

## LA TORRE DEI VENTI DI ATENE. UN RILIEVO IN REMOTO PER LO STUDIO E LA DISSEMINAZIONE DI UN OROLOGIO ARCHEOLOGICO

*Ramona Quattrini, Daniela Amadei, Angelo Bernetti, Romina Nespeca\**

\*Dicea Dipartimento di Ingegneria Civile Edile e Architettura, UNIVPM– Ancona, Italia.

### Abstract

La Torre dei Venti di Atene è un manufatto di grande rilevanza storica e documentale, significativo anche per l'eccellente stato di conservazione. Mancandone una documentazione di rilievo con tecnologie attuali, è stata scelta come caso studio per verificare fattibilità e *performance* di un rilievo *image-based*, lontano dall'edificio e condotto con prese fotografiche non professionali. Gli utilizzi del modello *reality-based* sono la disseminazione fotorealistica, il confronto con basi di dati scientificamente affidabili e un corpus abilitante per la migliore soluzione di ricostruzione virtuale allo stato originario. In particolare il lavoro si inserisce in un quadro di studi, condotti dal nostro gruppo, nell'ambito della verifica delle rispondenze di alcuni significativi manufatti alle norme e prescrizioni vitruviane.

### Keywords

Rilievo speditivo, Image-based model, Structure for motion, Virtual archaeology, Vitruvio

### 1. Introduzione

La Torre dei Venti di Atene è un manufatto di grande rilevanza storica e documentale, tanto da essere considerato un *masterpiece* della produzione tardo Ellenistica.

Sito nell' Agora di Atene e costruito da Andronico di Cirro (prima metà del I secolo a. C.), il grande reperto archeologico è significativo sia per l'eccellente stato di conservazione delle pareti in elevazione che per dell'apparato decorativo.

Ad oggi la Torre, nonostante l'importante indagine storica e l'accurata campagna di rilievo del XVIII secolo operata da Stuart e Revett (1762), manca di documentazione di rilievo con tecnologie attuali. In altre parole non esistono elaborati validi e utilizzabili per uno studio scientificamente basato sulla realtà oggettuale della fabbrica. Il modello della Torre, inserito nel progetto 'Ancient Agora of Athens'<sup>1</sup> risulta poco significativo per la divulgazione dei suoi valori, in quanto il progetto si occupava di ricostruire virtualmente lo stato originario dei reperti archeologici per offrirli al pubblico in ambienti immersivi interattivi (Gaitatzes, 2001).

---

<sup>1</sup> Virtual Reality Digital Collection 'Ancient Agora of Athens' è un progetto del FHW (Foundation of Hellenic World), General supervisor of project design and implementation Dimitris Efraimoglou, Scientific supervisor Dr. Thanos Sideris – Archaeologist. L'approfondimento riguardava principalmente una scala urbana e si preoccupava di ricostruire gli edifici non più esistenti

Alla luce della diffusione sempre crescente di tecniche di rilievo speditivo, appare oggi possibile ricostruire in remoto modelli basati sul reale per la disseminazione dell'architettura. Scopo del lavoro è stato quello di verificare la reale fattibilità di un rilievo *image-based*, lontano dall'edificio e condotto senza fase di campagna, con sw commerciali e prese fotografiche non professionali. Altro obiettivo era quello di verificare possibili utilizzi del modello ottenuto, soprattutto nel confronto con basi di dati scientificamente affidabili.

Il manufatto della Torre dei Venti di Atene è stato scelto a questo fine come caso studio per la sperimentazione.

Il *paper* presenta, dopo uno stato dell'arte sulle procedure più interessanti ad oggi di modellazione di manufatti archeologici e gestione dei dati 3D, note storiche e un'analisi geometrica sul manufatto caso di studio oltre alla sua trattazione da parte di Vitruvio (par.2). Nel paragrafo 3 spiega strumenti, procedure e basi di dati utilizzati per la realizzazione dei modelli, mentre al paragrafo 4 è affidata la verifica dei risultati (metrici e di qualità), le conclusioni e gli sviluppi futuri del lavoro.

### *1.1 Modelli reality-based per la comunicazione: note da uno stato dell'arte*

Assunto metodologico nel campo della *Virtual Reality* (VR) è la Carta di Londra (CL) concepita, nel 2006, come mezzo per assicurare il rigore metodologico della *Computer-based Visualization* del Cultural Heritage come strumento di ricerca e comunicazione. In particolare, nel campo della *Cyberarchaeology* (Forte, 2010), è stata redatta nel 2008 la Carta dei Principi di Siviglia (CPS) in cui si enunciano i principi applicativi della precedente linea guida, definendo una terminologia e degli obiettivi comuni alla disciplina.

La diffusione della modellazione 3D ha visto contemporaneamente l'evolversi sia di *reality-based modeling* che di *theoretical modeling* (De Luca L., 2011) nell'atto di operare una ricostruzione virtuale, così come definita nella CPS, cioè il ripristino visivo, in un dato momento, di un edificio o di un oggetto così com'era in passato, a partire dallo stato di fatto passando per la convalida scientifica da parte di storici e archeologi.

In ambito archeologico sono spesso utilizzate entrambe le tecniche, e la comunità scientifica sta lavorando alla definizione di una classificazione secondo parametri di "incertezza" o di "corrispondenza" in cui collocare il modello o le sue parti (Apollonio F.I., et al., 2013a).

La diffusione di tecniche per la realizzazione di modelli basati sul reale, speditivi e fotorealistici, a vari livelli di dettaglio e accuratezza, costituisce oggi un grande spunto di riflessione per l'usabilità e la reale possibilità di condividere dati digitali. Come dimostrano

anche i progetti ammessi a finanziamento negli anni recenti, per affrontare le sfide sociali poste in ambito sovranazionale i dati digitali devono diventare vere e proprie risorse condivise che possano sviluppare le identità culturali e democratizzare della cultura. Molto è stato fatto nella gestione dei dati ad una e a due dimensioni ed è già patrimonio condiviso grazie a tutti i progetti convergenti in Europeana.

Le tematiche più complesse di gestione di dati 3D e 4D sono ancora aperte<sup>2</sup>, ma sono stati sviluppati notevoli strumenti e le procedure operative per agevolare le istituzioni culturali nella creazione di collezioni integrate digitali in 3D e nel fare un abile utilizzo di tali risorse nel loro lavoro quotidiano (Arnold D., 2013).

Molti progetti hanno ottenuti eccellenti risultati di rappresentazione e gestione attraverso modelli *reality-based*: il SIAV della SBANP di Pompei (Benedetti B., et al., 2010), Andrea Palladio 3D Geodatabase (Apollonio F.I., et al., 2013b), La Villa di Traiano nella Valle degli Imperatori (Borra D., 2012), Etruschi in Europa (Remondino F., et al., 2011).

In particolare i modelli stanno diventando via via più facili da ottenere, come dimostrerà in seguito il presente lavoro. Grazie ad approcci alla ricostruzione user-friendly, riscontrabili in molti software commerciali, è possibile ottenere dei risultati apprezzabili anche a partire da materiale acquisito da parte di utenti non esperti.

Data la vastità degli utenti finali, le loro esigenze, e non ultimo lo scopo per cui un modello tridimensionale viene realizzato, i processi e le tecniche sono altrettanto vasti e possono richiedere particolari competenze tecnico-scientifiche.

Nel caso della *image-based modeling* (IBM) architettonica, i livelli di competenza posseduti in ogni fase (dalla conoscenza del manufatto al rilievo e alla modellazione vera e propria) sono decisivi e in grado di portare a risultati del tutto differenti.

Tra le tecniche IBM verranno approfondite peculiarità e limiti riscontrati di *structure from motion* (SfM), con *Photoscan* di *Agisoft*, e fotomodellazione attraverso *Image Modeler* di *Autodesk*.

La SfM consente di orientare automaticamente un set, di immagini e di generare in forma automatica una nuvola di punti densa dell'oggetto documentato. Tale tecnica nasce dalla convergenza di discipline differenti, da una parte la Computer Vision che ha come obiettivo l'automatismo nella generazione di modelli 3D, dall'altra invece la fotogrammetria che si pone come finalità la documentazione misurabile dell'oggetto. (Remondino F., 2011)

---

<sup>2</sup> Si vedano i bandi ancora aperti del Programma H2020, WP 14-15 Societal challenges - Europe in a changing world – inclusive, innovative and Reflective Societies.

Con *image-based modeling* identifichiamo le tecniche più rigorose nella generazione di modelli 3D a partire da immagini bidimensionali: genericamente tra tali tecniche individuiamo quelle di carattere prettamente fotogrammetrico oppure tecniche svincolate dalla Computer Vision e quindi prive di automatismi. (De Luca L., 2011)

In relazione soprattutto alle grandi moli di nuvole di punti che sia il LS terrestri che i sw di SfM permettono di ottenere, molto si sta discutendo sulla interoperabilità dei formati e sulla possibilità di creare protocolli per garantire il non invecchiamento dei dati, la loro conservazione quale patrimonio intangibile esso stesso (Edelstein J., et al., 2013).

Se la realizzazione del rilievo e degli elaborati bi e tridimensionali sta diventando via via più automatica e quindi sempre meno controllabile dagli operatori, l'ambito intellettualmente e concettualmente più stimolante rimane ancora e sempre l'interpretazione del manufatto architettonico. Molto spesso confinati in case studies, esse costituiscono le più significative ed interessanti letture interdisciplinari attorno alla fabbrica architettonica. Inoltre è lo studio dei sistemi di rappresentazione architettonica ad offrire un privilegiato ambito di sperimentazione per la progettazione, l'indagine, l'analisi geometrica e documentazione dello stato di conservazione degli edifici. (Lo Buglio D., De Luca L., 2012)

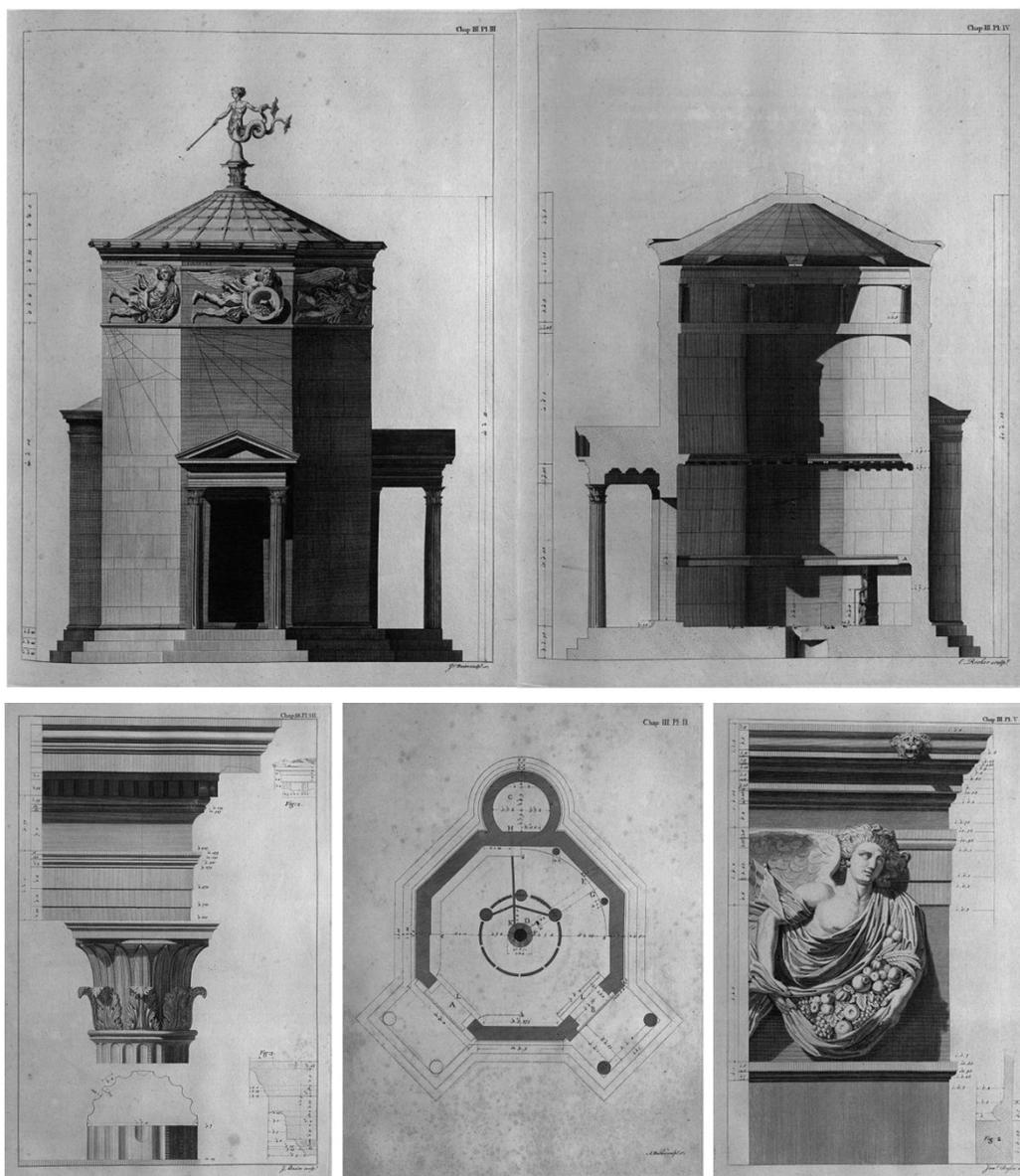
## 2. La Torre dei Venti di Atene

La Torre dei Venti di Atene, nota anche come "Orologio di Andronico", per il meccanismo in essa contenuto e interpretato dai più come un orologio ad acqua, viene considerato uno dei reperti ellenistici più rilevanti e meglio conservati. Situata nella parte orientale dell'agorà romana di Atene vicino alla zona del Mercato Romano, orientata in direzione Nord-Sud, secondo le più recenti ricerche archeologiche andrebbe datata intorno al 100 a.C. (Kienast H.J., 2013).

Kienast attesta che il lavoro più rigoroso sulla torre sia stato condotto alla fine del 1700 dagli architetti-archeologi Stuart e Revett (1762). Oltre a splendidi e ricchi disegni, gli studiosi inglesi ci tramandano le misure principali espresse secondo il Sistema imperiale britannico: in piedi e pollici (Fig.1).

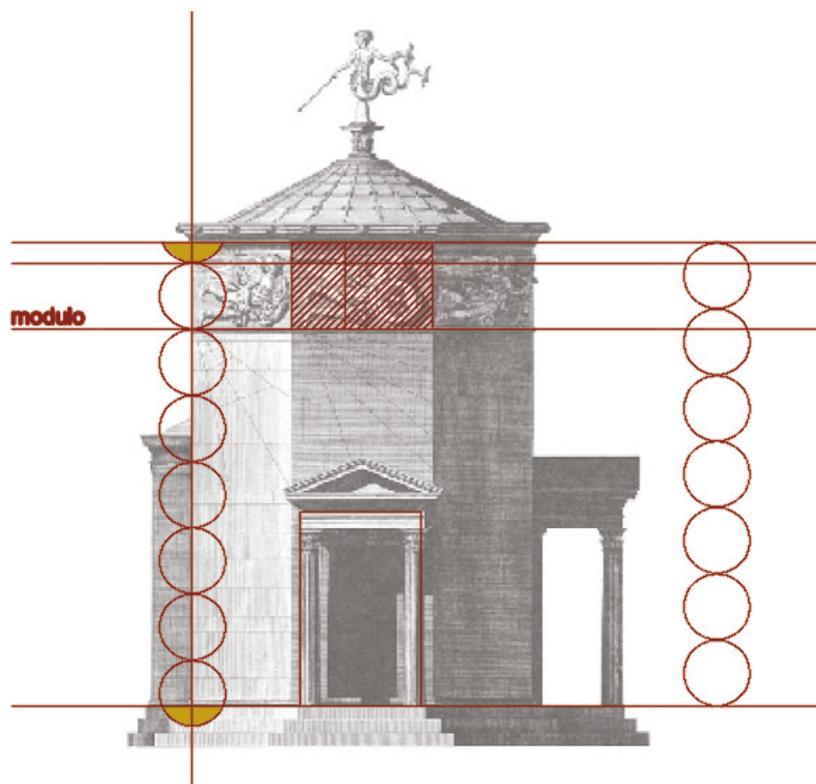
Operando le opportune conversioni è possibile dire che la torre è un ottagono inscritto in un cerchio di diametro 8,5 m con una altezza di circa 13,50 metri e un lato di 3,2512 m. Su due lati presenta due ingressi sormontati da eleganti edicole mentre su un terzo lato avanza

un'insolita struttura di forma circolare. Nonostante i vari cambi di destinazione che si sono susseguite nel tempo, il corpo principale della torre, completamente rivestita in marmo Pentelico, è tutt'ora ben conservato.



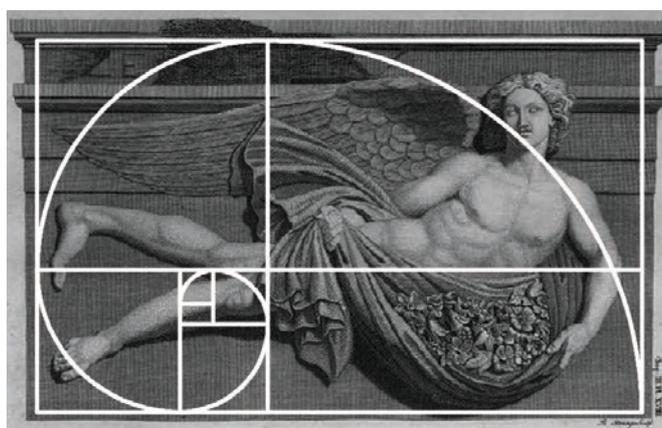
**Fig. 1:** Rilievi di Stuart e Revett 1762

Seppur l'architetto Vitruvio, come vedremo nel paragrafo successivo, descrive la Torre unicamente dal punto di vista planimetrico, è interessante studiare le geometrie che generano l'oggetto (Fig. 2).



**Fig. 2:** Modulo individuato nel fregio e ripetuto sette volte

In particolare, da un'attenta analisi è possibile riscontrare come il prospetto nasca dal susseguirsi di un modulo individuato nel fregio che raffigura gli otto venti. Solo in un'epoca successiva sono state inserite, sotto ciascun fregio, otto meridiane. Anche la composizione dei singoli fregi risulta di grande interesse perché molti allineamenti coincidono con la costruzione della spirale aurea (Fig. 3).



**Fig. 3:** Costruzione geometrica del fregio con spirale aurea

Poche note sull'interno che presenta un'interessante sistema a pavimento simile ad un Planetario se non ad una Sfera Armillare.

### 2.1 La torre dei Venti nel *De Architectura*

Nell'epoca in cui Varrone nella sua opera *De Re Rustica* (III,5,9-17) citava la torre dei venti di Atene come la "Torre dell'Orologio", Vitruvio nel IX libro del *De Architectura*<sup>3</sup> dedicato alla gnomonica, in un *excursus* in cui elenca tutti i tipi di orologi solari noti fino allora, non la cita minimamente seppur fosse a conoscenza dell'edificio e la avesse già riportata nel primo libro.

La torre dei venti, infatti, assume un ruolo fondamentale nello schema urbanistico proposto da Vitruvio. Nel primo libro, dopo la costruzione della cinta muraria, l'architetto si sofferma sull'orientamento delle strade principali collocate *in rapporto alle zone del cielo* (I,6,1). Lo studio dei venti, e di conseguenza la disposizione delle strade, diventa condizione necessaria per poter garantire salubrità agli abitanti della città (questione che riprenderà anche nel libro V in occasione della disposizione del teatro). Nell'individuazione dei venti sottolinea che quanti hanno svolto approfondite ricerche sono arrivati al riconoscimento di otto venti e, sulla base di questo dato, l'architetto Andronico di Cirro costruì come esempio una torre di marmo ottagonale (Fig. 4). L'immagine del monumento, così come descritto da Vitruvio, coincide ai dettagliati rilievi (Stuart J., Revett N., 1762) eseguiti alla fine del '700 "su ciascun lato dell'ottagono raffigurò le immagini scolpite dei singoli venti, ciascuno di fronte al punto da cui soffia. E in cima a questa torre, per finire, pose un cono di marmo, e al di sopra collocò un Tritone di bronzo che tendeva una bacchetta con la mano destra; e congegnò questo meccanismo in modo tale che si mettesse a girare spinto dal vento, fermandosi sempre dalla parte opposta alla direzione del soffio e puntando la bacchetta come un indice sopra la statua del vento che stava soffiando." (I,6,4)

Non ci dilungheremo troppo sul passo che segue questa descrizione, anche se è interessante come nel testo ci siano spesso dei cambi di registro che ci aiutano ad accedere per gradi alla conoscenza. Vitruvio esordisce dicendo che "Secondo l'opinione di alcuni i venti sono quattro", una premessa che viene subito smentita da ricerche più approfondite che "ci hanno insegnato che ne esistono otto" poi, proseguendo nella lettura sminuisce l'informazione precedente e si scusa con il lettore di esser stato frettoloso nell'essersi soffermato solo su otto venti quando in realtà, se si considera la dimensione della terra<sup>4</sup>, è facile ammettere che il vento si diversifichi variando il proprio soffio e nei paragrafi 10 ed 11 elenca con precisione ben 24 diversi tipi di vento (Fig. 5).

<sup>3</sup> L'edizione a cui si fa riferimento è Gros 1997

<sup>4</sup> Vitruvio fa riferimento ai calcoli di Eratostene di Cirene in Libro I, 6,9

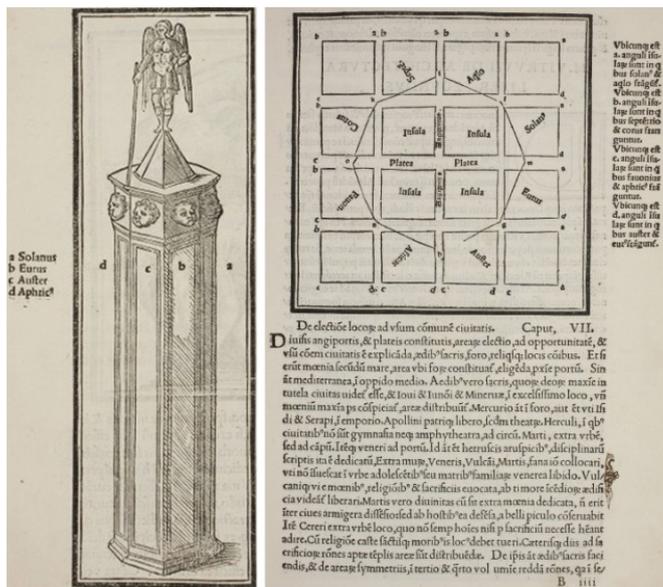


Fig. 4: La Torre dei Venti di Atene nelle xilografie di Fra Giocondo, 1511

Ma il motivo più interessante che ci ha condotto a citare Vitruvio nasce soprattutto dal fatto che alla Torre dei Venti Vitruvio dedica ben “*due grafici esplicativi o, come li chiamano i Greci, schēmata*”.

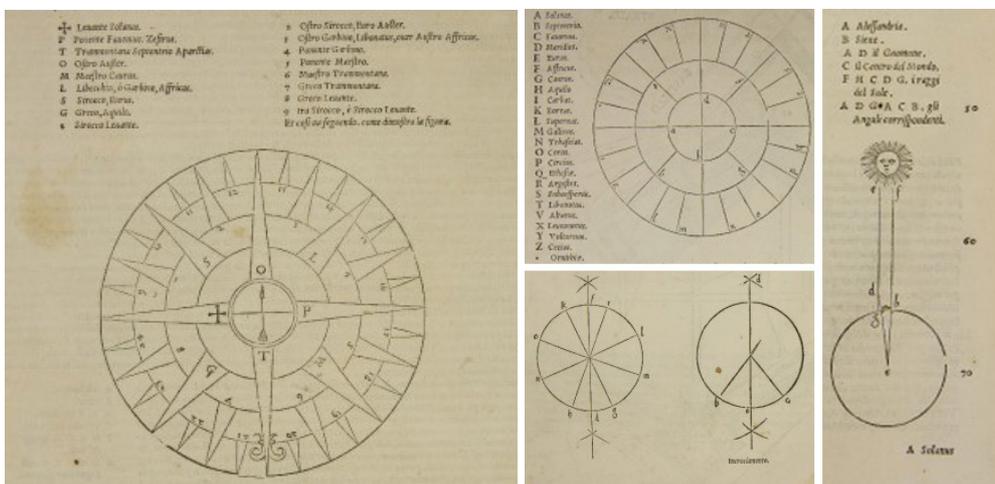


Fig. 5 La rosa dei venti nelle illustrazioni dell'edizione del De Architectura di Daniele Barbaro, 1556

In tutta l'opera del *De Architectura* sono solo dieci le immagini (Corso A., 2012), andate perse, di cui l'architetto fa menzione per aiutare il lettore ad una più facile comprensione degli argomenti trattati. I due disegni, posti in fondo al libro, raffigurano la rosa dei venti e il modo in cui debbono essere orientate le strade principali e secondarie. Il trattatista descrive

come tali disegni sono stati costruiti e come vanno letti. In particolare per la seconda immagine, quasi in maniera didascalica<sup>5</sup> (Tabella 1), vengono dati tutti gli elementi necessari per poter costruire la figura geometrica dell'ottagono ovvero la pianta della Torre dei Venti dai cui angoli si collocherà lo gnomone e si procederà ad orientare le direzioni delle strade.

**Tabella 1:** Orientamenti ottimali delle vie in relazione ai venti  
(Testo da Gros 1997, Immagine da Fleury, Vitruve de l'architecture, Livre I, tav.IV, 1990)

Piano con centro A	
ombra antimeridiana dello gnomone in B e C (due punti opposti che si ricavano quando l'ombra assume la stessa lunghezza in due momenti differenti del giorno)	
da A si segna una circonferenza che passi per B	
Da B e C due archi che si incrociano nel punto D	
retta che passa per il punto D ed A fino all'altro estremo del cerchio (E ed F)	
Prendere con il compasso la sedicesima parte dell'intera circonferenza	
punta del compasso sulla linea meridiana fino ad E e F, si segnano G, H, I e K	
Tracciare da G e K e da H e I due rette che passino per il centro	
Dividere la circonferenza in parti uguali L,M,N,O	
Tracciare l'intersezione delle rette M-O e L-N	
La circonferenza sarà divisa in 8 settori uguali	

### 3. Il modello 3D della Torre dei Venti

Per realizzare la ricostruzione 3D della Torre dei Venti, è stato acquisito un set di immagini in sito da utenti non particolarmente esperti. La campagna di rilievo è stata quindi condizionata da acquisizioni parziali, effettuate tutte alla stessa altezza, ovvero da terra, con

<sup>5</sup> De Architectura I,6,12-13

limiti che riguardano la copertura fotografica in elevazione e la necessaria sovrapposizione tra scatti successivi.

In tale esperienza si voleva indagare la possibilità di integrare materiale proveniente da fonti diverse al fine di ottenere un modello 3D della Torre dei Venti: sono state utilizzate immagini reperibili sul web, a completamento di quelle già acquisite, ma anche le informazioni metriche reperite da documenti di comprovata attendibilità.

Il processo è stato condotto all'interno dei software *Photoscan* e *Image Modeler*, che, a partire dagli stessi dati ma caratterizzati da differenti approcci alla ricostruzione, hanno prodotto risultati del tutto differenti.

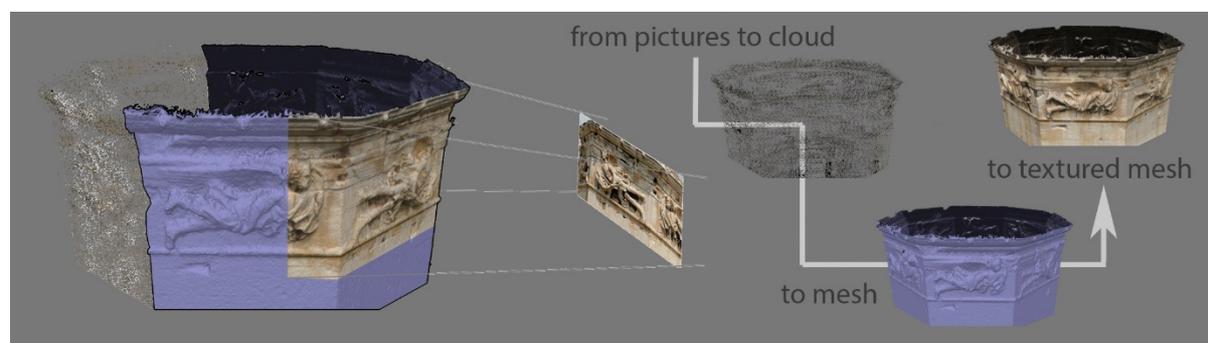
Alla luce del lavoro svolto e dei risultati ottenuti, l'utilizzo dei dati integrati in entrambi i processi di ricostruzione ha messo in evidenza peculiarità e limiti di entrambi gli approcci.

### 3.1 Il Modello SfM

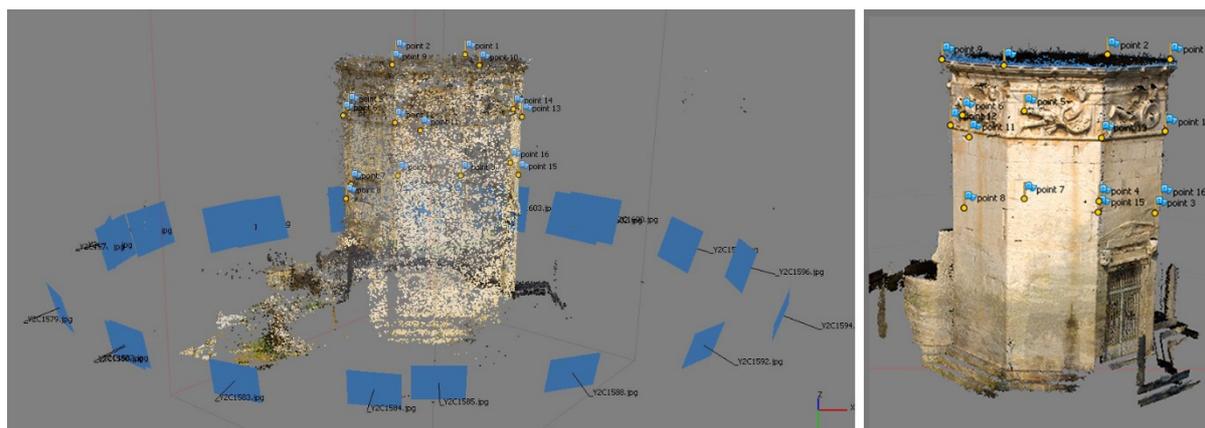
Per definire un modello tridimensionale all'interno di *Photoscan*, è stato necessario caricare tutte le 21 immagini acquisite in sito, al fine di garantire la massima sovrapposizione tra scatti successivi e fornire al software il più alto numero di informazioni per assicurare un corretto allineamento tra le fotografie (Fig. 6).

Una volta ottenuto un soddisfacente allineamento, è stato generato il modello definendo 5.500.000 come limite superiore di facce in modo da avere un modello che non sia eccessivamente gravoso ai fini computazionali e, nel contempo, possa risultare agibile nelle operazioni di navigazione interattiva.

Il modello così generato presenta delle evidenti carenze, dovute all'incompletezza delle informazioni fotografiche in alcune zone della Torre, tali da causare sia la mancanza totale di alcune parti dell'opera e sia la presenza di fori su gran parte della superficie (Fig. 7).



**Fig. 6:** Workflow della modellazione basata sull'algoritmo SfM (sw Photoscan)

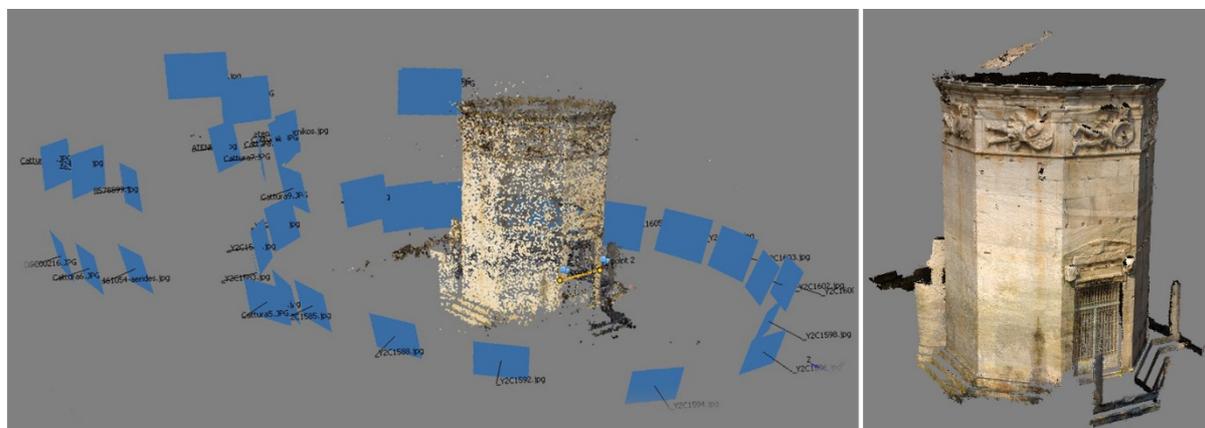


**Fig. 7:** Orientamento delle immagini e generazione della nuvola di punti sparsa con identificazione dei *tie points* inseriti manualmente e modello mesh texturizzato.

Per ovviare a tale situazione sono state inserite alcune immagini provenienti dal web, al fine di definire le parti mancanti, tuttavia, le caratteristiche delle immagini scaricate sono completamente differenti per dimensioni, caratteristiche, esposizione, incapaci di garantire una corretta sovrapposizione tra scatti successivi e quindi inadeguate per questa tipologia di software.

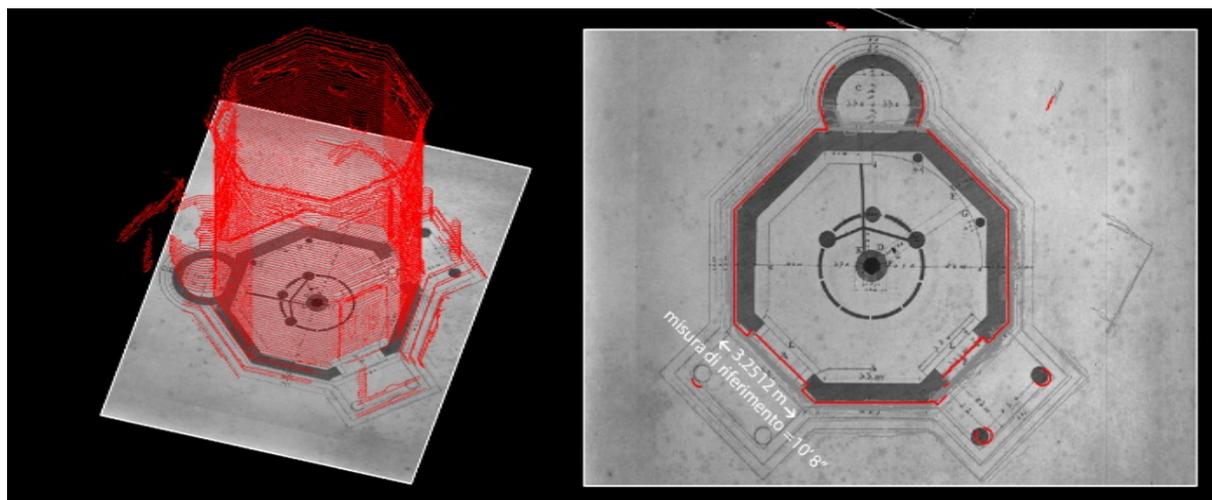
Infatti, nonostante le nuove immagini sono state allineate con le precedenti, una volta rigenerato il modello, questo mostra solo poche parti a completamento delle superfici generate precedentemente, e pochissime di queste localizzate sulla copertura.

Una volta ottenuto il modello, seppure parziale, questo è stato completato attraverso la generazione della texture, e solo alla fine si è ritenuto necessario occludere alcuni dei fori di minore entità laddove la geometria non presenta particolari complessità, così da garantire continuità alla superficie del modello (Fig. 8).



**Fig. 8:** Nuvola di punti sparsa ottenuta dopo l'aggiunta di immagini scaricate in rete e modello mesh texturizzato.

Il prodotto finale è rappresentato da un modello 3D caratterizzato da 5.582.825 facce e 2.852.240 vertici: grazie all'elevato dettaglio della sua rappresentazione, costituisce un valido riferimento dal quale possono essere estratte informazioni di tipo metrico. Infatti esso è stato scalato in base alle misure del rilievo di Stuart e Revett (Fig. 9), verificate ad oggi: la affidabilità del rilievo storico unita alla qualità fotografica e morfologica dell'output garantisce accuratezza e intellegibilità al rilievo.



**Fig. 9:** Estrazione dei profili bidimensionali dalla mesh e confronto planimetrico con il rilievo storico di Stuart e Revett.

### 3.2 Il Modello IBM

Dopo aver selezionato alcune delle immagini più consone per effettuare una ricostruzione tridimensionale, queste sono state caricate all'interno del software *Image Modeler* come singole immagini.

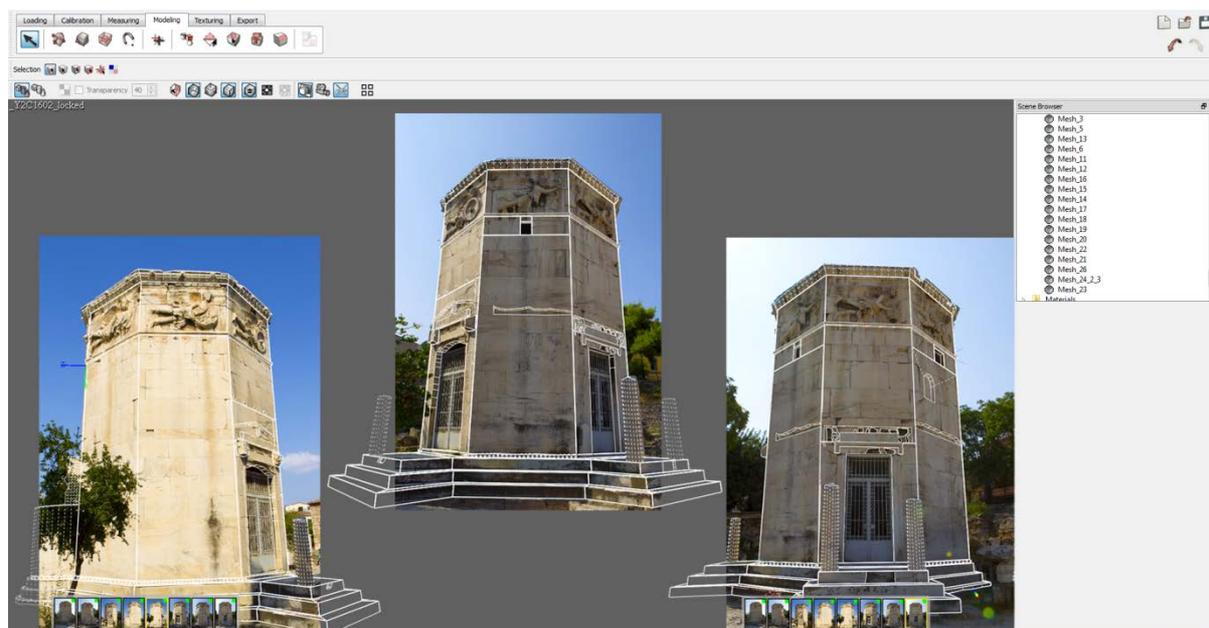
Al fine di effettuare la modellazione è stato necessario orientare le immagini all'interno del programma, individuando dei punti omologhi tra le diverse foto e definire un sistema di riferimento univoco.

Per modellare la Torre dei Venti sono state ritenute sufficienti 8 foto su cui lavorare e, al fine di ottenere una corretta calibrazione, sono stati individuati 68 punti omologhi.

Una volta calibrate le foto tra loro si è proceduto a rappresentare tutte le componenti che descrivono il manufatto trasformandole in mesh a partire dagli strumenti messi a disposizione dal software, in particolare, attraverso primitive e operatori di editing.

Questo metodo di modellazione da immagini, compiuto attraverso un approccio completamente manuale, prevede che all'operatore spetti un ruolo determinante non solo

nella restituzione, bensì anche nell'interpretare il manufatto: comprenderne le parti che lo costituiscono, capirne l'architettura e riproporne un modello attraverso una lettura critica dell'oggetto. Un approccio, questo, che permette il coinvolgimento dell'operatore in tutte le fasi della restituzione, e che quindi permette di salire ad un livello di conoscenza del manufatto che non sarebbe possibile con degli strumenti automatizzati (Fig. 10).



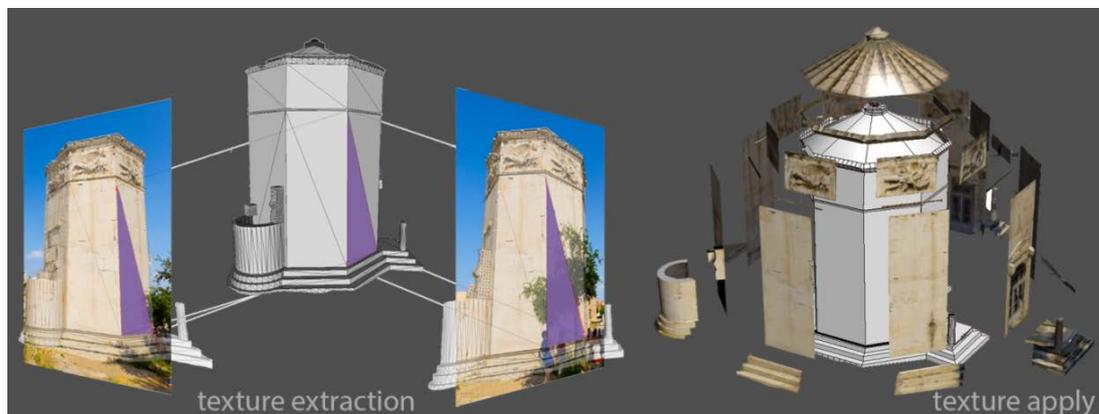
**Fig. 10:** Fase di fotomodellazione all'interno del sw *Image Modeler*.

Anche in questo caso sono state utilizzate, laddove le prese fatte in sito non sono state ritenute sufficienti, altre immagini trovate in rete, selezionando esclusivamente quelle che contribuiscono a definire l'opera nelle aree inaccessibili. A seguito del loro allineamento con quelle già presenti, si è proceduto a completare la ricostruzione della copertura e degli altri elementi non visibili precedentemente.

Solo una volta terminato il modello, si è proceduto alla texturizzazione delle parti mancanti utilizzando 3D Studio Max come software di appoggio (Fig. 11).

Il modello finale così generato, cioè attraverso una ricostruzione prettamente manuale a misura di operatore, rappresenta un modello che ha lo scopo prevalente di rappresentare l'architettura, costituisce cioè un modello grammaticamente coerente con l'architettura che, in questo caso, è stato realizzato per mezzo di 6014 facce e 3648 vertici.

Infine è stato effettuato un confronto qualitativo tra i modelli ottenuti con le due procedure (Fig. 12).



**Fig. 11:** Estrazione e successiva applicazione delle texture in 3D Studio Max del modello completo.



**Fig. 12:** Confronto fra i due modelli reality-based realizzati tramite le due tecniche di image-based modeling.

#### 4. Conclusioni e sviluppi futuri

Ad oggi gli output ottenuti permettono una disseminazione fotorealistica del manufatto attraverso un modello *reality-based*, che si è dimostrato metricamente coerente con i rilievi storici e utile ad analisi modulari attraverso l'estrazione di disegni (Fig. 13).

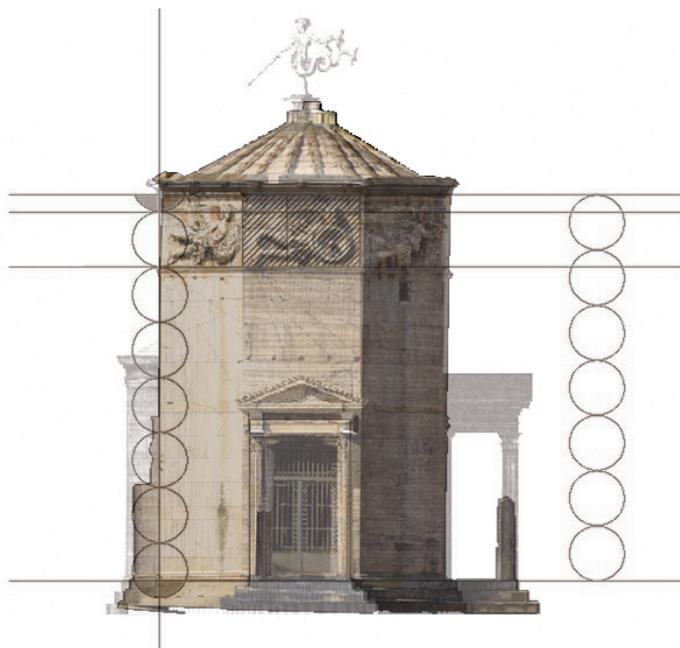


Fig. 13: Sovrapposizione fra il modello realizzato e il rilievo storico.

Inoltre il lavoro qui presentato, tenendo conto dell'intero processo di analisi e modellazione, costituisce ad oggi una base di dati completa e abilitante le migliori soluzioni di ricostruzione virtuale per la Torre dei Venti di Atene, aiutando gli archeologi a focalizzare meglio il loro ragionamento attraverso una rappresentazione visiva dettagliata e permettendo un feedback iterativo ed interdisciplinare.

Sviluppo futuro, a partire dai due modelli, sarà sicuramente l'implementazione di un modello che, opportunamente scomposto e semanticamente caratterizzato, possa essere utilizzato come libreria digitale. In esso l'attività di disegno diverrà il punto di congiunzione essenziale tra la ricerca storica e archeologica e la realtà oggettuale della fabbrica: le nuove applicazioni concesse dal presente lavoro permetteranno di realizzare un *theoretical model*. Pertanto, si può concludere che l'obiettivo primario del lavoro, ovvero la creazione di basi di dati atte a creare nuove esperienze culturali capaci di aggiungere valore e significato alla ricostruzione

virtuale 3D, sia stato raggiunto attraverso un sistema semplice e speditivo di rilevamento, ma efficace dal punto di vista comunicativo con lo scopo della finale esposizione, comunicazione, trasmissione e divulgazione scientifica.

### *Ringraziamenti*

Si ringraziano i tesisti Penelope e Theodoro Mitosi, per alcune elaborazioni, lo studioso Antonio Corso per l'aiuto nella verifica bibliografica e sul posto. Si ringrazia il prof. Paolo Clini per la supervisione del lavoro.

## REFERENCES

APOLLONIO, F.I., GAIANI, M., SUN, Z. (2013). *3D modeling and data enrichment in digital reconstruction of architectural heritage*. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-5/W2, 2013 XXIV International CIPA Symposium, 2 – 6 September 2013, Strasbourg, France, 43-48.

APOLLONIO, F. I., BALDISSINI, S., BELTRAMINI, G., BORGHERINI, M. M., CLINI, P., GAIANI, M., PALESTINI, C., SACCHI, L., TREVISAN, C. (2013). *I geo-modelli per la PALLADIOLibrary: un archivio condiviso e in divenire*. Disegnare. Idee e Immagini, n. 47 / 2013. Gangemi Editore: Roma, 46-59.

ARNOLD, D. (2013). *3D COFORM Project final report*. Available on web (06.06.2014) [http://3dcoform.eu/images/pdf/D\\_1\\_5\\_Final\\_Report\\_v1\\_0\\_PUBLIC.pdf](http://3dcoform.eu/images/pdf/D_1_5_Final_Report_v1_0_PUBLIC.pdf)

BENEDETTI, B., GAIANI, M., REMONDINO, F. (2010). *Modelli digitali 3D in archeologia: il caso di Pompei*. Edizioni della Normale: Pisa.

BORRA D., PROIETTI P. (a cura di) (2012). *MIMOS- Il Decennale*. Atti del convegno, Roma 9-11 Ottobre 2012. MIMOS - Movimento Italiano Modellazione e Simulazione: Roma.

CLINI P. (a cura di) (2012). *Vitruvio e il disegno di architettura*. Collana del centro studi vitruviani, Volume 1. Marsilio Editori: Venezia.

CORSO A. (2012). *I disegni che corredevano il “De Architectura” nel contesto delle rappresentazioni antiche di temi architettonici*. In: Clini P. (a cura di), Vitruvio e il disegno di architettura. Collana del centro studi vitruviani, Volume 1. Marsilio Editori: Venezia, 47-60.

DE LUCA, L. (2011). *La fotomodellazione architettonica*. Dario Flaccovio Editore: Palermo.

EDELSTEIN J., GALLA L., LI-MADEO C., MARDEN J., RHONEMUS A., WHYSEL N. (2013). *Linked Open Data for Cultural Heritage: Evolution of an Information Technology*. In: Proceedings of the 31st ACM international conference on Design of communication, 107-112.

FORTE, M. (2010). *Cyber-archaeology*. Archeopress: Oxford.

GAITATZES A., CHRISTOPOULOS D., ROUSSOU M. (2001). *Reviving the Past: Cultural Heritage Meets Virtual Reality*. In: Proceedings of the 2001 Conference on Virtual Reality, Archeology, and Cultural Heritage, VAST '01, 103-110.

GROS P. (1997). *Vitruvio De Architectura*. Traduzione e commento di Antonio Corso e Elisa Romano, Tomo I, II. Einaudi.Torino.

GUIDI G., RUSSO M. (2011). *Reality-based and reconstructive models: digital media for cultural heritage valorization*. SCIRES-IT, SCientific RESearch and Information

Technology, Vol 1, Issue 2 (2011), 71-86.

KIENAST H.J. (2013). *The Tower of Winds in Athens*. The AAIA bulletin, Vol. 9-2013, 20-29.

LO BUGLIO D., DE LUCA L. (2012). *Representation of architectural artifacts: definition of an approach combining the complexity of the 3D digital instance with the intelligibility of the theoretical model*. SCIRES-IT SCientific RESearch and Information Technology, Vol 2, Issue 2 (2012), 63-76.

PAN X., SCHIFFER T., SCHRÖTTNER M., HECHER M., HAVEMANN S., BERNDT R., FELLNER D.W. (2012). *An enhanced distributed repository for working with 3D assets in cultural heritage*. Lecture Notes in Computer Science, Volume 7616, 349-358.

REMONDINO F. (2011). *Rilievo e modellazione 3D di siti e architetture complesse*. Disegnare Con, Vol. 4 n° 8 (2011), 90-98.

REMONDINO F., RIZZI A., JIMENEZ FERNANDEZ-PALACIOS B., AGUGIARO G., BARATTI G., DE AMICIS R. (2011). *The Etruscan in 3D: from space to underground*. Geoinformatics FCE CTU Journal, vol. 6, 283-290.

STUART, J., REVETT, N. (1762). *The Antiquities of Athens. Vol 1*. John Haberkorn: London. Available on web (16.06.14)  
<https://archive.org/stream/antiquitiesAthe1Stua#page/n5/mode/2up>