



COMUNE DI BRUGINE

RESTAURO DELLA EX CANONICA DELLA CHIESA PARROCCHIALE DEL SS. SALVATORE



TAV.

**PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO
ECONOMICA**

Rev. 00

RTI-S

**RELAZIONE TECNICO
ILLUSTRATIVA - STRUTTURE**

Luglio 2026

PROGETTISTA:

COLLABORATORE:

CMP

ARCHITETTO MASSIMO CARTA MANTIGLIA PASINI

Piazza De Gasperi, 28 - 35131 PADOVA

Tel. 049-8752345 @ info@studiocartamantiglia.it

ING. LUIGI GUARATO

Via Degli Ontani, 20 - 35125 PADOVA

Tel. 349- 6847676 @ luigi.gu@gmail.com

FIRMA DEL PROGETTISTA

FIRMA RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Massimo Carta Mantiglia Pasini

1 SOMMARIO

Indice

1	Sommario.....	2
2	Premessa.....	3
2.1	Vincolo culturale.....	3
3	Descrizione della struttura.....	3
3.1	Stato di consistenza.....	5
3.1.1	Relazione di sopralluogo del 2006.....	7
3.1.2	Perizia statica del 2015.....	7
3.1.3	Memoria informativa del 2017	7
3.1.4	Intervento di messa in sicurezza del 2023.....	7
4	Campagna indagini conoscitiva	9
4.1	Sintesi dei risultati della campagna di indagini.....	9
4.2	Livello di conoscenza.....	10
5	Analisi delle principali criticità strutturali	11
5.1	Organismo strutturale	11
5.2	Caratteristiche meccaniche dei materiali	11
5.3	Principali vulnerabilità strutturali.....	11
5.4	Orizzontamenti e copertura.....	11
5.5	Criticità sismiche	12
5.6	Ulteriori considerazioni.....	12
6	Descrizione degli interventi	12
6.1	Consolidamento delle fondazioni	13
6.2	Consolidamento delle murature	13
6.3	Collegamenti e presidi antiribaltamento	14
6.4	Cerchiature di solaio	15
6.5	Nuovi orizzontamenti	15

2 PREMESSA

La presente relazione tecnica rientra nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica degli interventi di restauro della Ex Canonica della Chiesa Parrocchiale del SS. Salvatore A Brugine, sito in Via Roma n. 25, Provincia di Padova.

La relazione illustra l'inquadramento dell'edificio, le principali criticità strutturali rilevate, i criteri di intervento adottati e la descrizione qualitativa e quantitativa delle opere previste. Gli interventi descritti sono finalizzati al conseguimento di un miglioramento sismico della struttura esistente.

2.1 Vincolo culturale

L'immobile oggetto di intervento è sottoposto a tutela ai sensi della Parte II del D.Lgs. 22 gennaio 2004, n. 42 "Codice dei beni culturali e del paesaggio", in forza del provvedimento della Commissione Regionale per il Patrimonio Culturale del Veneto dell'8 maggio 2017, notificato alla proprietà con nota del 16 maggio 2017. Il vincolo riguarda l'ex canonica della Parrocchia del Santissimo Salvatore di Brugine, riconosciuta quale bene di interesse culturale in quanto significativa testimonianza dell'edilizia storica connessa al complesso ecclesiastico, caratterizzata da valori storico-documentali, architettonici e tipologici meritevoli di conservazione. La relazione storico-culturale allegata al decreto individua come elementi di maggior pregio il corpo originario dell'edificio, la composizione dei prospetti, il sistema distributivo e alcuni elementi architettonici di pregio, evidenziando invece come talune porzioni aggiunte in epoca successiva non rivestano particolare interesse storico-documentale. Conseguentemente, ogni intervento di conservazione, consolidamento o trasformazione dovrà essere sviluppato nel rispetto delle prescrizioni previste dal D.Lgs. 42/2004 e sarà soggetto all'autorizzazione della competente Soprintendenza.

3 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

L'edificio oggetto di intervento si sviluppa su due livelli fuori terra, con una superficie complessiva di circa 200 m² e una pianta pressoché rettangolare, caratterizzata da dimensioni in pianta di circa 10,0 × 20,0 m.

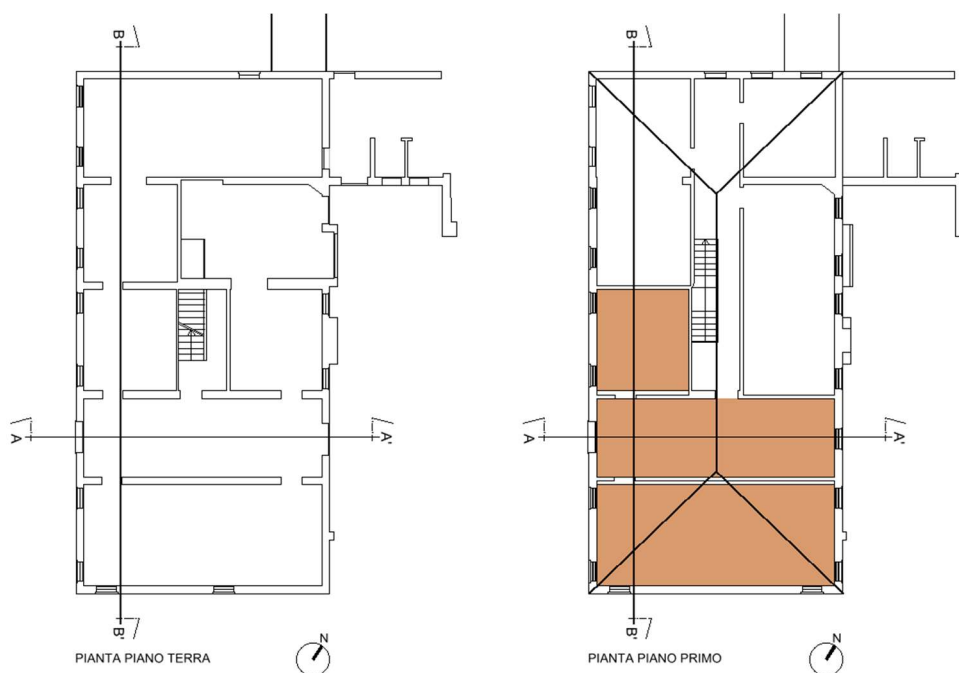


Figura 1. Pianta dello stato di fatto

La consultazione della cartografia storica, e in particolare del Catasto Austriaco del 1845, consente di affermare che il fabbricato era già esistente a tale data. In assenza di ulteriori fonti documentali che ne attestino con precisione l'epoca di costruzione, l'edificio può essere ricondotto con ragionevole certezza alla prima metà del XIX secolo o a un periodo antecedente. Le caratteristiche costruttive rilevate, quali la tecnica muraria, la configurazione architettonica e i sistemi costruttivi tradizionali impiegati, risultano pienamente coerenti con tale inquadramento cronologico.

L'organismo edilizio risulta realizzato secondo tecniche costruttive tradizionali proprie dell'edilizia rurale storica, caratterizzate da un limitato impiego di materiali e da una concezione strutturale essenziale, riconducibile a una cosiddetta "tecnologia povera". Le scelte costruttive appaiono orientate prevalentemente alla funzionalità e alla semplicità esecutiva, con particolare attenzione al contenimento dei costi realizzativi.

La struttura portante è costituita da murature in laterizio pieno, realizzate con malta a base di calce. Le murature perimetrali e le principali murature portanti del piano terra risultano generalmente realizzate a doppia testa, con spessore pari a circa 25÷26 cm, mentre le murature del piano primo sono prevalentemente costituite da un unico paramento in laterizio, avente spessore di circa 13 cm.

Lo schema resistente è organizzato mediante le murature perimetrali e quattro pareti portanti interne, disposte parallelamente al lato minore dell'edificio, che suddividono la pianta in più campate e costituiscono gli appoggi principali degli orizzontamenti lignei. In posizione pressoché centrale è inoltre presente il vano scala, che assicura il collegamento verticale tra i due livelli ma non costituisce un nucleo strutturale irrigidente.

Gli orizzontamenti sono costituiti da solai lignei tradizionali, formati da orditura principale e secondaria con sovrastante tavolato. La copertura originaria era anch'essa realizzata con struttura lignea, sostenuta da due capriate principali, dalle quali si sviluppava l'orditura secondaria a supporto del manto di copertura.

L'assetto strutturale dell'edificio risulta infine modificato dalla presenza di un corpo di fabbrica addossato sul lato nord, realizzato in epoca successiva rispetto al nucleo originario e riconoscibile sia per le differenti caratteristiche costruttive sia per la limitata continuità con la struttura preesistente.

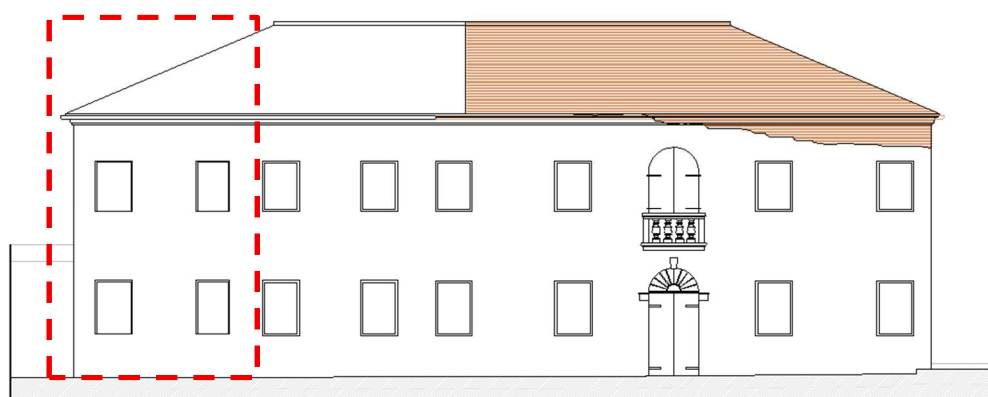


Figura 2. Indicazione della porzione di realizzata in epoca successiva al primo impianto

3.1 Stato di consistenza

Alla data attuale l'edificio versa in stato di collabenza, risultando privo dei requisiti minimi di agibilità e sicurezza strutturale.

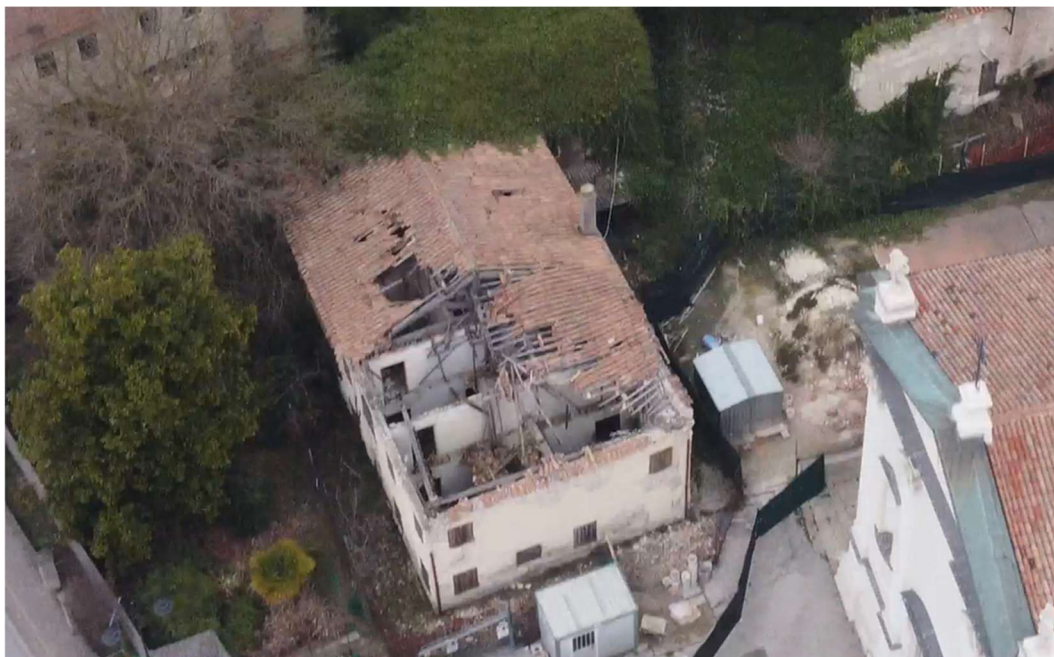


Figura 3. Vista edificio precedentemente alla messa in sicurezza



Figura 4. Vista edificio precedentemente alla messa in sicurezza

Una significativa porzione della copertura lignea è collassata, determinando il cedimento delle strutture orizzontali sottostanti e il conseguente crollo dei solai interpiano nelle aree interessate. Il collasso ha provocato la perdita della continuità strutturale dell'organismo edilizio, l'esposizione delle murature agli agenti atmosferici e l'innescio di un rapido processo di degrado dei materiali, con aggravamento del quadro fessurativo, disgregazione delle malte, dilavamento

delle murature e locali fenomeni di instabilità. Le porzioni residue della copertura e degli orizzontamenti presentano condizioni di conservazione fortemente compromesse e devono essere considerate prive di affidabilità strutturale fino all'esecuzione degli interventi di consolidamento o sostituzione.

Le murature si presentano interessate da diffusi fenomeni di degrado superficiale, riconducibili principalmente al prolungato stato di abbandono e alla mancata manutenzione dell'immobile. I prospetti evidenziano estese porzioni con intonaco ammalorato o distaccato, erosione dei giunti di malta, degrado localizzato degli elementi in laterizio e numerose aree con muratura a vista. Sono inoltre presenti lesioni diffuse, aperture tamponate o modificate nel tempo, architravi lignei e murari in differente stato di conservazione e discontinuità della tessitura muraria riconducibili ai numerosi interventi succedutisi nel corso della vita del fabbricato.

La porzione di edificio posta a Nord, realizzata in epoca successiva rispetto al nucleo originario, risulta collegata alla struttura principale mediante ammorsamenti limitati e con una ridotta continuità costruttiva tra i due corpi di fabbrica. All'interno delle murature portanti sono inoltre presenti numerose canne fumarie, che determinano diffuse interruzioni della continuità muraria e una significativa riduzione della sezione resistente in corrispondenza delle pareti interessate.

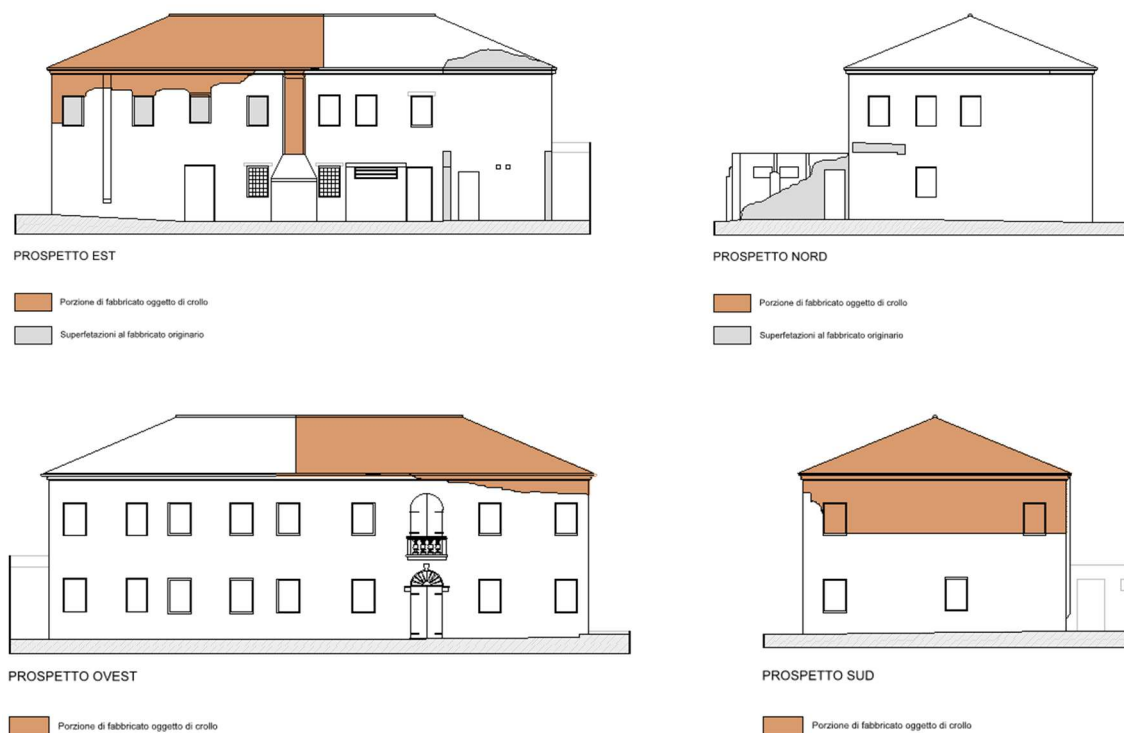


Figura 5. Lato OVEST

Nel complesso, il fabbricato presenta un quadro di degrado avanzato, coerente con il lungo periodo di abbandono documentato anche dalla precedente documentazione tecnica. Le porzioni ancora in essere evidenziano uno stato di conservazione eterogeneo, con diffuse manifestazioni di degrado dei materiali, perdita di continuità di alcuni elementi costruttivi e alterazioni conseguenti ai crolli e alle trasformazioni intervenute nel tempo.

3.1.1 Relazione di sopralluogo del 2006

La relazione di sopralluogo redatta dal Comune di Brugine in data 28 settembre 2006 documenta come il fabbricato versasse già all'epoca in un avanzato stato di degrado, evidenziando la presenza di coperture ammalorate, cornicioni e gronde danneggiati con elementi in precario equilibrio, diffusi distacchi di intonaco e un generale stato di abbandono dovuto alla mancata manutenzione. Il documento concludeva evidenziando la necessità di adottare urgenti provvedimenti di messa in sicurezza, quali la delimitazione dell'area, il puntellamento delle murature, la rimozione delle parti in imminente pericolo di crollo e la pulizia delle aree esterne, al fine di tutelare la pubblica incolumità.

3.1.2 Perizia statica del 2015

Lo stato di conservazione dell'immobile era già stato oggetto di una specifica perizia statica, redatta dall'Ing. Giulio Smedile in data 5 novembre 2015 a seguito di un sopralluogo richiesto dalla Parrocchia del Santissimo Salvatore. La perizia evidenziava un quadro di grave degrado strutturale conseguente al prolungato stato di abbandono dell'edificio e, in particolare, alla mancata manutenzione della copertura lignea, che aveva determinato diffuse infiltrazioni d'acqua e il deterioramento degli elementi strutturali. Il documento attribuiva il cedimento della copertura al collasso di una catena lignea e al conseguente innesco di spinte orizzontali sulle murature perimetrali, con rotazione delle pareti, espulsione di porzioni murarie, formazione di lesioni diffuse e rischio di ulteriori fenomeni di collasso. Veniva inoltre evidenziata la precarietà della porzione adiacente all'ex teatro parrocchiale, già interessata da precedenti crolli e caratterizzata dall'assenza di efficaci vincoli trasversali. La relazione concludeva che il fabbricato risultava strutturalmente insicuro e raccomandava, oltre alle indispensabili opere provvisorie di messa in sicurezza, un intervento organico di consolidamento statico, preceduto dalla rimozione in sicurezza delle porzioni di copertura instabili e seguito da un progetto di recupero rispettoso dei principi di conservazione del bene tutelato.

3.1.3 Memoria informativa del 2017

La Memoria Informativa predisposta dal Comune di Brugine nel 2017, nell'ambito del procedimento di verifica dell'interesse culturale dell'immobile, conferma il progressivo aggravamento del quadro di degrado e attribuisce tale evoluzione al prolungato stato di abbandono e all'assenza di interventi di manutenzione e conservazione. Il documento ripercorre inoltre l'evoluzione storico-costruttiva del complesso, evidenziando come l'impianto originario fosse costituito da due distinti corpi di fabbrica successivamente alterati mediante ampliamenti e superfetazioni, ritenuti privi di particolare valore storico-documentale. Dal punto di vista strutturale viene ribadita la presenza di un grave stato di dissesto, con fenomeni di collasso della copertura, diffuse deformazioni e fessurazioni delle murature, confermando la necessità di un intervento organico di recupero e consolidamento del nucleo storico dell'edificio.

3.1.4 Intervento di messa in sicurezza del 2023

La messa in sicurezza dell'edificio, in stato di collabenza, ha previsto una serie di interventi provvisori finalizzati all'eliminazione delle condizioni di pericolo e alla conservazione delle porzioni ancora recuperabili del fabbricato.

In particolare, si è proceduto alla demolizione controllata delle porzioni di muratura in imminente pericolo di crollo, con successiva protezione delle sommità murarie mediante formazione di copertina in malta, al fine di limitare le infiltrazioni di acqua meteorica e il progressivo degrado delle strutture residue.

Contestualmente è stata eseguita la demolizione controllata della porzione di copertura maggiormente compromessa, comprendente una capriata lignea gravemente ammalorata e i relativi arcarecci, le cui condizioni di conservazione non garantivano più un'adeguata capacità resistente nei confronti dei carichi permanenti e delle azioni atmosferiche.

La porzione di copertura non interessata dalla demolizione è stata invece preservata mediante la posa di una pannellatura in legno OSB, successivamente impermeabilizzata con guaina bituminosa, al fine di proteggere gli elementi lignei ancora in buono stato dall'esposizione diretta agli agenti atmosferici e limitarne il degrado.

Le murature rimaste prive di un adeguato sostegno trasversale, in corrispondenza delle zone nelle quali il solaio del primo piano risultava collassato o assente e dove la copertura era stata rimossa, sono state stabilizzate mediante un sistema di puntellazione esterna costituito da cavalletti metallici realizzati con profili metallici saldati tra loro. I cavalletti sono fondati su plinti in calcestruzzo armato di dimensioni 70 × 70 cm, posti a una profondità di circa 80 cm rispetto al piano campagna, e sono collegati alle murature mediante barre filettate M16 ancorate con resina chimica.

Al fine di ripristinare provvisoriamente il contenimento delle pareti nelle quote originariamente occupate dal solaio del primo piano e dalla struttura di copertura, è stata inoltre realizzata una baraccatura metallica costituita da profili metallici, avente funzione di irrigidimento e contenimento delle murature durante la fase di conservazione del manufatto e fino alla realizzazione degli interventi definitivi di consolidamento.



Figura 6. Vista Edificio successivamente alla messa in sicurezza



Figura 7. Vista Edificio successivamente alla messa in sicurezza



Figura 8. Vista Edificio successivamente alla messa in sicurezza

4 CAMPAGNA INDAGINI CONOSCITIVA

Al fine di definire il livello di conoscenza della costruzione, caratterizzare le proprietà meccaniche dei materiali costituenti la struttura e supportare le successive valutazioni di vulnerabilità e di progetto, è stata eseguita una specifica campagna di indagini sperimentali affidata al laboratorio specializzato Metralab S.r.l con prove effettuate in data 29 aprile 2026.

La campagna è stata progettata in modo da fornire informazioni sia sulle caratteristiche meccaniche delle murature sia sullo stato di conservazione degli elementi lignei della copertura. In particolare sono stati eseguiti due prelievi di campioni di muratura, costituiti da laterizio e malta, successivamente sottoposti a prove di laboratorio per la determinazione delle rispettive caratteristiche meccaniche; 30 prove sclerometriche sulle malte di allettamento, distribuite sui diversi prospetti dell'edificio al fine di valutarne l'omogeneità e ottenere una stima preliminare della resistenza meccanica in sito; infine 8 prove di infissione sugli elementi lignei della capriata e sugli arcarecci della copertura, finalizzate alla valutazione della sezione resistente residua e del grado di degrado del legno.

Le indagini sono state distribuite sui diversi fronti dell'edificio e sui principali elementi strutturali ancora accessibili, con l'obiettivo di ottenere un quadro rappresentativo dello stato di conservazione dei materiali. I risultati ottenuti costituiscono il riferimento per la caratterizzazione meccanica delle murature e delle strutture lignee adottata nelle valutazioni di calcolo e sono illustrati nei paragrafi successivi della presente relazione.

4.1 Sintesi dei risultati della campagna di indagini

Le indagini eseguite hanno consentito di caratterizzare le proprietà meccaniche dei materiali costituenti la struttura e di valutarne lo stato di conservazione. Le prove di laboratorio sui campioni di laterizio hanno evidenziato una resistenza a compressione compresa tra 13,3 MPa e 17,4 MPa, valori pienamente compatibili con quelli tipici dei mattoni pieni impiegati nell'edilizia storica e indicativi di una buona qualità del materiale originario.

Diversamente, le prove eseguite sulla malta di allettamento hanno restituito una resistenza a compressione pari a 4,9 MPa per il campione prelevato sul lato sud e 2,2 MPa per quello prelevato sul lato est, evidenziando una marcata variabilità delle caratteristiche meccaniche. Le trenta prove sclerometriche hanno confermato tale disomogeneità, mostrando valori generalmente modesti e fortemente variabili tra le diverse porzioni dell'edificio. Tale comportamento è attribuibile sia alle differenti modalità costruttive originarie sia, soprattutto, al progressivo degrado delle malte dovuto al lungo periodo di abbandono e all'esposizione delle murature agli agenti atmosferici in seguito al dissesto della copertura.

Nel complesso, le indagini evidenziano come la qualità originaria della muratura sia principalmente penalizzata non tanto dalla resistenza degli elementi in laterizio, quanto dallo stato di conservazione della malta di allettamento e dal degrado complessivo dell'organismo murario, fattori che hanno determinato una riduzione dell'efficacia meccanica della muratura e una maggiore eterogeneità del suo comportamento strutturale.

Le prove di infissione sugli elementi lignei della copertura hanno infine evidenziato uno stato di conservazione non uniforme, con alcuni elementi ancora dotati di una sezione resistente residua significativa e altri gravemente ammalorati. In particolare, è stato riscontrato il marcato degrado della testa della catena della capriata indagata, interessata da estesi fenomeni di marcescenza, tali da giustificare la successiva demolizione nell'ambito degli interventi di messa in sicurezza del fabbricato.

4.2 Livello di conoscenza

Nel complesso, le informazioni acquisite consentono una caratterizzazione attendibile delle proprietà meccaniche dei materiali costituenti la struttura, ma non risultano sufficienti a definire in maniera completa le caratteristiche costruttive dell'organismo murario. In particolare, non sono state eseguite indagini finalizzate alla determinazione della tessitura muraria, della qualità della muratura nello spessore, della presenza di eventuali ammorsamenti tra le pareti, né verifiche specifiche sull'efficacia dei collegamenti tra murature, solai e copertura. Analogamente, non sono state condotte prove semidistruttive o distruttive finalizzate alla caratterizzazione diretta del comportamento meccanico dell'intera muratura. Pertanto, pur rappresentando un valido supporto alla definizione dei parametri meccanici da adottare nelle verifiche, la campagna sperimentale non consente di conseguire un livello di conoscenza superiore a quello previsto per **LC1** ai sensi del § 8.5 delle NTC 2018 e della Circolare n. 7/2019.

In considerazione di quanto sopra, il fabbricato viene pertanto analizzato assumendo un **Livello di Conoscenza LC1**, adottando il corrispondente **Fattore di Confidenza FC = 1,35**. Tale scelta risulta cautelativa e coerente con l'estensione e la tipologia delle indagini effettivamente eseguite, pur consentendo di calibrare i parametri meccanici delle murature sulla base delle risultanze sperimentali acquisite, integrate con i valori di riferimento riportati nella Tabella C8.5.I della Circolare n. 7/2019.

5 ANALISI DELLE PRINCIPALI CRITICITÀ STRUTTURALI

5.1 Organismo strutturale

L'edificio è costituito da una struttura portante in muratura di laterizio pieno con malta di calce, riconducibile ai tradizionali sistemi costruttivi dell'edilizia rurale. L'organismo resistente è formato dalle murature perimetrali e da quattro pareti interne disposte parallelamente al lato corto dell'edificio, che costituiscono gli appoggi principali degli orizzontamenti lignei.

La distribuzione delle pareti portanti risulta non uniforme nelle due direzioni principali dell'edificio e determina differenti livelli di rigidezza e resistenza tra i due assi..

Le murature presentano caratteristiche differenti tra i due livelli dell'edificio. Al piano terra le pareti principali sono realizzate a doppia testa, con spessore di circa 25÷26 cm, mentre al piano primo sono presenti murature costituite da un unico paramento in laterizio dello spessore di circa 13 cm. Tale configurazione costituisce uno degli elementi di maggiore vulnerabilità dell'edificio, in quanto determina una sensibile riduzione della capacità resistente e della rigidezza delle pareti in elevazione.

5.2 Caratteristiche meccaniche dei materiali

Le risultanze sperimentali consentono pertanto di affermare che la riduzione delle prestazioni della muratura non è imputabile alla qualità dei laterizi, bensì al degrado della malta di allettamento, aggravato dal lungo periodo di abbandono e dalle infiltrazioni meteoriche conseguenti al collasso della copertura. Il deterioramento dei giunti determina una riduzione della collaborazione tra gli elementi in laterizio e della capacità della muratura di trasferire efficacemente gli sforzi interni.

5.3 Principali vulnerabilità strutturali

L'edificio presenta numerose criticità costruttive che ne influenzano il comportamento strutturale.

Una prima criticità è rappresentata dalla presenza della porzione di edificio a Nord, realizzata come ampliamento in epoca successiva rispetto al nucleo originario. I limitati ammorsamenti e la ridotta continuità costruttiva tra i due corpi determinano una risposta strutturale non omogenea e possibili concentrazioni di sollecitazione nella zona di collegamento.

Ulteriore elemento di debolezza è costituito dalle numerose canne fumarie ricavate nello spessore delle murature. Tali cavità interrompono la continuità della tessitura muraria e riducono localmente la sezione resistente delle pareti, soprattutto in corrispondenza degli incroci murari e delle aperture.

Anche le numerose modifiche succedutesi nel tempo, quali aperture tamponate, nuovi vani, architravi di differente tipologia costruttiva e interventi locali, hanno determinato una significativa disomogeneità dell'organismo murario.

5.4 Orizzontamenti e copertura

Gli orizzontamenti lignei originari risultano privi di un'efficace rigidezza nel proprio piano e non sono in grado di garantire un comportamento scatolare dell'edificio. Il collasso di una porzione della copertura e dei solai sottostanti ha ulteriormente compromesso la continuità strutturale, lasciando alcune murature completamente prive del contrasto trasversale originariamente assicurato dagli impalcati.

La copertura lignea, originariamente sostenuta da due capriate principali, è stata interessata da un grave stato di degrado che ha comportato il collasso di parte della struttura e la successiva demolizione controllata degli elementi maggiormente compromessi. Le prove di infissione effettuate sugli elementi lignei hanno evidenziato condizioni di

conservazione molto differenziate, individuando nella testa della catena della capriata principale un avanzato stato di marcescenza, successivamente confermato durante le operazioni di messa in sicurezza.

5.5 Criticità sismiche

Alla luce delle caratteristiche costruttive, dello stato di conservazione e dei risultati delle indagini sperimentali, le principali criticità dell'edificio possono essere così sintetizzate:

- murature del piano primo di ridotto spessore (13 cm);
- limitata efficacia dei collegamenti tra pareti ortogonali;
- insufficiente connessione tra murature e orizzontamenti;
- ridotta rigidezza nel piano dei solai lignei;
- perdita di continuità degli impalcati conseguente ai crolli;
- assenza di efficaci elementi di contenimento delle murature sommitali;
- possibile attivazione di cinematismi locali fuori dal piano;
- distribuzione non uniforme delle pareti resistenti nelle due direzioni principali;
- porzione di fabbricato a Nord con limitata continuità strutturale rispetto al nucleo originario;
- presenza di numerose canne fumarie che riducono localmente la sezione resistente delle murature;
- modifiche distributive, aperture tamponate e discontinuità costruttive;
- degrado diffuso della malta di allettamento, con conseguente riduzione della collaborazione tra i laterizi;
- differente rigidezza e capacità resistente tra piano terra e piano primo;
- degrado delle strutture lignee della copertura e perdita della funzione di collegamento tra le murature.

5.6 Ulteriori considerazioni

Le opere provvisorie realizzate mediante cavalletti metallici esterni, baraccature e collegamenti alle murature hanno consentito di arrestare l'evoluzione dei cinematismi innescati dal collasso della copertura e di garantire una condizione temporanea di stabilità del fabbricato. Tali opere, tuttavia, hanno esclusivamente carattere provvisorio e non possono essere considerate sostitutive degli interventi definitivi di consolidamento.

Nel complesso, le risultanze delle indagini evidenziano come il principale fattore di vulnerabilità dell'edificio non sia rappresentato dalla qualità originaria dei materiali, bensì dalla perdita di efficacia dei collegamenti strutturali, dal degrado della malta di allettamento e dalla compromissione dell'organismo resistente conseguente al collasso della copertura. Ne consegue che gli interventi di progetto saranno orientati prioritariamente al ripristino della continuità strutturale, al consolidamento delle murature, al recupero della collaborazione tra gli elementi resistenti e alla ricostituzione di un efficace comportamento scatolare dell'edificio, preservando, ove possibile, i materiali originali che le indagini hanno dimostrato possedere caratteristiche meccaniche ancora adeguate.

6 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

Gli interventi strutturali sono stati definiti sulla base delle criticità emerse dall'analisi dello stato di fatto, dei risultati della campagna di indagini conoscitive e delle indicazioni condivise nel corso degli incontri con la Soprintendenza. La strategia progettuale è stata orientata verso soluzioni pienamente compatibili con il carattere storico dell'edificio, privilegiando interventi diffusi, reversibili e poco invasivi, finalizzati al recupero dell'organismo strutturale esistente piuttosto che alla sua sostituzione.

Le indagini hanno infatti evidenziato come gli elementi in laterizio conservino caratteristiche meccaniche ancora soddisfacenti, mentre il principale fattore di vulnerabilità sia costituito dal degrado della malta di allettamento, dalla perdita di continuità degli impalcati e dall'insufficienza dei collegamenti tra i diversi elementi strutturali. L'intervento è

pertanto finalizzato al ripristino della collaborazione tra le murature, alla ricostituzione del comportamento scatolare dell'edificio e al consolidamento delle porzioni maggiormente degradate, limitando per quanto possibile la sostituzione dei materiali originari.

6.1 Consolidamento delle fondazioni

È previsto un intervento di rafforzamento fondazionale mediante la realizzazione di cordoli in calcestruzzo armato affiancati alle murature esistenti, collegati tra loro mediante una soletta di ripartizione. In conformità alle indicazioni condivise con la Soprintendenza, le nuove opere saranno desolidarizzate dalla muratura storica mediante uno strato di tessuto non tessuto, così da garantirne la compatibilità e la reversibilità dell'intervento. Il collegamento strutturale con le murature sarà assicurato mediante barre passanti in acciaio opportunamente dimensionate.

6.2 Consolidamento delle murature

Il consolidamento delle murature è stato concepito partendo dal presupposto che il materiale originario risulta nel complesso recuperabile e che le principali criticità sono riconducibili al degrado della malta e alla perdita della collaborazione tra gli elementi.

Come primo intervento è prevista la ristilatura profonda dei giunti, previa asportazione della malta incoerente e successivo ripristino mediante malta di calce compatibile con quella originaria. Tale lavorazione consentirà di ripristinare la continuità dei giunti, migliorare l'ingranamento tra gli elementi in laterizio e incrementare la durabilità delle murature.

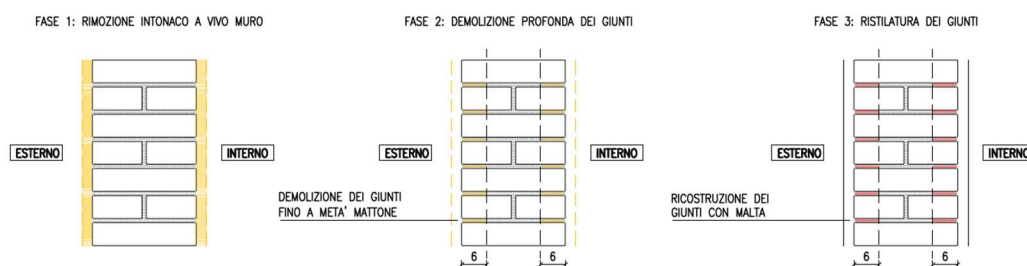


Figura 9. Dettaglio di ristilatura armata dei giunti

Al fine di incrementare le prestazioni meccaniche dei maschi murari senza alterarne significativamente le caratteristiche costruttive, il consolidamento diffuso sarà realizzato mediante sistemi FRCM (Fiber Reinforced Cementitious Matrix) costituiti da una rete bidirezionale bilanciata in fibra di vetro annegata in matrice inorganica a base di calce. Il sistema sarà applicato mediante fasce verticali e orizzontali di larghezza pari a 30 cm, opportunamente distribuite sui maschi murari e nelle fasce di piano, così da incrementare la resistenza a taglio e migliorare il comportamento d'insieme della muratura mantenendo elevata compatibilità e reversibilità dell'intervento.

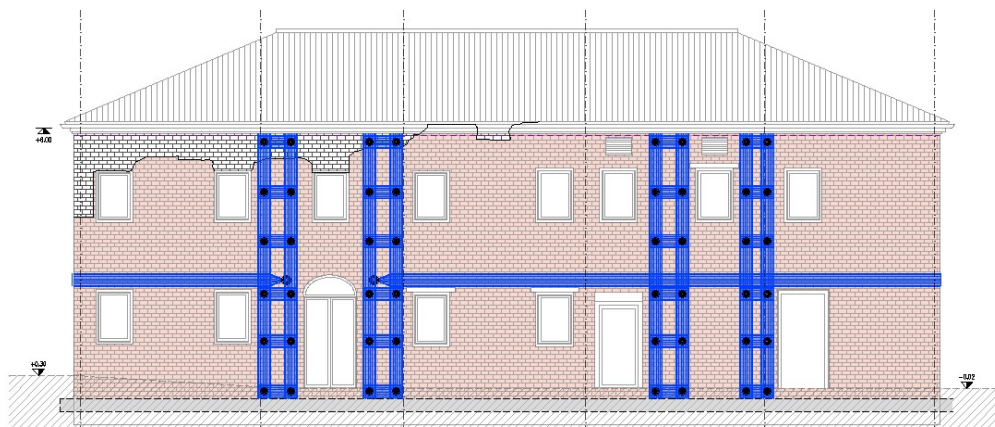


Figura 10. Prospetto di rinforzo maschi murari con FRCM

Le porzioni murarie crollate, disgregate o prive dei requisiti minimi di sicurezza saranno ricostruite mediante tecnica dello scuci-cuci, utilizzando laterizi pieni e malte compatibili con quelli esistenti e assicurando il corretto ammassamento con la muratura originaria.

Le murature del piano primo, attualmente costituite da pareti a semplice testa dello spessore di circa 13 cm e caratterizzate da un elevato livello di vulnerabilità, saranno demolite e ricostruite con caratteristiche geometriche e meccaniche adeguate (muratura a doppia testa spessore 25-26cm), mantenendo la medesima tecnologia costruttiva in laterizio pieno. Le nuove partizioni interne non aventi funzione portante saranno invece realizzate mediante sistemi a secco in cartongesso, riducendo sensibilmente i carichi permanenti gravanti sulla struttura esistente.

6.3 Collegamenti e presidi antiribaltamento

Una parte significativa dell'intervento è finalizzata al miglioramento dei collegamenti tra i diversi elementi strutturali e alla prevenzione dei cinatismi locali.

Saranno pertanto realizzati efficaci ammassamenti tra pareti ortogonali mediante barre elicoidali in acciaio inox installate a secco all'interno dei giunti di malta. Nelle zone maggiormente vulnerabili, quali cantonali, intersezioni murarie, fasce di piano e porzioni in prossimità delle aperture, saranno inoltre previsti rinforzi localizzati mediante sistemi in materiale composito e collegamenti trasversali opportunamente dimensionati.

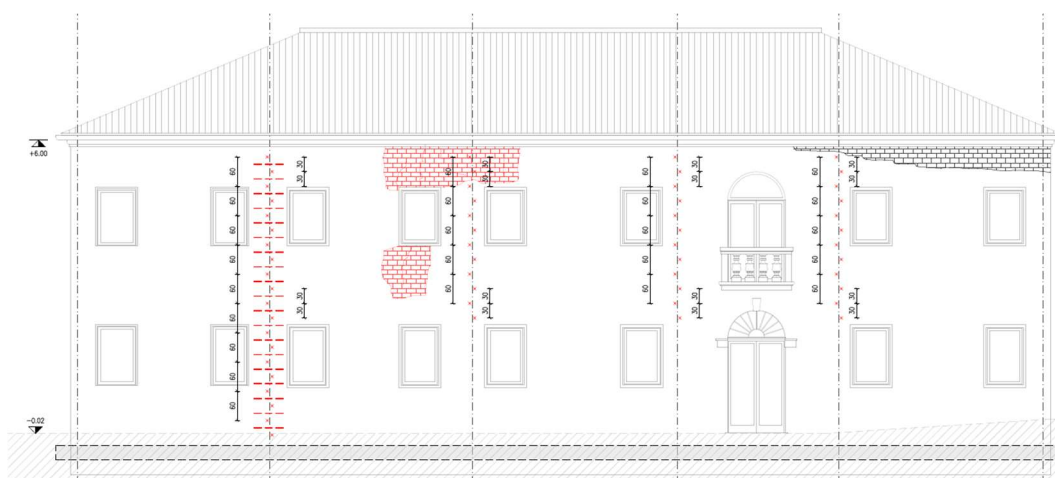


Figura 11. Prospetto di rinforzo maschi murari con FRCM

L'insieme degli interventi consentirà di incrementare la continuità strutturale dell'organismo murario e di limitare l'attivazione dei meccanismi locali di collasso.

6.4 Cerchiature di solaio

Il consolidamento della parte sommitale dell'edificio sarà realizzato mediante una soluzione finalizzata a preservare le porzioni storiche ancora integre e a garantire un efficace collegamento tra la nuova copertura e le murature esistenti.

In sommità alle murature sarà installato un piatto metallico continuo, efficacemente ancorato alle pareti mediante idonei sistemi di connessione meccanica, posto alla quota del tavolato di copertura, evitando demolizioni delle cornici storiche e garantendo il collegamento dell'intero organismo murario.

Contestualmente sarà realizzato un cordolo armato in muratura, ottenuto mediante l'inserimento di fasce in fibra di vetro all'interno dei giunti di malta, così da incrementare la capacità di cerchiatura della sommità delle pareti senza alterarne significativamente la configurazione originaria. Tale soluzione consentirà di migliorare il confinamento delle murature e di distribuire uniformemente le azioni trasmesse dalla nuova copertura.

La copertura sarà completamente ricostruita mediante struttura portante in legno massiccio, riproponendo una configurazione coerente con quella originaria e garantendo adeguati collegamenti con le murature perimetrali e con il sistema di cerchiatura sommitale. Le nuove travi rimarranno a vista e saranno sottoposte a trattamento superficiale con finitura antichizzata, secondo quanto concordato con la Soprintendenza. Sarà inoltre previsto il recupero e il riutilizzo del maggior numero possibile di coppi originali, in particolare sulla falda prospiciente la pubblica via..

6.5 Nuovi orizzontamenti

Gli orizzontamenti esistenti saranno integralmente demoliti e ricostruiti. Il solaio interpiano sarà realizzato con una struttura legno-calcestruzzo, costituita da orditura lignea portante, tavolato e soletta collaborante in calcestruzzo fibrorinforzato dello spessore di 3 cm, resa solidale alle travi mediante idonei connettori metallici. La soletta sarà inoltre meccanicamente ancorata lungo l'intero perimetro alle murature portanti mediante sistemi di connessione appositamente dimensionati, al fine di garantire un'efficace trasmissione delle azioni orizzontali e il comportamento scatolare dell'edificio.

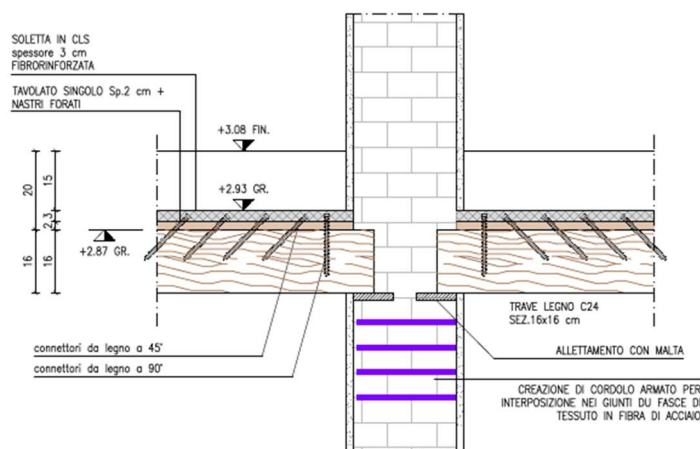


Figura 12. Intervento di rifacimento del solaio interno in legno - cemento

Tale soluzione consentirà di incrementare significativamente la rigidezza nel piano dell'impalcato, migliorare la collaborazione tra gli elementi strutturali, ridurre il rischio di cinematismi locali e garantire il passaggio degli impianti senza incrementare significativamente i carichi permanenti.

7 SINTESI DEI RISULTATI OTTENUTI

A seguito degli interventi proposti, gli indici di sicurezza sismica α PGA (rapporto capacità/domanda in termini di PGA) risultano:

Stato limite	α PGA — Dir. X (an. 15)	α PGA — Dir. Y (an. 20)
SLC	2,33	1,75
SLV	2,43	1,61
SLD	2,39	1,07
SLO	1,93	0,86

Il parametro più basso, e quindi governante la vulnerabilità globale della struttura, risulta pari a α PGA $\approx$ 0,86: tale valore si mantiene superiore alla soglia di riferimento di 0.6 assunta per gli interventi di miglioramento sismico, mentre con riferimento allo Stato Limite di salvaguardia della Vita — stato limite di verifica del miglioramento ai sensi del §8.4 delle NTC 2018 — l'indice raggiunge α PGA,SLV $\approx$ 1.61, a conferma del sensibile incremento del livello di sicurezza conseguito per il patrimonio tutelato.

Si sottolinea infine che, nello stato di fatto, l'edificio versa in condizioni di collabenza, privo di un organismo resistente efficace e pertanto con capacità sismica sostanzialmente nulla: la condizione di incremento del livello di sicurezza richiesta dal §8.4.2 delle NTC 2018 per gli interventi di miglioramento risulta quindi in ogni caso soddisfatta, rappresentando qualunque valore di α PGA conseguito in progetto un incremento rispetto alla capacità iniziale, di fatto nulla.