

ALMA MATER STUDIORUM – UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

FACOLTÀ DI INGEGNERIA
CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CIVILE

D.A.P.T.

TESI DI LAUREA

In

ARCHITETTURA TECNICA

**La conoscenza delle caratteristiche costruttive dell'edilizia storica come
elemento fondamentale e propedeutico per gli interventi. Il caso di studio del
campanile di San Giacomo Maggiore a Bologna**

Candidato
Vassilios Kafetsis

Relatore
Prof. Giovanni Mochi

Anno Accademico 2008/2009
Sessione II

Indice

Introduzione	3
L'analisi strutturale delle costruzioni storiche in muratura	9
Genesi della chiesa di San Giacomo Maggiore in Bologna	13
La torre del campanile	37
I canali scomparsi	41
Il rilievo	43
La muratura	67
I laterizi	87
Il quadro fessurativo	95
I lavori di recupero del 1989	97
Conclusioni	105
Bibliografia	109

Introduzione

È ormai un dato assodato ed evidente che il “prodotto” edilizio, sia esso un intero isolato o un singolo edificio, può essere studiato seguendo le metodologie di una miriade di diverse discipline. Quando l’obiettivo principale è la conoscenza del modo di formarsi del “prodotto”, le indagini si fanno più specialistiche e, di conseguenza, diminuiscono i metodi di studio. Al giorno d’oggi stiamo viaggiando verso un’integrazione sempre più ampia e coinvolgente delle diverse discipline, umanistiche e scientifiche, per affrontare da lati diversi e cogliere in tutte le sfumature gli aspetti dello schema generatore del prodotto edilizio che, in altre parole, è la conoscenza stessa di come e in che modo l’oggetto di studio sia giunto fino a noi.

I punti di vista, o le discipline accademiche, molto spesso rispecchiano atteggiamenti mentali diversi. Così un edificio può essere studiato come pura immagine, cioè come simbolo di qualcosa che si è creduto (o crediamo attualmente) importante per un determinato periodo; oppure può essere considerato formalmente, nella sua genesi, attraverso la sommatoria di elementi decorativi più o meno semplici, o ancora tramite la ricostruzione, a posteriori, dei rapporti dimensionali esistenti fra le parti che compongono l’edificio o il complesso architettonico stesso.

Tuttavia anche la lettura dei contratti, delle relazioni e dei rapporti fra committenza ed esecutori, l’interpretazione di quanto è possibile nelle pagine e tra le righe, riescono a darci un’immagine interessante sugli aspetti sociali ed economici inerenti il prodotto edilizio.

In questa sede ci preme mettere in risalto soprattutto l’attenzione rivolta al risultato di una serie di attività costruttive che costituisce il momento primo di una struttura architettonica. Partendo da una osservazione ravvicinata delle pareti e dei materiali che le compongono, vedremo quante e quali tracce si possano leggere e come si possa risalire alla storia costruttiva, spesso assai travagliata.

Il panorama architettonico nazionale non è, tuttavia, composto solamente dai grandi monumenti e attenzione sempre maggiore viene giustamente rivolta ai risultati di una attività costruttiva più corrente ed infinitamente più comune. Quando andiamo ad analizzare e a studiare l’edilizia cosiddetta “minore”, ci vengono a mancare, salvo rari e fortunati casi, le basi documentarie e formali. Ci rendiamo conto che i rapporti fra valore simbolico e permanenza della forma strutturale sono fra loro direttamente proporzionali; cioè, sul tessuto edilizio più comune, gli interventi di restauro o di modifica delle strutture abitative producono, nell’arco di pochi decenni, una continua variazione della forma e della distribuzione degli ambiente e delle partizioni dell’edi-

ficio. Un adattamento alle esigenze, che si modificano nel tempo al variare della struttura sociale e familiare dei fruitori dell'architettura stessa.

Nell'edilizia monumentale tali modifiche, quasi sempre presenti, sono più distanziate nel tempo, ma più consistenti e con un impatto maggiore sul modello distributivo e figurativo. Poiché buona parte del patrimonio edilizio storico è costituito da edifici con una utilizzazione quasi costante, si coglie immediatamente la frammentazione, l'alternarsi delle tecniche costruttive e delle modifiche che hanno interessato la parte visibile, la forma stessa delle abitazioni. Siamo cioè consapevoli che il centro antico (e il singolo edificio) è il risultato di una somma di interventi costruttivi, che vanno dal piccolo restauro alle grandi modifiche strutturali, alle trasformazioni volumetriche e funzionali eseguite, non di rado, con interventi di demolizione e sventramento.

Durante l'utilizzazione del manufatto edilizio esiste, insomma, una serie di attività edificatorie e di pause, di stasi costruttive, che hanno uno stretto parallelismo con le modalità di deposito degli strati che si accumulano nei livelli del terreno. Si è così potuto constatare, nel corso di interventi archeologici in ambito urbano o con strutture murarie in elevato, che il processo di formazione delle potenzialità conoscitive risulta assolutamente identico a quello dei bacini stratigrafici archeologici. L'edilizia ha un suo processo formativo con vicende costruttive che si sommano algebricamente e il risultato è una forma strutturata con una consistenza fisica e quindi leggibile "stratigraficamente".

Dalla constatazione che architettura e sedimento archeologico rispondono alle medesime leggi di formazione, in alcuni settori della ricerca archeologica e, parallelamente, anche in alcuni operatori nel campo del restauro architettonico, si è sentita l'esigenza di applicare e sperimentare un metodo di indagine che permettesse di studiare entrambe le situazioni, i due aspetti del medesimo processo di stratificazione delle informazioni: la microstoria dell'edificio e dell'area dove fu costruito.

L'obiettivo che si pone il seguente studio è quello di creare un quadro, il più preciso possibile, delle vicende costruttive del campanile di San Giacomo Maggiore a Bologna. Possedere la conoscenza di tutte le fasi costruttive, dei vari interventi eseguiti, dei problemi riscontrati nel tempo dalla struttura è sicuramente un'utopia. Il passaggio di secoli carichi di storia rende tale compito alquanto arduo e il solo "guardare" la costruzione non ci consente di sopperire alle lacune documentaristiche che un'opera così antica e complessa ha ereditato. Tuttavia queste problematiche non possono considerarsi un alibi, ma un incentivo alla ricerca ed alla interpretazione dei segnali che la struttura ci manda; tali segnali sono le lesioni di cui la torre soffre.

Mediante lo studio dei documenti giunti sino a noi, dei lavori di recupero effettuati nel tempo e interpretando i dissesti presenti è possibile ricostruire la storia del

monumento. Questa “storia” ci permetterà di comprendere meglio lo stato della torre e di pianificarne eventuali recuperi o “semplicemente” programmarne la manutenzione nel tempo.

L'analisi strutturale delle costruzioni storiche in muratura

Introduzione

Gli edifici storici in muratura rappresentano una parte importante del patrimonio monumentale italiano, e la loro conservazione ha importanti ricadute sia sociali sia economiche sulla collettività. La loro conservazione o eventuale recupero rappresentano ancora una sfida per l'ingegneria moderna, anche se negli ultimi decenni la ricerca ha compiuto notevoli progressi, tanto riguardo le tecniche di diagnosi che i metodi di analisi. L'analisi strutturale delle costruzioni storiche in muratura richiede molta attenzione e cautela, in modo diverso da quelli che sono i calcoli tradizionali per lo studio delle nuove costruzioni; infatti i metodi di calcolo che vengono impiegati per gli edifici ordinari non possono essere applicati in maniera indiscriminata per gli edifici storici. A ciò si aggiunge il fatto che molto spesso risulta complesso individuare chiaramente lo schema statico di un fabbricato storico che si è modificato nei secoli. In sostanza ogni edificio in muratura, specialmente se di carattere monumentale come chiese, torri medioevali, ecc. rappresenta un'unità a se stante su cui sono state fatte nel tempo sostituzioni, sottrazioni e aggiunte. I tecnici che si apprestano ad affrontare questi problemi, devono avere una visione chiara del percorso storico dell'edificio e anche una certa abilità, visto che la conoscenza di una struttura antica presenta sempre delle lacune anche per le difficoltà che si incontrano nel fare prove sperimentali per la caratterizzazione meccanica dei materiali; queste difficoltà sono legate sia al valore artistico e culturale dell'edificio, sia ai costi economici per la loro esecuzione. È senz'altro evidente come sia difficile valutare lo stato di conservazione di un bene monumentale e ancor di più comprendere la sua vulnerabilità in campo sismico. Noi infatti sappiamo che la resistenza dei materiali diminuisce nel tempo in seguito al loro naturale utilizzo e questa caratteristica, unita al degrado provocato dal tempo, rende queste strutture particolarmente vulnerabili nei confronti di movimenti impressi, come quelli provocati dalle deformazioni del terreno o dalle azioni sismiche.

La muratura

Al fine della corretta modellazione meccanica di una costruzione storica in muratura, è opportuno conoscere il funzionamento dei diversi elementi che la compongono: il materiale muratura, il suo utilizzo nei diversi elementi costruttivi e le modalità di connessione tra questi nella formazione dell'intera costruzione.

La muratura è un materiale composito costituito dall'assemblaggio di elementi, che possono essere naturali (pietre erratiche, a spacco, sbazzate o squadrate) o artificiali (laterizi). Le variabili caratteristiche sono:

- il materiale costituente gli elementi (pietra, laterizio, terra cruda, ecc. usati anche in modo misto);
- le dimensioni e la forma degli elementi;
- la tecnica di assemblaggio (a secco o con giunti di malta);
- la tessitura (disposizione geometrica degli elementi nel paramento murario).

La risposta meccanica di questo materiale composito dipende da tutte queste variabili. Gli elementi hanno in genere un comportamento elasto-fragile, con una resistenza a trazione minore rispetto a quella a compressione, ma comunque significativa. La malta presenta un comportamento elasto-fragile in trazione, con resistenza molto inferiore a quella degli elementi e, in assoluto, molto bassa; in compressione e taglio il suo comportamento è duttile e fortemente non lineare. La risposta meccanica dei giunti è fortemente influenzata dall'attrito e presenta forti non linearità. Le caratteristiche meccaniche della muratura dipendono non solo dai parametri di resistenza e deformabilità dei materiali costituenti, ma anche dai loro valori relativi.

La risposta sismica di una struttura in muratura non dipende unicamente dal materiale impiegato, ma anche da diversi aspetti tecnologici, ed in particolare dai collegamenti tra gli elementi strutturali. Le costruzioni storiche in muratura, infatti, sono generalmente costituite da sistemi più o meno complessi di pareti e orizzontamenti (solai lignei, volte). Le pareti possono essere considerate come elementi strutturali bidimensionali, che per la scarsa resistenza a trazione della muratura presentano una risposta molto diversa ad azioni orizzontali nel piano e fuori dal piano. La qualità della risposta globale è funzione sia del corretto dimensionamento delle pareti sia della capacità del sistema di trasferire le azioni tra tali elementi (connessione tra le pareti verticali; connessione dei solai alle pareti). L'efficacia dei collegamenti tra le pareti e i solai è funzione del sistema di appoggio.

La modellazione strutturale

La modellazione e la verifica delle strutture storiche in muratura è quindi un problema complesso per la difficoltà di considerare adeguatamente la geometria, i materiali e le condizioni di vincolo interno. A tutto questo si aggiunge l'evolversi delle vicende storiche attraverso le quali si è formata e trasformata la costruzione; inoltre, spesso questa è inserita in agglomerati urbani complessi, nei quali è difficile distinguere edifici isolati o unità costruttive strutturalmente autonome. Questo rende

problematica la scelta della scala della modellazione ed, inoltre, la definizione dei confini spaziali e dei vincoli della struttura.

La modellazione strutturale di una costruzione storica in muratura richiede sempre un'approfondita conoscenza al fine di scegliere:

- la scala spaziale (quale parte della costruzione è opportuno modellare);
- lo schema strutturale (se possibile deve essere riconosciuto o verificato dalle vicende passate);
- il tipo di analisi (condizionato dallo schema strutturale, ma anche dalla finalità dell'analisi stessa).

La scelta della scala della modellazione è condizionata da diversi fattori. Nel caso di una costruzione inserita in un contesto di aggregato urbano, sarebbe necessario considerare questo integralmente, ma spesso ciò è improponibile, sia per la difficoltà di accedere e conoscere le parti adiacenti, sia per la complessità e gli oneri computazionali.

Nella definizione dello schema strutturale è opportuno considerare i seguenti fattori: la geometria della struttura; l'interazione tra struttura ed ambiente; le fasi di costruzione e trasformazione; il danneggiamento.

L'analisi della geometria tridimensionale della struttura è finalizzata ad individuare possibili simmetrie o direzioni significative per il suo comportamento globale. In base a queste osservazioni, infatti, spesso la struttura può essere notevolmente semplificata e i suoi gradi di libertà ridotti.

L'interazione tra la struttura e l'ambiente è fondamentale nel caso di costruzioni storiche caratterizzate da una grande rigidità e massa (per esempio un arco trionfale); in questi casi può risultare determinante considerare la deformabilità del terreno di fondazione, anche se di ottime caratteristiche, data la notevole rigidità della struttura.

L'individuazione delle fasi di costruzione e trasformazione è fondamentale per due ragioni. In primo luogo gli stati tensionali e deformativi nei diversi elementi dipendono da tale sequenza; inoltre le parti aggiunte successivamente alla costruzione, anche se appaiono in continuità con il complesso della costruzione, sono spesso strutture in qualche modo indipendenti. È quindi opportuno considerare il corretto grado di collegamento tra le diverse parti del complesso strutturale. In particolare, nel caso degli aggregati complessi nei centri storici, la corretta individuazione delle celle originarie, e distinzione da quelle di accrescimento e di intasamento, consente una più corretta definizione dei vincoli del modello. Il riconoscimento dei dissesti presenti nella struttura, attraverso il rilievo del quadro fessurativo e delle deformazioni, è un

fattore determinante per la scelta delle strategie di modellazione e di analisi di una costruzione in muratura. Nel caso di stati lesionativi importanti, questi dovranno essere considerati nel modello e, in alcuni casi, la presenza di un meccanismo di dissesto chiaramente riconoscibile, può portare ad identificare il comportamento della costruzione e consentire una modellazione locale di dettaglio.

I metodi di analisi

La complessità delle costruzioni in muratura, costituite da elementi bi e tridimensionali, suggerirebbe il ricorso al metodo degli elementi finiti, in quanto teoricamente in grado di modellare la risposta di geometrie complesse, in condizioni di massima generalità nei vincoli e nei carichi. Nel caso di costruzioni massive è possibile ricorrere ad una modellazione solida tridimensionale degli elementi strutturali; più efficacemente, nel caso frequente di costruzioni costituite da pareti, volte, cupole, risulta spesso conveniente schematizzare la struttura come elementi bidimensionali (con comportamento a piastra o a membrana), in grado di simulare adeguatamente il comportamento nel piano e fuori dal piano. Il comportamento non lineare del materiale costituisce tuttavia un aspetto critico nella modellazione delle costruzioni in muratura.

L'analisi elastica ad elementi finiti può fornire indicazioni utili per una preliminare interpretazione del comportamento ed in essa è indispensabile modellare accuratamente il grado di connessione tra gli elementi; inoltre è opportuno considerare le diverse fasi costruttive della struttura. L'analisi elastica presenta in genere zone nelle quali le tensioni principali di trazioni sono superiori all'effettiva resistenza a trazione della muratura. Se queste zone sono di limitata ampiezza, la struttura reale probabilmente presenterà una lieve fessurazione (lesioni fisiologiche) e la soluzione fornita dall'analisi elastica ad elementi finiti può essere ritenuta in una certa misura attendibile; se invece è ragionevole attendersi una significativa redistribuzione delle tensioni a seguito della fessurazione, gli stati tensionali e deformativi ottenuti non sono attendibili e risulta necessario procedere ad una modellazione non lineare, nella quale il comportamento del materiale venga simulato con maggiore precisione.

L'analisi elastica ad elementi finiti è quindi utile per descrivere il comportamento strutturale in esercizio, nel caso di una costruzione non soggetta a dissesti significativi, ma non consente di valutare la sicurezza nei riguardi dello stato limite ultimo. Infatti, il raggiungimento di condizioni limite di rottura del materiale a livello locale (stato tensionale puntuale) non può essere messo in alcun modo in relazione alle condizioni limite ultime della struttura, che comportano in genere la perdita di equilibrio di intere porzioni della costruzione.

Tali limitazioni possono essere concettualmente superate attraverso una modellazione non lineare ad elementi finiti, che consideri sia la non linearità del materiale che quella geometrica. Tuttavia, alle già espresse difficoltà di modellazione di una costruzione reale attraverso gli elementi finiti, si aggiungono in questo caso la complessità dei legami costitutivi per la muratura e la scarsa robustezza delle procedure di analisi, che fanno sì che la modellazione non lineare possa essere utilizzata solo se si dispone delle necessarie capacità e competenze; per tale ragione essa non può essere uno strumento imprescindibile per la verifica sismica. Al fine di verificare la sicurezza nei riguardi di una condizione limite di collasso è possibile fare riferimento a metodi di analisi più semplici ed efficaci, che pur se non in grado di descrivere il comportamento in condizioni di esercizio, possono cogliere le condizioni ultime.

In particolare, per l'analisi a collasso delle strutture murarie si ricorre frequentemente all'analisi limite dell'equilibrio, utilizzando sia il teorema statico (analisi incrementale) sia quello cinematico (analisi per cinematismi). Il teorema statico, attraverso l'individuazione di soluzioni equilibrate, ci consente di valutare se la costruzione è sicura in presenza di certi carichi, anche se non viene determinata l'esatta soluzione. L'analisi per cinematismi, che considera la struttura come composta da blocchi rigidi, nel caso in cui questi siano correttamente individuati anche grazie all'osservazione del danno manifestato, ci fornisce in modo molto semplice una stima attendibile delle risorse ultime della costruzione.

Nel caso della muratura, la validità dei due teoremi è stata dimostrata con riferimento alle seguenti ipotesi: non resistenza a trazione del materiale, infinita resistenza a compressione, limitata deformabilità, assenza di scorrimenti. Tuttavia è possibile tener conto, con opportuni accorgimenti, anche delle situazioni reali, nelle quali le suddette ipotesi non sono completamente rispettate.

La non resistenza a trazione rappresenta sempre un'ipotesi a favore di sicurezza, ovvero essa porta a sottostimare la reale capacità della struttura; nel caso in cui i piani di rottura siano scelti in corrispondenza di giunti principali della muratura, essendo questi dotati di resistenza a trazione molto limitata, tale sottostima è relativamente contenuta. Al contrario, nel caso in cui i piani di rottura interessino zone di ammortamento tra gli elementi della muratura, tale contributo dovrà essere adeguatamente modellato o dovranno essere selezionati piani di minore resistenza, se si vogliono evitare stime eccessivamente cautelative.

L'infinita resistenza a compressione della muratura è invece un'ipotesi a sfavore di sicurezza, in quanto la condizione ultima non si verifica in corrispondenza di un contatto puntuale tra i blocchi (fatto che comporterebbe una tensione di compressione infinita), ma quando la sezione reagente parzializzata è tale da portare alla rottura per

schacciamento della muratura. Tuttavia, l'analisi limite può ancora essere utilizzata, a patto di considerare un margine geometrico nella posizione delle cerniere che definiscono il cinematismo, opportunamente calibrato in funzione della qualità della muratura.

La limitata deformabilità è un'ipotesi in genere accettabile, almeno nel caso delle costruzioni in muratura di tipo massivo. L'analisi limite valuta la condizione di equilibrio di una struttura labile, costituita dall'assemblaggio di porzioni murarie rigide, ovvero si controlla che questa risulti staticamente determinata sotto i carichi assegnati, prevalentemente grazie alla propria forma; trascurare la deformabilità significa ipotizzare che anche nella configurazione deformata, non determinabile attraverso l'analisi limite, la struttura sia ancora in equilibrio. È opportuno considerare che, nel caso dell'analisi di costruzioni esistenti, la configurazione geometrica che viene determinata attraverso il rilievo geometrico è già quella deformata, per cui l'analisi limite è in grado di valutare le condizioni di sicurezza nello stato attuale.

Infine, l'assenza di scorrimenti tra i conci murari può essere in genere assunta come ipotesi, salvo poi controllare a posteriori che questi non si verifichino in concomitanza delle azioni che vengono valutate nell'analisi. In genere, ad esclusione di rari casi in cui sono presenti elevati carichi concentrati su strutture di grande spessore, le azioni mutue tra i conci murari sono pressoché perpendicolari ai giunti principali (sedi dei possibili scorrimenti) e comunque all'interno del cono d'attrito relativo alle strutture murarie.

L'analisi limite può essere utilizzata anche per valutare la capacità sismica, considerando tale azione come un sistema di forze orizzontali, proporzionali alle masse della costruzione attraverso un opportuno moltiplicatore. Tale moltiplicatore può essere messo in relazione all'accelerazione massima del suolo. È tuttavia noto che l'accelerazione sismica che attiva il meccanismo di collasso, quella per cui compaiono evidenti fessurazioni ed i diversi blocchi iniziano ad oscillare, è inferiore rispetto a quella che produce il vero e proprio collasso; l'azione sismica ha infatti natura dinamica, per cui un sistema labile di blocchi rigidi, pur oscillando, può tornare nella configurazione iniziale di equilibrio se l'impulso che ha attivato il meccanismo ha durata ed energia limitate, ed i successivi impulsi non sono tali da incrementare ulteriormente gli spostamenti. È quindi possibile valutare la capacità di spostamento del sistema, prima del vero e proprio collasso, facendo riferimento a configurazioni variate del cinematismo; in tale modo viene valutata una vera e propria curva di capacità del sistema, che rappresenta la resistenza offerta dalla struttura al crescere degli spostamenti.

Genesi della chiesa di San Giacomo Maggiore In Bologna

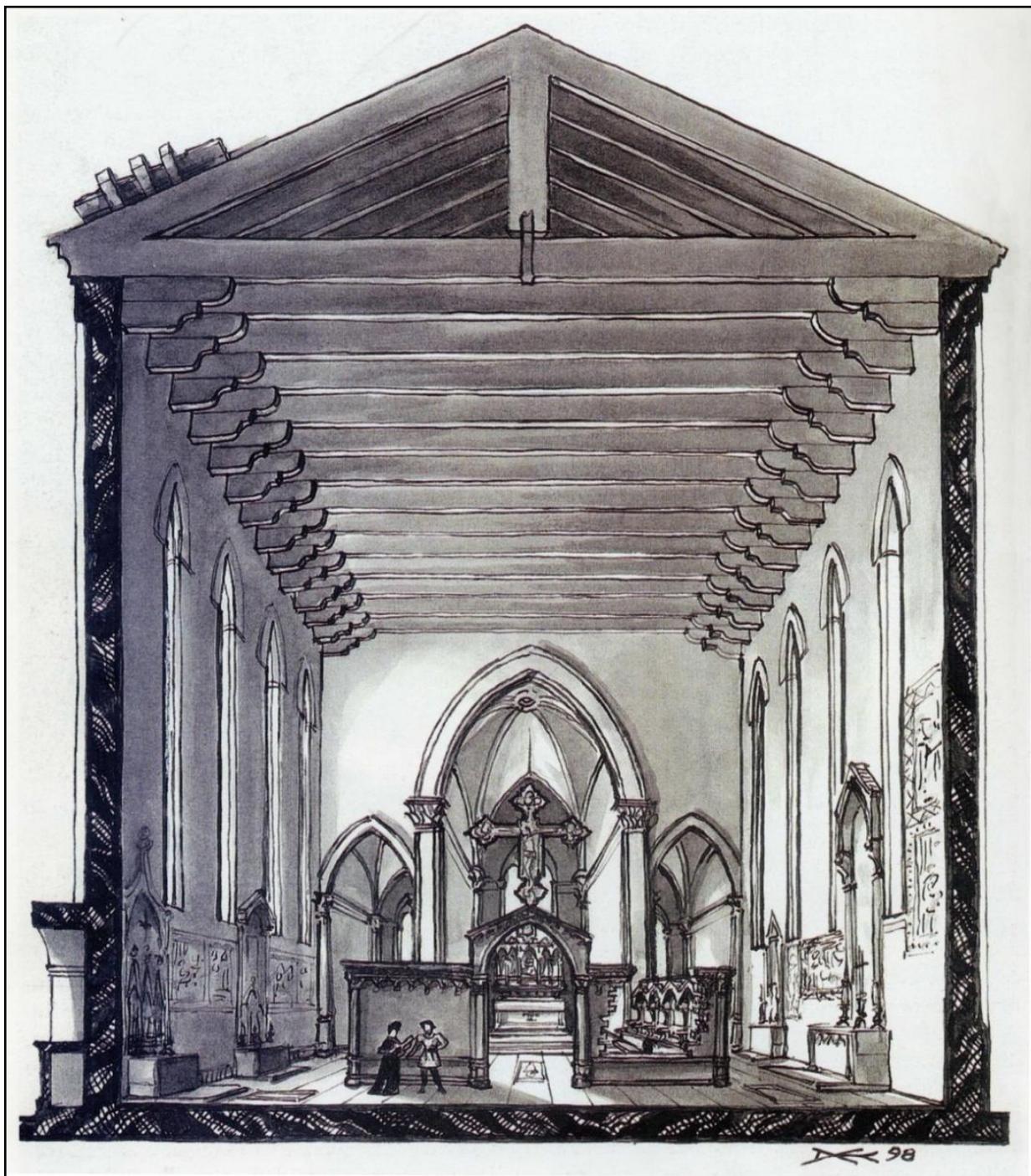


Figura 1. Interno della chiesa primitiva

Le vicende storico-costruttive di S. Giacomo Maggiore ci sono oggi abbastanza chiare, grazie soprattutto agli studi del Malaguzzi Valeri e del Supino; la chiesa appartiene al periodo di transizione dallo stile romanico a quello gotico.

La costruzione, iniziata nel 1267 e finanziata dal Comune e dai fedeli, venne terminata nel 1315; almeno per quanto riguardava le strutture principali perché, dopo tale data, si continuò a lavorare ancora alla fabbrica. Questa primitiva chiesa si presentava a navata unica, coperta a tetto e con una cappella di testata ad abside poligonale fiancheggiata da due cappelle a pianta quadrata, tutte e tre coperte a volta rialzata (figura 1).

La struttura planimetrica della testata rispecchia il diffuso schema cistercense, ma a differenza delle altre chiese bolognesi di età gotica, S. Giacomo Maggiore ha una sola navata. Non si tratta della nave unica presente in altre chiese bolognesi di stile romanico, bensì di un motivo più generale; cioè della iconografia di origine cistercense che gli ordini mendicanti italiani accolsero e diffusero largamente perché ispirata ai loro ideali di semplicità e povertà. Un esempio ne è la chiesa degli Eremitani di Padova che presenta molte analogie con S. Giacomo; la chiesa padovana è del 1264 ed è plausibile che all'epoca ci fossero dei rapporti tra gli Eremitani delle due città.



Figura 2. Interno della chiesa

La particolarità della navata unica non fu chiara da subito.

Originariamente si pensò che ci fossero tre navate, supposizione legittimata dalla presenza delle tre cappelle di testata (figura 2), inoltre le tre navate sarebbero state illuminate, rispettivamente, dal rosone e dalle due finestre lunghe in facciata.

Quest'ultima risale alla fine del XIII secolo ed è suddivisa in tre zone da due pilastri semicircolari che oltrepassano il coronamento ad archetti trilobati e che furono considerati come contrafforti corrispondenti ad archi longitudinali all'interno. Ma in realtà tali indizi si rivelano piuttosto inconsistenti: le finestre ogivali ed il rosone rispondono soprattutto a una esigenza decorativa della facciata; né l'esistenza delle tre cappelle presuppone necessariamente quella di altrettante navate. Le semicolonne, data la loro esilità, sono elementi ornamentali e comunque la loro funzione statica non fu presa sul serio; infatti nel XIV secolo furono tagliate nella parte bassa per farle poggiare in falso sulle arche sepolcrali addossate alla facciata. E' da considerare inoltre che in quell'epoca chiese più antiche, come S. Domenico, si rinnovavano radicalmente sostituendo la primitiva copertura a tetto con volte a crociera; è quindi logico che una struttura nuova come S. Giacomo, se a tre navate, non poteva che concepirsi con copertura a volte. Quindi con un'organica struttura di pilastri, archi e contrafforti di cui difficilmente non sarebbe rimasta traccia.

Passando all'esterno si osserva che i muri laterali della chiesa sono alti poco meno dei piloni agli estremi della facciata anteriore e posteriore, mentre l'esistenza di navate laterali avrebbe richiesto fiancate più basse. Un'ultima considerazione a favore dell'ipotesi della navata unica risiede nella struttura dei muri laterali: questi sono



Foto 1. Fianco sinistro della chiesa

chiaramente continui, contraddistinti da lesene a doppio risalto congiunte da archi ribassati. Sembrano dunque destinati a portare un carico distribuito a intervalli regolari e brevi, come un tetto a capriate, e non concentrato e spingente in alcuni punti come una serie di volte a crociera. Soffermandoci sui muri laterali si può notare come le lesene e le relative arcate del fianco sinistro della chiesa (lungo via Zamboni) presentino un doppio risalto a differenza del fianco destro dove sono semplici (foto 1 e 2). Ad una prima vista la muratura del fianco sinistro si presenta uniforme e compatta, come si può notare nel sottotetto del portico bentivolesco dove è visibile l'antica muratura, quindi frutto di un'unica fase costruttiva. Esaminando però più attentamente la struttura si possono notare degli elementi che contraddicono questa ipotesi.



Foto 2. Fianco destro della chiesa

Le monofore ogivali appaiono come imprigionate tra le lesene e l'arco soprastante, che delimitano uno spazio insufficiente ad un loro adeguato inquadramento (foto 3). Le due lesene ai lati di ogni finestra arrivano a nascondere l'estremità della sottile fascia decorativa di cotti scolpiti intorno alla ghiera dell'arco.

Non è verosimile che finestre così ben modellate fossero destinate, sia pure in piccola parte, a restare coperte; è ipotizzabile che le archeggiature siano state sovrapposte alla fiancata in epoca posteriore, anche di poco, alla costruzione di questa.

Un ulteriore elemento di conferma a questa ipotesi sta nel fatto che i mattoni dei risalti interni appaiono tagliati in corrispondenza dell'attacco con la parete di fondo e non ammorsati in essa. Probabilmente nella prima fabbrica le archeggiature dovevano essere semplici con lesene più sottili, come sono tuttora sul fianco destro; gli archi si impostavano un po' più in alto, ciò spiegherebbe gli strani prolungamenti delle lesene al di sopra degli archi attuali, ed avevano un sesto più rialzato, in modo da inquadrare meglio le sottostanti finestre ogivali (visibile nelle foto 2 e 3). Il doppio risalto, ottenuto allargando le lesene e addossandovene delle altre collegate da nuovi archi, fu originato verosimilmente dalla necessità di consolidare la parete.



Foto 3. Particolare della monofora ogivale

Verso la fine del XIII secolo, mentre la chiesa era in piena costruzione, si decise di inserire delle celle sepolcrali archiacute sul fianco sinistro. Le celle hanno la stessa larghezza delle archeggiature cieche e i loro pilastri corrispondono alle lesene, mentre la loro fronte coincide con il filo esterno del grosso pilastro angolare tra il fianco e la facciata. Dai rilievi eseguiti risulta che la profondità delle celle è maggiore dell'aggetto del pilastro; è quindi evidente che, per un tratto, le celle stesse si addentrano nel vivo della parete.

Tenendo conto anche del loro considerevole numero (dodici riaperte più quattro di cui si scorgono le tracce, più forse ancora altre quattro negli spazi intermedi) è verosimile pensare che il loro inserimento abbia potuto, a suo tempo, causare



Foto 4. Pilastro sinistro al di sopra del portico bentivolesco

qualche dissesto nella parete muraria; da qui la necessità di consolidare quest'ultima. Potrebbero, inoltre, essere sopravvenuti dei cedimenti nella parte alta del muro, a causa del peso della copertura, e in tal caso le doppie lesene possono essere considerate anche come rinforzi dei punti di appoggio delle capriate.

Le celle, dimensionate in funzione del pilastro angolare, sono da ritenersi posteriori ad esso; quest'ultimo però non si direbbe contemporaneo ai muri perimetrali della chiesa.

Esaminando attentamente il pilastro, si può notare un contrasto formale tra questo e la fiancata, contrasto che induce a sospettare che, nella forma attuale, costituisca l'ingrossamento di un elemento angolare più modesto. Esaminando la muratura del pilastro al di sopra del portico bentivolesco, a parte gli evidenti rifacimenti, essa appare diversa da quella dei fondi delle arcate. La prima è formata da mattoni rosei dalla tessitura più regolare, mentre la seconda da mattoni gialli, bruni e rossastri, dalla tessitura irregolare e coperti da una patina scura che ne indica un'età più antica (foto 4 e 5).

Inoltre, come si può vedere dall'interno del sottotetto del portico, la struttura del pilastro appare sovrapposta alla lesena ad esso contigua ed i suoi mattoni sfalsati rispetto ai mattoni di questa.

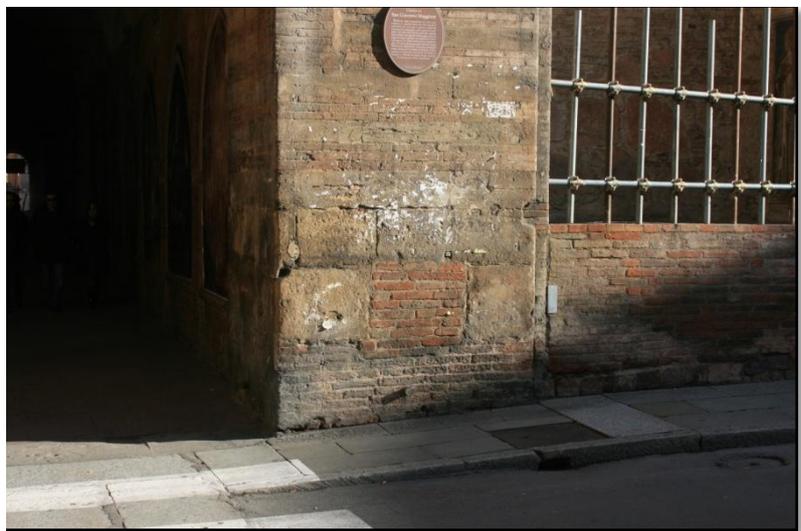


Foto 5. Muratura del pilastro sinistro al di sotto del portico bentivolesco

Tutto ciò farebbe pensare che il pilastro sia meno antico delle lesene; cosa che contraddice l'ipotesi iniziale che il rinforzo delle lesene sia stato determinato dall'impianto delle celle sepolcrali, a loro volta posteriori al pilastro angolare, che deve essere perciò l'elemento più antico. Tale contraddizione si può spiegare considerando separatamente nel pilastro, in origine più sottile, due diverse parti: quella al di sopra delle piccole edicole ad arco, e quella inferiore. Questa parte sarebbe stata ingrossata in occasione della creazione delle celle; queste ed il pilastro, anche se non pensati nello stesso periodo, sono stati adattati le une all'altro. Inoltre il notevole oggetto del pilastro si può spiegare con la necessità di contenere le arcate sepolcrali, in modo da evitare che costituissero una antiestetica sporgenza sul fianco della chiesa. Una volta rinforzate le lesene, e solo alquanto più tardi, anche la parte superiore del pilastro

sarebbe stata ingrossata, andandosi a sovrapporre all'adiacente lesena. Che i due pilastri anteriori ai lati della facciata siano stati modificati rispetto alla loro configurazione primitiva, è inoltre confermato dalla differenza con il corrispondente pilastro all'altro estremo della fiancata sinistra in angolo con la testata posteriore (il quarto è in parte incorporato nel campanile); questo infatti ha dimensioni e aggetto alquanto minori dei primi due e probabilmente è più proporzionato all'insieme. La sua perfetta continuità della struttura muraria con quella del fianco e della testata posteriore è prova della sua originalità.

Come si è detto i lavori alla chiesa di S. Giacomo Maggiore incominciarono nel 1267; a causa di varie controversie affrontate dagli Agostiniani e dalla scarsità dei fondi, la costruzione assunse un andamento più regolare solo dopo il 1280, cioè dopo i sostanziosi interventi finanziari da parte del comune. Si suppone che tra il 1295 e i primi del '300 furono eseguite la copertura e gli elementi decorativi della facciata: le finestre, il rosone ed il portale con il relativo protiro oggi scomparso; ciò non implica che le strutture principali fossero anch'esse completate entro quell'anno.

La costruzione fu iniziata dalla facciata e proseguita verso l'abside, in modo da far funzionare la chiesa anche se non completa; stessa cosa si farà per S. Petronio.

Come si è detto precedentemente le celle sepolcrali sono della fine del XIII secolo, di poco posteriore il rinforzo delle archeggiature cieche del fianco sinistro.

Il coronamento ad archetti trilobati che circondava tutta la chiesa, oggi in parte crollato, è formato da elementi eseguiti a stampo, di disegno tipico del XIV secolo, presenti anche in altre fabbriche bolognesi (foto 6). Esso appare inserito con maggior coerenza nella prima campata della tribuna absidale (sopraelevata tra il 1331 e il 1343) e nei primi ordini del campanile (1336-1349), per cui possiamo ritenerlo contemporaneo a tali strutture.

Successivamente, quasi elemento unificatore, deve essere stato esteso anche al resto del perimetro murario ed ai pilastri angolari. Fu allora che, per adattare il nuovo motivo alle fiancate, si dovettero demolire gli archi ribassati sulla sommità di queste



Foto 6. Particolare archetti trilobati

e ricostruirli un po' più in basso incastrandoli a forza tra le lesene, che perciò si vedono proseguire fino al ricorso di mattoni che delimita inferiormente il coronamento ad archetti trilobati (visibile nella foto 6).



Figura 3. Facciata della chiesa

La facciata (figura 3), benché conservi il tradizionale disegno a due spioventi, per le sue proporzioni slanciate mostra di aver già superato il gusto tardo romanico che ancora contraddistingueva molte chiese. L'edicola in sommità è di gusto veneziano; i pinnacoli agli estremi, ora privi della parte terminale, si richiamano ad origini francesi filtrate attraverso esperienze piemontesi e lombarde. Le finestre archiacute in pietra d'Istria appartengono ad un tipo molto diffuso nelle maggiori chiese veneziane del '300, primi esempi di un gusto più ricercato. In S. Giacomo le finestre appaiono inserite nella facciata dopo che questa era stata compita; anche le snelle semicolonne, modificate in alto dall'aggiunta del coronamento e stroncate in basso dagli archi delle celle, mostrano di appartenere alla fabbrica originale. Allo stesso periodo delle finestre in facciata risalgono i trafori in pietra d'Istria di cui rimangono pochi resti nelle prime due finestre del fianco sinistro, ivi applicati per arricchire le monofore in muratura. Le arcate con celle sepolcrali furono l'ultimo elemento aggiunto alla facciata, entro la metà del XIV secolo, e squilibrano i semplici ma nitidi rapporti tra la piena superficie muraria e le aperture: giungendo fino al davanzale delle finestre ogivali, riducono la visibilità e lo slancio di queste. In origine dovevano apparire più ariose poiché il muretto che le chiude in basso sembra essere stato aggiunto in un secondo momento; probabilmente furono create con funzione di cappelle e successivamente adibite a celle sepolcrali.

Qualche singolarità, infine, la presenta il portale. La parte anteriore, formata dall'arco più esterno poggiante sulle colonne grandi con i leoni, è inserita a forza tra i pilastri delle arche laterali al portale stesso, che hanno gli spigoli rozzamente smussati in corrispondenza dei fusti delle colonne e sono sbrecciati in basso e in alto, là dove vanno ad incastrarsi le parti posteriori dei leoni ed i capitelli (foto 7). Questi ultimi appaiono sacrificati, rimanendo metà della loro decorazione occultata dal muro. Un'altra singolarità è costituita dai due risalti ai lati della cuspide, dovuti evidentemente alla necessità di raccordare in qualche modo la cuspide stessa alla cornice sulle arcate sepolcrali, dato che questa risulta troppo alta per potersi armonizzare

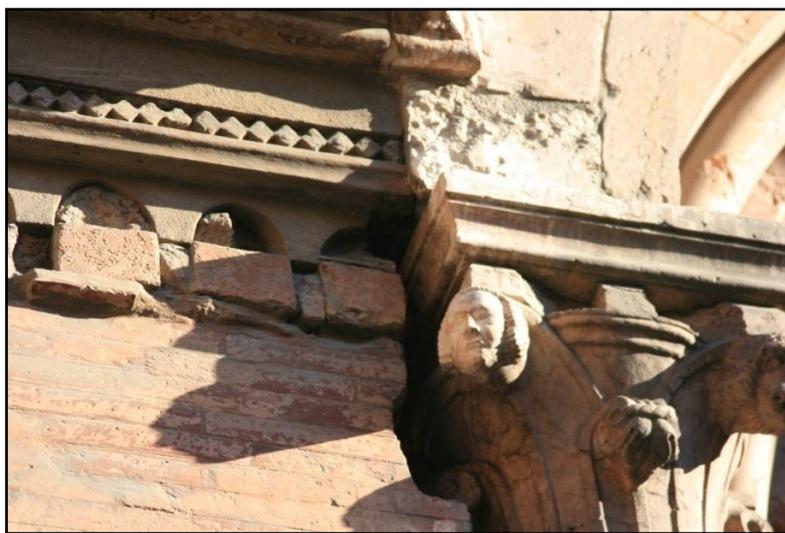


Foto 7. Particolare del capitello



Foto 8. Particolare del portale

alla fine del XIII secolo o ai primi del XIV secolo. Esso allora doveva essere ubicato nello spessore della facciata, sotto l'arco di cui si scorge traccia dietro la cuspide (foto 8); e v'era inoltre il protiro, distaccato dalla parete e sorretto dalle colonne con i leoni che ancora oggi si vedono, probabilmente con un'inclinazione della copertura meno accentuata dell'attuale. Successivamente furono addossate alla facciata le celle sepolcrali e ancora più tardi il portale venne modificato come ora si vede. Da diversi particolari appare che gli elementi formanti lo sguancio furono smontati e rimessi in opera spostandoli in avanti, probabilmente per creare un raccordo tra la facciata e le arcate sporgenti; poi vi furono applicati di nuovo gli elementi del protiro, cioè le colonne con i leoni, volgendo questi ultimi verso l'interno. Tale intervento si ritiene datato ai primi del XVI secolo; è logico supporre che in un primo momento si sia pensato ad una soluzione più accurata e che poi, per sopravvenute difficoltà di ordine pratico ed economico, si sia dovuto rinunciare a portare a termine l'intervento nella maniera prefissata.

Precedentemente si è parlato del rosone; c'è da aggiungere che nella prima metà del XVIII

in qualche modo con la cornice al di sopra dei capitelli.

Da tutto l'insieme appare chiaro che il portale e le arche sepolcrali sono stati creati indipendentemente l'uno dalle altre. Precisamente si ritiene che lo sguancio sia ancora quello del portale originario eseguito, insieme alle finestre e al rosone,



Foto 9. Rosone della facciata

secolo fu sostituito da una grande finestra rettangolare (finestre simili furono aperte anche nei fianchi) e solo durante i restauri del 1953-1954 fu ripristinato, senza però la decorazione marmorea. Tali lavori sono ben visibili sulla muratura attorno al rosone, denunciando laterizi di epoche diverse (foto 9).

A confronto della facciata, un po' composita e rimaneggiata, i fianchi e la testata posteriore conservano un aspetto più vicino a quello originario. Nelle fiancate è ancora riconoscibile quella idea romanica di parete piena a cui le finestre appaiono subordinate; bucatore indispensabili in un muro che trova espressione nella sua stessa corposità.

L'antica testata posteriore (visibile nel sottotetto dell'abside) offre un esempio, unico in tutta la chiesa, della originaria muratura tardo duecentesca dalla superficie ruvida e con i giunti di malta bianca più spessi, anche per essere ubicata in una zona destinata ad essere vista da lontano.

In sommità vi è una croce di cui sono riconoscibili il disegno e la struttura: le quattro braccia rastremate verso il centro sono delineate con semplici elementi di cotto e campite con intonaco liscio; quattro tondi pure in cotto, all'estremità di ciascun braccio, contenevano le scodelle di maiolica ora perdute (foto 10).



Foto 10. Testata posteriore della chiesa

Analizzando la testata posteriore viene spontaneo chiedersi come si presentava in antichità l'esterno delle tre cappelle tergalì su cui sono andati poi ad impiantarsi la tribuna ed il peribolo attuali. La cappella maggiore aveva un'abside poligonale e la volta che la copriva doveva essere alquanto più bassa di quella del coro attuale: infatti nella parete del campanile adiacente alla testata si scorge, in basso, la sommità di due archetti affioranti dal rinfiango delle volte, molto vicini tra loro, come se appartenessero ad un'unica apertura; di qualsiasi struttura si tratti è chiaro che essa è stata coperta dalla volta attuale (foto 11).

La sopraelevazione dell'abside non provocò la distruzione della struttura primitiva che fu inclusa nella nuova fabbrica: infatti nel sottotetto del peribolo absidale è possibile scorgere, in corrispondenza del primo tratto della tribuna, la sommità del

muro laterale dell'antica cappella maggiore. Questo muro laterale, a differenza del restante, è formato da una muratura più rustica e inoltre presenta, a circa settanta centimetri al di sotto del colmo del tetto attuale, una serie di fori a breve distanza in cui forse alloggiavano delle mensole, sormontate da due fila di mattoni aggettati. Al di sopra si



Foto 11. Particolare del sottotetto dell'abside

innalza la muratura più liscia e regolare, appartenente alla tribuna del XIV secolo. Anche le due cappelle laterali dovevano essere un po' più basse dell'attuale deambulatorio, dato che il tetto di quest'ultimo copre in parte la finestra ogivale nella testata posteriore della chiesa.

La copertura era di certo a capriate in vista, di più facile esecuzione dell'elaborata "carena di nave"; in epoca imprecisata le fu applicato un soffitto ligneo. Nel fondo si approfondiva il coro, con due ben distinte volte: una a crociera, nella campata quadrata al di sopra dell'altare, e l'altra ad ombrello nell'abside poligonale; probabilmente tali volte sussistono tuttora al di sotto delle attuali decorazioni barocche; in particolare, gli spigoli in rilievo della conchiglia di stucco nel catino absidale, nascondano in parte le nervature dell'antica volta a spicchi (foto 12).



Foto 12. Conchiglia di stucco

In S. Giacomo la presenza della strada da un lato, del chiostro dall'altro, impediva la creazione di sporgenze molto rilevanti dalle fiancate; ciò non vuol dire che non vi fossero cappelle aperte verso l'esterno.

Un documento del 1389 sembra indicare la presenza di una cappella sul

fianco sinistro, forse ubicata dove ora appare, murata in basso, una croce diversa da quella delle celle sepolcrali, di fronte all'attuale via Marsala (foto 13). Ma, oltre ai documenti, si è rivelata utile l'osservazione diretta e l'esplorazione del sottotetto del portico bentivolesco. Qui sono visibili, a circa metà della navata, l'esistenza di due arcate (di luce uguale al doppio dell'interasse tra



Foto 13. Croce murata di fronte a via Marsala



Foto 14. Arcata più vicina alla facciata

tamente liscio, e anche i raccordi con le doppie lesene sono eseguiti molto accuratamente; l'altra arcata invece (foto 15), che rompe malamente i pilastri laterali, rivela l'aspetto grezzo della muratura interna: doveva perciò far parte di un elemento sporgente dalla parete, sormontato da un tetto o da una cuspide, di cui si scorge la traccia al di sopra dell'arco stesso. Nell'intradosso di questa seconda arcata sono visibili i resti

le lesene), che si addentrano notevolmente nello spessore della parete muraria e certamente l'attraversano, sebbene non sia possibile accertarlo per via della rozza tamponatura che le chiude. È evidente che esse sono state aperte nel fianco della chiesa in epoca posteriore alla costruzione di questo. Quella più vicina alla facciata (foto 14) presenta a filo della parete un paramento perfettamente liscio, e anche i raccordi con le doppie lesene sono eseguiti molto



Foto 15. Arcata più lontana dalla facciata

di una decorazione ad affresco databile all'incirca al 1470 (foto 16); si ritiene che la cappella fosse rivolta verso l'interno della chiesa.

Dunque nell'avanzato XV secolo si continuarono a creare cappelle lungo il fianco sinistro della chiesa che però, a differenza di quelle trecentesche, manomettevano notevolmente la struttura preesistente. Questa



Foto 16. Particolare dell'affresco nella seconda arcata

arcata infatti taglia il vano della sovrastante finestra ogivale ed inoltre dovette provocare a suo tempo la chiusura delle due celle sepolcrali sottostanti. L'altro arco invece, che non presenta tracce di pittura, per il suo grado di finitura era certamente destinato a rimanere in vista; denota una apertura verso l'esterno, con ogni probabilità un'altra cappella, essendo difficile che potesse trattarsi di un ingresso laterale, la cui ampiezza sarebbe risultata notevolmente maggiore dei due ingressi aperti alla fine del XV secolo. Un terzo arco, più piccolo degli altri due, corrisponde perfettamente al secondo ingresso laterale presso l'altare maggiore; non è possibile comprendere se sia contemporaneo all'ingresso o se questo si sia adattato ad un vano preesistente; è più probabile la seconda ipotesi, che spiegherebbe la strana ubicazione dell'ingresso, presso l'ultimo pilone al termine della navata e fortemente decentrato rispetto alla sovrastante cupola (foto 17).

Il sottotetto del portico ci rivela altri elementi dell'aspetto primitivo della chiesa; tra



Foto 17. Terzo arco corrispondente al secondo ingresso laterale della chiesa

la penultima finestra ed il pilastro angolare si riscontra qualche alterazione nella consueta struttura: al posto delle doppie lesene appaiono grossi pilastri, il cui interasse è leggermente maggiore di quello tra le lesene (3.20m circa anziché 2.80m), ma non si comprende se essi costituiscano dei rinforzi delle lesene originali, richiesti magari dalla necessità di con-



Foto 18. Pilastro di rinforzo

ponatura che la chiude, è possibile scorgere motivi decorativi affrescati in ottimo stato di conservazione. È da rilevare che tale finestra è aperta in un tratto di muro aggettante fino al filo esterno dei pilastri suddetti, però solo nel tratto compreso entro il sottotetto: al di sopra infatti la parete continua regolarmente, e v'è un'altra monofora. Non ci si spiega la presenza di queste due finestre sovrapposte; probabilmente quella inferiore, più antica, ad un certo momento venne tamponata a causa di qualche modifica interna e, per ristabilire il normale ritmo dell'illuminazione, si dovette aprire nella parte superiore della parete l'altra finestra, che perciò risulta più corta delle altre.

Il complesso absidale, come già accennato, venne ampliato ed innalzato attorno all'anno 1331; precisamente, rotto il fondo della cappella maggiore, la si approfondì fino alle dimensioni del

solidare la cupola, oppure se siano esistiti fin dall'inizio (foto 18).

Un'altra singolarità è costituita da una finestra ogivale notevolmente più piccola delle altre nell'ultima campata presso il pilastro angolare, di cui si scorge solo la parte superiore, essendo il resto nascosto dalle volte del portico (foto 19). All'interno dello sguancio, presso la tam-



Foto 19. Monofora ogivale più piccola

coro attuale ed inoltre la si innalzò notevolmente, tanto da nascondere buona parte della testata posteriore, conferendole

la caratteristica configurazione poligonale che ha oggi, con pilastri pure poligonali negli spigoli ed un coronamento a cuspidi e pinnacoli. Di conseguenza vennero rialzate alquanto anche le due cappelle laterali; su quella di destra poi si incominciò a costruire il campanile nell'anno 1336, di cui almeno il primo ordine dovette essere ter-



Foto 20. Vista del campanile

minato prima della parte alta della tribuna, che appare sovrapposta ad esso. Attorno al 1349 la costruzione del campanile si arrestò all'altezza del secondo ordine di finestre, per poi riprendere attorno al 1471-1472; questa discontinuità temporale è documentata dal motivo ad archetti intrecciati che si discosta da quello sottostante ad archetti trilobati.

Infine la cella campanaria fu rivestita di forme classicheggianti (foto 20).

La mancanza di un vero raccordo tra le due strutture denuncia una discontinuità di epoca e di gusto. Non si è sicuri della data precisa della costruzione del peribolo con le cappelle radiali; da alcuni documenti si ipotizza che forse già nel 1343 i lavori erano incominciati. La cosa certa è

che il peribolo con le cappelle radiali fu aggiunto alla tribuna in epoca posteriore, sia pure di poco, al compimento di questa, come si intuisce osservando le finestre archiacute della tribuna, tagliate in basso dal tetto del peribolo stesso.

All'interno ciò è ancora più evidente: i risalti ai lati dei pilastri, a cui corrispondono gli archi ribassati sottostanti alle cuspidi, appaiono tagliati dalle volte del deam-

bulatorio; gli archi tra le volte ed i costoloni appaiono chiaramente difformi e come posticci rispetto ai lisci pilastri in mattoni, poiché non ne costituiscono l'organica continuazione, ma si impostano alla meglio sul capitello applicato ad una certa altezza dei pilastri stessi; in particolare i sott'archi sono più larghi delle facce frontali di ciascun pilastro a cui dovrebbero corrispondere, il che aumenta il senso di discontinuità tra le due strutture (foto



Foto 21. Pilastri del peribolo absidale

21).

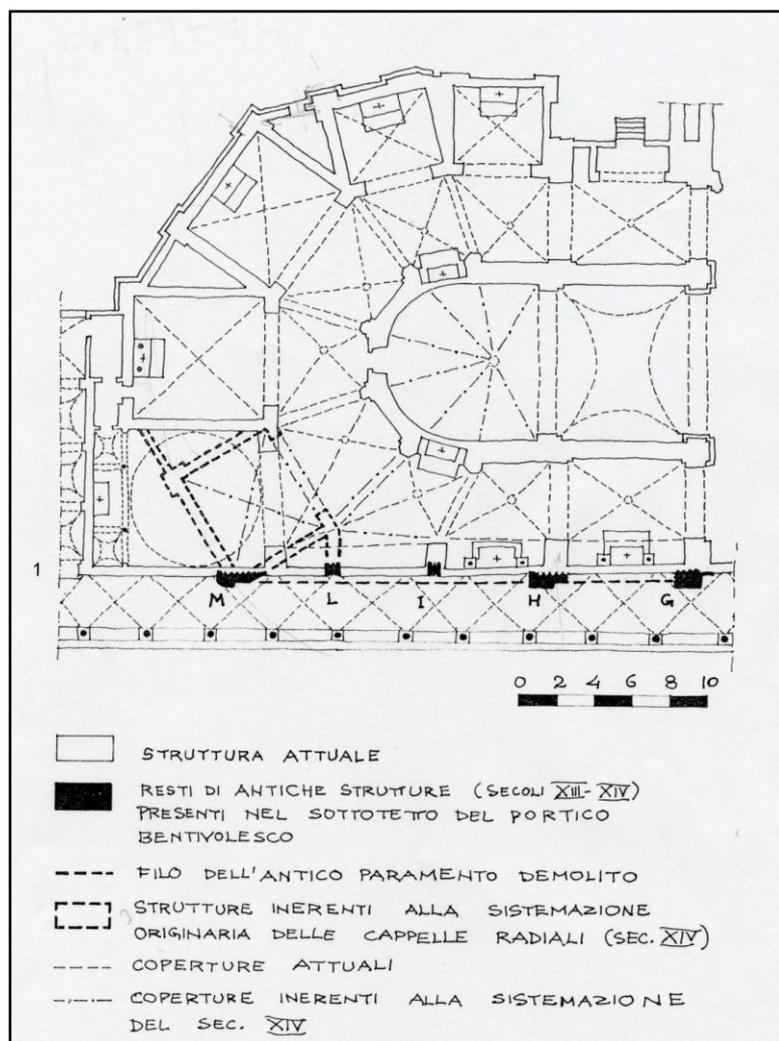


Figura 4. Pianta dell'abside e del peribolo

21).

La creazione della cappella Bentivoglio costituisce una notevole alterazione del naturale sviluppo della ragghiera che da quella parte doveva concludersi, presumibilmente, con un'altra cappella simmetrica a quella a destra della cappella centrale (figura 4).

Indizi preziosi ci sono stati forniti dalle strutture residue esistenti nel sottotetto del portico bentivolesco. Qui, subito dopo la piccola monofora seminascosta dalle volte al termine della navata, vi è un elemento in risalto, G, largo oltre un metro, sempre in mattoni lisci arrotati che, dopo un breve risalto a si-

nistra, appare bruscamente tagliato. Pochi metri più avanti ve n'è un altro, H, a destra del quale sussiste ancora un breve tratto di parete, anch'essa tagliata e che evidentemente prima proseguiva fino ad incontrare il primo risalto. Tra i due vi è ora un muro, (linea tratteggiata), di rozza costruzione, evidentemente una tamponatura eseguita alla meglio al posto dell'antico paramento demolito e arretrato di circa mezzo metro rispetto a quest'ultimo. Lungo la linea di connessione tra la parete (linea tratteggiata) e il pilastro H si distingue lo spessore di uno strato di intonaco, che dimostra che almeno fino a quel punto giungeva la parete interna perpendicolare alla tamponatura. Questa prosegue, con lo stesso filo, oltre il risalto H fino ad incontrare un terzo elemento, M, che è un vero e proprio pilastro: anche la muratura di questo appare stroncata sulla destra dopo un breve tratto, tanto che se ne scorge il riempimento interno in ciottoli e malta; ma nel punto in cui si sovrappone la muratura grezza, si scorge chiaramente l'inizio di una parete di mattoni che si addentra obliquamente al di sotto della tamponatura stessa. Da questa si vedono poi affiorare, nell'intervallo compreso tra i pilastri H ed M, le testate sezionate (I ed L) di due muri perpendicolari alla parete, anch'essi con tracce di intonaco sulla faccia destra. Oltre il pilastro M infine vi è un altro tratto di muro rustico, che giunge fino alla chiesa di S. Cecilia.

Risulta evidente che tra i tre pilastri G, H, M, esisteva prima una parete di mattoni arrotati dello stesso tipo di quelli dei pilastri stessi, e che tale parete è stata ad un certo momento demolita sostituendovi, alquanto in arretrato, la rozza muratura di cui si è parlato, che prosegue anche al di sopra del tetto del portico. Osservando il disegno, le volte sul lato sinistro del peribolo sono fiancheggiate da tre arcate di ampiezza diseguale su quattro grossi pilastri di cui l'ultimo è a sinistra dell'ingresso alla cappella Bentivoglio. I due pilastri della prima cappella corrispondono all'incirca ai due risalti G, H nel sottotetto; questi non erano che due strutture, ornamentali e di rinforzo, sul fianco della cappella laterale sinistra nella testata della chiesa primitiva. In particolare il secondo risalto H, che si vede proseguire perpendicolarmente alla tamponatura, doveva risvoltare sulla parete tergale della cappella. La superficie intonacata di cui si è parlato doveva appartenere all'intradosso della prima arcata, probabilmente decorata ad affresco. I tre elementi in risalto però non appaiono nella parete di fondo del sottostante portico; è evidente che sono stati troncati ad una certa altezza dal suolo, incastrandovi poi al di sotto le volte del portico stesso ed è altrettanto evidente che la loro demolizione dovette essere provocata proprio dalla costruzione del portico (1478-1481), dato che tali antiche strutture avrebbero costituito una sporgenza ingombrante ed antiestetica nella parte di fondo del portico stesso. L'antica parete muraria non venne però demolita per tutta la lunghezza del peribolo:

nel tratto corrispondente alla cappella laterale, cioè tra i pilastri G ed H, si scorge la croce dell'antico altare di cui si è parlato, che denota quindi la presenza del muro originario. Tra questo e la chiesa di S. Cecilia, la parete dovette essere invece interamente rifatta, perché la si vede formare una leggera curva in fuori, che corrisponde alla necessità di allargare il peribolo in funzione della cappella Bentivoglio.

Sovrapponendo il rilievo delle strutture nel sottotetto alla pianta della zona absidale, il pilastro M viene a cadere all'incirca in posizione simmetrica, rispetto all'asse longitudinale della chiesa, al corrispondente pilastro d'angolo della cappella a destra di quella centrale, e il prolungamento della parete inclinata, di cui si scorge l'inizio presso lo stesso pilastro, risulta simmetrico al lato destro della stessa cappella. Dei due muri che abbiamo indicato con I ed L, il primo coincide all'incirca con il terzo pilastro del peribolo; l'altro, L, non ha invece corrispondenza in basso: evidentemente



Foto 22. Particolare del pilastro tagliato ancora visibile

la parte rinvenuta nel sottotetto apparteneva ad un altro pilastro poi demolito, che insieme con l'adiacente pilastro I delimitava una terza cappella ad arco, di ampiezza circa uguale alla precedente.

In origine il pilastro sinistro della cappella centrale, ora prolungato a delimitare l'ingresso della cappella Bentivoglio, doveva formare un angolo ottuso come quello de-

stro, in modo da allinearsi con la fronte della cappella scomparsa; in tale pilastro esiste tuttora una strana mensola, tutt'uno con la muratura, che sembra essere stata ricavata dal pilastro tagliato (foto 22). Considerando l'ubicazione della cappella Bentivoglio, si capisce che il pilastro L è stato demolito perché troppo vicino al pilastro di sinistra della cappella; per evitare l'effetto antiestetico di un arco molto più stretto degli altri, si preferì eliminare il pilastro e ricostruire il terzo arco, tra il precedente pilastro I e la cappella, alquanto più ampio degli altri due. Inoltre il filo esterno del secondo arco impiantato sui pilastri H ed I ha in pianta un andamento leggermente convergente verso l'asse della chiesa, conferma delle supposizioni sul primitivo aspetto del peribolo; pertanto la profondità dell'arco stesso cresce gradualmente dal pilastro H al pilastro I; quest'ultimo è un po' arretrato rispetto al filo dell'arco, che perciò è sorretto in parte da una mensola sporgente a sbalzo dal

pilastro stesso (foto 23). L'arco seguente, tra il pilastro I e la cappella Bentivoglio, va invece assottigliandosi verso il fondo, risulta cioè meno profondo presso il pilastro all'ingresso della cappella.

Questi artifici probabilmente furono ideati con lo scopo di esaltare al massimo la cappella gentilizia, come si nota dal carattere scenografico dell'arco di ingresso



Foto 23. Particolare della mensola a sbalzo



Foto 24. Cappella Bentivoglio

gresso della cappella sul quale si impostano. Le arcate a muro ed i pilastri sul lato sinistro del peribolo furono originati dalla necessità di assorbire la spinta delle volte, che dall'altro lato era contrastata dalle cappelle a raggiera.

Elemento interessante è il portico rinascimentale bentivolesco; con il suo esage-

(foto 24).

La costruzione di questa cappella richiese un parziale rifacimento delle volte del peribolo; probabilmente si dovettero rifare solo le due volte antistanti ad essa, comprese cioè tra il pilastro I, il pilastro sinistro della cappella centrale ed il coro. L'arco intermedio fu eliminato e due dei costoloni furono prolungati fino allo spigolo del pilastro a sinistra dell'in-



Foto 25. Vista del portico bentivolesco

rato sviluppo in lunghezza rispetto alla larghezza e all'altezza (foto 25).

Il portico dovette adattarsi alla fabbrica preesistente ed allo spazio disponibile, eppure tende ad affermarsi come una struttura autonoma, anzi sembra quasi che si voglia sovrapporre alla chiesa.

Il basamento all'inizio del portico, presso la facciata della chiesa, coincide con il pavimento stradale, ma poi si mantiene sempre allo stesso livello fino alla fine, coprendo la parte inferiore delle arcate sepolcrali e della porta di S. Cecilia, mentre la

presenza di tali strutture avrebbe richiesto che le esistenti differenze altimetriche venissero rispettate. La costruzione del portico è datata 1478-1481.

Degna di nota è la costruzione di un portico retrostante la cappella di S. Cecilia nel 1590-1591, che si congiungeva al portico bentivolesco; purtroppo fu demolito nel 1906 per rimettere in luce un tratto delle antiche mura (figura 5).

In epoca rinascimentale si rinnovò anche l'interno della chiesa (1493-1498), creando una nuova entità estetica e statica.

Si decise di dividere trasversalmente la navata in quattro spazi quadrati, di cui i primi tre furono inquadrati da otto robusti pilastri addossati alle pareti e collegati da archi trasversali e longitudinali, su cui si impostarono tre volte a vela; il quarto, ridotto alla

stessa larghezza degli altri da due archi longitudinali impostati tra i due ultimi pilastri e la fronte del coro, venne coperto da una cupola.

Nel tardo XVII secolo, a causa di infiltrazioni d'acqua dalle volte a vela, si coprì la chiesa con una copertura lignea a due falde; solo nel 1914 vengono riscoperte le volte e rimesse in luce. La cupola è tutt'oggi coperta (figura 6).

Manca oggi alla nostra conoscenza della chiesa la nozione della sua antica illuminazione, intesa quale elemento integrante dell'espressione architettonica; infatti

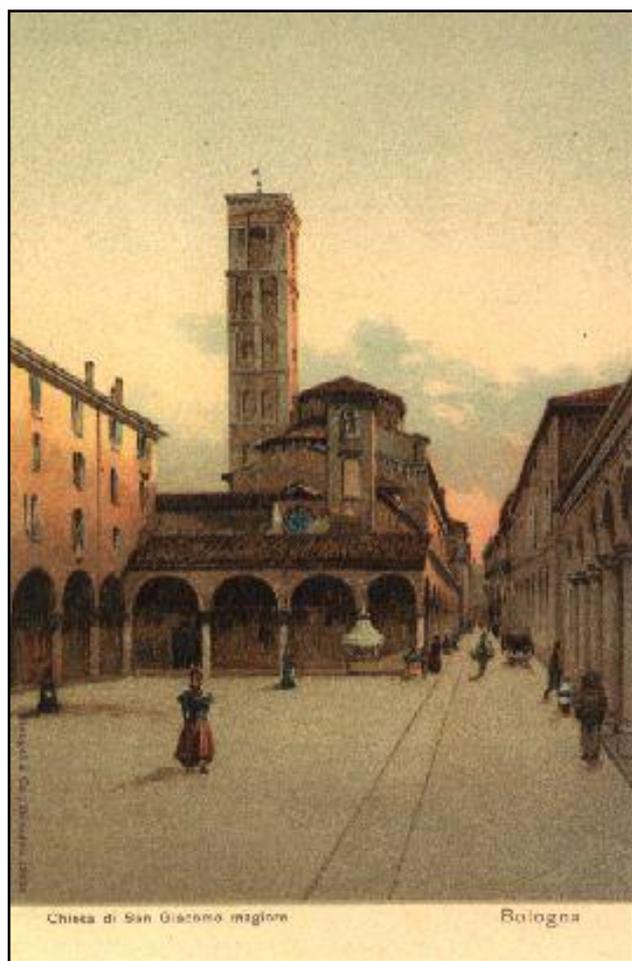


Figura 5. Portico scomparso



Figura 6. Vista della copertura della chiesa

quella inerente alle due principali fasi costruttive, cioè la medioevale e la rinascimentale, è stata completamente obliterata dall'intervento barocco. I grandi finestroni settecenteschi, oltre ad apparire sproporzionati e contrastanti con l'interno, conferiscono a questo una illuminazione violenta e discontinua, del tutto diversa da quella che la chiesa deve aver avuto in passato. Se solo si immaginano aperte tutte le monofore ora accecate, l'interno medioevale doveva apparire ben luminoso, molto più delle altre chiese dell'epoca. Uniforme e serena, la luce proveniente dalle lunghe monofore ogivali doveva diffondersi senza ostacoli nella vasta navata, mentre nel fondo, ad evitare che nei pieni murari soprastanti alle cappelle laterali sussistessero delle zone d'ombra, erano state aperte in altre due monofore; l'abside infine, con le sue cinque finestre, doveva costituire il fulcro radioso di tutto l'insieme.

Questa prima chiara sistemazione era già stata in parte alterata, come si è detto, dalla costruzione del campanile sulla cappella di destra, che aveva accecato completamente una delle due finestre tergali, e dal peribolo, che aveva coperto la parte inferiore della corrispondente monofora di sinistra, nonché di quella del coro. All'epoca della sistemazione rinascimentale, la zona absidale doveva risultare appena un po' più luminosa di adesso, mancando la conchiglia di stucco che più tardi ridusse ulteriormente la luce delle finestre del coro.

L'assoluta mancanza di tracce di altre aperture nella struttura esterna delle fiancate, oltre alle monofore ogivali e ai finestroni barocchi, ci convince che nessuna nuova finestra fu aperta allora nelle fiancate stesse; né erano necessarie, dato che erano ancora aperte le antiche monofore, chiuse solo nel 1505 a causa dei danni recati dal ter-

remoto di quell'anno. Sempre a causa delle scosse di terremoto del 1505, si riscontrò la rottura delle catene di ferro delle volte e di alcune lesioni alla facciata, che vennero riparate nel 1509.

Nei secoli seguenti non furono portate modifiche sostanziali alla struttura, semmai ci furono dei restauri statici ed artistici atti a conservare la chiesa e il portico bentivolesco: nel 1773 ci fu un primo restauro generale dell'interno della chiesa, seguito nel 1837 da un secondo; nel 1950 si tolse l'imbiancatura ai pilastri, alle cornici e agli archi. Un nuovo restauro artistico della durata di trent'anni fu deciso nel 1963-1966 e pare che tutt'oggi siano in studio nuovi interventi. Nel 1983-1994 fu eseguito un complesso lavoro di consolidamento strutturale in seguito alle lesioni manifestatesi nel 1982 con la rottura di alcune catene delle volte della navata. Tali lavori sono stati accompagnati da opere di consolidamento al portale romanico della facciata, alla cupola e al campanile.

Il portico subì il rifacimento di alcune colonne nel 1700; tra il 1826 e il 1828 furono sostituite 11 colonne con delle nuove costituite della stessa materia delle antiche (arenaria di Varignana), furono sostituiti alcuni abachi e capitelli. Del 1962-1963 è il restauro che portò alla riapertura delle arche sepolcrali.

La torre del campanile



Figura 7. Vista della torre del campanile e dell'abside

Cenni storici

Nel 1331 ebbero inizio i lavori di ampliamento ed innalzamento del complesso absidale e delle due cappelle laterali. Tali lavori, eseguiti dal 1331 al 1343, consistettero nella demolizione del fondo dell'antico abside, per un suo ampliamento verso le antiche mura della città, e del progressivo innalzamento della copertura.

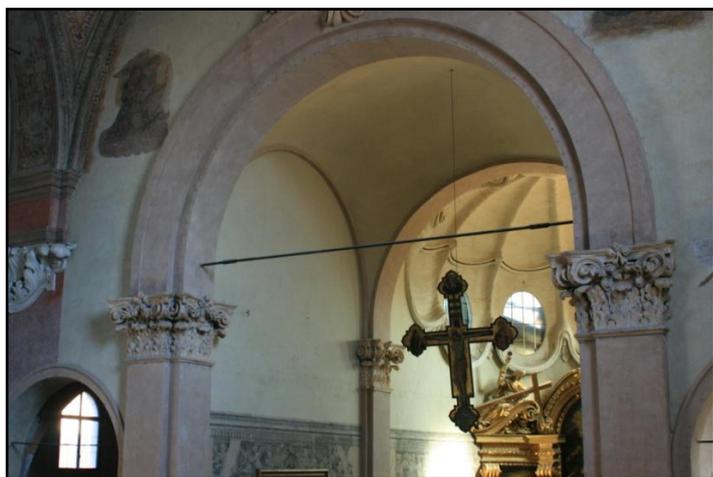


Foto 26. Volta a vela dell'altare maggiore

Quest'ultima era divisa in due parti: una volta a crociera copriva la campata quadrata sopra l'altare; una volta ad ombrello l'abside poligonale.

Nel 1665 si decise di nascondere le volte originali con delle volte fittizie: una volta a vela per quella a crociera e una conchiglia di stucco per la volta ad ombrello (foto 26 e 27).

Sempre in quell'anno l'arco dell'ingresso della cappella

maggiore fu trasformato da acuto a tutto sesto. Le due cappelle laterali subirono anch'esse delle trasformazioni: vennero rialzate e divennero parte del peribolo absidale. I lavori di quest'ultimo e delle cappelle radiali incominciarono nel 1343.

Sulla cappella di destra, nel 1336, si incominciò a costruire la torre del campanile.

I lavori possono essere divisi in tre fasi (figura 7): la prima fase si arrestò al primo piano della torre. Dal sottotetto dell'abside è evidente che a questa quota il campanile

presenta una inclinazione valutabile attorno all'1%. Molto probabilmente a causa di un cedimento del terreno, imputabile forse alla deviazione di un canale che passava nelle vicinanze, la struttura subì un abbassamento verso piazza Verdi. La volta sottostante subì sicuramente dei danni e quindi la torre, almeno



Foto 27. Conchiglia di stucco dell'abside

temporaneamente, dovette fermarsi a quest'altezza.

In seguito i lavori di innalzamento del campanile proseguirono, arretrando un po' la parte soggetta a rischio di cedimento, e nel 1349 i lavori si arrestarono al secondo ordine di finestre. Questa seconda fase è distinguibile dalla prima e dalla seguente per il tipo di motivo decorativo presente su ogni ordine di finestre e per la dimensione di quest'ultime.

La terza ed ultima fase dei lavori è databile dal 1471 al 1472 e consiste nella

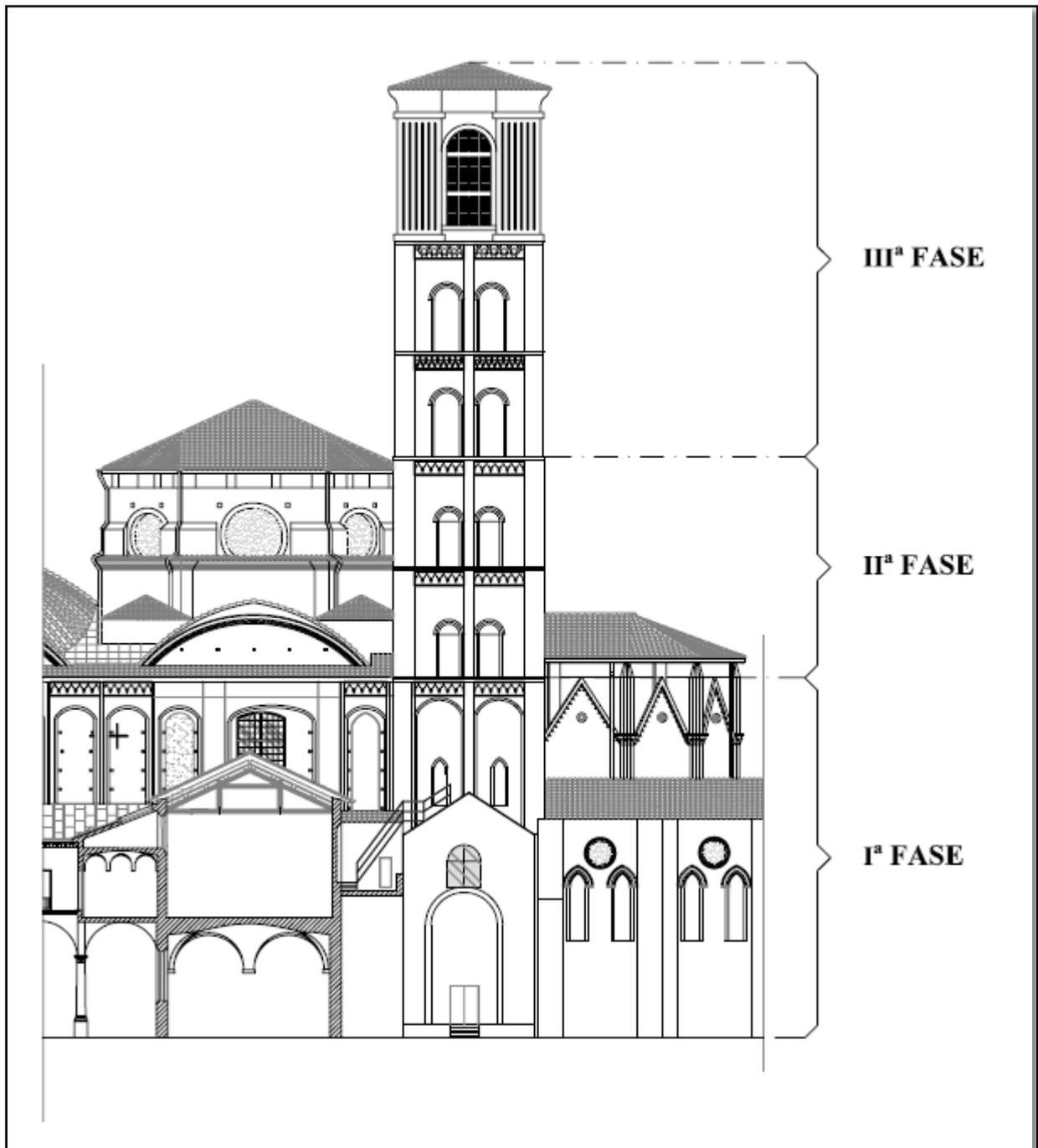


Figura 8. Fasi costruttive della torre del campanile

costruzione degli ultimi due ordini di finestre e della cella campanaria.

Nel primitivo progetto la torre doveva raggiungere la quota della seconda fase costruttiva; l'ulteriore innalzamento è dovuto al rialzo dell'abside. Quest'ultimo aveva raggiunto, nel tempo, una quota tale da far risultare il campanile basso e tozzo.



**Figura 9. Sovrapposizione del peribolo sulla
finestra dell'abside**

estetici rilevanti: la primitiva copertura a due falde della navata fu sostituita da tre volte a vela e da una cupola. Tali strutture poggiano su dei pilastri uniti da archi longitudinali e trasversali; gli archi che reggono la cupola vanno ad innestarsi sugli archi delle antiche cappelle laterali e la cupola stessa tocca la torre del campanile. Questa nuova sistemazione deve aver portato ad un nuovo equilibrio statico che riguarda anche la torre, dato che questa si regge sui pilastri dell'antica cappella di destra. Durante i lavori del 1665 gli archi d'ingresso delle due cappelle laterali, divenuti parte del peribolo, furono trasformati da acuti a tutto sesto.

Questo spiega la discontinuità temporale nella costruzione della torre e la conseguente fusione di motivi decorativi diversi.

Quanto detto ci dimostra come la torre, il peribolo e l'abside non facessero parte di un progetto unitario e definito. Lavori separati che si adeguavano a vicenda durante il loro avanzamento; ulteriore dimostrazione ne sono le decorazioni e parti architettoniche pensate in vista, ma coperte dagli elementi stessi. Un esempio su tutti sono le finestre dell'abside oscurate dal suo peribolo (figura 8).

Tra il 1493 e il 1498 la chiesa subì dei cambiamenti statici ed

I canali scomparsi

La Bologna medioevale non era caratterizzata solo dalle sue moltissime torri, ma anche da una fitta rete di canali che la attraversavano tutta e che davano alla città un aspetto particolarmente suggestivo, tanto che essa era per questo soprannominata la “Venezia del centro Italia”.

Anticamente l'importanza dei canali era sia politica, sia economica; l'acqua infatti impediva ai nemici di avvicinarsi, era una grande difesa e potersi difendere significava sopravvivere in una società violenta come quella medioevale. L'acqua però non era solo indispensabile per la guerra, ma era altrettanto importante per la pace; infatti la grande forza meccanica della corrente muoveva ogni macchina “industriale” come i mulini, i filatoi e i magli per la lavorazione del ferro. L'acqua era anche importantissima come mezzo di trasporto per le merci e le persone, mediante i grandi barconi che potevano arrivare fino al Po e quindi fino al mare.

I due più importanti canali da cui Bologna prendeva le acque per utilizzarle in tutti i modi suddetti, erano il canale di Reno e il canale di Savena (figura 10).

Il canale di Reno iniziava alla chiusa di Casalecchio, entrava in città percorrendo quella che oggi è via Riva di Reno, proseguendo per via Marconi, via Falegnami, attraversava via Indipendenza e arrivava fino a via Oberdan (in questo punto sono stati riaperti gli affacci che lo mostrano nel suo aspetto più antico). Qui piegava ad angolo retto verso nord e cambiava il nome in “canale delle Moline”.

L'altro grande canale di Bologna è il canale di Savena, che prende appunto l'acqua dal fiume Savena con la chiusa di S. Ruffillo; passa per l'antico mulino Parisio e i giardini Margherita, entrando poi in città attraverso porta Castiglione. Poco dopo il cassero di via Castiglione si biforca: il ramo minore seguiva via Castiglione fino all'Aposa,

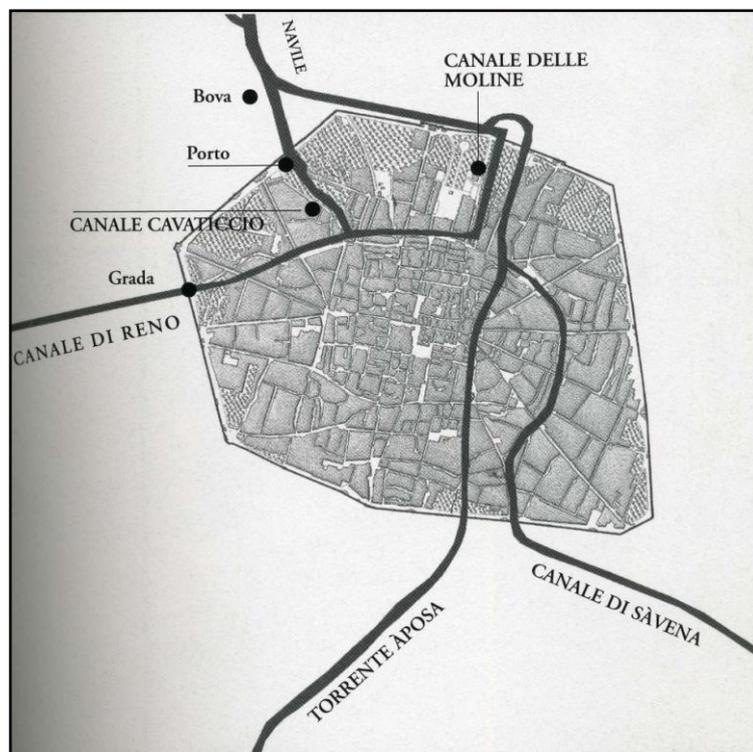


figura 10. Cartina dei due principali canali che percorrevano Bologna

all'altezza di via Clavature, mentre oggi passa per via Arienti. Il ramo principale scendeva lungo i fossati delle antiche mura, dette del Mille, passando attraverso via Rialto, via Guerrazzi, piazza Aldrovandi, via Giuseppe Petroni, via Castagnoli e via Moline dove può essere incanalato nell'Aposa o scendere presso via Centotrento fino ad arrivare fuori porta Mascarella dove si immette nel Savena abbandonato (figura 11).

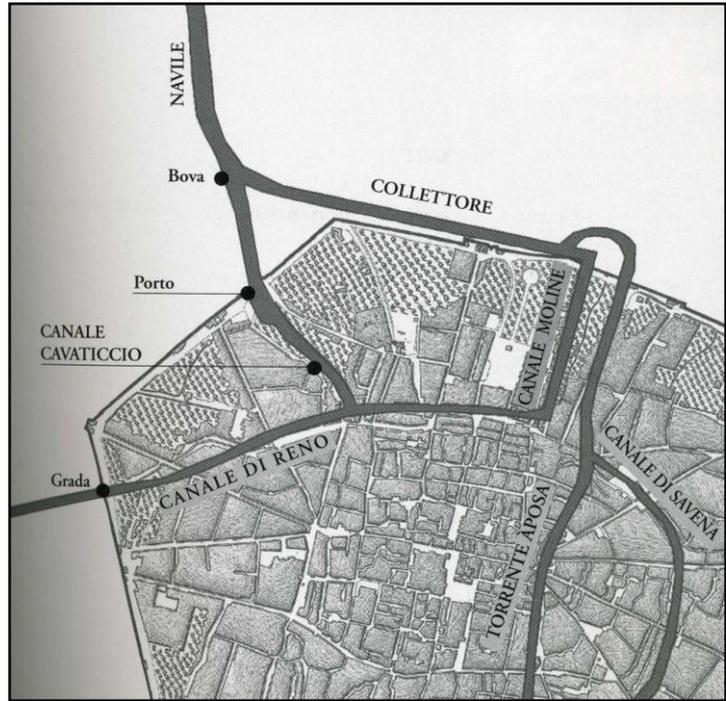


Figura 11. Particolare del canale di Savena adiacente alla Chiesa di S. Giacomo Maggiore

È importante, per lo studio condotto sulla chiesa di S.

Giacomo Maggiore, sapere che il canale di Savena passava per via Giuseppe Petroni e che, secondo alcuni documenti medioevali, esisteva un bagno pubblico lungo le

mura tra il serraglio di porta S. Vitale e la chiesa di S. Cecilia.

Inoltre osservando la figura, si può notare come dal Savena si dipartisse una rete fittissima di Canali secondari (figura 12); ci sarebbe bisogno di uno studio più approfondito per capire con esattezza fino a che punto la presenza di queste acque abbia potuto influenzare nel tempo la struttura della torre del campanile della chiesa.

È comunque lecito ipotizzare che la presenza dei canali con i loro articolati percorsi abbia contribuito al cedimento della parte inferiore della torre durante la sua costruzione.

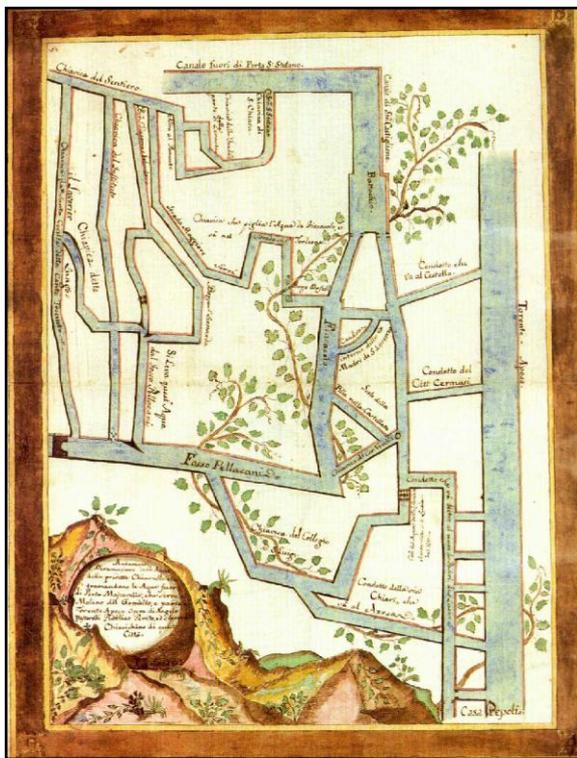


Figura 12. Rete di canali del Savena in un documento medioevale

Rilievo

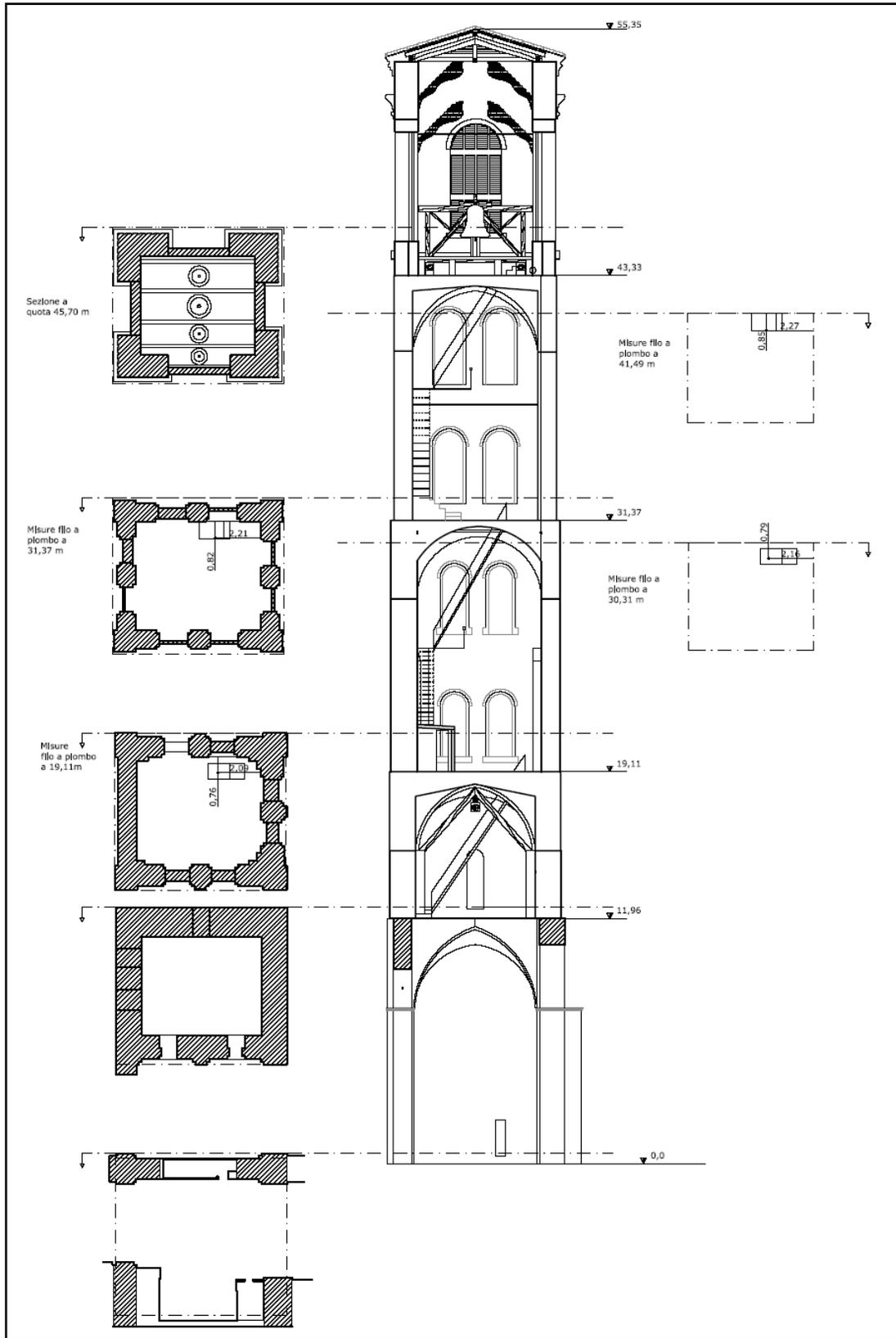


Figura 13. Sezione della chiesa nella sua interezza

Il piano terra

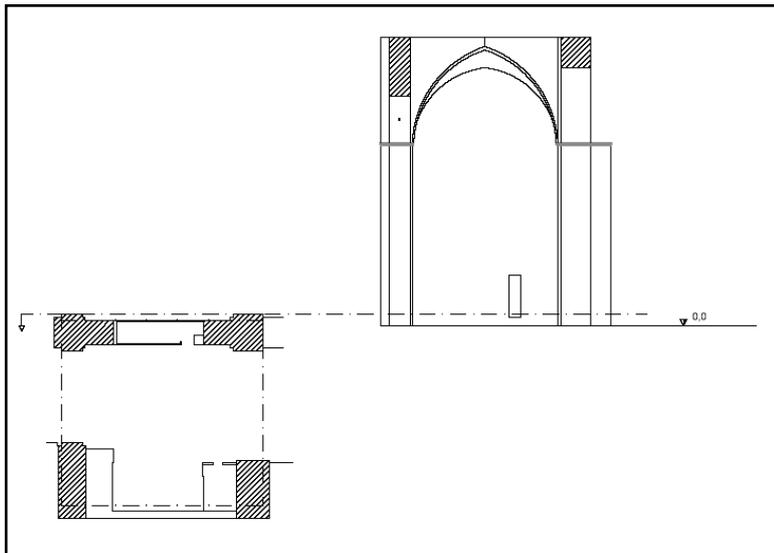


Figura 14. Sezione e pianta del piano terra

di epoca medioevale. Sul lato destro dell'antica cappella l'arco è stato rimpicciolito, anche se, guardando attentamente, è visibile la sua originale estensione (foto 30). La parte murata nasconde il primitivo accesso alla torre, oggi in disuso (foto 31). Questo arco rimaneggiato ci introduce ad una piccola cappella; esternamente la muratura presenta diversi rifacimenti ed emergono in maniera chiara segni di antichi archi e muri. Può darsi che in passato questa cappella fosse più profonda o che



Foto 29. Arco parallelo all'ingresso

La torre del campanile poggia sui quattro pilastri che delimitano la volta a crociera dell'antica cappella.

Ponendoci all'ingresso del peribolo i due archi paralleli alla facciata sono facilmente visibili e delimitano le due pareti superiori del campanile (foto 28 e 29).

Come accennato precedentemente l'arco a tutto sesto dell'ingresso è finto; dal peribolo è visibile l'arco acuto



Foto 28. Arco dell'ingresso del peribolo

addirittura congiungesse la chiesa alla sagrestia (foto 32). Il quarto arco (foto 33) è stato murato: una porticina ci introduce ad una piccola cappella, simile a quelle che cingono il resto dell'abside lungo il peribolo, oggi usata come ripostiglio. Gli affreschi ancora visibili potrebbero essere un buon motivo per riportarla alla luce.



Foto 30. Volta in camorcanna



Foto 31. Antico ingresso del campanile



**Foto 32. Esterno della cappella alla base
del campanile**



Foto 33. Cappella dell'abside murata

L'ingresso

L'accesso odierno al campanile è più tortuoso dell'originale e passa per l'esterno: si sale una ripida e stretta scala situata nel lungo portale che conduce alla sagrestia (foto



Foto 34. Accesso al campanile dal portale della sagrestia



Foto 36. Vano con impianti

34 e 35), per giungere in un primo vano dove sono presenti degli impianti elettrici (foto 36). Da qui, tramite una piccola rampa di scale, si accede da un lato all'organo e dall'altro al tetto del portale adiacente alla sagrestia. Quest'ultima breve rampa di scale è coperta da una tettoia lignea ad una falda, piuttosto degradata (foto 37). Dal tetto poi, tramite una scala esterna, si accede al primo piano della torre entrando da una delle finestre "murate" che danno sul cortile della sagrestia (foto 38).



Foto 35. Scala che conduce al tetto del portale



Foto 37. Copertura lignea della scala



Foto 38. Accesso odierno

Il primo piano

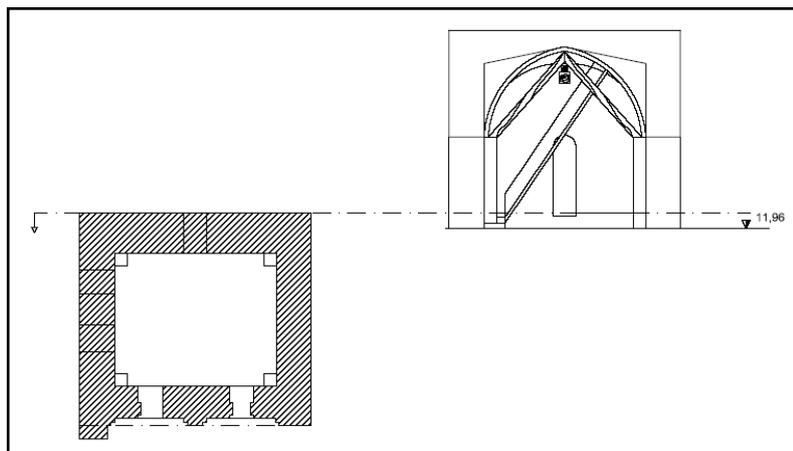


Figura 15. Sezione e pianta del primo piano

Il primo piano della torre presenta una pavimentazione piuttosto irregolare, alcune lesioni sulla muratura perimetrale e sulla volta a crociera che delimita questo primo vano.

Sul lato adiacente all'abside è visibile una monofora murata (foto 39); con ogni probabilità l'innalzamento dell'abside ha portato alla

sovrapposizione di quest'ultimo con l'antica apertura che fu quindi chiusa. Questa apertura è alquanto insolita: si trova al centro della parete ed è l'unica su questo lato; si potrebbe ipotizzare che originariamente si affacciasse all'interno della chiesa e che sia poi stata chiusa, magari quando si decise di costruire la finta volta a vela della cappella maggiore. Non abbiamo dati sufficienti a nostra disposizione per avvallare tale ipotesi ed inoltre un'apertura in quel punto è alquanto inusuale.

Percorrendo questo vano in senso antiorario, passiamo al lato parallelo e più vicino alla facciata: qui sono visibili due monofore murate (figura 40), chiuse probabilmente quando si decise di rinnovare la copertura della navata e di erigere la cupola.

L'arcone longitudinale che regge quest'ultima andava ad accecare l'apertura più esterna.

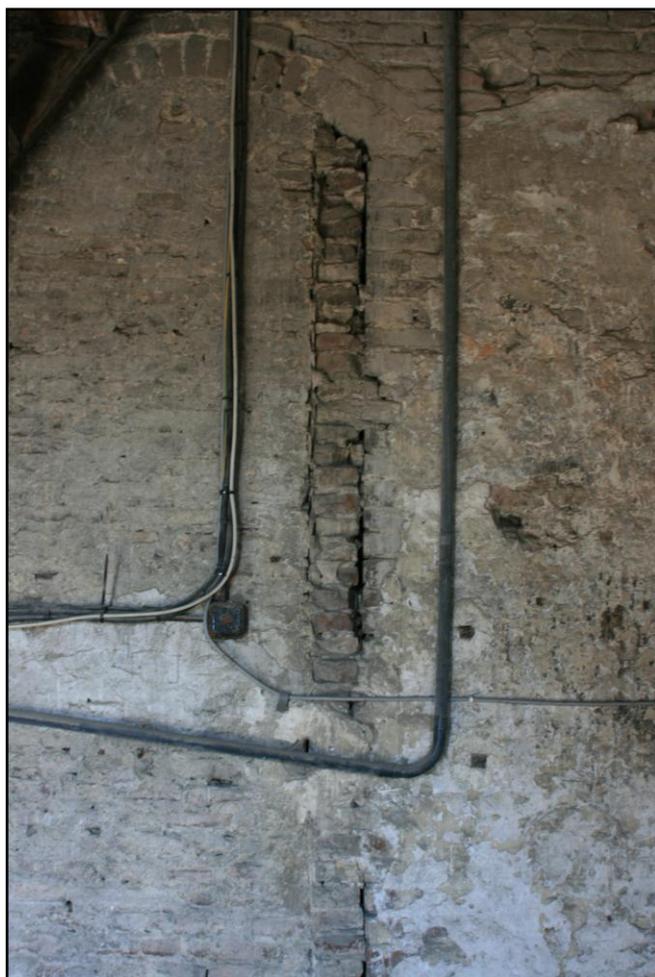


Foto 39. Monofora murata sul lato dell'abside



Foto 40. Monofore murate sul lato parallelo e più vicino alla facciata

Anche qui troviamo delle particolarità: l'apertura vicina alla chiesa è più stretta ed alta, mentre l'altra più bassa e tozza. La muratura non ci indica dei rimaneggiamenti che possano far pensare ad una loro antica simmetria.

Ritengo che queste due finestre siano state aperte in epoche diverse per dar luce al vano, ma richiuse forse per incrementare la stabilità della torre. Un'altra ipotesi è che la finestra di sinistra potesse

essere in realtà un accesso alla capriata lignea dell'antica copertura. Accesso creato per esigenze di manutenzione. La finestra di destra invece altro non poteva essere che un'apertura che dava nella chiesa. Secondo questa ipotesi la loro differenza nelle dimensioni mi risulta più credibile e con una certa logica.

Il lato da dove siamo entrati presenta due monofore uguali: murate entrambi, una è stata parzialmente riaperta per consentire l'ingresso, l'altra nasconde l'antico accesso (foto 41). Quest'ultimo taglia tutta la muratura rendendo, forse, questa zona un po' debole rispetto ai lati circostanti.

L'ultimo lato, quello più distante dalla facciata, è intonacato e quindi mi è impossibile vedere la muratura originale. Comunque escludo la presenza di antiche aperture, poiché esternamente la muratura è continua e non noto rifacimenti che mi facciano pensare il contrario.

La muratura in questo primo piano risulta abbastanza regolare, anche se presenta diverse piccole lesioni e bucatore chiuse principalmente con del gesso. I laterizi presentano una colorazione piuttosto scura, quasi nera: la causa è imputabile ad un incendio di limitate proporzioni scoppiato in



Foto 41. Ingresso alla torre del campanile



Foto 42. Aperture presenti nella muratura più lontana dalla facciata

questo vano. Anche nei piani superiori del campanile si riscontrano segni neri causati dal fumo, ma non in maniera così estesa ed accentuata.

A mezza altezza, nella parete più lontana dalla facciata, è presente una serie regolare di piccole aperture (foto 42); sui lati perpendicolari sono a loro volta presenti delle differenze quasi impercettibili nella muratura alla stessa altezza. Molto probabilmente era

presente una piccola tettoia, forse anche un setto che divideva il vano in due parti distinte. Inoltre nella pavimentazione, proprio nella zona che corrispondeva a questo vano semichiuso, sono visibili i resti di uno scolo (foto 43). È probabile che l'incendio abbia avuto inizio da questo punto, anche se non conosciamo a cosa fosse destinato questo spazio.



Foto 43. Antico scolo

La volta a crociera sembra poggiare su quattro pilastri, sicuramente posteriori a questa, di 45cm di lato (visibili nella foto 41). Il colore molto chiaro dei laterizi, la mancanza di tessitura dei pilastri con la muratura e l'apparecchiatura più regolare e precisa ne dimostrano la posteriorità. Poiché nel piano superiore è presente un piccolo pilastro a L è presumibile che anche al piano in cui ci troviamo ci fosse un pilastro, forse un po' più grosso. Ritengo che il pilastrino originale sia stato inglobato da quello nuovo il cui scopo è solo quello di reggere il rinforzo ligneo della volta a crociera. La struttura della volta deve aver destato qualche preoccupazione perché in tempi recenti è stata rinforzata con delle travi di legno che partono dalla sommità dei pilastri per arrivare alla chiave, le travi sono sorrette in sommità da un grosso trave trasversale (foto 44, 45, 46).

I lavori non sono stati condotti con la serietà necessaria dato che l'intervento sembra piuttosto affrettato e poco curato. Anche l'utilizzo del gesso, materiale usato per chiudere varie fessure presenti nella muratura e per fissare i travi sopracitati, non mi pare una scelta tra le più opportune.

Una conseguenza dell'utilizzo di questo legame è il degrado dell'unico tirante visibile sul lato più lontano



Foto 44. Innesso dei travi di legno



Foto 45. Particolare travi di sostegno della volta

muratura, a parte quelle riscontrate nei primi due piani della torre; entrambe sono situate nella parete parallela alla facciata e più distante da questa. Ciò fa pensare che i costruttori dell'epoca fossero preoccupati da quella particolare parete come se fosse più debole delle altre. Probabilmente la catena al primo piano fu inserita dopo il crollo che la torre subì verso piazza Verdi. La catena del piano superiore invece ritengo sia stata posta durante la costruzione: siamo nella seconda fase costruttiva.

Infine possiamo notare come nella muratura più alta, all'attacco con la

dalla facciata: la catena è annegata nella muratura e in alcuni punti è stata ricoperta dal gesso (foto 47). Nelle zone visibili la barra di ferro si presenta totalmente arrugginita, quasi deformata (foto 48). Questa catena, come quella simile riscontrata al piano superiore, potrebbe essere contemporanea alla costruzione della torre e denota una sensibilità della parete. Infatti non ho rilevato altre catene interne alla



Foto 46. Struttura di rinforzo della volta a crociera



Foto 47. Catena murata

volta, sia presente una spaziatura. Questo spazio ritengo sia dovuto alla centina lignea utilizzata per la costruzione della volta; in alcuni punti sembrano scorgersi ancora delle parti di questa struttura lignea (foto 49).



Foto 48. Particolare della catena deformata



Foto 49. Attacco della volta alla muratura

Il secondo piano

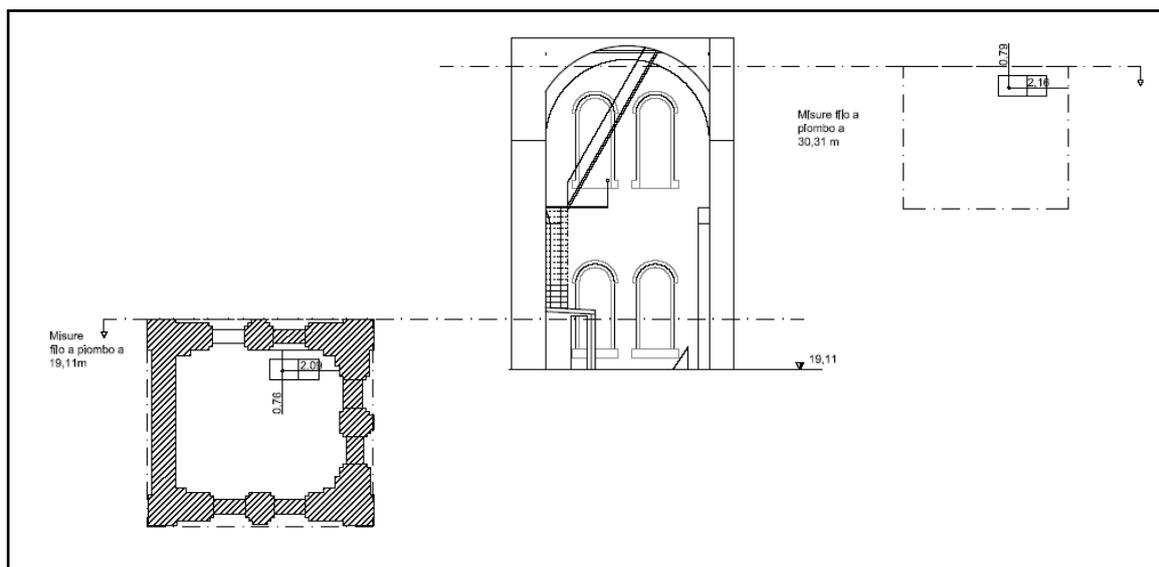


Figura 16. Sezione e pianta del secondo piano

Tramite una scala in legno non troppo stabile (questa è la più sicura di tutta la torre) si accede al secondo piano del campanile (foto 50).



Foto 50. Scala lignea che conduce al secondo piano della torre del campanile

Questo vano è molto alto e contiene i primi due ordini di monofore guardando dall'esterno. La pavimentazione e la muratura sono abbastanza regolari e senza particolari lesioni; le doppie monofore accecate sono presenti su tutti i lati e, tramite la parziale riapertura di una di queste, si accede al sottotetto dell'abside (foto 51). Il vano è coperto da una volta a vela e in sommità si possono notare la quattro catene che cingono

i lati della torre (foto 52). Queste catene sono relativamente nuove, anche se arrugginite, e all'esterno sono visibili le loro chiavi. In basso è presente una catena uguale a quella del primo piano, sullo stesso lato, e anche questa è parecchio arrugginita (foto 53); esternamente non se ne scorge la chiave e la catena è annegata nella muratura. Sul lato più vicino alla facciata esiste un piccolo vano, probabilmente simile a quello scomparso del piano inferiore (foto 54).



Foto 51. Accesso al sottotetto dell'abside



Foto 52. Volta a vela e catene



Foto 53. Catena murata del secondo piano

apertura visibile è situata più in alto di quella descritta pocanzi, sopra la copertura del vano, e ritengo sia stata creata durante i lavori della nuova copertura della chiesa. Infatti il suo utilizzo è unicamente quello di poter ispezionare le volte della navata e di poter accedere, tramite una scala esterna, alla cupola (foto 56, 57, 58).

Dal sottotetto dell'abside è possibile vedere un tratto della torre e notare alcune di quelle incongruenze descritte precedentemente e causate da un progetto non unitario. In particolare si può osservare come, al di so-



Foto 54. Vano presente al secondo piano



Foto 55. Monofora vicina all'abside

Su questa parete le due monofore non sono uguali: la loro disposizione, soprattutto quella adiacente al sottotetto dell'abside, è decentrata. Quest'ultima è molto vicina alla parete e a mio parere dava all'interno della chiesa (foto 55).

La sua simmetrica non è più visibile perché la muratura in quel punto (siamo all'interno del piccolo vano) è stata imbiancata. L'altra

pra del motivo decorativo che delimita il piano, la muratura perimetrale della torre subisca una rientranza. Questa rientranza è presente solo sui due lati esterni della chiesa, mentre la muratura che dà nel sottotetto dell'abside e quella più vicina alla cupola continuano senza soluzione di continuità. Le ipotesi sono due: questa rientranza è una soluzione architettonica per dividere la base



Foto 56. Monofora disposta in alto

scale divise da un ballatoio, il tutto in legno; la struttura non è tra le più stabili. Dal ballatoio, situato a circa metà altezza del vano, è visibile un rifacimento della muratura che percorre i tre lati del campanile alla stessa altezza. È una striscia di pochi centimetri che fa pensare ad un possibile solaio non più presente; inoltre il pilastrino ad L termina esattamente in quel punto con un taglio inclinato e sembrerebbe che la sua terminazione sia frutto di un rimaneggiamento (foto 59).



Foto 58. Particolare della connessione torre-cupola

del campanile dalla torre, per accentuare una diversa forma architettonica. Oppure è una soluzione statica per dare più solidità ad una struttura che ha un lato più debole. Propendo per la seconda ipotesi, anche perché a dimostrazione di questa si può notare come il pilastro, visibile dal sottotetto, rientri senza subire una variazione di sezione. Per arrivare al terzo piano del campanile si percorrono due rampe di



Foto 57. Vista dalla monofora

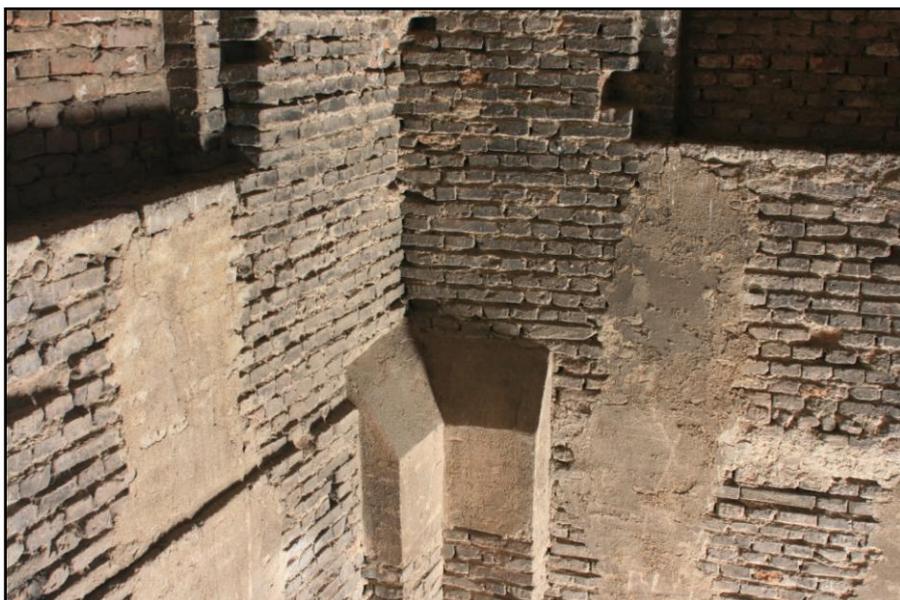


Foto 59. Rimaneggiamento sulla muratura all'altezza della terminazione del pliastrino

Il terzo piano

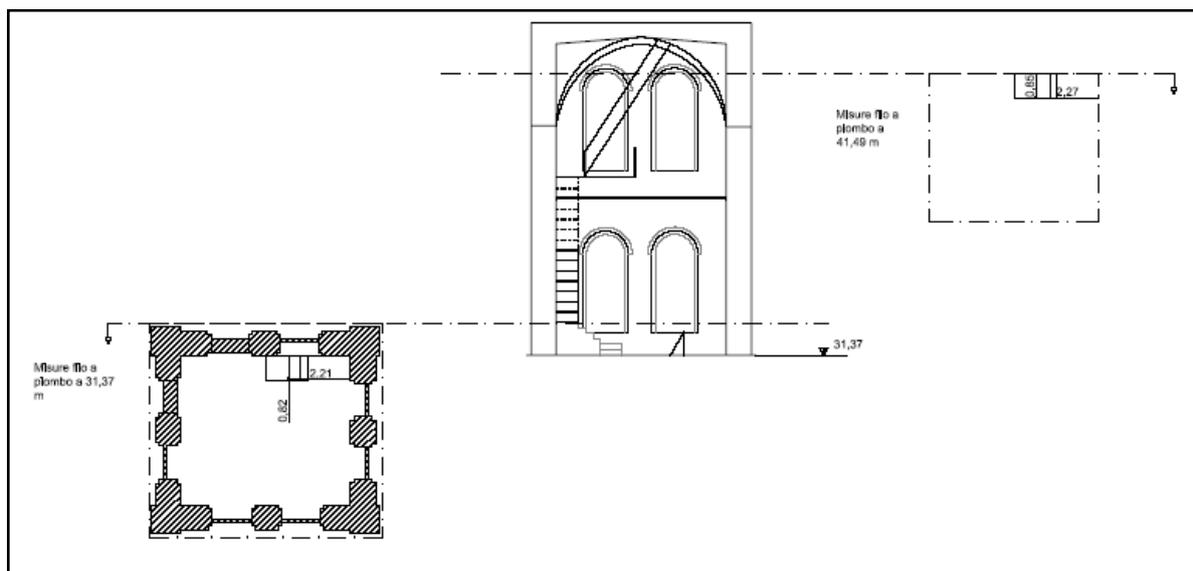


Figura 17. Sezione e pianta del terzo piano

Il vano del terzo piano è simile a quello sottostante: occupa due fila di monofore murate e la muratura, seppure un po' rimaneggiata e con diverse aperture ricucite, è abbastanza regolare. La copertura è a volta a crociera (foto 60) e presenta diverse



Foto 60. Volta a crociera del terzo piano

piccole aperture con delle canalette in legno, da cui probabilmente passavano le corde per suonare le campane; a metà altezza sono visibili le quattro catene che cingono i lati del campanile (foto 61). La volta è percorsa per tutta la sua lunghezza, dal lato che da sulla sagrestia a quello parallelo che da su via Zamboni, da una lesione.

In questo piano non è visibile alcuna catena murata come nei precedenti vani, ma questo non esclude una loro esistenza.

Sulla muratura di tamponamento di una delle monofore basse è visibile un disegno, probabilmente seicentesco (foto 62). La doppia scala divisa dal ballatoio che porta al piano superiore è uguale a quella del secondo piano. Soffermandoci sul ballatoio non sono visibili i rifacimenti sulla muratura perimetrale riscontrati al piano inferiore, non era quindi presente un solaio che divideva il vano.



Foto 61. Catene a mezza altezza del vano



Foto 62. Disegno seicentesco su una monofora murata

Il campanile

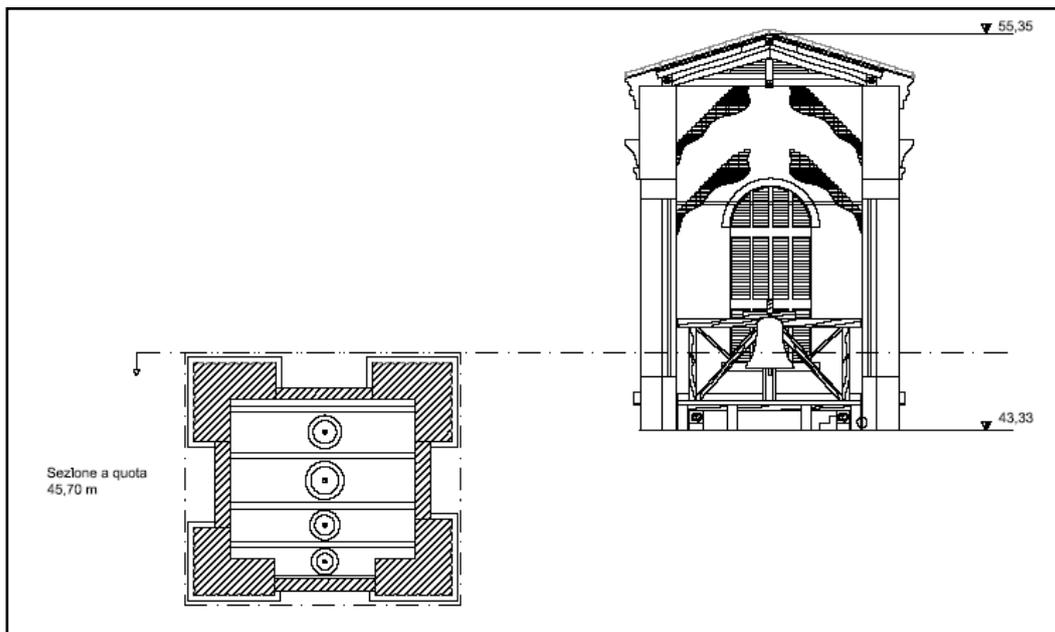


Figura 18. Sezione e pianta della cella campanaria

L'ultimo piano della torre è più basso dei due precedenti e contiene le campane. Sono presenti sei campane: quattro in basso di cui una più grande delle altre, due di dimensioni molto ridotte ai lati posizionate in alto rispetto alle altre. Le campane sono sorrette da una struttura reticolare lignea che poggia sulla pavimentazione mediante pilastri in legno e in muratura (foto 63). Questi ultimi sono probabilmente dei rinforzi posteriori.

Il piano di calpestio è situato a circa un metro dall'estradosso della volta ed è costituito da un tavolato ligneo.



Foto 63. Pilastri che reggono la reticolare lignea ed il piano di calpestio

Quattro finestroni occupano ognuno quasi tutta la parete che li ospita e sono chiusi da delle imposte in legno; queste ultime sono sicuramente da cambiare, dato lo stato di degrado del legno (foto 64).

La muratura è in buono stato, senza rimaneggiamenti; in sommità questa si presenta incompleta: ci sono dei rientri negli angoli che indicano l'intenzione



**Foto 64. Finestroni e catena che cinge due lati
paralleli a questa altezza**

lunghezza della parete. Inoltre negli angoli è stato lasciato lo spazio per le imposte, riducendo la sezione del muro e creando così dei punti deboli. Due catene cingono la muratura a metà altezza del vano, in direzione parallela a via Zamboni (visibile nella foto 64). Altre due catene poste perpendicolarmente alle prime si trovano in basso, sotto l'impalcato ligneo (foto 66).

di coprire quest'ultimo vano con una volta. Questa non è stata eseguita e in sostituzione è stata costruita una copertura lignea che poggia direttamente sulle pareti senza la presenza di un cordolo perimetrale (foto 65). Questa soluzione, anche se non ha causato cedimenti o lesioni, non è delle migliori: i pesi insistono con carichi concentrati sulla muratura e non in maniera uniforme su tutta la



Foto 65. Particolare dell'attacco copertura-muratura



Foto 66. Particolare della catena sotto l'impalcato ligneo

L'antico ingresso



Foto 67. Accesso situato al primo piano del campanile

Originariamente si accedeva alla torre del campanile dall'interno della chiesa, da una scala verticale divisa in tre tratti situata nella prima cappella esterna del peribolo. Dal primo piano del campanile è possibile percorrere tale antico accesso quasi interamente (foto 67), l'ultimo tratto è privo di scala (tra il piano terra e il primo ballatoio foto 68, 69).

È possibile notare alcuni elementi come la volta rialzata della cappella con la sottostante volta in camorcanna e gli affreschi sulla parete laterale (foto 70, 71, 72, 73). Nel passato la scala era visibile e gli affreschi lo dimostrano; in un secondo tempo, per nascondere l'accesso al campanile, fu costruita la finta volta restringendo così la cappella.



Foto 68. Scala che dal primo piano della torre porta al piano terra



Foto 69. Particolare della scala che porta al piano terra



Foto 70. Antica volta rialzata



Foto 71. Volta in camorcanna



Foto 72. Particolare degli affreschi presenti



Foto 73. Particolare degli affreschi presenti

Il sottotetto del peribolo absidale



Foto 74. Volta dell'altare maggiore

(foto 74 e 75). Inoltre è visibile l'antica muratura della testata posteriore (foto 76).

Il sottotetto è delimitato da un coronamento a cuspidi e pinnacchi (foto 76), terminazione originale dell'abside, ed è coperto da una capriata in legno piuttosto recente. La copertura del coro è a due falde, mentre quella dell'altare maggiore, che corrisponde pressappoco alla larghezza della torre, è ad una falda. Originariamente la copertura doveva essere



Foto 76. Testata posteriore della chiesa

Dal secondo piano del campanile è possibile accedere al sottotetto dell'abside tramite la parziale riapertura di una monofora murata. Questo spazio è molto interessante poiché si può osservare la muratura del campanile e i suoi decori, come se ne è discusso precedentemente, inoltre ci dà la possibilità di analizzare da vicino le antiche volte dell'altare maggiore e del coro



Foto 75. Volta del coro

molto più bassa per poter lasciare in vista la croce sulla muratura di testata e poter dare risalto al coronamento di gusto gotico.

Tutto l'ambiente è caratterizzato da pesanti rimaneggiamenti: le cuspidi e i pinnacchi sono stati murati tra loro e sono stati costruiti dei pilastri per reggere la copertura (visibili nella foto 77). La muratura del campanile e della testata presentano diverse bucatore e

le travi della capriata la perforano in più punti. Sono visibili inoltre il capochiave del tirante della torre (foto 78) e una parte della cerchiatura della cupola che oltrepassa la testata posteriore (foto 79).

Le due volte originali presentano diverse lesioni ed in particolare una nel punto di attacco fra loro.

I lavori eseguiti per la coper-



Foto 77. Motivo gotico dell'abside

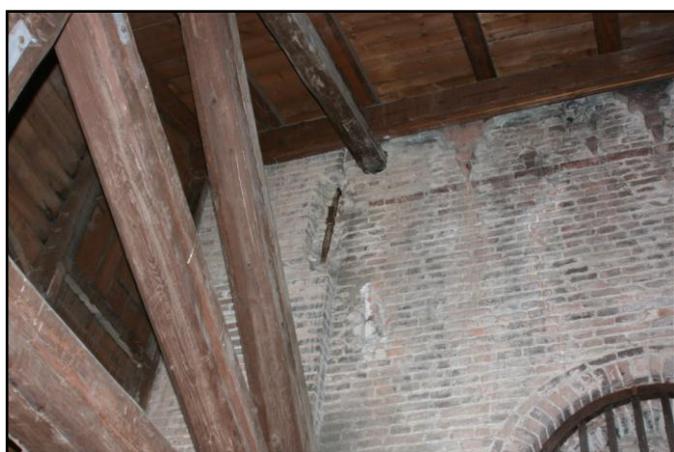


Foto 78. Particolare del capochiave del tirante del secondo piano della torre

tura devono risalire a quelli del primo piano della torre (rinforzo della volta a crociera) e sembrerebbe siano stati sospesi per un qualche motivo. Sarebbe opportuno terminarli e ripulire l'ambiente.



Foto 79. Particolare della cerchiatura della cupola

La muratura

In questo capitolo si andrà ad analizzare la muratura di ogni piano della torre, per poter trarre delle conclusioni sull'età della costruzione e i suoi metodi costruttivi. Quest'analisi ci sarà utile per poter ipotizzare la resistenza della muratura ed il suo comportamento statico, con una descrizione delle lesioni presenti.

Il piano terra

Come già descritto precedentemente, la torre del campanile poggia su quattro pilastri, che costituiscono l'ingresso del peribolo absidale. Non è possibile ispezionare la muratura del piano terra ed i relativi pilastri, poiché la chiesa è stata intonacata e quindi non è visibile l'antica muratura.



Foto 80. Muratura antico ingresso

Tuttavia, percorrendo l'antico ingresso della torre, possiamo notare diversi punti in cui gli originali affreschi medioevali sono scomparsi, lasciando ben in vista la struttura muraria (foto 80).

Quest'ultima si presenta piuttosto regolare con laterizi lun-

ghi circa 29cm, spessi 5,5cm e larghi 12cm; la malta è spessa 2cm.

Da una lesione sulla muratura, possiamo affermare che questa è a sacco; a conferma di ciò possiamo osservare la muratura in altri punti della chiesa, ad esempio sul lato sinistro, ispezionabile dal sottotetto del portico bentivolesco (foto 81).



Foto 81. Muratura a sacco visibile dal sottotetto del portico bentivolesco

Il primo piano

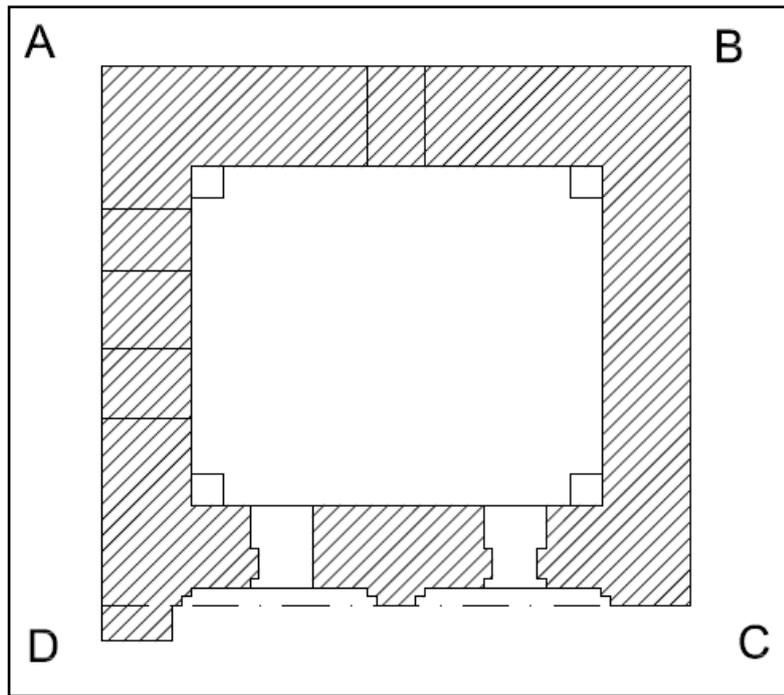


Figura 19. Pianta primo piano

creando un gioco di luci che conferisce alla muratura un aspetto massiccio. Inoltre la parte più esterna della malta è polverizzata e viene via facilmente usando le dita: probabilmente è stata indebolita dall'incendio. Di seguito sono riportate le tabelle, con i rilievi eseguiti sulle muraure dei quattro lati del primo piano.



Foto 83. Muratura lato AB

La muratura del primo piano si presenta piuttosto regolare e senza particolari rifacimenti, con laterizi molto scuri a causa di un antico incendio (foto 82-88).

Sul lato AB, in basso, è presente un rifacimento che interessa 4-5 filari di laterizi.

La malta, unicamente in questo piano, non è uniforme tra laterizio e laterizio; spostandoci dall'alto verso il basso, per tutto il suo spessore, essa rientra,



Foto 82. Muratura lato AB



Foto 84. Muratura lato BC



Foto 85. Muratura lato BC



Foto 86. Muratura lato CD



Foto 87. Muratura lato DA



Foto 88. Muratura lato DA

AB		
5 filari di laterizi	33,00cm	
Spessore malta	1,50cm	
	2,00cm	
Spessore laterizi	5,00cm (8)	
	5,50cm (9)	
	5,30cm (2)	
	5,20cm (1)	
Lunghezza laterizi	29,00cm (8)	11,50cm 11,70cm
	28,50cm (6)	12,00cm 12,30cm
	28,00cm (5)	12,50cm 11,00cm
	28,70cm (1)	13,00cm

BC		
5 filari di laterizi	43,00cm	
Spessore malta	1,50cm	
	2,00cm	
Spessore laterizi	5,00cm (8)	
	5,50cm (9)	
	5,30cm (2)	
	5,20cm (1)	
Lunghezza laterizi	29,00cm (8)	11,50cm 11,70cm
	28,50cm (6)	12,00cm 12,30cm
	28,00cm (5)	12,50cm 11,00cm
	28,70cm (1)	13,00cm

CD		
5 filari di laterizi	Non rilevabile	
Spessore malta	1,50cm	
	2,00cm	
Spessore laterizi	5,50cm	
Lunghezza laterizi	28,70cm	11,50cm 12,30cm
		12,50cm

DA		
5 filari di laterizi	32,00cm	
Spessore malta	1,50cm	
	2,00cm	
Spessore laterizi	5,00cm (8)	
	5,50cm (9)	
	5,30cm (2)	
	5,20cm (1)	
Lunghezza laterizi	29,00cm (8)	11,50cm 11,70cm
	26,30cm (6)	12,00cm 12,30cm
	28,00cm (5)	12,50cm 11,00cm
	28,70cm (1)	13,00cm

Il secondo piano

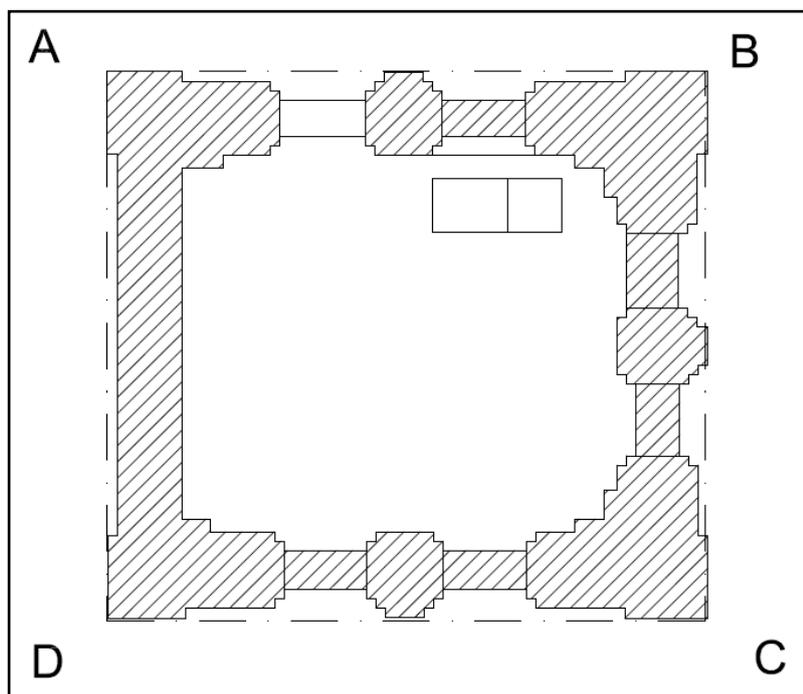


Figura 20. Pianta secondo piano

La muratura del secondo piano della torre si presenta piuttosto regolare, con diversi rifacimenti: soprattutto piccoli interventi puntuali di ricucitura (foto 90-97).

A metà altezza del vano a livello del ballatoio, la muratura ci indica l'esistenza di un'antica pavimentazione oggi scomparsa.

Sul lato DC la muratura tra le due monofore presenta una colorazione più chiara e la malta è meno spessa: 1,50cm contro i 2,00cm

della restante muratura (foto 89). Questa caratteristica si presenta in maniera più evidente nel piano superiore. Tale discrepanza fa pensare ad un rifacimento di quest'area, dovuto presumibilmente a una lesione; ritengo che tali lesioni abbiano spinto a murare le monofore della torre. Di seguito sono riportate le tabelle con i rilievi eseguiti sulla muratura dei quattro lati del secondo piano.



Foto 89. Muratura tra le monofore



Foto 90. Muratura lato AB



Foto 91. Muratura lato AB



Foto 92. Muratura lato BC



Foto 93. Muratura lato BC



Foto 94. Muratura lato CD

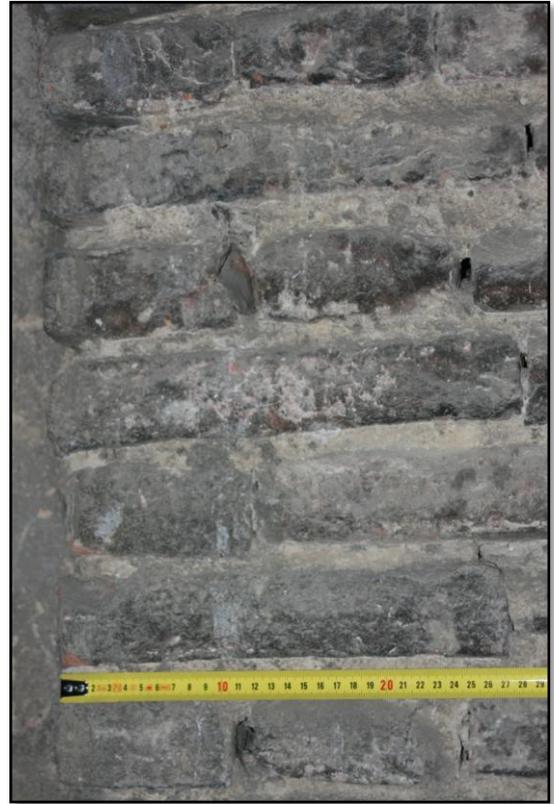


Foto 95. Muratura lato CD



Foto 96. Muratura lato DA



Foto 97. Muratura lato DA

AB		
5 filari di laterizi	34,00cm	
Spessore malta	1,50cm	
	2,00cm	
Spessore laterizi	5,00cm (8)	
	5,50cm (9)	
	5,30cm (2)	
	5,20cm (1)	
Lunghezza laterizi	29,00cm (8)	11,50cm 11,70cm
	28,50cm (6)	12,00cm 12,30cm
	28,00cm (5)	12,50cm 11,00cm
	28,70cm (1)	13,00cm

BC		
5 filari di laterizi	34,00cm	
Spessore malta	1,50cm	
	2,00cm	
Spessore laterizi	5,60cm (5)	
	5,50cm (8)	
	5,00cm (3)	
	5,20cm (4)	
Lunghezza laterizi	28,70cm (7)	11,50cm 11,70cm
	28,90cm (9)	12,00cm 12,30cm
	27,90cm (1)	12,50cm 11,00cm
	29,00cm (3)	13,00cm

CD		
5 filari di laterizi	33,80cm	
Spessore malta	1,50cm 2,00cm	
Spessore laterizi	5,10cm (3) 5,40cm (6) 5,60cm (8) 5,50cm (3)	
Lunghezza laterizi	29,00cm (9) 28,80cm (8) 27,00cm (3)	11,50cm 11,70cm 12,00cm 12,30cm 12,50cm 11,00cm 13,00cm

DA		
5 filari di laterizi	34,00cm	
Spessore malta	1,50cm 2,00cm	
Spessore laterizi	5,40cm (7) 5,50cm (8) 5,20cm (3) 5,00cm (2)	
Lunghezza laterizi	28,00cm (4) 29,00cm (6) 28,50cm (4)	11,50cm 11,70cm 12,00cm 12,30cm 12,50cm 11,00cm 13,00cm

Il terzo piano

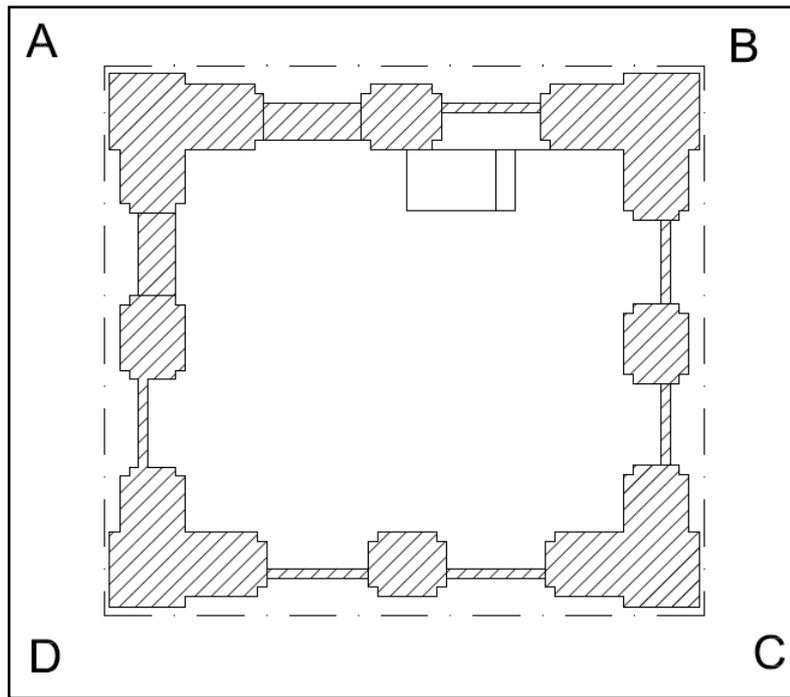


Figura 21. Pianta terzo piano

La muratura del terzo piano si presenta piuttosto regolare, senza significativi rifacimenti (foto 98-105); in questo piano sono più evidenti le discrepanze tra la muratura negli angoli e quella tra le monofore. Come rilevato nel piano inferiore, la malta tra le monofore è meno spessa e i laterizi sono più chiari (foto 106). Di seguito sono riportate le tabelle con i rilievi eseguiti sulla muratura dei quattro lati del terzo piano.



Foto 98. Muratura lato AB

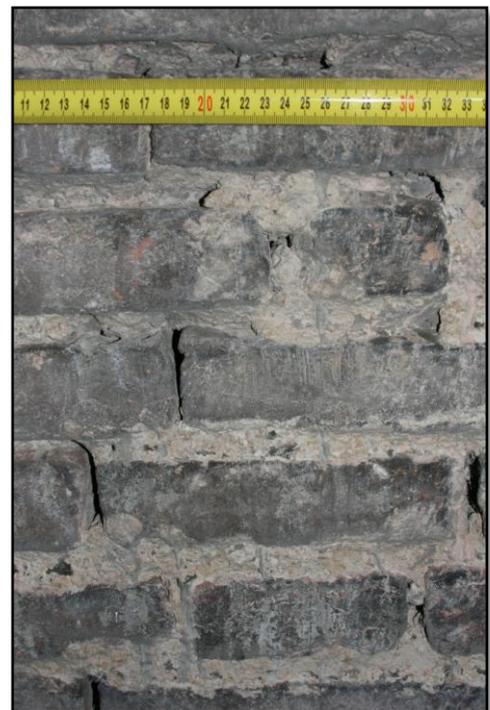


Foto 99. Muratura lato AB



Foto 100. Muratura lato BC



Foto 101. Muratura lato BC

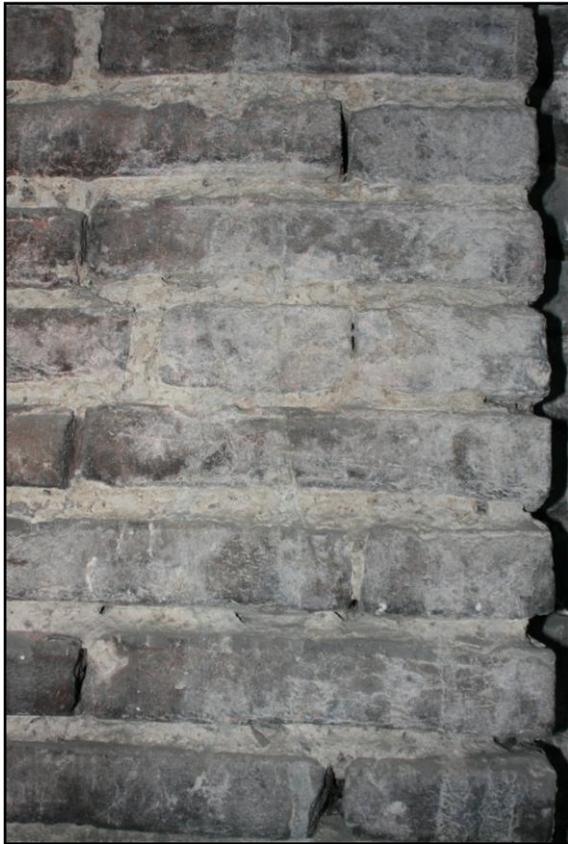


Foto 102. Muratura lato CD

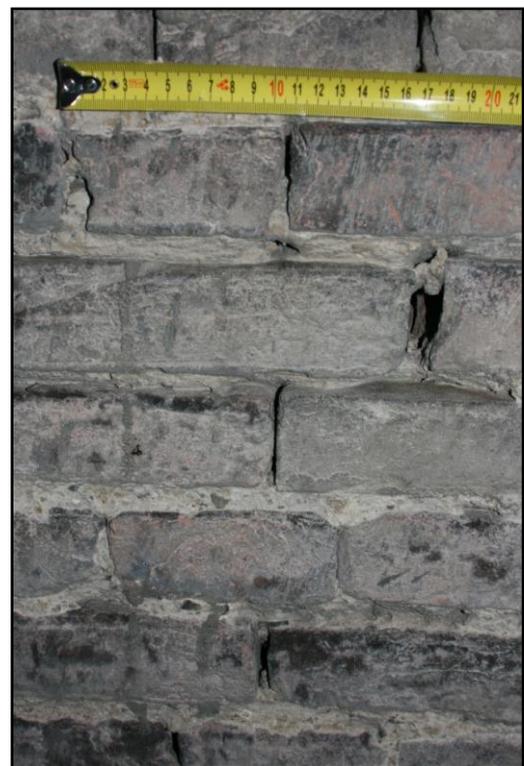


Foto 103. Muratura lato CD



Foto 104. Muratura lato DA



Foto 105. Muratura lato DA

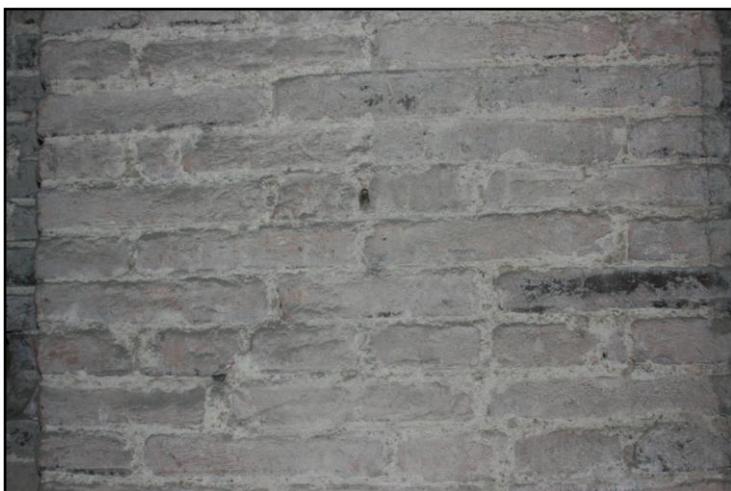


Foto 106. Muratura tra le monofore

AB		
5 filari di laterizi	33,00cm	
Spessore malta	1,00cm	
	2,00cm	
Spessore laterizi	5,50cm (9)	
	5,70cm (3)	
	5,30cm (4)	
	5,40cm (4)	
Lunghezza laterizi	28,00cm (3)	11,50cm 11,70cm
	28,50cm (7)	12,00cm 12,50cm
	27,50cm (2)	11,00cm 13,00cm
	29,00cm (8)	9,00cm

BC		
5 filari di laterizi	34,00cm	
Spessore malta	1,00cm	
	2,00cm	
Spessore laterizi	5,00cm (3)	
	5,50cm (10)	
	5,20cm (3)	
	6,00cm (4)	
Lunghezza laterizi	29,00cm (8)	11,50cm 11,70cm
	30,00cm (4)	8,00cm 12,00cm
	28,70cm (3)	12,50cm 11,00cm
	29,50cm (2)	9,00cm

CD		
5 filari di laterizi	34,00cm	
Spessore malta	1,00cm	
	2,00cm	
Spessore laterizi	5,00cm (4)	
	5,20cm (1)	
	5,30cm (7)	
	5,50cm (8)	
Lunghezza laterizi	28,00cm (2)	11,50cm 11,70cm
	29,00cm (10)	8,00cm 12,00cm
	28,50cm (8)	12,50cm 11,00cm
		9,00cm

DA		
5 filari di laterizi	35,00cm	
Spessore malta	1,00cm	
	2,00cm	
Spessore laterizi	5,10cm (5)	
	5,40cm (6)	
	5,50cm (8)	
	5,00cm (1)	
Lunghezza laterizi	28,90cm (8)	11,90cm 11,70cm
	29,00cm (7)	11,90cm 12,00cm
	28,40cm (5)	12,50cm 11,00cm
		9,50cm

La cella campanaria

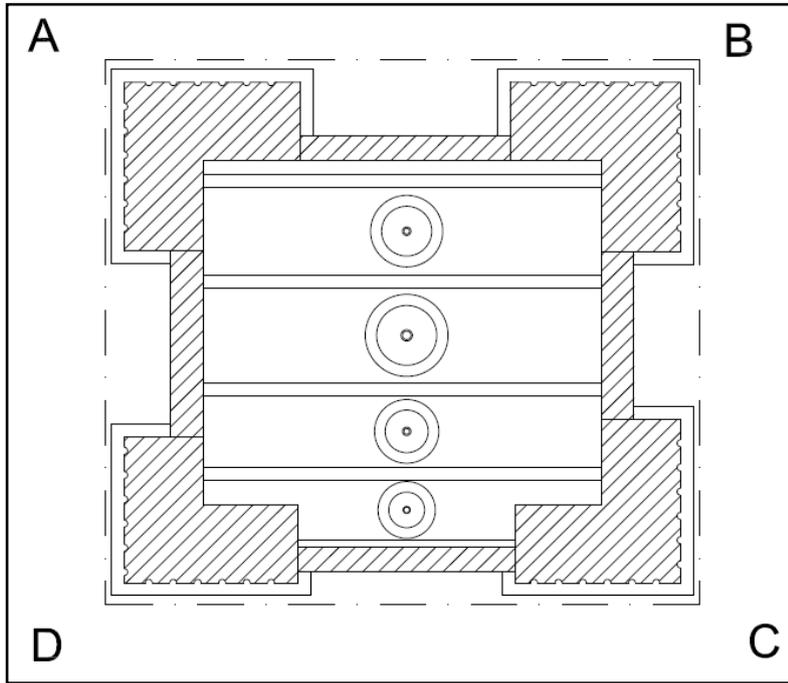


Figura 22. Pianta cella campanaria

La muratura della cella campanaria è regolare e non sono visibili rifacimenti di alcun tipo (foto 107-114); la malta presenta uno spessore costante di 1,00cm su tutti i lati e la muratura non ha subito alterazioni di ricucitura.

I quattro finestroni occupano ognuno quasi tutto il lato che li ospita, ma è stato ugualmente possibile effettuare un rilievo sull'esigua muratura. Di seguito sono riportate le tabelle con i dati ricavati.

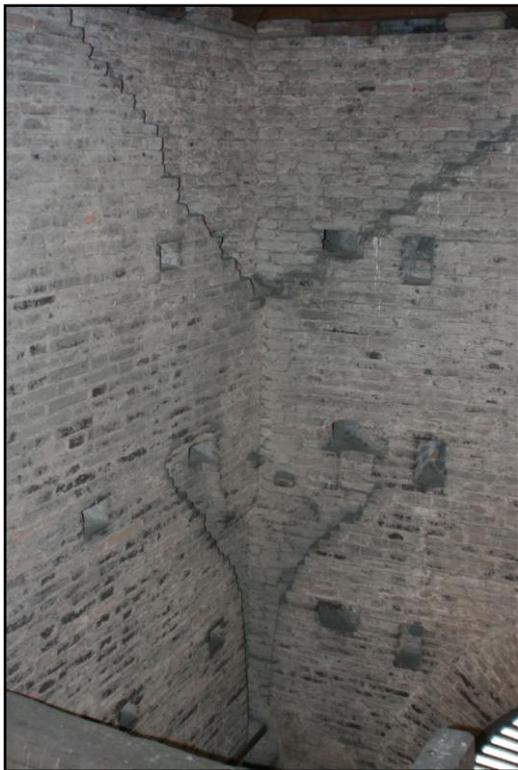


Foto 107. Muratura lato AB



Foto 108. Muratura lato AB



Foto 109. Muratura lato BC



Foto 110. Muratura lato BC



Foto 111. Muratura lato CD



Foto 112. Muratura lato CD



Foto 113. Muratura lato DA



Foto 114. Muratura lato DA

AB		
5 filari di laterizi	30,00cm	
Spessore malta	1,00cm	
Spessore laterizi	5,40cm (12)	
	5,70cm (3)	
	5,00cm (4)	
	5,20cm (1)	
Lunghezza laterizi	29,00cm (10)	13,00cm 12,00cm
	31,00cm (5)	12,30cm 11,00cm
	28,50cm (5)	

BC		
5 filari di laterizi	30,00cm	
Spessore malta	1,00cm	
Spessore laterizi	5,50cm (9)	
	5,70cm (7)	
	5,20cm (2)	
	5,00cm (2)	
Lunghezza laterizi	29,00cm (8)	11,50cm 12,00cm
	28,70cm (6)	12,30cm 11,00cm
	30,00cm (1)	11,90cm
	28,90cm (2)	

CD		
5 filari di laterizi	30,00cm	
Spessore malta	1,00cm	
Spessore laterizi	5,50cm (6)	
	5,00cm (3)	
	5,40cm (7)	
	4,90cm (4)	
Lunghezza laterizi	28,00cm (6)	10,40cm 10,80cm
	29,00cm (6)	12,10cm 11,00cm
	28,50cm (4)	11,90cm
	28,80cm (4)	

DA		
5 filari di laterizi	30,00cm	
Spessore malta	1,00cm	
Spessore laterizi	5,40cm (9)	
	5,30cm (7)	
	5,00cm (4)	
Lunghezza laterizi	28,50cm (4)	10,40cm 10,80cm
	29,00cm (8)	10,50cm 11,00cm
	28,00cm (8)	12,00cm

I laterizi

Prendendo in esame l'architettura della città di Bologna si nota subito la grande importanza che, in ogni periodo, ha avuto il mattone; il quale, pur differenziandosi, è rimasto sempre un elemento di base. Quindi, se vogliamo fare un'analisi dell'edilizia bolognese, questa deve per forza incentrarsi sullo studio del laterizio, in uso sin dall'età romana. Facendo un'indagine sull'edilizia in molte regioni italiane, si può vedere che, a partire dal periodo altomedioevale, esiste un cambiamento per cui i mattoni passano dal modulo romano (bessale, sesquipedale, bipedale), al nuovo modulo di un piede per mezzo piede. Questi cambiamenti sono diversi nelle varie città italiane, in base anche alla storia politico-amministrativa: tali tipi di studi sono stati condotti a Siena, Pisa, Lucca, Genova, Brescia e Parma. Del resto l'analisi sui cambiamenti delle dimensioni dei laterizi nel tempo è senz'altro un sistema utile e veloce per datare gli edifici storici. Uno studio solo sulle dimensioni dei laterizi risulterebbe però incompleto e poco produttivo, se non associato ad una valutazione degli aspetti di carattere economico e storico relativamente alla produzione ed alla commercializzazione dei laterizi stessi.

La metodologia mensiocronologica si basa sulla misurazione sistematica dei mattoni di una serie di edifici appartenenti ad uno stesso territorio, di cui già conosciamo la datazione; in questo modo possiamo datare le misure ottenute dai campioni di laterizi e risalire alle dimensioni che questi hanno avuto nei vari periodi storici. Le variazioni dimensionali dei mattoni sono sostanzialmente di due tipi: casuali e volontarie; le prime dipendono dall'utilizzo di cave diverse per reperire l'argilla e dalla diversa fattura manuale. Le variazioni volontarie sono legate a fenomeni economici e di mercato: ad esempio, poiché i mattoni venivano venduti a numero, i produttori tendevano a diminuire le dimensioni degli stampi per ottenere un maggiore guadagno. Per questi fattori, in molte città italiane, le autorità governative emanarono numerose disposizioni per garantire un alto livello qualitativo e dimensioni omogenee dei laterizi. L'applicazione del metodo mensiocronologico è attuabile in presenza di un mercato unificato e di una domanda continua che si hanno all'interno di una città, per cui si può ipotizzare che la variazione dimensionale dei laterizi abbia una tendenza continua e uniforme. Molto diversa è la situazione in un centro rurale, dove la produzione non ha un carattere continuo.

A Bologna una ripresa delle costruzioni si ha nell'XI-XII secolo, con la nascita del comune: si hanno nuove produzioni di laterizi e calce, si edificano nuove chiese, la seconda cerchia di mura e numerose torri gentilizie. Questa attività produttiva continua nei secoli successivi con il potenziamento del potere comunale e l'aumento della

ricchezza cittadina: tra il XIV e il XV secolo abbiamo la costruzione della basilica di S. Petronio, dei palazzi delle grandi famiglie nobiliari (Pepoli, Notai, Mercanzia) e di opere di pubblica utilità come l'Archiginnasio e la nuova sede dello Studio Bolognese.

A Bologna si utilizzano per costruire materiali locali: il gesso (selenite) nel periodo medioevale, la "masegna" (arenaria) nei secoli XVI-XVII. Dall'inizio del XII secolo vengono impiegati in maniera massiccia i laterizi, che caratterizzeranno l'attività edilizia bolognese fino all'epoca preindustriale.

I documenti che regolano l'attività edilizia del comune di Bologna sono molto numerosi e vanno dal XIII secolo al XIX; attraverso queste regolamentazioni si stabilisce l'ubicazione delle fornaci, il numero delle cotte da fare in un anno, la qualità dei laterizi, il prezzo e le dimensioni dei mattoni e delle tegole. A questo proposito sappiamo che il comune aveva affisso uno stampo esemplare (abaco), in pietra d'Istria nel Palazzo Comunale come riferimento. Questo sistema di misura rimane vigente a Bologna dall'età comunale fino all'introduzione del sistema metrico decimale e si basa sul "piede" bolognese che corrisponde a 38,00cm. Nell'esemplare ancora presente a Bologna sono riportati due tipi di misure: quelle che riguardano le misure lineari (piede, braccio e doppio braccio) e quelle relative alle dimensioni del mattone e della tegola. Per quel che riguarda il mattone, le misure dell'abaco si riferiscono allo stampo nel quale veniva foggiate l'argilla. Questo modello è formato da un rettangolo di 45,10x25,00cm, dentro il quale vi è un altro rettangolo che sporge verso l'esterno di 6,34cm e che misura 28,53cm in lunghezza e 12,68cm in larghezza. È evidente che un regolamento così preciso deriva dal fatto che vi era la tendenza, già dalla metà del XIII secolo, a diminuire le dimensioni dei laterizi e in particolare il loro spessore; tendenza che si mantiene, nonostante i regolamenti comunali, anche nei secoli successivi. Infatti, se si fa un'analisi diretta degli edifici bolognesi nel corso dei secoli, si possono osservare notevoli oscillazioni dimensionali, che giustificano le continue disposizioni e gli accertamenti testimoniati dalla documentazione storica.

È stato effettuato uno studio di analisi mensiocronologica di vari edifici di Bologna dalla dott. Rossana Gabrielli e dalla dott. Daniela Fortuna. In questo studio gli edifici presi in considerazione sono stati campionati in base a due criteri: la tipologia (case, palazzi e chiese) e la datazione. La tipologia di edifici diversi è importante per quanto riguarda il materiale laterizio: infatti, per fabbriche particolari come ad esempio le chiese, si usavano specifiche partite di laterizi che non rispecchiavano il mercato comune, ma solo una determinata produzione.

Per quanto riguarda la datazione, sono stati presi in esame una serie di edifici che consentono di avere una rappresentanza per ogni secolo, prendendo in esame i primi secolo di ripresa della produzione (XII-XII secolo), molto importanti per le variazioni dimensionali dei laterizi. La campionatura comprende un arco di tempo che va dall'inizio del XII secolo (torre Asinelli 1109-1119), alla seconda metà del XVIII secolo (chiesa di S. Pietro 1755, facciata).

Di seguito sono riportate le tabelle con i risultati delle misurazioni dei laterizi e la loro variazione nei secoli. Gli edifici analizzati in questo studio sono: Torre degli Asinelli, Mura 2^a cerchia, Casa Torre dei Catalani, Torre Guidoagni, Chiesa di S. Francesco, Palazzo Grassi, Chiesa di S. Maria dei Servi, Palazzo Fantuzzi, Palazzo Albergati, Chiesa di S. Paolo, Chiesa di S. Petronio, Chiesa di S. Pietro.

Grafico N° 1: dispersione degli spessori

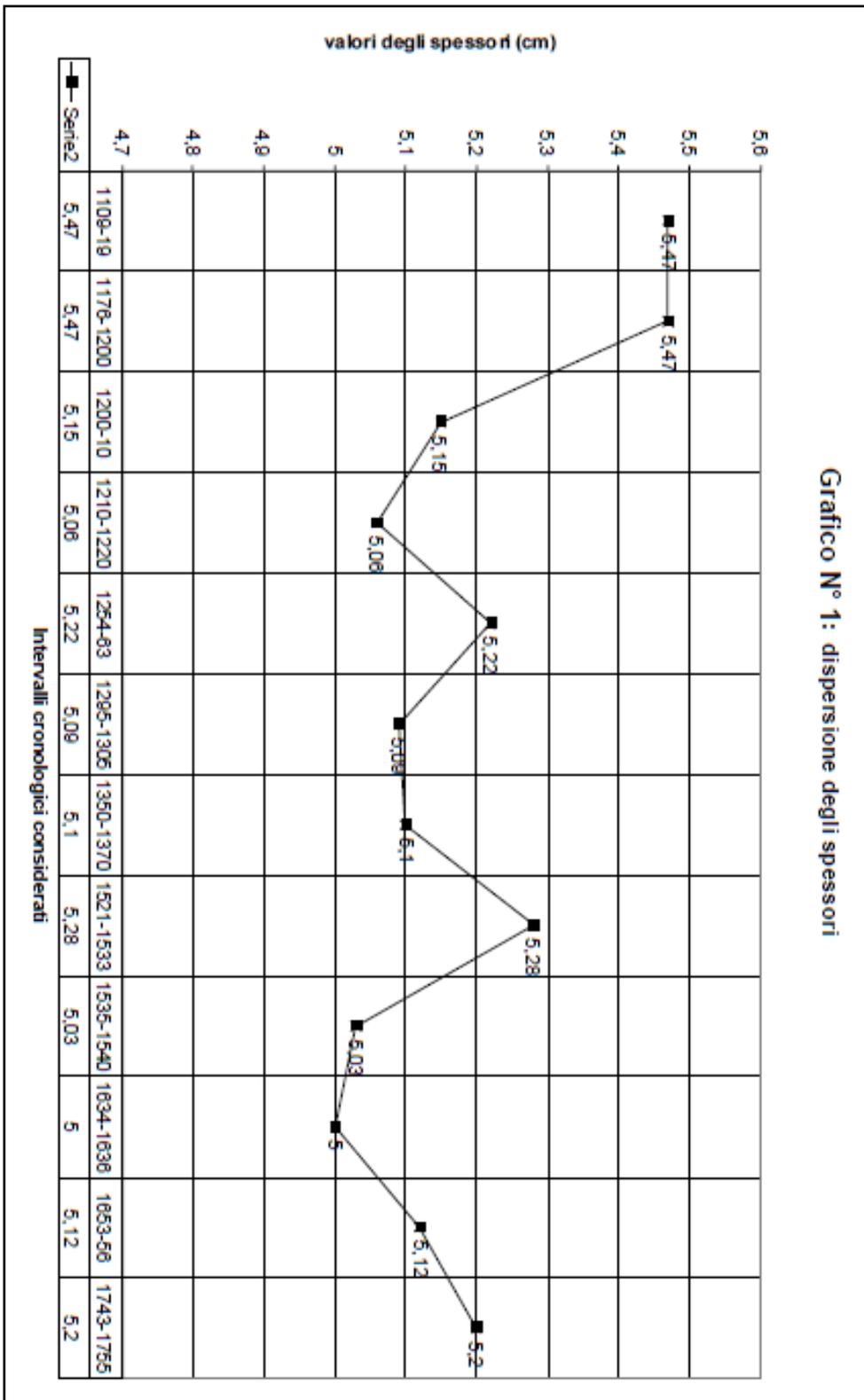
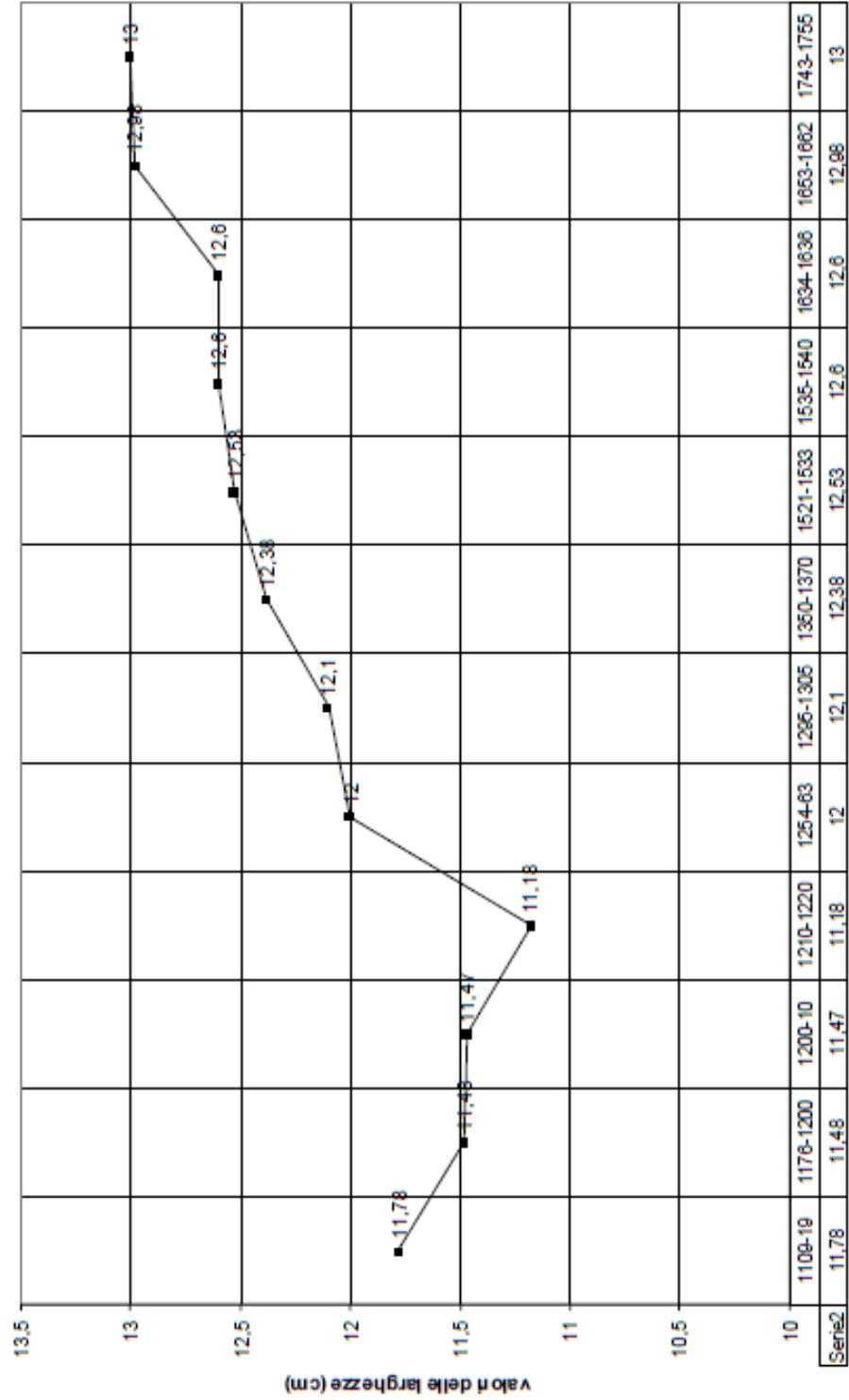
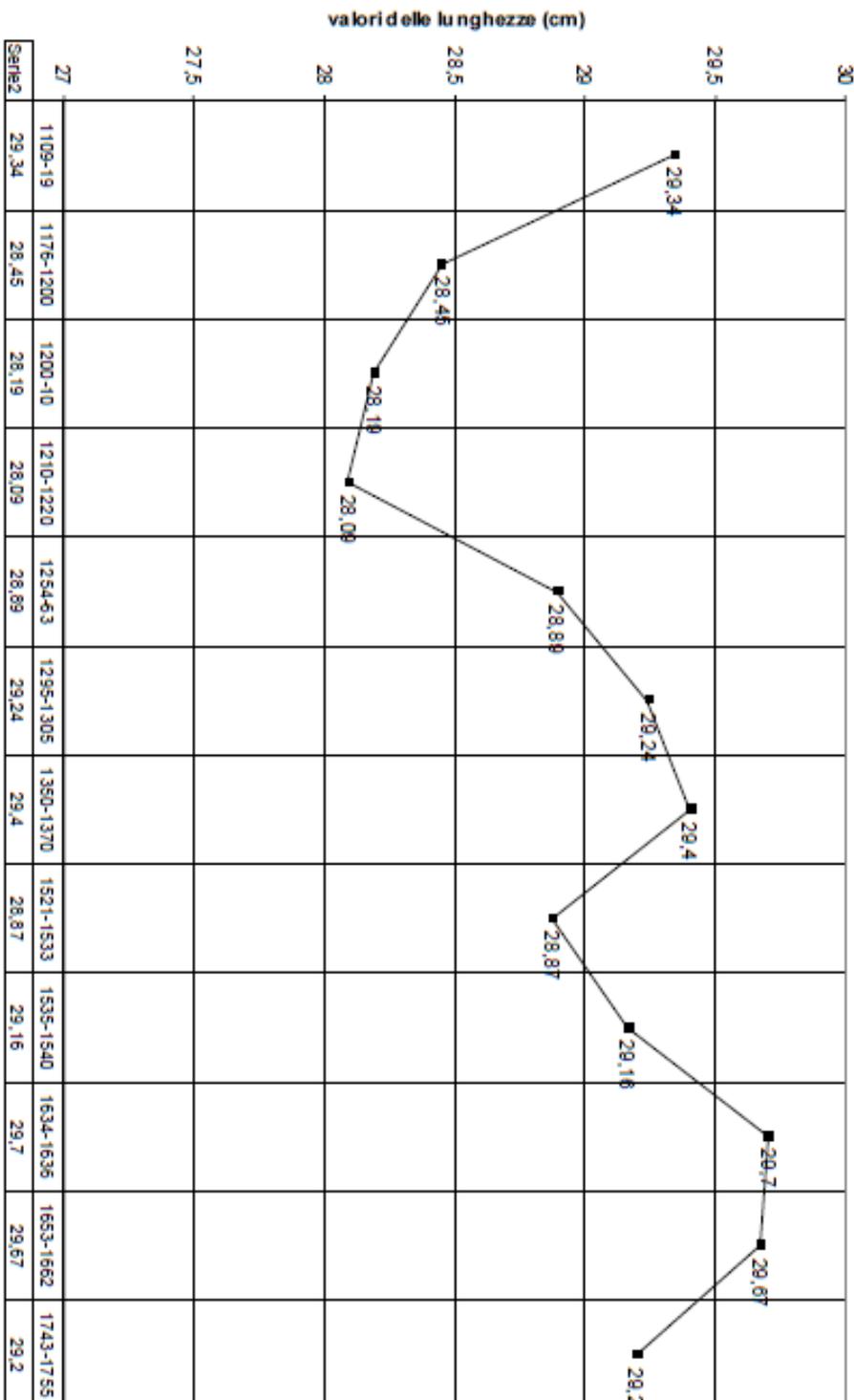


Grafico N° 2: dispersione delle larghezze



intervalli cronologici campionati

Grafico N° 3: dispersione delle lunghezze



Conclusioni

Mettendo a confronto i dati delle misurazioni da me effettuate sui laterizi della torre del campanile con i dati dello studio sopra citato, possiamo trarre le seguenti conclusioni. I laterizi della torre, che molto probabilmente sono di riporto sia per il loro stato di degrado e soprattutto per le loro dimensioni molto variabili, presentano come misura più costante quella di 29,00x12,00x5,50cm. Tali dimensioni sono caratteristiche di laterizi dei primi anni del XII secolo; questi dati sono un'ulteriore conferma che i laterizi della torre sono di riporto, infatti i mattoni in uso nel periodo tra il 1331 e il 1472 (periodo di costruzione del campanile), avevano uno spessore minore (tra i 5,10cm e i 5,28cm) di quello da me rilevato con l'indagine fatta in loco.

Il quadro fessurativo

In questo capitolo andremo a rilevare le lesioni riscontrate nella torre del campanile e nelle strutture attigue, che configurano la connessione della torre al restante corpo della chiesa di S. Giacomo Maggiore.

Tali osservazioni ci aiuteranno a comprendere meglio lo stato della torre ed il suo comportamento rispetto ai vincoli a cui è legata. Questo secondo rilievo, di carattere puntuale, è estremamente importante poiché ci aiuterà a comprendere le “sofferenze” della struttura e sarà una guida importante per definire gli interventi necessari e una loro scala di importanza e priorità.

Lesioni sulla muratura esterna

Esternamente non sono riscontrabili particolari lesioni sulla muratura, sono invece visibili diverse ricuciture, situate soprattutto tra le monofore. È evidente dallo stato della muratura esterna, confrontata con quella interna, che esternamente sono stati eseguiti dei lavori di recupero. Le tavole riportano dei particolari della muratura esterna, dove sono ben visibili gli interventi.

Il piano terra

Alla base della torre non è rilevabile alcuna lesione, a causa dell'intonaco che copre la muratura dei pilastri e dell'affresco che ricopre la volta. A causa di un antico cedimento che ha inclinato il primo piano della torre (visibile dal sottotetto dell'abside), la volta a crociera del piano terra deve aver subito dei danni e quindi delle riparazioni. Non si hanno dati a riguardo. Escludo comunque nuove lesioni, dato che gli affreschi non presentano aperture o distacchi.

Il primo piano

Analizzando il primo piano della torre, non si riscontrano particolari lesioni sulla muratura; al contrario, la volta a crociera, presenta delle lesioni che sono state riparate con il gesso. Tali lesioni si possono riscontrare lungo i costoloni della volta; inoltre sono presenti delle lesioni sulle unghie della volta nei punti indicati dalla figura e dalle fotografie.

Questi dissesti hanno preoccupato i tecnici che in tempi non lontani hanno inserito un rinforzo ligneo che poggia su quattro pilastri in muratura.

Il secondo piano

Al secondo piano sono presenti delle lesioni che interessano la muratura tra monofore a quota diversa; queste lesioni sono state tamponate con del gesso. Osservando le ricuciture all'esterno, possiamo affermare che le lesioni riguardanti la muratura tra le monofore, sono le stesse esternamente ed internamente alla torre. Inoltre, analizzando la malta tra i laterizi delle porzioni di muratura tra le monofore dello stesso piano, possiamo osservare che questa è meno spessa se confrontata con quella degli spigoli (1mm contro i 2mm rilevati). Questa discrepanza fa pensare ad un rimaneggiamento della muratura causato da lesioni che hanno portato alla chiusura delle monofore.

La volta a vela non presenta lesioni, a parte qualche punto in cui l'intonaco è più scuro e dove, quindi, si sospetta qualche rimaneggiamento. Sarebbe interessante ripulire la muratura della volta dall'intonaco che la nasconde, per potersi accertare del reale stato della copertura.

Il terzo piano

La muratura del terzo piano presenta in maniera più accentuata lesioni tra monofora e monofora in altezza, come dimostrano le fotografie. Anche in questo piano si può riscontrare il diverso spessore della malta nella muratura tra le monofore, se confrontata con quella agli spigoli del vano; vale lo stesso ragionamento fatto precedentemente per il sottostante vano.

La volta a crociera è percorsa per tutta la sua lunghezza da una lesione, chiusa con del gesso. Ritengo che quest'ultimo dissesto sia da monitorare con attenzione, poiché il legante presenta dei distacchi per quasi tutta la lunghezza della lesione. Ciò farebbe pensare ad un meccanismo e, se si pensa che le campane vengono ancora suonate in occasioni speciali, lo stato fessurativo della volta potrebbe aggravarsi anche irrimediabilmente.

La cella campanaria

La muratura della cella campanaria non presenta lesioni; la copertura lignea con tegoli poggia su dei travi perimetrali e travi che si innestano nella muratura; non si riscontrano lesioni negli innesti.

La reticolare lignea che sorregge le campane, le quali vengono suonate tutt'oggi in occasioni particolari insiste sulla muratura; non ho riscontrato lesioni puntuali.

I lavori di recupero del 1989

Nel 1989 la chiesa di S. Giacomo Maggiore, in seguito all'aggravarsi dello stato complessivo di degrado, subì un intervento di recupero nel suo complesso.

Soffermandoci solo ai lavori eseguiti alla torre del campanile, in questo capitolo descriverò brevemente il tipo di intervento eseguito ed i risultati ottenuti dalle indagini preliminari.

Innanzitutto vorrei ringraziare la Soprintendenza ai Beni Ambientali ed Architettonici di Bologna ed in particolare il geometra Marco Poluzzi, che pazientemente mi ha aiutato nella ricerca dei documenti e nella loro comprensione, evitandomi lunghe ricerche negli archivi della Soprintendenza.

Relazione geotecnica

Tale relazione, curata dal Prof. Ing. Pier Vincenzo Righi, si basa sui seguenti dati:

1. Relazione geologica del 1984 redatta dal Dott. Ing. Piergiacomo Beer, corredata da 6 sondaggi geognostici spinti fino alla profondità di 20,00-22,00m e da prove di laboratorio su 6 campioni indisturbati prelevati nel corso dei sondaggi;
2. Da 4 sondaggi, indicati con le lettere A, B, C, D effettuati all'interno della chiesa in prossimità dei 4 vertici del rettangolo di base del campanile e spinti fino alla profondità di 7,00m;
3. Da 2 sondaggi a carotaggio continuo, indicati con i numeri 1 e 2, spinti fino alla profondità di 50m sotto il piano del cortile interno della chiesa, nelle due posizioni indicate nella planimetria.

I sondaggi degli ultimi due punti, richiesti dal Prof. Ing. Righi, ed eseguiti nell'estate del 1989, hanno le seguenti principali finalità:

- a. Individuare la profondità del piano di appoggio della fondazione del campanile (sondaggi A, B, C, D);
- b. Individuare le caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo in prossimità del campanile medesimo, fino alla profondità di 50m; profondità ritenuta necessaria e sufficiente per poter avere indicazioni circa l'effetto che l'attuale fenomeno di subsidenza, che interessa il sottosuolo della zona nord di Bologna, può avere sull'assetto e sull'integrità delle strutture della chiesa.

Da alcuni sopralluoghi effettuati nel 1989 si è potuto constatare che la maggior parte delle murature della chiesa sono interessate da numerose fessurazioni che, pur essen-

do di diversa entità e di diverso andamento, sembrano denunciare, con la loro prevalente direzione verticale o sub verticale, la presenza di anomali sforzi flessionali conseguenti con ogni probabilità ad abbassamenti differenziali delle varie parti dell'edificio. Sono tuttavia presenti anche lesioni di altro tipo ed andamento sia nella muratura che negli archi, ma tutte sembrano conseguenti ad abbassamenti differenziali delle fondazioni manifestatisi nel corso di numerosi anni.

Un evento strutturalmente significativo è rappresentato dalle rotture delle catene di due dei tre archi laterali sul lato nord, rispettivamente la prima e l'ultima a partire dalla porta di ingresso. Tali catene erano costituite da barre di acciaio a sezione quadrata e si ruppero negli anni 1982-1983.

Poiché negli anni 1979-1980, per la sistemazione della rete fognaria, furono effettuati lungo l'asse di via Zamboni scavi della profondità di 6-7m alla distanza di pochi metri dalle fondazioni dell'adiacente porticato, strutturalmente integrato con la navata centrale della chiesa, non è escluso che una certa aliquota delle lesioni sul muro di tale porticato e anche le stesse rotture delle sovrastanti catene del lato nord della navata siano imputabili agli assestamenti del suolo dovuti all'"allentamento" conseguente alle operazioni di scavo.

Indagini sulle fondazioni del campanile

I quattro carotaggi effettuati in corrispondenza dei quattro spigoli del campanile, iniziando dal pavimento del campanile stesso, hanno denunciato la presenza dei seguenti diversi strati di sottosuolo:

1. Da 0,00m (pavimento chiesa) a 2,00-2,50m; muratura di mattoni inglobanti uno o due straterelli, di circa 20-30cm di spessore, di materiale rossastro di consistenza terrosa;
2. Da 2,00-2,50m a circa 3,50m; pietre naturali di natura arenacea. Tale strato si estende fino a quota 4,0m nel solo sondaggio D; nei rimanenti sondaggi si arresta alla profondità di circa 3,50m;
3. Da 3,50m a 4,00m; nei soli sondaggi A, B, C muratura di mattoni;
4. Da 4,00m circa a 7,00m (termine dei sondaggi); argille limose grigie, omogenee e di buona consistenza costituenti il terreno naturale di appoggio;

Pur essendo incerta l'interpretazione della presenza degli straterelli terrosi rossi rinvenuti tra le quote di 1,50-2,00m, potendo essi essere dovuti o a vere e proprie inclusioni terrose nella muratura o a sbriciolamento provocato dalla sonda su una muratura assai deteriorata, i sondaggi mostrano tuttavia che le fondazioni del campanile pos-

sono ritenersi costituite da un primo tratto di circa 2,00m di muratura di mattoni appoggiato ad uno strato di circa 1,00-1,20m di spessore formato da elementi lapidei sciolti (probabilmente ciottoli di fiume) di natura prevalentemente arenacea.

Quest'ultimo strato risulta a sua volta appoggiato ad un'ulteriore strato di muratura di mattoni che va progressivamente assottigliandosi, fino a scomparire totalmente, procedendo dal lato est verso il lato ovest del campanile.

L'appoggio al suolo naturale è comunque posto, in tutte le posizioni, alla profondità di circa 4,00m sotto il pavimento del campanile.

La presenza dello strato disuniforme di muratura sotto lo strato di ciottoli sembra indicare che le vere e proprie fondazioni realizzate per la costruzione della chiesa abbiano inizio con quest'ultimo strato (presente tra le quote di 2,00-3,50m) e insistano su residui fondali in muratura di mattoni di precedenti edifici.

Poiché la quota da cui sono iniziati i sondaggi è posta a circa 1,00m sul piano del cortile esterno e delle adiacenti strade, il piano di fondazione risulta alla profondità di circa 3,00m sotto tale piano.

Nessuna indicazione si è invece potuta ottenere in ordine alla larghezza delle fondazioni essendo i sondaggi stati effettuati nello spessore dei muri verticali. Poiché questi ultimi presentano mediamente, alla quota del pavimento della chiesa, spessore di 1,20m, si può ritenere che la larghezza della base delle fondazioni non sia minore di 1,50m.

Effetti dei fenomeni di subsidenza in atto

Com'è noto tutto il comprensorio urbano bolognese posto a valle (a nord-est) di una linea ideale che si può ritenere congiungente le zone di Porta S. Stefano, Due torri e Porta Lame, è soggetta da numerosi anni a un fenomeno di subsidenza differenziata assai ingente.

Tale fenomeno in realtà inizia già ai piedi della zona collinare, in prossimità dei viali di circonvallazione a sud della città, tuttavia, mentre fino alla linea sopraindicata rimane contenuto in limiti abbastanza modesti da non indurre apprezzabili conseguenze sulle strutture urbane, a valle di essa assume invece proporzioni tali da provocare sensibili danneggiamenti agli edifici.

Particolarmente grave è la situazione lungo l'asse di via Zamboni dove si è registrato un abbassamento di circa 20,00cm nel periodo 1983-1987 ed un abbassamento totale (a partire dall'inizio del fenomeno negli anni 1943-1950) di circa 1,00m.

In corrispondenza della estesa lunghezza della chiesa di S. Giacomo, tra Piazza Rossini e Piazza Verdi (circa 120m), il dislivello registratosi presenta il suo valore massimo, valutabile in circa 25,00cm e corrispondente ad una "distorsione" di circa il

2‰. Tale ultimo valore è indicato in letteratura come quello massimo sopportabile da normali edifici in muratura senza provocare dissesti strutturali e lesioni.

Nel presente caso, dovendosi considerare la chiesa di S. Giacomo non come un normale edificio, ma come particolare edificio in muratura, per la sua estensione, la sua età e per l'abbondanza di strutture ad arco e a volta in essa presenti, è evidente che la distorsione del 2‰ può non essere tollerata da tutte le sue murature e dare quindi luogo ad una notevole aliquota dei dissesti e fessurazioni in essa manifestatisi. A tale distorsione possono essere infatti imputabili le modeste lesioni subverticali sui muri perimetrali dei lati lunghi dell'edificio e l'inclinazione globale, di circa l'1‰, dell'edificio medesimo. Ad esso possono anche essere ascritte le rotture delle catene delle volte e alcune lesioni sul lato perimetrale nord, le quali tuttavia possono anche trovare una concausa nell'allentamento subito dal terreno, su quel lato, in conseguenza dei profondi scavi eseguiti lungo via Zamboni per il rifacimento delle fognature comunali.

Origine dei fenomeni di subsidenza

Dal punto di vista geotecnico i risultati ottenuti dai due sondaggi effettuati fino a -50,00m di quota e dai sei precedenti sondaggi effettuati nel 1984 dal dott. Beer fino a -25,00/30,00m, sembrano indicare che il fenomeno di subsidenza in atto non può essere, se non in minima parte, imputabile alla prima fascia del sottosuolo compresa tra le quote di 0,00m e -50,00m. Le ragioni che inducono a questa affermazione sono le seguenti:

1. I materiali che costituiscono tale prima fascia (in grande prevalenza argille di medio-alta plasticità) sono compatti e notevolmente sovraconsolidati, per cui risultano scarsamente compressibili almeno fino a pressioni dell'ordine di quelle che potrebbero essere provocate da un abbassamento di falda;
2. È assai improbabile che in essi si siano verificate notevoli diminuzioni della pressione interstiziale in quanto gli stessi sondaggi hanno mostrato come il livello piezometrico delle falde idriche superficiali sia ancora assai elevato.

Di conseguenza gli strati responsabili del fenomeno di subsidenza risultano assai profondi e quindi tali da far escludere una possibile stabilizzazione degli edifici con le normali tecniche di consolidamento delle fondazioni (micropali, ecc.).

Gli edifici da esso colpiti non possono quindi che essere tenuti sotto costante controllo statico in modo da poter prendere di volta in volta le dovute decisioni e, se necessario, effettuare quegli interventi strutturali (separazione con "giunti", rinforzi locali,

ecc.) che risultino idonei ad eliminare eventuali anomali stati tensionali e deformativi delle membrature.

Conclusioni

1. Le fondazioni del campanile della chiesa di S. Giacomo non sembrano presentare al momento attuale (1989) una situazione di pericolo o di particolare precarietà, sia in ordine a fenomeni di rifluimento, sia in ordine a fenomeni di ulteriore assestamento del suolo da esse direttamente interessato.
Nei riguardi dei primi il coefficiente di sicurezza risulta dell'ordine di 1,5-1,6 che, per edifici dell'epoca di quello in oggetto, non risulta particolarmente basso.
Nei riguardi dei secondi, il lungo tempo trascorso dalla realizzazione della struttura e l'assenza di sostanze organiche nella prima fascia di sottosuolo (che potrebbe far temere una forte incidenza della consolidazione secondaria), forniscono la necessaria sicurezza di un totale assestamento raggiunto dalla fondazione.
2. Si sconsiglia pertanto qualsiasi intervento immediato di sottofondazione che potrebbe soltanto alterare gli equilibri attualmente raggiunti dalla fondazione medesima.
3. Si consigliano invece le seguenti ulteriori indagini:
 - a. Effettuazione di ulteriori 2-3 sondaggi nell'area del campanile al fine di poter determinare la larghezza delle sue fondazioni;
 - b. Disposizione di un adeguato numero di piezometri elettropneumatici nella prima fascia di sottosuolo dello spessore di 50,00m, al fine di poter determinare con maggior precisione i valori e gli andamenti della pressione interstiziale nelle argille di sottosuolo;
 - c. Continuazione delle misure di strapiombo del campanile che attualmente risulta assai modesto (1,00cm su 10,00m di altezza).

Poiché i fenomeni di dissesto che interessano l'edificio sono assai lenti e sempre in corso e poiché la struttura portante, per le sue caratteristiche statiche, non è tale da denunciare ad un esame visivo anche attento eventuali situazioni di pericolo, il Prof. Ing. Righi consigliò di "strumentare" alcune membrature significative di essa (catene, colonne, lesioni più importanti, ecc.) con apparecchiature elettriche permanenti che consentano di rilevare in ogni momento le variazioni degli stati tensionali e deformativi rispetto alla situazione di installazione. A tali strumentazioni si dovrebbero effettuare letture cadenziate nel tempo e fra loro opportunamente distanziate secondo quella che può risultare di volta in volta la situazione di pericolo delle varie membrature. Tale sistema di controllo continuo si ritiene l'unico veramente idoneo a

scongiurare, nel tempo, la possibilità di gravi danni o crolli parziali delle strutture murarie.

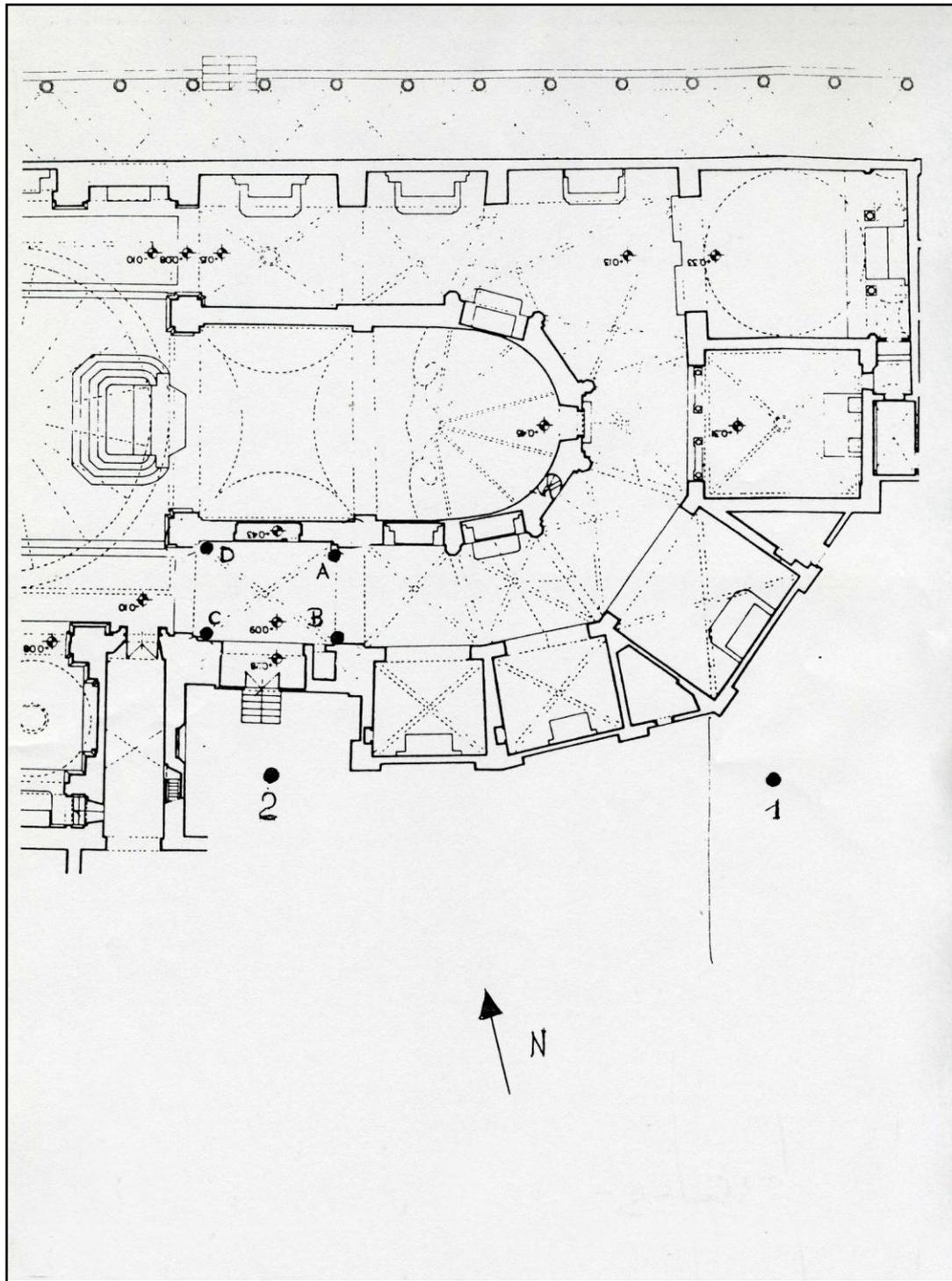


Figura. Planimetria con indicati i sondaggi ABCD e 1-2

I lavori di rafforzamento al campanile

La relazione curata dal Dott. Ing. Beer descrive l'intervento eseguito alla torre del campanile di S. Giacomo Maggiore nei suoi particolari; le immagini riportate alla fine del capitolo sono tratte dalla documentazione in possesso della Soprintendenza e sono utili per meglio chiarire i lavori eseguiti a partire dal 1989.

Grazie ai ponteggi di servizio utilizzati per la cerchiatura provvisoria degli ultimi due piani del campanile, sono stati eseguiti una serie di saggi alle murature per verificarne la composizione e le condizioni di compattezza e stabilità in relazione alle numerose e diffuse lesioni rilevate.

In diversi punti la muratura presenta dei vuoti all'interno, non tali tuttavia (nella parte esaminata) da determinare le lesioni riscontrate sia all'interno che all'esterno. L'esame del quadro fessurativo consente di individuare due tipi di lesioni.

Una frattura netta di rilevante dimensione attraversa in pianta il campanile, tra la facciata Nord e la facciata Sud, leggermente ruotata in direzione N.E.-S.O. Questa lesione ben visibile anche sulle volte ai vari piani, è stata ripresa sul paramento esterno in un periodo molto antico. L'ipotesi più plausibile è che sia dovuta ad un terremoto. In effetti il campanile è stato ricucito con chiavi in ferro a vari livelli in tutte le quattro facciate, probabilmente proprio a seguito di un terremoto.

Si rileva un secondo tipo di lesioni verticali e diffuse che avevano fatto supporre vuoti consistenti nella muratura a sacco.

Con i sondaggi è stato possibile rilevare che in corrispondenza delle lesioni si trovano, oltre ai vuoti sopraccitati, anche barre di ferro molto interne alla muratura e fortemente ossidate. Non è semplice collocare nel tempo l'epoca dell'inserimento di tali barre. Addirittura, nella parte più alta del campanile, si potrebbe supporre che l'inserimento è avvenuto all'epoca della costruzione in quanto non si notano differenze nelle murature né riprese e d'altronde dette armature sono ad oltre 30,00cm dalla superficie del paramento esterno, troppo lontane per essere state inserite in tempi successivi. In un punto è stato anche riscontrato un certo quantitativo di gesso, in parte allo stato cristallino, a ridosso delle armature in ferro.

La forte ossidazione subita dal ferro ha provocato spinte interne tali da lesionare le murature.

Infine in alcuni saggi si sono rilevati anche elementi in legno messi nelle murature come collegamenti e piani di ripartizione, che ormai sono totalmente marciti.

Il risanamento della torre campanaria dovrebbe realizzarsi con la preventiva individuazione ed eliminazione delle armature in ferro ossidate comprese anche le sigillature in gesso a suo tempo eseguite. Il lavoro si può svolgere dopo aver

individuato il punto, con un carotaggio che elimini sia il ferro che la muratura circostante con un foro del diametro di 100-120mm. Successivamente, eliminato anche il gesso, se ed ove esistente, nel foro va inserita una barra di acciaio inox $\Phi 28-30$ con piastra di ancoraggio ed infine iniettata della malta di cemento, resine e inerte di polvere di mattone.

Nella parte alta del campanile (I°, II° e III° livello dall'alto) sarà opportuno un risanamento delle murature ed un intasamento dei vuoti con iniezioni di sola malta con interasse di 1,00m ed eseguendo i fori solo dal lato esterno dato che dall'interno le volte lo impediscono.

Nella parte bassa (dal IV° livello in giù) le iniezioni potranno essere rinforzate con barre di acciaio inox $\Phi 8$ sempre con interasse di 1,00m.

Conclusioni

La conoscenza della costruzione storica in muratura è un presupposto fondamentale sia ai fini di una attendibile valutazione della sicurezza sismica attuale sia per la scelta di un efficace intervento di miglioramento. Le problematiche sono quelle comuni a tutti gli edifici esistenti, anche se nel caso del patrimonio culturale tutelato, data la sua rilevanza, è ancora più critica l'impossibilità di conoscere i dati caratterizzanti originariamente la fabbrica, le modifiche intercorse nel tempo dovute ai fenomeni di danneggiamento derivanti dalle trasformazioni antropiche, dall'invecchiamento dei materiali e dagli eventi calamitosi; inoltre, l'esecuzione di una completa campagna di indagini può risultare troppo invasiva sulla fabbrica stessa.

Si ha pertanto la necessità di affinare tecniche di analisi ed interpretazione dei manufatti storici mediante fasi conoscitive dal diverso grado di attendibilità, anche in relazione al loro impatto. La conoscenza può infatti essere conseguita con diversi livelli di approfondimento, in funzione dell'accuratezza delle operazioni di rilievo, delle ricerche storiche e delle indagini sperimentali. Tali operazioni saranno funzione degli obiettivi preposti ed andranno ad interessare tutto o in parte l'edificio, a seconda della tipologia dell'intervento previsto. Lo studio delle caratteristiche della fabbrica è teso alla definizione di un modello interpretativo che consenta, nelle diverse fasi della sua calibrazione, sia un'interpretazione qualitativa del funzionamento strutturale, sia l'analisi strutturale per una valutazione quantitativa. Il grado di attendibilità del modello sarà strettamente legato al livello di approfondimento ed ai dati disponibili. Da questo punto di vista vengono introdotti diversi livelli di conoscenza, ad approfondimento crescente, al quale saranno legati fattori di confidenza da utilizzare nell'analisi finalizzata sia alla valutazione dello stato attuale, sia a seguito degli eventuali interventi.

Il percorso della conoscenza può essere ricondotto alle seguenti attività:

- L'identificazione della costruzione, la sua localizzazione in relazione a particolari aree a rischio ed il rapporto della stessa con il contesto urbano circostante; l'analisi consiste in un primo rilievo schematico del manufatto e nell'identificazione di eventuali elementi di pregio (apparati decorativi fissi, beni artistici mobili) che possono condizionare il livello di rischio;
- Il rilievo geometrico della costruzione nello stato attuale, inteso come completa descrizione stereometrica della fabbrica, compresi gli eventuali fenomeni fessurativi e deformativi;

- L'individuazione della evoluzione della fabbrica, intesa come sequenza delle fasi di trasformazione edilizia, dall'ipotetica configurazione originaria all'attuale;
- L'individuazione degli elementi costituenti l'organismo resistente, nell'accezione materica e costruttiva, con una particolare attenzione rivolta alle tecniche di realizzazione, ai dettagli costruttivi ed alla connessione tra gli elementi;
- L'identificazione dei materiali, del loro stato di degrado, delle loro proprietà meccaniche;
- La conoscenza del sottosuolo e delle strutture di fondazione, con riferimento anche alle variazioni avvenute nel tempo ed ai relativi dissesti.

In considerazione delle specifiche modalità di analisi strutturale dei meccanismi di collasso dei manufatti storici in muratura, le indagini conoscitive dovranno concentrarsi sull'individuazione della storia del manufatto, sulla geometria degli elementi strutturali, sulle tecniche costruttive e sui fenomeni di dissesto e di degrado.

D'altra parte, le difficoltà connesse con la conoscenza, anche in relazione alle risorse disponibili e all'invasività delle indagini da eseguire, rendono spesso necessario un confronto con modelli interpretativi a posteriori, basati sull'osservazione ed accertamento del funzionamento manifestato dalla costruzione.

Il precedente paragrafo, che prende spunto dal testo "Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni" del 2006, può sembrare una ripetizione di quanto affermato nell'introduzione di questo testo. Tuttavia ho ritenuto importante soffermarmi nuovamente sull'importanza della conoscenza del manufatto sotto ogni aspetto. D'altronde, leggendo questa tesi, penso che emerga con chiarezza la difficoltà di inquadrare una qualsiasi struttura storica, di classificarla cioè in un settore preciso: ogni manufatto storico fa testo a sé e deve essere considerato unico nel suo genere; solo in questa maniera si potranno evitare errori che ne condizioneranno la vita.

Lo studio che ho condotto sulla torre del campanile di San Giacomo Maggiore a Bologna cerca di trattare tutti i punti indicati dalle Linee Guida; ho condotto una ricerca su vari testi storici, ho consultato studi analoghi, ho eseguito un rilievo il più preciso possibile e per ultimo ho analizzato l'intervento di recupero eseguito nel 1989. Questa mole di documenti ha generato la presente tesi che costituisce, in questo modo, la "storia" del campanile sino ai giorni nostri.

Le lesioni osservate non sembrano costituire una minaccia per la torre, anche se andrebbero monitorate costantemente nel tempo; uniche eccezioni sono forse l'estesa lesione sulla volta sottostante la cella campanaria e un piccolo distacco del paramento

esterno dell'antico pilastro angolare della chiesa, oggi in parte inglobato alla torre. Per quanto riguarda la prima lesione sembrerebbe che il gesso utilizzato per tamponarla si sia fessurato; è ipotizzabile che le oscillazioni del campanile, quando vengono suonate le campane, abbiano riaperto questa antica "frattura".

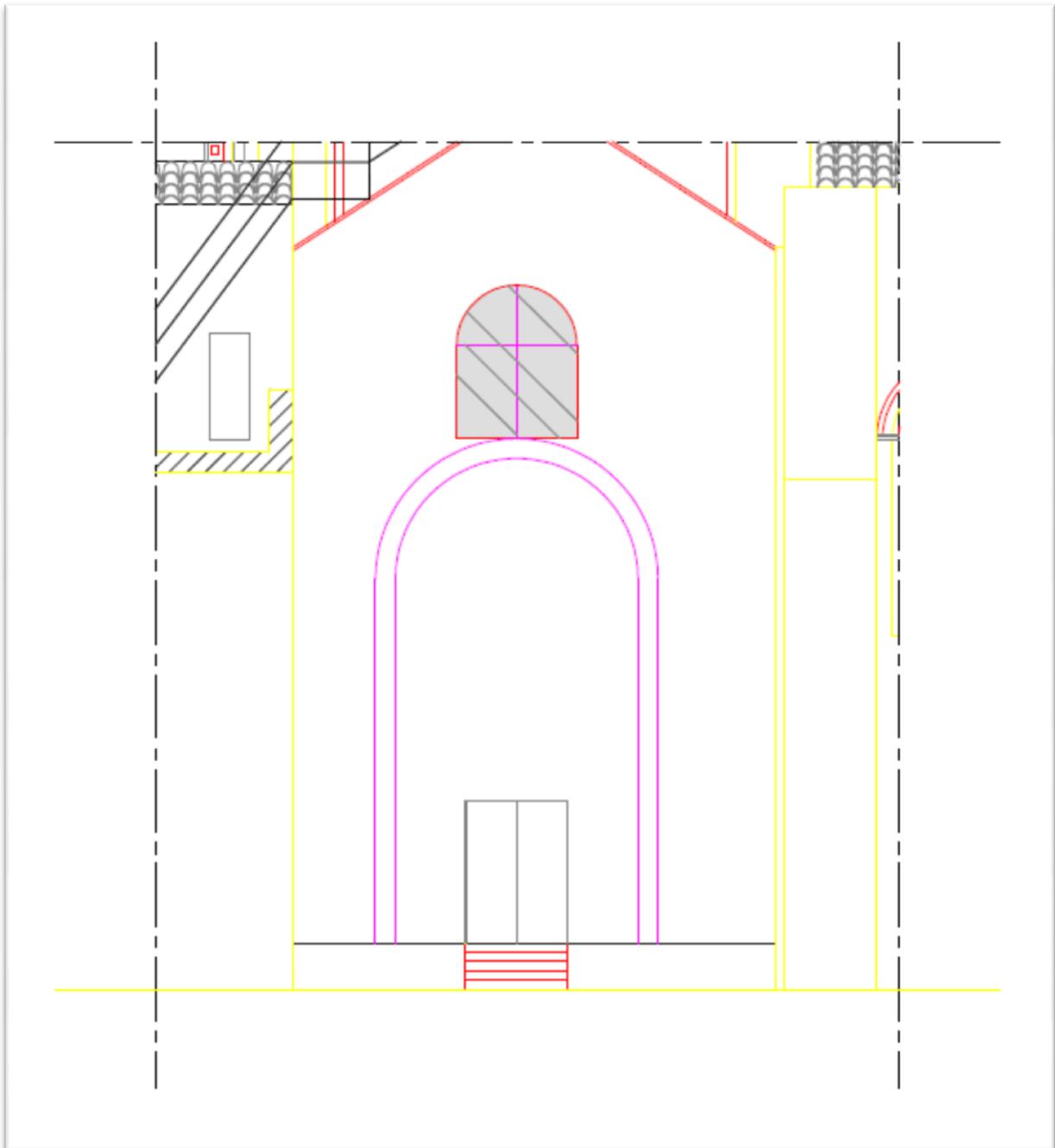
La seconda lesione è di più difficile interpretazione: sopra il pilastro non insistono carichi e quindi non ritengo ci sia un problema di schiacciamento. A mio avviso è ipotizzabile una spinta, non ben assorbita, dell'arco cinquecentesco della navata, che insiste pressappoco all'altezza della lesione.

La finalità del mio studio è creare un primo documento ordinato e il più possibile preciso sulla genesi e le vicende che riguardano il manufatto in esame. Non è un punto di arrivo, al contrario un punto di partenza per intraprendere studi più approfonditi e con finalità diverse, con l'ausilio di figure professionali differenti come storici dell'arte, archeologi e non per ultimi gli ingegneri.

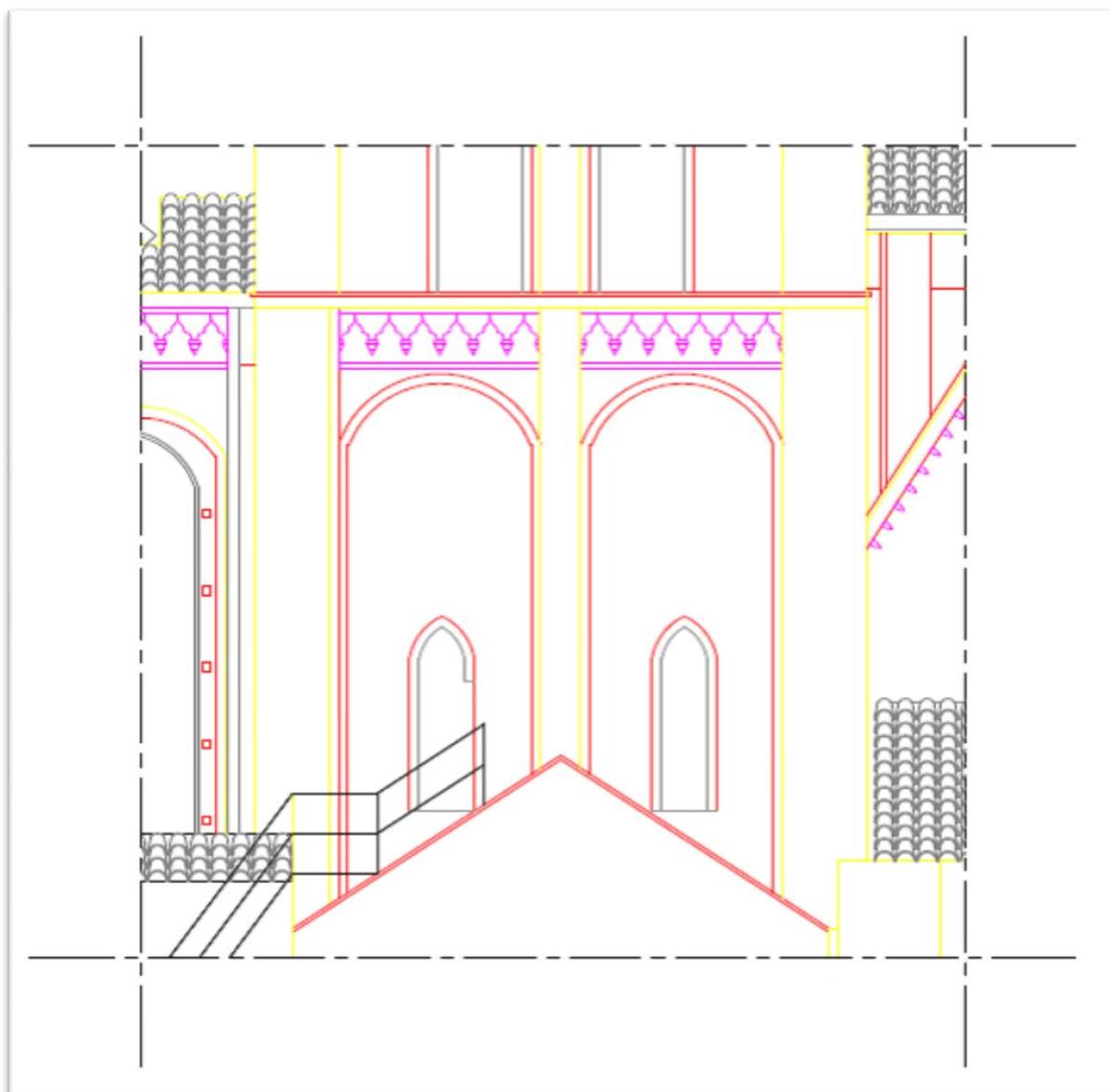
Tavole

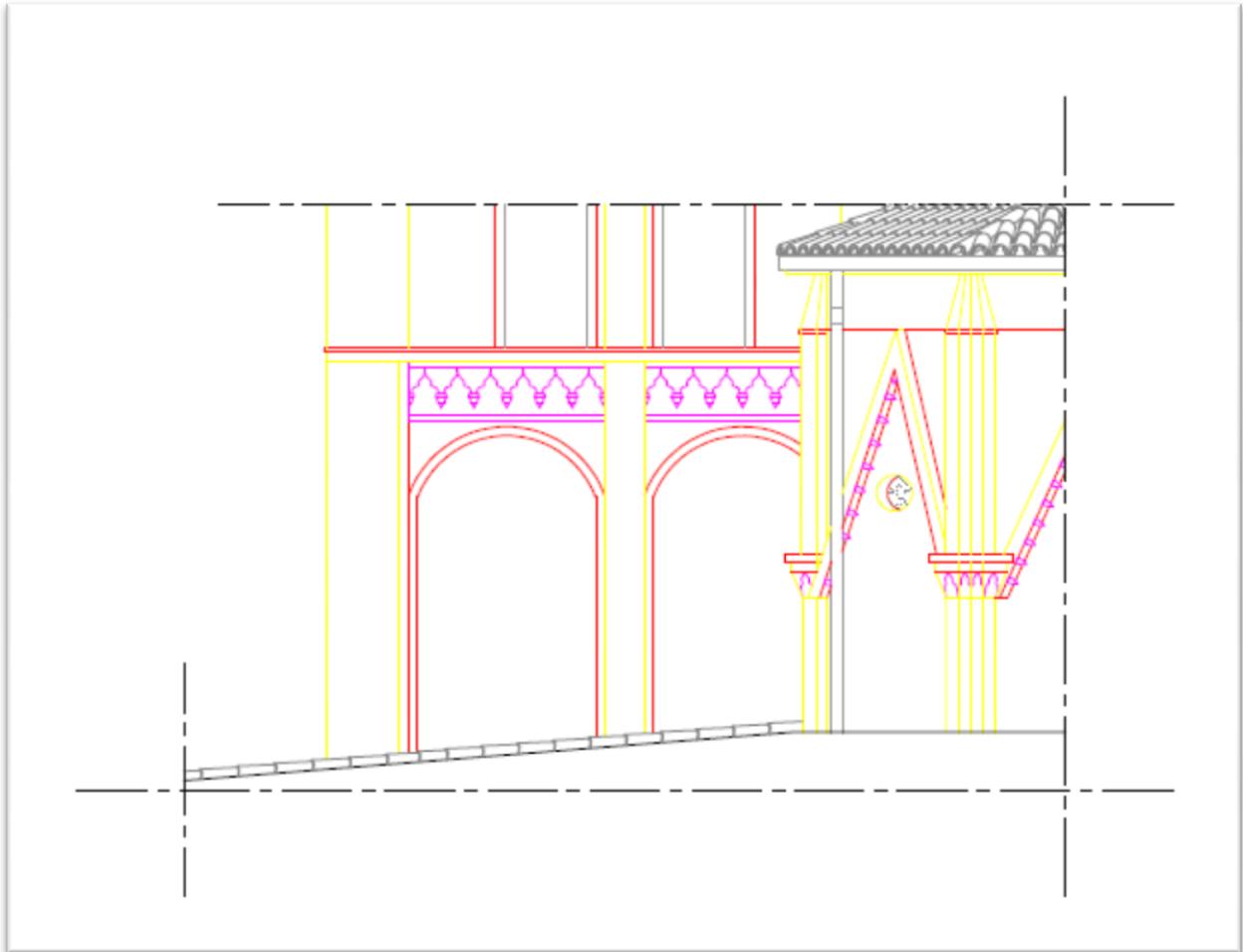
Vista esterna

Piano terra

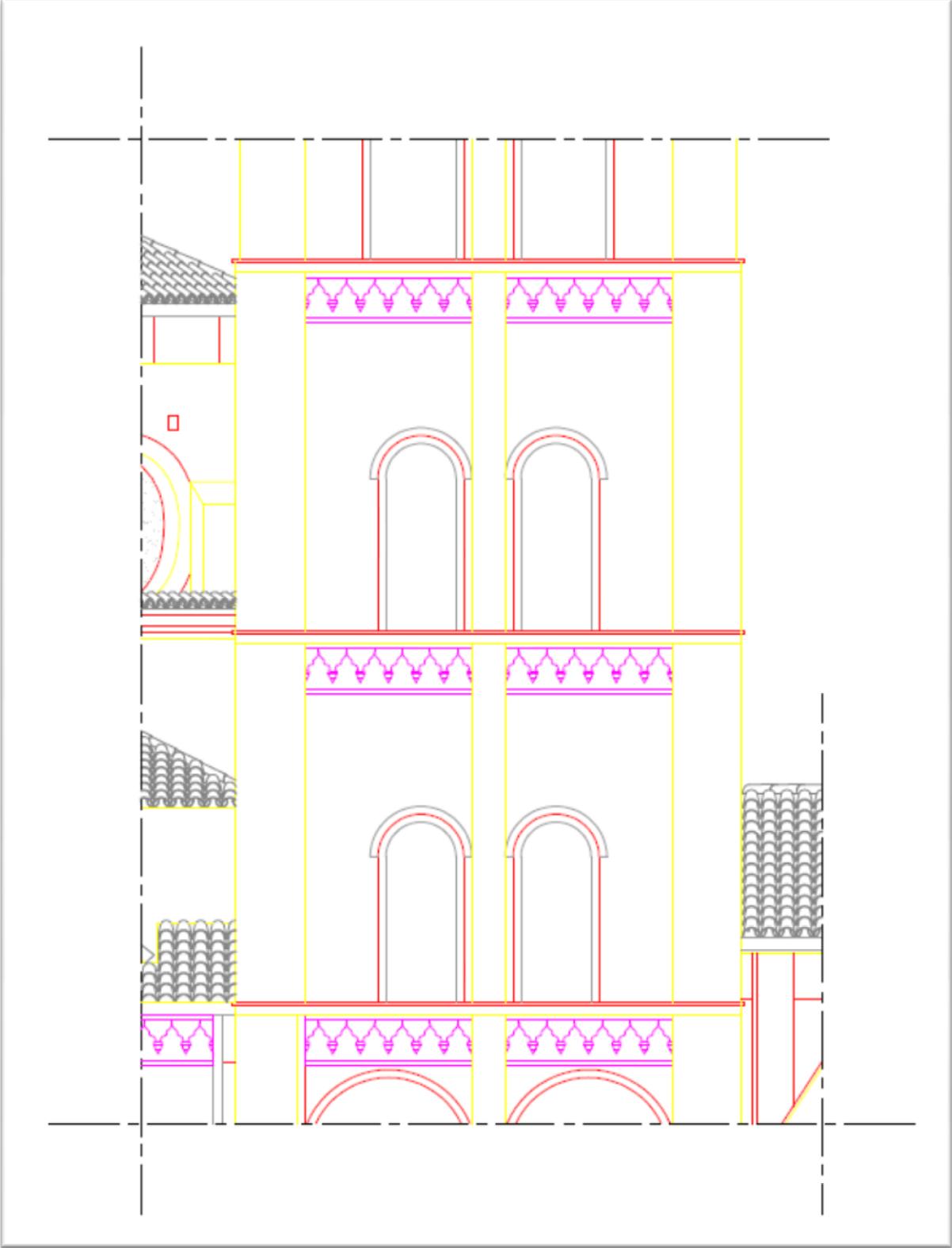


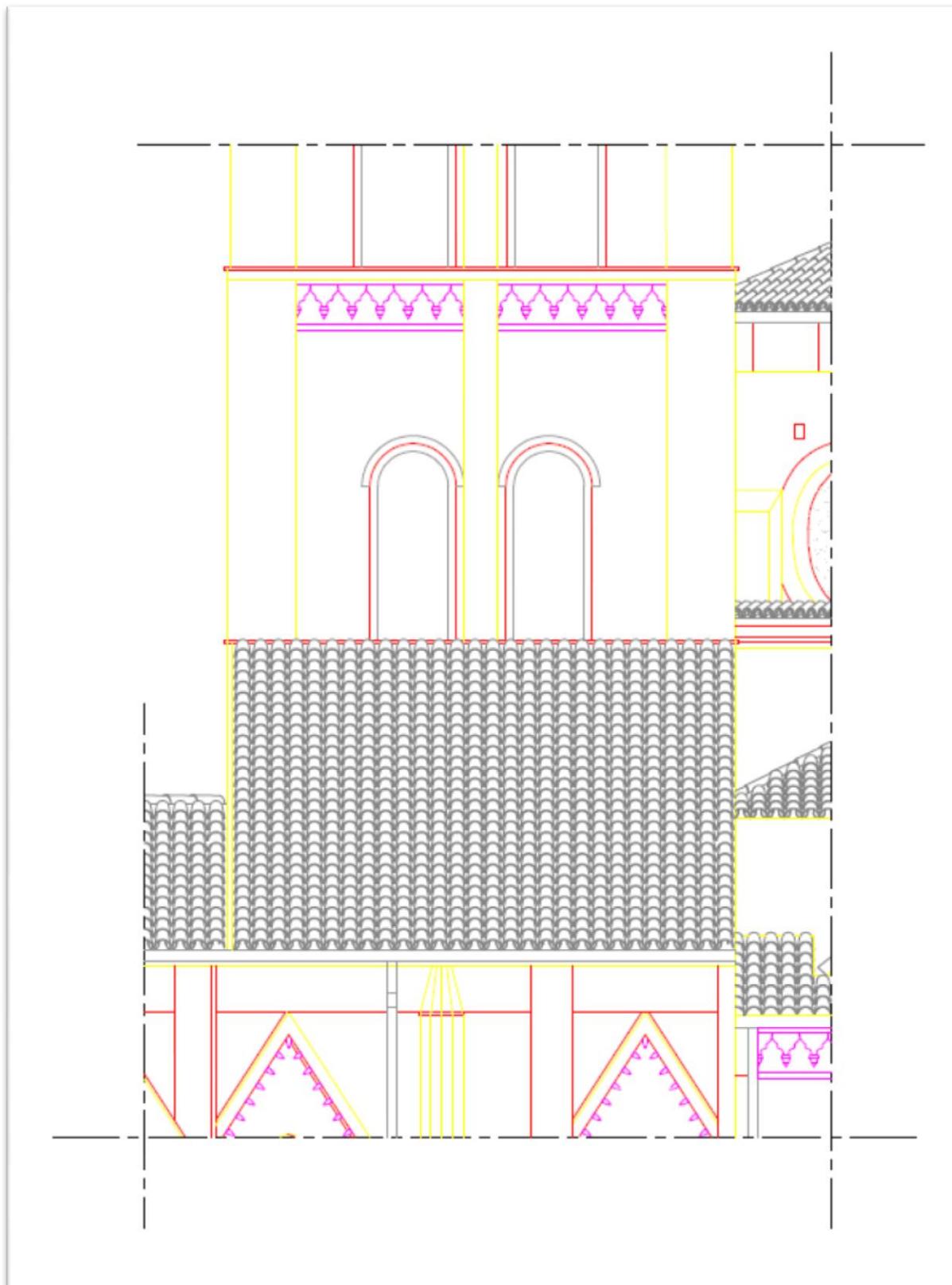
Primo piano

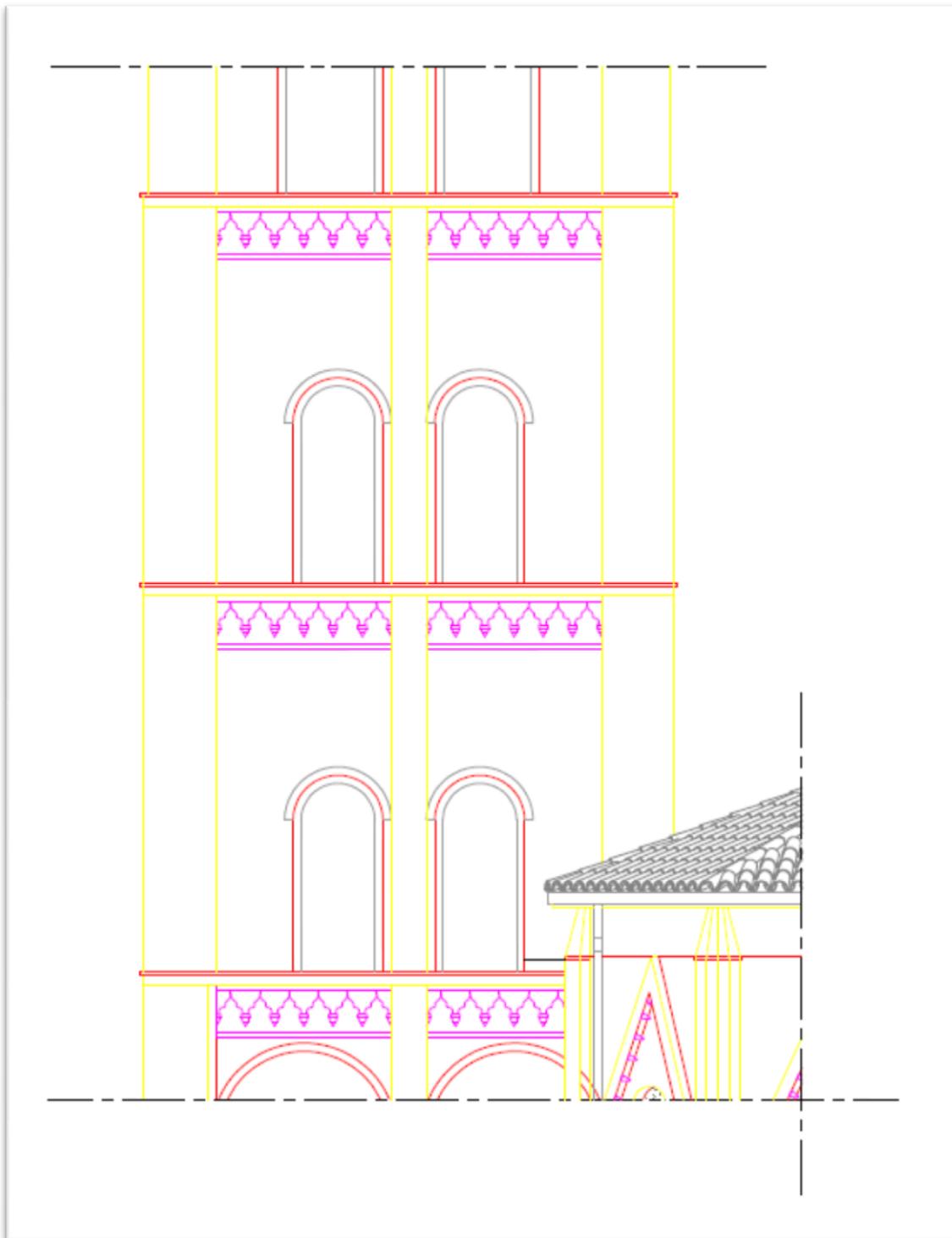




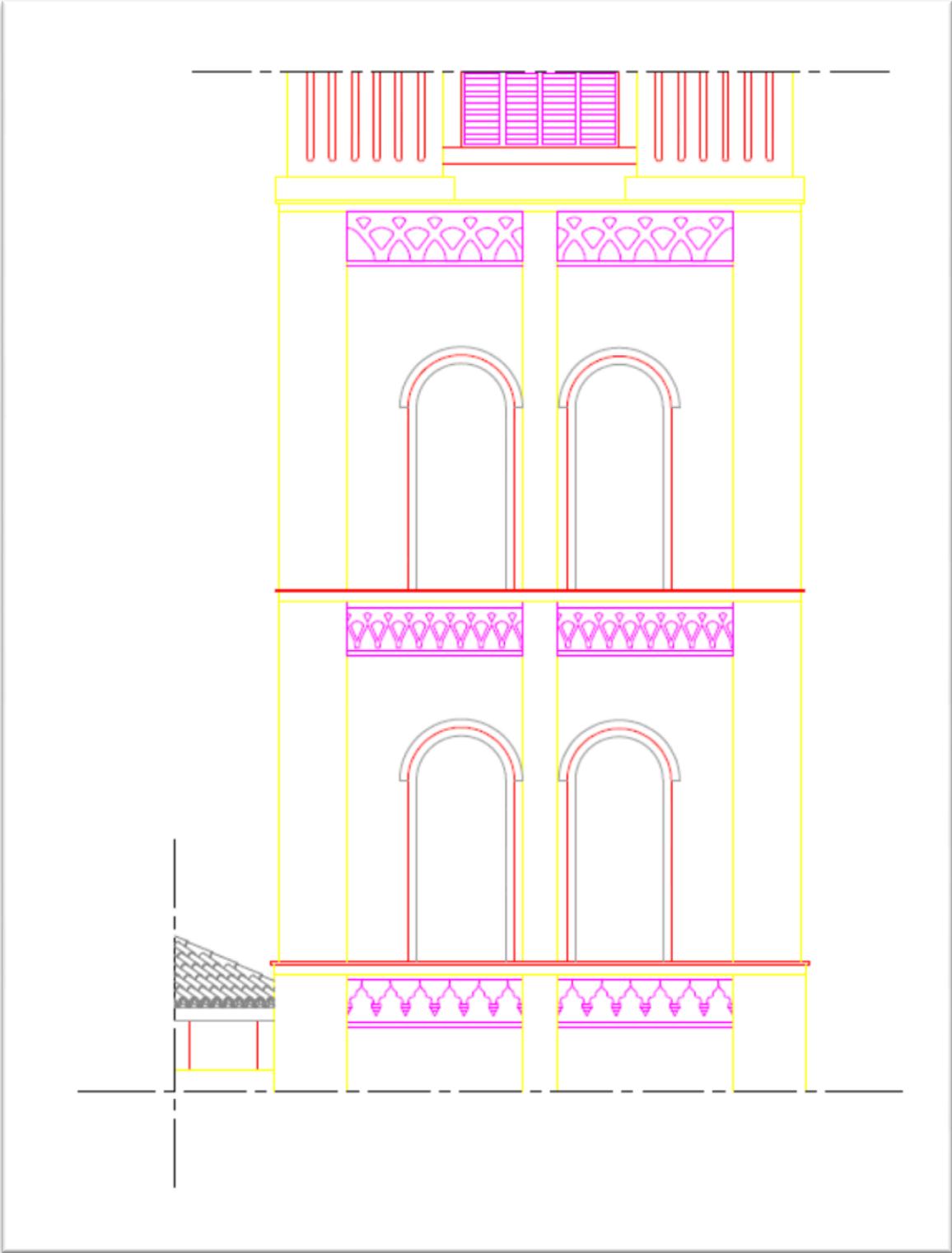
Secondo piano

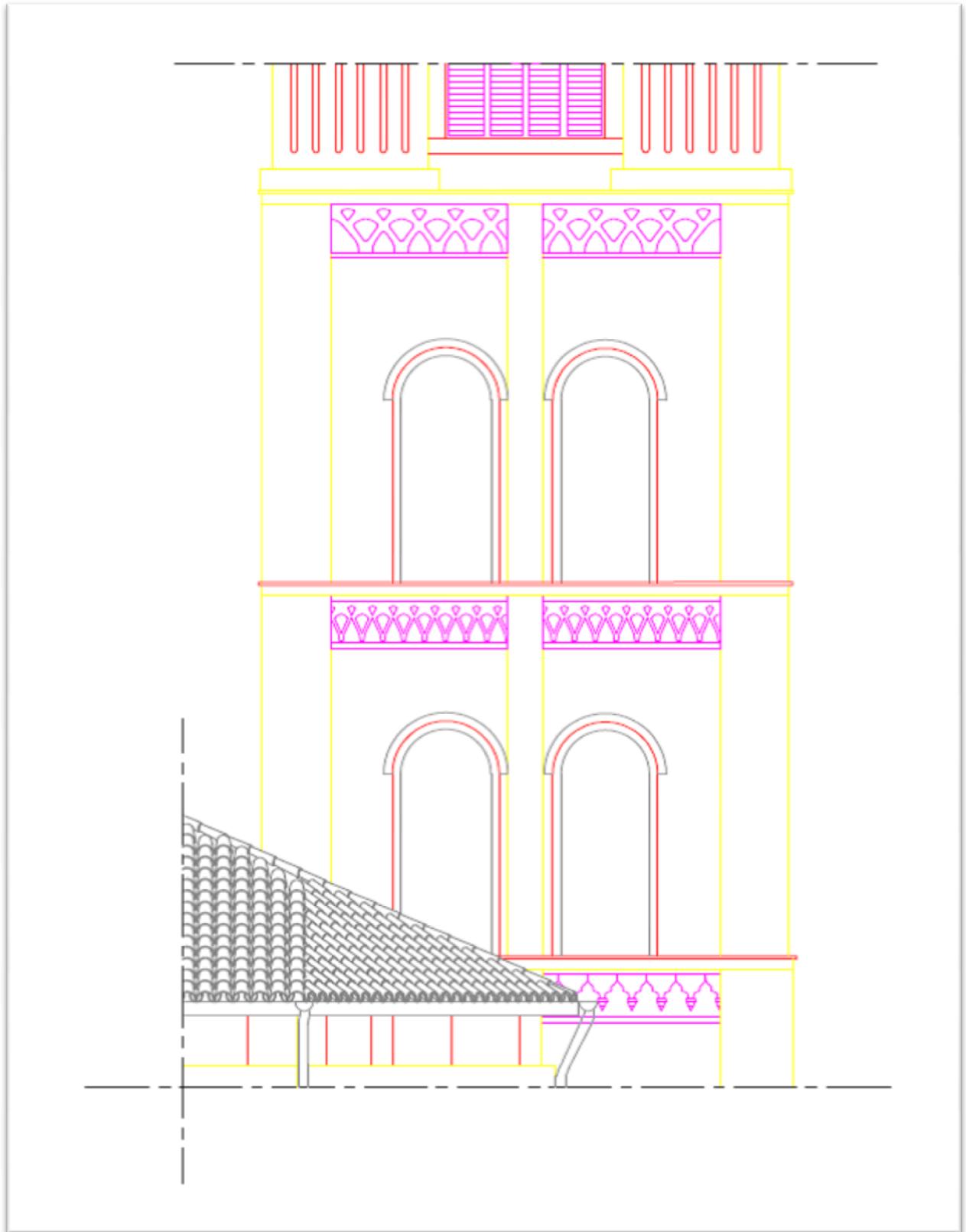


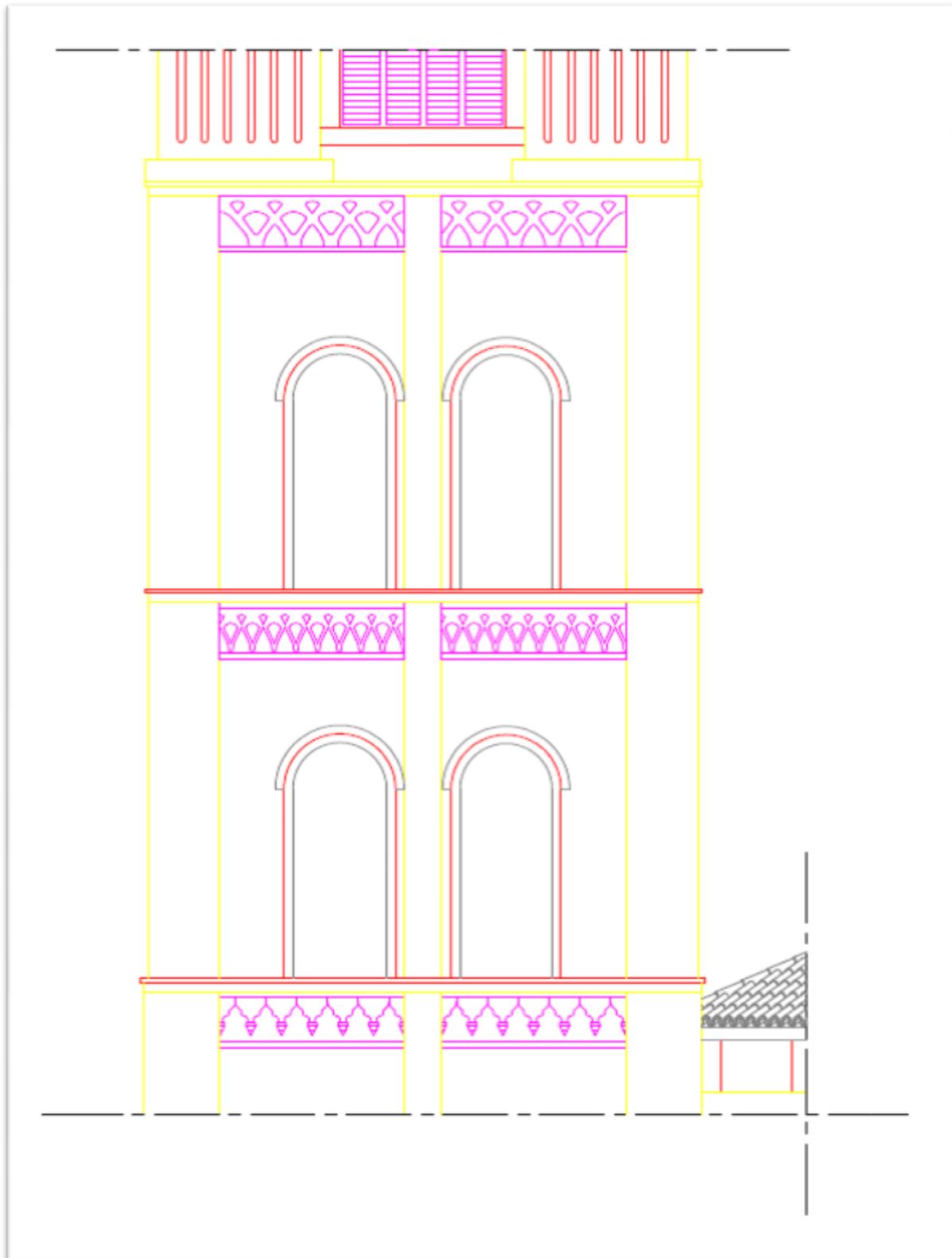




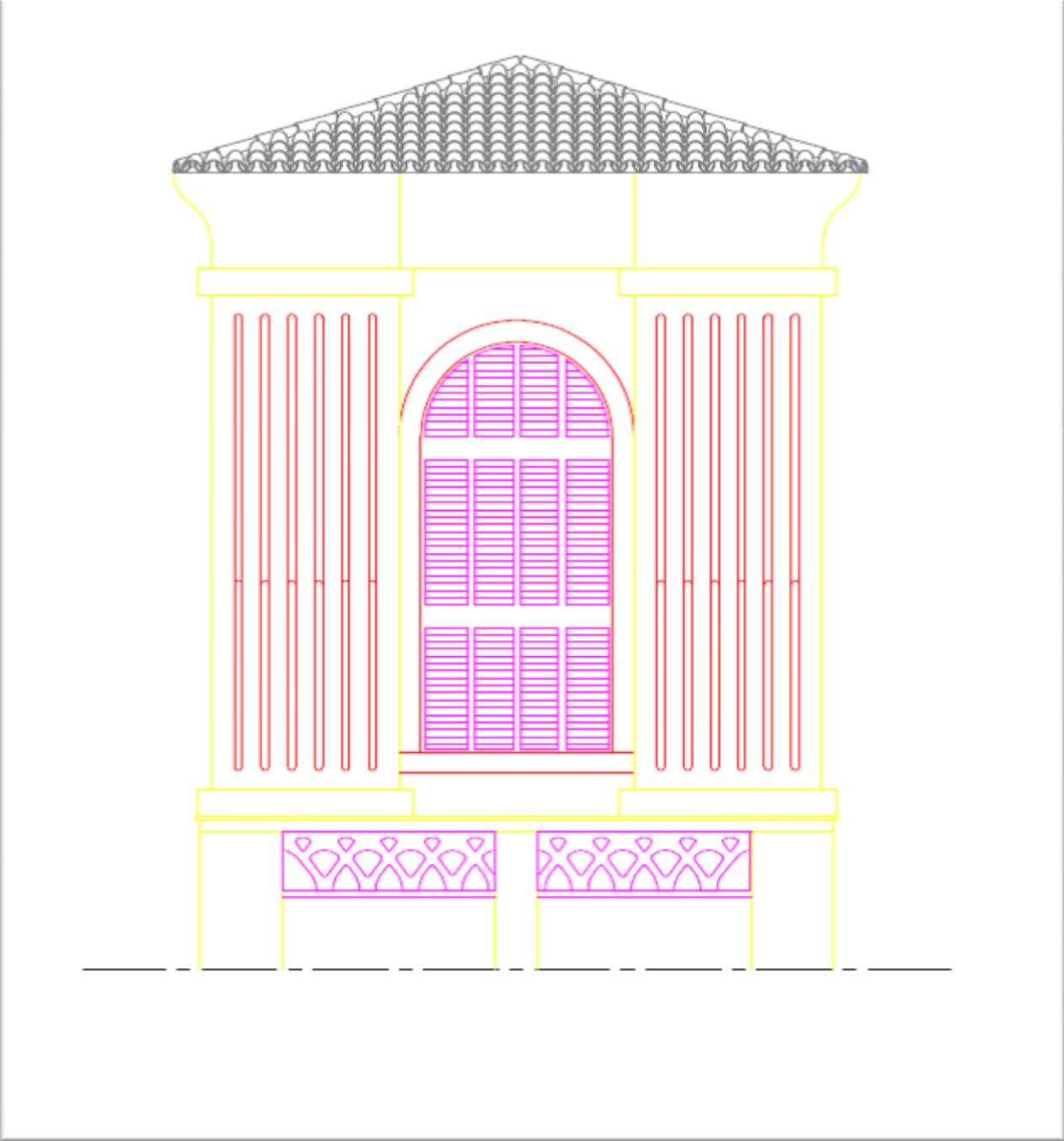
Terzo piano





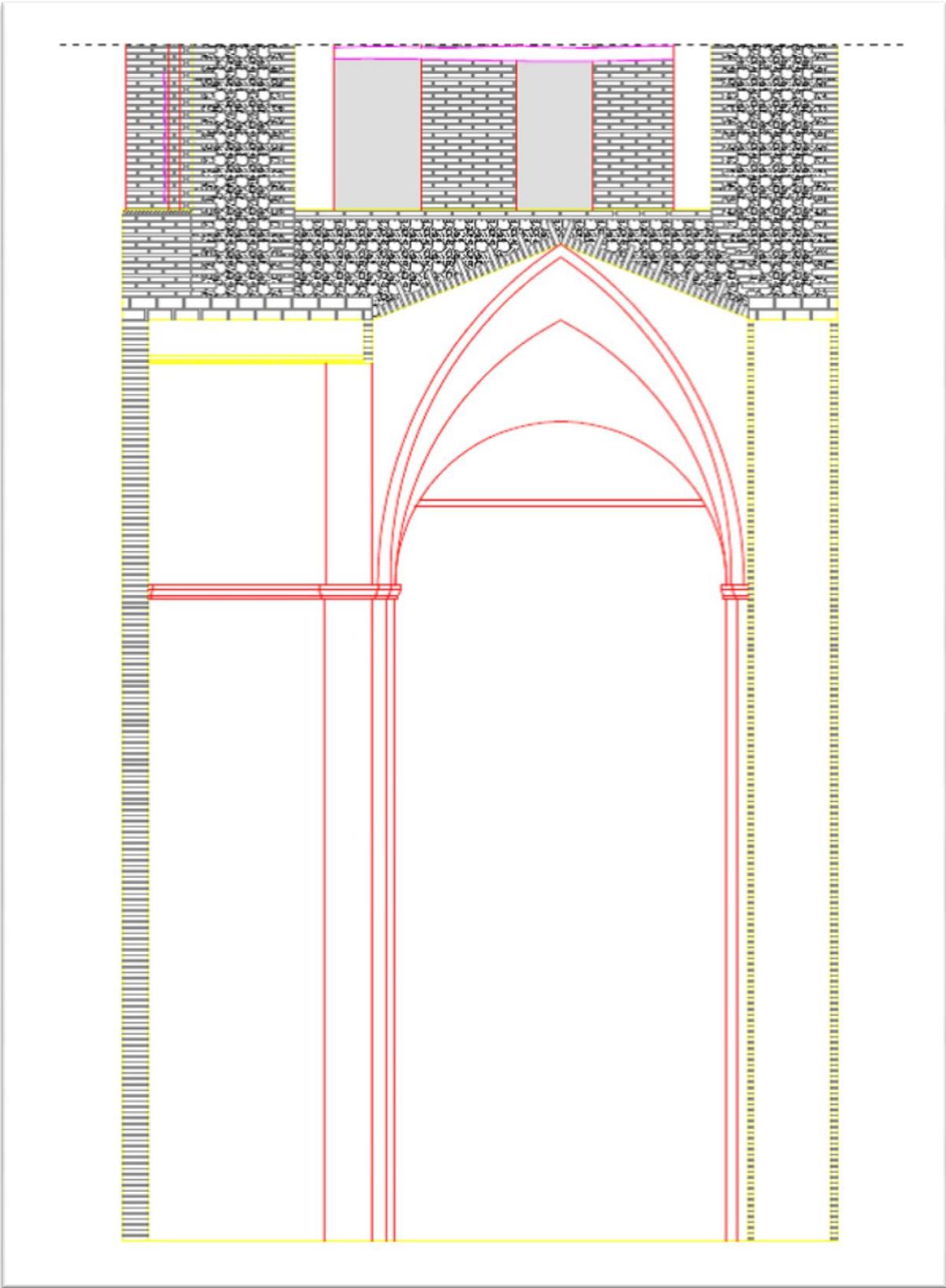


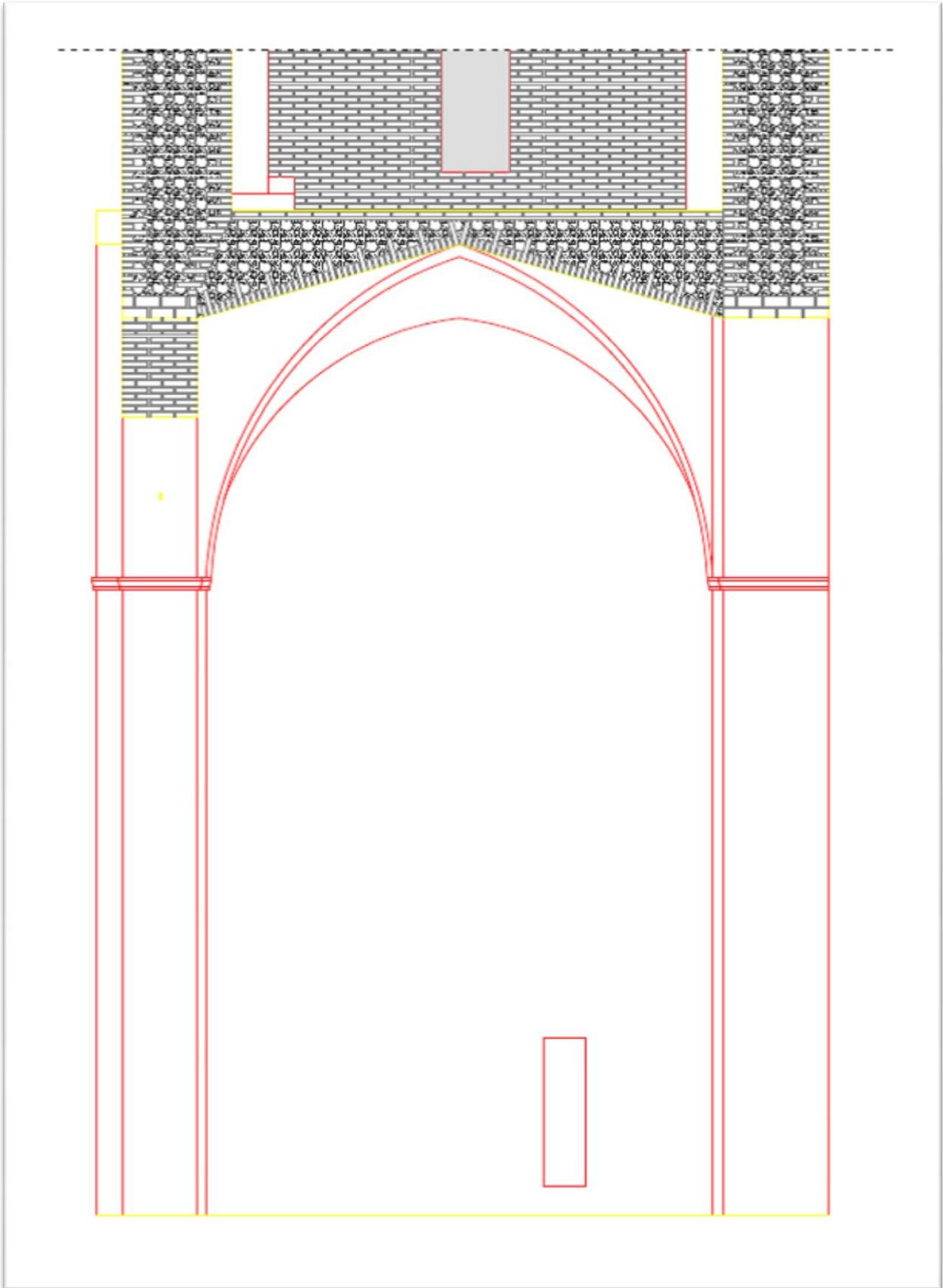
Cella campanaria

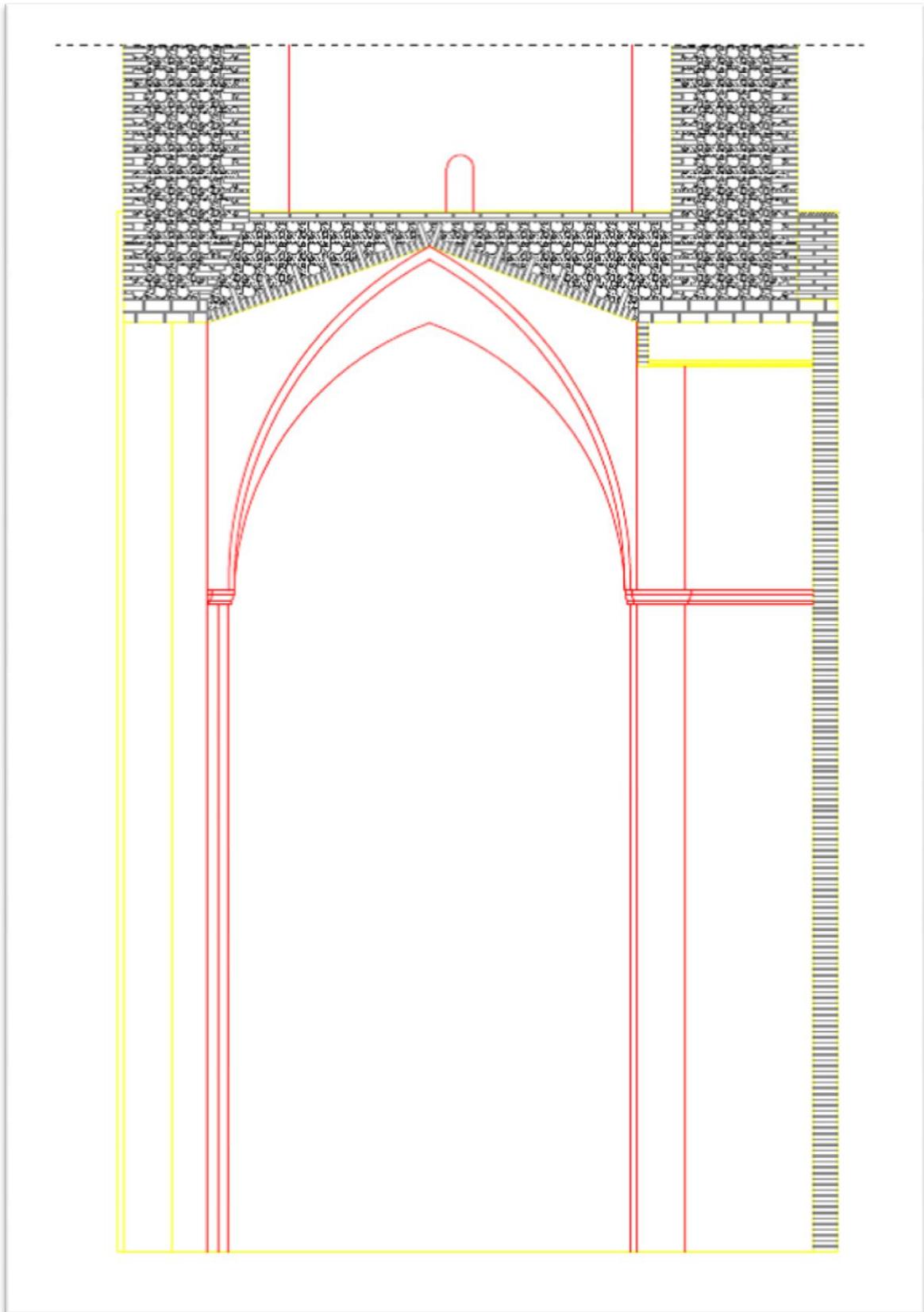


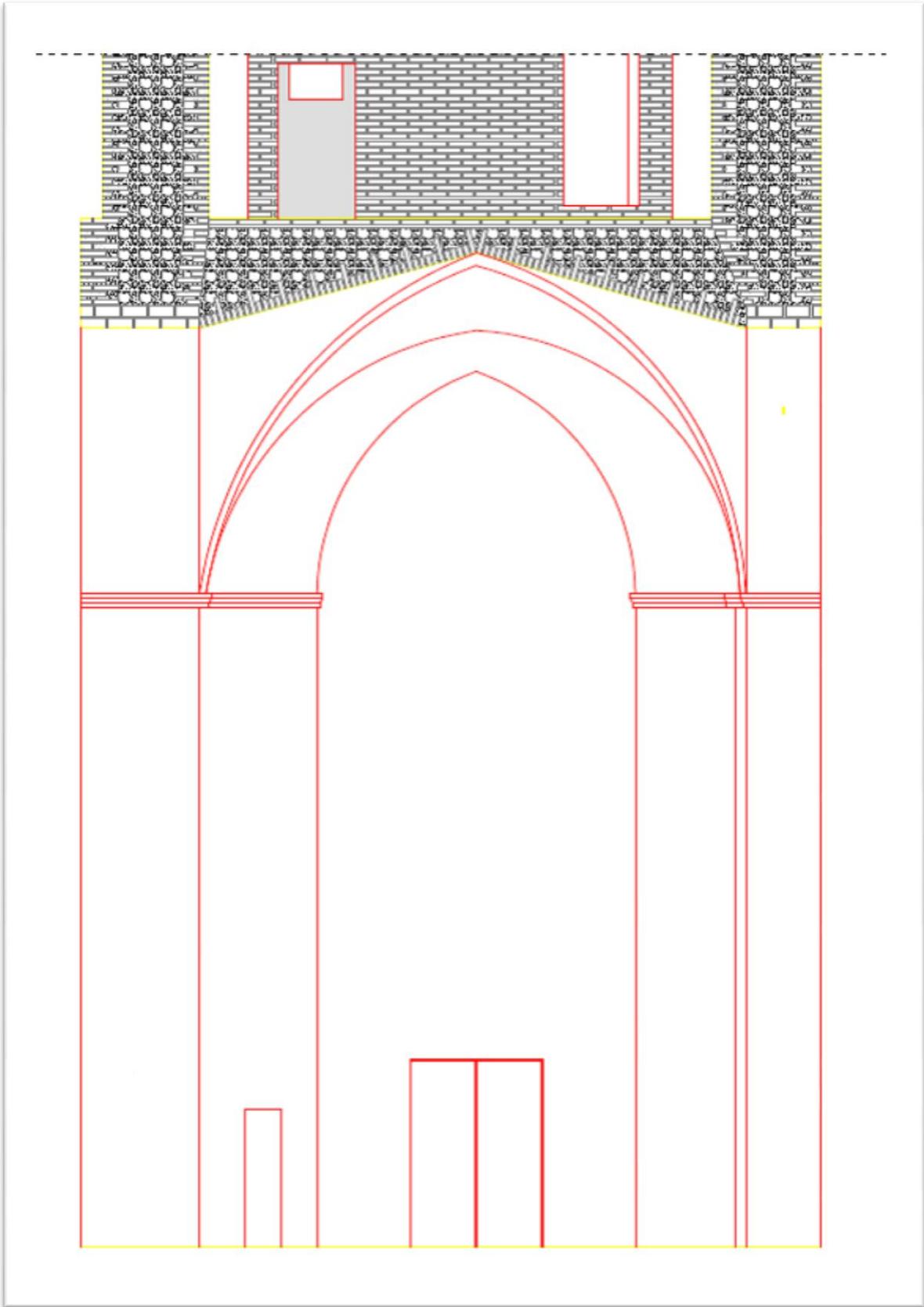
Vista interna

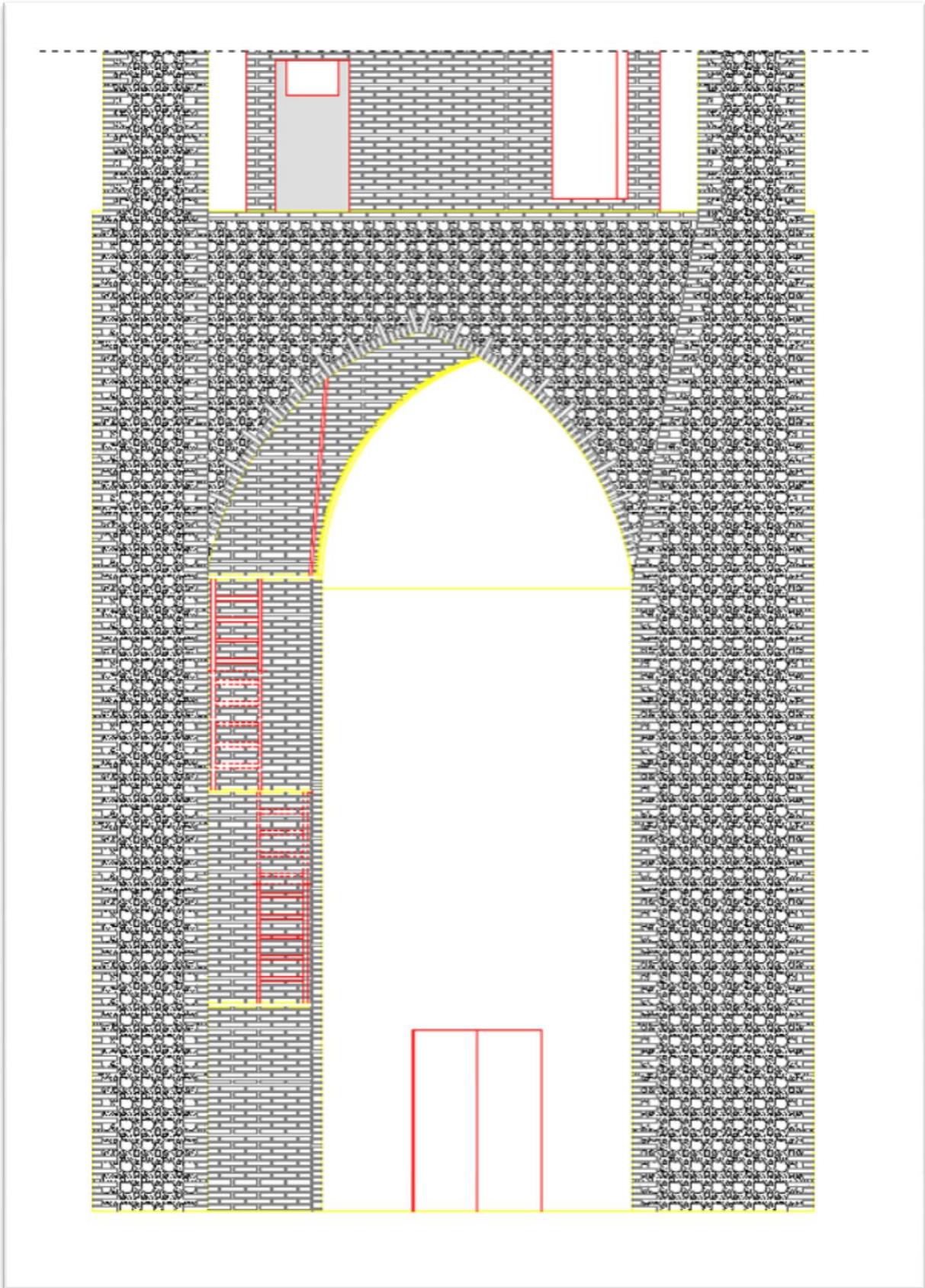
Piano terra

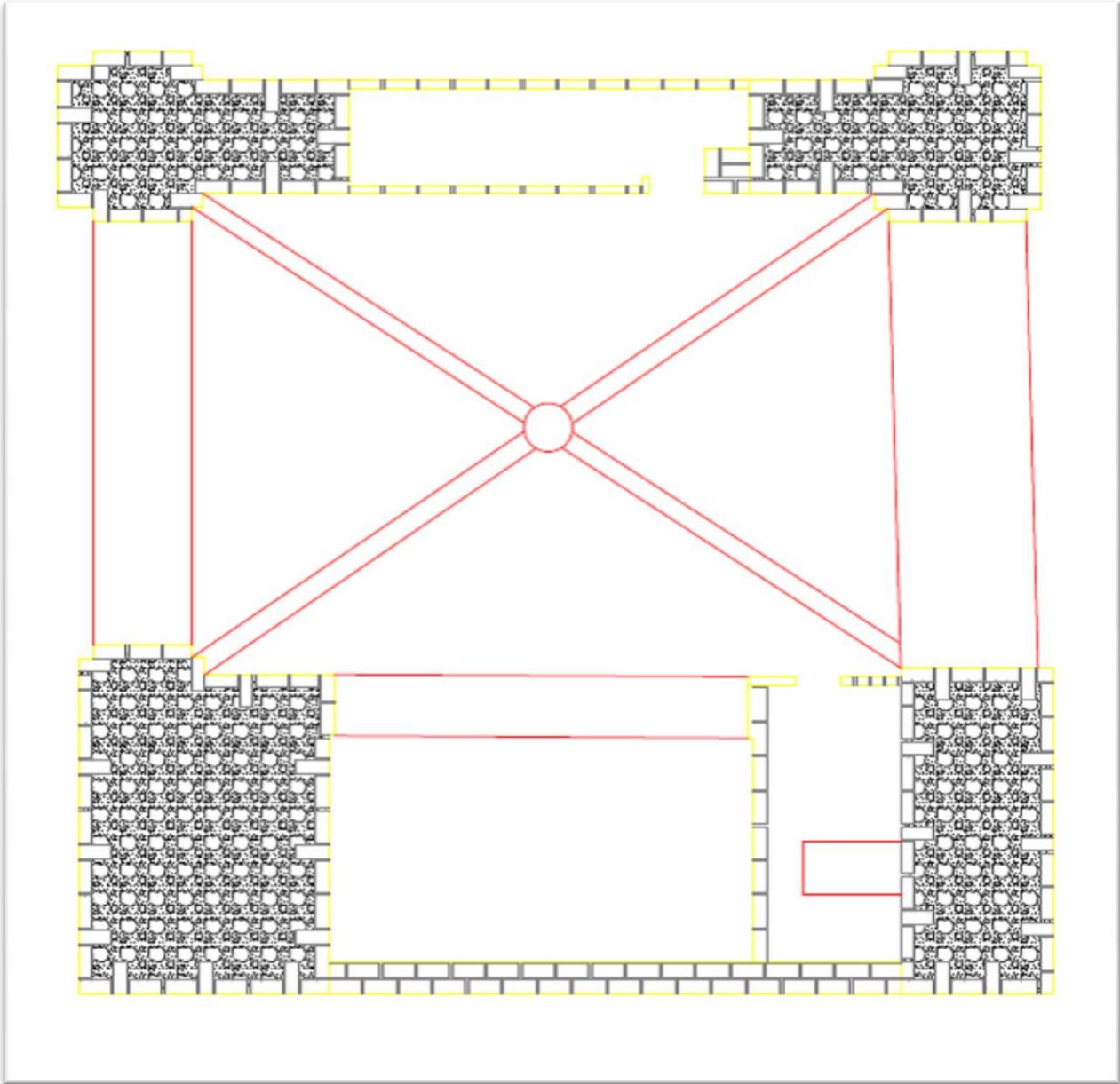




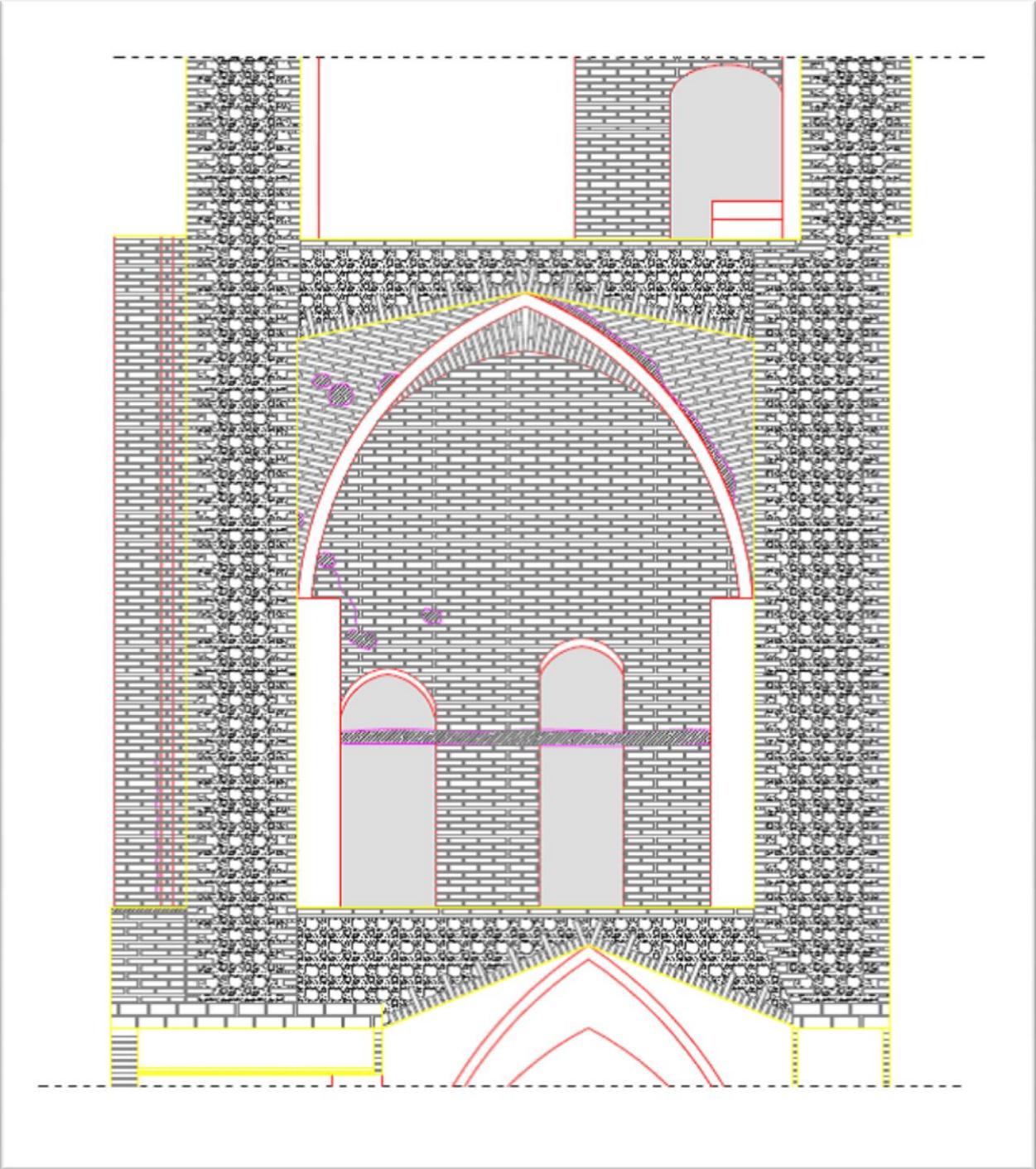


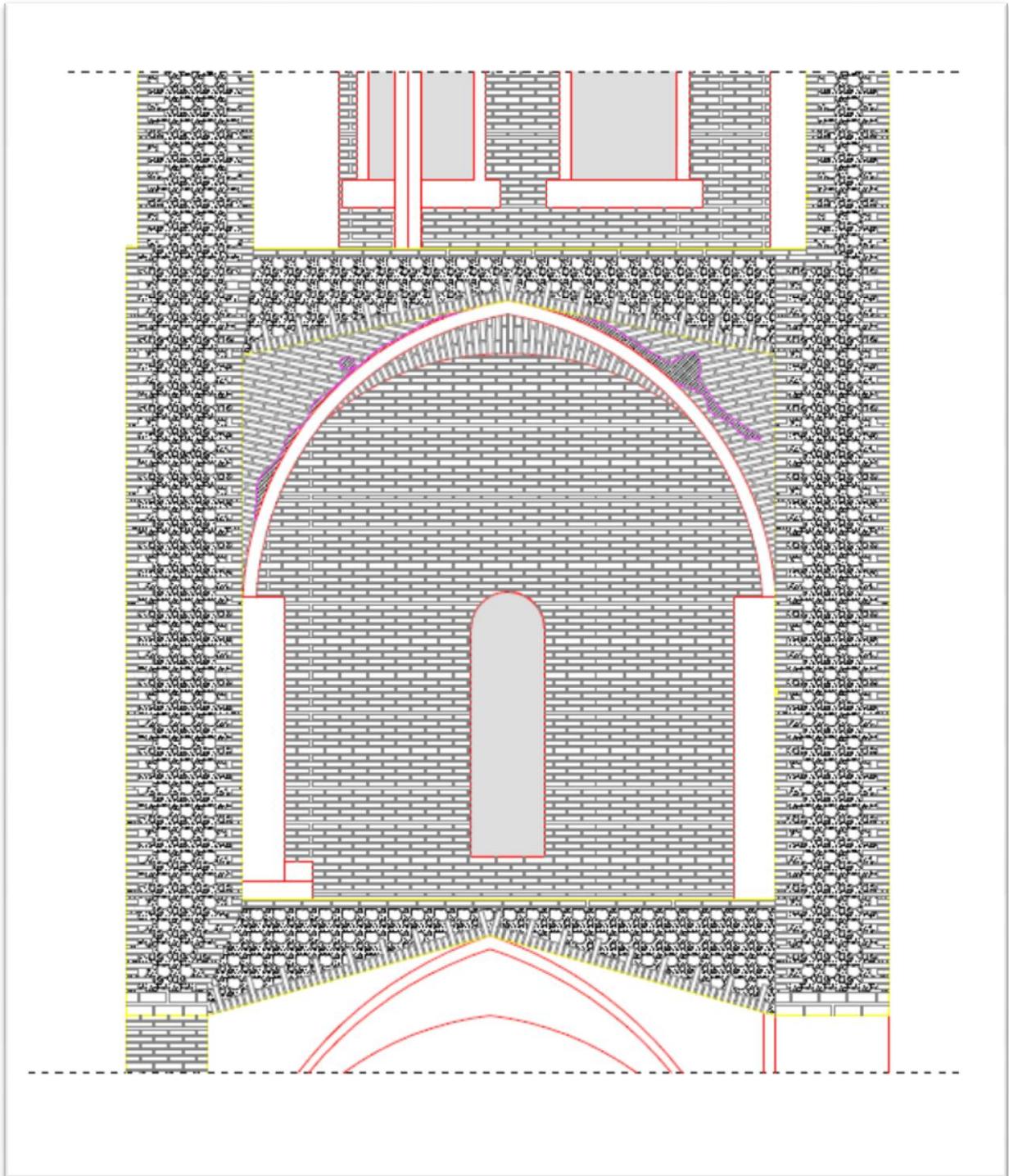


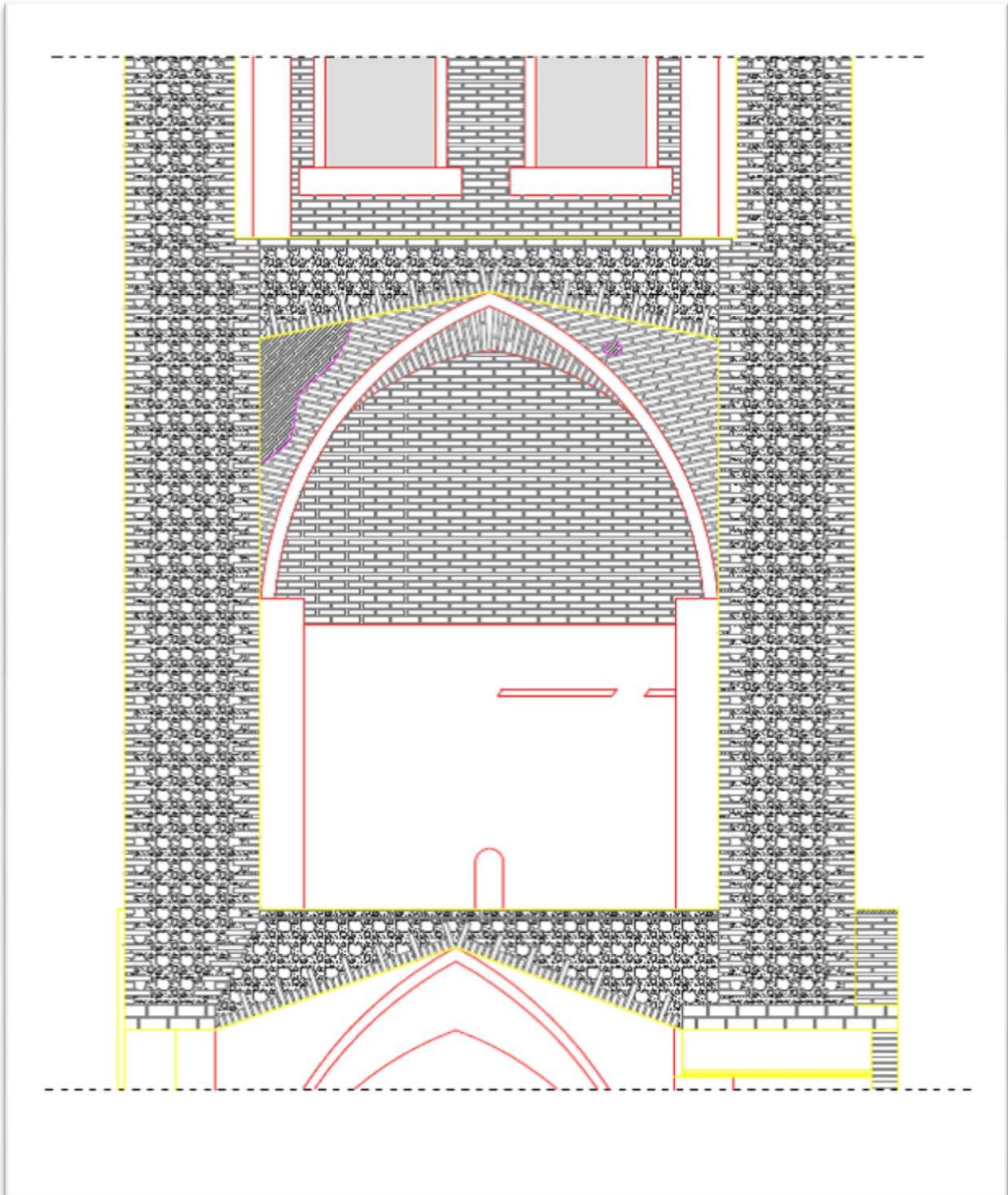


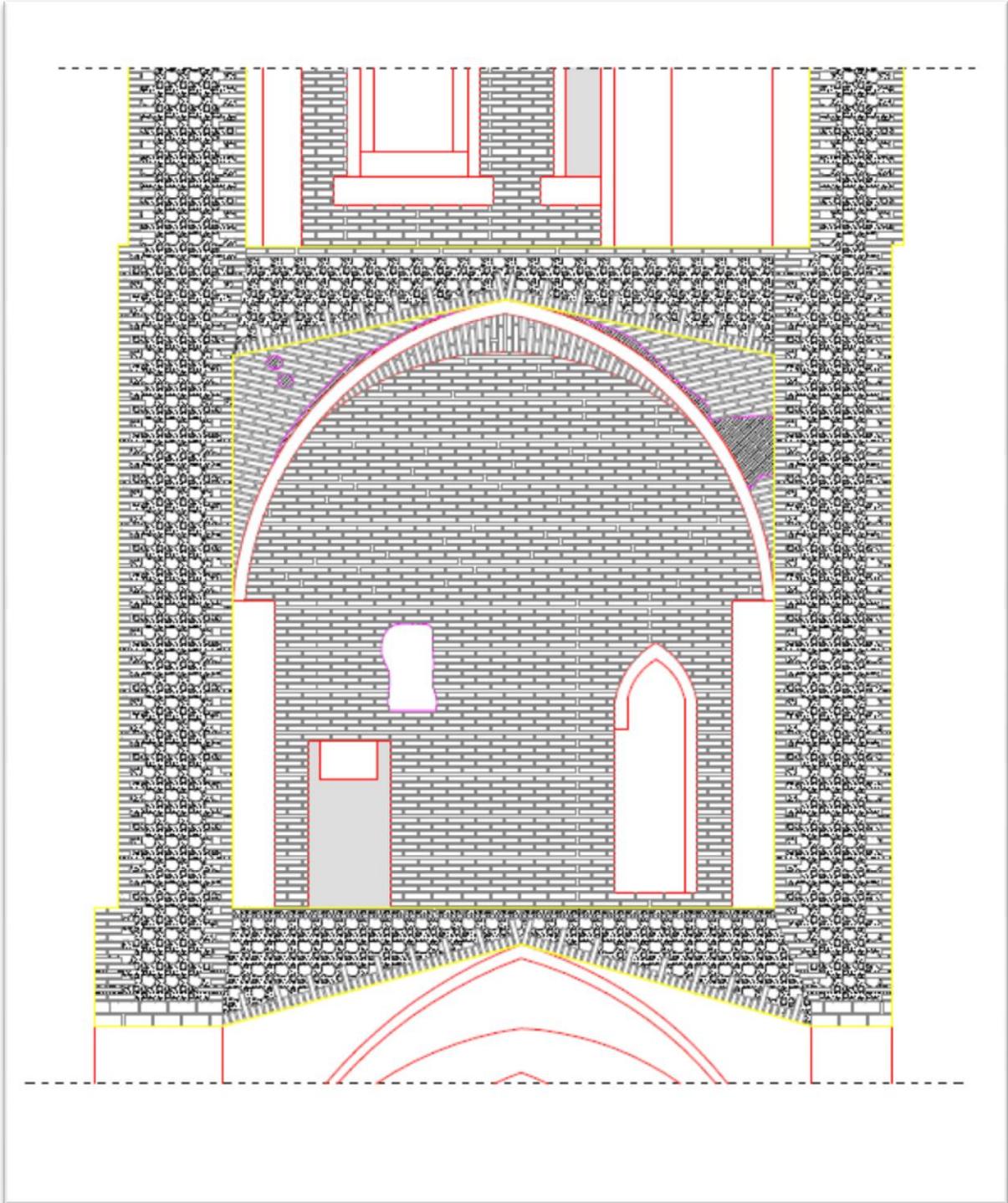


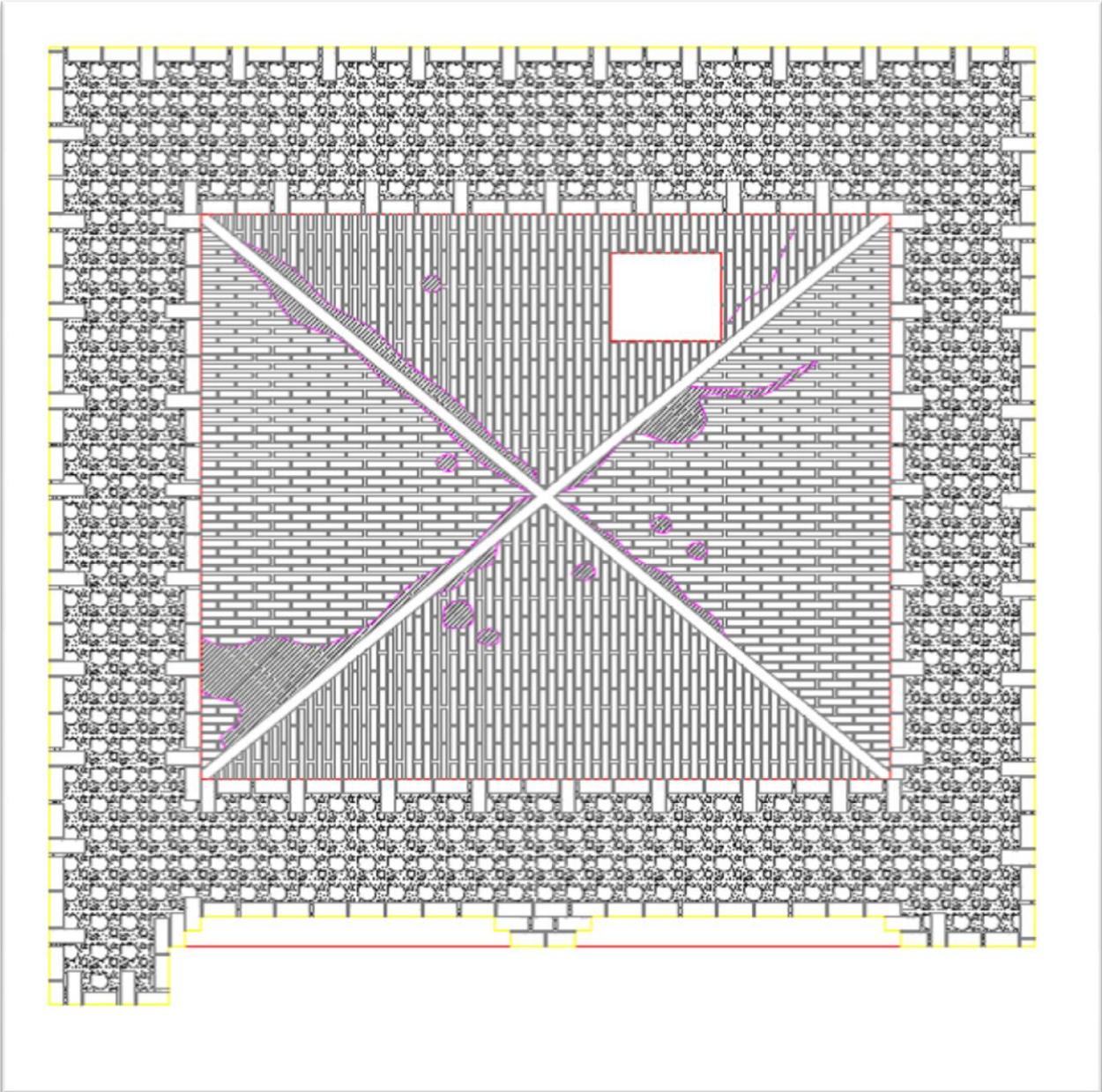
Piano primo



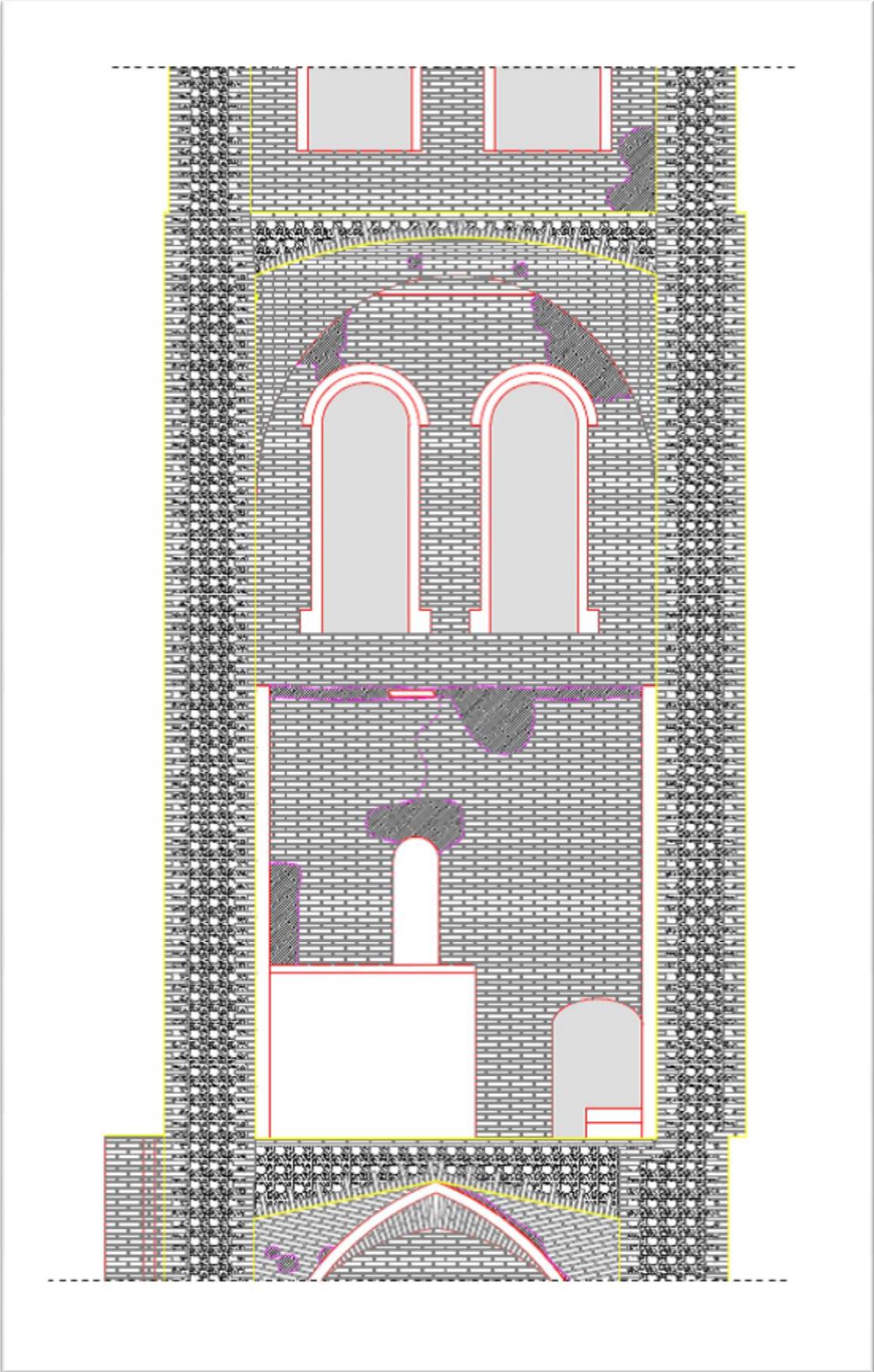


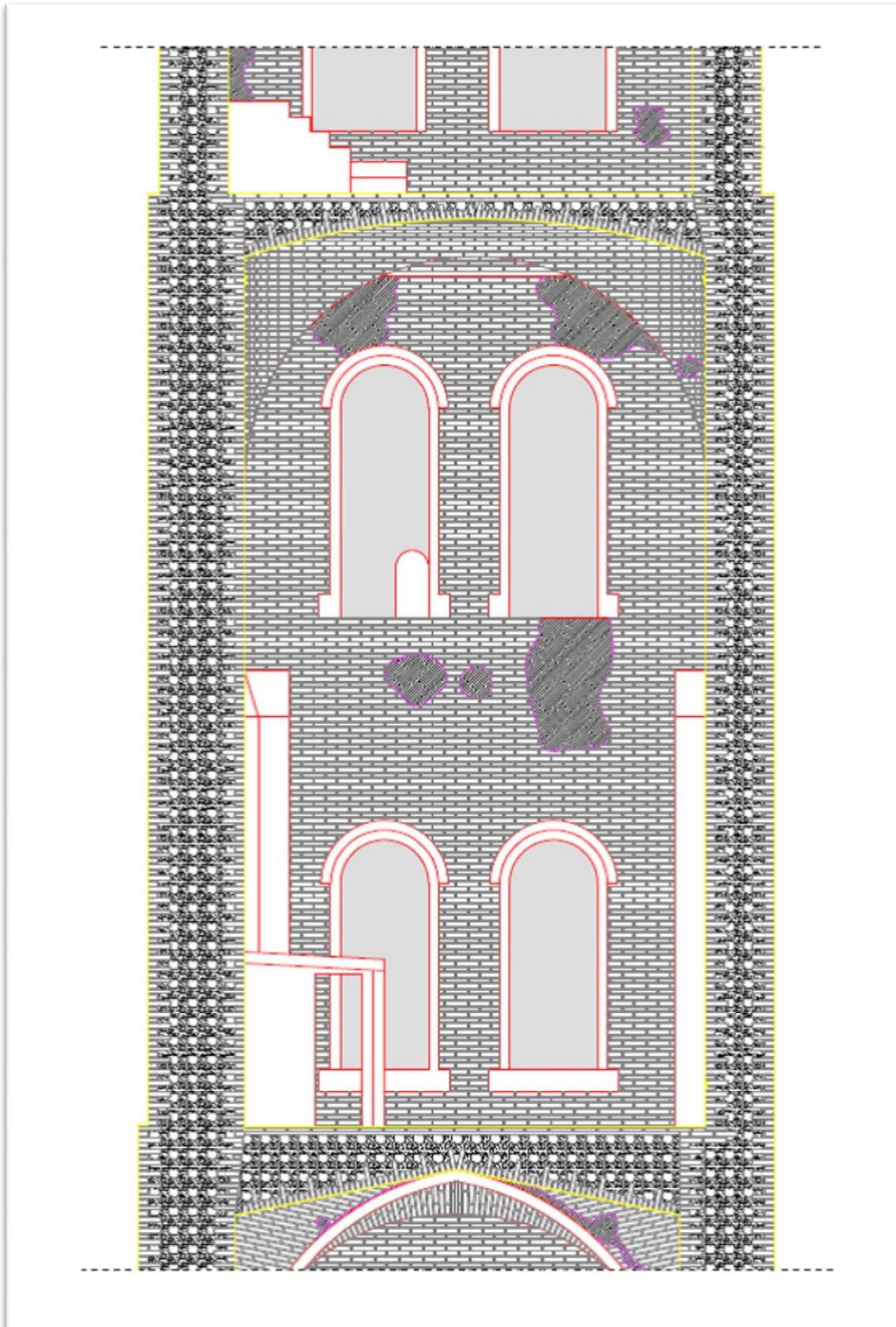


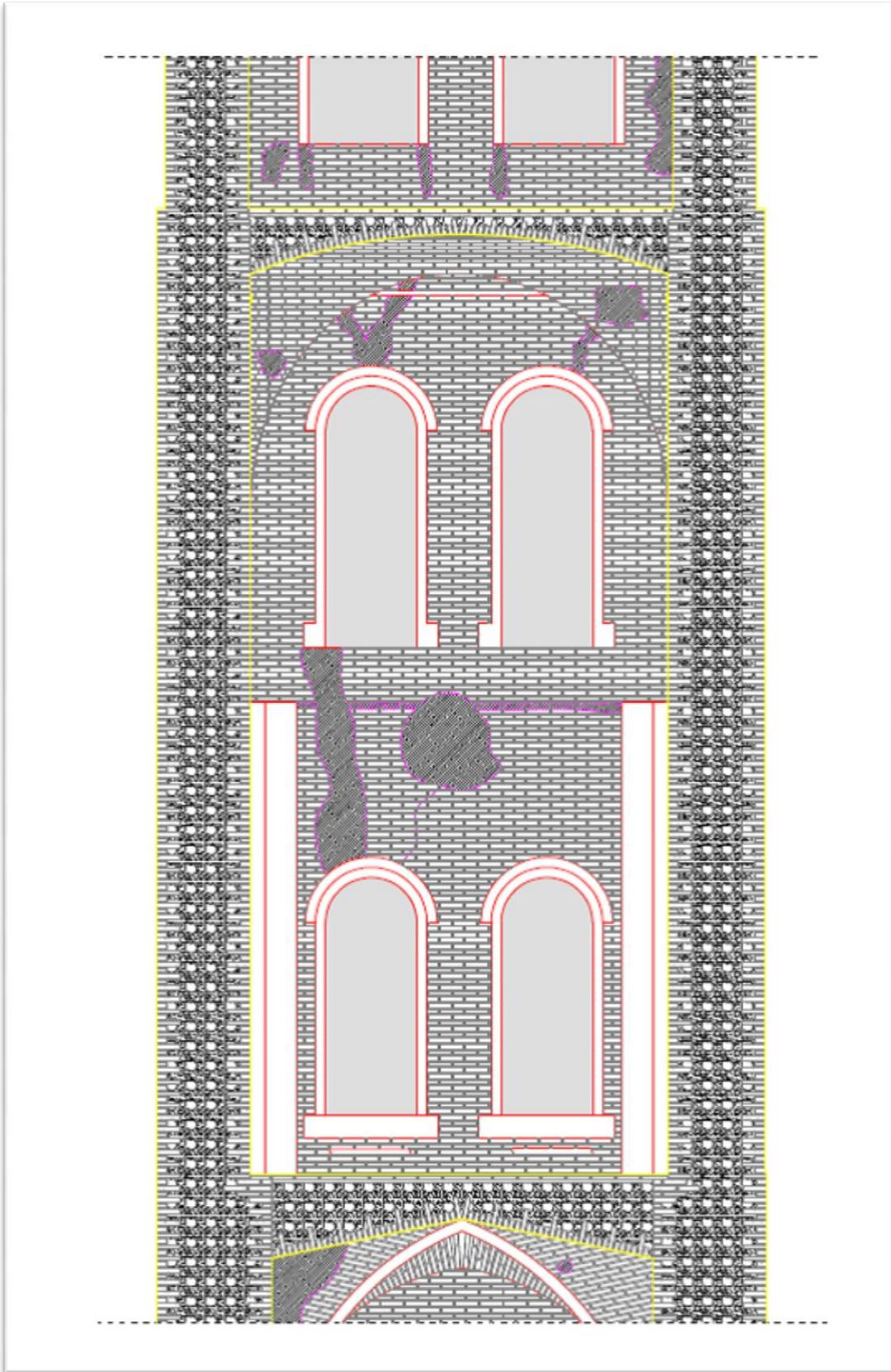


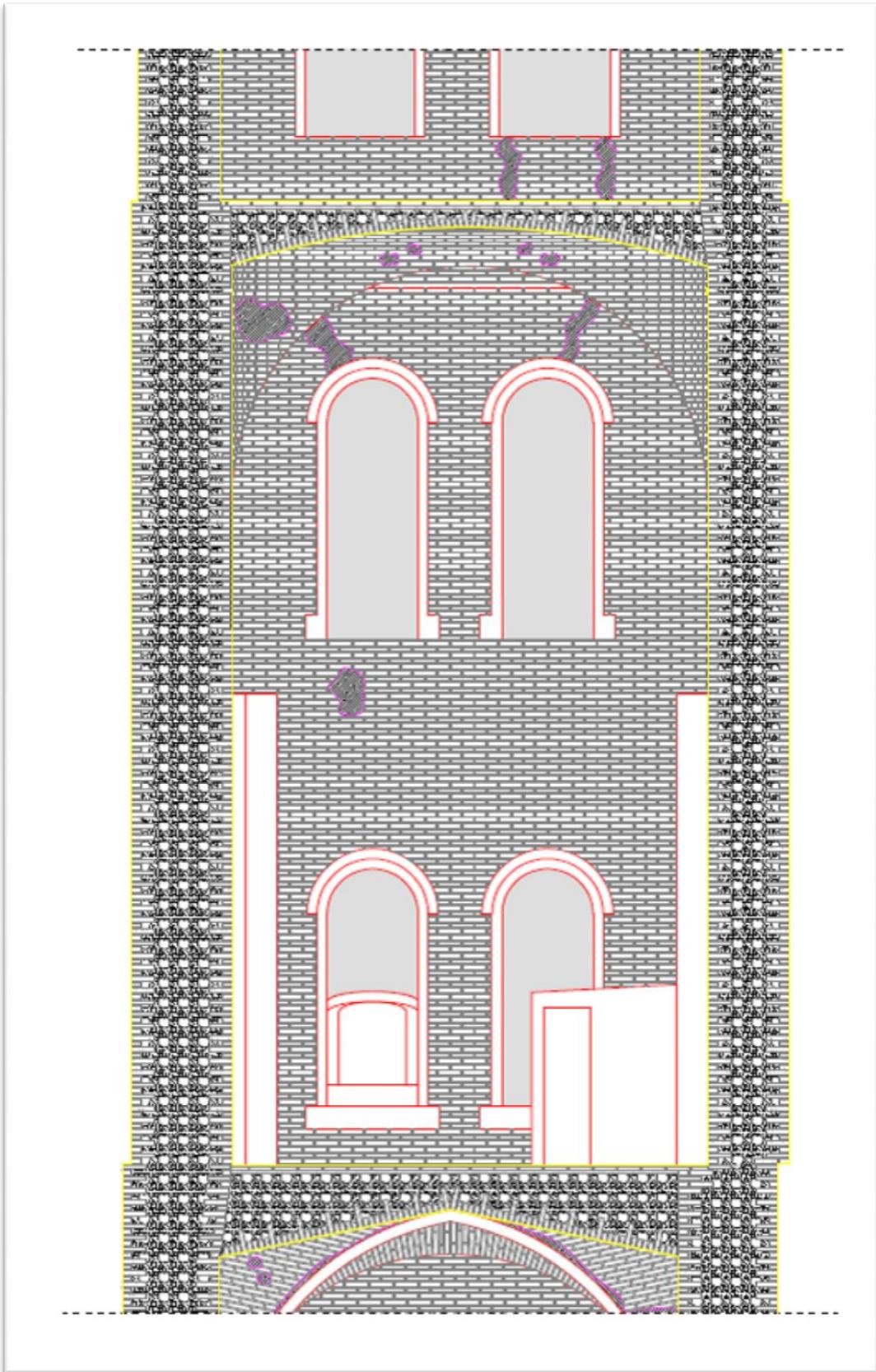


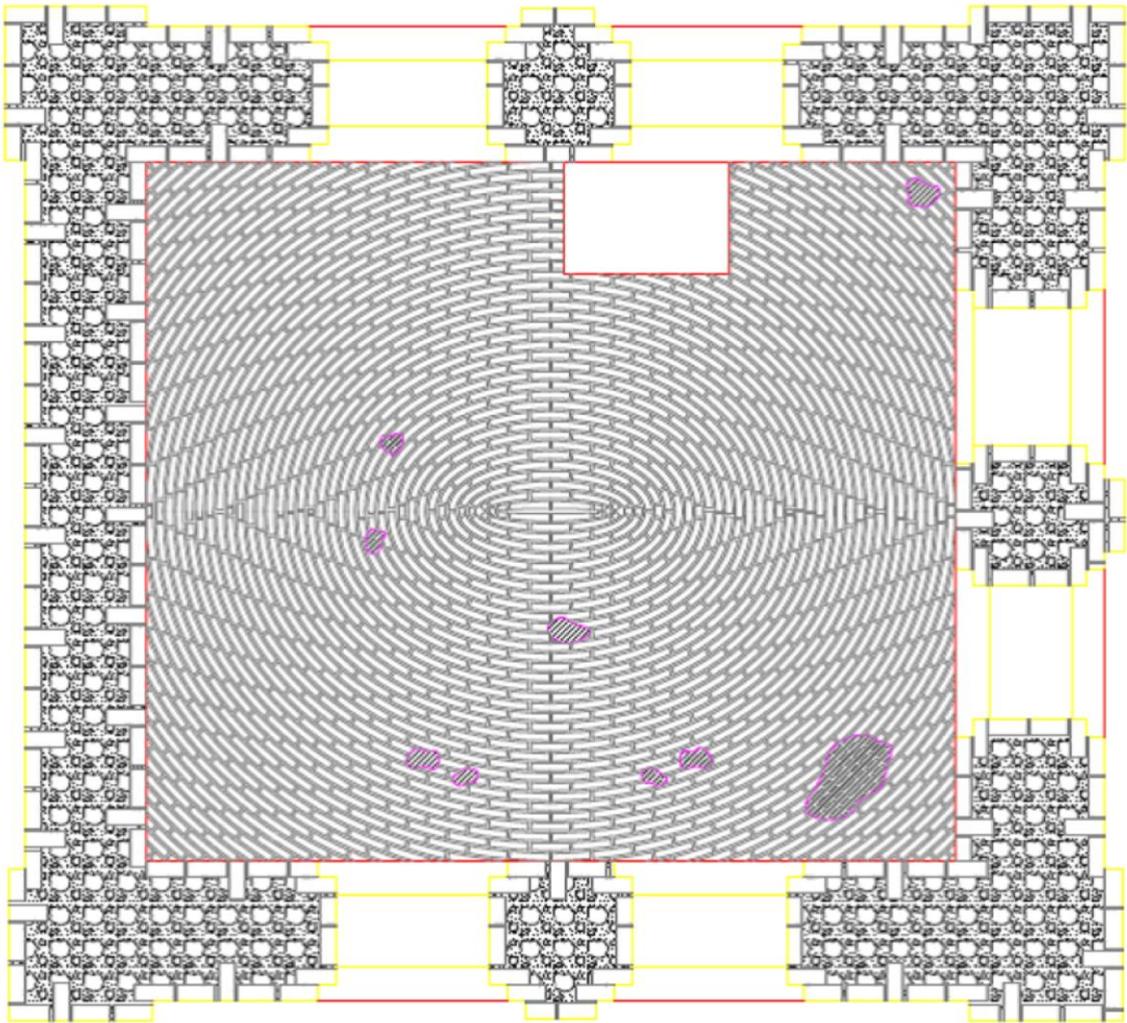
Piano secondo



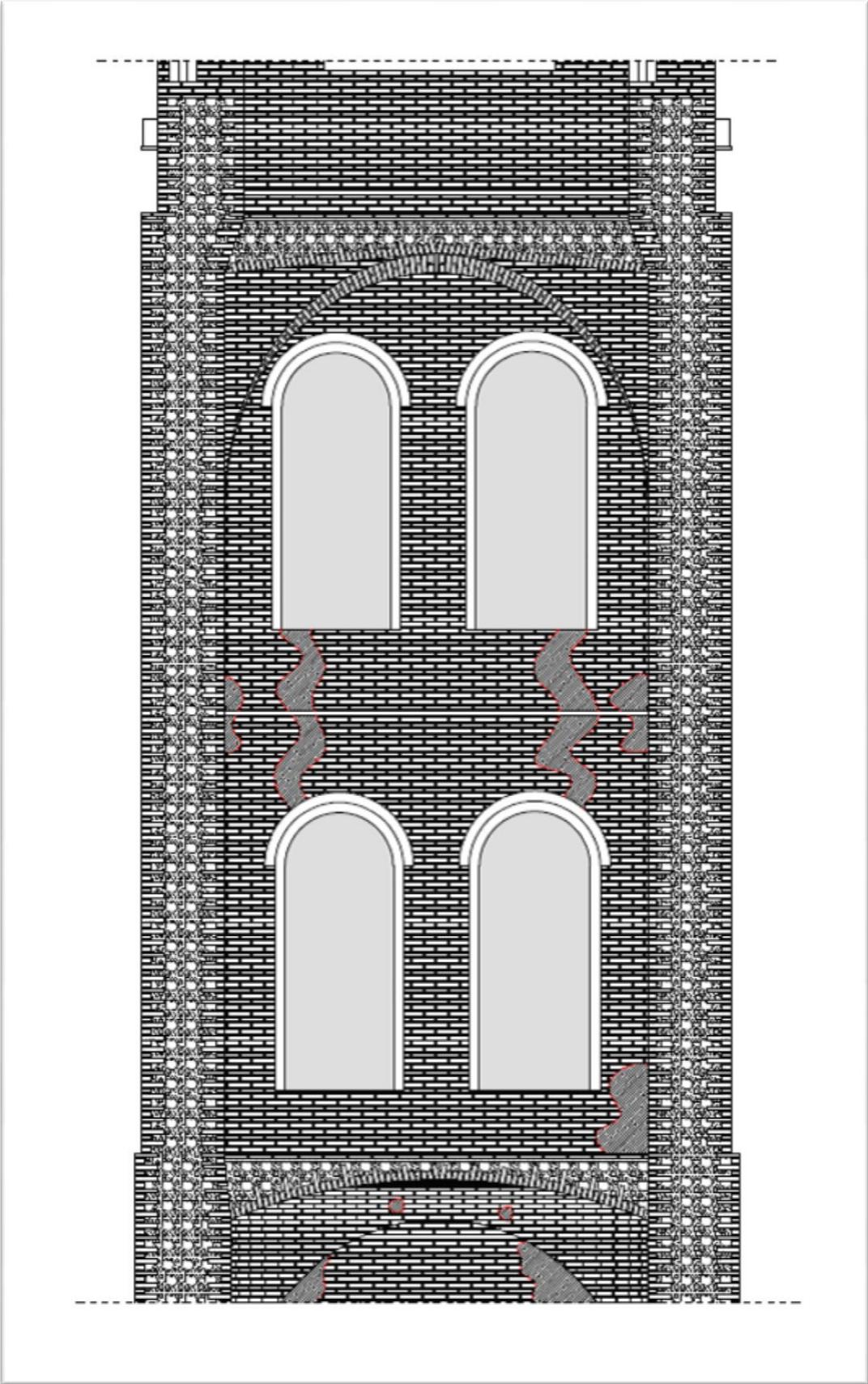


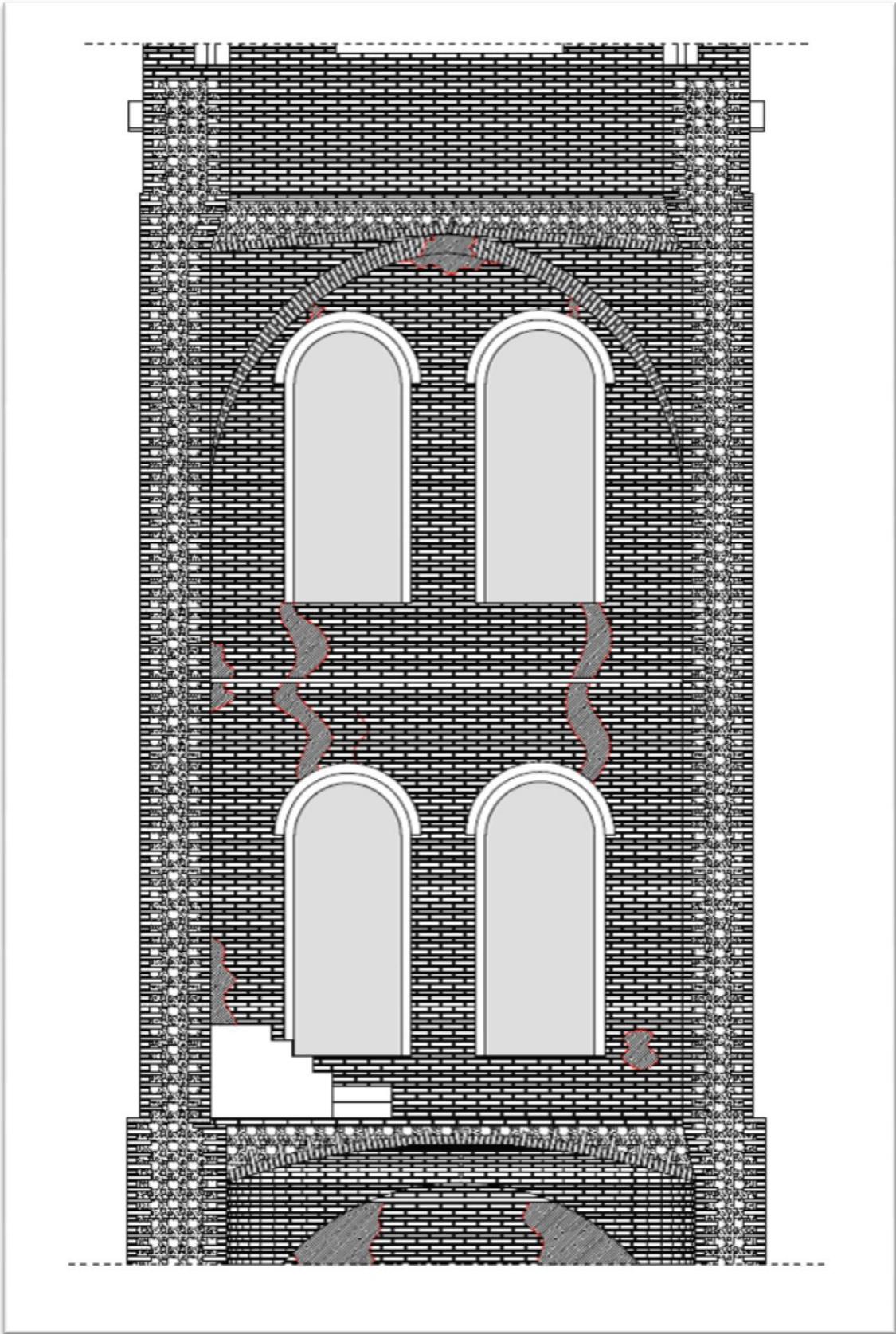


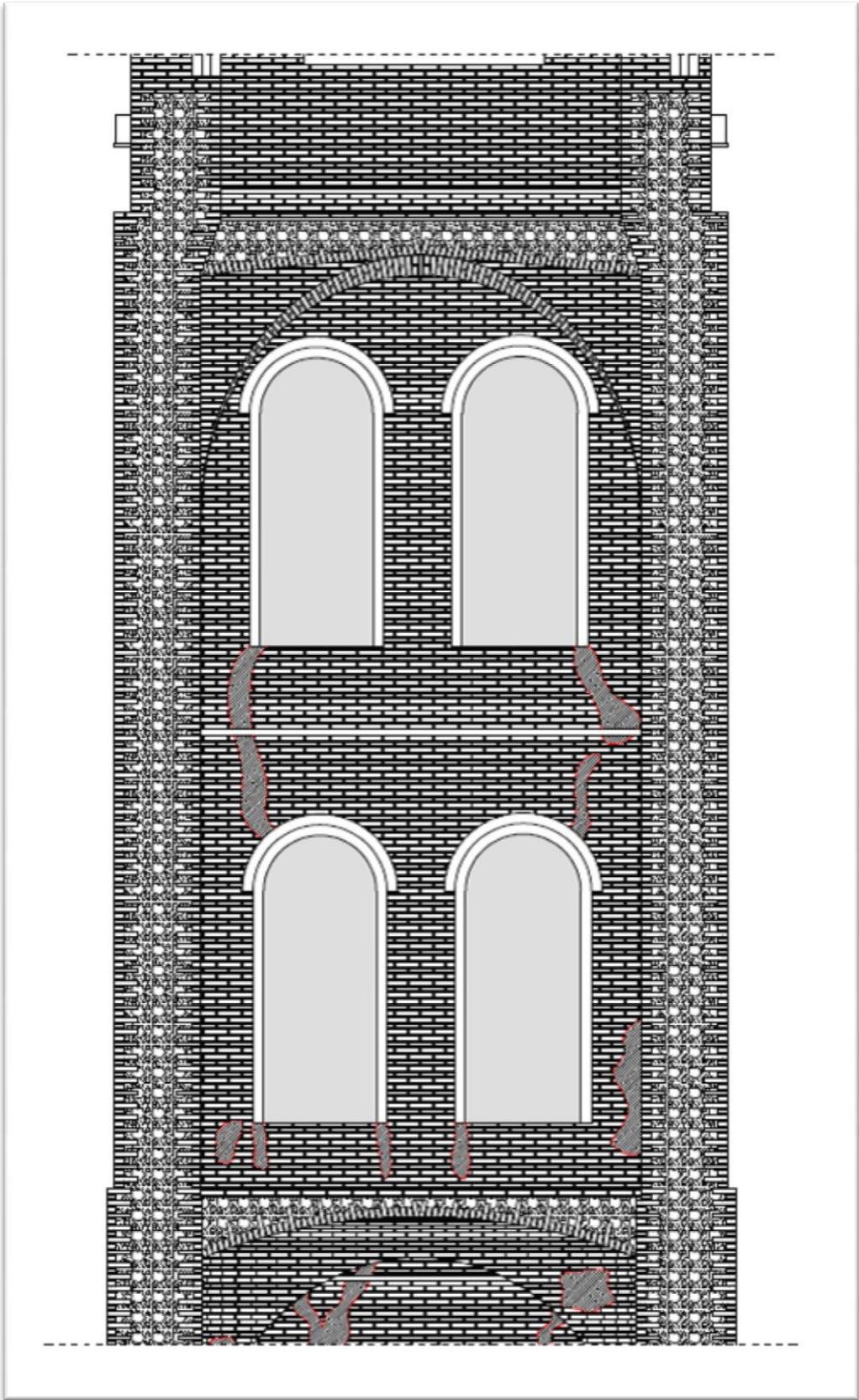


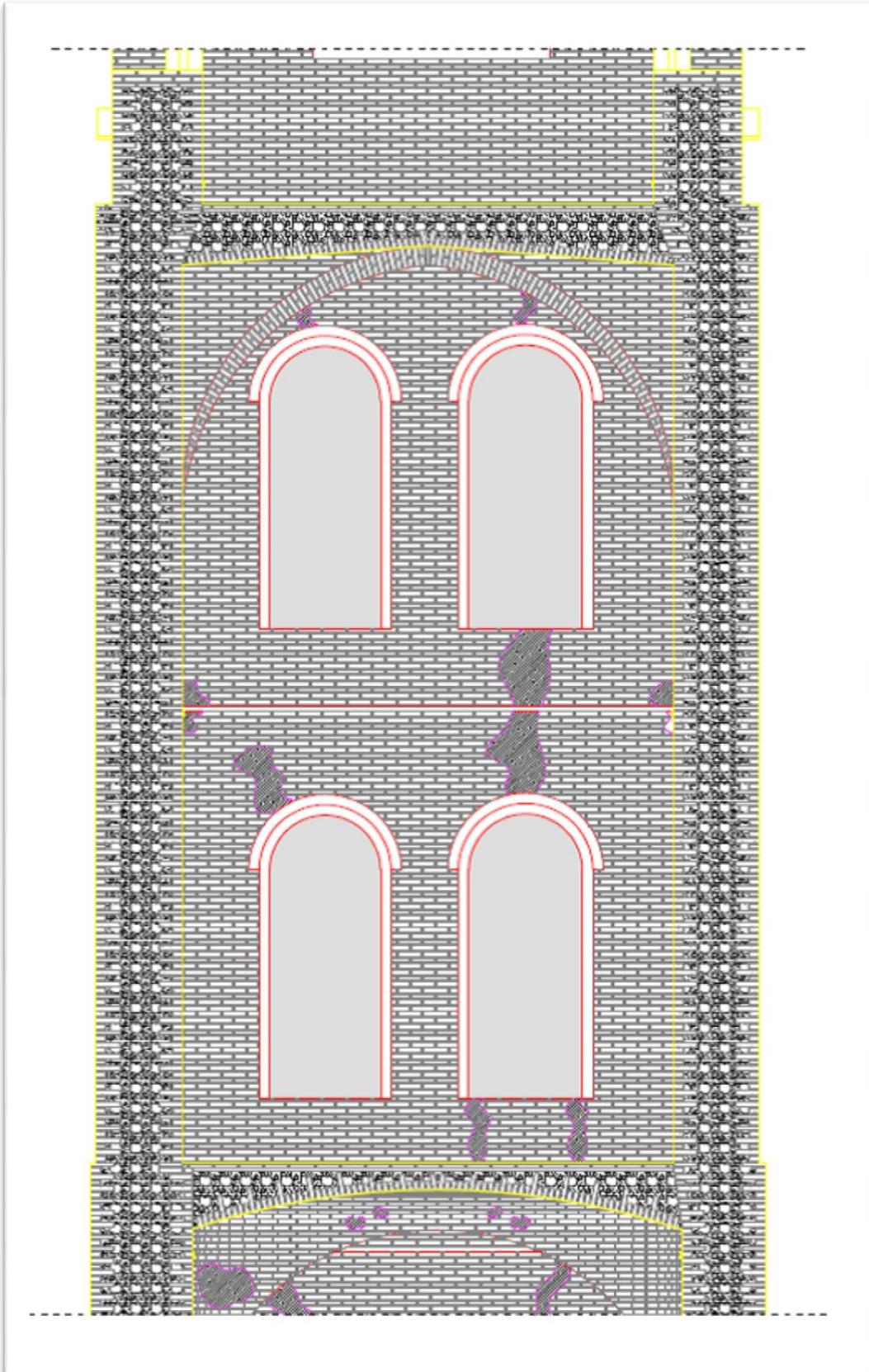


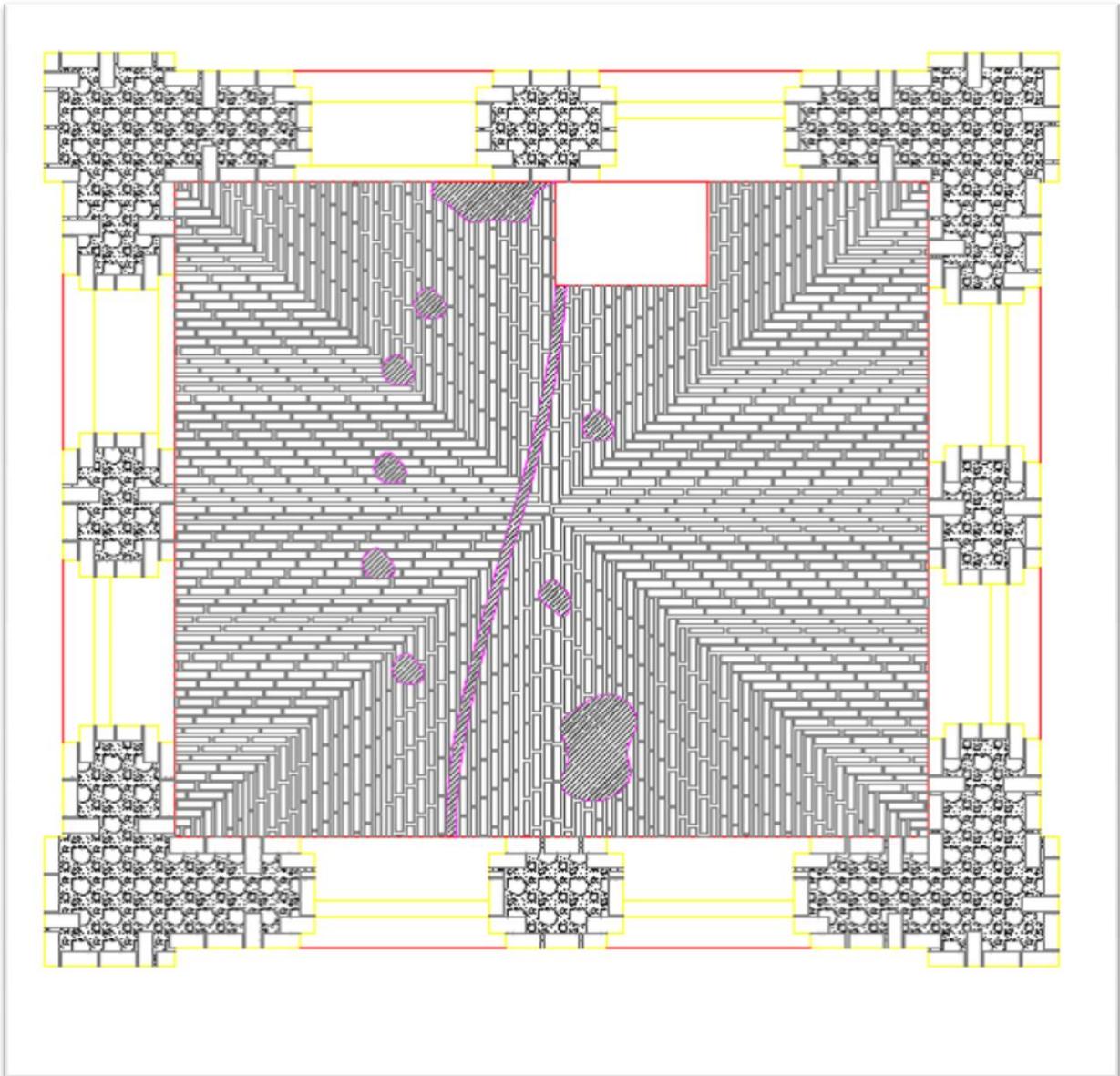
Piano terzo











Cella campanaria

