ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA

DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA EDILE - ARCHITETTURA

TESI DI LAUREA

in
Architettura Tecnica II

LA CARATTERIZZAZIONE COSTRUTTIVA DELL'ARCHITETTURA STORICA COME BASE PER GLI INTERVENTI SUL PATRIMONIO EDILIZIO: IL CASO DI PALAZZO MAURUZI – GHERARDI DI URBINO

CANDIDATO
Chiara Seraghiti

RELATORE:
Chiar.mo Prof. Ing. Giovanni Mochi

CORRELATORI:
Prof. Ing. Riccardo Gulli
Ing. Giorgia Predari

Anno Accademico: 2013/14

Sessione I

INDICE:

1. INTRODUZIONE

Già da diversi decenni il tema del miglioramento delle prestazioni del patrimonio edilizio e la tutela dell'edilizia premoderna hanno assunto una notevole rilevanza in Italia, soprattutto nelle regioni a maggiore sismicità.

Questo poiché il tema coinvolge non solo la tutela dei centri storici e la conservazione della memoria dei centri urbani, ma anche l'importante problematica della sicurezza degli abitanti. In seguito dei recenti eventi sismici che hanno colpito la città dell'Aquila nell'aprile 2009 e il territorio dell'Emilia-Romagna nel maggio 2012, l'interesse verso questo argomento si è notevolmente rafforzato.

Gli interventi per la messa in sicurezza del patrimonio edilizio pongono di fronte ad un'importante questione metodologica.

L'attenzione è sempre stata posta verso la compatibilità degli edifici premoderni con gli apporti costruttivi delineati dalla tecnologia e dai materiali propri dell'età industriale, primo tra tutti il calcestruzzo.

La crisi del consolidamento è nata poiché gli edifici adeguati con il calcestruzzo armato hanno dimostrato di non resistere alle sollecitazioni sismiche come ci si era aspettato. Molti degli interventi realizzati con tale tecnologia sono stati controproducenti o dannosi.

All'adeguamento, metodologia propria della tecnologia del cemento armato, va preferito il miglioramento, ossia quegli interventi atti a conseguire una capacità di reazione alle sollecitazioni.

Questo risultato va ottenuto mediante una pratica diagnostica e progettuale che affronti l'edificio mediante principi, materiale e tecniche analoghe e compatibili con quelli con cui l'edificio è stato concepito e costruito.

Negli edifici premoderni il raggiungimento di livelli di sicurezza propri delle moderne strutture non è facile da ottenere, tuttavia, questo, va ricercato tramite tecniche rispettose dell'esistente e secondo provvedimenti antisismici di comprovata efficacia, molti dei quali sono stati messi a punto già in epoca premoderna entrando a far parte della tradizione costruttiva e costituendo regole pratiche per costruire secondo le "regole dell'arte".

Nell'ambito normativo italiano sono stati fatti grandi passi avanti con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. del 14 gennaio 2008 e della circolare esplicativa n° 617 del 02 febbraio 2009.

La NTC nel capitolo 8, al punto 8.5 pone l'accento sul fatto che per intervenire sugli edifici esistenti in muratura, il progettista deve tener conto di diversi aspetti.

Questi, elencati dalla stessa normativa, risultano essere:

- analisi storico-critica: ossia una ricostruzione del processo di realizzazione e delle successive modificazioni subite nel tempo dall'edificio.
- rilievo geometrico-strutturale: questo dovrà essere condotto sull'intera geometria dell'edificio. Dovranno essere oggetto del rilievo anche le modificazioni avvenute nel tempo, lo stato di conservazione, i disseti con particolare attenzione al quadro fessurativo e ai meccanismi di danno.
- caratterizzazione meccanica dei materiali: da conseguire attraverso l'ausilio di documenti già disponibili, verifiche visive in situ ed indagini sperimenteli.
- livelli di conoscenza dell'edificio stesso: da definirsi sulla base delle fasi conoscitive sopra riportate. Verrà, inoltre, definito il fattore di confidenza, da utilizzare come ultriore coefficiente di sicurezza.

L'analisi della meccanica delle murature passa attraverso le operazioni di rilievo, analisi storica ed indagini sul manufatto edilizio.

Queste operazioni devono essere condotte con estrema cura sia per gli edifici monumentali, sia per gli edifici ordinari, perché permettono di individuare e comprendere le fasi evolutive di un edificio, attraverso la geometria delle strutture, la classificazione dei materiali, la presenza di ampliamenti o sopraelevazioni, lo stato del dissesto e le tracce di precedenti consolidamenti.

Nella presente tesi si è partiti da un'analisi storica-evolutiva della città di Urbino per poi soffermarsi su uno studio dei materiali e delle tecniche costruttive sviluppatesi nei secoli nella città e nel suo territorio. In questa maniera si è iniziato un percorso conoscitivo dell'architettura urbinate e dei suoi materiali più utilizzati.

Per condurre queste indagini preliminari ci si può avvalere di documenti e strumentazioni varie, prima fra tutte la documentazione archivistica.

Queste ricerche hanno cercato di tracciare l'inizio di un percorso che porti ad una conoscenza delle forme proprie della tradizione locale, connotate da precisi rapporti fra caratteri tipologici e tecnologico-materici che possano, ancora oggi, essere riproposte in modo coerente nei criteri operativi d'intervento su una specifica realtà costruita.

Queste tematiche sono state poi applicate ad un caso di studio.

Il caso di studio scelto è Palazzo Mauruzi – Gherardi di Urbino, edificio caratteristico del centro storico di Urbino.

L'edificio che è stato sede del Tribunale fino agli anni '80 è rimasto per diversi anni inutilizzato e soggetto all'incuria, ora è oggetto di interventi di consolidamento per la realizzazione di un nuovo Polo Archivistico Territoriale.

Partendo dall'identificazione storica della costruzione e dalla sua localizzazione, dall'identificazione degli elementi costruttivi e dei materiali utilizzati, si è giunti alla fase di rilievo geometrico della struttura allo stato attuale facendo particolare attenzione alla descrizione dei fenomeni fessurativi e deformativi.

Seguendo questa procedura si è giunti ad un buon livello conoscitivo dell'edificio in modo da operare, per dei successivi interventi su di esso, in conformità con quanto prescritto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. del 14 gennaio 2008 e della successiva circolare esplicativa n° 617 del 02 febbraio 2009 in merito agli edifici esistenti precedentemente esposto.

2. LA CITTÁ DI URBINO

2.1 Localizzazione geografica e conformazione del territorio

La città di Urbino è capoluogo, insieme alla città di Pesaro, della Provincia di Pesaro-Urbino ed è situata nelle Marche settentrionali. Il territorio comunale, di 224,50 km quadrati, è il più esteso della provincia e gli abitanti sono 15.466.

La città sorge sulle colline dell'Appennino umbro-marchigiano a 485 m.s.l.m. e dista 35 km dalla città di Pesaro e quindi dal Mare Adriatico.

Figura 2.1 - Localizzazione geografica della città.

Urbino si trova tra le vallate dei fiumi Metauro e Foglia, in posizione intermedia tra gli Appennini e la costa adriatica.

Il sito su cui è sorto il centro storico favorì, anticamente, lo sviluppo di un centro abitato e per la sua conformazione forniva allo stesso tempo una difesa naturale dalle incursioni e il controllo sulle due vallate circostanti; si trattava, infatti, di un terrazzo collinare circondato da pareti scoscese su tutti lati, in maniera meno impervia verso nord.

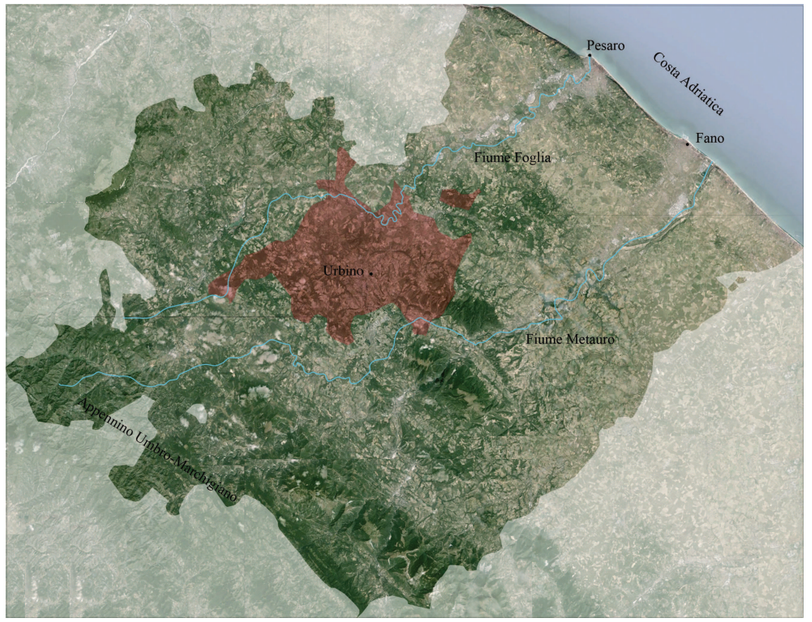


Figura 2.2 – Urbino e il suo territorio all'interno della Provincia.

2.2 L'attuale assetto del centro storico

Il centro storico è rimasto pressoché invariato nella sua forma sin dal Rinascimento, se non per alcuni rimaneggiamenti ottocenteschi.

Gli assi principali di percorrenza ricalcano per lo più gli antichi tracciati romani e rinascimentali, e anche le strade di collegamento con altre città sono rimaste quasi del tutto immutate.

Questi assi sono quello formato da Via Raffaello - Via Veneto - Via Saffi, che attraversa la città da nord a sud e che collega tra loro Piazza della Repubblica, centro della zona commerciale, a Piazza Duca Federico, fulcro della zona turistica, politica e religiosa. Questa piazza sorge sul luogo che è sempre stato il centro attorno al quale si è sviluppata la città.

Adiacente a Piazza Duca Federico, quindi sempre sul medesimo asse, si trova Piazza Rinascimento, nata nel XIV secolo per volere del Duca Guidobaldo II della Rovere e oggi centro della zona universitaria.

L'altro asse principale è quello formato da Via Battisti – Via Mazzini, da ovest a est, che collega Piazza della Repubblica alla Piazza del Mercatale (Borgo Mercatale), che anticamente aveva la funzione di ospitare il mercato cittadino, mentre oggi, dopo l'intervento dell'architetto Giancarlo De Carlo a metà del XX secolo, ha funzione di punto di arrivo turistico e parcheggio.

Un altro asse importante è quello costituito da Corso Garibaldi, creato da rimaneggiamenti urbani a metà del XIX secolo; il corso nacque per collegare Piazza della Repubblica al nuovo Teatro della città, sorto ad opera di Vincenzo Ghinelli di fronte al Palazzo Ducale.

La città è collegata, a nord, attraverso Via Comandino, alla valle del fiume Foglia e alle città di Pesaro e Rimini; a sud, invece, Via Saffi, prosegue con Via delle Mura e attraverso la Strada Statale 73bis la collega alla valle del fiume Metauro ed alla città di Fano.

L'asse di Via Battisti – Via Mazzini prosegue invece a ovest con Via Nazionale e con la Strada Statale 73bis che collega la città ad Arezzo, mentre ad est finisce nella Strada Statale 423 che arriva alla città di Pesaro.

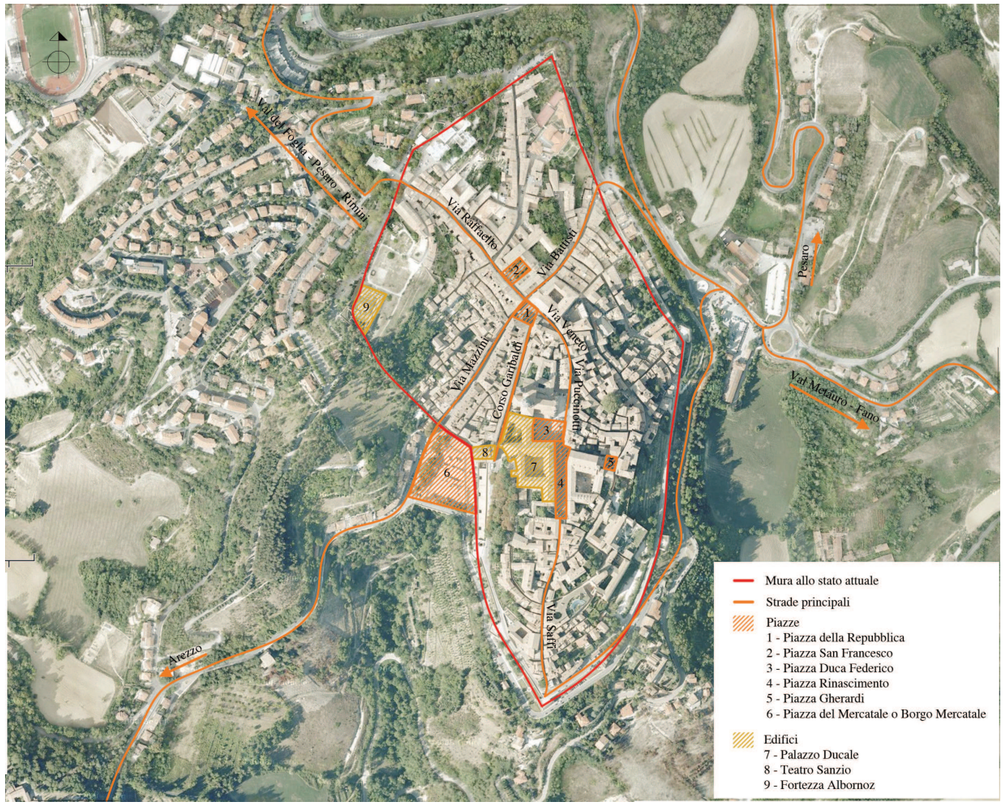


Figura 2.3 – Ortofoto con individuazione delle principali vie e piazze.

2.3 Inquadramento storico della città

2.3.1 Dalle origini al IV secolo a.C.

Scritti di Plinio il Vecchio e Terenzio Varrone testimoniano che l'origine della città sia molto antica; a rafforzare questa teoria ci sono anche dei ritrovamenti di fondi di capanna, avvenuti nei primissimi anni del XX secolo nella vicina collina del Monte Rossano, riferibili alla media e tarda Età del Ferro. Alcuni studiosi sostengono che la fondazione dell'insediamento sia avvenuta per mano degli Umbri, ma il ritrovamento di alcune tombe nella vallata del Metauro nel corso del XX secolo testimonia la presenza nell'area dei Piceni.

Gli studiosi, tuttavia, concordano che in seguito alla sua nascita l'insediamento subì varie invasioni, prima da parte degli Etruschi poi da parte dei Celti, ed infine dei Galli Senoni nel IV secolo a.C.

2.3.2 Il periodo romano dal III secolo a.C. al III secolo d.C.

La presenza romana nell'area inizia nel 295 a.C, con la battaglia di Sentino, dove i Romani, alleati con i Piceni, sconfissero i Galli Senoni.

La storia romana di Urbino inizia nel 285 a.C.; è da quel momento che si inizia a parlare di *Urvinum Mataurense*.

Il suddetto toponimo deriva dal termine latino *urvo* (*urvum:* manico curvo dell'aratro), che si riferisce alla forma della sommità del colle su cui è sorta la città romana; il riferimento al fiume Metauro è dovuto, probabilmente, alla celebre battaglia avvenuta nel 207 a.C. tra Asdrubale e i Romani, ma serviva anche a distinguere la città da *Urvinum Hortense*, città dell'Umbria che sorgeva nei pressi dell'odierna Cannara, vicino Foligno.

La Urbino romana, che aveva un'estensione di circa otto ettari, sorgeva su un altopiano detto "Il Poggio", che nelle descrizioni dell'epoca è indicato non eccessivamente scosceso, se non a ridosso delle mura.

L'abitato era quindi uno spartiacque tra la vallata del fiume *Pisaurum* (fiume Foglia) e quella del fiume *Metaurum* (fiume Metauro), in una posizione strategica per il controllo della vicina Gola del Furlo, posta lungo la via Flaminia, che collegava l'alta val tiberina alla regione medio-adriatica. Il tracciato della via Flaminia iniziò a essere realizzato a partire dal 220 a.C., e costituì il supporto viario per la definitiva colonizzazione romana dell'Italia transappenninica.

La città di Urbino divenne *Municipium* in età repubblicana sotto il consolato di Giulio Cesare, nel 46 a.C, dopo che questi nel 48 a.C. fece varare la *Lex Julia Municipalis*.

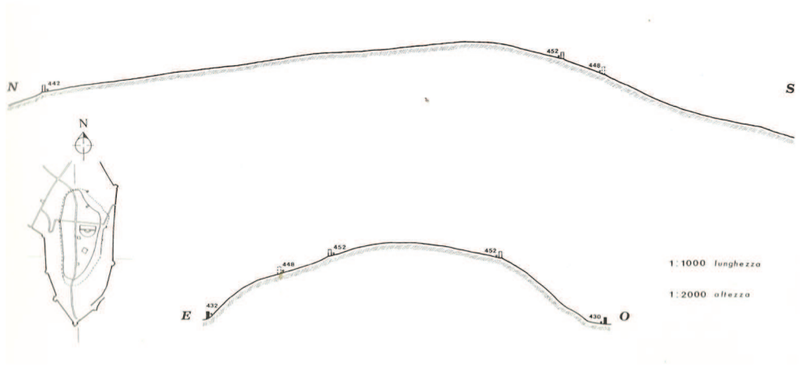


Figura 2.4 – Profili altimetrici del colle del "Poggio" in senso Nord-Sud e Ovest-Est.

Si hanno scarse notizie della storia della città durante il I e il II secolo d.C.; mentre il III secolo d.C. è stato caratterizzato da un periodo piuttosto incerto e dall'anarchia militare.

Le valli che circondavano il colle del "Poggio" erano profonde e le colline isolavano la città. Gli stessi accessi alla città erano molto difficili poiché le strade arrivavano dal basso e l'ultimo tratto di esse era fortemente in salita; solo a nord l'accesso risultava più facilitato da uno stretto passaggio quasi pianeggiante. Procopio da Cesarea descrive così l'antica città: *"Urbino è situata su una collina rotonda e piuttosto alta, non però dirupata né del tutto impraticabile; solo per essere scoscesa, particolarmente nei pressi della città, è di accesso alquanto difficile; v'ha però un accesso in piano a settentrione"*. Questa è l'unica descrizione della Urbino antica. Altri autori, tra cui Cicerone ed i sopra citati Plinio il Vecchio e Terenzio Varrone, citano Urbino nei loro scritti, senza però descriverne la forma.

Il ciglio della scarpata costituiva una linea naturale di difesa, molto adatta per edificare la cinta muraria. I resti delle mura, datati III e II secolo a.C., sono assai frammentari e nella parte occidentale della città sono quasi del tutto mancanti, a causa dell'inserimento rinascimentale del Palazzo Ducale e del Duomo. Tuttavia è stato possibile per gli storici ricostruire il percorso delle mura basandosi su uno studio archeologico ed anche studiando la posizione di alcune strade rispetto alla città.

La cinta muraria poteva snodarsi lungo quello che è stato definito "ciglio tattico" ossia la linea che risulta facilmente difendibile per essere posta molto in alto ed avere terreno pianeggiante alle spalle e testimonia come *Urvinum Mataurense* fosse un centro di grande importanza strategica, infatti una tale opera di fortificazione non veniva realizzata nei centri minori, ma solo in quelli che potevano costituire una risorsa difensiva del territorio.

Nella parte a sud non esistono resti delle mura, ma si è ipotizzato che, partendo dal punto in cui l'attuale Via Saffi incrocia Via Santa Chiara, seguissero il percorso di quest'ultima verso nord-est per poi continuare in Piazza Gherardi e Via Valerio e in Via Budassi.

Figura 2.5 – Tratto di mura romane in Via Budassi.

Le mura seguivano l'attuale andamento di Via Budassi verso nord-est fino in Via Nazario Sauro.

Nelle cantine di alcune case che oggi sorgono in questa via, in particolare quelle di Casa Casoli, sono conservati i resti di alcuni metri di cinta urbica e inoltre nella Piazzetta che si trova lungo la via è visibile un tratto perfettamente allineato con i resti di Casa Casoli, ma realizzati con tecnica e materiale differenti. Probabilmente si tratta di un rifacimento della cinta urbica forse anticamente crollata e poi ricostruita.

Le mura proseguivano poi verso sud fino in Via Saffi; in quest'ultimo tratto i resti delle mura sono piuttosto frammentari, l'unico punto in cui sono, oggi, ancora visibili è all'interno dell'orto dell'Arcivescovado, dove sono presenti quattro file di blocchi parallelepipedi, alti circa cinquantanove centimetri e messe in opera a secco.

Da qui s'ipotizza che le mura proseguissero sotto il transetto della Cattedrale e sotto il Palazzo Ducale e infine sotto il Convento di Santa Caterina.

La tecnica di costruzione è l'*opus quadratum,* con l'utilizzo di una pietra locale "spugnosa" simile al travertino che non si trova più in territorio urbinate dal XV secolo, come testimonia Francesco di Giorgio Martini. Il famoso architetto nel suo trattato dichiara che questo materiale era assente nel territorio urbinate nel periodo in cui egli vi svolse la sua opera.

Le porte urbiche erano quattro e sorgevano in corrispondenza delle mura; tre di esse, Porta Mondelce (a sud, in corrispondenza dell'incrocio tra Via Saffi e Via Santa Chiara), Porta Posterula (a est, al termine di Via Veterani) e la Porta Occidentale erano raggiungibili attraverso percorsi tortuosi, mentre per raggiungere Porta Maja o Maggia (a nord, al termine di Via Veneto su Piazza della Repubblica) il percorso era più accessibile, tanto che quest'ultima divenne l'ingresso principale della città.

Le quatto porte erano in connessione con gli assi viari principali del *cardo maximus* (oggi l'asse di Via Veneto – Piazza Rinascimento – Via Saffi) e del *decumanus maximus* (da individuare all'incirca sotto Via Veterani e Piazza Duca Federico) che si incrociavano quasi perpendicolarmente e dividevano l'abitato in quattro settori, divisione che si protrarrà anche in età medievale. Il cardo e il decumano s'incontravano in corrispondenza dell'attuale Piazza Duca Federico, luogo in cui presumibilmente sorgeva il *Forum*.

All'interno del tracciato della cinta urbica sono stati ritrovati i resti di due grandi edifici.

Il primo di questi consisteva in un teatro; i primi resti sono stati individuati nel 1943 e, in seguito ad altri studi, nel 1975 è stato possibile ricostruire la pianta del teatro, che risultava essere di medie dimensioni.

Si pensa che il teatro, la cui costruzione avvenne nella prima metà del I secolo a.C., sorgesse in prossimità dell'area forense, in corrispondenza dell'attuale Piazza Gherardi, della Chiesa di San Domenico e di alcune case di Via San Domenico e Via Veterani.

L'altro edificio è una cisterna rinvenuta nel 1964 nel cortile dell'ex-seminario. Questa era di pianta rettangolare ed aveva una capienza imponente, infatti forniva acqua per caduta a tutta la città che traeva da una falda ancor oggi esistente.

La tecnica costruttiva delle pareti, realizzate con malta cementizia e scaglie di pietra locale (bisciaro), permette di datare la struttura al II secolo a.C..

In prossimità della Chiesa di San Domenico, sono stati ritrovati i resti di un edificio termale che proseguono sotto Piazza Rinascimento.

Anche all'esterno delle mura urbiche sono stati trovati resti risalenti all'epoca romana che hanno fornito indicazioni su come si possa essere sviluppata la città nel corso dei secoli.

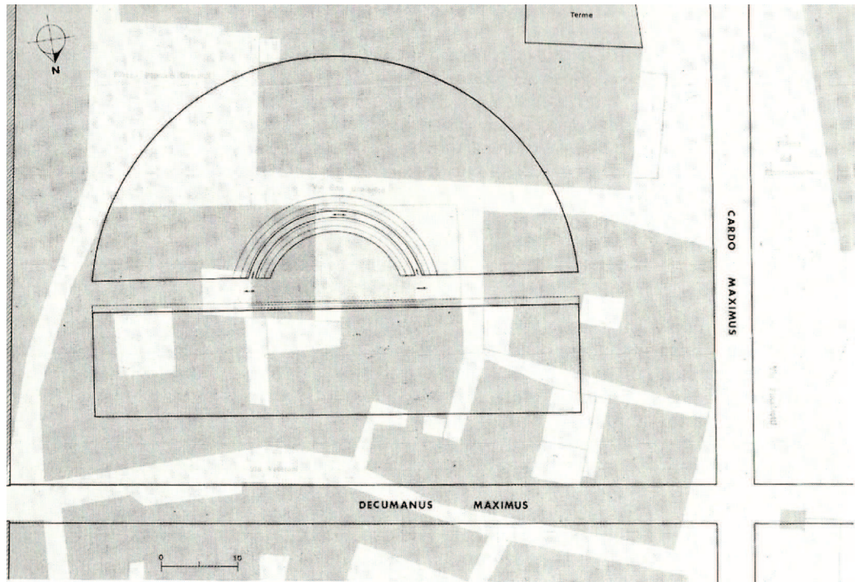


Figura 2.6 – Sovrapposizione grafica del Teatro romano alla topografia attuale.

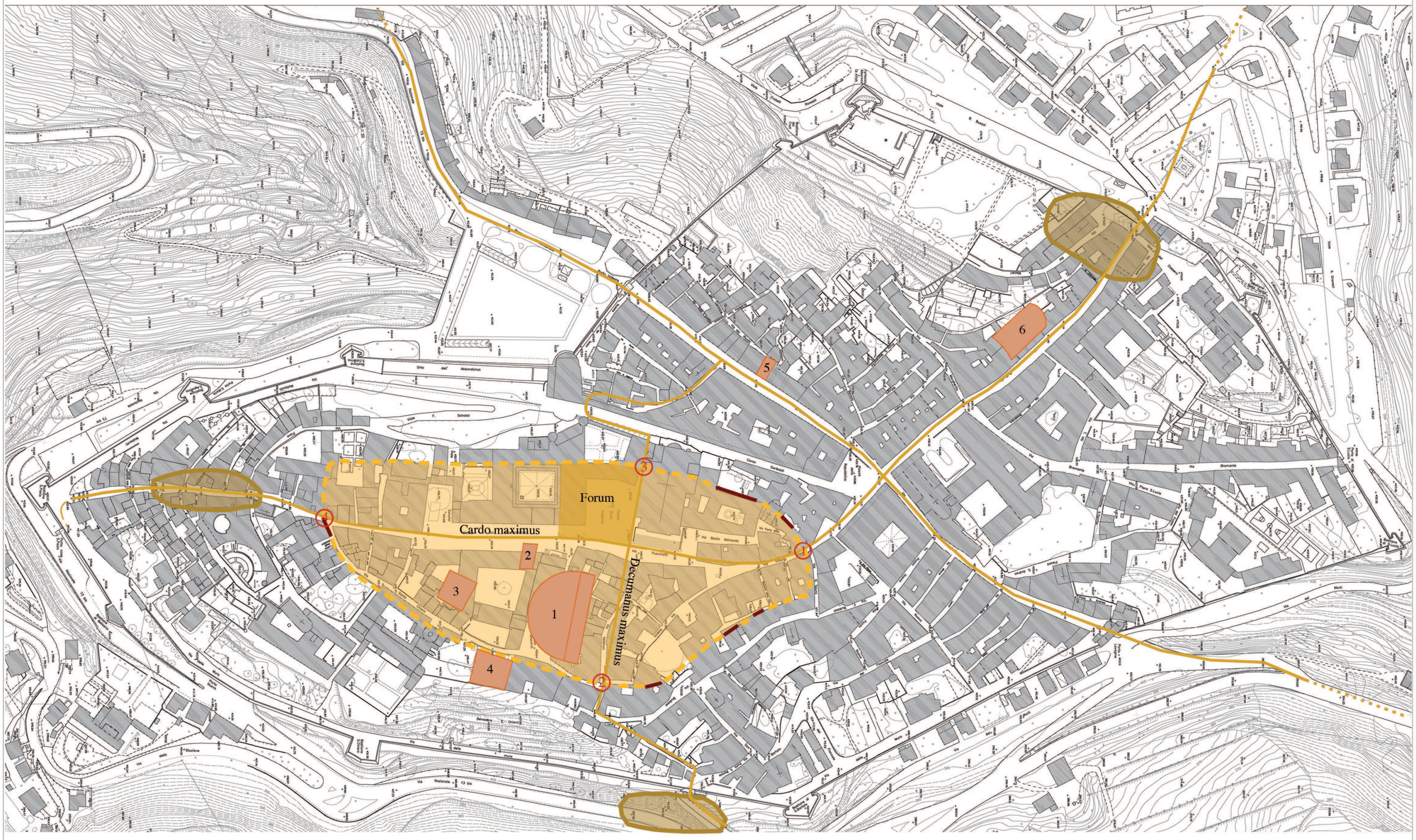
Tra questi ci sono quelli di una cisterna, poco lontani da Porta Maja. Si pensa che questa cisterna, risalente alla prima metà del I secolo a.C., servisse un piccolo borgo sorto a settentrione appena fuori le mura. Proseguendo verso nord, lungo la strada che collegava *Urvinum Mataurense* alle città costiere di *Arimunum* e *Pisaurum,* sono stati ritrovati tre sepolcreti ed alcune tombe isolate.

Anche verso sud, appena fuori Porta Mondelce, sono rinvenuti resti sepolcrali databili al I secolo a.C.

In corrispondenza dell'odierna Via Mazzini, è emerso un edificio orientato secondo la via attuale, risalente alla fine del I secolo a.C. e probabilmente facente parte di un complesso più vasto, cresciuto in età repubblicana fuori la cinta muraria.

La stessa cosa può essersi verificata in lungo Via Battisti, ma purtroppo in quest'area i resti romani recuperati sono assai discontinui. Oltre Porta Occidentale si sviluppava la strada che, superato l'ostacolo appenninico, collegava la città all'alta Val del Tevere ed alla città di *Aretium*. Fuori Porta Posterula partiva invece una strada scoscesa che collegava la città alla Via Flaminia. Il primo tratto di questa via è sopravvissuto ancora oggi e corrisponde alla Piola di San Bartolo; la strada proseguiva poi per diversi chilometri fino a congiungersi col fiume

LA CITTÀ DI URBINO - ESTENSIONE DELLA CITTÀ ROMANA



Estensione della città romana

Zona del Foro

Zone di rinvenimento necropoli

Zone di rinvenimento edifici importanti
1 - Teatro del I secolo a.C.
2 - Edificio termale del I secolo a.C.
3 - Cisterna del II secolo a.C.
4 - Domus di età repubblicana
5 - Edificio del I secolo a.C. facente parte dei primi insediamenti fuori la cinta muraria
6 - Cisterna del I secolo a.C.

Porte urbiche
1 - Porta Maja
2 - Porta Posterula
3 - Porta Mondelce
4 - Porta Occidentale

Ipotesi cinta muraria del III secolo a.C.

Rinvenimenti cinta muraria del III secolo a.C.

Principali assi viari

Metauro e proseguire, oltre questo, fino alla Flaminia. L'esistenza di questo tracciato è testimoniata da vari ritrovamenti di epoca medioevale, come una pieve ed una cappella lungo, la stradina brecciata che ancora oggi ricalca l'antico percorso.

Nel 2010, nel corso degli scavi per la realizzazione di un sistema di drenaggio dell'acqua nel versante sud-est del centro storico, è stata ritrovata una domus romana di età repubblicana tra Palazzo Gherardi e l'ex-convento di Santa Chiara, a ridosso dell'antico tracciato murario.

2.3.3 Il periodo delle incursioni barbariche dal V secolo d.C al VIII secolo d.C.

Dal V e VI secolo d.C. s'intensificarono le scorrerie dei barbari che sfociarono nella guerra greco-gotica che avrebbe portato all'affossamento della civiltà romana, distruggendo in maniera capillare la penisola dove si fronteggiavano i due eserciti.

Il territorio di *Urvinum Mataurense* risente inevitabilmente di questa situazione, gli archeologi registrano per quel periodo una brusca diminuzione insediativa.

In seguito al successivo dominio dei Goti, nella zona aumentarono l'insicurezza e la povertà, finché la città nel 538 fu conquistata dalle truppe di Belisario, condottiero di Giustiniano, che, istigato dai senatori Romani, decise di dichiarare guerra ai Goti e riunificare l'Impero. Questa situazione di ostilità tra gli eserciti dei Goti e dei Bizantini, si protrasse per un certo periodo e la città divenne, grazie alla sua posizione strategica, piazzaforte importante per il controllo della zona.

La tormentosa vicenda di Urbino si ripete durante l'invasione longobarda del 568, la distruzione e le rappresaglie furono in questo caso considerevoli, e dirette soprattutto contro le chiese, i conventi e i beni ecclesiastici sorti durante il dominio bizantino.

Il dominio longobardo stravolse notevolmente la città, finché nel VI secolo buona parte dell'Italia centrale passò sotto il dominio dell'Impero greco. Dopo la cacciata dei Longobardi nel 592, ci fu il ritorno nella città di un vescovo dopo quasi tre secoli di assenza. Questo fu un avvenimento molto importante per Urbino che segnerà il suo futuro e duraturo legame con Roma. Le vicende degli anni successivi non sono tuttavia limpide e ci fu una nuova vacanza nella cattedra episcopale. Nonostante questo dalla fine del VII secolo la figura del vescovo andò progressivamente rafforzandosi poiché il suo potere era l'unico a rimanere stabile, nonostante le tante popolazioni che si susseguivano sul controllo della città. C'erano, infatti, forti contrasti tra i Bizantini da un lato e i Longobardi dall'altro che tentavano di rioccupare i territori di Urbino. L'occupazione avvenne all'inizio dell'VIII secolo da parte dei Longobardi, ma la città soffrì meno che in passato. Questi, infatti, si erano convertiti al Cristianesimo e quindi i territori da loro conquistati non subirono più rappresaglie. Il dominio longobardo durò fino al 774, quando, i Franchi li cacciarono dalla città; in seguito Carlo Magno, cedette vari territori liberati alla Chiesa, tra cui il territorio urbinate.

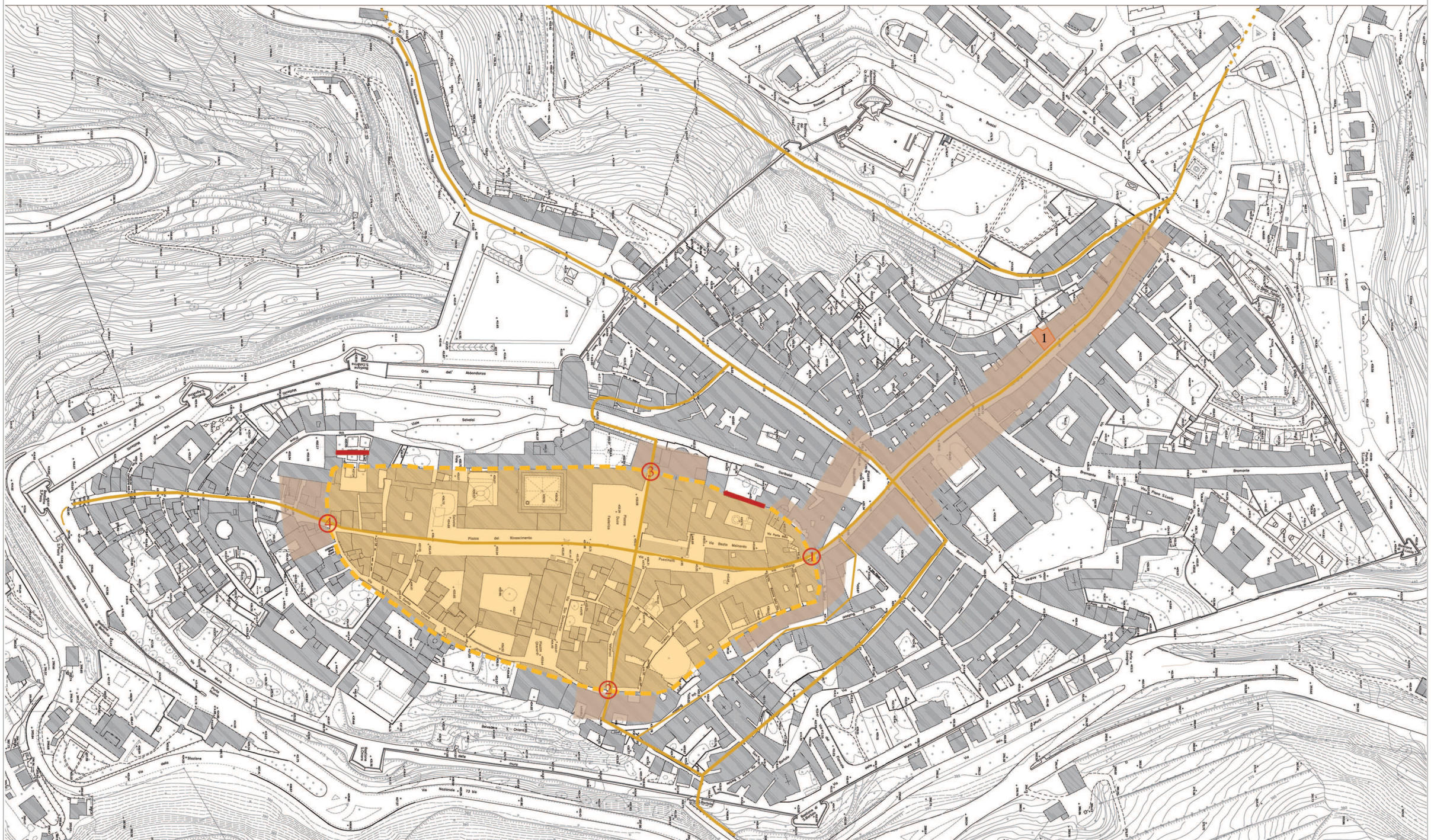
Della crescita edilizia durante questi secoli di continui scontri e cambi di potere sulla città non si conosce nulla di certo, ma si pensa che Urbino restò quasi immutata nella sua forma all'interno delle mura romane.

Le uniche certezze su cambiamenti urbani del periodo sono quelli che riguardano la costruzione della chiesa di San Sergio alle pendici del colle del "Monte", a nord del colle del "Poggio", sulle fondamenta della vecchia cisterna romana. Questa chiesa divenne sede vescovile e rimarrà tale per diversi secoli. Intorno all'anno 1000, però, il vescovo sposterà la sua sede sul colle del "Poggio", a causa dell'intensificarsi della crescita edilizia attorno alla chiesa di San Sergio. È lecito credere che in quel periodo si sviluppò fuori Port Maja un nuovo agglomerato urbano, così come accadde in corrispondenza di altri *burgi*. Questi insediamenti daranno origine alle contrade medievali, prendendo nome o dal luogo di formazione o dalle parrocchie. San Paolo, a sud lungo Via Saffi nel prolungamento del *cardo*, San Bartolo e Lavagine a est, San Giovanni a ovest, lungo l'attuale Via Barocci, e Valbona lungo l'attuale Via Mazzini. A nord oltre all'insediamento intorno a San Sergio si sviluppò anche il borgo di Santa Lucia.

Recenti scavi hanno portato in luce nel cortile di Palazzo Brandani - Battiferri, lungo Via Saffi, resti di mura di questo periodo. Il tratto di mura è lungo circa quindici metri ed ha un'altezza che varia da uno a due metri. Verso est è realizzato in opera "tumultuaria" ed è irrobustita da grossi blocchi di pietra. Si può quindi riconoscere l'impianto di un piccolo bastione a pianta rettangolare.

A ovest è costituito da materiale eterogeneo accatastato alla meglio. Sono presenti in questo tratto grossi blocchi di travertino recuperati dalla cortina di età repubblicana, uniti con elementi di calcare bianco prelevati da monumenti romani abbandonati o distrutti. Sia la muratura stessa che resti di materiali ceramici hanno permesso di datare il tratto al VI secolo, quindi al periodo della guerra gotico-bizantina. A conferma di questo contribuisce indirettamente Procopio, il quale scrive che Belisario dispose ai suoi emissari di rimanere all'interno della città e di ricostruire in qualunque modo possibile quella parte di mura distrutte in precedenza dai Goti, utilizzando pietre, malta e ogni altro materiale reperibile. Anche nell'orto dell'Arcivescovado in sovrapposizione al tratto di mura del III secolo a.C. sono state trovate altre due strutture una realizzata in laterizio e databile al III secolo d.C. e un'altra in opera "tumultuaria" del VI secolo. Questa è caratterizzata dalla presenza di materiali di spoglio, messi in opera alla meglio e scarsamente cementati tra loro.

LA CITTÀ DI URBINO - ESTENSIONE DELLA CITTÀ ROMANA



Estensione della città romana

Prime espansioni fuori la cinta muraria romana a partire dal IV secolo d.C.

Edifici importanti

1 - Chiesa di San Sergio sede vescovile dal VI secolo al 1021.

Porte urbiche

1 - Porta Maja

2 - Porta Posterula

3 - Porta Mondelce

4 - Porta Occidentale

Ipotesi cinta muraria del III secolo a.C.

Rinvenimenti tratti murari del VI secolo d.C.

Principali assi viari

2.3.4 Il periodo medioevale

2.3.4.1 Il periodo feudale: dal X secolo al XI secolo.

La dominazione carolingia introdusse il sistema feudale, che modificò non solo gli assetti di potere del periodo longobardo, ma anche l'organizzazione del territorio, che venne diviso in possedimenti di proprietà di varie famiglie.

Il sistema feudale fu introdotto anche nelle proprietà ecclesiastiche, che si erano ingrandite nel periodo barbarico, in seguito alle donazioni dei piccoli proprietari terrieri che avevano ceduto i loro possedimenti in cambio di protezione. Per quel che riguarda le aree esterne alle mura, erano tutte della Chiesa, che le cedeva in enfiteusi per l'espansione della città. Il vescovo per adempiere le numerose funzioni dell'amministrazione, ricorse all'appoggio di rappresentanti laici, membri delle maggiori famiglie cittadine, che lo affiancarono formando il "Consiglio degli Ottimati".

Quest'inserimento spostò il centro degli interessi verso le famiglie più forti, specialmente durante il X secolo, quando la sede vescovile restò scoperta per cento anni e Urbino passò sotto il dominio germanico dei Berengari. Negli ultimi anni del secolo le famiglie più potenti si emanciparono dal potere della Chiesa e formarono gradualmente il nuovo potere Comunale. In questa fase la città non subisce grandi cambiamenti da un punto di vista urbanistico, si mantenne dentro le mura romane fino al XI secolo.

2.3.4.2 La prima espansione medioevale dalla fine del XI secolo al XII secolo.

All'inizio del successivo XI secolo il vescovo tornò nella città, spostando la sua sede nel colle del "Poggio", dove si costruì una Cattedrale romanica, consacrata nel 1021. La nascita del nuovo governo comunale poté contare quindi sia sull'appoggio della fazione imperiale ma anche sull'appoggio del vescovo stesso, la cui figura andò rafforzandosi proprio grazie ai sostenitori dell'impero. Si andava così tracciando un futuro ghibellino per la città, anche se non mancava una minoranza guelfa. A testimonianza di questo nel 1155 Antonio da Montefeltro (uno dei primi della famiglia dei Montefeltro di cui si abbia notizia), sedò nella città di Roma una rivolta sorta contro Federico Barbarossa. In seguito al suo intervento ottenne il titolo di conte e di vicario imperiale di Urbino. La famiglia dei Feltri doveva essere in testa alla fazione ghibellina urbinate e la più in vista tra le famiglie che miravano a conquistare la signoria della città.

Era una famiglia di origine germanica. L'inclinazione ghibellina era stata assunta dal rappresentante di un ramo cadetto della casata, Montefeltrano, che aveva sposato la causa imperiale, distaccandosi dal primario orientamento che era invece guelfo.

Lo sviluppo tra la fine dell'XI secolo e durante il XII secolo portò a una rapida urbanizzazione.

Sulla cinta muraria medioevale non ci sono giunte notizie attendibili né da parte della tradizione locale, né dagli scritti di eruditi urbinati. Gli scarsi resti conservati e i dati raccolti sono stati valutati confusamente. Il Baldi, matematico e storico urbinate del '500, parla di "antiche mura" costituite da tre tipi diversi di materiali, che vanno riferiti a tre diverse fasi edilizie, disposte a volte su allineamenti poco distanti tra loro e in altri quasi in sovrapposizione sulla stessa linea. *"L'antichissimo giro poi della città, di cui gran parte si conserva in piedi, era fabbricato parte in mattoni, parte di pietre della Cesana, parte di alcuni gran pezzi quadrati di tufo spugnoso non molto dissimile, se bene alquanto più rozzo, a travertini di Tivoli. Ne' luoghi poi necessari alla difesa aveva torri molto comode a ribatter gli assalti"*.

Nella parte sud della città le mura correvano parallelamente alla preesistente cinta di epoca romana, sfruttando la forte pendenza del terreno per creare una cortina muraria molto alta. L'espansione era sostenuta da una strada pianeggiante che correva all'esterno delle mura romane. La parte meridionale risultò collegata con continuità e omogeneità alla parte romana, questo appare evidente nell'attuale Via Saffi, dove i manufatti sorti nelle due zone sono fusi insieme in un unico grande isolato. A circa metà di Via Saffi è ancora oggi riconoscibile il pilastro di un'antica porta, conservato fino al mensolone. È costituito da conci di pietra della Cesana di varie misure, disposti con una certa regolarità in filari di differente altezza.

Gli studiosi ricordano ripetutamente l'esistenza in questo punto della città di un'antica porta che si trovava circa venti metri più a valle di quella romana e situata in un tratto della via in forte pendenza, detta Porta San Paolo. Porta San Paolo è riferibile a una fase urbanistica in cui si rese necessario inglobare all'interno di una struttura difensiva il nuovo borgo sorto fuori la vecchie mura romane.

Figura 2.7 – Pilastro della porta medievale in Via Saffi.

Procedendo verso nord-est le mura probabilmente seguivano il percorso di Via San Girolamo, questo può essere confermato dal ritrovamento presso il giardino dell'ex convento di Santa Chiara e di Palazzo Gherardi, di un tratto di mura in discreto stato di conservazione. Questo tratto di mura è realizzato con blocchetti di pietra della Cesana di differente altezza e ben allineati. È conservato per un'altezza di tre-quattro metri, per una lunghezza di cinquanta metri e uno spessore di un metro e ottanta. Sia lo stato di conservazione che la tecnica adottata permettono di associare questo tratto di mura al pilastro di Porta San Paolo.

La nuova espansione a nord gravitava attorno all'attuale via Raffaello ed era sostenuta da un'organizzazione basata sull'edificazione dei soli fronti strada. La mancanza di spazio in breve tempo determinò la saturazione della zona e, a causa della pendenza del versante, i pochi percorsi laterali furono edificati solo per pochi metri. Solo in corrispondenza dell'attuale Via Bramante si formò un secondo importante percorso, poiché il terreno aveva un andamento più dolce. Questa strada andò a sostituire la più impervia salita del colle del "Monte" e costituì l'unica arteria importante di questa parte di città, permettendo lo sviluppo del Borgo di Santa Lucia.

Figura 2.8 – Tratto delle mura del XIII secolo presso l'ex-convento di Santa Chiara.

La città nel corso di questi secoli si sviluppò soprattutto verso nord, il percorso che da Porta Maja risaliva verso il colle del "Monte" divenne un nuovo asse di sostegno. Esistevano anche dei motivi militari per questo sviluppo. La parte a nord era stata il punto più vulnerabile, e il secondo colle sovrastando di alcune decine di metri il primo, consentiva ad un attaccante di osservare chi era asserragliato in città e di controllare le sue mosse.

Nella parte bassa di Via Raffaello, dove si uniscono i due colli, la maggiore disponibilità di spazio permise una più ampia edificazione tant'è che si formarono dei veri e propri isolati con delle strade minori parallele alla via principale. Sempre in questo punto si creò un allargamento della sede stradale, che consentiva lo svolgimento del mercato cittadino, tant'è che prese il nome di Pian di Mercato. Qui confluivano tutte le strade che arrivavano a Urbino e vi erano localizzate le principali attività produttive. Pian di Mercato divenne il fulcro della rete stradale urbana e territoriale, equidistante da tutti i punti della città e da tutti facilmente raggiungibile.

Non si sa per certo quale sia il percorso delle mura medioevali nella parte nord della città.

Alcuni studiosi, come Mario Luni, sostengono che in corrispondenza del Pian di Mercato sorgesse una nuova porta cittadina. Luni sostiene, infatti, che: *"Sul lato settentrionale viene così confermata la notizia fornita dal Baldi (Baldi 1587, p.16) in merito alla esistenza di una porta medievale a Pian di Mercato, presso il convento di San Francesco, all'esterno della porta di età romana. Una pergamena dell'11 dicembre 1219 (Arch. Capit. Urbino, Ms. 107,*

perg. n.3) menziona la "Porta Maggiore" ed il "borgo di Sant'Agata", la cui chiesa omonima sorgeva presso Pian di Mercato, solo pochi metri al di fuori delle mura medievali.

Si può quindi ipotizzare che attorno al 1219 le mura passassero in corrispondenza dell'attuale Chiesa di San Francesco. Tuttavia s'ipotizza che durante il XII secolo venne costruito un nuovo giro di mura, che collegava la città romana al colle settentrionale, per includere la nuova zona di espansione alla città, così da migliorare la strategia difensiva.

A sostegno di questa tesi Leonardo Benevolo scrive: *"Il nuovo giro di mura, costruito presumibilmente durante il XII secolo, ridisegnò la forma della città che ora si allungava fino alla cime del secondo colle, collegando la città romana con il crinale settentrionale"*.

Considerando questa espansione, si può affermare che il nuovo perimetro modificò gli accessi alla città. A nord si aprì la Porta del Monte e più in basso la Porta di Santa Lucia, che divenne, per la sua comodità, uno degli accessi più importanti.

Inoltre sull'asse formato da Via Mazzini – Via Battisti si aprirono le due porte di Valbona e Lavagine.

2.3.4.3 Dal primo insediamento dei Montefeltro a metà del XIII secolo alla definitiva signoria sulla città a fine XIV secolo.

Verso il 1225 i figli di Montefeltrano, Buonconte e Taddeo, ottennero l'investitura di conti della città di Urbino e del suo distretto, anche se l'effettivo inizio della signoria della famiglia sulla città iniziò soltanto nel 1234, poiché per diversi anni, la fazione guelfa tentò di restituire i territori alla Chiesa. Dopo la morte di Buonconte, il fratello Taddeo sostenne fortemente la causa ghibellina, tanto da incorrere nella scomunica da parte di Papa Innocenzo VI nel 1247. L'ostilità tra il conte e il Papa durò poco, infatti, già nel 1249 i Montefeltro rientrarono nelle grazie del Pontefice.

La tregua tra Pontefice e Montefeltro durò poco; con l'avvento di Guido il Vecchio, citato anche da Dante nel XIII canto dell'Inferno, ripresero i cattivi rapporti tra Roma e i conti da Montefeltro. Guido era un accanito ghibellino e fu scomunicato più volte. Questa fase di lotta tra la famiglia dei Montefeltro e la Chiesa durò per diversi anni, la causa era si l'orientamento ghibellino della famiglia, ma anche il fatto che la città godeva di una notevole posizione strategica nel territorio, che avrebbe permesso al Pontefice il controllo della zona.

Nel 1255 si arrivo addirittura alla richiesta da parte della Santa Sede della restituzione delle città di Urbino e Cagli; si arrivò al riconoscimento dell'autorità del Pontefice e alla stipula di un patto in cui ai conti di Urbino veniva riconosciuta la "custodia civitatis" sulle due città.

Urbino, tra il 1283 e il 1323, passò per ben sei volte da una fazione all'altra attraverso una tragica altalena di vicende militari.

Nonostante questo la città continuò il suo sviluppo. Venne portata a compimento la politica di accentramento territoriale e di concentrazione di tutte le attività economiche. Questa situazione favorì lo sviluppo della nuova classe signorile, che si affiancò a quella vescovile e a quella comunale. L'arrivo delle nuove famiglie produsse un cambiamento nello stile di vita della città, trasformandola da capoluogo di una zona collinare a una piccola città capitale.

In questa situazione di crescita, tuttavia, il conflitto tra le fazioni dei guelfi e dei ghibellini non andava placandosi e nel 1369 la città tornò sotto il pieno controllo pontificio.

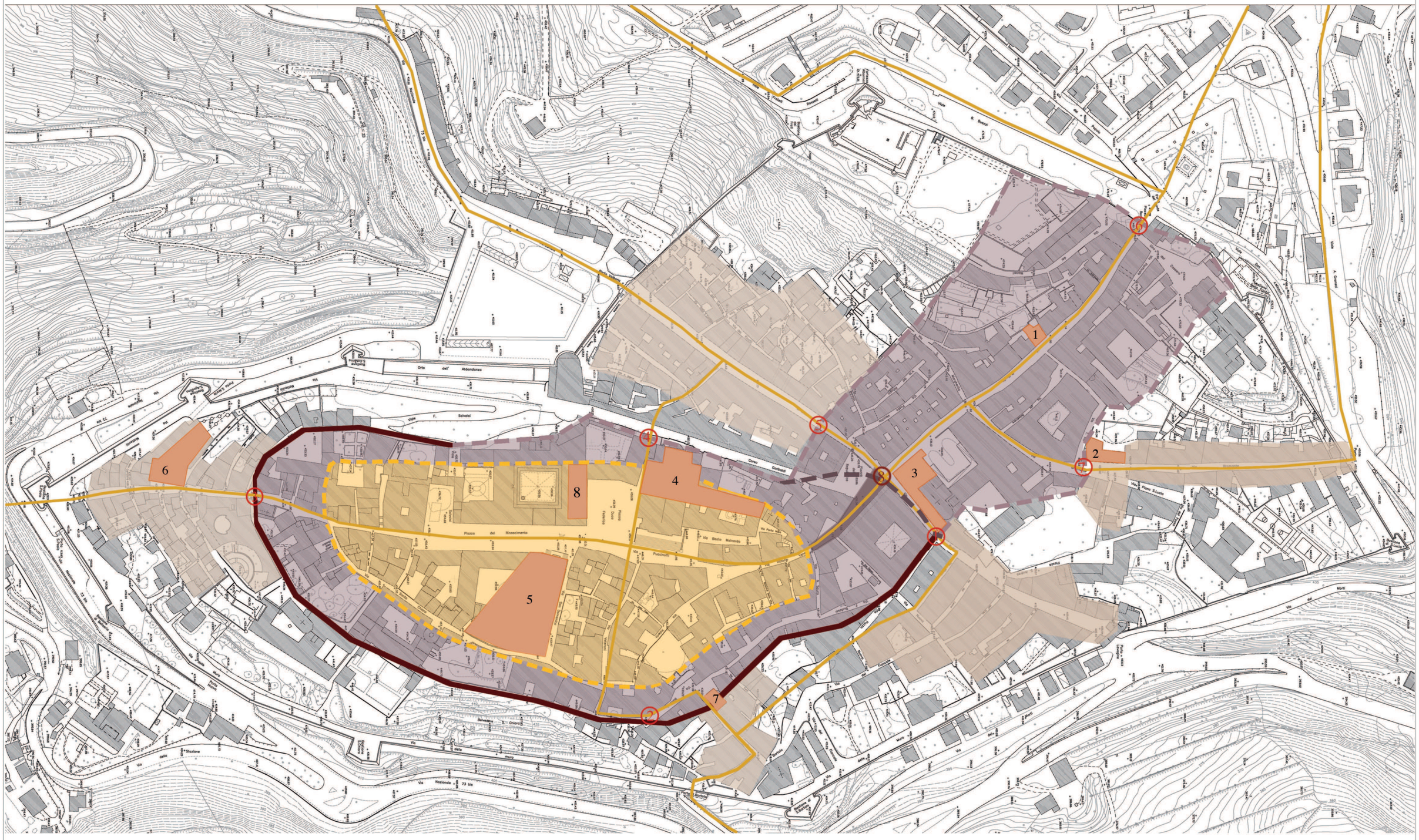
In tutto il territorio ecclesiastico però andavano formandosi gruppi di ribelli e così avvenne anche a Urbino, e, nel 1375, Antonio da Montefeltro coordinò un'azione d'insurrezione popolare, ottenne il controllo di Urbino e ne fu, anche, acclamato signore.

Iniziò definitivamente la sovranità dei Montefeltro, che porterà durante il Rinascimento al pieno sviluppo della città sia a livello urbanistico, che culturale e politico.

Le espansioni all'esterno delle mura medievali costrinsero a programmare una seconda cinta muraria, che inglobasse la periferia già formata. Il nuovo perimetro divenne necessario per difendere i borghi che si erano sviluppati fuori dalla prima cerchia. Urbino arrivò così ad avere la sua forma definitiva che si stabilizzerà nei secoli successivi. La costruzione di questo secondo giro di mura iniziò dopo il definitivo insediamento dei Montefeltro, in un periodo che arriva fino alla prima metà del XIV secolo. Partendo da nord, e cioè dalla sommità del colle del "Monte" e scendendo verso ovest troviamo la prima espansione. La seconda cinta muraria seguiva il crinale del Monte e scendeva seguendo la massima pendenza fino alla Porta Valbona, che aveva subito uno slittamento verso valle. La cinta muraria in questo tratto inglobava la fortezza Albornoz, fatta edificare nella seconda metà del XIV secolo per volontà del cardinale Egidio Alvares de Albornoz, cui si deve la riorganizzazione dei territori marchigiani appartenenti allo stato della Chiesa. Questi aveva, infatti, giudicato inadeguato il vecchio fortilizio feltresco che già sorgeva in prossimità della nuova fortezza. Le mura in questo tratto inglobavano l'area della fortezza già da prima della sua edificazione, poiché questa fu costruita su dei palazzi appartenenti alla famiglia dei Montefeltro, ed è difficile immaginare le case dei signori di Urbino non racchiuse nel perimetro difensivo.

Se dalla cima del "Monte" si scende, invece, verso est si incontra una seconda grande espansione, che comprendeva tutto il Borgo di Santa Lucia, sorto attorno al monastero omonimo già nel corso del XIII secolo. Le mura scendevano poi fino a Porta Lavagine che, come porta Valbona, subì uno slittamento verso valle rispetto all'originaria posizione.

LA CITTÀ DI URBINO - ESTENSIONE DELLA CITTÀ MEDIEVALE TRA XI E XIII SECOLO



Estensione della città romana

Estensione della città medievale - I cerchia di mura

Prime espansioni fuori la prima cinta muraria a partire dal XII secolo

Pian di Mercato

Edifici importanti

1 - Chiesa di San Sergio sede vescovile dal VI secolo al 1021.
2 - Convento di Santa Lucia
3 - Chiesa e Convento di San Francesco
4 - Cattedrale e sede vescovile
5 - Chiesa e Convento di San Domenico
6 - Chiesa e Convento di Sant'Agostino
7 - Chiesa di San Bartolo
8 - Palazzo del Comune

Porte urbiche I ipotesi

1 - Porta Lavagine
2 - Porta Posterula
3 - Porta Mondelce o San Paolo
4 - Porta Nova
5 - Porta Valbona
6 - Porta del Monte
7 - Porta Santa Lucia

Porta II Ipotesi

8 - Porta Maggiore

Ipotesi cinta muraria del III secolo a.C.

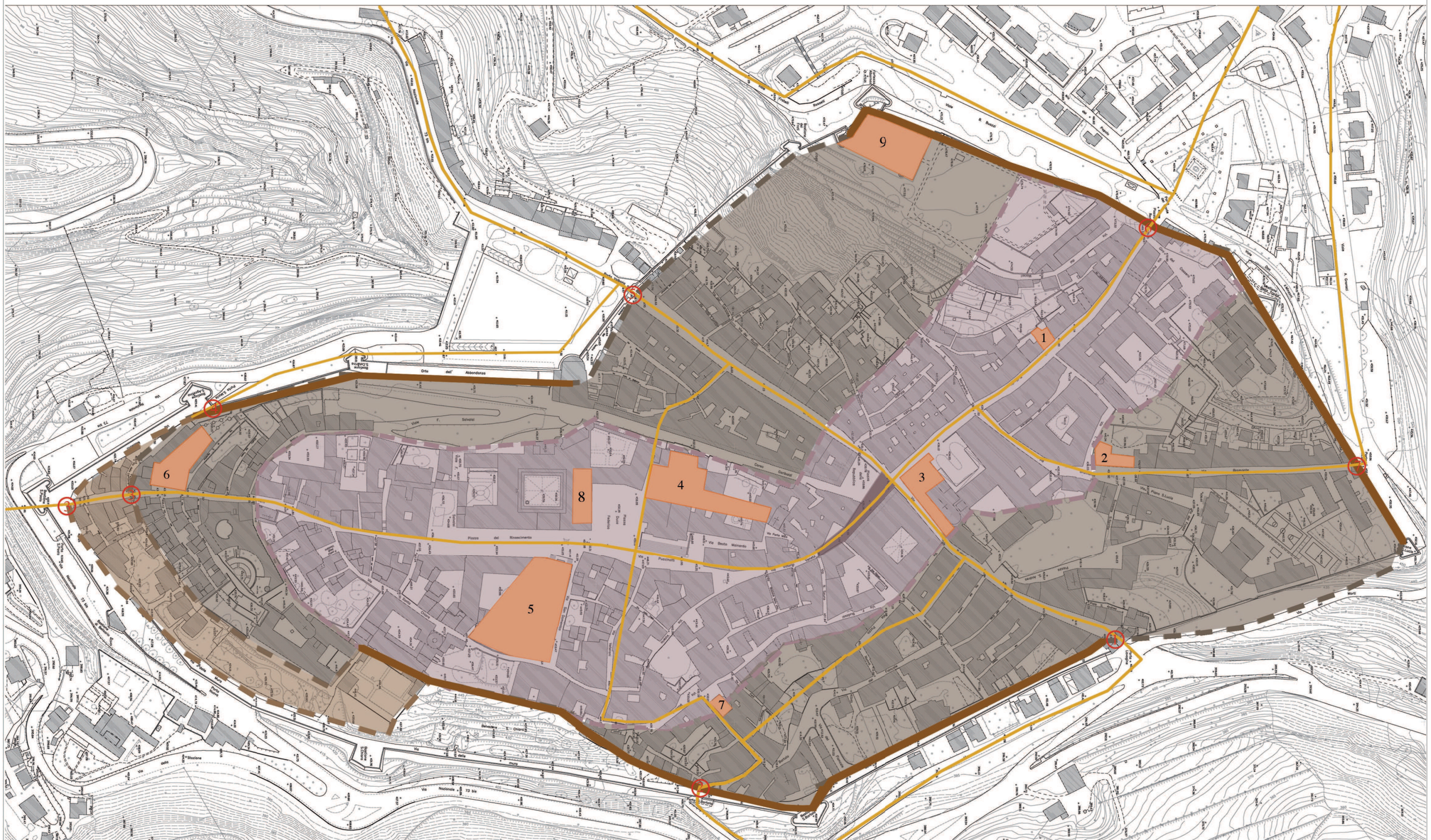
I ipotesi cinta muraria medievale tra XI e XIII secolo

II ipotesi cita muraria medievale tra XI e XIII secolo

Mura medievali certe tra XI e XIII secolo

Principali assi viari

LA CITTÀ DI URBINO - ESTENSIONE DELLA CITTÀ MEDIEVALE TRA XIII E XIV SECOLO



Estensione della città medievale - I cerchia di mura

Estensione della città medievale - II cerchia di mura

Estensione della città medievale - II cerchia di mura (ipotesi)

Prime espansioni fuori la prima cinta muraria a partire dal XII secolo

Pian di Mercato

Edifici importanti

1 - Chiesa di San Sergio sede vescovile dal VI secolo al 1021.
2 - Convento di Santa Lucia
3 - Chiesa e Convento di San Francesco
4 - Cattedrale e sede vescovile
5 - Chiesa e Convento di San Domenico
6 - Chiesa e Convento di Sant'Agostino
7 - Chiesa di San Bartolo
8 - Palazzo del Comune
9 - Fortezza Albornoz

Porte urbiche I ipotesi

1 - Porta Lavagine
2 - Porta San Bartolo
3 - Porta San Polo
4 - Porta Santa Maria
5 - Porta Valbona
6 - Porta del Monte
7 - Porta Santa Lucia

I ipotesi cinta muraria medievale tra XI e XIII secolo

I ipotesi cinta muraria medievale tra XIII e XIV secolo

II ipotesi cinta muraria medievale tra XIII e XIV secolo

Mura medievali certe tra XIII e XIV secolo

Principali assi viari

Procedendo verso sud la seconda cinta di mura proseguiva longitudinalmente in modo da racchiudere il Borgo di Lavagine e quello di San Bartolo, il cui sviluppo verso valle è stato fermato dall'edificazione della Chiesa di San Bartolo, documentata fin dal 1348. Proseguendo verso l'attuale Via Saffi, le mura per un certo tratto non subirono modifica rispetto alla prima cerchia, fino a ridosso dell'ex-convento di Santa Chiara.

Da qui in poi sono stati individuati due possibili tracciati, il primo localizzato a monte delle mura cinquecentesche e il secondo, più arretrato, correva in corrispondenza della chiesa di Sant'Agostino, sorta nel corso del XIII secolo fuori la prima cerchia muraria. Scavalcato il colle lungo il quale corre Via Saffi le mura proseguivano poi rettilinee verso il Mercatale, fino a ricongiungersi con Porta Valbona. Quest'assetto murario si manterrà inalterato per diverso tempo e non è molto dissimile dall'odierno aspetto delle mura cittadine.

Per tutto il medioevo, considerando, quindi, sia la prima cerchia muraria che la seconda, si considerò la città divisa in quattro quartieri o *quadre*. Questa suddivisione ricalcava l'antico assetto romano e da questo derivava. Le quadre – del Vescovado, di Pusterula, di Santa Croce e di Porta Nuova – avevano tutte un rappresentante, un notaio e una milizia propria.

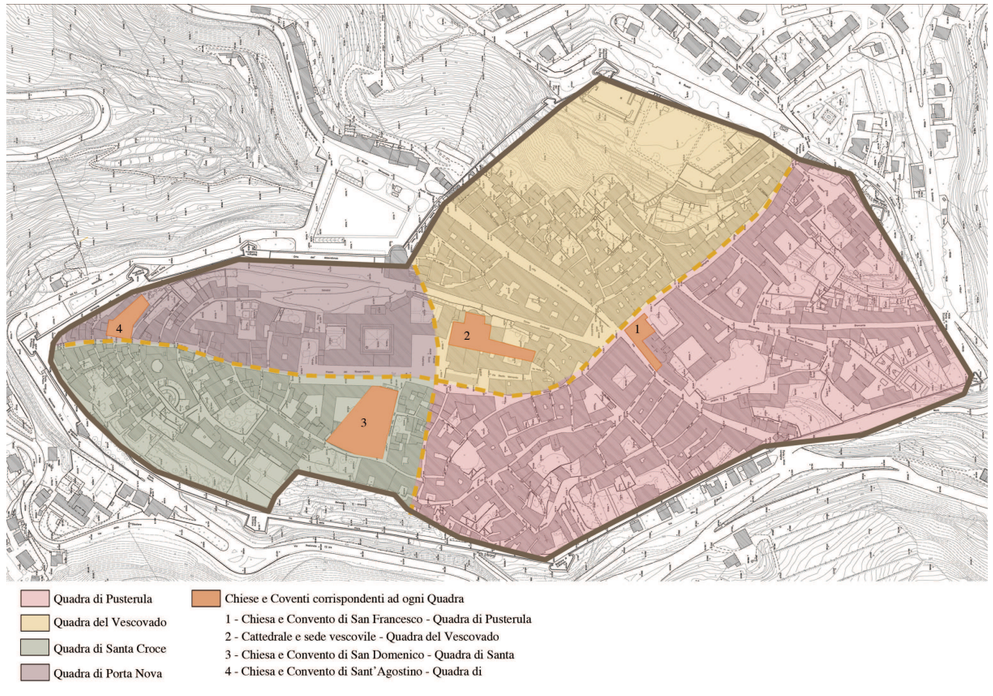


Figura 2.9 – Divisione della città medievale nei quattro quartieri o quadre

La divisione era data dal tracciato, ancora esistente, del cardo e del decumano romani, e quindi le quattro quadre s'incrociavano in corrispondenza dell'antico foro, rinominato in epoca medioevale Piazza Grande. Questa piazza era il centro religioso e amministrativo, sede delle principali istituzioni cittadine. Vi sorgevano, infatti, la Cattedrale e sede del vescovo e il Palazzo Comunale. In ogni quadra sorgeva un convento dell'ordine dei mendicanti, che iniziarono a formarsi già durante il Duecento e che corrispondevano a una logica di controllo sulla città. La loro posizione era calcolata in modo che venissero a trovarsi alla stessa distanza dal centro della città e avere così la stessa area d'influenza. Questi conventi erano: il convento di Sant'Agostino per la quadra di Porta Nova, di San Domenico per la quadra di Santa Croce, di San Francesco per la quadra di Posterula e la Cattedrale per quella del Vescovado.

2.3.5 La Signoria dei Montefeltro: dal 1375 all'età di Federico II alla fine del XV secolo.

Il ritorno della famiglia dei Montefeltro alla guida della città nel 1375, dopo il fallito tentativo di restaurare il potere ecclesiastico, e la successiva annessione di Gubbio, nel 1384, segnano una svolta nella storia locale.

La formazione dello Stato di Urbino (comprendente i distretti di Urbino, Gubbio, Cagli e il Montefeltro) produsse un durevole equilibrio nella zona, che era stata sempre un punto delicato di confine tra le Marche e la Romagna. L'ostilità con la Chiesa si attenuò quando papa Bonifacio IX, con una bolla del 1390, concesse al conte Antonio l'investitura di tutte le città e le terre a lui sottomesse come vicario apostolico *in temporalibus*. Lo Stato di Urbino si estendeva a cavallo tra Umbria e Marche per circa 2000 chilometri quadrati; la città si consolidava dentro le mura e si apprestava a modificare il suo assetto urbanistico in quello di una capitale, attirando a se molti commercianti e artigiani che contribuirono ad un notevole sviluppo commerciale. L'economia di Urbino era sostenuta dai guadagni militari che venivano reinvestiti in costruzioni civili e religiose, negli stipendi dei funzionari pubblici, nel mantenimento della corte e soprattutto nell'organizzazione dell'industria bellica e del sistema difensivo. La prosperità di Urbino deriva dall'equilibrio politico interno e dal riconoscimento da parte della Chiesa della sovranità dei Montefeltro. Antonio, dopo la sua proclamazione, avviò, nel 1376, un rinnovo della struttura pubblica, emanando delle nuove leggi conosciute come *Constitutiones appellationum*. Queste prevedevano che il potere di legiferare fosse affidato al principe. Antonio regnò fino al 1404, anno della sua morte, e il suo successore Guidantonio proseguì la sua opera di rinnovo delle leggi, operando in ambito civile, penale,

amministrativo e fiscale. Egli si preoccupò anche di ottenere dal papa il rinnovo dell'investitura su tutte le terre possedute dal padre. Dopo il breve regno di Oddantonio, ucciso nel 1444, apparve sull'orizzonte di Urbino il personaggio più importante della sua storia, Federico II da Montefeltro. Nato nel 1422 a Gubbio, e fratellastro di Oddantonio, fu riconosciuto dal padre Guidantonio, ma fu tenuto lontano dalla corte urbinate e cresciuto da Giovanna Alidosi, vedova di Bernardo Brancaleoni, e quindi signora di Sant'Angelo in Vado e Mercatello. In seguito divenne signore della Massa Trabaria e nel 1444 in seguito all'uccisione, da parte di rivoltosi scontenti della situazione economica cittadina, di Oddantonio, Federico fu chiamato a Urbino e ne assunse la signoria. Il nuovo Signore strinse un patto con gli urbinati, che prevedeva il diritto per i cittadini di riscuotere gli introiti dell'ufficio della custodia e il riconoscimento dell'amministrazione finanziaria del Comune. Nelle mani del signore rimase il potere di eleggere il podestà, di legiferare, di riscuotere la più importante imposta diretta e il controllo militare. A questa evoluzione politica si affianca una ridistribuzione delle funzioni nel centro amministrativo. Il Palazzo del Comune in Piazza Grande venne, infatti, occupato dai signori della città e si apprestò a diventare il nucleo del futuro Palazzo Ducale. La ricostruzione di questo nella seconda metà del quattrocento, per opera dello stesso Federico, ingloba tutti gli edifici presenti sullo stesso lato della strada. Sotto il regno di Federico c'è quindi un grosso rimaneggiamento di questa porzione di città, considerando che il grande volume del Palazzo Ducale cambiò considerevolmente l'assetto urbano. Inoltre, Urbino cambia la sua posizione nell'intricato sistema degli Stati italiani e assume un ruolo centrale soprattutto in ambito militare. L'attività militare ha come protagonista lo stesso Federico, che assicurò la difesa del territorio mediante la costruzione di una serie di rocche disposte ai margini dello Stato, nei punti più vulnerabili. Verso ovest l'appennino forniva una difesa naturale, verso nord furono attuate tre linee difensive, lungo delle vallate naturali. La prima era quella del fiume Marecchia che era difesa dalle rocche di Pennabilli, Sant'Agata Feltria, Maiolo, San Leo e Pietracuta; la seconda quella del Conca, con le rocche di Pietrarubbia, Montecerignone e Sassofeltrio; la terza era la vallata del Foglia, con le rocche nelle località di Pian di Meleto, Lunano, Sassocorvaro e Tavoleto.

Il tratto continuo indica i confini del ducato. I puntini indicano le posizioni delle rocche rispetto a Urbino.

1 - Sant'Agata Feltria	7 - Montecerignone	13 - Urbania	19 - Frontone
2 - Pennabilli	8 - Sassofeltrio	14 - Fossombrone	20 - Serra Sant'Abbondio
3 - Maiolo	9 - Piandimeleto	15 - Piobbico	21 - Pergola
4 - San Leo	10 - Lunano	16 - Cagli	22 - Mondavio
5 - Pietracuta	11 - Sassocorvaro	17 - Costacciaro	23 - Mondolfo
6 - Pietrarubbia	12 - Tavoleto	18 - Cantiano	

Figura 2.10 – Il sistema difensivo del ducato di Urbino alla fine del XV secolo.

A sud il territorio era attraversato dalla via Flaminia, che assieme alla valle del Burano e ai centri di Cagli e Gubbio fornivano una protezione rafforzata dall'edificazione di rocche. Verso est il potenziamento iniziò nel 1463 con la capitolazione delle città di Fano e Senigallia e continuò anche dopo la morte di Federico con l'edificazione di rocche nei centri di Pergola, Frontone e Serra Sant'Abbondio. La maggior parte dei lavori civili e militari furono progettati da Francesco di Giorgio Martini, che lo impegnarono nel territorio per quasi tutta la durata del regno di Federico. Il nuovo ruolo politico e le fortificazioni del territorio, comportano anche una trasformazione della città, perché possa diventare capitale dello Stato. Questa non subisce un'espansione, ma si mantiene dentro le mura trecentesche, le modifiche si compiono nel tessuto urbano esistente e comportano la rielaborazione degli edifici e dei luoghi più antichi e importanti. Gli spazi che erano rimasti liberi dentro la cerchia di mura medievali furono riempiti all'inizio del XV secolo e il duca stesso non cercò di aggiungere organismi edilizi periferici, ma condusse una riprogettazione urbanistico-architettonica del cuore di Urbino. I cambiamenti avvennero soprattutto nell'area del "Poggio" per opera di artisti e progettisti che

avevano come base di formazione sia le preesistenze locali, sia i modelli della nuova cultura artistica, raccolti pochi anni prima dall'Alberti nel suo trattato.

L'area del Poggio, prima degli interventi, aveva un aspetto piuttosto articolato. Sulla Piazza Grande, che corrispondeva al vecchio foro, si affacciavano il Palazzo Comunale, che da poco era divenuto dimora del duca e la Chiesa vescovile di Santa Maria della Rocca. Al percorso che ricalcava quello del cardo romano, se ne affiancava un altro, che attraversava la città da nord a sud tagliando gli spazi poi occupati dalla nuova Cattedrale, dal Vescovado e del futuro Palazzo Ducale di Federico. Il percorso continuava poi verso sud delimitando un lotto rettangolare, che ospitava, il Palazzo dei Priori, il Palazzo della Jole (sede di Guidantonio) e alcune case a schiera. Gli architetti di Federico, da Laurana a Francesco di Giorgio Martini e, forse, il giovane Bramante, riuscirono a integrare ogni parte di questo complesso settore urbano in un unico grande organismo architettonico. Il risultato fu un nuovo volume edilizio di eccezionale qualità, definito da Castiglione *"una città a forma di palazzo"*, articolato e unitario allo stesso tempo, fatto da architetture continue e spazi liberi, da interni ed esterni relazionati con il paesaggio. Un edificio che rifletteva la complessa personalità del committente. La facciata di valle, la cui inclinazione fu ottenuta dalla direzione di una strada che collegava il colle del Poggio a Porta Valbona divenne la nuova immagine della città e si relazionava in maniera ottimale con l'esterno. Da questa attraverso una rampa verticale inserita in un torrione delle mura, si poteva raggiungere la grande stalla, la Data, costruita da Francesco di Giorgio Martini ed infine la spianata del Mercatale, creata nel corso del XIV secolo esternamente a Porta Valbona. Questo complesso organismo architettonico iniziò ad essere creato intorno al 1480, e Federico, morto nel 1482, non riuscì a vederlo compiuto.

Figura 2.13 – Facciata quattrocentesca del Palazzo Ducale di Federico.

Durante gli ultimi dieci anni del suo regno il duca decise di ricostruire la cattedrale, in modo che nella zona di Piazza Grande ci fosse un edificio a completamento della magnificenza del Palazzo Ducale. La Chiesa di Santa Maria della Rocca corrispondeva al transetto della Cattedrale attuale, egli aumentò il suo volume unendola all'area che fino ad allora era stata occupata da un cimitero e da alcune case e botteghe. Le strutture murarie della nuova Cattedrale furono ultimate alla fine del XV secolo, ma la chiesa fu consacrata nel 1534. Nel resto della città rimase integro il rapporto gerarchico tra edifici sacri e tessuto residenziale. Sul colle del Monte fu fondato il convento dei Gesuiti nel 1482, mentre sul colle del Poggio si svilupparono i conventi di San Girolamo e di Santa Chiara.

2.3.6 Dalla signoria dei Della Rovere al ritorno del dominio Pontificio: Urbino tra XVI e XVIII secolo.

Morto Federico, il suo erede Guidobaldo II regnò per brevissimo tempo sulla città, e alla sua morte, avvenuta nel 1508, la città passò ai Della Rovere. Sia Guidobaldo che i Della Rovere ereditarono le cariche militari di Federico e cercarono di mantenere il sistema economico-politico creato dal loro illustre predecessore.

La corte restò nei primi anni del Cinquecento un centro culturale primario in cui i duchi conducevano una vita agiata. Fu un periodo in cui sia Guidobaldo che i sui successori cercarono di rafforzare le fortificazioni, ma sia la difficoltà economica dell'intervento sia la breve occupazione da parte medicea iniziata nel 1517, influirono negativamente sul rafforzamento del sistema murario. Quando nel 1521 tornò Francesco Maria Della Rovere, i lavori furono ripresi, e si protrassero fino al 1538. Si trattava in gran parte di ricostruzioni; gran parte delle mura trecentesche furono, infatti, distrutte quando le truppe di Lorenzo de' Medici conquistarono la città all'inizio del secolo. Il rifacimento murario si addossava in gran parte alle precedenti ed erano incorporate nella collina. Il tracciato Trecentesco fu modificato in due punti, nella zona dello Spineto, sottostante il Convento di Santa Chiara e, a nord, tra le Porte di Lavagine e di Santa Lucia; queste cambiamenti trovano conferma tra il confronto dello stato attuale delle mura e il rilievo eseguito nel 1502 da Leonardo da Vinci. Le sette porte ed i vertici della cinta furono protetti da baluardi.

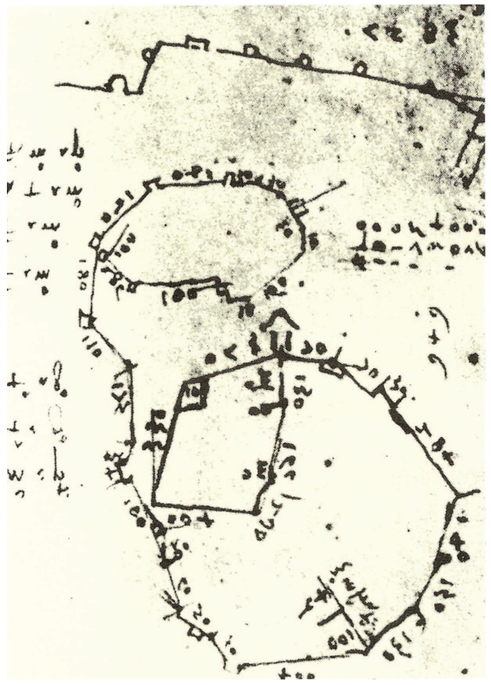
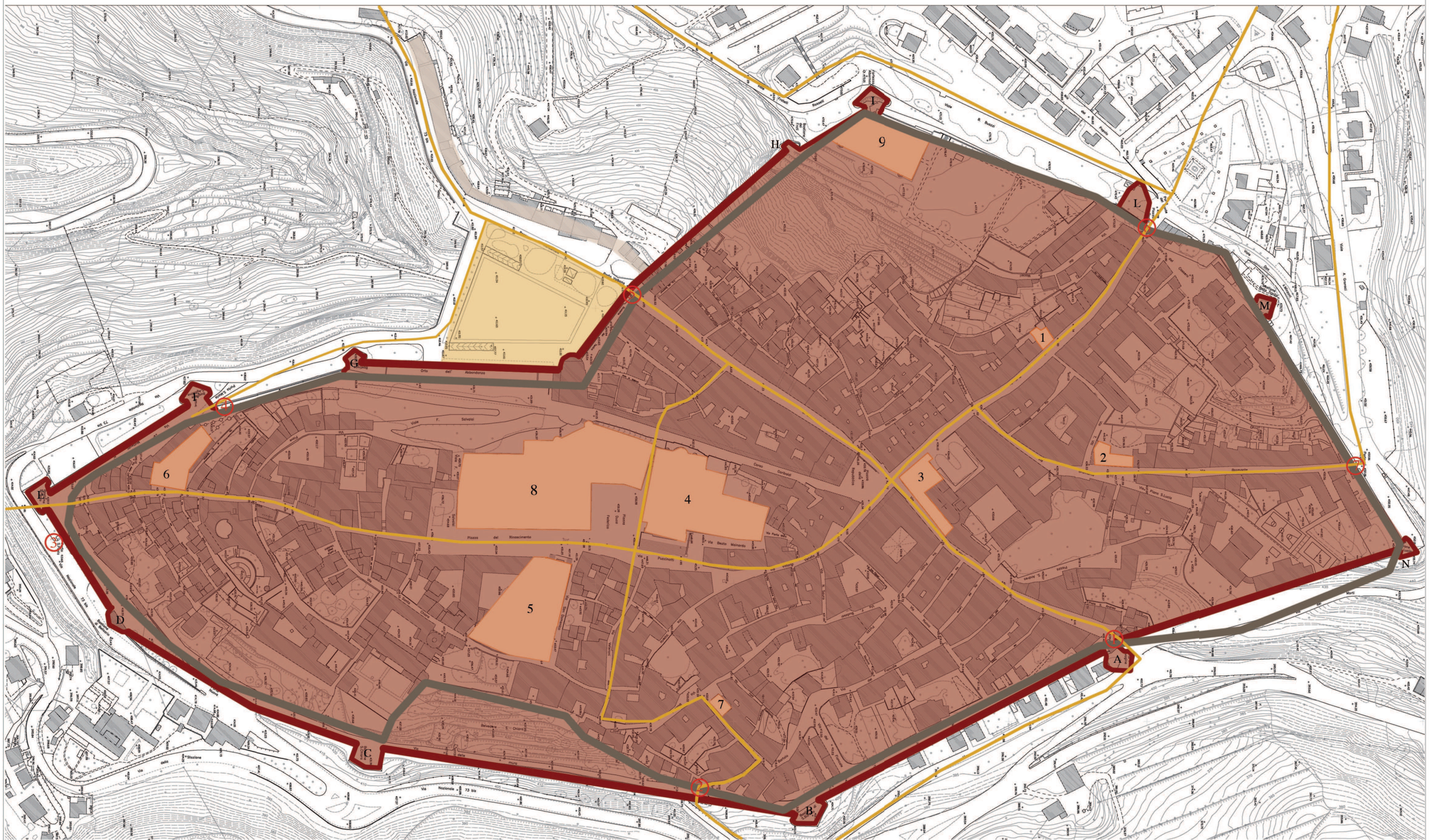


Figura 2.14 – Rilievo delle mura di Urbino di Leonardo Da Vinci del 1502.

Anche se questo complesso difensivo era considerato uno dei più avanzati del tempo, fu ben presto superato dalla rapida evoluzione delle tecniche militari nella seconda metà del XVI secolo e visto che negli stessi anni la capitale dello Stato fu trasferita a Pesaro, per volere dei Della Rovere, Urbino non fu in grado di rinnovare il suo corredo militare. Così il giro di mura del primo Cinquecento diventò quello definitivo, assegnando la forma finale alla città.
Anche se era diventata una piazzaforte secondaria, Urbino era comunque sede dell'università, fondata nel 1506, e il continuo sovraffollamento della corte portò ad una sopraelevazione del Palazzo Ducale. Inoltre venne creata l'odierna Piazza Rinascimento, attraverso la demolizione di alcune case antistanti la facciata del Palazzo Ducale stesso, che sorgevano lungo il vecchio tracciato del cardo romano. I Della Rovere regnarono sul ducato di Urbino fino al 1631, anno della morte di Francesco Maria II Della Rovere, che non avendo eredi aveva nominato la Santa Sede a succedergli al governo della città. Il Ducato divenne, nello stesso anno, legazione sotto il controllo del cardinale Antonio Barberini, fratello del papa urbano VIII. Negli anni successivi la storia civile di Urbino non presenta spunti di rilievo, ma si identifica con quella delle altre legazioni pontificie. La condizione economica non migliorò e continuò il decentramento della città all'interno del ducato poiché i legati pontifici scelsero di stabilirsi, come gli ultimi Della Rovere, nella città di Pesaro. La perdita d'importanza di Urbino si rifletté anche in campo artistico-culturale, mentre, sotto Federico II da Montefeltro, la città aveva vissuto il suo miglior periodo di floridezza artistica e culturale, ora questo ruolo lo assunse la città costiera di Pesaro, tant'è che molte delle opere dei secoli precedenti furono spostate nella nuova capitale. Uno dei primi atti del cardinal Barberini, fu il distacco delle pitture dal famoso Studiolo di Federico II da Montefeltro, per inviarle in dono al papa suo fratello. Anche la biblioteca manosritta di Federico fu trasferita, nel 1657, alla biblioteca Vaticana. Il Palazzo Ducale fu lottizzato tra diverse istituzioni tra cui la corte del legato e la corte vescovile. Il deturpamento portò Urbino a diventare un centro periferico di montagna dello Stato Pontificio, una provincia di confine. Contrariamente, però, alla decadenza artistico-culturale, ci fu un vero e proprio fiorire di oratori; un fatto però chiaramente di tipo religioso e non più edificatorio. Le nuove costruzioni, infatti, erano prive di qualsiasi ambizione architettonica e l'apparato decorativo, raramente fu superiore alla mediocrità. Mentre gli interventi pubblici erano così esigui, parecchie famiglie facoltose contribuirono a investire i loro beni negli edifici urbani e nelle raccolte d'arte. I conventi medievali subirono le prime manomissioni, anche se le modifiche di questo periodo furono quasi sempre cancellate dalle manomissioni del secolo successivo. In sostanza, la scena urbinate non porta quasi traccia del XVII secolo. Le stesse vedute incise riproducono prototipi del Cinquecento.

LA CITTÀ DI URBINO - ESTENSIONE DELLA CITTÀ RINASCIMENTALE NEL XVI SECOLO



Estensione della città nel XVI secolo.

Spianate del Mercatale

Espansioni fuori della cerchia muraria

Edifici importanti

1 - Chiesa di San Sergio sede vescovile dal VI secolo al 1021.
2 - Convento di Santa Lucia
3 - Chiesa e Convento di San Francesco
4 - Cattedrale e sede vescovile
5 - Chiesa e Convento di San Domenico
6 - Chiesa e Convento di Sant'Agostino
7 - Chiesa di San Bartolo
8 - Palazzo Ducale
9 - Fortezza Albornoz

Porte urbiche

1 - Porta Lavagine
2 - Porta San Bartolo
3 - Porta San Polo
4 - Porta Santa Maria
5 - Porta Valbona
6 - Porta del Monte
7 - Porta Santa Lucia

Bastioni

A - Bstione di Porta Lavagine
B - Bastione di San Bartolo
C - Bastione di Santa Chiara
D - Bastione di Belisario
E - Bastione di San Paolo
F - Bastione di Sant'Agostino
G - Bastione di Santa Caterina
H - Bastione del fortino
I - Fortezza
L - Bastione del Monte
M - Bastione della S.S. Trinità
N - Bastione di Santa Lucia

Cinta muraria del XIV secolo

Cinta muraria del XVI secolo

Principali assi viari

Figura 2.15 – Vedute da nord-ovest e da sud-est di Urbino del 1587.

Figura 2.16 – Prima cartografia completa della città di J.Bleau del 1660.

Figura 2.17 – Cartografia della città di Tomaso Luci del 1689.

La ripresa e il benessere cominciarono a tornare in città verso la fine del Seicento e si affermarono definitivamente nel 1700, quando l'urbinate Gian Francesco Albani fu eletto papa col nome di Clemente XI. Sia il pontefice sia i suoi parenti nella prima metà del Settecento iniziano un rinnovamento edilizio generale, che porta la città al suo definitivo aspetto. Il cambiamento non riguardava opere monumentali o celebrative, ma si trattava di interventi a servizio della cittadinanza stessa. Ad attuare queste migliorie furono chiamati da Roma architetti del prestigio di Carlo Fontana o Alessandro Specchi. Il papa Clemente XI inviò a Urbino, nel 1703, due monsignori pianificando accuratamente la loro visita alla città; attraverso questa ispezione furono pianificati tutti i successivi lavori che si svolgeranno nel corso del XVIII secolo. Questi comprendevano: i restauri del Palazzo Ducale che furono realizzati da Carlo Fontana nel 1703, i restauri della Chiesa di San Bernardino nel 1704, il restauro del Palazzo vescovile nel 1708 e di quello comunale nel 1712. Notevoli furono gli interventi di arredo urbano tra il 1737 e 1739 tra cui: la sistemazione dell'obelisco egiziano davanti a San Domenico, la statua di Alessandro VIII al piano di Santa Lucia, le due colonne antiche provenienti dai S.S. Apostoli di Roma erette in Piazza della Farina e al Petriccio.

Tutti gli interventi vennero influenzati dalla cultura architettonica romana e da un desiderio di regolarizzare l'organismo medievale e rinascimentale. Si avvia così un processo inverso a quello che era avvenuto nel corso del XVII secolo in cui la cultura si spostò da Urbino verso altre città; in questo caso sarà Urbino a essere riscoperta.

Nella seconda metà del secolo, i successori di Clemente XI continuarono l'opera da questi iniziata con interventi di rifacimento dei conventi di San Girolamo (1753-80) e di San Francesco (1748-77) ad opera dell'architetto urbinate Giuseppe Tosi. I terremoti del 1781 e del 1787 portarono all'avvio del rifacimento del duomo, ultimo intervento edilizio del XVIII secolo. Nel 1784 fu iniziata la nuova facciata, nel 1789 crollò la cupola. Nello stesso periodo arrivò ad Urbino Giuseppe Valadier, che giudicò compromesso tutto l'organismo della chiesa e la demolì lasciando intatti soltanto i muri perimetrali. I lavori di ricostruzione iniziarono nel 1799.

2.3.7 Le modernizzazioni del XIX secolo.

Negli ultimissimi anni del XVIII secolo il territorio di Urbino, come buona parte dell'Italia centrale e settentrionale furono invase dalle truppe francesi di Napoleone Bonaparte. L'invasione avvenuta nel 1796 provocò un rivolgimento sociale nel territorio che ebbe forme diverse nella faccia costiera e nell'entroterra. Nella città della costa le nuove idee si erano diffuse più rapidamente, si formarono sentimenti anticlericali e antinobiliari. Nell'entroterra le idee assunsero forme contraddittorie: da un lato la popolazione assunse un atteggiamento ostile ai francesi, dall'altro gli intellettuali vedevano nell'invasione lo stimolo per la riforma sociale. Dopo la firma dell'armistizio da parte del papa Pio XI e la nascita della Repubblica Romana anche Urbino seguì la sorte del resto del territorio invaso; ci furono requisizioni e spoliazioni di opere d'arte. Nel 1808 Urbino fu annessa definitivamente al Regno Italico, ma la sua situazione fu diversa da quella di altre città marchigiane. Nonostante l'orientamento bonapartista del vescovo Berioli, la città continuò ad essere privata delle sue opere d'arte.

Calato il sipario sul periodo napoleonico, lo Stato Pontificio si rimpossessò dei territori e torno a controllarli come in passato. Tuttavia restava l'antica questione sulla capitale del territorio dopo che, sotto i Della Rovere, questa fu trasferita nella città di Pesaro. Il problema non era soltanto una questione di campanilismo, ma si basava su delle questioni amministrative delle zone marittime e montane. La soluzione arrivò nel 1832, quando il cardinale Giuseppe Albani propose la divisione del territorio in due province con due capitali diverse, Urbino nell'entroterra e Pesaro sulla costa. Tutti questi cambiamenti avevano rotto l'equilibrio precedente e i segni di cambiamento si erano già manifestati sotto il dominio di Napoleone, quando iniziarono a essere modificati i collegamenti regionali. All'inizio dell'Ottocento la città si raggiungeva ancora tramite le strade medievali, ma conseguentemente alla modernizzazione del territorio fu necessario modernizzare anche le strade d'accesso alla città. Prima di tutto fu creato un nuovo percorso verso Pesaro, in sostituzione della vecchia strada che usciva da Porta Santa Lucia. Vennero poi modificati anche i collegamenti con la valle del Metauro e per la Toscana. A metà del XIX secolo la rete stradale risultava totalmente modificata e modernizzata, i percorsi di crinale erano stati sostituiti con nuove strade di fondovalle. La creazione di questa nuova rete stradale portò ad una serie di modifiche nell'organismo urbano all'interno delle mura. Dalla strada che conduceva a Pesaro si progettò un nuovo collegamento per l'interno della città. Dal baluardo di San Bartolo la nuova strada andava verso sud e all'altezza di Porta San Paolo si creò l'innesto con le mura cinquecentesche. L'innesto fu risolto con eleganza mediante un taglio obliquo che raccordò la cortina al profilo della strada come se si trattasse di

una deformazione naturale della cinta muraria e non di una breccia. Tra i due tratti murari fu edificata una porta (Porta Nuova), formata da due pilastri che sorreggevano una cancellata in ferro. Dalla nuova porta la strada proseguiva seguendo l'andamento delle mura fino alla zona del torrione del Mercatale. Qui superava lo spazio libero tra la facciata del Palazzo Ducale, l'abside della Cattedrale, a monte, e le case del quartiere di Valbona, a valle, e arrivava fino a Pian di Mercato. Quest'operazione produsse grossi movimenti di terra, per pareggiare un terreno in forte declivio. Anche l'innesto di Pian di Mercato fu modificato abbattendo alcune case e due oratori del Trecento. Si veniva così a creare una piazza più ampia riorganizzata anche da un punto di vista prospettico attraverso il rifacimento delle facciate di alcuni edifici.
Di fronte alla facciata dei torricini, sopra la rampa di Francesco di Giorgio Martini, fu progettato, dal 1839, il nuovo teatro cittadino. Fu chiamato per la realizzazione del progetto Vincenzo Ghinelli, l'architetto senigalliese autore di diversi teatri nella regione Marche.

Figura 2.18 – La Rampa di Francesco Di Giorgio Martini e il sovrastante teatro ottocentesco.

Egli riuscì a integrare perfettamente la struttura esistente con quella del teatro, come se il nuovo edificio costituisse la naturale crescita dell'antico, tant'è che anche oggi è difficile distinguere i due manufatti se non per la leggera differenza di colorazione nei mattoni. Ghinelli affrontò anche il rapporto del teatro con il contesto. Il suo progetto prevedeva la realizzazione di un porticato che collegasse il teatro con la nuova piazza che sostituiva il Pian di Mercato. Con questo progetto andava a formarsi l'attuale Corso Garibaldi, la cui realizzazione risultò molto travagliata, incontrando vari ostacoli burocratici, perché esistevano dubbi sulla riuscita architettonica del manufatto. Inoltre si occupò della strada di raccordo tra il teatro e Piazza del Rinascimento.
Il sistema di accessi alla città venne trasformato. Porta San Paolo fu chiusa, quelle di Santa Maria, San Bartolo e del Monte persero la loro importanza. Porta Valbona e Lavagine furono declassate nel loro rapporto con il territorio, e il loro posto fu preso da Port Santa Lucia e la Porta Nuova.
Nel 1860 Urbino fu occupata definitivamente dalle truppe piemontesi, e fu integrata nel Regno D'Italia l'anno successivo. Inizialmente l'annessione ad uno Stato più grande risultò negativa. Il Palazzo Ducale, rimasto senza padrone, fu annesso al demanio dello Stato ed utilizzato per scopi poco adatti a quelli per cui dovrebbe essere utilizzato un palazzo nobiliare quattrocentesco. Al piano terra e sotterraneo furono sistemate le carceri, ai piani superiori furono sistemate la Prefettura, l'Intendenza di Finanza e un deposito di sali e tabacchi.

Figura 2.19 – Pianta ottocentesca della città di Urbino datata 1810.

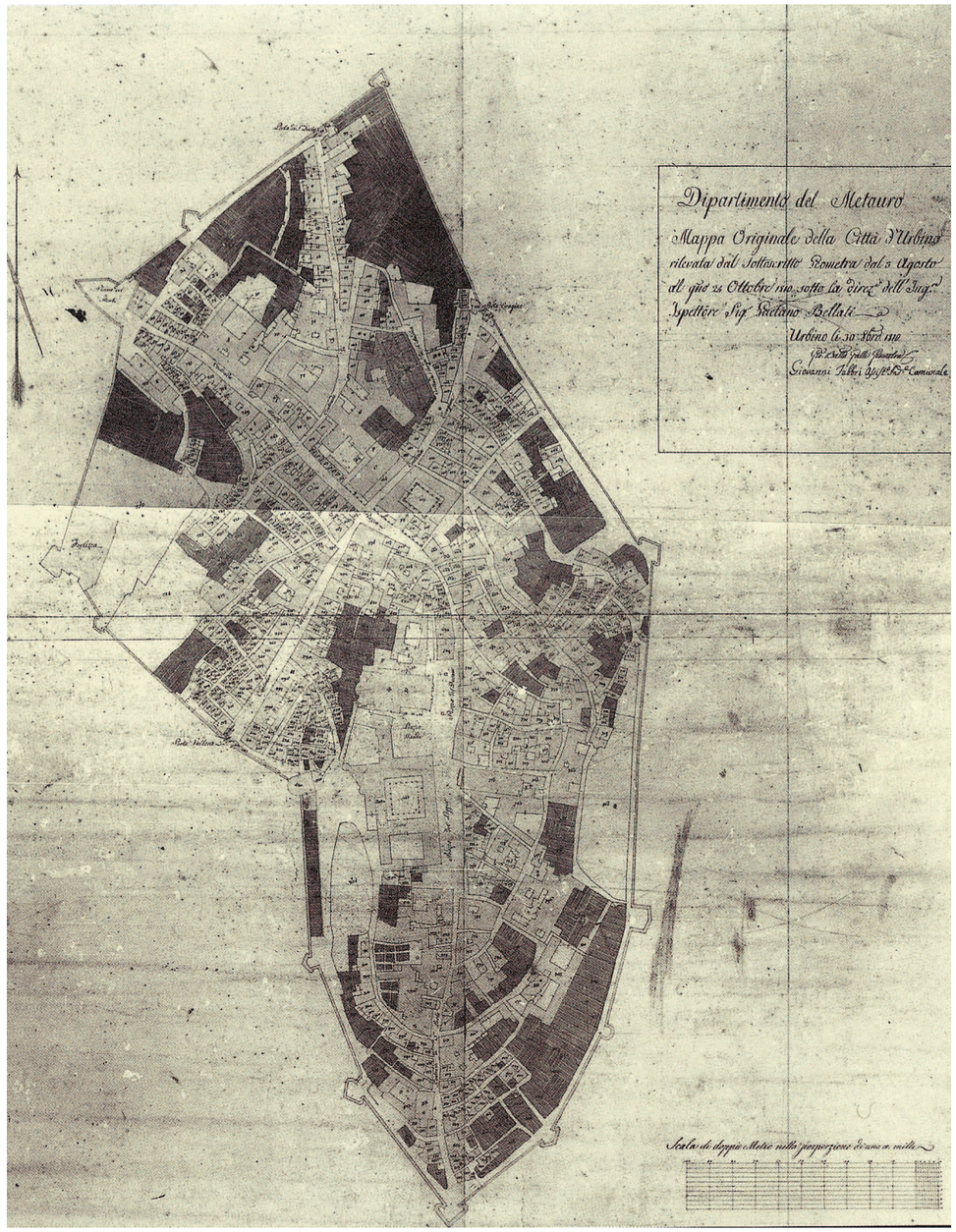


Figura 2.20 – Pianta catastale della città di Urbino datata 1810.

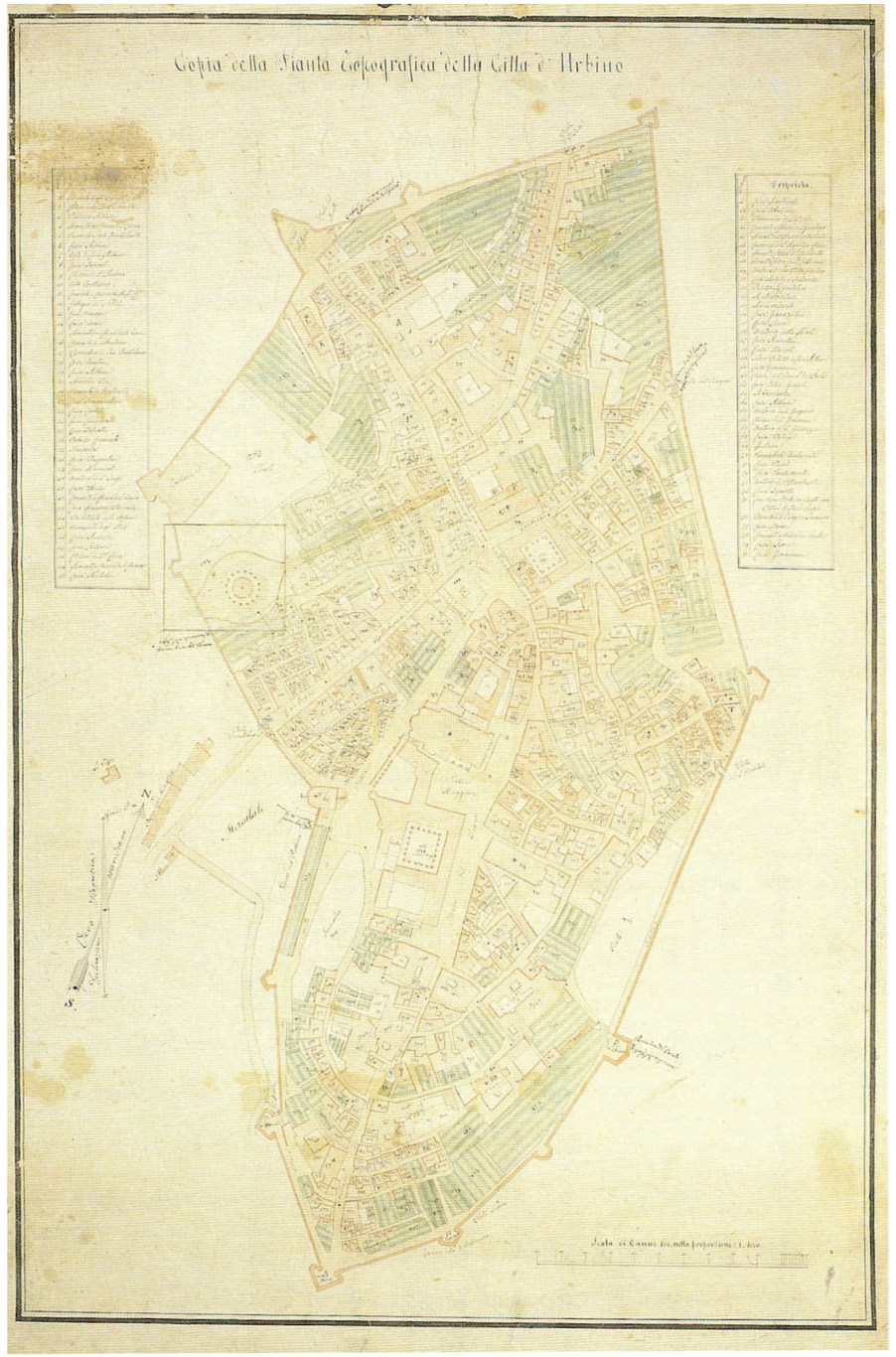


Figura 2.21 – Pianta topografica della città di Urbino datata 1840.

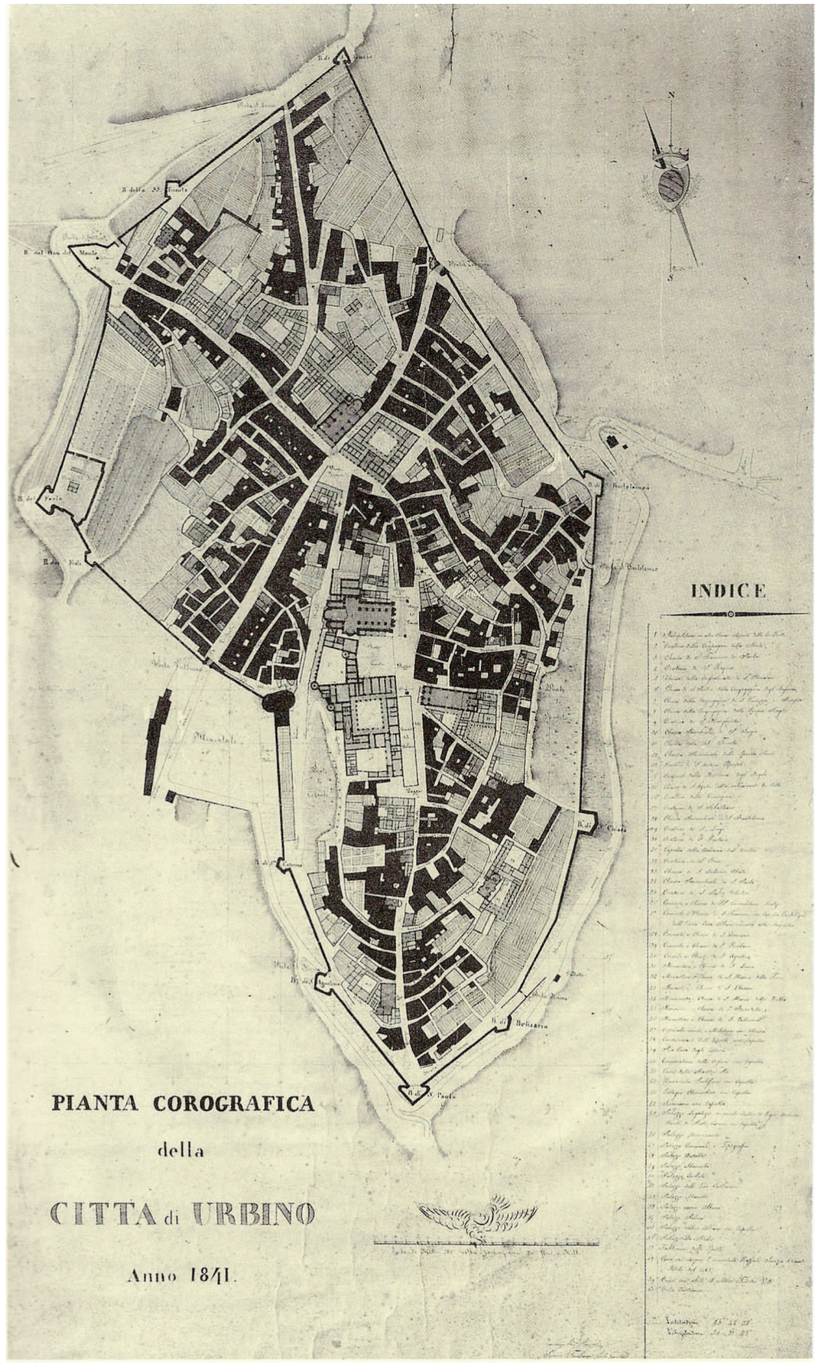


Figura 2.22 – Pianta corografica della città di Urbino datata 1841.

Figura 2.23 – Pianta topografica della città di Urbino datata 1859.

2.3.8 Urbino nel XX secolo.

Il XX secolo si aprì con l'istituzione, nel 1912, della Galleria Nazionale delle Marche, mediante regio decreto, al fine di *"raccogliere, nel Palazzo che fu dei duchi di Montefeltro, le opere d'arte di proprietà governativa o dal Ministero della Pubblica Istruzione detenute in deposito, le quali esistono nelle Marche e che interessino la storia artistica della regione"*. Il Palazzo tornò così ad assumere un ruolo rilevante all'interno della città. Nello stesso periodo altri palazzi del centro storico furono destinati ad un nuovo uso; tra questi il monastero di Santa Chiara, nel 1904, fu occupato dall'Ospedale civile e a Palazzo Odasi trovò sede la scuola materna Valerio. Altre importanti costruzioni del centro storico a carattere monumentale furono oggetto di occupazione e di riuso: Il convento dei Padri Girolamini diventò la sede del nuovo carcere, l'ex-convento degli Scalzi del riformatorio, l'ex-convento francescano da parte del presidio militare e l'ex-monastero benedettino del convitto maschile. Altri edifici furono assegnati ad ospitare istituti scolastici e aule ed uffici dell'università, divenuta statale a partire dal 1894.

Il sistema stradale ottocentesco divenne la base sul quale si sviluppò l'espansione all'esterno delle mura. Dopo l'unità d'Italia, fino al 1933, la città non subì rimaneggiamenti urbanistici o edilizi. L'unico intervento doveva realizzarsi nel 1929 e portò a Urbino la minaccia dello sventramento del centro storico. L'intervento prevedeva, infatti, la creazione di una grande arteria che doveva attraversare il centro storico da nord a sud per collegarlo con un Foro Mussolini posto di sotto la spianata del Mercatale; ed era completato con nuovi quartieri residenziali, commerciali ed industriali. Per fortuna il progetto fu dichiarato irrealizzabile per mancanza di fondi. Qualche anno più tardi, l'Amministrazione decise di studiare un "Piano regolatore generale di risanamento igienico della città", individuando le zone del centro storico più depresse e bisognose di risanamento e progettando una zona di espansione a nord del Monte. Il progetto rimase in sospeso per tutta la durata della guerra e cominciò a essere gradualmente attuato dopo il 1945. Lo sviluppo del nuovo quartiere avvenne, in maniera disordinata a partire dal Giro dei Debitori e risultava separato dal centro storico, attraverso l'altura del Monte. Nel 1958 l'Amministrazione Comunale incaricò l'architetto Giancarlo De Carlo a redigere un Piano Regolatore Generale per il territorio; il progetto fu compiuto dopo anni di studio ed adottato nel 1964. A questi non sfuggì che, da un lato, il centro storico di Urbino costituisce un *unicum* eccezionale non solo per i monumenti ma anche per l'omogeneità del tessuto edilizio e per il rapporto con l'ambiente paesistico. Dall'altro notò due problemi che iniziavano a danneggiare l'antica città ducale. Il primo era che il continuo spostamento della popolazione dal centro storico verso le nuove zone suburbane non poteva che recare danno alla zona storica stessa destinata a diventare *"un'appendice urbana necrotizzata, una riserva di antiche forme senza contesto"*. Il secondo che era difficile gestire l'afflusso turistico alla città senza attrezzature adeguate, ma soprattutto creare queste senza arrecare danno a quell'*unicum* costituito dalla città stessa. L'obiettivo di De Carlo era di *"restituire alla città di Urbino e al suo territorio una condizione urbanistica che le consenta di rientrare nel mondo moderno"*. Le operazioni essenziali del suo piano erano: ristabilire i collegamenti con i flussi d'interesse circostanti, risanare strutture ed attrezzature territoriali, diffondere ed accrescere i vantaggi della vita urbana e preservare il centro storico dalla distruzione.

Negli anni sessanta e settanta Urbino e il suo territorio si trovò al centro di un considerevole fervore edilizio, che portò in pochi anni alla realizzazione dei Collegi Universitari, a partire dal 1965, il restauro dell'ex-convento di Sant'Agostino per la Facoltà di Giurisprudenza, tra il 1966 e il 1968, alla costruzione del Magistero, con lo sfruttamento dell'antico monastero di Santa Maria della Bella, a partire dal 1968 e la ristrutturazione del Mercatale, con l'apertura della grande autorimessa sotterranea, tra il 1968 e il 1970. Infine dal 1973 ci fu l'espansione dei Collegi universitari, che con la loro posizione suburbana, contribuirono al decentramento dell'attività commerciale rispetto al centro storico.

Le problematiche urbanistiche affrontate nel corso del XX secolo sono ancora attuali. Anche se il centro storico si trova ancora oggi a essere il fulcro dell'attività amministrativa, politica e accademica, nei suoi palazzi, infatti, trovano sede gli uffici comunali e universitari, è però privato di quel ruolo predominante nell'attività commerciale della zona che l'aveva accompagnato per secoli. Questo fatto è soprattutto dovuto all'incessante flusso migratorio della popolazione verso i nuovi quartieri residenziali che ha caratterizzato la seconda metà del XX secolo.

BIBLIOGRAFIA - CAPITOLO 2:

1. **Agnati U.,** Per la storia romana della Provincia di Pesaro e Urbino, l'Erma di Bretschneider, Roma, 1999.
2. **Benevolo L., Boninsegna P.,** Le città nella storia d'Italia: Urbino, Bari, Laterza, 1986.
3. **De Carlo G.,** Urbino: la storia di una città e il piano della sua evoluzione urbanistica, Padova, Marsilio Editori, 1966.
4. **Luni M.,** Archeologia nelle Marche: dalla preistoria all'età tardoantica, Firenze, Nardini Editore, 2003.
5. **Luni M., Ermeti A.M.,** Le mura di Urbino tra tardoantico e medioevo, in: Gelichi S., 1. Congresso nazionale di archeologia medievale: auditorium del Centro Studi della Cassa di Risparmio di Pisa (ex Benedettine): Pisa, 29-31 maggio 1997, Firenze, All'Insegna del Giglio, 1997, pp. 41-50.
6. **Luni M.,** Per la topografia storica di Urvinum Mataurense (Urbino), in: Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Anno CCCLXXIX. Notizie degli scavi di antichità, Roma, Accademia Nazionale dei Lincei, 1982, pp. 400-407.
7. **Luni M.,** Urvinum Mataurense (Urbino). Dall'insediamento romano alla città medioevale, in: Polichetti M.L., Il Palazzo di Federico da Montefeltro: restauri e ricerche, Urbino, Quattroventi, 1985, pp. 11-34.
8. **Mazzini F.,** I mattoni e le pietre di Urbino, Urbino, Argalia Editore, 1982

BIBLIOGRAFIA DELLE ILLUSTRAZIONI – CAPITOLO 2:

Figura 2.1 – Immagine dell'autore.

Figura 2.2 – Immagine dell'autore.

Figura 2.3 – Immagine dell'autore.

Figura 2.4 – **Luni M.,** Urvinum Mataurense (Urbino). Dall'insediamento romano alla città medioevale, in: Polichetti M.L., Il Palazzo di Federico da Montefeltro:restauri e ricerche, Urbino, Quattroventi, 1985, p.14.

Figura 2.5 – Immagine dell'autore.

Figura 2.6 – **Mazzini F.,** I mattoni e le pietre di Urbino, Urbino, Argalia Editore, 1982, p.60.

Figura 2.7 – Immagine dell'autore.

Figura 2.8 - **Luni M., Ermeti A.M.,** Le mura di Urbino tra tardoantico e medioevo, in: Gelichi S., 1. Congresso nazionale di archeologia medievale: auditorium del Centro Studi della Cassa di Risparmio di Pisa (ex Benedettine): Pisa, 29-31 maggio 1997, Firenze, All'Insegna del Giglio, 1997, p.44.

Figura 2.9 – Immagine dell'autore.

Figura 2.10 - **Benevolo L., Boninsegna P.,** Le città nella storia d'Italia: Urbino, Bari, Laterza, 1986, p.91.

Figura 2.11 - Immagine dell'autore.

Figura 2.12 – **Cecini N.,** La bella veduta (Immagini nei secoli di Pesaro, Urbino e Provincia), Milano, Silvana Editoriale, 1987, p.135.

Figura 2.13 – **Cucco G.,** Urbino - percorso iconografico dal XV al XIX secolo, Urbino, Accademia Raffaello, 1994, p.71.

Figura 2.14 - **Cucco G.,** Urbino - percorso iconografico dal XV al XIX secolo, Urbino, Accademia Raffaello, 1994, p.143.

Figura 2.15 - **Cucco G.,** Urbino - percorso iconografico dal XV al XIX secolo, Urbino, Accademia Raffaello, 1994, p.153.

Figura 2.16 – Immagine dell'autore.

Figura 2.17 - **Cecini N.,** La bella veduta (Immagini nei secoli di Pesaro, Urbino e Provincia), Milano, Silvana Editoriale, 1987.

Figura 2.18 - **Cucco G.,** Urbino - percorso iconografico dal XV al XIX secolo, Urbino, Accademia Raffaello, 1994, p 253.

Figura 2.19 - **Cucco G.,** Urbino - percorso iconografico dal XV al XIX secolo, Urbino, Accademia Raffaello, 1994, p 277.

Figura 2.20 - **Cucco G.,** Urbino - percorso iconografico dal XV al XIX secolo, Urbino, Accademia Raffaello, 1994, p 279.

Figura 2.21 - **Cucco G.,** Urbino - percorso iconografico dal XV al XIX secolo, Urbino, Accademia Raffaello, 1994, p 295.

3. I MATERIALI E LE TECNICHE DA COSTRUZIONE

3.1 Introduzione

Il lavoro che si vuol portare avanti con la redazione della tesi è tracciare uno studio della tradizione costruttiva nei centri storici della ragione Marche e in particolare nella città di Urbino.

Lo scopo è di creare una base di studio su cui sviluppare una conoscenza ottimale dell'architettura urbinate, che porti a ottenere una conservazione e un recupero dell'edilizia storica della città che non sia soltanto uno svuotamento più o meno integrale della scatola edilizia ed una ricostruzione con tecniche moderne, ma che sia un intervento in cui grazie alla profonda conoscenza dell'edificio, dei materiali e delle tecniche si preservi il patrimonio edilizio esistente.

Occorre introdurre le conoscenze che si hanno sia da un punto di vista materico sia da un punto di vista delle tecniche costruttive utilizzate in passato con lo scopo di farle rientrare nell'attuale contesto culturale. Studi di questo tipo non sono mai stati approfonditi per quel che riguarda le architetture urbinati, nonostante la città nel corso dei secoli sia sempre stata posta su un alto livello storico-culturale.

Per trovare un riscontro è stata effettuata un'analisi dell'architettura urbinate attraverso la lettura dei materiali e delle tecniche costruttive, prendendo in considerazione sia l'edilizia cittadina di base sia i palazzi signorili. Tra questi è stato poi preso in esame un singolo caso, e attraverso un rilievo più approfondito si è arrivati a definire gli elementi dell'edificio sia da un punto di vista materico che strutturale.

Oggetto della ricerca sono dunque i materiali e le tecniche costruttive tradizionali, cioè, quelli che, nei secoli scorsi, hanno dato forma all'architettura del centro storico di Urbino.

3.2 I materiali da costruzione nella regione Marche

Per ottenere una buona conoscenza materica dell'architettura urbinate occorre considerare come l'orografia di un territorio influisca sullo sviluppo di certe architetture in un determinato contesto.

La tradizione edilizia di un luogo si sviluppava, nei secoli passati, in base al territorio stesso; la morfologia territoriale influiva sullo sviluppo della forma della città e l'orografia, invece, andava a caratterizzare la città e le sue architetture da un punto di vista materico. In passato, infatti, in base alle risorse messe a disposizione dal territorio stesso, le maestranze sviluppavano l'utilizzo di un determinato materiale nell'edificazione di case o palazzi. Per parlare del caso di Urbino si può partire soffermandoci ad analizzare l'orografia regionale delle Marche, che si ripete, invariata, dal nord della regione fino al sud.

Quello che caratterizza la regione è una tripartizione geografica e geologica che, insieme alle vicende storiche, ne ha influenzato l'architettura, i materiali da questa utilizzati per le costruzioni e le diverse tecniche e soluzioni adottate. Dal nord al sud la regione è attraversata da tre zone. La prima è una zona appenninica-montuosa, la seconda una zona intermedia-collinare e la terza, una zona costiera-pianeggiante.

L'architettura regionale nel corso dei secoli è sempre stata influenzata da questa caratteristica territoriale e geologica. Il legame tra luogo e materiale da costruzione risulta particolarmente evidente. Zona per zona, le costruzioni sono state realizzate in base ai materiali da costruzione locali presenti, pur restando inalterate le caratteristiche tipologiche degli edifici.

I materiali dominanti sono sicuramente la pietra e il mattone, anche se nella zona costiera non mancano, per quel che riguarda l'architettura rurale, costruzioni in terra cruda.

Figura 3.1 – Pianta orografica della regione Marche.

3.3 I materiali da costruzione nella città di Urbino

Anche la città di Urbino e il suo territorio rientrano in questo stretto rapporto tra localizzazione geografica e materiale da costruzione utilizzato. Nel contesto urbinate i materiali indubbiamente più diffusi sono la pietra e il mattone, ma, mentre il primo è utilizzato in ambiente rurale, con le sue architetture sparse per il territorio agricolo che da sempre circonda la citta, il secondo risulta invece più impiegato nel contesto urbano, pur non mancando nell'edilizia rurale. La diffusione del mattone nella tradizione costruttiva urbinate è dovuta, sicuramente, alla forte presenza di argilla nei terreni che circondano la città, facente parte di quella zona sub-appenninica collinare che attraversa tutta le regione da nord a sud. La ricchezza di argilla ha portato, sin dall'antichità, al formarsi nel territorio di numerose fornaci di laterizio. Queste, pur sorgendo nelle campagne, erano strettamente legate all'economia urbana e hanno permesso la realizzazione di centri storici, come quello di Urbino, in cui la maggior parte degli edifici, e non solo, sono stati realizzati in laterizio.

Lo storico urbinate Bernardino Baldi nel suo *"Encomio alla patria"* descrive così la città: *"Gli edifici suoi sono di perfetta materia, mattoni e calce, ornati di varie sorti di pietra gentilmente lavorata; e nel Palazzo solo del Principe, ne sono tante che basterebbero ad arricchirne una città non piccola […] Le case de' privati sono bene intese, e gli edifici sagri magnifici e nobilmente ornati […] (Le mura) sono elleno tutte di mattoni, e calce […] Le strade poi della città, eccetto alcune poche […] sono lastricate non di grossa ghiaia, né di pietre vive, come per lo più quelle delle città di Romagna e della Lombardia, ma di mattoni per taglio, che la rendono molto comoda e pulita."*

Ancora oggi percorrendo le vie e i vicoli del centro storico si possono osservare le caratteristiche descritte dal Baldi. Nel corso dei secoli, infatti, l'architettura urbinate è rimasta quasi del tutto inalterata. Questo si può riscontrare sia nell'edilizia di base, sia nei palazzi signorili, e ancora nelle chiese. Il materiale alla base delle costruzioni è indubbiamente il mattone, impiegato nel corso dei secoli per realizzare i vari elementi degli edifici.

In primo luogo il mattone è stato utilizzato nella realizzazione delle murature portanti, dove nella maggior parte dei casi è stato lasciato a vista, sia esternamente che, nel caso di alcuni piani interrati, internamente. Questa scelta, perpetuata nel tempo, ha creato un centro storico omogeno dal punto di vista materico, che contraddistingue Urbino come molti altri centri storici della fascia collinare marchigiana, andando così a creare un paesaggio ben caratterizzato.

Sono state realizzate con questo materiale anche numerose strutture voltate, con mattoni messi in opera sia di taglio sia in foglio. Largo uso inoltre ne è stato fatto per le pavimentazioni.

Nel caso di Urbino, come confermato dal Baldi, il mattone andava a costituire gran parte dei lastricati stradali, ancora oggi molte vie del centro storico sono interamente conservate in mattoni, anche se le principali sono state ripavimentate, in epoca più recente, con la pietra.

Figura 3.2 – Scorcio del centro storico di Urbino.

Per quanto riguarda la pietra, il suo utilizzo nel contesto urbinate è, come si è detto, prevalentemente legato all'architettura rurale. All'interno delle mura l'impiego che se n'è fatto nei secoli è soprattutto ornamentale o comunque legato alla realizzazione di elementi architettonici quali architravi e, in alcuni casi, ammorsamenti murari.

Indubbiamente la pietra era molto utilizzata in epoca romana. I ritrovamenti della cerchia di

mura del III secolo a.C. hanno confermato questa ipotesi.

I tratti di mura ritrovati risultano edificati con una pietra definita da molti storici di "tipo spugnoso", una sorta di travertino grigiastro molto poroso messo in opera in blocchi quadrati aventi lato di sessanta centimetri circa. Tuttavia di questo tipo di pietra non si hanno più notizie di utilizzo almeno dal XV secolo, probabilmente perché le cave andarono esaurite nell'antichità. Oltre a questa, in epoca romana, erano usati altri tipi di pietra come quella chiamata *"Bisciaro"*; una pietra locale di colore grigiastro che arrivava nella città di Urbino dalla vicina valle del fiume Metauro ed era utilizzata in scaglie per la realizzazione di malte cementizie. Infine, altri ritrovamenti hanno evidenziato come anche la pietra dei Monti della Cesana fosse usata dai romani; questa pietra, molto utilizzata nell'edilizia rurale della zona fino ad epoche più recenti, presenta una colorazione bianco-rosata.

Il tratto murario rinvenuto nell'orto dell'attuale sede vescovile, costruito in diverse epoche, mostra come nel corso del tempo sia cambiato l'uso del materiale edificatorio, e come quindi anche in epoca romana si iniziò ad utilizzare il laterizio per la realizzazione delle mura di cinta.

Probabilmente durante i secoli delle invasioni delle varie popolazioni del nord-europa, come i Goti o i Longobardi, l'utilizzo del laterizio si è andato perdendo; i pochi resti ritrovati mostrano come le murature in quel periodo venivano ricavate con materiali di riporto o blocchi di calcare di varie provenienze e formati. La rinascita delle architetture in laterizio si è avuta dall' XI-XII secolo; da questo momento in avanti sia nell'edilizia civile che in quella religiosa sarà l'utilizzo dei mattoni a caratterizzare l'architettura urbinate.

Scarsamente diffuso nella regione Marche e nel territorio di Urbino è stato invece l'utilizzo del legname come materiale alla base della costruzione. Il suo impiego è limitato alla realizzazione di travi e travicelli per la realizzazione di solai di piano o di copertura. In alcuni casi l'utilizzo del legname è legato a quello della camorcanna. L'impiego di stuoie di canne e malta attaccati a centine di legno di sostegno, per la realizzazione di false volte e solai, è sempre stato diffuso nei secoli scorsi in tutto il territorio nazionale ed anche nel territorio di Urbino.

3.4 Il materiale prevalente nell'architettura urbinate: il laterizio.

3.4.1 Lavorazioni e processo produttivo.

Come precedentemente esposto il laterizio costituisce il materiale predominante nell'architettura urbinate. Tutto ciò deriva dal fatto che nel territorio circostante la città trovò ampio uso sin dall'antichità l'utilizzo dell'argilla come materiale da costruzione. Le valli fluviali che circondano la città sono ricche di questo materiale naturale che sia dall'epoca romana trovò largo uso sia come materiale da costruzione sia come materiale decorativo. Il mattone influenzò notevolmente l'architettura medioevale, questo si può leggere anche nei quartieri di edilizia minore sorti nel corso del Medioevo; risultava, infatti più conveniente lavorare l'argilla del luogo piuttosto che trasportare sassi o pietre dai fiumi o dai luoghi di montagna.

I sistemi di produzione del laterizio non sono cambiati molto fino al XIX secolo; questi sistemi erano strettamente legati alla ciclicità delle stagioni. Si partiva nel tardo autunno quando avveniva l'escavazione del materiale, che si lasciava esposto al gelo dell'inverno per determinare una sorta di dissodamento naturale che si rendeva pronta per la lavorazione della primavera successiva. Tale lavorazione prevedeva la frantumazione e lo sminuzzamento del materiale, per ridurre la granulometria, infine si effettuava una depurazione, una umidificazione ed un impasto.

Dopo questa lavorazione si effettuava una foggiatura, ossia la modellazione per dare la forma prescelta alla pasta; anticamente si eseguiva a mano, costipando fortemente il pastone dentro le forme in legno con o senza fondo, che erano adagiate su un piano di sabbia. L'argilla in eccesso veniva poi tagliata attraverso un righello di legno e il mattone si staccava con un colpo secco. Questo procedimento di foggiatura è rimasto uno dei più usati fino al secondo dopoguerra, quando la foggiatura manuale venne sostituita da quella a macchina.

L'essiccamento costituiva la fase più delicata; in questa fase si eliminava completamente l'acqua contenuta nel manufatto prima della cottura. L'essiccamento avveniva per evaporazione dell'acqua, che dalla parte centrale affiorava verso la superficie, fino ad esaurimento.

In seguito si effettuava la cottura, la fase più importante e delicata, poiché dalla velocità di riscaldamento del forno dipendeva la qualità del prodotto. Il ciclo di cottura era diviso in tre momenti: riscaldamento, cottura e raffreddamento.

Figura 3.3 – Fasi di Lavorazione del laterizio.

3.4.2 La metrica del laterizio: il mattone e le sue dimensioni nel tempo.

La metrologia è quella scienza che si interessa dello studio dei sistemi metrici e monetari antichi. Attraverso le ricerche delle antiche misure con cui si realizzavano le costruzioni, possono essere comprese le modalità di organizzazione del lavoro di cantiere.

I primi mattoni furono realizzati già nel 3000 a.C. Presso le civiltà del vicino Oriente, soprattutto per coperture e canalizzazioni. Anche in età classica la produzione fu prevalentemente destinata a tegole e coprigiunti; solo dopo Augusto e soprattutto in età neroniana si sviluppò una forte produzione su larga scala.

Il mattone in età romana era generalmente di modulo quadrato (con misure corrispondenti ai multipli e sottomultipli del piede, circa 29,6 cm).

Il passaggio dalla forma quadrata a quella rettangolare, avvenne in età longobarda. La produzione medioevale di laterizi è caratterizzata da una forte differenziazione delle dimensioni. In epoca rinascimentale ci si ricollegò alla tecnica romana, tanto è che torno in uso il muro a sacco. I rapporti dimensionali del laterizio tornano a stabilizzarsi solo alla fine del XVIII secolo; tale periodo è caratterizzato dalla produzione di mattoni di forma parallelepipeda, in cui le dimensioni delle tre facce (testa o punta; lista o costa; piatto o fianco) sono spesso multiple tra loro. La larghezza è circa metà della lunghezza ed il doppio dello spessore.

3.5 Classificazione degli elementi e delle tecniche costruttive.

3.5.1 Le murature.

Le murature del centro storico della città di Urbino sono caratterizzate dell'ampio uso del laterizio come materiale da costruzione. Il laterizio rappresentava infatti una soluzione ottimale essendo un elemento che si poteva riprodurre in elevato numero di esemplari attraverso l'utilizzo di un unico stampo. Inoltre il trasporto e la produzione di questo prodotto da costruzione era assai semplice e non richiedevano mezzi di trasposto e strutture per la produzione di dimensioni elevate.

Le murature del centro storico della città di Urbino sono in gran parte murature con paramenti di mattoni, ossia murature realizzate a sacco.

Il paramento esterno, di questo tipo di murature, è costituito da un vero e proprio rivestimento di mattoni disposti di lista e di testa, che costituiscono le prese sul nucleo interno della muratura, costituito con piccoli ciottoli, frammenti di pietrame e di mattoni e malta grossa.

Questo tipo di muratura è stata utilizzata in maniera molto estesa a Urbino sin dai secoli più antichi ed è presente sia nelle case di edilizia minore dei quartieri che si sono sviluppati già nei primi secoli del Medioevo al di fuori della cinta muraria romana, sia nei palazzi signorili maggiori della città (tra cui si ricordano a titolo di esempio Palazzo Mauruzi - Gherardi, Palazzo Passionei – Paciotti, Palazzo Bonaventura – Odasi, ecc.).

Figura 3.4 – Muratura a sacco del centro storico di Urbino.

Oltre alla muratura a sacco non mancano però murature piene in mattoni, molto spesso realizzate a una o due teste, che rispetto alla muratura a sacco hanno uno spessore molto ridotto e spesso sono state realizzate ai piani superiori degli edifici.

Le principali finiture esterne nelle murature portanti in laterizio possono essere realizzate mediante finitura ad intonaco, faccia a vista con stuccatura non rabboccata, faccia a vista con stuccatura rabboccata a raso e faccia a vista con lavorazione a “cortina”.

Nel centro storico di Urbino le superfici esterne delle murature sono quasi esclusivamente faccia a vista, in pochissimi casi risultano intonacate; si può stimare che una percentuale di circa l’85% degli edifici del centro storico presenta una superficie faccia a vista, mentre il 15% una superficie intonacata.

3.5.2 Le volte.

Oltre alle murature è stata eseguita una valutazione e classificazione anche delle superfici voltate in muratura presenti nel centro storico di Urbino.

La volta costituisce un naturale prolungamento della muratura e occupa un posto preminente nel paesaggio cittadino.

La grande massa dell’intero pacchetto solaio, l’attacco alla struttura portante verticale e la geometria della volta hanno rappresentato la soluzione ideale per sopportare carichi elevati o uno sviluppo in altezza particolarmente elevato. Tale struttura richiedeva murature di elevato spessore.

Le strutture voltate manifestano una grande capacità di adattamento agli assestamenti della struttura portante. La particolare conformazione e l’ampia superficie di aderenza tra mattone e mattone consentono aggiustamenti distribuiti nella sua forma geometrica, sempre assorbiti dai giunti di malta.

Da sottolineare come, anche da un punto di vista sismico, tali elementi strutturali presentino buone capacità di resistenza e, soprattutto in presenza di volte realizzate in successione su locali contigui, l’azione combinata consente di contrastare egregiamente le sollecitazioni sismiche.

La realizzazione presentava numerose difficoltà, dalla definizione geometrica del suo sviluppo, dalla realizzazione della centinatura su cui posare il laterizio, fino al montaggio che richiedeva una precisione assoluta nei tagli e nelle ammorsature con la struttura portante verticale, che dovevano seguire una geometria particolare. Il processo costruttivo della volta può essere distinto in due fasi; nella prima si costruivano gli innesti ai muri di appoggio, successivamente si creava la centina e si procedeva alla chiusura della volta evitando di creare successivi collegamenti con la struttura portante verticale che avrebbero precluso la possibilità di assestamenti successivi al disarmo.

La centina doveva essere in grado di sostenere la struttura prima che la volta fosse completata e che la malta avesse fatto presa e, inoltre, doveva creare una superficie curva avente la forma dell’intradosso, che avrebbe dovuto fungere da guida per la posa dei mattoni.

La prima fase esecutiva delle centine consisteva nel preparare la curva all’intradosso e una volta individuata veniva disegnata sul terreno. In seguito ci si disponevano sopra le tavole di legno che venivano poi tagliate secondo la linea tracciata e chiodate.

Una volta stabilita la forma delle centine si passava alla loro messa in opera. Le centine dovevano essere poste ad una distanza che poteva variare da cinquanta centimetri ad un metro, a seconda del peso della volta.

La disposizione e le dimensioni degli elementi dell’armatura variavano a seconda della luce e dello spessore delle volte. Per archi e volte con luci fino a un metro e mezzo si impiegava il *“tamburo”*, ossia una struttura costituita da due o più tavolati, sorretti da ritti fiancheggianti le spalle, che presentavano il contorno superiore alla curva dell’intradosso e che venivano collegati tra loro da listelli formanti il manto. Per volte con luci fino a quattro o cinque metri bastavano due puntoni e un monaco per sostenere le tavole che formavano la curvatura. Per volte con luci considerevoli, invece, era necessario mettere ulteriori rinforzi in chiave e alle reni e dividere l’armatura in due parti, aggiungendo un puntone sotto ogni colonnetta ed unendole con un monaco.

Il materiale ligneo dopo il disarmo, poteva essere riutilizzato solo in parte, questo anche perché le dimensioni dei locali non erano quasi mai coincidenti tra loro.

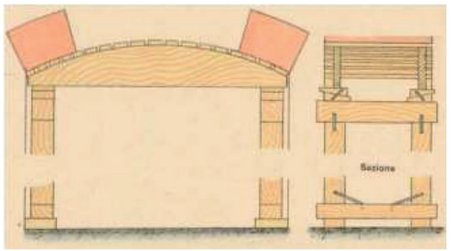


Figura 3.5 – Centinatura in legname realizzata con tamburo per luci inferiori a 1,5 metri.

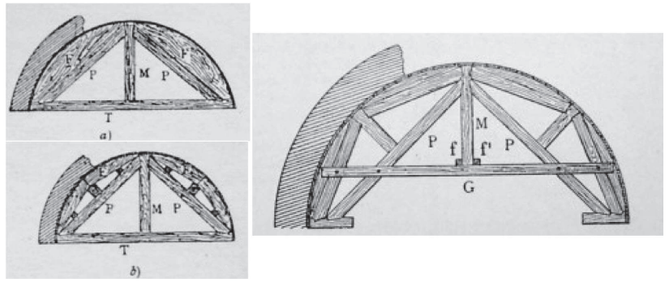


Figura 3.6 – centine per piccole aperture (a sinistra) e centine per luci superiori a 12 metri (a destra).

La realizzazione delle volte veniva eseguita con molta attenzione, in particolare si cercva, durante la posa dei mattoni, di non deformare eccessivamente le centine. Le maestranze procedevano quindi costruendo simmetricamente la volta e disponevano un carico in chiave in modo da bilanciare lo sforzo all'altezza delle reni.

I due fianchi della volta venivano costruiti contemporaneamente non solo per equilibrare le spinte sulla centina, ma anche per evitare che l'abbassamento della volta dopo il disarmo fosse lo stesso in tutti i punti.

La parte più delicata era la posa dei conci in chiave; tale operazione doveva essere eseguita in maniera corretta in modo da ridurre al minimo l'abbassamento del vertice durante il disarmo.

Ultimata la posa si procedeva con la gettata con malta di gesso e sabbia, oppure con malta di calce. Per realizzare la gettata le maestranze preparavano al di sopra della centina una struttura indipendente che non gravasse sulla centina stessa.

Se la struttura era realizzata in più strati per resistere meglio ai carichi era necessario che questi fossero in qualche modo legati in tutto il loro spessore.

Dopo aver realizzato la volta si procedeva al disarmo. Quest'operazione era delicata perché era necessario evitare rapidi assestamenti della volta, che avrebbe potuto deformarsi o crollare.

Alcune maestranze lasciavano passare anche un mese, ma questa prassi si mostrò deleteria; togliendo la centina quando la malta aveva già fatto presa, la volta si abbassava rapidamente e in seguito all'assestamento al suo interno si creavano delle lesioni, che potevano portare al collasso.

I trattati sottolineano la necessita di disarmare la volta gradualmente, anche se occorreva prestare attenzione a non disarmare troppo presto per non far nascere pressioni troppo elevate nei giunti, che avrebbero portato alla fuoriuscita della malta e quindi a cedimenti troppo elevati.

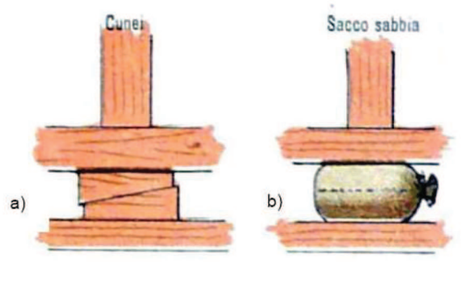


Figura 3.7 – Sistemi di disarmo delle volte.

Il disarmo progressivo si poteva ottenere attraverso un sistema tra centina e cavalletti di sostegno costituito da cunei an angolo acuto. Facendo scorrere l'uno sull'altro i cunei era possibile ottenere un abbassamento verticale e graduale della centina. Un sistema più semplice ed economico, che consentiva nell'eseguire il disarmo in maniera più regolare e senza scosse, era quello di collocare su ciascun cavalletto un sacco di tela pieno di sabbia, che tagliato si svuotava progressivamente attraverso l'ausilio di una piccola asta.

Nei locali interrati o seminterrati, quando le disponibilità economiche erano limitate, i locali venivano riempiti di terra e la disposizione dei mattoni era consentita attraverso uno strato di canne che gli isolava dalla terra, evitando così un'eccesiva aderenza.

Il disarmo avveniva tramite svuotamento attraverso le aperture lasciate nella muratura perimetrale.

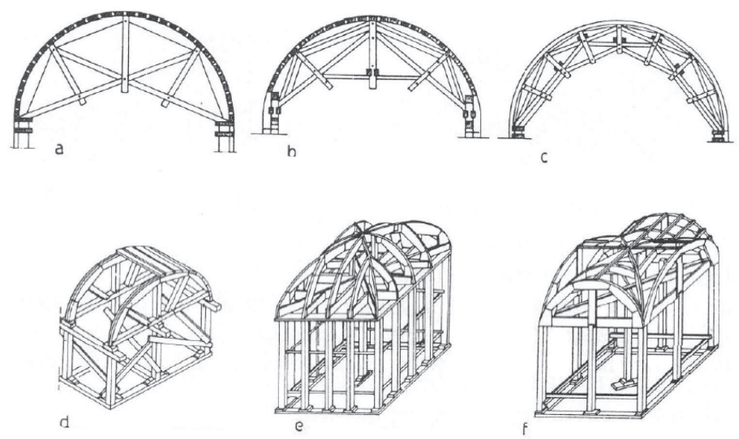


Figura 3.8 – Centine in legno con disposizione delle armature nel caso di volta a botte (d), padiglione (e)e crociera (f).

Oggi, purtroppo, molte di queste volte sono soggette all'intonacatura dell'intradosso; questo procedimento, seppur molto diffuso, non permette di osservare la disposizione degli elementi che vanno a costituire le volte ed è diffuso soprattutto ai piani fuori terra degli edifici. Questa usanza non ha consentito di effettuare una ricerca su un numero particolarmente consistente di questo tipo di elemento strutturale.

La valutazione e la classificazione delle volte è stata possibile soltanto ai piani interrati o seminterrati degli edifici; in questi ambienti, infatti, molto spesso le volte erano lasciate al rustico.

Le volte ai piani seminterrati erano molto spesso volte a botte realizzate con mattoni disposti di coltello, anche se, in palazzi di maggior importanza, non mancano volte a botte lunettate, come nel caso del Palazzo Ducale.

Per le volte a botte non lunettate sono stati individuati casi in cui i mattoni, disposti di coltello, avevano due tipi di tessiture, una longitudinale ed una a 45°.

Nelle volte con apparecchiatura longitudinale, *"volte a botte con apparecchio a disposizione radiale"*, ossia disponendo i corsi di mattoni paralleli alle linee d'imposta, era il metodo più semplice, ma presentava un inconveniente.

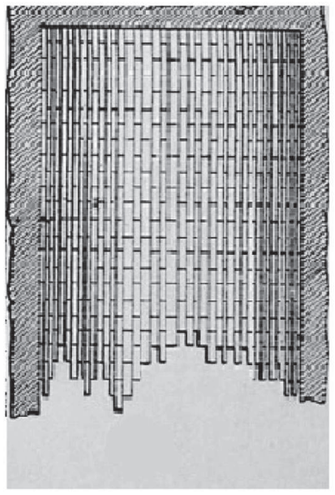


Figura 3.9 – Volta a botte con apparecchio a disposizione radiale.

In caso di luce notevole o nel caso in cui la freccia della volta era piuttosto ribassato, i giunti di chiave risultavano piuttosto paralleli e verticali e nella parte centrale la resistenza era affidata quasi unicamente alla coesione della malta.

In questi casi si preferiva procedere disponendo i mattoni a 45° rispetto ai lati della volta, è il caso delle *"volte a botte con apparecchio a disposizione ad archi obliqui"*.

Questa disposizione dei mattoni, nel caso delle volte individuate nel centro storico di Urbino, era caratterizzata dal fatto che i filari (inclinati di 45°), venivano disposti iniziando dai quattro angoli e procedendo in maniera simmetrica verso il centro della volta.

I filari dei mattoni risultano in questo caso archi zoppi che si incrociano lungo le due linee di mezzeria della volta e ciò richiedeva una maggiore abilità da parte degli esecutori. Con questa disposizione dei filari si individua anche un tentativo, da parte dei costruttori di far agire la spinta non solo sulla muratura longitudinale, ma in parte, anche su quelle in testa alla volta.

Le maestranze erano solite anche eseguire una disposizione dei filari di mattoni a 45° che si allineavano a partire dal centro e proseguendo verso il perimetro della volta; tuttavia non sono stati individuati casi simili nel centro storico di Urbino.

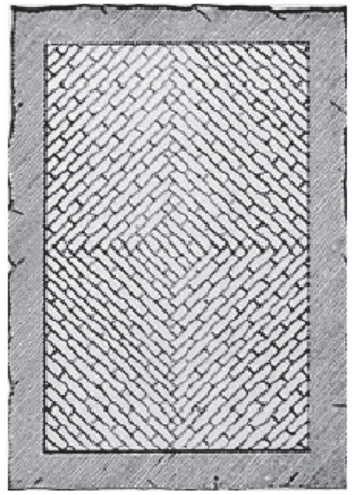


Figura 3.10 – Volta a botte con apparecchio a disposizione ad archi obliqui.

Le volte a crociera venivano utilizzate ai piani fuoriterra degli edifici, in particolare nei cortili e nei porticati esterni o nei pianerottoli dei vani scala. Anche le volte a crociera erano realizzate in laterizio con mattoni quasi esclusivamente disposti di coltello. I mattoni, in ciascuna delle unghie della volta, erano solitamente disposti perpendicolarmente all'arco d'imposta oppure con i filari perpendicolari alle costole diagonali. Questa seconda disposizione richiedeva una maggiore capacità tecnica delle maestranze, poiché i mattoni dovevano essere sagomati per consentire un innesto corretto.

Ai piani superiori degli edifici non mancavano altre due tipologie di volte realizzate in muratura; le prime sono le volte "a schifo" (termine derivante dalla somiglianza con la chiglia di piccole imbarcazioni utilizzate prevalentemente per la navigazione lagunare) quando la curvatura non consentiva di raggiungere il tutto sesto e volte a padiglione, realizzate in secoli più recenti, che rappresentava la soluzione ottimale per i solai di copertura del primo livello negli edifici antichi di maggiore importanza. L'altra tipologia è costituita dalle volte a padiglione, in queste gli elementi in laterizio, nel caso di Urbino, non erano più disposti di coltello ma in foglio parallelamente al piano d'imposta.

Oltre alle volte in muratura era diffuso ai piani superiori degli edifici del centro storico di Urbino l'utilizzo delle false volte in camorcanna che, data la loro leggerezza, si prestavano ottimamente alla copertura di grandi ambienti. Queste volte sono anche chiamate falsevolte, con cui si vuole indicare come queste superfici voltate siano realizzate con materiali alternativi a quelli tradizionali, ottenendo però lo stesso risultato formale ma con il vantaggio di essere strutture molto leggere. Queste finte volte sono indicate da Vitruvio con il termine di *"camara"* da cui il nome di volte a *camera-canna* o *camorcanna*. Il sistema costruttivo nasce dall'esigenza di tener sospesa una malta di intonaco per mascherare o abbellire le travi dei solai o per impreziosire gli ambienti interni. La tecnica costruttiva trae origine dai sistemi di centinatura utilizzati per archi e volte in muratura. Essa consisteva nel realizzare una struttura lignea principale con la tessitura rivolta generalmente secondo il lato più corto della sala da coprire. Le centine, che poggiavano direttamente sulle murature perimetrali, erano realizzate per sovrapposizione chiodata di più tavole e si collegavano alla muratura con zeppe di legno e malta. Queste centine erano poi controventate da sottomisure di legno. Al di sotto della struttura lignea si applicava il rivestimento fatto generalmente con stuoia di canne su cui, successivamente, si applicava l'intonaco. Le canne potevano essere intere o spezzate a metà o semplicemente schiacciate e connesse alla struttura lignea mediante chiodi a testa larga. In alcuni casi l'incannucciata era irrigidita con l'adozione di legature fatte col filo di rame e avvolte poi attorno alla testa dei chiodi.

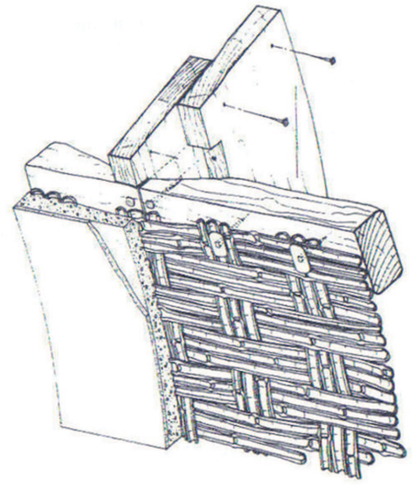


Figura 3.1 – Dettaglio della volta in "camorcanna".

3.5.3 I solai.

Di seguito è stata eseguita anche una valutazione dei solai orizzontali. È stato riscontrato che nel centro storico di Urbino, almeno nei pochi solai valutati, il materiale più utilizzato fosse il legno; questo sia nei solai d'interpiano sia nei solai di copertura.

Al procedere della costruzione i solai erano realizzati come elemento di copertura degli ambienti fino a quel momento realizzati ed avevano funzione sia di controventatura dei muri sia di punto di appoggio per la prosecuzione dell'opera muraria.

La tecnica più utilizzata nei solai del centro storico di Urbino era quella che prevedeva la realizzazione di un'orditura primaria costituita da travi lignee, con funzione portante e un'orditura secondaria in listelli o morali, finalizzata a supportare il manto di pianelle in laterizio o il tavolato ligneo. Le teste delle travi principali del solaio erano collocate negli alloggiamenti ricavati nel muro. In caso di luci elevate si aggiungeva un'altra orditura di travi detti arcarecci, disposta in senso ortogonale rispetto alle travi principali. Questi arcarecci avevano funzione portante ma di sezione minore rispetto alle travi principali.

Sopra lo strato di pianelle o il tavolato veniva posto uno strato di livellamento in malta utilizzato per il fissaggio del sovrastante pavimento. Nei solai individuati nel centro storico di Urbino è stato riscontato come, per quel che riguarda i Palazzi signorili più importanti, la

struttura portante, costituita dalle travi lignee, venisse rivestita all'intradosso. Questa procedura permetteva di coprire la struttura lignea rendendo il solaio più adatto agli ambienti di un palazzo signorile, anche perché il rivestimento poteva essere decorato o fungeva esso stesso da decorazione a seconda dei casi.

Questi solai, per il centro storico di Urbino, potevano essere solai di tavole a cassettoni, solai di tavole a lacunari e solai con travi lignee rivestite in camorcanna.

Il solaio a cassettoni era un tipo diffuso nell'edilizia di maggiore pregio, dove trova collocazione in ambienti di forme abbastanza regolari che consentono la realizzazione dei riquadri a cassettoni. I molari venivano appoggiati sulle travi e vincolati alle estremità col sistema di cornici ed andavano ad individuare lo spazio per l'inserimento delle bussole, ossia gli elementi lignei che andavano a costituire i vari cassettoni. La realizzazione di questi solai richiedeva una grande capacità da parte delle maestranze, soprattutto da parte dei falegnami, poiché la loro opera di disposizione degli elementi principali e secondari era predominante rispetto a quella dei muratori, che disponevano le travi ed andavano a realizzare massetto e pavimentazione.

La struttura portante del solaio a cassettoni risponde alle caratteristiche degli altri orizzontamenti. Alle travi di bordo non può essere assegnata una funzione statica rilevante, anche se la loro presenza determina miglioramenti nel comportamento strutturale, evitando che le campate laterali poggino direttamente sulla struttura muraria.

Nel solaio a cassettoni la struttura portante principale e secondaria resta in vista e, arricchita con elementi decorativi in legno, va a costituire i cassettoni da cui il nome di questa tipologia deriva.

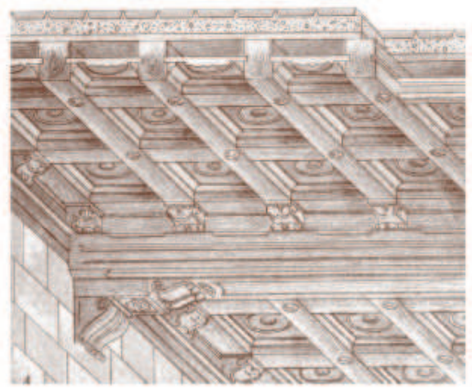


Figura 3.12 – Dettaglio solaio realizzato a cassettoni.

Nel solaio a lacunari la struttura portante, costituita da travi principale e molari, viene completamente coperta da un rivestimento. Questo rivestimento è generalmente ligneo ed è decorato esternamente in modo da arricchire gli ambienti sottostanti. Questi elementi di rivestimento vanno anche a svolgere una funzione di controvento del solaio stesso e lo rendono meno vulnerabile alle deformazioni.

Per quel che riguarda i solai in legno rivestiti in camorcanna si può sottolineare come la loro struttura e quindi la loro messa in opera, fosse riconducibile a quella dei solai lignei semplici; tuttavia in questa tipologia di solaio le travi principali, pur rimanendo visibili, erano rivestite da un incannccciato di camorcanna che proseguendo negli spazi tra le travi principali andava anche a controsoffittare l'orditura secondaria, rendendo l'intradosso del solaio più adatto all' ambiente di un palazzo signorile e più adatto ad essere decorato.

Nelle coperture la struttura lignea dei solai si arricchiva di un ulteriore elemento portante costituito dalle capriate lignee che svolgevano un ruolo fondamentale in caso di grandi luci, scaricando il peso del solaio sulle murature. La capriata è un elemento strutturale che si è mantenuto fino ai giorni nostri senza sostanziali modifiche; esso ha origini molto antichee la sua introduzione viene fatta risalire al periodo romano, dove si presentò il problema di coprire edifici di grande luce. Tale ipotesi viene discussa a partire dalla descrizione che Vitruvio fa del tempio Etrusco, costituito da *"[…] trabes compactiles, ossia travi accoppiate, appoggiate trasversalmente sulle colonne del pronao e sui muri della cella. Il colmareccio (columen) si appoggiava su di esse per mezzo di un supporto (tympanum), che poteva anche essere un pilastrino in muratura, e su di esse poggiavano nche travi longitudinali (mutoli)"*.

L'origine della capriata come da noi oggi intesa può essere però ricondotta alla seconda metà del XVI secolo con l'introduzione della capriata palladiana che serviva per coprire luci considerevoli.

In Italia si sono diffuse, a partire dal XV secolo, due modelli principali di capriate: quello a catena caricata e quello a triangolo indeformabile, molto più diffuso nel territorio nazionale rispetto al primo e quindi anche diffuso nel territorio di Urbino.

La differenza tra i due modelli è il tipo di collegamento tra catena e monaco. Il primo modello prevede il monaco che poggia sulla catena, mentre il secondo ha il monaco sollevato dalla catena stessa.

La capriata a triangolo indeformabile è una struttura isostatica appoggiata alle murature d'ambito, in cui la catena è sollecitata esclusivamente a trazione. Il monaco può essere

collegato alla catena attraverso una staffa metallica che ha la sola funzione di impedire l'eventuale inflessione della catena stessa.

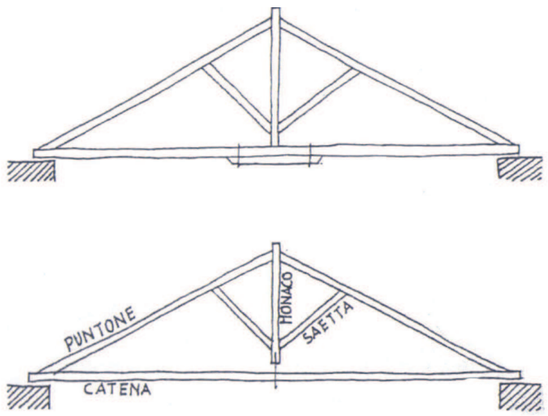


Figura 3.13 – Capriata a catena caricata (sopra) e capriata a triangolo indeformabile (sotto).

Il tipo di capriata diffusosi in un certo territorio è legato alla capacità tecnica delle maestranze, ma anche al tipo di legname disponibile, nonché al clima. Per quanto concerne la capacità delle maestranze, va messo in evidenza la maggiore precisione e accuratezza di lavorazione necessarie per l'esecuzione dei nodi della capriata a triangolo indeformabile. Infatti una cattiva esecuzione dei nodi della capriata comporterebbe l'instabilità di tale struttura a differenza di quella a catena caricata in cui la sovrabbondanza di aste riesce a sopperire gli inconvenienti dovuti ad una cattiva esecuzione. Nell'Italia centrale, e anche ad Urbino, il tipo di legname utilizzato era prevalentemente quercia o castagno, legni sensibili alle variazioni igrotermiche. L'utilizzo di questo legname contribuito alla diffusione del modello di capriata a triangolo indeformabile, dove il monaco sorregge la catena attraverso una staffa metallica e collega tra loro i punotni.

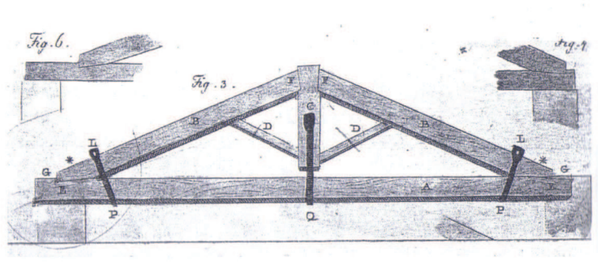


Figura 3.2 – Capriata a triangolo indeformabile.

Nel caso di solai di copertura, se gli ambienti erano di dimensioni considerevoli o di particolare importanza all'interno dell'edificio, il solaio veniva coperto con una volta, molto spesso in camorcanna. Si andava a coprire così la struttura lignea e si creava un ambiente coperto da una volta che era sempre decorata.

3.5.4 I cornicioni.

Sono elementi importanti che sottolineano prevalentemente le aperture, la sommità delle murature ed i marcapiani. I cornicioni del centro storico di Urbino sono molto spesso un semplice prolungamento del solaio di copertura; sono costituiti infatti da listelli di legno sormontati da pianelle. Questa caratteristica la è mantenuta sia nell'edilizia di base sia in alcuni nei palazzi più importanti nella storia della città, tra cui lo stesso Palazzo Ducale, che nella facciata posta su Piazza Rinascimento ha proprio questa caratteristica.

Non mancano comunque casi di cornicioni realizzati in pietra come nel caso del Palazzo dove trova sede la curia vescovile e la sede del vescovo.

Si riportano in seguito alcune tavole in cui si mostra la classificazione degli elementi architettonici del centro storico di Urbino di cui sopra parlato.

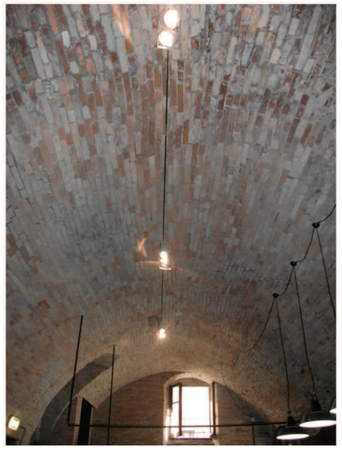
LE MURATURE

Muratura a sacco con paramento esterno in laterizio.
Faccia a vista con stuccatura non rabboccata.
Questa muratura appartiene ad una casa di edilizia minore del centro storico di Urbino in Via San Bartolo.

Muratura a sacco con paramento esterno in laterizio.
Faccia a vista con stuccatura rabboccata a raso.
Questa muratura appartiene ad una casa di edilizia minore del centro storico di Urbino in Via Budassi.

Muratura a sacco con paramento esterno in laterizio.
Faccia a vista con stuccatura con lavorazione a “cortina”.
Questa muratura appartiene alla facciata della Chiesa di Sant’Andrea Avellino.

LE VOLTE



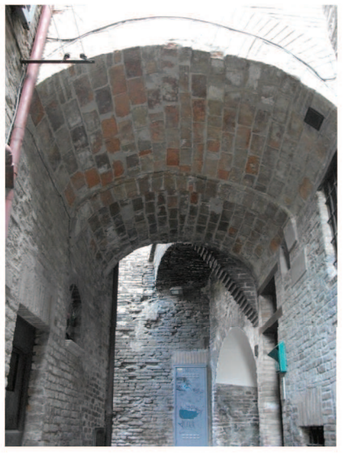
Volta a botte con apparecchio a disposizione radiale.
Questa volta si trova all’interno di Palazzo Bonaventura - Odasi in Via Valerio, 1.

Volta a botte con apparecchio a disposizione radiale.
Questa volta si trova all’interno di Palazzo Ducale.

LE VOLTE

Volta a botte con apparecchio a disposizione ad archi obliqui.
Questa volta si trova all'interno di Palazzo Ducale.

Volta a botte con apparecchio a disposizione radiale.
Questa volta si trova all'interno di Palazzo Passionei - Paciotti in Via Valerio, 9



Volta a botte con appparecchio a disposizione in foglio.
Questa volta si trova in Via dei Rivolti.

I SOLAI

Solaio con travi lignee rivestite in camorcanna
Questo solaio si trova all'interno di PAlazo Gherardi in PIazza Gherardi.

Solaio di tavole a cassettoni.
Questo solaio si trova all'interno di Palazzo Passionei - Paciotti in Via Valerio, 9.

Solaio di tavole e lacunari.
Questo solaio si trova nel sottoportico di Palazzo Bonaventura - Odasi in Via Valerio, 1.

I CORNICIONI

Cornicione realizzato con listelli lignei e pianelle.
Questo cornicione appartiene a Palazzo Passionei - Paciotti in Via Valerio, 9.

Cornicione realizzato con listelli lignei e pianelle.
Questo cornicione appartiene al palazzo d'angolo tra Via del Fiancale e Via Nuova.

Cornicione realizzato con listelli lignei e pianelle.
Questo cornicione appartiene a Palazzo Ducale.

I CORNICIONI

Cornicione realizzato in pietra.
Questo cornicione appartiene ad una casa di edilizia minore all'angolo tra Via del fiancale e Via pozzo nuovo.

Cornicione realizzato in pietra.
Questo cornicione appartiene al Teatro Sanzio

Cornicione realizzato in pietra.
Questo cornicione appartiene al palazzo dell'attuale sede vescovile.

BIBLIOGRAFIA – CAPITOLO 3:

1. **Giovannetti F.,** Manuale del recupero del Comune di Città di Castello, Roma, Edizioni DEI – Tipografia del Genio Civile, 1992.
2. **Mochi G.,** Primi contributi per uno studio delle tradizioni costruttive delle Marche: i materiali, in: Dell'acqua A.C., Degli Esposti V., Mochi G., Linguaggio edilizio e sapere costruttivo, Monfalcone, Edicom, 2008, pp. 267-278.
3. **Munafò P.,** Le capriate lignee antiche per i tetti a bassa pendenza: evoluzione, dissesti, tecniche d'intervento, Firenze, Allinea, 2002.
4. **Quagliarini E., D'Orazio M.,** Recupero e conservazione di volte in "camorcanna": dalla "regola dell'arte" alle tecniche d'intervento, Firenze, Allinea, 2005
5. **Ramazzotti L., Gulli R., Falzetti A., Mochi G.,** Le tradizioni del costruire nell'area mediterranea – tecniche, modelli, saperi, in: Dell'Acqua A.C., Degli Esposti V., Ferrante A., Mochi G., Tradizioni del costruire nel territorio nazionale, Firenze, Allinea, 2011, pp. 117 – 122.
6. **Sola E.,** Il complesso di San Giovanni in Monte: il rapporto tra storia della costruzione ed interventi di miglioramento delle prestazioni, Tesi di Laurea in Architettura tecnica II, Scuola di Ingegneria e Architettura – Alma Mater Studiorum – Università di Bologna, Corso di Laurea in Ingegneria Edile-Architettura, Relatore Prof. Ing. Giovanni Mochi, Anno Accademico 2012/13.
7. **Tomasoni E.,** Le volte in muratura negli edifici storici: tecniche costruttive e comportamento strutturale, Tesi di Dottorato di ricerca in Ingegneria delle Strutture – Modellazione, Conservazione e Controllo dei Materiali e delle Strutture, Università degli studi di Trento, Coordinatore del Dottorato Davide Bigoni, 2008.
8. **Torresi F.,** Manuale del recupero dei centri storici della Provincia di Ascoli Piceno, Acquaviva Picena, Fast Edit, 2004.
9. **Volpe G.,** Tecniche costruttive e analisi architettonica dei manufatti, estratto da: Anselmi S., Insediamenti rurali, case coloniche, economia del potere nella storia dell'agricoltura marchigiana, Jesi, CARISJ, 1985.

BIBLIOGRAFIA DELLE ILLUSTRAZIONI – CAPITOLO 3:

Figura 3.1 – **Mochi G.,** Primi contributi per uno studio delle tradizioni costruttive delle Marche: i materiali, in: Dell'acqua A.C., Degli Esposti V., Mochi G., Linguaggio edilizio e sapere costruttivo, Monfalcone, Edicom, 2008, p. 268.

Figura 3.2 – Immagine dell'autore.

Figura 3.3 - **Torresi F.,** Manuale del recupero dei centri storici della Provincia di Ascoli Piceno, Acquaviva Picena, Fast Edit, 2004, p. 217.

Figura 3.4 – Immagine dell'autore.

Figura 3.5 - **Tomasoni E.,** Le volte in muratura negli edifici storici: tecniche costruttive e comportamento strutturale, Tesi di Dottorato di ricerca in Ingegneria delle Strutture – Modellazione, Conservazione e Controllo dei Materiali e delle Strutture, Università degli studi di Trento, Coordinatore del Dottorato Davide Bigoni, 2008, p. 42.

Figura 3.6 - **Tomasoni E.,** Le volte in muratura negli edifici storici: tecniche costruttive e comportamento strutturale, Tesi di Dottorato di ricerca in Ingegneria delle Strutture – Modellazione, Conservazione e Controllo dei Materiali e delle Strutture, Università degli studi di Trento, Coordinatore del Dottorato Davide Bigoni, 2008, p. 42.

Figura 3.7 - **Tomasoni E.,** Le volte in muratura negli edifici storici: tecniche costruttive e comportamento strutturale, Tesi di Dottorato di ricerca in Ingegneria delle Strutture – Modellazione, Conservazione e Controllo dei Materiali e delle Strutture, Università degli studi di Trento, Coordinatore del Dottorato Davide Bigoni, 2008, p. 61.

Figura 3.8 - **Sola E.,** Il complesso di San Giovanni in Monte: il rapporto tra storia della costruzione ed interventi di miglioramento delle prestazioni, Tesi di Laurea in Architettura tecnica II, Scuola di Ingegneria e Architettura – Alma Mater Studiorum – Università di Bologna, Corso di Laurea in Ingegneria Edile-Architettura, Relatore Prof. Ing. Giovanni Mochi, Anno Accademico 2012/13, p. 162.

Figura 3.9 - **Tomasoni E.,** Le volte in muratura negli edifici storici: tecniche costruttive e comportamento strutturale, Tesi di Dottorato di ricerca in Ingegneria delle Strutture – Modellazione, Conservazione e Controllo dei Materiali e delle Strutture, Università degli studi di Trento, Coordinatore del Dottorato Davide Bigoni, 2008, p. 51.

Figura 3.10 - **Tomasoni E.,** Le volte in muratura negli edifici storici: tecniche costruttive e comportamento strutturale, Tesi di Dottorato di ricerca in Ingegneria delle Strutture – Modellazione, Conservazione e Controllo dei Materiali e delle Strutture, Università degli studi di Trento, Coordinatore del Dottorato Davide Bigoni, 2008, p. 51.

Figura 3.11 - **Quagliarini E., D'Orazio M.,** Recupero e conservazione di volte in "camorcanna": dalla "regola dell'arte" alle tecniche d'intervento, Firenze, Allinea, 2005, p. 16.

Figura 3.12 – Sito www.treccani.it/enciclopedia/solaio

Figura 3.13 - **Munafò P.,** Le capriate lignee antiche per i tetti a bassa pendenza: evoluzione, dissesti, tecniche d'intervento, Firenze, Allinea, 2002, p.32.

Figura 3.14 - **Munafò P.,** Le capriate lignee antiche per i tetti a bassa pendenza: evoluzione, dissesti, tecniche d'intervento, Firenze, Allinea, 2002, p.32.

4. VALUTAZIONE DELL'INDICE DI QUALITÁ MURARIA

4.1 Introduzione

Il riconoscimento e la valutazione delle caratteristiche meccaniche delle murature degli edifici esistenti è uno degli aspetti fondamentali del calcolo della sicurezza strutturale.

La valutazione della "qualità muraria" è un argomento ormai riconosciuto anche a livello normativo. Anche se non sono molto diffuse le conoscenze sulle diverse tipologie di murature e sulle tecniche costruttive, questa valutazione è uno degli argomenti focali per l'analisi del comportamento strutturale di una costruzione in muratura esistente.

La verifica di un edificio in muratura e la conseguente scelta del più idoneo intervento di adeguamento o di miglioramento deve scaturire da una profonda conoscenza delle caratteristiche costruttive del manufatto e dei parametri di resistenza della muratura.

4.2 La "regola dell'arte"

Per ottenere una muratura di buona qualità occorre osservare alcuni accorgimenti. La "regola dell'arte" è l'insieme degli accorgimenti costruttivi che devono essere eseguiti durante la costruzione di una muratura. Se durante tale procedimento si seguono queste regole allora saranno garantiti il buon comportamento della muratura, la sua compattezza e il monolitismo.

La "regola dell'arte" deriva da una pratica costruttiva tramandata nei secoli e dall'osservazione diretta del comportamento delle murature sia in fase statica sia sotto sisma.

Gli elementi che insieme costituiscono la "regola dell'arte" sono:

- Malta di buona qualità: Questo requisito è necessario per trasmettere e ripartire le azioni fra gli elementi della muratura in maniera uniforme e per portare le forze fino al terreno. La malta oltre a regolare il contatto tra gli elementi, assicura una certa resistenza di natura coesiva alla muratura. Tale contributo può diventare importante se mancano gli altri parametri della regola dell'arte in grado di garantire il monolitismo della muratura.
- Presenza di diatoni: Questo requisito impedisce la suddivisione della parete in più paramenti semplicemente costruiti uno a ridosso dell'altro e permette la distribuzione del carico su tutto lo spessore del muro. Si può soddisfare questo requisito attraverso la presenza di diatoni, ossia attraverso pietre che attraversano su tutto lo spessore della parete. Sono efficaci allo stesso modo elementi che non passano completamente la parete ma in grado di innestarne gran parte dello spessore, questi elementi sono detti semidiatoni.
- Elementi resistenti di forma squadrata: La presenza di due facce orizzontali sufficientemente piane assicura la mobilitazione delle forze d'attrito, cui si deve gran parte della capacità di una parete di resistere a sollecitazioni orizzontali ad essa complanari. L'attrito si mobilita principalmente per effetto della forza peso. Queste forze si massimizzano per le superfici di scorrimento ortogonali alla forza peso, dunque superfici orizzontali. Questo è uno dei requisiti necessari per ottenere un buon ingranamento fra gli elementi della parete.
- Presenza di sfalsamento tra i giunti verticali: Tale condizione, insieme alla forma squadrata degli elementi, permette "l'effetto catena", che fornisce una certa resistenza a trazione alla muratura. Inoltre, anche se gli elementi non sono squadrati, se si hanno giunti sfalsati si ottiene l'ingranamento fra gli elementi resistenti, detto anche "effetto incastro".
- Presenza di filari orizzontali: Questo requisito permette una buona distribuzione dei carichi verticali perché si ottiene un vincolo di appoggio orizzontale. L'orizzontalità dei filari assume importanza anche per contrastare le azioni sismiche poiché consente l'oscillazione attorno a cerniere cilindriche orizzontali senza danneggiare la muratura.
- Buona qualità degli elementi resistenti: Con questo requisito si evita che gli elementi siano intrinsecamente deboli, che siano forati o degradati.

4.3 Valutazione della qualità muraria e classificazione delle murature del centro storico.

Per attribuire un giudizio sulla qualità della muratura, come si è detto, è indispensabile valutare in che misura sono rispettati i parametri caratterizzanti le "regole dell'arte". Solo così si potrà arrivare ad avere una valutazione sintetica della qualità muraria.

Esprimere un giudizio sul rispetto di un dato elemento della regola dell'arte è difficile per diversi motivi.

Il primo di questi è che per conoscere la qualità occorre osservare diversi aspetti della muratura e alcuni di questi non possono essere valutati senza compiere delle indagini o saggi. Questo tipo di valutazione però non verrà affrontata in questo lavoro, in cui ci limiteremo ad una classificazione basata su un'analisi visiva delle murature.

Per valutare la qualità delle murature il primo passo è quello di riconoscere le situazioni limite, cioè quelle di rispetto e non rispetto dei dettami della "regola dell'arte". Quest'operazione non

risulta troppo complicata, ma i problemi nascono nel momento in cui si devono valutare le situazioni intermedie, e cioè quelle non riferibili né al rispetto né al mancato rispetto della "regola dell'arte".

Nel creare la scala di classificazione delle murature per la valutazione della qualità, sono state osservate diversi tipi di muratura del centro storico e basandosi su un esame visivo si è creato un sistema di classificazione valida non solo per le murature del centro storico di Urbino, ma utilizzabile su murature di altri centri storici dove per la costruzione è stato utilizzato il laterizio faccia a vista.

La tipologia muraria prevalente nel centro storico di Urbino è, come precedentemente esposto, il muro a sacco.

Il problema principale di questa tipologia muraria è la perdita di stabilità che si può manifestare in presenza di azioni disposte ortogonalmente alla costruzione, come nel caso di un evento sismico. L'incremento di monoliticità trasversale può essere influenzato da diversi parametri ed è su questi parametri che ci si è basati per la valutazione della qualità delle murature a sacco di Urbino.

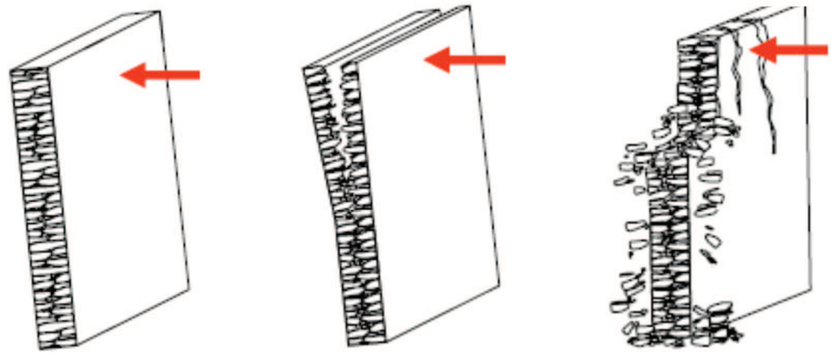


Figura 4.1 – Effetto delle azioni orizzontali su un elemento murario con elevata, media e bassa monoliticità.

La qualità della malta oltre ad avere funzione di ordine costruttivo attraverso la regolarizzazione dei contatti e la diffusione delle azioni localizzate fornisce un contributo supplettivo di coesione tra gli elementi. Ciò è particolarmente utile quando gli apparecchi murari risultano costituiti da elementi di piccole dimensioni o quando non è presente un efficace sistema di ingranamento trasversale, ossia c'è poca presenza di diatoni. Il contributo fornito dalla malta può essere considerato come ausilio della qualità costruttiva e strutturale, ma non sufficiente a fornire garanzie di stabilità e resistenza in caso di cattiva organizzazione dell'apparecchiatura muraria.

L'apparecchiatura muraria è un importante parametro; un'apparecchiatura il più possibile regolare, in cui si ha l'alternanza di teste e di liste di mattoni, garantisce la presenza nel paramento di muri a sacco di diatoni distribuiti su tutta la parete con una certa uniformità e quindi un buon ingranamento trasversale della muratura che la coinvolge nel suo insieme e non in una zona limitata.

È altrettanto importante che ci sia allineamento orizzontale dei giunti.

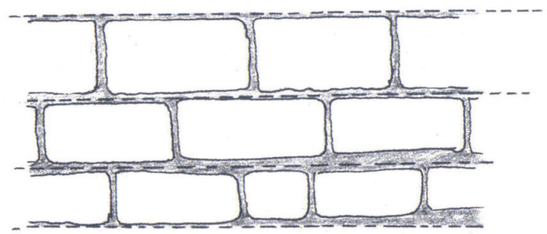


Figura 4.2 – Allineamento orizzontale dei giunti.

Questa caratteristica fa si che ci sia un buon appoggio per i vari filari dei mattoni. È importante che i mattoni siano allineati per contrastare le azioni sismiche, infatti, con giunti orizzontali allineati si creano, in caso di sisma, cerniere cilindriche attorno a cui può avvenire l'oscillazione senza danneggiare la muratura.

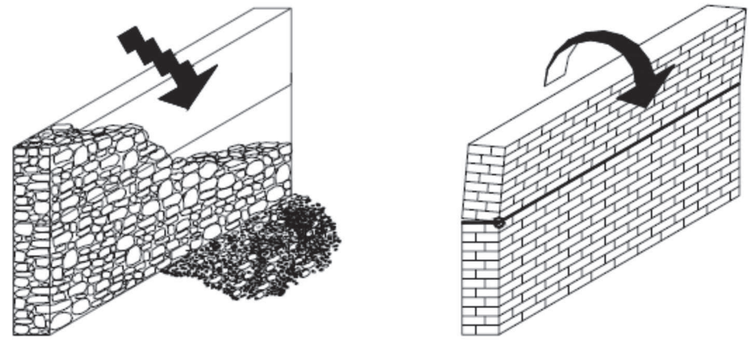


Figura 4.3 – Importanza dell'allineamento orizzontale dei giunti per la creazione di cerniere cilindriche.

Se invece si considerano i giunti verticalmente questi devono risultare sfalsati e quindi il giunto verticale della fila sovrastante dei mattoni deve cadere a circa metà del mattone della fila sottostante. Ogni elemento del paramento murario, infatti, accoglie l'azione generata da ciò che gli sta sopra e lo trasferisce, secondo la variabilità dei contatti reciproci e della presenza di legante, agli elementi di contorno. Quindi lo sfalsamento dei giunti, e di conseguenza dei mattoni che costituiscono il paramento murario, garantisce una miglior distribuzione delle azioni che gravano sulla muratura su più elementi; se non ci fosse tale sfalsamento la diffusione delle azioni sarebbe debole e circostanziata, e si genererebbero carichi concentrati in porzioni ridotte della sezione muraria. Al contrario lo sfalsamento garantisce dei giunti e l'ingranamento dei mattoni sul piano della parete garantiscono una distribuzione più diffusa nel piano della muratura.

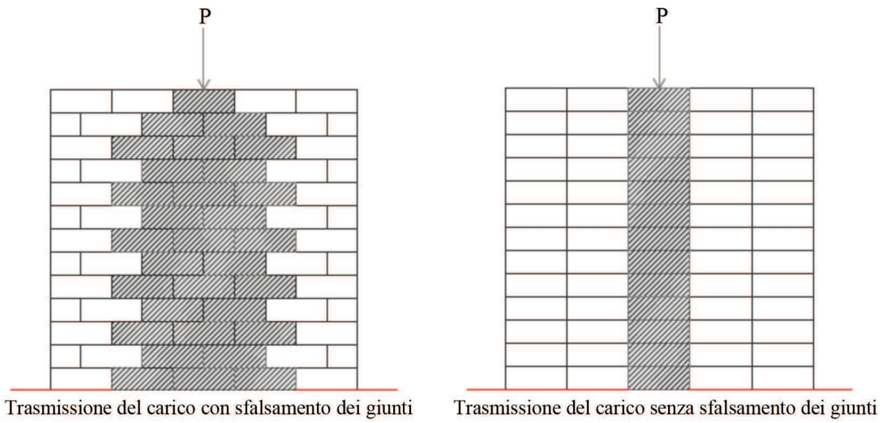


Figura 4.4 – Trasmissione dl carico con sfalsamento dei giunti (a sinistra) e senza sfalsamento dei giunti (a destra).

Infine ci si è concentrati sull'osservazione dei tipi di mattoni utilizzati, osservando la loro omogeneità o disomogeneità sulla parete, in modo da individuare la presenza o l'assenza sia dell'uniformità cromatica sia dell'uniformità dimensionale degli elementi, in modo da capire se la muratura è stata realizzata con mattoni appositamente fabbricati oppure con materiali di recupero.

Si è anche verificata la presenza o meno di interventi di epoca successiva a quella certa o presunta di costruzione dell'edificio a cui appartengono le varie murature.

In base ai parametri sopra elencati si sono andate a creare cinque categorie differenti per le murature del centro storico. Per ognuna di esse è stato definito il rispetto, il non rispetto o il parziale rispetto dei parametri osservati basati sui dettami della "regola d'arte".

Le categorie così create sono le seguenti:

Classe 1 – Muratura con paramento esterno di bassa qualità.
- Scarsità di elementi disposti in lista.
- Grande disuniformità cromatica e formale.

Classe 2 – Muratura con paramento esterno di mediocre qualità.
- Possibile riutilizzo di materiali di recupero.
- Possibile differenza di fasi costruttive.

Classe 3 – Muratura con paramento esterno di buona qualità.
- Alternanza liste e punte nell'apparecchiatura muraria.
- Chiara alternanza dei filari.
- Possibile fase unica di costruzione.

Classe 4 – Muratura con paramento esterno di ottima qualità.
- Perfetta regolarità degli elementi esterni.
- Fase unica di costruzione.

Classe 5 – Muratura rimaneggiata negli ultimi decenni.
- Apparecchiatura in disaccordo con le regole dell'arte.
- Disposizione degli elementi esterni lasciate al criterio degli operatori.

Casa su Via San Bartolo.

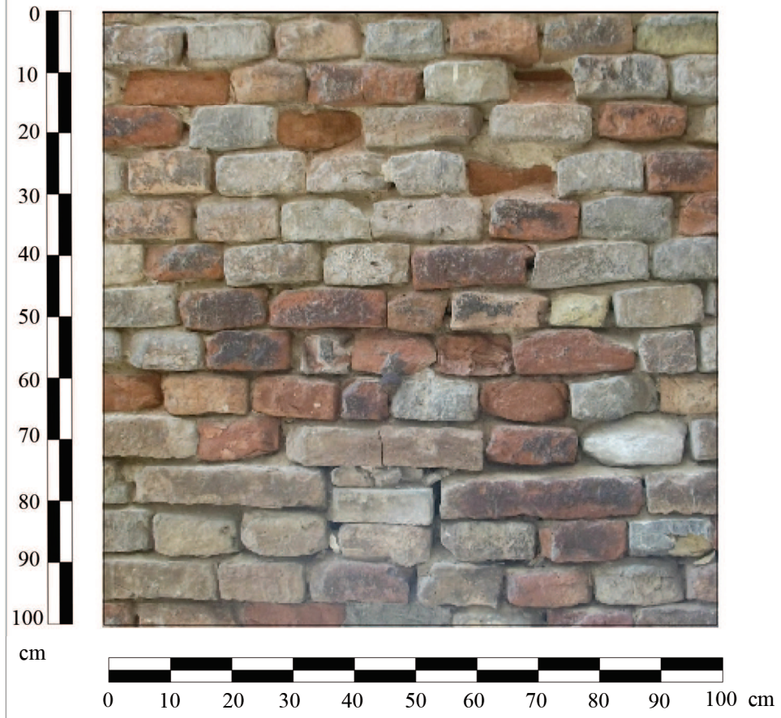
Via San Bartolo, 12

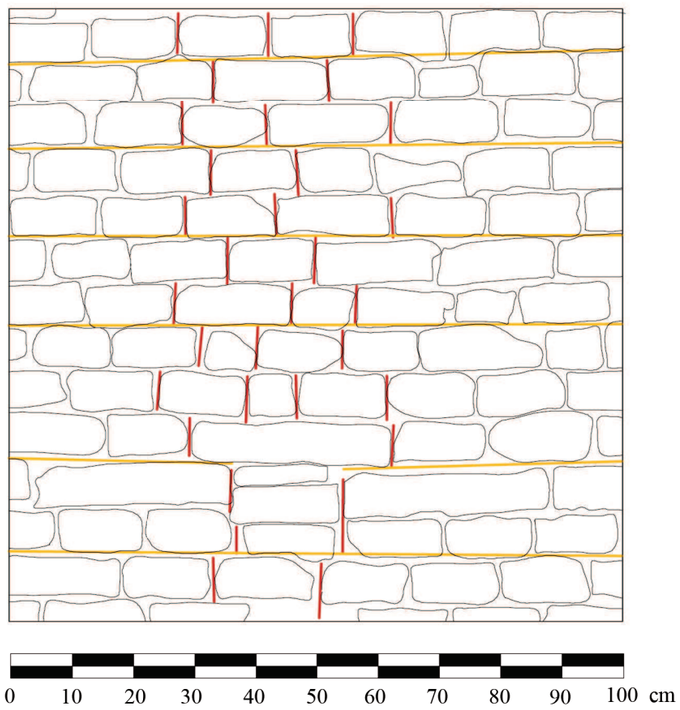
Probabile costruzione del XII-XIII secolo.

Qualità della malta → Bassa:
I giunti risultano molto degradati ed erosi.
Probabilmente gli strati di malta non sono mai stati realizzati in maniera ottimale, si può osservare dalla mancanza di malta nella parte esterna della parete.

Forma e dimensioni degli elementi → Mediocre:
Il paramento esterno si presenta formato dalla compresenza di elementi irregolari e mattoni.
Inoltre in alcuni punti della parete , in presenza di elementi irregolari sono inserite zeppe.
Gli elementi hanno forma, colore e dimensione molto variabile.

Qualità dell'apparecchiatura muraria → Bassa:
Gli elementi del paramento esterno si presentano disposti quasi del tutto di testa. Il paramento esterno presenta infatti molte teste e poche liste.





Presenza di filari orizzontali → Mediocre:
L'orizzontalità dei filari è rispettata su gran parte della parete, ma in alcuni punti sono presenti sfalsamenti.

Sfalsamento verticale dei giunti → Basso:
Il paramento esterno risulta formato da sole teste di mattone e anche se lo sfalsamento dei giunti in parte della parete è rispettato la qualità è comunque bassa, poichè la parete risulta comunque vulnerabile alle azioni sismiche.

Classe 1 - Muratura con paramento esterno di bassa qualità.

Casa in Via dei rivolti.

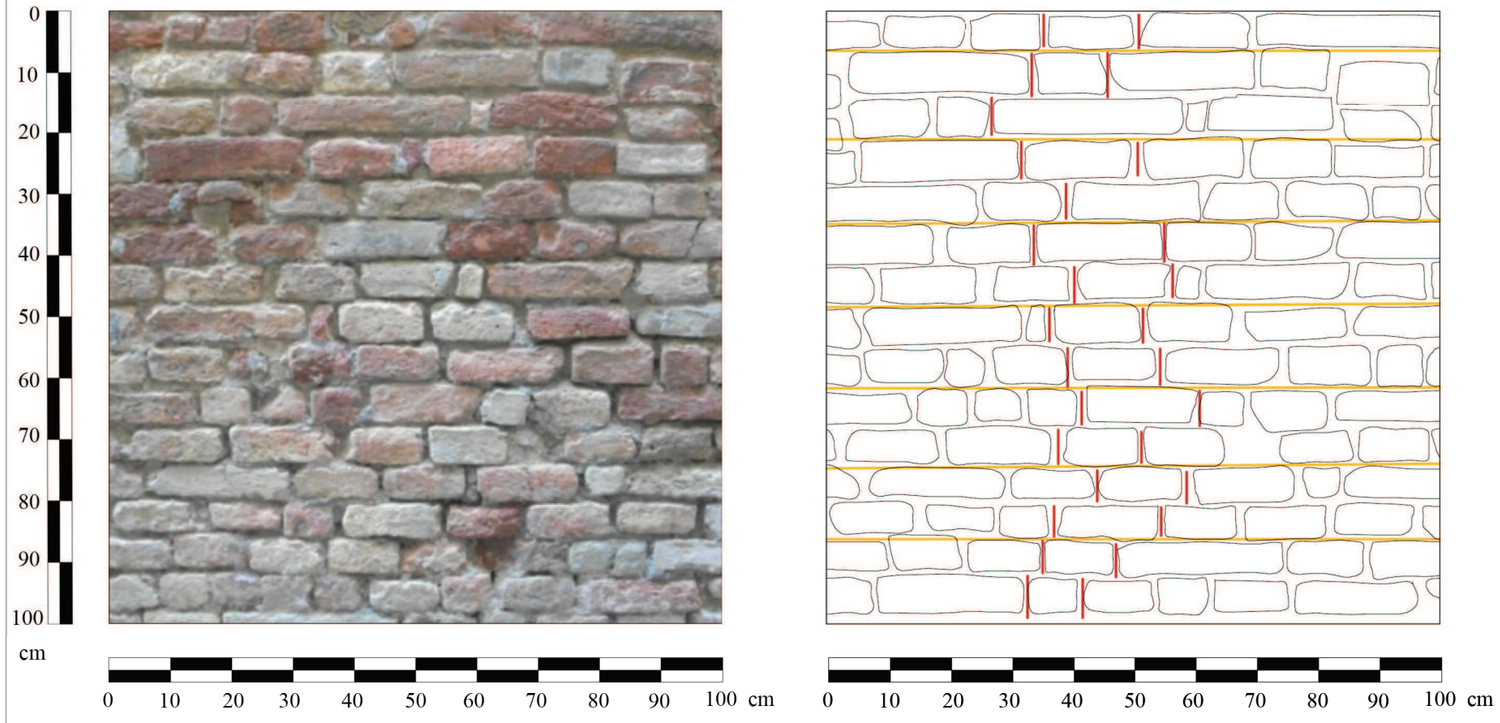
Via dei rivolti,

Probabile costruzione del XII-XIII secolo.

Qualità della malta → Bassa:
I giunti risultano molto degradati ed erosi.
Probabilmente gli strati di malta non sono mai stati realizzati in maniera ottimale, si può osservare dalla mancanza di malta nella parte esterna della parete.

Forma e dimensioni degli elementi → Mediocre:
Il paramento esterno si presenta formato dalla compresenza di elementi irregolari e mattoni.
Inoltre in alcuni punti della parete , in presenza di elementi irregolari sono inserite zeppe.
Gli elementi hanno forma, colore e dimensione molto variabile.

Qualità dell'apparecchiatura muraria → Bassa:
Gli elementi del paramento esterno si presentano disposti quasi del tutto di testa. Il paramento esterno presenta infatti molte teste e poche liste.



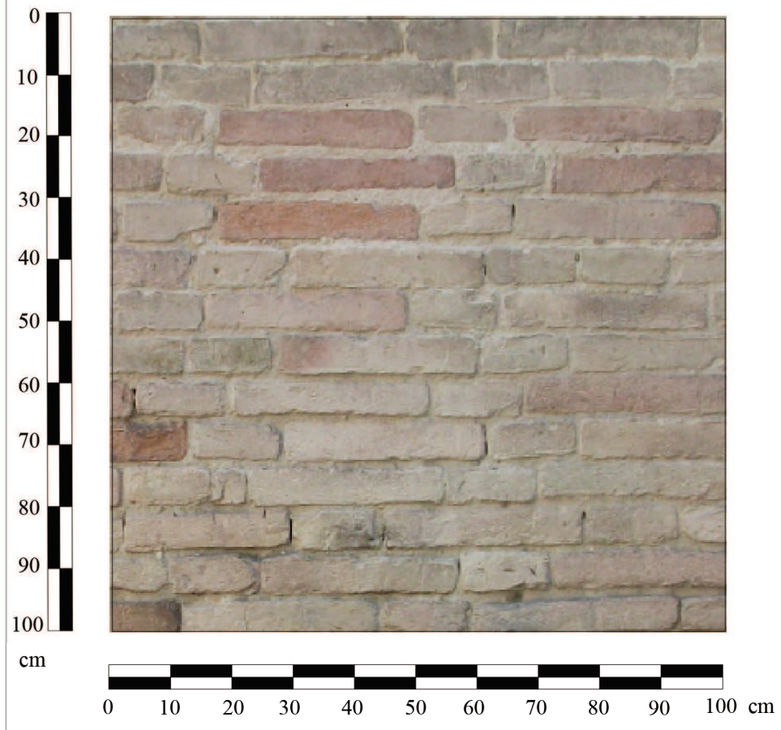
Presenza di filari orizzontali → Mediocre:
L'orizzontalità dei filari è rispettata su gran parte della parete, ma in alcuni punti sono presenti sfalsamenti.

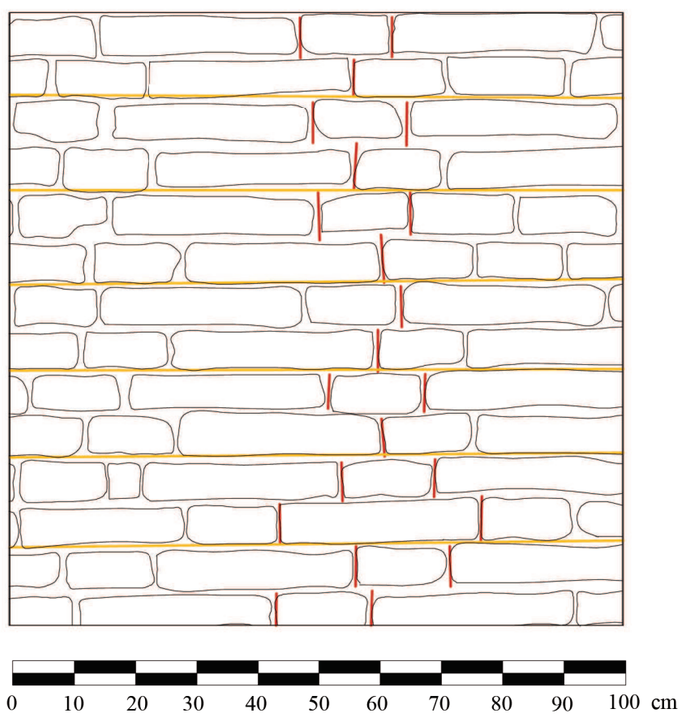
Sfalsamento verticale dei giunti → Basso:
Il paramento esterno risulta formato da sole teste di mattone e anche se lo sfalsamento dei giunti in parte della parete è rispettato la qualità è comunque bassa, poichè la parete risulta comunque vulnerabile alle azioni sismiche.

Classe 1 - Muratura con paramento esterno di bassa qualità.

Palazzo in Via Budassi - Angolo Via San Bartolo.

Via Budassi, 53.





Classe 2 - Muratura con paramento esterno di mediocre qualità.

Qualità della malta → Mediocre:
I giunti non risultano eccessivamente degradati ed erosi.
Probabilmente gli strati di malta non sono mai stati realizzati in maniera ottimale, si può osservare dalla mancanza di malta nella parte esterna della parete.

Forma e dimensioni degli elementi → Mediocre:
Il paramento esterno si presenta formato da mattoni.
I mattoni hanno colore variabile, probabilmente sono mattoni di recupero. Le dimensioni sono all'incirca di 32,5x14,5x5 centimetri.

Qualità dell'apparecchiatura muraria → Mediocre:
Il paramento esterno si presenta irregolare.
La disposizione degli elementi è sia di testa che di lista, ma privo di regolarità.

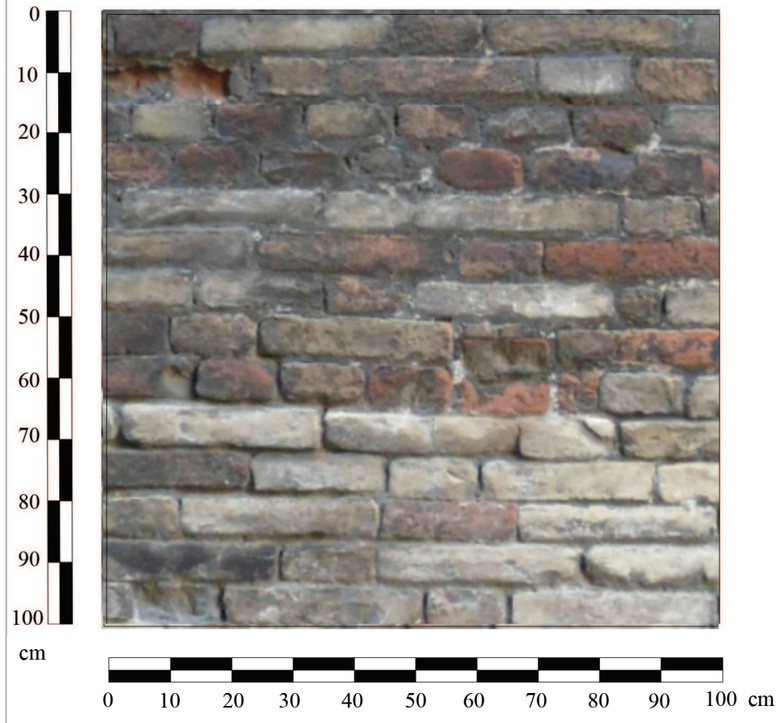
Presenza di filari orizzontali → Mediocre:
L'orizzontalità dei filari è rispettata su gran parte della parete, ma in alcuni punti sono presenti sfalsamenti.

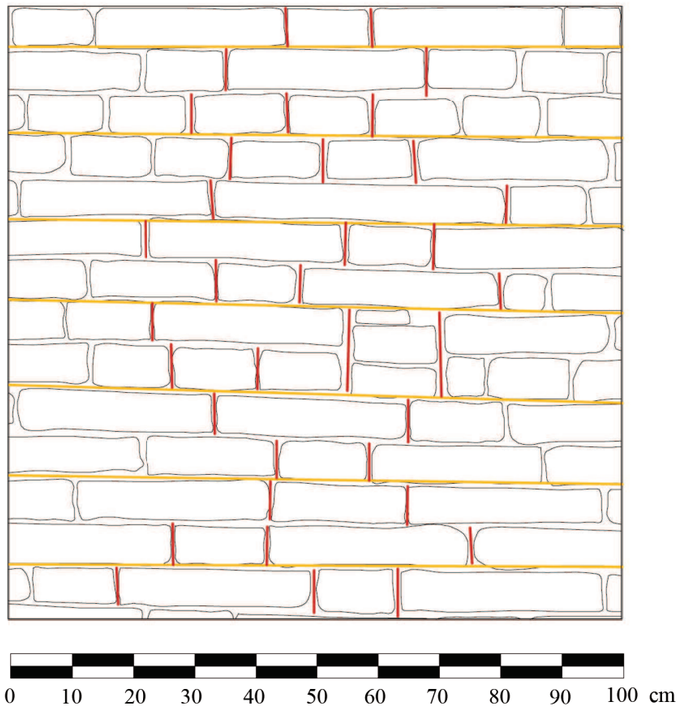
Sfalsamento verticale dei giunti → Mediocre:
Il paramento esterno risulta formato da teste e liste di mattone e anche se lo sfalsamento dei giunti in parte della parete è rispettato la qualità è comunque mediocre, poichè la parete risulta comunque vulnerabile alle azioni sismiche.

Palazzo Gherardi - Porzione su Via Valerio.

Via Valerio, 11

Probabile costruzione del XII-XIII secolo.
Annessione a Palazzo Gherardi XIX secolo.





Classe 2 - Muratura con paramento esterno di mediocre qualità.

Qualità della malta → Mediocre:
I giunti non risultano eccessivamente degradati ed erosi.
Probabilmente gli strati di malta non sono mai stati realizzati in maniera ottimale, si può osservare dalla mancanza di malta nella parte esterna della parete.

Forma e dimensioni degli elementi → Mediocre:
Il paramento esterno si presenta formato da mattoni.
Inoltre in alcuni punti della parete , in presenza di elementi irregolari sono inserite zeppe.
I mattoni hanno colore variabile, probabilmente sono mattoni di recupero. Le dimensioni sono all'incirca di 32x15x6 centimetri.

Qualità dell'apparecchiatura muraria → Mediocre:
Il paramento esterno si presenta molto irregolare.
La disposizione degli elementi è sia di testa che di lista, ma è casuale e crea un'apparecchiatura irregolare.

Presenza di filari orizzontali → Mediocre:
L'orizzontalità dei filari è rispettata su gran parte della parete, ma in alcuni punti sono presenti sfalsamenti.

Sfalsamento verticale dei giunti → Mediocre:
Il paramento esterno risulta formato da teste e liste di mattone e anche se lo sfalsamento dei giunti in parte della parete è rispettato la qualità è comunque mediocre, poichè la parete risulta comunque vulnerabile alle azioni sismiche.
In certe parte del paramento lo sfalsamento è inoltre del tutto assente.

Palazzo Ducale.

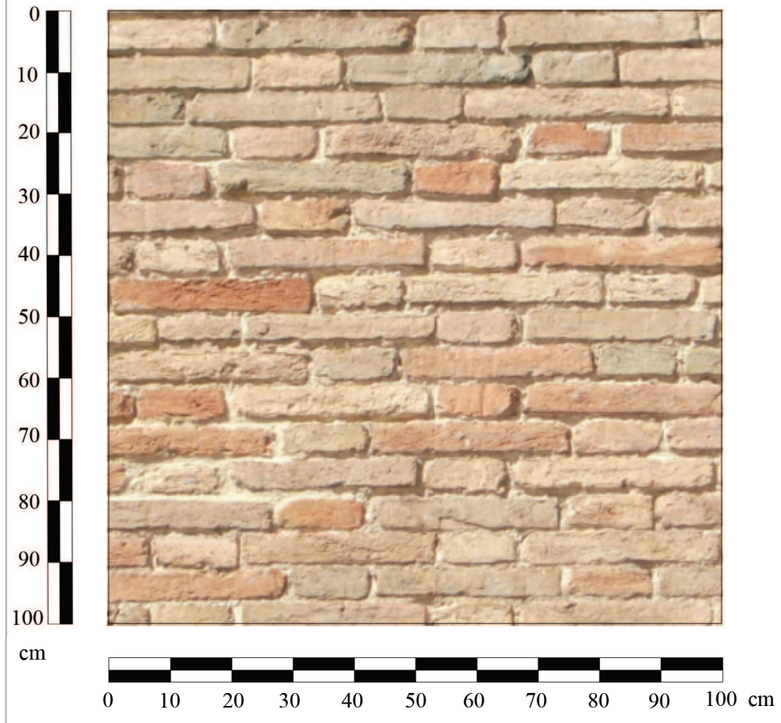
Piazza Duca Federico

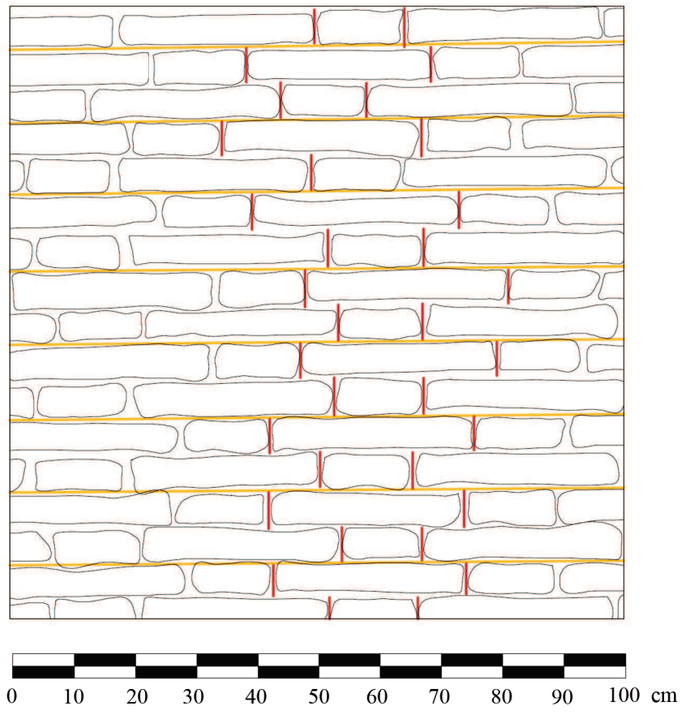
Costruzione del XV secolo.

Qualità della malta → Buona:
I giunti risultano in buono stato e ben conservati, non risultano di dimensione eccessiva rispetto agli elementi del paramento murario.

Forma e dimensioni degli elementi → Buona:
Il paramento esterno si presenta formato da mattoni di colore abbastanza regolare.
Anche la loro forma è regolare e le dimensioni sono di circa 32x13,5x5 centimetri.
La regolarità di colore e forma porta a pensare che non si tratti di materiale di recupero.

Qualità dell'apparecchiatura muraria → Buona:
Il paramento esterno si presenta regolare.
La disposizione degli elementi è sia di testa che di lista, è uniforme e crea un'apparecchiatura regolare.





Presenza di filari orizzontali → Buona:
L'orizzontalità dei filari è rispettata su gran parte della parete senza presentre interruzioni di continuità.

Sfalsamento verticale dei giunti → Buono:
Il paramento esterno risulta formato da teste e liste di mattone, perciò lo sfalsamento dei giunti nella parete è rispettato. La qualità è buona poichè il giunto verticale degli elementi del filare superiore cadono a circa metà degli elementi del filare inferiore.

Classe 3 - Muratura con paramento esterno di buona qualità.

Palazzo su Via del fiancale.

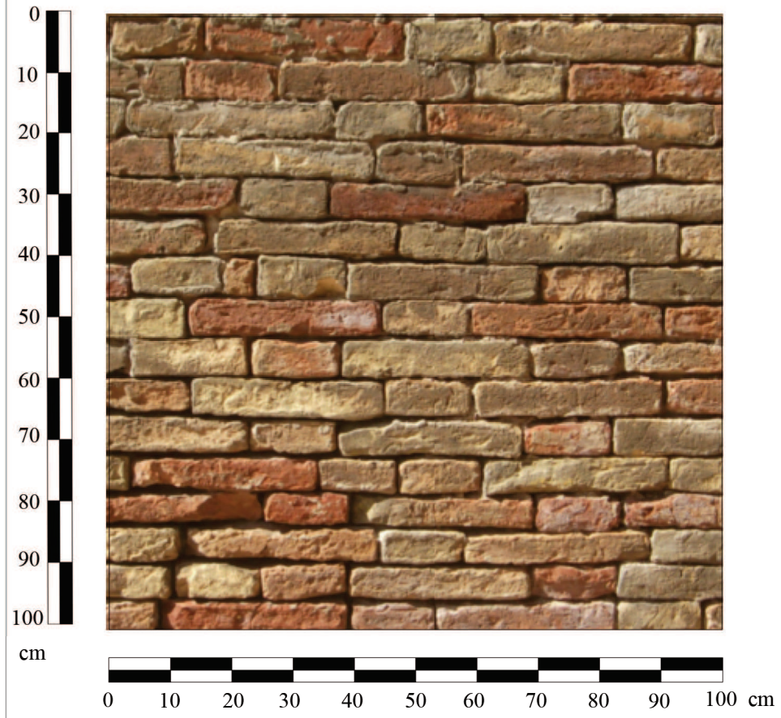
Via del fiancale, 12

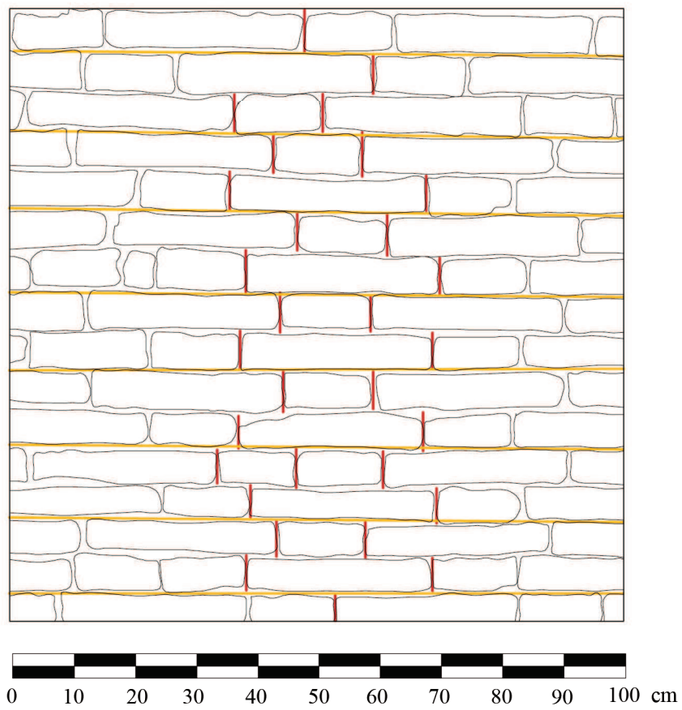
Costruzione del XVI secolo.

Qualità della malta → Buona:
I giunti risultano in buono stato e ben conservati, non risultano di dimensione eccessiva rispetto agli elementi del paramento murario.

Forma e dimensioni degli elementi → Buona:
Il paramento esterno si presenta formato da mattoni di colore abbastanza regolare.
Anche la loro forma è regolare e le dimensioni sono di circa 31x13,5x5 centimetri.
La regolarità di colore e forma porta a pensare che non si tratti di materiale di recupero.

Qualità dell'apparecchiatura muraria → Buona:
Il paramento esterno si presenta regolare.
La disposizione degli elementi è sia di testa che di lista, è uniforme e crea un'apparecchiatura regolare.





Presenza di filari orizzontali → Buona:
L'orizzontalità dei filari è rispettata su gran parte della parete senza presentre interruzioni di continuità.

Sfalsamento verticale dei giunti → Buono:
Il paramento esterno risulta formato da teste e liste di mattone, perciò lo sfalsamento dei giunti nella parete è rispettato. La qualità è buona poichè il giunto verticale degli elementi del filare superiore cadono a circa metà degli elementi del filare inferiore.

Classe 3 - Muratura con paramento esterno di buona qualità.

Teatro Sanzio.

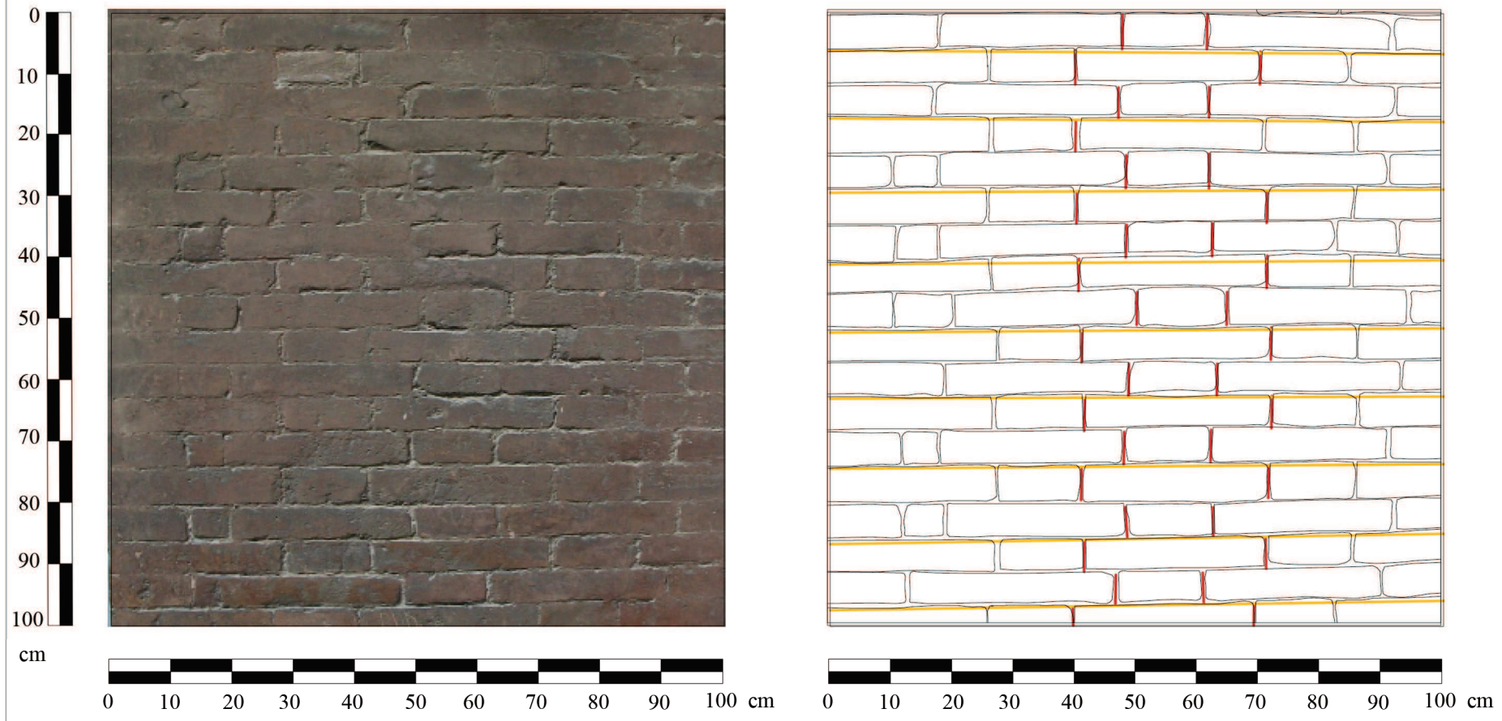
Corso Garibaldi

Costruzione del XIX secolo.

Qualità della malta → Ottima:
I giunti risultano in ottimo stato e ben conservati, non risultano di dimensione eccessiva rispetto agli elementi del paramento murario.

Forma e dimensioni degli elementi → Ottima:
Il paramento esterno si presenta formato da mattoni di colore del tutto uniforme.
Anche la loro forma è regolare e le dimensioni sono di circa 30x14x5,5 centimetri.
La regolarità di colore e forma porta a pensare che si tratti di materiale prodotto appositamente per l'edificio in questione.

Qualità dell'apparecchiatura muraria → Ottima:
Il paramento esterno si presenta molto regolare.
La disposizione degli elementi è sia di testa che di lista, è uniforme e crea un'apparecchiatura molto regolare.



Presenza di filari orizzontali → Buona:
L'orizzontalità dei filari è rispettata su gran parte della parete senza presentre interruzioni di continuità.

Sfalsamento verticale dei giunti → Buono:
Il paramento esterno risulta formato da teste e liste di mattone, perciò lo sfalsamento dei giunti nella parete è rispettato. La qualità è buona poichè il giunto verticale degli elementi del filare superiore cadono a circa metà degli elementi del filare inferiore.

Classe 4 - Muratura con paramento esterno di ottima qualità.

Oratorio sant'Andrea Avellino.

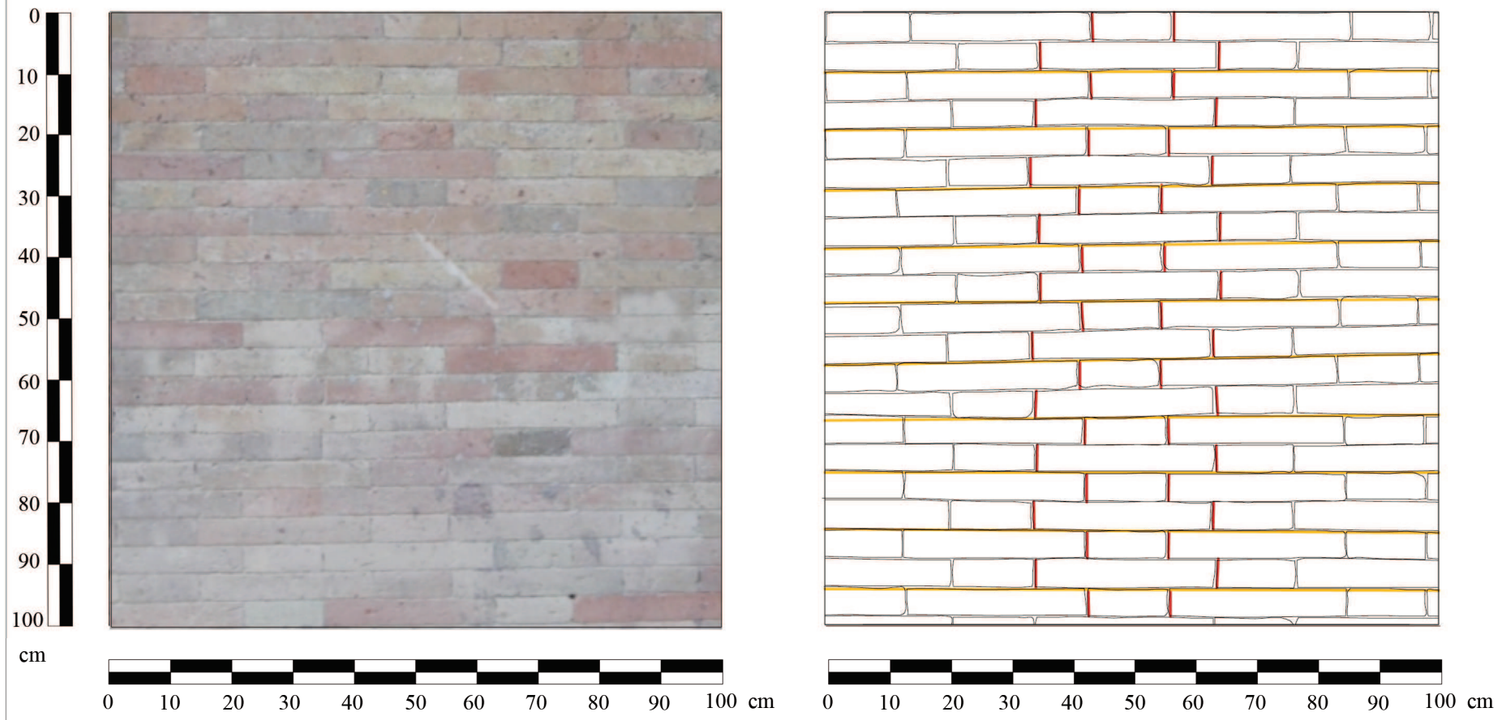
Via Budassi

Costruzione della prima metà del XVIII secolo.

Qualità della malta → Ottima:
I giunti risultano in ottimo stato e ben conservati, non risultano di dimensione eccessiva rispetto agli elementi del paramento murario.

Forma e dimensioni degli elementi → Ottima:
I mattoni del paramento esterno risultano molto uniformi da un punto di vista formale, le dimensioni sono di circa 30x13x4,5 centimetri.
La colorazione è varia, ma il paramento si presenta comunque molto omogeneo.

Qualità dell'apparecchiatura muraria → Ottima:
Il paramento esterno si presenta molto regolare.
La disposizione degli elementi è sia di testa che di lista, è uniforme e crea un'apparecchiatura molto regolare.



Presenza di filari orizzontali → Buona:
L'orizzontalità dei filari è rispettata su gran parte della parete senza presentre interruzioni di continuità.

Sfalsamento verticale dei giunti → Buono:
Il paramento esterno risulta formato da teste e liste di mattone, perciò lo sfalsamento dei giunti nella parete è rispettato. La qualità è buona poichè il giunto verticale degli elementi del filare superiore cadono a circa metà degli elementi del filare inferiore.

Classe 4 - Muratura con paramento esterno di ottima qualità.

Palazzo Odasi.

Via Valerio, 1

Probabile costruzione del XIV-XV secolo.
Interventi degli ultimi decenni.

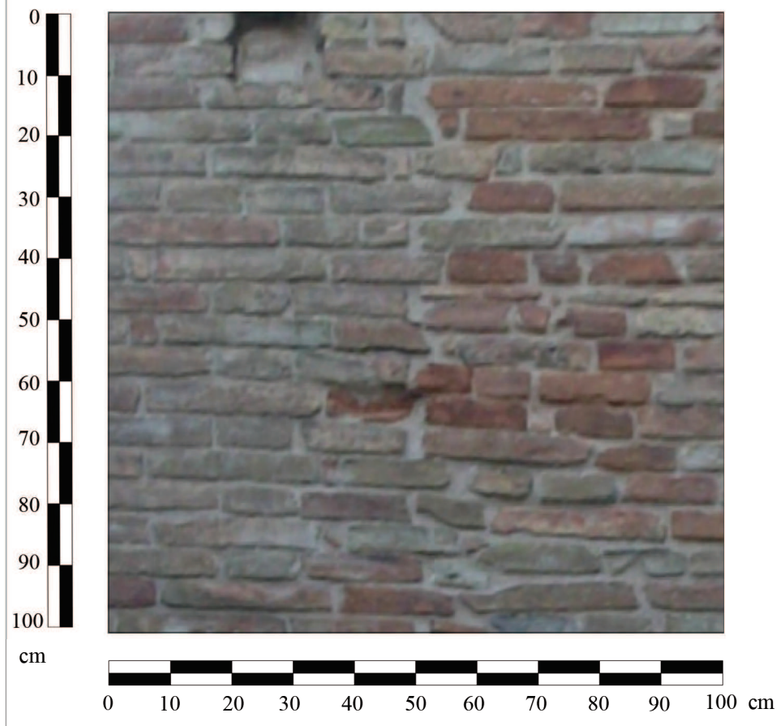
Qualità della malta → Buona:
I giunti risultano in buono stato e ben conservati, non risultano di dimensione eccessiva rispetto agli elementi del paramento murario.

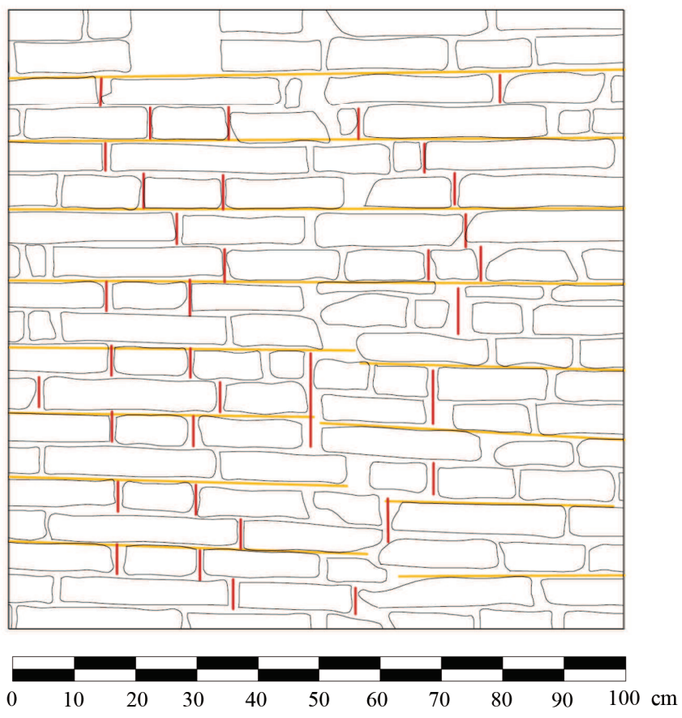
Forma e dimensioni degli elementi → Mediocre:
Il paramento esterno si presenta formato da mattoni.
Gli elementi hanno forma, colore e dimensione molto variabile. Si presenta molto differenziato e presenta mattoni disposti sia di testa che di lista.

Qualità dell'apparecchiatura muraria → Bassa:
Gli elementi del paramento esterno si presentano disposti quasi del tutto di testa nella parte originale della muratura. Mentre nella parte oggetto d'intervento l'apparecchiatura è stata affidata al criterio degli operatori e presenta una certa alternanza tra teste e liste.

Presenza di filari orizzontali → Bassa:
L'orizzontalità dei filari è rispettata in minima parte. Nel punto di congiunzione tra paramento originale e quello del nuovo intervento c'è una marcata discontinuità nei filari orizzontali.

Sfalsamento verticale dei giunti → Basso:
Il paramento esterno presenta sfalsamento dei giunti nella sola parte oggetto dei recenti interventi. Mentre nella parte originale lo sfalsamento dei giunti è poco rispettato.





Classe 5 - Muratura rimaneggiata negli ultimi decenni presentante un'apparecchiatura in disaccordo con le regole dell'arte.

4.4 Calcolo degli indici di qualità muraria nelle murature del centro storico.

Nel valutare la qualità delle murature classificate secondo il criterio in precedenza illustrato, si è cercato di individuare un metodo di misurazione da eseguire sul paramento murario a vista che potesse fornire un'indicazione circa la qualità della muratura.

Si è partiti considerando una superficie del paramento murario di un metro quadrato, e su di essa, partendo dall'alto, si sono misurati tutti i giunti verticali ed orizzontali cercando di non misurare mai lo stesso tratto più di una volta.

Si è scelto di considerare quattro linee complete in ogni metro quadrato, ossia linee che attraversano il riquadrato dal basso verso l'altro, senza mai ripetersi. Nel caso fossero state presenti più di quattro linee si è scelto di considerare le quattro con lunghezza minore.

Questa procedura è stata fatta per le murature delle classi 1, 2, 3 e 4 per ottenere una differenziazione della lunghezza dei giunti, contenuti in un metro quadrato di superficie, tra murature che presentano paramento murario di bassa, mediocre, buona ed ottima qualità.

Lo scopo è stato quello di individuare una differenza nella lunghezza dei giunti, in modo da individuare un parametro, che attraverso la sua misurazione, consentisse di conoscere la qualità della muratura. Si è pensato di chiamare questo parametro "linea di minimo tracciato" – LMT; queste linee attraversano verticalmente la porzione di muratura considerata senza mai intersecarsi e senza mai tagliare i mattoni. La loro somma individua la lunghezza dei giunti presenti in un metro quadrato di paramento murario.

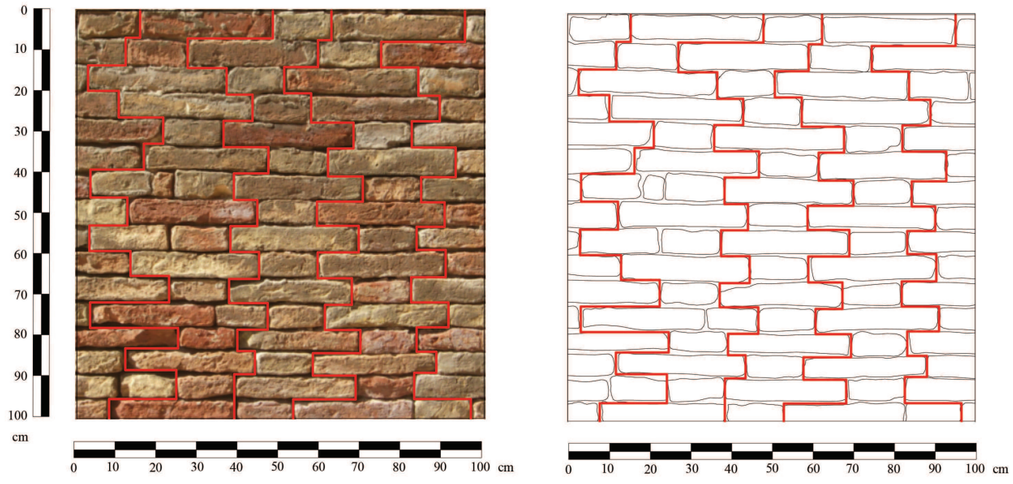


Figura 4.5 – Esempio del calcolo della lunghezza dei giunti – LMT in un metro quadro di superficie.

Confrontando i risultati ottenuti si è potuto costatare come le murature che presentano un paramento di migliore regolarità abbiano, in un metro quadrato di superficie del loro paramento murario, una lunghezza dei giunti maggiore.

La maggiore lunghezza dei giunti si ha quando i mattoni del filare superiore del paramento murario sono sfalsati rispetto a quello del filare inferiore, quindi quando i giunti verticali dei vari filari sono sfalsati tra loro.

Il miglior sfalsamento dei giunti verticali è dato dalla disposizione degli elementi del paramento murario, quindi dall'apparecchiatura muraria. Un'apparecchiatura muraria realizzata seguendo i dettami della "regola dell'arte" prevede una regolare distribuzione degli elementi che la vanno a costituire.

I diversi valori LMT ottenuti sono stati poi divisi per la somma delle dimensioni dei mattoni che costituiscono il paramento, ossia spessore, lunghezza della lista e lunghezza della testa, secondo la formula:

$$\frac{LMT}{LM} = IQ;$$

con

LMT = linea di minimo tracciato;

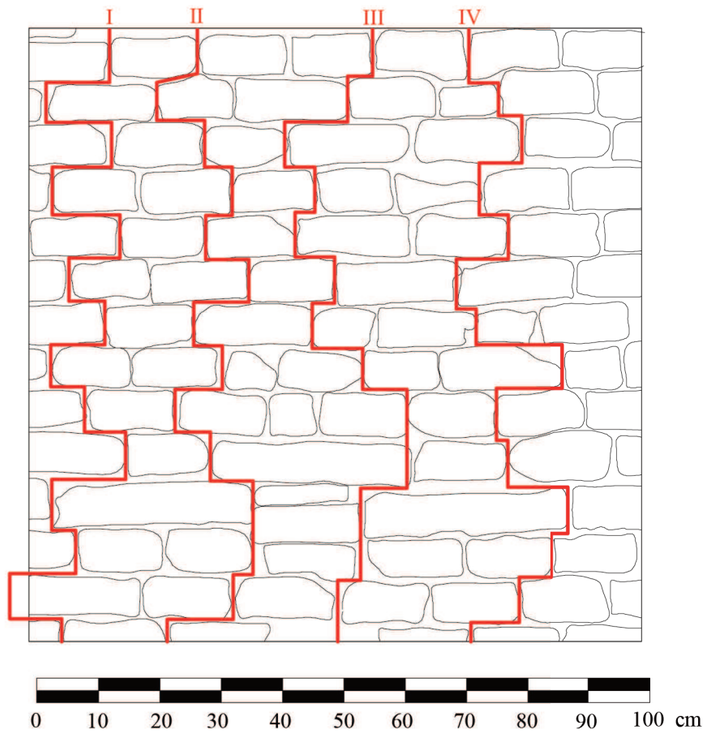
LM = somma lati mattone;

IQ= indice di qualità muraria.

Questo per poter confrontare tra loro i paramenti con un valore che non sia condizionato dalle dimensioni del mattone, ossia non ottenere bassi valori per paramenti murari con elementi in laterizio di grandi dimensioni e valori alti per paramenti murari con mattoni di dimensioni più ridotte. Per le murature di bassa qualità che presentano una irregolarità degli elementi più o meno marcata si è scelto di assumere un valore indicativo delle dimensioni dei laterizi di 30x15x6 centimetri.

Questa operazione è stata ripetuta per le diverse tipologie murarie sopra citate e in seguito sono stati messi a confronto i risultati, allo scopo di ottenere una scala di valori che aiuti a definire la qualità della muratura partendo dall'analisi dell'apparecchiatura del suo paramento.

Si riportano in seguito le tavole in cui sono state tracciate le linee dei giunti per ogni riquadro con le rispettive lunghezze totali nel metro quadrato di parete – LMT.

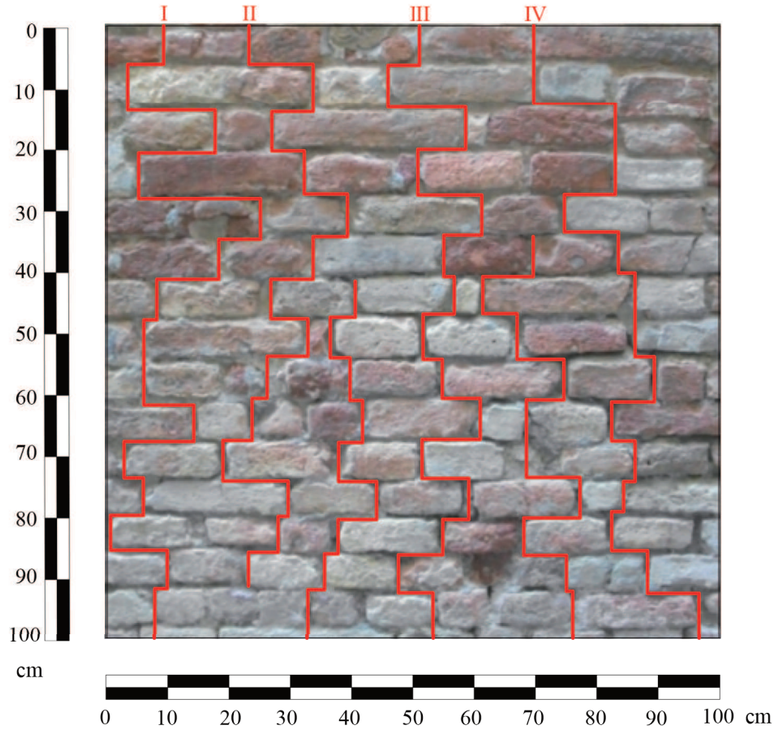


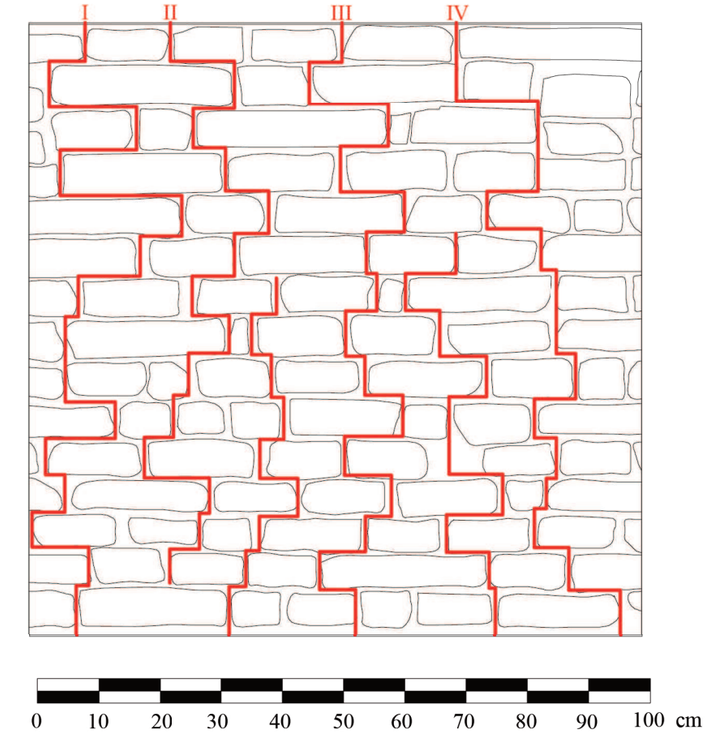
Classe 1 - Muratura con paramento esterno di bassa qualità.

Paramento della casa in Via San Bartolo, 12

Il paramento murario di Classe 1 si presenta con scarsità di elementi disposti in lista e grande disuniformità cromatica e formale.

La lunghezza di minimo tracciato dei giunti - LMT per un metro quadrato di superficie del paramento murario risulta essere di 7,33 metri.



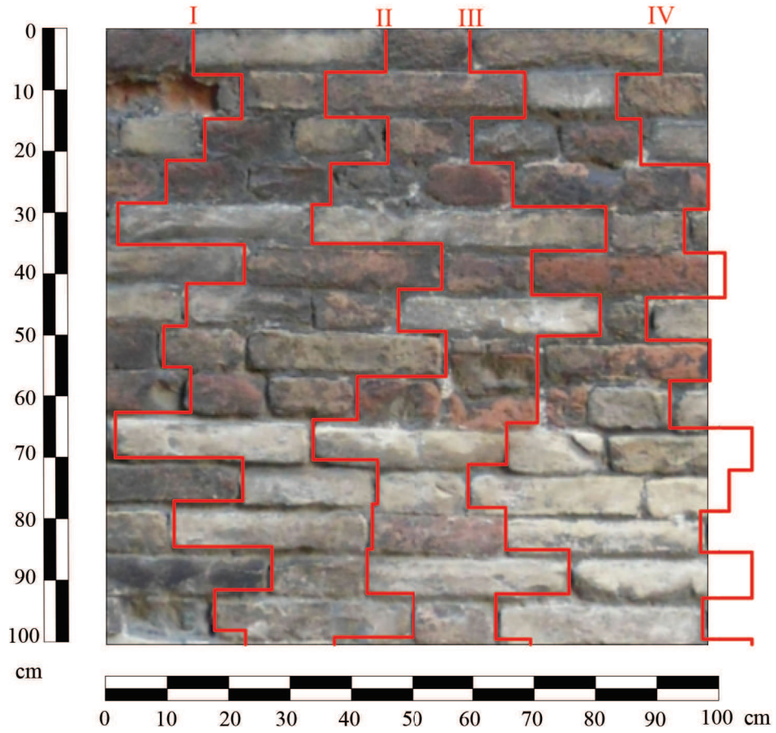


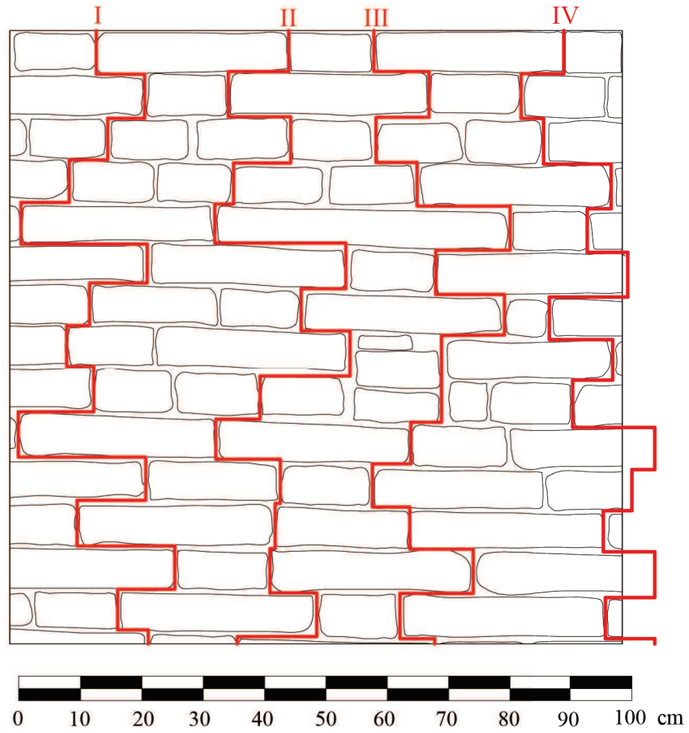
Classe 1 - Muratura con paramento esterno di bassa qualità.

Paramento della casa in Via dei rivolti.

Il paramento murario di Classe 1 si presenta con scarsità di elementi disposti in lista e grande disuniformità cromatica e formale.

La lunghezza di minimo tracciato dei giunti - LMT per un metro quadrato di superficie del paramento murario risulta essere di 7,40 metri.



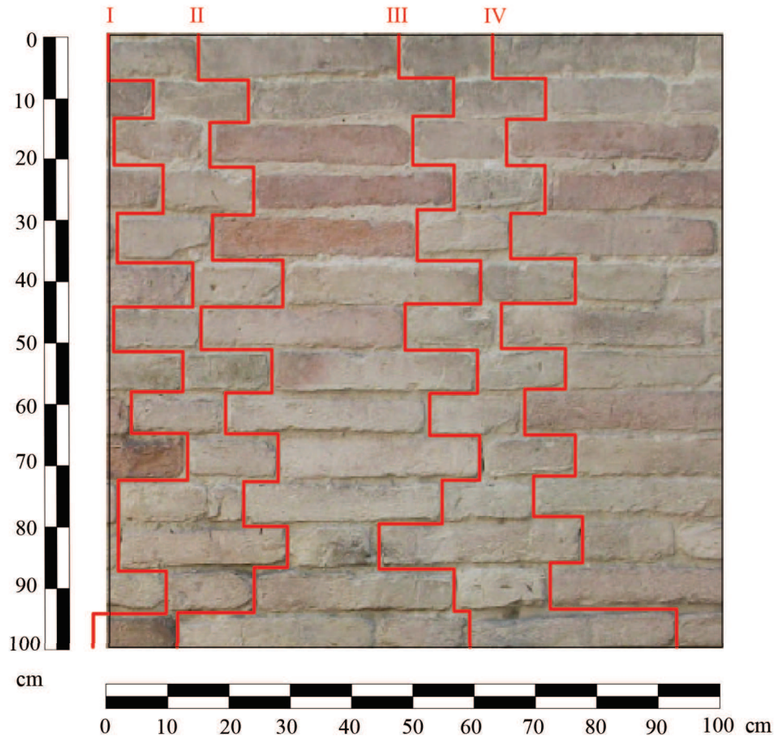


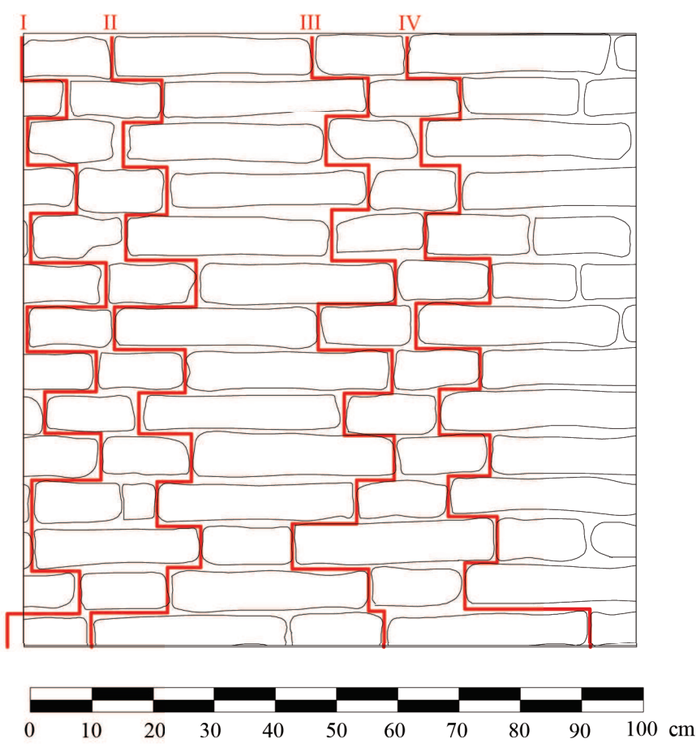
Classe 2 - Muratura con paramento esterno di mediocre qualità.

Paramento di Palazzo Gherardi - Porzione su Via Valerio.

Il paramento murario di Classe 2 si presenta con elementi disposti sia di lista che di testa, ma in maniera non regolare.

La lunghezza di minimo tracciato dei giunti - LMT per un metro quadrato di superficie del paramento murario risulta essere di 8,90 metri.



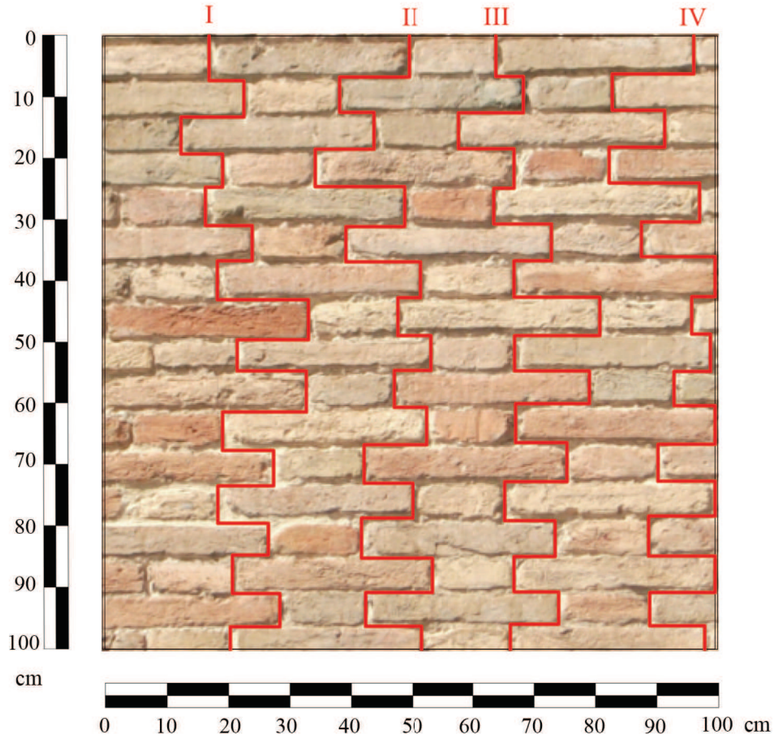


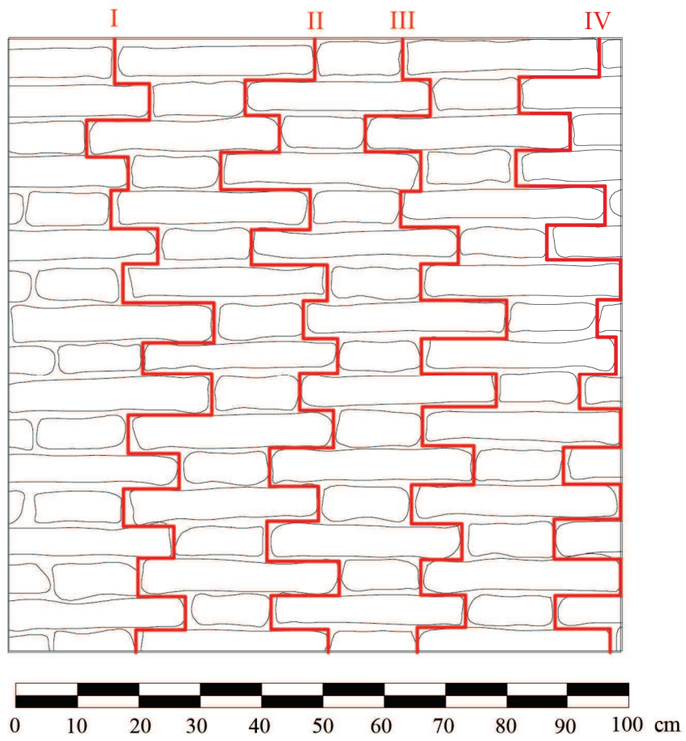
Classe 2 - Muratura con paramento esterno di mediocre qualità.

Paramento del palazzo in Via Budassi, 53.

Il paramento murario di Classe 2 si presenta disposti sia di lista che di testa, ma in maniera non regolare. .

La lunghezza di minimo tracciato dei giunti - LMT per un metro quadrato di superficie del paramento murario risulta essere di 8,59 metri.



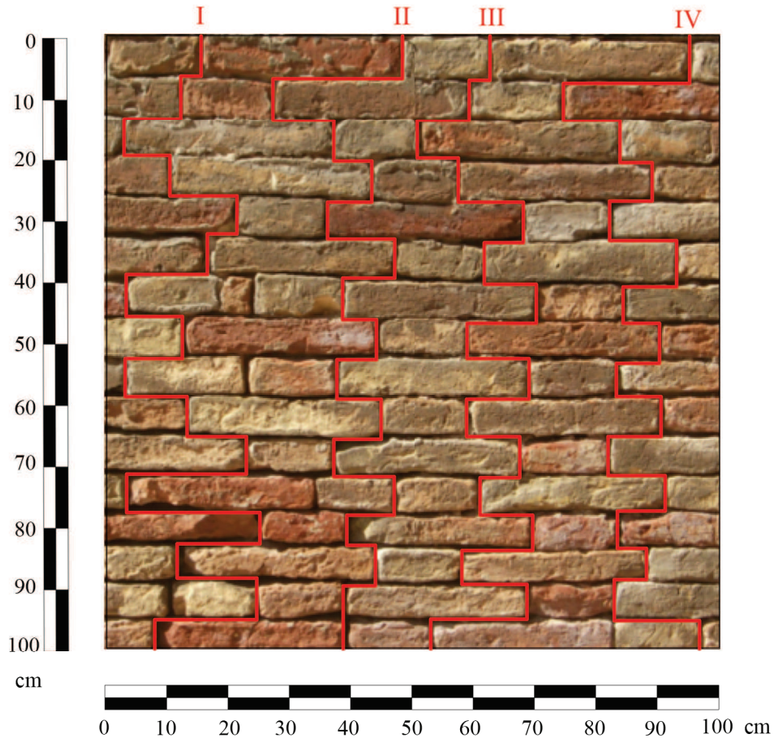


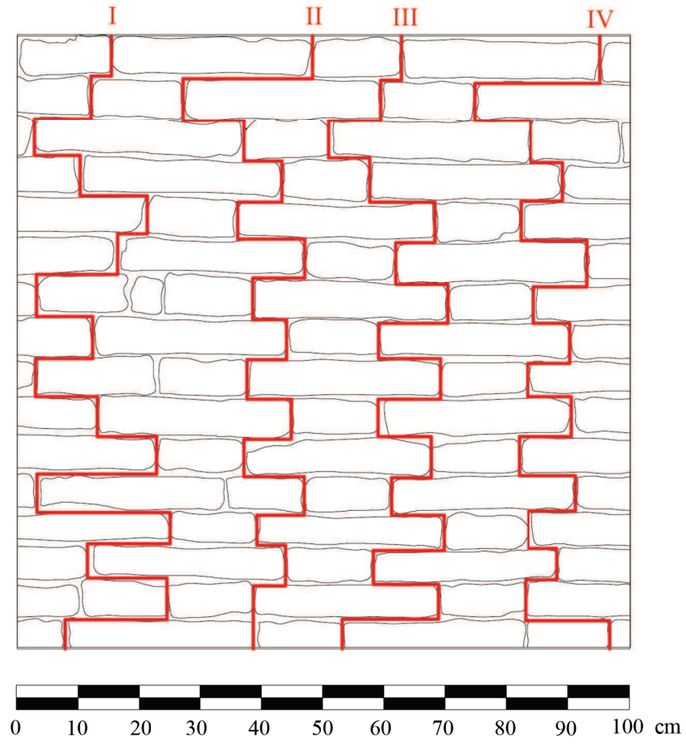
Classe 3 - Muratura con paramento esterno di buona qualità.

Paramento di Palazzo Ducale.

Il paramento murario di Classe 3 si presenta con elementi disposti sia di lista che di testa, possiede una buona qualità sia cromatica che formale.
Gli elementi sono disposti con buona regolarità.

La lunghezza di minimo tracciato dei giunti - LMT per un metro quadrato di superficie del paramento murario risulta essere di 9,66 metri.



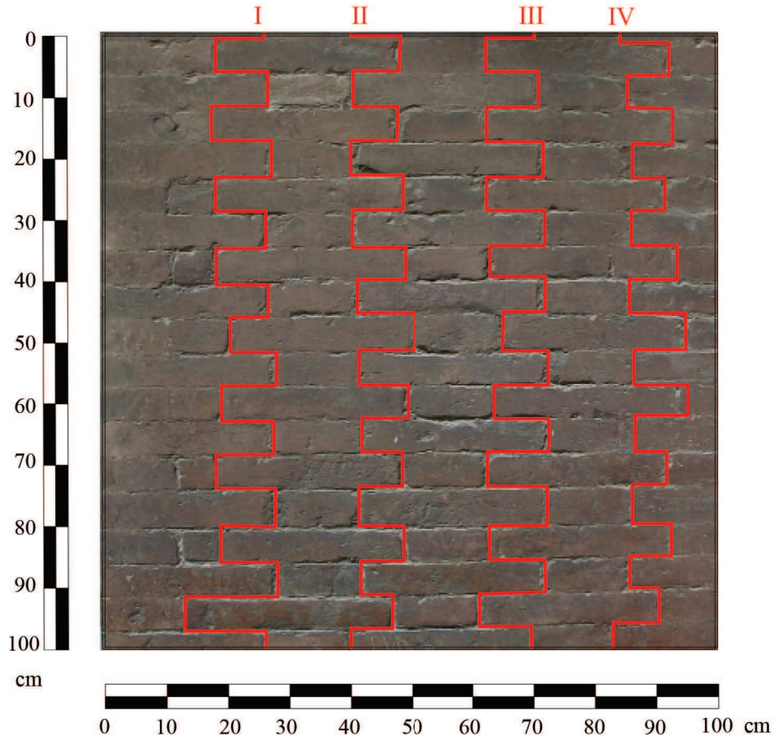


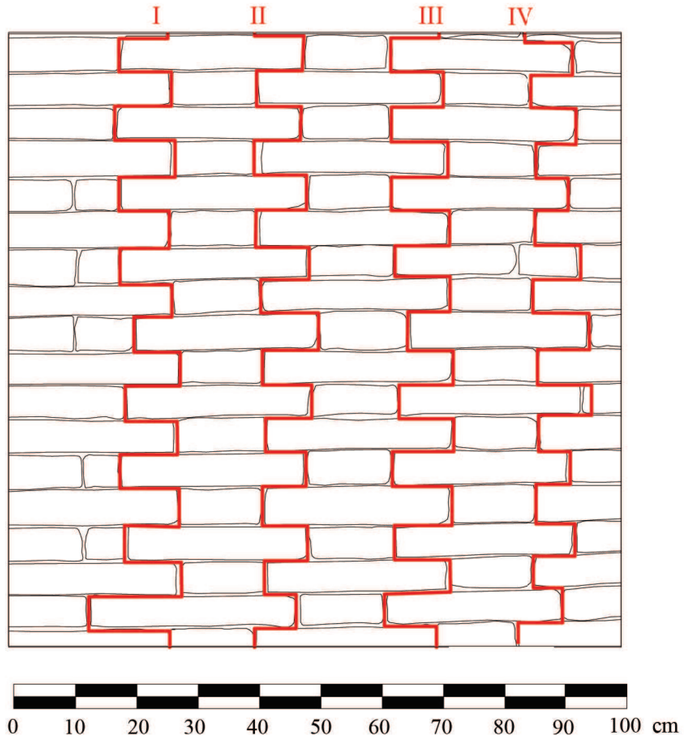
Classe 3 - Muratura con paramento esterno di buona qualità.

Paramento del palazzo in Via del fiancale.

Il paramento murario di Classe 3 si presenta con elementi disposti sia di lista che di testa, possiede una buona qualità sia cromatica che formale.
Gli elementi sono disposti con buona regolarità.

La lunghezza di minimo tracciato dei giunti - LMT per un metro quadrato di superficie del paramento murario risulta essere di 9,60 metri.



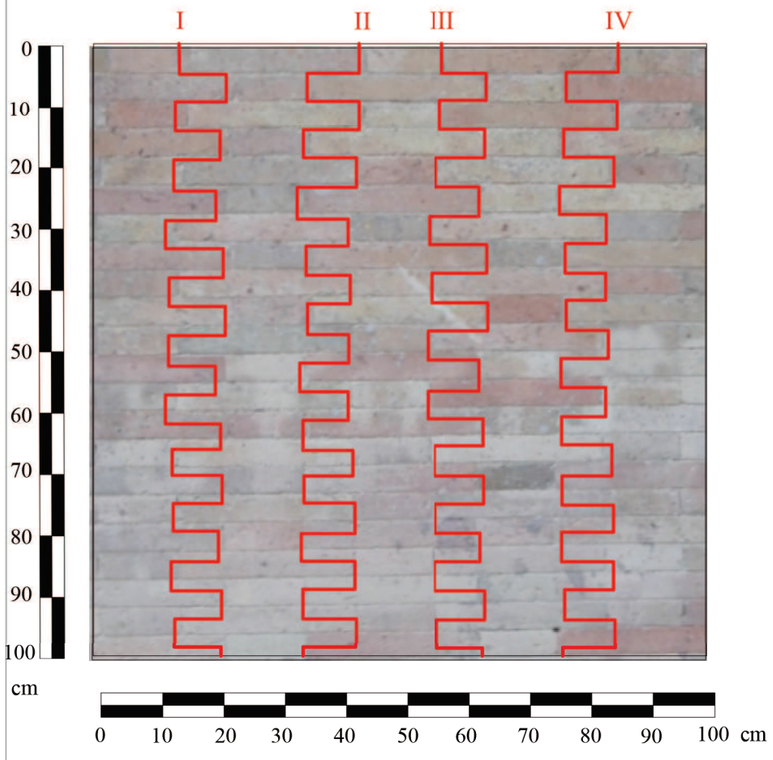


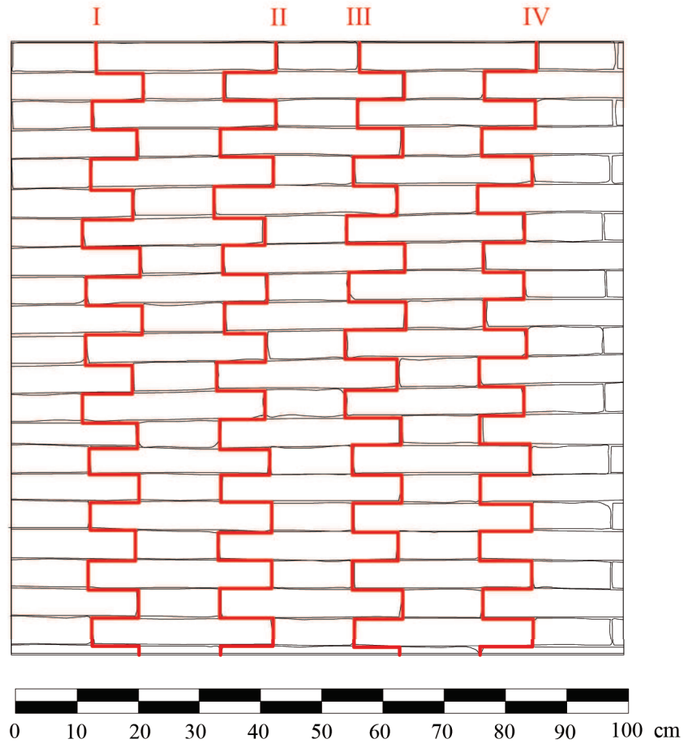
Classe 4 - Muratura con paramento esterno di ottima qualità.

Paramento del Teatro Sanzio.

Il paramento murario di Classe 4 si presenta con elementi disposti sia di lista che di testa, possiede un'ottima qualità sia cromatica che formale. Gli elementi sono disposti con in maniera regolare.

La lunghezza di minimo tracciato dei giunti - LMT per un metro quadrato di superficie del paramento murario risulta essere di 10,34 metri.





Classe 4 - Muratura con paramento esterno di buona qualità.

Paramento dell'Oratorio di Sant'Andrea Avellino.

Il paramento murario di Classe 4 si presenta con elementi disposti sia di lista che di testa. Gli elementi sono disposti con in maniera regolare.

La lunghezza di minimo tracciato dei giunti - LMT per un metro quadrato di superficie del paramento murario risulta essere di 10,77 metri.

Confrontando i risultati ottenuti dalle misurazioni della LMT nei diversi paramenti murari, ci si accorge di come i paramenti classificati di minore qualità, quindi quelli appartenenti alla Classe 1 e 2 abbiano, rispetto a quelli di miglior qualità, come quelli della Classe 4 e 5, una LMT molto minore.

In seguito si riportano i valori delle LMT dei vari paramenti murari, i valori LM della somma dei lati dei mattoni ed infine gli indici di qualità - IQ ottenuti:

Palazzo	Classe di qualità muraria	LMT - m	Dimensioni mattone - cm	LM - m	IQ
Casa in Via San Bartolo, 12	Classe 1	7,33	30x15x6	0,51	14,37
Casa in Via dei Rivolti	Classe 1	7,40	30x15x6	0,51	14,51
Palazzo in Via Budassi, 53	Classe 2	8,59	32,5x14,5x5	0,52	16,52
Palazzo Gherardi - Porzione su Via Valerio	Classe 2	8,90	32x15x6	0,53	16,79
Palazzo Ducale	Classe 3	9,60	32x13,5x5	0,50	19,32
Palazzo in Via del Fiancale	Classe 3	9,66	31x13,5x5	0,495	19,40
Teatro Sanzio	Classe 4	10,34	30x14x5,5	0,495	20,90
Oratorio Sant'Andrea Avellino	Classe 4	10,77	30x13x4,5	0,475	22,67

Figura 4.6 – Lunghezza dei giunti – LMT nei vari edifici studiati del centro storico di Urbino.

In seguito ai risultati ottenuti si può creare una scala di classificazione per quel che riguarda i paramenti delle murature della città di Urbino. Attraverso questa scala può essere possibile collocare il paramento dentro una delle classi in precedenza create, e quindi conoscere la qualità della muratura, partendo dalla lunghezza dei giunti contenuti in un metro quadrato di superficie del paramento murario.

La scala di classificazione è riportata nella tabella seguente:

Classe di qualità muraria	IQ
Classe 1 - Muratura con paramento esterno di bassa qualità	$IQ \leq 15$
Classe 2 - Muratura con paramento esterno di mediocre qualità	$15 < IQ \leq 17$
Classe 3- Muratura con paramento esterno di buona qualità	$17 < IQ \leq 20$
Classe 4 - Muratura con paramento esterno di ottima qualità	$IQ > 20$

Figura 4.7 – Scala per il calcolo della qualità della muratura.

BIBLIOGRAFIA – CAPITOLO 4:

1. **Borri A., De Maria A.,** IQM (Indice di qualità muraria): definizione e linee guida per la compilazione della scheda, www.itiservizi.com/wp-content/uploads/file
2. **Borri A., De Maria A.,** IQM – Indice di qualità muraria: Applicazioni nell'ambito delle NTC 2008, www2.ing.unipi.it
3. **Curti E., Lemme A., Podestà S.,** Indicazioni per la valutazione della qualità muraria, jargo.itim.mi.cnr.it/pubblicazioni/Volume3
4. **Gulli R.,** Il recupero edilizio in ambito sismico, Monfalcone, Edicom, 2002.

BIBLIOGRAFIA DELLE ILLUSTRAZIONI – CAPITOLO 4:

Figura 4.1 – Lettura e restituzione del costruito.01 – Muratura e superfici, 2001lis.files.wordprogress.com.

Figura 4.2 - **Gulli R.,** Il recupero edilizio in ambito sismico, Monfalcone, Edicom, 2002, p.13.

Figura 4.3 - Lettura e restituzione del costruito.01 – Muratura e superfici, 2001lis.files.wordprogress.com.

Figura 4.4 – Teoria e tecnica delle costruzioni storiche, Prof. Paolo Faccio, www.iuav.it

Figura 4.5 - Immagine dell'autore

Figura 4.6 – Immagine dell'autore

Figura 4.7 – Immagine dell'autore

5. IL CASO DI STUDIO: PALAZZO MAURUZI - GHERARDI

5.1 Introduzione

L'oggetto al centro della tesi risulta essere un singolo edificio. Lo studio del singolo edificio, attraverso un'attenta analisi può fornire elementi utili all'individuazione delle principali criticità strutturali connesse con le caratteristiche costruttive. L'edifico al centro dell'analisi è Palazzo Mauruzi – Gherardi. Il Palazzo è stato scelto considerando vari fattori; in primo luogo lo stato di degrado fisico e strutturale in cui si trova da diversi anni, poi per la possibilità di accedere all'interno dell'edificio per effettuare analisi e rilievi in condizioni ottimali, poiché il palazzo da diversi anni si trova in disuso. Inoltre la facilità di reperibilità del materiale alla base dei rilievi ha influenzato notevolmente sulla scelta di condurre uno studio proprio su questo edificio. Le informazioni contenute in questo materiale sono state poi integrate attraverso vari sopralluoghi condotti all'interno e all'esterno dell'edificio.

Questi sopralluoghi hanno consentito di individuare e confermare le principali caratteristiche architettoniche e strutturali delle parti interne, nonché i loro principali dissesti statici, fornendo informazioni sull'entità delle lesioni.

5.2 Localizzazione del palazzo all'interno della città

Il palazzo oggetto di studio sorge nella zona del colle del "Poggio", quindi in quella parte di città che, sin dall'antichità, è stata oggetto di edificazioni e rimaneggiamenti.

Si affaccia sull'attuale Piazza Gherardi, che si trova sull'incrocio di tre vie: Via San Domenico, che affianca l'omonima chiesa, Via Valerio e Via Santa Chiara.

La piazza è stata creata all'inizio degli anni '30, liberando l'area da alcuni edifici che vi sorgevano, creando così uno spazio antistante al palazzo che proprio in quegli anni divenne sede del tribunale della città e mettendo in mostra l'abside della Chiesa di San Domenico che fino ad allora risultava completamente coperto.

La zona in cui sorge il palazzo è sempre stata ai margini della città; in prossimità di questa, infatti, si sono sviluppate le diverse cinte murarie nel corso dei secoli. Questa posizione "periferica" all'interno del centro storico è dovuta al fatto che Urbino lungo il suo lato est non ha mai avuto una notevole espansione, probabilmente a causa dell'andamento del terreno, che ancora oggi è scosceso e difficilmente percorribile.

Nonostante la sua posizione, il palazzo si è sempre trovato, e ancora oggi si trova, vicino a quella che per secoli è stato il fulcro della vita cittadina. Da Piazza Gherardi, infatti, percorrendo Via San Domenico si arriva in corrispondenza dell'area in cui in epoca romana si incrociavano cardo e decumano; area in cui oggi troviamo: Piazza Duca Federico, dove c'è l'ingresso al Palazzo Ducale e Piazza Rinascimento, dove trovano sede alcune facoltà dell'università di Urbino. Inoltre poco lontano troviamo Via Saffi, anche questa centro dell'area universitaria e Via Puccinotti, antistante il Duomo, dove ha sede il Municipio.

Figura 5.1 – Palazzo Mauruzi – Gherardi in una foto degli anni '30.

Nella stessa piazza oltre a palazzo Mauruzi-Gherardi si affacciano Casa Chiocci e una parte dell'edificio che anticamente formava il seminario dove oggi ha sede la Facoltà di Scienza Politiche dell'università di Urbino.

Percorrendo la stretta e pianeggiante Via Santa Chiara, troviamo quel che resta della Chiesa di Santa Croce e dell'oratorio omonimo sorti nel XIV secolo, la sede dell'ISIA (Istituto superiore per le industrie artistiche) che trova sede in parte dell'ex-convento di Santa Chiara, il

Dipartimento di Scienze Biomolecolari e alcuni uffici del Comune.

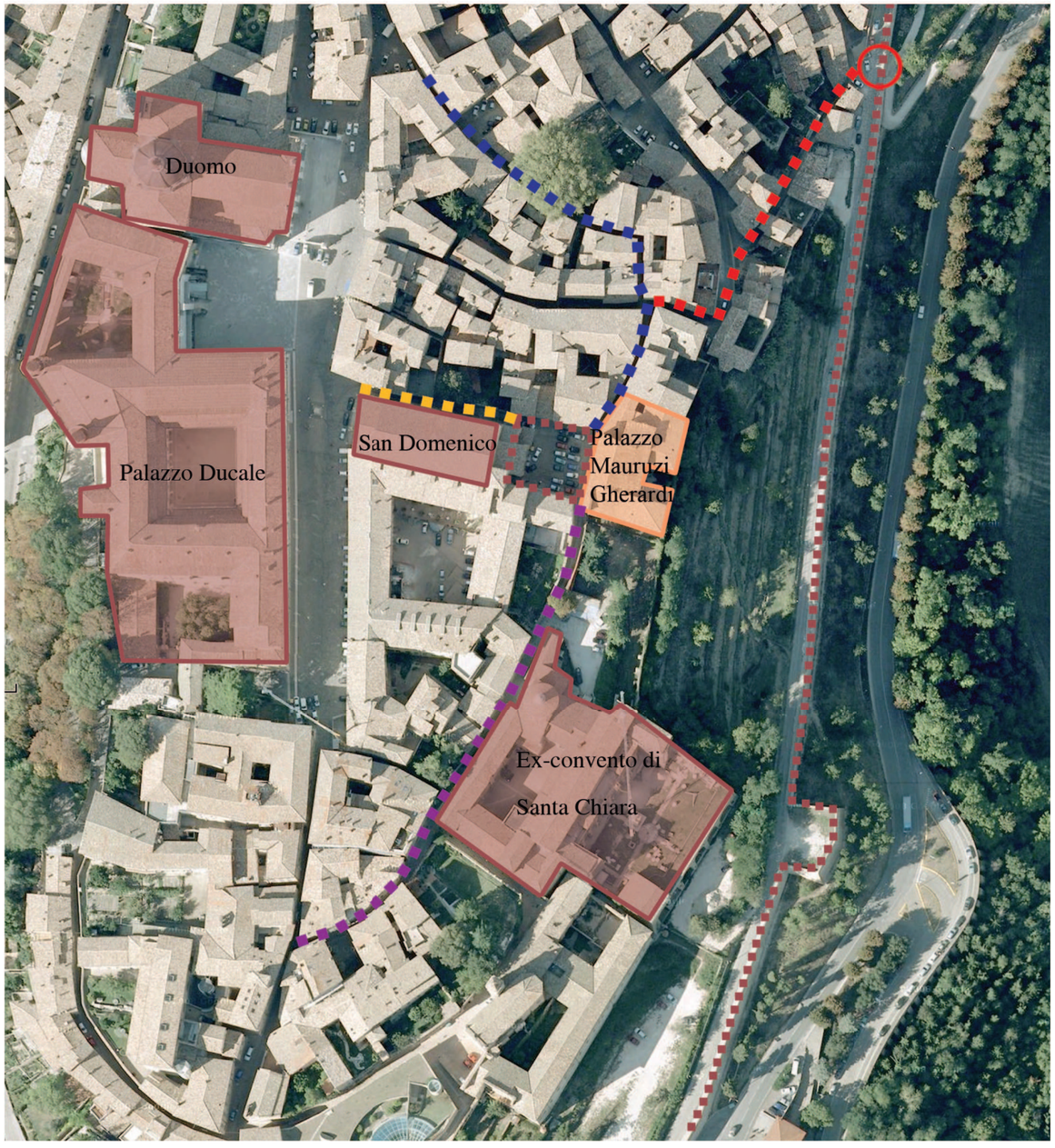
Su Via Valerio, nell'attiguo Palazzo Passionei-Paciotti, trova sede la Biblioteca della Fondazione Carlo e Marise Bo, e poco distante, superata Via Veterani, la Cappella Musicale di Urbino.

Le mura cinquecentesche corrono poco a valle di Palazzo Mauruzi – Gherardi e sono fiancheggiate da Via delle Mura che collega Porta Lavagine alla zona in cui nel corso dell'ottocento venne costruita Porta Nuova e dove ancora oggi si trova il "taglio" nelle mura cittadine, che funge da acceso al centro storico.

Dalla zona a est della città, ancora oggi si può raggiungere Piazza Gherardi seguendo un percorso pedonale probabilmente non troppo dissimile da quello che si utilizzava in epoca medioevale e rinascimentale.

Seguendo questo percorso si entra nel centro storico attraverso Porta San Bartolo e seguendo la ripida Piola di San Bartolo, e proseguendo lungo Via Veterani e Via Valerio si arriva in Piazza Gherardi.

Figura 5.2 – Porta San Bartolo



Palazzo Mauruzi - Gherardi
Piazza Gherardi
Via San Domenico
Via Santa Chiara
Via Valerio
Percorso Piola di San Bartolo
e Via Veterani
Porta San Bartolo
Mura cinquecentesche
Edifici Principali

Palazzo Mauruzi - Gherardi

Vista su Piazza Gherardi
Palazzo Mauruzi - Gherardi e Casa Chiocci

Vista su Piazza Gherardi
Abside della Chiesa di San Domenico

Vista su Piazza Gherardi
Palazzo Mauruzi - Gherardi e parte
dell'ex-seminario

Scorcio di Via Santa Chiara

Scorcio di Via Valerio

Scorcio di Via San Domenico

5.3 Evoluzione storica di Palazzo Mauruzi-Gherardi

Come in precedenza accennato la zona in cui si trova il palazzo oggetto di studio è sempre stata nei secoli al centro dell'evoluzione urbanistica di Urbino.

Sorgendo in corrispondenza del colle del "Poggio" l'area ha visto sin dall'insediamento romano un susseguirsi di edificazioni.

Molti ritrovamenti confermano l'ipotesi che già in epoca romana in corrispondenza del palazzo sorgesse qualche costruzione. L'ipotesi più accreditata è che le mura romane del III secolo a.C. corressero in corrispondenza dell'attuale asse formato da Via Santa Chiara e Via Valerio, quindi parallelamente alla facciata principale dell'edificio su Piazza Gherardi.

Recenti ritrovamenti nel giardino dello stesso palazzo, porterebbero però far pensare che l'area in epoca romana fosse già edificata. Nel giardino, infatti, sono stati ritrovati i resti di una domus di età repubblicana che testimonia l'esistenza di edifici già all'epoca dei romani; si potrebbe considerare quindi l'idea che l'intera area potesse essere edificata.

Va inoltre posto l'accento sul fatto che sotto una parte di Piazza Gherardi sono presenti i resti del teatro romano, catalogato di medie dimensioni e datato al I secolo a.C.

Su questo versante della città l'espansione non ha mai subito grossi cambiamenti. Il tracciato delle mura di epoca medioevale corre, infatti, poco più a valle di dove si ipotizza passassero quelle romane. Il ritrovamento di un tratto di mura medioevali a ridosso dell'ex-convento di Santa Chiara ha permesso di determinare con maggior chiarezza quale fosse il percorso delle mura di cinta nel Medioevo. Il fatto che passassero più a valle del palazzo porta a considerare che durante il XIII secolo, periodo al quale risalgono le mura di cinta ritrovate, l'area fosse già edificata.

Le prime certezze di una costruzione in corrispondenza di Palazzo Mauruzi – Gherardi sono della seconda metà del XIV secolo; lo storico urbinate Don Franco Negroni scrive infatti *"Nella seconda metà del 1300 era del sig. Angelo di Tarduccio da Petriano, noto medico al suo tempo (...)"*.

Non è certo quale fosse la grandezza dell'edificato in quel periodo, ma probabilmente la mole dell'edificio era molto minore rispetto all'attuale o probabilmente il lotto era occupato non da un singolo edificio, ma da alcune case costruite l'una affianco dell'altra. Quest'ipotesi può essere riscontrata considerando che Don Negroni scrive che nella prima metà del XV secolo esisteva *"(…) una casa con granaio, orto sul dietro, sul davanti con cortiletto e portico (…)"*, Il lotto di questa casa risultava confinante con la strada pubblica, con le mura cittadine e in un terzo lato con una casa più alta, grande ed antica, che risultava appartenere agli eredi del sig. Angelo di Tarduccio da Petriano.

Si può quindi pensare che i corpi di fabbrica in quel periodo fossero due, che soltanto in un secondo momento siano stati uniti per creare palazzo Mauruzi - Gherardi.

Questa divisione in più fabbricati si può leggere anche nella struttura delle murature dell'edificio. Le murature principali hanno un andamento ortogonale all'attuale fronte strada e sono grossomodo parallele tra di loro; la loro distanza presenta una certa regolarità che corrisponde a 5 metri circa. Questa strutturazione si ripete per quello che risulta essere il corpo di fabbrica originario del palazzo ed il più antico.

L'unica irregolarità di questi assi murari paralleli tra loro è la distanza tra quelli più centrali, e che corrispondono ai muri che delimitano l'attuale corridoio d'ingresso; la distanza tra questi, in parte del piano terra e in tutto il piano seminterrato non è di 5 metri ma di circa 2,30 metri.

Si è ipotizzato che in corrispondenza dell'attuale corridoio d'ingresso ci fosse originariamente uno stretto passaggio che anticamente separava due distinti corpi di fabbrica.

Oltre a questo occorre anche notare che nei secoli passati l'edificio fosse confinante con due strade; una corrispondeva all'attuale asse formato da Via Santa Chiara e Via Valerio, a monte dell'edificio, l'altra, oggi non più praticabile, era la Strada dello Spineto, a valle dell'edificio.

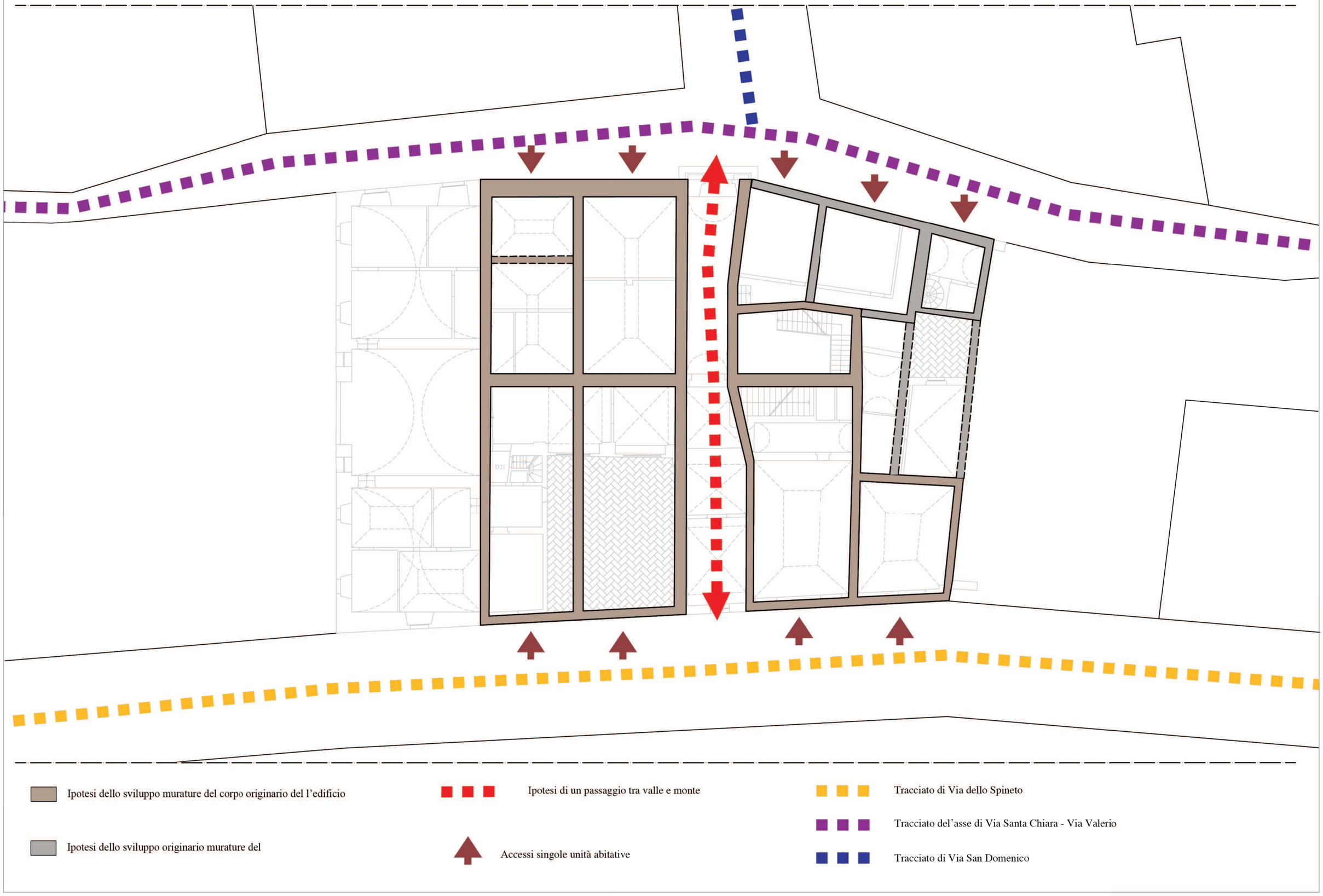
La presenza di una strada sia sul lato di valle che su quello di monte ed anche l'ipotesi dello stretto passaggio tra i due corpi di fabbrica di cui sopra si è detto porta a credere che originariamente gli edifici fossero più dei due sopra citati e che si avessero due serie distinte di unità abitative, alcune con ingresso a monte ed altre con ingresso a valle. Queste erano separate tra loro da un altro importante asse murario, ancora oggi presente, che risulta perfettamente ortogonale alle murature che corrono da monte verso valle.

Il fervore edilizio che caratterizzò la città di Urbino durante il XV secolo non risparmia Palazzo Mauruzi – Gherardi a quel tempo appartenente all'illustre famiglia dei Guidalotti, che possedeva più di un palazzo nella città.

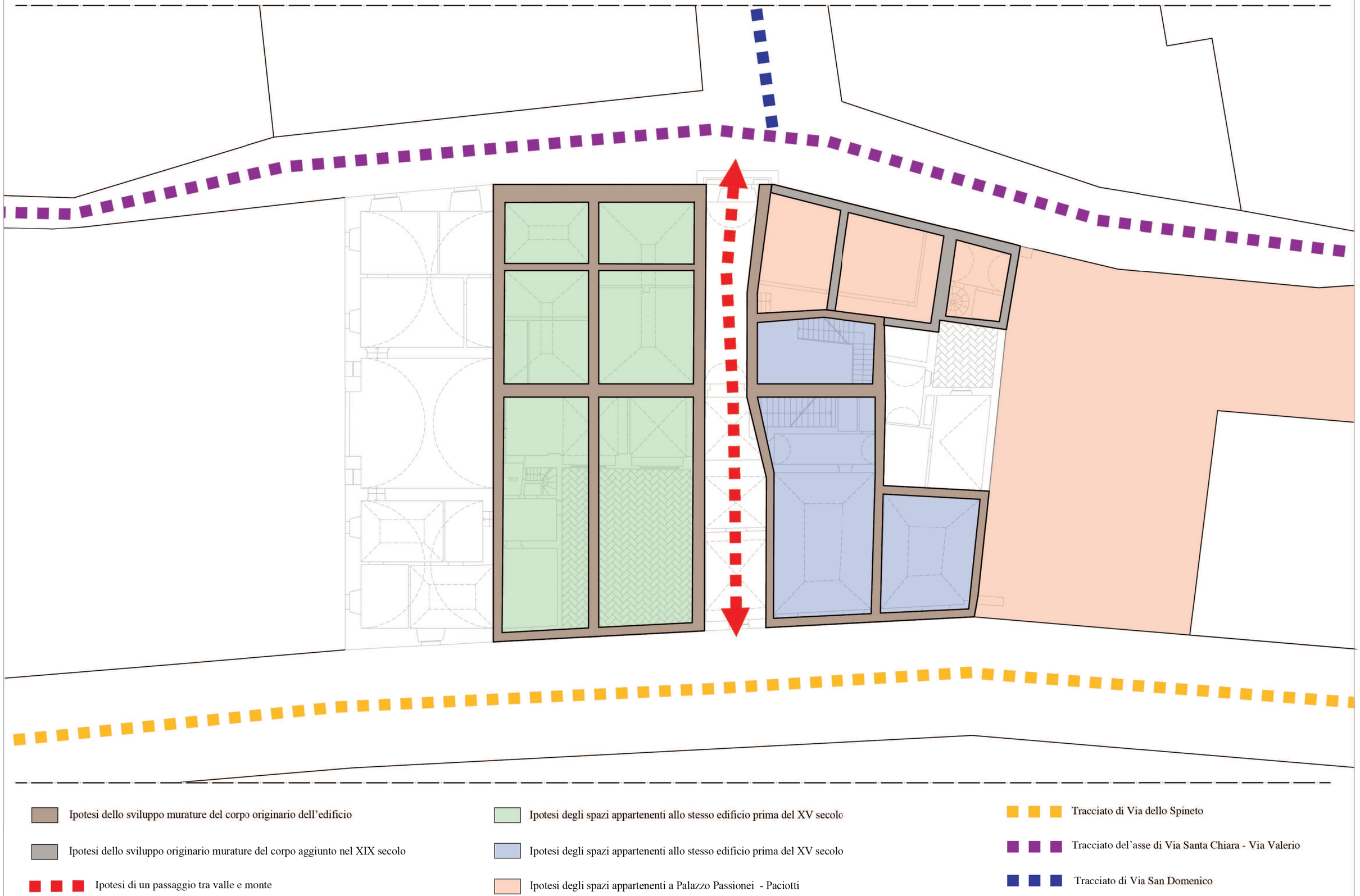
La vicinanza con la raffinata dimora dei Passionei, spinse la famiglia all'emulazione. Da alcuni documenti del 1491 risulta che la famiglia Guidalotti comprò una considerevole quantità di mattoni, coppi e pianelle destinati all'edificazione della parte del Palazzo attigua al giardino.

Quest'aggiunta successiva all'originario corpo di fabbrica si può leggere sia esternamente dalla facciata che si presenta con una colorazione diversa dei mattoni, sia internamente al piano terra. In primo luogo si nota dal fatto che tutta la parte del palazzo più a sud, che corrisponde a questa espansione di fine XV secolo e inizio XVI secolo risulta più alta del resto del piano terra di circa 40 centimetri e poi dalla presenza al piano terra di un portale di passaggio tra il corpo di

EVOLUZIONE DELL'EDIFICIO - IPOTESI DI SVILUPPO INIZIALE - SCALA 1:200



EVOLUZIONE DELL'EDIFICIO - IPOTESI DI SVILUPPO PRIMI EDIFICI- SCALA 1:200



EVOLUZIONE DELL'EDIFICIO - SVILUPPO NEL XV SECOLO - SCALA 1:200

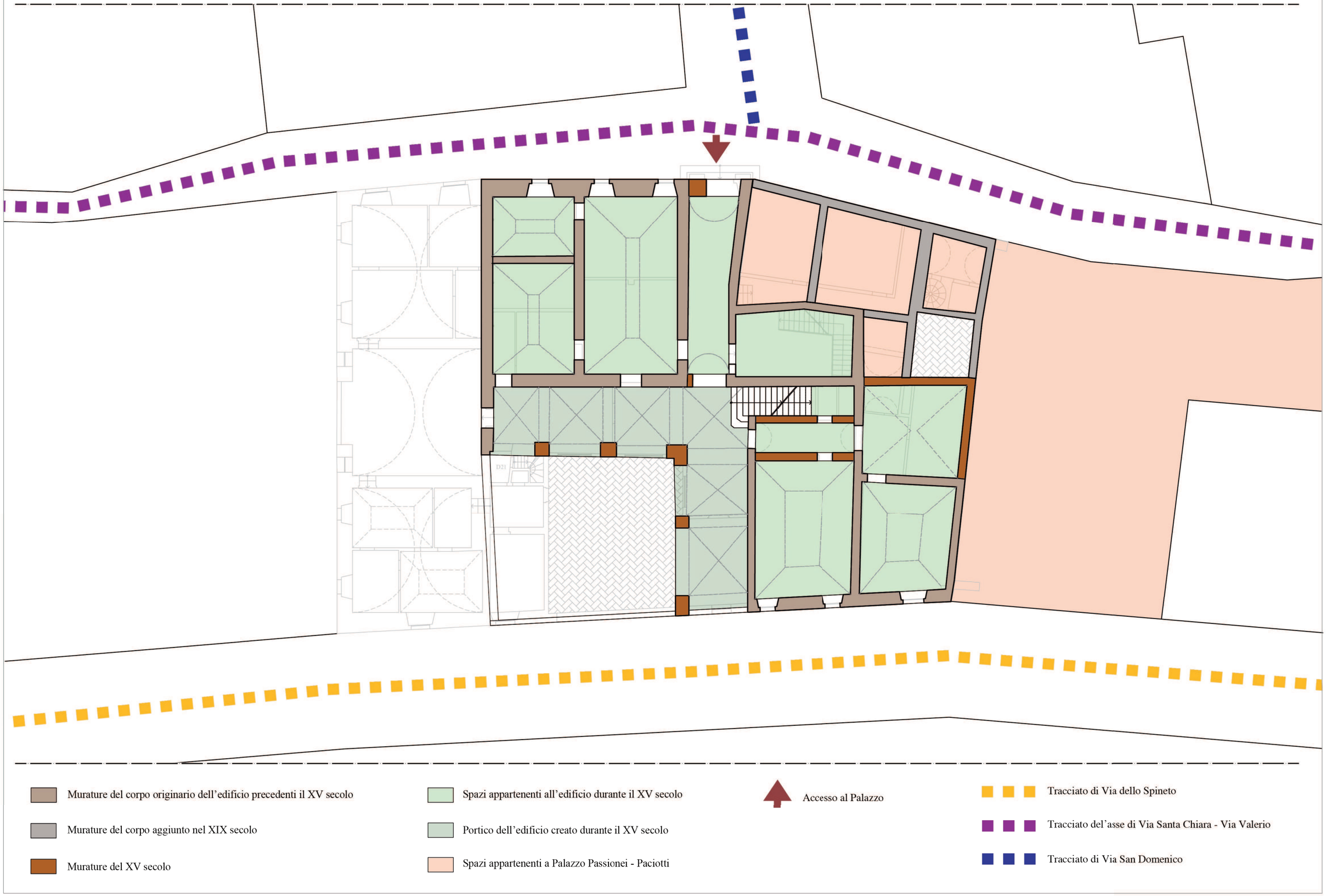


Figura 5.3 – Facciata su piazza Gherardi in cui si legge la dicromia dei mattoni.

Figura 5.4 – Portale oggi interno all'edificio che separa il corpo di fabbrica originario con quello di fine XV secolo.

fabbrica originario e quello aggiunto che è stato mantenuto nel suo aspetto originario. Portali di questo tipo erano utilizzati in passato nell'edilizia marchigiana per la realizzazione di ingressi agli edifici. Questo fa supporre che originariamente la porta fosse un ingresso al palazzo. Nel 1529 Francesco Maria I Della Rovere confiscò ai Guidalotti tutti i beni posseduti nel ducato, poiché la famiglia durante l'occupazione del Ducato da parte dei Borgia, nel 1502, dimostrò slealtà nei confronti del Duca stesso; al suo ritorno in città donò quindi i beni dei Guidalotti al capitano francese Guglielmo di Saint Férol, già da tempo di servizio alla corte urbinate. Dal nobile francese discese la famiglia dei Sanferoli che abitò nel Palazzo fino alla prima metà del XVII secolo, quando questo passò alla famiglia Maggi. Don Negroni riporta nei suoi scritti che in questo periodo *"(…) il palazzo mantenne la sua dignità, guadagnando risistemazione di ambienti e decorazione pittorica."*Alla fine del XVIII il palazzo passò ai conti Mauruzi della Stacciola, nobile famiglia urbinate che manterrà il possesso fino alla metà del XIX secolo.

Il palazzo si presentava fino a quel momento con l'aspetto che si era mantenuto fin dalla fine del XV secolo. Sul lato di valle presentava una caratteristica tipica dell'architettura urbinate, e che lo accomuna con l'attiguo Palazzo Passionei – Paciotti. Si tratta del cortile che si affaccia verso valle ed è circondato su due lati da un portico, che pur non presentandosi come un concetto architettonico unitario, doveva conferire alla facciata di valle una certa magnificenza.

Durante il XVIII Palazzo Mauruzi – Gherardi subì ulteriori rimaneggiamenti, venne infatti edificata una ulteriore espansione; si tratta di alcune stanze che andarono a ridurre le dimensioni del cortile interno che si affaccia verso valle riducendolo di un'arcata. Questo corpo di fabbrica è caratterizzato dalla presenza di un piano ammezzato al quale si accede attraverso una stretta scala.

Inoltre nel corso del XVIII secolo venne anche chiusa un'altra arcata del portico di fronte al corpo di fabbrica aggiunto, per la creazione di una stanza al piano terra decorata esternamente con un portale in stucco ancora oggi esistente.

A metà del XIX secolo il conte Pompeo Gherardi, in seguito alle nozze con Agnese Mauruzi, divenne proprietario del Palazzo. Il conte Gherardi è stato una figura di spicco dell'Ottocento urbinate, fu poeta e scrittore e nel 1869 fondò l'Accademia Raffaello. Egli fece compiere ulteriori opere di sistemazione, senza tuttavia stravolgere l'assetto a cui si era giunti fino ad allora.

EVOLUZIONE DELL'EDIFICIO - SVILUPPO TRA FINE XV SECOLO ED INIZIO XVI SECOLO - SCALA 1:200

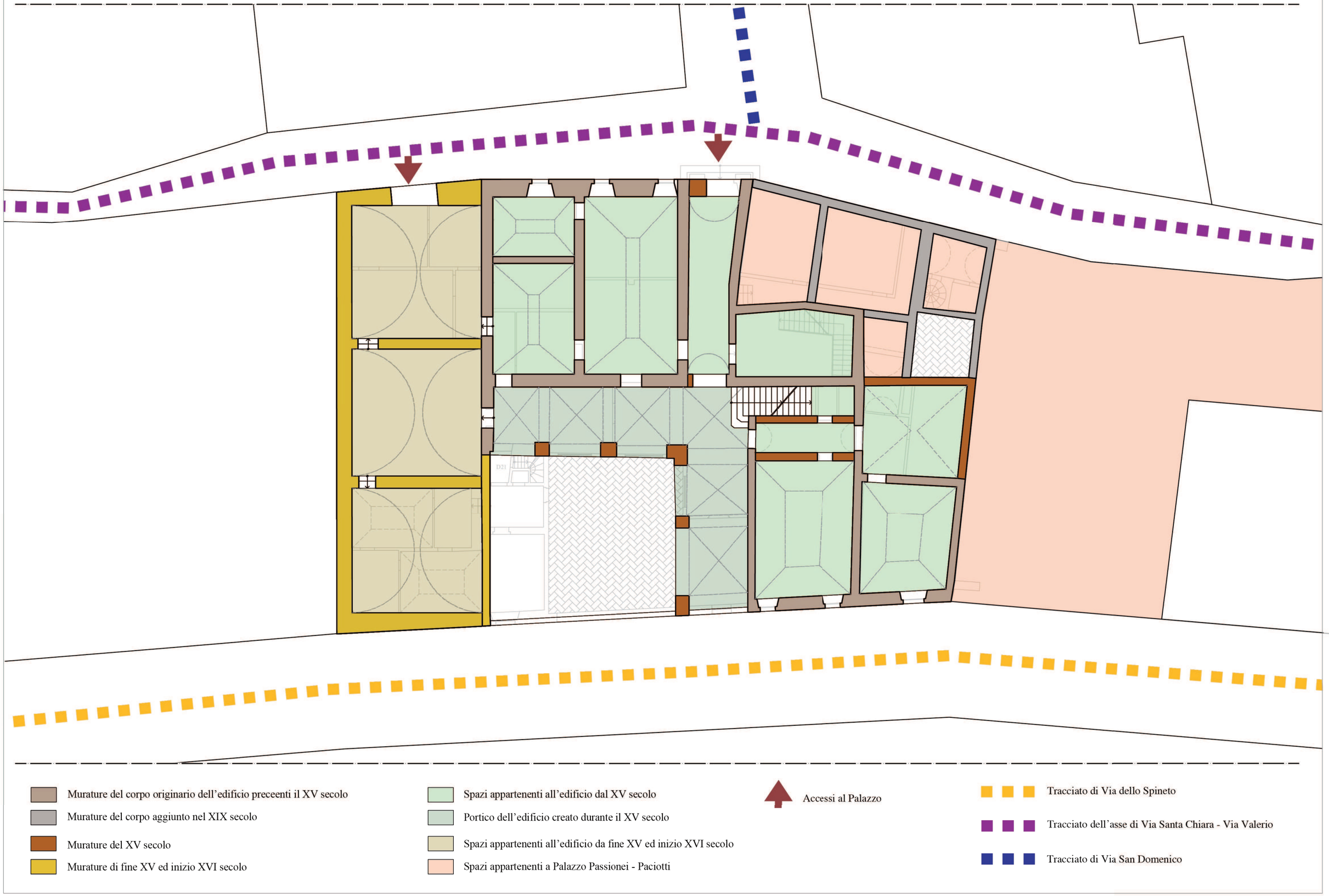


Figura 5.5 – Tamponamenti di una parte di portico. Facciata sul cortile e facciata interna decorata a stucco.

Fu durante il possesso del conte Gherardi che il Palazzo raggiunse la sua massima estensione, infatti, questi acquistò quell'ala dell'attiguo Palazzo Passionei – Paciotti che durante la fine del '700 era stata affittata al conte Mauruzi dal conte Toroglioni. Palazzo Mauruzi – Gherardi arriva così ad ottenere l'assetto completo che ancora oggi possiede.

Figura 5.6 – Facciata dell'ala acquistata nel XIX secolo su Via Valerio.

L'ala acquistata dal conte Gherardi si sviluppa per tutta l'altezza dell'edificio sul fronte strada principale e va a completare la facciata di Piazza Gherardi con un prolungamento su Via Valerio.

Negli anni '20 del XX secolo il Palazzo passo di mano al ticinese Francesco Cirla, fino ad essere definitivamente acquistato dal Comune di Urbino nel 1928. Pochi anni dopo, e precisamente nel 1934, troverà sede nel Palazzo il Tribunale di Urbino.

In seguito a questa nuova destinazione d'uso il Palazzo subì notevoli rimaneggiamenti, che hanno reso difficile una lettura più approfondita dell'edificio.

Sia internamente che esternamente ci furono grandi cambiamenti, primo fra tutti la risistemazione prospettica. È da considerare che già nel 1933, in previsione della sistemazione del Tribunale proprio nel Palazzo, erano state abbattute alcune case antistanti l'edificio stesso e si era venuta così a creare Piazza Gherardi. Occorreva dunque creare una facciata che rispecchiasse l'importanza della nuova destinazione d'uso che l'edificio andava ad assumere e che, insieme all'abside della Chiesa di San Domenico, andasse a completare l'aspetto della nuova piazza.

In facciata venne chiuso l'arco d'ingresso della parte edificata a cavallo tra XV e XVI secolo, che fino ad allora si era mantenuto, vennero rifatte in cemento tutte le cornici delle finestre sul modello delle precedenti. Anche il portone d'ingresso fu rifatto in cemento e sormontato dalla scritta "Palazzo di Giustizia", ancora oggi presente.

Inoltre su tutta il prospetto eccetto la parte che non si affaccia su Piazza Gherardi ma su Via Valerio e che corrisponde a quella che fino a metà del XIX apparteneva a palazzo Passionei – Paciotti, venne creata una sopraelevazione che andò a coprire la copertura, rendendola così non più visibile dalla piazza.

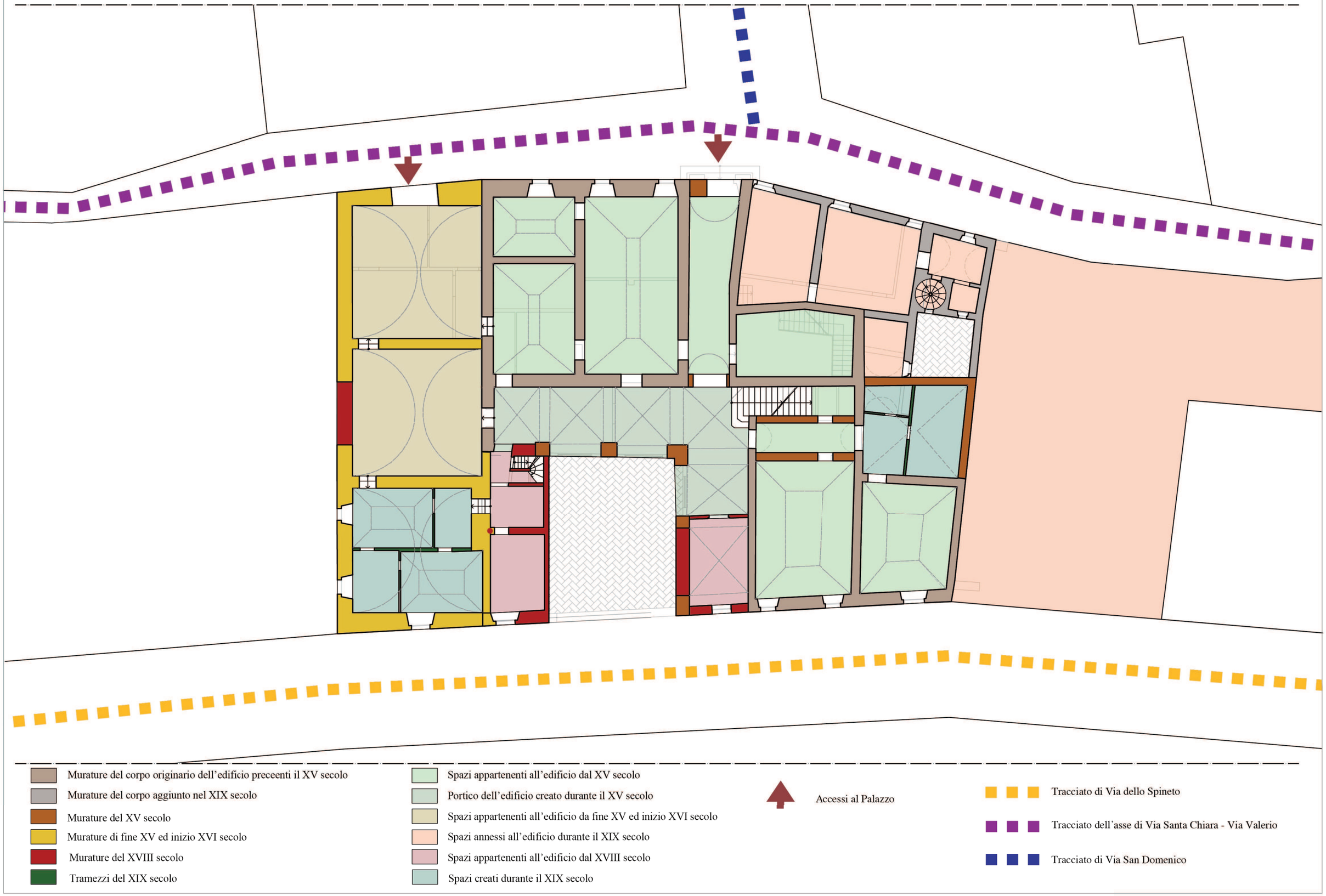
Queste scelte progettuali hanno cambiato considerevolmente l'aspetto esterno del palazzo ed hanno diversificato la parte di prospetto su Piazza Gherardi rispetto a quella su Via Valerio, che sembra non appartenere all'edificio.

Anche il prospetto che si affaccia sul giardino venne cambiato nel corso dei lavori del 1934, con la chiusura del portale aperto al piano terra durante il XVIII secolo. Su questo prospetto negli anni successivi saranno aperte diverse finestre, sia quelle laterali al piano terra che quelle centrali al primo piano.

Internamente all'edificio furono chiuse diverse porte per riadattare il palazzo alla sua nuova destinazione d'uso. Inoltre furono chiuse definitivamente anche le arcate del portico interno,

TAVOLA 5.6

EVOLUZIONE DELL'EDIFICIO - SVILUPPO DA INIZIO XVIII SECOLO A FINE XIX SECOLO - SCALA 1:200



creando così un cortile completamente isolato dall'edificio, il cui unico accesso risulta oggi essere una piccola porta in corrispondenza del corpo di fabbrica aggiunto nel XVIII secolo.
In seguito, questi tamponamenti saranno completati con delle grandi vetrate per dare luce agli ambienti d'ingresso al pian terreno.
All'inizio degli anni '80 il tribunale è stato trasferito in Via Raffaello, per compiere dei lavori di ampliamento degli uffici giudiziari, tuttavia questi lavori non sono mai stati svolti e per diversi anni il Palazzo è rimasto inutilizzato. Negli ultimi anni sono però iniziati lavori di messa in sicurezza dell'edificio, come il rifacimento dei solai di copertura e il consolidamento delle fondazioni del lato di valle. Questo in previsione del fatto che Palazzo Mauruzi – Gherardi andrà ad ospitare la Sede del Polo Archivistico Territoriale.

5.4 Rilievo di Palazzo Mauruzi – Gherardi

Si riporta in seguito il rilievo effettuato sul palazzo Mauruzi – Gherardi. Vengono riportate nell'ordine le tavole delle piante dell'edificio e i prospetti delle tre facciate.

Su Palazzo Mauruzi – Gherardi è stato eseguito anche un rilievo fotografico che è servito per realizzare le tavole che riguardano le sezioni dell'edificio.

Questo rilievo fotografico è stato eseguito in tutte le stanze dell'edificio in cui era possibile accedere e occupate dal cantiere presente all'interno e all'esterno del Palazzo al momento della sua esecuzione.

Grazie alle fotografie effettuate è stato possibile realizzare un'analisi più accurata dell'edificio, soprattutto perché entrando nell'edificio è stato possibile osservare gli elementi strutturali e non che lo costituiscono.

L'analisi delle caratteristiche dell'edificio ha permesso la realizzazione di alcune tavole tra cui quelle delle sezioni in seguito riportate, dove sono state segnalate tutte le lesioni individuate durante il rilievo fotografico.

Oltre alle sezioni è stata anche realizzata una catalogazione degli orizzontamenti, resa possibile sia dalle fotografie effettuate all'interno del Palazzo sia dal materiale alla base di questa tesi che è stato fornito dal Comune di Urbino.

5.4.1 Le strutture murarie di elevazione

Una delle catalogazioni effettuate è stata quella delle murature; questa è stata realizzata basandosi sui dati sulle murature forniti dal Comune di Urbino ed anche sullo spessore delle murature dove è stato possibile valutarlo con più certezza.

Le murature dell'edificio risultano, esternamente, lasciate faccia a vista, in corrispondenza alla caratteristica principale dell'architettura urbinate, mentre internamente sono intonacate tranne in alcuni casi al piano seminterrato.

In generale, data la collocazione geografica dell'edificio, si può ipotizzare che la quasi totalità delle murature siano realizzate secondo la tipologia a sacco, ampiamente diffusa su tutto il territorio marchigiano. Questo in considerazione anche del fatto che la maggior parte delle murature ha uno spessore notevole.

La tipologia del muro a sacco prevede la presenza di due paramenti murari esterni realizzati in laterizio, tra i quali si rinviene uno strato intermedio costituito da pietrisco e scarti di lavorazione. Da un punto di vista meccanico queste murature presentano elevati fattori di criticità, in quanto le pareti risultano prive di monoliticità trasversale. Persino azioni sismiche moderate potrebbero determinarne il collasso, in quanto l'assenza di un efficace collegamento tra le facce esterne del muro potrebbe causare lo scorrimento reciproco dei due paramenti.

Sono state individuate, specialmente ai piani alti dell'edificio, murature piene ad una e due teste. Inoltre sono stati segnalati alcuni tamponamenti realizzati nel corso dei secoli e che riguardano soprattutto il piano seminterrato e terra.

Gli spessori murari sono variabili in corrispondenza dei vari piani, e tendono a diminuire verso l'alto. Al piano seminterrato gli spessori delle murature variano da 185 a 60 centimetri per le murature a sacco e sono anche presenti alcune murature piene ad una o due teste. Come sopra detto le murature diminuiscono di spessore salendo verso l'alto, ma queste mantengono uno spessore considerevole anche al piani terra. A questo piano lo spessore delle murature a sacco varia da 150 a 40 centimetri e come al piano seminterrato sono presenti murature piene ad una e due teste.

Al primo piano lo spessore delle murature a sacco varia dai 130 ai 35 centimetri mentre al secondo piano lo spessore delle murature è sempre inferiore ai 40 centimetri. Questi spessori sono stati ricavati sulla base del materiale fornito dal Comune di Urbino e, dove possibile, misurati all'interno dell'edificio.

5.4.2 Gli orizzontamenti

In questa catalogazione si nota come le stanze dell'edificio siano quasi interamente coperte da superfici voltate, tranne nella parte dell'edificio realizzata nel corso del XVIII secolo che andò a ridurre la superficie del cortile interno e al piano terra nella porzione di edificio inglobata alla fine dello stesso secolo e che precedentemente apparteneva a Palazzo Passionei – Paciotti, in cui, in seguito a recenti interventi effettuati nel corso del XX secolo, sono stati realizzati solai in latero-cemento.

In alcune stanze del piano terra è stato individuato un doppio orizzontamento, il principale dei quali ha funzione strutturale di sostegno della pavimentazione del piano superiore ed un secondo non strutturale realizzato come controsoffittatura, che in alcune stanze è stata decorata nel corso del XIX secolo.

Le volte presenti all'interno di Palazzo Mauruzi – Gherardi, come si può evincere dalle tavole in seguito riportate, sono molto varie. Questo in considerazione del fatto che il Palazzo non è

nato in una sola fase ma il suo sviluppo si è protratto per diversi secoli. Inoltre il tipo di volta di un certo ambiente potrebbe dipendere anche dalla destinazione d'uso che questo ha avuto nei secoli passati.

Procedendo per piani si può osservare che al piano seminterrato sono presenti quasi esclusivamente volte a botte realizzate con mattoni a due teste. Il piano terra risulta molto vario per le tipologie di volte; ci sono volte a botte realizzate con mattoni ad una teste, controsoffittate e non, volte a crociera, volte a padiglione e volte a schifo sempre realizzate con mattoni ad una testa.

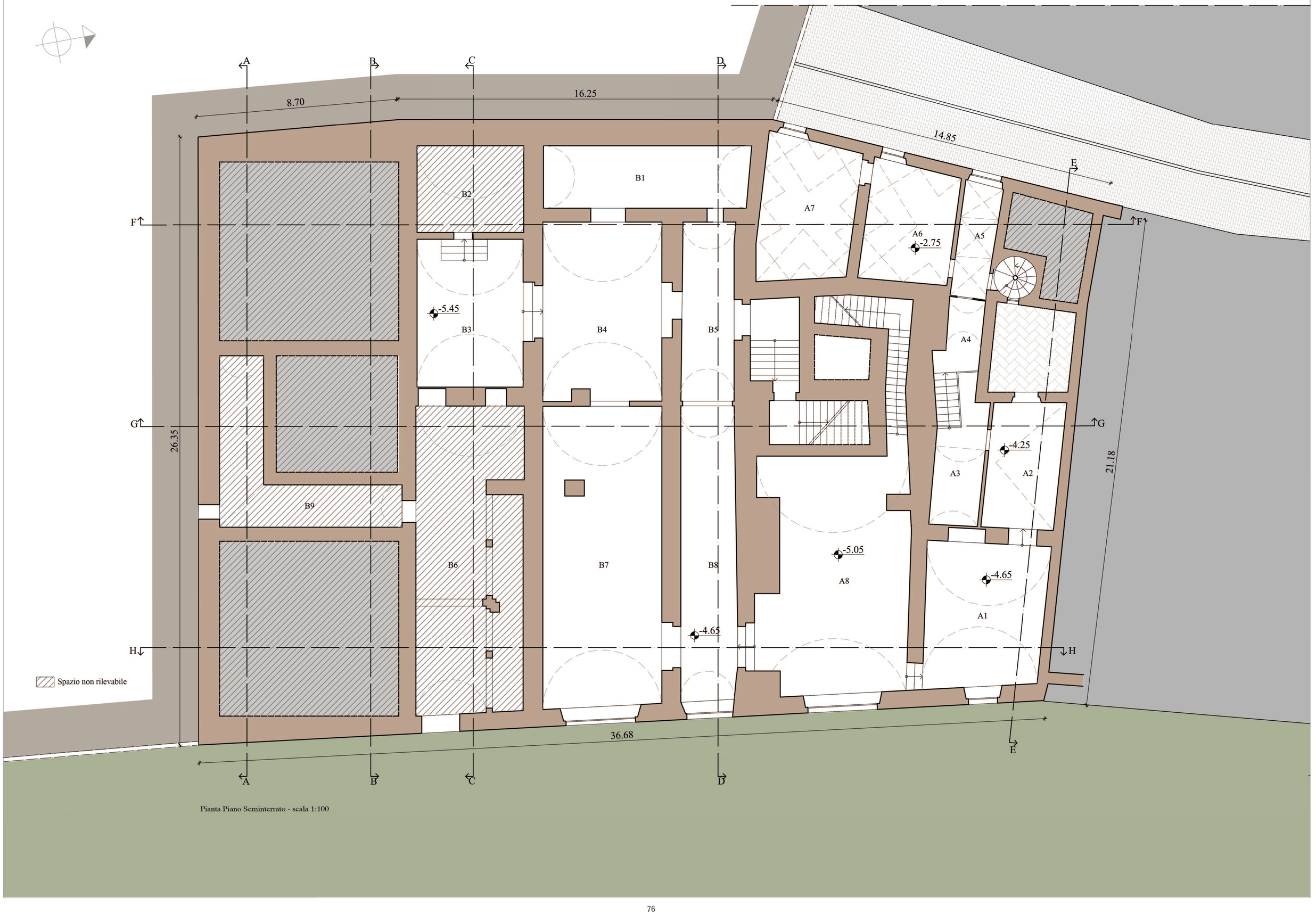
Il primo piano è caratterizzato dall'utilizzo di mattoni in foglio per la realizzazione di volte a padiglione e volte a padiglione lunettate, e per l'utilizzo della camorcanna per la realizzazione di false volte negli ambienti più importanti e di dimensioni maggiori.

Per quello che riguarda le coperture queste sono state oggetto di un recente restauro e consolidamento statico; una parte di queste lavorazioni è stata effettuata nel 2009, mentre un'altra iniziata nel 2013 al momento dei sopralluoghi era ancora in corso. Per questo non è stato possibile riportare negli elaborati la struttura originaria delle coperture se non per le parti che al momento dei sopralluoghi non erano ancora state oggetto d'intervento.

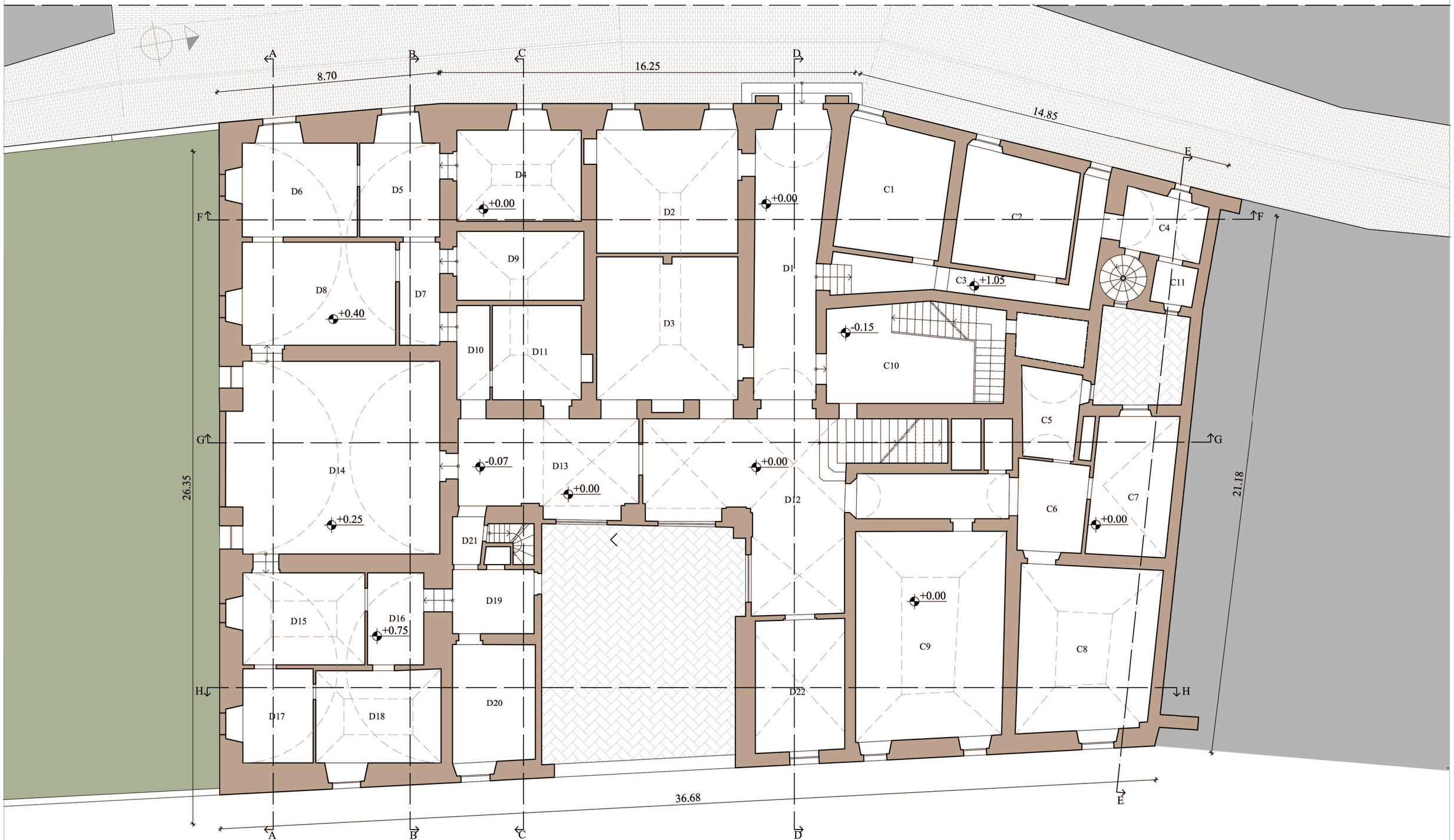
5.4.3 Presidi antisismici esistenti

Nell'edificio sono stati rinvenuti alcuni tiranti in acciaio, la cui funzione è quella di impedire il ribaltamento delle pareti fuori dal piano. In particolare questi tiranti sono stati inseriti sulla facciata di valle del palazzo che si affaccia sul giardino dell'attiguo Palazzo Passionei – Paciotti, altri invece sono stati inseriti al primo piano in corrispondenza della parete del cortile interno delle stanze indicate nel rilievo come F15 ed F16.

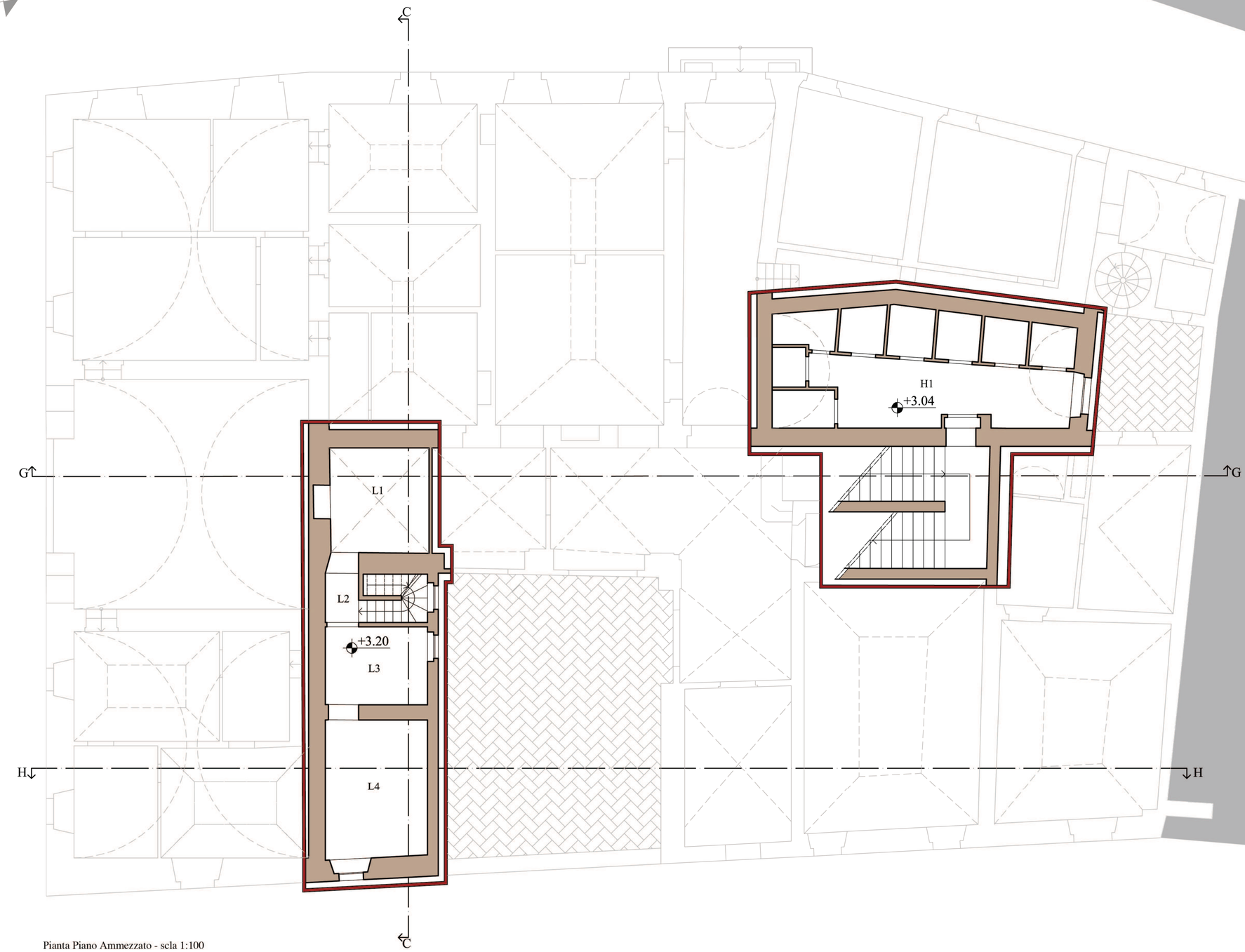
RILIEVO GEOMETRICO - PIANTA PIANO SEMINTERRATO - SCALA 1:100



Pianta Piano Seminterrato - scala 1:100

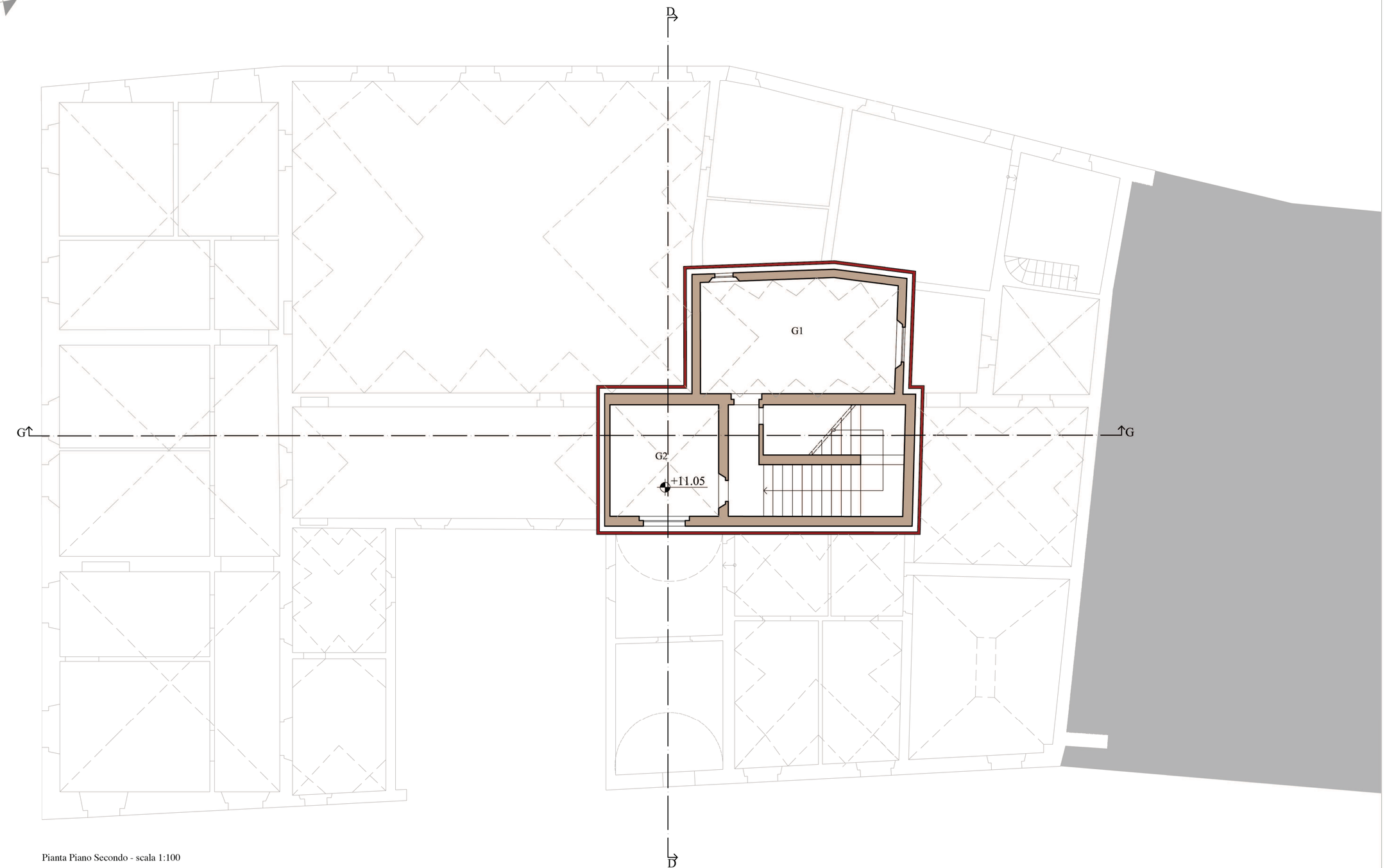


Pianta Piano Terra - scala 1:100

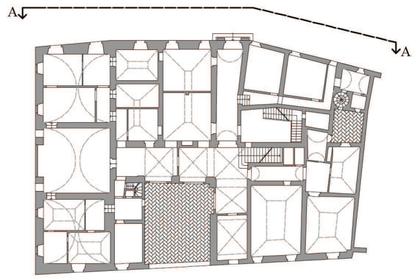


Pianta Piano Ammezzato - scla 1:100

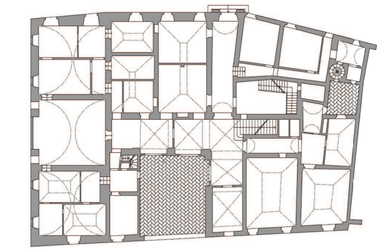
Pianta Piano Primo - scala 1:100



Pianta Piano Secondo - scala 1:100

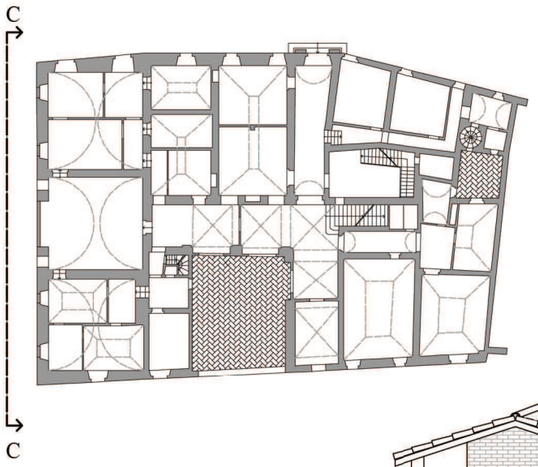


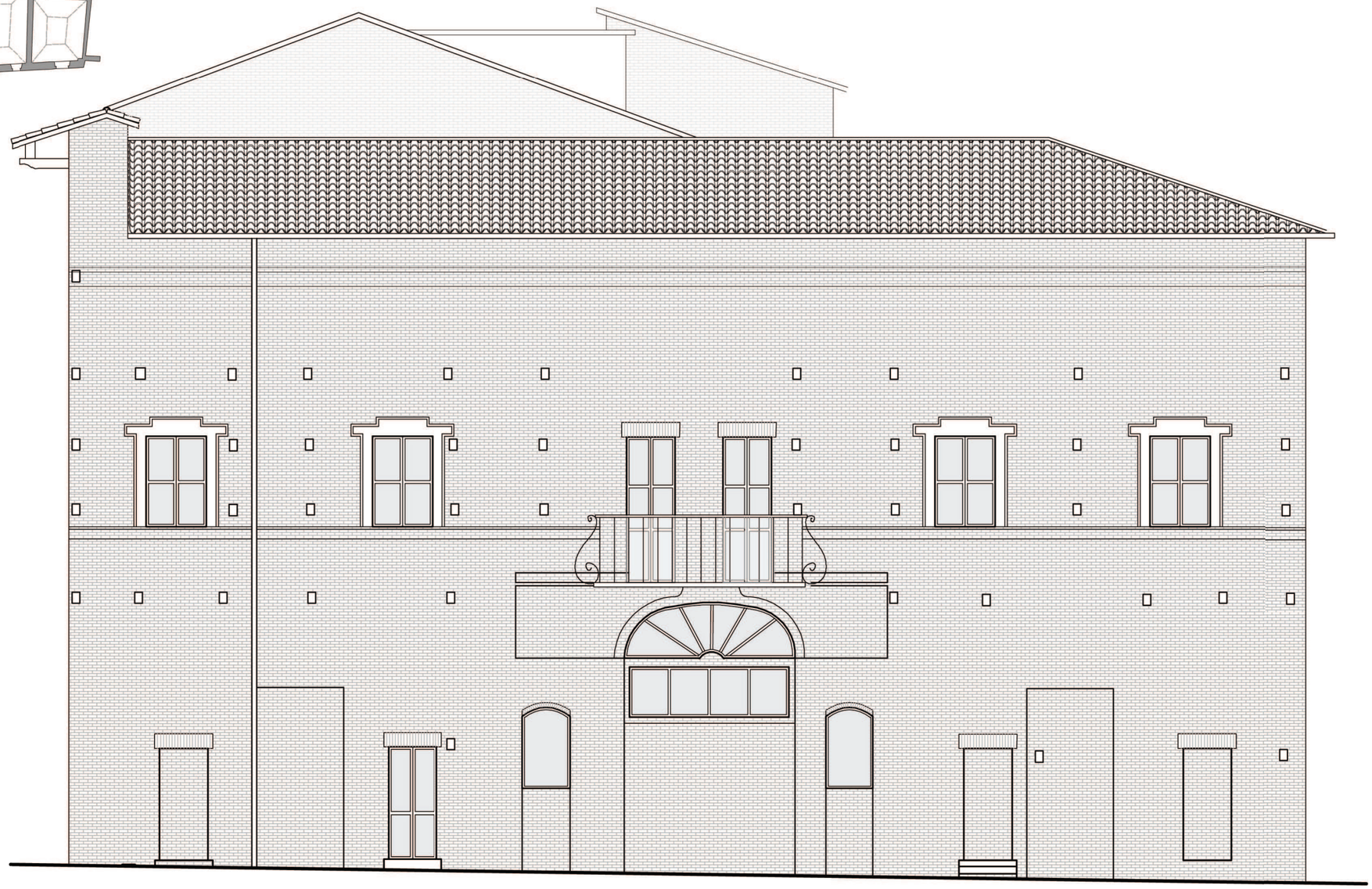
Prospetto A-A - Prospetto su Piazza Gherardi - Via Valerio - scala 1:100



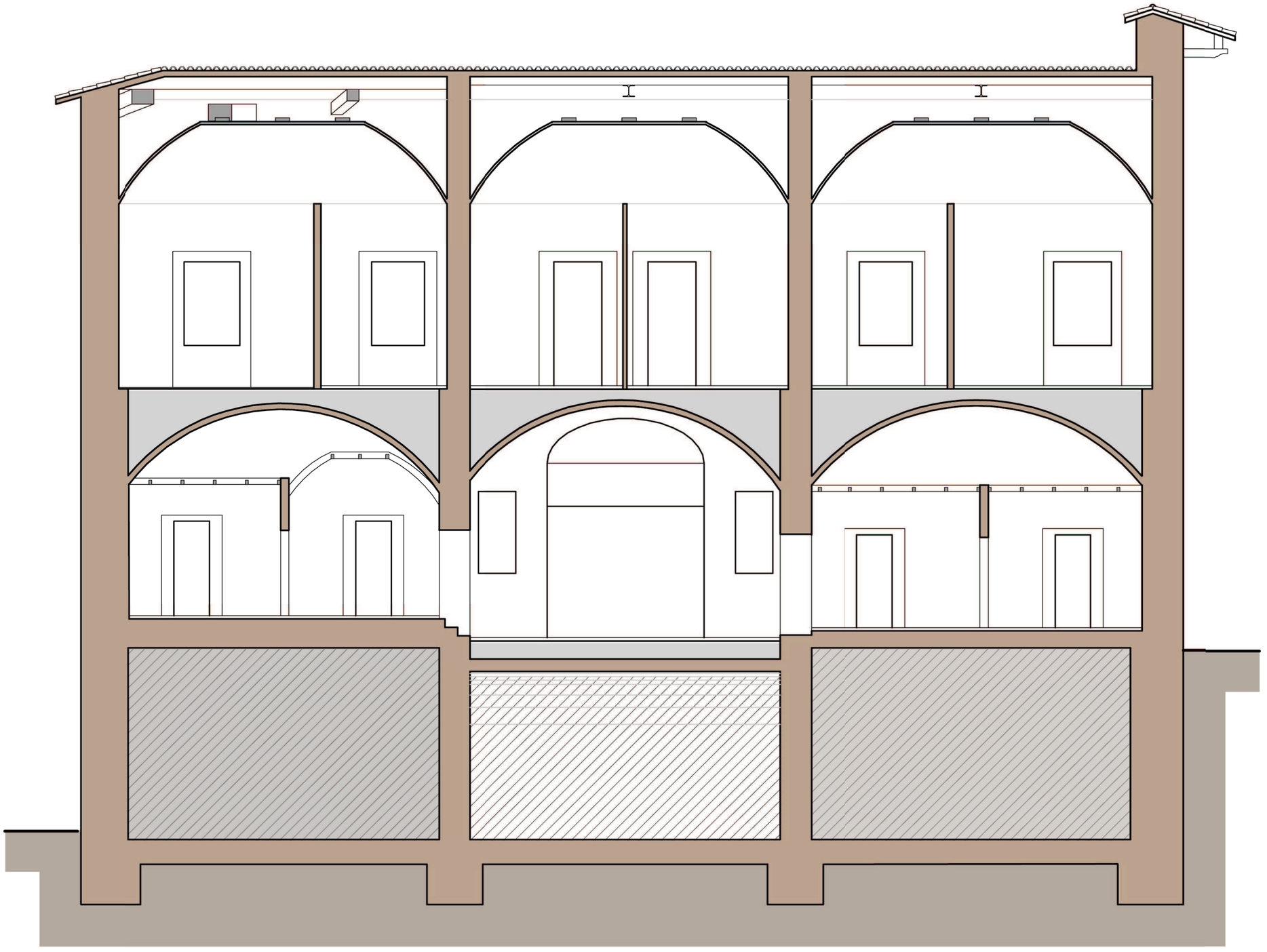
Prospetto B-B - Prospetto lato valle - scala 1:100

RILIEVO GEOMETRICO - PROSPETTO C-C - PROSPETTO SUL CORTILE DI SANTA CHIARA - SCALA 1:100



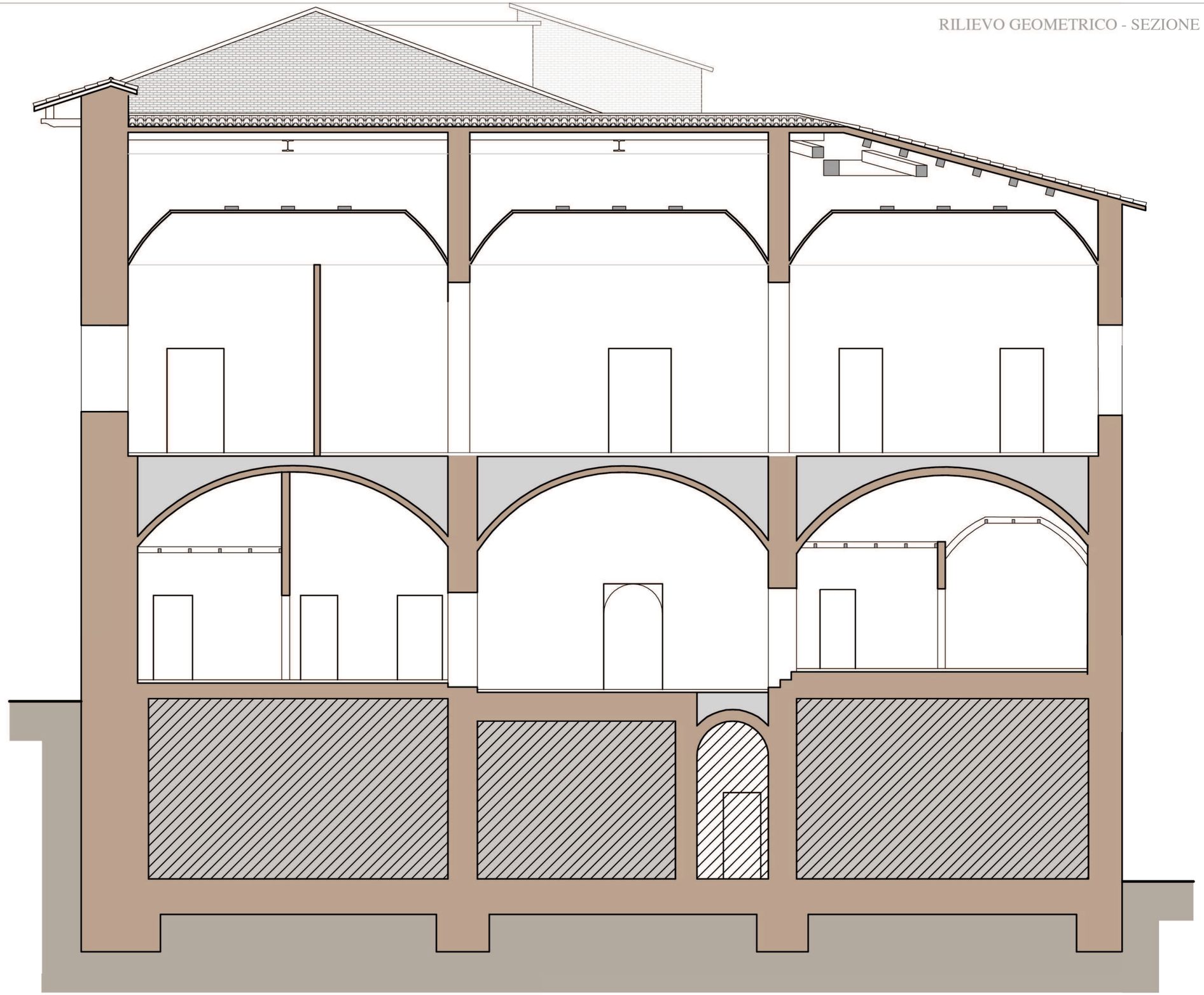


Prospetto sul C-C - Prospetto cortile di Santa Chiara - scala 1:100



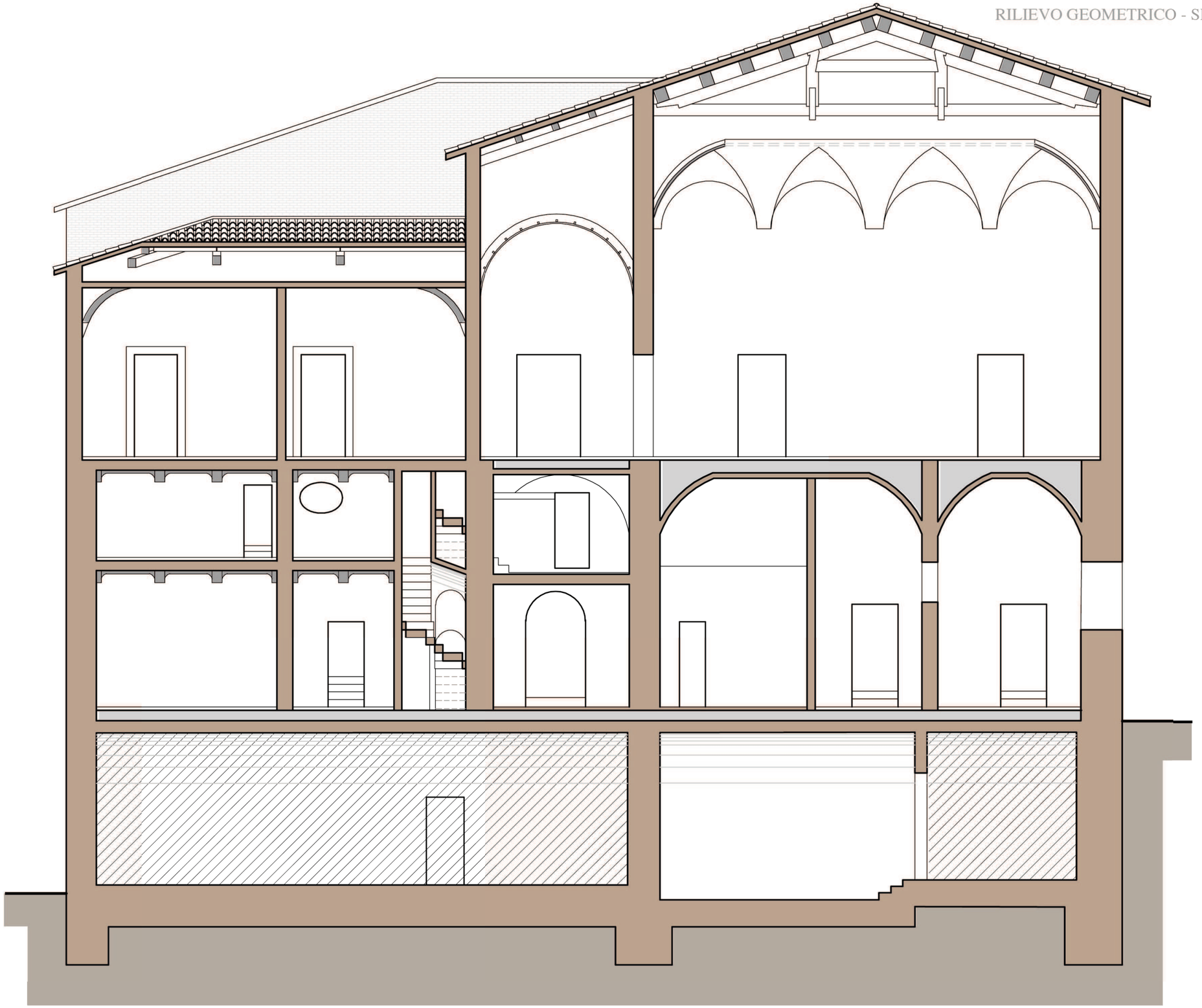
Sezione A-A - scala 1:100

Spazio non rilevabile



Sezione B-B - scala 1:100

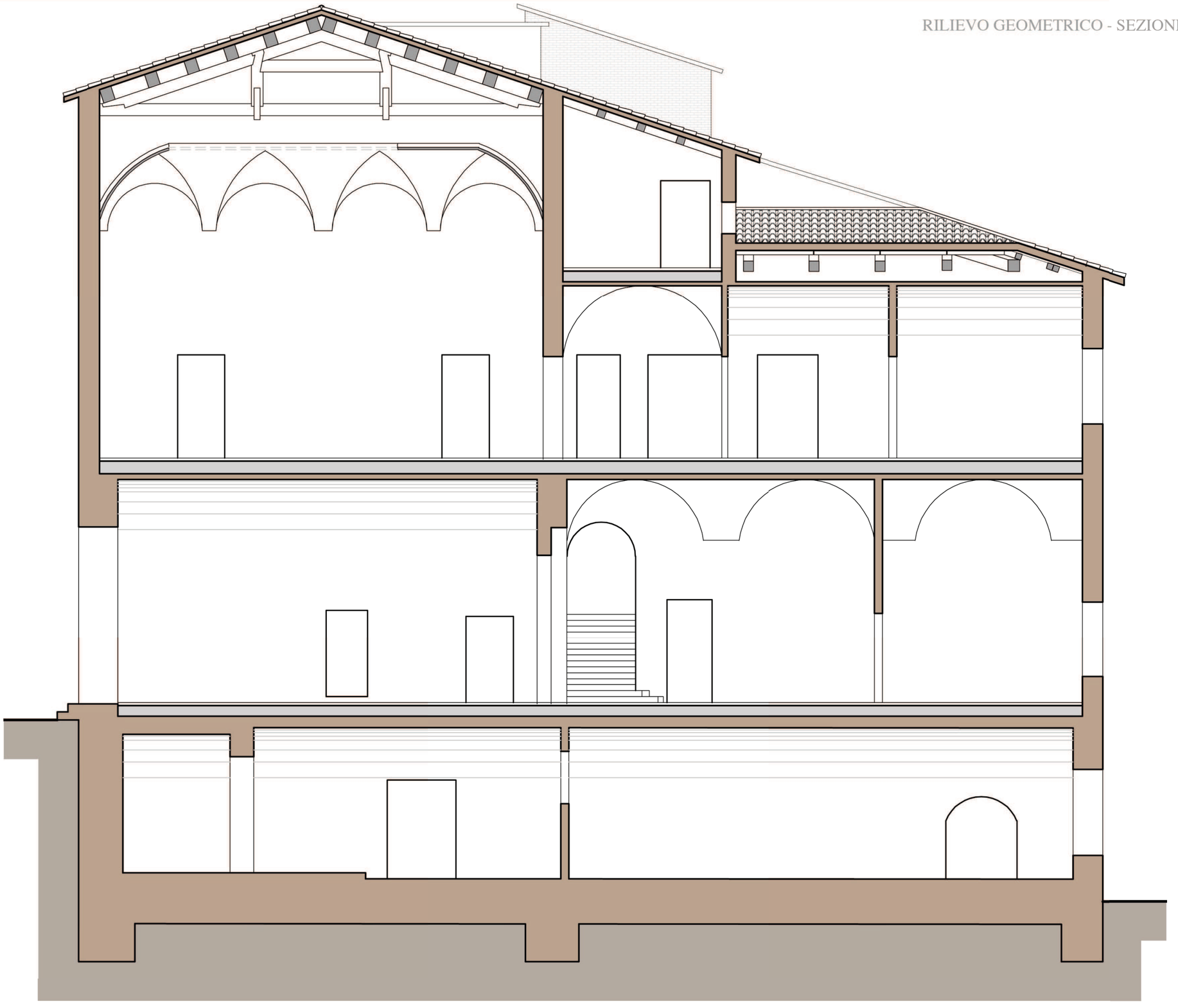
Spazio non rilevabile



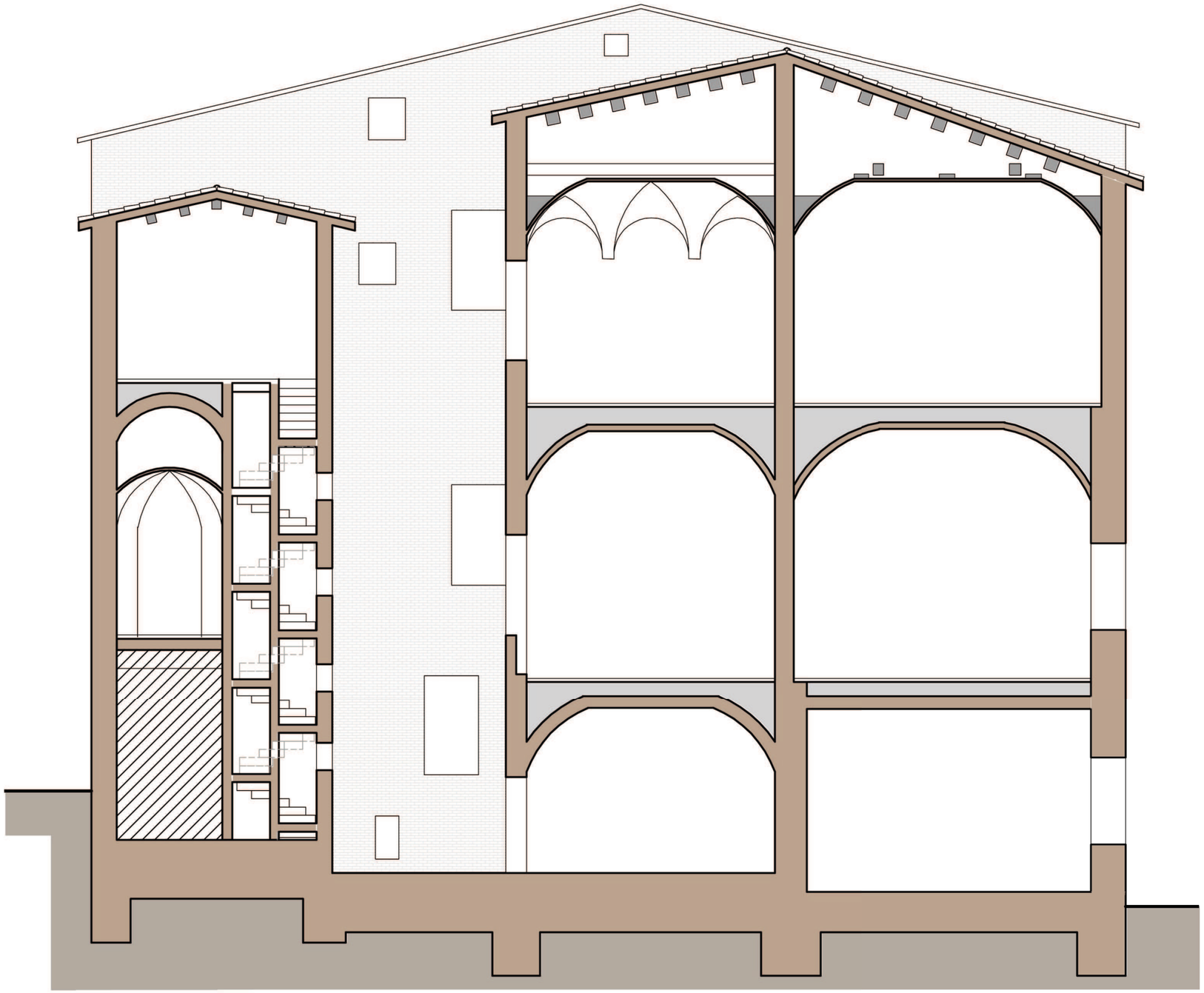
Sezione C-C - scala 1:100

Spazio non rilevabile

RILIEVO GEOMETRICO - SEZIONE D-D - SCALA 1:100

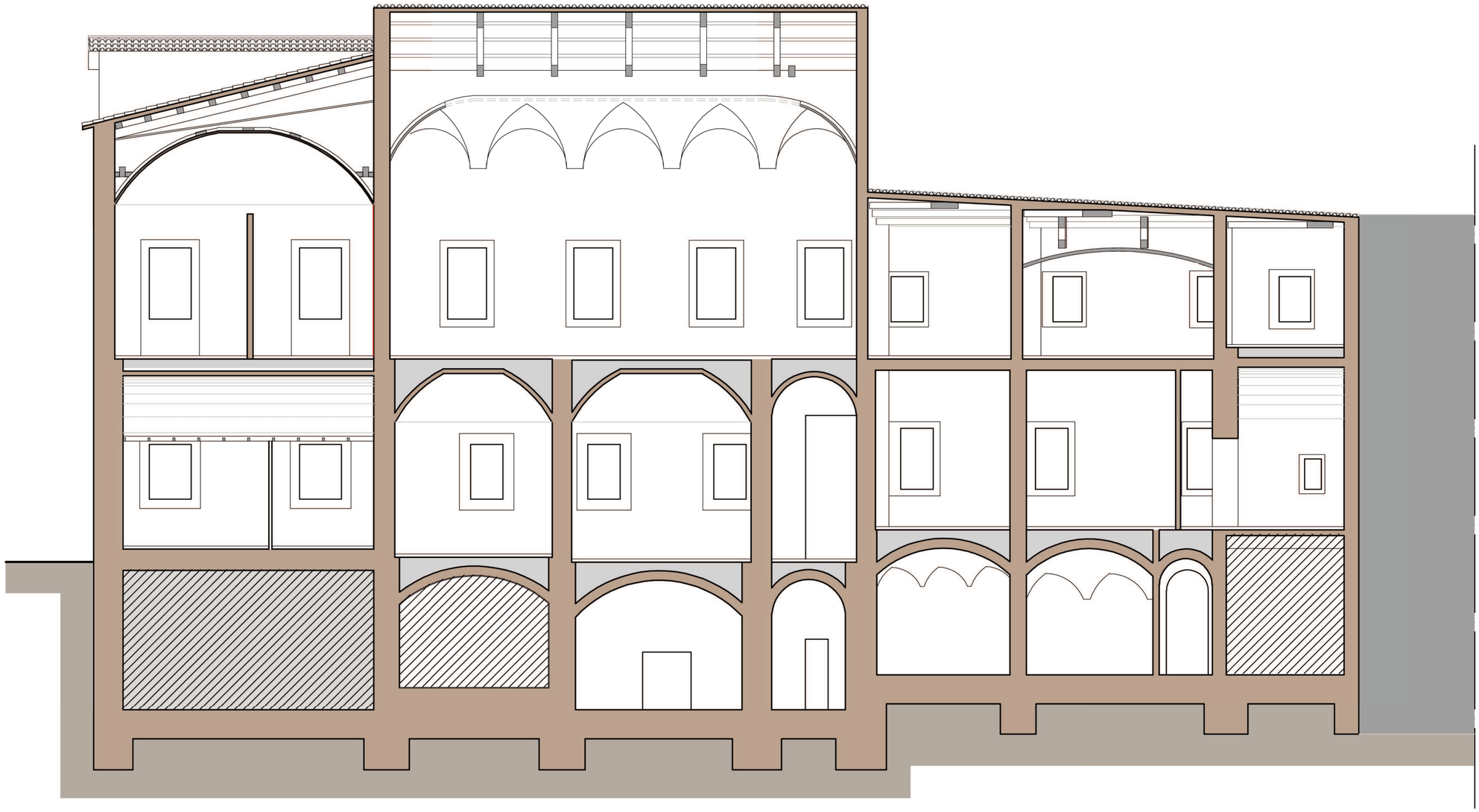


Sezione D-D - scala 1:100



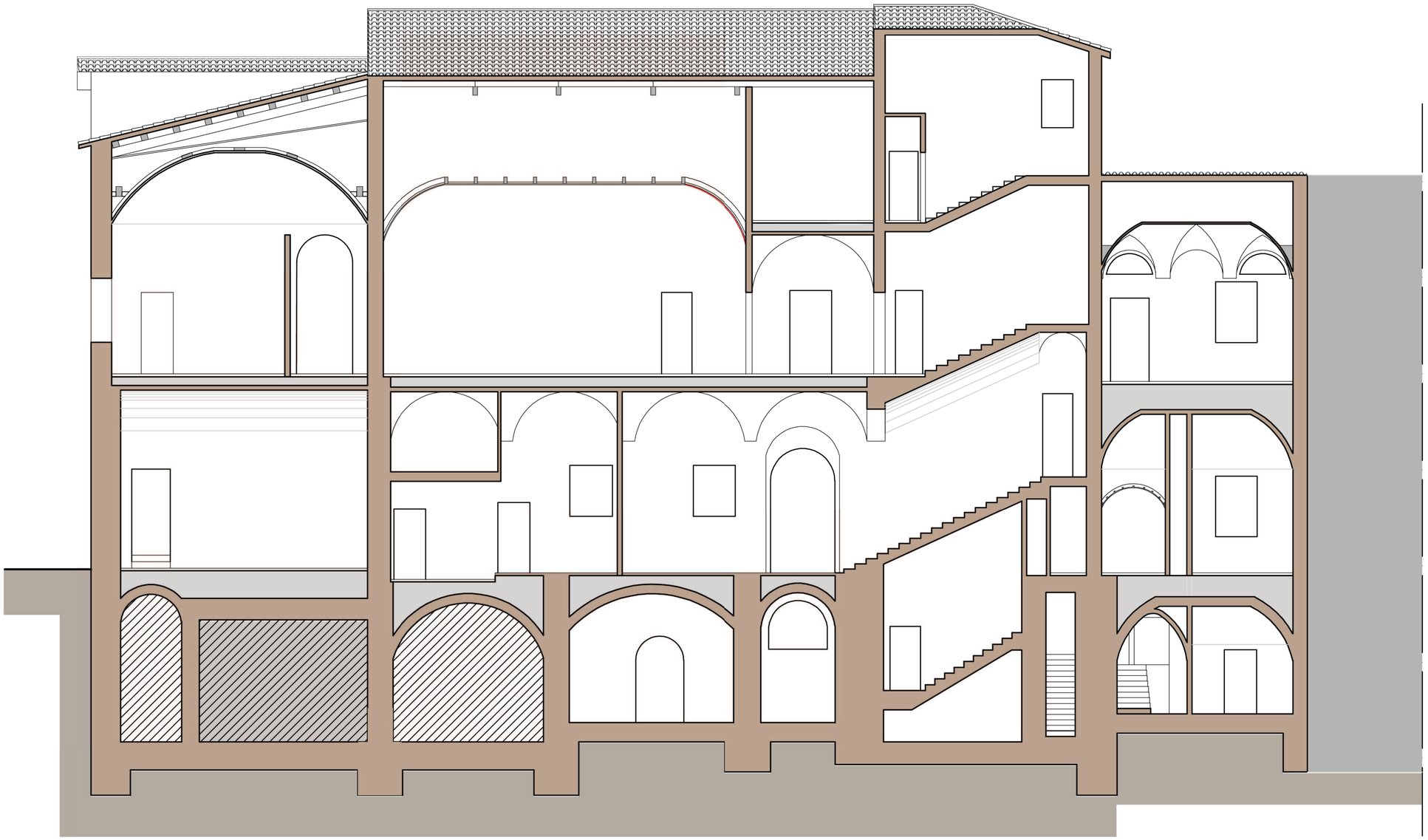
Sezione E-E - scala 1:100

Spazio non rilevabile



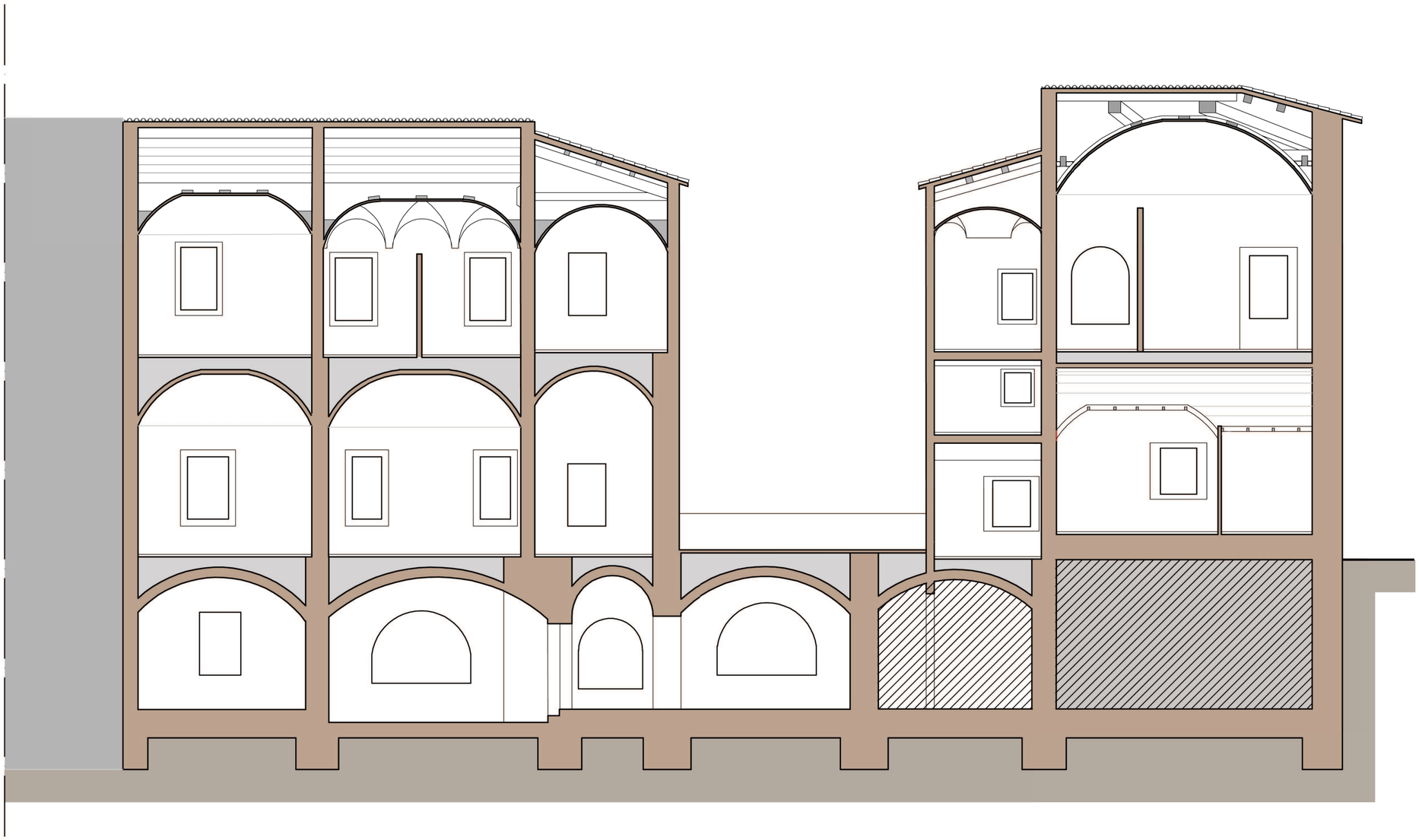
Sezione F-F - scala 1:100

Spazio non rilevabile



Sezione G-G - scala 1:100

Spazio non rilevabile



Sezione H-H - scala 1:100

Spazio non rilevabile

TIPOLOGIA DEGLI ORIZZONTAMENTI - PIANTA PIANO SEMINTERRATO - SCALA 1:100

- Volta a botte a tutto sesto realizzata con mattoni a due teste
- Volta a botte a tutto sesto realizzata con mattoni a due teste (stanza non rilevabile)
- Volta a botte a sesto ribassato realizzata con mattoni a due teste
- Volta a botte a sesto ribassato realizzata con mattoni a due teste (stanza non rilevabile)
- Porzione di stanza con ntradosso piano (non definibile)
- Volta a crociera realizzata con mattoni a due teste
- Porzione di volta a padiglione realizzata con mattoni a due teste
- Volta a padiglione lunettata realizzata con mattoni a due teste
- Spazio non rilevabile

1 - Volta a botte stanza B1

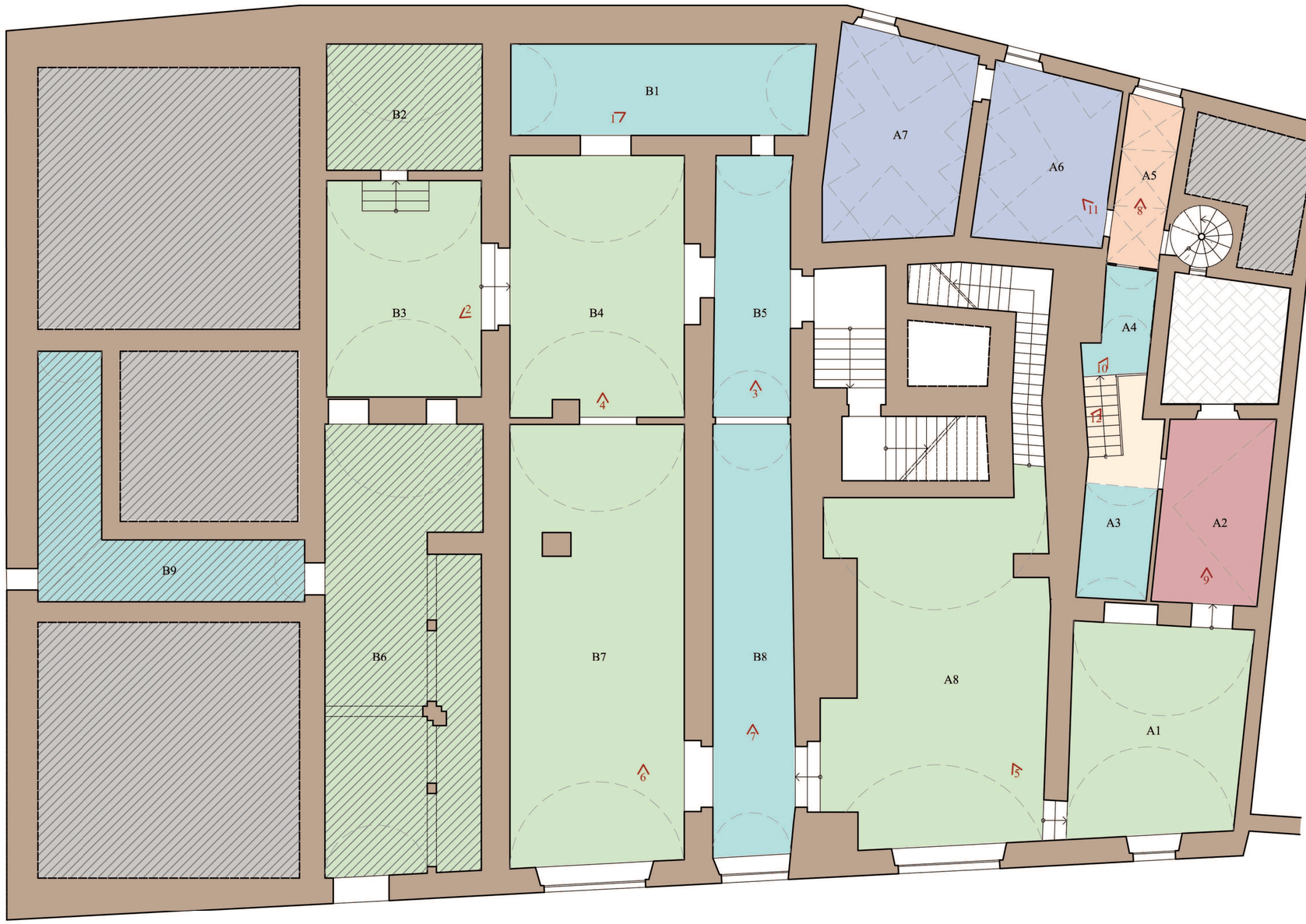
2 - Volta a botte stanza B3

3 - Volta a botte stanza B5

4 - Volta a botte stanza B4

5 - Volta a botte stanza A8

6 - Volta a botte stanza B7



Pianta Piano Seminterrato - scala 1:100

7 - Volta a botte stanza B8

8 - Volta a botte stanza A5

9 - Porzione volta a padiglione stanza A2

10 - Volta a botte stanza A4

11- Volta a padiglione lunettata stanza A6

12 - Porzione con solaio ad intradosso piano (non definibile) stanza A3

TIPOLOGIA DEGLI ORIZZONTAMENTI- PIANTA PIANO TERRA - SCALA 1.100

- Volta a crociera realizzata con mattoni ad una testa
- Volta a botte a sesto ribassato realizzata con mattoni ad una testa e controsoffittatura di volta in camorcanna
- Volta a botte a sesto ribassato realizzata con mattoni ad una testa e controsoffittatura di solaio in camorcanna
- Volta a botte a tutto sesto realizzata con mattoni ad una testa
- Volta a botte a sesto ribassato realizzata con mattoni ad una testa
- Volta a padiglione realizzata con mattoni ad una testa
- Porzione di voltaa padiglione realizzata conmattoni ad una testa
- Ipotesi di volta a schifo realizzata con mattoni ad una testa
- Solaio piano realizzato in laterocemento
- Solaio piano realizzato con travi in legno
- Ipotesi di solaio piano realizzato con travi in legno
- Ipotesi di controsofittatura realizzata in camorcanna

1- Controsoffittatura a volta stanza D17

2- Controsoffittatura a volta stanza D18

3 - Volta a botte e controsoffittatura in camorcanna D15

4 - Controsoffittatura piana stanza D17

5 - Controsoffittatura piana stanza D8

6 - Volta a schifo stanza C8 (ipotesi)

7 - Volta a schifo stanza C9 (ipotesi)

8 - Volta a padiglione stanza D2

9 - Volta a botte a sesto ribassato stanza D14

10 - Volta a botte a tutto sestostanza D1

11 - Serie di volte a crociera stanza D12

12 - Porzione volta a padiglione stanza C7

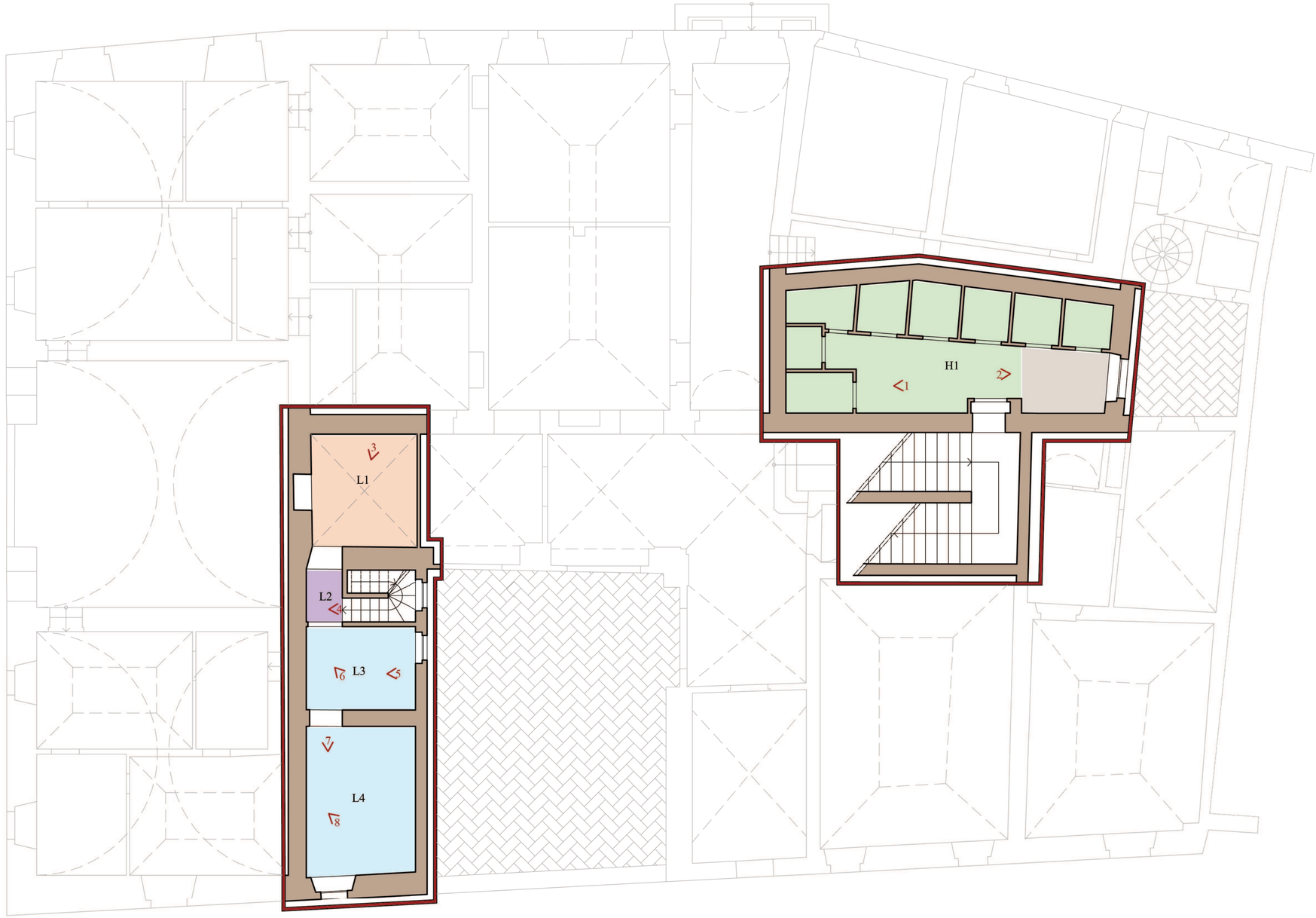
13 - Solaio piano stanza C1

14 - Solaio piano stanza D20

Pianta Piano Terra - scala 1:100

TIPOLOGIA DEGLI ORIZZONTAMENTI - PIANTA PIANO AMMEZZATO - SCALA 1:100

- Volta a crociera realizzata con mattoni ad una testa
- Volta a botte a sesto ribassato realizzata con mattoni ad una testa
- Solaio piano realizzato con travi in legno
- Ipotesi solaio piano realizzato in laterocemento
- Ipotesi controsoffittatura piana realizzata in camorcanna



Pianta Piano Ammezzato - scala 1:100

1 - Porzione solaio piano stanza H1

2 - Porzione volta stanza H1

3 - Volta a crociera stanza L1

4 - Controsoffittatura stanza L2

5 - Solaio piano stanza L3

6 - Dettaglio solaio stanza L3

7 - Solaio stanza L4

8 - Dettaglio solaio stanza L4

- Volta a padiglione realizzata con mattoni in foglio e costolonatura di irrigidimento
- Volta a padiglione lunettata realizzata in camorcanna (la volta è quasi completamente crollata)
- Volta a padiglione lunettata realizzata con mattoni in foglio e costolonature di irrigidimento
- Volta a crociera realizzata con mattoni in foglio
- Volta a padiglione lunettata realizzata con mattoni in foglio
- Volta a botte realizzata con mattoni in foglio
- Copertura realizzata con travi in legno e pianelle
- Volta a padiglione realizzata con mattoniin foglio e costolonatura di irrigidimento
- Volta a padiglione realizzata in camorcanna

1 - Volta a padiglione stanza F2

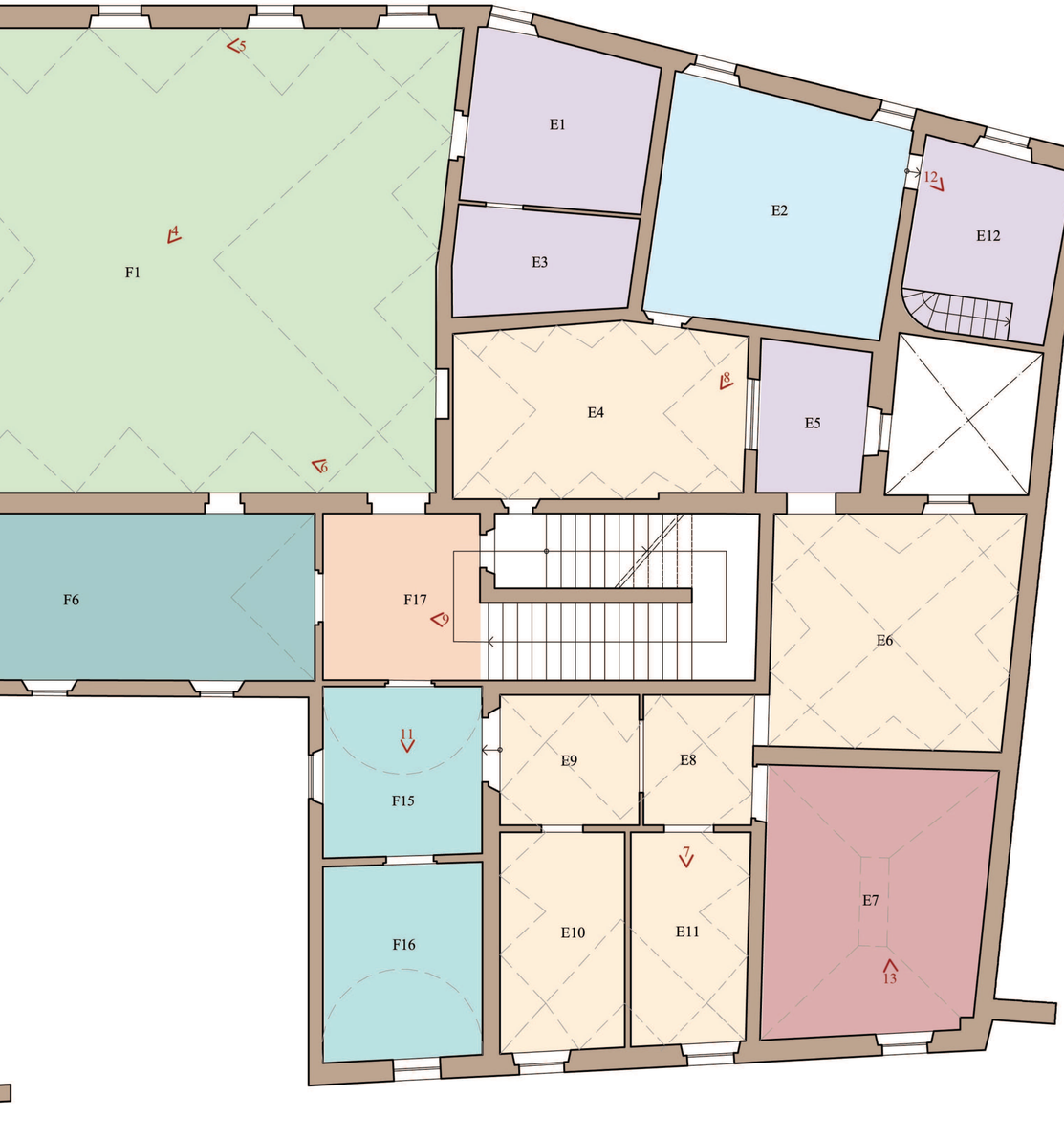
2 - Volta a padiglione stanza F7

3 - Vista della costolonatura di irrigidimento delle volte a padiglione STANZA F4

4 - Parte rimanente della volta in camorcanna della stanza F1

5 - Parte rimanente sui lati della volta in camorcanna della stanza F1

6 - Volta in camorcanna stanza F1



Pianta Piano Primo - scala 1:100

7 - Volta a padiglione lunettata stanza E11

8 - Volta a padiglione lunettata stanza E4

9 - Volta a crociera stanza F17

10 - Volta a padiglione lunettata stanza F11

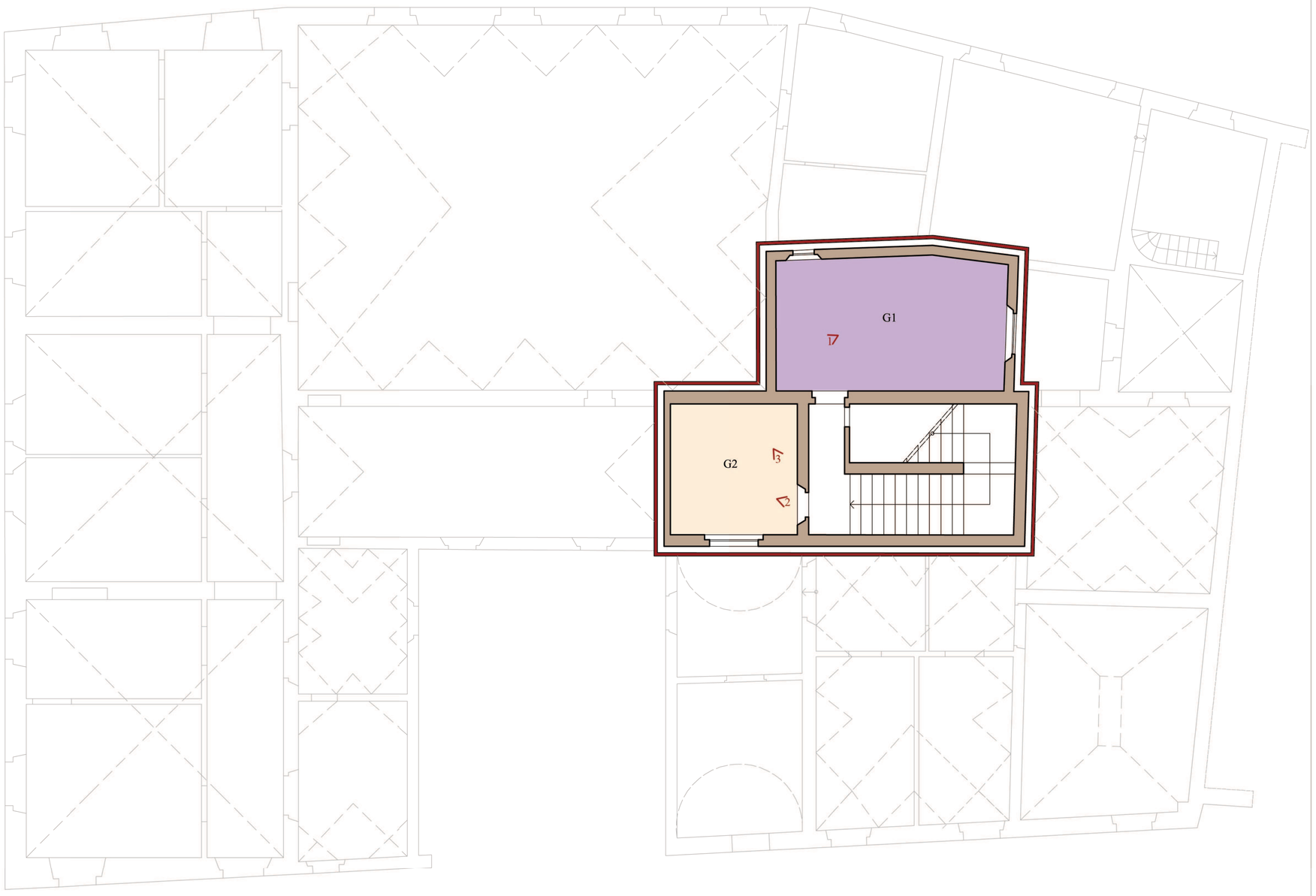
11 - Volta a botte stanza F15

12 - Copertura stanza E12

13 - Volta a padiglione stanza E7

Solaio piano realizzato in laterocemento

Copertura realizzata con travi in legno e pianelle



Pianta Piano Secondo - scala 1:100

1 - Solaio piano stanza G1

2 - Copertura stanza G2

3 - Dettaglio copertura stanza G2

TIPOLOGIA DELLE MURATURE - PIANTA PIANO SEMINTERRATO - SCALA 1:100

Muratura realizzata a sacco

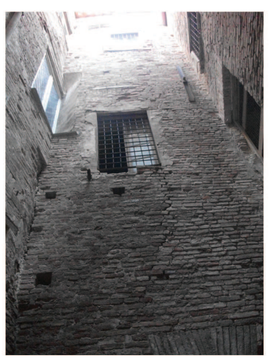
Ipotesi di muratura realizzata a sacco

Muratura relizzata in mattoni pieni

Chiusura delle aperture realizzata in mattoni

Pianta Piano Seminterrato - scala 1:100

1 - Muratura realizzata a sacco

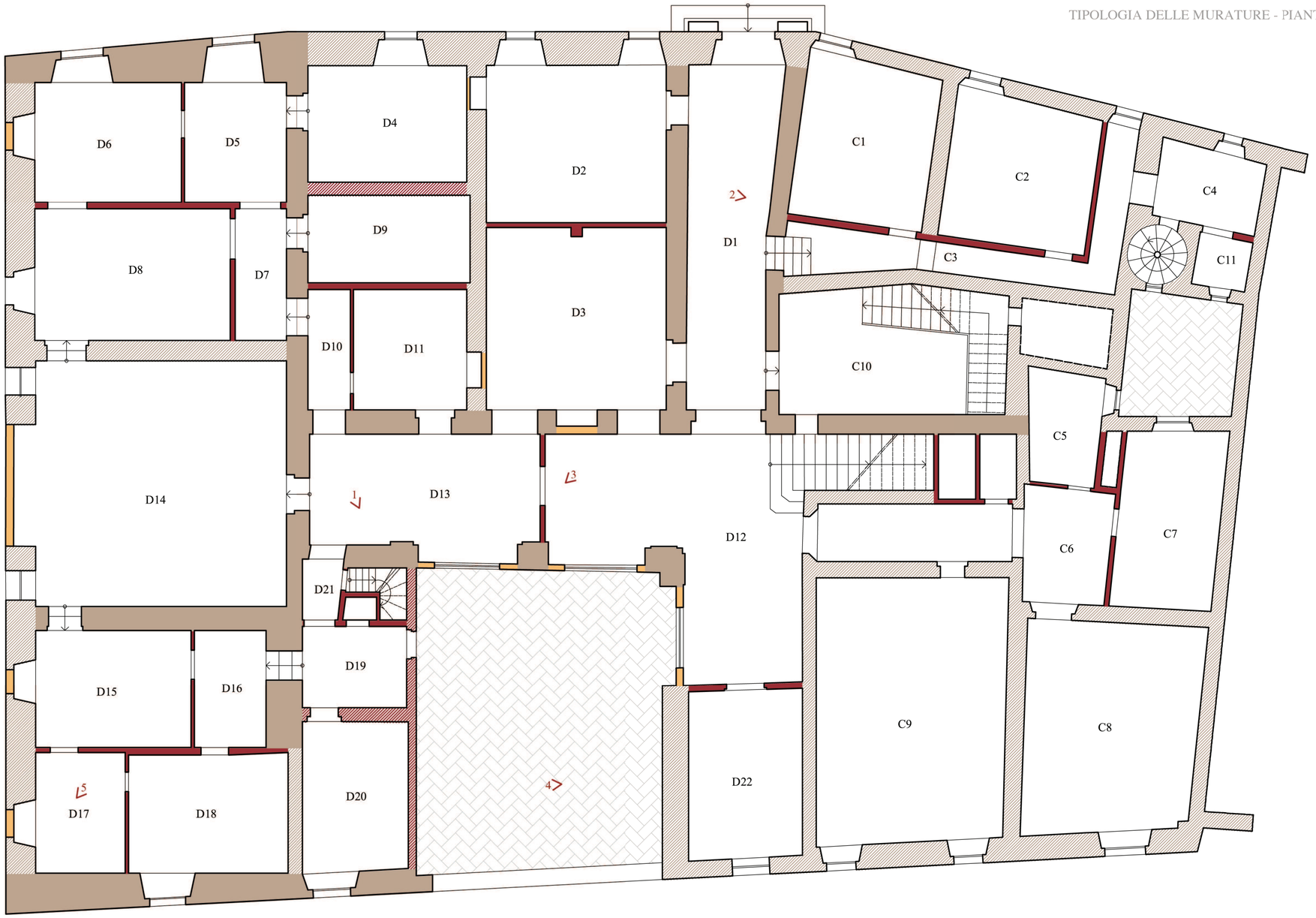


2 - Muratura realizzata a sacco

3 - Tramezzo realizzata a sacco

4 - Chiusura di un'apertura in mattoni pieni

- Muratura realizzata a sacco
- Ipotesi di muratura realizzata a sacco
- Muratura relizzata in mattoni pieni
- Ipotesi di muratura realizzata in mattoni pieni
- Chiusura delle aperture realizzata in mattoni



Pianta Piano Terra - scala 1:100

1 - Muratura a sacco

2 - Muratura un mattoni pieni

3 - Tramezzo realizzato in mattoni

4 - Chiusura di un arco realizzata in mattoni

5 - Chiusura di una port realizzata in mattoni

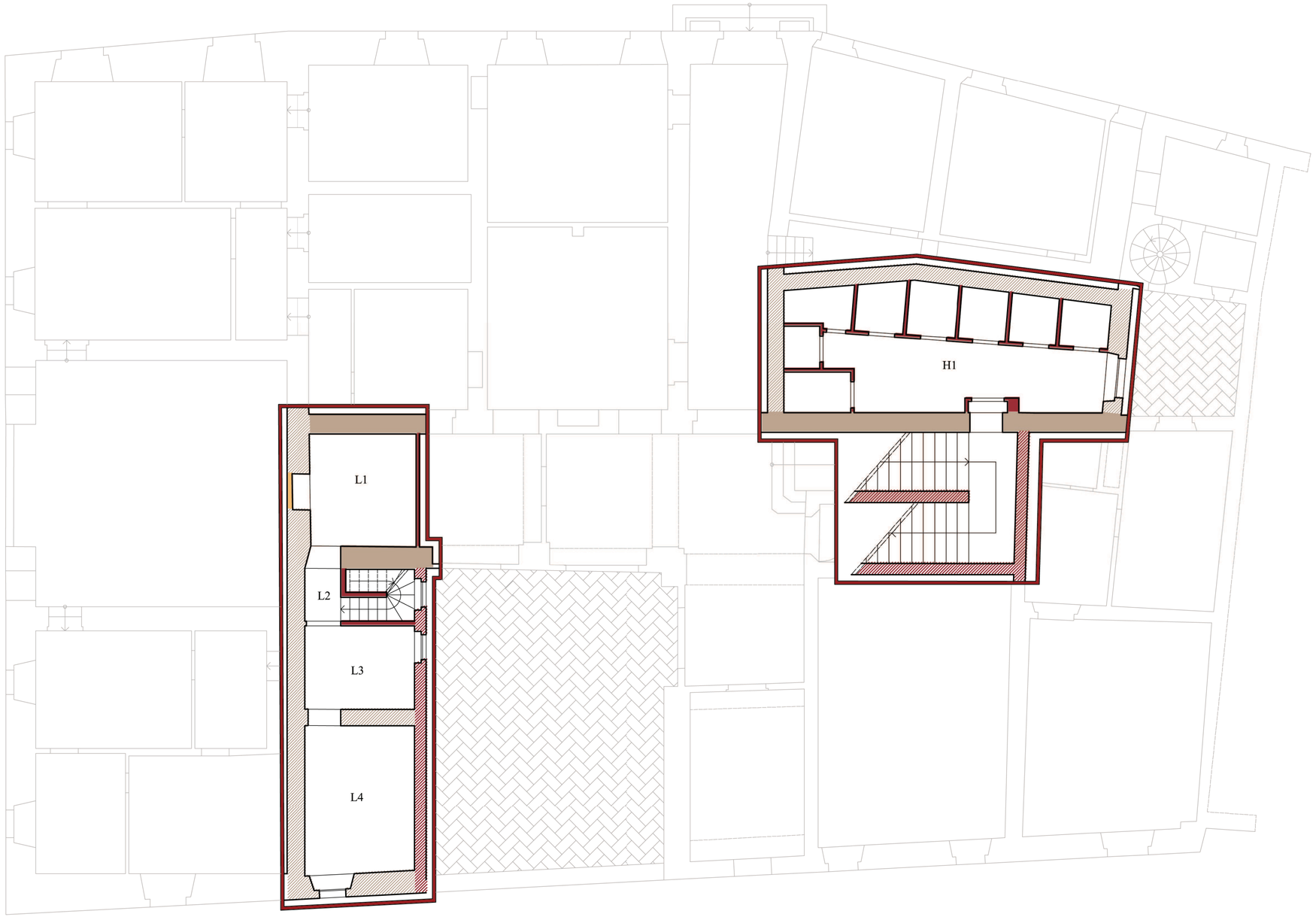
Muratura realizzata a sacco

Ipotesi di muratura realizzata a sacco

Muratura relizzata in mattoni pieni

Ipotesi di muratura realizzata in mattoni pieni

Chiusura delle aperture realizzata in mattoni



Pianta Piano Ammezzato - scala 1:100

TIPOLOGIA DELLE MURATURE - PIANTA PIANO PRIMO - SCALA 1:100

- Muratura realizzata a sacco
- Ipotesi di muratura realizzata a sacco
- Muratura relizzata in mattoni pieni
- Ipotesi di muratura realizzata in mattoni pieni
- Chiusura delle aperture realizzata in mattoni

Pianta Piano Primo - scala 1:100

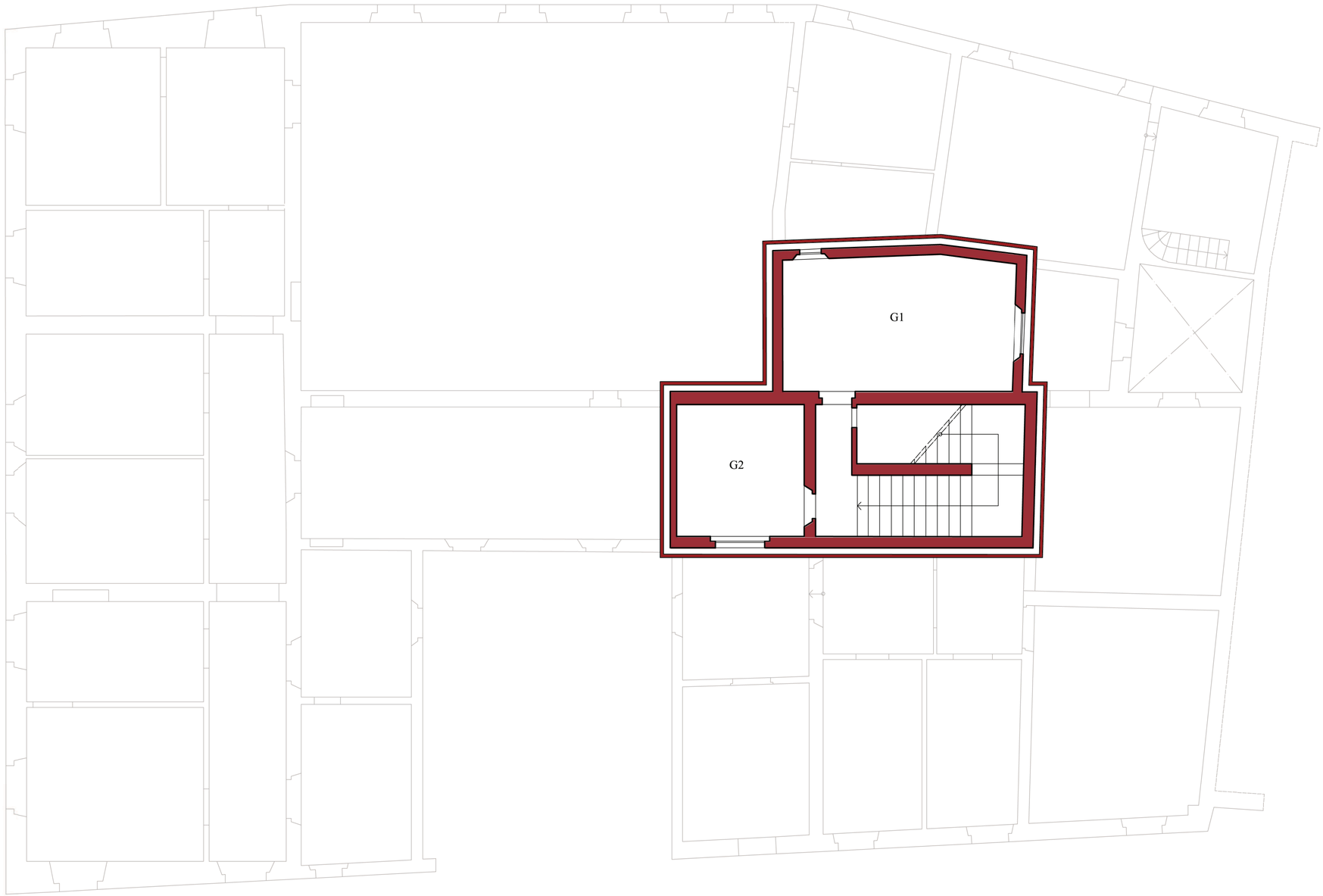
1 - Muratura realizzata a sacco

2 - Muratura realizzata a sacco

3 - Muratura realizzata a sacco

TIPOLOGIA DELLE MURATURE - PIANTA PIANO SEZONDO - SCALA 1:100

Muratura relizzata in mattoni pieni



Pianta Piano Secondo - scala 1:100

5.5 Elementi costruttivi caratterizzanti Palazzo Mauruzi – Gherardi

5.5.1 Volta a botte realizzata con mattoni a due teste ed apparecchiatura radiale

La volta a botte analizzata e rappresentata nella tavola 5.33 è una volta a botte a sesto ribassato realizzata al piano seminterrato di Palazzo Mauruzi – Gherardi, in particolare nella stanza che nel rilievo geometrico si è indicata come B4.

Questa tipologia di volta è presente non solo nell'ambiente rappresentato nell'elaborato ma in quasi tutto il piano seminterrato e lo rende, da un punto di vista strutturale, piuttosto uniforme.

La volta a botte è la tipologia di volta più semplice che nei secoli sia stata costruita.

Questo tipo di volta è costituita da una retta, detta retta generatrice, che trasla parallela a se stessa lungo una curva direttrice che può avere diverse forme, in questo caso un arco a sesto ribassato.

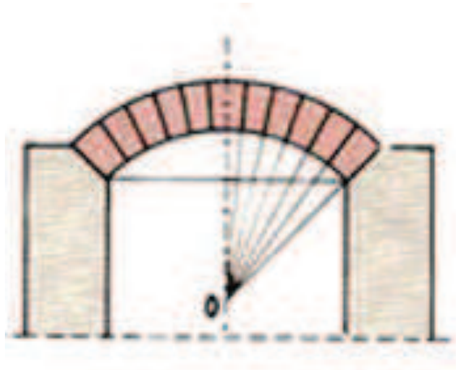


Figura 5.7 – Arco a sesto ribassato.

La volta a botte è generalmente usata, come in questo caso, per coprire ambienti a piante rettangolare e le rette generatrici sono parallele a due lati opposti della stanze, generalmente quelli maggiori.

Lungo le due rette generatrici si trovano i due piani d'imposta della volta, e d è su questi che la volta a botte esercita la sua azione di peso e di spinta.

L'ambiente della stanza B4, su cui si sviluppa la volta ha forma rettangolare e regolare; le sue dimensioni risultano essere 7,78 metri di lunghezza per 5,14 metri di larghezza.

I muri perimetrali esterni sono murature a sacco con paramenti esterni in laterizio e il loro spessore varia da 60 a 94 centimetri. Solamente su un lato non si ha una muratura a sacco ma l'ambiente è stato chiuso con una muratura di mattoni pieni ad una testa.

La volta si presenta realizzata a due teste, ossia è stata ottenuta dalla sovrapposizione di due file di mattoni sfalsate tra loro di circa mezzo mattone e messe in opera di coltello. I mattoni disposti di coltello sono appoggiati lungo il loro lato lungo, ossia lungo quella che viene chiamata lista del mattone.

L'apparecchiatura dei mattoni è radiale, ossia segue l'andamento longitudinale della volta, i mattoni, infatti, sono disposti in modo che la lista sia parallela alle rette generatrici.

Lo spessore della volta è dato dallo spessore delle due teste dei due filari di mattoni e dal giunto di malta interposto tra di esse affinché ci sia la presa degli elementi sovrapposti, e risulta essere di 29,50 centimetri.

La quota del piano d'imposta della volta è 2,91 metri mentre la quota di chiave è 4,00 metri.

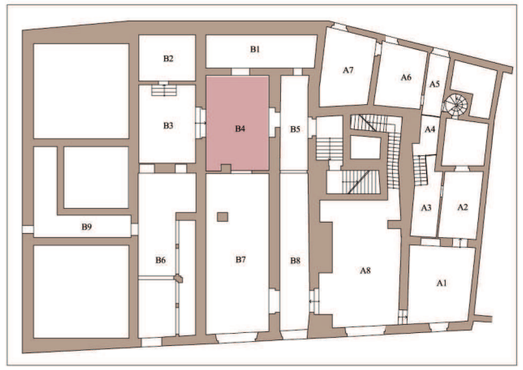
La posa in opera dei laterizi, in questo caso, non richiederebbe particolari accorgimenti se non fosse che in corrispondenza delle due aperture che si hanno sulle pareti longitudinali dell'ambiente sono state ricavate due lunette. In questo caso nella posa in opera le maestranze avranno prestato particolare attenzione ad incastrare ottimamente i mattoni nelle nervature in modo da seguire la geometria delle arcate.

Al di sopra della volta, oltre al rinfianco che arriva fino alle reni e serve per irrigidire la volta stessa, troviamo uno strato di riempimento, che supera la volta stessa ed è realizzato con materiale incoerente ben battuto ed arriva fin sopra la volta, sormontandola per uno spessore che si è ipotizzato di circa 25 centimetri.

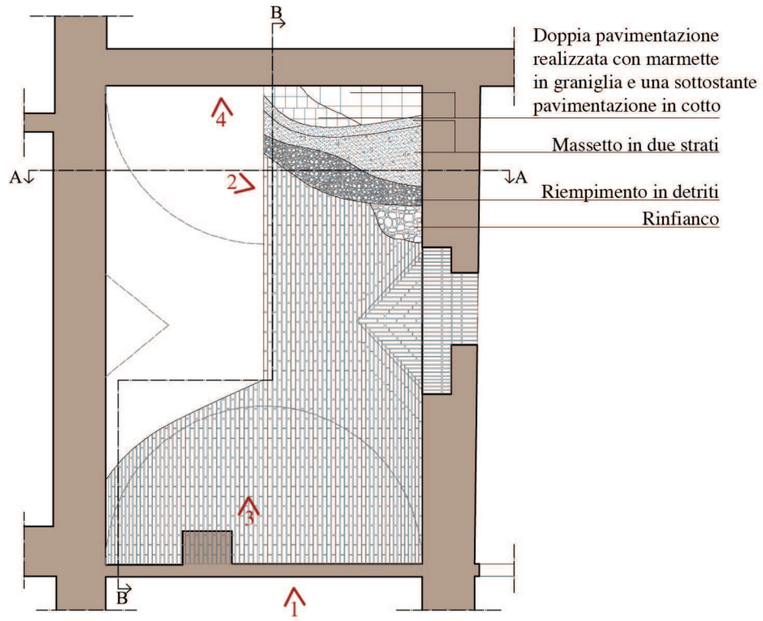
Sopra il riempimento è disposto il massetto in malta di calce, sabbia e grossi sassi, mentre la pavimentazione è adagiata sopra uno strato di allettamento in malta di calce e sabbia passata al setaccio.

La pavimentazione originale era costituita in cotto sopra la quale, probabilmente negli anni '30 del XX secolo, quando il Palazzo fu rimaneggiato per ospitare il Palazzo di Giustizia, è stata posta una seconda pavimentazione di marmette in graniglia.

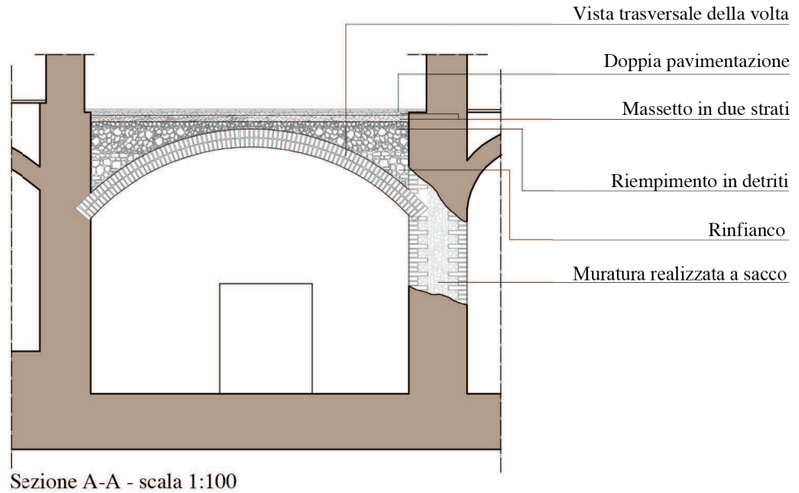
ELEMENTI COSTRUTTIVI - VOLTA A BOTTE REALIZZATA CON MATTONI A DUE TESTE - SCALA 1:100



Pianta Piano Seminterrato - scala 1:500



Vista in Pianta - scala 1:100



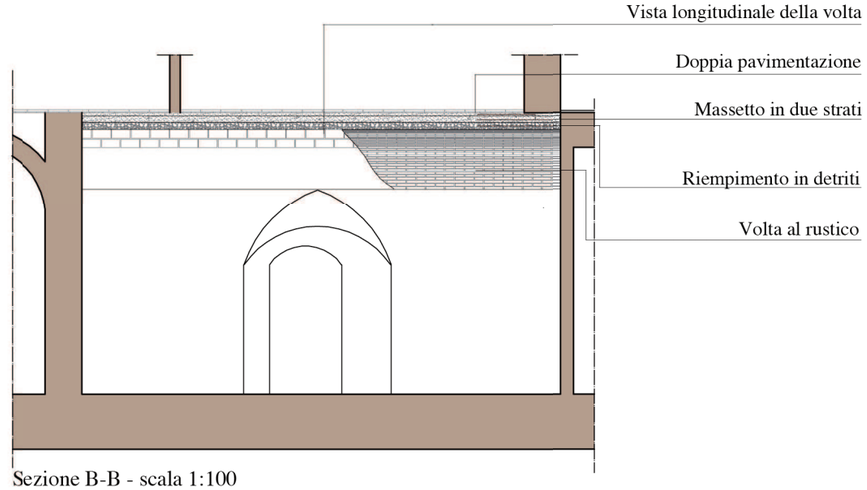
Sezione A-A - scala 1:100

1 - Vista della volta

2 - dettaglio lunetta della volta a botte

3 - Volta a botte

4 - Dettaglio della volta



Sezione B-B - scala 1:100

5.5.2 Serie di volte a crociera realizzata con mattoni ad una testa ed apparecchiatura radiale

La serie di volte a crociera analizzata è rappresentata nella tavola 5.34 è una serie di volte a crociera realizzata al piano terra di Palazzo Mauruzi – Gherardi, copre le stanze che nel rilievo geometrico sono state indicate come D12, D13 e D22.

Questa tipologia di volta è presente solo nell'ambiente rappresentato nell'elaborato, infatti è una tipologia di volta che si utilizzava in passato più che altro nei porticati dei cortili.

Le stanze considerate erano originariamente il porticato del cortile interno, le arcate sono state poi tamponate e su questi tamponamenti sono state inserite delle vetrate; il porticato è diventato così un'ambiente interno dell'edificio, che corrisponde oggi a parte dell'ingresso su cui si trova il vano scala principale.

La volta a crociera è un tipo di volta composta che nasce unendo insieme quattro unghie di una volta a botte. Se si prende una volta a botte a pianta quadrata e la si taglia con due piani diagonali verticali, si ottengono quattro porzioni di superficie cilindrica, a due a due uguali. Due di queste, che possono considerarsi generate da una retta che si sposta parallelamente a se stessa e si appoggia all'arco direttore della volta a botte e ai due semiarchi diagonali, si chiamano unghie cilindriche; le altre due, che possono considerarsi generate da una retta che si sposta parallelamente a se stessa e si appoggia ai due semiarchi diagonali, si chiamano fusi cilindrici.

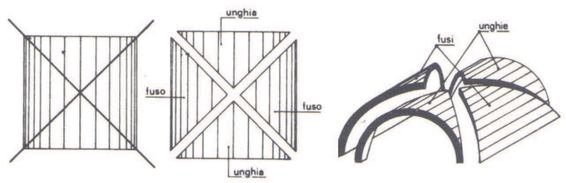


Figura 5.8 – Unghie e fusi che si generano tagliando una volta a botte lungo le diagonali.

Prendendo l'elemento unghia è ripetendolo per quattro volte, si ottiene la volta a crociera.

L'ambiente coperto dalla serie di volte a crociera è suddiviso in più stanze e complessivamente, considerando le stanza D12, D13 e D22 hanno una larghezza di 3,52 metri per una lunghezza totale di 17,79 metri.

I muri perimetrali esterni sono murature a sacco con paramenti esterni in laterizio e il loro spessore varia da 43 a 75 centimetri. Sul lato esterno in tute le stanze sono stati realizzati dei tamponamenti per la chiusura delle arcate originarie in muratura piena di uno spessore di 20 centimetri; soltanto nella stanza D22 il tamponamento risulta essere di 80 centimetri, copre quindi l'intero spessore della muratura a sacco.

Le volte si presentano realizzate ad una testa, ossia con una sola fila di mattoni messa in opera di coltello. I mattoni disposti di coltello sono appoggiati lungo il loro lato lungo, ossia lungo quella che viene chiamata lista del mattone.

L'apparecchiatura dei mattoni nelle singole unghie è radiale; questi venivano messi in opera in ciascuna unghia normalmente all'arco d'imposta.

Lo spessore della volta è dato dallo spessore della testa del filare di mattoni e risulta essere di 14 centimetri circa.

La quota del piano d'imposta delle volte è 4,15 metri mentre la quota di chiave è 5,70 metri.

La posa in opera dei laterizi, in questo caso, richiede particolare attenzione in corrispondenza delle nervature della volta a crociera, in cui le maestranze avranno prestato molta attenzione per incastrare i mattoni in maniera ottimale in modo da seguire la geometria delle arcate.

Al di sopra della volta, oltre al rinfianco che arriva fino alle reni e serve per irrigidire la volta stessa, troviamo uno strato di riempimento, che supera la volta stessa ed è realizzato con materiale incoerente ben battuto ed arriva fin sopra la volta, sormontandola per uno spessore che si è ipotizzato di circa 25 centimetri.

Sopra il riempimento è disposto il massetto in malta di calce, sabbia e grossi sassi, mentre la pavimentazione è adagiata sopra uno strato di allettamento in malta di calce e sabbia passata al setaccio.

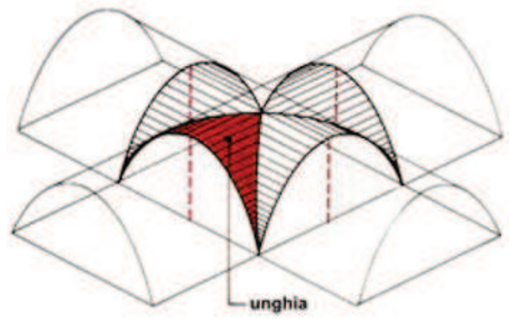
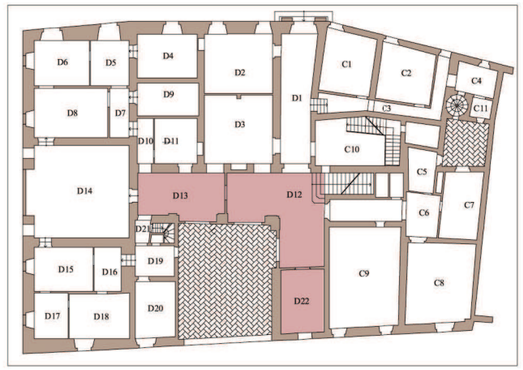


Figura 5.9 – Schema costruttivo di una volta a crociera.

ELEMENTI COSTRUTTIVI - SERIE DI VOLTE A CROCIERA REALIZZATA CON MATTONI AD UNA TESTA - SCALA 1:100



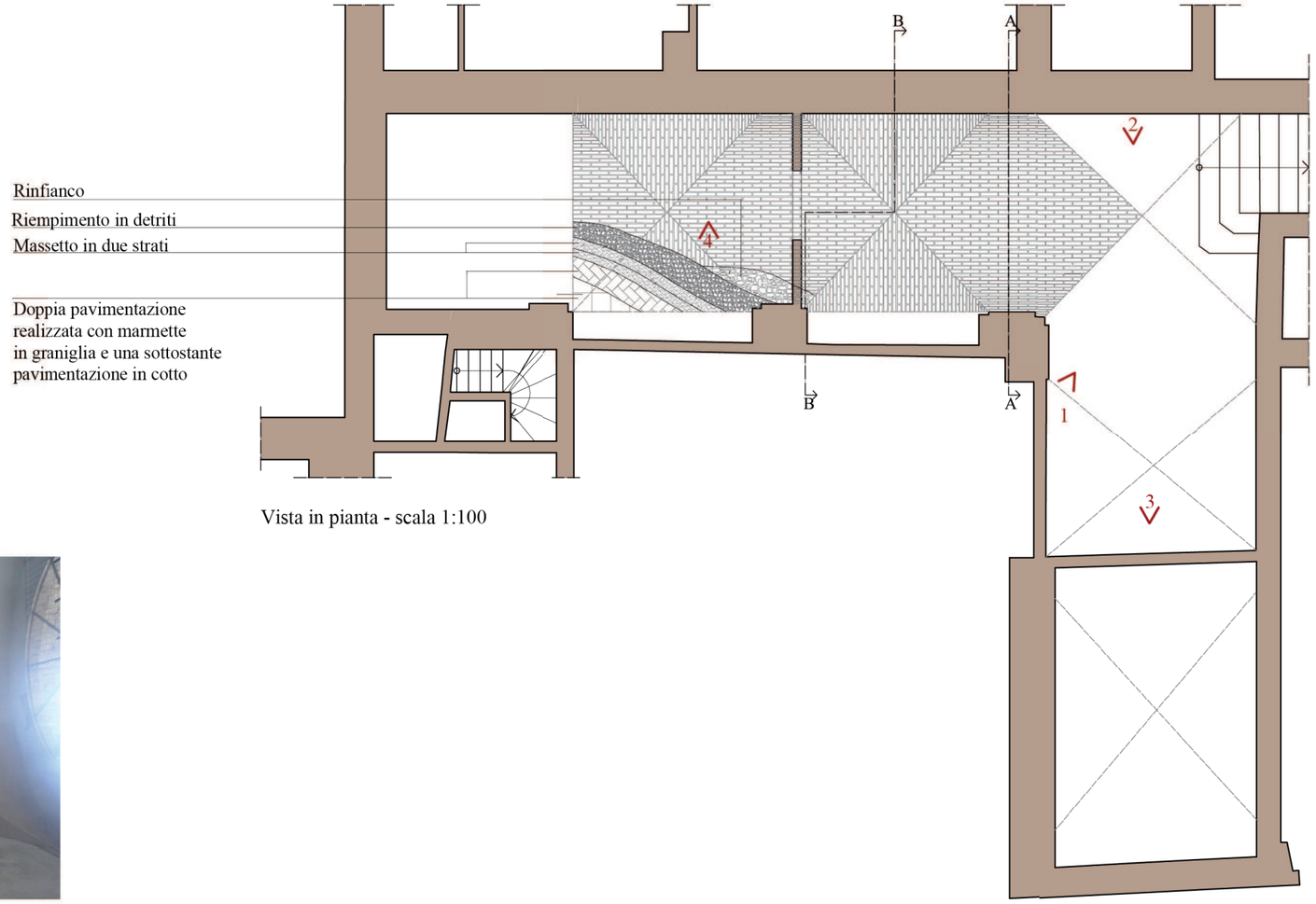
Pianta Piano Terra - scala 1:500

1 - Vista delle volta

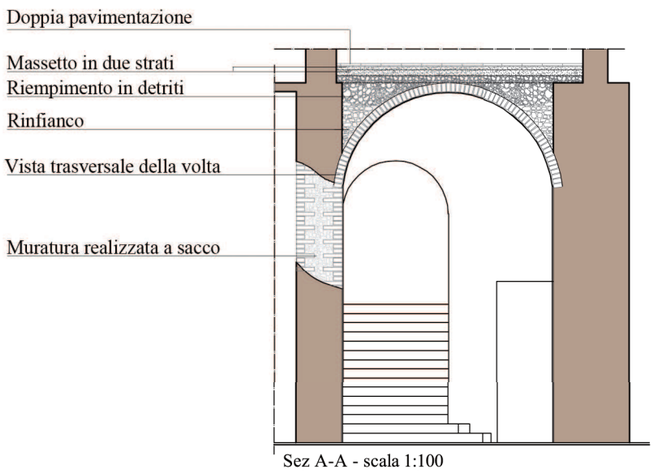
2 - Dettaglio della volta

3 - Vista della volta

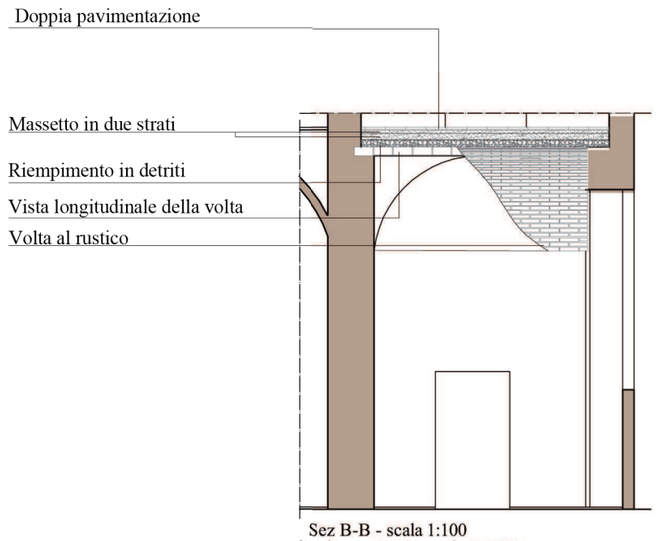
4 - Dettaglio della volta



Vista in pianta - scala 1:100



Sez A-A - scala 1:100
Sezione A-A - scala 1:100



Sez B-B - scala 1:100
Sezione B-B - scala 1:100

5.5.3 Volta a padiglione realizzata con mattoni in foglio

La volta a padiglione analizzata è rappresentata nella tavola 5.35 è volta realizzata al primo piano di Palazzo Mauruzi – Gherardi. Di queste volte ne troviamo tre e coprono gli ambienti suddivisi da tramezzi che vanno da F2 fino a F13.
Le stanze coperte da questa volta erano originariamente tre grandi ambienti poi suddivisi attraverso dei muri in mattoni pieni ad una testa che ha creato ambienti più piccoli e che erano stati controsoffittati con un solaio in camorcanna, che andava a coprire la volta in foglio, oggi rimosso.
La volta a padiglione è un tipo di volta composta che nasce unendo insieme quattro fusi di una volta a botte. Se si prende una volta a botte a pianta quadrata e la si taglia con due piani diagonali verticali, si ottengono quattro porzioni di superficie cilindrica, a due a due uguali. Due di queste, che possono considerarsi generate da una retta che si sposta parallelamente a se stessa e si appoggia all'arco direttore della volta a botte e ai due semiarchi diagonali, si chiamano unghie cilindriche; le altre due, che possono considerarsi generate da una retta che si sposta parallelamente a se stessa e si appoggia ai due semiarchi diagonali, si chiamano fusi cilindrici.
Prendendo l'elemento chiamato fuso e ripetendolo per quattro volte, si ottiene la volta a padiglione.
I tre grandi ambienti originali coperti da queste volte hanno una pianta circa quadrata che ha lato in media lungo 7,87 metri ed una superficie media di 62 metri quadrati.
I muri perimetrali esterni sono murature a sacco con paramenti esterni in laterizio e il loro spessore varia da 50 a 129 centimetri. Mentre lo spessore dei muri di suddivisione ad una testa è di circa 17 centimetri.
Le volte si presentano realizzate con mattoni messi in opera in foglio, ossia venivano posti sulla centina appoggiati sulla loro faccia principale. In questo caso disposti parallelamente al piano d'imposta del fuso.
Lo spessore della volta è dato dallo spessore dei mattoni e risulta essere di 6 centimetri circa.
La leggerezza di queste volte ha reso necessario un irrigidimento realizzato con delle costolonature in laterizio.
La quota del piano d'imposta delle volte è 4,70 metri mentre la quota di chiave è 7 metri.
La posa in opera dei laterizi, in questo caso, richiede particolare attenzione in corrispondenza delle nervature della volta a crociera, in cui le maestranze avranno prestato molta attenzione per incastrare i mattoni in maniera ottimale in modo da seguire la geometria delle arcate.

Essendo le volte sormontate da una solaio di copertura, non sono stati realizzati i riempimenti di battuto di ciottoli e i massetti che nei piani inferiori vanno a sostenere le pavimentazioni.
Ma, in questo caso, al di sopra delle volte a padiglione, vengono a trovarsi le travi di sostegno della copertura e il solaio di copertura stesso.

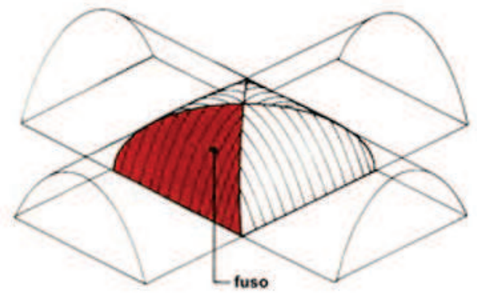
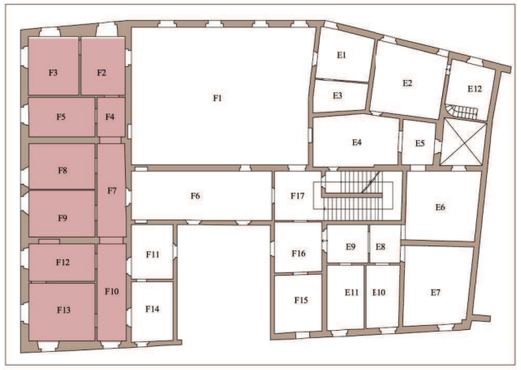
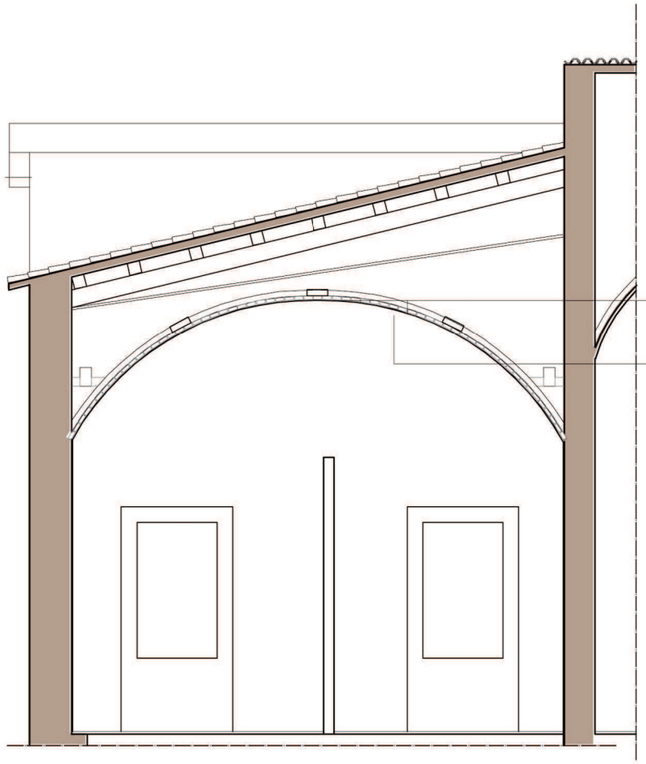


Figura 5.10 – Schema costruttivo di una volta a padiglione.

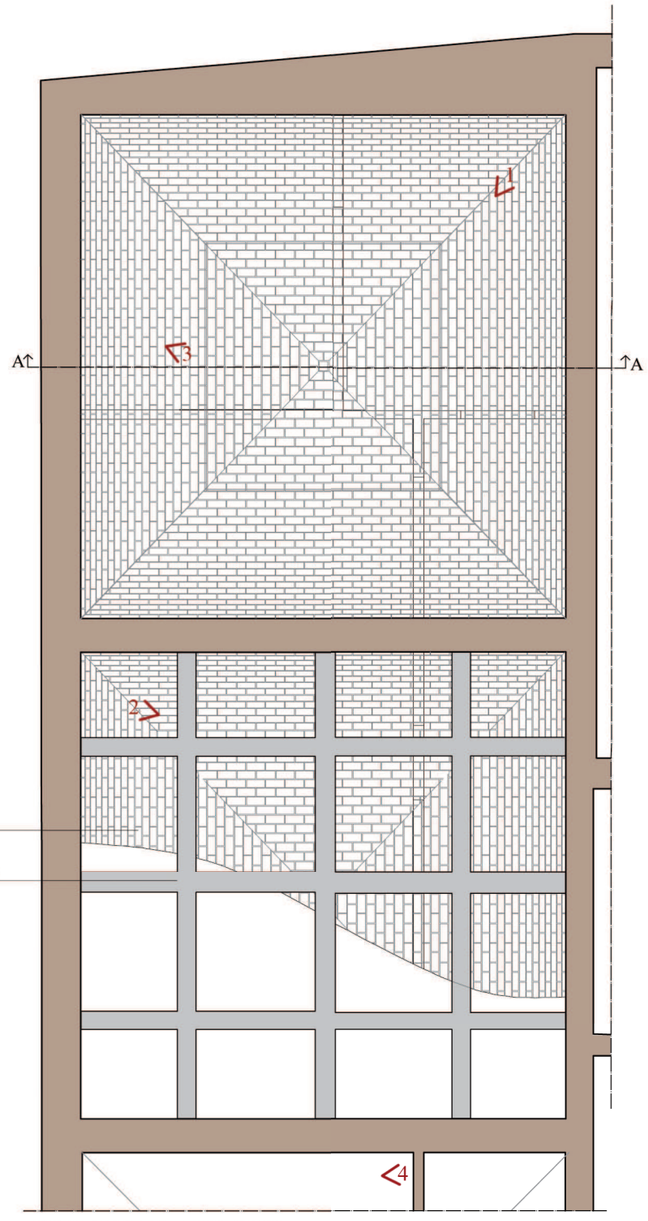


Pianta Piano Primo - scala 1:500

1 - Vista della volta dalla stanza F3



Sezione A-A - scala 1:100



Vista in pianta - scala 1:100

2 - Vista della volta dalla stanza F8

3 - Dettaglio dei mattoni della volta disposti in foglio

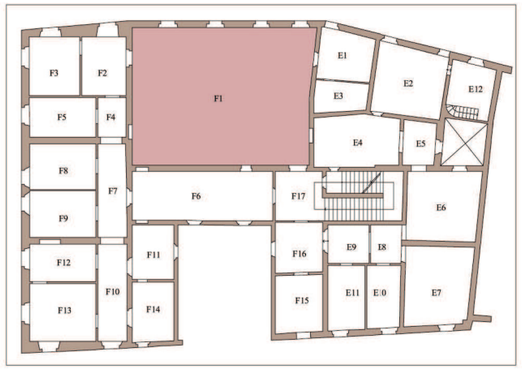
4 - Vista del rinforzo in muratura

5.5.4 Falsavolta in camorcanna

La falsavolta analizzata e rappresentata nella tavola 5.36 è una volta realizzata in camorcanna, è una volta a padiglione lunettata e si trova al primo piano di Palazzo Mauruzi – Gherardi, in particolare nella stanza che nel rilievo geometrico si è indicata come F1.
Questa tipologia di volta è presente non solo nell'ambiente rappresentato nell'elaborato ma anche in altre stanze del primo piano, come l'attigua stanza F6.
La volta a padiglione è generata considerando i fusi di una volta a botte, ma in questo caso la composizione della volta è arricchita con lunette su tutti i lati dell'ambiente.
L'ambiente coperto ha pianta quasi rettangolare; le sue dimensioni sono di 15 metri di lunghezza per 11 di larghezza.
I muri perimetrali esterni sono murature a sacco con paramenti esterni in laterizio su tre lati, il loro spessore varia da 50 a 55 centimetri; mentre sul quarto lato, visto il ridotto spessore della parete, che risulta essere di 35 centimetri si è ipotizzata una parete in mattoni pieni realizzata a due teste.
La struttura portante in legno della volta si rifà alla tipologia dei solai centinati. Tale struttura è costituita da una serie di centine permanenti con il profilo curvilineo all'intradosso, ottenute disponendo un doppio strato di tavole in verticale con le giunture sfalsate, tenute assieme mediante chiodi. La centina, fissata poi al muro con zeppe di legno e malta, è stata poi controventata con dei traversi, detti *tambocci*. Questi tambocci potevano essere collegati alla centina in due modi, o inchiodati con chiodi infissi obliquamente, oppure venivano messi in opera forzandoli con colpi di martello.
Nella realizzazione della volta la centina in legno è stata poi rivestita con uno stuoiato, detto anche incannucciata, paragonabile ad una cassaforma per l'applicazione dell'intonaco. Lo stuoiato nel caso della volta di Palazzo Mauruzi – Gherardi è stata realizzata con delle canne di palude molto sottili dette anche arelle, da cui deriva il nome di *arellato*. Le arelle erano legate tra loro con filo di ferro zincato.
Infine, una volta resa continua la superficie della volta attraverso lo stuoiato, si applicava la malta all'intradosso.
Questo tipo di struttura è molto leggera e poco costosa, è particolarmente adatta ai piani nobili dove la statica sconsiglia l'inserimento di volte reali spingenti di vasta luce.
La quota del piano d'imposta della volta è 6,25 metri mentre la quota di chiave è 8,15 metri.

5.5.5 Solaio con travi in legno rivestite in camorcanna

Questo solaio ligneo è rappresentato nella tavola 5.37 e si trova nella parte di Palazzo Mauruzi – Gherardi realizzata durante il XVIII secolo. Si trova al piano terra e al piano ammezzato, più precisamente nelle stanze D19, D20, H3 ed H4. Si è supposto che questa tipologia si solaio si trovi anche in quella parte di stanza D13 caratterizzata da copertura orizzontale e che è stata interessata dall'inserimento del piano ammezzato.
Le stanza rappresentata è la D20, ed ha, come le altre stanze elencate, pianta rettangolare.
Le dimensioni dell'ambiente sono di 4,65 metri di lunghezza per 3,25 di larghezza.
I muri perimetrali esterni sono, su due lati, murature a sacco con paramenti esterni in laterizio il cui spessore è varia da 45 a 70 centimetri; mentre sui restanti due lati, visto il ridotto spessore delle pareti, che varia da 25 a 35 centimetri si è ipotizzata una parete in mattoni pieni.
La struttura del solaio è costituita da quattro travi in legno disposte secondo la luce minore, le due travi di bordo risultano avere una larghezza di base della metà rispetto alle travi che cadono al centro della stanza.
Si è ipotizzato il solaio costituita da una doppia orditura, quindi sopra le travi lignee sono stati considerati dei travetti secondari che vanno a sorreggere un tavolato ligneo su cui si appoggia poi il massetto in malta di calce, sabbia e grossi sassi. Mentre la pavimentazione è adagiata sopra uno strato di allettamento in malta di calce e sabbia passata al setaccio.
La pavimentazione risulta essere ancora quella originale ed è stata realizzata in cotto.
La caratteristica di questo solaio ligneo è che le travi non sono lasciate a vista all'intradosso, ma sono state rivestire con in camorcanna, in modo da rendere la superficie più levigata ed adatta ad essere decorata.
A ridosso della trave sono stati inseriti degli elementi lignei detti *coprifili*, ai quali è stato inchiodato lo stuoiato di canne di palude, dette arelle, tenute insieme da filo di ferro.
La stuoia è servita poi come supporto per la messa in opera dello strato d'intonaco, che risulta decorato e che rende l'intradosso del solaio molto levigato.

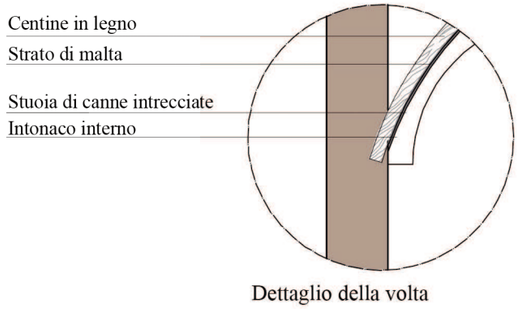


Pianta Piano Primo - scala 1:500

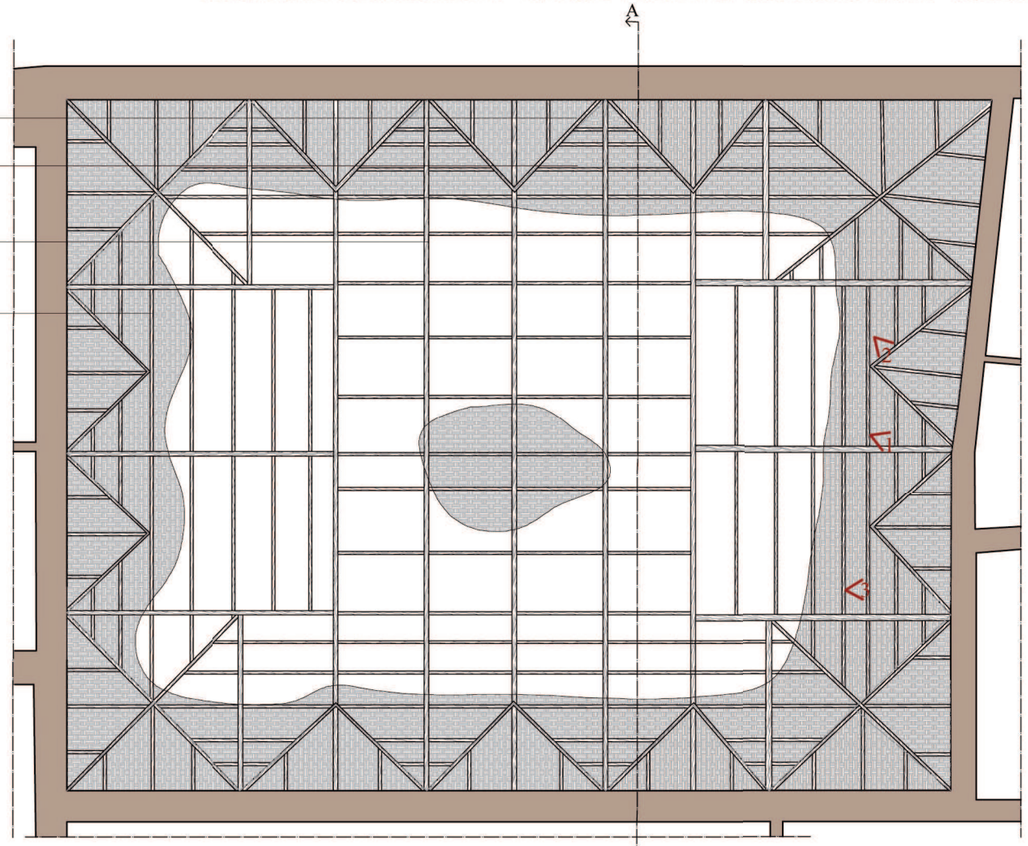
1 - Dettaglio della centian in legno

3 - Vista della volta e della centina in legno

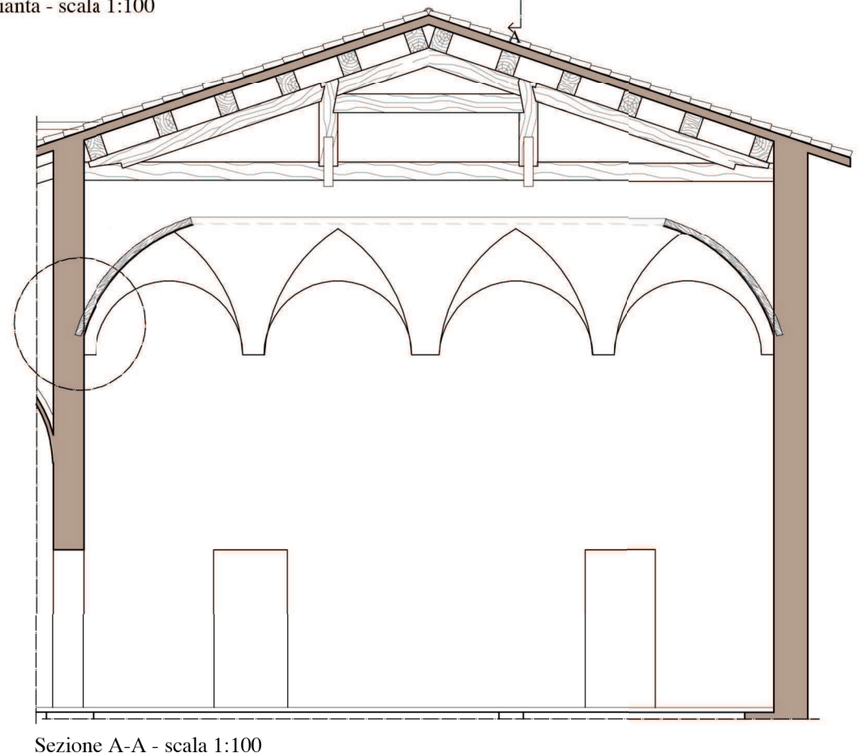
2- Dettaglio della volta



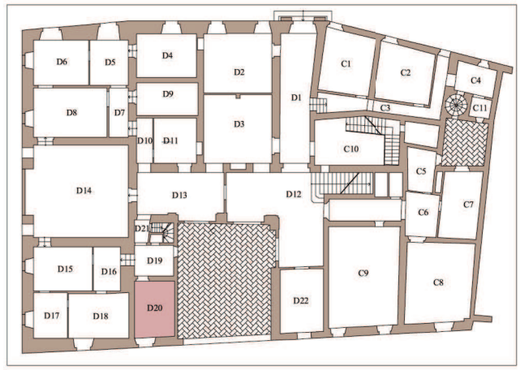
Dettaglio della volta



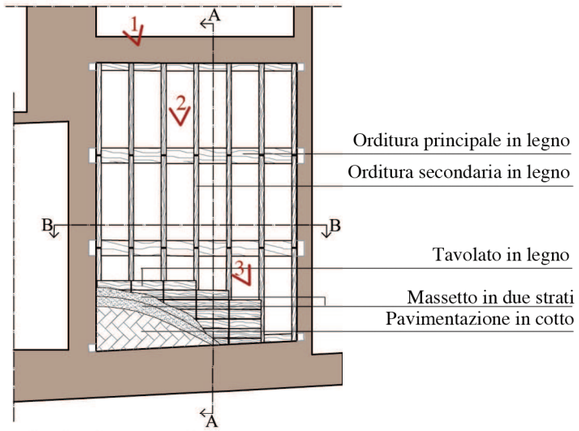
Vista in pianta - scala 1:100



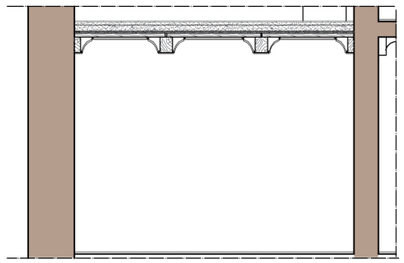
Sezione A-A - scala 1:100



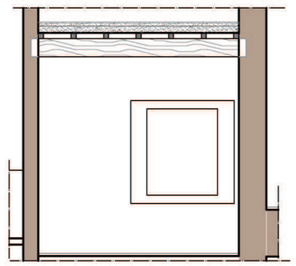
Pianta Piano Terra - scala 1:500



Vista in pianta - scala 1:100



Sezione A-A - scala 1:100

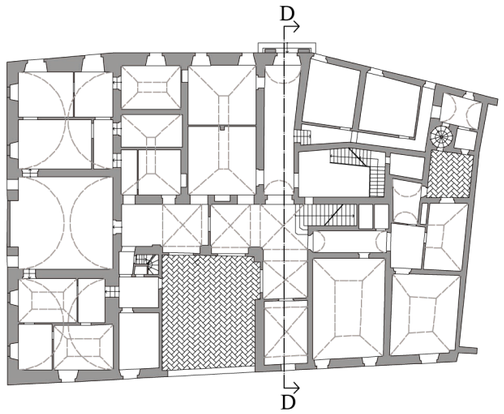


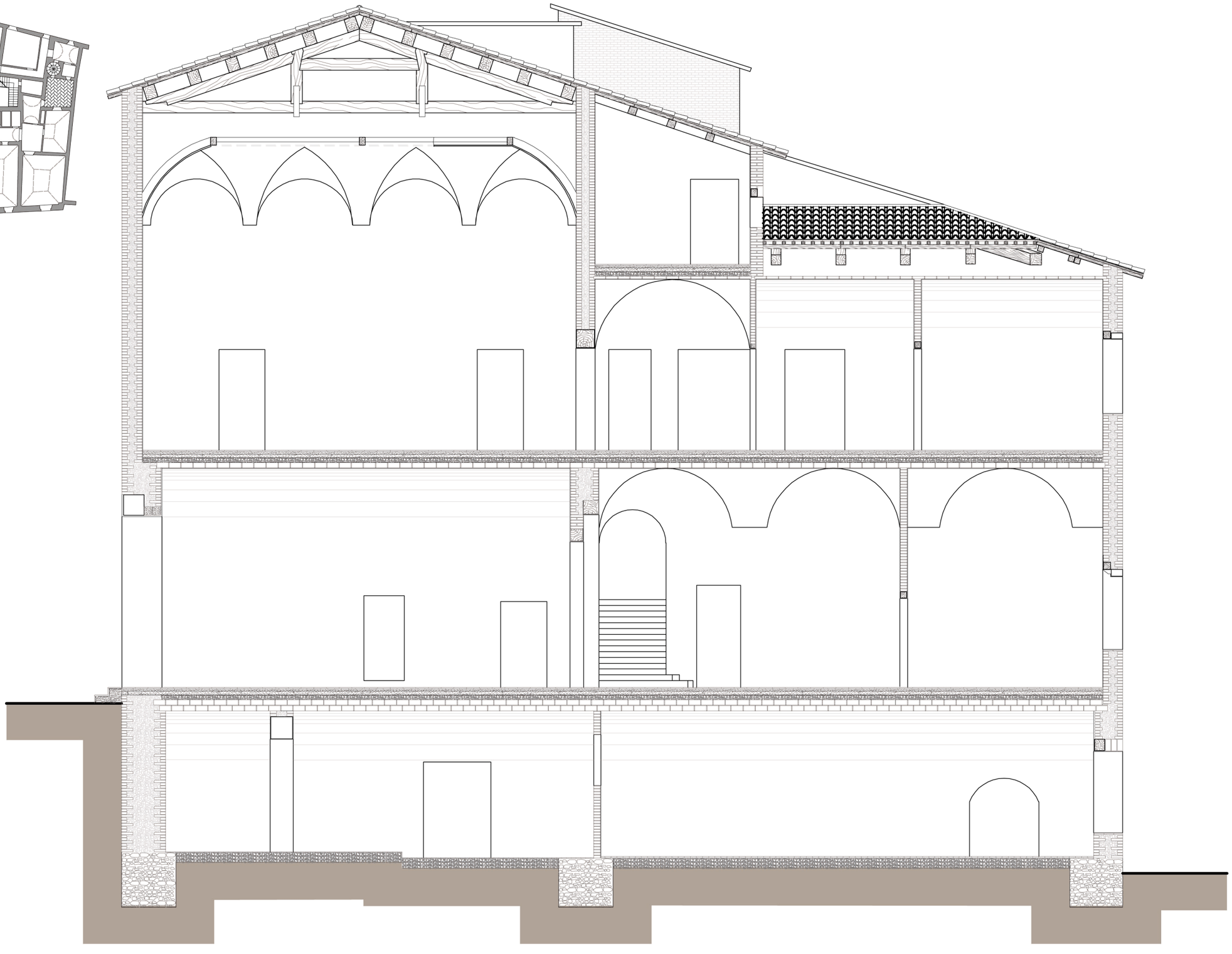
Sezione B-B - scala 1:100

1 - Solaio piano

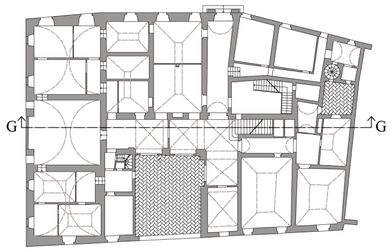
2 - Dettaglio solaio piano

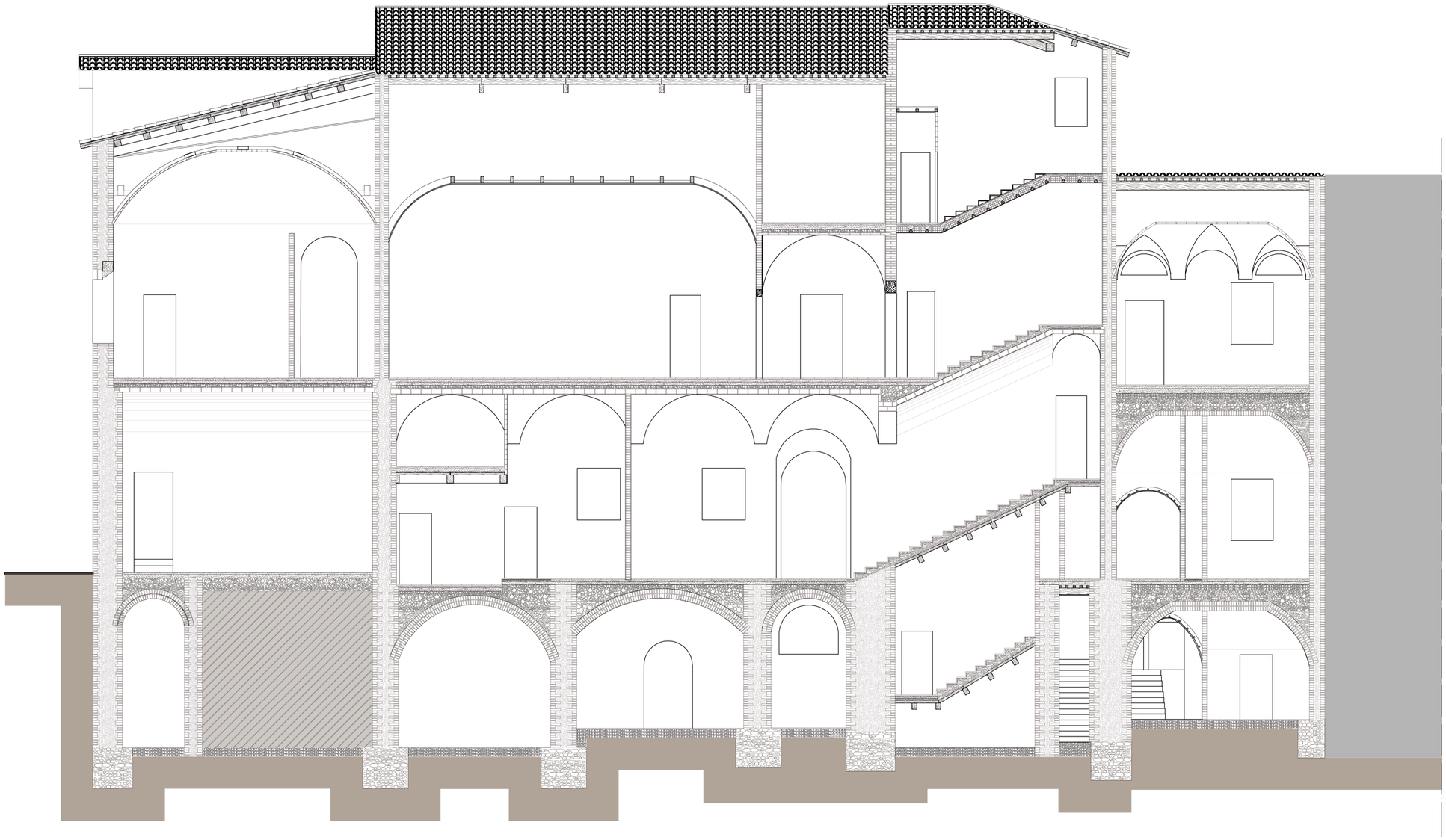
3 - Dettaglio solaio piano





Sezione D-D - Scala 1:100





Sezione G -G - Scala 1:100

Spazio non rilevabile

5.6 Valutazione della qualità muraria sulle murature di Palazzo Mauruzi – Gherardi

Dopo aver valutato la qualità delle murature su diversi edifici del centro storico della città di Urbino ci si è concentrati su quelle di Palazzo Mauruzi – Gherardi.

Le murature prese in esame sono quelle esterne.

Ci si è concentrati su tre di esse, tutte appartenenti alla facciata su Piazza Gherardi – Via Valerio, questo perché le condizioni del terreno che circonda l'edificio a valle e la presenza del cantiere nell'area dell'orto del convento dell'ex-monastero di Santa Chiara non hanno permesso di effettuare un'analisi fotografica adeguata sulle facciate di valle e su quella dell'orto.

L'analisi è stata effettuata su tre porzioni differenti della facciata principale, questo perché occorre distinguere tra la parte del fronte su Via Valerio e quella su Piazza Gherardi. Di quest'ultima, inoltre, occorre analizzare sia la parte più antica, derivante dagli edifici presenti nell'area già da prima del XV secolo sia quella edificata tra la fine del XV e l'inizio del XVI secolo.

L'IQ per queste murature, come per le altre murature del centro storico, è stato ricavato misurando la lunghezza dei giunti su un metro quadrato di superficie muraria e calcolando la linea di minimo tracciato – LMT e rapportandola con la lunghezza dei mattoni LM del paramento murario considerato. Il valore ottenuto è stato confrontato con quelli della scala di classificazione delle murature del centro storico di Urbino precedentemente ricavata.

In seguito è riportata la tabella con i valori utilizzati per la valutazione della qualità muraria.

Classe di qualità muraria	IQ
Classe 1 - Muratura con paramento esterno di bassa qualità	$IQ \leq 15$
Classe 2 - Muratura con paramento esterno di mediocre qualità	$15 < IQ \leq 17$
Classe 3- Muratura con paramento esterno di buona qualità	$17 < IQ \leq 20$
Classe 4 - Muratura con paramento esterno di ottima qualità	$IQ > 20$

Figura 5.11 - Scala per il calcolo della qualità della muratura.

In base a questa scala di classificazione le murature del prospetto su Piazza Gherardi appartengono alla categoria *Classe 3 – Muratura con paramento esterno di buona qualità*.

Mentre la porzione su Via Valerio sappiamo già che rientra nella categoria *Classe 2 – Muratura con paramento esterno di mediocre qualità*.

Partendo dal paramento murario della muratura su Via Valerio, questo si presenta caratterizzato da scarsa regolarità nella disposizione degli elementi, i quali sembrano derivare dall'utilizzo di materiali di recupero.

Per quel che riguarda i giunti questi risultano abbastanza degradati. È rispettata l'orizzontalità dei filari ma verticalmente i giunti risultano scarsamente sfalsati. Questo comporta una scarsa distribuzione delle azioni che gravano sulla muratura su più elementi; la diffusione delle azioni risulta così debole e circostanziata, e si potrebbero generare carichi concentrati in porzioni ridotte della sezione muraria.

Le murature della parte di facciata su Piazza Gherardi si presentano con elementi di costruzione abbastanza regolari per forma e colore, il che porta a pensare che non si tratti di materiale di recupero.

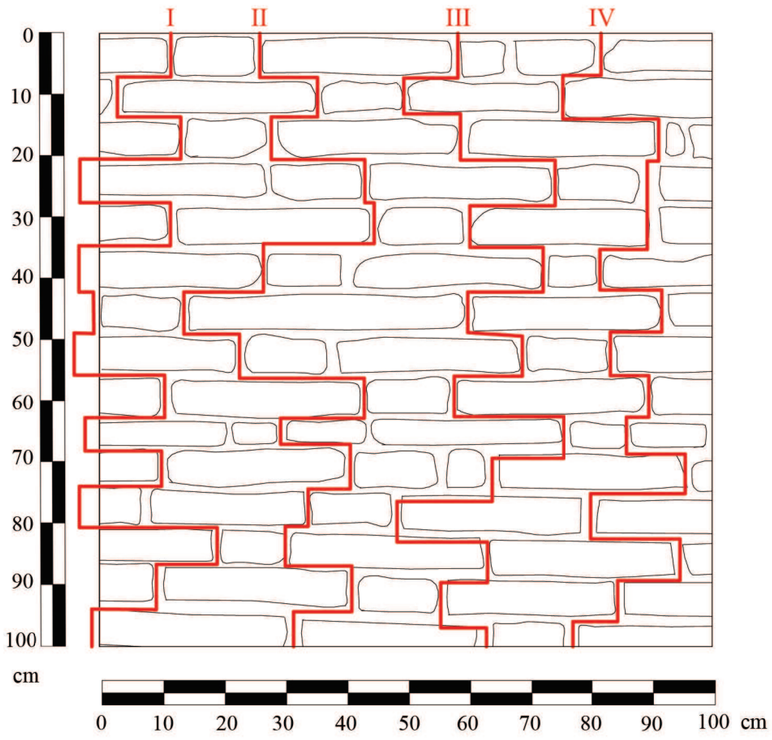
L'orizzontalità dei filari è rispettata, questo garantisce una buona risposta della muratura in caso di sisma, poiché si formerebbero cerniere cilindriche orizzontali, attorno a cui la muratura ruoterebbe senza danneggiarsi eccessivamente.

Lo sfalsamento verticale dei giunti è in genere rispettato su entrambe le porzioni analizzate.

In seguito sono riportate le tavole del calcolo dell'IQ delle murature di Palazzo Gherardi.

VALUTAZIONE DELL'INDICE DI QUALITÁ MURARIA - PORZIONE SU PIAZZA GHERARDI PRECEDENTE AL XV SECOLO

Porzione della facciata su PIazza Gherardi interessata dall'analisi

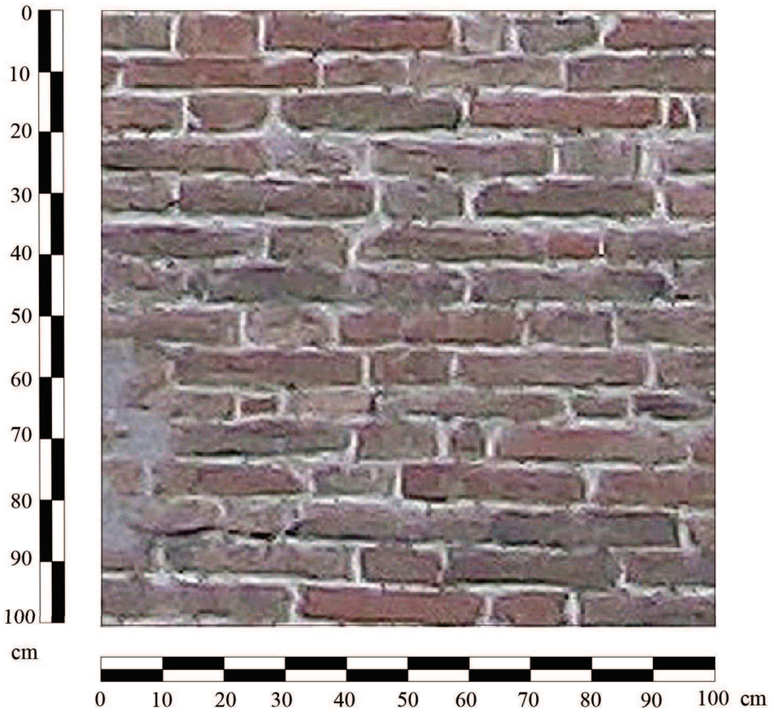


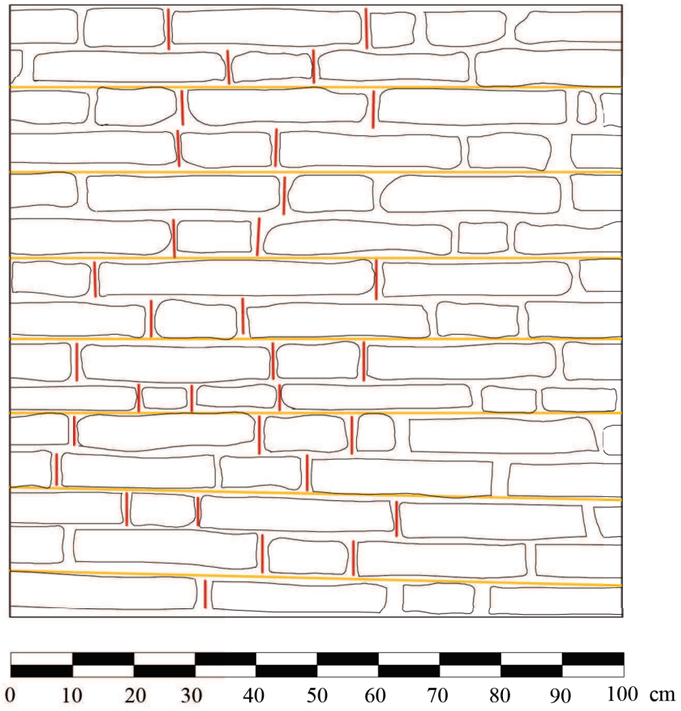
La muratura presenta una lunghezza di minimo tracciato - LMT di 9,98 metri per una superficie muraria di un metro per un metro.

La LM degli elementi del paramento risulta essere LM = 0,50 m per mattoni di dimensioni di 31x14x5 cm.

IQ = LMT/LM = 19,96
In base alla scala di classificazione indicata nei precedenti capitoli,la muratura risulta appartenere alla Classe 3.

Classe 3 - Murature con paramento esterno di buona qualtà.





Appartenendo alla Classe 3 la muratura pesenta:

Qualità della malta: Mediocre. I giunti non risultano eccessivamente degradati ed erosi.
Anche se in alcuni punti è riscontrabile una realizzazione degli strati di malta di qualità mediocre.

Forma e dimensioni degli elementi: Buona. Il paramento esterno si presenta formato da mattoni di colore abbastanza regolare.
La regolarità di colore e forma porta a pensare che non si tratti di materiale di recupero.

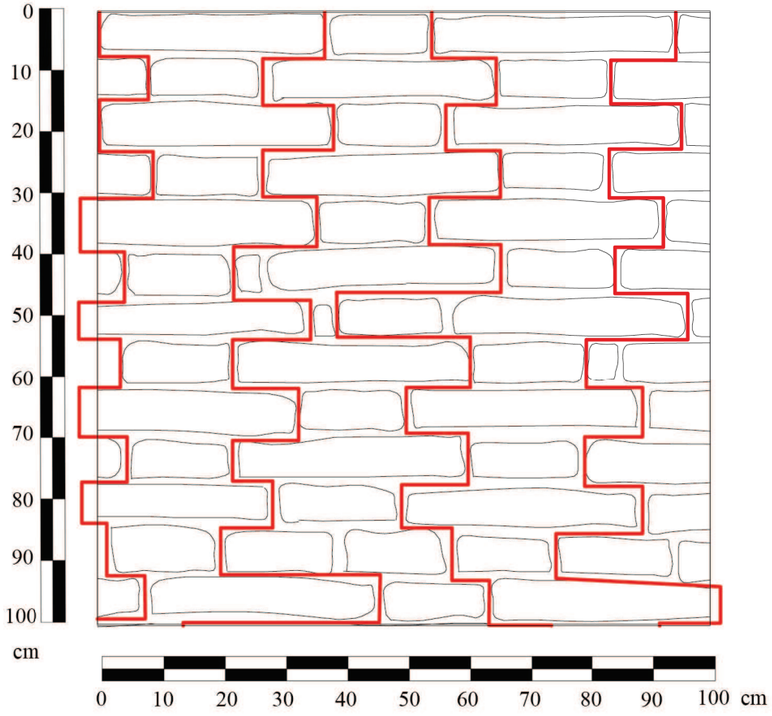
Qualità dell'apparecchiatura muraria: Buona. Il paramento esterno si presenta abbastanza regolare.
La disposizione degli elementi è sia di testa che di lista.

Presenza di filari orizzontali: Buona. L'orizzontalità dei filari è in genere rispettata.

Sfalsamento verticale dei giunti: Mediocre. Il paramento esterno risulta formato da teste e liste di mattone e lo sfalsamento dei giunti è rispettato in buona parte del paramento murario.

VALUTAZIONE DELL'INDICE DI QUALITÁ MURARIA - PORZIONE SU PIAZZA GHERARDI DI FINE XV SECOLO

Porzione della facciata su PIazza Gherardi interessata dall'analisi



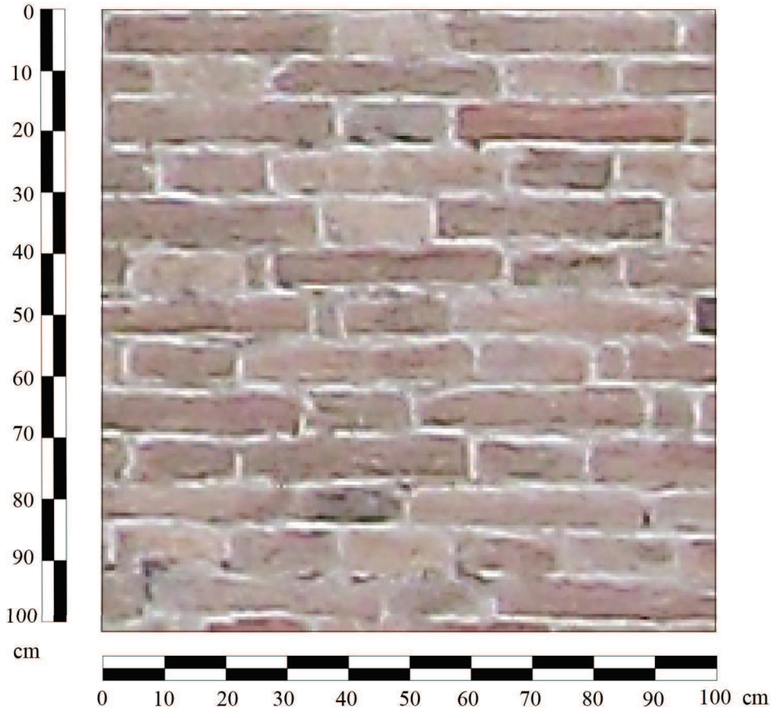
La muratura presenta una lunghezza di minimo tracciato - LMT di 9,83 metri per una superficie muraria di un metro per un metro.

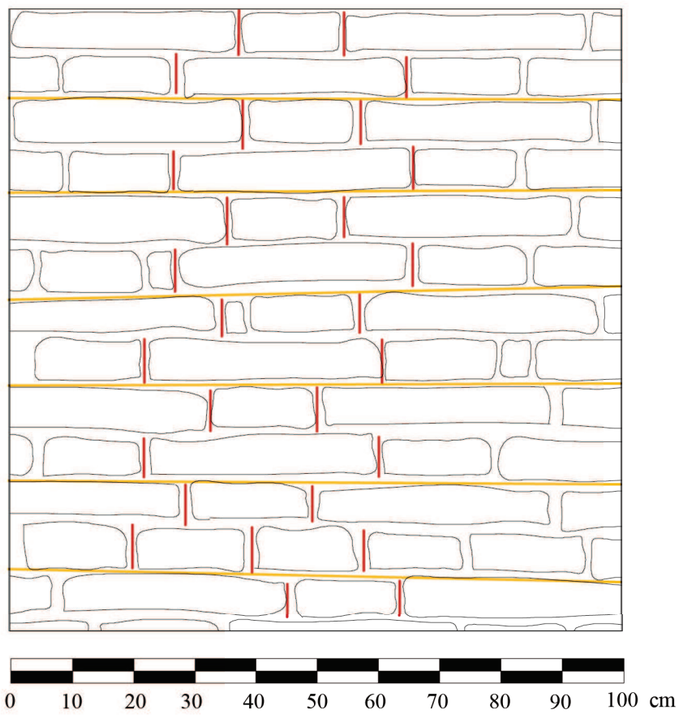
La LM degli elementi del paramento risulta essere LM = 0,565 m per mattoni di dimensioni di 35x16x5,5 cm.

IQ = LMT/LM = 17,40

In base alla scala di classificazione indicata nei precedenti capitoli,la muratura risulta appartenere alla Classe 3.

Classe 3 - Murature con paramento esterno di buona qualtà.





Appartenendo alla Classe 3 la muratura pesenta:

Qualità della malta: Mediocre. I giunti non risultano eccessivamente degradati ed erosi.
Anche se in alcuni punti è riscontrabile una realizzazione degli strati di malta di qualità mediocre.

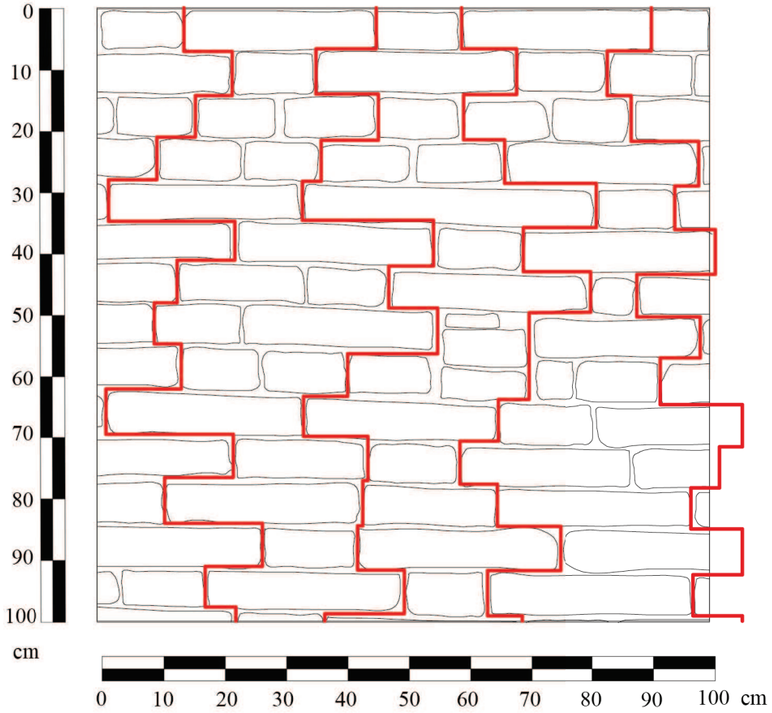
Forma e dimensioni degli elementi: Buona. Il paramento esterno si presenta formato da mattoni di colore abbastanza regolare.
La regolarità di colore e forma porta a pensare che non si tratti di materiale di recupero.

Qualità dell'apparecchiatura muraria: Buona. Il paramento esterno si presenta abbastanza regolare.
La disposizione degli elementi è sia di testa che di lista.

Presenza di filari orizzontali: Buona. L'orizzontalità dei filari è in genere rispettata.

Sfalsamento verticale dei giunti: Mediocre. Il paramento esterno risulta formato da teste e liste di mattone e lo sfalsamento dei giunti è rispettato in buona parte del paramento murario.

Porzione della facciata su Via Valerio interessata dall'analisi

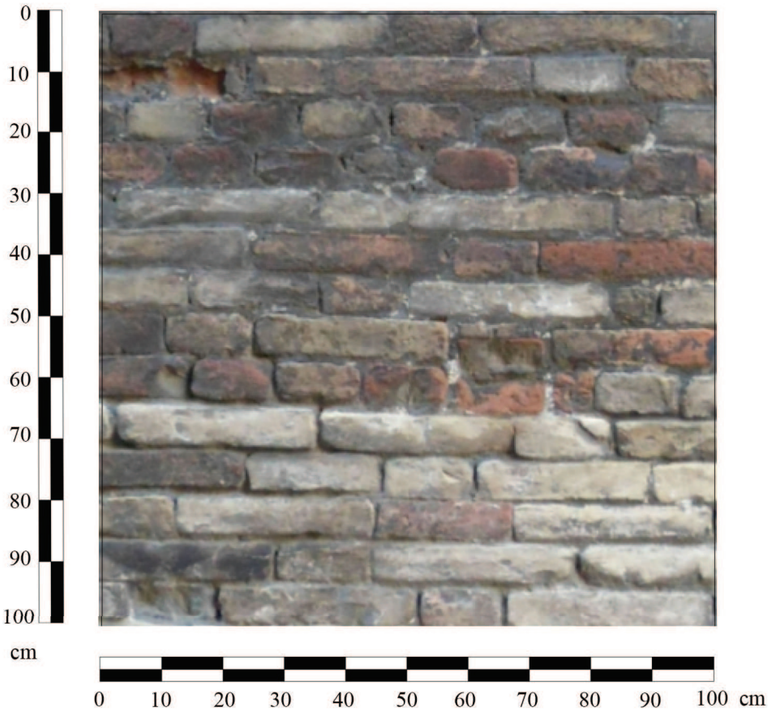


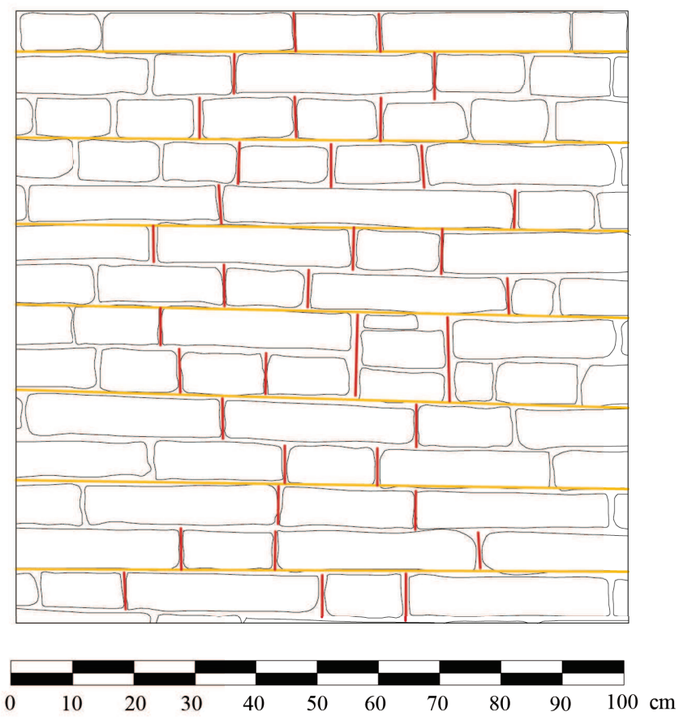
La muratura presenta una lunghezza di minimo tracciato - LMT di 8,90 metri per una superficie muraria di un metro per un metro.

La LM degli elementi del paramento risulta essere LM = 0,53 m per mattoni di dimensioni di 32x15x6 cm.

IQ = LMT/LM = 16,79
In base alla scala di classificazione indicata nei precedenti capitoli,la muratura risulta appartenere alla Classe 2.

Classe 2 - Murature con paramento esterno di mediocre qualtà.





Appartenendo alla Classe 2 la muratura pesenta:

Qualità della malta: Mediocre. I giunti non risultano eccessivamente degradati ed erosi.
Probabilmente gli strati di malta non sono mai stati realizzati in maniera ottimale, si può osservare dalla mancanza di malta nella parte esterna della parete.

Forma e dimensioni degli elementi: Mediocre. Il paramento esterno si presenta formato da mattoni.
Inoltre in alcuni punti della parete , in presenza di elementi irregolari sono inserite zeppe.

Qualità dell'apparecchiatura muraria: Mediocre. Il paramento esterno si presenta molto irregolare.
La disposizione degli elementi è sia di testa che di lista, ma è casuale e crea un'apparecchiatura irregolare.

Presenza di filari orizzontali: Mediocre. L'orizzontalità dei filari è rispettata su gran parte della parete, ma in alcuni punti sono presenti sfalsamenti.

Sfalsamento verticale dei giunti: Mediocre. Il paramento esterno risulta formato da teste e liste di mattone e anche se lo sfalsamento dei giunti in parte della parete è rispettato la qualità è comunque mediocre, poichè la parete risulta comunque vulnerabile alle azioni sismiche.
In certe parte del paramento lo sfalsamento è inoltre del tutto assente.

BIBLIOGRAFIA – CAPITOLO 5:

1. **Caleca L.,** Architettura Tecnica, Palermo, D. Flaccovio, 2000.
2. **Giovannetti F.,** Manuale del recupero del Comune di Città di Castello, Roma, Edizioni DEI – Tipografia del Genio Civile, 1992.
3. **Giovannetti F.,** Manuale del recupero del Comune di Roma, Roma, Edizioni DEI – Tipografia del Genio Civile, 1997.
4. **Mazzini F.,** I mattoni e le pietre di Urbino, Urbino, Argalia Editore, 1982, pp. 304 – 307.
5. **Negroni F.,** Appunti storici sul Palazzo di Giustizia di Urbino per il Progetto di restauro ed ampliamento dell'edificio giudiziario del Comune di Urbino.
6. **Negroni F.,** Appunti su alcuni palazzi e case di Urbino, Urbino, Accademia Raffaello, stampa 2005, pp. 43 - 49.

BIBLIOGRAFIA DELE ILLUSTRAZIONI – CAPITOLO 5:

Figura 5.1 – Immagine dell'Archivio di Stato di Urbino.

Figura 5.2 – Immagine dell'autore.

Figura 5.3 – Immagine dell'autore.

Figura 5.4 – Immagine dell'autore.

Figura 5.5 – Immagine dell'autore.

Figura 5.6 – Immagine dell'autore.

Figura 5.7 – Sito www.architettodileo.it

Figura 5.8 - **Caleca L.,** Architettura Tecnica, Palermo, D. Flaccovio, 2000, pag 266.

Figura 5.9 - Sito www.architettodileo.it

Figura 5.10 - Sito www.architettodileo.it

Figura 5.11 – Immagine dell'autore.

6. PALAZZO MAURUZI – GHERARDI: IL QUADRO FESSURATIVO

6.1 Il rilievo delle lesioni

Il rilievo del quadro fessurativo è di estrema importanza per definire le eventuali criticità presenti, imputabili a carenza del sistema strutturale nei confronti di azioni ordinarie o nei confronti dell'azione sismica.

La presenza di un dissesto, imputabile a cause di natura statica, costituisce un elemento di vulnerabilità sismica aggiuntivo, in quanto il quadro fessurativo associato al dissesto può determinare un percorso preferenziale per le lesioni.

Anche il degrado, in quanto forma di deperimento ed alterazione fisico-meccanica dei materiali costituenti, rappresenta una potenziale causa di vulnerabilità che può condizionare la risposta sismica del fabbricato.

L'osservazione d'insieme di una struttura porta ad un'individuazione sintetica degli aspetti geometrici più appariscenti perché anomali rispetto a quanto ci si può aspettare in una struttura eseguita a regola d'arte, e si basa sulla presenza di:

- cedimenti delle fondazioni;
- spanciamento o fuori piombo delle pareti;
- lesioni passanti su pareti, archi e volte;
- avvallamenti e/o sfondellamento degli orizzontamenti;
- rotture di travi e capriate;
- rotture o deformazioni di elementi in ferro;
- disomogeneità dei materiali;
- tracce d'interventi effettuati nel passato.

Il rilievo delle lesioni di Palazzo Mauruzi – Gherardi è stato effettuato nel periodo di ottobre-novembre 2013 attraverso una serie di sopralluoghi ai fini di valutare lo stato conservativo dell'edificio e i problemi di vulnerabilità in esso presenti.

I sopralluoghi sono stati effettuati in tutti gli ambienti dell'edificio in cui l'accesso fosse libero e sicuro, questo in considerazione del fatto che, dato lo stato di inutilizzo del palazzo, alcuni ambienti nel corso degli anni hanno perso la loro fruibilità; e considerando anche che durante il periodo del sopralluogo all'interno e all'esterno dell'edificio era presente un cantiere. Si è perciò effettuato il rilievo nei soli ambienti accessibili e in modo da non ostacolare le lavorazioni in corso in quel periodo. Nonostante la presenza di queste limitazioni è stato possibile accedere alla maggior parte degli ambienti del palazzo.

Il rilievo delle lesioni si è sviluppato ambiente per ambiente attraverso la realizzazione di un'ampia documentazione fotografica, con lo scopo di individuare eventuali criticità, dissesti e lesioni presenti nei vari e numerosi ambienti del palazzo.

Allo stesso tempo è stata eseguita una mappatura delle lesioni rilevate; questa mappatura è stata effettuata sull'intero edificio per valutare il quadro fessurativo nel suo insieme.

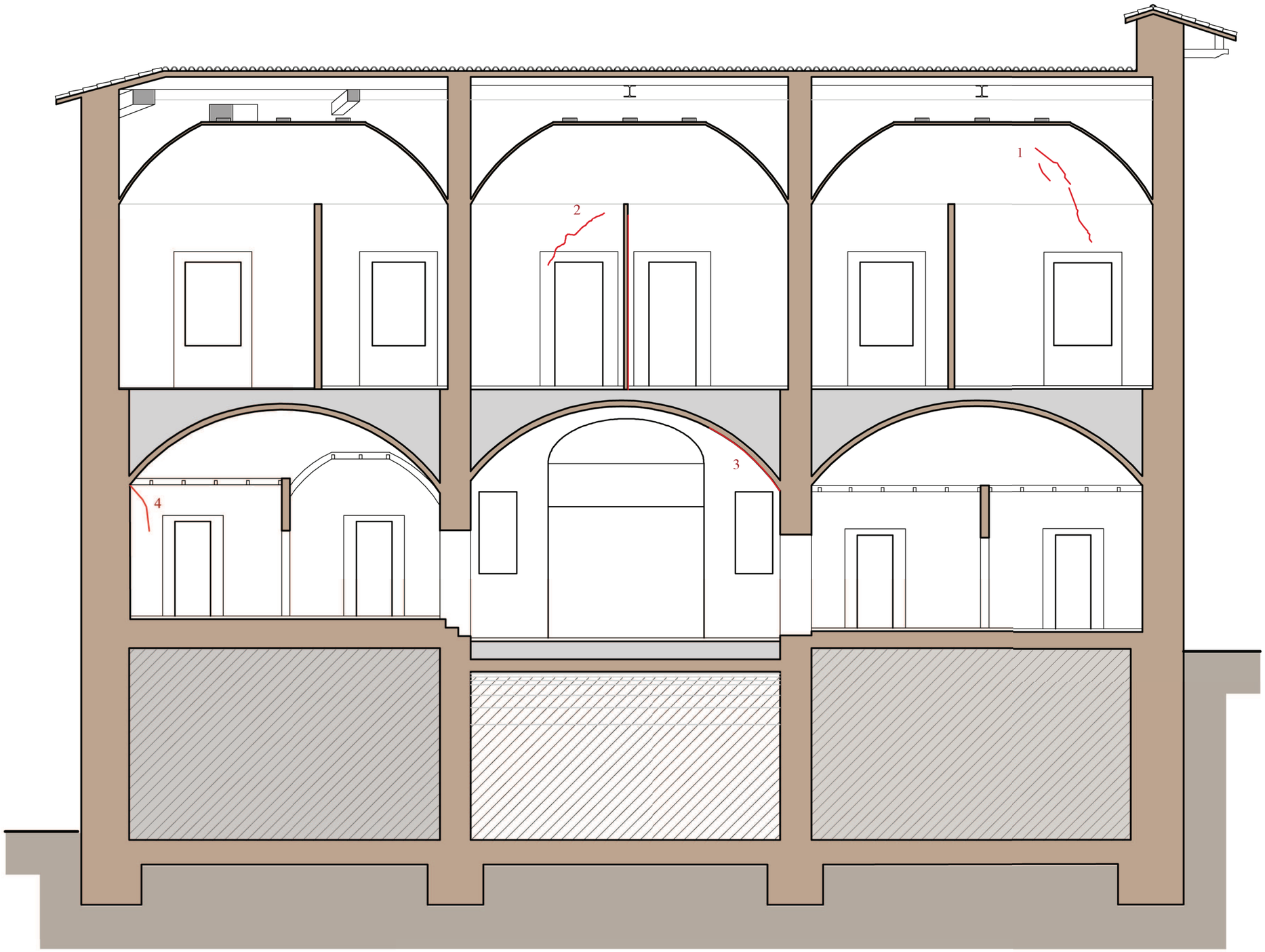
In seguito sono riportate le sezioni dell'edificio in cui sono state indicate le lesioni individuate durante i sopralluoghi.

1

2

3

4



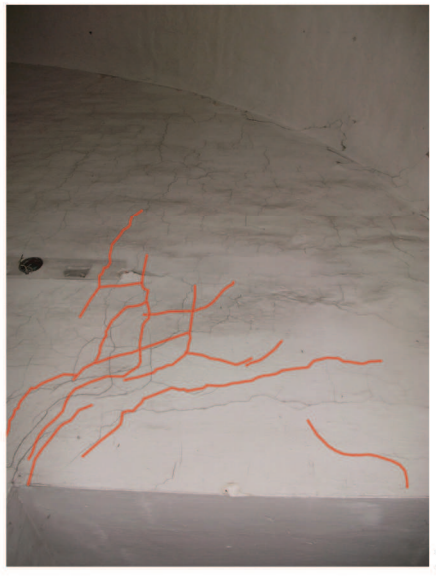
Sezione A-A - scala 1:100

Spazio non rilevabile

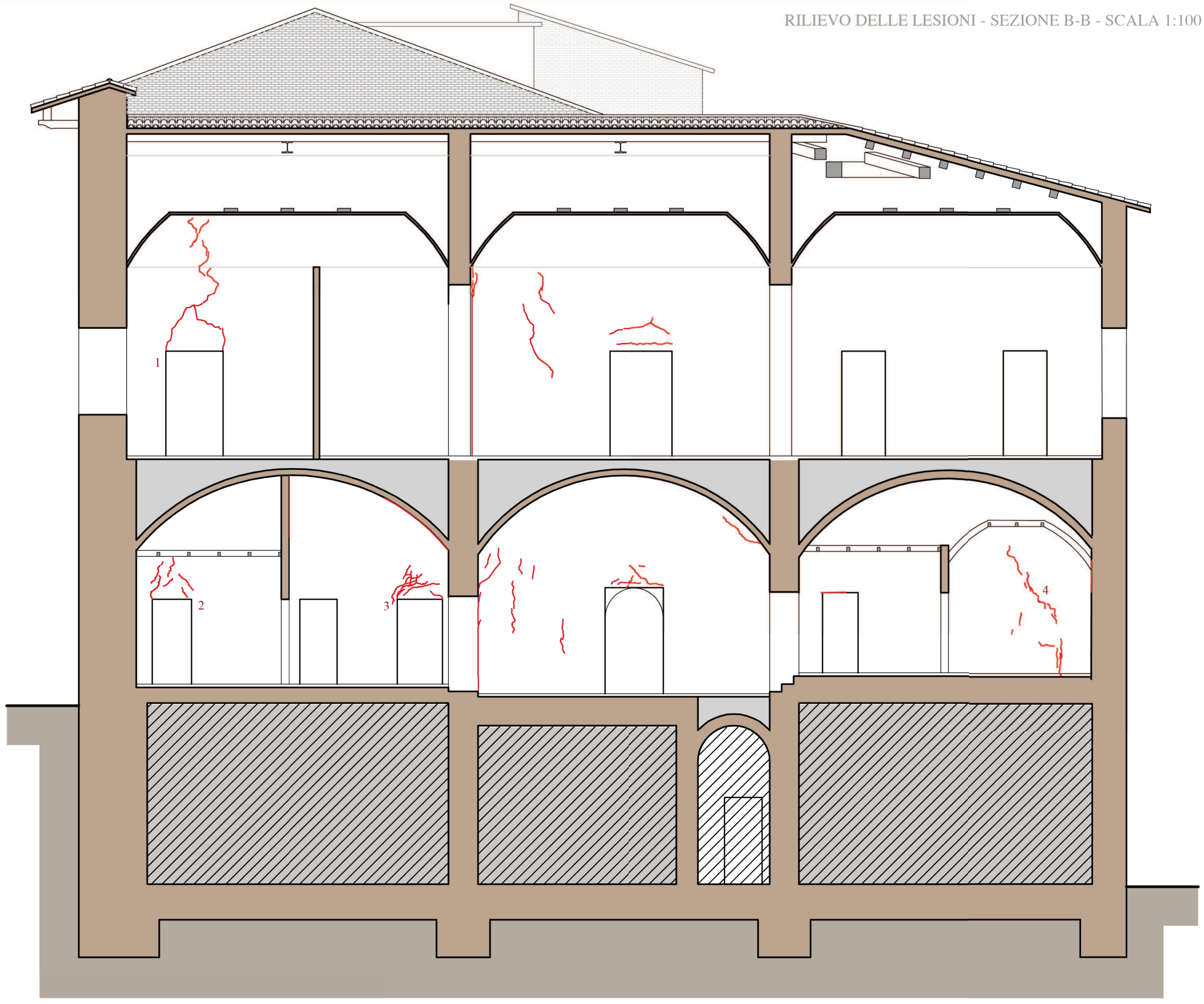
RILIEVO DELLE LESIONI - SEZIONE B-B - SCALA 1:100


1


2


3

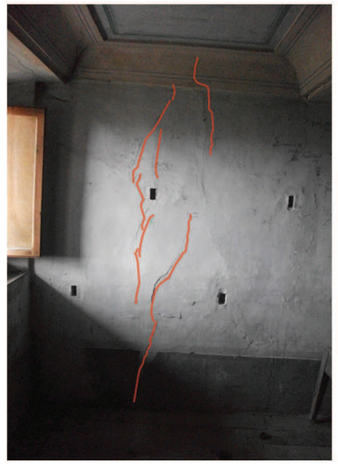

4



Sezione B-B - scala 1:100

Spazio non rilevabile

RILIEVO DELLE LESIONI - SEZIONE C-C - SCALA 1:100

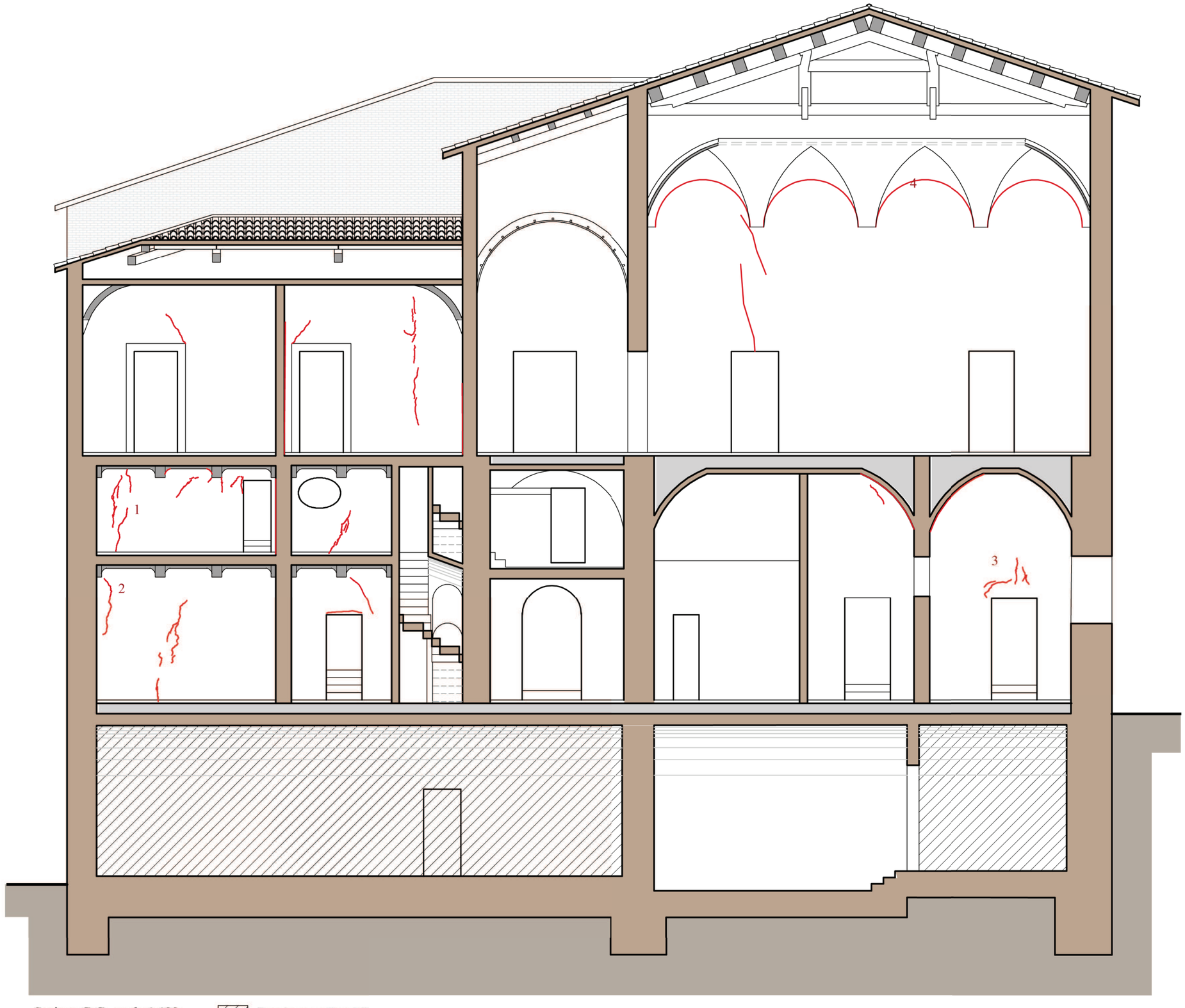


1

2

3

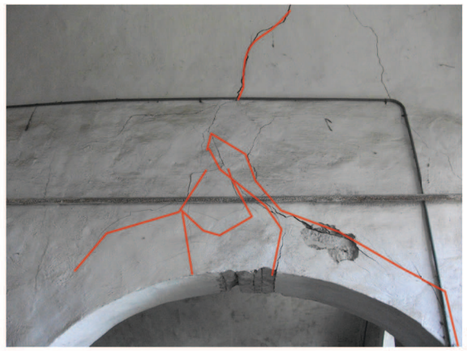
4



Sezione C-C - scala 1:100

Spazio non rilevabile

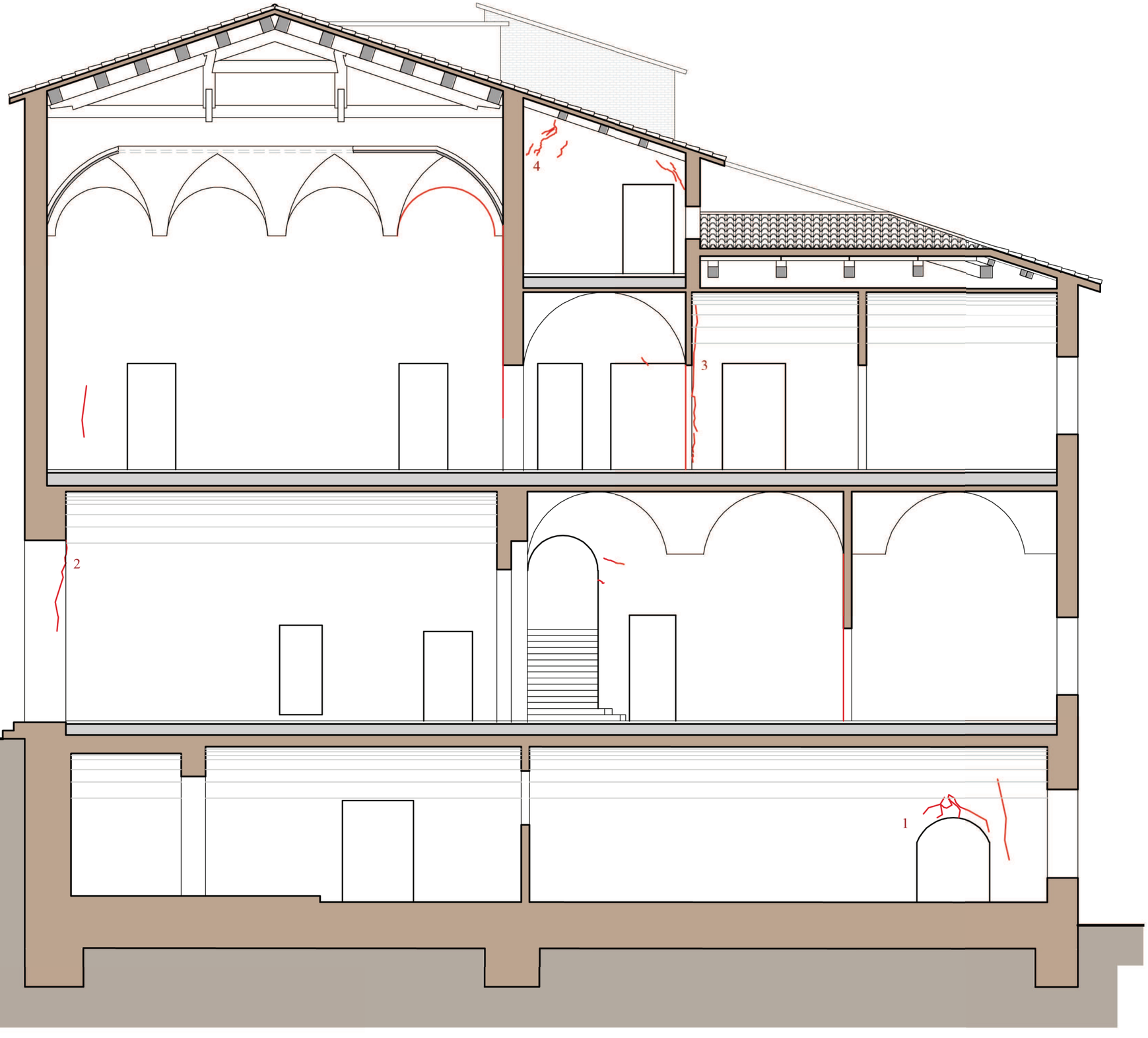
RILIEVO DELLE LESIONI - SEZIONE D-D - SCALA 1:100


1


2


3


4

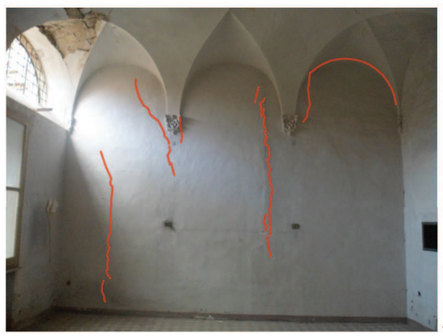


Sezione D-D - scala 1:100

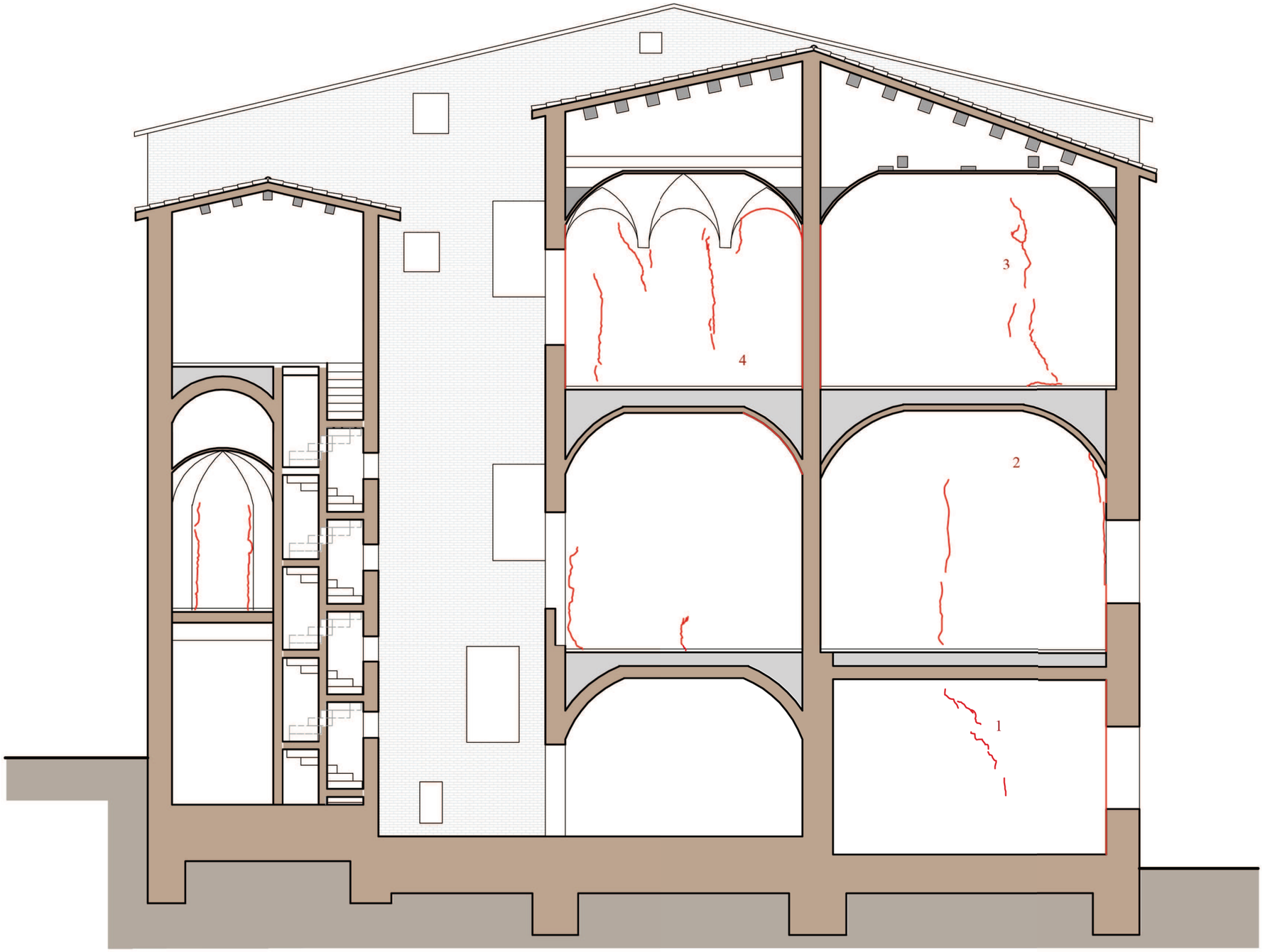
1

2

3



4



Sezione E-E - scala 1:100

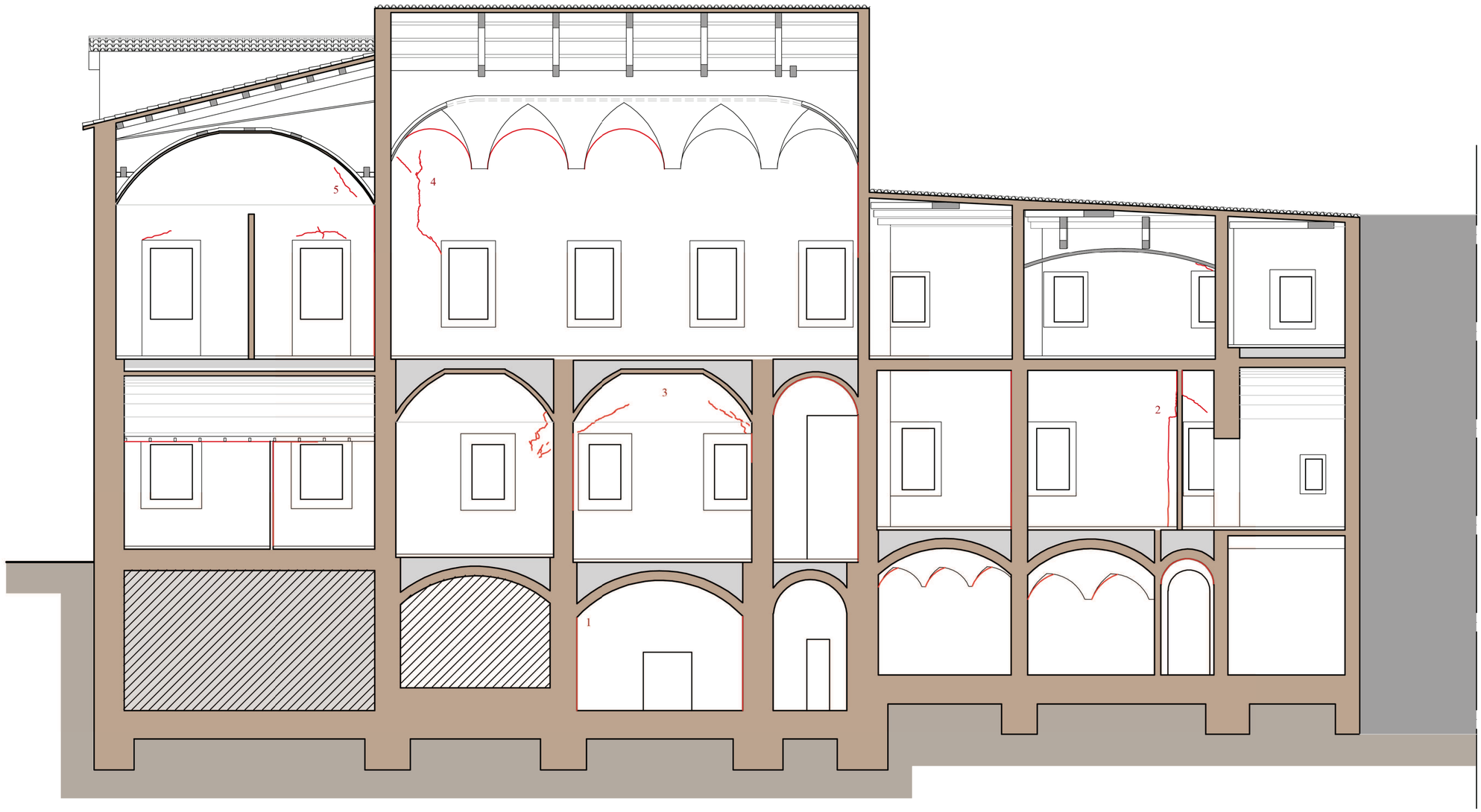
1

2

3

4

5



Sezione F-F - scala 1:100

Spazio non rilevabile

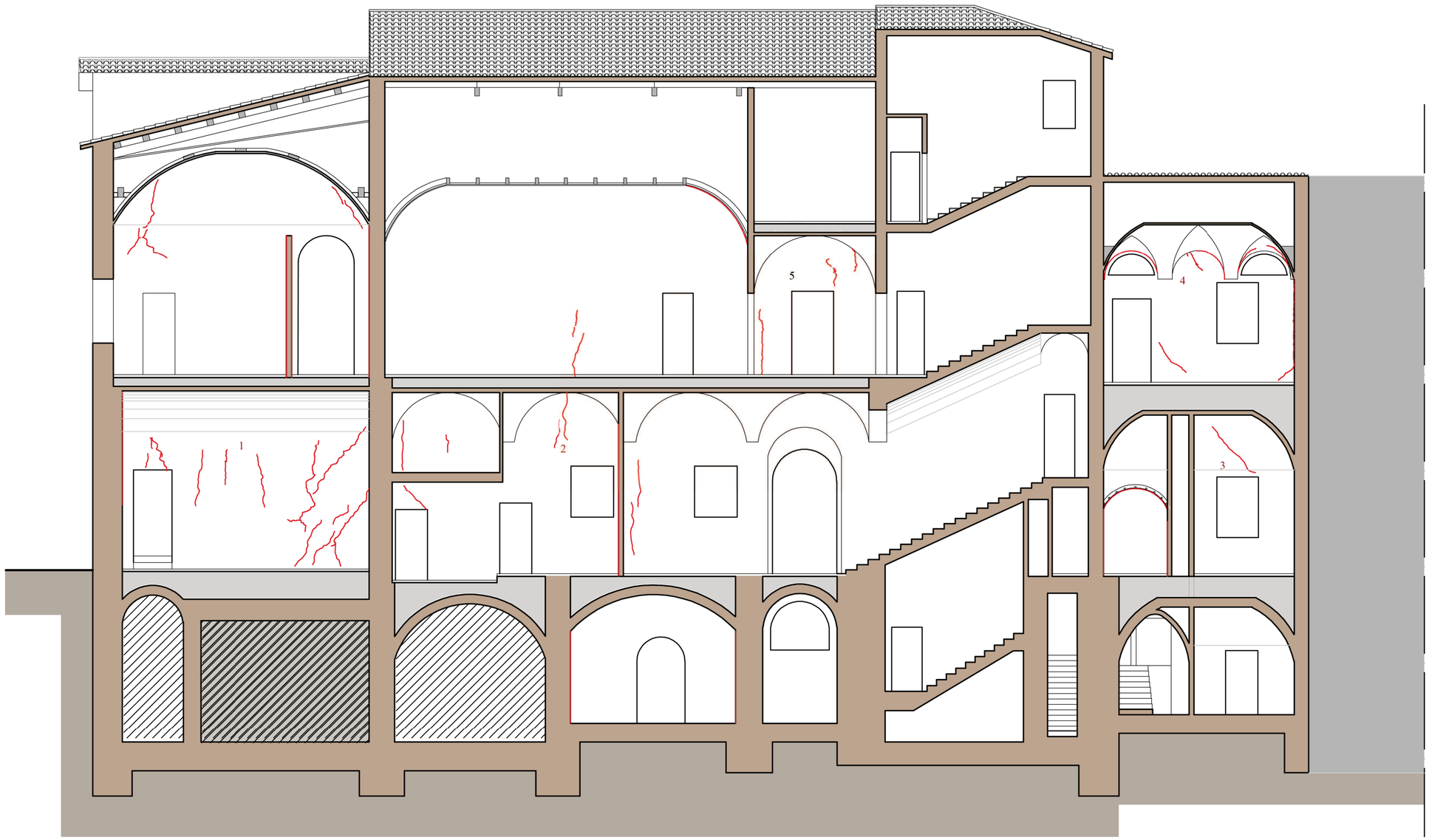

1


2


3

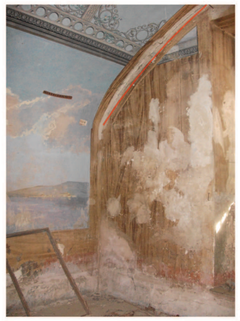

4


5



Sezione G-G - scala 1:100

Spazio non rilevabile



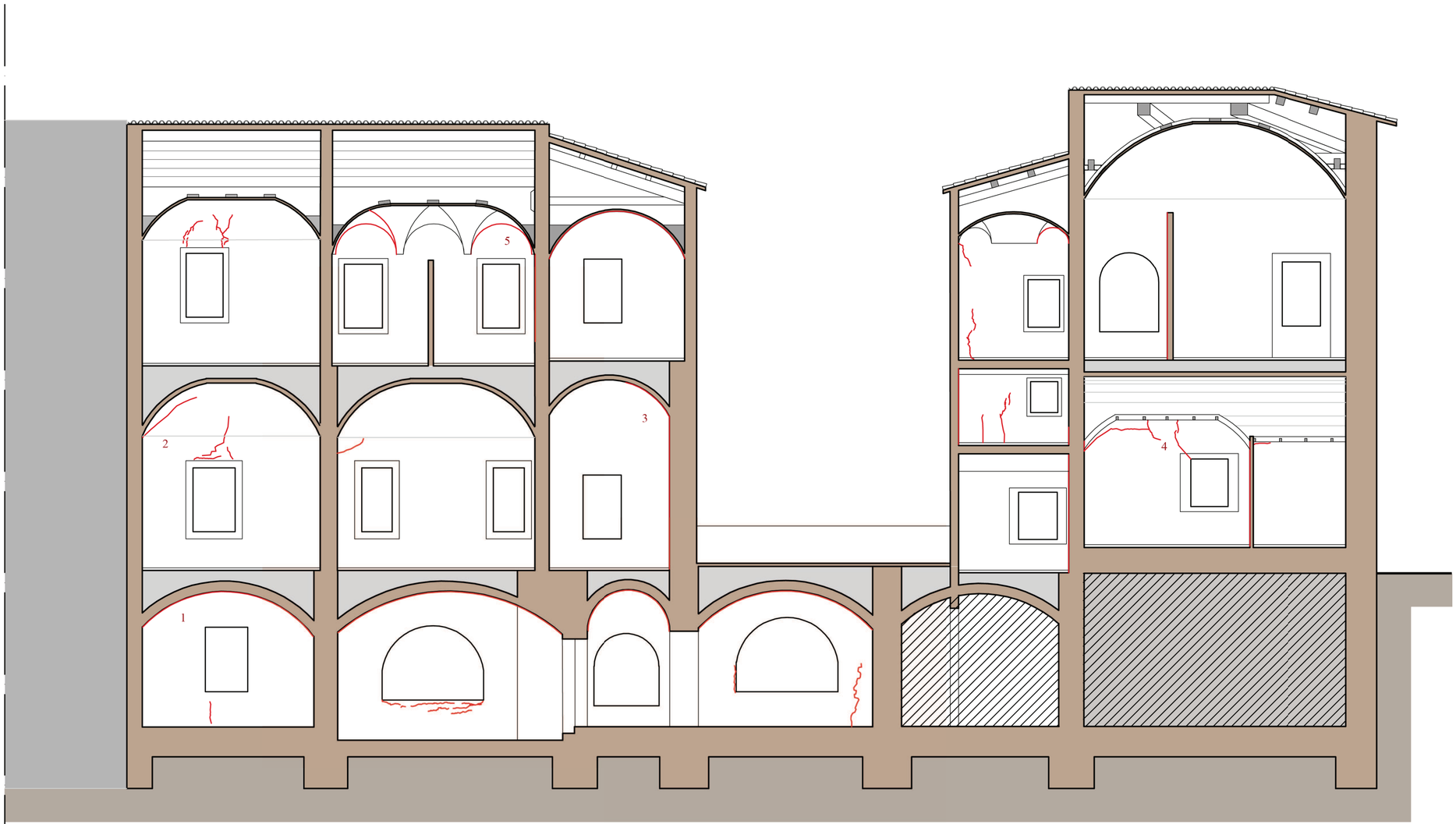
1

2

3

4

5



Sezione H-H - scala 1:100

Spazio non rilevabile

6.2 Analisi delle lesioni ed individuazione dei meccanismi di danno

Le lesioni individuate durante il rilievo e elencate nei mappaggi effettuati sulle sezioni di Palazzo Mauruzi – Gherardi sono state poi analizzate con lo scopo di individuare le criticità e delineare la vulnerabilità sismica dell'edificio, nonché gli eventuali meccanismi di danno che potrebbero innescarsi o che eventualmente sono già in atto.

L'analisi è stata effettuata in base al mappaggio realizzato e alle varie lesioni rilevate nei vari ambienti.

In base a quest'analisi sono state individuate diverse criticità strutturali che coinvolgono l'intero edificio.

6.2.1 I principali meccanismi di danno delle murature fuori dal piano

In condizioni statiche la costruzione muraria è descrivibile come il prodotto dell'assemblaggio di elementi vincolati in modo isostatico. I carichi agiscono sull'elemento che direttamente li supporta, e questo li trasmette sotto forma di reazioni agli elementi su cui è poggiato. La struttura è quindi costituita da una gerarchia di elementi supportati ed elementi di supporto in ragione della successione nella posa in opera.

La ridotta efficacia delle connessioni tra gli elementi della costruzione muraria è pertanto la principale causa della inadeguatezza di approcci teorici a descrivere un comportamento d'insieme dell'intero edificio.

Ciò è facilmente riscontrabile nella pratica quando si evidenziano distacchi parziali di parti murarie, senza che questi alterino la resistenza complessiva della struttura.

I principali meccanismi di collasso fuori dal piano di un' edificio in muratura sono:

- Meccanismo di ribaltamento semplice
- Meccanismo di flessione verticale
- Meccanismo di flessione orizzontale
- Meccanismo di flessione composta

Il ribaltamento semplice di pareti esterne degli edifici dovute all'azione del sisma rappresenta una situazione di danno tra le più frequenti pericolose. Questa si schematizza come una rotazione rigida di porzioni di parete attorno ad una cerniera cilindrica orizzontale; la rotazione è attivata da sollecitazioni fuori dal piano.

Tale situazione si verifica quando il muro risulta libero in sommità e non ben ammorsato alle pareti ad esso ortogonali. Le condizioni di vincolo che rendono possibile questo meccanismo sono l'assenza di connessioni nella muratura e l'assenza di dispositivi di collegamento, come cordoli o catene, in testa alla tesa ribaltante.

Questo tipo di meccanismo è facilmente individuabile da lesioni verticali in corrispondenza dell'incrocio tra la tesa ribaltante e le pareti ad essa ortogonali.

Il ribaltamento semplice può riguardare diverse geometrie della parete e può interessare uno solo o più piani dell'edificio, relativamente alla modalità di connessione tra i solai e le murature ai vari livelli della struttura.

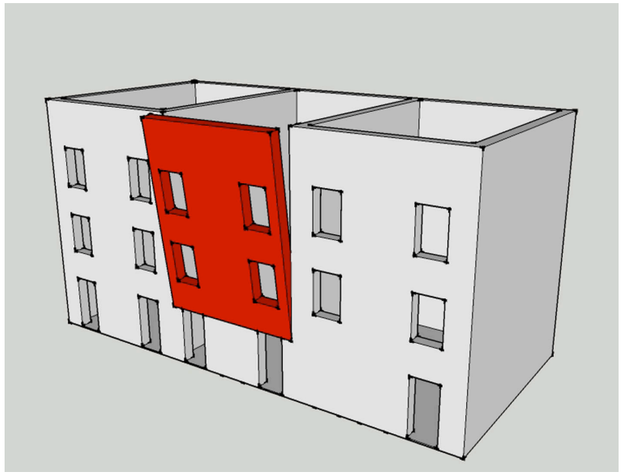


Figura 6.1 – Meccanismo di ribaltamento semplice.

Una situazione piuttosto comune negli edifici in muratura è quella in cui la tesa muraria è vincolata agli estremi e libera nella zona centrale. È questo il caso, ad esempio, di un edificio con un cordolo in sommità ed i solai intermedi privi di qualsiasi connessione; in queste condizioni la presenza in sommità di un dispositivo di connessione impedisce il ribaltamento della parete verso l'esterno.

Tuttavia questa, sotto l'effetto dello scuotimento orizzontale, può collassare per insatbilità verticale. Infatti, essendo la struttura muraria, costituita dalla sovrapposizione di materiali lapidei o laterizi vincolati da semplice contatto o da malta, sopporta gli sforzi di flessione indotti dalle azioni ortogonali al suo piano solo se lo sforzo normale mantiene la sua risultante interna alla sezione trasversale. In caso contrario si forma una cerniera cilindrica orizzontale che consente l'innesco del cinematismo per flessione verticale. Tale meccanismo

è favorito nelle murature a sacco che sono più instabili a spinte orizzontali localizzate.

Il meccanismo di flessione verticale può interessare uno o più piani dell'edificio, in relazione alla presenza di vincoli agli orizzontamenti e alle diverse geometrie dei macro elementi.

In particolare nelle murature a sacco il materiale di riempimento interno, per effetto della sovrapposizione, può causare l'instabilità del paramento esterno.

In un edificio già danneggiato da un sisma il meccanismo di flessione verticale è segnalato da un fuori piombo della parete, talvolta accompagnato dallo sfilamento delle travi del solaio che insiste sulla parete. In ogni caso, l'instaurarsi di un arco verticale che precede l'attivazione del meccanismo richiede la presenza di efficaci vincoli orizzontali sopra e sotto il tratto interessato.

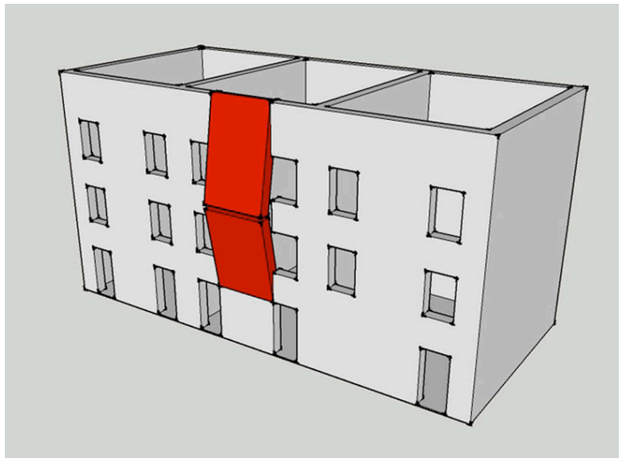


Figura 6.2 – Meccanismo di flessione verticale.

Quando il pannello murario è efficacemente vincolato alle pareti ortogonali con il lato sommitale non trattenuto da alcun dispositivo si assiste ad un tipo di crisi riconducibile al comportamento flessionale nel piano orizzontale. La risposta strutturale della parete si manifesta come un effetto arco orizzontale all'interno della parete. In particolare la spinta trasmessa dal solaio o dalla copertura in testa alla struttura muraria si scarica sulla parete di facciata fino ad arrivare ad interessare le pareti ad essa ortogonali.

L'attivazione del meccanismo è preceduta dalla formazione di un arco orizzontale nello spessore del muro; nella condizione limite di equilibrio si formano tre cerniere, una in mezzeria e le altre in prossimità dell'intersezione tra la parete in esame ed i muri ad essa ortogonali.

Nell'analisi del meccanismo di flessione orizzontale bisogna distinguere poi tra il caso di parete monolitica ed il caso di parete a doppia cortina; nel primo l'arco scarico può interessare l'intero spessore della parete, mentre nel secondo si può manifestare espulsione di materiale senza che si abbia il coinvolgimento della cortina interna.

Il meccanismo di flessione orizzontale inoltre può interessare diverse geometrie dei macroelementi coinvolti nel cinematismo, la cui definizione è condizionata principalmente dalla presenza di aperture allineate nella fascia di sottotetto e dalla qualità della muratura che influisce sull'altezza del cuneo di distacco.

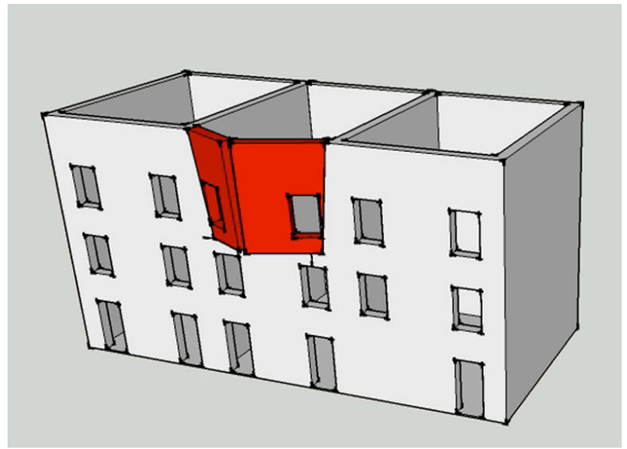


Figura 6.3 – Meccanismo di flessione orizzontale

Il ribaltamento composto si riferisce alle situazioni in cui al ribaltamento della parete ortogonale all'azione sismica si accompagna il trascinamento di una porzione di struttura muraria appartenente ad un'angolata libera oppure a pareti di spina. In molti casi i martelli murari e le angolate presentano connessioni adeguate tra le murature che confluiscono in un nodo, tali da determinare il coinvolgimento di parti di esse nel ribaltamento. Affinché si possa prevedere un meccanismo di ribaltamento composto in un edificio integro, devono esserci condizioni caratterizzate dall'assenza di vincoli in sommità della parete ribaltante e dalla presenza di un efficace collegamento tra la parete investita dal sisma e quella ad essa ortogonale.

Si tratta generalmente di murature costruite in uno stesso momento o che hanno subito interventi di consolidamento che prevedono il collegamento dei pannelli murari ortogonali.

Il meccanismo di ribaltamento composto è leggibile in un edificio investito da un sisma attraverso l'individuazione di lesioni diagonali o a doppia diagonale sulle pareti di spina con angolo di distacco differente a seconda della tipologia e della qualità muraria caratterizzante l'edifico stesso.

Questo meccanismo può interessare diverse geometrie del macroelemento coinvolto nel cinematismo e diversi piani dell'edificio, in relazione alla presenza di dispositivi di connessione ai vari livelli.

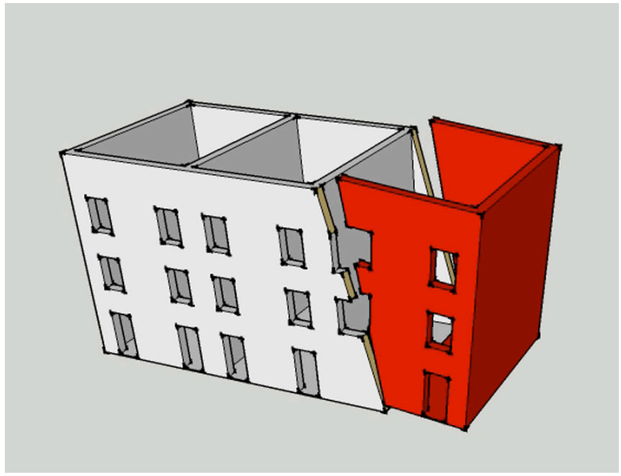


Figura 6.4 – Meccanismo di ribaltamento composto.

6.2.2 I principali meccanismi di dissesto delle strutture voltate

I meccanismi di dissesto delle strutture voltate possono essere definiti in due grandi categorie, quelli imputabili allo spostamento delle imposte e quelli imputabili a fenomeni di instabilità dell'elemento costruttivo.

L'innesco dei cinematismi dipende dalla configurazione geometrica della struttura e dalla natura ed entità dei carichi agenti; si mostrano particolarmente gravosi i carichi antisimmetrici, che contrastano con la caratteristica strutturale delle volte.

La prima categoria elencata per i dissesti strutturali della volta riguarda lo spostamento delle imposte; in particolare si possono distinguere tre tipi di spostamento, quello della traslazione ortogonale ai muri d'imposta, quello dei cedimenti differenziati e quello degli scorrimenti longitudinali.

La perdita della configurazione geometrica comporta un forte incremento delle spinte, a causa del progressivo abbassamento del punto di chiave che conferisce all'arcata un profilo ribassato sempre meno stabile.

In condizioni di esercizio ordinario, la spinta statica favorisce il primo tipo di danno, mentre sono soprattutto le azioni sismiche orizzontali ad indurre deformazioni planimetriche.

La rottura a flessione degli archi e delle volte richiede la formazione di cerniere all'intradosso in corrispondenza delle reni, e all'estradosso in chiave. Questo tipo di meccanismo ha la caratteristica di essere potenzialmente reversibile: si innesca in modo naturale ma non produce conseguenze gravi immediate, dimostrando una duttilità che lo rende meno pericoloso di altri.

La messa a punto di provvedimenti tecnici per contrastare questi meccanismi richiedono un'utile distinzione fra i casi in cui la spinta è riconosciuta come causa stessa del dissesto e quelli dove, invece, l'allontanamento delle imposte è dovuto a fattori esterni e solo in parte condizionato dalla spinta equilibrante.

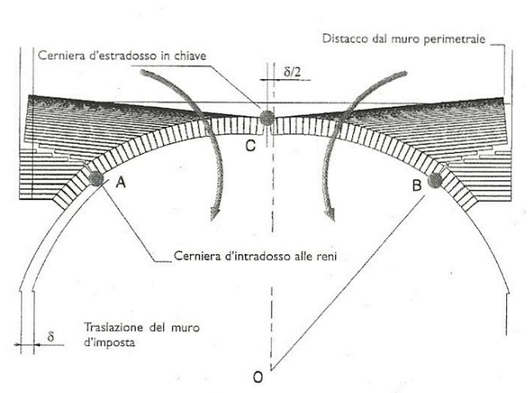


Figura 6.5 – Meccanismo di collasso generato per traslazione del muro di imposta della volta.

Con il meccanismo di cedimento degli appoggi sembrerebbero formarsi, almeno in apparenza, due sole cerniere asimmetriche, una in chiave e l'altra laterale, all'altezza delle reni.

La terza cerniera si sposta alla base del muro esterno, dalla parte del cedimento con conseguente rotazione rigida della parete.

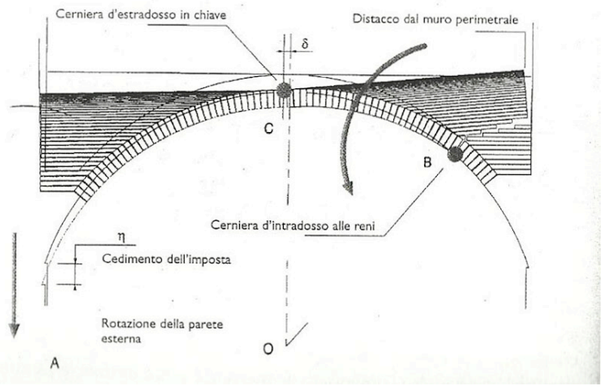


Figura 6.6 – Meccanismo di collasso generato per cedimento del muro di imposta della volta.

Il meccanismo di allontanamento delle imposte e cedimento differenziato è riconducibile alle conseguenze indotte dalle azioni sismiche ortogonali alla muratura d'imposta della volta.

6.2.3 Il quadro fessurativo di Palazzo Mauruzi – Gherardi

Con il rilievo delle lesioni su Palazzo Mauruzi – Gherardi si sono riscontrate varie problematiche sull'intero complesso dell'edificio, anche se i meccanismi più accentuati sono stati individuati ai piani superiori del fabbricato.

Le principali problematiche sono quelle dell'attivazione di meccanismi di ribaltamento fuori del piano di alcuni paramenti murari; questi meccanismi sono stati individuati sulle murature longitudinali di monte e di valle.

Per quel che riguarda la muratura di valle è stato individuato un ribaltamento che la coinvolge interamente dal piano seminterrato fino al primo piano. Dal rilievo è emersa, inoltre, la presenza di incatenamenti sulla muratura per tutta la sua altezza che sono stati segnalati nelle tavole di analisi come "da sostituire" poiché nonostante la loro presenza sono state individuate parecchie lesioni sulla porzione dell'edificio a valle che lasciano ricondurre ad un ribaltamento della muratura.

Il problema del ribaltamento coinvolge anche la muratura di monte dell'edificio, in questo caso però riguarda soltanto i piani più alti del fabbricato. Anche qui, come per la muratura di valle, è stato previsto l'inserimento di tiranti per arginare il problema di ribaltamento.

Per quel che riguarda la facciata di monte, in corrispondenza della parte di muratura corrispondente alla facciata del salone al primo piano, indicato nelle tavole come stanza F1, sono stati ipotizzati due possibili meccanismi di danno, uno è il ribaltamento semplice, mentre l'altro è la flessione verticale. L'attivazione o meno di uno o dell'altro meccanismo dipende dalla presenza in sommità della muratura di una cordolatura efficace; nel caso in cui la cordolatura fosse presente, il meccanismo che si attiverebbe sarebbe quello di flessione verticale, poiché la muratura risulterebbe vincolata sia inferiormente, sia superiormente. Nel caso di assenza di cordolatura efficace si attiverebbe il meccanismo di ribaltamento, poiché la muratura risulterebbe vincolata soltanto inferiormente.

L'attivazione di questi meccanismi dipende anche dalla notevole altezza della muratura e dall'assenza di murature trasversali di irrigidimento**.**

Il meccanismo di flessione verticale è stato individuato anche per la porzione dell'edificio datata al XVIII secolo i cui ambienti sono stati indicati al piano terra come D20 e D21, al piano ammezzato come H4 e H3 e al primo piano come F11 e F14. Per questa porzione di edificio la muratura interessata da flessione verticale è quella che si affaccia sul cortile; il meccanismo di flessione provoca in questo caso la suddivisione della parete in più parti, questo per la presenza di due solai che bloccano la muratura.

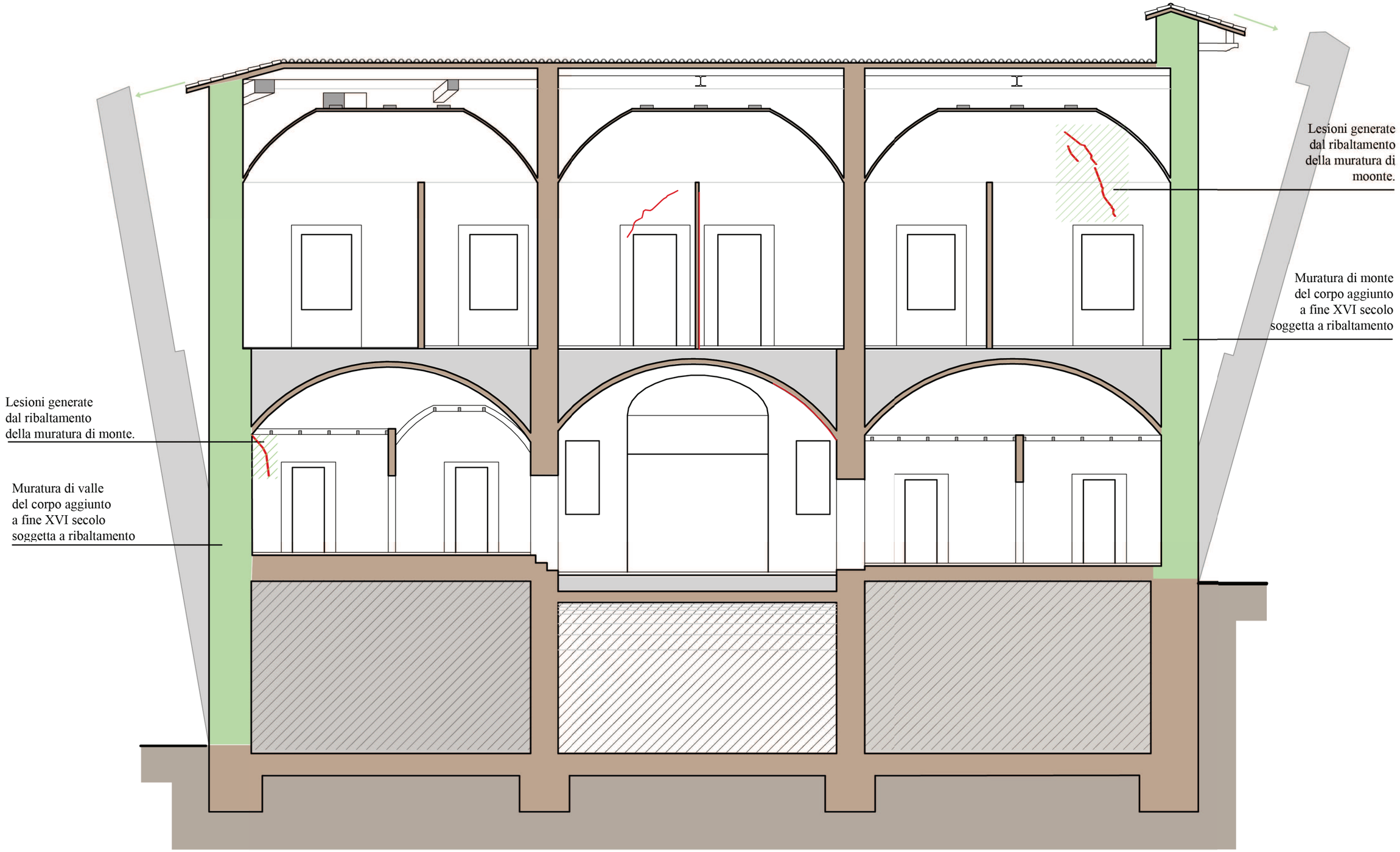
Oltre ai meccanismi di danno fuori del piano sono stati individuati problemi di ammorsamento murario tra la parte del palazzo edificata a fine XV secolo ed il corpo originario.

Al primo piano, infatti, in corrispondenza del punto in cui le murature dei due corpi si collegano, sono state individuate delle lesioni riconducibili ad un martellamento tra le due murature ortogonali.

Il martellamento strutturale è quel fenomeno per il quale due o più edifici adiacenti tendono a collidere sotto l'effetto di azioni dinamiche orizzontali, tipo vento o sisma.

La causa di questo martellamento è riconducibile ad uno scarso ammorsamento tra le due parti di edificio e porta alla formazione di lesioni verticali in corrispondenza dei punti di innesto tra le murature ortogonali.

ANALISI DELLE LESIONI - SEZIONE A-A - SCALA 1:100



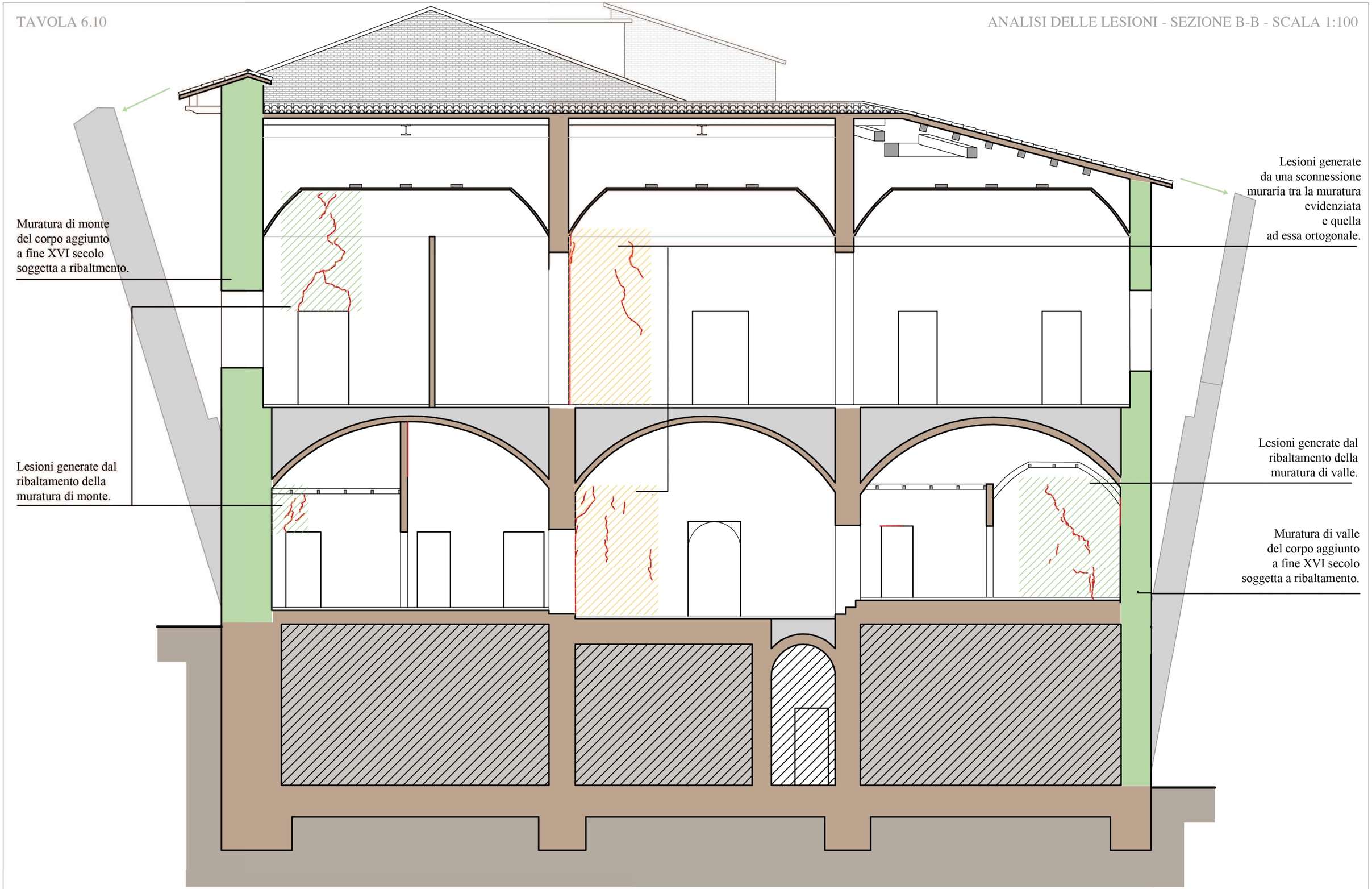
Sezione A-A - scala 1:100

Spazio non rilevabile

Muratura soggetta a ribaltamento

Lesioni generate da ribaltamento

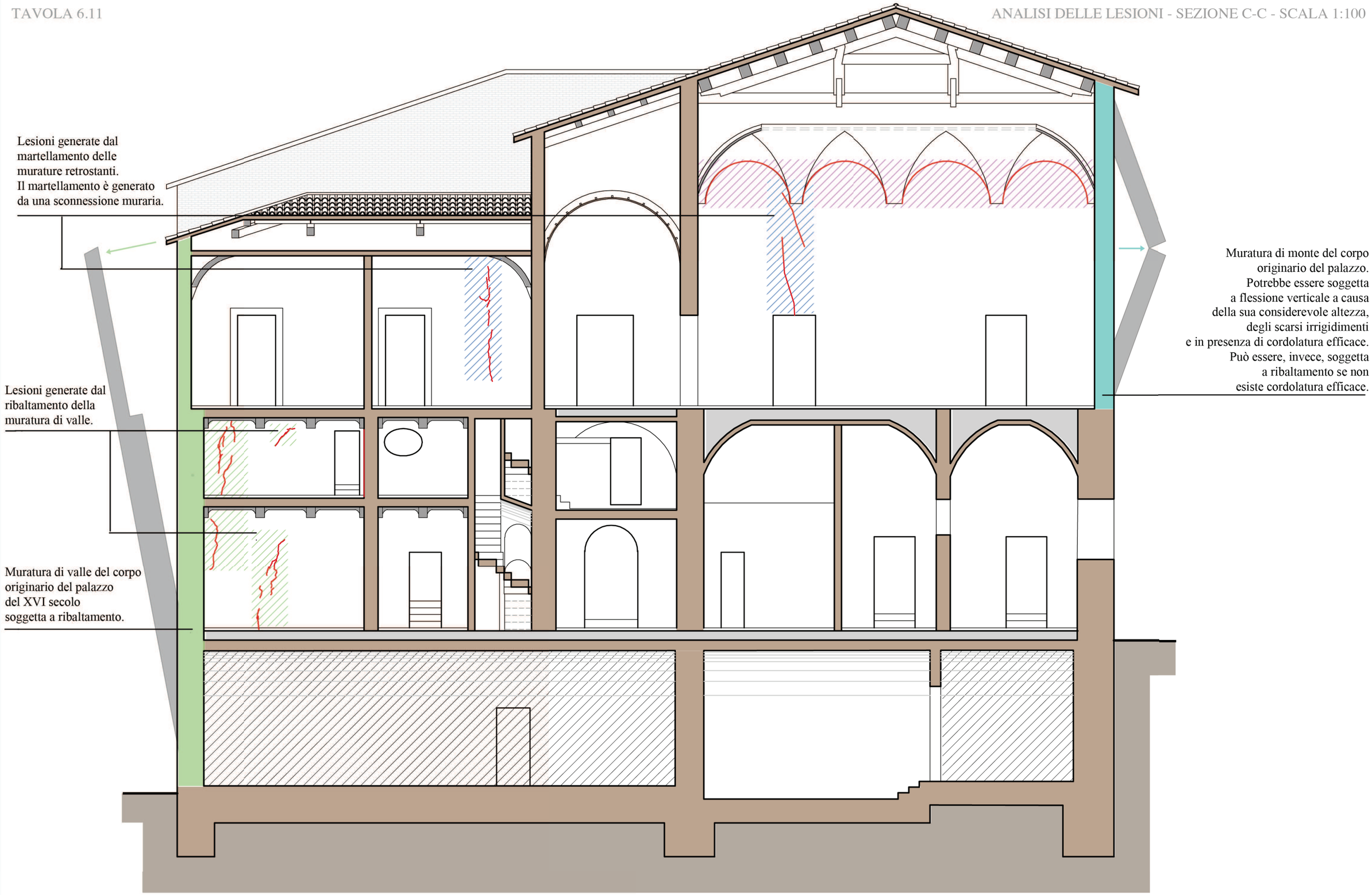
ANALISI DELLE LESIONI - SEZIONE B-B - SCALA 1:100



Sezione B-B - scala 1:100

Spazio non rilevabile | Muratura soggetta a ribaltamento | Lesioni generate da ribaltamento | Lesioni generate da un scarso ammorsamento tra le murature

ANALISI DELLE LESIONI - SEZIONE C-C - SCALA 1:100



ANALISI DELLE LESIONI - SEZIONE D-D - SCALA 1:100

Muratura di monte del corpo originario del palazzo. Potrebbe essere soggetta a flessione verticale a causa della sua considerevole altezza, degli scarsi irrigidimenti e in presenza di cordolatura efficace. Può essere, invece, soggetta a ribaltamento se non

Lesioni dovute al probabile ribaltamento della muratura di monte.

Lesione generata del ribaltamento della muratura di valle.

Muratura di valle del corpo originario del palazzo del XVI secolo soggetta a ribaltamento

Sezione D-D - scala 1:100

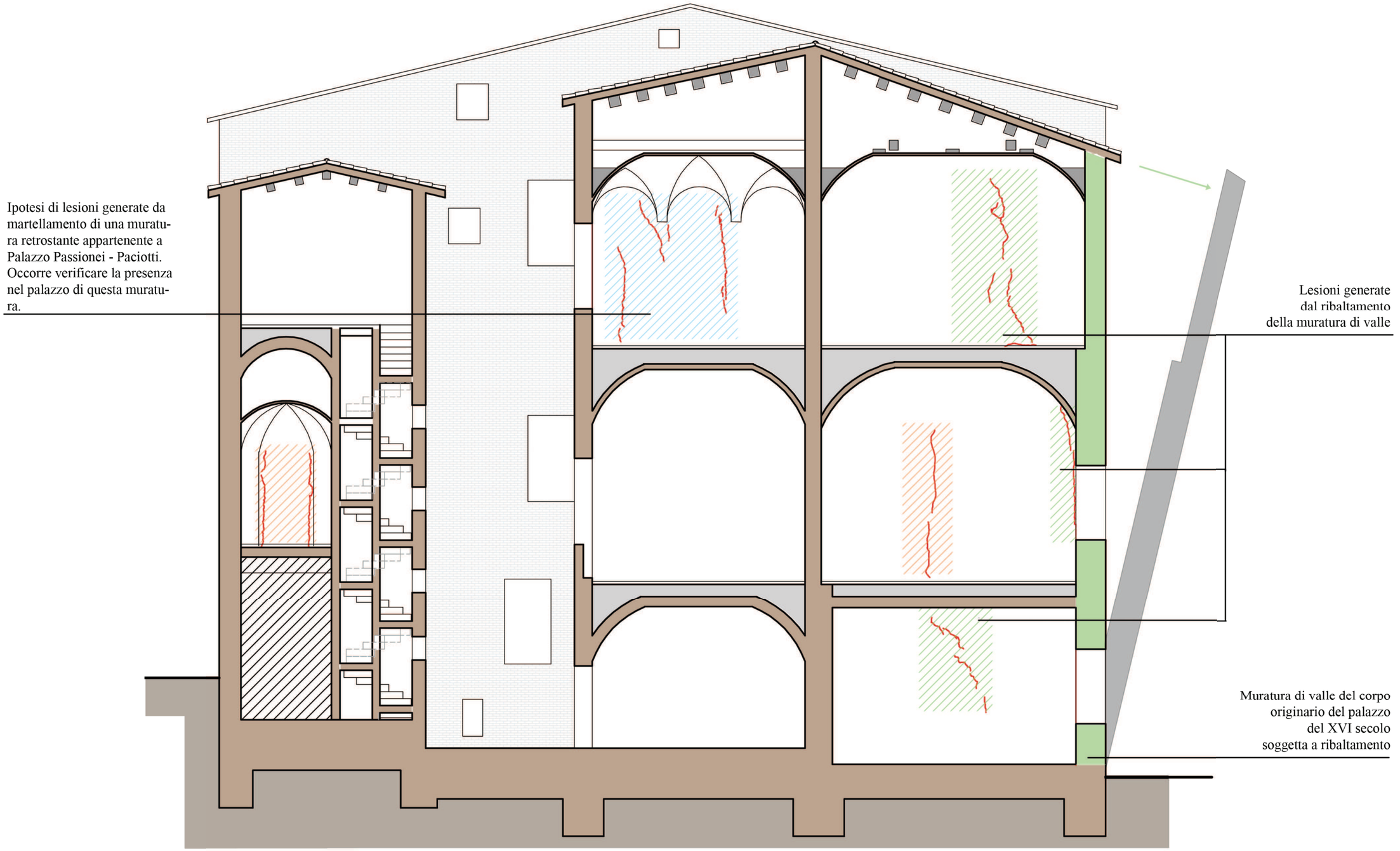
Muratura soggetta a ribaltamento

Lesioni generate da ribaltamento

Murature che potrebbe essere soggetta a flessione verticale e ribaltamento

Lesioni generate dal distacco della volta in camorcanna

ANALISI DELLE LESIONI - SEZIONE E-E - SCALA 1:100



Sezione E-E - scala 1:100

Spazio non rilevabile

Muratura soggetta a ribaltamento

Lesioni generate da ribaltamento

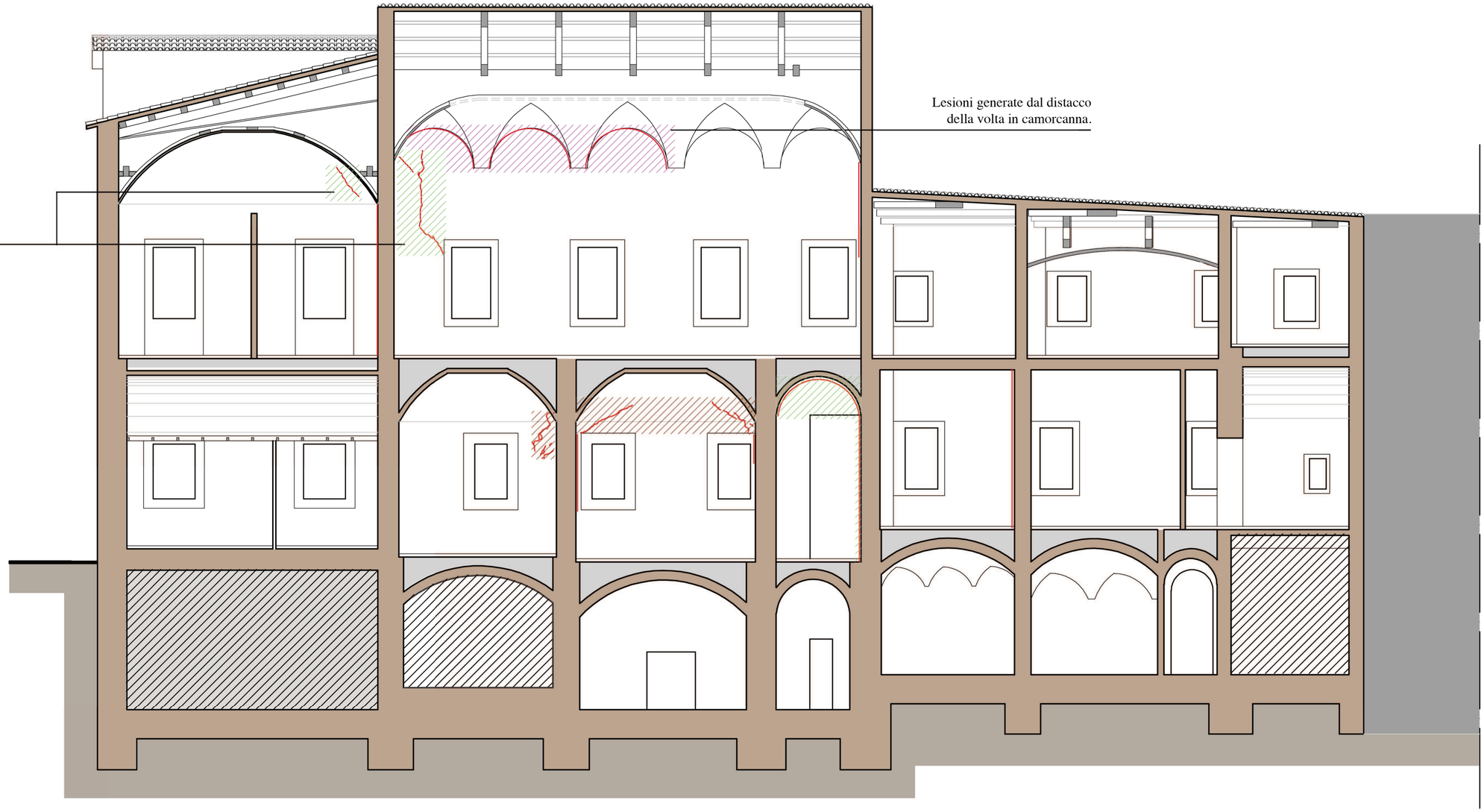
Lesioni generate da martellamento muratura retrostante (ipotesi)

Lesioni generate dall'inserimento di un tamponamento (ipotesi)

Lesioni generate dal distacco della volta in camorcanna.

Lesioni generate dal ribaltamento della muratura di monte.

Lesioni generate dal ribaltamento della muratura di monte.



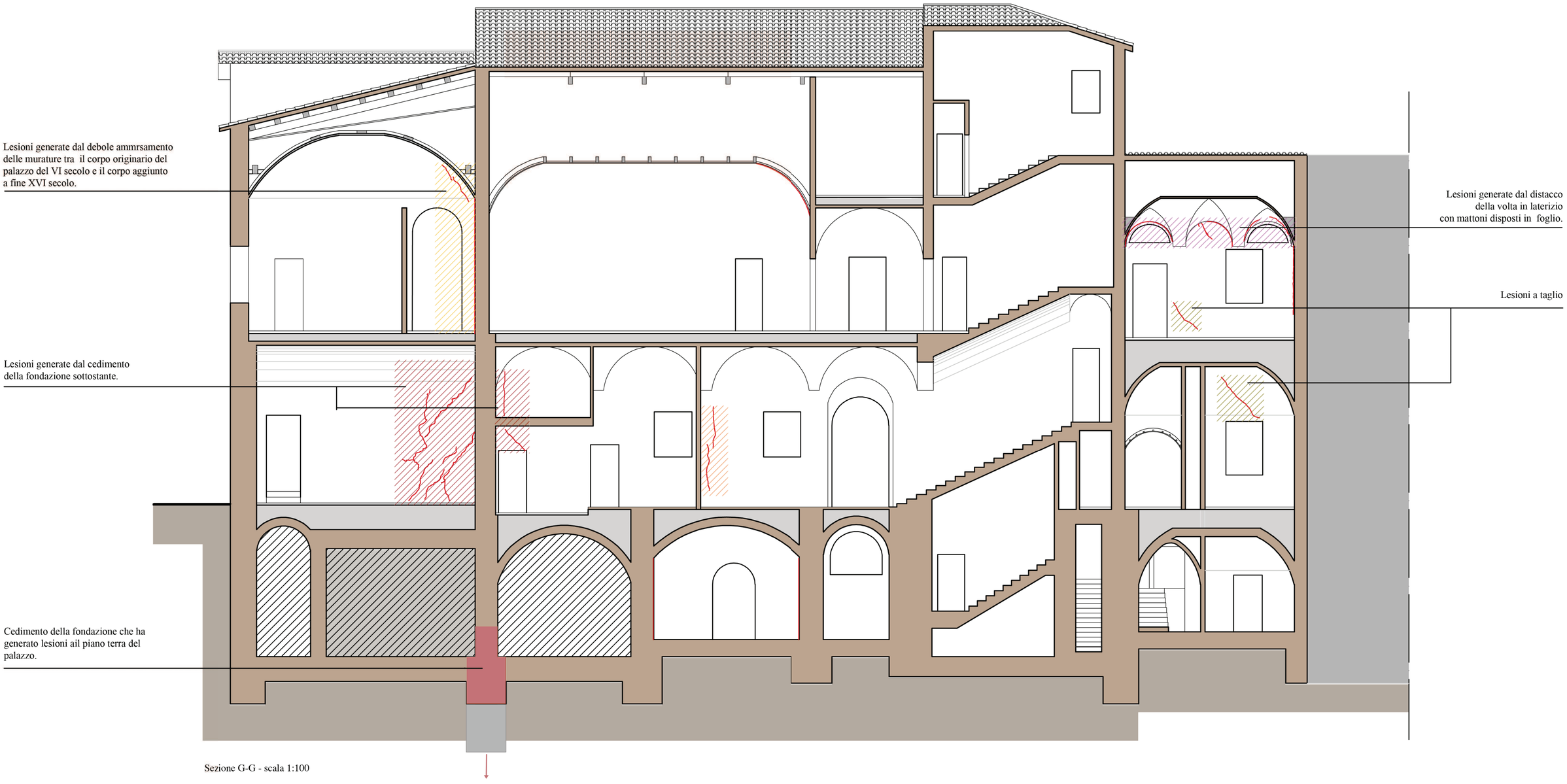
Sezione F-F - scala 1:100

Spazio non rilevabile

Lesioni generate da ribaltamento

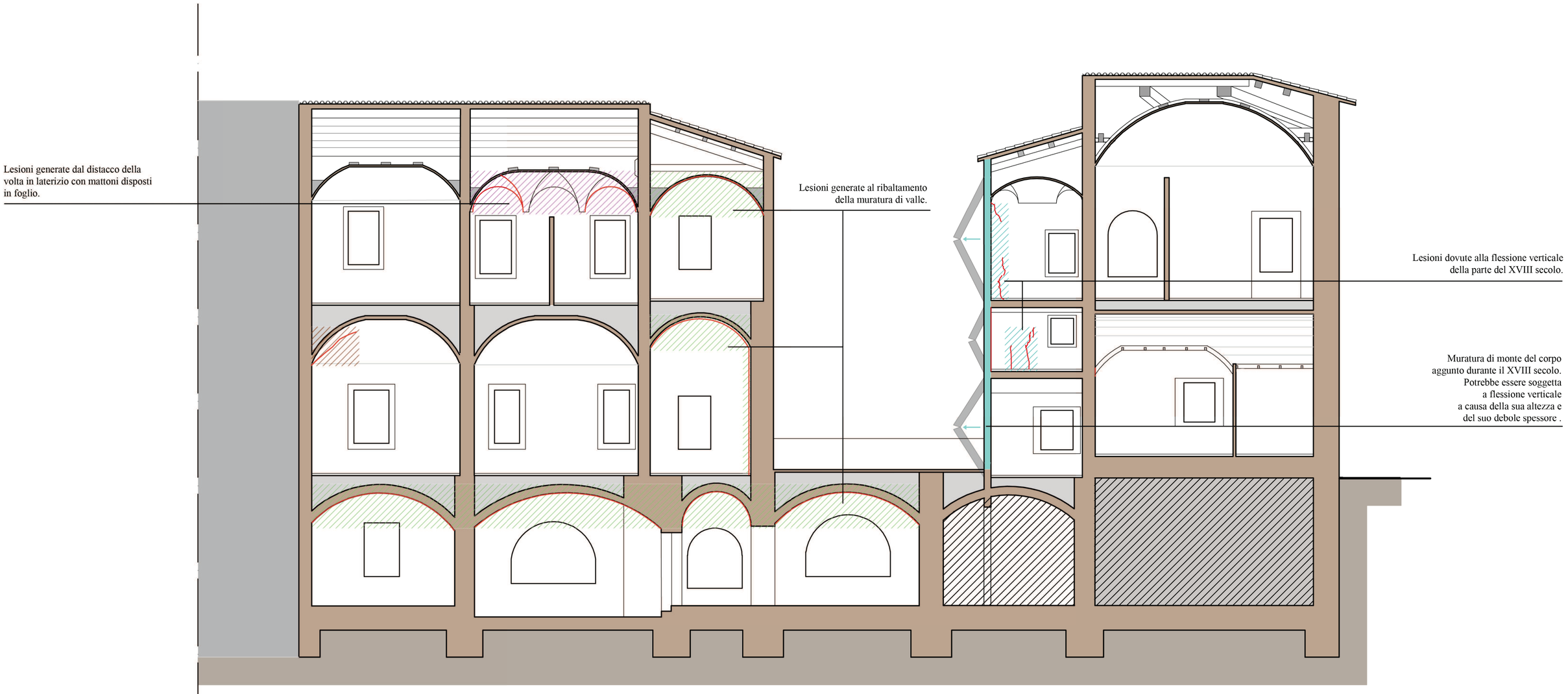
Lesioni generate dal distacco della volta in camorcanna

Lesioni generate da un tentativo di distacco della volta per inizio del ribaltamento della muratura di monte



Sezione G-G - scala 1:100

- Spazio non rilevabile
- Lesioni generate da scarso ammorsamento tra le murature
- Lesioni generate da cedimento della fondazione
- Lesioni generate dall'inserimento di un tamponamento
- Lesioni generate dal distacco della volta in laterizio
- Lesioni a taglio



Sezione H-H - scala 1:100

- Spazio non rilevabile
- Lesioni generate da ribaltamento
- Lesioni generate da flessione verticale
- Lesioni generate dal distacco della vota in laterizio
- Lesioni generate da un tentativo di distacco della volta per inizio del ribaltamento della muratura di monte

BIBLIOGRAFIA – CAPITOLO 6:

1. **Gulli R.,** Il recupero edilizio in ambito sismico, Monfalcone, Edicom, 2002.
2. **Sola E.,** Il complesso di San Giovanni in Monte: il rapporto tra storia della costruzione ed interventi di miglioramento delle prestazioni, Tesi di Laurea in Architettura tecnica II, Scuola di Ingegneria e Architettura – Alma Mater Studiorum – Università di Bologna, Corso di Laurea in Ingegneria Edile-Architettura, Relatore Prof. Ing. Giovanni Mochi, Anno Accademico 2012/13.
3. "Definizione di modelli per l'analisi strutturale degli edifici in muratura – Analisi dei meccanismi locali di collasso in edifici in muratura", estratto da: "Repertorio dei eccanismi di danno, delle tecniche d'intervento e dei relativi costi negli edifici in muratura" – Ricerca svolta nell'ambito di una convenzione tra Regione Marche, Università degli studi dell'Aquila e CNR-ITC, 2006.
4. "Linee guida per il rilievo, l'analisi ed il progetto di interventi di riparazione e rafforzamento/miglioramento di edifici in aggregato", Dipartimento Protezione Civile, 2010.

BIBLIOGRAFIA DELE ILLUSTRAZIONI – CAPITOLO 6:

Figura 6.1 – Immagine dell'autore

Figura 6.2 – Immagine dell'autore

Figura 6.3 – Immagine dell'autore

Figura 6.4 – Immagine dell'autore

Figura 6.5 - **Gulli R.,** Il recupero edilizio in ambito sismico, Monfalcone, Edicom, 2002, p. 76.

Figura 6.6 - **Gulli R.,** Il recupero edilizio in ambito sismico, Monfalcone, Edicom, 2002, p. 76.

7. PALAZZO MAURUZI – GHERARDI: PROGETTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO

7.1 Introduzione

La fase di analisi delle vulnerabilità sismiche sull'intero edificio consente di giungere alla definizione delle principali azioni per la prevenzione del danno alla scala edilizia.

Sono stati previsti, per il caso di palazzo Mauruzi - Gherardi diversi interventi sui vari elementi costruttivi; tra questi ci sono le strutture di elevazione verticali, le volte con mattoni disposti di testa ed in foglio ed i solai, in modo tale da andare a garantirne un miglior comportamento in caso di sisma. Inoltre, data la precarietà dei collegamenti, tipica di una costruzione muraria in cui gli elementi sono semplicemente appoggiati, ai fini del miglioramento sismico risulta essenziale il potenzia-mento del sistema delle connessioni, attraverso le quali avviene il trasferimento dell'azione sismica da un elemento all'altro della costruzione, favorendo un comportamento scatolare della struttura e quindi un maggior grado di sicurezza.

7.2 Interventi sulle murature con la tecnica dello scuci-cuci

Per quanto riguarda le murature lesionate, l'obiettivo è il ripristino della continuità muraria lungo le linee di fessurazione ed il risanamento di porzioni di muratura gravemente deteriorate.

Questo risultato può essere ottenuto attraverso la tecnica del scuci-cuci e risarcitura, uno degli interventi più comuni per i casi in cui si siano manifestati dissesti della muratura.

Lo scopo è quello di "incollare" quello che in origine era solo accostato e di ripristinare i contatti.

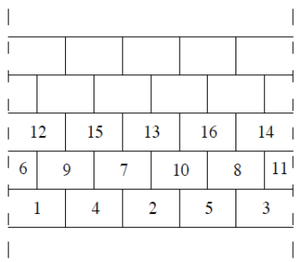


Figura 7.1 – Tecnica dello scuci-cuci. Rappresentazione schematica della successione dei "cantieri" di lavoro.

In presenza di lesioni passanti, ossia di quelle lesioni che interessano l'intero spessore della muratura, è opportuno sostituire la muratura con un vero e proprio scuci-cuci, la cui tecnica prevede l'asportazione della muratura per una larghezza di circa 40-50 cm a cavallo della lesione, cominciando dal basso e lavorando per tratti.

Un buon intervento di scuci-cuci deve ridare continuità alla muratura lasciando una "cicatrice" poco visibile, pertanto deve rispettare l'andamento dei filari ed utilizzare, per quanto possibile, gli stessi materiali in opera.

In linea di principio, il risanamento della lesione deve permettere il recupero funzionale della struttura e la riattivazione dei meccanismi resistenti della parete, costituiti dalla coesione e dall'attrito interno.

Per le lesioni di strappo è opportuno utilizzare elementi allungati, rispettando l'altezza originale di ciascun filare per migliorare l'attrito con la parte esistente.

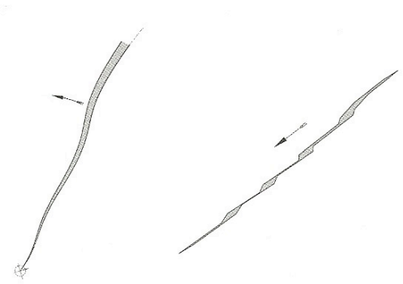


Figura 7.2 – Lesione di ribaltamento (a sinistra) e lesione di scorrimento (a destra).

Nelle lesioni di scorrimento è preferibile inserire elementi resistenti a taglio; se necessario anche a doppia altezza ad occupare due filari, purché giustamente proporzionati in lunghezza per evitare problemi d'instabilità.

È sempre necessario prevedere sufficienti puntellature su ambedue i lati del muro.

Per la nuova muratura si richiede di impiegare materiale analogo a quello del muro

originario, oppure, se possibile, di utilizzare gli stessi elementi derivanti dallo smontaggio, ammorsando la parte nuova ai due lati del vano.

Anche il confezionamento della malta dovrà tener conto delle caratteristiche presenti in quella originaria, in modo da non creare eccessi di rigidezza o incompatibilità chimico-fisiche.

Le lavorazioni per il scuci-cuci prevedono una prima rimozione (scucitura) della parte di muratura localmente degradata e/o lesionata, un lavaggio del paramento murario con utilizzo di acqua spruzzata a bassa pressione ed una ricostruzione finale (ricucitura) dei conci murari precedentemente rimossi e sostituzione degli stesi utilizzando mattoni pieni che saranno ammorsati, da entrambi i lati, alla vecchia muratura.

Per contenere gli effetti delle deformazioni di riassetto è opportuno seguire alcuni accorgimenti, tra cui quelle di usare malta di piccolo spessore tra i mattoni, al fine di ridurre la diminuzione di volume per effetto del riassetto e di mettere in forza progressivamente le parti già ricostruite del muro, con cunei o spezzoni di mattoni duri, in modo da poter compensare in parte il riassetto dovuto al ritiro della malta.

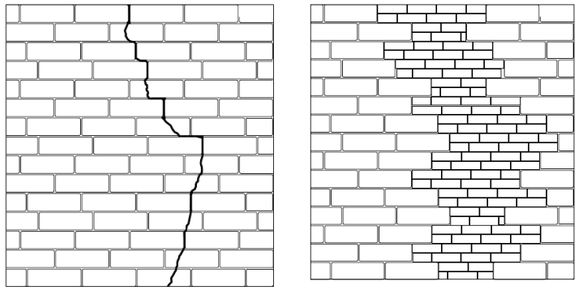


Figura 7.3 – Paramento murario oggetto dell'intervento di scuci-cuci. Prima (a destra) e dopo (a sinistra).

Se la lesione interessa solo un paramento murario, e non è molto ampia, si può parlare di risarcitura; in questo caso si stucca la fessura e quindi, perforando dai due lati la lesione in modo da attraversarla nello spessore del muro, si inietta la miscela idraulica, a base di calce, in modo da riempire le discontinuità; quest'operazione prevede una rimozione accurata dell'intonaco ed una perforazione della muratura attraverso l'utilizzo di un utensile meccanico non battente. Può seguire un'eventuale applicazione di una rete di rinforzo costituita da materiale composito (FRG) costituito da una rete a maglie quadrate in fibra di vetro allo scopo di migliorare la capacità di aggrappo ed ingranamento con la malta a base di calce idraulica ed ecopozzolana, bicomponente, rinforzata con l'aggiunta di fibre di vetro,

che serve a far aderire la rete alla muratura.

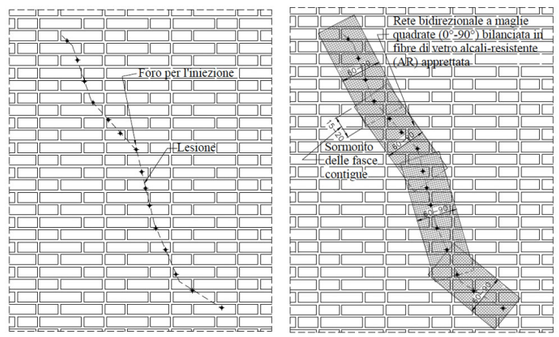


Figura 7.4 – Iniezione della lesione (a sinistra) ed applicazione rete di rinforzo (a destra).

7.3 Consolidamento delle volte

7.3.1 Intervento con frenelli sulle volte con mattoni disposti ad una o due teste

Uno degli interventi che si è scelto di effettuare è quello sulle volte realizzate in laterizio con mattoni disposti ad una o due teste, quindi per tutte le volte individuate, durante i sopralluoghi, negli ambienti del piano seminterrato e del piano terra.

Per queste volte la scelta è stata quella di consolidarle con la realizzazione di frenelli in laterizio, questo tipo d'intervento viene effettuato quando la volta non risulta eccessivamente deteriorata e con deformazioni modeste o assenti.

Lo scopo della realizzazione di frenelli in laterizio è quello di alleggerire la spinta attraverso l'asportazione delle masse di riempimento non strutturale, più o meno pesanti, che insistono sulla volta e nel ristabilire l'equilibrio della curva delle pressioni interne attraverso la messa in opera dei frenelli, ossia di muretti leggeri e di modesto spessore.

I frenelli risultano ortogonali alle generatrici della volta, in modo da distribuire omogeneamente i carichi e, allo stesso tempo, irrigidire complessivamente il sistema della volta.

La lavorazione consiste in una prima raschiatura e spazzolatura dei giunti di malta della volta sull'estradosso.

Vengono poi eseguiti i frenelli in laterizio, per le lavorazioni sulle volte di palazzo Mauruzi – Gherardi si è scelto di utilizzare forati in laterizio delle dimensioni di 12x25x25 cm.

Sui frenelli si imposta il nuovo piano di solaio che può essere costituito da tavelloni in laterizio su cui viene gettata una soletta di 6 cm di spessore, armata con una rete d'acciaio elettrosaldata ed opportunamente ancorata alla muratura attraverso un cordolo realizzato con 3f12 annegati all'interno della soletta ed 1f12 inserito nella muratura a sacco, ogni 100 cm, in un foro sigillato con resina epossidica.
Sopra la soletta si realizza il massetto di allettamento per la pavimentazione, che prima dell'inizio delle lavorazioni deve essere rimossa in maniera adeguata per poi essere rimessa in opera dopo l'intervento.
Questo tipo d'intervento alleggerisce notevolmente il carico gravante sulla volta e ne favorisce il consolidamento.

7.3.2 Intervento sulle volte con mattoni disposti in foglio

Con lo scopo di migliorare la resistenza e la rigidezza della volta attraverso l'ispessimento della sua sezione strutturale a fronte di un modesto incremento di carico si è pensato di intervenire sulle volte in foglio non ancora consolidate attraverso l'impego della tecnica *tabicada*, ovvero la realizzazione di due strati sovrapposti a quello esistente.
L'intervento è concettualmente simile a quello della sovrapposizione di un nuovo tavolato nei solai lignei o dell'applicazione di un nuovo arco estradossale.
La realizzazione di questo intervento consiste nel sovrapporre due strati di pianelle dello spessore di 3 cm murate con leganti a base di calce idraulica alla struttura voltata originaria.
Le modalità costruttive consentono di ricostruire una sezione a tre strati, il primo dei quali è costituito dalla volta originaria; così facendo vengono rispettati i principi fondamentali di integrazione con l'esistente attraverso l'impiego di materiali con caratteristiche equivalenti a quelle originarie. A ciò si aggiungono altre proprietà che sono la leggerezza degli strati aggiunti con l'intervento (il peso di 1 metro quadrato di struttura e di circa 100-120 chilogrammi), il notevole spessore ridotto dei due strati (pianelle e malta), che insieme misurano circa 9 cm, e la rigidezza strutturale della volta.
Questa tecnica, proprio in ragione della sua natura artigianale e tradizionale, richiede una specifica perizia in fase operativa ed una attenta consapevole scelta dei materiali. Infatti il tipo di legante e le modalità di messa in opera rappresentano due aspetti fondamentali per la buona riuscita dell'intervento nel rispetto della compatibilità dei materiali, della reversibilità dell'intervento stesso e continuità strutturale e costruttiva.

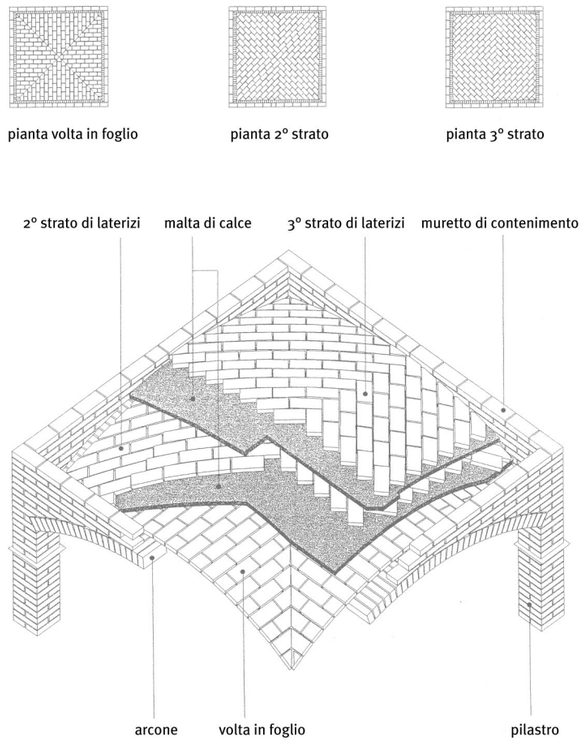


Figura 7.5 – Intervento di recupero strutturale di una volta a crociera in foglio eseguito con tecnica tabicada.

7.4 Consolidamento dei solai in legno

L'apparente vulnerabilità dei solai in legno condiziona fortemente le scelte progettuali finalizzate al miglioramento sismico e spesso risulta determinante per la conservazione stessa dell'elemento strutturale.
È altrettanto evidente, però, che l'estrema flessibilità di questo elemento costruttivo può essere migliorata attraverso semplici accorgimenti.
Per quanto riguarda gli interventi sui solai, questi sono stati effettuati nella porzione di edificio presentante solaio piano, ossia quella porzione costruita durante il XVIII secolo e che presenta solai piani sia come copertura degli ambienti del piano terra D19 e D20, sia del piano ammezzato H3 ed H4.

Avendo ipotizzato dei solai con manto ligneo, il primo accorgimento adottato è stato quello di rafforzare il tavolato ligneo raddoppiandolo. Il miglioramento statico del solaio ligneo non riguarda soltanto l'orizzontamento in se stesso, ma la funzione statica e di collegamento che esso assolve nei confronti dell'intero organismo edilizio.

È stato inoltre pensato il miglioramento delle connessioni tra l'orditura principale e quella secondaria: i travicelli vengono appoggiati sulla trave maestra e incassati su vaschette metalliche a doppio vano precedentemente fissate alla trave. Lo strato ligneo raddoppiato viene fissato con chiodi ai travicelli e alle travi; questo per solidarizzare la struttura lignea e impedire lo scorrimento delle tavole e dei travicelli sopra la trave.

Sopra il tavolato ligneo si è pensato di realizzare un massetto in calcestruzzo alleggerito per garantire maggiore stabilità senza aggravare la struttura con un peso eccessivo e senza produrre elevati incrementi di carico.

Il solai ligneo conserva sempre una certa elasticità, per cui si verificano normalmente deformazioni flessionali che interessano sia l'orditura principale che quella secondaria.

Il pavimento realizzato all'estradosso deve quindi essere in grado di assecondare gli stati deformativi senza innescare tensioni coattive, pertanto il sottofondo deve essere realizzato con una bassa percentuale di legante, in modo che lo strato dei materiali sciolti funga da filtro, impedendo la trasmissione degli sforzi di taglio al pavimento.

Gli interventi sull'impalcato ligneo sono importanti per potenziare le prestazioni statiche dell'elemento costruttivo, ma generalmente insufficienti per produrre effetti positivi sul comportamento statico e sismico globale dell'edificio.

Un salto di qualità nelle prestazioni antisismiche si ottiene solo attraverso l'ancoraggio degli orizzontamenti alle pareti perimetrali e con il miglioramento delle connessioni fra gli orizzontamenti di vani contigui, quando realizzati allo stesso livello.

Mentre nelle condizioni di esercizio il solaio affida il proprio peso ai muri d'appoggio, in condizioni di carico sismico il ruolo si inverte, con le pareti che si affidano agli orizzontamenti per contrastare le azioni ribaltanti.

Perché questi costituiscano un vincolo efficace, occorre disporre dei validi collegamenti fra i piedritti e i solai di piano; contemporaneamente gli orizzontamenti devono assicurare il trasferimento degli sforzi alle pareti disposte parallelamente all'azione sismica.

Nel caso di Palazzo Mauruzi – Gherardi si è scelto di realizzare una cordolatura efficace inserendo nella soletta in calcestruzzo alleggerito e a ridosso della muratura un angolare in acciaio ad L di sezione 10x15 cm e spessore 1 cm collegato alla muratura a sacco con un ferro filettato inserito in foro sigillato con resina epossidica ogni 100 cm.

In questa maniera si è cercato di realizzare Un buon ancoraggio del solaio ligneo alla muratura che lo sorregge garantisce un miglior assorbimento degli sforzi da parte della muratura stessa.

7.5 Irrigidimento di una muratura attraverso l'ausilio di elementi metallici

Per quel che riguarda la muratura esterna del salone F1 è stato ipotizzato che questa potrebbe essere soggetta a flessione verticale. Per contrastare questo meccanismo fuori dal piano della parete occorre intervenire internamente all'edificio, cercando di non far deformare la muratura verso l'esterno.

Questo perché non è possibile pensare ad un intervento sulla facciata esterna, poiché andrei a intaccare il paramento in mattoni pieni lasciato a vista.

La soluzione pensata consiste nel creare due elementi in acciaio costituiti da due lamine dello spessore di 2 centimetri che si incrociano al centro della muratura ed hanno sporgenza massima al centro per 20 centimetri e vanno ad incassarsi completamente nella muratura agli spigoli della facciata. L'elemento orizzontale sarò posto poco sopra la quota superiore delle quattro finestre presenti nella muratura, mentre quello verticale, posto circa al centro della stanza, attraverserà la volta. Dagli spigoli poi l'elemento riprenderà a svilupparsi nelle pareti ortogonali alla parete oggetto d'intervento seguendo lo stesso meccanismo; partendo da filo muratura agli spigoli, arriverà ad avere spessore massimo di 20 centimetri al centro delle pareti, fino a tornare a 0 agli spigoli opposti.

L'obiettivo di questo intervento è di irrigidire la parete senza creare un intervento troppo invasivo. In questo modo si impedisce alla muratura di inflettersi esternamente, poiché si "trattengono" dall'interno quei punti che altrimenti, per effetto della flessione verticale, tenderebbero a spostarsi verso l'esterno.

7.6 Incatenamenti

Lo studio finalizzato alla previsione degli scenari di danno consente in primo luogo di mettere in evidenza la scarsa connessione tra i muri di facciata e i muri ortogonali; inoltre, quando l'ancoraggio dei solai risulta anch'esso inefficace, la parete oppone ben poca resistenza al ribaltamento. L'effetto prodotto da tale carenza dei vincoli è quello del distacco

delle pareti di facciata dai muri trasversali, sino all'attivazione del meccanismo di ribaltamento fuori dal piano. Tale tipo di danno può essere efficacemente scongiurato attraverso l'introduzione di catene metalliche, in grado di trattenere le pareti esterne e di riportare ai muri trasversali la forza che provocherebbe il ribaltamento della parete.

Nell'edificio in esame sono stati individuati vari meccanismi di ribaltamento fuori del piano e di flessione verticale.

Per ognuno di questi meccanismi è stato previsto l'inserimento di catene metalliche dove non presenti e il rinforzo o la sostituzione di quelle già esistenti non più efficaci. La perdita di efficacia è stata ipotizzata per gli incatenamenti già esistenti nella muratura di valle; questi essendo presenti nell'edificio da parecchio tempo potrebbero aver perso la loro efficacia, infatti, è stato riscontrato per la muratura di valle un possibile ribaltamento fuori del piano che rafforzerebbe quest'ipotesi.

Oltre a questi sono presenti nell'edificio tiranti inseriti di recente (con le lavorazioni eseguite dal 2009 in poi), per questi non è stata ipotizzata nessuna sostituzione non essendo stati riscontrati meccanismi fuori del piano per le murature in questione.

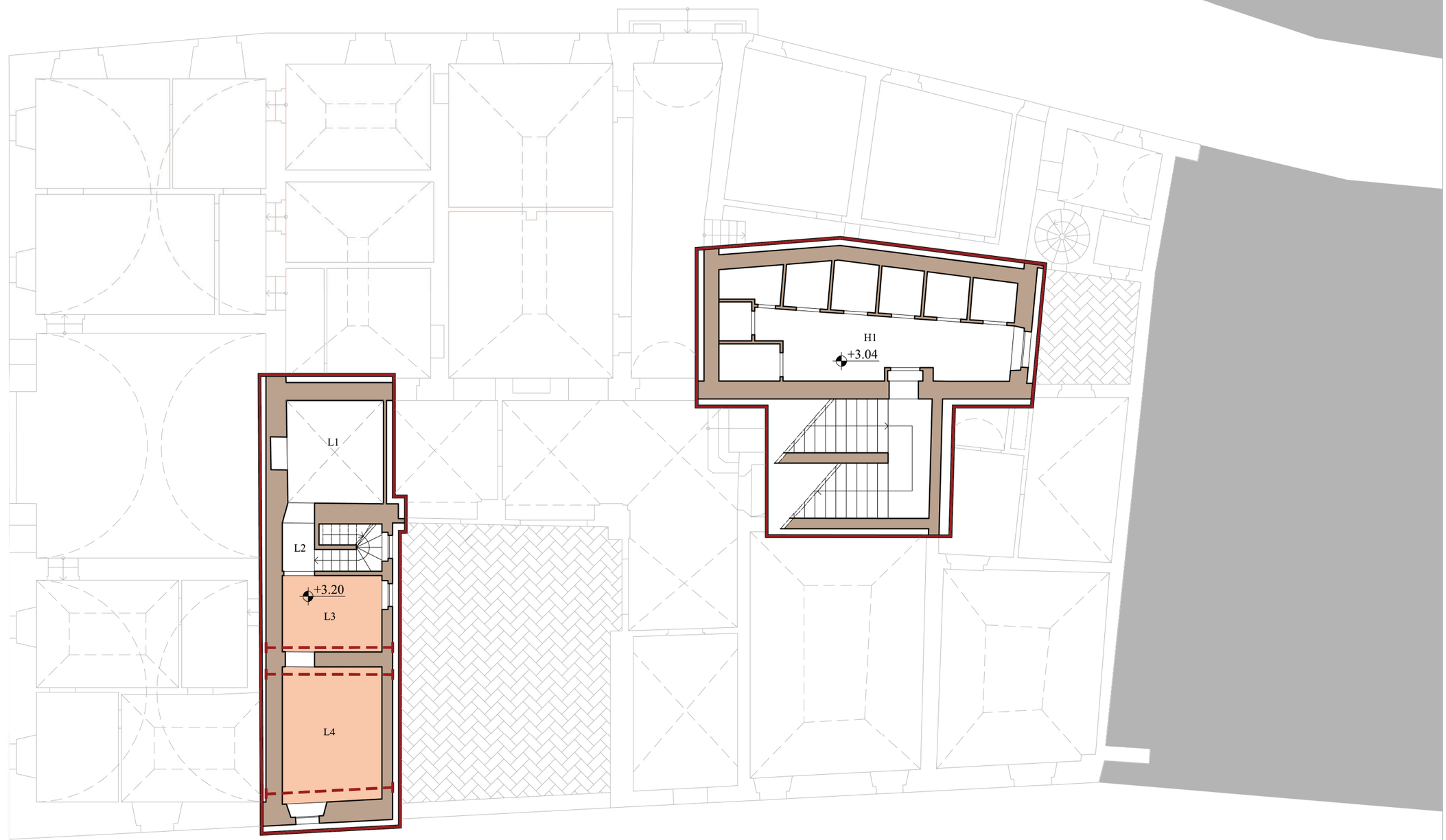
Per una delle murature soggette a ribaltamento semplice è stata poi effettuata una vera e propria verifica a ribaltamento con conseguente inserimento di tiranti e verifica della loro efficacia.

INTERVENTI SULL'EDIFICIO - PIANTA PIANO SEMINTERRATO - SCALA 1:100

Pianta Piano Seminterrato - scala 1:100

Pianta Piano Terra - scala 1:100

- Muratura soggetta a ribaltamento
- Muratura soggetta a flessione verticale
- Solaio
- Volta con mattoni disposti a due teste oggetto d'intervento con frenelli
- Tirante esistente da sostituire o da verificarne l'efficacia
- Tirante da inserire



Pianta Piano Ammezzato - scla 1:100

Muratura soggetta a flessione verticale

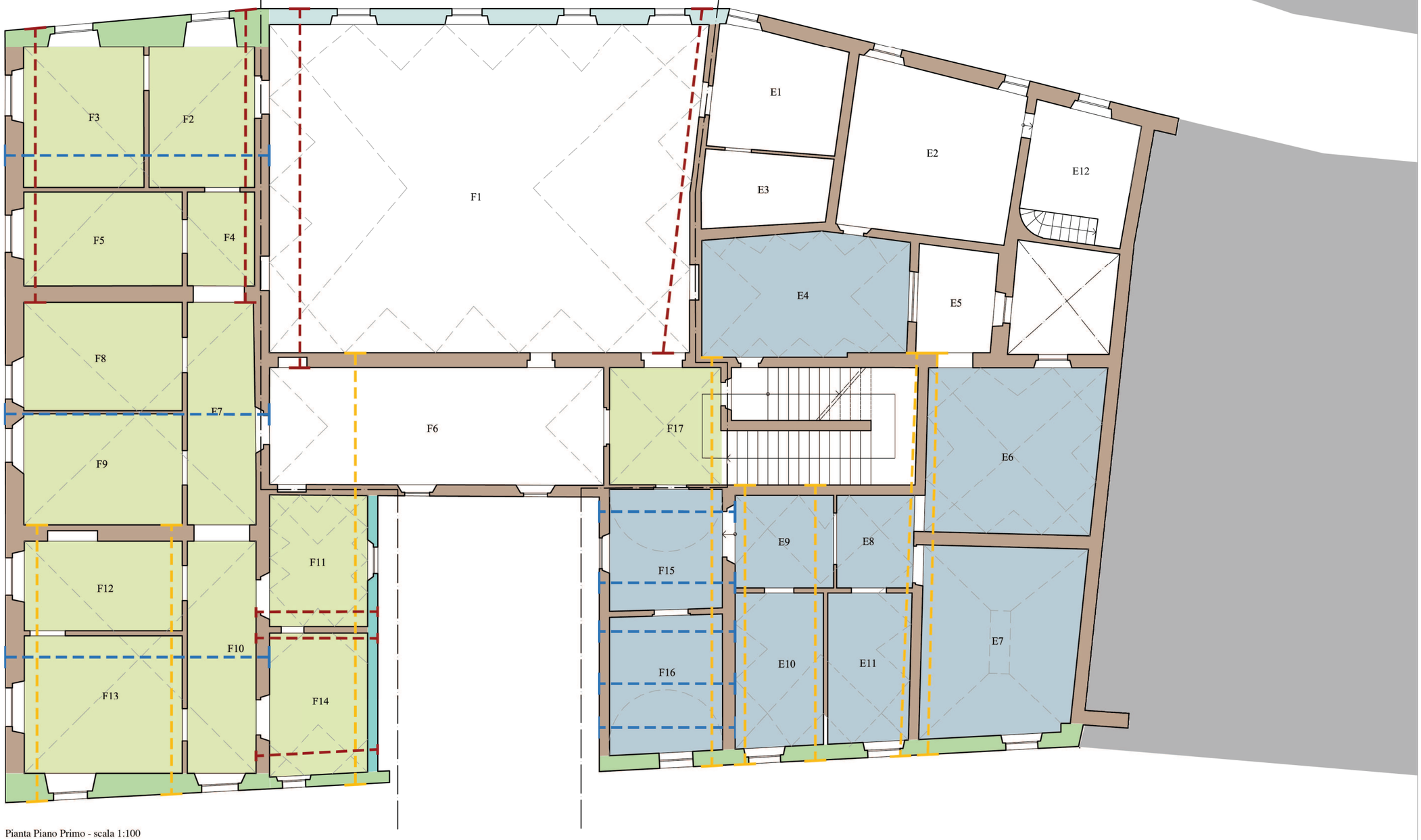
Solaio

Tirante da inserire

Parte dell'edificio soggetta ad un recente intervento sulle coperture (2013)

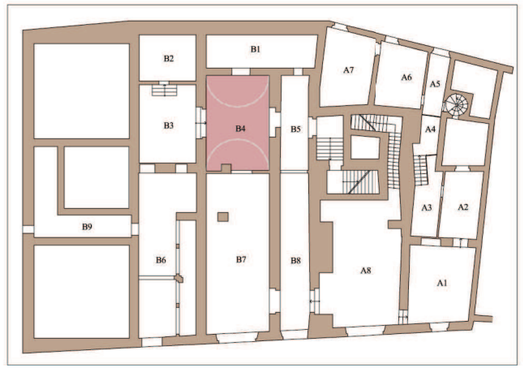
Parte dell'edificio soggetta ad un intervento sulle coperture in seguito ai sopralluoghi effettuati

Parte dell edificio soggetta ad un recente intervento sulle coperture (2009)

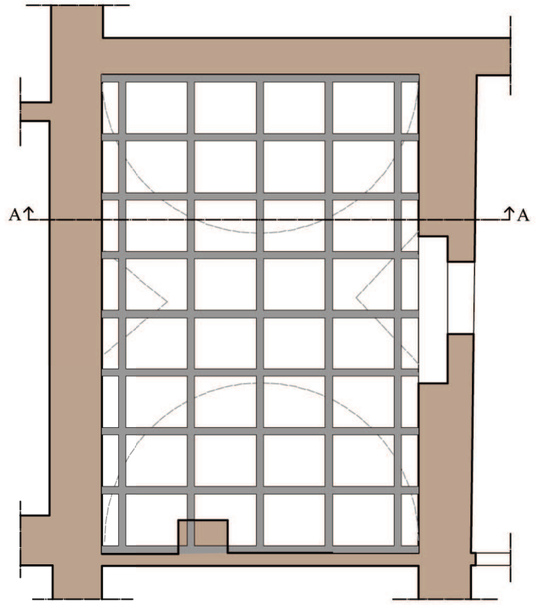


Pianta Piano Primo - scala 1:100

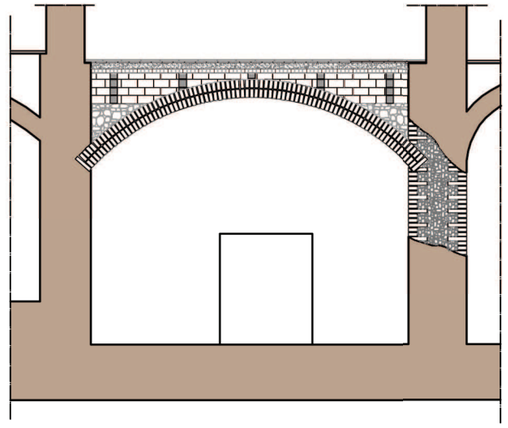
- Muratura soggetta a ribaltamento
- Muratura soggetta a flessione verticale
- Muratura soggetta a flesione verticale in presenza di cordolatura efficace o a ribaltmento in assenza di cordolatura efficace
- Volte in foglio già soggette ad un recente intervento con frenelli
- Volte con mattoni disposti in foglio oggetto d'intervento con frenelli
- Tirante esistente da sostituire o da verificarne l'efficacia
- Tirante da inseire
- Tirante esistente di recente inserimento



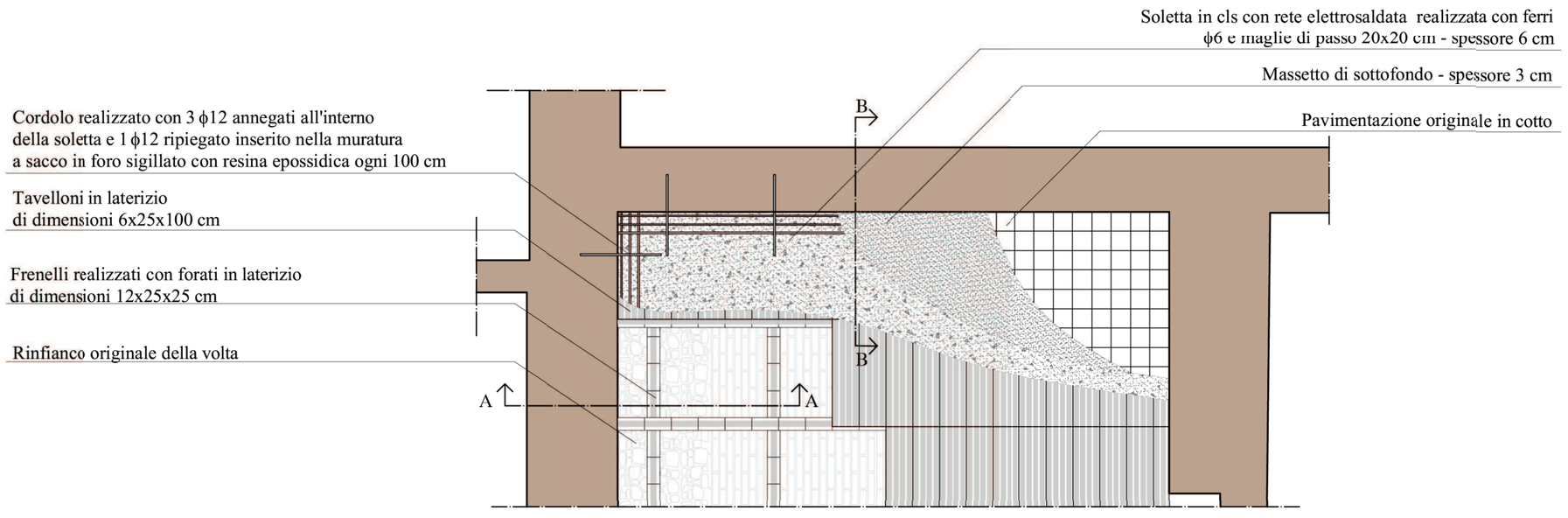
Pianta Piano Seminterrato - scala 1:500



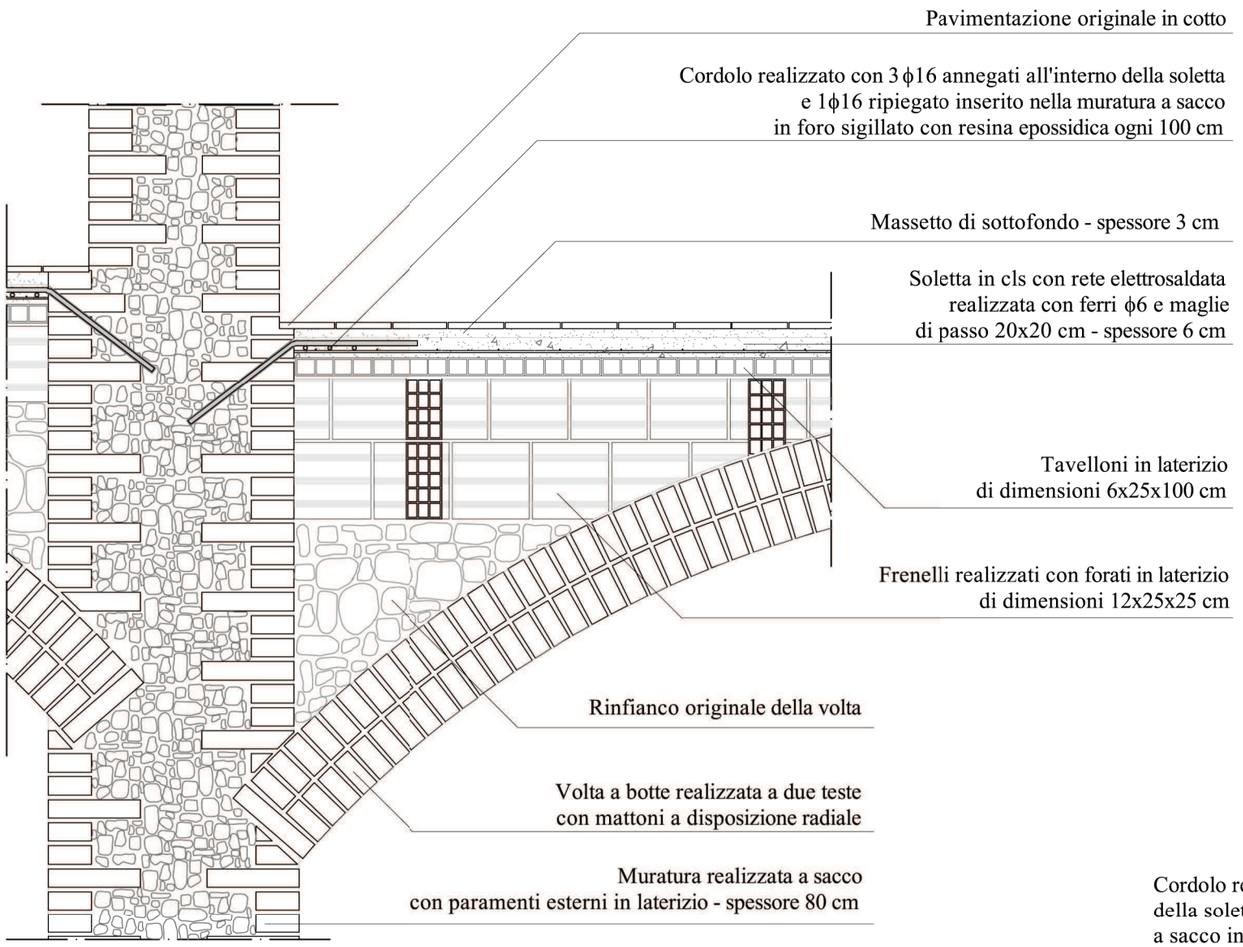
Vista in pianta dei frenelli - scala 1:100



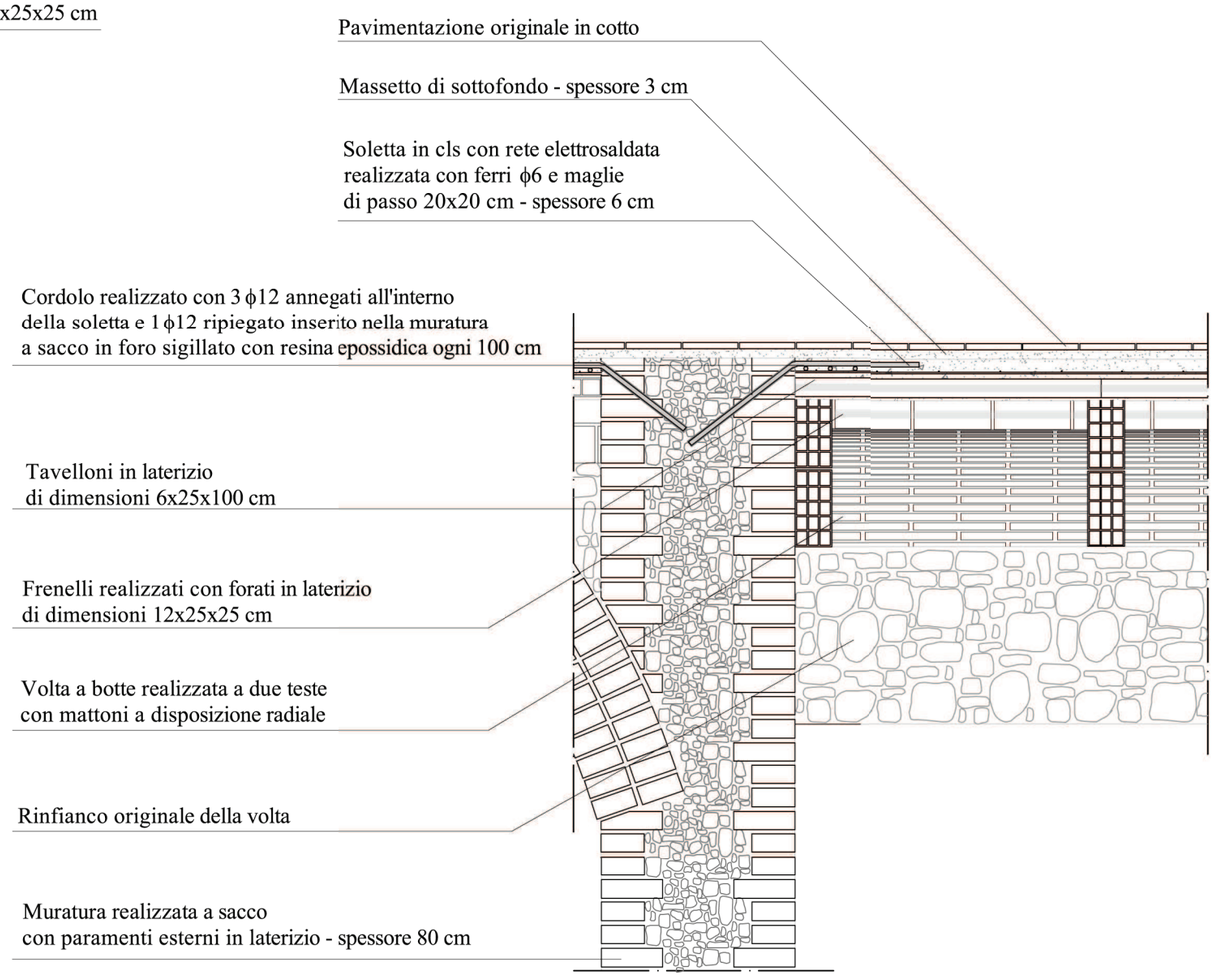
Sezione A-A - scala 1:100



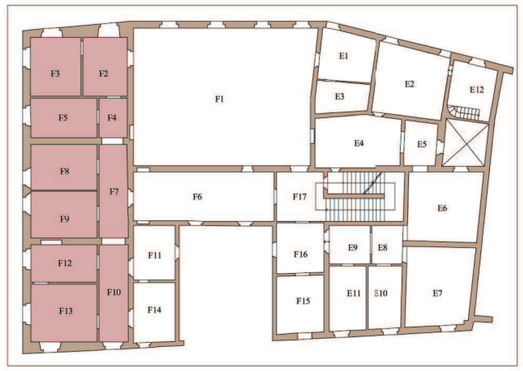
Dettglio della pianta - scala 1:50



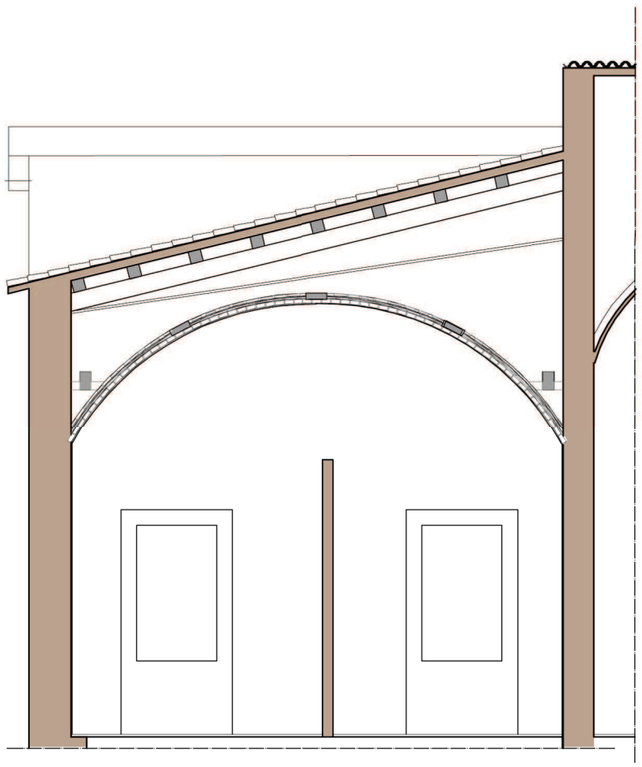
Sezione B-B - scala 1:20



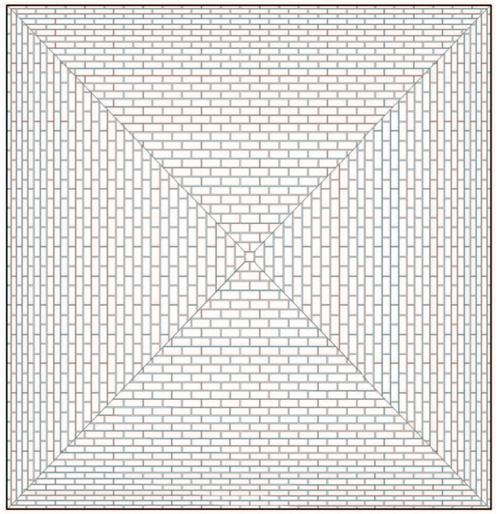
Sezione C-C - scala 1:20



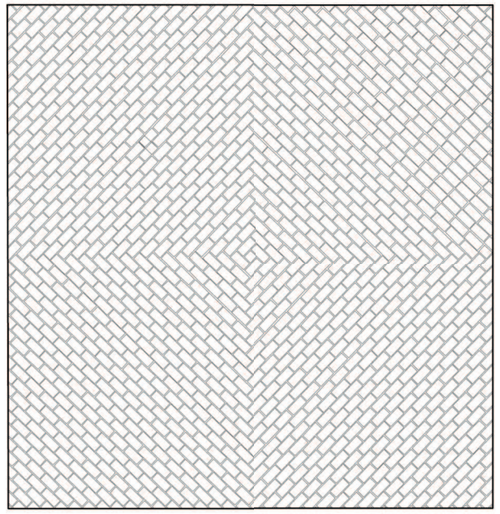
Pianta Piano Primo - scala 1:500



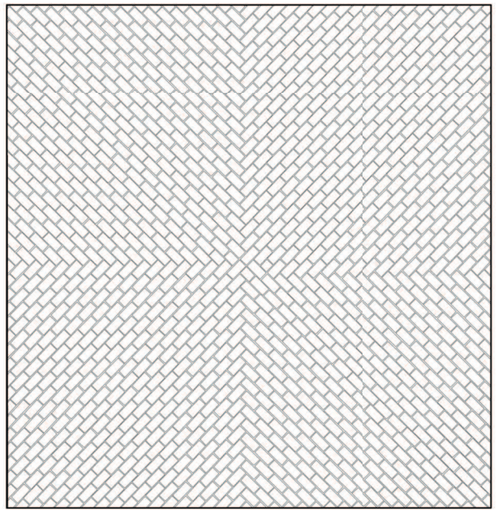
Sezione dell'intervento - scala 1:100



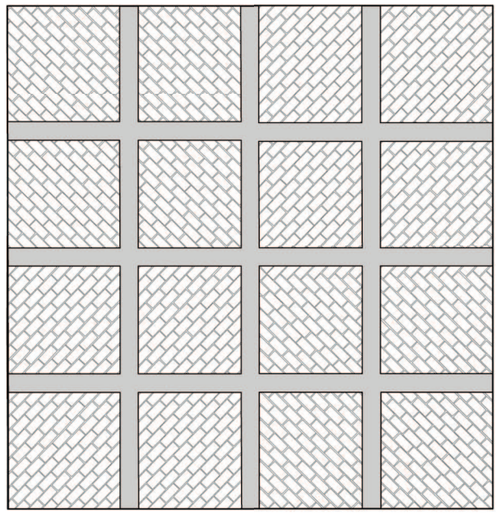
Pianta volta in foglio - scala 1:100



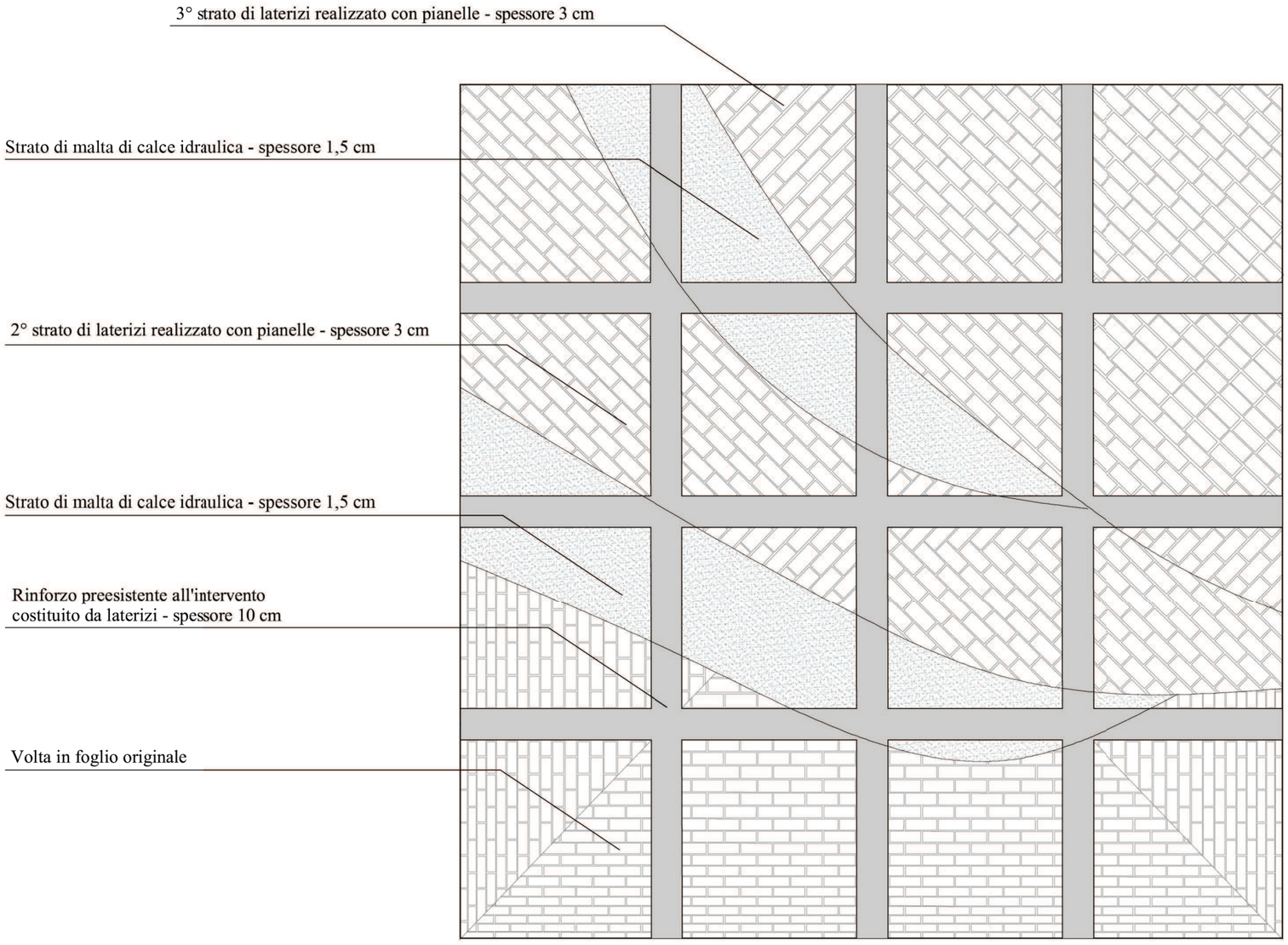
Pianta 2° strato - scala 1:100



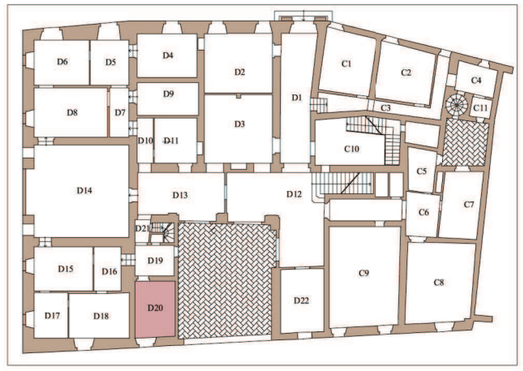
Pianta 3° strato - scala 1:100



Pianta 3° strato con irrigidimenti preesistenti - scala 1:100

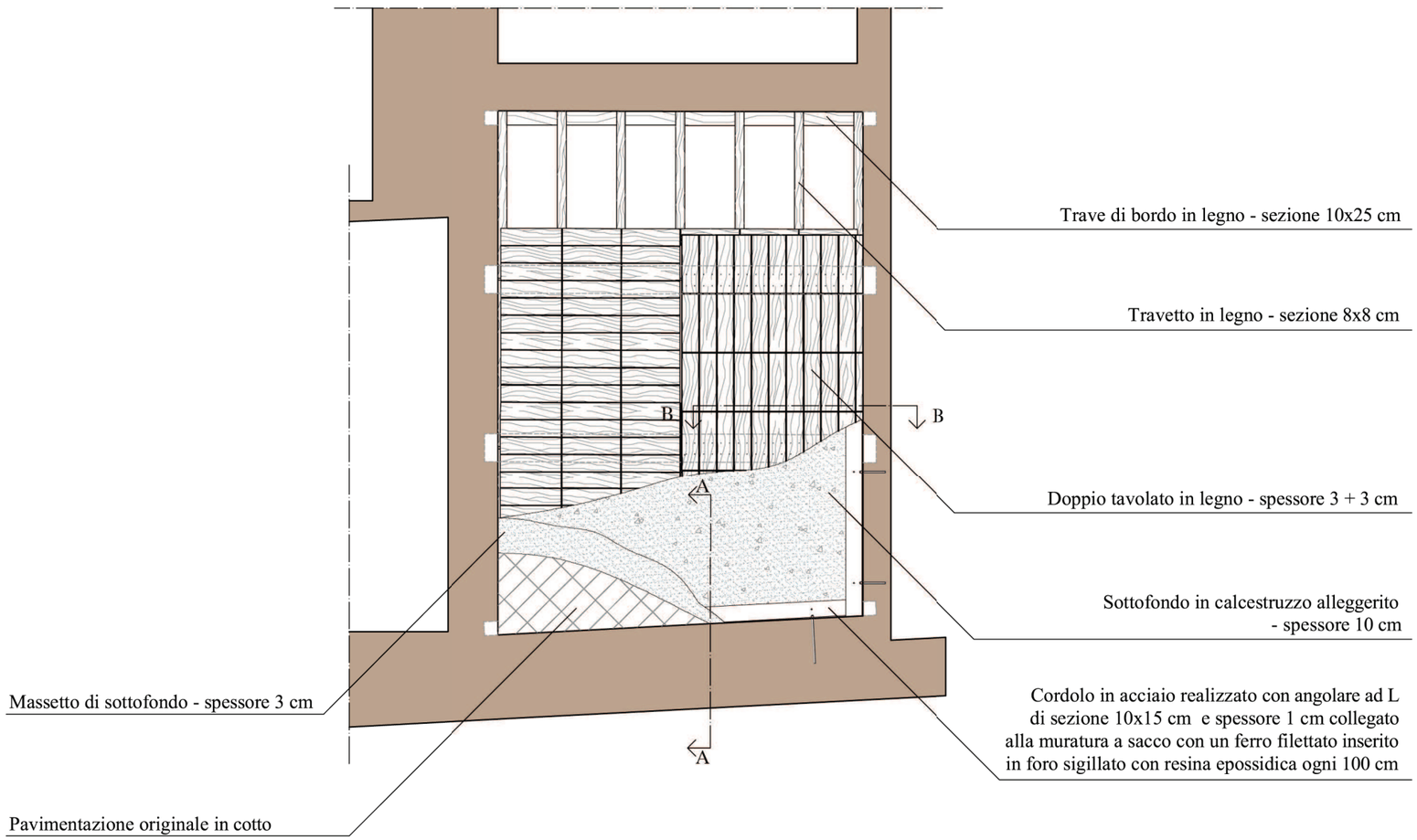


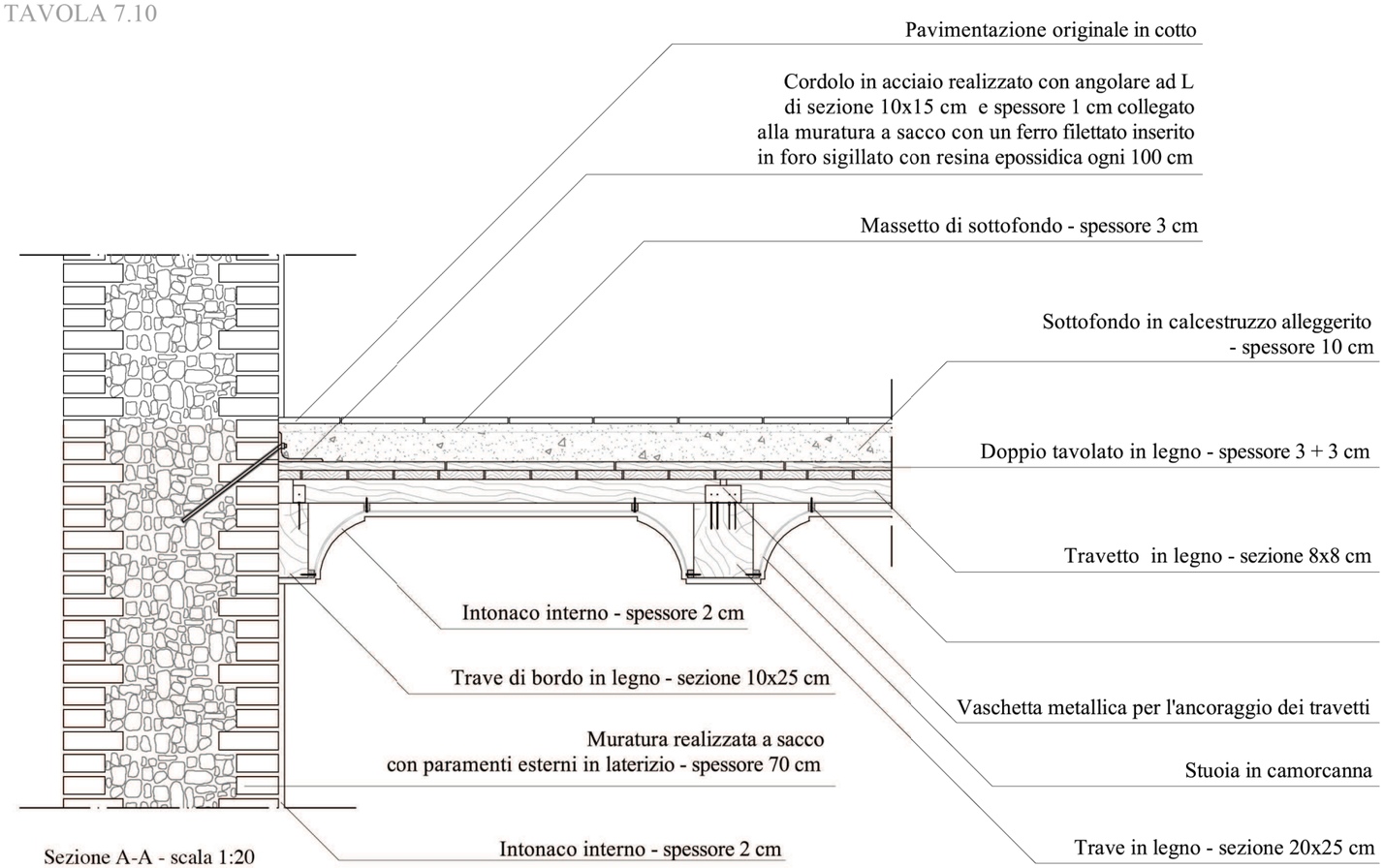
Dettaglio in pianta dei diversi strati sovrapposti - scala 1:50



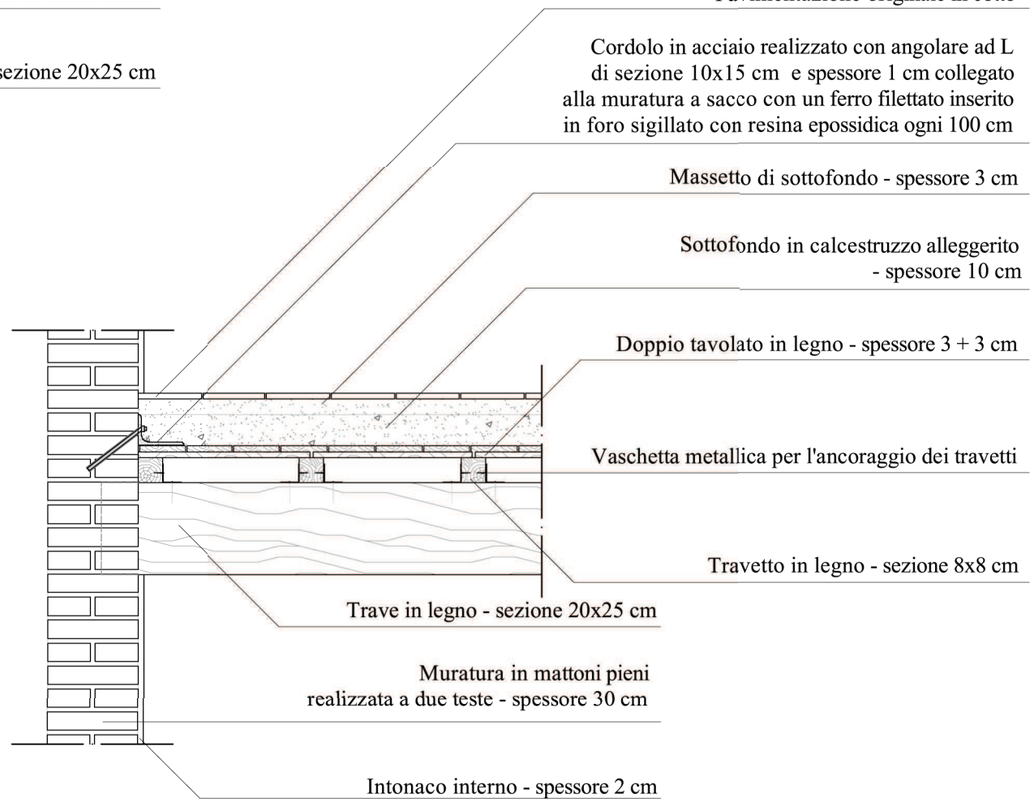
Pianta Piano Terra - scala 1:500

Vista in pianta dell'intervento sul solaio - scala 1:50

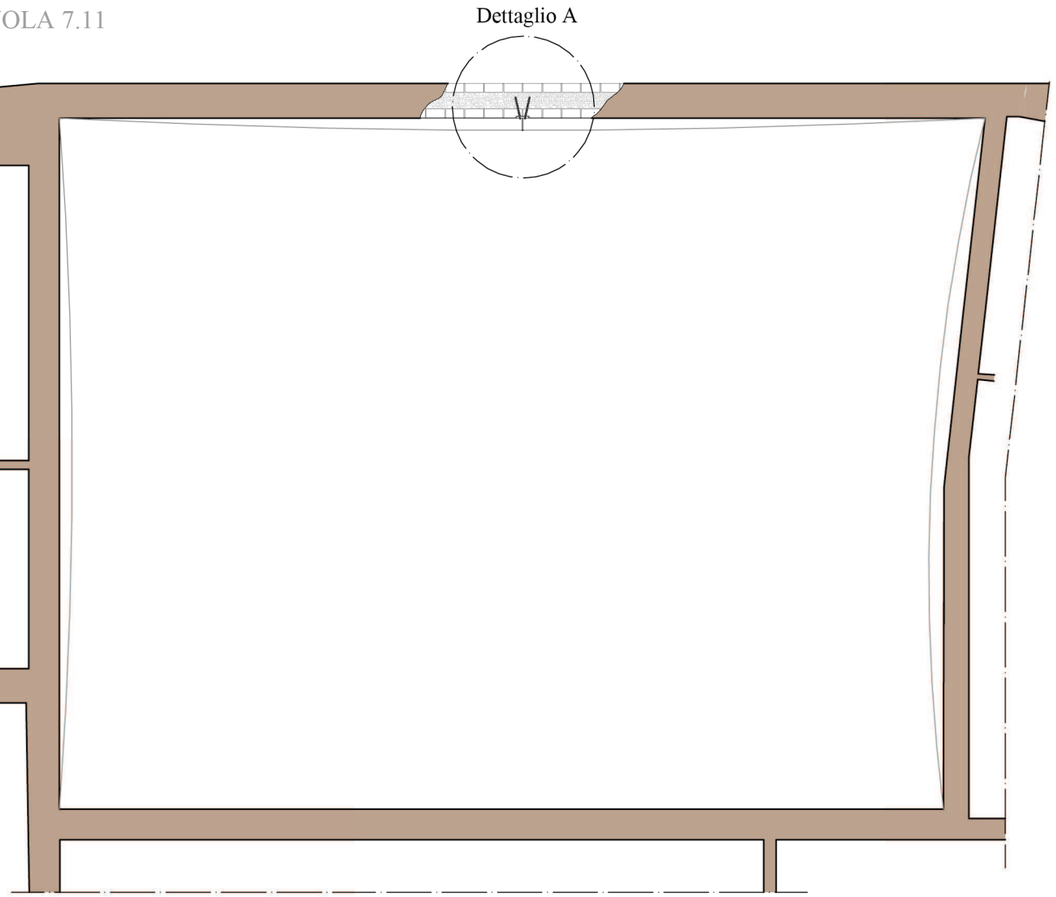




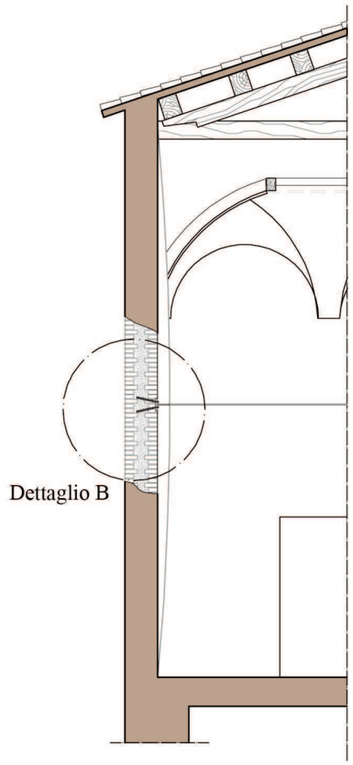
Sezione A-A - scala 1:20



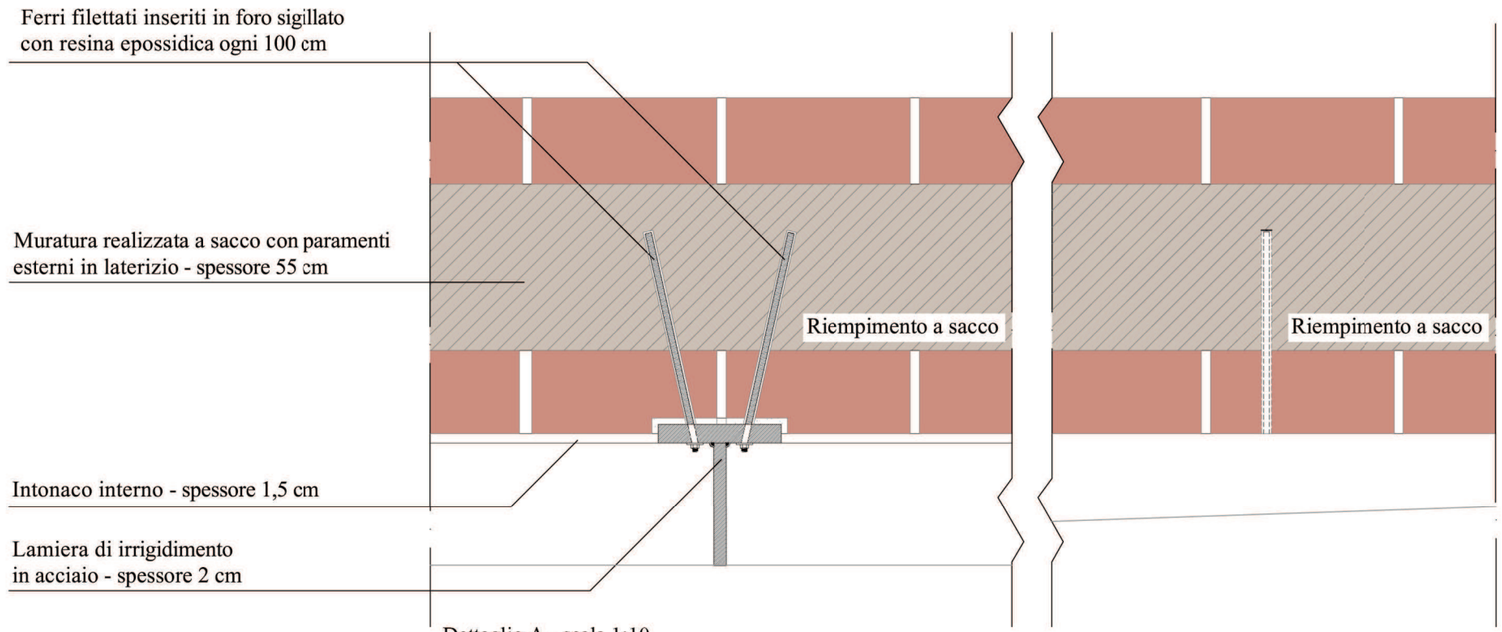
Sezione B-B - scala 1:20



Pianta stanza F1 con irrigidimento parete esterna in acciaio - scala 1:100

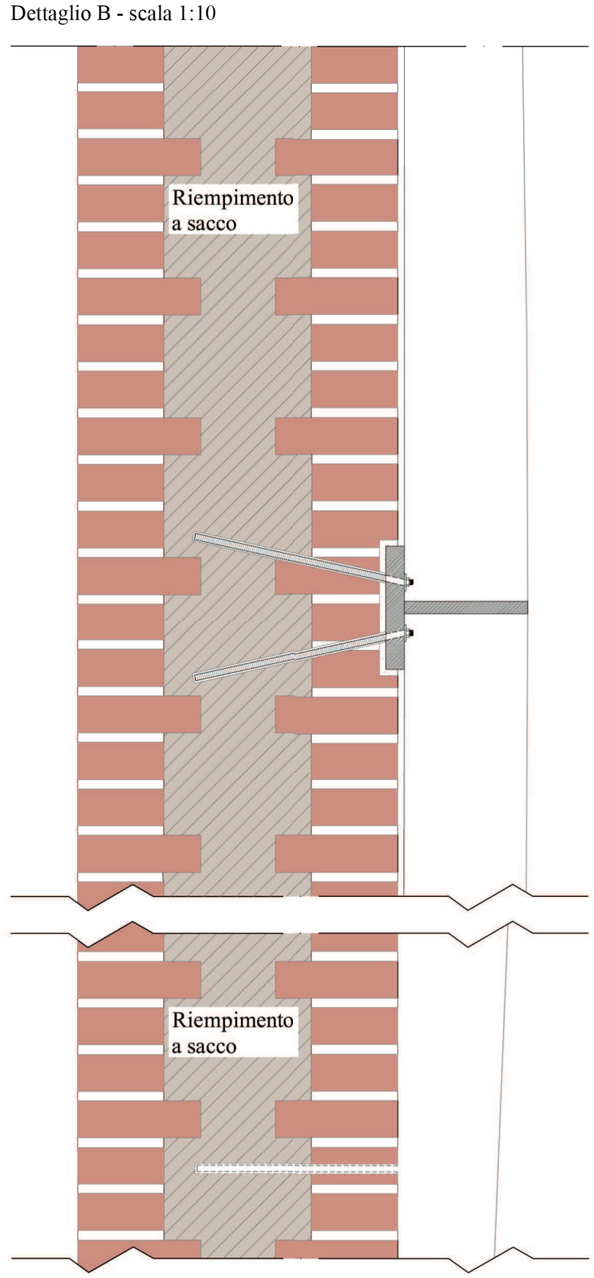


Sezione irrigidimento parete esterna
scala 1:100



Dettaglio A - scala 1:10

Dettaglio B - scala 1:10



7.7 Verifica al ribaltamento semplice di una muratura

Come conclusione della tesi si è voluta eseguire la verifica al ribaltamento semplice di una muratura di Palazzo Mauruzi – Gherardi. La muratura presa in esame è quella della facciata di monte della parte originaria del palazzo. La muratura costituisce la facciata degli ambienti D1, D2 e D4 al piano terra e del salone F1 al primo piano, si sviluppa perciò su due livelli, di cui quello al piano superiore interessato da ribaltamento semplice, come ha messo in evidenza l'analisi delle lesioni rilevate.

La normativa tecnica attualmente in vigore, ossia il DM 14 gennaio 2008 e la Circolare esplicativa n.617 del 02 febbraio 2009, si riferisce al metodo di analisi per cinematismi di collasso di edifici esistenti in muratura al paragrafo 8.7.1 del DM del 2008: "Per l'analisi sismica dei meccanismi locali si può far ricorso ai metodi dell'analisi limite dell'equilibrio delle strutture murarie".

Con il DM 14 gennaio 2008 viene fatta menzione per la prima volta della metodologia dell'analisi limite dell'equilibrio, denominata anche "analisi cinematica" o "analisi per cinematismi di collasso", questo in fronte all'obbligo di effettuare verifiche locali.

Il riconoscimento normativo di tale metodologia di analisi rappresenta una conquista perché il metodo dei cinematismi di collasso si concentra sul reale comportamento degli edifici murari, mentre alcuni schemi proposti dalle precedenti normative portavano a considerare la muratura come materiale continuo, elastico perfettamente plastico, dotato di resistenza a trazione inducendo schematizzazioni irrealistiche, spesso fuorvianti per il caso degli edifici esistenti.

Le verifiche condotte con l'analisi limite dell'equilibrio, invece, modellano la porzione di struttura in esame come una serie di elementi murari rigidi che, sottoposti alle sollecitazioni statiche e sismiche, possono formare una catena cinematica e perdere l'equilibrio mettendosi in moto gli uni rispetto agli altri.

L'analisi limite può essere svolta in campo lineare o non lineare. L'obiettivo dell'analisi cinematica lineare è quello di determinare le condizioni di attivazione del meccanismo, ossia qual è il valore dell'azione sismica in grado di far perdere l'equilibrio alla catena cinematica. La sollecitazione determinata dovrà essere confrontata con il sisma di progetto (specifico del sito, della costruzione in esame e del tempo di ritorno stabilito) che rappresenta la "domanda di accelerazione".

Poiché l'attivazione del cinematismo non coincide con il collasso, nelle verifiche allo Stato Limite Ultimo, la NTC 2008 prevede di dividere la domanda in accelerazione per un fattore q (q=2) che tiene conto delle riserve di resistenza del meccanismo di collasso dopo la sua attivazione.

L'analisi cinematica non lineare indaga il comportamento della catena cinematica dopo l'atto di moto iniziale. Nella verifica allo Stato Limite Ultimo si determina il massimo spostamento sopportabile dalla struttura, definito "spostamento ultimo", da confrontare con la domanda di spostamento, cioè con l'effetto del terremoto atteso.

In entrambi i casi se la capacità di resistenza della costruzione è superiore alla domanda, la verifica può ritenersi soddisfatta.

Scegliendo il metodo dell'analisi limite dei meccanismi di collasso è obbligatorio valutare la sicurezza nei confronti dello Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) che costituisce la verifica allo Stato Limite Ultimo per gli edifici esistenti in muratura, mentre è facoltativa la verifica allo Stato Limite di Danno (SLD).

7.7.1 Accelerazione orizzontale massima del terreno, parametri del sito e vita nominale

La procedura dell'analisi cinematica lineare prevede prima di tutto l'individuazione del meccanismo, che nel nostro caso è il ribaltamento semplice.

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

L'azione sismica è valutata in condizioni di campo libero su sito d riferimento rigido a superficie orizzontale. Tale approccio dovrebbe condurre in media, sull'intero territorio nazionale, ad una significativa ottimizzazione dei costi delle costruzioni antisismiche, a parità di sicurezza.

La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in detto sito si verifichi un evento sismico di entità pari ad un valore prefissato. Nelle NTC, tale lasso di tempo, espresso in anni, è denominato "periodo di riferimento" V_R e la probabilità è denominata "probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di

riferimento" P_{V_R}. Le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di riferimento, per una fissata P_{V_R}, si ritengono individuate quando se ne conosca l'accelerazione massima ed il corrispondente spettro di risposta elastico di accelerazione.
I caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica P_{V_R}:

a_g = accelerazione massima del sito;
F_O = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
T_C^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I valori a_g, F_O e T_C^* sono stati ricavati attraverso l'utilizzo del software istituzionale "Azioni sismiche – Spettri di risposta", scaricabile sul sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.
L'utilizzo del software prevede tre distinte fasi di inserimento dati; la FASE 1 consiste nell'individuazione della pericolosità del sito, la FASE 2 è la scelta della strategia di progettazione e la FASE 3 è la determinazione dell'azione di progetto.

Figura 7.6 – Inserimento dati nella FASE 1 del foglio di calcolo "Spettri di risposta".

Per la FASE 1 i dati da inserire sono la latitudine e la longitudine del sito. Per Urbino questi dati corrispondono a 43,7307 di latitudine e 12,6365 di longitudine.

Figura 7.7 – Inserimento dati nella FASE 2 del foglio di calcolo "Spettri di risposta".

In FASE 2 occorre inserire il valore V_N della vita nominale che per edifici come Palazzo Mauruzi – Gherardi appartenenti alla categoria *"Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale"* è di 50 anni ed il valore del coefficiente d'uso C_U, che nel caso di Palazzo Mauruzi – Gherardi è di 1,5, ossia quello per la Classe d'uso III che raccoglie le *"Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per un loro eventuale collasso."*
Per la FASE 3 i dati da inserire sono la Categoria del sottosuolo che nel caso di Palazzo Mauruzi – Gherardi è la categoria C ossia *"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti"* e la Categoria Topografica che è T2 ossia per *"Pendii con inclinazione media i>15°"*.
La Categoria Topografica determina anche il valore del Coefficiente di Amplificazione Topografica S_T che per la categoria T2 risulta essere 1,2.

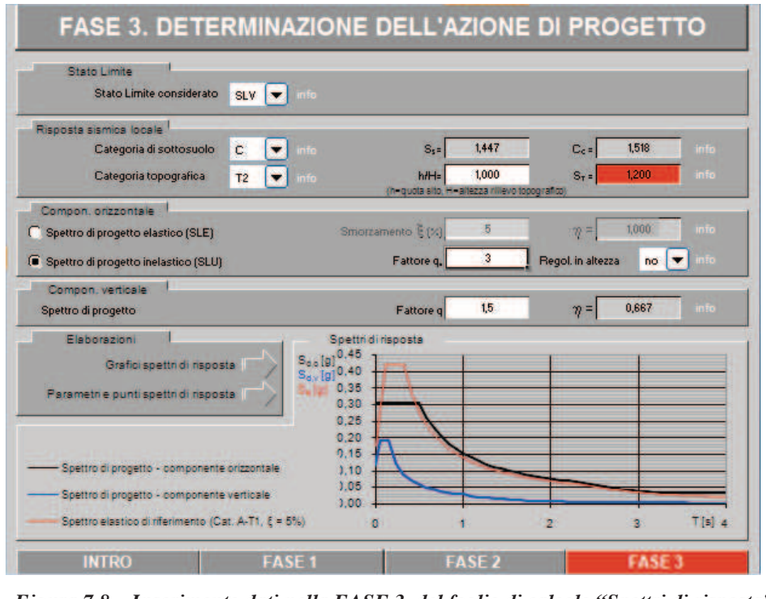


Figura 7.8 – Inserimento dati nella FASE 3 del foglio di calcolo "Spettri di risposta".

Occorre anche inserire il rapporto h/H con h – quota del sito e H – altezza del rilievo topografico; questo rapporto è stato considerato pari ad uno poiché l'edificio si trova in sommità del colle su cui sorge.

I valori ottenuti a_g, F_O e T_C^* risultano essere:

$a_g = 0{,}202$ g

$F_O = 2{,}414$

$T_C^* = 0{,}311$ s

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.202 g
F_o	2.432
T_C^*	0.331 s
S_S	1,405
C_C	1,512
S_T	1,200
q	2,400

Figura 7.9 – Parametri calcolati con il foglio di calcolo "Spettri di risposta".

7.7.2 Analisi cinematica lineare del meccanismo di ribaltamento semplice

La verifica del meccanismo di ribaltamento semplice consiste nel mettere a confronto il valore a_g di accelerazione massima del sito con a_0^* ossia l'accelerazione di attivazione del meccanismo.

La formula di verifica SLV è :

$$a_0^* \geq \frac{a_g \cdot (P_{V_R}) \cdot S}{q}$$

dove:

a_0^* = accelerazione di attivazione del meccanismo;

a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno;

P_{V_R}= probabilità di superamento dello stato limite nella vita di riferimento V_R, che nella verifica SLV è fissata come P_{V_R}= 10%;

S = coefficiente di aplificazione topografica e stratigrafica calcolato con la formula $S= S_S \cdot S_T$;

q = fattore di struttura che in base alle norme italiane può essere assunto pari a 2.

Per effettuare la verifica sopraindicata ci si è avvalsi del foglio di calcolo C.I.N.E – Condizione d'Instabilità Negli Edifici, nella versione 1.0.4 del settembre 2009, realizzato dall'Ing. L. Milano e dal Prof. Ing. C. Beolchini nell'ambito del progetto ReLUIS: "Applicativo per le verifiche dei Meccanismi di Collasso Locali fuori piano negli edifici in muratura mediante Analisi Cinematica Lineare".

Il foglio di calcolo C.I.N.E svolge la procedura di analisi cinematica lineare secondo il Metodo dell'Equilibrio, per i cinematismi più semplici e secondo il Principio dei Lavori Virtuali per quelli più complessi.

Esso fornisce come dato in output il PGA di collasso agli Stati Limite di Salvaguardia della Vita – SLV e consente di confrontarlo con la PGA di riferimento.

Il foglio di calcolo C.I.N.E è suddiviso in quattro schede principali che riguardano rispettivamente i meccanismi di ribaltamento semplice, ribaltamento composto, felssione verticale e flessione orizzontale; per la nostra verifica ci si è avvalsi unicamente della parte che riguarda il ribaltamento semplice.

Il foglio di calcolo è coerente con la formula di norma precedentemente riportata disposta nel seguente modo:

$$\frac{a_0^* \cdot q}{S} \geq a_g \cdot (P_{V_R})$$

Dove il primo termine è indicato nel foglio di calcolo con a_g(SLV) che costituisce la capacità del meccanismo ovvero l'accelerazione di picco al suolo rigido che determina il raggiungimento dello SLV relativamente al cinematismo considerato.

Ai fini della verifica tale valore va confrontato con il valore della PGA di riferimento $a_g(P_{Vr})$, calcolata come precedente mente esposto con il foglio di calcolo Spettri, e che risulta essere pari a $a_g = 0{,}202$ g.

I dati da inserire riguardano in primo luogo la geometria della facciata interessata dal meccanismo e dalla verifica a ribaltamento semplice e sono le altezze delle fasce murarie del sottofinestra e del soprafinestra e la larghezza delle fasce stesse al netto delle aperture e la caratterizzazione geometrica dei macroelementi, come lo spessore della parete, l'altezza di interpiano e i bracci di applicazione del carico; nel caso in esame, trattandosi di una parete che si sviluppa nei piani terra e primo sono stati inseriti i dati relativi a due livelli.

Occorre anche inserire il valore delle azioni sui macroelementi, nel caso in esame al piano terra è stata considerata la spinta di una volta a padiglione, mentre al primo piano il peso trasmesso dal solaio di copertura attraverso la capriata.

7.7.2.1 Calcolo della spinta della volta

Per il calcolo della spinta della volta ci si è avvalsi del software "ARCO" realizzato dal Prof. Gelfi per la verifica di stabilità di archi e volte in muratura.

I dati inseriti tengono conto della volta allo stato originale, quindi considerando il riempimento di ghiaia ed il massetto presenti prima del previsto intervento con i frenelli.

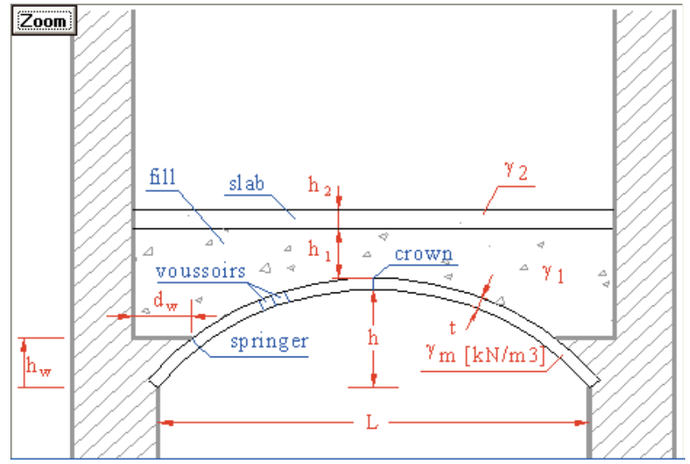


Figura 7.10 – Dati geometrici per la creazione del modello della volta con il spftware "ARCO".

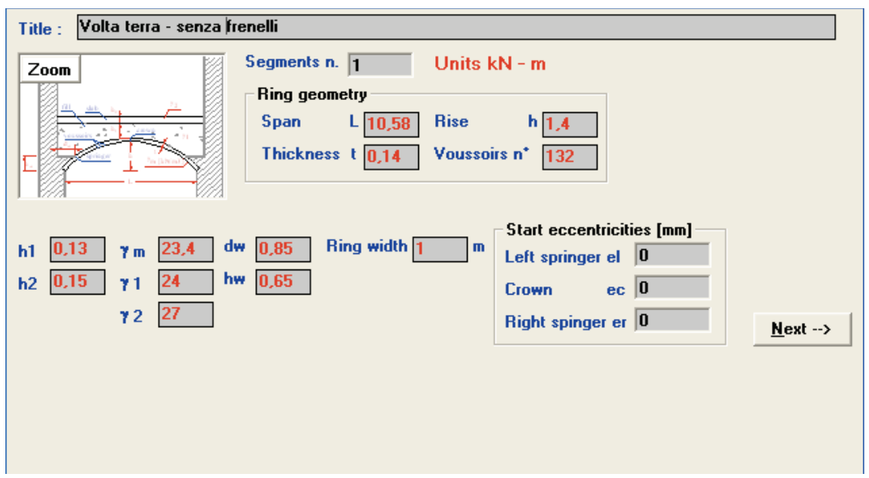


Figura 7.11 – Inserimento dei dati nel software "ARCO" per il calcolo della spita della volta.

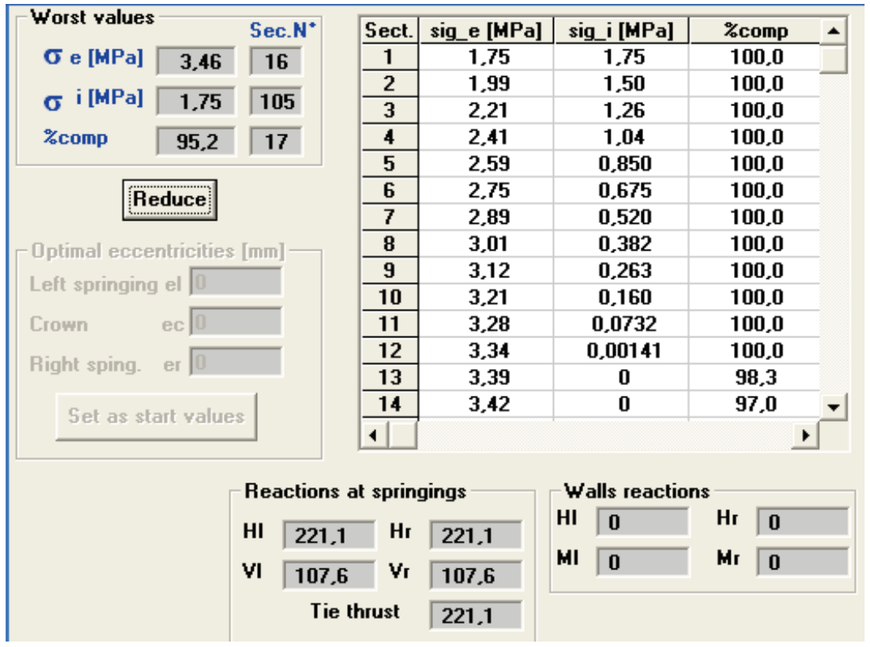


Figura 7.12 – Risultati del software "ARCO"

I pesi inseriti nel file ARCO sono stati opportunamente fattorizzati in base ai coefficienti della NTC 2008 e si è tenuto conto di:

γ_m = peso specifico muratura = 18 kN/m^3 ;

γ_1 = peso specifico riempimento = 16 kN/m^3 ;

γ_2 = peso specifico massetto + pavimentazione = 18 kN/m^3 ;

che fattorizzati diventano:

γ_m = peso specifico muratura = 18 · 1,3 = 23,4 kN/m^3 ;

γ_1 = peso specifico riempimento = 16 · 1,5 = 24 kN/m^3 ;

γ_2 = peso specifico massetto + pavimentazione = 18 · 1,5 = 27 kN/m^3.

Inoltre considerando l'edificio appartenente alla categoria C ed ambienti C3 "Ambienti privi di ostacoli per il libero movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni stazioni ferroviarie, sale da ballo, palestre, tribune libere, edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune" si è considerato un carico accidentale pari a 5 kN/m^2; che fattorizzato diventa:

$Q_A = 5 \cdot 1,5 = 7,5$ kN/m^2.

Per tenere conto del fatto che gli schemi proposti sono semplificati e vicini al comportamento di volte a botte, ma non tengono conto del comportamento spaziale delle volte a padiglione effettivamente presenti che, grazie alla loro conformazione, scaricano le spinte su tutte e quattro le murature d'ambito, si è ritenuto opportuno distribuire le reazioni vincolari a seconda della percentuale che va ad interessare la muratura oggetto del ribaltamento.

Pertanto, si è considerato che la volta del piano terra, impostata su pianta rettangolare, scarichi solo il 40% delle reazioni vincolari sulle murature di testata oggetto dell'analisi.

Si ottiene così:

$$S_{V,ARCO} = 107,60 \text{ kN};$$

$$S_{O,ARCO} = 221,10 \text{ kN};$$

$$S_V = S_{V,ARCO} = 107,60 \cdot 40\% = 43,04 \text{ KN};$$

$$S_O = S_{O,ARCO} = 221,10 \cdot 40\% = 88,44 \text{ KN}.$$

7.7.2.2 Calcolo del carico trasmesso dal solaio di copertura

Per il calcolo del carico trasmesso dalla capriata alla muratura si è effettuata l'analisi dei carichi considerando il solaio di copertura consolidato secondo le lavorazioni avvenute nella porzione di copertura considerata dopo il rilievo effettuato. Si avrà allora:

- Carichi permanenti non strutturali

  Coppi – 0,7 $^{kN}/_{m^2}$;

  Guaina bituminosa ardesiata – 0,1 $^{kN}/_{m^2}$;

  Soletta in CLS alleggerito di spessore 5 cm – 0,05 ·18 $^{kN}/_{m^3}$ = 0,9 $^{kN}/_{m^2}$;

  Pianelle in laterizio di spessore 3 cm – 0,03 ·18 $^{kN}/_{m^3}$ = 0,54 $^{kN}/_{m^2}$;

Travetti in legno di sezione 8cm x 8 cm – $\left(0{,}08 \cdot 0{,}08 \cdot 4{,}5\ {}^{kN}/_{m^3}\right)/_{0{,}30} = 0{,}096\ {}^{kN}/_{m^2}$;

TOTALE $Q_{NS} = 2{,}34\ {}^{kN}/_{m^2}$;

- Carico accidentale

  Neve (per il sito di Urbino 485 m.s.l.m) = $1{,}78\ {}^{kN}/_{m^2}$;

- Carico permanente

  Peso proprio arcareccio - $\left(0{,}16 \cdot 0{,}16 \cdot 4{,}5\ {}^{kN}/_{m^3}\right) = 0{,}1152\ {}^{kN}/_{m^2}$;

CARICO TOTALE SU UN ARCARECCIO

$$\left(Q_{NS} \cdot 1{,}5 \cdot 0{,}85\right) + \left(Q_N \cdot 1{,}5 \cdot 0{,}85\right) + \left(P_A \cdot 1{,}3\right) = (2{,}34 \cdot 1{,}5 \cdot 0{,}85) + (1{,}78 \cdot 1{,}5 \cdot 0{,}85) + (1{,}78 \cdot 1{,}5 \cdot 0{,}85) + (0{,}1152 \cdot 1{,}3) = 5{,}40\ {}^{kN}/_{m}$$

Considerando 0,85 m l'interasse tra gli arcarecci.

Lo schema statico degli arcarecci è quello di una trave su tre appoggi.

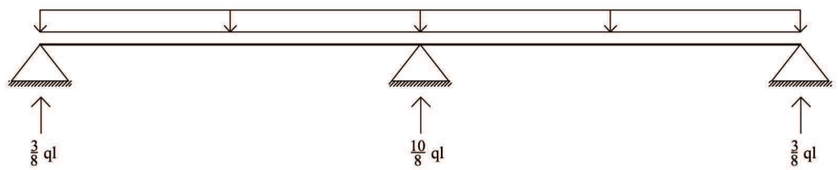


Figura 7.13 – Schema statico degli arcarecci.

Considerando una rotazione della sezione degli arcarecci di 23° rispetto all'orizzontale, il carico trasmesso da questi alla capriata può essere scomposto in:

$$Q_V = Q \cdot \cos\alpha = 5{,}40 \cdot 0{,}920 = 4{,}97\ {}^{kN}/_{m}$$
$$Q_0 = Q \cdot \text{sen}\alpha = 5{,}40 \cdot 0{,}390 = 2{,}10\ {}^{kN}/_{m}$$

Essendo la trave su tre appoggi le capriate saranno alternativamente caricate da:

$$P_1 = \left(\frac{10}{8} \cdot Q_V \cdot l_{arcareccio}\right) + P_C$$

$$P_2 = \left(\frac{3}{8} \cdot Q_V \cdot l_{arcareccio}\right) + \left(\frac{3}{8} \cdot Q_V \cdot l_{arcareccio}\right) + P_C$$

Con P_C = peso proprio della capriata.

Dei due carichi si considera quello più gravoso ossia P_1. Considerando anche il pesoproprio della capriata si ottiene

$P_1 = 9{,}45$ kN.

Lo schema statico da considerare per la trasmissione dei carichi alla capriata è il seguente:

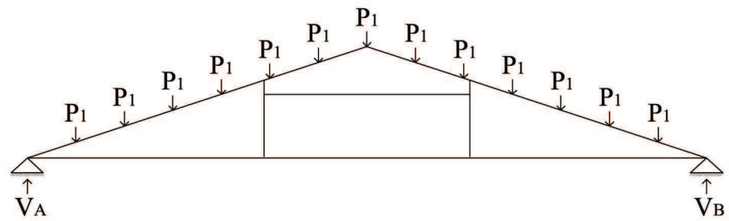


Figura 7.14 – Schema statico delle forze che gravano sulla capriata.

Il carico trasmesso alla muratura dalla capriata corrisponde a:

$$V_A = (6 \cdot P_1) + {}^{P_1}/_{2} = 61{,}43 \text{ kN}.$$

7.7.2.3 Inserimento dei dati e verifica

Inserendo i dati ottenuti nel foglio di calcolo C.I.N.E si ottengono i dati cercati:

DATI INIZIALI

Elevazione	GEOMETRIA DELLA FACCIATA (*)						
	Altezza delle fasce murarie		Larghezza delle fasce murarie			Peso specifico della muratura γ_i [kN/m^3]	Arretramento della cerniera attorno alla quale avviene il ribaltamento rispetto al lembo esterno della parete [m]
	Quota del sottofinestra [m]	Quota del soprafinestra [m]	Larghezza della fascia sottofinestra al netto delle aperture [m]	Larghezza della fascia intermedia al netto delle aperture [m]	Larghezza della fascia soprafinestra al netto delle aperture [m]		
1	1,85	4,44	7,60	7,60	12,40	17,0	
2	1,13	3,33	9,05	9,05	9,05	17,0	
3							
4							

Elevazione	CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA DEI MACROELEMENTI						
	Spessore della parete al piano i-esimo s_i [m]	Altezza di interpiano al piano i-esimo h_i [m]	Braccio orizzontale del carico del solaio al piano i-esimo rispetto alla cerniera cilindrica d_i [m]	Braccio orizzontale dell'azione di archi o volte al piano i-esimo rispetto alla cerniera cilindrica d_{Vi} [m]	Quota del punto di applicazione di azioni trasmesse da archi o volte al piano i-esimo h_{Vi} [m]	Quota del baricentro della parete al piano i-esimo y_{Gi} [m]	Quota del baricentro della parete al piano i-esimo (**) y_{Gi} [m]
1	1,03	6,20		0,85	4,35	3,44	
2	0,55	8,65	0,35			4,33	
3						0,00	
4						0,00	

Elevazione	AZIONI SUI MACROELEMENTI						
	Peso proprio della parete al piano i-esimo W_i [kN]	Peso proprio della parete al piano i-esimo (**) W_i [kN]	Carico trasmesso dal solaio al piano i-esimo P_{Si} [kN]	Spinta statica della copertura P_H [kN]	Componente verticale della spinta di archi o volte al piano i-esimo F_{Vi} [kN]	Componente orizzontale della spinta di archi o volte al piano i-esimo F_{Hi} [kN]	Azione del tirante al piano i-esimo T_i [kN]
1	973,0				43,0	88,4	
2	731,9		61,4				
3	0,0						
4	0,0						

Figura 7.15 – Inserimento dati iniziali nel foglio di calcolo C.I.N.E per la verifica del ribaltamento semplice della parete monolitica.

DATI DI CALCOLO

Ribaltamento delle elevazioni:	MOMENTO DELLE AZIONI STABILIZZANTI				
	Peso proprio delle pareti [kNm]	Carico dei solai [kNm]	Azione di archi o volte [kNm]	Azione dei tiranti [kNm]	
2 - 1	702,4	21,5	36,6	0,0	
2	201,3	21,5	0,0	0,0	
-	0,0	0,0	0,0	0,0	
-	0,0	0,0	0,0	0,0	

Ribaltamento delle elevazioni:	MOMENTO DELLE AZIONI RIBALTANTI				
	Inerzia delle pareti [kNm]	Inerzia dei solai [kNm]	Inerzia di archi o volte [kNm]	Spinta statica di archi o volte [kNm]	Spinta statica della copertura [kNm]
2 - 1	11048,4	912,2	187,2	384,7	0,0
2	3165,6	531,4	0,0	0,0	0,0
-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

MOLTIPLICATORE α_0

Ribaltamento delle elevazioni:	Valore di α_0	Fattore di Confidenza FC	Massa partecipante M*	Frazione massa partecipante e*	Accelerazione spettrale a_0* [m/sec^2]
2 - 1	0,031	1,20	140,666	0,763	0,332
2	0,060		76,186	0,942	0,523
-	N.C.		0,000	0,000	N.C.
-	N.C.		0,000	0,000	N.C.

Figura 7.16 – Dati di calcolo nel foglio di calcolo C.I.N.E per la verifica del ribaltamento semplice della parete monolitica

CALCOLO DELLE PGA PER LA VERIFICA DELLO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA
CIRCOLARE N. 617 DEL 02-02-2009 - ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELLE NTC 14-01-2008

PARAMETRI DI CALCOLO

Fattore di struttura q	2,00
Coefficiente di amplificazione topografica S_T	1,20
Categoria suolo di fondazione	C
PGA di riferimento $a_g(P_{VR})$ [g]	0,202
Fattore di amplificazione massima dello spettro F_0	2,432
Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro T_C^* [sec]	0,331
Fattore di smorzamento η	0,417
Altezza della struttura H [m]	14,85
Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_S	1,405
Coefficiente C_C	1,512
Fattore di amplificazione locale del suolo di fondazione S	1,686
Numero di piani dell'edificio N	2
Coefficiente di partecipazione modale γ	1,200
Primo periodo di vibrazione dell'intera struttura T_1 [sec]	0,378

Ribaltamento delle elevazioni:	Baricentro delle linee di vincolo Z [m]	$\psi(Z) = Z/H$	$a_{g(SLV)}$ (C8A.4.9)	$S_e(T_1)$ (C8A.4.10)
2 - 1			0,040	
2	6,20	0,418	0,063	2,088
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-

PGA-SLV

Ribaltamento delle elevazioni:	$a_{g(SLV)}$ min(C8DA.4.9; C8A.4.10)
2 - 1	0,040
2	0,063
-	-
-	-

Figura 7.17 - Inserimento parametri di calcolo nel foglio di calcolo C.I.N.E per la verifica del ribaltamento semplice della parete monolitica e risultati della verifica a ribaltamento.

I risultati delle analisi sono:

PIANO	MECCANISMO	a_g SLV	$a_{g(PVR)}$	VERIFICA
Terra	Ribaltamento semplice	0,040	0,202 g	Non verificato
Primo	Ribaltamento semplice	0,063	0,202 g	Non verificato

Figura 7.18 – Risultati della verifica a ribaltamento semplice senza tirante.

Essendo il valore dell'accelerazione di attivazione del meccanismo in entrambi i casi inferiore all'accelerazione orizzontale del terreno nel sito dove sorge l'edificio, il risultato dell'analisi è negativo, occorre quindi procedere attraverso degli interventi per migliorare la situazione di stabilità della muratura, in modo che il rapporto tra i due valori si inverta e si abbia un risultato positivo.

I provvedimenti che si è scelto di adottare sono l'inserimento di tiranti ad entrambi i piani dell'edificio e un intervento con frenelli sulla volta al pian terra, in modo che i pesi gravanti sulla volta siano minori e che la spinta di questa sulla muratura si riduca.
Per verificare l'efficacia dei tiranti occorre prima di tutto calcolare l'azione dei tiranti stessi ed andando ad inserirla nel foglio di calcolo C.I.N.E verificare se la nuova accelerazione di attivazione del meccanismo risulta ancora minore dell'accelerazione orizzontale massima del terreno oppure maggiore. Nel caso in cui risultasse maggiore significa che l'azione dei tiranti scelti è sufficiente a bloccare il meccanismo di ribaltamento semplice della muratura.
Per calcolare l'azione del tirante si sceglie innanzitutto il diametro dei tiranti stessi, in questo caso sono stati ipotizzati sufficienti dei ϕ16 e si è scelto di inserirne due in corrispondenza delle pareti ortogonali a quella oggetto d'analisi.
Si calcola l'azione del tirante attraverso la formula:

$$T_i = n \cdot A_T \cdot f_{yk};$$

dove:
n = numero dei tiranti;
A_T = area di un tirante;
f_{yk} = tensione di snervamento dell'acciaio

$$T_i = n \cdot A_T \cdot f_{yk} = 2 \cdot 201 \cdot 275 = 110.550 \text{ N} = 110{,}55 \text{ kN}$$

Occorre tenere in considerazione anche la minore spinta della volta al piano terra sulla muratura dopo l'intervento coi frenelli, per il calcolo di questa spinta, come in precedenza, ci si è avvalsi del software di calcolo ARCO. Per il calcolo della spinta della volta si sono tenuti in considerazione i seguenti pesi specifici, opportunamente fattorizzati secondo i valori delle NTC 2008:

γ_m = peso specifico muratura = 18 kN/m^3 ;
γ_1 = peso specifico frenelli = 2 kN/m^3 ;
γ_2 = peso specifico massetto + pavimentazione + tavelloni = 16 kN/m^3 ;

che fattorizzati diventano:
γ_m = peso specifico muratura = 18 · 1,3 = 23,4 kN/m^3 ;
γ_1 = peso specifico frenelli = 2 · 1,5 = 3 kN/m^3 ;
γ_2 = peso specifico massetto + pavimentazione + tavelloni = 16 · 1,5 = 24 kN/m^3.

Il peso specifico dei frenelli in laterizio è stato considerato pari a 2 kN/m^3, questo è un peso fittizio, inferiore al reale peso specifico del laterizio forato ed è stato creato per tener conto dell'alleggerimento derivante dall'eliminazione del riempimento tra un frenello e l'altro.
Inoltre gli strati dei tavelloni, del massetto e della pavimentazione è stato considerato un peso specifico di 16 kN/m^3, calcolato considerando i pesi specifici dei singoli materiali e il loro volume sopra la volta oggetto di analisi; il valore è stato poi arrotondato in modo di essere a favore di sicurezza.
Anche in questo caso, come in precedenza, per i carichi accidentali si è considerato il valore ricavato dalla normativa di 5 kN/m^2, questo perché Palazzo Mauruzi – Gherardi è considerato appartenete appartenente alla categoria C ed ambienti C3 "Ambienti privi di ostacoli per il libero movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni stazioni ferroviarie, sale da ballo, palestre, tribune libere, edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune". Questo valore fattorizzato diventa:

$Q_A = 5 \cdot 1{,}5 = 7{,}5$ kN/m^2.

Inserendo i valori nel software di calcolo ARCO si ha:

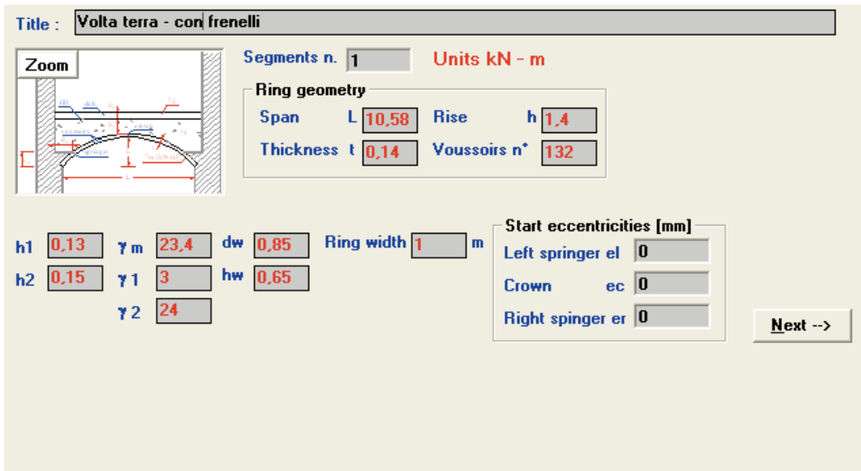
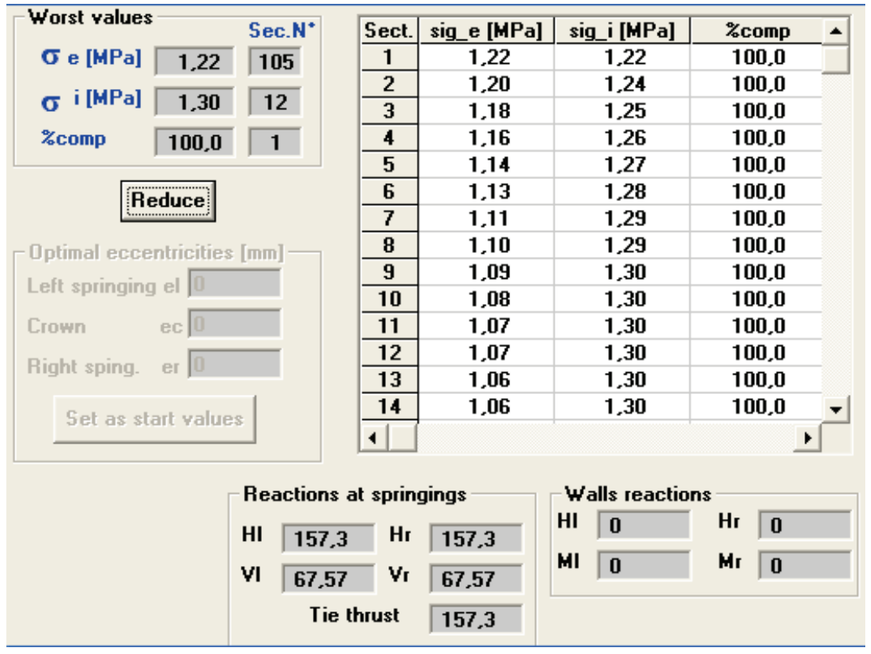


Figura 7.19 - Inserimento dei dati nel software "ARCO" per il calcolo della spita della volta.



Sect.	sig_e [MPa]	sig_i [MPa]	%comp
1	1,22	1,22	100,0
2	1,20	1,24	100,0
3	1,18	1,25	100,0
4	1,16	1,26	100,0
5	1,14	1,27	100,0
6	1,13	1,28	100,0
7	1,11	1,29	100,0
8	1,10	1,29	100,0
9	1,09	1,30	100,0
10	1,08	1,30	100,0
11	1,07	1,30	100,0
12	1,07	1,30	100,0
13	1,06	1,30	100,0
14	1,06	1,30	100,0

Figura 7.20 - Risultati del software "ARCO".

Per tenere conto del fatto che gli schemi proposti sono semplificati e vicini al comportamento di volte a botte, ma non tengono conto del comportamento spaziale delle volte a padiglione effettivamente presenti che, grazie alla loro conformazione, scaricano le spinte su tutte e quattro le murature d'ambito, si è ritenuto opportuno distribuire le reazioni vincolari a seconda della percentuale che va ad interessare la muratura oggetto del ribaltamento.

Pertanto, si è considerato che la volta del piano terra, impostata su pianta rettangolare, scarichi solo il 40% delle reazioni vincolari sulle murature di testata oggetto dell'analisi.

Si ottiene così:

$$S_{V,ARCO} = 67{,}57 \text{ kN};$$

$$S_{O,ARCO} = 157{,}30 \text{ kN};$$

$$S_V = S_{V,ARCO} = 67{,}57 \cdot 40\% = 27{,}03 \text{ kN};$$

$$S_O = S_{O,ARCO} = 221{,}10 \cdot 40\% = 62{,}92 \text{ kN}.$$

Inserendo il valore nel foglio di calcolo C.I.N.E si ha:

	Elevazione	GEOMETRIA DELLA FACCIATA (*)					Peso specifico della muratura	Arretramento della cerniera attorno alla quale avviene il ribaltamento rispetto al lembo esterno della parete
		Altezza delle fasce murarie		Larghezza delle fasce murarie				
		Quota del sottofinestra [m]	Quota del soprafinestra [m]	Larghezza della fascia sottofinestra al netto delle aperture [m]	Larghezza della fascia intermedia al netto delle aperture [m]	Larghezza della fascia soprafinestra al netto delle aperture [m]	γ_i [kN/m^3]	[m]
	1	1,85	4,44	7,60	7,60	12,40	17,0	
	2	1,13	3,33	9,05	9,05	9,05	17,0	
	3							
	4							

DATI INIZIALI	Elevazione	CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA DEI MACROELEMENTI						
		Spessore della parete al piano i-esimo s_i [m]	Altezza di interpiano al piano i-esimo h_i [m]	Braccio orizzontale del carico del solaio al piano i-esimo rispetto alla cerniera cilindrica d_i [m]	Braccio orizzontale dell'azione di archi o volte al piano i-esimo rispetto alla cerniera cilindrica d_{Vi} [m]	Quota del punto di applicazione di azioni trasmesse da archi o volte al piano i-esimo h_{Vi} [m]	Quota del baricentro della parete al piano i-esimo y_{Gi} [m]	Quota del baricentro della parete al piano i-esimo (**) y_{Gi} [m]
	1	1,03	6,20		0,85	4,35	3,44	
	2	0,55	6,65	0,35			4,33	
	3						0,00	
	4						0,00	

	Elevazione	AZIONI SUI MACROELEMENTI						
		Peso proprio della parete al piano i-esimo W_i [kN]	Peso proprio della parete al piano i-esimo (**) W_i [kN]	Carico trasmesso dal solaio al piano i-esimo P_{Si} [kN]	Spinta statica della copertura P_H [kN]	Componente verticale della spinta di archi o volte al piano i-esimo F_{Vi} [kN]	Componente orizzontale della spinta di archi o volte al piano i-esimo F_{Hi} [kN]	Azione del tirante al piano i-esimo T_i [kN]
	1	973,0				27,0	62,9	0,0
	2	731,9		61,4				110,6
	3	0,0						
	4	0,0						

Figura 7.21 - Inserimento dati iniziali nel foglio di calcolo C.I.N.E per la verifica del ribaltamento semplice della parete monolitica.

CALCOLO DELLE PGA PER LA VERIFICA DELLO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA
CIRCOLARE N. 617 DEL 02-02-2009 - ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELLE NTC 14-01-2008

PARAMETRI DI CALCOLO		
	Fattore di struttura q	2,00
	Coefficiente di amplificazione topografica S_T	1,20
	Categoria suolo di fondazione	C
	PGA di riferimento $a_g(P_{VR})$ [g]	0,202
	Fattore di amplificazione massima dello spettro F_0	2,432
	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro T_C^* [sec]	0,331
	Fattore di smorzamento η	0,417
	Altezza della struttura H [m]	14,85
	Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_S	1,405
	Coefficiente C_C	1,512
	Fattore di amplificazione locale del suolo di fondazione S	1,686
	Numero di piani dell'edificio N	2
	Coefficiente di partecipazione modale γ	1,200
	Primo periodo di vibrazione dell'intera struttura T_1 [sec]	0,378

Ribaltamento delle elevazioni:	Baricentro delle linee di vincolo Z [m]	$\psi(Z) = Z/H$	$a_{g(SLV)}$ (C8A.4.9)	$S_e(T_1)$ (C8A.4.10)
2 - 1			0,227	
2	6,20	0,418	0,335	11,048
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-

PGA-SLV	Ribaltamento delle elevazioni:	$a_{g(SLV)}$ min(C8DA.4.9; C8A.4.10)
	2 - 1	0,227
	2	0,335
	-	-
	-	-

Figura 7.22 – Risultati della verifica a ribaltamento dopo l'inserimento del tirante con il foglio di calcolo C.I.N.E.

I risultati delle analisi sono:

PIANO	MECCANISMO	a_g SLV	$a_{g(P_{VR})}$	VERIFICA
Terra	Ribaltamento semplice	0,227	0,202 g	Verificato
Primo	Ribaltamento semplice	0,335	0,202 g	Verificato

Figura 7.23 - Risultati della verifica a ribaltamento semplice dopo l'inserimento del tirante e l'intervento coi i frenelli.

Grazie all'inserimento dei tiranti su entrambi i livelli della parete oggetto della verifica a ribaltamento semplice e grazie anche all'inserimento dei frenelli al di sopra della volta, i valori delle accelerazioni di attivazione del meccanismo di ribaltamento si entrambi i piani considerati aumentano il loro valore e risultano maggiori dell'accelerazione orizzontale del terreno nel sito in cui sorge l'edificio; questo significa che i presidi adottati risultano sufficienti a contrastare il meccanismo di ribaltamento della parete.

Il ribaltamento, in queste condizioni, si attiva, infatti, per valori di accelerazione più alti di quelli effettivamente calcolati per il sito di riferimento, di conseguenza la muratura risulta essere in condizioni di sicurezza.

BIBLIOGRAFIA – CAPITOLO 7:

1. **Blasi C.,** Manuale per la riabilitazione e la ricostruzione postsismica degli edifici: regione dell'Umbria, a cura di: Guerrieri F., Roma, Edizioni DEI – Tipografia del Genio Civile, 1999.
2. **Cangi G.,** Manuale del recupero strutturale ed antisismico, Roma, Edizioni DEI – Tipografia del Genio Civile, 2012.
3. **Gulli R.,** Il recupero edilizio in ambito sismico, Monfalcone, Edicom, 2002.
4. **Sola E.,** Il complesso di San Giovanni in Monte: il rapporto tra storia della costruzione ed interventi di miglioramento delle prestazioni, Tesi di Laurea in Architettura tecnica II, Scuola di Ingegneria e Architettura – Alma Mater Studiorum – Università di Bologna, Corso di Laurea in Ingegneria Edile-Architettura, Relatore Prof. Ing. Giovanni Mochi, Anno Accademico 2012/13.
5. "Linee guida per riparazione e rafforzamento di elementi strutturali, tamponature e partizioni", Dipartimento Protezione Civile, 2010.

BIBLIOGRAFIA DELE ILLUSTRAZIONI – CAPITOLO 7:

Figura 7.1 – Immagine dell'autore.

Figura 7.2 - **Cangi G.,** Manuale del recupero strutturale ed antisismico, Roma, Edizioni DEI – Tipografia del Genio Civile, 2012, p 47.

Figura 7.3 - "Linee guida per riparazione e rafforzamento di elementi strutturali, tamponature e partizioni", Dipartimento Protezione Civile, 2010, p. 103.

Figura 7.4 – "Linee guida per riparazione e rafforzamento di elementi strutturali, tamponature e partizioni", Dipartimento Protezione Civile, 2010, p. 107 e p.110.

Figura 7.5 - **Gulli R., Mochi G.,** Il recupero delle volte in folio attraverso la costruzione tabicada, in "Costruire in laterizio", n. 82, 2001, p.71.

Figura 7.6 – Immagine dell'autore.

Figura 7.7 – Immagine dell'autore.

Figura 7.8 – Immagine dell'autore.

Figura 7.9 – Immagine dell'autore.

Figura 7.10 – Immagine dell'autore.

Figura 7.11 – Immagine dell'autore.

Figura 7.12 – Immagine dell'autore.

Figura 7.13 – Immagine dell'autore.

Figura 7.14 – Immagine dell'autore.

Figura 7.15 – Immagine dell'autore.

Figura 7.16 – Immagine dell'autore.

Figura 7.17 – Immagine dell'autore.

Figura 7.18 – Immagine dell'autore.

Figura 7.19 – Immagine dell'autore.

Figura 7.20 – Immagine dell’autore.

Figura 7.21 – Immagine dell’autore.

Figura 7.22 – Immagine dell’autore.

Figura 7.23 – Immagine dell’autore.

8. CONCLUSIONI

L'obiettivo del lavoro svolto in questa tesi è stato quello di iniziare un percorso conoscitivo dell'edilizia storica urbinate ed in particolare di Palazzo Mauruzi – Gherardi.
Una conoscenza che è fondamentale per determinare lo stato di conservazione dei materiali e la sicurezza statica dell'edificio.
L'analisi storico-critica delle vicende costruttive è di fondamentale importanza per operare sul manufatto edilizio in maniera consapevole. L'edificio deve essere analizzato sia come opera architettonica, che come documento che racconta, esso stesso, la propria storia; soltanto interrogandolo continuamente si è in grado di comprenderne le singolarità qualitative, le vulnerabilità ed i punti critici, per poi agire, dove necessario, con criteri di minimo intervento.
L'analisi dell'architettura urbinate, compiuta all'inizio del lavoro, ha messo in luce come in essa, in conformità alla tradizione costruttiva marchigiana della fascia medio-collinare, il materiale predominante sia il laterizio e di come questo sia stato abbondantemente utilizzato nel corso del tempo nei diversi elementi strutturali che costituiscono gli edifici del centro storico.
Ci si è soffermati in modo particolare sulle murature, che sono realizzate nella maggior parte dei casi, a sacco.
Analizzando il rispetto o meno dei dettami delle "regole dell'arte" nel paramento esterno delle murature si è creata una classificazione delle stesse, basandosi su un'analisi visiva. Prendendo come base di misurazione un metro quadrato di paramento murario si è riusciti ad ottenere, misurando la lunghezza dei giunti e rapportandola alle dimensioni dei laterizi, dei valori, definiti come *indici di qualità,* attraverso i quali poter valutare la qualità di una muratura e quindi farla rientrare in una certa classe di qualità muraria.
Quest'analisi è stata effettuata anche sul palazzo oggetto di studio, soffermandosi sulle murature in cui è stato possibile compiere un esame visivo.
Il lavoro su Palazzo Mauruzi – Gherardi è proseguito con l'analisi dei materiali e degli elementi costruttivi, che sono risultati conformi alla tradizione costruttiva locale. per poi terminare con un rilievo e mappatura delle lesioni e meccanismi di danno.
La conoscenza dell'edificio è fondamentale per la sua tutela e la sua valorizzazione. L'intenzione è stata quella di iniziare ad avere una conoscenza approfondita dell'edilizia storica urbinate, in modo da fornire ai progettisti, che su di essa andranno ad operare, una base da cui partire per effettuare delle scelte di miglioramento ottimali e che vengano realizzate con criterio ed in conformità alla tradizione costruttiva locale.
Ciò che possiamo vedere oggi entrando all'interno di Palazzo Mauruzi - Gherardi è il risultato delle numerose trasformazioni che ha subito nel tempo e degli interventi di recupero effettuati.
L'analisi è stata svolta in maniera critica, attraverso un confronto diretto con il manufatto architettonico e attraverso il rilievo delle lesioni e lo studio dei paramenti murari, dei materiali, e dei dettagli costruttivi.
Sono stati condotti sopralluoghi all'interno della struttura con lo scopo di ottenere un quadro generale delle condizioni attuali e di ottenere il quadro fessurativo globale, che ha fornito informazioni sui possibili dissesti subiti dal palazzo nel corso del tempo.
Unendo i dati emersi dallo studio storico-evolutivo e quelli materico-tecnologici con i risultati dell'analisi sullo stato conservativo dell'edificio, ottenuti in seguito ai vari sopralluoghi, sono state, infine, compiute delle scelte d'intervento su alcune parti dell'edificio cercando di coniugare la tradizione storico-costruttiva urbinate con le moderne tecniche di riqualificazione e miglioramento, verificando anche alcune criticità con il supporto di software di calcolo.
Questi interventi, proposti al termine della presente tesi, sono stati pensati in continuità con la ricerca svolta e a conclusione di essa.