alla villa romana già individuata nella bassura antistante negli anni '50 del secolo scorso (cfr. *infra* § 2).

Data la condizione delle strutture, tutte pressoché in fondazione, la Soprintendenza per i Beni Archeologici del Friuli Venezia Giulia (Nucleo Operativo di Pordenone), in accordo con il Comune e il Museo Archeologico del Friuli Occidentale, ha deciso, nell'ottica di una valorizzazione e fruizione del patrimonio archeologico, di sfruttare le moderne tecnologie informatiche, per fornire all'eventuale visitatore uno strumento di realtà immersiva, capace di tradurre immediatamente la complessità del dato archeologico rinvenuto. Sulla base dei confronti esistenti si è pertanto realizzato un modello 3D dell'edificio, che, caricato su appositi dispositivi mobili (tablet), viene visualizzato attraverso occhiali monitor (*Head-Mounted Display* - HMD), quando la webcam integrata inquadra uno dei 5 target posizionati sul sito.

M.F.

## 2. LA VILLA ROMANA: GLI SCAVI ARCHEOLOGICI

Il progetto di Augmented Reality ha interessato la porzione di villa romana insistente nel parco del Castello di Torre di Pordenone, sede del Museo Archeologico del Friuli Occidentale. Il complesso archeologico di Torre di Pordenone si estende all'interno del territorio del *municipium* romano di *Iulia Concordia* (ora Concordia Sagittaria-Portogruaro, in provincia di Venezia) nell'area in altura del Castello e della Parrocchiale, sulla destra idrografica dell'attuale fiume Noncello, e nella sottostante bassura alla sinistra del corso d'acqua.

Il nucleo più conservato, seppure a livello dei primi corsi di fondazione, è rappresentato dalle strutture murarie della porzione in bassura riportata alla luce negli anni 1950-1952 a seguito di scavi condotti, pur senza criteri scientifici, dal proprietario del Castello e appassionato ricercatore conte Giuseppe di Ragogna, ultimo discendente del ramo primogenito della nobile famiglia che abitò il maniero fin dal 1391 (Fig. 3). L'area presenta un'estensione di poco meno di 1000 m<sup>2</sup>, comprendente, oltre a piccoli vani, un vasto ambiente caratterizzato da basi di pilastri di cospicue dimensioni; il complesso era caratterizzato da un notevole apparato di decorazione parietale, sebbene rinvenuto per lo più in giacitura secondaria, tra i più importanti della Cisalpina (CONTE, SALVADORI, TIRONE 1999). Altri resti (parte di un'edera e di alcune piccole nicchie) di più difficile lettura erano stati scoperti dallo stesso conte di Ragogna nel 1939-1940 e nel 1948, e indagati poi dalla Soprintendenza nel 1965, sull'alto morfologico e sulla scarpata alla destra del corso fluviale, oggi occupato dalla chiesa parrocchiale, l'antica Pieve dei SS. Ilario e Taziano (CONTE, SALVADORI, TIRONE 1999, 46-53). Alcuni sondaggi effettuati in anni



Fig. 3 – «Visione dello scavo archeologico di Torre, alla definitiva chiusura del Cantiere-Scuola, il 25 settembre 1952» (Archivio Ragogna in deposito presso l'Archivio di Stato di Pordenone).

recenti (2004-2006) hanno avvalorato l'ipotesi, avanzata dallo stesso conte di Ragogna (DI RAGOGNA 1963, 12) e da altri studiosi (PESAVENTO MATTIOLI, ROSADA 1978, 10; CONTE, SALVADORI, TIRONE 1999, 51), di un collegamento tra queste due aree in quanto il fiume Noncello, che ora separa i due ambiti monumentali, scorreva con un alveo posto leggermente più a oriente (PARONUZZI, RIGONI, VENTURA 2004, 2006).

Mancavano finora indizi per correlare queste strutture a taluni resti murari rinvenuti in passato nel parco circostante il Castello, su un secondo alto morfologico dirimpetto alla Pieve, sul medesimo lato destro del Noncello. Il terreno era stato in parte sondato fin dai primi anni '30 dal conte di Ragogna che aveva individuato nei terreni denominati "orto I" e "orto II" tre sepolture di inumati, frammenti di anfora, di ceramica grezza, di sigillata e di vetri, nonché lacerti di marmo verde. Nel 1939 fu scoperta anche una tomba in cassone di laterizi contenente ancora lo scheletro. Oltre alle sepolture, tutte chiaramente riferibili a fasi tardoromane o altomedievali, si rinvennero nel 1940, nell'area a cavallo fra i due orti, le fondamenta di una struttura muraria conservata per una lunghezza di circa 7 m, con i tratti di due bracci perpendicolari a racchiudere un ambiente di circa 2,65 m di lato. In considerazione del contesto funerario emerso in questo settore, tale muratura venne allora

interpretata come parte di un recinto sepolcrale (su questi dati cfr. VENTURA, RIGONI, MASIER 2008, 5-8).

Successive indagini, condotte per la prima volta con criteri scientifici, furono effettuate nel 1995 in questa stessa zona del parco del Castello da parte del Museo di Pordenone, pur senza giungere ad esaurire le ricerche: si confermava comunque la presenza delle strutture murarie, conservate a livello di fondazione e talora solo in negativo, consentendo di riconoscere dei vani quadrangolari che sembravano proseguire anche oltre la stradina che delimita il parco a N e sotto la casa del prospiciente civico 7, con una pavimentazione in laterizi (RIGONI, VENTURINI 1997). Oltre alle strutture si rinvennero anche due sepolture a inumazione, altomedievali, alloggiate sui muretti di alcuni ambienti, già ridotti in forte degrado. Nonostante la limitatezza delle indagini si poté asserire che le emergenze murarie – in continuità con quelle rinvenute dal conte – non dovevano essere messe in relazione con le sepolture tardo-romane e altomedievali (ora non chiaramente attribuibili a recinti funerari), ma si configuravano come resti di un edificio di epoca romana.

Fra il 2008 e il 2009 i lavori di restauro conservativo del parco del Castello intrapresi dal Comune di Pordenone sono stati l'occasione per avviare una campagna di indagini archeologiche preventive: si sono così ripresi gli scavi degli anni '30 e '90 del secolo scorso, allo scopo di delimitare l'estensione e meglio definire il significato delle strutture allora messe in luce (Fig. 4). La prima fase dei lavori (settembre-dicembre 2008) ha consentito di ampliare verso E e S l'area indagata nel 1995, fino a coprire una superficie di 425 m<sup>2</sup>, compresa fra Castello (ad E), Bastia (ad O) e giungendo a S fino al margine del declivio che scende verso il Noncello, dove sembrano esaurirsi le evidenze archeologiche. Questo settore di indagine è poi stato ulteriormente esteso nell'aprile-maggio 2009, quando si è ultimato lo scavo all'interno del parco, in continuità ad O con l'area messa in luce e rilevata nel 1995, e si è riaperta per tutta la sua larghezza la strada, per verificare la continuità delle strutture riconosciute più a S, interessando un'ulteriore superficie di 140 m<sup>2</sup> (VENTURA, RIGONI, MASIER 2008, 2009; VENTURA, RIGONI 2011; VENTURA 2012).

L'edificio riconosciuto nell'area del parco ha corpo principale di forma rettangolare allungata orientato NO-SE, articolato in almeno nove ambienti consecutivi (tratto centrale e meridionale) di forma quadrata o rettangolare (lati interni 2,30-2,50×3,00 m), con un decimo, all'estremità S, manomesso da scassi moderni. A seguito dell'ampliamento dello scavo a N, si è potuta verificare la prosecuzione – non in continuità – dell'edificio e dei vani di servizio connessi anche nel settore oggi percorso dalla via di accesso al Castello: sono infatti presenti due altri ambienti quadrangolari, di cui si sono seguiti a S i rispettivi spogli. Sul lato O del fabbricato correva un portico, con luce di 3 m circa, testimoniato dalle fondazioni (o relativi spogli) di otto pilastri di forma quadrangolare (lato da 35 a 75 cm), posti a intervalli regolari di



Fig. 4 – Planimetria della villa romana dopo gli scavi 2008-2009 (elaborazione grafica A.N. Rigoni, M. Frassine, D. Girelli).



Fig. 5 – Porzione delle strutture romane rinvenute durante lo scavo 2008 (Archivio SBA-FVG).

circa 2,50 m, in corrispondenza dei divisori interni dell'edificio. Partendo dal limite N sono al momento complessivamente ricostruibili almeno diciassette ambienti, per una lunghezza di oltre 50 m.

La tecnica costruttiva del complesso ora descritto è omogenea; lo spessore delle murature è ricostruibile in circa 60 cm (due piedi romani); anche le fondazioni dei pilastri presentano livelli di ciottoli allettati in malta. Trattandosi di strutture conservate a livello di fondazione, in nessun punto rimane traccia dei piani di calpestio né di pavimentazioni in fase con gli alzati (Fig. 5). I livelli d'uso coevi sono stati invece individuati, unicamente nel settore settentrionale, in tre ambienti addossati posteriormente ad E al corpo porticato, con probabile funzione di servizio: pur essendo in appoggio al perimetrale O dell'edificio principale, essi possono essere ricondotti alla stessa fase edilizia. Si sono distinti tre vani allineati da S verso N: uno (4,5×2 m, parziale) con pavimentazione in cubetti di cotto ricavati da tegole spezzate; un secondo (4,5×1 m) con funzione di corridoio con pavimento in limo; il terzo (4×3,2 m, parziale) con pavimentazione ad ipocausto, di cui si conservano il piano

basale in tegole private delle alette e traccia delle basi di 4 *pilae*. I primi due ambienti erano collegati, il terzo probabilmente rappresentava l'accesso per la camera di combustione della struttura di riscaldamento. La tecnica esecutiva e lo spessore delle murature (45 cm) risultano diverse rispetto all'edificio porticato: sono infatti impiegate tegole tagliate nel senso della lunghezza a costituire i due paramenti, con nucleo in malta di calce e ciottoli, mentre la fondazione si riduce a pochi centimetri.

In una fase successiva, nel primo ambiente viene posizionato un piccolo forno, con imboccatura dal secondo vano; al forno si collega un condotto in coppi spezzati legati da malta, lungo il perimetrale orientale del primo vano. Tale utilizzo precario dovette protrarsi fino ad epoca tardoantica, quando intervengono importanti cambiamenti: nel vano ad ipocausto vengono eliminate le *pilae*, ma rimane la pavimentazione su cui viene installato un focolare a terra; sono anche abbattuti il divisorio fra i vani ed i pilastri del portico, mentre in corrispondenza dell'area porticata si impianta una struttura pirotecnologica, soggetta a manutenzione e ripristino. Ad una seconda fase edilizia si possono attribuire una serie di strutture murarie addossate al corpo principale sul lato orientale, a formare due ulteriori vani isorientati con i precedenti. In tale settore sono stati riconosciuti alcuni livelli di frequentazione collegati a questo momento costruttivo con presenza di resti ceramici di ampio *excursus* cronologico (da fine I/inizi II ad almeno fine III/metà IV sec. d.C.). La planimetria e le dimensioni (il fronte ricostruito è di oltre 50 m) del contesto portano ad escludere un utilizzo residenziale e paiono rimandare piuttosto a strutture di tipo utilitario, quali magazzini (TIRELLI 2001, 310) o celle per l'alloggio degli schiavi (CARANDINI 1985, II, 153-166; 171-181).

In età tardoantica-altomedievale l'area ebbe una nuova destinazione, quella funeraria, testimoniata dalla presenza delle due deposizioni già indagate nel 1995, e di dodici nuove sepolture individuate nel 2008-2009. L'ampliamento delle indagini ha così consentito finalmente di meglio definire la cronologia assoluta e relativa della riconversione ad uso necropolare, distinta in almeno due fasi, a seguito del progressivo declassamento del complesso.

La complessità del sito con le sue stratificazioni nel tempo, l'ampiezza dell'areale che si articola in diversi settori anche a distinta destinazione d'uso, la precaria conservazione di alcune delle strutture in elevato (in particolare nell'area del parco del Castello), rendono particolarmente complicata la comunicazione, l'efficace divulgazione e la valorizzazione con i tradizionali metodi illustrativi. È sembrato infatti riduttivo, e dunque poco efficace per la comprensione del complesso, lasciare a vista i due vani meglio conservati che non avrebbero comunque potuto dare l'idea dello sviluppo delle celle servili o dei magazzini e della successiva sovrapposizione in epoca tardoantica dell'area cimiteriale. Dal punto di vista comunicativo anche il ricorso alla consueta pannellistica, ormai scontata e in certo modo negativamente impattante sul

parco, è stata ritenuta limitante e non sufficientemente esaustiva a illustrare le varie fasi di frequentazione del sito. Si è ritenuto opportuno optare quindi per una soluzione multimediale facendo ricorso all'Augmented Reality, al fine di attrarre un pubblico potenzialmente più vasto e di fornire maggiori possibilità in termini di comprensione ampliata del sito.

A.N.R.

### 3. AUGMENTED REALITY

#### 3.1 *Definizione e primi prototipi per la fruizione del patrimonio culturale*

Con il termine Realtà Aumentata o Augmented Reality (AR) si intende una modificazione della realtà nella percezione sensoriale umana, solitamente visiva e uditiva, in cui gli oggetti vengono arricchiti di informazioni aggiuntive, mediante una manipolazione informatizzata svolta da un computer o da un'apparecchiatura mobile (smartphone o tablet). Diversamente dalla Realtà Virtuale, che sostituisce al mondo reale un'ambientazione simulata e distaccata, la Realtà Aumentata è in connessione semantica diretta con l'ambiente circostante e, soprattutto, è basata su un'interazione uomo-macchina in tempo reale. Particolarmente utile a fini turistici e commerciali, gli applicativi di AR cominciano a essere sempre più numerosi grazie anche alla maggior diffusione dei telefoni cellulari di tipo smartphone. Le semplici app di informazioni turistiche (alberghi, negozi e ristoranti) che si sovrappongono, grazie al GPS integrato, al video prodotto dalla camera del dispositivo possono già considerarsi dei veri e propri esempi di AR. Inferiori di numero sono invece i casi di tipo immersivo, in cui l'utente abbia la percezione di vivere in prima persona l'esperienza dell'arricchimento del reale. Questa discrepanza si deve soprattutto alla complessità dell'hardware, che prevede l'utilizzo di un computer collegato ad una webcam e a occhiali video. Il crescente processo di miniaturizzazione elettronica e la notevole riduzione dei costi del materiale informatico hanno consentito negli ultimi anni di sperimentare e realizzare progetti di fruizione museale/archeologica tramite AR immersiva.

Di particolare interesse è il progetto ARCHEOGUIDE, acronimo di *Augmented Reality-based Cultural Heritage On-site GUIDE* (GLEUE, DAHNE 2001; VLAHAKIS *et al.* 2001)<sup>2</sup>, composto da una strumentazione multiutente basata su un'architettura client/server con connettività wireless e da un HDM connesso via cavo ad un computer laptop (Dell Inspiron8000), con antenna GPS, da riporsi in uno zaino. Nel progetto, l'antenna permetteva lo scambio dati tra la postazione mobile e il server fisso contenente il database relazionale (Oracle 8) con le informazioni multimediali necessarie, organizzate in maniera

<sup>2</sup> <http://archeoguide.intranet.gr/>.

tematica. Il prototipo realizzato nel 2001 e sperimentato nel sito archeologico di Olimpia consentiva al visitatore di percorrere un tour guidato, articolato in 7 punti prestabiliti, lungo il quale il server inviava alla postazione mobile audio e video mirati in base alla sua posizione, determinata in prima istanza dal GPS e poi raffinata grazie ad un algoritmo di calcolo, che permetteva di confrontare in tempo reale le immagini della webcam con le foto georiferite contenute nel database.

Un altro esempio di applicazione di Realtà Aumentata è il prototipo sviluppato dall'Agenzia Nazionale ENEA (FIASCONARO, MIGLIORI, GUIDUCCI 2012)<sup>3</sup>. Diversamente dal progetto ARCHEOGUIDE, che si basava su unità mobili trasportate dal visitatore, ARAS (*Augmented Representation of Archaeological Sites*) è costituito da postazioni fisse disposte sul sito archeologico, dove il visitatore può utilizzare speciali telescopi, composti da camera e monitor, in grado di posizionare la ricostruzione virtuale direttamente sulle strutture archeologiche. Ciò avviene attraverso la libreria open source ARToolKit, mentre con l'ausilio di giroscopi, che registrano lo spostamento partendo da una posizione iniziale, il device può essere mosso sul perno di appoggio, garantendo un'esperienza più immersiva.

### 3.2 Il prototipo per la villa romana di Torre: problemi e soluzioni adottate

Per quanto i sistemi di AR abbiano la capacità di adattarsi a diverse situazioni, il tipo di hardware, strettamente legato alle economie disponibili, e la peculiarità dei luoghi condizionano le fasi progettuali e operative di realtà immersiva. Nel caso specifico, il parco del Castello, interessato da diverse essenze vegetali, soggette a crescita naturale e a cicliche cure manutentive, si distingueva per l'assenza di punti a cui ricongiungere i livelli virtuali di realtà aumentata (strutture archeologiche) e per la mancanza di elementi immutabili (alberi e arbusti ad alto grado di irregolarità e mutevolezza), cui legare le specifiche funzioni, che guidano l'inserimento di tali livelli. Se dunque non era possibile utilizzare algoritmi di riconoscimento ottico, allo stesso modo non era possibile impostare il sistema attraverso geolocalizzazione GPS; la cattiva ricezione del segnale all'interno del sito, unita all'impossibilità di effettuare eventuali correzioni attraverso la connessione Internet-wifi (presente, ma schermata in gran parte dagli edifici circostanti) hanno di fatto condizionato la scelta di appositi target di riconoscimento. Non potendo procedere con l'infissione di nuovi sostegni, il compromesso, che non ha influito sulla corretta ubicazione del modello 3D rispetto al reale, è stato trovato posizionando e orientando i target su quanto già esistente (reti metalliche e fusti d'albero),

<sup>3</sup> <http://www.patrimonioculturale.enea.it/ambiti-di-ricerca/information-and-communications-technology/realta-aumentata-strumenti-innovativi-per-visitare-siti-archeologici-immersed-nel-passato>.



Fig. 6 – Utente con strumentazione per la visualizzazione del prototipo di AR (foto M. Frassine).

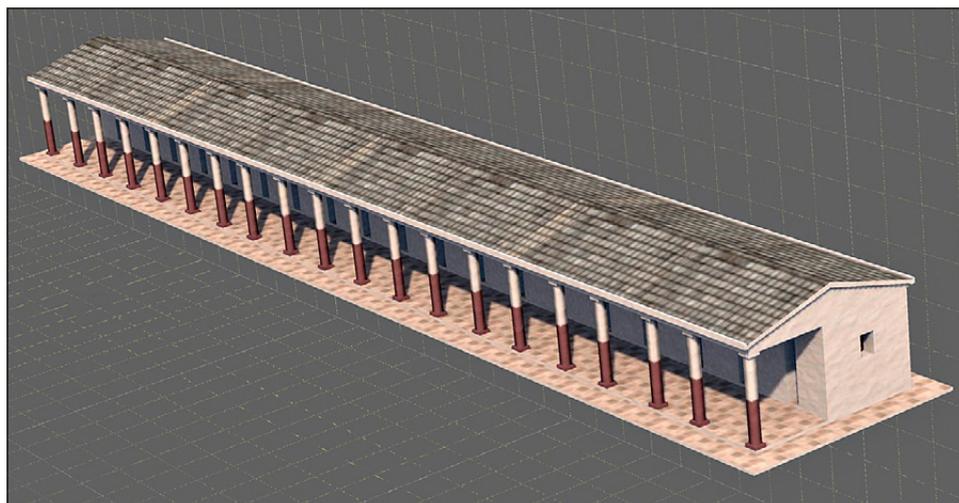


Fig. 7 – Ricostruzione virtuale della struttura porticata con texture ottimizzata per una visione in ambiente esterno (elaborazione C. Moraes).



Fig. 8 – Screenshot del video di input (in alto) e di output (in basso) (elaborazione A. Bezzi).

tenendo conto sia dei percorsi pedonali esistenti, sia del raggio limitato (una decina di metri) entro cui poteva operare un sistema a riconoscimento ottico (Fig. 6).

Per la strumentazione si è optato, a seguito di una ricerca di mercato, per una soluzione che garantisse un buon compromesso qualità-prezzo. Considerate le risorse economiche molto contenute, unitamente alla volontà di

utilizzare apparecchiature agilmente trasportabili, sono stati scelti un tablet Acer Iconia W3, una Logitech HD Pro Webcam C920 e degli occhiali Zeiss Cinemizer con doppio schermo oled in grado di riprodurre un ambiente virtuale anche in condizioni di luce naturale. Sul lato software, invece, ci si è avvalsi del programma di modellazione 3D Blender per le ricostruzioni virtuali dei resti archeologici, mentre, per la creazione dell'applicazione di AR, si è utilizzata la suite open source OpenSpace3D.

Al fine di ottenere una veloce interazione uomo-macchina, con una risposta in real-time tra il segnale video di input e quello output, si è cercato di mantenere il modello virtuale il più leggero possibile. Per fare ciò, partendo da uno studio dei dati archeologici relativi alla struttura indagata, si è ottenuta una ricostruzione composta da forme geometriche semplici, basate su pochi poligoni. La percezione realistica dell'edificio è stata comunque garantita da una texturizzazione leggera, ma arricchita da ombreggiature artificiali, il più possibile coerenti con la luce naturale del sito (Fig. 7). La geolocalizzazione della ricostruzione virtuale è stata invece ottenuta, come precedentemente accennato, mediante l'utilizzo di target in forex, resistenti anche in condizioni metereologiche sfavorevoli. In questo modo il dispositivo di AR è in grado, attraverso algoritmi di riconoscimento ottico, di ancorare il modello tridimensionale al target corrispondente e, sfruttando una combinazione di cinque diverse immagini bicromatiche (bianco/nero) a cui sono state associate differenti viste prospettiche dell'edificio virtuale, di garantire una certa continuità nel percorso di visita.

Il prototipo così configurato permette, dunque, al visitatore di osservare la realtà circostante attraverso la videocamera integrata, che raccoglie i dati video di input trasferendoli al tablet, dove vengono elaborati dall'applicazione AR. In questo modo il video in entrata viene arricchito in tempo reale con un livello informativo aggiuntivo, ovvero la ricostruzione tridimensionale della struttura porticata (Fig. 8). Il segnale viene, quindi, inviato dal tablet ai due monitor degli occhiali, attraverso i quali l'utente può vivere un'esperienza di arricchimento dell'ambiente circostante, che permette di comprendere meglio l'articolazione degli spazi antichi documentati dagli scavi archeologici.

A.B., L.B., M.F.

#### 4. RAPTOR: LA TERZA DIMENSIONE

Il progetto di AR ha altresì offerto l'opportunità di concretizzare l'idea, più volte discussa ma mai realizzata, di inserire, all'interno del geodatabase RAPTOR (FRASSINE, NAPONIELLO 2012, 2013; FRASSINE *et al.* c.s.), e segnatamente nella scheda sito, modelli tridimensionali, derivanti da ricostruzioni virtuali o da dati di scavo acquisiti, ad esempio, con le moderne tecniche di

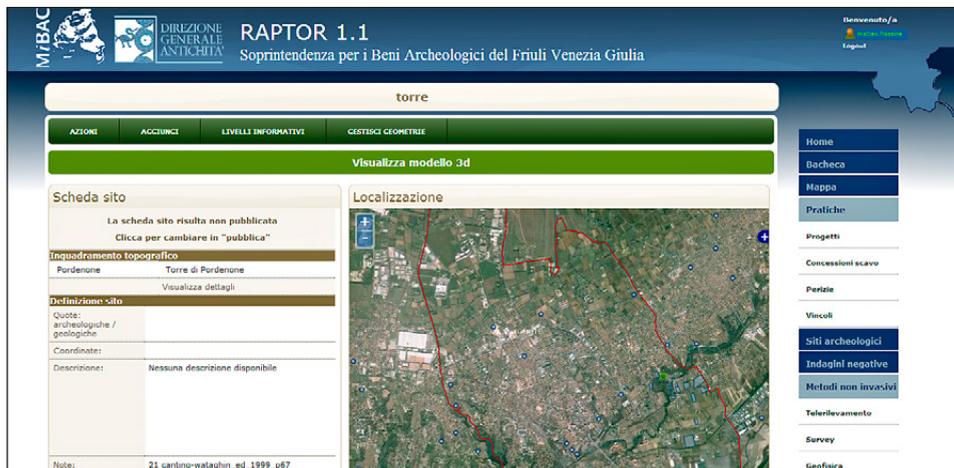


Fig. 9 – Scheda Sito di RAPTOR con la barra per la visualizzazione del modello 3D.

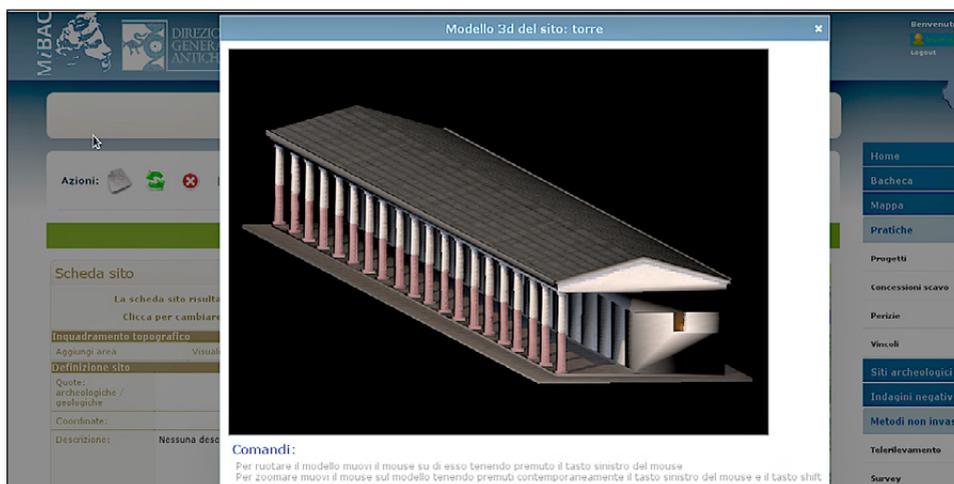


Fig. 10 – Il modello 3D caricato nel visualizzatore di RAPTOR.

Structure from Motion (SfM) e Image-Based Modeling (IBM), che consentono di ottenere nuvole di punti tridimensionali da semplici fotografie digitali (BEZZI, BEZZI, DUCKE 2010; MOULON, BEZZI 2012). Fin da subito si è pertanto posto il problema di quali tecnologie utilizzare per integrare un visualizzatore 3D nel sistema e di come far interagire l'utente con il modello visualizzato, mantenendo fede a quella semplicità d'utilizzo propria del software creato.

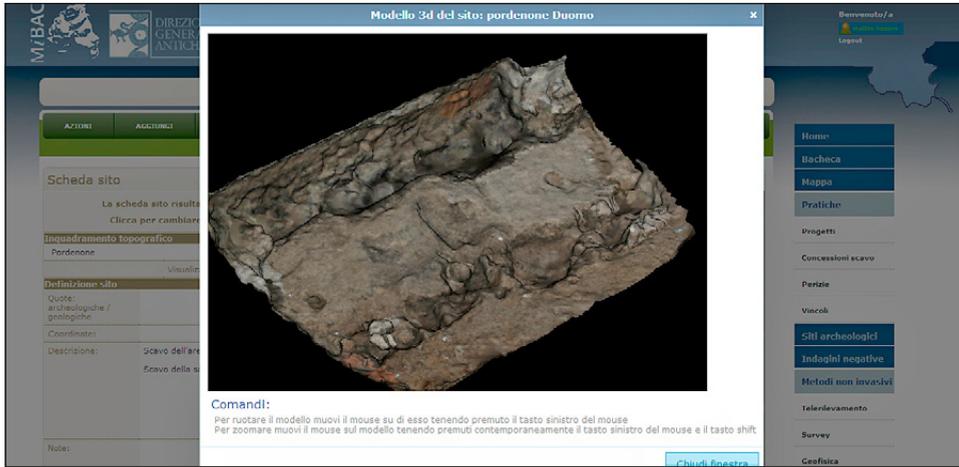


Fig. 11 – Rilievo 3D di unità stratigrafica ottenuto mediante Structure from Motion (SfM) e Image-Based Modeling (IBM).

Il punto di riferimento per il web3D è sicuramente WebGL<sup>4</sup>, una API Javascript che sfrutta le caratteristiche delle schede grafiche presenti sugli attuali PC, riuscendo a visualizzare modelli anche complessi nei più comuni browser, senza l'installazione di un software aggiuntivo. In realtà, WebGL, essendo ancora in fase di sviluppo, non garantisce l'interoperabilità con tutti i browser e con tutti i principali sistemi operativi e non è utilizzabile con hardware datati. Tuttavia, è possibile superare queste problematiche con l'utilizzo di altri tipi di librerie che "emulano" WebGL, grazie alla combinazione di Javascript e del tag "canvas" di HTML5<sup>5</sup>. Una di queste librerie, chiamata jsc3d<sup>6</sup>, permette di integrare, con poche righe di codice, modelli tridimensionali all'interno di pagine web in modalità semplice e intuitiva. Il codice, inoltre, risulta essere abbastanza versatile, in quanto dà la possibilità al programmatore di utilizzare jsc3d in combinazione con altre librerie come jQuery<sup>7</sup> o OpenLayers<sup>8</sup>, garantendo al contempo l'utilizzo di formati leggeri come obj<sup>9</sup>, uno standard per la creazione di modelli 3D.

<sup>4</sup> <http://www.khronos.org/webgl/>.

<sup>5</sup> <http://it.wikipedia.org/wiki/HTML5>.

<sup>6</sup> <https://code.google.com/p/jsc3d/>.

<sup>7</sup> <http://jquery.com/>.

<sup>8</sup> <http://openlayers.org/>.

<sup>9</sup> [http://en.wikipedia.org/wiki/Wavefront\\_.obj\\_file](http://en.wikipedia.org/wiki/Wavefront_.obj_file).

Tali punti di forza nascondono comunque dei limiti, poiché le azioni degli utenti sono attualmente ristrette a movimenti base (zoom in, zoom out, pan, rotazione), mentre non è ancora possibile effettuare misurazioni o interrogazioni sul modello. Considerati tuttavia gli strumenti già esistenti in RAPTOR, i vantaggi derivanti dall'effettiva interoperabilità cross-browser e l'assenza di limitazioni sul lato hardware, si è optato per tali librerie, in attesa che le tecnologie più evolute superino i propri limiti diventando realmente open.

Nel concreto, una volta creata la scheda sito nel sistema, si ottiene nella barra degli strumenti in alto, all'interno della sezione "Aggiungi", un'icona "3D" collegata ad un form, che consente il caricamento dei dati, attraverso uno script php, il quale compie tre diverse azioni: crea una cartella, se non già presente, con l'identificativo del sito; salva i file caricati all'interno della cartella creata e, infine, crea un record in una tabella specifica del database, che tiene traccia dell'identificativo del sito (chiave esterna), del percorso al file caricato, e di una breve descrizione non obbligatoria. Fatto ciò, il sistema genera in automatico nella scheda un pulsante per accedere al 3D (Figg. 9-10). Inoltre, grazie alla versatilità della libreria utilizzata è stato possibile integrare il visualizzatore di jsc3d all'interno dell'elemento "dialog" di jQuery.

Qualora fossero presenti più modelli per lo stesso sito, comparirà all'interno del visualizzatore un menù a tendina in basso a sinistra, dal quale sarà possibile selezionare il modello da visualizzare tra quelli presenti. Gli oggetti visualizzabili possono essere di qualsiasi tipo, dal rilievo tridimensionale degli elevati presenti alla ricostruzione della struttura originaria, dall'oggetto di particolare pregio o interesse rinvenuto all'interno del deposito archeologico indagato, al rilievo di una particolare US (Fig. 11).

M.F., G.N.

MATTEO FRASSINE

Soprintendenza per i Beni Archeologici  
del Friuli Venezia Giulia

ANNA NICOLETTA RIGONI

Museo Archeologico del Friuli Occidentale

ALESSANDRO BEZZI, LUCA BEZZI, GIUSEPPE NAPONIELLO  
Arc-Team s.a.s.

## BIBLIOGRAFIA

- AMENDOLAGINE F. (ed.) 2003, *Pordenone Torre e il suo castello. Storie e restauro*, Venezia, Marsilio.
- ARNOLD D., CHALMERS A., FELLNER D. (eds.) 2001, *VAST01 - Virtual Reality, Archaeology, and Cultural Heritage International Symposium (Athens 2001)*, New York, ACM.

- BEZZI A., BEZZI L., DUCKE B. 2010, *Computer Vision e Structure From Motion, nuove metodologie per la documentazione archeologica tridimensionale: un approccio aperto*, in G. DE FELICE, M.G. SIBILANO (eds.), *ARCHEOFOSS. Open Source, Free Software e Open Format nei processi di ricerca archeologica, Atti del V Workshop (Foggia 2010)*, Bari, Edipuglia, 103-111.
- CARANDINI A. (ed.) 1985, *Settefinestre. Una villa schiavistica nell'Etruria romana*, Modena, Franco Cosimo Panini Editore.
- CONTE A., SALVADORI M., TIRONE C. 1999, *La villa romana di Torre di Pordenone. Tracce della residenza di un ricco dominus nella Cisalpina Orientale*, Fiume Veneto (PN), Quasar.
- DI RAGOGNA G. 1963, *L'origine di Cordenons*, Pordenone, Fratelli Cosarini.
- FIASCONARO V., MIGLIORI S., GUIDUCCI S. 2012, *The ARAS project (Augmented Representation of Archaeological Sites)*, in A. CASTILLO (ed.), *Proceedings of the 1<sup>st</sup> International Conference on Best Practices in World Heritage: Archaeology (Menorca 2012)*, Madrid, Universidad Complutense de Madrid, 309-318.
- FRASSINE M. 2013, *Palus in agro. Aree umide, bonifiche e assetti centuriati in epoca romana*, «Agri Centuriati», Supplementa 1.
- FRASSINE M., NAPONIELLO G. 2012, *RAPTOR: archeologia e tutela. Verso la pubblica amministrazione digitale*, «Archeologia e Calcolatori», 23, 81-99.
- FRASSINE M., NAPONIELLO G. 2013, *RAPTOR 1.0. Archeologia e pubblica amministrazione: un nuovo geodatabase per la tutela*, in M. SERLORENZI (ed.), *ArcheoFOSS. Free, Libre and Open Source Software e Open Format nei processi di ricerca archeologica, Atti del VII Workshop (Roma 2012)*, «Archeologia e Calcolatori», Suppl. 4, 88-95.
- FRASSINE M., NAPONIELLO G., DE FRANCESCO S., ASTA A. c.s., *RAPTOR 1.1. Archeologia nella "pratica": dai progetti alla documentazione di scavo*, in SITAR, *Atti del III Convegno Internazionale (Roma 2013)*, «Archeologia e Calcolatori», Suppl. 7, in corso di stampa.
- GLEUE T., DAEHNE P. 2001, *Design and implementation of a mobile device for outdoor Augmented Reality in the ARCHEOGUIDE Project*, in ARNOLD, CHALMERS, FELLNER 2001, 161-168.
- MOULON P., BEZZI A. 2012, *Python photogrammetry toolbox: A free solution for three-dimensional documentation*, in F. CANTONE (ed.), *ARCHEOFOSS Open Source, Free Software e Open Format nei Processi di ricerca archeologica, Atti del VI Workshop (Napoli 2011)*, Napoli, Naus Editoria, 153-170.
- PARONUZZI P., RIGONI A.N., VENTURA P. 2004, *Pordenone, località Torre. 2002-2004*, «Aquileia Nostra», 75, 744-746.
- PARONUZZI P., RIGONI A.N., VENTURA P. 2006, *Torre di Pordenone. Studio geomorfologico*, «Notiziario della Soprintendenza per i Beni Archeologici del Friuli Venezia Giulia», 1, 6-9.
- PESAVENTO MATTIOLI S., ROSADA G. 1978, *Gli scavi di Torre di Pordenone*, «Aquileia Chiamata», 25, 9-12.
- RIGONI A.N. 2010, *Una città di fiume che nasce a Torre*, in P. GOI (ed.), *Pordenone. Una città*, Pordenone, Grafiche Editoriali Artistiche Pordenonesi.
- RIGONI A.N., VENTURINI I. 1997, *Torre di Pordenone: scavi 1994-1996*, «Aquileia Nostra», 68, 498-504.
- TIRELLI M. 2001, *Il porto di Altinum*, «Antichità Altoadriatiche», 46, 295-316.
- VENTURA P. 2012, *Materiale ceramico da recenti scavi presso la villa di Torre di Pordenone (Provincia di Pordenone, Friuli Venezia Giulia, Italia)*, «Rei Cretariae Romanae Faustorum Acta», 42, 249-258.
- VENTURA P., RIGONI A.N. 2011, *Abitare e lavorare in villa: Torre di Pordenone*, «Histria Antiqua», 20, 257-268.

- VENTURA P., RIGONI A.N., MASIER S. 2008, *Torre di Pordenone. Indagini presso il parco del Castello*, «Notiziario della Soprintendenza per i Beni Archeologici del Friuli Venezia Giulia», 3, 5-13.
- VENTURA P., RIGONI A.N., MASIER S. 2009, *Torre di Pordenone. Indagini presso il parco del Castello*, «Notiziario della Soprintendenza per i Beni Archeologici del Friuli Venezia Giulia», 4, 5-15.
- VLAHAKIS V., KARIGIANNIS J., TSOTROS M., GOUNARIS M., ALMEIDA L., STRICKER D., GLEUE T., CHRISTOU I., CARLUCCI R., IOANNIDIS N. 2001, *ARCHEOGUIDE: First results of an Augmented Reality, mobile computing system in Cultural Heritage sites*, in ARNOLD, CHALMERS, FELLNER 2001, 131-140.

#### ABSTRACT

In 2008 a new excavation project started in the archaeological site of the Castle of Torre di Pordenone (Friuli Venezia Giulia - Italy), thanks to the efforts of the Municipality of Pordenone. During the archaeological campaign, a new rectangular building was discovered, in connection with the Roman villa already investigated in the 1930s. This building is divided into at least nine consecutive areas and the W side has a porticus supported by 8 pillars. Given the nature of the architectural elements, which are preserved in almost all cases at the foundation level, the Soprintendenza per i Beni Archeologici del Friuli Venezia Giulia (Nucleo Operativo di Pordenone), in cooperation with the Municipality of Pordenone and the Museo Archeologico del Friuli Occidentale, decided to test modern information technologies, in order to create a virtual tour, based on an accurate 3D reconstruction of the Roman building. The final prototype, developed for the project, has an Augmented Reality level that can be visualized through video-glasses (Head Mounted Display), thanks to the interaction with a high definition webcam and a tablet equipped with open source software.