

MARINA MARCELLI¹, CRISTINA CARTA², CHIARA BARANELLO³

UN SISTEMA INFORMATIVO GEOGRAFICO PER LA
GESTIONE E IL MONITORAGGIO DEI GRANDI COMPLESSI
MONUMENTALI LINEARI DI ROMA (MURA E ACQUEDOTTI).
UN FOCUS SUL SETTORE M DELLE MURA AURELIANE⁴

Il Progetto Osservatori e il Progetto Prothego: un laboratorio per il monitoraggio multidisciplinare delle mura e degli acquedotti di Roma

Un gruppo di lavoro della Sovrintendenza Capitolina è impegnato da diversi anni nella messa a punto di metodologie per la mappatura del degrado dei grandi complessi monumentali lineari di proprietà capitolina con la consapevolezza che la corretta gestione dei beni culturali non possa prescindere dall'analisi dell'ambiente che li contiene, sia dal punto di vista fisico che da quello storico e culturale. È una linea di studio che presuppone lo sviluppo di progetti interdisciplinari, nei quali specialisti di differenti ambiti trovino una effettiva occasione di confronto dei dati e dove la costante comparazione delle procedure impiegate e dei risultati prodotti confluisca in un percorso di conoscenza condiviso. Programmare attività di ricerca proprie delle diverse discipline, sviluppando una piattaforma comune per l'integrazione di diversi set di dati, ha portato a definire e implementare adeguate metodologie di indagine.

Fin dal momento della sua costituzione questa attività trasversale è stata caratterizzata da una visione del monitoraggio inteso come integrato, prevedendo la collaborazione di archeologi, storici dell'arte, architetti, restauratori, ingegneri e informatici quali competenze indispensabili per lo studio del bene. Se si considera, inoltre, che nella maggior parte dei casi le istituzioni pubbliche e, in particolare, gli Enti Locali, sono gravate da problemi di bilancio o si trovano a decidere in situazioni di urgenza, è evidente come la messa in campo di una proposta con carattere di immediata operatività assuma particolare importanza nella strategia gestionale del patrimonio culturale.

Il *Progetto Osservatori* è nato dall'esigenza di contenere, attraverso una manutenzione programmata, l'avanzare dei fenomeni di degrado, dovuti

¹ Sovrintendenza Capitolina ai Beni Culturali; marina.marcelli@comune.roma.it.

² Sovrintendenza Capitolina ai Beni Culturali; cristina.carta@comune.roma.it.

³ Sapienza Università di Roma; chiara.baranello@hotmail.it.

⁴ Benché il lavoro sia frutto di un lavoro comune, il primo paragrafo è da attribuire a Cristina Carta, il secondo a Marina Marcelli e il terzo a Chiara Baranello.

soprattutto ad agenti atmosferici e antropici e si è posto come obiettivo la definizione del programma degli interventi prioritari e la conseguente individuazione delle risorse economiche da stanziare. È quindi un necessario strumento di supporto scientifico e amministrativo per le decisioni operative della Sovrintendenza Capitolina⁵.

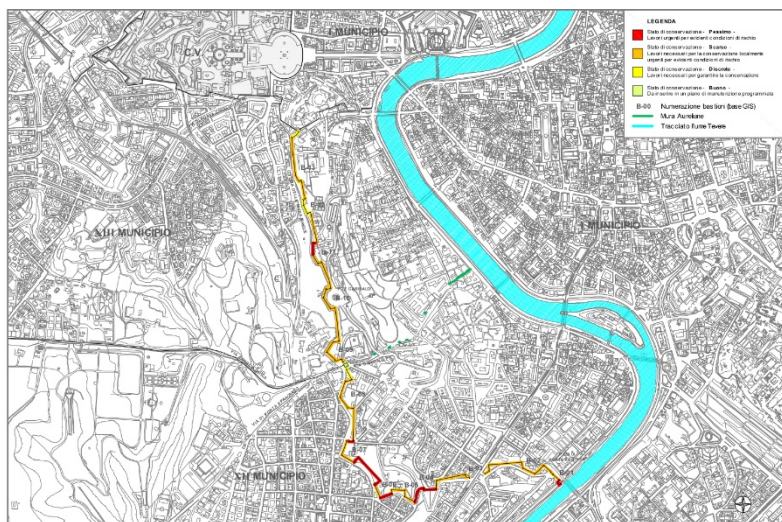


Figura 1. Mura Gianicolensi: visualizzazione dei livelli di criticità (*Progetto Osservatori*)

Oggetto dell'analisi sono le mura Aureliane e Urbaniane, e gli acquedotti d'epoca romana e cinque-seicentesca (Alessandrino, Neroniano, Vergine, Felice, Traiano Paolo), beni la cui poderosa estensione pone oggi non poche difficoltà relative alla conservazione, considerando che le sole attività ispettive richiedono l'impiego di notevoli risorse professionali e finanziarie (fig. 1). Alcuni dati dimensionali possono aiutare a comprendere l'eccezionalità dei problemi imposti dalla gestione di questi manufatti. A titolo esemplificativo si può citare l'acquedotto Traiano Paolo, il cui tracciato di circa 57 chilometri, fra tratti in elevato e tratti ipogei, attraversa non solo cinque municipi dell'amministrazione capitolina, ma anche altri quattro comuni intorno all'area del Lago di Bracciano, ove avvengono le captazioni dalle diverse sorgenti (Cifarelli, Marcelli, 2018)⁶. Altrettanto critiche si presentano le attività legate alla manutenzione del circuito di Aureliano, con quasi 13 chilometri conservati dei 19 originari, inglobati nel tessuto urbanistico di una metropoli.

⁵ Il progetto è stato realizzato nell'ambito di un gruppo interdisciplinare composto da archeologi, architetti, storici dell'arte, archivisti, ingegneri strutturisti, restauratori, fotografi della Sovrintendenza capitolina e della Società Zètema Progetto Cultura s.r.l. L'applicativo GIS è stato sviluppato da Luca Sasso D'Elia, con il contributo di Gianluca Schingo per i dati cartografici. Il progetto è stato presentato da Carta et al. (cs).

⁶ I Comuni di Bracciano, Manziana, Trevignano Romano, Anguillara Sabazia.

Il *Progetto Osservatori* si presenta dunque come la risposta applicativa alla necessità di una manutenzione programmata, intesa quale effettiva garanzia per la conservazione del patrimonio, presupposto fondante per l'attività istituzionale di salvaguardia.

Obiettivo primario è stato quello di realizzare un sistema costituito da una banca dati GIS, facilmente interrogabile, finalizzata alla raccolta, all'archiviazione, all'elaborazione e all'aggiornamento della documentazione necessaria ad attuare la gestione delle attività di manutenzione e conservazione. L'applicativo è basato su una struttura informativa territoriale, in cui è possibile esplorare un database contenente sia i dati provenienti dai sopralluoghi (valutazioni sullo stato di conservazione e documentazione fotografica) che quelli d'archivio (rilievi, progetti, bibliografia, archivio corrente dell'amministrazione)⁷.

Per portare a termine la fase propedeutica alla corretta registrazione nel database delle schede di sopralluogo, l'attività del settore cartografico si è svolta principalmente in due fasi: identificazione e mappatura dei tracciati (anche tramite studio comparativo della cartografia storica) e restituzione in poligoni GIS dei dati geografici relativi agli oggetti del monitoraggio (*torri, porte, tratti* per quanto riguarda le mura Aureliane, *bastioni* e *tratti* per le mura Gianicolensi, moduli di 3 arcate e relativi piloni per gli acquedotti)⁸. In base alle ricognizioni sul campo si è successivamente proceduto alla integrazione, rimozione o correzione dei poligoni.

Nel corso dei sopralluoghi, attraverso strutturate osservazioni visive e registrazioni puntuali, sono state avanzate valutazioni sullo stato di rischio basate su parametri di vario tipo, quali ad esempio l'attacco biologico, il degrado strutturale, il degrado delle superfici, fenomeni di umidità. Attualmente ci si sta focalizzando sui fattori antropici più significativi che sono la causa più frequente del degrado strutturale: tecniche costruttive di fasi diverse, edifici preesistenti incorporati nelle mura, demolizioni e tagli per l'espansione urbana, interventi conservativi antichi e moderni, superfetazioni e atti di vandalismo. A queste cause si aggiungono le demolizioni e i tagli per le ferrovie, vibrazioni e movimenti provocati dal traffico, corrosione delle superfici lapidee dovute a inquinamento (fig. 2).

⁷ Il monitoraggio dei 17 chilometri delle Mura urbane ha consentito di realizzare una documentazione che comprende 672 records di catalogo, 10.000 foto digitali, 16.810 documenti d'archivio, 730 rilievi, 89 progetti. Dei cinque acquedotti "osservati" lungo 18.400 chilometri per 2 fronti, sono state redatte 635 schede di monitoraggio, realizzate e inserite nel data base 14.000 fotografie di sopralluogo, sistematizzate circa 5.000 foto di archivio e 250 rilievi.

⁸ La necessità di attribuire una denominazione univoca, si è scontrata, peraltro, con una lacuna presente nella letteratura scientifica. Mentre per le mura Aureliane per convenzione ci si avvale della numerazione progressiva delle torri proposta da Richmond, 1930, allo stato attuale non esiste una numerazione codificata dalla comunità scientifica per i bastioni delle mura Urbaniane e per gli acquedotti analizzati.

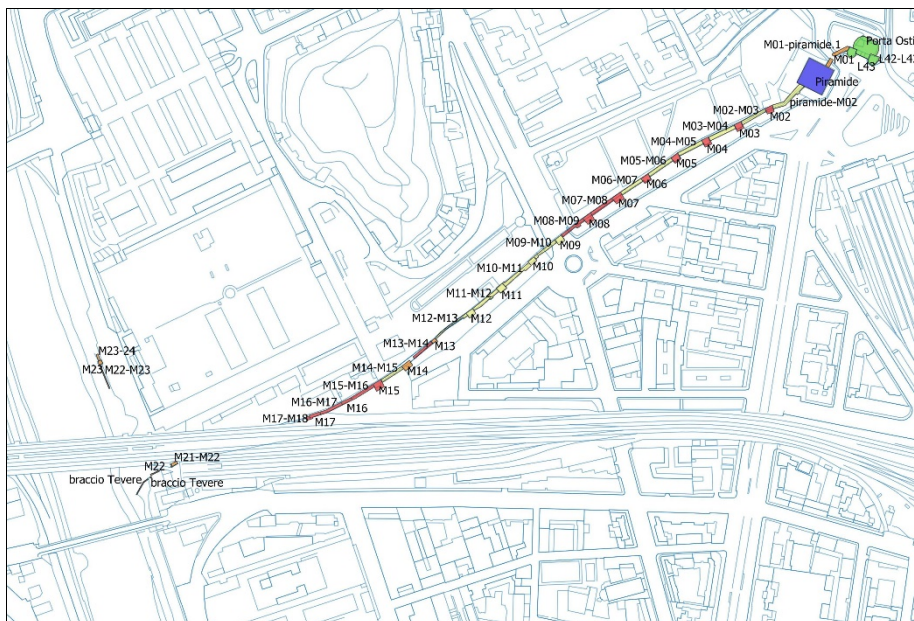


Figura 2. Mura Aureliane, settore M: visualizzazione dei livelli di criticità (*Progetto Osservatori*, elaborazione GIS Cristina Carta)

Sono state così individuate le priorità per evidenti condizioni di rischio⁹ ed è stata redatta una planimetria in cui sono segnalate le principali criticità nonché delle schede sintetiche e di approfondimento, che danno indicazioni sugli interventi necessari e sulla stima sommaria dei costi e dei tempi. La capacità di estrarre rapidamente dal sistema informazioni aggiornate provenienti dai sopralluoghi sullo stato di conservazione, è oggi sufficientemente avanzata per elaborare in tempi brevi progetti di restauro, anche in situazioni di emergenza, ottimizzando gli strumenti per azioni mirate sul monumento.

Per potenziare l'attività di contrasto ai fenomeni descritti, grazie ai dati dal *Progetto Osservatori*, dal 2015 il centro storico di Roma, e in particolare le Mura, è incluso nel Progetto europeo *Prothego* (*Protection of European Cultural Heritage from Geohazards*). Si tratta di uno studio sui pericoli naturali applicato ai circa 400 siti Unesco europei, finalizzato alla realizzazione di un atlante dei rischi a difesa del patrimonio culturale, che si avvale del confronto tra rilevazioni satellitari e pericoli naturali previsti, oltre ad una verifica "a terra" delle deformazioni rilevate dall'alto (fig. 3). La Sovrintendenza, con la

⁹ Le tipologie d'intervento sono state definite in relazione alla valutazione della loro priorità, attribuendo un valore alto alle situazioni in cui il differimento dei lavori porterebbe ad un evidente rischio per l'utenza o alla perdita progressiva di parti del manufatto. Nello specifico, sono stati classificati quattro livelli di rischio: lavori urgenti per evidenti condizioni di rischio; lavori necessari per garantire la conservazione; lavori necessari per garantire fruibilità e sicurezza; da inserire in un programma di manutenzione programmata.

collaborazione tecnica dell'ISPRA (Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale), partecipa al progetto in qualità non solo di Associate partner, ma anche di Demonstration site stakeholder. Il centro storico di Roma è stato infatti selezionato quale sito dimostrativo tra le cinque aree pilota per la sperimentazione e ha svolto un ruolo cruciale per la calibrazione della metodologia del progetto alla scala di sito (Carta et al., 2017).

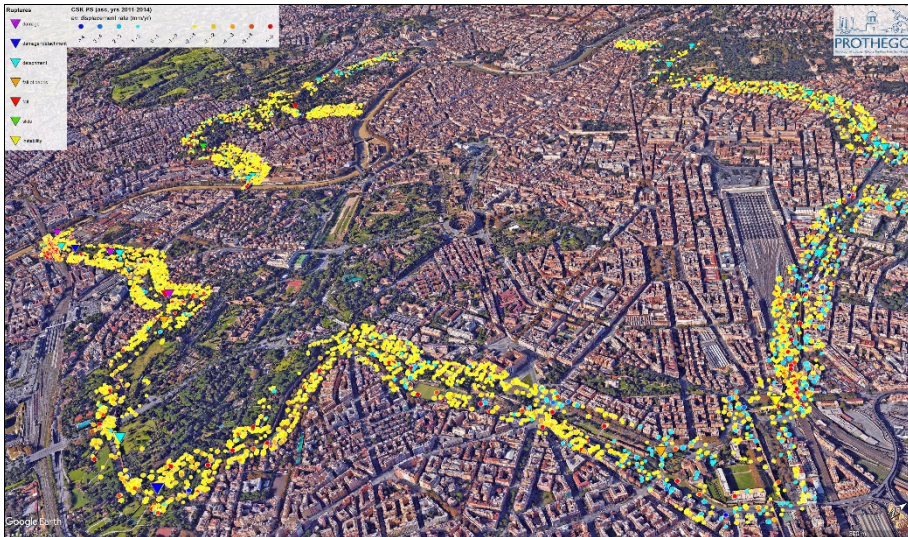


Figura 3. Progetto Prothego: visione d'insieme dei permanent scatterer (PS) sull'intera cinta muraria (elaborazione Gabriele Leoni, Daniele Spizzichino)

L'impiego di una tecnologia innovativa basata sull'interferometria satellitare (InSAR)¹⁰, applicata ai territori potenzialmente soggetti ai cosiddetti geo-hazards (frane, terremoti, subsidenza, vulcanismo), consente di misurare qualsiasi spostamento superficiale del territorio e/o del bene culturale sotto esame. L'integrazione delle informazioni telerilevate attraverso analisi di sito e modellazione avanzata ha permesso di classificare i siti europei più esposti a rischio.

Per quanto riguarda le mura di Roma, è stata realizzata una mappa della velocità di spostamento verticale, su base millimetrica, dei punti monitorati tra il 2011-2014 lungo il circuito e nelle aree immediatamente circostanti (fig. 4). I dati di spostamento del terreno per sette specifici casi di studio derivanti dall'analisi PSInSAR sono stati messi a confronto con i dati di rilevamento in situ della fragilità geologica, al fine di elaborare un modello interpretativo dei

¹⁰ La tecnica dei Permanent scatterers (PS) è stata sviluppata da Ferretti et al. (2000) a supporto del monitoraggio di dissesti geologici e fenomeni deformativi in genere. Si tratta di punti selezionati in ragione della loro alta coerenza temporale, quindi caratterizzati da una stabilità delle caratteristiche riflettenti.

danni osservati, che attraverso l'analisi integrata fornisca un importante contributo nella definizione delle priorità di intervento.

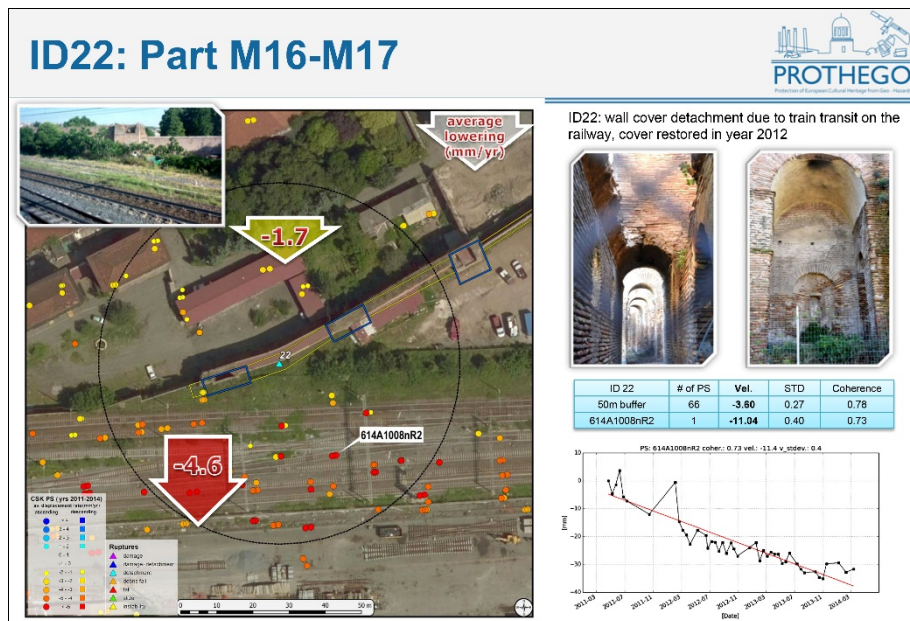


Figura 4. Progetto ProtheGO: permanent scatterer (PS) individuati dal satellite nel settore M (elaborazione Gabriele Leoni, Daniele Spizzichino)

Il settore M delle mura Aureliane: stato conservativo e criticità

Le mura Aureliane, con un circuito di circa 19 km, costituiscono il principale segno territoriale antropico dell'area urbana romana, risultato di una stratificazione eccezionale di quasi 18 secoli di storia¹¹ (fig. 5). Costruite sotto l'imperatore Aureliano tra il 271 ed il 275 per difendere la capitale dell'Impero, hanno preservato nei secoli la loro originale funzione, trasferendola a protezione della città pontificia (Giovanetti, 2017). Di fatto le mura costituiscono un palinsesto di attività e tecniche edilizie che dal III secolo d.C., o prima, se si considerano i manufatti precedenti inglobati, giunge fino al XIX secolo. Nel tempo, restauri, rifacimenti e ampliamenti hanno modificato l'aspetto originario senza cancellarlo, includendo nuove aree strategiche della città come il Vaticano e il Trastevere. Nel corso di questo lungo periodo, come si evince anche dall'analisi delle cartografie storiche, in seguito alla contrazione dell'abitato, le mura progressivamente includono ampi lembi di *disabitato* urbano, assumendo nel contempo la funzione di cinta daziaria.

¹¹ Sulle mura Aureliane in generale si veda Brizzi (1995); Mancini (2001); Dey (2011) ed Esposito et al. (2017), con bibliografia precedente.

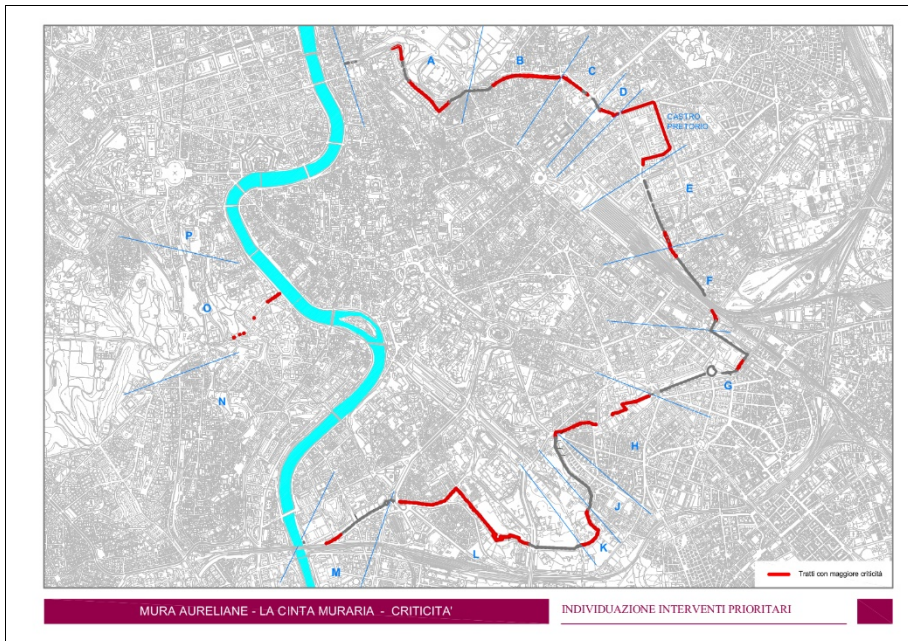


Figura 5. Pianta delle mura Aureliane nello stato conservativo attuale con evidenziati i tratti di maggiore criticità (*Progetto Osservatori*)

Dopo secoli di gestione camerale, con il *Motu proprio* di Pio IX del 2 ottobre 1847, nell'ambito di una generale riforma dello Stato Pontificio, la proprietà e quindi le competenze sulle mura urbane vengono assegnate al nuovo Municipio romano. A seguito della presa di Roma nel 1870, venuta meno la loro originale funzione difensiva, le mura cadono in disuso, conservando unicamente il ruolo di barriera daziaria. Con l'espansione urbana determinata dal nuovo ruolo di capitale, il circuito viene frazionato dai varchi aperti per creare la viabilità di connessione con le nuove aree di espansione suburbane. La continuità della cinta viene interrotta e frammentata, mentre alle strutture antiche si addossano nuove costruzioni, rendendone difficile la percezione unitaria. Il risultato è un'alternanza di tratti antichi conservati o ridotti a rudere, con successive integrazioni realizzate per garantire la funzione difensiva e la conservazione del monumento. La mole e la complessità della struttura, le discontinuità murarie ed edilizie, il degrado e l'abusivismo sono solo alcuni dei fattori che mettono a rischio la conservazione di questo straordinario monumento, per il quale risulta sempre più urgente mettere in atto efficaci strategie di monitoraggio e manutenzione.

A causa della sua complessità ed estensione, la cinta di Aureliano viene tradizionalmente divisa nella letteratura scientifica in settori radiali tra porta e porta, contraddistinti con segni alfabetici maiuscoli, in senso orario da N a S¹².

Il tratto oggetto di quest'analisi (settore M), si estende dall'antica *porta Ostiensis* (oggi porta San Paolo) fino al Tevere, includendo larga parte della piana alluvionale fluviale oggi nota come Testaccio, dal romano *Mons Testaceus*, formatosi nel tempo con gli scarti del materiale anforeo (*testae*) che sbarcava nel vicino porto fluviale (*emporium*; fig. 6). L'edificazione della cinta difensiva di Aureliano costituì un punto di svolta nell'urbanizzazione del quartiere commerciale che si sviluppava in questa zona, determinando l'abbandono di una parte dei complessi portuali (da quel momento *extra moenia*) e rendendo difficoltoso l'accesso a quelli inclusi all'interno delle mura¹³. Il tracciato delle mura nella sua porzione S-O è oggi intuibile con difficoltà a causa della sparizione di gran parte del tratto che costeggiava il Tevere e dei pesanti interventi e tagli effettuati per l'industrializzazione del quartiere a partire dalla fine del XIX secolo.

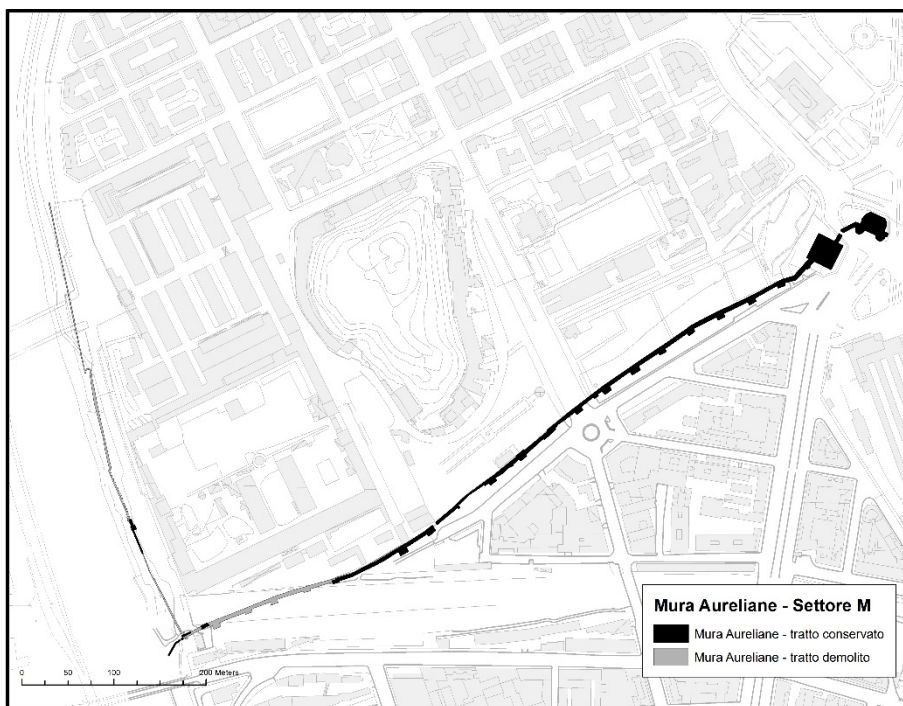


Figura 6. Planimetria del settore M delle mura Aureliane (elaborazione GIS Marina Marcelli)

¹² La prima identificazione moderna dei tratti si deve a Richmond (1930).

¹³ Sugli effetti determinati dall'edificazione delle mura sulle strutture portuali: Serlorenzi (2012, pp. 424-427 e 442).

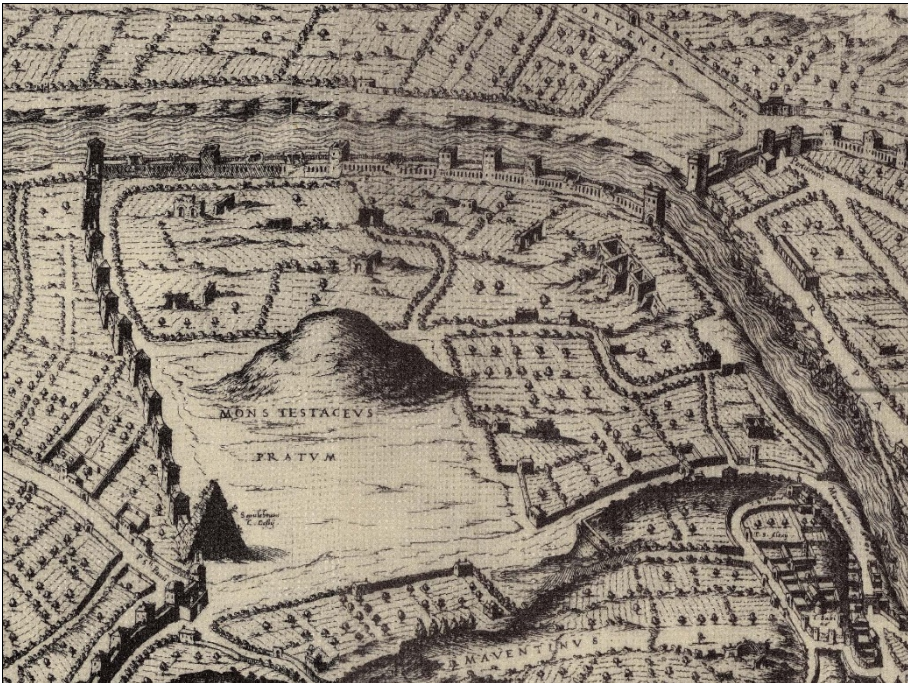


Figura 7. Pianta di Roma di Stefano DuPerac, edita da Antonio Lafréry, 1577, dettaglio dell'area di Testaccio (da Frutaz, 1962, tavv. 248-249)

L'originale percorso è in parte ricostruibile con l'ausilio della cartografia storica e della documentazione d'archivio. Già da alcune carte e vedute del XVI- XVII secolo è possibile ricostruire l'andamento e l'aspetto di questo tratto di mura¹⁴ (fig. 7), ma è soprattutto la nuova pianta di Roma di Giovanni Battista Nolli del 1748, la cui precisione metrica e scalare consente un'esatta georeferenziazione sulla base moderna, con un immediato raffronto fra gli isolati settecenteschi e la topografia attuale, a permetterci di ricostruire il perimetro delle mura conservate a quella data. Da *porta Ostiensis* le mura piegavano verso S-O in direzione del Tevere, con un percorso lungo circa 900 m, all'inizio del quale era inglobato il sepolcro a piramide di Caio Cestio¹⁵ e si apriva una posterula, oggi ampiamente rimaneggiata. In questo tratto è possibile ricostruire la presenza di ventidue torri, articolate secondo la consueta scansione ogni 30 m (100 piedi romani) di muro lineare. Nello stato attuale il muro si conserva in prevalenza nei suoi rifacimenti medievali e post-medievali,

¹⁴ Fra le principali si ricordano quelle di Leonardo Bufalini (1551), Pirro Ligorio (1553), Ugo Pinard (1555), Francesco Paciotti (1557), Mario Cartaro (1575), Stefano Du Perac (1577), Giovanni Battista Falda (1676). Vedi Frutaz (1962, tavv. 32, 208-209, 222b, 223, 228, 237, 248-249, 429).

¹⁵ Molto si è scritto sulle inclusioni di precedenti edifici, dettate dall'esigenza di non lasciare al di fuori della cerchia muraria strutture che potessero essere fortificate in funzione di capisaldi di assedio alla città (Ridley, 1992).

dei quali particolarmente incisivo e monumentale è quello effettuato sotto il pontefice Niccolò V (1447-1455), ben individuabile dagli stemmi pontifici inseriti nelle alte torri su via di Campo Boario (fig. 8). Giunte alle sponde del fiume, le mura curvavano bruscamente verso N, formando un angolo retto per allinearsi al corso del Tevere, che costeggiavano per circa altri 900 m, per poi proseguire sulla sponda destra, in corrispondenza della scomparsa *porta Portuensis*. Il punto di svolta delle mura sulla riva era fortificato da una torre angolare connessa ad un tratto di muro che si dirigeva trasversalmente verso il Tevere, concludendosi con un'altra torre a controllo dell'accesso fluviale.



Figura 8. Anonimo, Veduta delle Mura Aureliane nei pressi della Porta San Paolo, XIX secolo (Museo di Roma, Archivio fotografico)

Il braccio parallelo alle sponde, dai riscontri cartografici, conservava fino al XVI secolo ancora diciotto torri, benché prive di copertura e in gran parte ridotte a rudere, e il camminamento interno individuabile da una serie di arcature. Non disponiamo di documentazione su un eventuale braccio di attraversamento del Tevere. Il progressivo deterioramento delle mura lungo il fiume, attestato dal XVI secolo in poi, a fronte del buono stato conservativo del braccio meridionale, sembrerebbe confermare che le imponenti opere di restauro effettuate da papa Niccolò V a metà del XV secolo abbiano riguardato solo quest'ultimo, come testimoniato dalle tre torri con stemma pontificio su via di Campo Boario.

Il tratto oggi più conservato infatti, pur se nelle sue fasi medievali e post-medievali (Mancini, 2001, pp. 37-80), è quello meridionale, tra porta San Paolo e il fiume, ben percepibile in tutta la sua altezza dall'esterno, mentre internamente è in parte nascosto dai potenti interri, talvolta di notevole spessore, costituitisi nei secoli e utilizzati a partire dal XVIII secolo come aree di sepoltura, dando origine al cimitero dei protestanti (oggi acattolico) e, dopo il secondo conflitto mondiale, al cimitero dei caduti in guerra del Commonwealth.

Del settore angolare delle mura, distrutto all'inizio del '900 per la realizzazione del nuovo ponte ferroviario (Marcelli, 2011, pp. 84-85 e 2018), si conservano solo alcuni piccoli tratti a sud della ferrovia, poco visibili a causa della vegetazione, e parte del muro che connetteva le fortificazioni al Tevere, di spessore minore e costruito su un terreno declinante verso il fiume. Recenti sondaggi archeologici hanno dimostrato come le fondazioni e una parte consistente dell'elevato della torre angolare sul fiume siano conservate nel sottosuolo, per un'altezza totale di circa 9 metri, di cui probabilmente circa 4,50 in origine fuori terra (Marcelli, Moffa, 2014, pp. 370-373). Del tratto che fiancheggiava il Tevere si conserva oggi solo una torretta, fortemente rimaneggiata nel Medioevo, con un breve tratto di cortina muraria (fig. 9) seminascosta dalla vegetazione e dagli insediamenti abusivi sorti sulla sponda del fiume.



Figura 9. Mura Aureliane, torre sulla riva del Tevere (foto Marina Marcelli, 2013)

Il precario stato conservativo delle mura su questo versante è dovuto ad una molteplicità di fattori, ambientali ed antropici. In primo luogo la vicinanza del fiume, impattante per l'azione meccanica diretta sulle murature provocata dalle piene e dalle esondazioni stagionali¹⁶, a cui si aggiunge la sua importante funzione di vettore storicamente utilizzato per l'accesso incontrollato alla città durante periodi bellici o, in generale, per aggirare la cinta daziaria. Un secondo

¹⁶ Sulle dinamiche del Tevere nel corso del tempo si veda Matteucci et al. (2013) con bibliografia.

importante fattore è costituito dal substrato geologico della piana sub-aventina, caratterizzata dalla presenza di sedimenti alluvionali fini olocenici, misti a livelli torbosi, e fortemente soggetta a subsidenza per compattazione dei terreni di fondazione (Campolunghi et al., 2008). I dati risultanti dalle analisi del progetto *Prothego* (Carta et al., 2017) confermano, nel periodo in esame, per il settore delle mura di Testaccio, un abbassamento costante del suolo compreso fra i 2 e i 3 mm all'anno, con valori molto più elevati (anche superiori a 5 mm) in corrispondenza del rilevato ferroviario, posto direttamente a ridosso del muro e costituito, come sappiamo da fonti d'archivio (Marcelli, 2011 e 2018), dagli stessi materiali risultanti dalle demolizioni delle mura.

Non va trascurato, inoltre, l'impatto di un'urbanizzazione moderna precoce, avviata già nella seconda metà del XIX secolo per l'insediamento dei nuovi complessi industriali (in particolare il Mattatoio) e affiancata dagli interventi di arginatura del Tevere, che provocarono la distruzione di quasi tutto il tratto che costeggiava il fiume, oltre che di importanti testimonianze della città antica (Gatti, 1936; Le Gall, 2005, pp. 213-219 e 352-353). Particolarmente devastante fu la realizzazione del nuovo viadotto ferroviario fra Trastevere e Ostiense nel 1911, che comportò, come si è detto, la demolizione di un tratto di mura prossimo al fiume lungo oltre 300 metri (Marcelli, 2018). Alle conseguenze di questo radicale intervento, dobbiamo aggiungere l'effetto prolungato delle sollecitazioni meccaniche dovute alle vibrazioni provocate dal passaggio dei treni a diretto contatto con le strutture residue. Un ulteriore elemento critico è costituito dalla stessa presenza dei terrapieni usati come sede dei cimiteri monumentali che, se da un lato hanno salvaguardato le mura da un'edificazione incontrollata a ridosso delle strutture antiche, mettono a rischio la conservazione dei muri sottoposti alla spinta di centinaia di m³ di terra e alle infiltrazioni d'acqua in percolazione al loro interno.

Infine non va sottovalutata la generalizzata situazione di degrado urbano dell'intero settore, interessato da fenomeni di abusivismo edilizio, insediamenti spontanei e non legalizzati e ripetuti atti vandalici, agenti incontrollati di un progressivo deterioramento delle strutture antiche.

La particolare fragilità di questo comparto delle mura urbane ha reso necessaria la realizzazione di uno studio più analitico delle componenti strutturali e delle loro criticità e discontinuità, propedeutica alla realizzazione di una "carta del rischio" finalizzata al monitoraggio e alla definizione delle strategie d'intervento necessarie alla conservazione del bene, nella quale trovino spazi analisi di tipo tradizionale ma anche l'impiego di nuove tecnologie diagnostiche e di rilevamento¹⁷ (fig. 2).

¹⁷ Il settore M delle mura Aureliane è stato recentemente oggetto di un workshop dedicato, nell'ambito del forum «Technology for All» (*Metodi di rilievo e monitoraggio in test sulle Mura Aureliane*, Roma, ISA 5 ottobre 2018).

Dallo studio alla mappatura del settore M. Una proposta di aggiornamento del Progetto Osservatori

L'approfondimento di seguito presentato è parte di un lavoro, sviluppato nell'ambito del *Progetto Osservatori*, che ha interessato le mura di viale del Campo Boario (fig. 10) e che si intende allargare in futuro all'intero settore M. Partendo dall'osservazione diretta della struttura conservata in superficie, ci si è posti il duplice obiettivo di capire l'articolazione del corpo difensivo in questo tratto e di individuare gli elementi di discontinuità delle cortine, quali tagli, aperture, ripristini o superfetazioni, che costituiscono i punti deboli dello strato epidermico della cinta e risentono in misura maggiore dei danni conseguenti alle sollecitazioni meccaniche e all'azione dell'acqua. Tali discontinuità sono state graficizzate in tavole realizzate su software CAD e collegabili con la piattaforma GIS del *Progetto Osservatori*, per restituire una visione di dettaglio dello stato conservativo del monumento, che possa essere consultata in fase di monitoraggio e di progettazione di eventuali interventi di restauro.

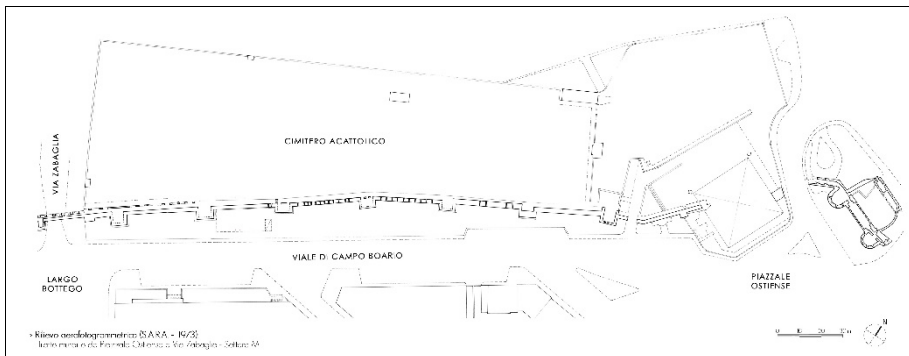


Figura 10. Mura Aureliane, rilievo aerofotogrammetrico del tratto compreso tra porta San Paolo e largo Botteghe (S.A.R.A. 1973)

Si tratta di un lavoro preliminare, che intende coniugare le informazioni derivate dall'analisi autoptica con i dati in corso di acquisizione tramite tecnologia satellitare SAR, per ottenere una mappatura aggiornata dello stato fessurativo delle cortine e dei principali fattori di rischio, che minano la conservazione e la fruibilità stessa delle mura.

Per una migliore comprensione dei temi affrontati, è opportuno accennare brevemente alle caratteristiche strutturali delle mura nelle due principali fasi edilizie antiche¹⁸: l'edificazione del primo impianto sotto l'imperatore Aureliano, al tramonto del III secolo d. C., documentata da Flavio

¹⁸ A guidare la stesura del paragrafo sono stati i contributi di Richmond (1930) e Colini (1944), insieme alle osservazioni in alcuni appunti di Lucos Cozza conservati nell'archivio della Sovrintendenza Capitolina.

Vopisco (*Vita Aureliani*, 21, 9) e da numerose altre fonti (Richmond, 1930, pp. 27-29), e il grande rifacimento promosso da Onorio, a distanza di oltre un secolo, in risposta alla crescente minaccia visigota (Claudiano, *De sexto consulatu Honorii Augusti*, 529-536).

L'opera difensiva di Aureliano presentava un'altezza di 8 m e uno spessore di 3,50 m e si componeva di un nucleo centrale in cementizio e blocchetti di tufo, rivestito da laterizi prevalentemente di riuso. A intervalli regolari, nell'intero spessore del muro erano stati predisposti ricorsi di bipedalí¹⁹, necessari a livellare e a garantire maggiore coesione al corpo di fortificazione in fase di assestamento strutturale. Sulla sommità del muro di cinta, stretto tra due torri di guardia, si impostava il corridoio percorso dai soldati per esercitare le funzioni di controllo: al tempo di Aureliano, esso si presentava privo di copertura e delimitato verso l'esterno da un parapetto merlato. Al cammino di ronda si accedeva tramite una scala, ricavata nel basamento delle torri che fiancheggiavano le porte, e attraversando una camera di manovra, a pianta quadrangolare, illuminata da finestre (due affacciate verso l'esterno e una sugli altri due lati). Dalla camera si dipartiva una rampa ulteriore, che consentiva di raggiungere la terrazza scoperta, presente sulla sommità di ciascuna torre (fig. 11 a).

Tra il 401 e il 403 d.C., fu promosso da Onorio il primo grande intervento di modifica delle mura. Il nuovo progetto non ridefinì l'assetto perimetrale della cinta, che rimase invariato, né il suo spessore complessivo, mentre fu modificata l'altezza, raddoppiata da 8 a 16 m. Il camminamento assunse l'aspetto di una galleria voltata, con copertura a botte, aperta verso la città tramite ampie arcate e chiusa verso l'esterno da un parapetto. I merli che decoravano il profilo esterno della cortina di prima fase vennero distrutti o inglobati nella nuova muratura. La galleria comunicava con l'esterno attraverso un sistema di feritoie per arcieri, distribuite in numero non costante. Sopra la galleria venne realizzato un secondo camminamento, a cielo aperto e delimitato esternamente da un parapetto merlato. Il percorso di ronda superiore era raggiungibile da una seconda camera di manovra, in quota con esso, ricavata al di sopra della prima stanza e al posto della terrazza scoperta di Aureliano (fig. 11 b).

Con Onorio le mura di Roma raggiunsero la massima elevazione e il più alto grado di articolazione strutturale. I rifacimenti continui e le modifiche a cui la cinta fu sottoposta in seguito si spiegano con la necessità di rispondere alle mutate esigenze difensive, alle nuove teorie poliorcetiche, nonché alle caratteristiche di assetto territoriale e alle dinamiche storiche che hanno coinvolto i contesti. È questo il motivo per cui le mura non si possono considerare nella propria interezza, benché frutto di un progetto organico e unitario, ma trovano un senso nei singoli segmenti e nello spazio storico e geografico nei quali essi si collocano e assieme al quale si trasformano.

¹⁹ Si tratta di laterizi quadrati di due piedi di lato (cm 59).

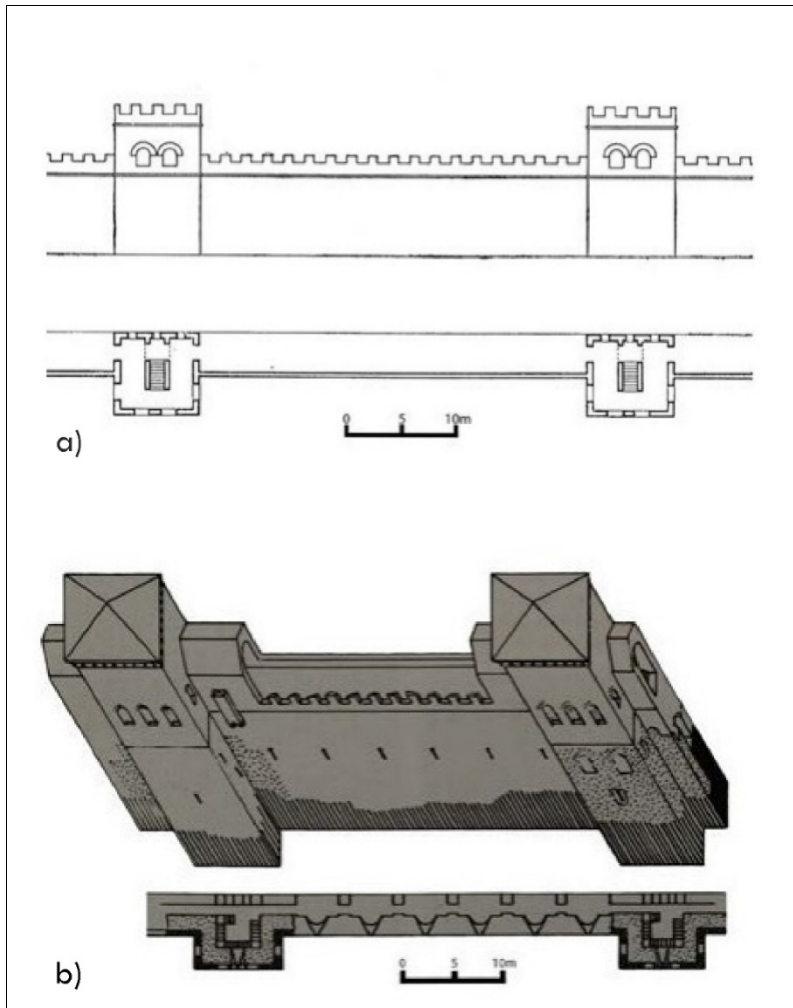


Figura 11 a) Ricostruzione della fortificazione di Aureliano secondo Richmond (da Colini, 1944);
b) Ricostruzione dell'alzato delle mura nella fase di Onorio (da Cozza, 1987)

Una delle maggiori difficoltà che si riscontra nello studio delle mura di Testaccio è quella di capire a quale quota si impostano le fondazioni della cinta e se tale quota si mantiene invariata lungo tutto il tratto. La comprensione dei piani antichi è ostacolata principalmente da due fattori: la subsidenza per compattazione dei terreni di fondazione, di cui si è già parlato, e l'accumulo di terra di riporto a copertura delle strutture antiche, conseguente alle trasformazioni funzionali dell'area.

A differenza di altri tratti, il settore M non insiste su un'altura collinare, ma taglia la piana esondabile del Tevere e si appoggia sui suoi sedimenti sabbiosi (Marcelli, Moffa, 2015, p. 372), che rendono tale zona soggetta nel

tempo ad un graduale abbassamento del suolo²⁰. L'ausilio di tecnologia satellitare SAR, nell'ambito del progetto *Prothego*, ha consentito di registrare, in corrispondenza dei punti monitorati, un abbassamento di 11 mm nell'arco di tre anni (2011-2014), per una media di 3,6 mm l'anno²¹. Le prime indagini confermerebbero dunque che i livelli murari compresi tra porta San Paolo e il Tevere hanno subito alterazioni di quota rispetto al passato, seppure con valori diversi e in misura maggiore lungo il tratto che volge in direzione del fiume, che, con ogni probabilità, interessano anche le fondazioni²².



Figura 12. Mura Aureliane, fronte esterno da via del Campo Boario (foto Marina Marcelli, 2017)

Lungo viale del Campo Boario, non si dispone di alcun dato al riguardo. L'elevato difensivo non è visibile nella sua interezza, perché in gran parte coperto da una coltre di terreno di riporto (fig. 12). L'attività antropica ha

²⁰ L'analisi del rischio geotecnico geotecnico è stata oggetto di una tesi di laurea in Geologia ambientale e dei materiali (<http://www.matssoftware.it/wpcontent/uploads>

/Ingegneria_Civile_UniRoma3_Geologia_ambientale_e_dei_materiali_relazione_mappa_di_rischio_geotecnico_Roma_CTR_347100_by_Andrea_Berti_e_Mattia_Campolese.pdf).

²¹ Nello specifico, i dati si riferiscono al settore murario compreso tra le torri M16 e M17, ma lo spostamento si rileva in generale anche nel braccio murario che corre in direzione di porta San Paolo.

²² Al momento, le uniche quote di fondazione note sono state rilevate in prossimità di porta San Paolo, immediatamente a E della piramide Cestia, circa 2,50 m sotto il piazzale stradale moderno, e sotto la stessa porta, a circa 2 m di profondità dal piazzale antistante. In prossimità del fiume, dai dati delle indagini già citati, il piano di fondazione sembra potersi riconoscere alla quota di 9 m slm (Marcelli, Moffa, 2015, p. 373).

trasformato difatti notevolmente il paesaggio, con accumuli di macerie e di rifiuti e riempimenti a scopo agricolo, con un innalzamento di quota di tutta la piana (Corazza, 2012, p. 14). Tale innalzamento è accentuato dai depositi alluvionali di epoca storica, legati alle esondazioni del Tevere, che hanno provocato la copertura di strutture più antiche, con un manto di terra di almeno 5 m, condizionando ulteriormente la deformabilità del suolo (Marcelli, Moffa, 2015, p. 372). Probabilmente, il peso del terreno di riporto e delle strutture urbane non è stato qui tale da determinare un consolidamento del suolo alluvionale compressibile – diversamente dalla zona del Campo Marzio (Corazza, 2012, p. 25) – e una delle possibili spiegazioni potrebbe essere legata alla lunga fase di ruralizzazione e di abbandono urbano di questa zona, dal Medioevo fino alla fine dell'Ottocento. Ne deriva l'impossibilità di rintracciare lungo il settore il piano di spiccato del muro di Aureliano, ossia il piano che divide l'elevato dalla sua fondazione.

Un indizio potrebbe essere fornito dal livello del cammino di ronda di Aureliano, che doveva aprirsi sul muro a circa 8 m di altezza. Da una lettura stratigrafica di superficie, il camminamento originario si può rintracciare in almeno due punti: tra le torri M3 e M4, dove sopravvive il piano di imposta di tre pilastri onorari, costruiti sopra di esso, e 250 m più a O tra le torri M8 e M9, dove si conserva la cornice marcapiano di Aureliano, sulla quale si appoggia direttamente la muratura onoraria. Nel primo punto, il camminamento si imposta a 5,50 m rispetto al piano stradale moderno, nel secondo caso a 3 m: la differenza di quota che si registra, a una distanza di 250 m, è dunque di 2,50 m, pari al 10% di pendenza. Osservando il prospetto esterno della cinta lungo viale del Campo Boario, la percezione che si avverte è che le mura si abbassino progressivamente verso il Tevere. Va ribadito però che le quote sopra indicate non sono assolute, bensì rilevate rispetto al piano attuale, che non corrisponde a quello antico. È possibile che tale eventuale abbassamento corrispondesse ad un dislivello orografico antico oggi non più apprezzabile oppure ad un maggiore accumulo di terreni di riporto nella fascia limitrofa al fiume. In tal caso si potrebbe immaginare che il camminamento di Aureliano corresse in pendenza in questo tratto, o ipotizzare la presenza di gradini, a colmare in qualche punto il salto di quota.

Non meno complessa è la situazione sul fronte murario interno, dove un grosso terrapieno a scarpa si addossa alla cinta per circa 200 m, tra la seconda e la settima torre, esercitando una forte spinta (fig. 13). Il terrapieno, esteso su 1 ha di superficie, è testimoniato perlomeno dai primi decenni dell'Ottocento e ospita da allora il cimitero Acattolico (Krogel, 1995). In prossimità della fortificazione, esso raggiunge grosso modo il piano di camminamento di Aureliano, il cui spessore originario è evidenziato a terra da un restauro del 1975, mentre il livello restituito non è quello originario. Il camminamento di prima fase dovrebbe conservarsi più in basso, come suggerito in alcuni punti dagli elementi antichi visibili dall'esterno, già menzionati. Le osservazioni condotte dall'interno lascerebbero intuire inoltre che non si mantenesse sempre

alla stessa quota, ma definire i termini di tali variazioni non è facile e le ipotesi necessitano di essere confermate da ulteriori indagini.



Figura 13. Mura Aureliane, Lo spessore del camminamento di Aureliano riproposto dal restauro del 1975 e il terrapieno del cimitero Acattolico (foto Chiara Baranello, 2017)

Coniugando le informazioni derivate dall'osservazione diretta con i risultati acquisibili tramite l'ausilio di nuove tecnologie – ad esempio il sensore radar, per tentare rintracciare la fondazione in profondità e restituirne le quote – si riuscirebbe forse a fornire qualche risposta in più ai tanti interrogativi sollevati. Il *Progetto Osservatori* si muove in questa direzione, con l'obiettivo di far confluire nel sistema GIS i dati acquisiti dall'analisi multidisciplinare condotta sulle mura e fare in modo che essi possano essere aggiornati di continuo.

La mappatura della cortina muraria è stata pensata per integrare tale sistema avviando una prima sperimentazione, consistente nell'individuazione degli interventi di alterazione superficiale e nella proposta di un loro modello di rappresentazione grafica. Nello specifico, la mappatura ha interessato in questa prima fase il settore compreso tra le torri M1 e M9 (figg. 2 e 14), lungo circa 350 m e intramezzato da sette torri. I macro-interventi costruttivi e distruttivi sono stati circoscritti e contrassegnati con colori diversi. I criteri adottati per la loro individuazione sono stati il tipo di materiale impiegato, le dimensioni e la disposizione degli elementi, lo spessore e il tipo di malta. Il lessico per il quadro fessurativo è quello raccomandato dal *NorMal-1/88* per le alterazioni dei materiali lapidei, generalmente utilizzato anche per i materiali in laterizio.



Figura 14. Vista satellitare del tratto di mura su cui è stata sperimentata la mappatura (da Google Maps)

A titolo d'esempio, si riporta la mappatura del tratto M3-M4, dove si conserva traccia di tre pilastri onoriani, più volte menzionati (fig. 15). I prospetti, restituiti su software CAD, si riferiscono alle facciate esterna e interna della torre e del camminamento successivo, mentre la pianta riporta le quote dei vari elementi rispetto al medesimo livello stradale²³.

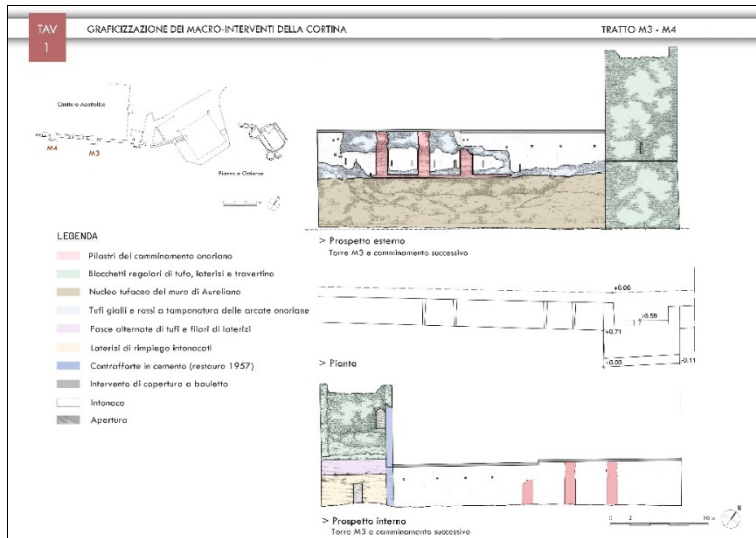


Figura 15. Graficizzazione delle discontinuità murarie di superficie nel tratto M3-M4 (Chiara Baranello)

²³ La mappatura è stata impostata sulla documentazione grafica già esistente per le mura del tratto, ossia le piante e i prospetti prodotti tramite rilievo metrico diretto dall'architetto Enzo Di Grazia (1982). Le quote indicate in pianta non sono pertanto assolute ma relative al piano stradale moderno, a cui è stato attribuito arbitrariamente il valore 0, indicato nelle tavole con una linea tratteggiata.

Sul fronte esterno, sia la torre che la cortina si presentano fortemente rimaneggiate e ricostruite su un piano più arretrato rispetto a quello che doveva essere il profilo originale del muro. La torre M3, in blocchi di tufo regolari, raggiunge un'altezza di 19 m sopra il piano stradale moderno, dunque molto più accentuata di quella effettiva. Il suo basamento, che termina a scarpa, è stato rinforzato con materiali più duri (selci, marmi, pietre) ed è sormontato da una cornice aggettante di laterizi. La ricostruzione quattrocentesca della facciata esterna è attestata dallo stemma papale di Niccolò V. La facciata interna è andata completamente distrutta e ciò restituisce una vista dell'interno della camera di manovra: l'inserimento di due contrafforti in cemento sui lati, frutto di un restauro del 1957, è stato necessario per sostenere il peso delle pareti conservate. Il tratto murario consecutivo conserva, nel registro inferiore, parte dell'ingombro del muro originario e ne espone alla vista il nucleo, in blocchi di tufi gialli; nel registro superiore, la cortina non conserva il profilo originario, ma è stata costruita ex novo in posizione più arretrata, e precisamente dove correva il limite interno del muro antico. Questo è segnato dalla sopravvivenza di tre pilastri onorari, che sorreggevano le arcate del camminamento aperte verso l'interno della città. Il camminamento non si conserva, ma sui pilastri sono ancora visibili le imposte delle volte di copertura. Sul fronte interno, gli stessi pilastri, inglobati nella muratura successiva non sono visibili per l'intera altezza, in quanto il piano di imposta su cui insistono è coperto dal piano di calpestio dell'area cimiteriale lungo tutto il tratto.

Le discontinuità più evidenti del tratto M3-M4 si rilevano pertanto in prossimità dei riempimenti delle arcate e in generale dove il presunto nucleo di Aureliano in blocchi di tufo, conservato lungo tutto il registro inferiore della campata, incontra la soprastante muratura informe in tufi gialli e rossi, che su di esso di appoggia. Un altro elemento di debolezza da non sottovalutare è la presenza di vegetazione infestante, cresciuta all'interno del muro lungo tutto il tratto, nascondendo alla vista parte del nucleo nel registro inferiore. La crescita di radici può provocare lesioni strutturali di notevole entità, oltre ad essere la principale responsabile del distacco degli elementi superficiali delle cortine.

In conclusione, i rifacimenti di epoca storica e i diversi fattori ambientali hanno inciso profondamente sulle dinamiche conservative del monumento in questo tratto e il metodo di mappatura proposto, da estendere all'intero circuito, mira non solo a fornire un supporto alle operazioni di monitoraggio, ma anche a indirizzare la scelta dei punti da sottoporre al controllo satellitare (i PS del progetto *Prothego*) verso quelle zone più sensibili dell'apparato murario, laddove si registrino discontinuità tra gli elementi di superficie.

Conclusioni

L'ininterrotta azione difensiva svolta per Roma dalle mura Aureliane dal III secolo fino al 1870, con continui restauri, sistemazioni e rifacimenti e

soprattutto la cessazione della loro funzione originaria con conseguente abbandono e interruzione delle attività manutentive, hanno accentuato la fragilità della struttura antica, rendendola maggiormente esposta ai danni provocati da agenti naturali o dall'azione antropica.

L'immagine che oggi la città offre di sé è quella di un organismo che non ha più bisogno di una cintura, ampiamente superata e inglobata nel tessuto urbano moderno. Il *Progetto Osservatori* nasce proprio dall'esigenza di recuperare il senso e la continuità delle mura, quale eccezionale palinsesto di storia urbana. In quest'ottica, il GIS è stato scelto come strumento di gestione del monitoraggio della cinta e la mappatura delle cortine come ausilio per una programmazione più consapevole di qualsiasi forma di intervento, al fine di limitare e prevenire i danni e le alterazioni, che possano compromettere in modo irreversibile la stratigrafia archeologica e la conservazione stessa del monumento.

BIBLIOGRAFIA

- Bruno Brizzi (a cura di), *Mura e porte di Roma antica*, Roma, ed. Colombo, 1995.
- Cristina Carta et al., *SAR interferometry monitoring along the ancient Rome City Walls – the PROTHEGO project case study*, in «Geophysical Research Abstracts», 19 (2017).
- Cristina Carta et al., *Le Mura di Roma: metodi e strumenti per la ricerca e la conservazione*, in *Le Mura Aureliane nella storia di Roma.2. Da Onorio a Nicolò V*, in corso di stampa.
- Maria Paola Campolunghi et al., *Processi di subsidenza nei depositi alluvionali olocenici nella città di Roma: caratteristiche stratigrafiche e geotecniche*, «Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia», 80 (2008), 2, pp. 65-82.
- Roberto Cecchi, Paolo Gasparoli, *Prevenzione e manutenzione per i beni culturali edificati. Procedimenti scientifici per lo sviluppo delle attività ispettive*, Firenze, Alinea, 2010.
- Francesco Maria Cifarelli, Marina Marcelli, *L'acqua Traiana: infrastruttura della città antica e moderna*, in Claudio Parisi Presicce, Marina Milella, Simone Pastor (a cura di), *Traiano. Costruire l'Impero*, creare l'Europa. Catalogo della mostra (Roma, 29 novembre 2017-16 settembre 2018), Roma, De Luca Editori d'Arte, 2017, pp. 221-226.
- Antonio Maria Colini, *Storia e topografia del Celio nell'antichità*, in «Atti della pontificia accademia romana di archeologia. Rendiconti», 7 (1944), Roma, Tipografia Poliglotta Vaticana.
- Lucos Cozza, *Osservazioni sulle mura aureliane a Roma*, in «Analecta Romana Instituti Danici», 16 (1987), pp. 25-52.
- Hendrik W. Dey, *The Aurelian Wall and the Refashioning of Imperial Rome, AD 271-855*, Cambridge, Cambridge University Press, 2006.
- Daniela Esposito et al. (a cura di), *Le Mura Aureliane nella storia di Roma. 1. Da Aureliano a Onorio*, Atti del convegno (Roma, 26 marzo 2015), Roma, Roma TrE-Press, 2017.
- Alessandro Ferretti et al., *Nonlinear subsidence rate estimation using permanent scatterers in differential SAR interferometry*, in «IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing», 38. 5 (2000), pp. 2.202-2.212.
- Amato Pietro Frutaz, *Le piante di Roma*, Roma, Istituto Nazionale di Studi Romani, 1962.
- Guglielmo Gatti, *L'arginatura del Tevere a Marmorata (un manoscritto inedito del P. Luigi M. Bruczzu)*, «Bullettino della Commissione Archeologica Comunale di Roma», 64 (1936), pp. 55-82.
- Francesco Giovanetti, *Mura di Roma: la percezione, i restauri e possibili percorsi di valorizzazione*, in Daniela Esposito et al., cit., 2017, pp. 133-147.

- Wolfgang Krogel, *All'ombra della Piramide: storia e interpretazioni del Cimitero acattolico di Roma*, Roma, Unione Internazionale degli Istituti di Archeologia, Storia e Storia dell'Arte, 1995.
- Joël Le Gall, *Il Tevere fiume di Roma nell'antichità*, Roma, Edizioni Quasar, 2005.
- Rossana Mancini, *Le Mura aureliane di Roma. Atlante di un palinsesto murario*, Roma, Quasar, 2001.
- Marina Marcelli, *Memorie dell'antico nel paesaggio pre-industriale della via Ostiense: rinvenimenti archeologici e demolizioni fra otto e novecento*, «Bollettino della Unione Storia ed Arte», 6 (2011), pp. 77-88.
- Marina Marcelli, *Modernità o conservazione dell'antico? Un carteggio sulla demolizione delle mura*, in Claudio Parisi Presicce et al. (a cura di), *Mura di Roma, memorie e visioni della città*, Roma, L'Erma di Bretschneider, 2018, p. 166.
- Marina Marcelli, Claudio Moffa, *Lungotevere tra ponte Testaccio e ponte dell'Industria. Dati archeologici sulle rive del Tevere (2011)*, in «Bollettino della Commissione Archeologica Comunale di Roma», 115 (2014), pp. 366-373.
- Renato Matteucci, Carlo Rosa, Renato Sebastiani, *Variazione del corso del fiume Tevere ed evoluzione del paesaggio in età olocenica. Un approccio geoarcheologico allo studio della città di Roma*, in «Atti del convegno Rome, le Tibre, le littoral, 3000 ans d'histoire, les défis du présent (Roma, École française de Rome, 2013)», <https://romatevere.hypotheses.org/266>.
- Ian Archibald Richmond, *The City Wall of Imperial Rome: An Account of Its Architectural Development from Aurelian to Narses*, Oxford, Oxford University Press, 1930, pp. 109-121.
- Ronald T. Ridley, *The Praetor and the pyramid. The tomb of Gaius Cestius in history, archaeology and literature*, in «Bollettino di archeologia» 13 (1992), pp. 1-30.
- Emilio Rodríguez Almeida, *Alcuni aspetti della topografia e dell'archeologia attorno al monte Testaccio*, in José María Blázquez Martínez (a cura di), *Producción y comercio del Aceite en la antigüedad*, Madrid, Universidad Complutense, 1980, pp. 103-131.
- Mirella Serlorenzi, *Spunti di riflessione sulla topografia medievale della pianura subaventina*, in «Roma moderna e contemporanea», XX/2 (2012), pp. 417-449.

UN SISTEMA INFORMATIVO GEOGRAFICO PER LA GESTIONE E IL MONITORAGGIO DEI GRANDI COMPLESSI MONUMENTALI LINEARI DI ROMA (MURA E ACQUEDOTTI). UN FOCUS SUL SETTORE M DELLE MURA AURELIANE – Con il *motu proprio* di Pio IX (1847) il Comune di Roma acquisiva la proprietà e le competenze relative alla gestione e manutenzione delle mura urbane e degli acquedotti, che per il loro valore storico-artistico sono attualmente affidati alla Sovrintendenza capitolina. La complessità e l'estensione territoriale di tali beni, che in alcuni casi, oltrepassando i confini di Roma, attraversano comuni limitrofi per decine di km, ha reso necessaria la creazione di un sistema informativo geografico per gestirne la documentazione e il monitoraggio: il *Progetto Osservatori*.

Il progetto risponde alla duplice necessità di censire il monumento nelle sue dimensioni e in rapporto al contesto territoriale in cui si inserisce e di definire il programma degli interventi prioritari, anche al fine di individuare le risorse economiche atte a contenere l'avanzare del degrado. Il progetto, realizzato da un'équipe interdisciplinare, coniuga la componente GIS con un database contenente sia i dati delle osservazioni sul campo che la documentazione d'archivio. Ai fini di un'analisi comparata dei fattori di rischio ambientali e antropici ci si è avvalsi anche di un'indagine basata su tecnologie di remote sensing satellitare (progetto *Prothego* in partnership con ISPRA).

Un approfondimento è stato condotto sul settore M delle mura Aureliane, compreso tra Porta S. Paolo e il Tevere, dove l'urbanizzazione precoce e la morfologia del substrato geologico hanno inciso profondamente sulle dinamiche conservative del monumento, rendendo tale caso di studio particolarmente significativo.

A GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM FOR MANAGING AND MONITORING THE ANCIENT WALLS AND AQUEDUCTS OF ROME. A FOCUS ON SECTOR M OF THE AURELIAN WALL – In 1847 the Municipality of Rome obtains the property of the urban walls and the aqueducts (*motu proprio* of pope Pio IX). Due to the historical, artistic and archaeological value of this invaluable cultural heritage, the Sovrintendenza Capitolina provides today to its conservation, management and enhancement.

The *Progetto Osservatori* is a geographical information system (GIS) created by the Sovrintendenza Capitolina as a support tool for managing the complexity and the territorial extension of walls and aqueducts. It contains all the dataset available for the monuments and it establishes for each sector of them different levels of risk, according to a defined health state valuation. The aim of the project is to identify priority areas of intervention and to carry out a cost analysis, in order to develop restoration projects rapidly. The interdisciplinary working team includes technicians with different attitudes: archaeologists, architects, restorers, engineers. Remote sensing technologies are also involved in the definition of the natural geo-hazards and the damage risks related to human impacts, that also affect the monuments (*Prothego* project in partnership with ISPRA).

A detailed study focus on the sector M of the Aurelian Wall, selected for the peculiarities of its geographical and historical framework, and its results are here presented.

Parole chiave: Mura Aureliane; Monitoraggio dei beni culturali; Sistemi informativi geografici; carta del rischio.

Keywords: Aurelian Wall; Cultural Heritage Monitoring; GIS; Risk Map.