

Le mura urbiche fiorentine dal rilievo al virtual heritage nel progetto FiMU

Paola Puma

Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Firenze

Abstract

The ancient city walls of Florence are today an important as well as little known and valued architectural heritage of the town. The city walls that we see today are the overlapping of traces and circuits that have formed over the centuries the main signal of the Forma Urbis, till the break of the nineteenth century, when the entire north branch of the river was demolished and replaced by drive boulevards, flanked by the city gates, which were left with the monumental urban landmark function. This paper presents the contribution of the architecture's survey and the representation in multidimensional visual languages of the urban complex in the framework of the project Firenze Mura-FiMU. In this project the virtual heritage could contribute to the recovery of the symbolic dimension of the Florentine walls to promoting more sustainable forms of enhancement also useful for mitigating the effects of overtourism on the city.

Parole chiave

Survey of city walls, Florence city walls, LS urban survey in Florence, city wall's representation.

Urbs ipsa moenia sunt, civitatem autem
non saxa sed habitatores vocantur

Isidoro da Siviglia, *Etymologiae*, XV, 2.1

Introduzione

Il valore polisemico dei circuiti difensivi urbani può essere in qualche modo associato alla natura 'ontologica' del recinto, che nelle mura sostanzia la natura sacra, militare ed economica delle città; molti livelli di significato attraversano perciò la presenza che per millenni ha caratterizzato gli insediamenti urbani in senso materiale, sociale ed identitario, ma anche simbolico, del rapporto tra potere civico e religioso – definiti dalla centralità oppure dalla lontananza dalle mura – nonché di relazione tra urbs e civitas in parallelo a quella tra città e campagna, fino a poter definire le mura di per sé “potente ideogramma urbano e ritratto di città” (De Seta and Le Goff, 1989, pp. 1-3).



L'esistenza di un circuito murario che contiene, difende e segnala l'insediamento urbano è caratteristica tipica delle città storiche italiane ed europee, grandi e piccole: "L'andare, a piedi o a cavallo, in modo prevalentemente circolare, costeggiando le mura, [...] sembra essere il modo giusto, per il visitatore e l'abitante, di 'vedere', o, meglio di sentire l'isola fortificata che è la città europea" (Cavallina, 1999 p. 69).

Meno tipico è l'assetto che il complesso delle mura urbane mostra oggi nella città di Firenze: sostanzialmente integro, infatti, nella riva sinistra dell'Arno dell'Oltrarno, mentre nella riva destra del fiume ('di qua d'Arno') risulta leggibile solo in negativo sulla traccia dei viali urbani, aperti nella seconda metà del XIX secolo sul sedime dell'ultimo circuito murario, del quale le sole porte urbane furono lasciate "Come memorie storiche ed artistiche ho creduto dover conservare le antiche Porte e di isolarle persuaso che un tempo verrà anche per il loro restauro" con esplicita funzione di testimonianza monumentale dichiarata dallo stesso Poggi (Poggi, A.S.F.).

Il complesso delle mura urbane fiorentine rappresenta perciò uno straordinario patrimonio monumentale che necessita di sistematizzazione sia in termini di documentazione finalizzata alla conoscenza che in termini di una valorizzazione unitaria: l'importante sistema a scala urbana resta, infatti, poco fruibile e visitato anche nelle porzioni esistenti e del tutto invisibile come complesso unitario e storico elemento identitario della città (Puma, 2012).

La tradizionale cronologia dei circuiti murari urbani antichi, medievali e moderni si articola in un'ampia differenziazione di tematismi e letture di diversa metodologia scientifica e risultato critico a seconda che il tema sia affrontato dal punto di vista storico, ingegneristico o architettonico: ottiche interpretative tutte dotate di ulteriori specificazioni disciplinari.

In questa sede la trattazione sarà focalizzata sul segmento relativo al percorso preliminare di Rilievo e Rappresentazione del testo materiale delle mura e della sua interpretazione in termini di lettura dell'immagine percepita del palinsesto architettonico oggi disponibile alla fruizione.

Dal punto di vista scientifico, infatti, l'enorme mole di studi teorici sul tema prodotta dagli studiosi nei decenni non è supportata da una adeguata documentazione grafica e di rilievo che la descriva in maniera complessiva e con un linguaggio divulgativo aggiornato.

In questo quadro prendeva avvio un primo step costituito dal progetto *Firenze Mura Urbiche – FiMU*, per il quale si rimanda ai crediti finali, nell'ambito del quale il gruppo di ricerca coordinato da chi scrive ha svolto diverse campagne di rilievi architettonici seguite dalla restituzione dei dati sotto forma di elaborati grafici in 2D-3D e contenuti visuali finalizzati alla sistematizzazione del patrimonio documentario esistente ed alla divulgazione del sistema urbano (Puma, 2017, 2018).

Il contesto: il sistema difensivo fiorentino nella storia

Ampia letteratura è dedicata alla storia della struttura urbana di Firenze, che inizia a delinearsi a partire dalla fondazione di Florentia, castrum dedotta colonia da Cesare che la circondò di mura, e poi segnata nei secoli successivi da ampliamenti e contrazioni dell'edificato compreso nei vari circuiti murari che registrano le alterne fasi di fioritura e ripiegio economico e demografico della città (Morini, 1963; Fanelli, 1973; Vannini and Scampoli, 2007; Vannini, 2008; Scampoli, 2010).

La lunga e complessa fase storica che va dal Bizantino all'alto Medioevo e poi fino all'XI secolo è, per esempio, segnata da una serie di trasformazioni ed adeguamenti che non

pagina precedente

Porta San Giorgio (Foto: G. Nicastro).

variano troppo la consistenza del circuito da quella originaria ma ne modificano a più riprese la sagoma delle opere protettive – come quelle realizzate nel VI secolo e poi di nuovo alla fine del XI ed all’inizio del XII secolo, quando vengono realizzati solo rinforzi degli argini in terra che prolungano fino all’Arno i lati orientali e occidentali delle mura (Fanelli, 1973) – di quella che Dante definirà la Cerchia antica, comprendente l’area delle mura romane, dei posteriori rifacimenti tardo-antichi e carolingi e dell’ampliamento matildino.

La “cerchia antica” rappresenta quindi lo spartiacque non solo fisico ma anche simbolico tra un ‘prima’ ed un ‘dopo’ storici ed è il punto di partenza del successivo veloce susseguirsi della costruzione delle nuove cerchie urbane che rappresentano anche la rinascita economica, sociale, culturale e politica dopo la stagnazione medievale.

Con la nascita del Comune, infatti, la cerchia antica non è più sufficiente e sul finire del XII secolo le nuove condizioni politiche e di espansione economica porteranno a realizzare tra il 1172 e il 1175 la prima cerchia comunale: una espansione molto consistente della città che porta a triplicare la superficie urbana inglobando i borghi che si erano sviluppati fuori porta.

Ci vorranno poi altri 90 anni per mettere nuovamente in campo le ingenti risorse che consentiranno un ulteriore significativo allargamento del circuito, che tra il 1258 ed il 1260 viene portato a protezione dell’Oltrarno a difesa degli insediamenti a sud del fiume (Fanelli, 1973, p. 50).

E pochi decenni dopo, a partire dal 1284 e per i successivi cinquant’anni, il Comune si impegna nella più importante delle opere: la seconda cerchia comunale diventa un circuito lungo circa 8,5 km che racchiude una superficie di oltre 506 ettari ed è difeso da 15 porte e 73 torri di guardia, poste a 120 metri l’una dall’altra, alte 20 braccia fiorentine, pari a 11,60 ml.

La poderosa infrastruttura serve da un lato per dare difesa materiale alla città esistente e dall’altro, intenzionalmente sovradimensionata, per impostare la futura forma urbana di una realtà ricca, che cresce ed ha bisogno di difendere i propri abitanti e patrimoni, ma soprattutto per diffonderne l’immagine di potenza economica, politica e sociale. La costruzione della cerchia non è dunque soltanto opera difensiva ma l’occasione di progettare ed attuare un rilevante programma di riconfigurazione urbana imposta da Arnolfo di Cambio su una serie di esigenze funzionali, come l’inclusione dei borghi sorti fuori le mura, nonché di requisiti urbanistici e di volontà formale dal forte significato simbolico, come la convergenza delle visuali ottiche che dalle porte principali puntano sugli edifici più importanti.

Le mura arnolfiane difenderanno a lungo Firenze attraverso i secoli, via via infrastrutturate da una serie di ulteriori opere difensive necessarie all’adeguamento alle tecniche offensive derivanti dall’introduzione della polvere da sparo, le più importanti delle quali sono rappresentate dalla costruzione di baluardi e fortezze e dalla ristrutturazione delle porte trecentesche, una parte delle quali, tra cui Porta alla Croce, furono abbassate e coperte con loggiati dove posizionare i cannoni per adeguarle alle tecniche offensive introdotte dall’uso della polvere da sparo (Agostini, 2007, p. 68; Artusi, 2005).

Nel corso del XVI secolo vengono edificate le fortezze urbane che serviranno a proteggere la città progressivamente da sud est, da nord e da sud e strutture lineari come la realizzazione del muro bastionato eretto a partire dal giardino di Boboli fino alla Porta S. Frediano, realizzato per proteggere la città dal rischio di attacco da Siena (Manetti et. al., 1979, p. 301). Il programma viene attuato nell’arco di circa sessant’anni con la realizzazione del

baluardo di S. Giorgio tra il 1529 e il 1552 – quando l'intera collina di San Miniato fu fortificata sotto la direzione di Michelangelo (Manetti, 1980) – la coeva costruzione della Fortezza di San Giovanni Battista – la Fortezza da Basso, edificata tra il 1534 e il 1537 su progetto di Pier Francesco da Viterbo e Antonio da Sangallo il Giovane – e la chiusura del sistema difensivo con la Fortezza di S. Giorgio, detta Forte Belvedere.

Tra il 1590 e il 1600, Buontalenti dà assetto sistematico alla fortezza di San Giorgio individuandone il fulcro nella palazzina, che introduce nella città murata il tema della tipologia intermedia tra il palazzo di città e la villa extraurbana; l'edificio è infatti studiato come il centro di tutta una serie di visuali interne ed esterne che lo legano panoramicamente ai due versanti della collina di Boboli imponendosi dall'alto verso la città – la Fortezza da basso, i bastioni di Oltrarno, le fortificazioni di S. Miniato – e verso il contado fuori le mura.

A parte la lunga fase di adattamento alle nuove esigenze di difesa dalla polvere da sparo, questo resterà nella sostanza l'assetto urbano che contraddistinguerà la città (Rinaldi, 2008, pp. 8-9) per i due secoli che portano alla grande ristrutturazione urbana della seconda metà del XIX secolo.

In questo lungo periodo il complesso delle mura urbane fiorentine attraversa l'obsolescenza della funzione difensiva – che ne determina prima l'adattamento materiale alle più svariate esigenze, da quelle di tipo agropastorale a quelle ludiche del gioco della pallacorda, alla trasformazione dei fossati in laghetti per la produzione del ghiaccio – ed una progressiva riconfigurazione di significato (né città né campagna).

L'amministrazione lorenesse tenterà un riordino della miriade di piccole e grandi appropriazioni private, che si stabiliscono nel vuoto di norma funzionale, per farne fulcro del rinnovamento di struttura e di immagine urbana nell'ottica delle più recenti teorie urbanistiche. In questo ambizioso programma urbanistico si collocano l'aggiornamento del viale del Poggio Imperiale (Rinaldi, 2008, p. 8), il nuovo giardino pubblico del Parterre, poi collegato con la Strada Nuova all'accesso alle Cascine da Porta al Prato, l'allargamento e la regolarizzazione della strada tra la Porta San Gallo e la Porta alla Croce (Agostini, 2007).

Questo quadro di interventi crea un percorso anulare che va dalle Cascine a Porta alla Croce collegandone parchi e aree ricreative e realizza in qualche modo un'anticipazione, che integra il 'dentro' e il 'fuori' le mura in una convivenza di ambiti funzionali e rappresenta il primo nucleo moderno della successiva struttura urbana. L'innesco del trasferimento della capitale del Regno di Italia a Firenze tra il 1865 e il 1871 comporta la ristrutturazione, inquadrata dal Piano Poggi, dell'intero organismo urbano comprendente da una parte l'infrastrutturazione urbana con le nuove opere (la stazione ferroviaria, un nuovo macello, il nuovo Campo di Marte per le funzioni militari) e dall'altra l'intervento sulla città antica: dal risanamento del castrum all'abbattimento delle mura, necessario sia per il raccordo con il tessuto di futura edificazione sulle nuove direttrici di sviluppo residenziale che per dotare Firenze di una forma urbis all'altezza delle altre capitali europee. Ciò porta ad esito finale questo processo di 'oblio' trovando le mura ormai completamente depauperate sia dell'originario significato che delle funzioni più recenti e pronte ad assumere il nuovo assetto di cerniera tra l'antica e la nuova città che porta alla nascita della Firenze moderna.

Nonostante già i due secoli precedenti avessero in qualche modo anticipato la rottura del tabù della forma urbis, la demolizione delle mura avviene in un clima ambivalente di difesa delle vestigia testimoni della memoria storiche, che troverà accoglimento nel-

la conservazione delle porte, ed ottimismo per un progetto di grande rilettura ed innovazione urbana di ampia portata che investiva la dialettica tra città e territorio, avendo già dovuto confrontarsi anche con l'arrivo della ferrovia nel 1862 e la nuova cinta daziaria aperta nel 1869 (Rinaldi, 2008, p. 8).

Con la demolizione delle mura, sostituite dalla cerchia di larghi viali carrabili progettati alla moda dei boulevards parigini che Haussmann diffuse in tutta Europa, il Poggi cambia radicalmente il volto della città che fu aperta alle espansioni novecentesche (Fanelli, 1980, p. 423).

A segnalare la memoria delle mura, e coerentemente con l'approccio monumentalistico dell'epoca, nelle principali piazze di snodo del tracciato dei viali nella porzione settentrionale della città, ed in parte anche nell'Oltrarno, le porte urbane ed alcune torri furono risparmiata dalle demolizioni e trasformate nel focus delle nuove piazze, così come sono diventate pienamente fruibili le due fortezze poste a guardia da nord, la Fortezza da Basso, e da sud, il Forte Belvedere, che svolgono oggi le funzioni di polo fieristico e polo museale.

Il contesto: forma, percezione e immagine del circuito murario

Cingersi equivale a difendere la sopravvivenza stessa della città, perciò le mura costituiscono una invariante strutturale e simbolica della storia urbana attiva su molti piani materiali e immateriali con significato ambivalente: basti pensare al vissuto individuale di sicurezza e unità che il restare protetti dalla chiusura delle porte al tramonto conferiva a chi si ritrovava nell'isola murata (Mumford, 1990, p. 385) ma, di contro, quanto l'aumentare dei commerci e l'emergere delle nuove classi mercantili abbiano poi avuto bisogno di travalicare questo limite "opprimente" appropriandosi degli spazi subito al di fuori, dove si svilupperanno le piazze mercatali.

Il senso civico individuale di appartenenza ad una comunità (De Seta and Le Goff, 1989, p. 6) ed il ruolo inclusivo delle mura divengono pertanto collettivamente elemento ordinatore sociale, politico, economico, di strutturazione e gerarchizzazione urbana.

E la trasformazione della cinta muraria di Firenze in struttura urbana intenzionalmente significativa di identificazione non solo dell'ambito fisico ma anche di quelli di potere politico e religioso, di ceto sociale, di cittadinanza, di consistenza e grandezza economica assume tutta la sua evidenza col grande rinnovo urbano delle mura arnolfiane impostate per modificare il paesaggio urbano in modo da avere i due assi principali – quello da Porta Romana a Porta San Gallo e quello da Porta al Prato a Porta alla Croce – con lunghezza simile, incrocio sul Mercato vecchio, in parte allineati sulla centuriazione romana e soprattutto centrati sugli edifici di maggior rappresentanza civile e religiosa (Fanelli, 1973, p. 65).

Cinque secoli dopo, in epoca moderna, la funzione daziaria sostituisce quella difensiva alla sacralità marziale e religiosa del recinto (Rikwert, 1981) si sostituisce il significato laicizzante della cintura fiscale e, come nelle altre città gabellabili, nell'ottocento lorenese le porte possono sopravvivere come barriere del limite fiscale assumendo un diverso valore simbolico di autorappresentatività della civitas (Agostini, 2007, pp. 63-64). Come per tutte le altre città interessate nello stesso periodo dalle medesime trasformazioni, anche per Firenze la demolizione ottocentesca delle mura significa quindi la perdita della struttura funzionale, formale e simbolica che l'aveva contraddistinta nei secoli e con la forma fisica cambia anche la consolidata immagine percettivamente definita dal landmark delle mura, che da limite invalicabile si riducono a puntuali ed isolati

passaggi osmotici tra mondi non più diversi – come era nel significato delle vie funerarie che partivano dalle porte intese come luogo di passaggio tra la città dei vivi e la città dei morti – invertendone completamente il significato originario.

L'iconografia stessa delle città medievali mostra centri ridotti all'essenziale per richiamarne la natura di microcosmo originario inattaccabile circondato da uno spazio extramurale ampio che ne garantisce una difesa efficace (Cavallina, 1999, p. 67).

“Un confine non è quello che mette fine [...] ma come già intendevano i greci, il confine è il dove del principio della presenza di una forma” (Norberg Schulz, 1984, p. 27); con la perdita delle mura, perciò, si perde anche l'immagine figurale che sostanzialmente l'idea stessa di città, nell'immaginario diffuso legata soprattutto alla città medievale europea: un nucleo fatto di torri, palazzi civici, chiese e campanili stretti simbolicamente insieme dal laccio delle mura, isolato e salvaguardato dal fossato.

Con l'apertura dei viali si perde la distinzione tra intra moenia ed extra moenia ed in qualche modo in questa fase nasce, come luogo differenziato ed antinomico al centro, la periferia – intorno ed 'al bordo' del centro storico (Treccani; Fanelli, 1973, p. 423) – che con le strade ed i viali portatori di traffico e commercio circondano ora la città vecchia aprendola e proiettandola simbolicamente nella modernità.

Tre diverse città, quella dignitosa della borghesia e quella dei ceti più poveri che abitano nel centro antico pre risanamenti e nelle periferie degli indigenti, si affacciano ora sul sedime vuoto delle mura delle quali i viali costituiscono il nuovo limite semantico (Cavallina, 1999, p. 97).

Ciò comporta anche la ridefinizione della precedente sociotopografia, che deve riformulare le posizioni non più rispetto alla distanza dalle mura e dalle porte ma rispetto ad una centralità più ampia costituita dall'intero nucleo urbano e, semmai, dal nuovo limite costituito dalla ferrovia – il cui primo tratto di binario fu aperto nel 1862 per collegare la stazione di Firenze Santa Maria Novella a Pontassieve – che introduce accanto al tema della scelta se insediare la stazione dentro o fuori le mura, anche la nascita di nuovi e diversi vincoli urbani (Agostini, 2007, pp. 71-72).

La percezione originaria e la semantica delle porte urbane sono attualmente in parte vivibili solo nei pochi punti nei quali per entrare nel centro storico di Firenze siamo ancora obbligati a varcarle a piedi con un effetto che più direttamente replica l'originaria esperienza di varcare un limes, passando nettamente da un 'fuori' rarefatto e naturale ad un 'dentro' denso e lineare, come accade provenendo da est nell'attraversamento pedonale in piazza Beccaria, dove la Porta alla Croce proietta repentinamente nel cuore della città chi proviene dalla direttrice urbana e territoriale aretina.

Stretto è il rapporto che l'osservatore può instaurare con l'originario sistema difensivo in Oltrarno, dove la struttura resta più integra ed è caratterizzata ancora oggi dall'assetto assunto nel tempo e testimoniato dalla presenza di torri, porte, baluardi e forti inclusi nella cortina che dal torrino di S. Rosa va alla Porta San Frediano, alla Porta Romana e poi, attraverso il parco di Boboli, conduce alle porte S. Giorgio e S. Miniato e lungo via dei Bastioni arriva a chiudere il circuito sul fiume alla Torre S. Niccolò, traguardando la prospiciente Torre della Zecca (Manetti et al., 1979).

Dove i varchi possono essere attraversati in automobile -entrando da nord ovest attraverso la Porta a Prato, oppure in Oltrarno provenendo da ovest per varcare la Porta San Frediano e da sud attraversando la Porta Romana e poi con la Porta San Giorgio e la Porta San Miniato- la percezione è rapida e alleggerita dalla velocità, che ne oblitera il significato originario di esterno interno trans-topico (Cavallina, 1999, p. 137).



Nella città sulla riva destra dell'Arno la torre della Zecca, la Porta S. Gallo, la Porta al Prato, la torre della Serpe rappresentano oggi, invece, il testimone "muto" della imponente cerchia perduta, depauperate di significato dal traffico veicolare che inevitabilmente le circonda, un significato che si può almeno parzialmente recuperare passando il fiume. Nel nostro vissuto la percezione delle mura² si è ribaltata: da elemento di chiusura a elemento osmotico, tanto che il complesso delle mura urbane fiorentine può essere oggi visitato in diverse modalità, a seconda della zona in cui ci si trova; percorrendone velocemente il tracciato scomparso in riva destra seguendo i viali oppure seguendone lentamente a piedi il circuito ancora esistente e quasi tutto percorribile nel lungo tratto in Oltrarno, anche salendo sulle mura e percorrendone il camminamento in quota in un tratto tra Porta Romana e Porta San Frediano o salendo sulla Torre San Niccolò. La percezione delle mura risulta perciò oggi in gran parte pregiudicata come sistema urbano unitario e molto frammentato per le parti oggi superstiti per una lunghezza di circa 3 Km; per il comune visitatore un'operazione di ricostruzione dell'immagine originaria è possibile, infatti, confrontandosi solo in parte con il manufatto originario (in Oltrarno) ma per il resto essa è affidata alla sola possibilità virtuale della ricomposizione visiva dell'ampio e disomogeneo repertorio iconografico, basato sui materiali storici

Sinossi fotografica del circuito murario fiorentino.

aggiornati ed integrati da nuovi documenti, grafici e contenuti visuali prodotti ad hoc. Questa forte variabilità nella fruizione dei luoghi e le dimensioni del circuito finiscono per rappresentare i principali fattori che inficiano la comprensione unitaria del complesso ed una leggibilità, nel Progetto FiMU affidata alla costruzione di un apparato documentario e di visualizzazione delle informazioni e del vasto patrimonio di studi in una base informativa agile e *friendly*.

Il progetto di documentazione: dal rilievo al virtual heritage

Le più recenti linee delle politiche culturali a livello internazionale includono le inferenze della società digitale con ruolo così centrale che la nozione oggi consolidata è articolata in tre tipologie integrate di patrimonio culturale materiale, immateriale, digitale.

A livello di linee strategiche europee, il patrimonio culturale e la digitalizzazione sono due dei grandi ambiti di azione che potenziano trasversalmente le relazioni sociali, economiche ed internazionali della “Nuova agenda europea per la cultura 2018”, che assegna piena rilevanza alla Digital4Culture strategy (European Commission, 2018).

In questo quadro le modalità interdisciplinari caratterizzano da tempo le collaborazioni tra digital humanities e discipline tecnologiche, con rinnovato ruolo del Rilievo e della Rappresentazione dei dati, discipline considerate come parte integrante delle piattaforme delle infrastrutture digitali propedeutiche alla filiera che va dalla documentazione alla conservazione alla fruizione del patrimonio culturale.

Il Digital Cultural Heritage costituisce ormai una disciplina fortemente caratterizzata che vede operare in staff crossdisciplinari specialisti nella acquisizione ed analisi -dalle tecniche diagnostiche non distruttive alle applicazioni elettroniche e digitali per il monitoraggio dei materiali e delle strutture- nella restituzione -dalla modellazione alla rappresentazione tematizzata al HBIM (Maietti and Balzani 2020)- e nella comunicazione dei dati -dalle ricostruzioni 3d alla fruizione con smart technologies dei musei 4.0 (Bekele et al., 2018; Ryabinin et al., 2019, Pescarin, 2020) alle applicazioni per l'educazione al patrimonio culturale (Luigini, 2019).

Il DCH è pertanto paradigma teorico ed operativo assolutamente centrale nei contesti connessi alla filiera del patrimonio culturale dalle potenzialità innovative solo parzialmente dispiagate e non costituisce perciò solo uno specifico *key agent* su un bene comune dotato di una serie di effetti trasversali di tipo economico, educativo e di avanzamento tecnologico ma si tratta anche di un'evoluzione culturale più ampia che riguarda la responsabilità sociale per la conservazione del nostro patrimonio culturale, con addentellati teorici, regolatori ed etici di ampio impatto nella società (Council of Europe, 2017; European Commission, 2018a).

Strategia di progetto

Nella sua configurazione originaria (Sabelli, 2016) la ricerca FiMU perseguiva l'obiettivo complessivo di costruire una piattaforma unitaria delle informazioni sulle mura urbane fiorentine finalizzata alla valorizzazione. Da una parte mettendo a sistema le frammentate informazioni già esistenti e dall'altra completandone il quadro conoscitivo, il tema è stato poi solo in parte affrontato sotto i molteplici aspetti scientifici che riguardano la consistenza morfologica, materiale e costruttiva del complesso.

Il segmento di rilievo digitale facente parte del progetto FIMU si basa sul DCH come pivot e sul travaso nel Virtual Heritage delle possibilità di documentazione e comunicazione delle informazioni derivanti dalla continuità operativa tra modalità di

accesso alla conoscenza e output di disseminazione lavorando su tre assi prioritari:

1. L'asse della conoscenza: la produzione dei dati;
2. L'asse del progetto: l'interpretazione dei dati;
3. L'asse della comunicazione: la divulgazione e fruizione dei dati.

La tempistica di progetto

Il segmento di Rilievo, Rappresentazione e Comunicazione di nuovi supporti documentari e visivi affidato al gruppo di Digital Cultural Heritage-DigitCH, coordinato da chi scrive, è organizzato con un piano di lavoro articolato in 36 mesi su 5 fasi operative e cronologiche:

1. Acquisizione dei dati: completamento del rilievo di alcuni dei tratti non ancora documentati e raccordo con i rilievi esistenti; marzo 2016-ottobre 2018 (mesi 31);
2. Post processing dei dati: elaborazione dei dati acquisiti e preparazione per la restituzione; gennaio-dicembre 2017 (mesi 12);
3. Restituzione dei dati: la restituzione dei rilievi in grafici 2D e modelli 3D; luglio 2017-dicembre 2017 (mesi 6);
4. Musealizzazione ampliata: la produzione di supporti visivi divulgativi; dicembre 2017-giugno 2018 (mesi 6);
5. Comunicazione dei risultati: l'apertura di una pagina web di presentazione del progetto; giugno-dicembre 2018 (mesi 6).

area	oggetto	data	strumentazione	risoluzione	velocità di scansione	num. scansioni
A	Torrino di S. Rosa, P.ta San Frediano, tratto intermedio	ottobre 2018	Faro Focus CAM 2	High	3x	27
				Super High	3x	2
B	P.ta S. Frediano – P.ta Romana: tratto intermedio			High	3x	4
				Super High	3x	3
C	Porta Romana	marzo 2016		High	3x	29
				Super High	3x	5
D	Forte Belvedere			High	3x	63+49
		Super High				
E	P.ta San Giorgio, Via del Forte di S. Giorgio	maggio 2016	Z+F Imager 5006	High	Normal	40
F	P.ta S. Giorgio – P.ta S. Miniato: tratto intermedio	ottobre 2016		High	Normal	62+5
		Super High		High		
G	Porta San Miniato, Via dei Bastioni	ottobre 2016	Z+F Imager 5006	High	Normal	24+4
		ottobre 2018	Faro Focus CAM 2	High	3x	30
H	Torre di San Niccolò	ottobre 2016	Z+F Imager 5006	High	Normal	20+6
				Super High	High	

Datasheet delle campagne di Rilievo LS.

Metodologia, workflow e risultati di progetto

L'attività del gruppo di Digital Cultural Heritage-DigitCH nel progetto FiMU si configura su più assi di finalizzazione, diversi piani operativi e secondo una scaletta di lavoro che si articola lungo tutta la vita del progetto aprendo e concludendo la filiera relativa alla produzione-elaborazione-presentazione dei dati tramite il workflow Rilievo-Rappresentazione-Comunicazione.

1. L'asse della conoscenza: la produzione dei dati

Fase I: acquisizione dei dati; la fase riguarda sia la recensione delle fonti e dei materiali documentari disponibili da rilievi precedenti che il rilievo digitale delle porzioni del circuito difensivo che non risultavano rilevate, oppure delle quali non è pervenuta documentazione di rilievo.

In funzione della disomogeneità dei dati morfometrici costituenti la banca dati in formazione, la procedura di rilievo è stata imperniata su una forte integrazione strumentale e metodologica, che 'compensa' anche la forte diversità dei contesti in esame, comprendenti luoghi urbani a forte densità di scorrimento veicolare, lunghi tratti di cortina muraria interclusi con accessi interdetti etc.

La metodologia di acquisizione massiva dei dati è consolidata nel rilievo urbano (Brusaporci, 2015; Chiavoni et al., 2011; Bertocci and Bini, 2012) ed è basata sul LS, con integrazioni prodotte da fotomodellazione referenziata sulla base topografica e da rilievo LS; il riferimento per poter effettuare un inserimento robusto degli archivi precedenti rispetto ad una base cartografica georeferenziata unica, è costituito dai punti noti estratti dal database geografico degli spazi pubblici del Comune di Firenze (rilievo celerimetrico del territorio in scala 1:500, inquadrato nel sistema di riferimento UTM-WGS84).

Il quadro operativo si dettaglia ulteriormente in relazione alle varie aree oggetto di rilievo, organizzate come segue:

area A: il torrino di S. Rosa, la Porta San Frediano e le mura del tratto intermedio;

area B: le mura del tratto Porta San Frediano-Porta Romana;

area C: Porta Romana;

area D: il Forte Belvedere, con riguardo alle aree di accesso (dalla Costa S. Giorgio e dal Giardino di Boboli), ai dispositivi di salita, agli spalti circostanti la palazzina;

area E: la Porta S. Giorgio;

area F: le mura del tratto Porta S. Giorgio-Porta S. Miniato;

area G: la Porta S. Miniato e le mura adiacenti su via dei Bastioni;

area H: la Torre di San Niccolò.

Fase II: post processing dei dati; la fase riguarda tutte le operazioni preliminari alla vera e propria produzione degli elaborati tramite estrazione, referenziazione ed elaborazione tecnica dei dati acquisiti da topografico, laser scanner terrestre e fotomodellazione, associate a controllo a campione dell'errore ai fini della certificazione del dato e verifica di accuratezza.

Le lavorazioni comprendono il processing delle prese LS (tramite il consueto flusso di lavoro di registrazione e allineamento sui punti notevoli della rete topografica di inquadramento, meshing, texturizzazione, predisposizione dei piani di sezione, estrazione orthoimage e cad) e fotografiche (tramite il consueto flusso di lavoro di allineamento, filtraggio, referenziazione, meshing, texturizzazione fotorealistica per il modello wireframe oppure mappato).

Fase III: restituzione dei dati; la fase riguarda l'elaborazione dei grafici 2D, dei modelli 3D statici e di quelli dinamici ottimizzati e texturizzati per la visualizzazione ampliata. Le restituzioni sono state realizzate seguendo un workflow tradizionale, ed un piano degli output comprendente i grafici 2D di insieme ambientale in scala 1:200 ed in scala architettonica 1:100/50.

pagina a fronte

Point cloud LS, estratti dal quadrante del Forte Belvedere.

p. 56 sopra

Porta San Frediano: estratti dagli elaborati grafici; fotorealistico e morfologico.

sotto

Forte Belvedere: estratti dagli elaborati grafici.

p. 57 sopra

Porta San Giorgio: estratti dagli elaborati grafici; point cloud LS e morfologico.

sotto

Cortina muraria del tratto tra Porta San Giorgio e Porta San Miniato: estratti dagli elaborati grafici; point cloud LS e morfologico.

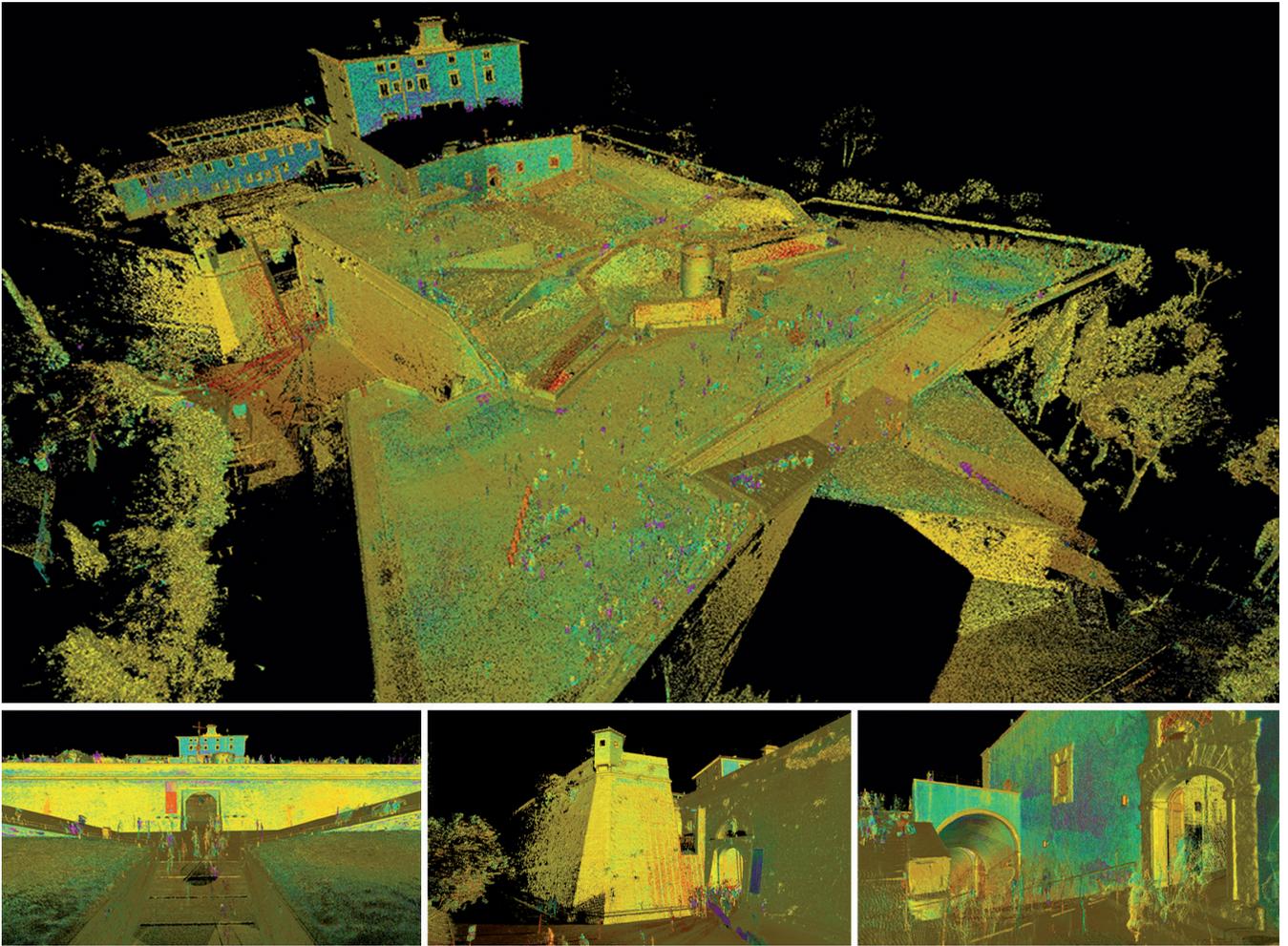
p. 58

Torre San Niccolò: estratti dagli elaborati grafici; point cloud LS e morfologico.

p. 64

Le mura in Oltrarno lungo la via di Belvedere, tra Porta San Giorgio e Porta San Miniato (Foto: G. Nicastro).

Scala originaria degli elaborati grafici 1:50

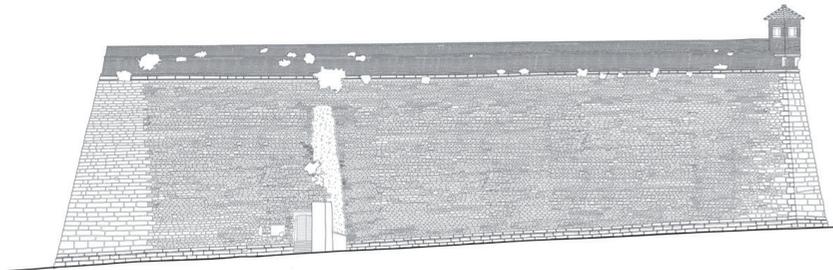
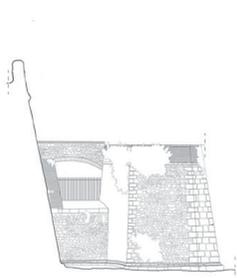
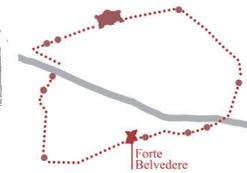
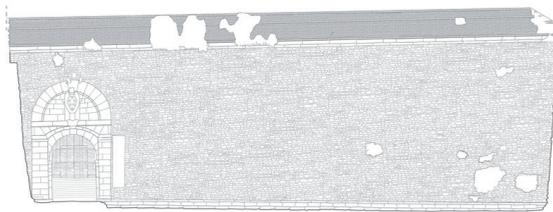
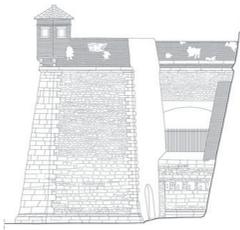
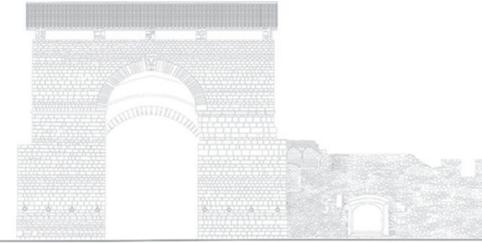
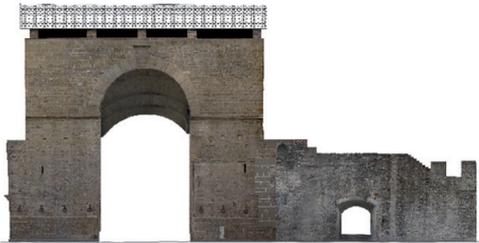
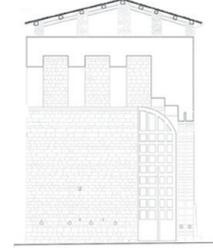
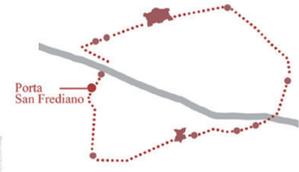
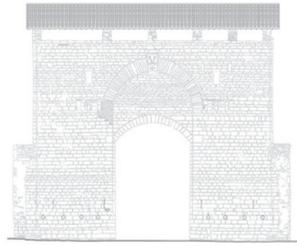
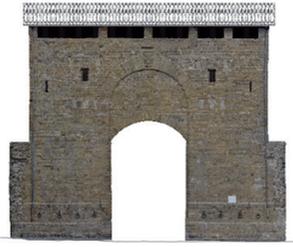


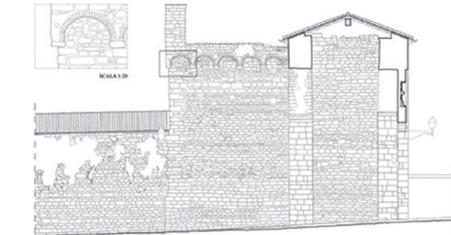
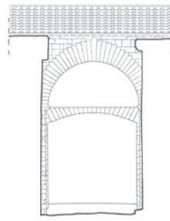
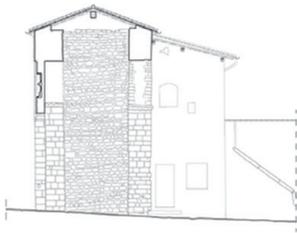
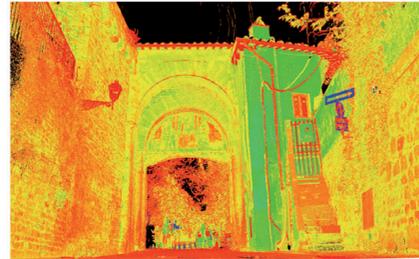
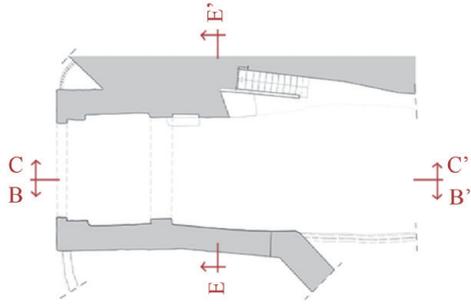
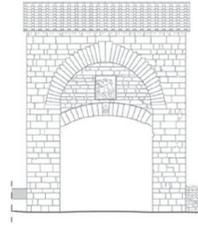
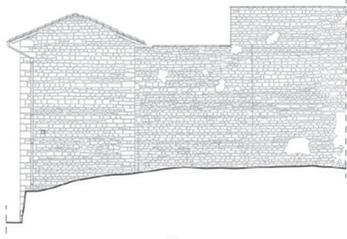
Integrando le ortofoto da SFM ad alta risoluzione alle vettorializzazioni CAD da rilievo topografico e LS sono stati restituiti grafici descrittivi delle dimensioni (quotato), della morfologia (geometrico) e delle caratteristiche fotorealistiche del manufatto.

Il filtraggio delle *pointcloud* è stato, inoltre, operato propedeuticamente alla creazione dei 3D statici, realizzati con ottimizzazione delle acquisizioni, *meshing* e texturizzazione delle superfici tridimensionali. Al fine di ottenere output di migliore qualità in termini di affidabilità del modello mesh e della texture è stato successivamente effettuato il merging, con controllo delle deformazioni, delle acquisizioni provenienti da LS e da SFM. I modelli 3D dinamici e le animazioni sono stati realizzati tramite riduzione delle mesh finalizzati alla realizzazione di *render* e animazioni maneggevoli comunque dotati di un adeguato livello di accuratezza geometrica (Remondino and Campana, 2014).

2. L'asse del progetto: l'interpretazione dei dati

Fase IV: musealizzazione immersiva; nella convinzione che la fruizione virtuale del patrimonio culturale non debba e non possa intendersi come sostitutiva dell'esperienza reale, questa fase è stata progettata per la formulazione di scenari di proposta di visita a distanza finalizzati al supporto alla successiva visita fisica al luogo.

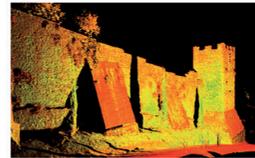
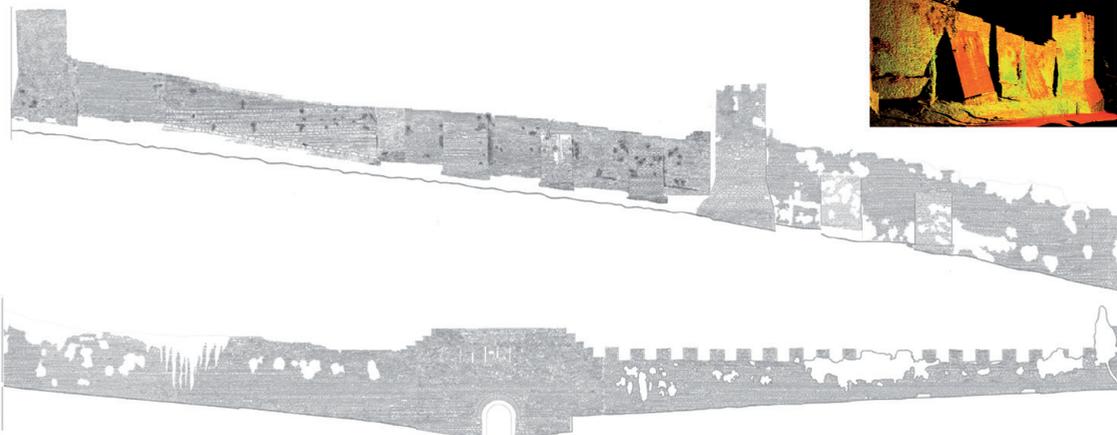
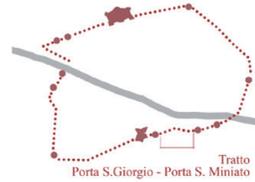




C-C'

E-E'

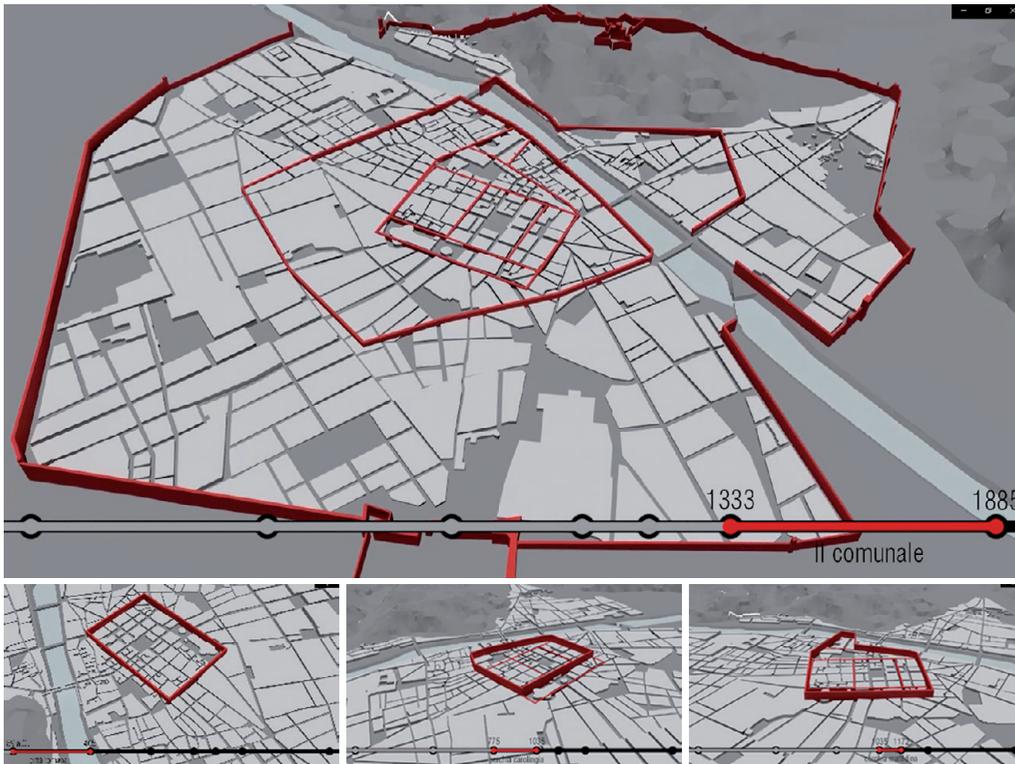
B'-B'





Elettivamente nel caso dell'archeologia e dei manufatti non più esistenti, la Virtual Archaeology trova grande utilità nell'evocazione dell'immagine originaria dei manufatti e dei contesti a partire dalle strutture sopravvissute. Nonostante la Virtual Archaeology fondi i suoi principi teorici e le linee guida in vari documenti statuari (ICOMOS, 2008; Denhard, 2009; International Forum 2014) lo stato dell'arte non può ancora essere considerato assestato e vari motivi – l'essere una disciplina complessa che necessita di una forte interdisciplinarietà, la mancanza di una metodologia pienamente condivisa, qualche approccio poco scientifico nell'uso di un linguaggio visivo troppo game designed – contribuiscono a tenere questa attività troppo spesso nell'alveo della sola espressione grafica. Le grandi potenzialità della Virtual Archaeology restano invece fondamentali nella definizione del comune terreno di analisi e interpretazione del patrimonio archeologico quando esso è oggetto di studio di gruppi congiunti di architetti, storici ed archeologi.

Nel caso delle mura urbane fiorentine, in termini scientifici le operazioni da noi condotte sul complesso corrispondono alle definizioni date nei Seville Principles (International Forum 2014) ed espressi come *Virtual restoration* (“this involves using a virtual model to reorder available material remains in order to visually recreate something that existed in the past. Thus, virtual restoration includes virtual anastylosis”) per la parte che riguarda l'integrazione delle lacune presenti nelle cortine murarie e *Virtual reconstruction* (“this involves using a virtual model to visually recover a building or object made by humans at a given moment in the past from available physical evidence of these buildings or objects, scientifically-reasonable comparative inferences and in general all studies carried out by archaeologists and other experts in relation to archaeological and historical science”) per il lavoro di 3D modelling (Petrilli, 2017).



Cronologia delle fasi del circuito murario fiorentino, estratto dall'animazione.

3. L'asse della comunicazione: la divulgazione dei dati

Fase V: comunicazione dei risultati; questa fase prevede la presentazione della *visual dataroom*, strutturata tramite racconti basati su 3D, animazioni, visualizzazioni in *extended reality* (AR, VR) e pubblicazione dei risultati.

Risultati provvisori, limiti e prospettive

L'originaria configurazione del progetto strategico FiMU, per la quale si rimanda a Sabelli 2016, si articolava su una serie di obiettivi che conciliavano l'organizzazione e gestione della base di dati conoscitivi – preesistenti e provenienti dall'integrazione aggiornata – con la divulgazione della conoscenza e la valorizzazione materiale del complesso architettonico.

La finalizzazione di uso dei dati acquisiti con le campagne di rilievo sopra descritte è pertanto articolata su due piani: quello della restituzione ai fini del progetto di conservazione e restauro e quello della comunicazione di virtual heritage.

Nel segmento intermedio della costruzione di documentazione ai fini della valorizzazione rientra l'utilizzo dei dati di rilievo per la programmazione delle opere di manutenzione e restauro.

Cenni sulle opere di restauro in corso

Diversi documenti riguardanti le mura urbane, datati agli anni '60 del Novecento, attestano lavori di manutenzione ordinaria e straordinaria realizzati dal Comune di Firenze. La indisponibilità della documentazione amministrativa e di cantiere non rende però agevole la precisa collocazione degli interventi effettuati in quel periodo mentre certamente più agevole è la ricostruzione dei principali interventi più recenti

effettuati dal Comune di Firenze a partire dal 2010 e relativi al restauro delle cortine murarie di alcuni tratti e porte.

Tale quadro di progetto comprende: una nuova illuminazione, tuttora in corso e finalizzata ad instaurare un sistema di landmark visivi notturni, delle porte S. Niccolò, Porta Romana, Porta San Frediano, Porta al Prato, Porta San Gallo, Porta alla Croce; il recupero dei dispositivi di salita per consentire la visita in quota sui camminamenti delle mura in sporadici tratti, come quello adiacente a Porta Romana lungo il viale Petrarca, e delle porte (attualmente sono accessibili la Torre San Niccolò e la Porta San Frediano). Più recentemente, un importante piano di lavori riguarda poi la Fortezza da Basso, che intervengono su quelli effettuati negli anni '90 dalla allora Soprintendenza per i beni ambientali ed architettonici. Dopo il recupero della cannoniera, con la postazione della bocca di fuoco a difesa della cortina muraria, nel 2020 sono stati realizzati sul tratto di mura che si affaccia su piazzale Montelungo e del bastione Bellavista consistenti interventi comprendenti l'eliminazione delle infestanti vegetali, la pulitura dei materiali lapidei e laterizi, la sigillatura e il trattamento protettivo finale. Nel 2021 è stato poi avviato il recupero delle cortine murarie del mastio, con la trecentesca Porta a Faenza, che presentava fenomeni di degrado della pietra forte che necessitano di interventi di pulitura e consolidamento, e delle cortine fino al baluardo della Cavaniglia che presentano una forte presenza di muschi e vegetali infestanti, discontinuità e mancanze. Il restauro prevede tecniche integrate individuate effettuando la misurazione di vari parametri tra i quali il colore, la capacità di assorbimento dell'acqua, la caratterizzazione biologica. Allo studio è anche un sistema di percorsi pubblici che collegano i sotterranei fino al mastio, per rendere accessibili e nuovamente visitabili i camminamenti di ronda sulla sommità dei bastioni verdi ancora esistenti, Bellavista e Rastriglia, nell'ambito del piano di rilancio e valorizzazione del complesso monumentale e fieristico anche in chiave di ripartenza della città post Covid.

Il rilievo per il restauro

A fronte del quadro di programmazione degli interventi di conservazione e restauro sopra sintetizzati, il segmento del Rilievo si colloca a monte del processo con il fine di stabilire il quadro conoscitivo di rilievo critico propedeutico alla diagnostica. A partire, infatti, dall'analisi dei materiali e delle murature all'analisi strutturale (elevation maps) alla lettura stratigrafica delle fasi e delle tipologie costruttive, i dati da rilievo consentono l'evidenziazione delle varie forme di degrado che le murature presentano per la successiva ipotesi di schede di restauro costruite per tratti omogenei, con l'individuazione delle specifiche tipologie di intervento mirato, puntuale e localizzato, e la finalizzazione di formulazione del Piano di Manutenzione delle strutture.

Trattandosi di un processo necessariamente interdisciplinare l'assetto del gruppo di ricerca prevedeva la partecipazione di architetti con funzione di responsabilità del rilievo e del progetto e raccordo con le altre figure: storici dell'architettura, archeologi dedicati all'elaborazione della lettura stratigrafica degli elevati, un geologo dedicato all'analisi dei materiali e due esperti di web GIS per la archiviazione e gestione dei dati destinati a confluire sulla piattaforma Geonetwork-OpenData del Comune di Firenze.

Una stretta integrazione operativa impronta pertanto la stesura degli elaborati, che è stata qui presentata nelle sole componenti grafiche relative ad esemplificazioni di fasi del workflow ed alla caratterizzazione morfometrica e dei materiali, limitatamente alle scale di insieme.



Sinossi del virtual tour dedicato al progetto Firenze Mura Urbiche.

Il rilievo per il virtual heritage

Le applicazioni di visualizzazione ampliata di FiMU – sia di tipo digitale che virtuale – sono in accompagnamento ad altre più consolidate finalizzate tutte, comunque, alla descrizione delle caratteristiche salienti del manufatto, all'evoluzione cronologica e inseciativa delle varie fasi attraversate nei secoli dal circuito murario, agli aspetti di tecnica costruttiva e di caratterizzazione dei materiali, a quelli di tecnica difensiva e poliorcetica. Una prima parziale e provvisoria divulgazione dell'oggetto di studio, sul quale scarsi sono i supporti informativi digitali interattivi ad oggi disponibili fondati su basi grafiche documentarie robuste, sono stati realizzati tramite un'animazione, un breve video ed un Virtual Tour finalizzati ad aumentarne l'attrattiva dei visitatori sul luogo.

La progettazione di strumenti divulgativi delle informazioni di FiMU trattate in Virtual heritage si richiama all'articolazione del patrimonio culturale in patrimonio materiale, immateriale, digitale ed all'importanza di poter fruire anche online dei contenuti culturali, emersa particolarmente in tutta la sua "necessità" durante l'emergenza sanitaria del 2020 e che troverà un indubbio riverbero di progettualità tesaurizzando l'esperienza emergenziale in termini più strutturali.

Se la demolizione delle mura fiorentine ha significato anche la scomparsa di un immaginario, il loro recupero, almeno virtuale, potrebbe contribuire a generare un innovativo approccio alla tutela comprendente un percorso di riappropriazione identitaria e forme più sostenibili di valorizzazione con modi diversi di fruizione del bene, utili anche a mitigare gli effetti dell'overtourism sulla città (Anatole-Gabriel and Drury, 2017, pag. 23).

Credits

Firenze Mura Urbiche – FiMU Project, progetto finanziato dall'Università di Firenze tramite: Progetti strategici di Ateneo 2015, *Le mura urbane e il sistema difensivo di Firenze: rappresentazione e comunicazione del paesaggio urbano tra tradizione e innovazione*, responsabile ROBERTO SABELLI; Fondi di ricerca di Ateneo 2014, *Antiche mura urbane di Firenze: nuovi rilievi e rappresentazione avanzata per la valorizzazione del complesso urbano*, responsabile PAOLA PUMA.

Coordinatori di progetto: PAOLA PUMA, ROBERTO SABELLI

Coordinatore di Rilievo e Rappresentazione: PAOLA PUMA

Partnership istituzionale: Comune di Firenze

Staff: l'unità operativa Rilievo e Rappresentazione della ricerca FiMU è composta da PAOLA PUMA (coordinatore), GIUSEPPE NICASTRO (restituzioni grafiche), GIOVANNI PANCANI (rilievi LS), EMANUELE PETRILLI (restituzioni grafiche), FRANCESCO TIOLI (rilievi topografici).

Bibliografia

AGOSTINI I. 2007, *Le porte della città: ingressi urbani nella Toscana lorenese 1814-1859*, Le Lettere, Firenze.

ANATOLE-GABRIEL I., DRURY P. 2017, *Report joint Unesco world heritage centre/ Icomos advisory mission to the world heritage site of the historic centre of Florence, Italy*, p. 23. <<http://www.firenzepatrimoniomondiale.it/piano-di-gestione/>> (05/21).

ARTUSI L. 2005, *Le antiche porte di Firenze. alla scoperta delle mura che circondavano la città*, Semper, Firenze.

BEKELE M.K. ET AL. 2018, *A Survey of Augmented, Virtual, and Mixed Reality for Cultural Heritage*, «Journal on Computing and Cultural Heritage», 11(2), pp. 7-36.

BERTOCCI S., BINI M. (A CURA DI) 2012, *Manuale di rilevamento architettonico e urbano*. Città Studi edizioni, Milano.

BRUSAPORCI S. (ED.) 2015, *Handbook of research on emerging digital tools for architectural surveying, modelling, and representation*, Igi Global, Hershey.

BINI M. ET AL. 2016, *Immagine urbana. Temi e progetti per lo spazio pubblico nel centro storico di Firenze*, DIDApres, Firenze.

CAVALLINA G. 1999, *Il margine inesistente*, Alinea, Firenze.

CHIAVONI E. ET AL. (A CURA DI) 2011, *Metodologie integrate per il rilievo, il disegno, la modellazione dell'architettura e della città*, Gangemi, Roma.

COUNCIL OF EUROPE 2017, *European Cultural Heritage Strategy for the 21st Century*, <<https://rm.coe.int/european-heritage-strategy-for-the-21st-century-strategy-21-full-text/16808ae270>> (05/21).

DENARD H. (ED.) 2009, *London Charter for computer-based visualization of cultural heritage*, <<https://www.londoncharter.org/downloads.html>> (05/21).

DE SETA C., LE GOFF J. (A CURA DI) 1989, *La città e le mura*, Laterza, Roma-Bari.

EUROPEAN COMMISSION 2018, *A new European agenda for culture*, <<https://ec.europa.eu/culture/document/new-european-agenda-culture-swd2018-267-final>> (05/21).

EUROPEAN COMMISSION 2018A, *Safeguarding Cultural Heritage from Natural and Man-Made Disasters. A comparative analysis of risk management in the EU*, <<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/8fe9ea60-4cea-11e8-be1d-01aa75ed71a1>> (05/21).

FANELLI G. 1973, *Firenze architettura e città*, Vallecchi, Firenze.

FANELLI G. 1980, *Firenze. Città nella storia d'Italia*, Laterza, Bari.

ICOMOS 2008, *The charter for the interpretation and presentation of cultural heritage si-*

- tes, <http://www.icomos.org/charters/interpretation_e.pdf> (05/21).
- INTERNATIONAL FORUM OF VIRTUAL ARCHAEOLOGY 2014, *The Seville principles. International principle of Virtual Archaeology*, <<http://smarthheritage.com/wp-content/uploads/2015/03/FINAL-DRAFT.pdf>> (05/21).
- ISIDORO DA SIVIGLIA, *Etymologiae, libro XV, II. DE AEDIFICIIS PVBLICIS, 2.1*, <<https://www.the-latinlibrary.com/isidore/15.shtml>> (05/21).
- LUIGINI A. (ED.) 2019, *Proceedings of the 1st International and Interdisciplinary Conference on Digital Environments for Education, Arts and Heritage*, Earth 2018, Springer International Publishing, Berlino.
- MAIETTI F., BALZANI M. 2020, *Data acquisition protocols and semantic modelling of the historical-architectural heritage: the INCEPTION project*, in *Digital & documentation. Digital strategies for cultural heritage vol.2*, eds. M. Lo Turco et al., University Press, Pavia, pp.83-95.
- MANETTI R. ET AL. 1979, *Firenze: le porte dell'ultima cerchia di mura*, Clusf, Firenze.
- MANETTI R. 1980, *Michelangiolo: le fortificazioni per l'assedio di Firenze*, LEF, Firenze.
- MORINI M. 1963, *Atlante di storia dell'urbanistica*, Hoepli, Milano.
- MUMFORD L. 1990, *La città nella storia*, Bompiani, Milano (ed. or. 1961).
- NORBERG SCHULZ C. 1984, *L'abitare. L'insediamento, lo spazio urbano, la casa*, Electa, Milano.
- PESCARIN S. 2020, *Esperienze interattive nei musei: dieci regole d'oro*, in PESCARIN S. (ed.), *Video games, Ricerca, Patrimonio Culturale*, FrancoAngeli, Milano, pp. 89-127, <https://ojs.francoangeli.it/_omp/index.php/oa/catalog/book/538> (05/21).
- PETRILLI E. 2017, *Le mura urbane di Firenze: da Porta S. Miniato a Porta S. Giorgio, il rilievo per la valorizzazione*, in *Scienze dell'architettura (BO08)*, Università degli Studi di Firenze, non pubblicato.
- POGGI G., f. LXVI, 1, Archivio Poggi, Archivio Stato Firenze.
- PUMA P. 2012, *Local cultures, global heritage: surveying, collecting, communicating-new information models for knowledge and dissemination of cultural heritage*, in O. NIGLIO (A CURA DI), *Paisaje cultural urbano e identitat territorial*, Aracne, Roma, pp. 600-608.
- PUMA P. 2017, *Tourism and heritage: integrated models of surveys for the multi-scale knowledge and dissemination of the historical towns, the architecture, the archaeology*, in A. CRUZ REAES PINTO (ED.), *Heritage VS tourism*, Universidade Lusiana, Lisbona, pp. 120-132.
- PUMA P. 2018, *Multidisciplinary experiences of virtual heritage for the documentation of architecture and archaeology within the DigitCH Group – Digital Cultural Heritage Group*, in IOANNIDES M. ET AL. (EDS.), *Digital Heritage Progress in Cultural Heritage: Documentation, Preservation, and Protection, Proceedings*, Springer International Publishing, Heidelberg, pp. 242-252.
- REMONDINO F., CAMPANA S. 2014, *3D Recording and Modelling in Archaeology and Cultural Heritage. Theory and best practices*, BAR International Series 2598, Archaeopress, Oxford.
- RIKWERT J. 1981, *L'idea di città, antropologia della forma urbana nel mondo antico*, Adelphi, Milano.
- RINALDI A. 2008, *Sul limitare della città: storia e vita delle mura urbane tra Seicento e Ottocento*, Edifir, Firenze.
- RYABININ K. ET AL. 2019, *Cyber-Physical Museum Exhibits Based on Additive Technologies, Tangible Interfaces and Scientific Visualization*. «Scientific Visualization», 11, pp. 27-42.
- SABELLI R., 2016, *Il progetto strategico di ricerca FIMU – Le mura urbane e il sistema difensivo di Firenze*, «Restauro Archeologico», vol. 24 (2), pp. 94-113.



SCAMPOLI E. 2010, *Firenze, archeologia di una città*, FUP, Firenze.

VANNINI G. 2008, *'Florentia' altomedievale: le mura carolingie, storia e topografia di un mito di fondazione*, in L. PANI ERMINI (A CURA DI), *Metodologia, insediamenti urbani e produzioni. Il contributo di Gabriella Maetzke e le attuali prospettive delle ricerche*, Disbec, Viterbo, pp. 437-478.

VANNINI G., SCAMPOLI E. 2007, *'Florentia' fra tardoantico e altomedioevo: un quadro topografico*, in R. M. BONACASA CARRA, E. VITALE (A CURA DI), *La cristianizzazione in Italia fra tardoantico ed altomedioevo*, Saladino, Palermo, pp. 843-868.

Note

¹ Nell'ambito dell'edificazione di questo circuito nel 1284 vengono costruite le tre importanti Porte alla Croce, Porta San Gallo e Porta al Prato (Fanelli, 1973, p. 66).

² Una trattazione ampia ed approfondita degli impatti percettivi anche sugli spazi urbani collegati alle mura ed alle strutture puntuali superstiti delle principali porte urbane, è reperibile nell'analisi critica del contesto sviluppata in *Immagine urbana. Temi e progetti per lo spazio pubblico nel Centro Storico di Firenze* (Bini et al., 2016); ad esso si rimanda in particolare per quanto riguarda le letture condotte con la metodologia del rilievo critico effettuato per individuare le componenti visibili dello spazio pubblico ai fini della valutazione di impatto propedeutica al Piano di Gestione del sito Unesco di Firenze.