

Studi e rilievi sulla Porta di San Lorenzo delle mura veneziane di Bergamo

Alessio Cardaci
Dario Gallina
Monica Resmini
Roberta Frigeni
Pietro Azzola

Abstract

La Porta di San Lorenzo, parte integrante delle mura veneziane di Bergamo, recentemente iscritte nella lista del Patrimonio UNESCO, rappresenta un caso significativo nell'evoluzione storica e funzionale del sistema difensivo cittadino, sebbene meno nota rispetto ad altre strutture della cinta muraria. Costruita nell'ambito della grande opera di fortificazione, fu il primo varco realizzato e il più ridotto per dimensioni. Il suo accesso, rivolto a nord-ovest, segnava l'inizio della strada voluta dal rettore Alvise Priuli, unica via strategica per il commercio della Serenissima verso l'Europa centrale. La collocazione originaria, in fondo a un vallone, unita alla ridotta profondità del fossato e alla posizione sfavorevole delle bocche da fuoco, la rendevano vulnerabile agli attacchi; per tale ragione, nel 1605 fu murata e successivamente ricostruita, dopo il 1627, su progetto di Francesco Tensini. Il nuovo assetto rifletteva un approccio innovativo, volto a rafforzarne la sicurezza e a integrare soluzioni tecniche avanzate contro i sabotaggi, in una strategia più ampia per rendere Bergamo inespugnabile. L'Università degli Studi di Bergamo ha avviato uno studio interdisciplinare, con il team del laboratorio *Survey & Analysis of Built Environment (SABE)* del Dipartimento di Ingegneria e Scienze Applicate (DISA) (ISA), per analizzarne le fasi costruttive e lo stato di alterazione, attraverso rilievi tradizionali e avanzati (laser scanner 3D, fotogrammetria digitale). I modelli virtuali hanno supportato l'interpretazione stratigrafica e la ricostruzione delle fasi edilizie.

Parole chiave

Disegno, rilievo 3D, studio storico-costruttivo, analisi stratigrafica degli alzati, Patrimonio UNESCO.



La Porta di San Lorenzo:
restituzione della nuvola di
punti (immagine a cura del
team SABE).

strategica via di collegamento per il commercio della Serenissima verso l'Europa centrale [Colmuto Zanella 1988, pp. 61-70; Cardaci, Versaci 2023, pp. 27-36]. La sua originaria collocazione in fondo a un vallone, il fossato antistante poco profondo e la posizione svantaggiosa delle bocche da fuoco delle cannoniere con una limitata copertura di tiro garantita la rendevano particolarmente vulnerabile agli attacchi nemici. Per questo motivo, nel 1605 fu murata e successivamente ricostruita su sé stessa sulla base del progetto dell'ingegner Francesco Tensini. Gli studiosi concordano unanimemente sul fatto che la porta attuale sia il risultato di due fasi costruttive distinte: la prima, risalente al periodo iniziale della fortificazione (1561-1588), e la seconda, successiva al 1627 [Resmini 2023, pp. 52-55], che coincise con il completamento del perimetro murario e la costruzione di un nuovo accesso sulla base di quello preesistente, comportando un significativo innalzamento e una modifica strutturale (fig. 2). È controversa, e ancor'oggi senza risposta, la strana scelta di far scendere la fortificazione in Valverde anziché collocarla più a nord, sulla collina, in corrispondenza dell'antico tracciato medievale, ritenuto intelligentemente più vantaggioso. Il progetto rappresenta il primo intervento di ammodernamento della fortezza; esso evidenzia un approccio innovativo volto a rafforzare la sicurezza non solo del singolo ingresso, ma dell'intero sistema difensivo, attraverso soluzioni ingegneristiche avanzate e dispositivi volti a difendere sia dai nemici esterni che prevenire tentativi di sabotaggio interni, con l'idea di rendere Bergamo un presidio armato inespugnabile.

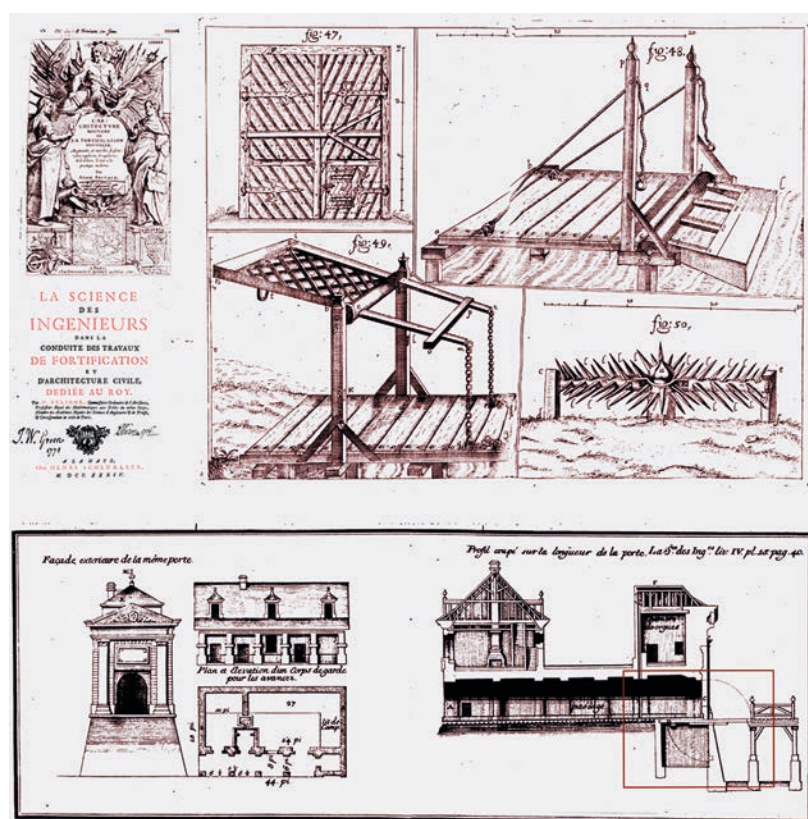


Fig. 3. Il principio di funzionamento del ponte levatoio 'a bilico' [Fritach 1640, s.i.p., tav. I; Forest de Belidor 1729, libro IV, s.i.p., tav. 15]

Strategie difensive e progettazione delle porte nel trattato sulle fortezze di Francesco Tensini

Francesco Tensini, esperto militare del XVII secolo, si distinse per le sue competenze sia nell'ambito della progettazione di opere di fortificazione sia per la sua esperienza di soldato sul campo di battaglia. Nato a Crema, nel borgo di Offanengo, intorno al 1580, iniziò la sua carriera fuori dalla Repubblica di Venezia perché esiliato nel 1597; servì Filippo III di Spagna nelle Fiandre e in Frisia ottenendo il titolo di ingegnere del re, a conferma delle sue abilità

tecniche e strategiche. Il prestigio acquisito gli permise di affermarsi come uno dei principali esperti di architettura militare del suo tempo e di rientrare nella sua terra incaricato della sovrintendenza delle fortificazioni della Serenissima. Il suo operato si rivelò determinante per il controllo del territorio e testimonia la stretta interconnessione tra sapere tecnico e dinamiche di potere, in un periodo storico in cui l'ingegnere militare non si limitava al ruolo di esecutore ma assumeva una funzione centrale nelle strategie geopolitiche degli Stati europei [Petralli 2024]. La sua morte violenta, avvenuta il 14 agosto 1638, solleva interrogativi irrisolti e suggerisce la possibilità che il suo assassinio fosse motivato da questioni legate alla sicurezza militare, attestando tanto il valore delle conoscenze da lui detenute quanto la vulnerabilità di coloro che, in quel contesto, erano custodi di segreti bellici (fig. 3).

Francesco Tensini è l'autore del celebre trattato *La fortificazione: guardia, difesa et espugnazione delle fortezze* [Tensini 1624], in cui evidenzia come la solidità di una fortezza dipenda in larga misura dalle sue porte. Egli ne descrive le differenti modalità di realizzazione e posizionamento, ma anche le strategie di difesa più efficaci e i dispositivi di protezione, quali rastelli, ponti sollevatori e saracinesche in ferro, più adeguati alla loro sicurezza. Tuttavia, per quanto efficaci, queste misure comportano costi elevati di realizzazione e manutenzione, oltre a richiedere un notevole impegno di uomini per il presidio.

Egli rileva come l'evoluzione delle strategie d'assedio dell'età moderna con l'impiego della polvere da sparo ha modificato profondamente l'arte della guerra: i nuovi soldati, i petardieri, non temono i colpi di moschetto perché ben protetti dalle nuove armature e, ancor meno, l'artiglieria poiché richiede tempi lunghi per il caricamento e lo sparo, nonché fatica a colpire con precisione il bersaglio.

L'ingegnere propone un archetipo di porta rivoluzionaria e innovativa, sintesi tra le esperienze maturate sui campi di battaglia europei e le più avanzate tecniche costruttive dell'epoca. Il varco, concepito per garantire la massima sicurezza, è chiuso e armato, con spazi isolati dedicati alle guardie di sorveglianza e dispositivi per il rilascio rapido di pietre e proiettili incendiari e un particolare ponte levatoio 'a bilico' con catene incernierate a livello del coronamento e collegate all'estremità esterna della passerella (fig. 4); la sezione interna della stessa, più corta e dotata di contrappesi, nasconde una profonda buca situata sotto il livello pavimentale. La rotazione è possibile grazie ad una trave imperniata in corrispondenza della soglia che funge da perno:



Fig. 4. L'archetipo della 'Porta della Fortezza' dal trattato di Francesco Tensini [Tensini 1624, pp. 125, 126].

azionando le catene, la parte esterna si solleva accostandosi 'a filo' alla *fasade* e chiudendo l'accesso, mentre quella interna si abbassa nella *cage de la bascule* aprendo la fossa. Questo sistema garantisce un duplice livello di protezione perché, anche incendiando la passerella, i petardieri passando cadevano nella buca e sarebbe stato per loro complicato, dal basso, offendere la porta ferrata. Un elemento distintivo del progetto è rappresentato dai casini per la sentinella posti sulla copertura e dotati di un marchingegno con otto pesanti colonnette di pietra che, in caso di attacco, potevano essere fatte cadere sui petardieri per eliminarli e rompere la sezione interna

del ponte levatoio. In più, qualora il nemico fosse riuscito a penetrare nel complesso e avesse tentato di sfondare la saracinesca, le sentinelle potevano difendersi lanciando balette incendiarie imbevute di zolfo e pignatte riempite di polvere da sparo, attraverso delle strette finestrelle posizionate sopra l'ingresso (fig. 5).

La strategia più efficace per conquistare una fortezza non si basava unicamente sulla forza bruta ma sull'ingegno di comandanti esperti. La costruzione dei casini di guardia adeguatamente armati, ma soprattutto isolati, garantiva una protezione efficace non solo contro gli attacchi nemici, ma anche contro eventuali insidie interne o atti di tradimento da parte di cospiratori. Le sentinelle, selezionate per sorteggio e incaricate di presidiare a turno i posti di guardia, erano collocate in ambienti sicuri, isolati sia dall'esterno che dall'interno. Questi spazi, accuratamente isolati sia dall'interno che dall'esterno, garantivano loro una duplice protezione: da un lato, permetteva di difendersi dagli attacchi nemici; dall'altro, le preservava dal rischio di infiltrazioni o cospirazioni all'interno della guarnigione.



Fig. 5 Il progetto di Francesco Tensini per la Porta di San Lorenzo a Bergamo (Archivio di Stato di Venezia, Dispacci dei rettori 1627-1628, fila 22).

Il disegno della nuova porta di San Lorenzo del cavalier Francesco Tensini

La porta di San Lorenzo venne edificata tra il 1562 e il 1563 e successivamente chiusa e murata nel 1605. Nel 1627, l'intervento progettuale di Tensini ne determinò la ricostruzione, conferendole l'attuale configurazione. L'architetto non si limitò a progettare una semplice apertura arcuata, ma ideò un complesso sistema architettonico dalla geometria articolata, da lui appellata 'castello', comprendente edifici, spazi coperti e una piccola piazza d'armi (fig.6). L'accesso avveniva attraverso due percorsi: una strada proveniente dalla valle, che consentiva di superare il fossato e giungere al fornice in corrispondenza della linea del redondone a 23 piedi dal fondo del fossato, e un nuovo tracciato parallelo alla cortina. A protezione del camminamento dalla valle, in prossimità del fossato, si trovava un secondo ponte levatoio 'a bilanciere esterno', come



Fig. 6. La Fortezza di Bergamo e la Porta di San Lorenzo nella cartografia settecentesca (Gallica Bibliothèque Numérique de la BnF de France).

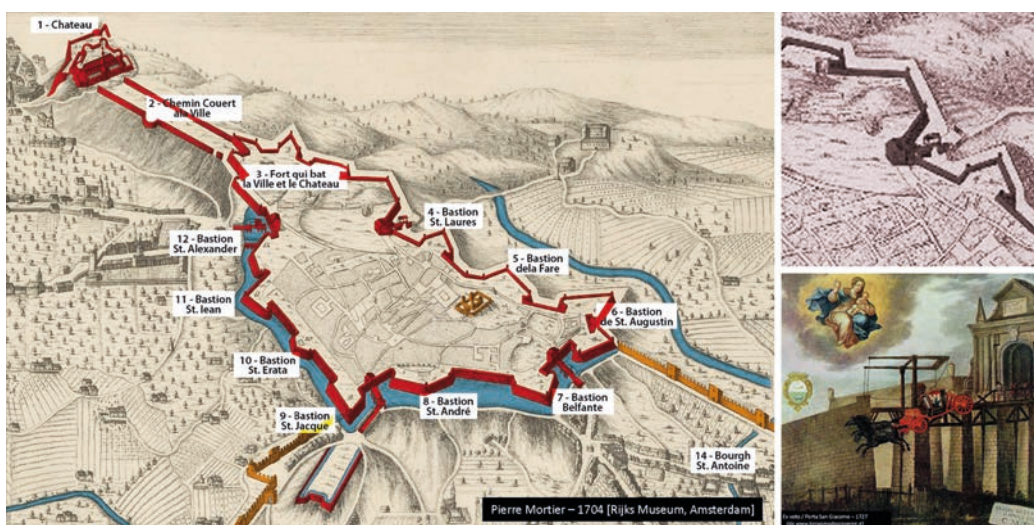


Fig. 7. La Fortezza di Bergamo e il sistema dei doppi ponti levatoi (Gallica Bibliothèque Numérique de la BnF de France).

documentato nelle cartografie settecentesche, nella vista a volo d'uccello di Pierre Mortier e in un dipinto *ex voto suscepto* che, pur raffigurante la Porta di San Giacomo che ben descrive il funzionamento dei secondi ponti degli accessi delle mura bergamasche [Angelini 1992, pp. 71-76], affiancato da un casello di guardia e da un recinto ligneo esterno (fig. 7).

Il 'castello' era ulteriormente protetto da tre dispositivi di chiusura: sul fornice, un portone ligneo rivolto verso la valle e una saracinesca in ferro sul lato interno, nonché una cancellata situata tra il posto di guardia e il contromuro interno alla cortina per il controllo della piazza d'armi. Quest'ultima era delimitata da un portico, che offriva riparo ai soldati durante il giorno, e dal posto di guardia dove le sentinelle si 'isolavano' durante la notte; quest'ultimo disponeva di due accessi, uno sulla piazza d'armi, l'altro al di là della cancellata, e numerose feritoie per contrastare eventuali assalitori. Il fornice era dotato del prima citato ponte levatoio 'a bilico' descritto nel trattato del Tensini, con fulcro centrale su una robusta trave sul margine della cortina; quando sollevato, la passerella esterna chiudeva il fronte verso la valle e quella interna scopriva la fossa ricavata nello spazio voltato dell'antica struttura. Il sollevamento avveniva grazie a un sistema di catene scorrevoli su due pulegge fissate al coronamento che, una volta in posizione, venivano bloccate da due robusti chiavistelli ancorati a anelli metallici incassati nella muratura. Sopra il varco il casino per la sentinella era dotato di un marchingegno difensivo costituito da tre colonnine di pietra, ciascuna lunga 6 piedi e con un diametro di 8 onces, che potevano essere fatte cadere sui petardieri con l'attivazione di una semplice leva. Questo meccanismo non solo neutralizzava eventuali assalitori, ma distruggeva anche la sezione interna della passerella, rendendo estremamente arduo qualsiasi tentativo di accesso. Qualora il nemico fosse comunque riuscito ad abbassare la parte esterna del ponte e superare il fossato, si sarebbe trovato esposto al fuoco della sentinella ed ostacolato dalla saracinesca interna e, infine, intrappolato nella piazza d'armi chiusa dall'ultima cancellata e sorvegliata dai soldati del corpo di guardia.



Fig. 8. Prospetto e sezione della Porta di San Lorenzo (Collegio dei Geometri di Bergamo 1980 ca.).

Il rilievo della porta e l'analisi stratigrafica degli alzati

La relazione tra disegno e costruzione si colloca all'interno di una dialettica tra l'ideale e il reale, tra la formulazione teorica e la sua concretizzazione fisica. Il disegno, in quanto espressione della progettualità dell'architetto, si configura come una sintesi concettuale, una rappresentazione dell'opera nella sua dimensione ideale. Tuttavia, la costruzione non è una mera trasposizione del disegno ma, piuttosto, un processo di negoziazione tra l'intenzione originaria e i vincoli imposti dalla realtà. Il progetto è, dunque, un atto della mente, una concezione astratta che trova nella costruzione il suo momento di verifica e ridefinizione [De Rubertis 1994]. Il passaggio dalla figurazione concettuale alla realizzazione materiale

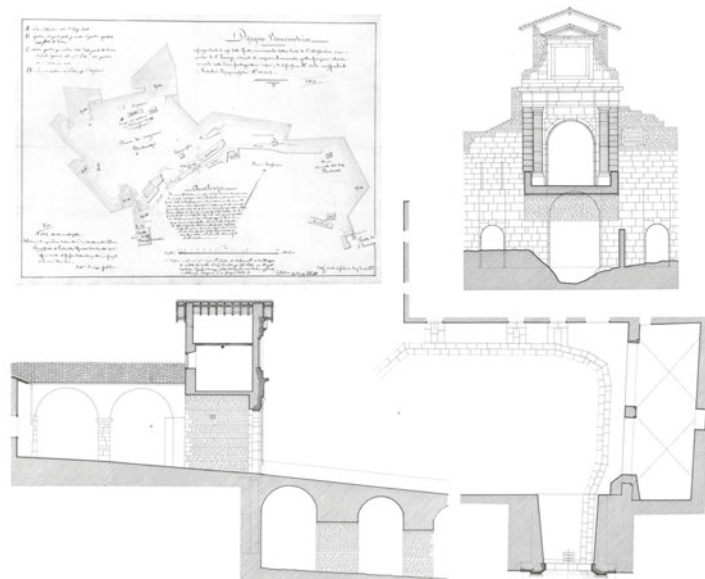


Fig. 9. Il rilievo della cortina e del varco di San Lorenzo (Collegio dei Geometri di Bergamo 1980 ca.).

introduce un elemento di dinamicità e incertezza, interrompendo la invariabilità dell'idea originaria. Il cantiere, pertanto, non è uno spazio di mera esecuzione, bensì un luogo di alterazione, in cui l'interazione con il contesto produce un esito spesso incerto; in questa prospettiva, l'edificio costruito non è una copia del disegno, bensì la sua traduzione in un linguaggio che coniuga l'intenzione architettonica con le condizioni concrete della sua attuazione [Allen 1999].

Il rilievo è lo strumento essenziale per riconoscere e analizzare geometricamente le differenze tra ciò che era previsto e ciò che è stato effettivamente realizzato; differenze che possono essere meglio valutate e comprese attraverso tecniche di misurazione integrata, che combinano sensori attivi e passivi, nonché acquisizioni terrestri che aeree, inclusi sistemi *Unmanned aerial vehicles* (UAV). La combinazione di queste tecnologie permette di ottenere dati di elevata precisione e risoluzione, superando i limiti dei metodi tradizionali e migliorando l'efficienza nelle attività di documentazione e analisi [Cardaci 2023, pp. 17-34]. Il primo rilievo accurato della porta risale agli anni Ottanta del secolo scorso ed è stato eseguito dal Collegio dei Geometri di Bergamo; esso restituisce efficacemente la compresenza delle due porte ma riporta delle grandi differenze nel profilo del terreno rispetto a come si presenta oggi (fig. 8). Il team *Survey & Analysis of Built Environment* (SABE) dell'Università degli studi di Bergamo ha avviato nel 2024 un'indagine rilievo geometrico-materica finalizzata alla valutazione dello stato di alterazione del monumento, nonché iniziato la campagna di indagine diagnostica delle superfici (figg. 9, 10). I modelli 3D ottenuti hanno supportato l'interpretazione dei dati e l'analisi stratigrafica con metodologia archeologica, consentendo di ricostruire le varie stratificazioni materiali e strutturali e di individuare i differenti momenti costruttivi; in particolare sono state individuate quattro fasi principali (figg. 11, 12).

Fase I (XVI secolo): legata alla realizzazione del primo varco

Dell'antica struttura, il fornice centrale è ancora parzialmente visibile, permettendo di definirne con certezza le dimensioni e la quota rispetto al fossato. Il fornice sinistro, tuttora intatto, presenta sia gli incassi sulla soglia, destinati agli snodi metallici della passerella pedonale, sia le fessure per il passaggio delle catene di sollevamento; questi elementi permettono di comprendere il funzionamento e ricostruire la dimensione la larghezza del fossato superato con un sistema a ribalta con battiponte. Il fornice destro, anch'esso ben conservato, sembra invece aver avuto una funzione puramente estetica necessaria a



Fig. 10. Il rilievo della Porta di San Lorenzo (immagine a cura del team S.A.B.E.).

garantire una simmetria compositiva; questa ipotesi è avvalorata dall'assenza di fessure e dalla presenza di una muratura continua sul fondo. Un'analisi complessiva dell'intero paramento murario evidenzia che il lato sinistro è stato edificato contemporaneamente al tratto che conduce al bastione di San Lorenzo, mentre quello destro, come dimostra anche la differente dimensione e finitura dei blocchi, sembra essere stato aggiunto successivamente. Ciò suggerisce che la costruzione della porta e del tratto murario sinistro sia avvenuta in un'unica fase, mentre le mura di destra siano state completate in un momento successivo; questa ipotesi è supportata dalla discontinuità del rodondone, che nei due settori della cortina si trova a quote differenti, evidenziando una mancata coordinazione tra le diverse fasi di cantiere.

La prima fase costruttiva è ancora oggetto di studio. Recenti rilievi e ricognizioni speleologiche, condotte attraverso il corridoio che si dirama dalla porta pedonale, indicano che l'ambiente adiacente sia stato costruito in aderenza alle sue pareti, interrompendo il percorso originario verso la città. Questo elemento suggerisce che tali strutture siano state aggiunte quando la chiusura della porta, o almeno dell'accesso pedonale, era già stata decisa (fig.9). Tuttavia, lo studio degli ipogei è ancora in una fase iniziale e sarà possibile ottenere informazioni più dettagliate solo dopo la rimozione dei materiali attualmente presenti al loro interno.

Fase II (XVII secolo): legata alla costruzione della nuova porta

Il varco e il sovrastante casino, finalizzati a migliorare il collegamento con i borghi situati a nord della città e garantire nuova sicurezza all'intero sistema difensivo, è ben conservato e leggibile nelle sue parti. La nuova porta è stata subordinata all'innalzamento della stessa rispetto al fondovalle per aumentare il dislivello dal fossato senza necessità di scavi. Il confronto tra il disegno del Tensini e i recenti rilievi evidenzia una generale corrispondenza al progetto, riscontrabile nella stessa organizzazione degli spazi e nella dimensione delle fabbriche. Nulla si può affermare sulla tipologia del levatoio, se fosse 'a bilanciere esterno' o una semplice passerella, come nulla è possibile dire sul sistema di difesa nel posto di guardia con le tre colonnette e sulle tre aperture (portone ligneo, ferrata in ferro e cancellata della piazza d'armi). La mancanza di bucatore nella volta e l'assenza dei fori dei perni per l'apertura delle porte lasci protendere per l'adozione di una soluzione più semplice ed economica. Il nuovo varco è stato realizzato con una maggiore attenzione agli aspetti architettonici, includendo elementi decorativi come lesene, cornici e una tabella centrale come illustrato nel disegno del Tensini.

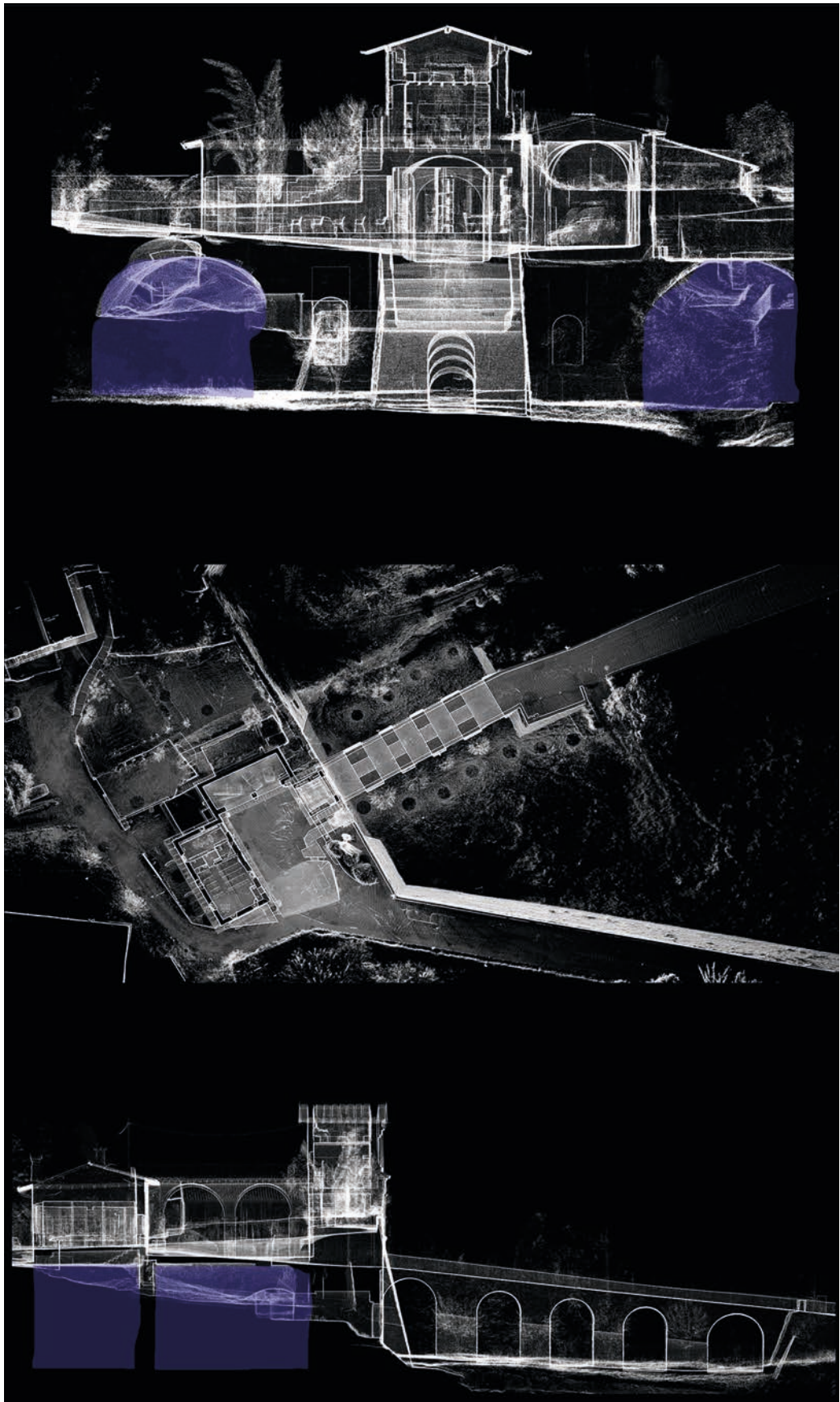


Fig. 11. Proiezioni ortografiche del varco e dei locali ipogei (immagine a cura del team SABE).

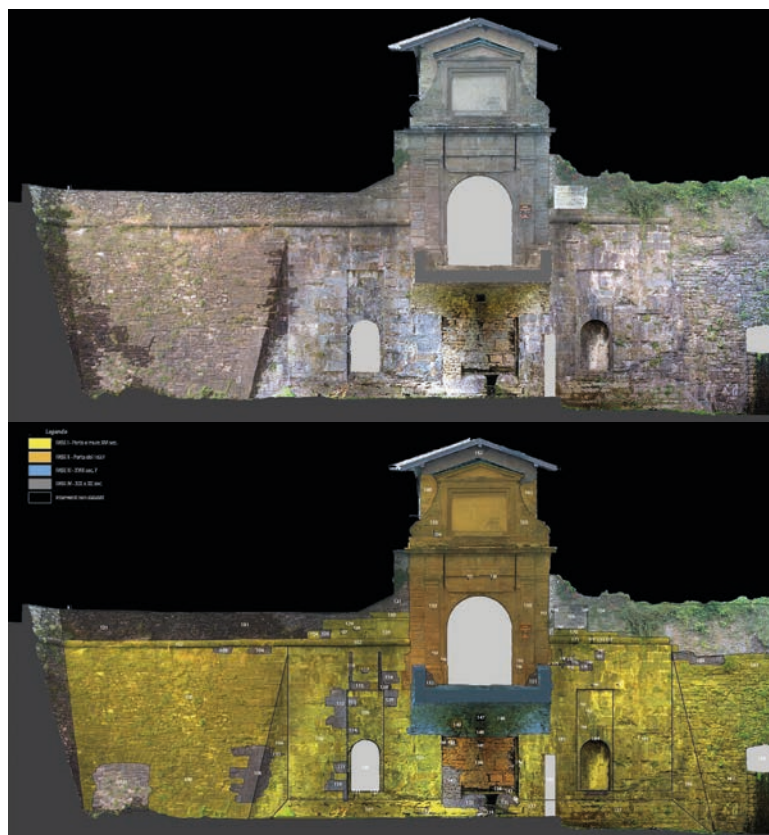


Fig. 12. Restituzione e analisi stratigrafica del prospetto (immagine a cura del team S.A.B.E.).

Fase III (XVIII-XIX secolo): legata alla nuova viabilità e al sistema degli accessi di città alta

L'antico sistema con i due ponti levatoi non è oggi più esistente; contrariamente a quanto sostenuto in alcune pubblicazioni, il ponte ad arcate non è contemporaneo al varco.

I documenti iconografici e le mappe antiche confermano questa ipotesi; le prime citate rappresentazioni settecentesche, pur se poco dettagliate, riportano una evidente distinzione tra i ponti levatoi, segnalati con una croce, e i battiponti, indicati con un tratteggio. Nella veduta a volo d'uccello di Pierre Mortier del 1704, le porte cittadine sono rappresentate con maggiore accuratezza e si osserva chiaramente che i ponti levatoi poggiano su un battiponte, seguito da un secondo ponte levatoio 'a bilanciere' prima di un altro battiponte. Un esempio emblematico di questa configurazione è fornito da un ex voto del 1727, raffigurante la porta di San Giacomo, dove si distingue chiaramente il secondo ponte levatoio.

Fase IV (XX secolo): legata ai restauri passati e recenti

La copertura del casino è stata rifatta e rialzata rispetto all'originale. L'analisi stratigrafica suggerisce che, prima dell'attuale finestra quadrata sul lato interno, vi fosse una feritoia più semplice. Altre modifiche hanno interessato, anche in modo significativo, le diverse strutture del 'castello' e le quote delle strade. Una comprensione più dettagliata delle trasformazioni più recenti sarà possibile attraverso la redazione di un registro basato sulla documentazione successiva all'Unità d'Italia, conservata presso l'archivio storico comunale.

Conclusioni

La percezione attuale di Porta San Lorenzo è fortemente condizionata dalla presenza dell'imponente viadotto ad arcate che la precede, oscurando ai margini le tracce della struttura originaria. Questa situazione impedisce una lettura chiara dell'esistente e, ancor di più, la comprensione del

suo passato: le aperture della cannoniera, oggi murate, sono spesso celate dalla vegetazione che ricopre la superficie, mentre le modifiche al terreno hanno cancellato ogni evidenza dell'antico fossato, rendendo quasi impossibile ricostruire l'idea del sistema dei levatoi. Le trasformazioni subite nel tempo hanno determinato un significativo degrado degli elementi lapidei, soprattutto evidenti dissesti legati a sovraccarico strutturale, come dimostra il critico quadro fessurativo. L'analisi delle alterazioni superficiali ha rivelato anche problematiche legate all'umidità e all'ossidazione degli elementi metallici inseriti nel tempo; le strutture mostrano un marcato deterioramento, accentuato dall'umidità tipica del fondovalle e dall'azione dell'acqua. In più, interventi non sistematici hanno portato all'inserimento di perni e staffe in ferro, la cui ossidazione ha provocato ulteriori distacchi di materiale. Ulteriori ricerche, tra cui indagini stratigrafiche e rilievi dettagliati, risultano necessarie per una comprensione più approfondita e per orientare futuri interventi conservativi; un passaggio fondamentale al fine della conservazione.

Ringraziamenti

Gli autori desiderano esprimere un sincero ringraziamento alla dirigenza e all'intero staff del Segretariato UNESCO del Comune di Bergamo e del Museo delle Storie di Bergamo per il prezioso supporto fornito nello sviluppo di questo studio. Il loro contributo si è rivelato fondamentale per l'approfondimento della conoscenza sulle Mura Veneziane.

Riferimenti bibliografici

Allen, S. (1999). *Practice: Architecture, Technique and Representation*. Londra: Routledge.

Angelini, P. (1992). Alvise Contarini e i viadotti delle Mura e un ex voto settecentesco. In *Bergomum. Bollettino della Biblioteca Civica Angelo Mai di Bergamo*, pp. 3-88, pp. 71-76.

Cardaci, A. (2023). Riflessioni sull'uso del disegno di rilievo: strumento strategico di indagine e monitoraggio della trasformazione sostenibile del paesaggio. In A. Cardaci, E. Garda (a cura di). *De-Pavimentiamoci: prove di riconciliazione tra costruito e naturalità*, pp. 17-34. Roma: Aracne editrice.

Cardaci, A., Versaci, A. (2023). La Fortezza di Bergamo: un patrimonio militare da rileggere e conservare. In R. Amore, M.I. Pascariello, A. Veropalumbo (a cura di). *Città e Guerra: difese, distruzioni, permanenze delle memorie e dell'immagine urbana*. Napoli: Edizione FedOA-Federico II University Press, pp. 27-36.

Colmuto Zanella, G. (1988). Le mura. In *Progetto: il colle di Bergamo*. Bergamo: Pierluigi Lubrina Editore, pp. 61-70.

De Rubertis, R. (1994). *Il disegno dell'architettura*. Roma: Nuova Italia Scientifica.

Forest de Belidor, B. (1729). *La science des ingénieurs dans la conduite des travaux de fortification et d'architecture civile. Dédié au Roy*. Paris : Claude Jombert.

Frigeni R. (2023). Le Mura nella storia. Tesori di una città-fortezza del Rinascimento. Un percorso tra storia e bellezza. In N. Fiorina, R. Frigeni (a cura di). *Le Mura nella storia. Tesori di una città-fortezza del Rinascimento*. Catalogo della mostra, Bergamo, Museo del Cinquecento, 1 dicembre 2023-17 marzo 2024, pp. 13-23. Busto Arsizio: Nomos edizioni.

Fritach, A. (1640). *L'architecture militaire ou la fortification nouvelle, augmentée et enrichie de forteresses régulières, irrégulières et de dehors : le tout à la pratique moderne*. Paris : Toussaint Quinet.

Petralli, M. (2024). Francesco Tensini. In *Biographies des auteurs de textes militaires, Ancient Texts of Military Art (ATMA)*. <https://lista.univ-fcomte.fr/omekatest/s/ATMA/page/biographies>.

Resmini M. (2023). Disegno della città et borghi di Bergamo MDCXXVI, 1626 (Scheda n. 11). In N. Fiorina, R. Frigeni (a cura di). *Le Mura nella storia. Tesori di una città-fortezza del Rinascimento*. Catalogo della mostra, Bergamo, Museo del Cinquecento, 1 dicembre 2023-17 marzo 2024, pp. 52-55. Busto Arsizio: Nomos edizioni.

Tensini, F. (1624). *La fortification: guardia difesa et espygnatione delle fortezze*. Venezia: Deuchino Evangelista. <https://archive.org/details/lafortification00tens/page/n3/mode/2up>.

Autori

Alessio Cardaci, Università degli studi di Bergamo, alessio.cardaci@unibg.it

Dario Gallina, archeologo libero professionista, dario.gallina@libero.it

Monica Resmini, Università degli studi di Bergamo, monica.resmini@unibg.it

Roberta Frigeni, Museo delle Storie di Bergamo, roberta.frigeni@museodellestorie.bergamo.it

Pietro Azzola, Università degli studi di Bergamo, pietro.azzola@unibg.it

Per citare questo capitolo: Alessio Cardaci, Dario Gallina, Monica Resmini, Roberta Frigeni, Pietro Azzola (2025). Studi e rilievi sulla Porta di San Lorenzo delle mura veneziane di Bergamo. In L. Carlevaris et al. (a cura di). *èkphrasis. Descrizioni nello spazio della rappresentazione/èkphrasis. Descriptions in the space of representation*. Atti del 46° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione. Milano: FrancoAngeli, pp. 465-488. DOI: 10.3280/oa-1430-c781.

Studies and 3D Surveys on the Porta San Lorenzo of Bergamo Venetian Walls

Alessio Cardaci
Dario Gallina
Monica Resmini
Roberta Frigeni
Pietro Azzola

Abstract

The Porta di San Lorenzo, part of the Venetian Walls of Bergamo and recently inscribed on the UNESCO World Heritage List, is a significant case in the historical and functional evolution of the city's defensive system, although less well-known than other structures. Built during the major fortification works, it was the first gate to be constructed and the smallest in size. Its north-west orientation marked the start of the road commissioned by Rector Alvise Priuli, the only strategic route for the Republic of Venice's trade toward Central Europe. Its original position, at the bottom of a ravine, along with the shallow moat and poorly placed gunports, made it vulnerable to attacks. Consequently, it was walled up in 1605 and rebuilt after 1627 to a design by Francesco Tensini. The new layout adopted an innovative approach aimed at reinforcing security and integrating advanced technical measures to prevent sabotage, as part of a broader strategy to render Bergamo impregnable. The University of Bergamo has launched an interdisciplinary study involving the Survey & Analysis of Built Environment team (SABE) and the Department of Engineering and Applied Sciences (DISA) to examine the construction phases and current deterioration through both traditional and advanced survey techniques (3D laser scanning and digital photogrammetry). The virtual models produced supported the stratigraphic interpretation and the reconstruction of the building phases.

Keywords

Architectural drawing, 3D survey, historical-constructional study, stratigraphic elevation analysis, UNESCO World Heritage.



Point cloud model of
Porta San Lorenzo (image
by the SABE team).

"hò preso occasione di trovare modo di fare una Porta di poca fattura e spesa, e di molta sicurezza; per resistere à tutte l'astutie, e particolarmente à quelle de' Pettardi, contro alla quale non gioverà l'andare bene armato, nè io per molto che vi habbia pensato, vi hò potuto trovare rimedio sufficiente contro".

Francesco Tensini 1624

Introduction

The Fortress of Bergamo, which is best known for the Venetian Walls, is a complex system of military architecture and underground and above ground level spaces, built according to a precise strategic plan of the Serenissima for the defense and control of its territories on the mainland. The massive construction, preserved over the centuries, certifies the history of the city from the end of the Middle Ages to the present day. One of the distinctive elements is the city wall, which represents a compromise between geometric strictness and adaptation to the mountain orography [Frigeni 2023, pp. 13-23]; in addition to it, there are four gates, three of which were erected as independent structures above the level of the patrol walkway (fig. 1).

The San Lorenzo gate is a significant example of the historical and functional evolution of the city's defensive system. Built as part of the Venetian fortification work, it was the first gate to be built, and the smallest in size. The entrance, facing north-west, marked the beginning



Fig. 1. The Fortress of Bergamo, Porta di San Lorenzo, and the Valverde basin (image by the SABE team).



Fig. 2. Portrait of Francesco Tensini and his treatise on fortifications [Tensini 1624, pp. 4, 13].

of the road commissioned by the rector Alvise Priuli, the only strategic connection route for trade between the Serenissima and central Europe [Colmuto Zanella 1988, pp. 61-70; Cardaci, Versaci 2023, pp. 27-36]. Its original location at the bottom of a valley, the shallow ditch in front and the disadvantageous position of the gunboat openings with short fire coverage, made it particularly vulnerable to enemy attacks; for this reason, in 1605 it was walled up and subsequently rebuilt on itself based on the project by engineer Francesco Tensini.

Researchers unanimously agree that the current gate is the result of two distinct construction phases: the first, dating back to the initial period of the fortification (1561-1588), and the second, after 1627 [Resmini 2023, pp. 52-55]. This involved the completion of the perimeter wall and the construction of a new access based on the pre-existing one, resulting in a significant elevation and structural modification (fig. 2). The choice to lower the fortification into Valverde rather than place it further north, on the hill, in correspondence with the ancient medieval layout, correctly considered more advantageous, is controversial, and still unanswered today.

The project represents the first modernizing operation of the fortress; it presents an innovative approach aimed at strengthening the security not only of the single entrance, but of the entire defensive system, through advanced engineering solutions and devices aimed at defending, both from external enemies and preventing internal sabotage attempts, with the idea of making Bergamo an elusive armed garrison.

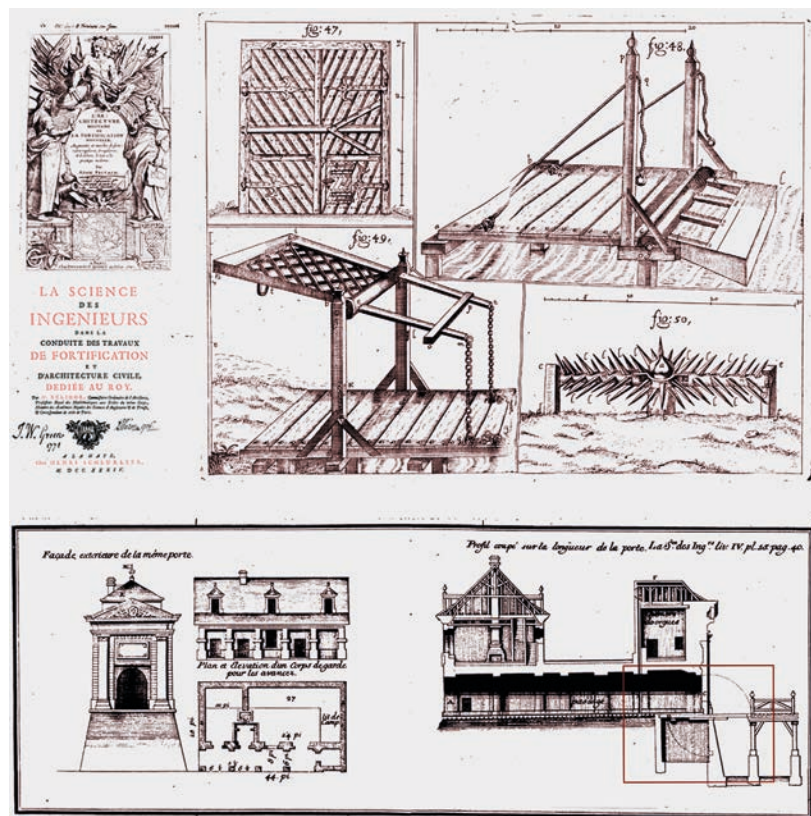


Fig. 3, the operating principle of the so-called 'counterweight drawbridge' [Fritach 1640, s.i.p., tav. I; Forest de Belidor 1729, libro IV, s.i.p., tav. 15]

Defensive strategies and design of gates in the treaty on fortresses by Francesco Tensini

Francesco Tensini, a 17th-century military expert, stood out for his skills both in the design of fortification works and for his experience as a soldier on the battlefield. Born in Offanengo, near the town of Crema, around 1580, he began his career outside the Republic of Venice because he was exiled in 1597. He served Philip III of Spain in Flanders and Frisia, obtaining the title of king's engineer, confirming his technical and strategic skills.

The prestige he acquired allowed him to establish himself as one of the leading experts in military architecture of his period and to become the supervisor of the fortifications of the 'Serenissima'. His work proved to be crucial for the control of the territory and confirms the connection between technical knowledge and military activities, in a historical period in which the military engineer assumed a central function in the geopolitical strategies of European states [Petralli 2024]. His violent death, which occurred on 14 August 1638, raises unanswered questions and suggests the possibility that his assassination was motivated by issues related to military security, attesting both to the value of the knowledge he held and to the vulnerability of the custodians of war secrets (fig. 3).

Francesco Tensini is the author of the famous treatise *La fortificazione: guardia, difesa et espugnazione delle forzze* [Tensini 1624], in which he presents how the solidity of a fortress depends mainly on its gates. He describes the different ways of building and positioning the gates, as well as the most effective defense strategies and the protective devices – such as rakes, lifting bridges and iron portcullis– most suitable for their safety. However, as useful as these measures are, they involve high costs of construction and maintenance, as well as requiring a considerable commitment of men for control.

He notes how the evolution of siege strategies in the modern age with the use of gunpowder has profoundly changed the art of war: the new soldiers, the firecrackers, do not fear musket shots because they are well protected by the new armor and, even less, artillery because it requires a long time to load and fire, and it struggles to hit the target accurately. The engineer proposes an archetype of a revolutionary and innovative gate, a synthesis between the experiences gained on the European battlefields and the most advanced construction techniques of the time. The passage, designed to guarantee maximum security, is closed and armed, with isolated spaces dedicated to the surveillance guards and devices for the rapid release of stones and incendiary projectiles and a particular 'balance' drawbridge with chains hinged at the level of the crown and connected to the external end of the walkway (fig. 4). The internal section, shorter and equipped with counterweights, hides a deep hole located below the floor level.

Rotation is possible thanks to a beam hinged at the threshold which acts as a fulcrum: by activating the chains, the external part rises, aligning itself with the *facade* and closing the access, while the internal part lowers into the *cage de la bascule*, opening the

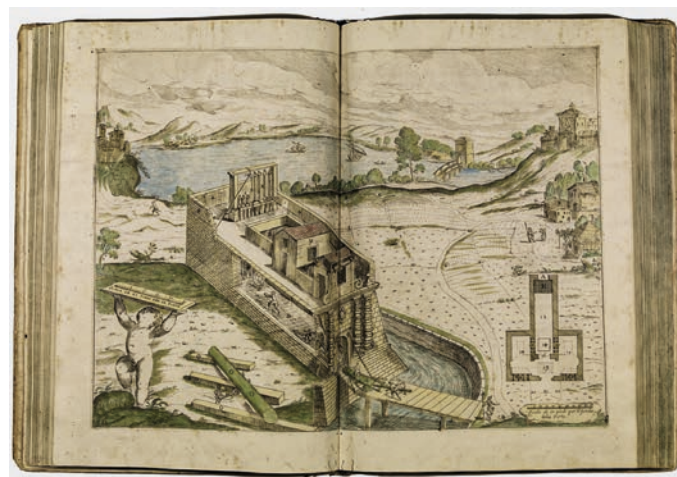


Fig. 4. The archetype of the 'Fortress Gate' from Francesco Tensini's treatise [Tensini 1624, pp. 125, 126].

moat. This system guarantees a double level of protection because by setting fire to the walkway, the stragglers passing by would fall into the hole and it would have been difficult for them, from below, to attack the iron gate. A peculiar element of the project is represented by the guard houses placed on the roof and equipped with a device with eight heavy stone columns that, in the event of an attack, could be dropped on the firecrackers to eliminate them and break the internal section of the drawbridge. In addition, if the enemy managed to penetrate the complex and attempted to break

down the portcullis, the sentries could defend themselves by throwing incendiary balls soaked in sulphur and pots filled with gunpowder, through narrow windows positioned above the entrance (fig. 5).

The sentries, selected by drawing lots and charged with manning the guard posts in turns, were placed in safe spaces, isolated from both the outside and the inside. These spaces, carefully isolated from both the inside and the outside, guaranteed them double protection: on the one hand, it allowed them to defend themselves from enemy attacks; on the other, it protected them from the risk of infiltration or conspiracies within the garrison.

The design of the new Porta di San Lorenzo by Cavalier Francesco Tensini

The Porta di San Lorenzo was built between 1562 and 1563 and subsequently closed and walled up in 1605. In 1627, Tensini's design intervention determined its reconstruction, giving



Fig. 5 | Francesco Tensini's design for Porta of San Lorenzo in Bergamo (State Archive of Venice, Dispatches of the Governors 1627-1628, file 22).

it its current configuration. The architect not only designed a simple arched opening but also conceived a complex architectural system with an articulated geometry – which he called ‘castle’ – including buildings, covered spaces and a small parade ground (fig. 6). Access was via two routes: a road coming from the valley, which allowed one to cross the moat and reach the arch at the line of the redondone (23 feet from the bottom of the moat), and a new route parallel to the curtain wall. To protect the walkway from the valley, near the moat, there was a second external drawbridge with a swing, as documented in 18th century maps, in the view from above by Pierre Mortier and in an *ex-voto suscepto* painting. It depicts the Porta di San Giacomo which well describes the functioning of the second bridges of the entrances to the Bergamo walls [Angelini 1992, pp. 71-76]; it is flanked by a guardhouse and an external wooden enclosure (fig. 7).



Fig. 6. The Fortress of Bergamo and Porta of San Lorenzo in 18th-century cartography (Gallica Bibliothèque Numérique de la BnF de France).

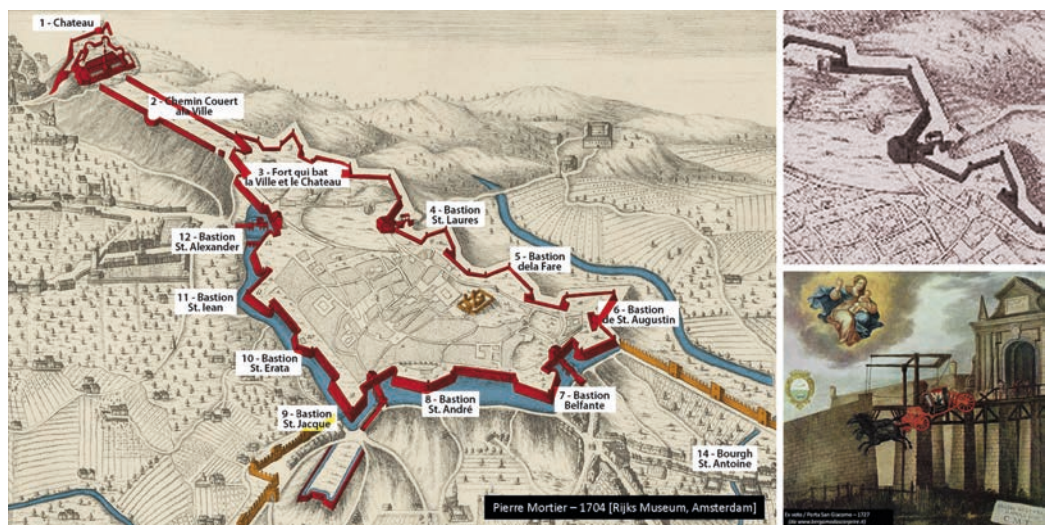


Fig. 7. The Fortress of Bergamo and the double drawbridge system (Gallica Bibliothèque Numérique de la BnF de France).

The 'castle' was further protected by three locking devices: on the archway a wooden door facing the valley and an iron portcullis on the internal side, as well as a gate located between the guard post and the internal counterwall of the curtain wall for the control of the parade ground. The latter was delimited by a portico, which offered shelter to the soldiers during the day, and by the guard post where the sentries retreated at night; the latter had two entrances (one on the parade ground, the other beyond the gate) and numerous loopholes to counter any attackers. The archway was equipped with the 'balance' drawbridge described in Tensini's treatise, with a central fulcrum on a sturdy beam on the edge of the curtain wall; when raised, the external walkway closed the front towards the valley and the internal one uncovered the internal moat created in the vaulted space of the ancient structure. The lifting was done by means of a system of chains sliding on two pulleys fixed to the crowning which, once in position, were blocked by two sturdy bolts anchored to metal rings embedded in the masonry. Above the opening, the sentry's lodge was equipped with a defensive device consisting of three stone columns, each six feet long and with a diameter of eight ounces, which could be made to fall on the firecrackers by activating a simple lever.

This mechanism not only neutralized potential attackers, but also destroyed the internal section of the walkway, making any attempt to gain access extremely difficult. If the enemy had nevertheless managed to lower the external part of the bridge and cross the moat, they would have found themselves exposed to the sentry's fire and hindered by the internal portcullis and, finally, trapped in the parade ground closed by the last gate and guarded by the soldiers on guard.

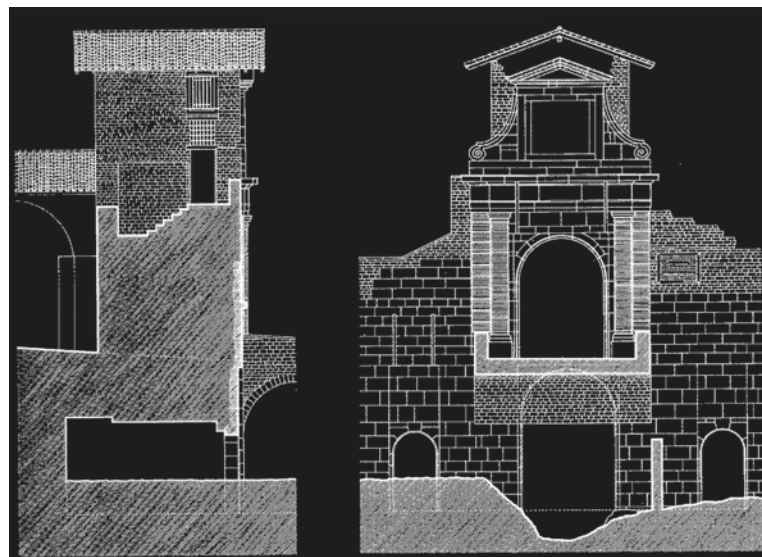


Fig. 8. Elevation and cross-section of Porta di San Lorenzo (College of Surveyors of Bergamo around 1980).

The survey of the door and the stratigraphic analysis of the elevations

The relationship between drawing and construction is placed within a dialectic between the ideal and the real, between the theoretical formulation and its physical consistency. The drawing, as an expression of the architect's planning, is configured as a conceptual synthesis, a representation of the work in its ideal dimension. However, construction is not only a transposition of the drawing, but rather a process of negotiation between the original intention and the constraints imposed by reality. The project is, therefore, an act of the mind, an abstract conception that finds in construction its moment of verification and redefinition [De Rubertis 1994]. The transition from conceptual figuration to material realization introduces an element of dynamism and uncertainty,

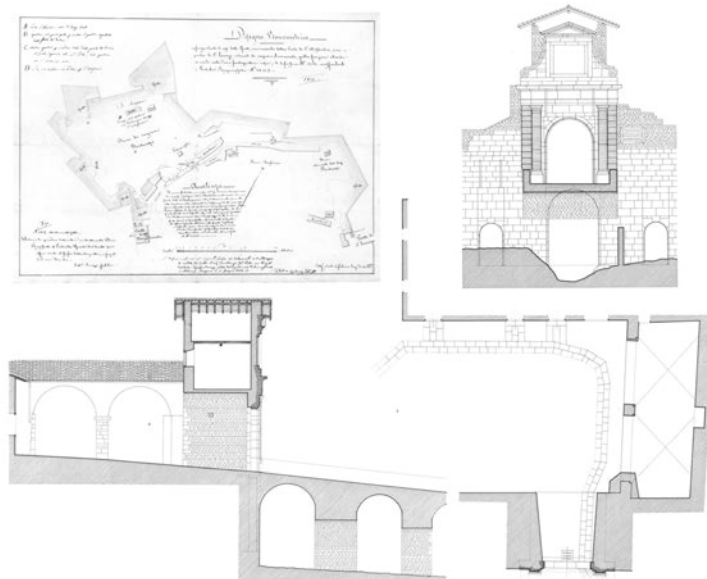


Fig. 9. 3D Survey of the curtain wall and the San Lorenzo gate (College of Surveyors of Bergamo around 1980).

interrupting the invariability of the original idea. The construction site, therefore, is not a space of mere execution, but rather a place of alteration, in which the interaction with the context produces an often uncertain outcome; from this perspective, the constructed building is not a copy of the design, but rather its translation into a language that combines the architectural intention with the concrete conditions of its implementation [Allen 1999].

Surveying is the essential tool for recognizing and geometrically analysing the differences between what was expected and what was achieved; differences that can be better assessed and understood through integrated measurement techniques, which combine active and passive sensors, as well as terrestrial and aerial acquisitions, including Unmanned Aerial Vehicles (UAV) systems. The combination of these technologies allows obtaining data of high precision and resolution, overcoming the limitations of traditional methods and improving efficiency in documentation and analysis activities [Cardaci 2023, pp. 17-34]. The first accurate survey of the gate dates to the 1980s and was carried out by the Collegio dei Geometri of Bergamo; it effectively shows the coexistence of the two gates but shows major differences in the profile of the land compared to how it appears today (fig. 8). The Survey & Analysis of Built Environment team (SABE) of the University of Bergamo started a geometric-material survey in 2024 aimed at evaluating the state of alteration of the monument, as well as starting the diagnostic investigation campaign of the surfaces (figs. 9, 10). The 3D models obtained supported the interpretation of the data and the stratigraphic analysis with archaeological methodology, allowing the various material and structural stratifications to be reconstructed and the different construction moments to be identified; in particular, four main phases were identified (figs. 11, 12).

Phase I (16th century): concerns the construction of the first passage

The central arch of the ancient structure is still partially visible, allowing us to define with certainty its dimensions and height with respect to the moat. The left arch, still intact, has both the recesses on the threshold, intended for the metal joints of the pedestrian walkway, and the slots for the passage of the lifting chains; these elements allow us to understand the functioning and reconstruct the size and width of the moat crossed with a tilting system with a bridge beater. The right arch, also well preserved, seems instead to have had a purely aesthetic function necessary to guarantee a compositional symmetry; this hypothesis is supported by the absence of slots and the presence of a continuous wall at the bottom.

An overall analysis of the entire wall facing shows that the left side was built at the same time as the section that leads to the bastion of *San Lorenzo*, while the right side, as also demonstrat-

Fig. 10. 3D Survey of Porta di San Lorenzo (image by the SABE team).



ed by the different size and finish of the blocks, seems to have been added later: This suggests that the construction of the gate and the left wall section took place in a single phase, while the right walls were completed later; this hypothesis is supported by the discontinuity of the rhodonde, which in the two sectors of the curtain wall is at different heights, highlighting a lack of coordination between the different construction phases. The first construction phase is still being studied. Recent surveys and speleological reconnaissance, conducted through the corridor that branches off from the pedestrian gate, indicate that the adjacent room was built in adherence to its walls, interrupting the original route towards the city. This element suggests that these structures were added when the closure of the gate, or at least of the pedestrian access, had already been decided (fig. 9). However, the study of the underground space is still in its initial phase, and it will be possible to obtain more detailed information only after the removal of the materials currently present inside it.

Phase II (17th century): concerns the construction of the new gate

The passage and the defense house above, aimed at improving the connection with the villages located to the north of the city and ensuring new security for the entire defense system, are well preserved and legible in their parts. The new gate was subordinated to the raising of the same with respect to the valley floor to increase the difference in height from the moat without the need for excavations. The comparison between Tensini's drawing and recent surveys highlights a general correspondence to the project, found in the same organization of the spaces and in the size of the factories. Nothing can be said about the type of drawbridge, whether it was 'with external balance' or a simple walkway, just as nothing can be said about the defense system in the guard post with the three columns and on the three openings (wooden door, iron gate and gate of the parade ground). The lack of holes in the vault and the absence of pin holes for opening the doors suggest the adoption of a simpler and more economical solution. The new passage was created with greater attention to architectural aspects, including decorative elements such as pilasters, frames and a central table as illustrated in the Tensini drawing.

Phase III (18th-19th centuries): concerns the new road system and the system of accesses to the upper city

The ancient system with the two drawbridges no longer exists today; contrary to what is claimed in some publications, the arched bridge is not contemporary with the gate.

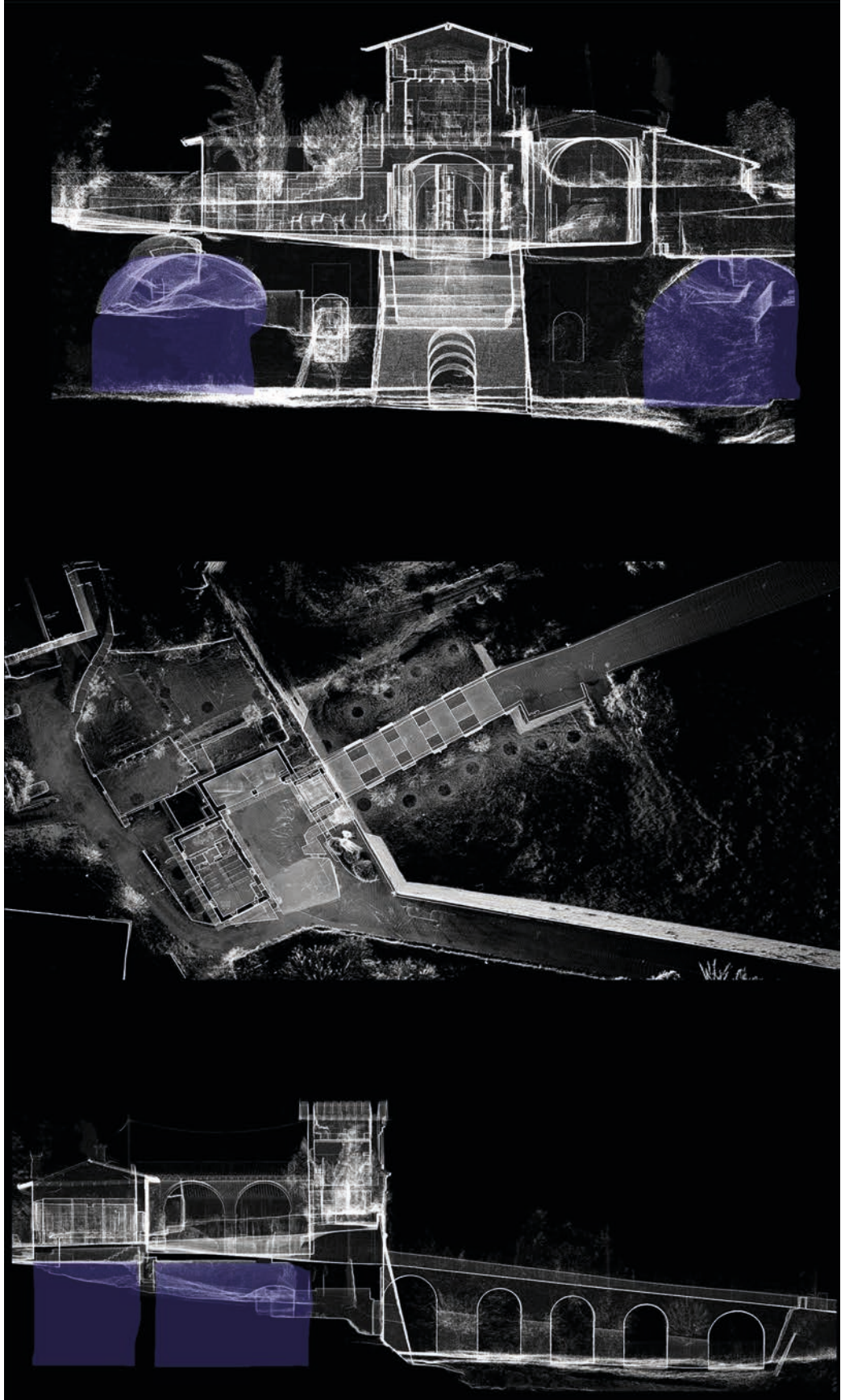


Fig. 11. Orthographic projections of the gate and hypogeal spaces (image by the SABLE team).

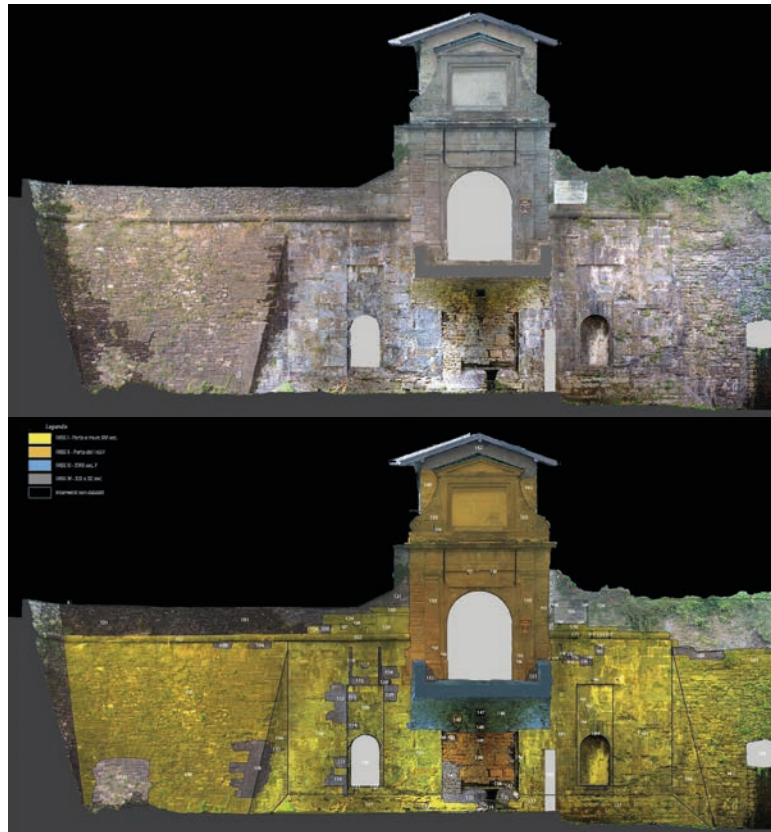


Fig. 12. Rendering and stratigraphic analysis of the elevation (image by the SABE team).

Iconographic documents and ancient maps confirm this hypothesis; the previously mentioned eighteenth-century representations, although not very detailed, show a clear distinction between the drawbridges, indicated with a cross, and the bascules, indicated with a hatching. In Pierre Mortier's bird's eye view of 1704, the city gates are represented with greater accuracy and it is clearly observed that the drawbridges rest on a bascule, followed by a second 'balance' drawbridge before another bascule. An emblematic example of this configuration is provided by an ex voto from 1727, depicting the Porta di San Giacomo, where the second drawbridge is clearly visible.

Phase 4th (20th century): linked to past and recent restorations

The roof of the defense house was redone and raised compared to the original. Stratigraphic analysis suggests that, before the current square window on the internal side, there was a simpler slit. Other changes have affected, even significantly, the various structures of the 'castle' and the heights of the streets. A more detailed understanding of the most recent transformations will be possible through the drafting of a register based on the documentation following the unification of Italy, preserved in the municipal historical archive.

Conclusion

The current perception of Porta San Lorenzo is strongly influenced by the presence of the imposing arched viaduct that precedes it, obscuring the traces of the original structure at the edges. This situation prevents a clear reading of the current state and, even more, the understanding of its past: the openings of the gun embrasure, now walled up, are often hidden by the vegetation that covers the surface, while the changes to the terrain have erased all evidence of the ancient moat, making it almost impossible to reconstruct the idea of the drawbridge system. The transformations undergone over time have led to significant

degradation of the stone elements, especially evident damage linked to structural overload, as demonstrated by the critical crack pattern. The analysis of the surface alterations has also revealed problems linked to humidity and oxidation of the metal elements inserted over time; the structures show marked deterioration, accentuated by the humidity typical of the valley floor and the action of water. In addition, non-systematic interventions have led to the insertion of iron pins and brackets, the oxidation of which has caused further detachments of material. Further research, including stratigraphic investigations and detailed surveys, is necessary for a deeper understanding and to guide future conservation interventions; this step is essential for his conservation.

Acknowledgements

The authors thank the management and the entire staff of the UNESCO Secretariat of the Municipality of Bergamo and the Museo delle Storie di Bergamo for the valuable support provided in the development of this research. Their contribution has proved fundamental for the deepening of knowledge on the Venetian Walls.

Reference List

Allen, S. (1999). *Practice: Architecture, Technique and Representation*. Londra: Routledge.

Angelini, P. (1992). Alvise Contarini e i viadotti delle Mura e un ex voto settecentesco. In *Bergomum. Bollettino della Biblioteca Civica Angelo Mai di Bergamo*, pp. 3-88, pp. 71-76.

Cardaci, A. (2023). Riflessioni sull'uso del disegno di rilievo: strumento strategico di indagine e monitoraggio della trasformazione sostenibile del paesaggio. In A. Cardaci, E. Garda (a cura di). *De-Pavimentiamoci: prove di riconciliazione tra costruito e naturalità*, pp. 17-34. Roma: Aracne editrice.

Cardaci, A., Versaci, A. (2023). La Fortezza di Bergamo: un patrimonio militare da rileggere e conservare. In R. Amore, M.I. Pascariello, A. Veropalumbo (a cura di). *Città e Guerra: difese, distruzioni, permanenze delle memorie e dell'immagine urbana*. Napoli: Edizione FedOA-Federico II University Press, pp. 27-36.

Colmuto Zanella, G. (1988). Le mura. In *Progetto: il colle di Bergamo*. Bergamo: Pierluigi Lubrina Editore, pp. 61-70.

De Rubertis, R. (1994). *Il disegno dell'architettura*. Roma: Nuova Italia Scientifica.

Forest de Belidor, B. (1729). *La science des ingénieurs dans la conduite des travaux de fortification et d'architecture civile. Dédié au Roy*. Paris : Claude Jombert.

Frigeni R. (2023). Le Mura nella storia. Tesori di una città-fortezza del Rinascimento. Un percorso tra storia e bellezza. In N. Fiorina, R. Frigeni (a cura di). *Le Mura nella storia. Tesori di una città-fortezza del Rinascimento*. Catalogo della mostra, Bergamo, Museo del Cinquecento, 1 dicembre 2023-17 marzo 2024, pp. 13-23. Busto Arsizio: Nomos edizioni.

Fritach, A. (1640). *L'architecture militaire ou la fortification nouvelle, augmentée et enrichie de forteresses régulières, irrégulières et de dehors : le tout à la pratique moderne*. Paris : Toussaint Quinet.

Petralli, M. (2024). Francesco Tensini. In *Biographies des auteurs de textes militaires, Ancient Texts of Military Art (ATMA)*. <https://ista.univ-fcomte.fr/omekatest/s/ATMA/page/biographies>.

Resmini M. (2023). Disegno della città et borghi di Bergamo MDCXXVI, 1626 (Scheda n. 11). In N. Fiorina, R. Frigeni (a cura di). *Le Mura nella storia. Tesori di una città-fortezza del Rinascimento*. Catalogo della mostra, Bergamo, Museo del Cinquecento, 1 dicembre 2023-17 marzo 2024, pp. 52-55. Busto Arsizio: Nomos edizioni.

Tensini, F. (1624). *La fortification: guardia difesa et espugnatione delle fortezze*. Venezia: Deuchino Evangelista. <https://archive.org/details/lafortification00tens/page/n3/model/2up>.

Authors

Alessio Cardaci, Università degli studi di Bergamo, alessio.cardaci@unibg.it

Dario Gallina, archeologo libero professionista, dario.gallina@libero.it

Monica Resmini, Università degli studi di Bergamo, monica.resmini@unibg.it

Roberta Frigeni, Museo delle Storie di Bergamo, roberta.frigeni@museodellestorie.bergamo.it

Pietro Azzola, Università degli studi di Bergamo, pietro.azzola@unibg.it

To cite this chapter: Alessio Cardaci, Dario Gallina, Monica Resmini, Roberta Frigeni, Pietro Azzola (2025). Studies and 3D Surveys on the Porta San Lorenzo of Bergamo Venetian Walls. In L. Carlevaris et al. (a cura di), *èkphrasis. Descrizioni nello spazio della rappresentazione/èkphrasis. Descriptions in the space of representation*. Proceedings of the 46th International Conference of Representation Disciplines Teachers. Milano: FrancoAngeli, pp. 465-488. DOI: 10.3280/oa-1430-c781.