



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTA' DI INGEGNERIA

Corso di Laurea magistrale in **Ingegneria Edile - Architettura**

IPOTESI DI RESTAURO DEL CASTELLO CALDORA DI VASTO (CH)

**HYPOTHESIS OF RESTORATION FOR CALDORA'S CASTLE IN VASTO
(CH)**

Relatore:

Chiar.ma Prof.ssa **Chiara Mariotti**

Tesi di laurea di:

Nicola Di Menno Di Bucchianico

Correlatori:

Chiar.mo Prof. **Fabio Mariano**

Chiar.mo Prof. **Leonardo Petetta**

A.A. 2021/2022

a Voi...

che con il vostro Amore, ed i vostri Insegnamenti,

illuminate il mio cammino

INDICE

INTRODUZIONE	1
CAPITOLO I – IL CASTELLO CALDORA	3
1.1 <i>Il Castello nel territorio Abruzzese</i>	3
1.2 <i>Parallelismi ed analogie con sistemi fortificati coevi</i>	6
CAPITOLO II – ANALISI DELLO SVILUPPO DIACRONICO DEL CASTELLO	11
2.1 <i>Il primo impianto fortificato</i>	11
2.2 <i>L'intervento di Giacomo Caldora</i>	12
2.3 <i>La famiglia d'Avalos e la fase della "Transizione"</i>	15
2.4 <i>Dalla fortificazione alla nascita del Palazzo Signorile</i>	21
2.5 <i>L'avvento di Palazzo Palmieri</i>	23
2.6 <i>L'ampliamento su Corso Garibaldi</i>	26
CAPITOLO III – CONFORMAZIONE E RILIEVO DEL CASTELLO	30
3.1 <i>Il Castello oggi</i>	30
3.2 <i>La doppia natura del complesso di Castello Caldora: fortificazione e palazzo</i>	32
3.3 <i>Il rilievo del Castello</i>	34
CAPITOLO IV – MODELLO INTERPRETATIVO DELLA FABBRICA STORICA	47
4.1 <i>Analisi della consistenza materica: mappe tematiche dei materiali</i>	47
4.2 <i>Analisi dello stato di conservazione: mappe tematiche di degradi e alterazioni</i>	51
4.3 <i>Calcolo dell'Indice di Qualità Muraria (IQM): protocollo di calcolo e risultati per il caso di studio</i>	62
CAPITOLO V – STRATEGIE DI CONSERVAZIONE MATERIALE	94
5.1 <i>Interventi sulle superfici murarie esterne</i>	94
5.1.1 <i>PU_Puliture</i>	94
5.1.2 <i>AG_Aggiunte</i>	98
5.1.3 <i>CO_Consolidamenti</i>	99
5.1.4 <i>PR_Protezioni</i>	101
CONCLUSIONI	104
BIBLIOGRAFIA	106

INTRODUZIONE

Il presente lavoro di Tesi ha ad oggetto il **Castello di Caldora di Vasto**, in provincia di Chieti. La complessità del palinsesto architettonico oggetto di studio ha da subito indirizzato le attività di ricerca che sono state finalizzate alla **definizione di una proposta, credibile e coerente, di conservazione e restauro del bene, con particolare riferimento agli aspetti materiali**, sempre dirimenti per massimizzare la permanenza del costruito storico.

L'attenzione prioritaria dell'interno lavoro è stata riservata alla parte fortificata del complesso attuale, che maggiormente definisce la qualità architettonica e testimoniale di questo bene culturale – comprendendo nello studio anche l'ottocentesco Palazzo Palmieri che lo ha parzialmente inglobato – e che costituisce, ad oggi, l'interfaccia di relazione tra il castello stesso e il circostante centro storico della città di Vasto.

Lo studio di questo complesso oggetto architettonico si è fondato su una **metodologia consolidata per la disciplina del restauro/conservazione**: si è avviato a partire da una **ricerca storico-documentale** che ha portato alla individuazione delle fasi principali di sviluppo diacronico della fortificazione; individuandone anche di inedite, invero, molte sono state le vicende che nel corso dei secoli hanno inciso sulle trasformazioni del manufatto che, oggi, si configura come prodotto fortemente stratificato e di estrema complessità. Contestualmente, sono state avviate le attività di **rilievo morfometrico** del castello che hanno supportato la lettura e l'interpretazione critica del bene integrando le conoscenze derivanti dalle fonti indirette e dirette.

Parallelamente, sono state condotte tutte le analisi per comprendere la **consistenza materiale** della fabbrica storica e il suo attuale **stato di conservazione**. Attraverso analisi

visive, pertanto, è stato costruito un **modello interpretativo** del castello, che è restituito attraverso opportune carte tematiche relative rispettivamente ai materiali impiegati e delle tecniche costruttive adottate, come pure alla mappatura dei principali fenomeni di degrado e alterazione.

In linea con le direttive della Circolare n.7/2019 delle NTC 2018, è stato effettuato il calcolo dell'“Indice di Qualità Muraria” (IQM) che ha restituito una **valutazione qualitativa del comportamento meccanico delle murature** del castello sotto l'azione di differenti sollecitazioni.

A seguito delle suddette analisi è stata costruita una **strategia di conservazione e i relativi interventi** che hanno previsto puliture, aggiunte, consolidamenti e protezioni, riservando una specifica attenzione alla fisicità e materialità della fortificazione nel rispetto della complessità delle stratificazioni alle quali, oggi, il bene deve la sua massima complessità.

CAPITOLO I

IL CASTELLO CALDORA

1.1 *Il Castello nel territorio Abruzzese*



Figura 1. il Castello sulla costa Vastese

Il Castello Caldora è inserito all'interno del centro storico di Vasto, cittadina situata nella provincia di Chieti, in Abruzzo. Venne realizzato, per volere di Giacomo Caldora nel XV secolo sui resti di quella che era, verosimilmente, una precedente fortificazione. Arroccato sulla parte alta della città si innalza come simbolo del centro storico di Vasto, monumento storico noto soprattutto per il suo lungo ed articolato percorso costruttivo ed oggi, purtroppo, non visitabile in quanto proprietà privata.



Figura 2. Il Castello su Piazza Barbacani

Il complesso presenta una articolata composizione volumetrica che unisce la fisionomia tipica della fortificazione e quella del palazzo, due anime che si rispecchiano chiaramente negli alzati. Caratterizzanti del castello sono i bastioni ad Ogiva. Questo monumento ha una lunga ed articolata storia costruttiva che si può facilmente rintracciare a colpo d'occhio dei vari prospetti. In precedenza la struttura era a pianta quadrata con torri angolari cilindriche, attorno ad un cortile centrale, seguendo un modello ricorrente nell'architettura militare svevo-angioina. In seguito a distruzioni subite dalla stessa popolazione vastese il forte viene trasformato e rinforzato da grandi bastioni angolari a mandorla seguendo quelle che erano le più recenti ed efficaci tecniche difensive. A partire dal XIX secolo pian piano la struttura è andata perdendo progressivamente il suo aspetto militare ed è stata adattata a funzioni di tipo residenziale.



Figura 3. Il fronte del Palazzo Palmieri su Piazza Rossetti

Nell'Italia centro-meridionale, sulla sponda adriatica, numerose sono le fortificazioni che presentano, caratteri ricorrenti; si tratta di caratteri fortemente legati alle logiche ossidionali che trovano diverse assonanze con le opere note dell'architetto senese Francesco Di Giorgio Martini. Le rocche marchigiane di Fossombrone (PU) e di Sassocorvaro (PU), assieme a quelle aragonesi che sono situate in puglia come Carovigno (BR), Monte Sant'Angelo (FG)

e Rocchetta Sant'Antonio (FG). Sono strutture difensive caratterizzate dalla presenza di uno o più bastioni a mandorla. Nel caso del Castello Caldoresco di Vasto, non è certa l'attribuzione ad uno specifico architetto militare, mentre è quasi sicuro che questi avesse piena conoscenza delle opere di Francesco Di Giorgio Martini. Tra i diversi epigoni di Francesco di Giorgio, presso gli Aragonesi potrebbe essere individuato con maggiore probabilità lo stesso Antonio Marchesi da Settignano (1451-1522), noto per i suoi lavori nel Regno di Napoli per gli Aragonesi, almeno dal 1489 e specie dopo la dipartita definitiva dal regno del suo maestro Francesco di Giorgio nel 1497, anno in cui, contestualmente il 12 Marzo, Antonio venne nominato Ingegnere Maggiore e Primo Architetto del Regno.

1.2 *Parallelismi ed analogie con sistemi fortificati coevi*

È stata effettuata un'analisi comparativa che mette a confronto fortificazioni coeve e che presentano come tratto distintivo il bastione a mandorla di matrice Martiniana. Questo paragrafo intende raccogliere un campione di queste fortificazioni delle quali si propone una lettura essenziale basata sull'articolazione volumetrica.

“Le informazioni del paragrafo sono in prevalenza tratte da: Mariano F., Giuliano A.A., *Il Castello d'Aquino a Rocchetta S. Antonio, tra storia e restauro*, Andrea Livi Editore, Fermo; Naccarella G., *Da avamposto difensivo a fondale di piazza, il Castello Caldoresco di Vasto*, Edizioni Cannarsa, Vasto”.



Figura 4. Il Bastione ogivale del Castello D'Aquino, (Mariano F, Giuliano A.A.)

Il Castello d'Aquino, a Rocchetta S. Antonio, si articola in una serie di strutture preesistenti attorno alla Torre dei Giganti. Vi furono eretti, in età aragonese, gli artemurali ed il torrione a mandorla. Il profilo dei tre torrioni è a carena di nave, cioè con i fianchi a gola obliqua formanti angoli ottusi con le pareti, ma di diverse dimensioni tra loro.

A Carovigno, il Castello, oggi dei Dentice di Frasso, presenta una pianta triangolare, risalta il torrione a mandorla posto sullo spigolo nord-est, che venne fatto costruire dai Loffreda. Come testimonia la presenza dell'arma vajata di matrimonio di Pirro Loffreda, murata nella stessa torre.



Figura 5. Il bastione ogivale del Castello Dentice di Frasso, (Mariano F., Giuliano A.A.)

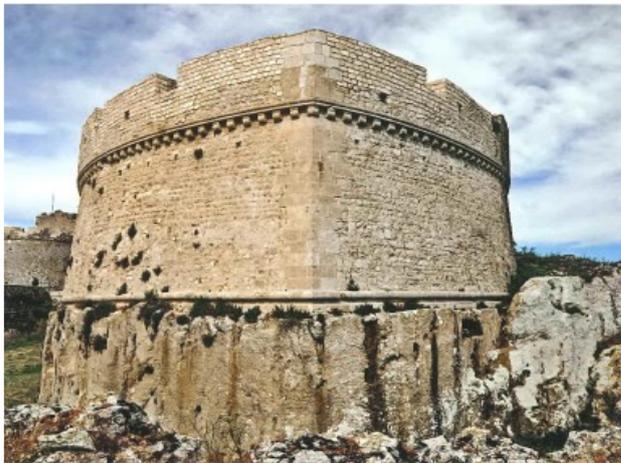


Figura 6. Il bastione ogivale di Monte S. Angelo, (Mariano F., Giuliano A.A.)

La Fortificazione di Monte S. Angelo (FG), risalente ai tempi del vescovo Orso, vescovo di Benevento e di Siponto che lo avrebbe fatto edificare nel IX sec, venne edificato su un precedente castrum bizantino. Sotto la dominazione normanna furono edificate la torre dei Giganti e la torre

Quadra, mentre Federico II fece costruire la cosiddetta sala del Tesoro. L'attuale fortificazione evidenzia soprattutto l'influenza degli Aragonesi che, per difendersi dai nemici, realizzarono il torrione a forma di mandorla ed il fossato che precede il portale d'ingresso.

In territorio marchigiano, precisamente nel comune di Sassocorvaro, in provincia di Pesaro e Urbino, nel Montefeltro, è situata al centro del borgo, la Rocca Ubaldinesca posta su un colle che domina la valle del fiume Foglia. Costruita intorno al



Figura 7. Il fronte della Rocca Ubaldinesca con il bastione ogivale (Mariano F., Giuliano A.A.)

1475 su progetto di Francesco di Giorgio Martini per il duca Federico da Montefeltro. Anch'essa venne costruita su preesistenze, tra cui il torrione che fu conservato e inserito nella facciata del cortile d'onore. Il bastione angolato, in questo caso è dato dal palese zoomorfismo che si ricollega alle ricerche di Francesco di Giorgio Martini circa l'antropomorfismo nell'architettura. La pianta viene organizzata intorno ad un piccolo cortile

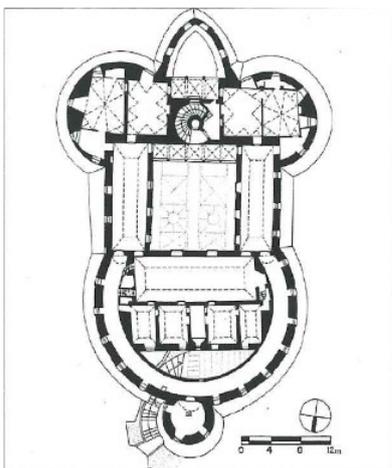


Figura 8. Planimetria Rocca Ubaldinesca, (Mariano F., Giuliano A.A.)

interno e si distingue per la sua forma a tartaruga. La forma ottenuta è il complesso risultato dell'intersezione di forme convesse e si distacca sia dalle contemporanee fortificazioni della fase cosiddetta "della Transizione", conseguente all'introduzione dell'arma da fuoco, sia dalle successive fortificazioni alla moderna, con bastioni angolati.

La Rocca Malatestiana di Fossombrone è situata nella parte più alta della città, in posizione strategica per dominare tutta la vallata del Metauro. Edificata dallo Stato Pontificio alla fine del XIII secolo in forma quadrangolare con quattro torrioni poligonali agli angoli e così rimase anche sotto il successivo



Figura 7. *Caput Carenato Rocca Malatestiana*

dominio dei Malatesta. Nel 1444 Federico da Montefeltro lo acquistò insieme alla città e successivamente, intorno al 1470 fece inserire, da Francesco di Giorgio Martini, l'imponente *Caput Carenato*, raro esempio applicato di rivellino, precursore dei bastioni ogivali.

Tornando a Vasto, il Castello Caldoresco era il punto centrale della struttura difensiva di Vasto. È ubicato in pieno centro storico e, ancor oggi, rappresenta uno dei monumenti più significativi della città. Si può notare la potente struttura a pianta quadrata del Castello, con al centro il cortile in classico stile medioevale, i bastioni a mandorla, due torri e quattro cortine murarie con incluso, a Nord, un fossato con ponte levatoio. Soggetto a consistenti interventi nella seconda metà del novecento a seguito di lavori voluti dalla Soprintendenza dell'Aquila.

Molte sono le vicende che hanno materialmente segnato la fortificazione dalla sua costruzione ad oggi. Con il passare dei secoli con il susseguirsi delle sue varie funzioni si è giunti a quello che è lo stato di conservazione attuale. La proprietà dello stesso è privata, pertanto non è possibile visitare la parte castellare. Le divisioni dello stabile hanno finito per frazionarlo in modo incongruo e a disporre del bene in modo non coerente con i suoi valori

storico-artistici; nel tempo sono stati realizzati locali commerciali al piano terra, appartamenti, studi medici e locali commerciali nel mezzanino, un b&b e altri appartamenti nel piano superiore. Ad oggi, lo stato di conservazione del bene appare piuttosto compromesso; le cause di tale condizione derivano dalle dimensioni del bene che rendono fortemente oneroso ogni intervento per la proprietà e da un uso non coerente con le vocazioni della fabbrica storica.

CAPITOLO II

ANALISI DELLO SVILUPPO DIACRONICO DEL CASTELLO

Dal confronto con la letteratura sulle fortificazioni e dalla lettura delle evidenze architettoniche ancora oggi visibili, questa prima parte della ricerca è stata finalizzata alla definizione delle fasi di sviluppo del complesso difensivo del Caldora.

“Le informazioni del capitolo sono in prevalenza tratte da: Anelli L., *Histonium ed il Vasto attraverso i secoli*, Guglielmo Guzzetti Editore, Vasto; Bindi V., *Monumenti storici ed artistici degli Abruzzi*, Giannini, Napoli; D’Anelli V., *Histonium ed il Vasto*, Tipografia Histonium, Vasto; D’Anelli V., *Il Castello Caldorese del Vasto monografia storica di Vittorio D’Anelli*, Editrice Histonium, Vasto; Naccarella G., *Da avamposto difensivo a fondale di piazza, il Castello Caldorese di Vasto*, Edizioni Cannarsa, Vasto”.

2.1 Il primo impianto fortificato

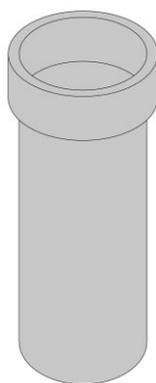


Figura 10. Schema di primo impianto esistente

La presenza di un baluardo difensivo, riconducibile ad una torre circolare, ipotizzabile come primo impianto del castello, sembra suggerita dalla traccia di un muro circolare ancora evidente nel cortile del castello. La sua estensione, forse nel corso del X secolo a mezzo di

un fortilizio disposto a contenerlo e rafforzarne il ruolo difensivo, risulta manifesto nell'innesto della fabbrica sulle strutture dello stesso anfiteatro nella zona che gli archeologi fanno corrispondere al suo ingresso settentrionale.

Sembra ipotizzabile che il primo impianto della fabbrica, sotto forma, verosimilmente, di una torre di avvistamenti e difesa del territorio, assimilabile ad un mastio, si possa ricondurre alla fase di rinascita della città intorno al X secolo d.C. dopo un lungo periodo di declino seguito agli splendori dell'età romana imperiale, che l'avevamo elevata con nome di Histonium al rango di municipio. La conformazione orografica di Vasto rappresentata da un colle difeso sui lati nord-est e sud-est da scoscesi pendii fino al mare e da raccordi più morbidi sul alto ovest, la comodità di approvvigionamento idrico e la posizione di controllo sulla fascia marittima compresa tra il Sangro e il Trigno, avevano costituito elementi estremamente favorevoli all'insediamento fin dal II-I sec. A.C.

2.2 *L'intervento di Giacomo Caldora*

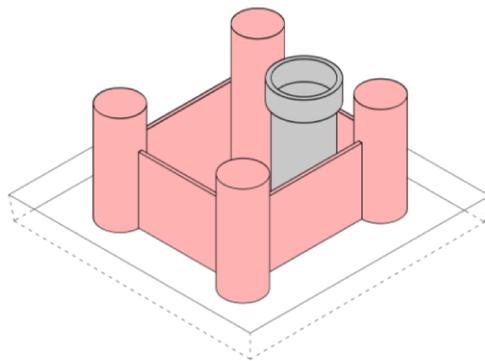


Figura 11. In rosso le trasformazioni di Giacomo Caldora

Dopo una fase di parziale abbandono del tessuto insediativo romano a partire dall'anno Mille, si assiste ad un massiccio ripopolamento dell'antico sito di Histonium. La rinascita della città

pare legata alla sua collocazione strategica ai confini meridionali del ducato di Spoleto e si caratterizza per una sempre più accentuata importanza della parti dell'insediamento adiacenti all'antico anfiteatro romano. Tale conformazione è da ricondurre anche all'insicurezza legata alle ripetute incursioni saracene e ungheresi che andavano sconvolgendo l'Italia meridionale. La stessa rinascita subisce una battuta di arresto a metà del Trecento: oltre agli effetti generali derivanti da una prolungata carestia sfociata poi nella cosiddetta peste nera, Vasto dovette infatti fronteggiare anche una serie di avversità politiche e militari. È verosimile che ,per volontà di Giacomo Caldora, in questa fase venga avviato l'ampliamento dell'avamposto

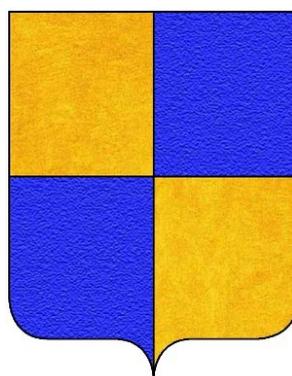


Figura 12 e Figura 13. Giacomo Caldora e Stemma di Casa Caldora

difensivo altomedievale, incluso, all'interno di una rocca quadrangolare munita di torri circolari agli angoli. La presenza anche oggi di queste due torri sul lato occidentale, a ridosso di due bastioni, e la presenza di una terza semitorre cilindrica oggi scomparsa fino al XIX secolo sul lato meridionale, sembrano confermare questa ipotesi. Nel 1345 la regina angioina Giovanna I sottrasse la città a Raimondo Caldora, barone di Castel del Giudice, che aveva fomentato turbolenze nel Regno, e l'assegnò alla sorella Maria, moglie del luca di Taranto. Alla sua morte, nel 1366, Vasto tornò ad essere per un certo tempo città regia. È in questo periodo che inizia una nuova fase di espansione che ha come diretta conseguenza il consolidarsi di un nuovo ceto dirigente ricco e prestigioso e l'affermarsi di una coscienza cittadina, che portarono a sanguinose lotte di fazione. Il prolungarsi di forti dissidi interni contribuisce forse a creare le condizioni politiche per l'intervento di Giacomo Caldora,

appena dopo il suo ingresso in città, è la richiesta alla regina Giovanna II della licenza per la costruzione di un castello, che gli viene accordata con privilegio dal 5 dicembre 1429, e che attribuisce a quest'ultimo il nome che a tutt'oggi conserva.

All'intervento di Giacomo Caldora le fonti associano il disegno, ambizioso, di una nuova città ampliata con la riconquista allo spazio urbano della zona settentrionale, di impianto romano, e di quella, sul fronte opposto, delle cisterne maggiori, e avente i suoi capisaldi nel castello e in una sede di rappresentanza, nel sito più tardi occupato dal palazzo d'Avalos, l'uno e l'altro collegati da un percorso matrice a fare da fulcro interno abitato: il tutto articolato in numerose contrade e compreso entro una nuova cinta muraria, dotata di sei torri e quattro porte. Una di queste, la *Porta Castello*, connetteva sul lato occidentale la città al castello che rimaneva sugli altri lati più vulnerabili, isolato ed emergente, anche per la presenza già all'epoca di profondi fossati, che si estendevano a tutto il circuito delle mura, garantendo alla città una configurazione che rimane sostanzialmente invariata per diversi secoli. Giacomo Caldora si limitò soltanto a rafforzare la vecchia fortificazione, secondo quanto riportato dal Viti infatti il Caldora provvide a rinnovare il castello lasciando in piedi alcuni torrioni di fabbrica assai più antica, provvedendo ad innalzare o più verosimilmente soltanto ad aumentare in altezza, e costruendo alcuni corpi di fabbrica che inglobarono le cortine della rocca trecentesca e assorbirono in parte i diametri delle torri angolari. Al Caldora, la cui morte risale al 1439, non sembrano ascrivibili i bastioni angolari, assimilabili ad una fase successiva, coincidente col perfezionamento dell'arte fortificatoria richiesta dall'invenzione delle armi da fuoco.

2.3 *La famiglia d'Avalos e la fase della "Transizione"*

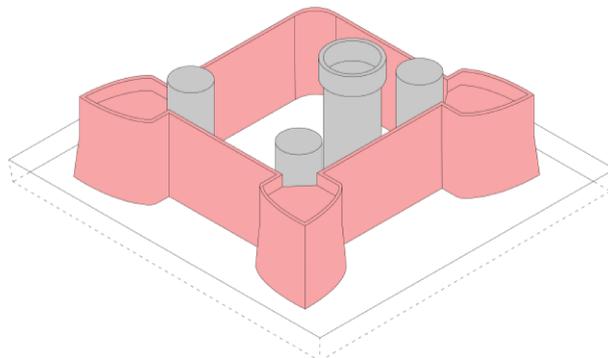


Figura 14. In rosso i nuovi bastioni ogivali

Alla fine del Quattrocento, con l'arrivo a vasto della potente famiglia d'Avalos, venuta in Italia a seguito di Alfonso d'Aragona, inizia per la fabbrica una nuova fase, coincidente con la sua fortificazione a mezzo soprattutto di tre bastioni a mandorla. I lavori di aggiornamento del castello sono occasionali documentati anche dallo stato di rovina in cui esso doveva trovarsi dopo il terremoto del 1456 e dopo il lungo assedio che nel 1464 Antonio Caldora, figlio di Giacomo, aveva sostenuto contro le truppe di Fernando I. Al termine di tale assedio si racconta che il popolo, stremato, smontò i cannoni e demolì il castello, distruggendone completamente il mastio e trasformando il sito in una miniera di materiali da costruzione. L'operazione condotta al castello si inquadra nel più generale potenziamento della cinta di Vasto. Il castello partecipa in questa fase all'ampio processo di rinnovamento innescato dalla scoperta della polvere da sparo e dalla necessità di modificare gli antichi impianti. Nel secolo a cavallo tra la metà del XV e la metà del XVI si assiste in tutta Italia ad un ispessimento delle mura necessario ad assorbire i colpi, alla scelta di un profilo sfuggente per le stesse, al fine di deviarne l'impatto, si fa generale ricorso negli interventi dell'epoca all'abbassamento delle cortine murarie e soprattutto delle torri, mediante la cosiddetta "cimatura" della parte superiore, emergente dalle mura, per impedirne il crollo verso l'interno. L'espedito più efficace consiste tuttavia nel ricorso al bastione casamattato, che rivoluziona decisamente il

sistema della difesa statica, offrendo la possibilità di realizzare il cosiddetto “tiro crociato”, oltre che radente alle mura, indispensabile per attaccare alle spalle gli assalitori, controllare le cosiddette aree morte davanti alle mura, e così rimediare alle deficienze delle torri medievali.

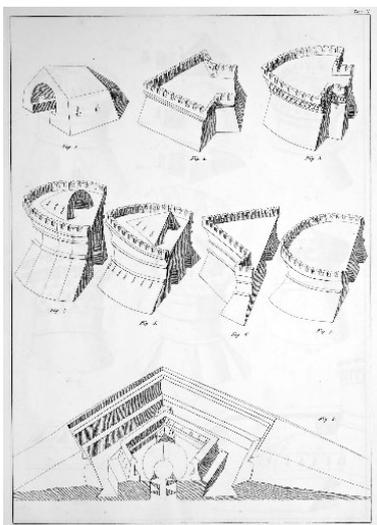


Figura 15. Francesco di Giorgio Martini, Studio per bastioni a mandorla

Queste servivano principalmente per attuare una difesa di fiancheggiamento, in aggiunta a quella frontale, esercitata dall'alto delle cortine merlate, integrata alla difesa piombante. Il forte di Vasto in realtà non sostituisce il castello preesistente ma lo ingloba attraverso una fasciatura o “incamiciatura” che crea nuovi corpi di fabbrica lungo tre lati ed aggiunge alle vecchie torri cilindriche degli angoli tre robusti bastioni, realizzati sui lati di sud-ovest, nord-ovest e nord-est.

Come appare ancora visibile sul prospetto settentrionale, ad oggi meglio conservato, tutto il complesso del forte era in questa fase chiuso da una cortina ininterrotta di mattoni divisi in tre zone sovrapposte: la fascia inferiore a scarpa, in buona parte compresa in un fossato con un doppio ordine di aperture per le armi da fuoco; la parte centrale ad andamento verticale, impostata su una cornice sporgente, cosiddetta redondone, avente la duplice funzione di impedire la scalata alle mura e favorirne il rimbalzo dei proiettili; la parte terminale, ad andamento verticale come la precedente ma sporgente rispetto ad essa, a mezzo di un

redondone e di mensole in pietra, a sostegno di beccatelli a profilo ogivale; il tutto coronato da un parapetto che in origine era probabilmente merlato. Sebbene la presenza di un triplo ordine di casamatte sovrapposte si configuri come elemento di grande evoluzione, la contemporanea presenza di torri circolari e bastioni “a mandorla” o torri lanceolate, ha fatto ritenere agli storici che quello di Vasto sia un fortificazione “della Transizione”. La caratteristica che rende il castello di Vasto un forte unico in Abruzzo è soprattutto data dalla forma “a mandorla” dei suoi bastioni. Torrioni con forma analoga vennero disegnati più volte dall'architetto senese Francesco di Giorgio Martini in quanto la riteneva più idonea, mediante l'arcatura delle facce ad attenuare la vulnerabilità dello spigolo e ad incrementare la resistenza ai colpi inferti con le armi da fuoco. I bastioni del fortificio vastese erano dotati di bocche da fuoco sui fianchi e sulle murature, l'impiego dell'artiglieria è provato non solo dalla presenza di casematte ma anche dai cosiddetti “sfogatoi”, ovvero canali di ventilazione necessariamente associabili all'uso di armi da fuoco. È verosimile tuttavia che tali bocche si prestassero ad esercitare un tiro fiancheggiante le cortine e le torri contigue anche a mezzo di spingarde, colubrine o balestroni da posta rudimentali. Sebbene il lavoro di Francesco di Giorgio Martini si sia concentrato in misura maggiore in Calabria e in Puglia, potrebbe essere plausibile che egli abbia affiancato il re nella valutazione dell'efficienza delle difese del Regno, e abbia insieme a lui soggiornato a Vasto, dove avrebbe impartito suggerimenti per l'aggiornamento e della cinta muraria e della fortezza. La stessa cinta muraria vastese sembrerebbe poter essere ricondotta più o meno direttamente alla figura di Francesco di Giorgio Martini o, più verosimilmente, alla scuola a lui afferente, in quanto diversi sono i caratteri in comune con altri lavori da lui realizzati. Le analogie riguardano ad esempio il concetto di difesa attiva, laddove la conformazione del terreno renderebbe più vulnerabile la cinta. La necessità di adattamento della morfologia urbana comporta la conseguente individuazione delle parti più deboli alle quali occorre porre riparo con difese artificiali,

correlandole il più possibile con quelle naturali. A Vasto la cinta muraria caldorea ha subito con molta probabilità un intervento di ammodernamento sul finire del XVI secolo.

Nel castello di Vasto le facce dei bastioni presentano un andamento curvilineo volto a ridurre l'esilità del vertice e ad incrementare la resistenza contro l'urto di bombarde. Ciascuno di due bastioni a nord è provvisto di tre livelli di casamatte sovrapposti: nella casamatta inferiore posta a difesa del fossato ed in quella centrale erano posizionati i pezzi di artiglieria destinati al tiro di fiancheggiamento ed al tiro incrociato, volti cioè a spazzare il fossato, radere le

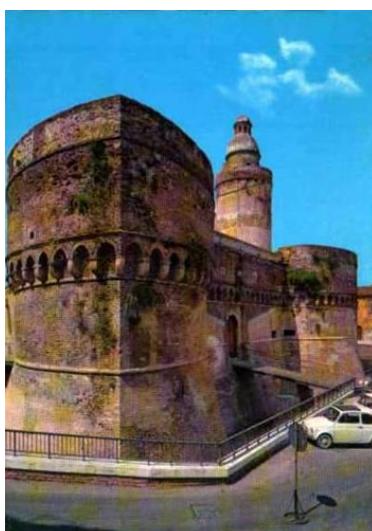


Figura 16. Il fossato ripristinato su Piazza Barbacani, credit «Vasto di...una volta»

cortine e battere il fianco del bastione contiguo allo scopo di arrestare l'avanzata degli assediati. Entrambe le casamatte hanno una pianta rettangolare al L coperta da volte a botte; il terzo livello presenta invece una pianta irregolare tendente alla forma esagonale anch'esso coperto da una volta. Alla sommità del soffitto ed al centro del pavimento dei vari livelli è collocata una apertura rettangolare, il cosiddetto sfogatoio, ovvero un canale di ventilazione necessario in caso di utilizzo di armi da fuoco. All'interno dei primi due livelli di casamatte ciascuno dei fianchi è dotato di cannoniere, più larghe all'esterno e più strette verso l'interno, in cui si inseriva l'artiglieria pesante, analoghe cannoniere sono presenti lungo la cortina muraria in prossimità dei bastioni, ma soltanto al secondo livello. Nel terzo livello vi sono

sei cannoniere o bocche da fuoco per casamatta e quattro lungo la cortina del corpo della fabbrica settentrionale, in queste cannoniere trovavano posto le artiglierie a lunga gittata. Le casamatte non superano mai in altezza le cortine dei forti per ragioni statiche legate al pericolo di crollo sotto il fuoco nemico. La parte a coronamento dei bastioni è protetto da una cortina muraria che segue il perimetro della fabbrica e che un tempo doveva presentare una serie di interruzioni a costruire dei merloni. Attualmente tali interruzioni sono visibili soltanto dall'interno in quanto la muratura esterna è stata risarcita. Rimangono invece percepibili anche dall'esterno le due troniere ovvero le postazioni delle artiglierie a cielo aperto situate lungo i fianchi dei bastioni in barbetta. I primi due livelli sono messi in comunicazione mediante strette gradinate in laterizio ricavate nello spessore murario nei punti di innesto dei bastioni con il corpo della fabbrica settentrionale.

Analogo sistema consentiva l'accesso al terzo livello di casamatta, sebbene attualmente sia visibile nel solo bastione di nord-est. L'utilizzo di ambienti casamattati su più livelli, di aperture sui fianchi del bastione a protezione dell'ingresso, di sfogatoi, sono elementi che denotano nel caso del forte vastese una sperimentazione di concetti successivamente ripresi e perfezionati nelle fortezze cinquecentesche.

Entrambe le torri presentano all'esterno un'altezza pari a circa 20 metri, articolate su quattro livelli e ciascuna servita da un corpo scala autonomo, visibile dall'esterno, con scala a chiocciola in pietra nello spessore della muratura. Mentre tuttavia la torre di sud-ovest è impostata ad una quota pressochè pari a quella del cortile interno, la torre con leggetta presenta un ulteriore livello sottostante, alla quota dell'ingresso al forte. Nel bastione di nord-ovest nel punto di innesto con il corpo longitudinale è visibile la parte basamentale della torre di nord-ovest. Ulteriori aperture consentono l'accesso alla parte superiore dei bastioni,

utilizzati come terrazze del palazzo residenziale. Nelle murature di entrambe le torri sono visibili segni di rimaneggiamenti.

A partire dalla fine del Trecento torri e cortine di costruzioni militari vennero dotate di un apparato a sporgere verso l'esterno, retto da mensole in pietra di forma triangolare o a sbalzi successivi oppure in mattoni anche in questo caso disposti a sbalzi successivi chiamati beccatelli. I beccatelli venivano alternati alle botole, cosiddette caditoie, in virtù del loro uso. Questo tipo di difesa, definita piombante, conobbe una fortuna enorme nel corso del XV secolo ma continuò ad essere realizzato nelle costruzioni successive anche soltanto con funzione decorativa. Nel caso del forte vastese i beccatelli hanno soltanto funzione decorativa e possono distinguersi in due tipi: il primo con archi a sesto acuto in mattoni poggianti su mensole in pietra, il secondo a sesto leggermente ribassato su mensole in laterizio. Il secondo, si può individuare nel bastione sud, a seguito di interventi di restauro susseguitisi con la realizzazione di palazzo Palmieri e dei portici su corso Garibaldi. Il redendone, altro elemento dell'architettura militare, visibile nel prospetto settentrionale del castello, nel muro di controscarpa del fossato e nelle torri della cinta muraria, è un cordolo di pietra arenaria a sezione circolare che separa la parete verticale dalla cortina muraria dalla scarpa alla base di essa. Aveva la funzione di attutire i rimbalzi dei proiettili di artiglieria, mascherare le irregolarità presenti nel punto di raccordi tra le due superfici murarie ed ostacolare la scalata di eventuali assediati. Anche per il redendone è possibile distinguere una tipologia in pietra, ed una più economica, in laterizio. La prima è utilizzata due volte nel prospetto settentrionale del castello: per separare la parte della muratura a scarpa da quella rettilinea e, più in alto, come appoggio per le mensole dei beccatelli. La seconda, ottenuta con mattoni sagomati dal profilo a tutto sesto è ancora visibile nel muro di controscarpa del fossato inglobato nel corpo su corso Garibaldi.

2.4 *Dalla fortificazione alla nascita del Palazzo Signorile*

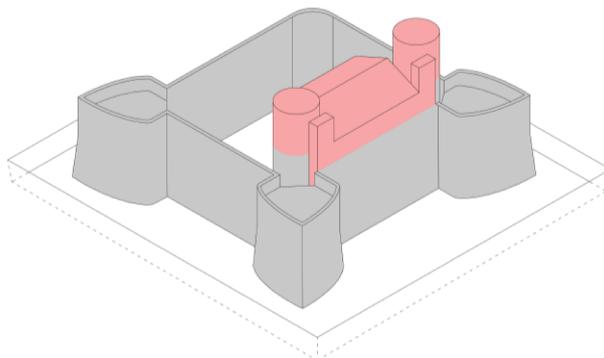


Figura 17. Il palazzo signorile voluto da Isabella Gonzaga

Dopo i lavori realizzati tra la fine del XV ed il XVI secolo, con la costruzione del forte sull'impianto preesistente, inizia per la fabbrica un periodo di profonda decadenza legato soprattutto alla lontananza della famiglia d'Alvalos da Vasto impegnata altrove in guerre e affari di politica e poco interessata a frenarne la progressiva perdita di ruolo strategico. È del 1587 la notizia di nuovi interventi di ammodernamento al castello eseguiti per volontà di Isabella Gonzaga, moglie di Francesco Ferdinando d'Alvalos, e quella riferita dalle fonti al 1598, relativa alla richiesta fatta dall'Università al Marchese per la restituzione dei pezzi di artiglieria prestati alla fortezza di Pescara, essendo ormai il castello privo di armi di difesa. Nel 1605 Innico III d'Alvalos concede il castello all'Università per trasformarlo in sede di tribunale, carcere ed archivio. Soltanto alla fine del XVII secolo Cesare Michelangelo d'Alvalos, nuovo feudatario, ottiene la restituzione del fortilizio utile a fronteggiare un possibile attacco del vicerè di Napoli. È in questa occasione che le torri vengono ricostruite nelle forme e nei caratteri, stilistici e costruttivi, che conservano tutt'oggi. Secondo quanto riportato nelle Cronache vastesi di Diego Marciano infatti, al marchese sarebbero da attribuire agli inizi del XVIII sec. interventi di miglioramento e sopraelevazione delle torri. I caratteri di queste, relativi innanzitutto alla cupola con loggetta panoramica per la torre di nord-ovest, non trovano riscontri nell'architettura militare abruzzese e potrebbero essere



Figura 18. Vassetta G., *Pianta della città del Vasto*, 1793

attribuiti a maestranze di origine iberica chiamate dalla casa d'Alvalos. Alla morte di Cesare Michelangelo nel 1729 per il castello inizia una fase di abbandono destinata a durare per circa un secolo. Soltanto nel 1816 con il suo acquisto da parte di Salvatore Palmieri, appartenente ad una potente famiglia locale, comincia per la fabbrica una nuova stagione, destinata ad influire decisamente sullo sviluppo edilizio di Vasto e sulla sua compagine formale e rappresentativa. L'operazione condotta al castello è coerente infatti con un processo di rinnovamento che coinvolge l'intera città, affrancata dalle mura di cinta che ne delimitavano i confini, a vantaggio della costruzione di nuove infrastrutture e della conquista di nuovi spazi.

L'edificio era composto dal corpo di fabbrica a settentrione, dai tre bastioni e le due torri visibili ancora oggi, un corpo di fabbrica su due piani ad occidente di collegamento tra le torri, con ambienti destinati a carcere al piano terra, ed un corpo di fabbrica ad oriente con spazi destinati al vettovagliamento. I corpi di fabbrica si articolavano intorno ad un cortile che con molta probabilità coincide con quello attuale, è probabile inoltre che il lato meridionale fosse rappresentato da una semplice cortina muraria a chiusura della fabbrica tra il bastione di sud-ovest ed una semitorre cilindrica.

2.5 L'avvento di Palazzo Palmieri

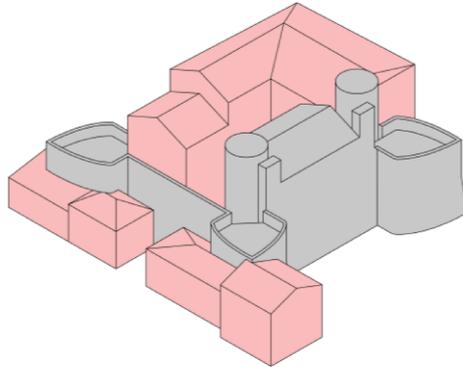


Figura 19. La costruzione di Palazzo Palmieri

L'intervento voluto da Salvatore Palmieri porta a chiudere l'intero fossato che viene occupato da ambienti destinati a scuderie, cantine e magazzini, coperti con volte a crociera su pilastri cruciformi. Al di sopra di questi ambienti, il palazzo ha occupato i lati sud ed est assumendo una forma ad L. L'ingresso al palazzo viene ricavato sul fronte meridionale, simmetricamente opposto al vecchio accesso al castello. Inalterati rispetto alla vecchia compagine rimangono il lato settentrionale e anche quello occidentale, più tardi interessato da un'operazione di colmataura e inglobamento del bastione sud-ovest, dettata dall'apertura di corso Garibaldi, la prima strada extramurale della città. Per definire il nuovo prospetto di palazzo Palmieri, Pietrocola fa ricorso a un bugnato a fasce continue, interrotto soltanto in corrispondenza delle aperture. I materiali e le tecniche qui adottate sono chiara espressione del cantiere ottocentesco locale, confermando l'uso di motivi costruttivi e decorativi ricorrenti in città e del resto in linea con i caratteri costruttivi tipici dell'epoca nell'intera regione. Il muro a scarpa della facciata, interrotto da una cornice marcapiano che funge da marca davanzale alle finestre, il motivo bugnato che inquadra le aperture, segna i cantonali e articola plasticamente l'insieme, il ricorso ad una finitura ad intonaco per gli sfondi, sono tutti principi che tornano

nelle altre opere realizzate a Vasto nella prima metà dell'Ottocento, per mano, prevalentemente, di Pietrocola.

La trasformazione in palazzo che la sinergia tra un committente come Salvatore Palmieri e un architetto come Nicola Maria Pietrocola riesce a realizzare nella prima metà dell'Ottocento, è di fatto la conclusione della vicenda fortificatoria e preludio alla fase successiva incentrata sulla funzione residenziale: la conferma della versatilità della fabbrica, in quanto a forma e funzioni, e la conquista di una identità urbana non più rinunciabile, a meno di una perdita gravemente invalidante, non solo in ordine alla storia della città al suo



Figura 20. Smargiassi G., *Veduta di Vasto* (1836)

futuro.

Il palazzo ottocentesco, voluto da Salvatore Palmieri e realizzato su progetto dall'architetto Pietrocola, si articola ad L sui lati meridionale ed orientale della fabbrica, affacciandosi rispettivamente su Piazza Rossetti e piazza Diomede. Il palazzo si sviluppa su quattro livelli: un interrato ottenuto occupando il tratto meridionale del fossato, un piano terra probabilmente in origine destinato a magazzino e deposito, un mezzanino, generalmente destinato alla servitù, ed il piano nobile con la residenza padronale. La copertura del corpo è realizzata con tetto a due falde. L'intervento dell'architetto ha comportato a sud

l'occupazione del fossato con la realizzazione di un corpo di fabbrica ex novo, laddove nel forte era presente una semplice cortina muraria, ed un adattamento di una struttura preesistente ad est, con conseguente colmature del fossato per riconnettere il nuovo palazzo alla città. L'ingresso al palazzo avviene dal portale su piazza Rossetti che attualmente risulta in posizione decentrata rispetto al palazzo a causa di un'aggiunta successiva alla fabbrica che ha portato alla costruzione di quelli che sono gli attuali portici che ridanno su Corso

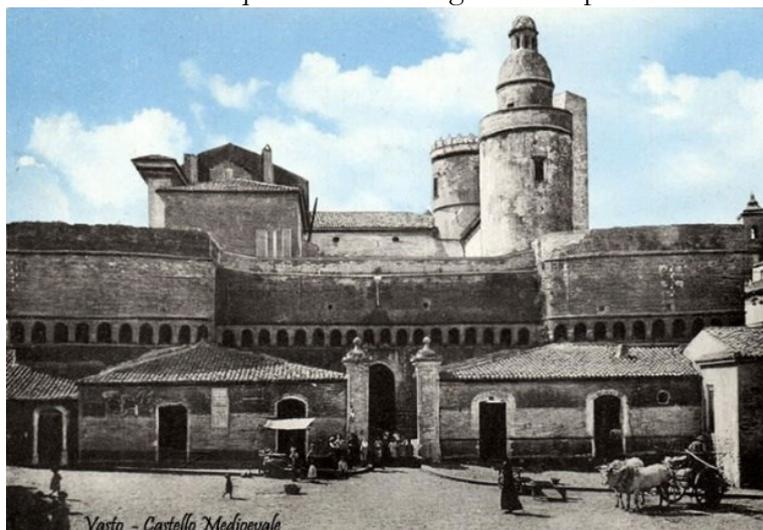


Figura 21. Vista da Piazza Rossetti, credit «Vasto di...una volta»

Garibaldi. Attualmente tutti gli ambienti a piano terra si configurano come locali autonomi con ingresso dalle piazze e destinati ad attività commerciali. Dall'androne è possibile salire la prima rampa che porta al cortile interno oppure scendere al livello dell'interrato tramite una gradinata in muratura. Dalla quota del cortile è possibile accedere al livello del mezzanino nel quale si trovano oggi due unità immobiliari distinte. Gli ambienti del corpo di fabbrica ad oriente hanno invece accesso autonomo dal cortile. Riprendendo la scalinata si raggiunge il piano nobile nel quale si trovano poste due abitazioni. Tutti gli ambienti all'interno del palazzo ottocentesco presentano volte a padiglione.

La trasformazione in palazzo interessò la parte sud-orientale del castello e comportò la colmatura del fossato antistante. Autore del progetto è l'architetto vastese Nicola Maria Pietrocola (1791-1865) formatosi a Roma e Napoli, egli lavora a Vasto con l'intento di

sprovincializzarne la tradizione costruttiva, emancipandola da prassi codificate a favore di un linguaggio rinnovato, nei metodi e nelle forme. Capace di operare tanto alla scala edilizia che a quella monumentale ed urbana, Pietrocola porta in un piccolo centro di provincia il fermento che percorre tutto il Regno, nel tentativo di ricucire i disaggregati tessuti urbani con la creazione di nuove strutture ed il miglioramento di quelle esistenti. L'operazione di adeguamento funzionale condotta sull'antica fabbrica è in questo caso condizionata non tanto dall'importanza intrinseca della fabbrica, quanto dalla sua valenza urbanistica. Adottando l'esistente a supporto di un'opera del tutto nuova, Pietrocola ne riplasma infatti spazio ed immagine, assumendola appunto di riferimento fondamentale dei suoi spazi di pertinenza, anche grazie all'abbattimento di porta Castello e al completo isolamento della fabbrica, che ne esalta emergenza e monumentalità.

2.6 *L'ampliamento su Corso Garibaldi*

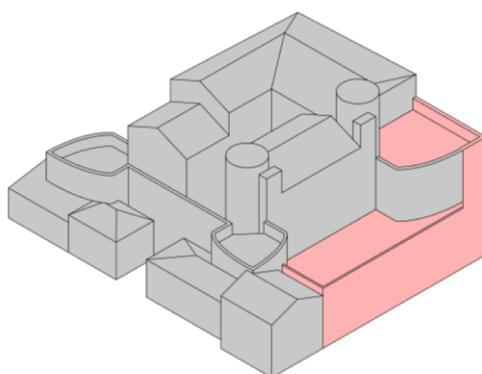


Figura 22. La costruzione dei portici e l'ampliamento di palazzo Palmieri

Per quanto riguarda il fabbricato ad Ovest, il corpo visibile attualmente è il risultato di un ampliamento che ha comportato quasi il raddoppio della superficie originaria mediante l'occupazione di parte del cortile. Fino a quella data la fabbrica occidentale, forse riferibile alla fase del castello quattrocentesco, era composta da un corpo rettangolare disposto su due

livelli, indipendente da palazzo Palmieri, ed avente funzione di collegamento tra le torri. L'intervento novecentesco ha portato alla realizzazione di un porticato al livello del cortile



Figura 23. Corso Garibaldi con i nuovi portici, credit «Vasto di...una volta»

superiore e ad un ampliamento del piano superiore di raccordo con palazzo Palmieri. Attualmente il corpo di fabbrica si sviluppa su due livelli e presenta due affacci, uno ad occidente sul vecchio fossato, ed uno ad oriente verso il cortile interno, dalla quota del cortile si accede attraverso il portico agli ambienti del primo livello oggi frazionati in unità indipendenti, e ciascuno con uscita su un terrazzo realizzato a copertura dell'ultima struttura in ordine di tempo addossata alla fabbrica originaria. Al livello superiore il corpo è direttamente collegato al palazzo Palmieri. Questo piano costituisce inoltre il collegamento fisico tra le due torri circolari oggi utilizzate come stanze di residenza, è proprio attraverso le torri che è possibile uscire sui bastioni di nord-ovest e sud-ovest. Allo stesso livello si trovano due balconi ad ovest e tre ad est, questi ultimi posti al centro degli archi del portico sottostante. Il corpo della fabbrica presenta copertura con tetto a due falde con pendenze differenti a raccordo dei due impianti, ed ambienti di sottotetto accessibili soltanto nel lato occidentale, dai quali ancora una volta è possibile il passaggio da una torre all'altra.

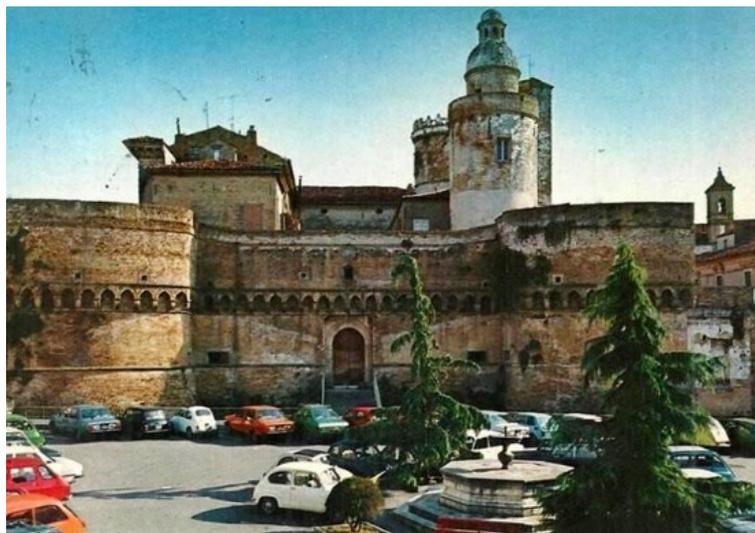


Figura 24. Piazza Barbacani nella seconda metà del XX secolo, credit «Vasto di...una volta»

Nella prima metà del XX secolo, il progetto originario di Pietrocola venne modificato con l'aggiunta di un nuovo corpo di fabbrica a chiusura del tratto occidentale del fossato. Tale operazione ha comportato una sorta di incamiciamento del bastione a sud, mediante la realizzazione di nuovi ambienti lungo l'attuale corso Garibaldi ed un intervento ad L intorno al bastione, di raccordo con il prospetto meridionale del palazzo, fino alla quota del mezzanino. I nuovi spazi, con accesso diretto dal fossato su piazza Barbacani, si trovano alla stessa quota delle cantine di palazzo Palmieri. Gli ambienti su corso Garibaldi presentano caratteristiche simile alle cantine del palazzo: due campate con pilasti cruciformi e volte a vela con mattoni di coltello. Al livello superiore è ripetuta la medesima disposizione su due campate con pilastri cruciformi, che sorreggono volte a vela questa volta con mattoni di foglio. Lungo corso Garibaldi il nuovo intervento si articola complessivamente in due livelli, trasformandosi poi in terrazzo per il corpo di fabbrica ad ovest, mentre nel prospetto su piazza Rossetti comprende anche la quota del mezzanino. Al piano nobile la superficie del mezzanino si trasforma in terrazzo includendo anche la parte superiore del bastione. I due prospetti del nuovo corpo di fabbrica, presentano caratteristiche differenti; il prospetto su piazza Rossetti si articola infatti come naturale prosecuzione dell'edificio già realizzato,

ripetendone la decorazione a bugne ed il ritmo delle aperture; il prospetto su Corso Garibaldi presenta invece una decorazione a lesene, sporgenti rispetto alla facciata che scandiscono il ritmo delle aperture.

CAPITOLO III

CONFORMAZIONE E RILIEVO DEL CASTELLO

3.1 *Il Castello oggi*

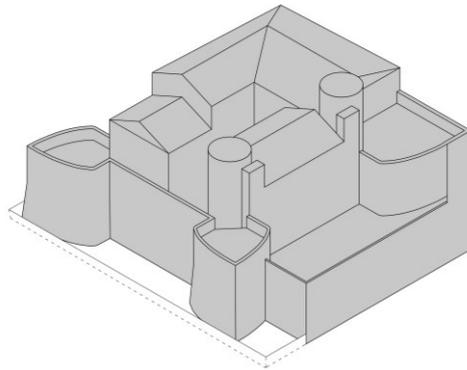


Figura 24. La conformazione attuale di Castello Caldora

Le murature più antiche dell'edificio sono quelle in opus reticulatum ed opus mixtum, presenti nei sotterranei del palazzo e identificati come resti dell'anfiteatro romano di Histonium. La muratura in opus reticulatum è composta da tasselli di forma pressochè quadrata dalle dimensioni che variano tra i 7-8 cm per lato disposti a 45° in file regolari. Gli elementi colorati sono il laterizio, quelle di colore biancastro sono invece ottenuti da pietra calcarea locale. Le malte sono di calce e sabbia. La muratura in opus mixtum è ottenuta dall'alternanza della precedente con ricorsi orizzontali di mattoni, aventi funzione di rafforzamento delle murature. In prossimità di queste, in particolare lungo il lato settentrionale, visibile una muratura mista in pietra calcarea e laterizi, riconducibili ad una fase medievale riconducibile ad una fase medievale, compresa fra il XIII ed il XIV secolo, probabilmente coincidente con una delle prime trasformazioni in fortezza del complesso imperiale. I bastioni presentano una muratura realizzata con conci di pietra arenaria sul fronte

interno e paramento in mattoni su quello esterno. I mattoni della cortina esterna presentano un'apparecchiatura assimilabile a quella cosiddetta "gotica", con un'alternanza pressochè costante di elementi posti di testa e di costa, legata alla necessità mediante l'uso sistematico di diatoni di rendere più solido il muro e metterlo in condizione di resistere alla spinta delle volte interne. La cortina muraria dei bastioni vastesi presenta nella parte sommitale un'apparecchiatura differente rispetto a quella basamentale: la distinzione principale riguarda la posa in opera molto irregolare. Tale differenza sembra potersi attribuire a frettolosi restauri da parte di maestranze meno abili di quelle che realizzarono la fabbrica originaria. Le murature più recenti sono quelle riferibili alla fase di realizzazione del palazzo, nella prima metà dell'ottocento. I prospetti su piazza Rossetti e piazza Diomede presentano fasce continue orizzontali tagliate a bugnato a piano terra, lavorazione a bugne rettangolari al livello del mezzanino, mostre di mattono a vista sui cantonali e sull'apertura centrale al piano nobile, dove verosimilmente la cortina in mattoni doveva essere coperta da intonaco. La lavorazione a bugnato viene ottenuta con mattoni smussati a perimetrazione delle bugne e l'interposizione orizzontale e verticale di laterizi di spessore ridotto. Per il prospetto su corso Garibaldi, si sperimenta una decorazione a lesene, sporgenti rispetto alla facciata che scandiscono il ritmo delle aperture.

3.2 *La doppia natura del complesso di Castello Caldora: fortificazione e palazzo*

Oggi il castello risulta costituito da quattro corpi di fabbrica rettangolari articolati attorno ad un cortile centrale, osservando la pianta dell'edificio è possibile distinguere con chiarezza gli elementi che appartengono alla fase del forte e quelli che invece costituiscono il palazzo ottocentesco. Sono ben distinguibili una parte superiore che conserva ancora i caratteri di un edificio militare rinascimentale, ed una parte inferiore con tutti gli elementi dell'architettura residenziale e rappresentativa ottocentesca. La testimonianza più forte di queste due identità che convivono nello stesso edificio è rappresentata da due ingressi disposti simmetricamente l'uno rispetto all'altro e rappresentativi ciascuno dell'epoca storica in cui vennero realizzati e della funzione che svolgono. Il primo che fronteggia piazza Barbacani è l'ingresso del forte e la sua posizione risulta abbastanza chiara se valutata in relazione alla cinta muraria di cui il castello costituiva parte centrale. È comprensibile che l'ingresso al forte avvenisse dall'interno della città proteggendo la parte più vulnerabile dall'attacco nemico, mentre il lato meridionale, di raccordo alle mura, fosse chiuso e costituisse un presidio ad una delle principali porte di accesso alla città, porta Castello.

Su Piazza Rossetti, invece, vi è l'ingresso del palazzo ottocentesco voluto dalla famiglia Palmieri. In un periodo storico in cui era venuta meno l'esigenza di difendersi da attacchi nemici e si faceva strada la necessità di superare la cinta muraria ed occupare nuovi spazi per la città, il palazzo si apre verso l'esterno, su un'area dalla forte valenza storica e sociale. A causa del frazionamento della fabbrica originaria tra più proprietari si sono susseguite alcune alterazioni come l'apertura di un nuovo ingresso verso piazza Diomede nel bastione di nord-est e, viceversa la chiusura di ambienti un tempo comunicanti.

L'accesso al corpo di fabbrica a nord, corrispondente alla parte del forte meglio conservata, avviene oggi mediante una passerella in legno realizzata nella prima metà degli anni Sessanta

dalla Soprintendenza dell'Aquila, nel corso di alcuni interventi di restauro volti all'eliminazione di superfetazioni, allo svuotamento del fossato nel tratto ancora in luce ed al risarcimento della cortina muraria ove sconnessa. Il lavoro di liberazione del fossato ha portato alla luce i resti di una struttura, identificabile probabilmente con il battiponte del forte quattrocentesco, e sulla quale a sua volta è stata appoggiata la nuova passerella. La funzione del battiponte, identificabile come un pilone in muratura al centro del fossato, era di costruire contemporaneamente un appoggio al ponte levatoio dal lato del forte, e ad una passerella probabilmente fissa poggiante sulla controscarpa del fossato. Superiormente l'intero corpo di fabbrica, oggi utilizzato come terrazzo del palazzo Palmieri, costituisce il collegamento fisico tra i due bastioni.

Due sono le funzioni principali che caratterizzano le aperture del corpo di fabbrica: quella militare e quella residenziale. Esemplificative dalla prima sono le aperture a tutt'oggi presenti sul fronte nord, come il portale d'accesso quattrocentesco e le cosiddette ocche da fuoco; rappresentative dall'altra sono invece quelle a scopo decorativo che ornano le aperture del palazzo. La mostra del portale con arco a tutto sesto è realizzata con conci in pietra arenaria scolpiti. È presumibile che lo spazio compreso tra il portale e la cortina fosse occupato dal ponte levatoio che, ruotando sul lato inferiore arrivasse a poggiare sulla struttura al centro del fossato. In effetti la distanza tra il portale ed il battiponte corrisponde all'altezza tra la base del portale e la piattabanda in laterizi sui quali viene inquadrato il portale. Le cannoniere del terzo livello presenti all'interno dei bastioni si configurano come vani strombati verso l'interno, coperti da volte a botte e provvisti di nicchie semicircolari su un lato, forse per consentire un'attesa più agevole. Come le feritoie, infatti, venivano utilizzate per tiri quasi esclusivamente frontali, generalmente a supporto dei tiri di fiancheggiamento e dopo l'individuazione del momento più opportuno per colpire efficacemente l'avversario. Per questo motivo le aperture a muro presentano, nella parte inferiore, un piano molto inclinato

che consentiva di battere la zona morta al piede della cortina murarie e, laddove lo spazio lo consentiva, sedili realizzati intorno a gradini centrali. Nei muri di minori spessore, le feritoie non presentano la nicchia ma soltanto un'ampia strombatura.

3.3 Il rilievo del Castello

Essendo una proprietà privata, avendo molteplici proprietà e non avendo la possibilità di accedere al suo interno, il rilievo del Castello è stato effettuato esclusivamente sui prospetti esterni. Partendo da una base cartografica fornita dalla Soprintendenza Archeologica Belle Arti e Paesaggio per le province di Chieti e Pescara, il rilievo delle planimetrie è stato verificato con rilievo diretto, avendo cura di verificare l'attendibilità del materiale fornito, in rapporto alle finalità del presente lavoro di Tesi.

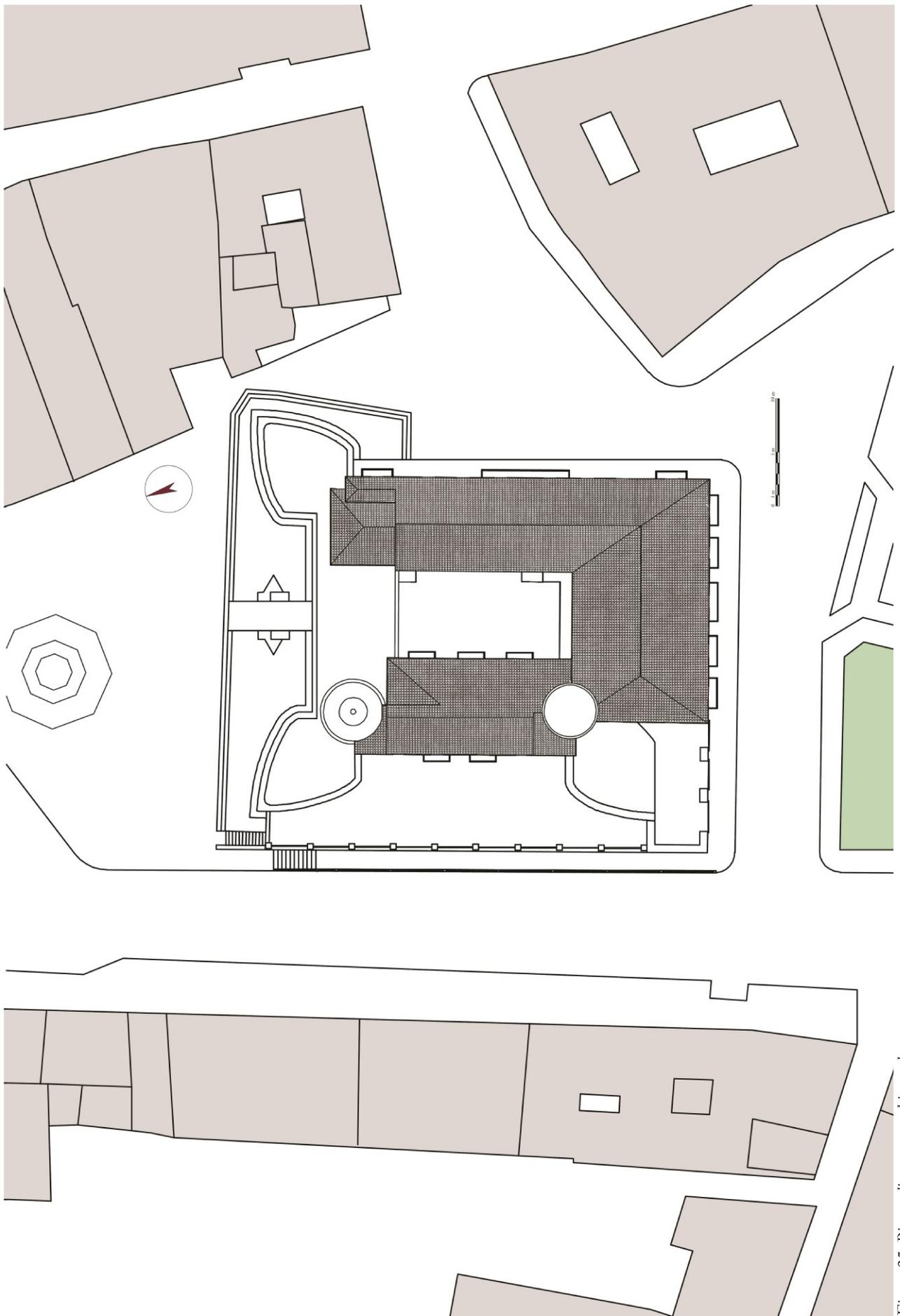


Figura 25. Pianta di copertura ed inquadramento

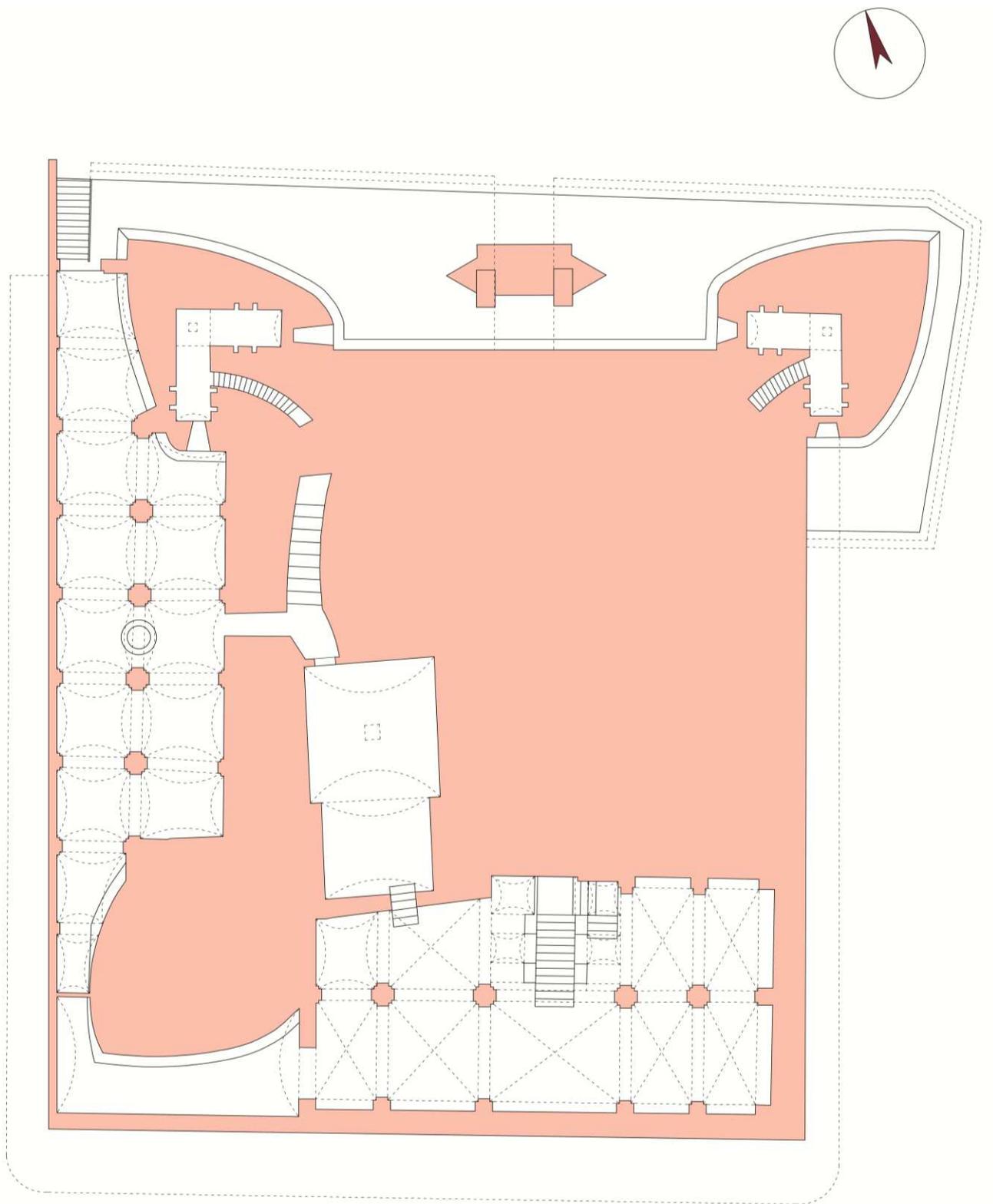


Figura 26. Pianta piano Interrato

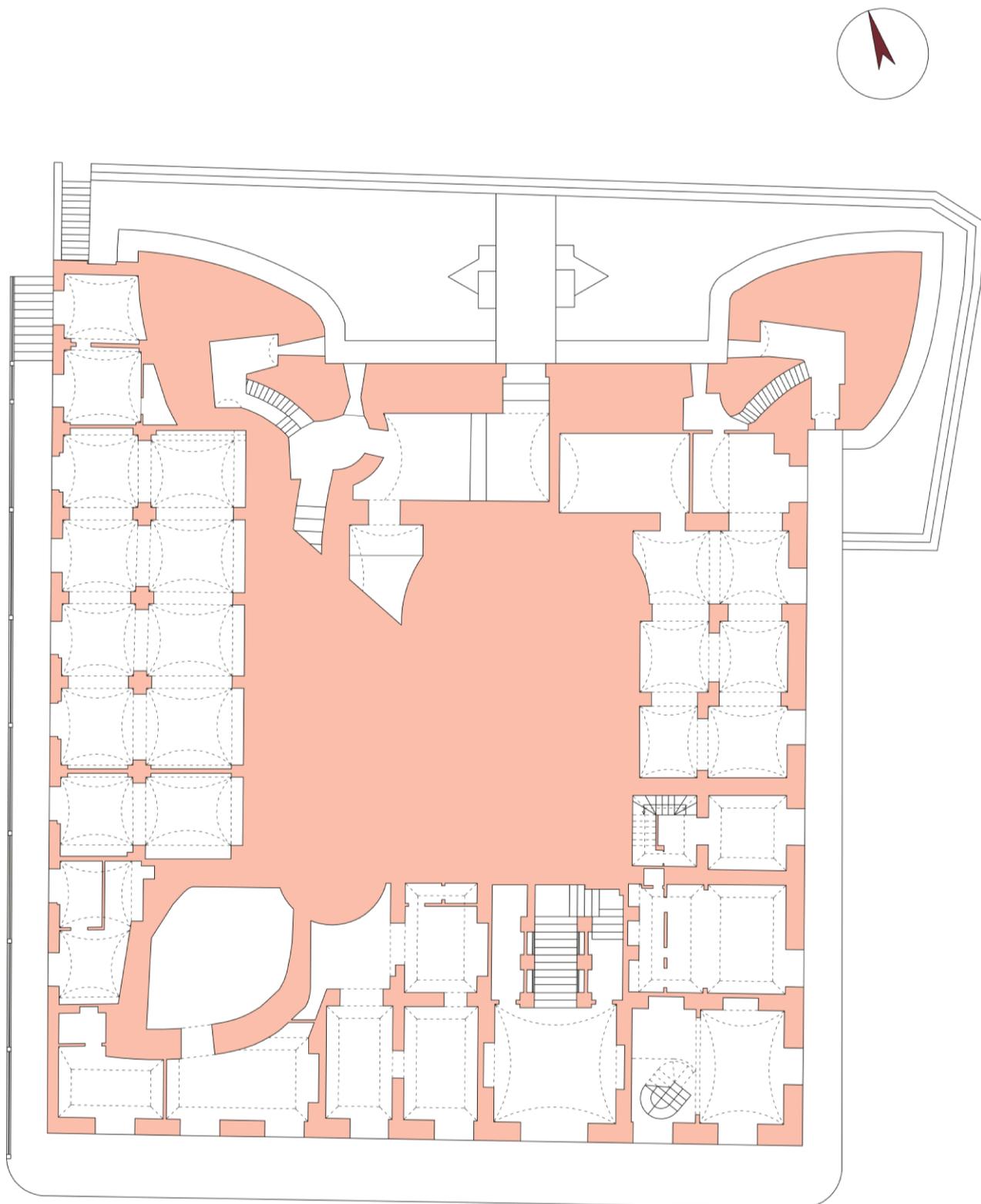


Figura 27. Pianta piano Terra

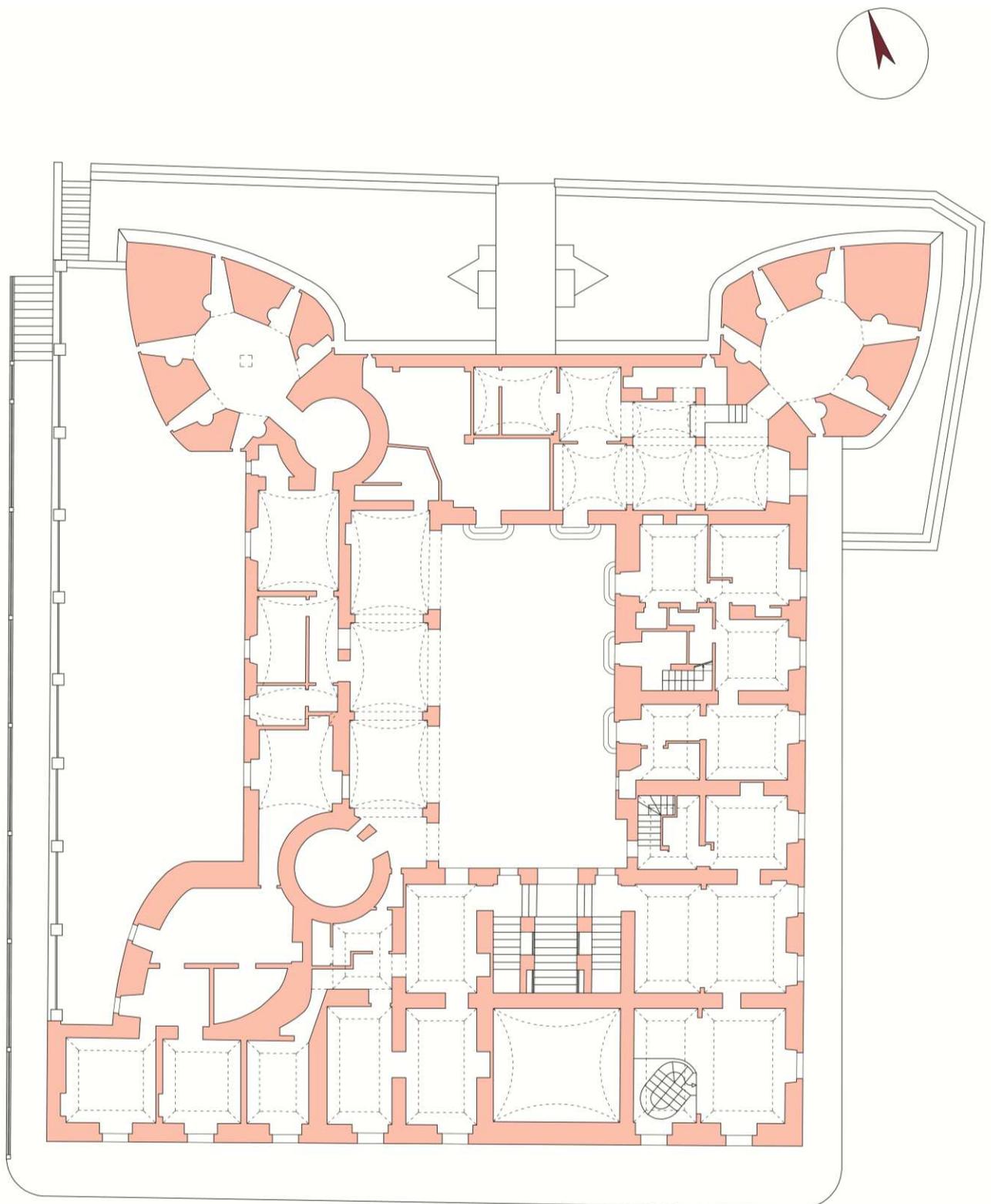


Figura 28. Pianta piano Primo

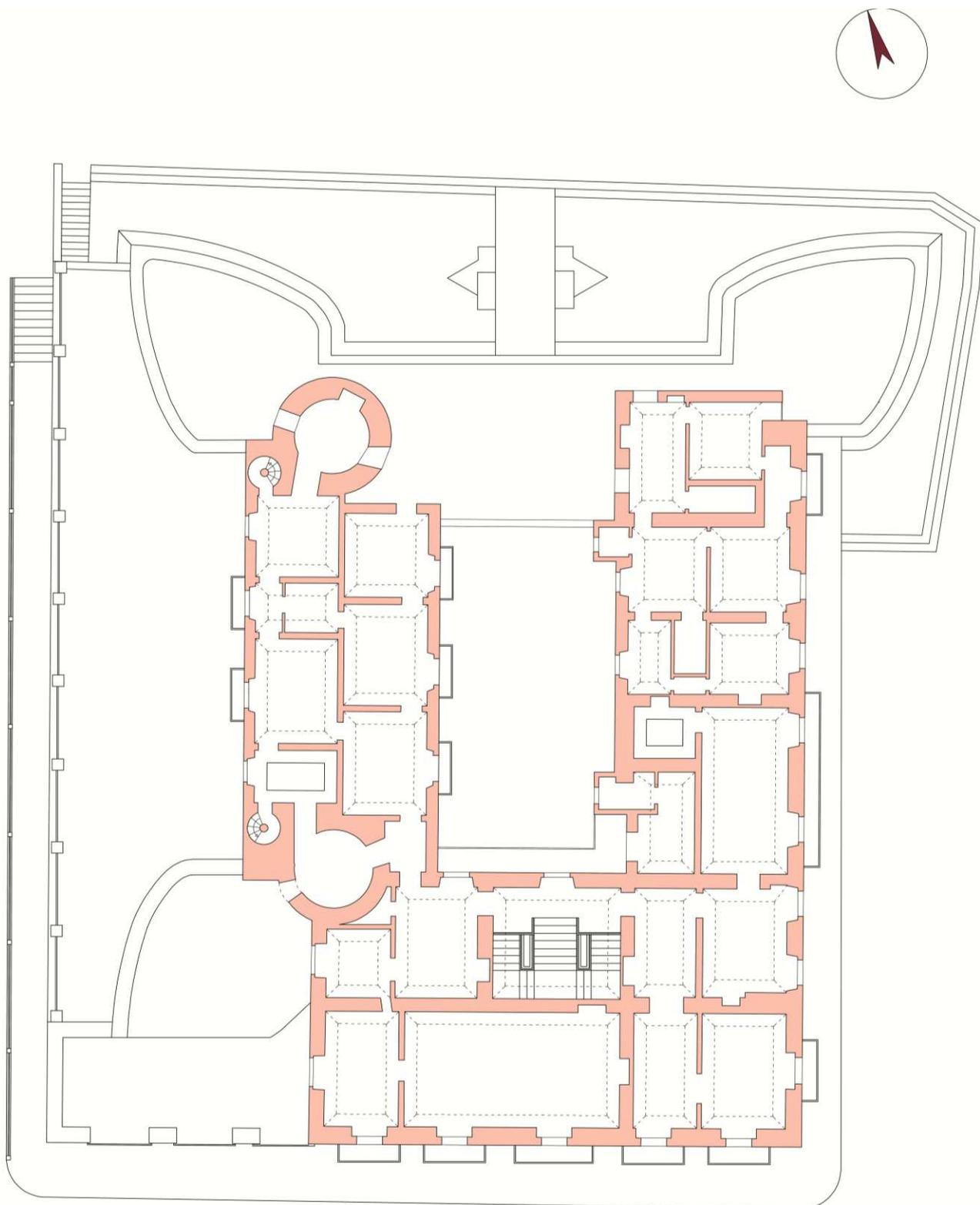


Figura 29. Pianta piano Secondo

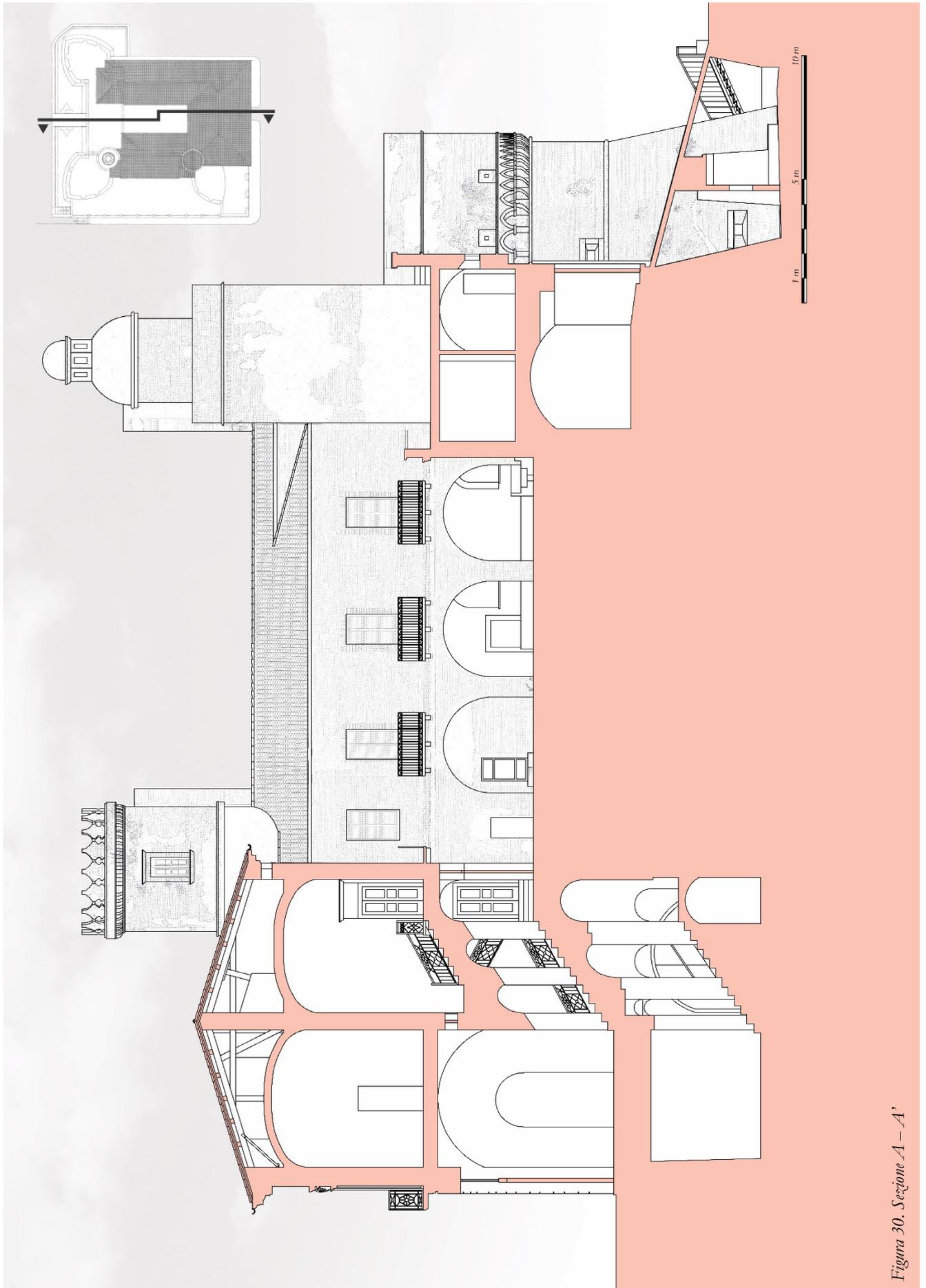


Figura 30. Sezione A - A'

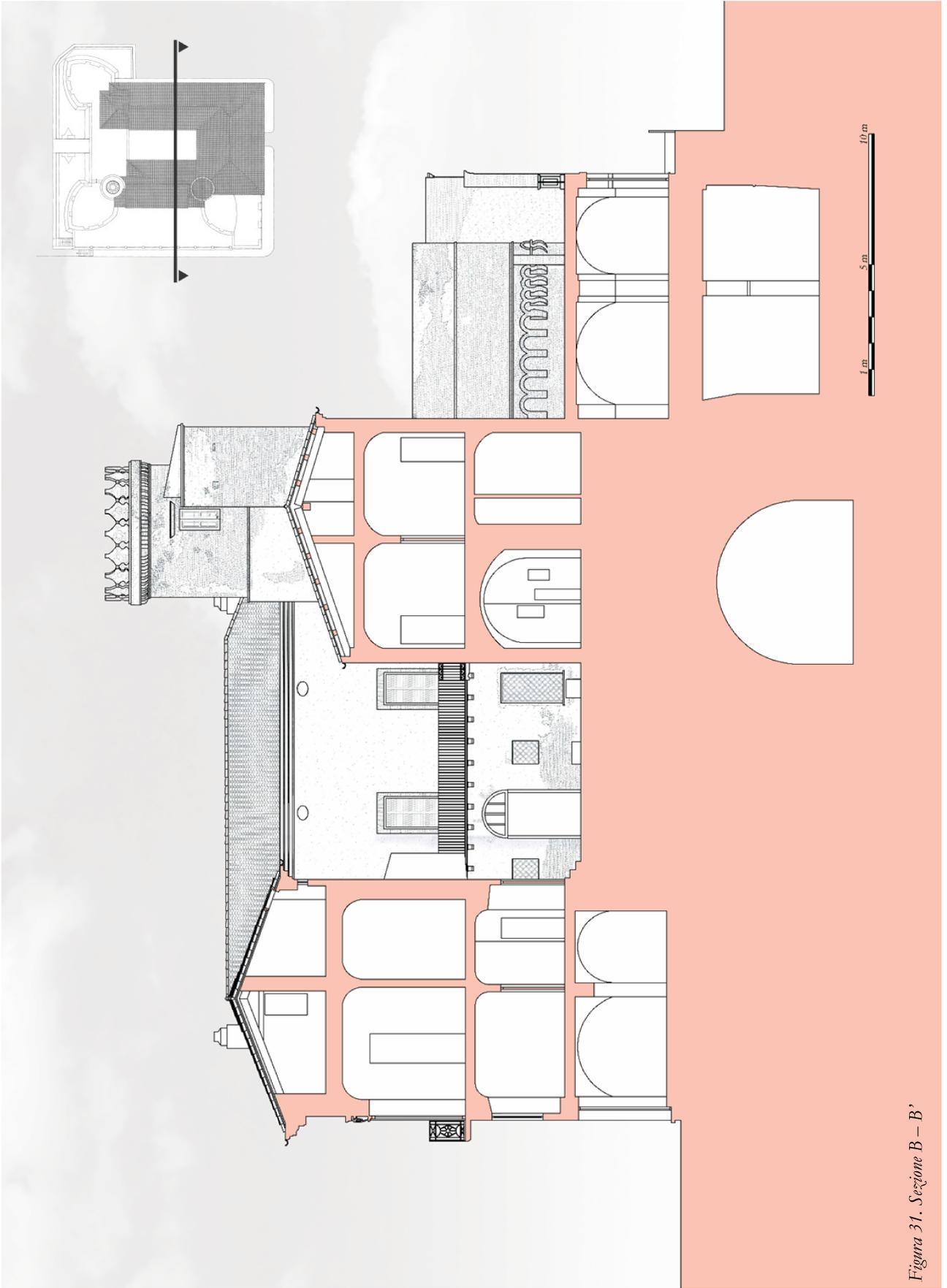


Figura 31. Sezione B - B'

Come anticipato, il presente lavoro si è concentrato sulla parte castellare del complesso architettonico del Caldora, con l'obiettivo di proporre un intervento di conservazione delle superfici esterne. Sulla base di questi presupposti, sono state redatte le ortofotografie di tutti i prospetti del bene che, da un lato hanno permesso di verificare l'accuratezza del rilievo (e dove necessario aggiornarlo), dall'altro hanno fornito la base per lo sviluppo delle carte tematiche descritte nei paragrafi successivi.

PROSPETTI

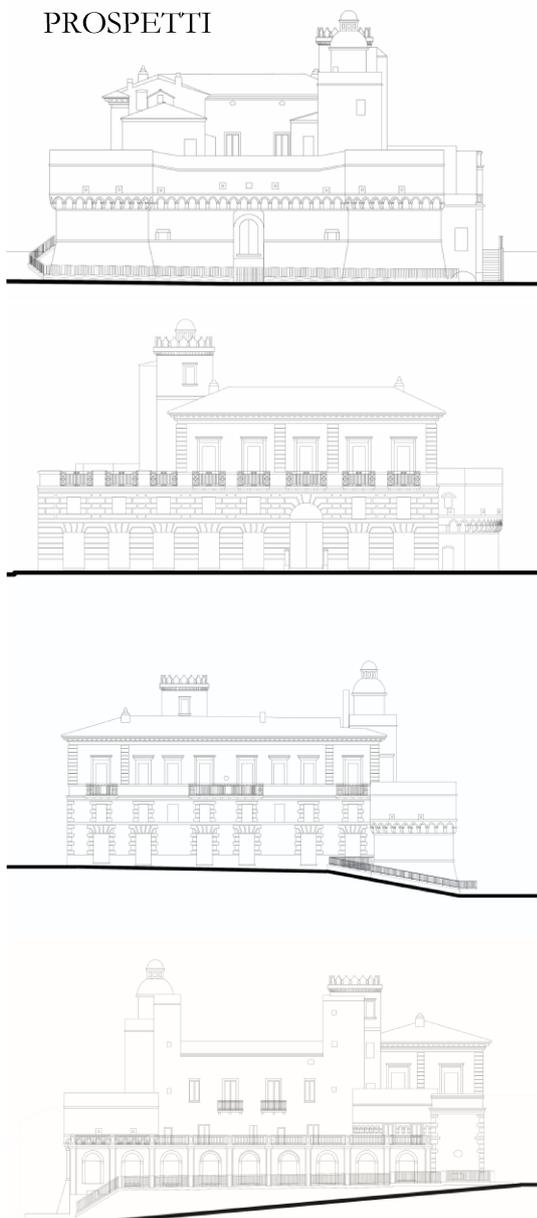


Figure 32 - 35. Prospetti principali

ORTOFOTO

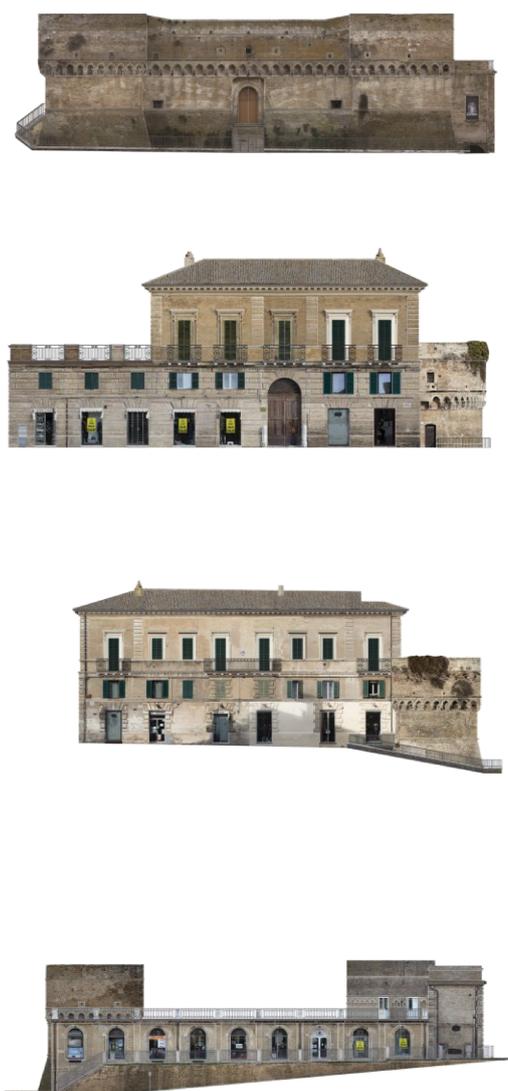


Figure 36 - 39. Ortofoto



Figura 40. Prospetto Nord – Piazza Barbarani



Figura 41. Prospetto Sud – Piazza Rossetti



Figura 42. Prospetto Est – Piazza Diomede

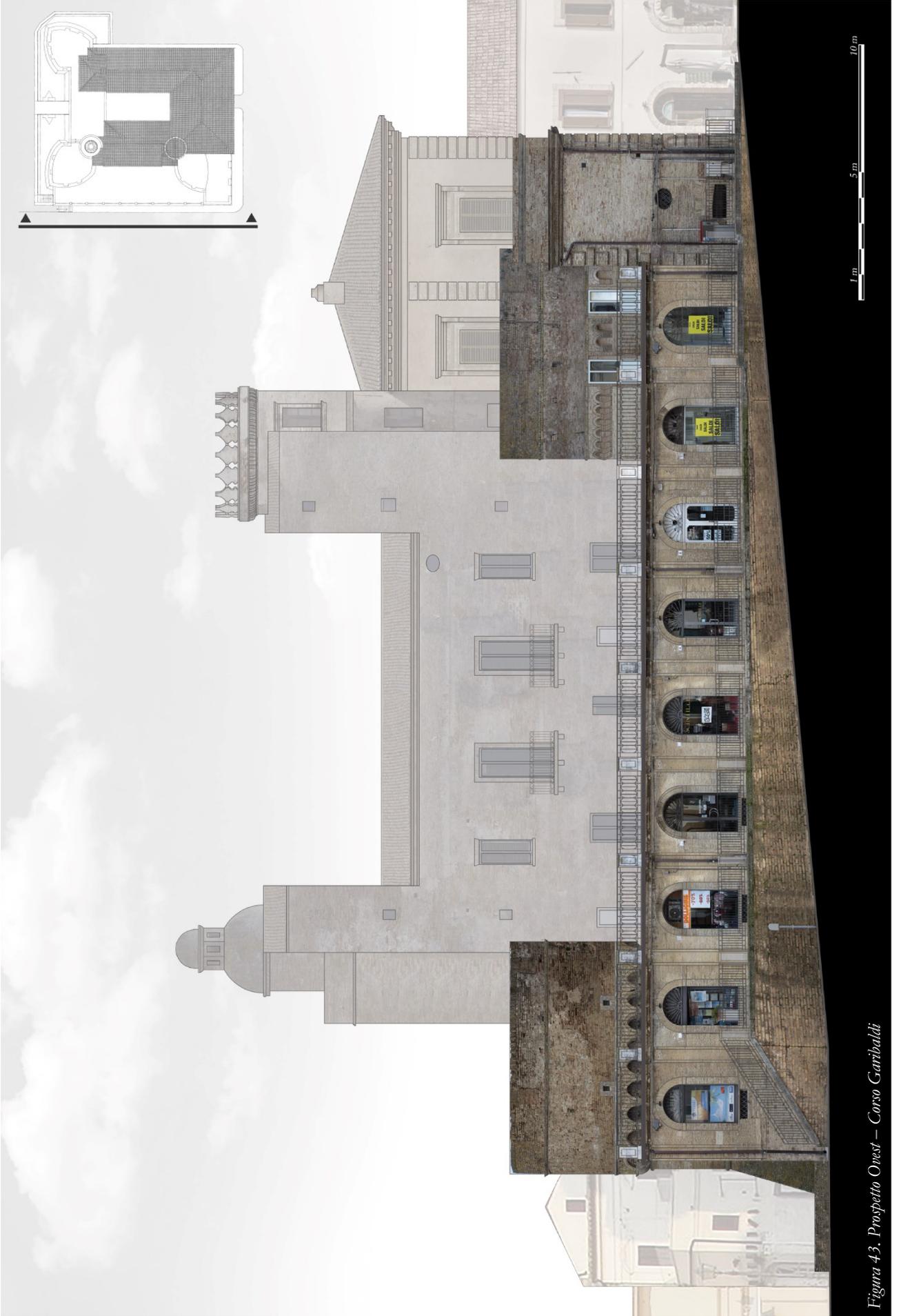


Figura 43. Prospetto Ovest – Corso Garibaldi

CAPITOLO IV

MODELLO INTERPRETATIVO DELLA FABBRICA STORICA

4.1 *Analisi della consistenza materica: mappe tematiche dei materiali*

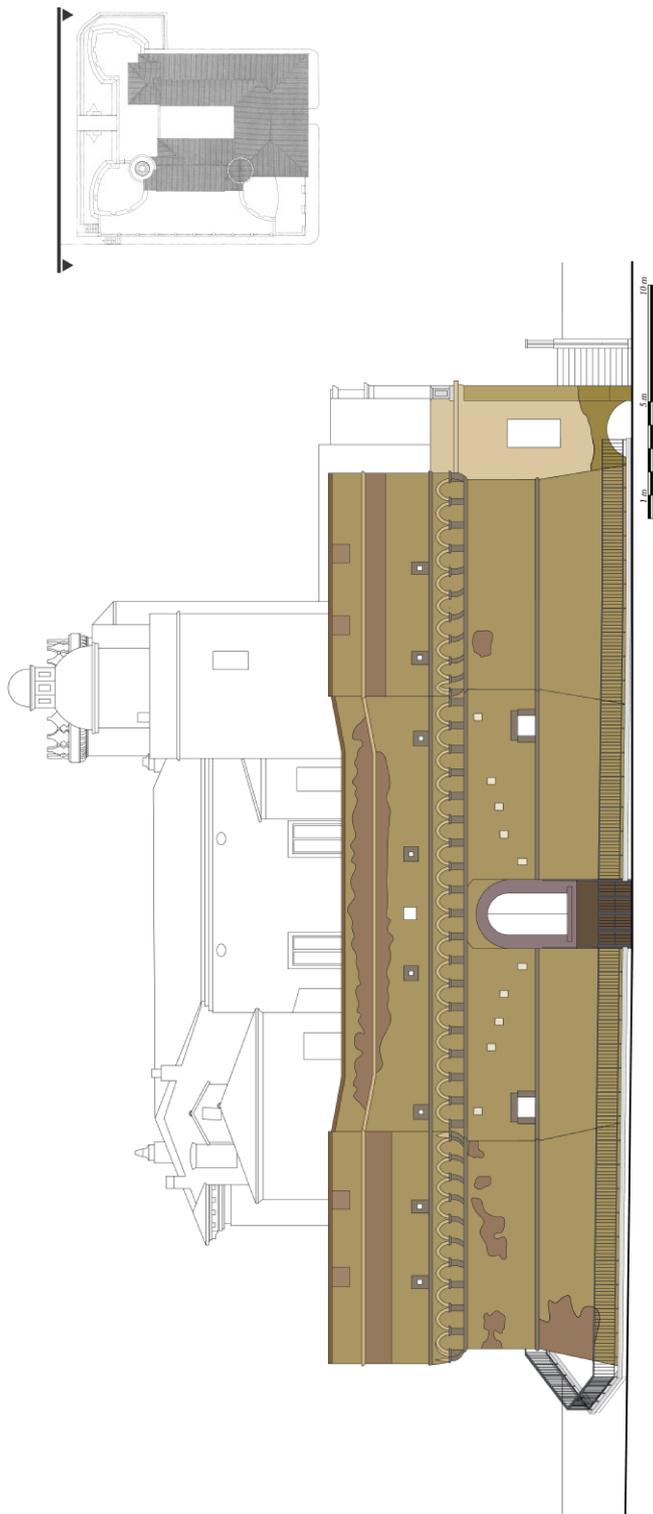
Effettuato il rilievo metrico e fotogrammetrico, è iniziata l'analisi della consistenza materiale della fortificazione, e del suo stato di conservazione allo stato attuale. L'attenzione si è concentrata soprattutto sui prospetti Nord e Ovest, rispettivamente su Piazza Barbacani e su Corso Garibaldi. Il tutto finalizzato alla realizzazione di carte tematiche con tabelle esplicative che porteranno poi alla successiva redazione di un piano di interventi puntuali.

L'indagine è stata condotta su base visiva, sono state individuate diverse tipologie di materiale. Essi sono principalmente laterizi e variano tra loro per tipologia di malta di allettamento ma soprattutto di stilatura e/o ristilatura, di apparecchiatura muraria, di epoca di realizzazione. Nel prospetto Nord sono state individuate 10 tipologie differenti di muratura, per quanto riguarda il prospetto Ovest, invece, le tipologie individuate ne sono 18. Complessivamente tra i due prospetti, le tipologie differenti di murature che sono state individuate ne sono 20. Oltre agli elementi in laterizio sono stati individuati anche elementi lapidei, lignei, metallici e di calcestruzzo armato.

Questa differenziazione e classificazione materica ha assicurato la costruzione di una base conoscitiva, sulla quale sono state redatte le carte tematiche: dei materiali e del relativo stato di conservazione; e sulle quali, successivamente, si è basato il calcolo dell'IQM.

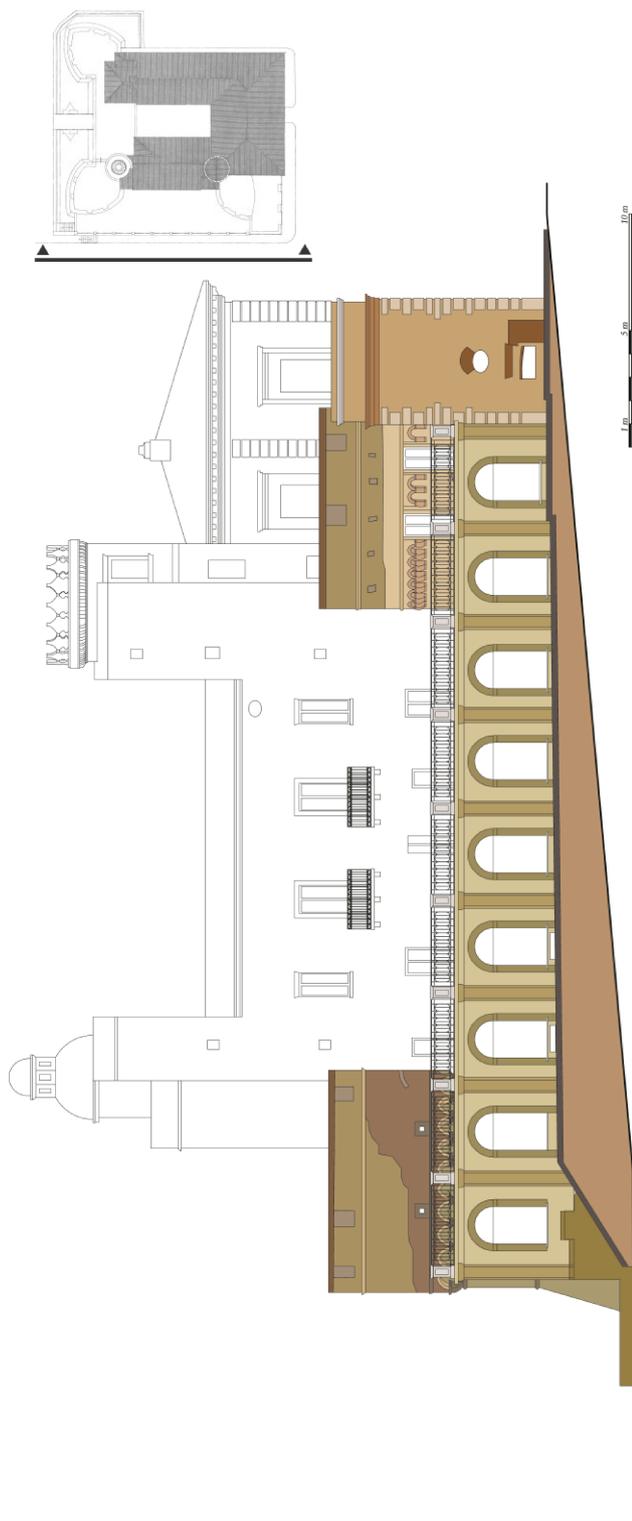
Il Castello è costituito principalmente da muratura portante, in laterizi cotti delle dimensioni di 14x28x6 cm, di uso primario. Alcuni sono anche sagomati appositamente per le realizzazioni delle parti ornamentali, come le cornici marcapiano, i cornicioni ed i beccatelli. Pochi sono i laterizi di uso secondario riscontrati, essi sono stati individuati nelle parti che

hanno subito interventi negli ultimi anni. Allettati alcuni con malta di calce, altri con malta bastarda. Per la realizzazione dei beccatelli, oltre ai laterizi appositamente sagomati, i laterizi posti in foglio definiscono l'arco tipico di ogni beccatello. Le tipologie di concatenamento delle cortine murarie riscontrate sono: il concatenamento fiammingo, il concatenamento gotico – più diffuso -, il concatenamento fiammingo ed il concatenamento a cortina. Per le creste murarie dei bastioni sono stati posti mattoni – sempre aventi dimensione 14x28x6 – posti in opera a foglio ed allettati con malta di calce. Le ristilature sono state effettuate con malta bastarda. I giunti dove è presente la malta di calce sono, verosimilmente, i giunti originali che si sono conservati o che hanno subito meno attacco da parte di agenti atmosferici con il passare del tempo.



CODICE	COLORE	FOTO	DESCRIZIONE	CODICE	COLORE	FOTO	DESCRIZIONE	CODICE	COLORE	FOTO	DESCRIZIONE
M1			Muratura portante, in conci sbalzati di pietra mista a laterizi cotti di dimensioni varie, allettati e stiliati con malta di calce	M10			Muratura portante in laterizi cotti (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera a foglio per la realizzazione delle creste murarie. Allettati con malta di calce.	M19			Muratura portante in laterizi cotti (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera con concatenamento fiammingo. Allettati con malta di calce.
M2			Muratura portante, in laterizi cotti (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera con concatenamento a blocco, allettati e stiliati con malta di calce	M11			Muratura portante in laterizi cotti (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera con concatenamento a cortina. Allettati con malta di calce e stiliati con malta bastarda	M20			Muratura portante in laterizi cotti (14x28x6 cm) di uso secondario, posti in opera a chiusura di precedenti tracce di edificazione. Allettati e stiliati con malta bastarda.
M3			Muratura portante, in laterizi cotti (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera alla gotica per la realizzazione di lesene, allettati e stiliati con malta di calce	M12			Muratura portante in laterizi cotti (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera con concatenamento a cortina, per la realizzazione del bugnato. Allettati con malta di calce e stiliati con malta bastarda	L1			Elementi in pietra arcuata di varie dimensioni per la realizzazione del basamento dei beccatelli, del redondone e delle bocche da fuoco.
M4			Muratura portante, in laterizi cotti (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera alla gotica per la realizzazione di archi a tutto sesto e predetti per le aperture, allettati e stiliati con malta di calce	M13			Muratura portante in laterizi cotti (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera con concatenamento a cortina, per la chiusura di precedenti aperture. Allettati con malta di calce e stiliati con malta bastarda.	L2			Elementi in pietra calcarea di varie dimensioni per la realizzazione di conioini, parapetti e basole di retinzione.
M5			Muratura portante in laterizi cotti (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera con concatenamento gotico, a due cortine, a secco. Allettati con malta di calce e stiliati con malta bastarda	M14			Muratura portante in laterizi cotti, di uso primario, sagomata appositamente per la realizzazione di mascarpiati ed ornamenti. Allettati e stiliati con malta di calce	L3			Elementi in pietra arenaria di varie dimensioni e forme utilizzata per la realizzazione dell'ingresso al bastione settentrionale.
M6			Muratura portante in laterizi cotti (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera con concatenamento in chiave, a due cortine, a secco. Allettati con malta di calce.	M15			Muratura portante in laterizi cotti di uso primario, sagomata appositamente per la realizzazione di conioini. Allettati e stiliati con malta bastarda.	Le1			Passerella in legno di accesso al bastione settentrionale.
M7			Muratura portante in laterizi cotti (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera con concatenamento in chiave, a due cortine, a secco. Allettati con malta di calce e successivamente stiliati con malta bastarda.	M16			Muratura portante in laterizi cotti (14x28x6 cm) di uso primario, sagonati appositamente per la realizzazione dei beccatelli. Allettati e stiliati con malta bastarda.	Me1			Profili metallici per la realizzazione di parapetti.
M8			Muratura portante in laterizi cotti (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera con concatenamento a cortina con presenza di file poste di testa. Allettati con malta di calce e stiliati con malta bastarda.	M17			Muratura portante in laterizi cotti (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera a foglio per la realizzazione dei beccatelli. Allettati con malta di calce.	cls			Cordolo sommitale in cls su parete di controterra.
M9			Muratura portante in laterizi cotti (14x28x6 cm) ad una testa, di uso secondario, posti in opera con concatenamento a cortina. Allettati con malta di calce.	M18			Muratura portante in laterizi cotti (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera con concatenamento gotico. Allettati e stiliati con malta bastarda.				

Figura 44. Carta tematica dei materiali – Prospetto Piazza Barbacani



CODICE	COLORE	FOTO	DESCRIZIONE	DESCRIZIONE	DESCRIZIONE	CODICE	COLORE	FOTO	DESCRIZIONE
M1			Muratura portante, in conci sbalzati di pietra mista a laterizi coti di dimensioni varie, allietati e stiliti con malta di calce.	Muratura portante in laterizi coti (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera a foglio per la realizzazione delle creste minate. Allietati con malta di calce.	M19			Muratura portante in laterizi coti (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera con concatenamento fiammingo. Allietati con malta di calce.	
M2			Muratura portante, in laterizi coti (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera con concatenamento a blocco, allietati e stiliti con malta di calce.	Muratura portante in laterizi coti (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera con concatenamento a cortina. Allietati con malta di calce e ristilati con malta bastarda.	M20			Muratura portante in laterizi coti (14x28x6 cm) di uso secondario, posti in opera a chiusura di precedenti tracce di edificazione. Allietati e stiliti con malta bastarda.	
M3			Muratura portante, in laterizi coti (14x28x6 cm) di uso primario poposti in opera alla gotica per la realizzazione di lesene, allietati e stiliti con malta di calce.	Muratura portante in laterizi coti (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera con concatenamento a cortina, per la chiusura di del bugnato. Allietati con malta di calce e ristilati con malta bastarda.	L1			Elementi in pietra arenata di varie dimensioni per la realizzazione del basamento dei beccatelli, del redondone e delle bocche da fuoco.	
M4			Muratura portante, in laterizi coti (14x28x6) di uso primario, posti in opera alla gotica per la realizzazione di archi a tutto sesto e piedritti per le aperture, allietati e stiliti con malta di calce.	Muratura portante in laterizi coti (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera con concatenamento a cortina, per la chiusura di precedenti aperture. Allietati con malta di calce e ristilati con malta bastarda.	L2			Elementi in pietra calcarea di varie dimensioni per la realizzazione di cornicioni, parapetti e basole di recinzione.	
M5			Muratura portante in laterizi coti (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera con concatenamento gotico, a due cortine, a sacco. Allietati con malta di calce e ristilati con malta bastarda.	Muratura portante in laterizi coti, di uso primario, sagonata appositamente per la realizzazione di marcapiani ed ornamenti. Allietati e stiliti con malta di calce.	L3			Elementi in pietra arenata di varie dimensioni e forme utilizzata per la realizzazione dell'ingresso al bastione settentrionale.	
M6			Muratura portante in laterizi coti (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera con concatenamento in chiave, a due cortine, a sacco. Allietati con malta di calce.	Muratura portante in laterizi coti di uso primario, sagonata appositamente per la realizzazione di cornicione. Allietati e stiliti con malta bastarda.	Le1			Passerelli in legno di accesso al bastione settentrionale.	
M7			Muratura portante in laterizi coti (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera con concatenamento in chiave, a due cortine, a sacco. Allietati con malta di calce e successivamente ristilati con malta bastarda.	Muratura portante in laterizi coti (14x28x6 cm) di uso primario, sagonata appositamente per la realizzazione dei beccatelli. Allietati e stiliti con malta bastarda.	Me1			Profili metallici per la realizzazione di parapetti.	
M8			Muratura portante in laterizi coti (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera con concatenamento a cortina con presenza di file poste di testa. Allietati con malta di calce e ristilati con malta bastarda.	Muratura portante in laterizi coti (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera a foglio per la realizzazione dei beccatelli. Allietati con malta di calce.	cls			Coronolo sommitale in cls su parete di controterra.	
M9			Muratura portante in laterizi coti (14x28x6 cm) ad una testa, di uso secondario, posti in opera con concatenamento a cortina. Allietati con malta di calce.	Muratura portante in laterizi coti (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera con concatenamento gotico. Allietati e stiliti con malta bastarda.					

Figura 45. Carta tematica dei materiali – Prospetto Corso Garibaldi

4.2 *Analisi dello stato di conservazione: mappe tematiche di degradi e alterazioni*

Individuate le diverse tipologie di materiali, l'analisi si è concentrata sullo stato di conservazione e sulle criticità di ognuno di essi. Ciò ha portato alla realizzazione di carte tematiche che vanno ad esplicitare, per ogni materiale, il tipo di degrado che li colpisce, la causa di tale degrado e la tipologia di intervento più adatta e studiata ad hoc per il problema riscontrato.

Le tipologie di degrado, descritte con riferimento alla Norma UNI 11182/2006 che ha aggiornato la precedente: NorMaL – 1/88, ed individuate sui prospetti in esame sono principalmente 7:

- D1_Fratturazione o fessurazione: causata da cicli di gelo e disgelo, dissesto dell'apparato murario di supporto, dilatazioni differenziali tra i materiali e presenza di carbonato di calcio;
- D2_Patina biologica: causata dall'azione di microrganismi autotrofi, dalla presenza di umidità e di acqua e dalle caratteristiche morfologiche del substrato;
- D3_Crosta: causata dalla presenza di microrganismi e di inquinanti, dall'ossidazione e da residui della combustione di oli derivati dal petrolio;
- D4_Presenza di vegetazione: causata dall'accumulo di umidità e dall'attacco di organismi autotrofi;
- D5_Erosione: causata meccanicamente da pioggia battente, per abrasione degli strati corticali provocata dal vento, da aggressione chimica di agenti inquinanti e anche dalla formazione di ghiaccio negli strati più superficiali;
- D6_Riprese di malta incongrue: dove gli interventi effettuati in precedenza non hanno rispettato le caratteristiche di resistenza e colorimetriche del materiale pre-esistente;

- D7_Alterazione cromatica: causata dalla presenza di Biodetergeni, dalla presenza di inquinanti atmosferici (polveri e fumo), dalle radiazioni solari, dall'assorbimento differenziato del supporto e dall'emersione del pigmento in fase di decoesione e successivo dilavamento della superficie.

Su ogni prospetto, inoltre, con appositi retini colorati e ben distinguibili sono state individuate e mappate queste problematiche riscontrate. Per una facilità di lettura, sono stati riportati, sui prospetti, i codici che vanno a distinguere il tipo di materiale individuato, la tipologia di degrado che lo interessa ed il tipo di intervento studiato per risolverlo.

La problematica più consistente è quella della patina biologica, essa affligge entrambi i prospetti in maniera copiosa. La parte basamentale del prospetto Nord, a causa della sua esposizione e da un evidente presenza di umidità, è interessata completamente da questa criticità, la presenza di microrganismi autotrofi fa sì che, oltre allo sviluppo della patina biologica, si manifesti anche la presenza di vegetazione fitta che necessita di un importante intervento "alla radice". Le croste sono state individuate principalmente sotto i cornicioni del prospetto di Corso Garibaldi, a diretto contatto con le polveri derivanti dalla combustione degli oli, e sotto i beccatelli dei due bastioni a mandorla del prospetto di Piazza Barbacani. Esse hanno uno spessore non elevato, pertanto l'intervento scelto per rimuoverle è un impacco a base di EDTA e bicarbonato di sodio, che risulta essere non troppo aggressivo con il materiale sottostante. Le fessurazioni e le erosioni non sono di grande entità ma sono presenti su entrambi i fronti analizzati. Le riprese di malta incongrue, a seguito di precedenti interventi nei quali non sono stati rispettati la cromaticità e la composizione dei materiali esistenti, sono evidenti principalmente nel prospetto di Piazza Barbacani, dove precedentemente vi erano costruite le cantine, i magazzini e le scuderie e, nel prospetto di Corso Garibaldi, nelle riprese di malta che sono state effettuate sulle pareti appiombo dei

bastioni ogivali. L'alterazione cromatica presente nel prospetto nord è causata dalla precedente presenza della copertura delle scuderie, e dalle colature che si manifestano al di sotto delle basole di pietra arenaria che sostengono i beccatelli.

Su entrambi i prospetti, e per tutta la loro estensione, è previsto un intervento di idrosabbatura a pressione controllata che va a rimuovere ogni tipo di impurità che può portare a nuove criticità future. A protezione di tutti gli interventi effettuati, per una uniformità cromatica e per permettere maggiore durata nel tempo, verrà attuata la tinteggiatura a calce, detta Scialbatura.

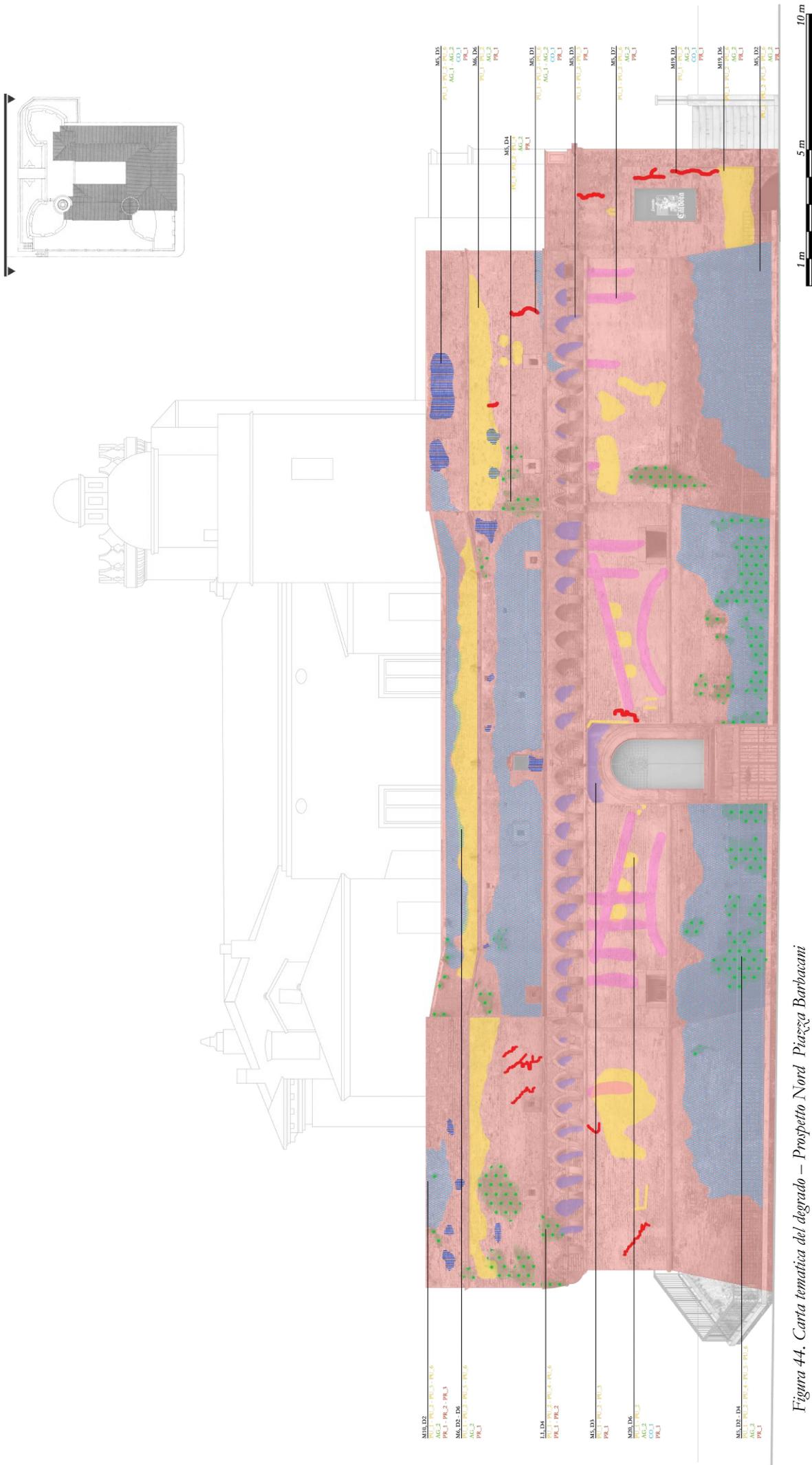


Figura 44. Carta tematica del degrado – Prospetto Nord Piazza Barbarani

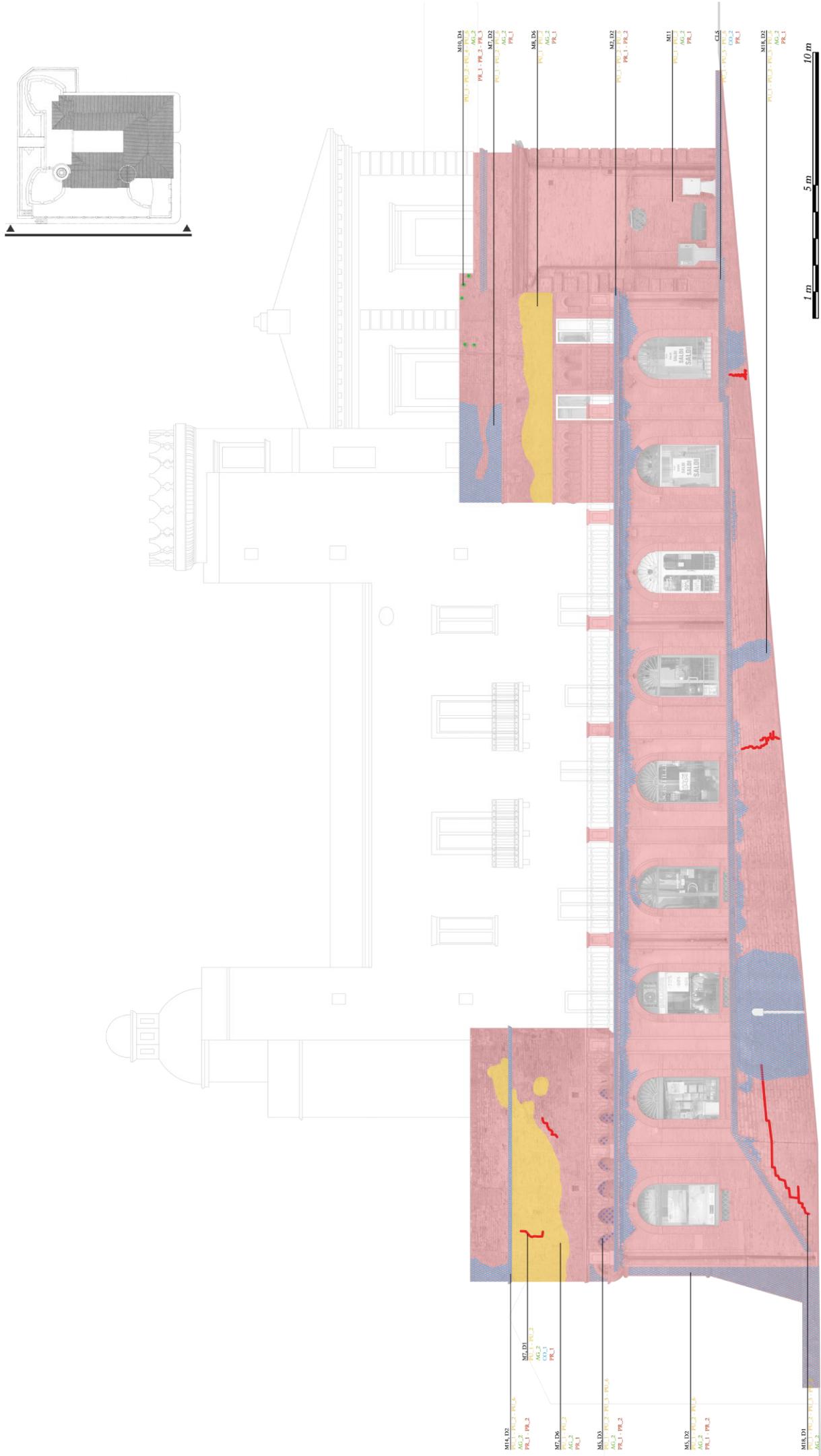


Figura 45. Carta tematica del degrado – Prospetto Ovest Corso Garibaldi

INTERVENTI		MATERIALE		DEGRADO		CAUSE		LEGENDA DEL DEGRADO					
INTERVENTI		MATERIALE		DEGRADO		CAUSE		FOTO	RETINO	INTERVENTO			
<p>PU_PULITURE</p> <p>PU_1 Pulitura mediante macchina idroabietrice, a pressione controllata, con aspirazione simultanea della polvere.</p> <p>PU_2 Pulitura meccanica mediante spazzole, betoni, spanditi, ecc.</p> <p>PU_3 Pulitura meccanica mediante aspirazione a base di LDP/A, carbonio attivo, fibrosa e licchieri.</p> <p>PU_4 Licchieratura di solette.</p> <p>PU_5 Dismantellamento di solette e licchieri.</p> <p>PU_6 Rimozione patina biologica.</p>		<p>D2 Patina biologica scarsa sottile, morbida ed omogenea aderente alla superficie e di spessore inferiore ai 10mm. La patina biologica è costituita prevalentemente da microrganismi sui possono adattare polvere, terriccio, ecc.</p> <p>D4 Presenza di vegetazione: locazione impigrita quando vi sono licchieri, muschi e piante.</p> <p>D6 Riprese di malta incoerente</p>		<p>M8 Mortare portante in laterizi con (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera con malta di calce, con presenza di file poste di rete. Allentati con malta di calce e rivolti con malta laterizia.</p> <p>M9 Mortare portante in laterizi con (14x28x6 cm) ad uso primario, posti in opera con malta di calce, con malta di calce.</p> <p>M10 Mortare portante in laterizi con (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera con malta di calce, con malta di calce.</p> <p>M11 Mortare portante in laterizi con (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera con malta di calce, con malta di calce e rivolti con malta laterizia.</p> <p>M12 Mortare portante in laterizi con (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera con malta di calce, con malta di calce e rivolti con malta laterizia.</p>		<ul style="list-style-type: none"> Altre patine biologiche anomali. Presenza di muffe o alghe. Caratteristiche morfologiche del substrato (scabrezza, aspersione, ammersione, ecc.). Accumuli di umidità. Absorbo di sopranomi antrorofi (batteri unicellulari, alghe, funghi, piante superiori). Inerenti: effetti in procedenza che non hanno rispettato le caratteristiche di resistenza e colorimetriche del materiale già preesistente. 		        		        		<p>PU_1 - PU_2 - PU_3 - PU_4 - PU_5 - PU_6</p> <p>AG_2</p> <p>CO_1</p> <p>PR_1 - PR_2 - PR_3</p> <p>PU_1 - PU_2 - PU_3 - PU_4 - PU_5 - PU_6</p> <p>AG_2</p> <p>CO_1</p> <p>PR_1 - PR_2 - PR_3</p>	
<p>AG_AGGIUNTE</p> <p>AG_1 Sostanza di integrazione.</p> <p>AG_2 Riavvicinamento - Soluzioni giunte di malta con raspi a base di calce analoghi all'originale.</p>		<p>CO_CONSOLIDAMENTI</p> <p>CO_1 Riavvicinamento meccanico - Soluzioni giunte di malta con raspi analoghi al materiale originale (SCUCUCI).</p> <p>CO_2 Ricostruzione di coprifreno.</p>		<p>PR_PROTEZIONI</p> <p>PR_1 Integrazione alla calce.</p> <p>PR_2 Dissuasori per solifidi con sistema elettrometrico.</p> <p>PR_3 Protezione creste murarie con malta in opera di battuto di malta.</p>		<p>PU_1 - PU_2 - PU_3 - PU_4 - PU_5 - PU_6</p> <p>AG_2</p> <p>CO_1</p> <p>PR_1 - PR_2 - PR_3</p>		<p>PU_1 - PU_2 - PU_3 - PU_4 - PU_5 - PU_6</p> <p>AG_2</p> <p>CO_1</p> <p>PR_1 - PR_2 - PR_3</p>					

Tabella 5. Legenda del Degrado 2 - Prospetto Onest

INTERVENTI		LEGENDA DEL DEGRADO			
MATERIALE	DEGRADO	CAUSE	FOTO	RETINO	INTERVENTO
<p>PU_PULITURE</p> <p>PU.1 Pulitura mediante macchina centrifuga a corone PU.2 Pulitura mediante macchina deconstrata e deconstruzione PU.3 Pulitura mediante spazzole PU.4 Pulitura a base di EDTA PU.5 Detergente alcalino PU.6 Rimozione patina biologica</p>	<p>M13 Muratura portante in laterizi con (14x26cm) cm di uso primario, posti in opera con completamento a corone, con intonaco a corone, appentite. Alzanti con malta di calce e rifiniti con malta boiarda.</p> <p>M14 Muratura portante in laterizi con (14x26cm) cm di uso primario, posti in opera con completamento a corone, appentite. Alzanti con malta di calce e rifiniti con malta boiarda.</p> <p>M15 Muratura portante in laterizi con (14x26cm) cm di uso primario, posti in opera con completamento a corone, appentite. Alzanti e stabi con malta boiarda.</p> <p>M16 Muratura portante in laterizi con (14x26cm) cm di uso primario, posti in opera con completamento a corone, appentite. Alzanti e stabi con malta boiarda.</p> <p>M17 Muratura portante in laterizi con (14x26cm) cm di uso primario, posti in opera con completamento a corone, appentite. Alzanti e stabi con malta boiarda.</p> <p>M18 Muratura portante in laterizi con (14x26cm) cm di uso primario, posti in opera con completamento a corone, appentite. Alzanti e stabi con malta boiarda.</p> <p>C1.5 Cemento in es o parete di coronatura.</p>	<p>D2 Patina biologica strano verde, sciolto ed omogeneo, aderente alla superficie, e di evidente natura biologica, di colore variabile, per lo più verde. La patina biologica è costituita da microrganismi con possibile azione polverosa, terriccio, ecc.</p> <p>D3 Corone strano superficiale di alterazione del materiale lapideo o dei prodotti utilizzati per cementati, distinguibile dalle parti sottostanti per il colore. Può discacciarsi anche spontaneamente dal substrato che, in genere, si presenta disgregato e/o polverizzato.</p> <p>D1 Frammentazione o fessurazione: degradazione che si manifesta in corrispondenza di zone di discontinuità del materiale che può originarsi da eccesso di appentimento reciproco alle parti.</p> <p>D2 Patina biologica strano verde, sciolto ed omogeneo, aderente alla superficie, e di evidente natura biologica, di colore variabile, per lo più verde. La patina biologica è costituita da microrganismi con possibile azione polverosa, terriccio, ecc.</p> <p>D2 Patina biologica strano verde, sciolto ed omogeneo, aderente alla superficie, e di evidente natura biologica, di colore variabile, per lo più verde. La patina biologica è costituita da microrganismi con possibile azione polverosa, terriccio, ecc.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Azione di microrganismi autotrofici; Presenza di umidità o acqua; Presenza di inquinanti (sulfidrici, asfittici, terriccio, ecc.); <ul style="list-style-type: none"> Azione di microrganismi autotrofici; Presenza di umidità o acqua; Presenza di inquinanti (sulfidrici, asfittici, terriccio, ecc.); <ul style="list-style-type: none"> Azione di microrganismi autotrofici; Presenza di umidità o acqua; Presenza di inquinanti (sulfidrici, asfittici, terriccio, ecc.); 	       	<p>PU.1 - PU.2 AG.2 CO.2 PR.1</p> <p>PU.1 - PU.2 - PU.3 PR.1 - PR.2</p> <p>PU.1 - PU.2 AG.2 PR.1</p> <p>PU.1 - PU.2 AG.2 PR.1</p> <p>PU.1 - PU.2 - PU.3 AG.2 PR.1</p> <p>PU.1 - PU.2 - PU.3 - PU.6 AG.2 CO.2 PR.1</p> <p>PU.1 - PU.3 - PU.6 CO.2 PR.1</p>

Tabella 6. Legenda del Degrado 3 - Prospetto Ovest

4.3 *Calcolo dell'Indice di Qualità Muraria (IQM): protocollo di calcolo e risultati per il caso di studio*

“Le informazioni del paragrafo sono in prevalenza tratte da: Borri A., De Maria A. 2020, *Manuale per la valutazione dell'Indice di Qualità Muraria (IQM)*, Heritage”.

4.3.1 *Metodologia*

Il metodo dell'Indice di Qualità Muraria (IQM) per la valutazione della qualità meccanica delle murature ha iniziato ad affermarsi negli anni Duemila, e si lega a specifiche ricerche condotte dall'Università di Perugia; perfezionato nel corso degli anni successivi grazie anche alle ricerche condotte in ambito ReLUIS.

Esso si basa su un esame visivo dei parametri e della sezione di un pannello murario, con lo scopo di verificare il grado di rispetto delle “regole dell'arte muraria”. Sulla base di tali verifiche si perviene ad un indice numerico che appare ben correlato sia con i parametri meccanici più significativi della muratura in esame, sia con le risposte strutturali attese.

Inoltre, IQM consente una valutazione della maggiore o minore propensione alla disgregazione delle murature soggette alle azioni sismiche.

I sismi che hanno colpito l'Italia centrale nel 2016 hanno confermato l'importanza, dal punto di vista strutturale di una costruzione, della qualità meccanica dei suoi elementi murari verticali, o qualità muraria tout court, intesa come l'insieme di quelle caratteristiche tipologiche-costruttive che ne influenzano in modo determinante il comportamento strutturale. Le risposte degli edifici, infatti, sono diverse in funzione alle differenze di qualità muraria: nelle zone vicine agli epicentri la maggior parte delle costruzioni costituite da

murature caotiche ed irregolari hanno subito crolli totali o parziali per disgregazione, mentre invece gli edifici realizzati con muratura tessuta a regola d'arte e ben costruiti hanno fornito, in generale, risposte positive.

Il metodo IQM risulta di semplice ed immediata applicazione e consente di ottenere, senza effettuare prove sperimentali, indicazioni sulle caratteristiche meccaniche che ci si possono attendere da quella muratura. La qualità meccanica di una muratura è diversa per ciascuna delle possibili tre direzioni dell'azione sollecitante di un pannello murario; si hanno quindi, in generale, tre diversi indici IQM: IQM_V per azioni verticali, IQM_{FP} per azioni orizzontali fuori piano ed IQM_{NP} per azioni orizzontali nel piano.

I parametri che vengono considerati sono:

MA. = qualità della malta / efficace contatto fra elementi / zeppe;

P.D. = ingranamento trasversale / presenza di diatoni;

F.EL. = forma degli elementi resistenti;

D.EL. = dimensione degli elementi resistenti;

S.G. = sfalsamento dei giunti verticali / ingranamento nel piano della parete;

OR. = orizzontalità dei filari;

RE.EL. = resistenza degli elementi.

Basandosi sull'osservazione dei parametri e della sezione muraria si valuta il rispetto o meno delle regole dell'arte: i possibili giudizi per ciascun parametro precedentemente elencato sono:

R. = rispettato;

P.R. = parzialmente rispettato;

N.R. = non rispettato.

Ai giudizi attribuiti per ciascun parametro corrispondono dei punteggi che, composti tra loro, conducono ai valori cercati. Per ogni tipologia muraria analizzata si valutano 3 campioni e, facendo la media tra i risultati ottenuti, si può classificare la muratura in esame in una delle possibili tre categorie di qualità via via decrescente:

A dalla quale ci si attende un buon comportamento strutturale;

B dalla quale ci si attende un comportamento di media qualità;

C dalla quale ci si attende una risposta alle sollecitazioni di tipo insoddisfacente.

Grazie alle buone correlazioni che sono state osservate tra valori IQM e i principali parametri meccanici delle murature, si possono ottenere delle stime dei valori di resistenze e deformabilità attendibili.

Per attribuire un giudizio sulla qualità della muratura, è indispensabile valutare in che misura sono rispettati i parametri caratterizzanti la regola dell'arte. Solo dopo questa operazione preliminare sarà possibile comporre i giudizi parziali in una valutazione sintetica. Esprimere un giudizio sul rispetto di un dato elemento della regola dell'arte è difficile per vari motivi. Pertanto esistono delle schede dove vi sono indicati i parametri che indubbiamente possono aiutare a riconoscere la presenza della regola dell'arte nella muratura che si sta analizzando.

Qualità della malta / efficace contatto fra elementi / zeppe ⁴ (MA.)	
<p>RISPETTATA</p> <p>a) Malta in buono stato e ben conservata, con giunti di dimensione non eccessiva rispetto alle pietre o ai mattoni oppure con giunti ampi ma di malta di ottima qualità;</p> <p>b) Muratura con grandi elementi squadrate e priva di malta o con strato di malta sottilissimo. In tal caso si intende "rispettato" il requisito di un efficace contatto fra le pietre.</p>	
<p>PARZIALMENTE RISPETTATA</p> <p>a) Malta di qualità intermedia, con giunti non eccessivamente erosi.</p> <p>b) Murature con elementi irregolari e malta degradata ma con zeppe efficacemente inserite negli spazi fra gli elementi.</p>	
<p>NON RISPETTATA/PESSIMA*</p> <p>a) Malta scadente o degradata e polverulenta e del tutto priva di coesione.</p> <p>b) Malta assente (escluso il caso di muratura di grossi elementi squadrate).</p> <p>c) Giunti di malta di dimensioni eccessive, paragonabili a quelle degli elementi se la malta non è di ottima qualità.</p> <p>d) Muratura di elementi porosi (es. tufo) con scarsa aderenza fra la malta e gli stessi elementi.</p>	

Figura 46. *Qualità della malta* (Borri A., De Maria A, 2020)

Per la corretta valutazione della qualità della malta è necessario eseguire un saggio per valutare le caratteristiche della muratura in profondità. Spesso una malta degradata in superficie, può risultare di buona qualità all'interno della muratura.

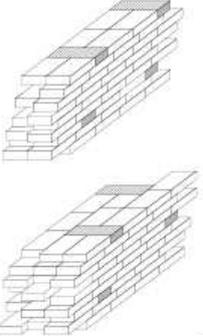
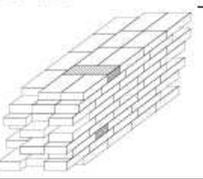
Presenza di diatoni / ingranamento trasversale (P.D.) (Valutazione "convenzionale" svolta senza osservare l'intera sezione muraria)	
RISPETTATA Paramento ben tessuto; blocchi o pietre di dimensione paragonabile a quella dello spessore della parete; presenza sistematica di pietre disposte di testa.	
PARZIALMENTE RISPETTATA Situazione intermedia fra il rispetto ed il non rispetto di tale parametro. Paramento ben tessuto ed ordinato almeno su una faccia; alcune pietre sono disposte di testa; spessore del muro non eccessivo rispetto alle dimensioni delle pietre (orientativamente: pietre di lunghezza massima almeno pari ai 2 / 3 dello spessore della parete).	
NON RISPETTATA Pietre piccole rispetto allo spessore del muro; assenza di pietre palesemente disposte in senso trasversale alla parete (di testa).	

Figura 47. Presenza di diatoni (Borri A., De Maria A., 2020)

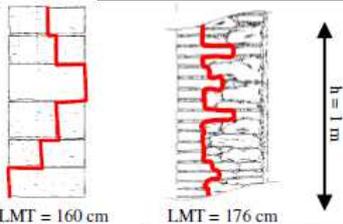
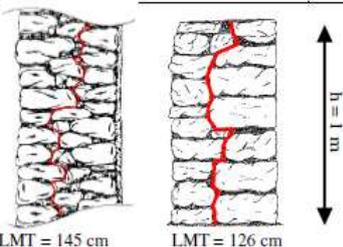
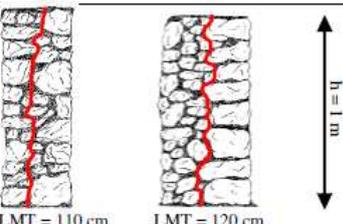
Presenza di diatoni / ingranamento trasversale (P.D.) (valutazione tramite la LMT ⁵ trasversale – Sezione interamente osservabile)	
RISPETTATA LMT maggiore di 155 cm	
PARZIALMENTE RISPETTATA LMT compresa fra 155 cm e 125 cm	
NON RISPETTATA LMT inferiore a 125 cm Pietre di piccole dimensioni qualunque sia il valore di LMT (es. parete con sacco interno)	

Figura 48. Presenza di diatoni - valutazione secondo la LMT (Borri A., De Maria A., 2020)

La LMT è la Linea di Minimo Tracciato interna alla sezione della parete. Questo valore si ottiene misurando, su un tratto di 1 m di altezza, la lunghezza della linea centrale più breve che attraversa il nucleo murario in verticale, aderendo al lato interno dei conci dell'uno o dell'altro paramento.

Forma degli elementi resistenti (F.E.L.)		
<p>RISPETTATA</p> <p>Prevalenza di elementi di forma squadrata o sbazzata oppure mattoni o laterizi di forma parallelepipeda su entrambe le facce della parete.</p>	 <p>Blocchi squadrati</p> <p>Blocchi sbazzati</p>	
<p>PARZIALMENTE RISPETTATA</p> <p>Compresenza di elementi irregolari o ciottoli e blocchi di forma squadrata o mattoni. Pareti con una faccia di blocchi di forma regolare o mattoni e l'altra faccia di ciottoli od elementi di forma irregolare. Elementi arrotondati o irregolari ma con interstizi riempiti di zeppe ben inserite.</p>		
<p>NON RISPETTATA</p> <p>Prevalenza di elementi di forma irregolare o arrotondata oppure ciottoli su entrambe le facce della parete.</p>	 <p>Blocchi di forma irregolare, arrotondata o ciottoli.</p>	

Figura 49. Forma degli elementi resistenti (Borri A., De Maria A., 2020)

Dimensione degli elementi resistenti (D.E.L.)	
<p>RISPETTATA</p> <p>Prevalenza di elementi con la loro dimensione maggiore sopra i 40 cm. In tali pareti i blocchi solitamente sono così grossi da interessare gran parte dello spessore della parete e quindi essi possono svolgere anche la funzione di diatoni.</p>	
<p>PARZIALMENTE RISPETTATA</p> <p>Prevalenza di elementi con la loro dimensione maggiore fra 20 e 40 cm. Compresenza di elementi di dimensione variabile.</p>	
<p>NON RISPETTATA</p> <p>Prevalenza di elementi con la loro dimensione maggiore sotto i 20 cm. Parete di soli diatoni in mattoni pieni.</p>	

Figura 50. Dimensione degli elementi resistenti (Borri A., De Maria A., 2020)

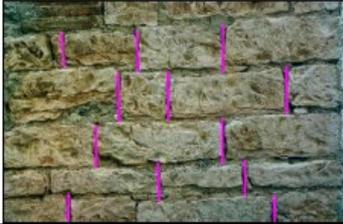
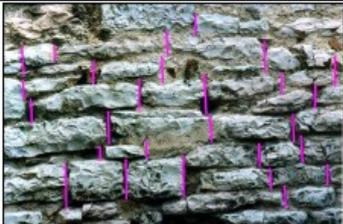
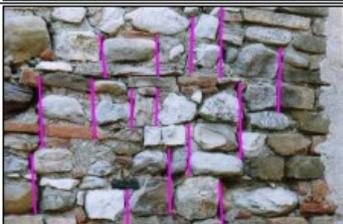
Sfalsamento fra i giunti verticali / Ingranamento nel piano (S.G.) (Valutazione qualitativa)	
<p>RISPETTATO</p> <p>Prevalenza di giunti verticali in corrispondenza della zona centrale dell'elemento inferiore o comunque tali da garantire un sufficiente grado di incastro tra gli elementi. Va escluso il caso di parete in mattoni pieni disposti solo a diatoni.</p>	
<p>PARZIALMENTE RISPETTATO</p> <p>Prevalenza di giunti verticali in posizione intermedia tra zona centrale dell'elemento inferiore e il suo bordo. Compresenza di giunti verticali adeguatamente sfalsati e giunti verticali allineati.</p>	
<p>NON RISPETTATO</p> <p>Giunti verticali allineati. Giunti sostanzialmente allineati verticalmente su due o più elementi in ampie porzioni della parete. Parete di soli diatoni di mattoni pieni, anche con giunti verticali sfalsati⁶. Evidente assenza di ingranamento nel piano della parete.</p>	

Figura 51. Sfalsamento tra i giunti verticali (Borri A., De Maria A., 2020)

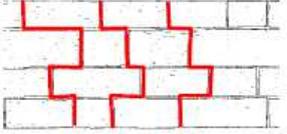
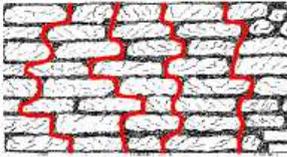
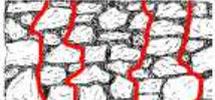
Sfalsamento fra i giunti verticali (S.G.) (valutazione quantitativa tramite la LMT ⁷ nelle facce della parete)	
<p>RISPETTATO</p> <p>Parete a paramento unico: LMT > 160</p> <p>Parete a doppio paramento: LMT > 160 su entrambe le facce.</p>	 <p>LMT = 166 ; h muro = 1 m. Paramento unico.</p>
<p>PARZIALMENTE RISPETTATO</p> <p>Parete a paramento unico: LMT fra 140 e 160.</p> <p>Parete a doppio paramento:</p> <p>a) entrambi i paramenti con LMT fra 140 e 160.</p> <p>b) LMT rispettato su una faccia e non rispettato sull'altra faccia.</p> <p>c) LMT rispettato su una faccia e parzialmente rispettato sull'altra faccia.</p>	 <p>LMT = 158 su entrambe le facce h muro = 1 m.</p>
<p>NON RISPETTATO</p> <p>Parete a paramento unico: LMT < 140</p> <p>Parete a doppio paramento: LMT < 140 su una faccia e LMT < 160 sull'altra faccia.</p> <p>Parete di soli diatoni di mattoni pieni, qualunque sia il valore di LMT⁸.</p> <p>Parete con pietre di piccole dimensioni qualunque sia il valore di LMT.</p> <p>Evidente assenza d'ingranamento su una o più linee verticali della parete qualunque sia il valore di LMT⁹.</p>	  <p>LMT faccia esterna = 146 ; LMT faccia interna < 140 → SG non è rispettato. h muro = 1 m</p>  <p>LMT = 113 - h muro = 1 m.</p>

Figura 52. Sfalsamento giunti verticali - valutazione tramite LMT (Borri A., De Maria A., 2020)

Per la LMT sulla facciata della parete si individuano, su una porzione di muratura di 1m x 1m, le linee di minimo tracciato più brevi che attraversino verticalmente la porzione di muratura suddetta senza mai intersecarsi e senza mai tagliare le pietre o i mattoni. La media delle loro lunghezze fornisce il valore della LMT su quella faccia della parete.

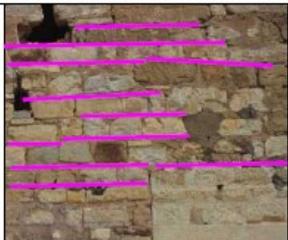
Presenza di filari orizzontali (OR.)	
ORIZZONTALITÀ RISPETTATA Filari orizzontali su gran parte della parete, senza presentare interruzioni di continuità per tratti lunghi circa 100 cm e su entrambe le facce della parete. Murature listate con listature a interasse inferiore a 100 cm.	
PARZIALMENTE RISPETTATA Situazioni intermedie fra il rispetto e il non rispetto, compreso il caso di filari orizzontali solo su una faccia della parete. Pietre di forma non squadrata ma disposte con regolarità in riferimento all'orizzontalità	
NON RISPETTATA I tratti orizzontali sono interrotti con frequenza decimetrica o presentano evidenti sfalsamenti sull'intera facciata muraria.	

Figura 53. Presenza di filari orizzontali (Borri A., De Maria A., 2020)

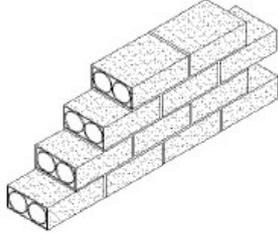
Qualità degli elementi resistenti (RE.EL.)	
RISPETTATA Pietre non degradate o poco degradate Muratura con pochi elementi degradati (orientativamente meno del 10%) Mattoni pieni cotti Elementi di tufo duro vulcanico Elementi laterizi con foratura < 55% Blocchi in calcestruzzo (anche forati)	
PARZIALMENTE RISPETTATA Alcuni elementi della muratura sono degradati (orientativamente fra il 10% ed il 50%) Elementi laterizi con foratura fra 70% e 55% Elementi in tufo tenero e poroso (calcarenite)	
NON RISPETTATA Elementi degradati in misura superiore al 50%. Elementi laterizi con percentuale di foratura > 70% Mattoni in fango o argilla non cotta	

Figura 54. Qualità degli elementi resistenti (Borri A., De Maria A., 2020)

Nella tabella successiva vi sono riportati i punteggi da attribuire ad ogni parametro della regola dell'arte in funzione del suo rispetto, parziale rispetto o non rispetto ed in funzione del tipo di azione sollecitante che viene presa in considerazione.

	Punteggi								
	IQM _V (azioni verticali)			IQM _{FP} (azioni fuori piano)			IQM _{NP} (azioni nel piano)		
	NR	PR	R	NR	PR	R	NR	PR	R
OR Orizzontalità dei filari	0	1	2	0	1	2	0	0.5	1
P.D. Ingranamento trasversale / presenza dei diatoni	0	1	1	0	1.5	3	0	1	2
F.EL. Forma degli elementi resistenti	0	1.5	3	0	1	2	0	1	2
S.G. Sfalsamento dei giunti verticali / ingranamento nel piano	0	0.5	1	0	0.5	1	0	1	2
D.EL. Dimensione degli elementi resistenti	0	0.5	1	0	0.5	1	0	0.5	1
MA Qualità della malta / efficace contatto fra elementi / zeppe	0	0.5	2	0	0.5	1	0	1	2
RE.EL. Resistenza degli elementi	0.3	0.7	1	0.5	0.7	1	0.3	0.7	1

Tabella 7. Punteggi ai parametri della regola dell'arte (Borri A., De Maria A., 2020)

I punteggi ottenuti vengono poi inseriti nelle formule che ci permetteranno di ottenere un punteggio globale, corrispondente ai tre IQM introdotti in precedenza. Vengono introdotti anche due nuovi coefficienti:

- m, coefficiente correttivo per malta di pessima qualità (vale per ogni tipo di muratura)
- g, coefficiente correttivo per giunti ampi (vale solo per murature in mattoni pieni)

Per il Castello Caldora ci troviamo nel caso di murature in mattoni pieni o blocchi ad essi equivalenti, pertanto le formule da utilizzare, per il calcolo dell'IQM, sono le seguenti.

$$IQM_V = m \times g \times r_V \times RE.EL_V \times (OR_V + P.D_V + F.EL_V + S.G_V + D.EL_V + MA_V)$$

$$IQM_{FP} = m \times g \times r_{FP} \times RE.EL_{FP} \times (OR_{FP} + P.D_{FP} + F.EL_{FP} + S.G_{FP} + D.EL_{FP} + MA_{FP})$$

$$IQM_{NP} = m \times g \times r_{NP} \times RE.EL_{NP} \times (OR_{NP} + P.D_{NP} + F.EL_{NP} + S.G_{NP} + D.EL_{NP} + MA_{NP})$$

Il coefficiente correttivo r, che viene distinto in r_V, r_{FP} ed r_{NP}, dipende dal parametro MA ed assume i seguenti valori:

Parametro MA	r_V	r_{FP}	r_{NP}
NR	0,2	1	0,1
PR	0,6	1	0,85
R	1	1	1

Il coefficiente correttivo m vale:

$m = 0,7$ in caso di malta pessima ($f_m < 0,7 \text{ N/mm}^2$);

$m = 1,0$ in tutti gli altri casi

il coefficiente correttivo g vale:

$g = 0,7$ in caso di muratura in mattoni pieni con giunti di malta ampi (spessore $> 13 \text{ mm}$);

$g = 1,0$ in tutti gli altri casi.

Tale procedura condurrà ad avere tre valori di IQM compresi tra 0 e 10: uno per ogni direzione di sollecitazione. Questo ci permette di classificare la muratura in tre tipologie.

Direzione azione	Categoria muratura		
	A	B	C
Azioni Verticali	$5 \leq IQ \leq 10$	$2,5 \leq IQ < 5$	$0 \leq IQ < 2,5$
Azioni Ortogonali	$7 \leq IQ \leq 10$	$4 < IQ < 7$	$0 \leq IQ \leq 4$
Azioni Complanari	$5 < IQ \leq 10$	$3 < IQ \leq 5$	$0 \leq IQ \leq 3$

Per azioni verticali:

- una muratura di categoria A difficilmente subisce lesioni e può essere considerata di buona qualità;
- una muratura di categoria B ha bassa probabilità di collassare ma essa può lesionarsi. Può quindi considerarsi di media qualità;
- una muratura di categoria C ha elevata probabilità di subire lesioni o di andare fuoripiombo per il fenomeno dell'instabilità, specie se di spessore limitato e se molto caricata e, specialmente, in corrispondenza di carichi concentrati. In condizioni estreme risulta possibile il collasso. Tale categoria di murature va considerata di scarsa qualità.

Per azioni orizzontali fuori piano:

- una muratura di categoria A è in grado di mantenere un comportamento monolitico. Essa ha una probabilità molto bassa di lesionarsi o di collassare per azioni fuori piano se le pareti sono ben collegate tra loro e ai solai; la muratura di categoria A è da ritenersi di buona qualità. Le verifiche per meccanismi di collasso possono essere svolte ipotizzando un comportamento monolitico delle pareti.
- una muratura di categoria B non è in grado di mantenere un comportamento monolitico ma comunque neanche si disgrega se sottoposta ad azioni orizzontali fuori piano. Per tale categoria di murature è probabile avere lesioni o spanciamenti in caso di sisma, ma è difficile che esse collassino se sono ben collegate agli orizzontamenti ed ai muri di spina; tali murature sono di media qualità. Le verifiche per i meccanismi di collasso possono essere svolte, in favore di sicurezza, ipotizzando che la muratura sia formata da due parametri distinti e non efficacemente connessi.

- una muratura di categoria C ha una elevata probabilità di disgregarsi in caso di sisma; per essa è molto probabile il collasso, anche in presenza di efficaci collegamenti. Tali murature sono da ritenersi di scarsa qualità. Le verifiche per meccanismi di collasso sono poco indicative in quanto non sono rispettate le ipotesi di sufficiente coesione degli elementi murari.

Per azioni orizzontali nel piano:

- una muratura di categoria A ha basse probabilità di lesionarsi; essa può definirsi come una muratura di buona qualità;
- una muratura di categoria B, in caso di sisma, ha buone probabilità di lesionarsi nel piano delle pareti e le lesioni che subirà saranno di scarsa entità; tale categoria definisce le murature di media qualità;
- una muratura di categoria C ha molte probabilità di lesionarsi nel piano delle pareti e le lesioni che subirà saranno, nella maggior parte dei casi, ampie; pertanto nella categoria C rientrano le murature di scarsa qualità.

4.3.2 Risultati

Nel caso del Castello Caldora, l'analisi dell'Indice di Qualità Muraria è stata effettuata sulle murature maggiormente diffuse in ogni prospetto. Per ogni tipologia di muratura individuata, sono stati analizzati 3 campioni di grandezza 1 m x 1 m e, successivamente, confrontandoli con le schede presenti all'interno del Manuale per la valutazione dell'Indice di Qualità Muraria, ad ogni valore della regola dell'arte vi è stato applicato il punteggio corrispondente, necessario per il calcolo dell' IQM_V , IQM_{NP} e IQM_{FP} . Per i parametri correttivi m , g ed r il valore è stato utilizzato in base alle caratteristiche del campione in esame.

Una volta ottenute tutte le caratterizzazioni per i campioni di una stessa muratura, si effettuerà una media matematica dei valori che andrà a costituire il valore di IQM generale per ogni materiale analizzato.

Il calcolo dell'IQM, come già detto in precedenza, faciliterà la scelta degli interventi che andranno a migliorare la risposta strutturale del forte.

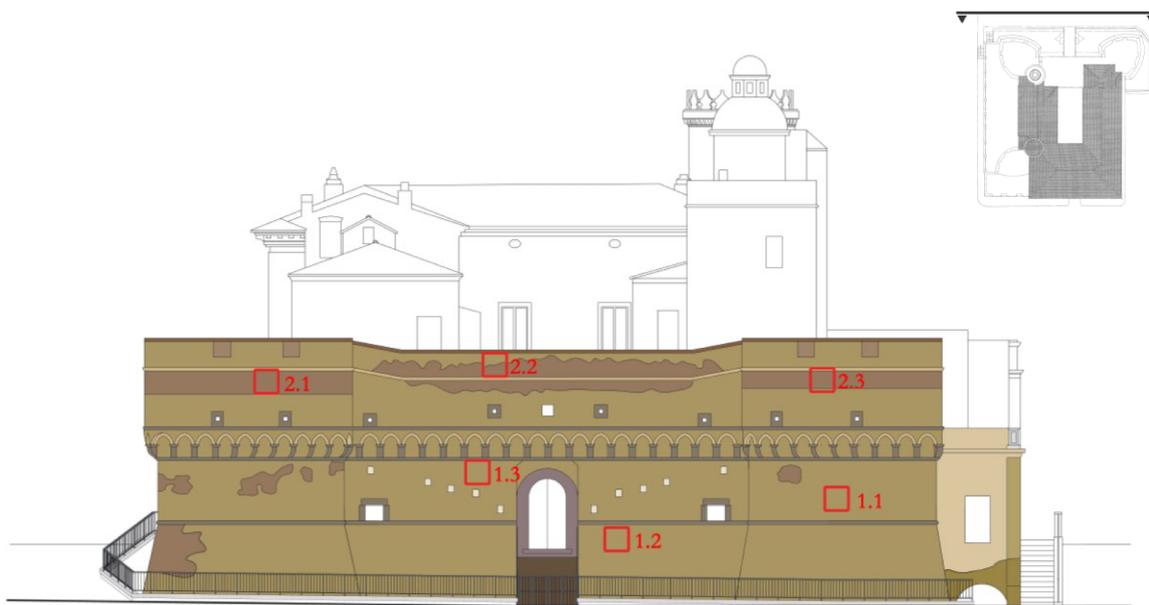
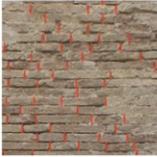


Figura 55. Indicazione campioni IQM - Prospetto Nord Piazza Barbacani

SCHEDA DI VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ MURARIA										Campione 1.1		
FOTO								DESCRIZIONE	Muratura portante in laterizi cotti (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera con concatenamento gotico, a due cortine a sacco. Allettati con malta di calce e ristilati con malta bastarda			
								MATERIALE	Laterizi Malta di calce Malta bastarda	Dimensioni e forme ricorrenti dei blocchi		
SCHEMI	Tracciamento LMT							Filari Orizzontali		Sfalsamento Giunti Verticali		
												
ANALISI IQM	P.D.	MA.	F.EL.	S.G.	R.EL.	OR.	D.EL.	CATEGORIA	VERTICALI	FUORI PIANO	NEL PIANO	
	R	PR	R	PR	R	R	PR					
	NOTE							METODO PUNTEGGI	C	B	B	
								LMT			120 cm	
							IQM	2,21	4,17	3,12		

SCHEDA DI VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ MURARIA										Campione 1.2		
FOTO								DESCRIZIONE	Muratura portante in laterizi cotti (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera con concatenamento gotico, a due cortine a sacco. Allettati con malta di calce e ristilati con malta bastarda			
								MATERIALE	Laterizi Malta di calce Malta bastarda	Dimensioni e forme ricorrenti dei blocchi		
SCHEMI	Tracciamento LMT							Filari Orizzontali		Sfalsamento Giunti Verticali		
												
ANALISI IQM	P.D.	MA.	F.EL.	S.G.	R.EL.	OR.	D.EL.	CATEGORIA	VERTICALI	FUORI PIANO	NEL PIANO	
	R	PR	R	PR	R	R	PR					
	NOTE							METODO PUNTEGGI	C	B	B	
								LMT			80 cm	
							IQM	2,21	4,17	3,12		

Tabella 8 e Tabella 9. Analisi IQM per muratura M5, Prospetto Nord – Piazza Barbacani

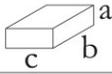
SCHEDA DI VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ MURARIA										Campione 1.3							
FOTO							DESCRIZIONE	Muratura portante in laterizi cotti (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera con concatenamento gotico, a due cortine a sacco. Allettati con malta di calce e ristilati con malta bastarda									
							MATERIALE	Laterizi Malta di calce Malta bastarda			Dimensioni e forme ricorrenti dei blocchi			 a 6 cm b 28 cm c 14 cm			
SCHEMI	Tracciamento LMT									Filari Orizzontali			Sfalsamento Giunti Verticali				
																	
ANALISI IQM	P.D.	MA.	F.EL.	S.G.	R.EL.	OR.	D.EL.	CATEGORIA	VERTICALI	FUORI PIANO	NEL PIANO						
	R	PR	R	PR	R	R	PR										
	NOTE							METODO PUNTEGGI	C	B	B						
								LMT				100 cm					
							IQM	2,21	4,17	3,12							

Tabella 10. Analisi IQM per muratura M5, Prospetto Nord – Piazza Barbacani

Andando ad effettuare la media dei valori precedentemente ottenuti, si ottiene la seguente tabella con i valori e le classificazioni determinate:

CATEGORIA	VERTICALI	FUORI PIANO	NEL PIANO
METODO PUNTEGGI	C	B	B
LMT			100 cm
IQM	2,21	4,17	3,12

SCHEDA DI VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ MURARIA										Campione 2.1		
FOTO								DESCRIZIONE	Muratura portante in laterizi cotti (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera con concatenamento in chiave, a due cortine, a sacco. Allettati con malta di calce.			
								MATERIALE	Laterizi Malta di calce Malta bastarda		Dimensioni e forme ricorrenti dei blocchi	
										a 6 cm	b 28 cm	c 14 cm
SCHEMI	Tracciamento LMT 							Filari Orizzontali 		Sfalsamento Giunti Verticali 		
ANALISI IQM	P.D.	MA.	F.EL.	S.G.	R.EL.	OR.	D.EL.	CATEGORIA	VERTICALI	FUORI PIANO	NEL PIANO	
	R	R	R	PR	R	R	PR					
	NOTE							METODO PUNTEGGI	B	B	B	
								LMT			95 cm	
							IQM	4,41	4,41	4,17		

SCHEDA DI VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ MURARIA										Campione 2.2		
FOTO								DESCRIZIONE	Muratura portante in laterizi cotti (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera con concatenamento in chiave, a due cortine, a sacco. Allettati con malta di calce.			
								MATERIALE	Laterizi Malta di calce Malta bastarda		Dimensioni e forme ricorrenti dei blocchi	
										a 6 cm	b 28 cm	c 14 cm
SCHEMI	Tracciamento LMT 							Filari Orizzontali 		Sfalsamento Giunti Verticali 		
ANALISI IQM	P.D.	MA.	F.EL.	S.G.	R.EL.	OR.	D.EL.	CATEGORIA	VERTICALI	FUORI PIANO	NEL PIANO	
	R	R	R	PR	R	R	PR					
	NOTE							METODO PUNTEGGI	B	B	B	
								LMT			97 cm	
							IQM	4,41	4,41	4,17		

Tabella 11 e Tabella 12. Analisi IQM per muratura M6, Prospetto Nord – Piazza Barbacani

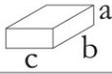
SCHEDA DI VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ MURARIA										Campione 2.3							
FOTO							DESCRIZIONE	Muratura portante in laterizi cotti (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera con concatenamento in chiave, a due cortine, a sacco. Allettati con malta di calce.									
							MATERIALE	Laterizi Malta di calce Malta bastarda			Dimensioni e forme ricorrenti dei blocchi			 a 6 cm b 28 cm c 14 cm			
SCHEMI	Tracciamento LMT									Filari Orizzontali			Sfalsamento Giunti Verticali				
																	
ANALISI IQM	P.D.	MA.	F.EL.	S.G.	R.EL.	OR.	D.EL.	CATEGORIA	VERTICALI	FUORI PIANO	NEL PIANO						
	R	R	R	PR	R	R	PR										
	NOTE							METODO PUNTEGGI	B	B	B						
								LMT				76 cm					
							IQM	4,41	4,41	4,17							

Tabella 13. Analisi IQM per muratura M6, Prospetto Nord – Piazza Barbacani

Andando ad effettuare la media dei valori precedentemente ottenuti, si ottiene la seguente tabella con i valori e le classificazioni determinate:

CATEGORIA	VERTICALI	FUORI PIANO	NEL PIANO
METODO PUNTEGGI	B	B	B
LMT			89,34 cm
IQM	4,41	4,41	4,17

A questo punto è possibile caratterizzare i prospetti con le categorie di IQM individuate

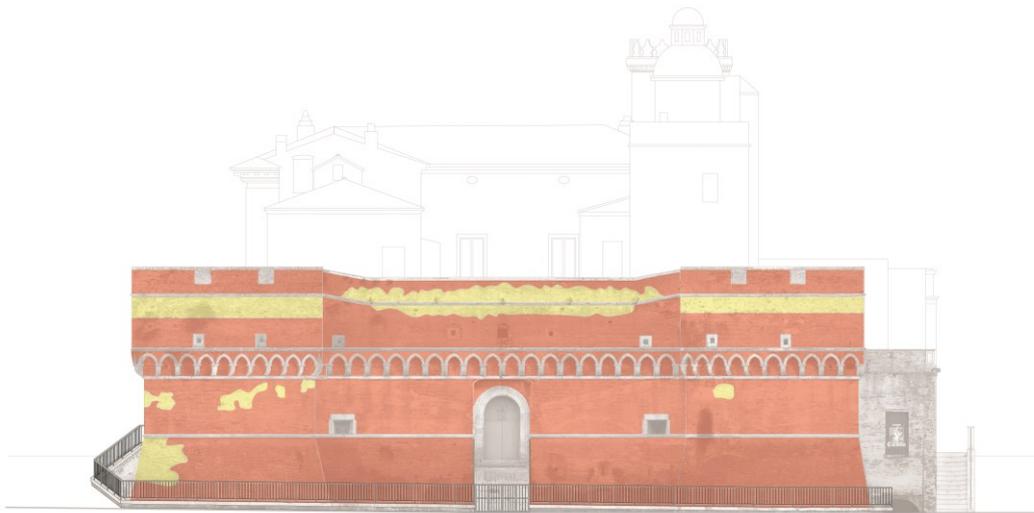


Figura 56. Caratterizzazione IQM per azioni Verticali

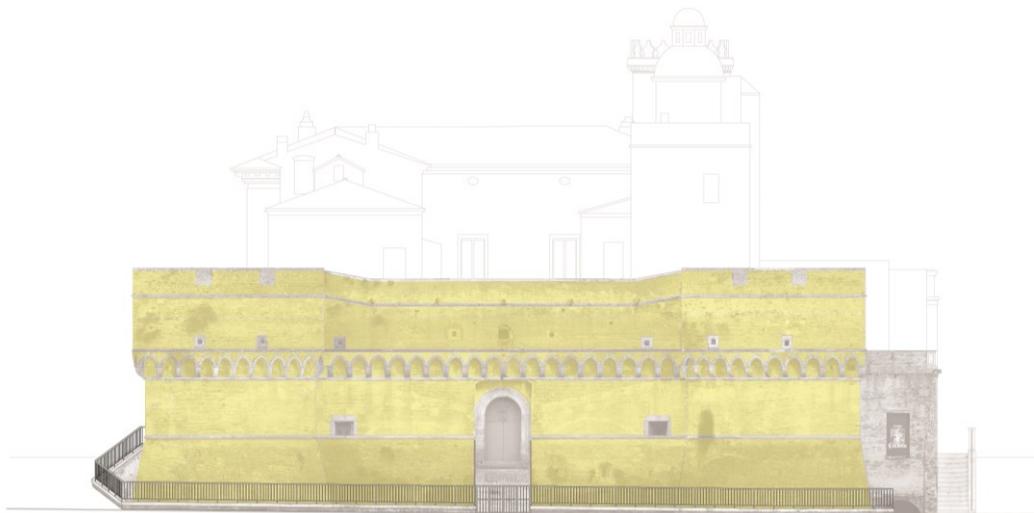


Figura 57. Caratterizzazione IQM per azioni Fuori Piano

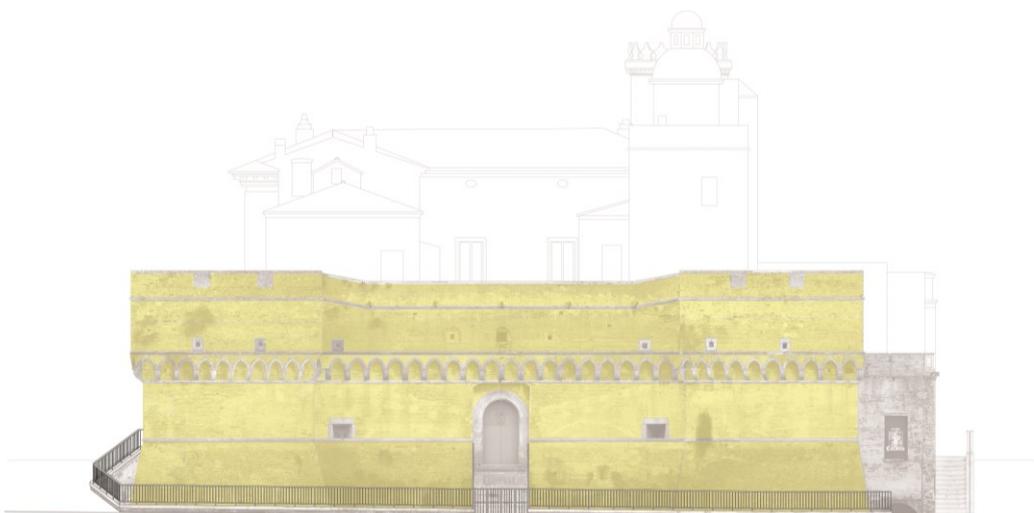


Figura 58. Caratterizzazione IQM per azioni Nel Piano



Figura 59. Indicazione campioni IQM Prospetto Ovest - Corso Garibaldi

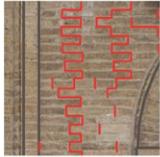
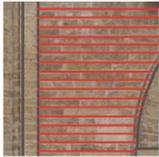
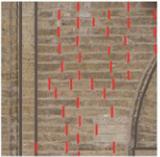
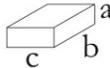
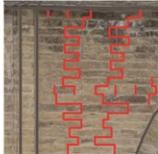
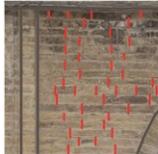
SCHEDA DI VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ MURARIA										Campione 3.1				
FOTO								DESCRIZIONE	Muratura portante, in laterizi cotti (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera con concatenamento a blocco, allettati e stilati con malta di calce					
								MATERIALE	Laterizi Malta di calce Malta bastarda		Dimensioni e forme ricorrenti dei blocchi			
				a	6 cm									
				b	28 cm									
				c	14 cm									
SCHEMI	Tracciamento LMT							Filari Orizzontali		Sfalsamento Giunti Verticali				
														
ANALISI IQM	P.D.	MA.	F.EL.	S.G.	R.EL.	OR.	D.EL.	CATEGORIA	VERTICALI	FUORI PIANO	NEL PIANO			
	R	R	R	R	R	R	PR							
	NOTE							METODO PUNTEGGI	A	A	A			
								LMT			158,7 cm			
							IQM	9,50	9,50	9,50				

Tabella 14. Analisi IQM per muratura M2, Prospetto Ovest – Corso Garibaldi

SCHEDA DI VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ MURARIA										Campione 3.2				
FOTO							DESCRIZIONE	Muratura portante, in laterizi cotti (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera con concatenamento a blocco, allettati e stilati con malta di calce						
							MATERIALE	Laterizi Malta di calce Malta bastarda	Dimensioni e forme ricorrenti dei blocchi					
								a 6 cm	b 28 cm	c 14 cm				
SCHEMI	Tracciamento LMT								Filari Orizzontali			Sfalsamento Giunti Verticali		
	P.D.	MA.	F.EL.	S.G.	R.EL.	OR.	D.EL.	CATEGORIA	VERTICALI	FUORI PIANO	NEL PIANO			
R	R	R	R	R	R	PR								
ANALISI IQM	NOTE							METODO PUNTEGGI	A	A	A			
								LMT			126,20 cm			
								IQM	9,50	9,50	9,50			

SCHEDA DI VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ MURARIA										Campione 3.3				
FOTO							DESCRIZIONE	Muratura portante, in laterizi cotti (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera con concatenamento a blocco, allettati e stilati con malta di calce						
							MATERIALE	Laterizi Malta di calce Malta bastarda	Dimensioni e forme ricorrenti dei blocchi					
								a 6 cm	b 28 cm	c 14 cm				
SCHEMI	Tracciamento LMT								Filari Orizzontali			Sfalsamento Giunti Verticali		
	P.D.	MA.	F.EL.	S.G.	R.EL.	OR.	D.EL.	CATEGORIA	VERTICALI	FUORI PIANO	NEL PIANO			
R	R	R	R	R	R	PR								
ANALISI IQM	NOTE							METODO PUNTEGGI	A	A	A			
								LMT			121,70 cm			
								IQM	9,50	9,50	9,50			

Tabella 15 e Tabella 16. Analisi IQM per muratura M2, Prospetto Ovest – Corso Garibaldi

Andando ad effettuare la media dei valori precedentemente ottenuti, si ottiene la seguente tabella con i valori e le classificazioni determinate:

CATEGORIA	VERTICALI	FUORI PIANO	NEL PIANO
METODO PUNTEGGI	A	A	A
LMT			135,54 cm
IQM	9,50	9,50	9,50

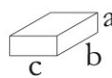
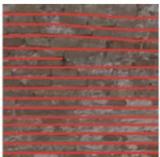
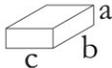
SCHEDA DI VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ MURARIA										Campione 4.1						
FOTO							DESCRIZIONE	Muratura portante in laterizi cotti (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera con concatenamento in chiave, a due cortine, a sacco. Allettati con malta di calce e successivamente ristilati con malta bastarda.								
							MATERIALE	Laterizi Malta di calce Malta bastarda	Dimensioni e forme ricorrenti dei blocchi							
				a 6 cm				b 28 cm								
				c 14 cm												
SCHEMI	Tracciamento LMT								Filari Orizzontali				Sfalsamento Giunti Verticali			
	P.D.	MA.	F.EL.	S.G.	R.EL.	OR.	D.EL.	CATEGORIA	VERTICALI	FUORI PIANO	NEL PIANO					
	R	R	R	R	R	R	PR									
NOTE								METODO PUNTEGGI	B	B	B					
								LMT			75,20 cm					
								IQM	4,66	4,66	4,66					

Tabella 17. Analisi IQM per muratura M7, Prospetto Ovest – Corso Garibaldi

SCHEDA DI VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ MURARIA										Campione 4.2												
FOTO								DESCRIZIONE	Muratura portante in laterizi cotti (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera con concatenamento in chiave, a due cortine, a sacco. Allettati con malta di calce e successivamente ristilati con malta bastarda.													
								MATERIALE	Laterizi Malta di calce Malta bastarda			Dimensioni e forme ricorrenti dei blocchi				 a 6 cm b 28 cm c 14 cm						
SCHEMI	Tracciamento LMT										Filari Orizzontali						Sfalsamento Giunti Verticali					
	ANALISI IQM	P.D.	MA.	F.E.L.	S.G.	R.E.L.	OR.	D.EL.	CATEGORIA	VERTICALI	FUORI PIANO	NEL PIANO										
R		PR	R	R	R	R	PR															
NOTE							METODO PUNTEGGI	C	B	B												
							LMT				134,10 cm											
							IQM	2,35	4,41	3,54												

SCHEDA DI VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ MURARIA										Campione 4.3												
FOTO								DESCRIZIONE	Muratura portante in laterizi cotti (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera con concatenamento in chiave, a due cortine, a sacco. Allettati con malta di calce e successivamente ristilati con malta bastarda.													
								MATERIALE	Laterizi Malta di calce Malta bastarda			Dimensioni e forme ricorrenti dei blocchi				 a 6 cm b 28 cm c 14 cm						
SCHEMI	Tracciamento LMT										Filari Orizzontali						Sfalsamento Giunti Verticali					
	ANALISI IQM	P.D.	MA.	F.E.L.	S.G.	R.E.L.	OR.	D.EL.	CATEGORIA	VERTICALI	FUORI PIANO	NEL PIANO										
R		R	R	R	R	R	PR															
NOTE							METODO PUNTEGGI	B	B	B												
							LMT				131,22 cm											
							IQM	4,66	4,66	4,66												

Tabella 18 e Tabella 19. Analisi IQM per muratura M7, Prospetto Ovest – Corso Garibaldi

Andando ad effettuare la media dei valori precedentemente ottenuti, si ottiene la seguente tabella con i valori e le classificazioni determinate:

CATEGORIA	VERTICALI	FUORI PIANO	NEL PIANO
METODO PUNTEGGI	B	B	B
LMT			113,51 cm
IQM	3,89	4,58	4,29

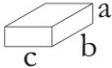
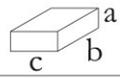
SCHEMA DI VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ MURARIA										Campione 5.1		
FOTO							DESCRIZIONE	Muratura portante in laterizi cotti (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera con concatenamento a cortina. Allettati con malta di calce e ristilati con malta bastarda				
							MATERIALE	Laterizi Malta di calce Malta bastarda		Dimensioni e forme ricorrenti dei blocchi		
										a 6 cm b 28 cm c 14 cm		
SCHEMI	Tracciamento LMT								Filari Orizzontali		Sfalsamento Giunti Verticali	
												
ANALISI IQM	P.D.	MA.	F.E.L.	S.G.	R.EL.	OR.	D.EL.	CATEGORIA	VERTICALI	FUORI PIANO	NEL PIANO	
	R	R	R	R	R	R	PR					
	NOTE							METODO PUNTEGGI	A	B	A	
								LMT			83,40 cm	
							IQM	6,65	6,65	6,65		

Tabella 20. Analisi IQM per muratura M11, Prospetto Ovest – Corso Garibaldi

SCHEDA DI VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ MURARIA										Campione 5.2	
FOTO							DESCRIZIONE	Muratura portante in laterizi cotti (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera con concatenamento a cortina. Allettati con malta di calce e ristilati con malta bastarda			
							MATERIALE	Laterizi Malta di calce Malta bastarda	Dimensioni e forme ricorrenti dei blocchi		
SCHEMI	Tracciamento LMT 						Filari Orizzontali 		Sfalsamento Giunti Verticali 		
	P.D.	MA.	F.EL.	S.G.	R.EL.	OR.	D.EL.	CATEGORIA	VERTICALI	FUORI PIANO	NEL PIANO
R	R	R	R	R	R	PR					
ANALISI IQM	NOTE						METODO PUNTEGGI	A	B	A	
							LMT			50,95 cm	
							IQM	6,65	6,65	6,65	

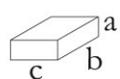
SCHEDA DI VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ MURARIA										Campione 5.3	
FOTO							DESCRIZIONE	Muratura portante in laterizi cotti (14x28x6 cm) di uso primario, posti in opera con concatenamento a cortina. Allettati con malta di calce e ristilati con malta bastarda			
							MATERIALE	Laterizi Malta di calce Malta bastarda	Dimensioni e forme ricorrenti dei blocchi		
SCHEMI	Tracciamento LMT 						Filari Orizzontali 		Sfalsamento Giunti Verticali 		
	P.D.	MA.	F.EL.	S.G.	R.EL.	OR.	D.EL.	CATEGORIA	VERTICALI	FUORI PIANO	NEL PIANO
R	R	R	R	R	R	PR					
ANALISI IQM	NOTE						METODO PUNTEGGI	A	B	A	
							LMT			143 cm	
							IQM	6,65	6,65	6,65	

Tabella 21 e Tabella 22. Analisi IQM per muratura M11, Prospetto Ovest – Corso Garibaldi

Andando ad effettuare la media dei valori precedentemente ottenuti, si ottiene la seguente tabella con i valori e le classificazioni determinate:

CATEGORIA	VERTICALI	FUORI PIANO	NEL PIANO
METODO PUNTEGGI	A	B	A
LMT			135,54 cm
IQM	6,65	6,65	6,65

A questo punto è possibile caratterizzare i prospetti con le categorie di IQM individuate



Figura 60. Caratterizzazione IQM per azioni Verticali



Figura 61. Caratterizzazione IQM per azioni Fuori Piano



Figura 62. Caratterizzazione IQM per azioni Nel Piano

I valori ottenuti precedentemente con il calcolo di vari IQM saranno utili per la determinazione dei parametri meccanici di ogni muratura. Le migliori correlazioni che descrivono la corrispondenza tra IQM e parametri meccanici delle murature sono le seguenti:

- correlazione di IQM verticale con f ;
- correlazione di IQM nel piano con τ_0 ;
- correlazione di IQM nel piano con f_{v0} ;
- correlazione di IQM nel piano con G ;
- correlazione di IQM verticale con E .

Queste correlazioni ci permettono di leggere dei diagrammi cartesiani dove vi sono indicate le linee di tendenza per valori medi di ognuno di essi.

Le leggi di correlazione trovate sono:

- IQM_V con i valori minimi, medi e massimi di f (resistenza media a compressione)

$f_{\min} = 1,048e^{0,1951x}$	$R^2 = 0,8121$
$f_{\text{med}} = 1,4357e^{0,1837x}$	$R^2 = 0,8355$
$f_{\max} = 1,8189e^{0,1769x}$	$R^2 = 0,8390$

(con $x = \text{IQM}_V$ ottenuto)
- IQM_{NP} con i valori minimi, medi e massimi di τ_0 (resistenza media tangenziale – criterio di Turnsek e Cacovic)

$\tau_0_{\min} = 0,0002x^2 + 0,0071x + 0,0151$	$R^2 = 0,8389$
$\tau_0_{\text{med}} = 0,0005x^2 + 0,0086x + 0,0199$	$R^2 = 0,9220$
$\tau_0_{\max} = 0,0007x^2 + 0,0102x + 0,0248$	$R^2 = 0,8572$

(con $x = \text{IQM}_{NP}$ ottenuto)

- IQM_{NP} con i valori minimi, medi e massimi di f_{V0} (resistenza media tangenziale – criterio di rottura a scaletta)

$$f_{V0 \text{ min}} = 0,0347x^{0,8392} \quad R^2 = 0,8810$$

$$f_{V0 \text{ med}} = 0,0528x^{0,8024} \quad R^2 = 0,9187$$

$$f_{V0 \text{ max}} = 0,0710x^{0,7806} \quad R^2 = 0,9013$$

(con $x = \text{IQM}_{NP}$ ottenuto)

- IQM_{NP} con i valori minimi, medi e massimi di G (modulo di elasticità tangenziale medio)

$$G \text{ min} = 212,22e^{0,1430x} \quad R^2 = 0,6688$$

$$G \text{ med} = 256,13e^{0,1426x} \quad R^2 = 0,6963$$

$$G \text{ max} = 299,87e^{0,1423x} \quad R^2 = 0,7103$$

(con $x = \text{IQM}_{NP}$ ottenuto)

- IQM_V con i valori minimi, medi e massimi di E (modulo di elasticità normale medio)

$$E \text{ min} = 608,54e^{0,1551x} \quad R^2 = 0,7105$$

$$E \text{ med} = 740,08e^{0,1538x} \quad R^2 = 0,7225$$

$$E \text{ max} = 871,37e^{0,1528x} \quad R^2 = 0,7270$$

(con $x = \text{IQM}_V$ ottenuto)

I risultati andranno riportati su diagrammi cartesiani e la correlazione di ogni IQM è rappresentata dalla curva esponenziale o parabolica per la quale risulta minima la distanza rispetto ai punti rappresentativi delle murature virtuali.

Di seguito verranno riportati esempi di diagrammi basati sulle NTC con l'indicazione di tali correlazioni, con l'indicatore R^2 del grado di correlazione.

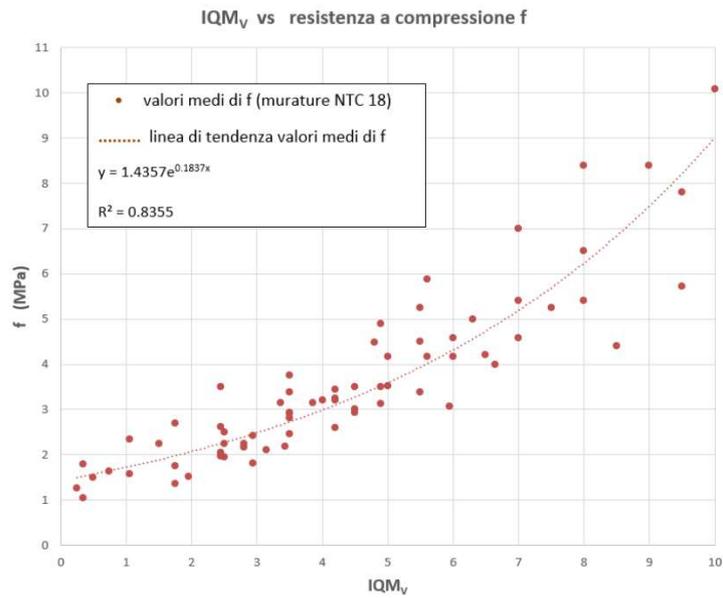


Figura 63. Curve di correlazione fra il valore medio di f (secondo le tabelle della circolare 2019) e IQM_V (Borri A., De Maria A.)

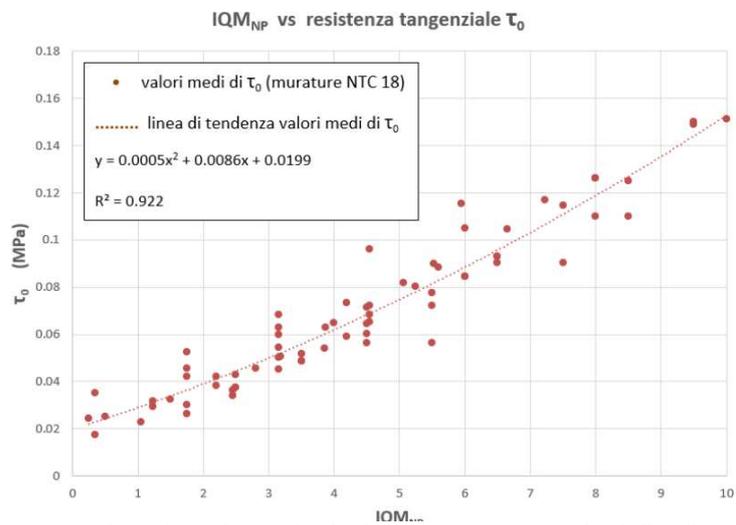


Figura 64. Curve di correlazione fra il valore medio di τ_0 (secondo le tabelle della circolare 2019) e IQM_{NP} (Borri A., De Maria A.)

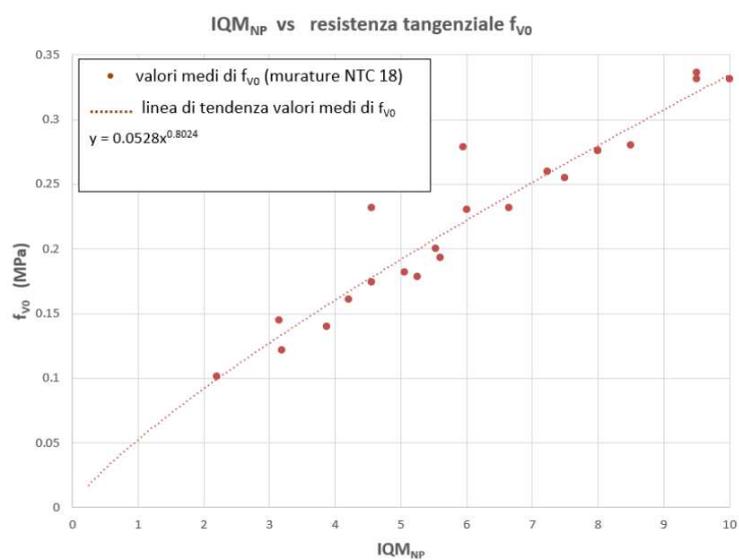


Figura 65. Curve di correlazione fra il valore medio di f_{v0} (secondo le tabelle della circolare 2019) e IQM_{NP} (Borri A., De Maria A.)

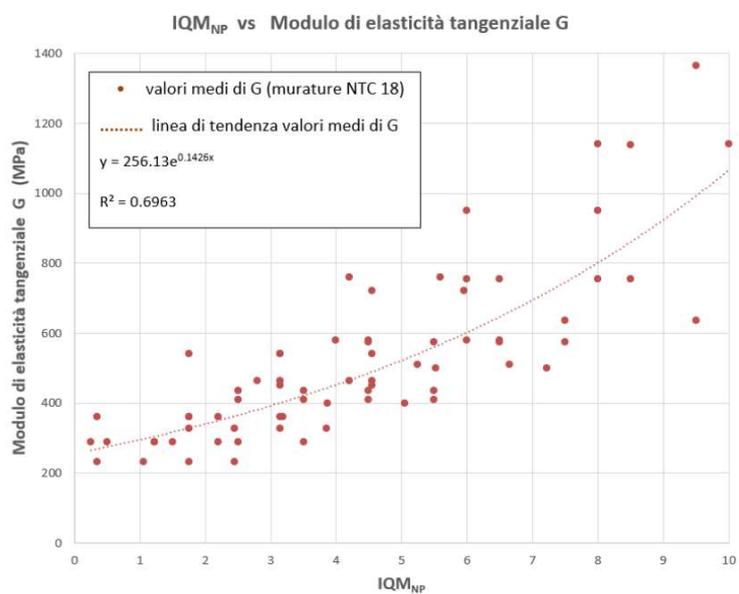


Figura 66. Curve di correlazione fra il valore medio di G (secondo le tabelle della circolare 2019) e IQM_{NP}

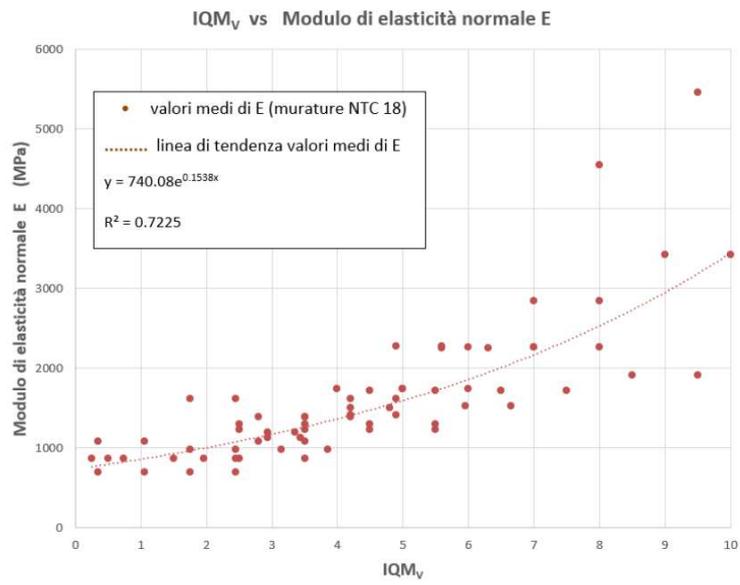


Figura 67. Curve di correlazione fra il valore medio di E (secondo le tabelle della circolare 2019) e IQM_v (Borri A., De Maria A.)

CAPITOLO V

STRATEGIE DI CONSERVAZIONE MATERIALE

5.1 Interventi sulle superfici murarie esterne

Le precedenti analisi effettuate hanno portato alla individuazione delle principali criticità che allo stato attuale interessano il complesso fortificato. Si rendono pertanto necessari interventi di conservazione che sono stati condotti secondo una strategia che rispetta il più possibile i principi del:

- MINIMO INTERVENTO
- COMPATIBILITÀ
- DISTINGUIBILITÀ

Essi sono stati suddivisi in puliture, aggiunte, consolidamenti e protezioni. Di seguito verranno elencate le tipologie di intervento individuate e le fasi operative per l'esecuzione di ognuno di essi.

5.1.1 PU_Puliture

PU_1 – Pulizia mediante macchina idrosabbiatrica, a pressione controllata, con acqua demineralizzata e deionizzata

Questa procedura risulterà particolarmente adatta per effettuare puliture sulle superfici massive, dal carattere più nudo, ovvero prive di decorazioni in rilievo proprio poiché la pressione del getto potrebbe risultare troppo aggressiva e lesiva per il materiale ed implicare, sia l'eventuale distacco di parti ammalorate, sia il distacco di parti sane di superficie. L'ausilio della sabbatura controllata dovrà essere effettuato a seguito di analisi e prove sul materiale in modo tale da calibrare bene i termini dell'operazione. La granulometria potrà variare tra i

valori minimi di 10-25 μm e i valori massimi di 40-60 μm in relazione alla consistenza del materiale ed al tipo di sporco da rimuovere. L'operatore utilizzerà un ugello erogatore distante dalla superficie in una misura mai inferiore ai 5 cm e mai superiore a 20 cm. La pulitura avverrà dall'alto verso il basso in modo tale da delimitare le campiture, evitando così che lo sporco penetri, per percolamento, nelle parti già pulite. Ultimato il processo si procederà con il risciacquo dell'intera superficie. Questo tipo di pulitura può comportare minime variazioni morfologiche superficiali in funzione della destrezza dell'operatore, della scelta della polvere abrasiva in rapporto alla pressione di uscita e delle condizioni conservative del manufatto.

PU_2 – Pulitura meccanica mediante spazzole, bisturi, spatole, ecc.

Questa fase comprende una serie di strumenti specifici in cui impiego risulta essere in stretta relazione al grado di persistenza delle sostanze patogene che si dovranno asportare. La riuscita delle operazioni di pulitura meccanica, sarà strettamente connessa all'abilità ed alla sensibilità dell'operatore che dovrà prestare particolare attenzione a non arrecare danni irreversibili al materiale, come incisioni e segni. La pulitura meccanica consentirà la rimozione di depositi ed incrostazioni più o meno aderenti alla superficie. Si potrà ricorrere a strumenti di vario tipo come: spazzole di saggina, o di nylon, bisturi, piccole spatole metalliche, fino ad arrivare ad apparecchiature più complesse alimentate da motorini elettrici. Con questo tipo di pulitura saranno assenti le variazioni cromatiche sulle superfici trattate, ma bisogna fare attenzione alla destrezza ed alle conservazioni della superficie poiché si potranno verificare evidenti variazioni morfologiche.

PU_3 – Pulitura mediante impacchi assorbenti a base di EDTA, carbossimetilcellulosa e Bicarbonato di Sodio

In presenza di sostanze patogene particolarmente persistenti, come ad esempio le croste poco solubili, gli impacchi potranno essere additivati con dosi limitate di sostanze chimiche, l'operazione dovrà essere portata a compimento da personale esperto che, prima di effettuare il procedimento, eseguirà delle limitate tassellature di prova utili a definire, con esattezza, i tempi di applicazione e valutare i relativi effetti.

Per asportare croste nere di piccolo spessore, come nel caso in esame, può essere utilizzato il formulario che si comporrà di:

- 1000 cc di acqua deionizzata
- 50 g di carbossimetilcellulosa (che da la consistenza tissotropica all'impasto)
- 30 g di bicarbonato di sodio (NaHCO_3)
- 50-100 g di EDTA (sale bisodico)

Il tempo contratto potrà variare secondo i casi specifici, si provvederà alla copertura dell'area interessata con fogli di polietilene, in modo tale da impedire l'evaporazione dell'acqua presente nel composto. Una volta rimosso il composto, si procederà alla pulitura con acqua deionizzata, aiutata, se necessario, da una leggera spazzolatura. L'EDTA risulterà particolarmente efficace nella rimozione di patine di vario colore composte da ossalato di calcio.

PU_4 – Diserbo da piante superiori

Lo scopo della pulitura sarà di asportare vegetazione erbacea, arbustiva ed arborea. L'asportazione dovrà essere eseguita preferibilmente nel periodo invernale e potrà essere

effettuata sia meccanicamente, mediante il taglio a raso con ausilio di mezzi a bassa emissione di vibrazioni, sia ricorrendo all'uso di disinfestanti liquidi selezionati in base alle loro generalità. Nel caso in cui l'asportazione meccanica non risulterà risolutiva, le due operazioni saranno contingentate. L'uso dei biocidi non dovrà essere effettuato nei periodi di pioggia, di forte vento o di eccessivo surriscaldamento delle superfici allo scopo di evitare la dispersione o l'asportazione stessa del prodotto.

PU_5 – Disinfestazione da muschi e licheni

L'asportazione potrà essere sia meccanica, che difficilmente risulterà completamente risolutiva, con l'ausilio di spazzole rigide, bisturi, spatole ecc., sia con i biocidi. Se i licheni risulteranno molto spessi e tenaci, la rimozione meccanica sarà preceduta dall'applicazione sulla superficie di una soluzione di ammoniaca diluita al 5% al fine di ammorbidire la patologia e facilitarne l'asportazione. Un'efficace risoluzione per l'asportazione di muschi e licheni prevederà l'utilizzo di biocidi scelti previa campionatura in modo tale da applicarne uno specifico, piuttosto di uno ad ampio spettro, ad azione immediata quali: acqua ossigenata 120 volumi, operazione che dovrà essere ripetuta dopo 24 ore per ottenere la totale "bruciatura" degli organismi vegetali, formaldeide in soluzione acquosa 0,1-1% ed ossido di etilene (ETO) al 10% in miscela gassosa di aria ed anidride carbonica. Trascorso un tempo variabile tra i 5-15 giorni si procederà alla rimozione meccanica delle patine biologiche e dei depositi humiferi mediante la spazzolatura con spazzole di saggina.

PU_6 – Rimozione patina biologica

La rimozione della patina biologica potrà essere effettuata tramite pulitura manuale, meccanica o mediante l'uso di biocidi. L'efficacia dei sistemi di asportazione manuale potrebbe risultare limitata poiché non si riuscirà mai a rimuovere completamente la patologia, così come la sabbiatura potrà risultare lesiva per il substrato del materiale. Le sostanze biocide scelte dopo una accurata campionatura in modo tale da applicarne uno specifico e non ad ampio spettro, in relazione al tipo di organismi che saranno in grado di rimuovere, si caratterizzeranno in battericidi e fungicidi, la loro applicazione sarà effettuata a pennello, a spruzzo o mediante impacchi. In presenza di materiali molto porosi sarà opportuno applicare il biocida mediante impacchi o a pennello per favorire la maggiore penetrazione del prodotto e prolungarne l'azione. Gli interventi saranno ripetuti per un numero di volte sufficiente a debellare la ricrescita della patologia. Applicato il biocida si procederà alla rimozione meccanica della patina e, successivamente, saranno effettuati lavaggi con acqua deionizzata, in modo tale da eliminare ogni residuo di sostanza sul materiale trattato.

5.1.2 AG_Aggunte

AG_1 – Stuccatura – integrazione elementi in laterizio

Scopo di tale intervento è quello di colmare le lacune e le discontinuità presenti sulla superficie in esame così da unificare la superficie ed offrire alla stessa una adeguata resistenza. Previa l'esecuzione delle operazioni preliminari di preparazione e bagnatura con acqua deionizzata, si effettuerà l'applicazione dell'impasto, che sarà per composizione analogo a quello già in situ, attraverso una precedente campionatura del materiale già presente, in strati separati e successivi secondo la profondità della lacuna da riempire. Si utilizzerà una malta

formata da una base di calce idraulica naturale NHL 2, una parte di sabbia silicea lavata ed una parte di cocciopesto. Rispettando le resistenze meccaniche delle malte già presenti, la loro scala cromatica e la tipologia degli elementi in laterizio presenti. Nel caso occorra preparare una malta particolarmente resistente a compressione, si potrà ricorrere all'utilizzo di piccole quantità di cemento bianco esente da gesso e sali solubili, facendo particolare attenzione poiché il cemento bianco manifesta notevoli ritiri igrometrici in fase di fresa. La stuccatura si eseguirà utilizzando piccole spatole a foglia o cazzuolini, evitando con cura di intaccare le superfici non interessate.

AG_2 – Risarcimento – Stilatura giunti di malta con impasti a base di calce analoghi all'originale

L'intervento prevederà l'integrazione delle porzioni di malta mancanti e sarà eseguito mediante impasti a base di calce, o comunque simili alle malte tradizionali già rilevate campionate in situ, con i requisiti di resistenza simili a quelli del materiale originale e con caratteristiche fisiche simili. Lo scopo di tale intervento sarà quello di preservare le cortine murarie da possibili fenomeni di degradazione e di restituire continuità alla tessitura muraria, onde evitare eventuali infiltrazioni o attacchi di vegetazione infestante. La procedura, previa l'esecuzione delle verifiche e delle operazioni preliminari, prevederà l'abbondante bagnatura con acqua pulita del giunto, così da garantire alla malta originale ed alle superfici limitrofe l'utile saturazione, basilare per evitare che si verifichi il fenomeno dell'assorbimento del liquido della nuova malta, compromettendone la presa della stessa. Una volta inumidito il giunto si effettuerà l'applicazione dell'impasto in strati successivi secondo la profondità e la lunghezza della lacuna da riempire. Per l'impasto saranno utilizzati impasti costituiti da calce idraulica naturale, grassello di calce, sabbie ed altri oggetti aggregati minerali di granulometria

definita in base alla malta già presente nei giunti esistenti. In alternativa alla sabbia si potrebbero utilizzare altre cariche quali pozzolana o cocchiopesto, in ogni caso, il rapporto legante-inerte sarà sempre di 1:2. Dopo un periodo di tempo sufficiente a consentire un primo indurimento dell'impasto si provvederà a stringere la malta mediante una leggera pressione della mano o della punta della cazzuola, così da compattarla e renderla più solida. Questa operazione andrà effettuata dopo 5-6 ore in estate e dopo 24 ore in inverno nell'arco di mezza giornata, fino a che il giunto non apparirà coeso e senza cretti.

5.1.3 CO_Consolidamenti

CO_1 – Risarcitura muratura mediante sostituzione parziale del materiale (SCUCI-CUCI)

L'operazione di scuci e cuci consisterà nella risarcitura delle murature per mezzo della parziale sostituzione del materiale. L'intervento potrà limitarsi al solo parametro murario oppure estendersi su tutto il suo spessore. La scelta del materiale di risarcitura sarà effettuata con estrema cura, i nuovi elementi dovranno soddisfare esigenze: storiche, estetiche e soprattutto tecniche. Dovrà essere compatibile con la preesistenza per dimensioni e per natura. La porzione di muratura da sanare verrà divisa in cantieri, dopodiché si procederà, dall'alto verso il basso, alternando le demolizioni con le successive ricostruzioni, in modo tale da non danneggiare le parti murarie limitrofe che dovranno continuare ad assolvere la funzione statica della struttura. La malta di connessione, potrà essere una malta di calce idraulica naturale NHL 5 con inerte costituito da sabbia silicea, cocchiopesto e pozzolana vagliati e lavati. La tecnica dello scuci-cuci non risulterà particolarmente idonea, nonché di

difficile esecuzione, per le murature incoerenti, murature costituite da elementi di elevate dimensioni e murature a sacco.

CO_2 – Ricostruzione di copriferro

Prima dell'applicazione dei prodotti per il ripristino e, nel caso in cui non sia stato utilizzato il vapore per la pulizia del sottofondo, questo dovrà essere bagnato fino alla saturazione, evitando veli o ristagni di acqua. Successivamente si procederà alla protezione dei ferri di armatura mediante l'applicazione a pennello di una mano di boiaccia passivante anticarbonante, reoplastica-pennellabile realizzando uno strato continuo di almeno 1 mm. Il prodotto sarà monocomponente, esente da nitrati, da miscelare con sola acqua. Con caratteristiche minime pari a: adesione all'armatura ed al cls > 2,5 N/mm², resistenza alla nebbia salina dopo 120 h nessuna corrosione, pH > 12, tempo di lavorabilità a 20 °C e 50% U.R. circa 40-60 min, temperatura limite di applicazione tra +5 °C e +35 °C, classe 0 di reazione al fuoco. Passate un minimo di 24 ore dalla posa della boiaccia passivante antiruggine e previa scrupolosa bagnatura delle parti di calcestruzzo si applicherà, uno strato di malta a base di leganti idraulici, fibrorinforzata, a consistenza tissotropica, a ritiro controllato, ad alta tensione con inibitori di corrosione organici, impastata con sola acqua_senza fare uso di casseforme fisse. Al fine di regolarizzare eventuali superfici non planari e per ottenere un sottofondo omogeneo per la successiva protezione finale, si procederà a presa avvenuta del materiale per il ripristino, alla rasatura della superficie con idoneo rasante a base di leganti idraulici ed inerti silicei selezionati, da impastare con sola acqua, applicato con cazzuola americana, in spessori fino a 3 mm per mano. La protezione finale sarà garantita da una pittura protettiva anticarbonatazione del calcestruzzo, a base di copolimeri acrilici e resine

sintetiche insaponificabili. Con buona permeabilità al vapore acqueo, diluita in acqua. Il protettivo verrà applicato a pennello, o a rullo in due mani.

5.1.4 PR_Protezioni

PR_1 – Tinteggiatura alla calce – Scialbatura

Può essere utilizzata a patto che non siano aggressive e che il supporto non sia stato ancora compromesso da una precedente pitturazione a legante polimerico che ne renderebbe difficoltosa la adesione. I vantaggi di questo procedimento risiedono nell'alta compatibilità con i materiali del supporto, nel rispetto dei colori e dei toni cromatici degli edifici storici e nella sanificazione dell'ambiente con conseguente prevenzione di muffe, grazie alla naturale basicità ed all'elevato tasso di traspirabilità. La procedura prevede che il grassello di calce, stagionato almeno 24 mesi, venga stemperato in una quantità di acqua necessaria al fine di ottenere un composto sufficientemente denso. A stagionatura avvenuta il composto sarà passato al setaccio allo scopo di eliminare le impurità presenti nell'impasto. L'acqua utilizzata per l'impasto dovrà essere esente da impurità di carattere organico a causa dell'incompattezza delle tinte, alle alterazioni e alle macchie. La coloritura dell'impasto si otterrà tramite l'aggiunta di pigmenti minerali e terre naturali o artificiali, in modo tale da rendere cromaticamente omogenea la superficie. Il dosaggio del pigmento verrà aumentato poiché, nei primi mesi, la scialbatura perderà di tono. La tinteggiatura a calce dovrà essere eseguita, preferibilmente, in primavera o in autunno, in quanto la calce subisce alterazioni irreversibili se utilizzata a temperature troppo rigide o elevate.

Nel caso in esame, trattandosi di laterizio facciavista, si utilizzeranno miscele di pigmenti rossi (Terra rossa, Terra Siena Bruciata, Ocra Rossa, Cinabro Naturale, Rosso Ercolano) e gialli (Terre Gialle e Ocre Gialle, Terra Siena Naturale, ocra Gialla).

PR_2 – Dissuasori per volatili con sistema elettrostatico

Prima di effettuare l'intervento è propedeutica l'esecuzione delle seguenti fasi preliminari:

- pulitura accurata delle superfici con asportazione meccanica delle eventuali incrostazioni e spazzolatura delle stesse, con successivo lavaggio con acqua;
- consolidamento ed eventuale integrazione di parti
- accurata stuccatura delle eventuali fessure presenti tra diversi elementi.

A questo punto la fase prevede il posizionamento del sistema il posizionamento del sistema elettrostatico che si basa su rapidissimi impulsi elettrici ad alta tensione ma a bassa corrente, funzionanti in corrente continua a 12 Volt. Viene installata una centralina elettronica alimentata a 230 Volt che eroga una tensione di scarica variabile tra 4,0 e 6,0 KV con amperaggio inferiore ai 30 mA. La tensione è erogata verso l'impianto ad impulsi variabili, superiori al secondo, utilizzando speciali cavetti per alta tensione e con protezione a doppia guaina PVC trattata contro i raggi UV e garantiti fino a 25KV. La distribuzione avviene tramite il collegamento con tondini in acciaio inox AISI 316, staffe in policarbonato trasparente, antistatico ed antiurto, trattate anch'esse contro i raggi UV, collegate con un apposito cavetto per alta tensione, creando, sulla distribuzione filare a copertura, un efficacissimo deterrente elettrostatico atto ad allontanare qualsiasi volatile. Nell'installazione dovranno essere tenute in considerazione, le abitudini dei volatili, la tipologia dei materiali da proteggere e l'estetica della costruzione.

PR_3 – Protezione creste murarie con messa in opera di bauletto di malta

Prima di procedere con l'intervento sono necessarie alcune operazioni preliminari che prevedono:

- asportazione delle eventuali erbe infestanti presenti nella zona sommitale della muratura, verificando, preventivamente, la condizione dei loro apparati radicali
- pulitura meccanica della superficie ricorrendo all'utilizzo di spazzole o di aspiratore e successivo lavaggio con acqua deionizzata della superficie interessata
- consolidamento, ed eventuale, integrazione della muratura
- stuccatura delle eventuali fessure presenti tra i diversi elementi che compongono la cresta

Eseguite le predette operazioni si va ad eseguire l'intervento mediante la realizzazione, al di sopra della cresta muraria, di uno strato di malta modellato a "schiena d'asino" (bauletto di malta), alto circa 10-15 cm e caratterizzato da una superficie omogenea, allo scopo di agevolare lo scorrimento delle acque piovane. La composizione della malta da utilizzare dovrà avere un rapporto legante/inerte 1:3: il legante potrà essere costituito da una combinazione, in proporzione del 50%, di calce idraulica naturale e calce grassa, evitando di avere fenomeni di incompatibilità fisico-meccanica tra la malta e la muratura antica. Le cretture di ritiro potranno essere ovviate aggiungendo al composto prodotti antiritiro così da evitare inconvenienti riconducibili all'infiltrazione dell'acqua all'interno della muratura. Avendo, nel caso in esame creste con una lunghezza che superano i 10 m, sarà opportuno interrompere il bauletto ogni 6 m interponendo dei giunti di dilatazione opportunamente sigillati con materiale a comportamento plastico/elastico.

I precedenti interventi descritti sono stati assegnati ad ogni tipologia di materiale individuato nei prospetti presi in esame. Il tutto per un completo ed esaustivo progetto di restauro conservativo delle facciate che costituiscono la parte castellare, le quali ormai, da tempo, versano in uno stato di incuria ed abbandono che, giorno dopo giorno, degradano questo importante pezzo di storia Vastese.

CONCLUSIONI

Attraverso le indagini effettuate, la lettura e l'interpretazione critica del Castello Caldora di Vasto, il tutto integrato dalle conoscenze derivanti da fonti dirette ed indirette, la definizione di proposta di conservazione e restauro del bene si è concentrata sulla conservazione atta a massimizzare la permanenza del costruito storico.

Le analisi riguardanti la consistenza del materiale, e lo stato di conservazione dei prospetti, hanno portato risultati non soddisfacenti. Gli interventi proposti ed, appositamente studiati per il caso in esame, sono stati scelti in seguito a ricerche storico-documentali che hanno portato alla definizione delle criticità che si manifestano sul castello.

Attraverso la rimozione di patine biologiche, di vegetazione e di croste, la stilatura di giunti di malta, le disinfestazioni, le stuccature con integrazione di elementi, la risarcitura delle murature mediante il metodo SCUCI-CUCI, la ricostruzione del copriferro, l'installazione di dissuasori per volatili, la protezione delle creste murarie e la tinteggiatura a calce, si vuole dare un indirizzo di percorso da attuare per la conservazione e la massimizzazione della durata del castello nel contesto Vastese.

L'analisi IQM è stata in grado di fornire un livello di conoscenza maggiore di quella che potrà essere la risposta del comportamento meccanico del costruito storico, evidenziando a sua volta le criticità strutturali che sono presenti, ma che con interventi mirati al miglioramento di queste criticità, come l'inserimento di nuovi elementi in laterizio, o la stilatura dei giunti di malta che aiutano a dare alla cortina muraria un comportamento "monolitico", si cercherà di perfezionare la risposta meccanica del Castello in caso di sisma.

Il costruito storico oggetto di questa Tesi è il risultato di diverse stratificazioni che, con il passare dei secoli, hanno portato alla conformazione attuale, di massima complessità. Questa

è stata confermata attraverso la lettura delle carte tematiche realizzate dei materiali e del degrado, le quali ci hanno permesso di avere un modello interpretativo del castello.

Per avere, in futuro, un quadro completo e poter definire interamente la risposta meccanica ed un piano di interventi atti a migliorare lo stato di conservazione del bene, risulterà necessaria l'attuazione di varie indagini volte a creare ulteriori modelli interpretativi che vadano ad analizzare lo stato di conservazione di tutti gli ambienti interni del Castello e del Palazzo Palmieri. Le quali indagini risulteranno utili alla proprietà del bene per attuare un vero e proprio piano di conservazione e restauro, che possa permettere la massimizzazione della permanenza del Castello Caldora all'interno del centro storico di Vasto, e soprattutto contenere le spese necessarie per attuare la strategia di conservazione nel tempo del costruito storico.

BIBLIOGRAFIA

- Anelli L. 1929, *Histonium ed il Vasto attraverso i secoli*, Guglielmo Guzzetti Editore, Vasto
- Benedetti P. 2003, *Guida alla storia di Vasto di Luigi Marchesani*, Editrice il Nuovo, Vasto
- Borri A., De Maria A. 2020, *Manuale per la valutazione dell'Indice di Qualità Muraria (IQM)*, Heritage
- Cassi Ramelli A. 1972, *Il Castello di Vasto*, “Castellum”, Rivista dell'Istituto Italiano dei Castelli, Castel S. Angelo (Roma)
- Cassi Ramelli A. 1995, *Dalle caverne ai rifugi blindati*, Adda
- Chiarizia G. 1988, *Abruzzo dei castelli*, Carsa Edizioni, Pescara
- D'Anelli V. 1966, *Histonium ed il Vasto*, Tipografia Histonium, Vasto
- D'Anelli V. 1986, *Il Castello Caldorese del Vasto monografia storica di Vittorio D'Anelli*, Editrice Histonium, Vasto
- Francheschi S., Germani L. 2010, *Manuale Operativo per il Restauro Architettonico*, IV edizione, DEI s.r.l., Roma
- Marchesani L. 1838, *Storia di Vasto, città in Apruzzo Citeriore*, Napoli
- Mariano F., Giuliano A. A. 2016, *Il Castello d'Aquino a Rocchetta Sant'Antonio, tra storia e restauro*, Andrea Livi Editore, Fermo
- Mariotti C. 2017, *Il restauro dei castelli in Italia. 1964-2014*, Tesi di Dottorato, Bologna
- Moretti M. 1972, *Restauri d'Abruzzo*, De Luca Editore, Roma
- Murolo L., 1988, *Teste lunghe, teste bucate; per una storia del centro storico di Vasto*, in “Immagini di Vasto”, Vastophil, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma
- Murolo L., 1995, *Vasto. Territorio e città tra antichità e medioevo*, Il Torcoliere, Vasto

- Naccarella G. 2008, *Da avamposto difensivo a fondale di piazza, il Castello Caldoresco di Vasto*, Edizioni Cannarsa, Vasto
- Nazzaro B., 2004, *Francesco di Giorgio Martini Rocche, città, paesaggi*, [Atti del convegno nazionale di studio Siena, Maggio 2002], Roma
- Palmili C. 3 Marzo 1949, *Il Castello medievale di Vasto*, “il Messaggero”, Roma
- Perogalli C. 1975, *Castelli d’Abruzzo e del Molise*, Görglich, Milano
- Serafini L. 2000, *Costruzione e arte nel neoclassicismo meridionale: Nicola Maria Pietrocola architetto vastese*, “Bullettino delle deputazione abruzzese di storia patria”, L’Aquila
- Smargiassi M., Terpolilli M. T., 1985, *Il castello caldoresco attraverso i rilievi*, “Immagini di Vasto”, Vastophil, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma
- F. Trinchera, 1866-1874, *Codice aragonese*, Napoli