

Comune di Pavarolo (TO)

Progetto di adeguamento sismico dell'edificio che ospita la scuola materna statale.

PROGETTO ESECUTIVO DELLE OPERE STRUTTURALI

COMMITTENTE

Comune di Pavarolo
Via Barbacana, 2
Pavarolo (TO)

TORINO 21.12.2018

REVISIONATO 19.04.2019

PROGETTISTA

**FMArchistudio engineering srl
Via Legnano 13, 10128 Torino**

PREMESSA

La presente relazione descrive i calcoli strutturali eseguiti per la progettazione a livello esecutivo degli interventi di adeguamento sismico della Scuola Materna Statale, sita in Via Barbacana n°2 nel comune di Pavarolo (TO).

Tali interventi in previsione di esecuzione riguardano l'edificio storico con struttura in muratura portante e l'edificio di testata est realizzato con struttura in cemento armato nel 1983.

Il presente documento è composto dai seguenti elaborati:

A	<i>Estratto PRGC</i>
B	<i>Relazione tecnica</i>
C	<i>Relazione inerente l'attività di indagine e rilievo strutturale</i>
D	<i>Dati di ingresso per la modellazione.....</i>
E	<i>Relazione di calcolo edificio post-operam con verifiche globali e locali.....</i>
F	<i>Relazione di calcolo edificio ante operam.....</i>

Al presente documento si allegano inoltre:

A1. Elaborati grafici del progetto strutturale, composto da n.5 tavole:

- | | | |
|---|----------|---|
| - | Tavola 1 | <i>Rilievo dell'edificio</i> |
| - | Tavola 2 | <i>Interventi strutturali piano di fondazione e murature portanti</i> |
| - | Tavola 3 | <i>Interventi strutturali su edificio in c.a.mediante muratura armata.</i> |
| - | Tavola 4 | <i>Interventi strutturali solaio sottotetto e rinforzi della copertura.</i> |
| - | Tavola 7 | <i>Armatura delle fondazioni di rinforzo della muratura esistente</i> |

La presente documentazione viene redatta in n. 3 copie poiché l'ufficio competente alla ricezione della denuncia, ai sensi delle procedure in vigore, è l'ufficio regionale territorialmente competente.

SOMMARIO

A	ESTRATTO PRGC	1
A 1.	UBICAZIONE	1
A 2.	ESTRATTO PRGC	1
B	RELAZIONE TECNICA	2
B 1.	DESCRIZIONE DELLE OPERE E LORO RILEVANZA STRUTTURALE	2
B 2.	INDIVIDUAZIONE CRITERI DI INTERVENTO	6
B 2.1.	Considerazioni in merito al comportamento dell'edificio	6
B 2.2.	Interventi di messa in sicurezza progettati	7
B 2.2.1.1.	<i>Interventi sulle fondazioni</i>	10
B 2.2.1.2.	<i>Interventi sulle murature portanti</i>	12
B 2.2.1.3.	<i>Interventi sugli elementi a telaio in c.a. o in muratura</i>	13
B 2.2.1.4.	<i>Interventi sugli orizzontamenti</i>	18
B 2.2.1.5.	<i>Interventi sulle coperture</i>	19
B 3.	INQUADRAMENTO NORMATIVO e definizione dei parametri di progetto	25
B 4.	MATERIALI STRUTTURALI	26
B 4.1.	Nuovi elementi strutturali	26
B 4.2.	Elementi strutturali esistenti	27
B 5.	CRITERI DI PROGETTAZIONE	35
B 6.	CARATTERIZZAZIONE COSTRUZIONE ESISTENTE E RELATIVE VERIFICHE	38
C	RELAZIONE INERENTE L'ATTIVITA' DI RILIEVO E INDAGINE STRUTTURALE	39
C 1.	PREMESSA	39
C 2.	DATI GENERALI	39
C 2.1.	Descrizione attività di rilievo strutturale	39
C 2.2.	Documenti di riferimento	39
C 2.2.1.	Normativa	39
C 2.2.2.	Progetto	40
C 2.3.	Attività di rilievo geometrico	40
C 3.	INDAGINI STRUTTURALI	40
C 3.1.	Controllo della corrispondenza geometrica dei disegni di progetto	40
C 3.2.	Verifica dei dettagli costruttivi porzioni in muratura	41
C 3.2.1.	Elementi murari in elevazione	41
C 3.2.2.	Volte in putrelle e laterizio	46
C 3.2.3.	Solai in latero-cemento	48
C 3.2.4.	Copertura in legno	49
C 3.2.5.	Blocco ad un piano addossato al corpo alto novecentesco	51
C 3.2.6.	Esecuzione prove sclerometriche	52
C 3.2.7.	Esecuzione prove pacometriche	52
C 3.3.	Descrizione di sintesi dell'edificio	53
D	RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE PORTANTI	54
D 1.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	54
D 2.	CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI	54
D 2.1.	Calcestruzzo	54
D 2.2.	Acciaio per Cemento Armato	55
D 2.3.	Acciaio per Strutture in carpenteria	55
D 2.4.	Muratura esistente	56

D 2.5.	Calcestruzzo esistente	57
D 2.6.	Legno massiccio copertura	57
D 3.	IPOTESI DI CARICO	59
D 3.1.	Pesi Propri ($G_{1-2,3}$)	59
D 3.2.	Peso proprio solaio con putrelle e mattoni (G_4)	59
D 3.3.	Peso proprio solaio con putrelle e tavelle (G_5)	59
D 3.4.	Peso proprio solaio in laterocemento (G_6)	59
D 3.5.	Peso proprio solaio in laterocemento con doppi travetti (G_7)	59
D 3.6.	Carico permanente solai piano primo e archivio (G_8)	59
D 3.7.	Carico permanente solai piano sottotetto (G_9)	60
D 3.8.	Carico permanente copertura (G_{10})	60
D 3.9.	Carico variabile solai piano primo, salone e archivio ($Q_1, Q_{1,1}, Q_{1,2}$)	60
D 3.10.	Carico variabile solai piano sottotetto (Q_2)	60
D 3.11.	Carico della neve (Q_3)	60
D 3.12.	Azione del Vento (Q_3)	61
D 3.13.	Azioni Termiche	61
D 3.14.	Azioni Eccezionali (A)	61
D 3.15.	Azioni Sismica (E)	61
D 3.15.1.	Classificazione della costruzione e del sottosuolo	61
D 3.15.2.	Spettro di risposta elastico	63
D 4.	MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA	64
D 4.1.	Software di calcolo utilizzato	64
D 4.2.	Modello di calcolo struttura a seguito interventi di rinforzo strutturale	65
D 4.3.	Modello di calcolo struttura del piccolo blocco ad un piano	65

A ESTRATTO PRGC

A 1. UBICAZIONE

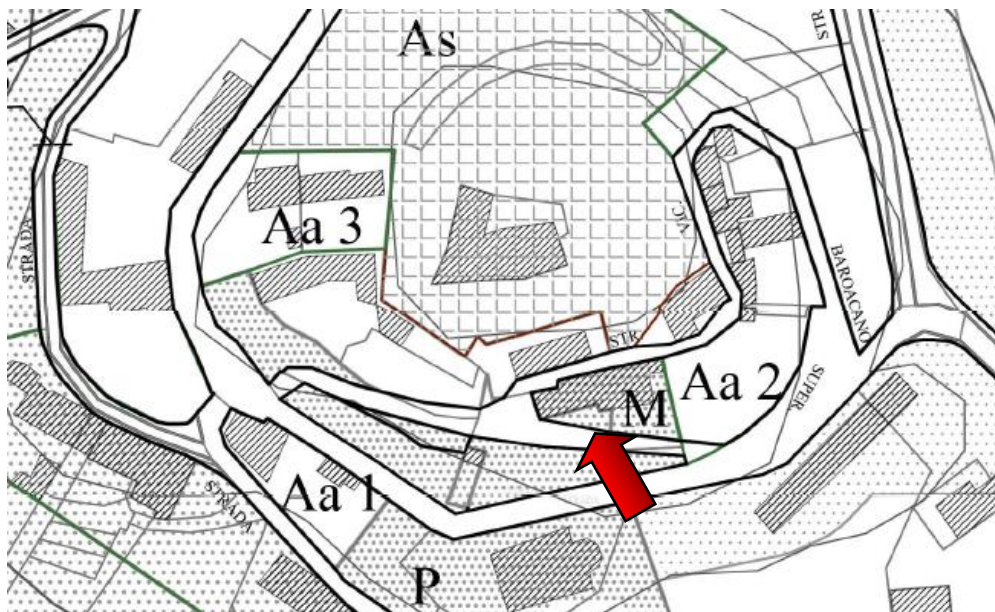
Il fabbricato si trova in Via Barbacana n°2 nel comune di Pavarolo; nell'immagine seguente viene evidenziata la posizione dell'edificio in una vista aerea.



Ubicazione dell'edificio

A 2. ESTRATTO PRGC

Di seguito si riporta un estratto del PRGC del Comune di Pavarolo (To).



Estratto PRGC

B RELAZIONE TECNICA

B 1. DESCRIZIONE DELLE OPERE E LORO RILEVANZA STRUTTURALE

Dalle analisi svolte e dalle ricerche effettuate si è potuto determinare con esattezza la tipologia costruttiva dell'edificio oggetto d'intervento.

Per quanto concerne le valutazioni sull'edificio esistente, la costruzione nella configurazione attuale è frutto di ampliamenti realizzati nel tempo.

E' possibile distinguere tre epoche successive, ciascuna caratterizzata da proprie tecniche costruttive ben riconoscibili.

La porzione storica ottocentesca a due piani fuori terra, situata ad ovest, presenta struttura di elevazione in muratura portante rimasta immutata con rimaneggiamenti ai solai eseguiti nel 1983 che hanno previsto il parziale rifacimento degli stessi eseguendoli in latero cemento. Si tratta dell'ambiente contrassegnato dalla lettera A nella planimetria sottostante, che dispone di solai relativamente recenti in latero cemento ai piani A_P1 e A_Psottotetto mantenendo inalterato il solaio al suolo A_Pt. La porzione dell'edificio storico contrassegnata dalla lettera B, presenta invece solai originali realizzati in putrelle e voltini al piano B_P1 e putrelle e tavole al piano B_Psottotetto mantenendo inalterato il solaio al suolo B_Pt.

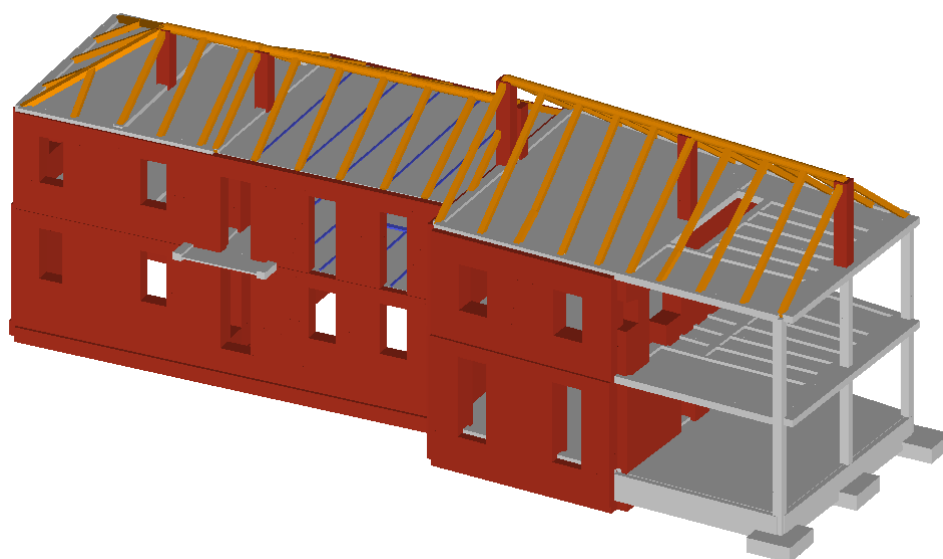
La porzione dell'edificio storico denominata dalla lettera C presenta infine il rifacimento totale dei solai C_Pt, C_P1 e C_P2 eseguiti in latero cemento ai quali sono state inserite catene trasversali all'orditura del solaio e al corpo di fabbrica.

La porzione di edificio contraddistinto dalla lettera D risulta essere stato edificato nel 1983 e dispone di relazione di calcolo e disegni strutturali depositati. La struttura è in cemento armato a telaio con solai in latero cemento su tutti e tre i piani D_Pt, D_P1 e D_P2.

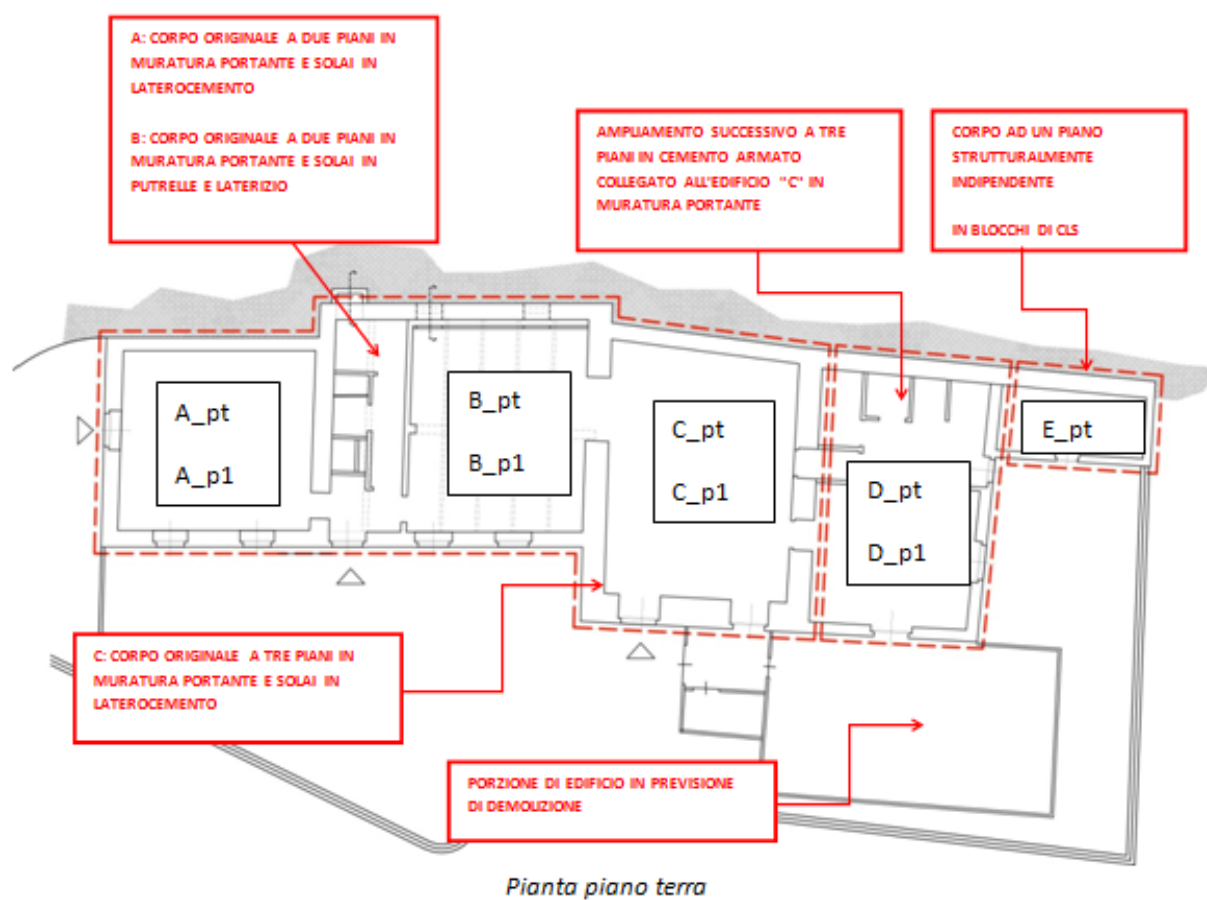
Il corpo E annesso e strutturalmente indipendente è stato costruito negli anni '90 del 1900 avente funzione di "locale centrale termica", risulta composto da muratura portante di elevazione in blocchi di cls prefabbricati e solaio in laterocemento soprastante.

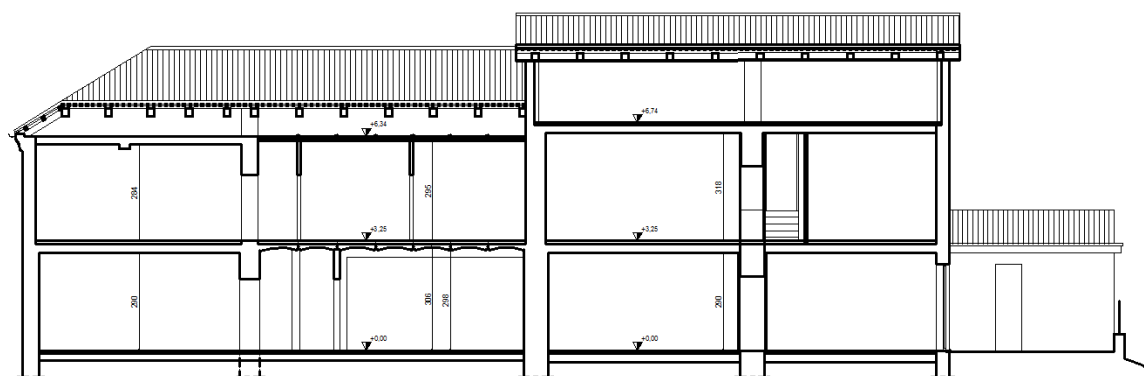
La copertura risulta per tutto l'edificio (ad eccezione della copertura piana del piccolo blocco E) realizzata in legno con travi di colmo in appoggio su pilastri in mattoni forati posti in asse al corpo di fabbrica e puntoni inclinati in appoggio tra trave di colmo e muri d'ambito.

Nelle immagini al seguito si riporta la planimetria dello stato di fatto con la numerazione degli ambienti e la sezione longitudinale della struttura affinché risulti più comprensibile quanto poc'anzi esposto.

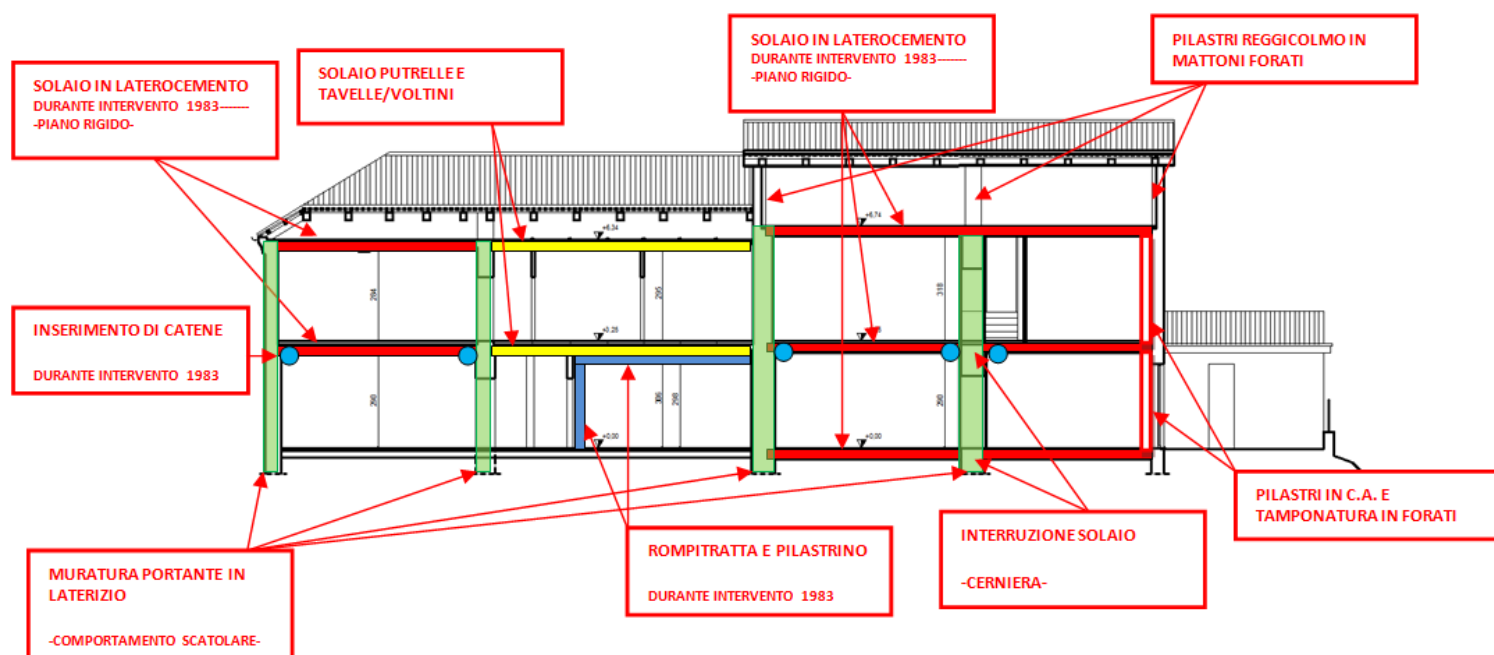


Vista tridimensionale del modello, stato di fatto





Sezione longitudinale stato di fatto



Sezione longitudinale stato di fatto



Vista esterna facciate sud



Vista esterna facciate nord



Corpo est ad un piano fuori terra in blocchi di cls

B 2. INDIVIDUAZIONE CRITERI DI INTERVENTO

Al fine di poter utilizzare con maggior sicurezza i locali, alla luce dei risultati dell'indagine strutturale condotta, si rende necessario un intervento di consolidamento volto al miglioramento strutturale dell'edificio per azioni statiche e sismiche.

B 2.1. Considerazioni in merito al comportamento dell'edificio

Si possono svolgere alcune considerazioni in merito al comportamento strutturale dell'edificio storico. In primo luogo occorre distinguere due possibili situazioni di comportamento della struttura:

- comportamento nei confronti delle azioni statiche (pesi propri, permanenti, variabili verticali);
- comportamento nei confronti delle azioni dinamiche (sisma);

Per quanto riguarda il comportamento dell'edificio per azioni statiche, occorre segnalare che le sezioni limitate di alcuni elementi strutturali verticali comportano limitati livelli di sicurezza, tuttavia dall'esame dell'edificio non si sono riscontrate lesioni, fessurazioni o cedimenti che possano denunciare limiti sotto tale profilo. La struttura evidenzia un discreto comportamento strutturale, tale da non destare preoccupazioni particolari.

Per raggiungere una maggiore conoscenza del livello di sicurezza esistente, si rende necessario provvedere al calcolo globale dell'edificio mediante la modellazione ad elementi finiti, per valutare nel dettaglio il comportamento dei singoli elementi strutturali, con particolare riferimento a quelli maggiormente sollecitati.

Per quanto riguarda invece il comportamento nei confronti delle azioni dinamiche si può affermare che la struttura non sia adeguata a sopportare tale tipo di azioni, seppure la geometria regolare garantisca un discreto livello di sicurezza. Affinchè la struttura sia verificata alle azioni orizzontali impartite dal sisma è necessario realizzare interventi estesi all'intera costruzione sia finalizzati all'eliminazione dei cinatismi di primo ordine (ribaltamento fuori dal piano..ecc..) mediante interventi locali , sia finalizzati al miglioramento globale della struttura.

B 2.2. Interventi di messa in sicurezza progettati

Per quanto espresso nel capitolo precedente si ritiene utile prevedere alcuni interventi che possono essere attuati al fine di raggiungere livelli di sicurezza maggiori, in funzione del comportamento strutturale considerato.

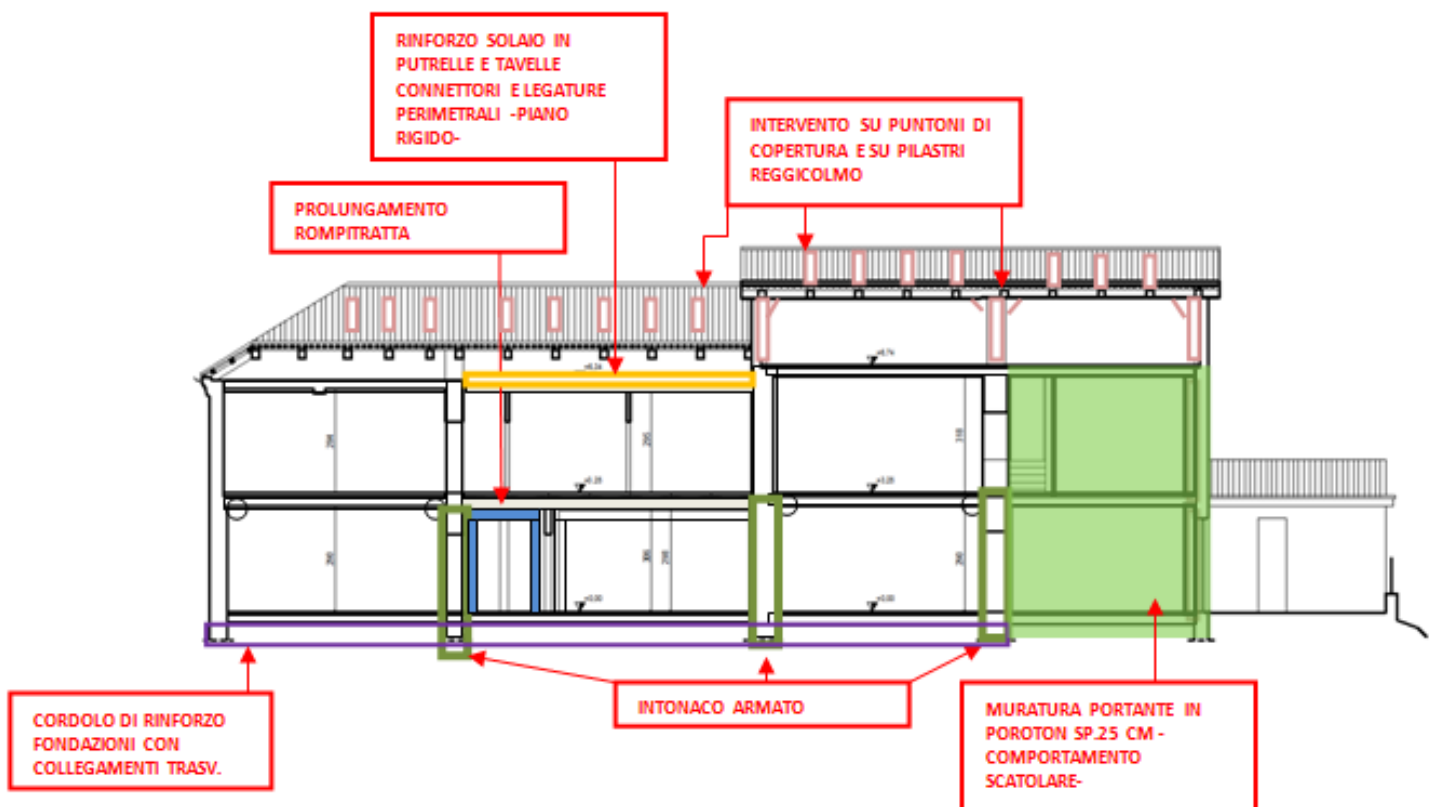
In merito all'adeguamento del comportamento strutturale dell'edificio storico nei confronti delle azioni statiche si ritiene possibile eseguire alcuni limitati interventi di rinforzo strutturale degli elementi maggiormente sollecitati, quali:

- Rinforzo delle fondazioni dell'edificio in muratura mediante cordoli di base collegati alla murature esistenti.
- Rinforzo di alcuni maschi murari mediante applicazione di intonaco strutturale armato, disposto sulle facce interne ed esterne dei muri portanti del piano terra, avente funzione di confinamento laterale della muratura.
- Rinforzo della struttura lignea di copertura mediante l'inserimento di catene in legno tra i puntoni.
- Rinforzo dei solaio sottotetto in tavelle e putrelle affinché sia utilizzabile in sicurezza per operazioni di manutenzione.
- Prolungamento della trave rompitratta precedentemente realizzata per rinforzare il solaio in putrelle e voltini del piano primo mediante creazione di nuovo portale, e rinforzo mediante cerchiatura di un passaggio esistente ricavato all'interno di muratura portante per il quale è previsto l'allargamento dell'apertura.

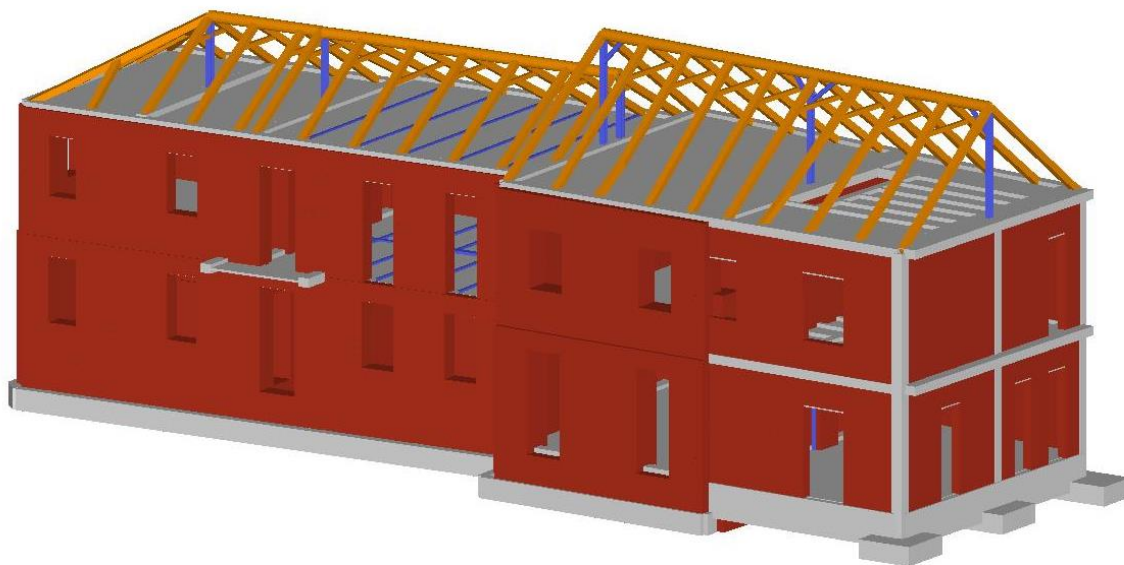
In merito all'adeguamento del comportamento strutturale dell'edificio storico nei confronti delle azioni dinamiche si ritiene possibile eseguire interventi di rinforzo strutturale che dovranno necessariamente interessare porzioni estese del fabbricato, quali:

- Rinforzo dei maschi murari del piano terra, mediante applicazione di intonaco strutturale armato disposto sulle facce interne ed esterne dei muri interessati, avente funzione di confinamento laterale della muratura.
- Rinforzo della struttura lignea di copertura mediante l'inserimento di catene in legno tra i puntoni e piastre metalliche di collegamento tra la base dei puntoni di copertura e i solai sottotetto esistenti ed oggetto di rinforzo.

- Rinforzo dei solai sottotetto in tavelle e putrelle mediante cappa di cls alleggerito debitamente armata e collegata alle murature perimetrali mediante spinottamenti in modo da rinforzarne la funzione di collegamento solaio-murature donandone caratteristica di piano rigido.
- Rinforzo della porzione di edificio esistente mediante l'eliminazione del paramento esterno della cas-savuota esistente (realizzata mediante mattoni forati pesanti disposti di coltello) e sostituzione della stessa al piano terreno ed al piano primo con blocchi di laterizio strutturali muratura armata Poroton da 25 cm di spessore. Tale miglioramento consente di garantire alla porzione interessata una maggiore rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali impartite dal sisma ed un comportamento dell'edificio nel complesso più vicino all'edificio in muratura adiacente.



SCHEMA PREVISIONE DI RINFORZO Sezione longitudinale



Vista tridimensionale del modello, stato di progetto

Al seguito si riporta la **descrizione particolareggiata degli interventi proposti**:

L'edificio è stato oggetto di un intervento di ampliamento nell'estate del 1983, eseguito su progetto dell'ing. Luciano Luciani (SIAT). L'ampliamento è stato caratterizzato dalla aggiunta di un piccolo corpo di fabbrica verso est con struttura in c.a. (n° 3 nuovi pilastri e n° 3 nuove solette in c.a. e laterizio) di lunghezza circa m 5,00 di luce netta gettati con i travetti nel senso longitudinale. Con l'occasione i nuovi solai sono stati estesi alla campata attigua esistente (luce netta m 5.00) caratterizzata da muratura perimetrale portante (ai livelli piano terreno, piano primo e sottotetto). Il solaio del primo livello è stato altresì rinforzato nel senso ortogonale ai travetti con n° 2 ϕ 24 acciaio FeB 320K, catene annegate nel getto ed ancorate alle murature esterne tramite opportune chiavi. Il solaio del piano sottotetto è invece continuo ed interessa entrambe le campate. Vedasi copia del progetto SIAT allegata.

Da un esame tipologico delle altre parti dell'edificio si evince che, in occasione di questo intervento di ampliamento vennero rifatti anche i due solai (piano primo e sottotetto) del corpo ovest (si presentano con le medesime caratteristiche dei solai dell'ampliamento) e la intera copertura del corpo est.

Con questo progetto di adeguamento sismico, nato in occasione del rifacimento della scuola materna ospitata al piano terreno e del relativo ampliamento nel cortile, vengono attuati interventi volti a garantire la corretta risposta sismica della struttura esistente. In considerazione della disomogeneità strutturale (parte in muratura portante e parte con debole struttura a telaio in c.a.) si è cercato di uniformare i comportamenti di risposta al sisma con interventi che hanno interessato:

- il consolidamento delle fondazioni tramite cordolature alla base delle stesse;
- il consolidamento dei muri portanti in elevazione del piano terreno, con l'impiego di intonaci armati;
- il consolidamento di alcuni orizzontamenti dove non erano presenti cordolature perimetrali;
- Il consolidamento della copertura con particolare riferimento al corpo più alto verso est;

B 2.2.1.1. Interventi sulle fondazioni

Descrizione dell'intervento

Sono previsti interventi di consolidamento del perimetro di fondazione nella parte di edificio in muratura portante, così come indicato nella Pianta Rinforzo Strutturale Muro Perimetrale e Centrale scala 1:50, del piano terreno, *Tav. 02 Interventi strutturali. Dettagli rinforzo fondazioni e murature piano terreno*. Tali interventi interessano solo la parte ovest dell'edificio (due locali in pianta), che è anche la parte più antica, e sono caratterizzati da doppi cordoli di fondazione collegati da elementi passanti in c.a. Essi consentono anche di realizzare un radicale intervento di risanamento del piano terreno tramite la realizzazione di un vespaio isolato ed aerato dal terreno tramite casseri a perdere tipo igloo. E' previsto anche un intervento di consolidamento nella seconda stanza al piano terreno, che si rende necessario a seguito della eliminazione di un muretto di sostegno della vecchia scala. Saranno realizzati due nuovi pilastri in acciaio HEA 140, fondati su plinto 50 x 60 x 30 armato con barre ϕ 12, per il sostegno di un profilo orizzontale HEA 140 avente finzione di rompitratta.

Gli altri due locali al piano terreno, contigui nella parte est dell'edificio, presentano già un solaio realizzato con laterizi e travetti prefabbricati. La struttura portante di tale porzione di edificio è già costituita da una struttura a telaio in c.a. (travi di fondazione, travi e pilastri, solai in laterizio e travetti prefabbricati).

Gli interventi di consolidamento delle fondazioni saranno realizzati previo scavo esterno del terreno (compresa demolizione di marciapiedino in cls) e scavo interno (previa demolizione della pavimentazione, del sottofondo e del vespaio esistente). Al fine di garantire la sicurezza delle lavorazioni e la stabilità dell'edificio durante gli interventi, sarà necessario procedere per **zone limitate dello sviluppo massimo di m 5.00, non contigue** (distanza minima tra gli scavi m 5.00) procedendo parete per parete. **E' assolutamente vietato lo scavo continuo, sia esterno che interno.** Solo dopo aver provveduto alla realizzazione della prima doppia cordatura interna ed esterna (sviluppo max m 5.00), e dopo aver atteso l'indurimento del cls (minimo 7 gg.), si potrà procedere con gli scavi dei singoli successivi tratti con le relative immediate operazioni di consolidamento.

- 1A. Cordoli di fondazione sulle murature portanti perimetrali

I cordoli di fondazione che interessano le murature d'ambito saranno realizzati come indicato nella sezione B-B DETTAGLIO RINFORZO FONDAZIONE MURO PERIMETRALE, scala 1:20, *Tav. 02 Interventi strutturali. Dettagli rinforzo fondazioni e murature piano terreno*.

I cordoli saranno costituiti da due travi in c.a. realizzate alla base della muratura (dimensioni cm 55 in altezza e cm 25 in larghezza), parallele allo sviluppo della muratura stessa (una trave sarà esterna ed una interna alla muratura) e collegate da travi passanti (cm 25 x 55).

Caratteristiche dei cordoli di fondazione :

- Cemento Rck 30, classe di esposizione 2a XC2, classe di consistenza S5;
- Armature in Acciaio B450C, barre ϕ 12, ϕ 14, ϕ 16 (progetto armature allegato), staffe chiuse ϕ 8/20.

Gli elementi di collegamento tra i due cordoli saranno realizzati barre in acciaio barre ϕ 12, ϕ 14, ϕ 16 (progetto armature allegato) e staffe chiuse ϕ 8/12, adeguatamente legate alle barre longitudinali dei cordoli. L= spessore del muro + cm 23 + cm 23 + pieghi adeguati (vedi disegni esecutivi).

Particolare attenzione dovrà essere posta alla legatura dei nuovi cordoli di fondazione con il muro controterra esistente a nord dell'edificio. Tale legatura sarà realizzata tramite inghisaggio con pasta chimica di n° 6 barre ϕ 12 per ogni cordolo, L= 120 cm, con una profondità di inghisaggio di 60 cm all'interno della muratura esistente.

- 1B. Scannafosso

Nella parte esterna del cordolo esterno, sarà realizzato uno scannafosso per la aerazione della base del muro esistente. Tale scannafosso sarà formato da due elementi in c.a. (solettina e muretto esterno verticale dello spessore di 16 cm) e sarà debitamente chiuso da una tavella in laterizio e cappa armata (spessore del cls cm 6, armatura con rete ϕ 6 15x15) adeguatamente lisciata in superficie. Lo scannafosso avrà dimensioni nette interne di 40 cm in altezza e 60 cm in larghezza e sarà adeguatamente aerato con tubi in Pvc (diametro 100 mm) incassati nella muratura d'ambito con passo non inferiore a m 5 ed emergenti dal terreno di almeno 60 cm (misurati dal bordo inferiore della bocca). Le bocche di aerazione saranno adeguatamente protette da rete antiinsetto in rame, adeguatamente sigillata con collare in rame e dagli agenti atmosferici.

- 1C. Cordoli di fondazione su muratura portante interna

I cordoli di fondazione che interessano la muratura portante interna ortogonale alla muratura perimetrale saranno realizzati come indicato nella sezione C-C DETTAGLIO RINFORZO FONDAZIONE MURO CENTRALE, scala 1:20, *Tav. 02 Interventi strutturali. Dettagli rinforzo fondazioni e murature piano terreno.*

I cordoli saranno costituiti da due travi in c.a. realizzate alla base della muratura (dimensioni cm 55 in altezza e cm 25 in larghezza), parallele allo sviluppo della muratura stessa (una trave sarà esterna ed una interna alla muratura).

Caratteristiche delle travi dei cordoli:

- Cemento Rck 30, classe di esposizione 2° XC2, classe di consistenza S5;
- Armature in Acciaio B450C, n° 6 barre ϕ 12, staffe chiuse ϕ 8/20.

Al fine di completare il sistema di consolidamento delle fondazioni di questa parte di edificio, il cordolo interno del locale verso est verrà proseguito anche sulla muratura portante interna per formare una "C" continua con valenza antisismica.

Particolare attenzione dovrà essere posta alla legatura dei nuovi cordoli di fondazione con il muro controterra esistente a nord dell'edificio. Tale legatura sarà realizzata tramite inghisaggio con pasta chimica di n° 6 barre ϕ 12 per ogni cordolo, L= 100 cm, con una profondità di inghisaggio di >50 cm all'interno della muratura esistente. Gli inghisaggi saranno eseguiti con pasta chimica tipo Hilti Hit 500.

- 1.D. Intervento di consolidamento nella seconda stanza al piano terreno

L'intervento sarà realizzato con la seguente procedura:

- 1.a. Realizzazione di opere di puntellamento dei solai soprastanti.
- 1.b. Realizzazione di scavo per la realizzazione del plinto di fondazione;
- 1.c. Realizzazione di plinto di fondazione in c.a 60 x 50 x 30 armato con gabbia di armatura diam 12 mm previa stesura di magrone h= 10 cm; Il plinto nuovo sarà collegato con il plinto del pilastro esistente tramite inghisaggio di due ferri diam. 12;
- 1.d. Posa di ritti in acciaio HEA 140, dotati di piastra di base e di piastra in sommità per appoggio architrave; il ritto è posizionato in aderenza al pilastro esistente e ad esso ancorato;
- 1.e. Demolizione di parte della parete interessata per consentire la posa dell'architrave;
- 1.f. Posa di putrella orizzontale HEA 140 con funzione di architrave e rompitratta. La putrella verrà posizionata in appoggio sui nuovi ritti e su mureo esistente;
- 1.g. Demolizione del muro, della pavimentazione e scavo del terreno per realizzazione vespaio su igloo.

- 1.E. Vespaio aerato ed isolato su igloo

Il vespaio sarà realizzato dopo aver completato le strutture dei cordoli di fondazione e del plinto di cui al punto precedente.

Dopo aver realizzato la demolizione dei pavimenti e sottofondi ed dopo aver realizzato lo scavo del terreno alla profondità richiesta (vedi sezione B-B DETTAGLIO RINFORZO FONDAZIONE MURO PERIMETRALE, scala 1:20, *Tav. 03 Interventi strutturali. Dettagli rinforzo fondazioni*) e con adeguato livellamento, si procederà come segue:

- a. Formazione di uno strato di magrone in cls dello spessore di cm 15;
- b. Posa di elementi prefabbricati a perdere tipo igloo (h= 20 cm);
- c. Getto di cls (spessore cm 6) armato con rete elettrosaldata ϕ 8 20x20. L'estradosso del getto dovrà essere alla stessa quota dell'estradosso del cordolo strutturale perimetrale;
- d. Posa di manto impermeabilizzante sulla superficie liscia del getto, adeguatamente risvoltato sulle pareti laterali;
- e. Posa di strato isolante in polistirene ad alta densità (spessore 8 cm);
- f. Posa di sottofondo in cls alleggerito per passaggio tubazioni impiantistiche (spessore 10 cm);
- g. Posa di malta di allettamento o strato analogo, idoneo alla posa di successivo pavimento.

B 2.2.1.2. Interventi sulle murature portanti

Descrizione degli interventi

La muratura portante dei due corpi di edifici (corpo ovest più basso e corpo est più alto) si presenta in condizioni diverse (vedi sondaggi eseguiti tramite asportazione dell'intonaco in data 31-07-2018 ed in data 18/12/2018). La muratura del corpo ovest, con spessori variabili da 52 cm al piano terreno e 43 al piano superiore) appare con tessitura regolare, formata da mattoni ben cotti e ben posati e ben legati con malta di calce. La muratura portante del corpo est, con spessori variabili da cm 90 cm al piano terreno e cm 69 al piano primo) nel sondaggio eseguito sull'angolo esterno verso cortile appare meno regolare. Si deve però segnalare la presenza di n° 2 catene trasversali ϕ 24 in acciaio FeB 32K annegate nel nuovo solaio del piano primo e realizzate in occasione dell'ampliamento (vedi dettagli allegati del progetto SIAT a cura dell'ing. Luciano Luciani nel 1983), una delle quali inserita proprio nella posizione dello spigolo murario dove è stato fatto il sondaggio. Al piano secondo la legatura della sommità della perimetrale è garantita dalla cordolatura del nuovo solaio continuo.

L' intervento di adeguamento sismico della muratura è stato progettato come meglio descritto successivamente.

Al piano terreno dell'edificio sono previsti alcuni interventi di consolidamento dei maschi murari portanti con andamento nord-sud. Si tratta dei maschi murari individuati nella sezione C-C- RINFORZO FONDAZIONI scala 1:50 e nella Pianta RINFORZO FONDAZIONI MURO PERIMETRALE E CENTRALE scala 1:50 della *Tav. 02 Interventi strutturali. Dettagli rinforzo fondazioni e murature piano terreno*, con le simbologie: muri M1, M2, M3.

Tali interventi consistono nel consolidamento delle murature su entrambe le facce, previa disintonatura dell'intonaco esistente, mediante la posa di un intonaco strutturale armato con rete elettrosaldata ϕ 6 15x15 posta su entrambe i lati del maschio murario. Le reti dovranno essere collegate e ben legate tra loro tramite barre in acciaio ϕ 8 passanti in ragione di 6 barre/m² opportunamente passivate tramite idonei prodotti. In alternativa potranno essere impiegate reti in fibra di vetro tipo Webertec. La intonatura dovrà avere uno spessore di circa 3/4cm e dovrà esser estesa da terra sino al soffitto.

E' altresì previsto un intervento di allargamento di un vano porta esistente su muratura portante realizzato mediante cerchiatura con coppie di putrelle in acciaio HEA 120.

1. Fasi di lavorazione degli interventi di consolidamento sulle murature portanti

E' importante seguire le fasi di posa in opera del betoncino armato affinché il sistema svolga correttamente le mansioni assegnate:

- **A.Puntellatura** della muratura da trattare e del solaio soprastante.
- **B. Asportazione dell'intonaco esistente** e messa a nudo della tessitura muraria tramite asportazione del materiali della muratura degradati e della malta incoerente mediante scalpellatura meccanica.
- **C.Spazzolatura e lavaggio della muratura** con getto di acqua o aria a bassa pressione (1 atm).
- **D.Foratura della muratura** tramite asportazione del materiale in corrispondenza di fessure e cavità o per mezzo di trapani o sonde a rotazione.
- **E. Alloggiamento** nei fori degli **elementi di collegamento** passanti (monconi) bloccati con iniezioni di resina poliesteri bicomponente per ancoraggio chimico ad iniezione tipo Tecnopol, oppure tipo HILTI HIT 500. Posa del primo strato di malta sino alla testa dei monconi.
- **F.Posizionamento della rete elettrosaldata** su entrambe le facce della parete da consolidare, distanziata dalla muratura di almeno 1,5 cm con appositi elementi e risvoltata nelle intersezioni.
- **G.**Dopo adeguata bagnatura, posa della **miscela legante**, posta in opera spruzzata sulla rete, per spessore complessivo di circa 3/4 cm. Lo spessore deve garantire il ricoprimento dei ferri di armatura di **almeno 2 cm**.

Caratteristiche della malta:

- Modulo elastico 18000 Mpa (28 gg);
- Resistenza alla compressione 40 MPa (28 gg);
- Resistenza a flessione 10 MPa (28 gg);
- Adesione al calcestruzzo 2,4 MPa (28 gg);
- Pull-out > 15 MPa (28 gg)

2. Interventi di consolidamento sulle murature portanti del fabbricato ex locale centrale termica

Il piccolo fabbricato ad un piano è stato realizzato con blocchetti in cls (spessore 20 cm) intonacati e copertura in cls armata con aggetto di 50 cm circa verso il lato sud. Sulla copertura è stato realizzato un terrazzo calpestabile. Gli interventi di consolidamento consistono nel rinforzo di due murature (quella longitudinale verso il giardino e quella ortogonale ad essa che si lega al retrostante muraglione in mattoni).

L'intervento avverrà, previa spicconatura dell'intonaco esistente nella parte interna, mediante la posa di un intonaco strutturale fibrorinforzatoarmato con rete elettrosaldata ϕ 6 15x15 su entrambe le facce interna ed esterna. La maglia dovrà essere posizionata in modo da garantire la continuità del rinforzo anche nello spigolo interno e dovrà essere legata al supporto tramite adeguati ancoraggi. La intonacatura dovrà avere uno spessore di circa 3/4cm e dovrà essere estesa da terra sino al soffitto.

B 2.2.1.3. Interventi sugli elementi a telaio in c.a. o in muratura

Interventi sugli elementi a telaio in c.a.

La porzione est dell'edificio (edificio più alto) è stata oggetto nel 1983 di un intervento strutturale che ha previsto nella parte più ad est l'impiego di un telaio in c.a. composto da travi di fondazione, pilastri, travi e solai orizzontali in travetti prefabbricati e laterizi. Si è trattato di un intervento di ampliamento che ha inglobato parte delle murature portanti. Sono stati realizzati n° 3 orizzontamenti (piano terreno, piano primo e solaio di coper-

tura del piano primo, che ospita il sottotetto). Tali orizzontamenti sono stati estesi a tutta la superficie del corpo più alto. Dalla documentazione in nostro possesso le strutture appaiono adeguatamente dimensionate a livello statico (l'intervento è stato realizzato nel giugno 1983 a firma ing. L. Luciani) ed adeguatamente collegate alle murature esistenti. Non appaiono però adeguate per un comportamento antisismico secondo la normativa vigente. Per quanto concerne le tamponature, i sondaggi eseguiti in data 18-12-2018 hanno confermato che esse sono state realizzate con muratura a cassa vuota di larghezza complessiva di 39 cm, con l'impiego di mattoni forati a sei fori posati di coltello secondo la seguente stratigrafia: Intonaco interno (cm 2,0) – Mattone forato paramento interno (cm 7) – Camera d'aria interna (cm 13) - isolante in lana di roccia (cm 5) – Intonaco interno su paramento esterno (cm 4) – Mattone forato paramento esterno (cm 7) – Intonaco esterno (cm 1,0).

Da una nostra simulazione sismica del modello così costruito la testata est è apparsa fragile e non verificati i nodi trave-solaio-pilastro a tutti i livelli (terra, primo e secondo). Ciò a causa della discontinuità di comportamento tra parte in muratura continua e parte in struttura a telaio in c.a. ed a causa della debole armatura dei pilastri (n° 4 ϕ 12 + staffe). Pertanto abbiamo adottato un intervento di consolidamento improntato alla ricerca di continuità nelle rigidezze strutturali. Tale intervento è stato previsto al piano terreno ed al piano primo sul fronte est e sulla parete d'angolo che si affaccia a sud. Esso è caratterizzato dall'impiego di una muratura portante armata in blocchi da 25 cm di spessore in Poroton M.A. P800 con malta M10, posizionati ad integrazione della struttura in c.a. L'intervento si realizza operando esclusivamente dall'esterno in sostituzione del paramento in mattoni forati da 7 cm posti di coltello (per ulteriori dettagli si veda la *Tav 03. Interventi strutturali. Dettagli rinforzo murature nel corpo est*). La camera d'aria esistente nella cassa vuota verrà quindi sostituita dal blocco di Poroton senza intaccare l'isolamento termico della testata, costituito da strato di lana di roccia.

La nuova muratura verrà posizionata al piano terreno come segue:

- nella testata est tra i tre pilastri in c.a. (pilastro d'angolo sud – pilastro centrale – pilastro d'angolo nord);
- nella muratura d'ambito esterna che si affaccia a sud verso il cortile tra pilastro d'angolo sud e il primo nodo muratura portante / muratura trasversale.

Descrizione degli interventi di consolidamento.

1A. Testata est. Interventi al piano terreno e primo

Gli interventi saranno eseguiti seguendo la seguente procedura:

- Puntellamenti. Il primo intervento riguarda il puntellamento dall'interno delle parti di muratura in corrispondenza delle aperture da conservare.
- Demolizione delle campate relative al paramento esterno della cassa vuota tra i pilastri d'angolo ed il pilastro centrale. Tale intervento dovrà essere realizzato **per parti** con tagli verticali sulla muratura esterna facendo attenzione a non asportare il pacchetto di isolamento termico esistente ed a non demolire paramento interno e la muratura attorno alle aperture.
- Prima della realizzazione della nuova muratura dovrà essere realizzato il collegamento pilastri - muro in Poroton tramite barre in acciaio ϕ 12, passo = 50 cm, L = 60 cm inghisate per 20 cm nel pilastro interessato (nella parte centrale del lato interno alla muratura) con pasta chimica tipo Hilti Hit 500;
- Realizzazione del nuovo paramento esterno in blocchi armati portanti Poroton P800 con malta M10, ponendo particolare attenzione alla legatura, con malta cementizia delle barre di acciaio inghisate, alla muratura.
- Dove sono previste le aperture si dovrà provvedere alla realizzazione di architravi in doppio travetto in c.a. prefabbricato adeguatamente legato alla muratura in Poroton.
- Nel posizionamento dell'ultimo corso di blocchi si dovrà provvedere alla costipazione tra blocco e intradosso trave in c.a., con malta antiritiro tipo EMACO;

- Nella zona di confine con l'attuale centrale termica il muro esistente dovrà essere demolito totalmente (entrambe i paramenti murari in forato da 11 cm) e ricostruito con blocchi di Poroton M.A. P800 con malta M10 con spessore cm 25; anche in questo caso, data la prevista apertura di una porta di passaggio, dovrà essere realizzato un architrave con doppio travetto.
- Ad intervento completato, sarà necessario provvedere ad una intonacatura adeguata.

1C. Muratura lato cortile. Interventi al piano terreno e primo

Gli interventi saranno eseguiti seguendo la seguente procedura:

- Puntellamenti. Il primo intervento riguarda il puntellamento dall'interno delle parti di muratura in corrispondenza delle aperture da conservare.
- Demolizione delle campate relative al paramento esterno della cassa vuota tra il pilastro d'angolo ed il primo nodo muratura portante d'ambito lato sud/muratura trasversale. Tale intervento dovrà essere realizzato **per parti** con tagli verticali sulla muratura esterna facendo attenzione a non asportare il pacchetto di isolamento termico esistente ed a non demolire il paramento interno.
- Prima della realizzazione della nuova muratura dovrà essere realizzato il collegamento pilastri - muro in Poroton tramite barre in acciaio ϕ 12, passo = 50 cm, L = 60 cm inghisate per 20 cm nel pilastro interessato (nella parte centrale del lato interno alla muratura) con pasta chimica tipo Hilti Hit 500;
- In corrispondenza delle aperture dovrà essere posizionato un architrave in doppio travetto prefabbricato armato tale da reggere la soprastante veletta in Poroton.
- Realizzazione del nuovo paramento esterno in blocchi portanti Poroton M.A.P800 con malta M10 ponendo particolare attenzione alla legatura, con malta cementizia delle barre di acciaio inghisate, alla muratura.
- Dove sono previste le aperture si dovrà provvedere alla realizzazione di architravi in c.a. prefabbricati adeguatamente legati alla muratura in Poroton.
- Nel posizionamento dell'ultimo corso di blocchi si dovrà provvedere alla costipazione tra blocco e intradosso trave in c.a., con malta antiritiro tipo EMACO;
- Ad intervento completato, sarà necessario provvedere ad una intonacatura adeguata.

Interventi sulle murature perimetrali del sottotetto e sui pilastri reggicorno del sottotetto alto e basso

La muratura del chiusura perimetrale del sottotetto alto è caratterizzata in sezione da un doppio forato 6 fori posato di piatto, ben legato (l = 25 cm) utilizzato con funzione portante dei puntoni. La stratigrafia rilevata nel corso del sondaggio del 18/12/2018) è la seguente: intonaco esterno (cm 1,5) – Primo forato 6 fori posato di piatto (cm 11) – secondo forato 6 fori posato di piatto (cm 11) – Intonaco interno (cm 1,5). La muratura appare ben legata. Sulle due testate la muratura si ingrossa a formare due pilastri ben legati che sorreggono il colmo (cm 34 x 34). In posizione centrale è presente un pilastro a sezione quadrata (cm 49 x 49), realizzato con muratura di forati (sei fori) posati di piatto predisposto per sostenere due elementi lignei di colmo.

Ai fini del raggiungimento delle caratteristiche di risposta per l'adeguamento sismico è previsto un intervento nel sottotetto alto che consiste nella realizzazione di n.3 nuovi pilastri in acciaio e di n. 4 saette di controventamento e precisamente:

- a. pilastro centrale: posa di n. 1 nuovo pilastro HEA 160 con n. 2 saette IPE 120, in sostituzione del pilastro esistente in muratura forata;
- b. pilastri sulle testate: posa di n. 2 nuovi pilastri HEA 160 con n. 2 saette IPE 120. Tali ritti sono addossati ai pilastri esistenti in muratura forata.

La sostituzione del pilastro centrale in muratura forata avverrà quindi tramite demolizione, previo adeguato puntellamento, del pilastro in muratura forata esistente (vedi *Tav 04. Interventi strutturali. Dettagli rinforzo copertura*). Il nuovo ritto in acciaio HEA 160 sarà dotato di due saette in acciaio (IPE 120) rivolte verso la mezzetria delle due campate. La testa del ritto e le teste delle saette saranno dotate di adeguato sistema di ancoraggio alla trave di colmo, con la quale si formerà un nodo con maggiore rigidità. La piastra di base del ritto (dimensione mm 340 x mm 340 x mm 10 spessore) sarà ancorata con barre filettate M16, 8.8 (16 cm di profondità) alla soletta sottostante nella zona dove è presente una trave in c.a. (indicata nei disegni di progetto dell'ampliamento 1983 a cura dell'ing. Luciano Luciani, disegni in nostro possesso, come trave T3 80 x 24) che poggia sulla muratura trasversale.

Al fine di proteggere e dare più stabilità al ritto, lo stesso sarà rivestito con una muratura di mattoni pieni posati di fascia (cm 40 x cm 40).

Tale consolidamento è finalizzato a migliorare il controvento longitudinale. I due pilastri di testata sono invece consolidati con due nuovi ritti (putrelle HEA 160) addossati e collegati ai pilastri esistenti e sono dotati ciascuno di una saetta in acciaio (IPE 120) rivolta verso il pilastro centrale. La testa del ritto e la testa della saetta saranno dotate di adeguato sistema di ancoraggio alla trave di colmo, con la quale si formerà un nodo con maggiore rigidità.

Le piastre di base dei due ritti saranno ancorate alla soletta sottostante sulla trave di testata est e sul cordolo in c.a. presente ad ovest (come indicato nei disegni di progetto dell'ampliamento 1983 a cura dell'ing. Luciano Luciani). L'ancoraggio sarà eseguito tramite inghisaggio di 4 barre filettate ϕ 12 e pasta chimica tipo Hilti Hit 500.

Per il sottotetto basso al fine del raggiungimento delle caratteristiche di risposta per l'adeguamento sismico è previsto un intervento che consiste nella realizzazione di n.3 nuovi pilastri in acciaio e di n. 4 saette di controventamento e precisamente:

- c. pilastri centrali: posa di n. 2 pilastri HEA 160, inseriti all'interno dei pilastri in muratura esistenti, previa demolizione di parte di essi;
- d. pilastro sulla testata: posa di n. 1 pilastro HEA 160. Tale ritto viene inserito all'interno della muratura di testata esistente, previa demolizione di parte di essa e successivo ripristino.

Le teste dei ritti saranno dotate di adeguato sistema di ancoraggio alla trave di colmo, con la quale si formerà un nodo con maggiore rigidità. Le piastre di base dei due ritti centrali (dimensioni mm 340 x mm 340 x mm 10 spessore) saranno ancorate con 4 barre filettate M14, 8.8 alla soletta sottostante nella zona dove è presente una trave in c.a.

La piastra di base del ritto sulla testata (dimensioni mm 250 x mm 250 x mm 10 spessore) sarà ancorata con 4 barre filettate M14, 8.8 alla soletta sottostante nella zona dove è presente la trave di cordolo in c.a.

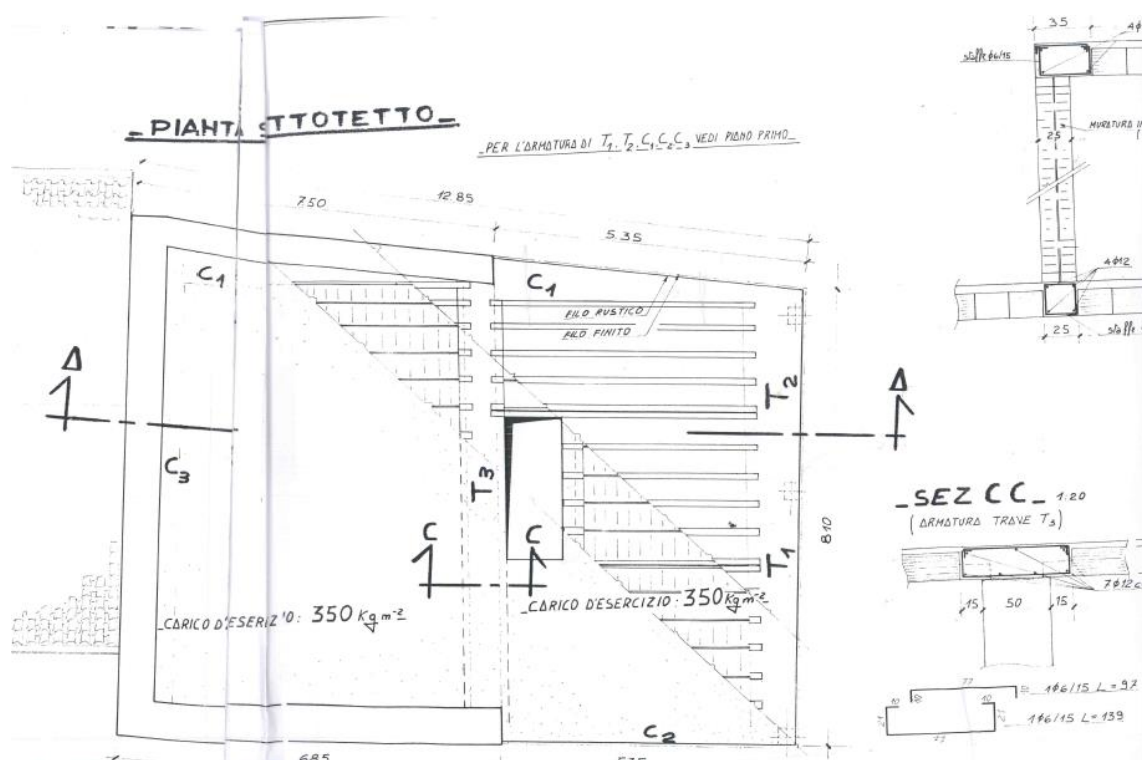


Fig. 1. Progetto di ampliamento anno 1983 a firma ing. Luciano Luciani (SIAT). Pianta del sottotetto.

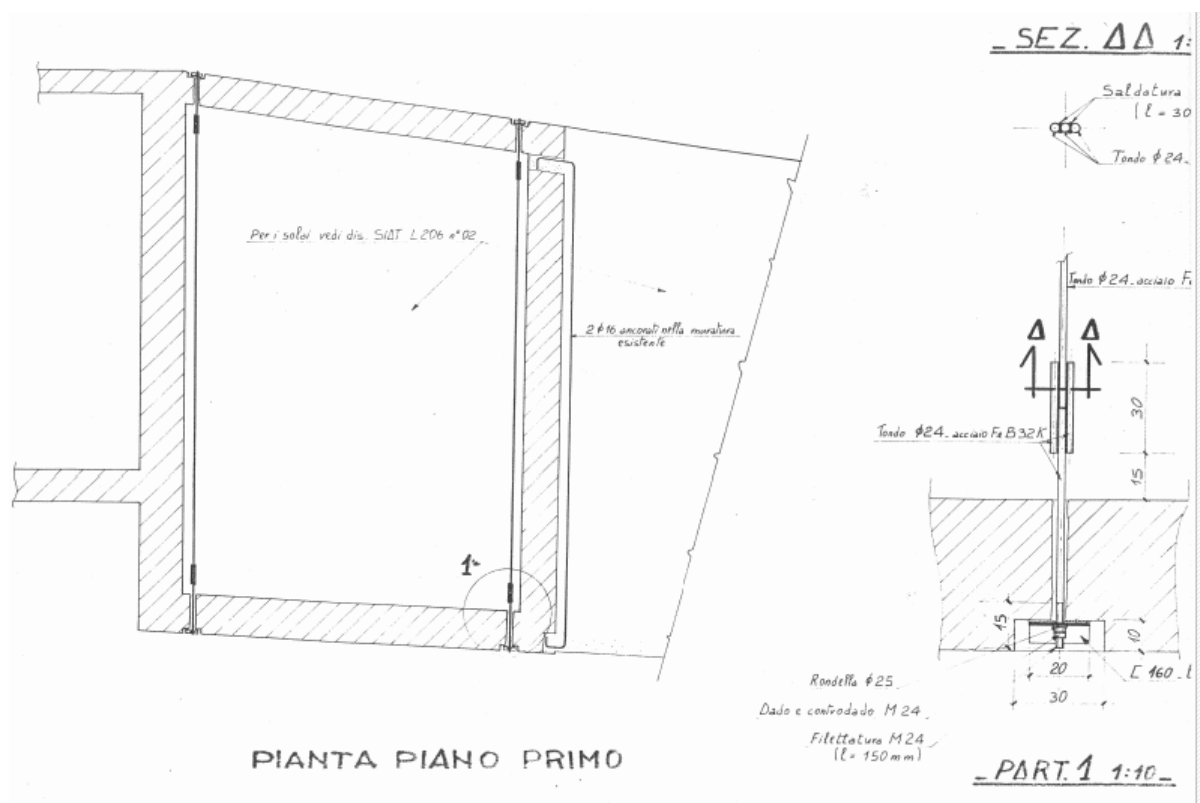


Fig. 2. Progetto di ampliamento anno 1983 a firma ing. Luciano Luciani (SIAT). Catene diam. 24 mm.

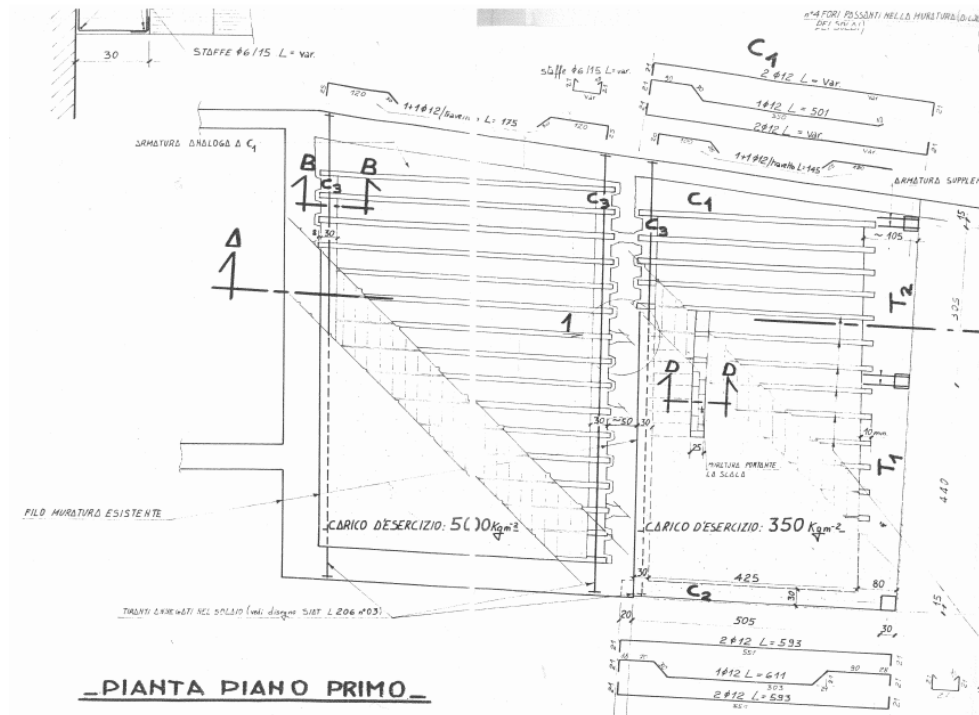


Fig. 3. Progetto di ampliamento anno 1983 a firma ing. Luciano Luciani (SIAT). Solaio primo impalcato.

B 2.2.1.4. Interventi sugli orizzontamenti

Descrizione degli interventi.

E' previsto un intervento di consolidamento di parte del solaio di copertura del piano primo del fabbricato ovest, così come indicato nella PIANTE PIANO SOTTOTETTO PROGETTO scala 1:50 della Tav. 04 Interventi strutturali. Dettagli rinforzi copertura.). Tale solaio è attualmente realizzato con putrelle tipo NP 160 e tavelloni ed appare slegato dalle murature perimetrali. Si rende pertanto necessario un consolidamento da eseguire tramite cappa armata con maglia elettrosaldata, adeguatamente legata alle murature perimetrali con opportuni inghisaggi di barre in acciaio.

Si procederà seguendo il seguente protocollo:

- Formazione di ponteggio sui lati nord, sud ed ovest dell'edificio;
- Puntellamento interno del solaio da consolidare;
- Smontaggio del manto di copertura con accatastamento dei coppi che dovranno essere riutilizzati ed eliminazione dei coppi rotti con trasporto alle Pubbliche Discariche;
- Smontaggio della piccola orditura con eliminazione dei listelli ammalorati e trasporto alle Pubbliche Discariche;
- Pulizia della superficie estradossale del solaio con trasporto alle Pubbliche Discariche del materiale di risulta;

- f. Riempimento con materiale alleggerito del dislivello tra estradosso tavelloni ed estradosso ala superiore delle putrelle NP (circa 10 cm);
- g. Posa di connettori metallici sull'ala superiore delle putrelle come da disegni esecutivi;
- h. Posa di barre ϕ 12 con passo 50 cm (L= 150 cm) inghisate a 45° sulla testata della muratura perimetrale per una profondità di 50 cm con pasta chimica tipo Hilti Hit 500, piegate come da disegni esecutivi e legate alla maglia elettrosaldada di cui al punto successivo;
- i. Posa di maglia elettrosaldada ϕ 8 20 x 20, legata ai connettori sulle putrelle e legata ai ferri perimetrali inghisati alle murature perimetrali, estesa a tutta la superficie superiore delle murature;
- j. Getto alleggerito 1600 Kg/m³ di cls Lc 30/33 esteso a tutta la superficie superiore delle murature, classe di esposizione 2a, per uno spessore medio di cm 6;
- k. Realizzazione del consolidamento della copertura (vedi punto 5A Interventi sulle coperture: corpo ovest).
- l. Posa eventuale di manto impermeabile con funzione di barriera al vapore.
- m. Posa eventuale di pacchetto isolante.
- n. Posa della nuova piccola orditura e del manto di copertura in coppi, con relativa lattoneria in rame, riutilizzando i coppi esistenti.

B 2.2.1.5. Interventi sulle coperture

Descrizione degli interventi.

Sono previsti interventi di consolidamento sulle coperture, che risultano slegate dalle murature perimetrali. Infatti l'ammorsamento dei puntoni sulla muratura perimetrale e il loro appoggio sui pilastri esistenti non offrono sufficienti garanzie alle sollecitazioni sismiche che si manifestino secondo i tre assi direzionali x, y, e z. Tali interventi consistono nell'ancoraggio di alcuni puntoni in legno della orditura primaria ai solai sottostanti, nella realizzazione di catene in legno di collegamento trasversale dei puntoni e nella realizzazione di elementi di controventamento longitudinali (vedi *Tav 04. Interventi strutturali. Dettagli rinforzo copertura*).

1.A. Interventi sulle coperture: corpo ovest

Gli interventi, meglio indicati nella SEZIONE B-B DETTAGLIO COPERTURA scala 1:20 della *Tav. 04 Interventi strutturali. Dettagli rinforzi copertura*, consistono nella realizzazione di due tipi di intervento da eseguire prima della posa della piccola orditura e del manto di copertura con relativa lattoneria in rame:

- Realizzazione di piastre in acciaio ad "elle" acciaio S275 sp. 60 mm fissate in coppia sulle murature perimetrali in corrispondenza dell'appoggio dei singoli puntoni, tramite inghisaggio con pasta chimica tipo Hilti Hit 500 di barre filettate dotate di bulloni di serraggio. Ciascun puntone in legno sarà collegati alla coppia di piastre tramite n° 2 bulloni passanti ϕ 14. E' previsto il consolidamento di tutti i puntoni.
- Realizzazione di catene in legno tipo C24 sez. 100 x 120 per ciascuna coppia di puntoni fissate tramite apposite scarpe metalliche ai puntoni come da disegno illustrato nel DETTAGLIO DI ANCORAGGIO CATENA PUNTONE scala 1:5 nella *Tav. 04 Interventi strutturali. Dettagli rinforzi copertura*.

1.B. Interventi sulle coperture: corpo est

Sono previsti interventi di consolidamento anche del corpo est che presenta alcune debolezze strutturali. Anche in questo caso sono previsti i seguenti tipi di rinforzi strutturali :

- Realizzazione di sei coppie di ritti angolari in acciaio S 275, dotati di piastra di ancoraggio al solaio fissata sulle murature perimetrali tramite inghisaggio con pasta chimica tipo Hilti Hit 500 di barre filettate dotate di bulloni di serraggio. Tali ritti saranno posizionati in corrispondenza dell'appoggio dei singoli puntoni e precisamente n° 3 addossati alla muratura esterna lato strada e n° 3 alla muratura lato cortile. Ciascun puntone in legno sarà collegato alla coppia di piastre tramite n° 2 bulloni passanti ϕ 14. E' previsto il consolidamento di **n° 6 puntoni** come da indicazioni in cercholino rosso nella PIANTA PIANO SOTTOTETTO PROGETTO, scala 1:50 della *Tav. 04 Interventi strutturali. Dettagli rinforzi copertura*.

I dettagli sono illustrati nel DETTAGLIO ANCORAGGIO PUNTONI SEZIONE A-A- scala 1:5 della *Tav. 04 Interventi strutturali. Dettagli rinforzi copertura*.

- Realizzazione di catene in legno tipo C24 sez. 100 x 120 per ciascuna coppia di puntoni fissate tramite apposite scarpe metalliche ai puntoni come da disegno illustrato nel DETTAGLIO DI ANCORAGGIO CATENA PUNTONE scala 1:5 nella *Tav. 04 Interventi strutturali. Dettagli rinforzi copertura*.

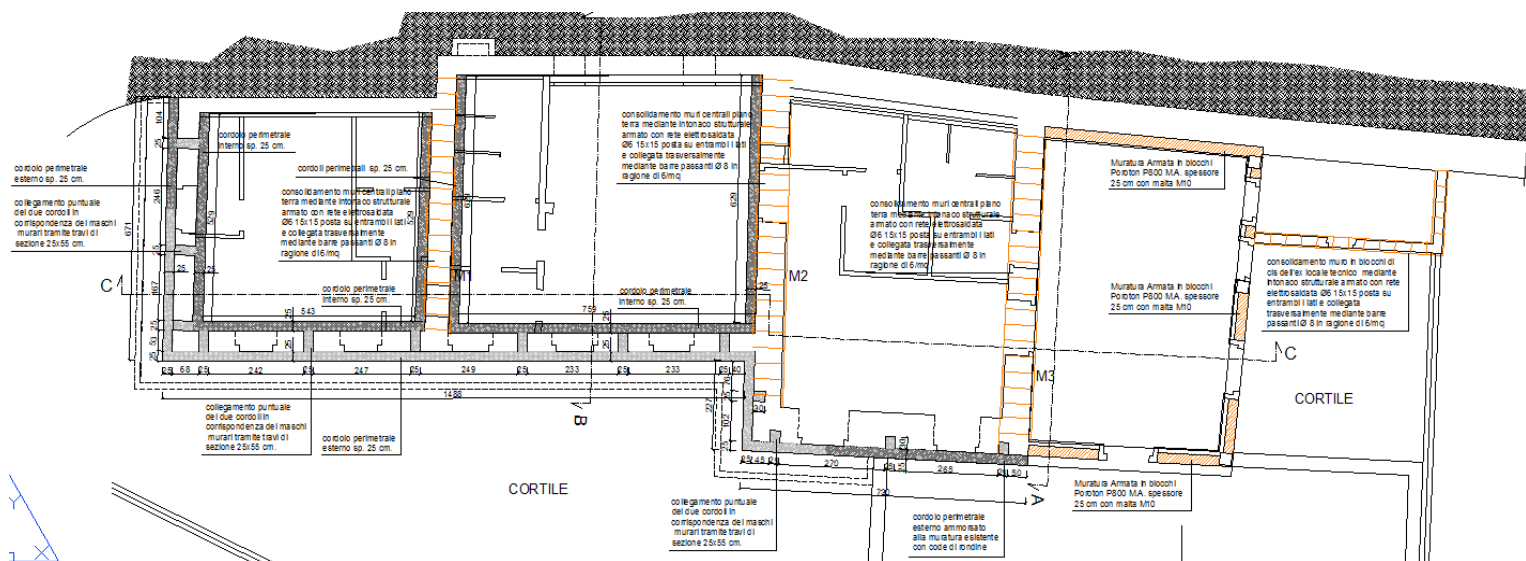
Dal momento che allo stato attuale non è stato possibile ispezionare l'esatta posizione dei puntoni (cioè se sono allineati sulla stessa direttrice o se sono sfalsati nell'appoggio sul colmo) le catene in legno potranno essere ancorate ai puntoni in modo differente, cioè lateralmente. Nel disegno illustrato nel DETTAGLIO ANCORAGGIO CATENA A PUNTONE scala 1:5 della *Tav. 04 Interventi strutturali. Dettagli rinforzi copertura* è rappresentata la soluzione nel caso di allineamento dei puntoni sulla stessa direttrice.

Si procederà seguendo il seguente protocollo:

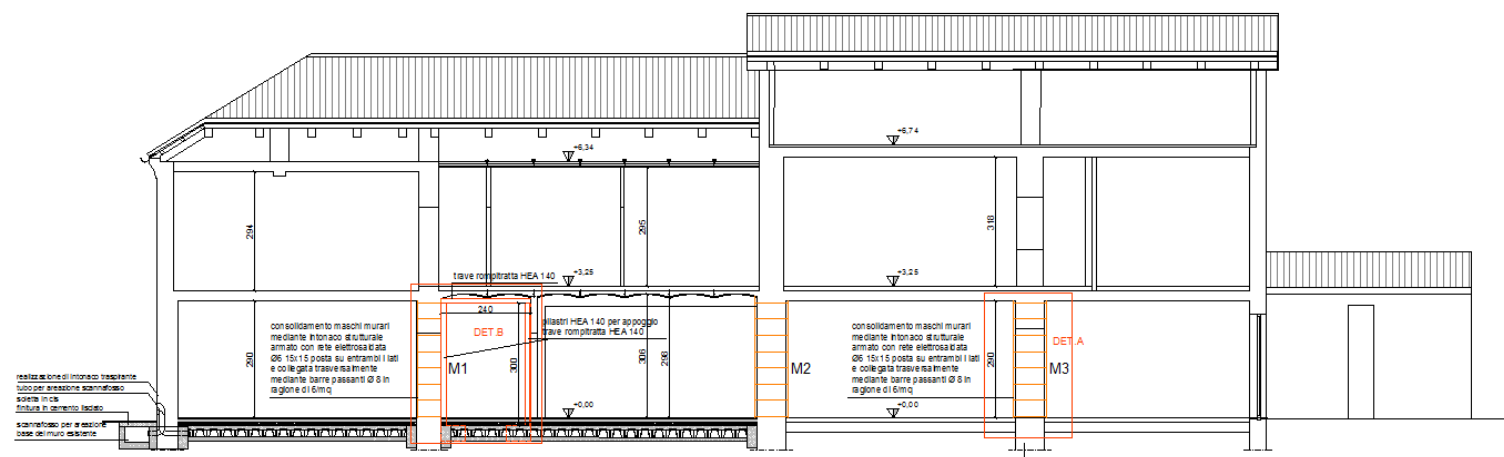
- a. Realizzazione di varchi di ispezione nel controsoffitto in perlinato di legno al fine di verificare l'esatta posizione dei puntoni (allineamento o meno degli stessi secondo un'unica direttrice);
- b. Realizzazione dei varchi nel controsoffitto in perlinato di legno necessari per il collegamento ai ritti previsti (n° 6 varchi) e realizzazione dei varchi necessari per la realizzazione delle catene (n° 20 varchi); tale intervento potrebbe comportare lo smontaggio completo del controsoffitto in legno;
- c. Realizzazione di aperture nel pavimento sopraelevato in legno (n° 6 aperture) per la posa dei ritti in acciaio (le aperture dovranno consentire la operatività degli interventi strutturali con dimensioni minime delle stesse di cm 100 x cm 100);
- d. Pulizia dell'estradosso del solaio, previa verifica della planarità;
- e. Preparazione della superficie di ancoraggio delle piastre in acciaio tramite lisciatura con pastina di cemento ad alta resistenza;
- f. Posa dei ritti in acciaio con verifica dell'accoppiamento con i puntoni ed inghisaggio delle piastre con pasta chimica tipo Hilti Hit 500 tramite barre filettate dotate di bulloni di serraggio.
- g. Ancoraggio dei ritti alla muratura perimetrale, previa verifica delle caratteristiche della stessa;
- h. Ancoraggio dei ritti ai puntoni in legno tramite n° 2 bulloni passanti ϕ 14;

Per garantire una migliore risposta sismica alle sollecitazioni con direzione longitudinale sono stati individuati i rinforzi dei pilastri che sostengono il colmo e collegamenti al solaio sottostante già illustrati al Capo 3 *Interventi sugli elementi a telaio in c.a o in muratura*. Punto 2 Interventi sulle murature perimetrali del sottotetto e sul pilastro centrale.

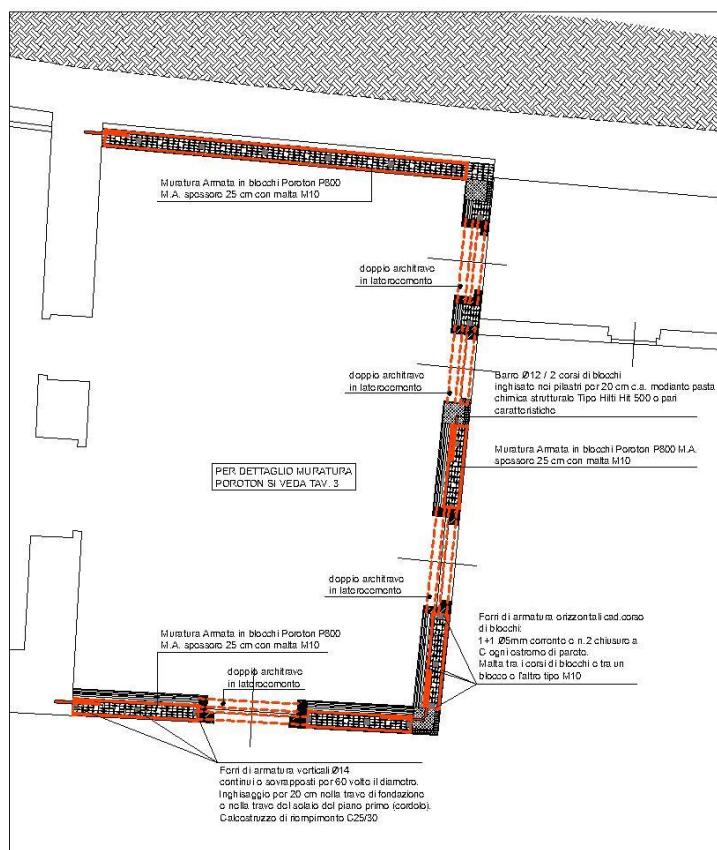
Al seguito si allegano alcuni estratti dei disegni esecutivi riportanti gli interventi previsti:



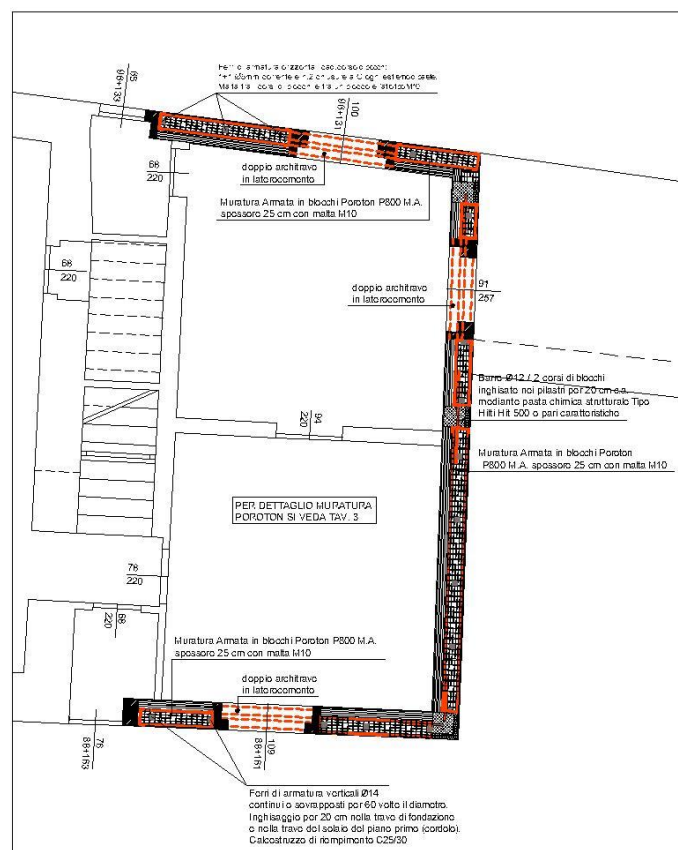
Planimetria dei rinforzi alle fondazioni (cordolo scuro) ed ai muri portanti mediante intonaci armati (tratto giallo)



Sezione longitudinale dei rinforzi alle fondazioni (cordolo scuro) ed ai muri portanti mediante intonaci armati (tratto giallo)

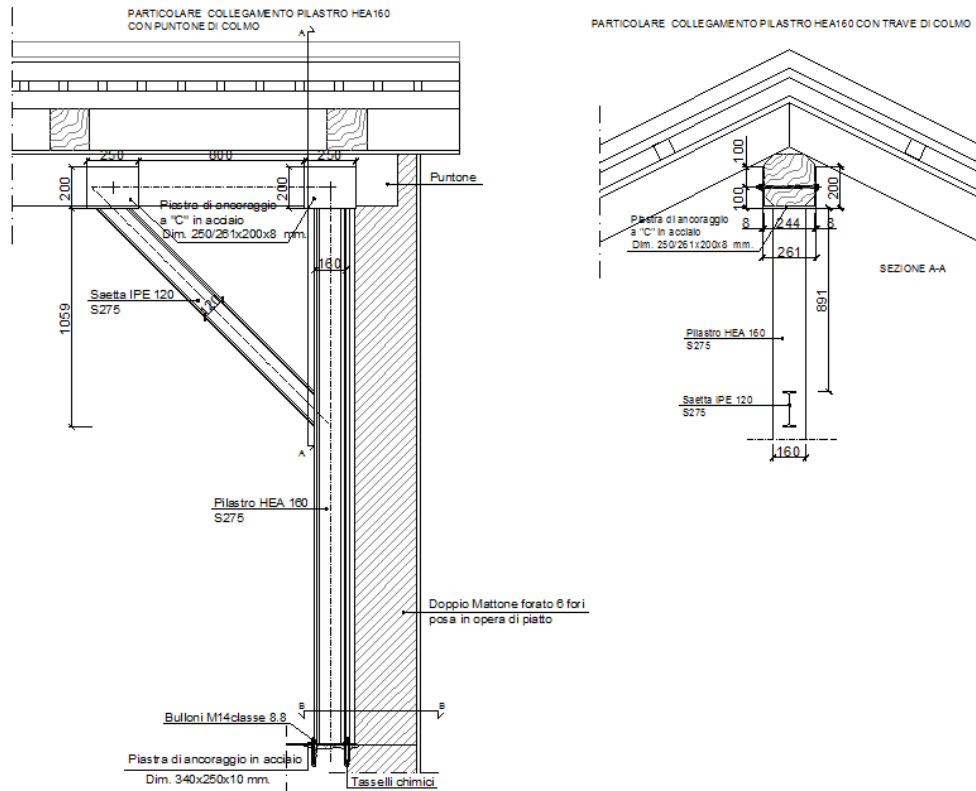


PIANTA EDIFICIO IN C.A. PIANO TERRA

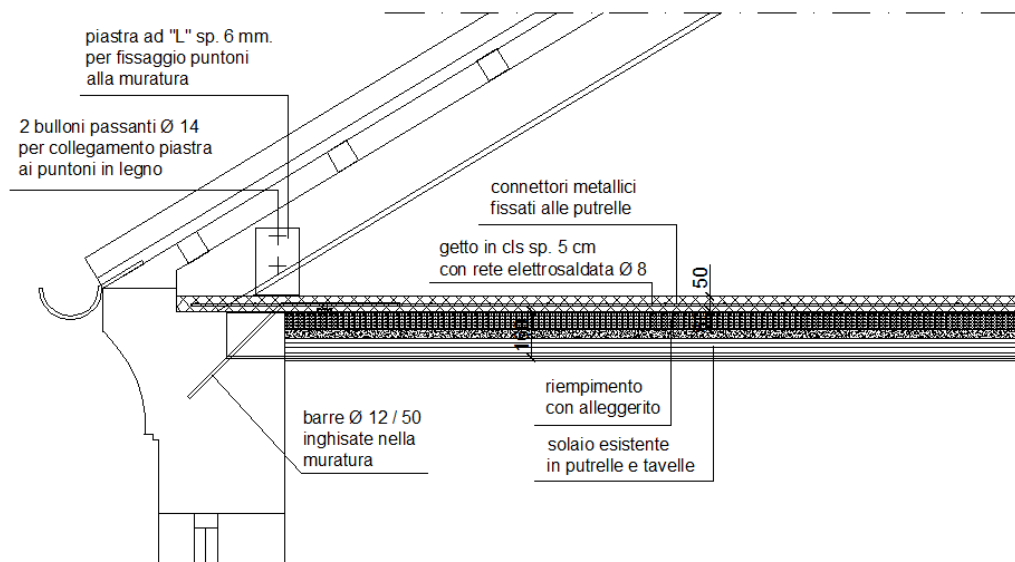


PIANTA EDIFICIO IN C.A. PIANO PRIMO

Pianta dell'intervento di Muratura Armata Poroton da 25 cm applicato al piano terra e primo dell'edificio in c.a.

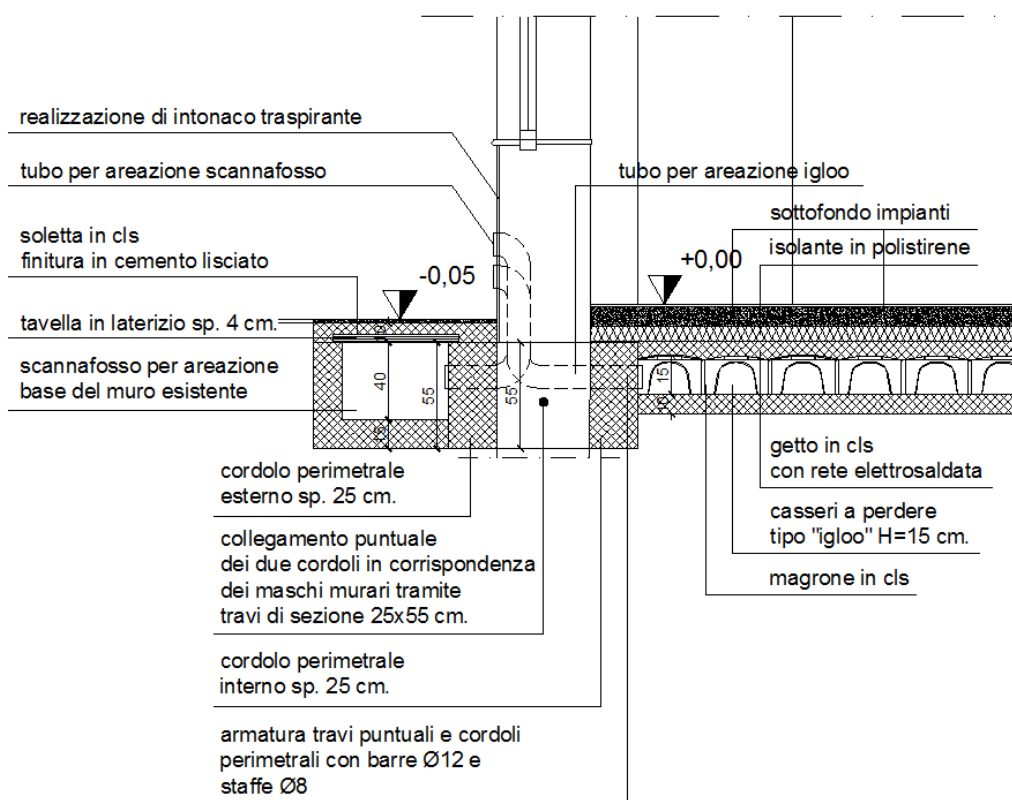


Rinforzo pilastri in laterizio di copertura





Consolidamento dei solai di copertura in putrelle e tavelle e connettori metallici puntone solaio.



Cordolatura di base a rinforzo delle fondazioni

B 3. INQUADRAMENTO NORMATIVO E DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DI PROGETTO

Ai fini della definizione dei livelli di sicurezza e delle prestazioni attese, alla costruzione sono attribuiti i parametri esposti nel seguito.

- **Classificazione dell'intervento**

L'insieme delle opere in progetto si configura come un intervento di **adeguamento** di cui al **par.8.4.1**.

- **Classificazione della costruzione**

I parametri per la classificazione dell'edificio, secondo quanto previsto dal **cap. 2** sono i seguenti:

- tipo della costruzione	2	§2.4.1
- vita nominale V_N	50 anni	§2.4.1
- classe d'uso	III	§2.4.2
- coefficiente d'uso C_U	1.5	§2.4.3
- periodo di riferimento per l'azione sismica V_R	75 anni	§2.4.3

- **Classificazione del sottosuolo**

In riferimento alle prescrizioni di cui al **par. 3.2**, l'influenza del profilo stratigrafico sulla risposta sismica locale, è stata valutata dal dott. Geol. Cristian Borra di Almese (TO), definendo i seguenti parametri

- Categoria del sottosuolo	B	§3.2.2
- Categoria topografica	T2	§3.2.2
- Amplificazione topografica	$S_T = 1.2$	§3.2.3.2.1
- Amplificazione stratigrafica	$S_S = 1.2$	§3.2.3.2.1

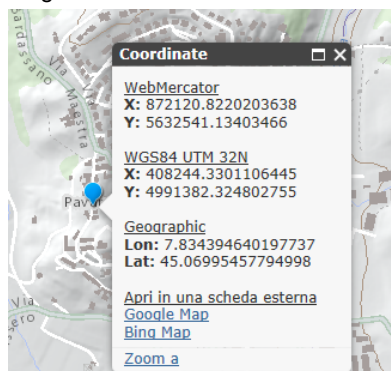
- **Zona sismica del sito**

In base alla classificazione sismica vigente (D.G.R. n. 4-3084 del 12 dicembre 2011 e D.G.R. n. 7-3340 del 3 febbraio 2012 e D.G.R. n. 65-7656 del 21 maggio 2014, *Procedure di gestione e controllo delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico*), il territorio del Comune di Pavarolo risulta attualmente classificato come **zona sismica 4**.

- **Coordinate geografiche**

L'edificio ha le seguenti coordinate geografiche, espresse in gradi sessa-decimali WGS84, rilevabili dal sito http://webgis.arpa.piemonte.it/localita_coordinate_webapp/:

- latitudine: 45.0699545
- longitudine: 7.8343946



Individuazioni coordinate del sito

B 4. MATERIALI STRUTTURALI**B 4.1. Nuovi elementi strutturali**

I materiali strutturali previsti per le nuove strutture rispondono ai requisiti previsti al **cap. 11** delle NTC 2008:

Acciaio

tipo B450 C controllato in stabilimento, fyk di almeno 450 N/mm², una ftk di almeno 540 N/mm² ed un As superiore al 7.5%.

Acciaio da carpenteria

- carpenteria metallica: S 275
- bulloni classe 8.8, dadi 6S
- barre filettate: classe di resistenza 8.8
- inghisaggi: mediante pasta chimica tipo Hilti HIT 500 o pari caratteristiche.
- saldature manuali ad arco di 1a classe realizzate con elettrodi omologati secondo la norma UNI 5132-74 tipo E 44 classe 4 su tutti i lati di contatto.

Per ogni fornitura sarà richiesto il certificato del produttore sulle caratteristiche del materiale o del prodotto assemblato.

Calcestruzzo tradizionale impiegatoMagrone

CLASSE DI RESISTENZA MINIMA	C16/20
CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE	XC2
CONTENUTO MASSIMO DI CLORURI	Cl 0,20
DIMENSIONE NOMINALE MASSIMA AGGREGATI	Dmax25
RAPPORTO MASSIMO ACQUA CEMENTO	0.60
CLASSE DI ABBASSAMENTO AL CONO	S3
ALTRI REQUISITI	Aggregati conformi al prEN 12620:2000 con sufficiente resistenza al gelo/disgelo

Fondazioni superficiali:

CLASSE DI RESISTENZA MINIMA	C25/30
CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE	XC2
CONTENUTO MASSIMO DI CLORURI	Cl 0,20
DIMENSIONE NOMINALE MASSIMA AGGREGATI	Dmax25
RAPPORTO MASSIMO ACQUA CEMENTO	0.50
CLASSE DI ABBASSAMENTO AL CONO	S4
ALTRI REQUISITI	Aggregati conformi al prEN 12620:2000 con sufficiente resistenza al gelo/disgelo

Ritti, setti o pilastri

CLASSE DI RESISTENZA MINIMA	C25/30
CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE	XC1
CONTENUTO MASSIMO DI CLORURI	Cl 0,20
DIMENSIONE NOMINALE MASSIMA AGGREGATI	Dmax22
RAPPORTO MASSIMO ACQUA CEMENTO	0.60
CLASSE DI ABBASSAMENTO AL CONO	S4
ALTRI REQUISITI	Aggregati conformi al prEN 12620:2000 con sufficiente resistenza al gelo/disgelo

Getti orizzontali

CLASSE DI RESISTENZA MINIMA	C25/30
CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE	XC1
CONTENUTO MASSIMO DI CLORURI	Cl 0,20
DIMENSIONE NOMINALE MASSIMA AGGREGATI	Dmax22

RAPPORTO MASSIMO ACQUA CEMENTO	0.60
CLASSE DI ABBASSAMENTO AL CONO	S4
ALTRI REQUISITI	Aggregati conformi al prEN 12620:2000 con sufficiente resistenza al gelo/disgelo

Calcestruzzo alleggerito impiegato

Getto alleggerito 1600 Kg/m³ di cls, Lc 30/33, classe D 1,7.

Legno

Legno massiccio C24, resistenza f_{c0} 21000.0 [kN/m²], resistenza f_{t0} 14500.0 [kN/m²],

resistenza f_m 24000.0 [kN/m²], resistenza f_v 4000.0 [kN/m²].

Muratura portante

Realizzata mediante blocchi di Poroton spessore s.25 cm, di tipo M.A.P800 debitamente armata (si veda tavola di progetto dedicata). Si riportano al seguito le caratteristiche di resistenza dei blocchi e della muratura fornite dal produttore.

CARATTERISTICHE DEI BLOCCHI	
Range di spessori in produzione	25 ÷ 45 (cm)
Classificazione del blocco	semipieno
Peso specifico apparente del blocco	~ 800 ÷ 860 (kg/m ³)
Percentuale di foratura, φ	≤ 45%
Resistenza caratteristica in direzione dei carichi verticali, f_{bk}	> 8,0 (N/mm ²)
Res. caract. in dir. ortogonale ai carichi verticali e nel piano del muro, f'_{bk}	> 1,5 (N/mm ²)

CARATTERISTICHE DELLA MURATURA	
CARATTERISTICHE MECCANICHE ¹	
Resistenza caratteristica a compressione, f_k	> 5,0 (N/mm ²)
Resistenza caratteristica a taglio, f_{vk0}	> 0,2 (N/mm ²)
Modulo di elasticità longitudinale, "E"	~ 5000 (N/mm ²)
Modulo di elasticità tangenziale, "G"	~ 2000 (N/mm ²)
CARATTERISTICHE TERMICHE ED IGROMETRICHE ²	

B 4.2. Elementi strutturali esistenti

• Muratura esistente

Con riferimento alle tipologie di murature indicate nella Tabella C8A.2.1 della circolare esplicativa NTC 2008, in base alle caratteristiche delle varie pareti emerse dalle indagini conoscitive condotte, si è operata la seguente attribuzione:

– Muratura in mattoni pieni e malta di calce

Avendo raggiunto un livello di conoscenza LC2, sono stati adottati, con riferimento agli intervalli di valori specificati dalla Tabella C8A.2.1, i valori per le resistenze ed i valori medi per i moduli elastici.

Tipologia di muratura	f_m	γ_m	E	G	w
	[daN/cm ²] min - max	[daN/cm ²] min - max	[daN/cm ²] min - max	[daN/cm ²] min - max	[daNm ³]
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	10.0 18.0	0.20 0.32	6900 10500	2300 3500	1900
Muratura a conci sbazzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno	20.0 30.0	0.35 0.51	10200 14400	3400 4800	2000
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	26.0 38.0	0.56 0.74	15000 19800	5000 6600	2100
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	14.0 24.0	0.28 0.42	9000 12600	3000 4200	1600
Muratura a blocchi lapidei squadrati	60.0 80.0	0.90 1.20	24000 32000	7800 9400	2200
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	24.0 40.0	0.60 0.92	12000 18000	4000 6000	1800
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura < 40%)	50.0 80.0	2.40 3.20	35000 56000	8750 14000	1500
Muratura in blocchi laterizi semipieni (perc. foratura < 45%)	40.0 60.0	3.00 4.00	36000 54000	10800 16200	1200
Muratura in blocchi laterizi semipieni, con giunti verticali a secco (perc. foratura < 45%)	30.0 40.0	1.00 1.30	27000 36000	8100 10800	1100
Muratura in blocchi di calcestruzzo o argilla espansa (perc. foratura tra 45% e 65%)	15.0 20.0	0.95 1.25	12000 16000	3000 4000	1200
Muratura in blocchi di calcestruzzo semipieni (foratura < 45%)	30.0 44.0	1.80 2.40	24000 35200	6000 8800	1400

Tabella C8A.2.1 della Circolare 617/2009)

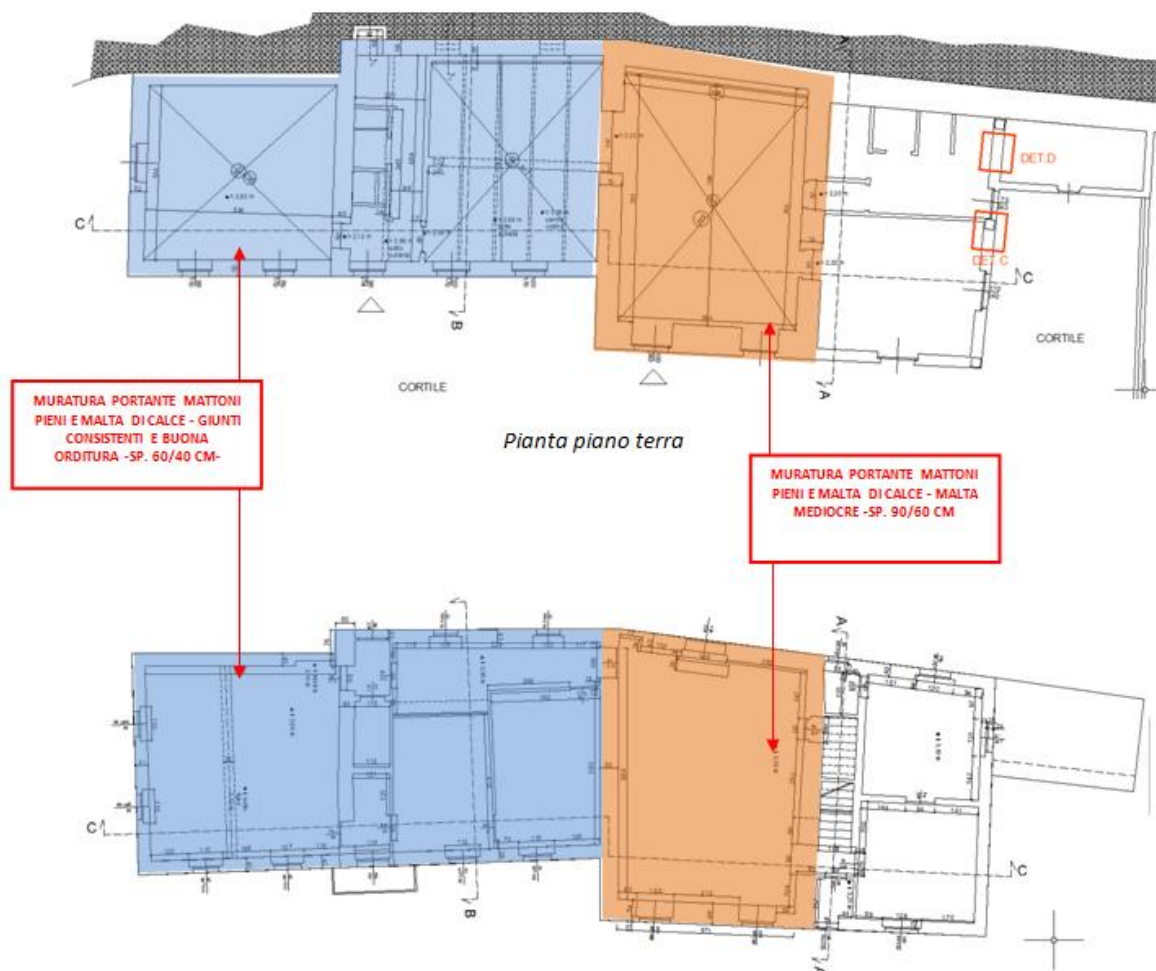
Tipologia di muratura	Malta buona	Giunti sottili (<10 mm)	Ricorsi o listature	Connessione trasversale	Nucleo scadente e/o ampio	Iniezione di miscele leganti	Intonaco armato *
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,5	-	1,3	1,5	0,9	2	2,5
Muratura a conci sbazzati, con paramento di limitato spessore e	1,4	1,2	1,2	1,5	0,8	1,7	2
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	1,3	-	1,1	1,3	0,8	1,5	1,5
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,5	1,5	-	1,5	0,9	1,7	2
Muratura a blocchi lapidei squadrati	1,2	1,2	-	1,2	0,7	1,2	1,2
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	1,5	1,5	-	1,3	0,7	1,5	1,5

In funzione delle indagini conoscitive svolte sono stati delineati due tipi di muratura al seguito riportati ed inseriti nel modello di calcolo:

- Muratura in mattoni pieni e malta di calce con giunti consistenti e buona orditura, caratterizzata dall'impiego dei valori medi della muratura in mattoni pieni e malta di calce di cui alla Tabella C8A.2.1 moltiplicati per il coefficiente 1,5 tabella C8A.2.2.
- Muratura in mattoni pieni e malta di calce caratterizzata da blocchi consistenti e malta avente scarsa consistenza, caratterizzata dall'impiego dei valori medi della muratura di cui alla Tabella C8A.2.1.

Le tipologie delineate, in seguito ad interventi di consolidamento mediante intonaco armato sono state migliorate impiegando i seguenti coefficienti:

- Intonaco armato delle pareti aventi buona consistenza. impiegando coefficiente per intervento di confinamento mediante intonaco armato pari ad 1,15.
- Intonaco armato delle pareti aventi giunti scarsi, impiegando coefficiente per intervento di confinamento mediante intonaco armato pari ad 1,50.



- Cemento armato esistente**

Calcestruzzo pilastri, travi e solai	C20/25
Acciaio per cemento armato	FeB 44 K

Le strutture in cemento armato esistenti sono state progettate dal progettista ing. Luciani della Società Ingegneria Civile s.r.l, di cui si riporta il testalino della prima tavola di progetto con l'indicazione dei materiali utilizzati.

MATERIALI _____

CALCESTRUZZO CLASSE 250

Granulometria D 30 (inerte Ø max = 30 mm)

Consistenza P (plastica, abbassamento cono Abrams 3 → 7 cm)

Resistenza f_{tk} = 250 Kg/cm² (resist. caratt. a 28 gg.)

Cemento tipo 325 dosato a 300 kg a m³ d'impiesto

Controllo materiali: n° 2 prelievi di 2 campioni caduno

ACCIAIO Fe B 44 K controllato in stabilimento



REGIONE PIEMONTE
UFFICIO DEL GENIO CIVILE
TORINO

Al sensi dell'art. 4 della Legge 5-11-1971 n° 1088, si
attesta l'avvenuto deposito della denuncia dei
lavori, del progetto dell'opera e della relazione
illustrativa
Torino **NO GIU 1983** **12504**

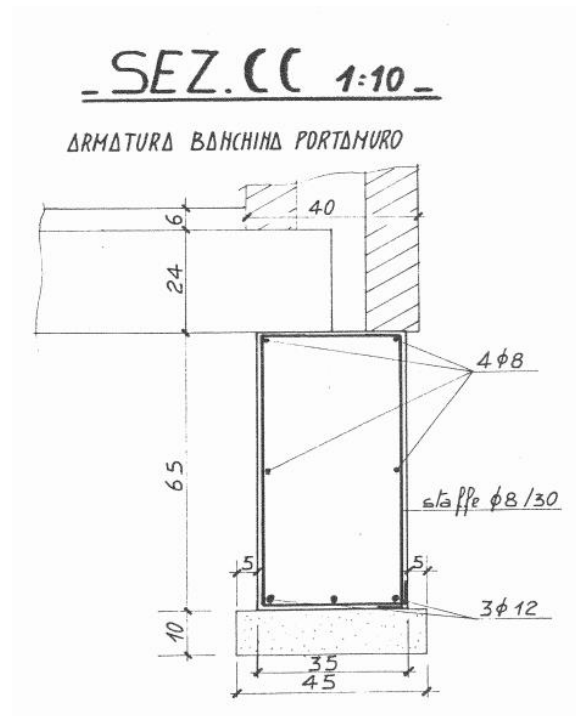
REGIONE PIEMONTE
Il Funzionario Delegato

CARDEA S.C.R.I.
Via Maria Vittoria 18 - Telef. 011/8397188
10123 TORINO
Partita IVA 00947320016

IL PRESIDENTE
(Carlo SIRI)

SIAT CONSULT SOCIETA' INGEGNERIA CIVILE s.r.l. 10129 TORINO CORSO EINSTEIN 8 TELEFONI (011) 502760 / 506592  progettista  Ing. L. Luciani <small>tutti i diritti d'autore riservati</small>	denominazione lavoro <u>COMUNE DI PAVAROLO</u> <u>RISTRUTTURAZIONE E AMPLIAMENTO</u> <u>DELLA SEDE MUNICIPALE</u> denominazione disegno <u>FONDAZIONI E SOLAI PIANO</u> <u>TERRENO</u> <u>CARPENTERIA ARMATURA</u>	agglomerato sostituisce il sostituito dal mq n. copie	aggiornamenti lavoro <u>L 206</u> disegno n. <u>01</u> scala <u>Varie</u> data <u>23/3/83</u> disegnatore <u>del</u> controllo copia per
--	--	---	---

Scansione del testalino del progetto d'archivio a firma dell'ing. Luciani



Dettaglio della trave di fondazione del muro perimetrale esistente (SEZ B-B)

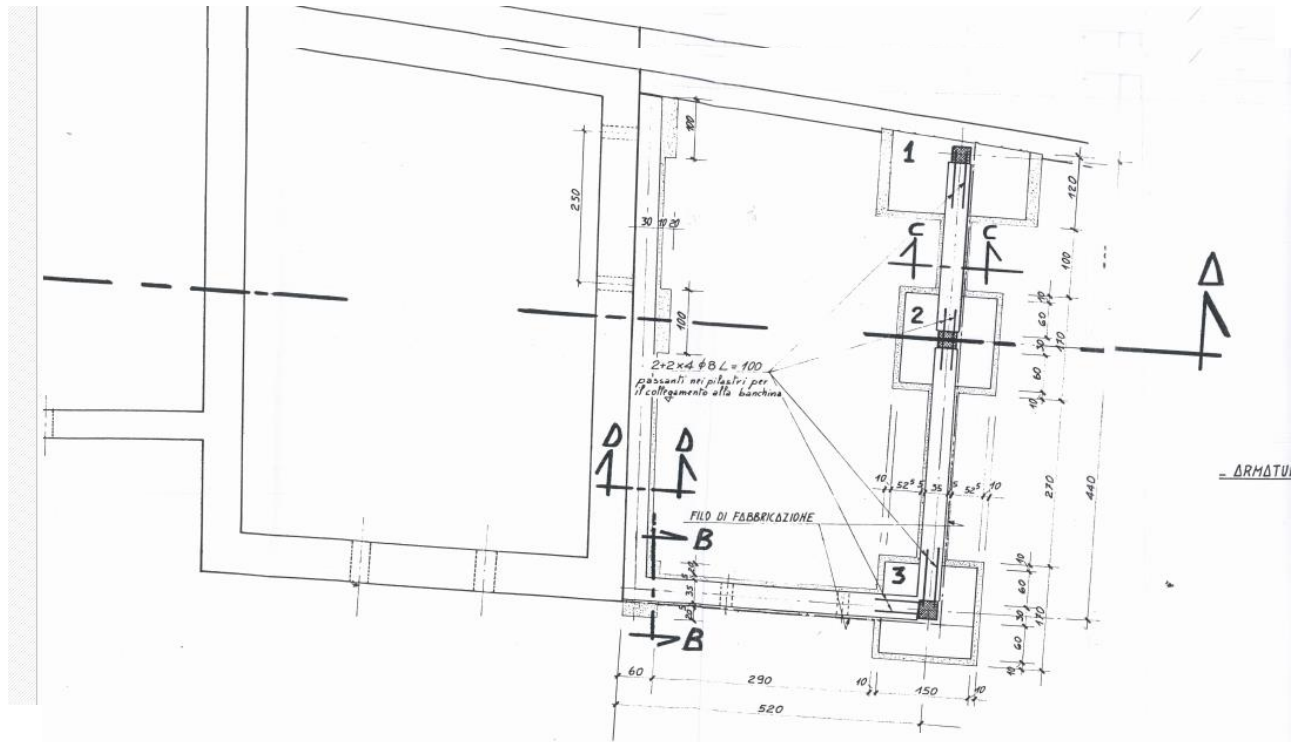
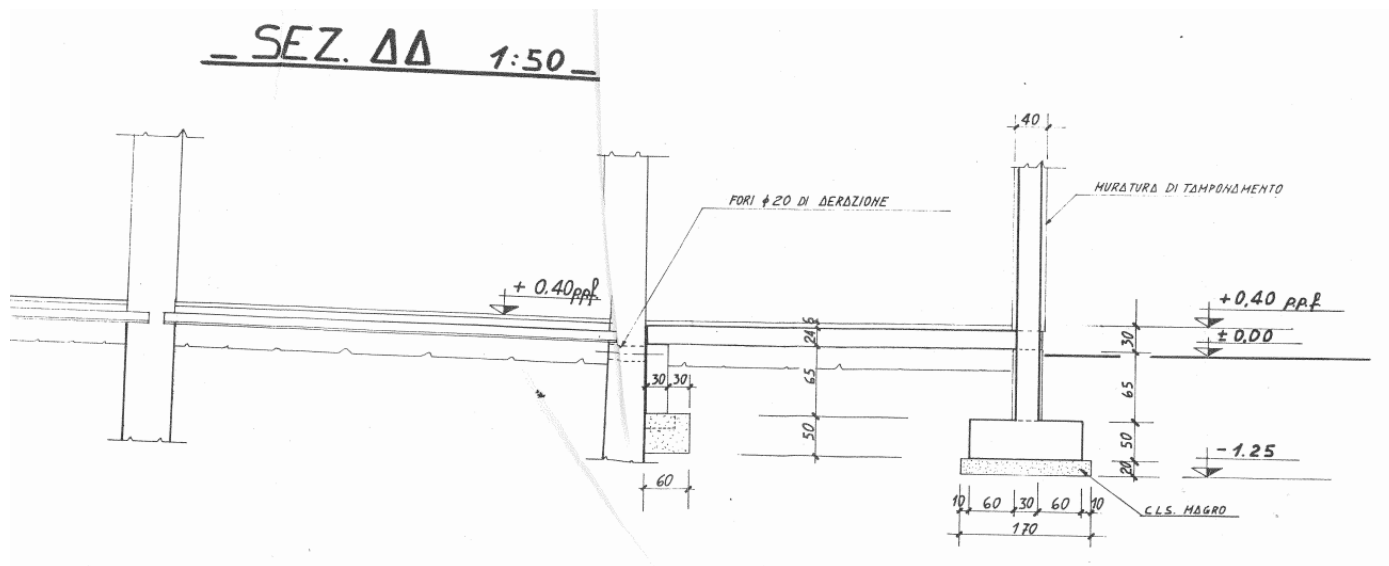
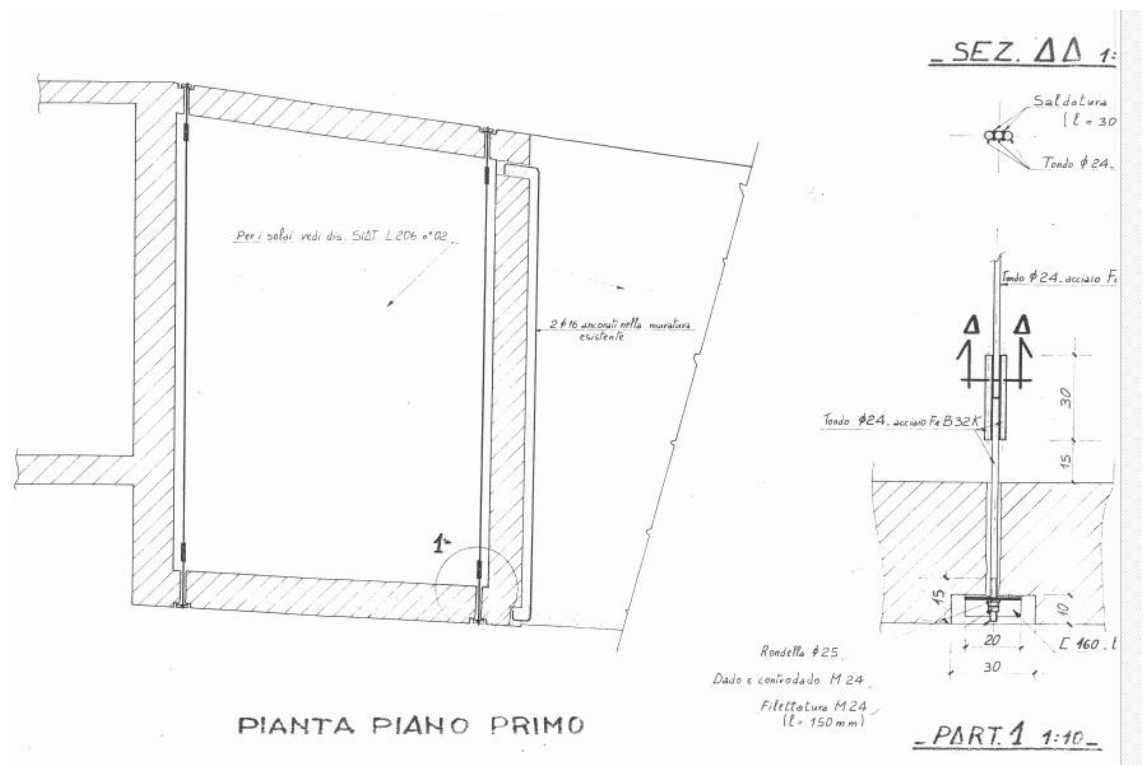


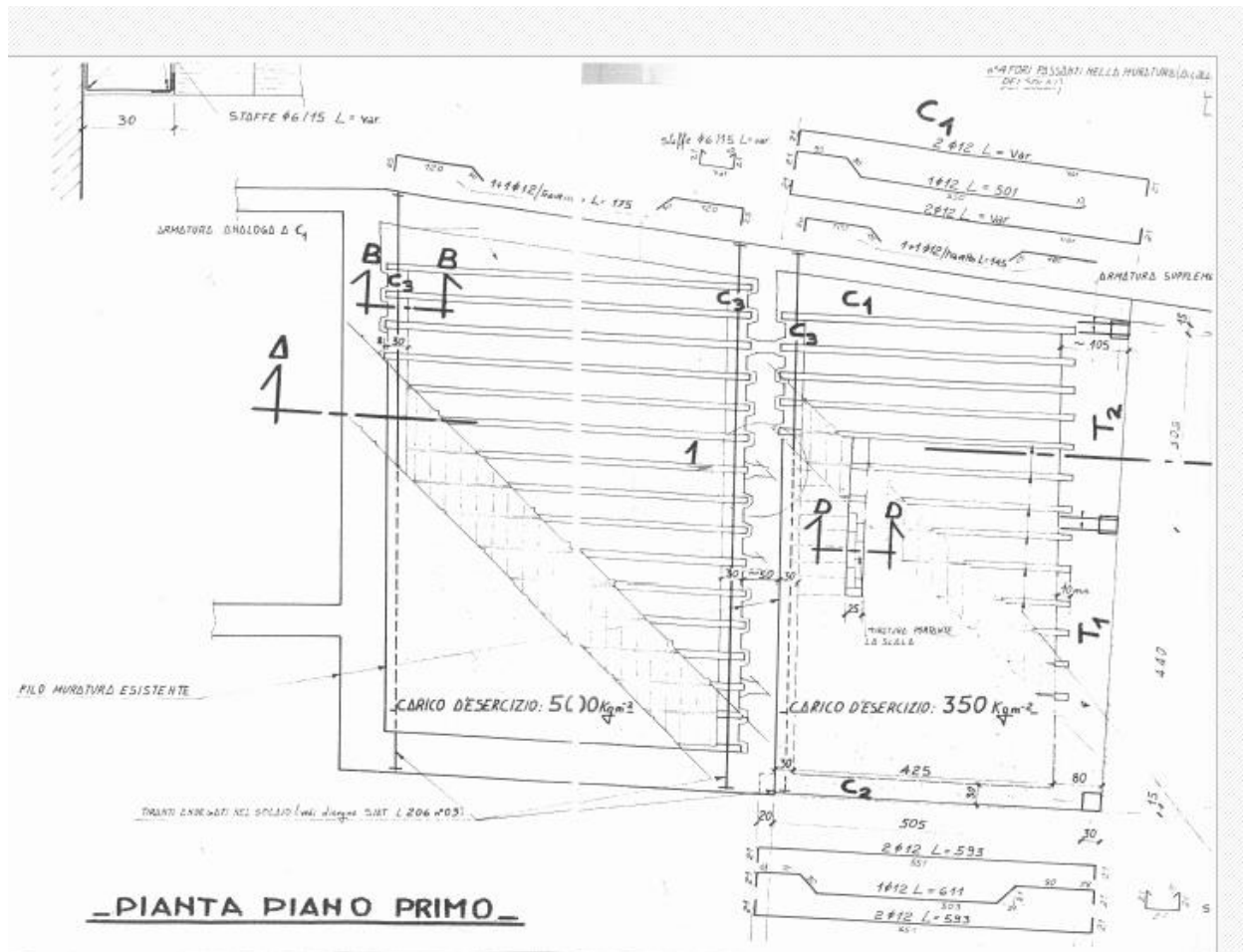
Tavola delle fondazioni



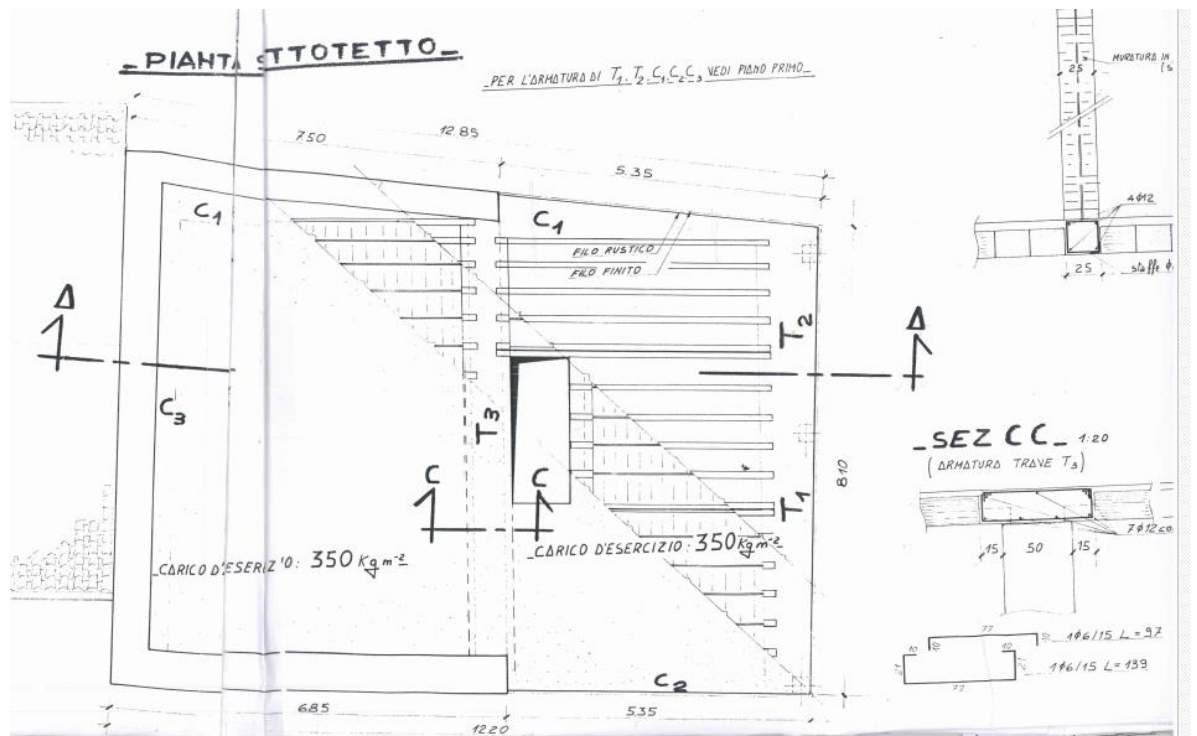
Sezione D-D



Sistema di rinforzo mediante catene



Solaio primo impalcato



Solaio secondo impalcato

- **Legno esistente**

L'orditura principale delle travi di copertura risulta in buono stato di conservazione. Per il legno massiccio esistente si sono considerate le caratteristiche relative al legno di classe C20, ridotte del fattore di confidenza 1.20, LC 2.

B 5. CRITERI DI PROGETTAZIONE

Ai fini del rispetto del **par. 7.2** delle NTC 2018 si sintetizzano al seguito i parametri di progetto significativi.

- **Criteri generali di analisi e verifica**

Tutti i calcoli e le verifiche sono stati eseguiti secondo il metodo semi-probabilistico agli Stati Limite, applicando le prescrizioni degli Eurocodici Strutturali (EN da 1990 a 1999) e delle vigenti Norme Tecniche (D.M. 17 gennaio 2018).

- **Classe di duttilità**

La struttura è stata progettata in accordo con un comportamento strutturale di tipo **B** :

- si è utilizzato un modello di calcolo lineare, ovvero che non considera le non linearità di materiale e geometriche;
- gli effetti dell'azione sismica sono stati calcolati assumendo un fattore di struttura pari a:
q = 1.5

- **Tipologia strutturale**

L'edificio presenta struttura a due piani per la maggior parte con elevazione in **muratura portante di calce e mattoni** e orizzontamenti a **putrelle e voltini in mattoni e putrelle e tavelle** nei due solai del piano primo e sottotetto della parte centrale . Tali orizzontamenti, non costituiscono piano rigido nella schematizzazione strutturale del modello di calcolo. Gli altri orizzontamenti, rifatti successivamente con tipologia **in latero-cemento con cappa di ripartizione di 4 cm e cordoli in c.a** rappresentano invece dei piani rigidi inseriti a modello.

La copertura è di tipo tradizionale in **legno**, a due falde.

- **Valore di sicurezza parziale delle murature**

Il fattore parziale di sicurezza del materiale γ_m applicato per la verifica in combinazioni sismiche è stato impostato pari a **$\gamma_m=2.4$** in accordo alle NTC 2018.

Per la verifica non sismica il gamma è stato impostato pari a **$\gamma_m=3$**

- **Individuazione unità strutturale e giunti di separazione fra strutture contigue**

Al fabbricato oggetto di adeguamento risulta addossato, su un lato corto, un piccolo corpo, realizzato in epoca successiva con struttura in blocchi di calcestruzzo e copertura con solaio piano in latero-cemento. Tale corpo risulta indipendente rispetto al resto della struttura, per cui verrà realizzata una verifica a parte.

- **Criteri adottati per la definizione del modello della struttura**

Per la modellazione della struttura si sono seguiti i criteri di cui al **par. 7.2.6**.

E' stato predisposto un modello di calcolo tridimensionale e rappresentativo delle effettive distribuzioni spaziali di massa, rigidezza e resistenza dei diversi elementi strutturali, rispettando la posizione dei carichi e delle masse e le diverse geometrie e caratteristiche dei materiali dei diversi elementi strutturali.

Si è utilizzato un modello di calcolo lineare, tramite modellazione ad elementi finiti FEM.

- **Metodo di analisi e di verifica**

L'analisi della struttura è stata condotta nel rispetto di quanto previsto al **par. 7.3**:

- Le sollecitazioni dei diversi elementi costituenti la struttura che sono in equilibrio con le azioni agenti sulla struttura stessa, nelle varie combinazioni di carico, sono state determinate mediante un'analisi globale di tipo lineare-elastica al 1° ordine senza ridistribuzione, ovvero basata su legami sforzi/deformazioni o momento/curvatura lineari e condotta sulla geometria indeformata della struttura
- Le non linearità geometriche sono state trascurate in quanto ad ogni orizzontamento è risultato, per ciascuna direzione $\theta \leq 0.1$.

Il calcolo dettagliato è riportato nella seguente relazione di calcolo.

Per la verifica sismica è stata effettuata un'analisi **dinamica lineare**, associata agli spettri di risposta di progetto, applicata al **modello tridimensionale** della costruzione, e consistente nelle seguenti fasi:

- determinazione dell'azione sismica (fattore di struttura e spettri di risposta di progetto);
- determinazione dei modi di vibrare della costruzione (analisi delle frequenze naturali);
- calcolo degli effetti dell'azione sismica per ciascuno dei modi di vibrare significativi e determinazione delle componenti del sisma di progetto mediante combinazione dei suddetti effetti (analisi della risposta spettrale);
- calcolo degli effetti torsionali accidentali, dovuti alla variabilità spaziale del moto sismico e ad eventuali incertezze nella localizzazione delle masse, attraverso un'analisi lineare statica;
- determinazione degli effetti sulla struttura, mediante combinazione delle singole componenti del sisma, con rotazione dei coefficienti per l'individuazione degli effetti più gravosi.

- **Tipologia di intervento ed coefficiente ζ_E**

L'intervento in oggetto si configura come adeguamento sismico. In quanto tale il coefficiente ζ_E , dipende dalla tipologia di intervento:

per gli interventi di cui alle lettere c) ed e) si può assumere $\zeta_E \geq 0,80$, pertanto, ricadendo in tale tipologia verrà condotta la verifica della struttura pre e post adeguamento applicando tale fattore di attenuazione dell'azione sismica.

- **Classe d'uso**

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi, edifici importanti in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso.

- **Criteri di verifica agli Stati Limite Ultimi per azioni sismiche**

Le verifiche nei confronti dello stato limite di rottura o di eccessiva deformazione di una sezione, di un elemento o di una connessione (STR), sono stati condotti nel rispetto del **par. 7.3.6.1** dovendo soddisfare l'espressione:

$$E_d \leq R_d$$

dove:

E_d è il valore di progetto degli effetti delle azioni (quale una forza interna, un momento o un vettore che rappresenta diverse forze o momenti interni)

R_d è il valore di progetto della resistenza corrispondente

Nei capitoli seguenti tale espressione è espressa in termini di **fattore di sicurezza** $F_s = \frac{E_d}{R_d} \leq 1$

- **Criteri di verifica allo Stato Limite di Esercizio per azioni sismiche**

Le verifiche agli stati limite di esercizio per azioni sismiche sono state condotte nel rispetto del **par. 7.3.7** delle NTC 2008. Le verifiche dettagliate sono riportate nella relazione di calcolo allegata.

B 6. CARATTERIZZAZIONE COSTRUZIONE ESISTENTE E RELATIVE VERIFICHE

- **Individuazione del sistema strutturale costruzione esistente:**

Indagini conoscitive e fattore di confidenza

In fase di redazione del progetto, sono state condotte diverse indagini volte ad approfondire la conoscenza del manufatto edilizio, con particolare attenzione agli aspetti richiesti dalle NTC, ovvero geometria, dettagli costruttivi e proprietà dei materiali.

In base alle indagini effettuate, secondo la Tabella C8A1.1, è stato acquisito un livello di conoscenza **LC2** (conoscenza adeguata), a cui corrisponde un valore del fattore di confidenza **FC = 1.20**.

I metodi di indagine condotti sono descritti nell'allegato alla presente relazione.

- **Verifiche strutturali per gli elementi in muratura esistenti**

Per gli elementi in muratura esistenti sono state condotte le verifiche strutturali seguenti :

- Pressoflessione nel piano
- Taglio nel piano
- Pressoflessione per carichi laterali

Torino, 16 aprile 2019

Il progettista delle strutture
FMArchistudio engineering srl

C RELAZIONE INERENTE L'ATTIVITA' DI RILIEVO E INDAGINE STRUTTURALE

C 1. PREMESSA

La presente relazione descrive il lavoro di rilievo ed indagine strutturale finalizzato a raggiungere una conoscenza dell'organismo strutturale comprendente la scuola Materna Statale del piano terreno e gli uffici comunali del piano primo, con lo scopo di ottenere una base di lavoro per il successivo intervento di ristrutturazione edilizia del fabbricato, con particolare riferimento agli interventi volti al miglioramento del comportamento dell'edificio per le azioni dinamiche.

C 2. DATI GENERALI

C 2.1. Descrizione attività di rilievo strutturale

L'indagine è consistita nel rilievo strutturale dell'edificio, comprensiva delle seguenti attività:

- Rilievo geometrico dell'edificio esistente comprendente la definizione dei maschi murari (dimensioni, spessori, ecc...), la posizione dei maschi murari, l'orditura dei solai ed il loro spessore, ecc..
- Rilievo dei dettagli costruttivi principali.
- Indagini strutturali volte alla caratterizzazione dei materiali utilizzati per la costruzione dell'edificio.
- Assistenza alle indagini geologiche e geotecniche.

Le verifiche in situ ed in laboratorio sono state così definite:

- rilievo geometrico degli elementi strutturali dell'edificio;
- verifiche dei dettagli costruttivi mediante:
 - saggi su muratura perimetrale tramite scrostatura dell'intonaco estese a porzioni di 1 m² di superficie muraria;
 - saggi su solai tramite scrostatura di piccole porzioni di intonaco
 - realizzazione di fori nei solai per verificare lo spessore degli stessi.
 - Indagini pacometriche delle armature interne alle strutture in c.a.
- Indagini sui materiali costituite da:
 - Esecuzione di prove sclerometriche per valutare la resistenza di alcuni elementi strutturali in calcestruzzo

Nei capitoli seguenti verranno descritte nel dettaglio le singole attività condotte e specificati i risultati ottenuti.

C 2.2. Documenti di riferimento

C 2.2.1. Normativa

L'attività di rilievo è stata condotta nel rispetto delle sotto elencate normative,

- D.M. 17 gennaio 2018
Norme tecniche per le costruzioni.
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Circolare 2 febbraio 2009 n. 617
Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008 (nel seguito indicate come Istruzioni CSLP)

con particolare riferimento ai capitoli inerenti la determinazione delle tipologie di indagine strutturale per interventi su edifici esistenti (Cap. 8).

C 2.2.2. Progetto

Non è stato possibile reperire informazioni in merito al progetto originario dell'opera. Sono stati invece reperiti dei dati relativi ad un successivo ampliamento di una parte della manica più alta realizzata con struttura in c.a. con pilastri e travi e solai in laterocemento e altri dati relativi al rifacimento dei solai della parte di manica in muratura.

Tali opere sono state progettate a firma dell'ing. L. Luciani dello studio Siat Consult – Società Ingegneria Civile s.r.l. e depositate nell'anno 1983.

Le tavole rinvenute che riportano il timbro della consegna alla Regione Piemonte, Ufficio del genio Civile di Torino, sono le seguenti:

- Tavola 1 relativa a fondazioni e solai piano terreno e carpenteria armatura
- Tavola 2 relativa ai solai del piano primo e sottotetto e carpenteria armatura
- Tavola 3 relativa a interventi di rinforzo delle murature esistenti

C 2.3. Attività di rilievo geometrico

Nel corso dell'indagine strutturale si è provveduto ad effettuare un rilievo geometrico degli elementi strutturali del fabbricato: in particolare si è eseguito un rilievo interno ai piani terreno, primo e sottotetto, oltre ad un rilievo dei prospetti dell'edificio, finalizzato alla definizione dei maschi murari principali, della posizione delle aperture e delle quote principali di elevazione. Dai rilievi in situ e dal materiale cartaceo di cui al punto C 2.2.2. si sono quindi redatte le tavole di carpenteria dei diversi livelli e le sezioni trasversali e longitudinali.

C 3. INDAGINI STRUTTURALI

Segue la descrizione dell'attività di rilievo svolta.

C 3.1. Controllo della corrispondenza geometrica dei disegni di progetto

Da una verifica visiva compiuta in seguito a scrostatura di parte degli intonaci, da una misurazione degli spessori in seguito alla realizzazione di fori nei solai e dall'esecuzione di prove sclerometriche e mediante pacometro su alcuni elementi strutturali in c.a., si può constatare una corrispondenza tra la geometria degli elementi strutturali indicati negli elaborati progettuali relativi alla parte di manica novecentesca realizzata in c.a. e al rifacimento dei solai e le strutture realizzate.

La verifica sulle strutture di fondazione non è stata effettuata, trattandosi di un'indagine fortemente invasiva e considerato che nella struttura non si rilevano segnali che denotino problematiche inerenti cedimenti fondazionali.

Ragionevolmente si può ipotizzare che le fondazioni per la parte in muratura siano continue al di sotto dei diversi maschi murari. Dovendo operare sul terreno al piano quota 0.00, internamente alla costruzione per la creazione del vespaio areato ed esternamente alla costruzione lungo il perimetro per la creazione di uno scannafosso per combattere l'umidità da risalita si è ritenuto conveniente eseguire dei rinforzi alla base dei muri portanti congiuntamente alle opere di risanamento ipotizzate.

Per quanto riguarda invece la parte ampliata in c.a. dalle tavole di progetto reperite si evince che i pilastri presentano una fondazione a plinto, con al di sopra una trave di fondazione che collega i pilastri e si estende fino alla struttura in muratura portante, con la funzione di appoggio per il soprastante muro perimetrale.

C 3.2. Verifica dei dettagli costruttivi porzioni in muratura

Per raggiungere una conoscenza adeguata della tessitura muraria sono stati eseguiti alcuni saggi volti a definire i principali dettagli costruttivi relativi ai seguenti elementi:

- tipologia della muratura e sue caratteristiche costruttive.

Al tal fine sono state condotte le seguenti attività:

- saggi su murature con scrostatura di parti di intonaco;
- diffuse attività di rilievo e indagine anche mediante pacometro finalizzate all'individuazione di eventuali elementi di rinforzo metallici.

C 3.2.1. Elementi murari in elevazione

Sono state esplorate diverse pareti murarie, evidenziando una sostanziale uniformità di materiale.

La muratura risulta costituita principalmente da mattoni pieni e malta di calce, disposti con tessitura poco omogenea, come evidenziato nelle immagini seguenti.

Nonostante la tessitura poco omogenea, i blocchi di laterizio risultano di buona consistenza. La presenza di umidità alla base dei muri suggerisce l'utilità di realizzare uno scannafosso esterno ed un vespaio areato interno oltre ad un intervento di consolidamento e rinforzo delle strutture di fondazione:



Muratura piano terra lato sud corpo ottocentesco



Dettaglio muratura piano terra lato sud corpo ottocentesco



Muratura piano terra lato sud corpo novecentesco



Dettaglio muratura piano terra lato sud corpo ottocentesco



Dettaglio muratura spigolo edificio ottocentesco (muratura oggetto di rinforzo mediante intonaco armato)



Dettaglio muratura piano primo lato nord



Dettaglio muratura perimetrale edificio Est, avente struttura in c.a.



Determinazione della composizione dei pilastri in laterizio a sostegno delle travi di copertura edificio in Cemento Armato, manica Est



Determinazione della composizione e dello spessore dei muretti di base della copertura lignea manica Est.

C 3.2.2. Volte in putrelle e laterizio

Gli orizzontamenti del piano primo e sottotetto della parte centrale del corpo ottocentesco sono ancora quelli risalenti all'epoca di costruzione. Al piano primo il solaio è realizzato con putrelle e voltini in mattoni, al piano secondo con putrelle e tavelle in laterizio, come si può capire nelle immagini seguenti:



Voltini solaio piano primo con sottostante trave di rinforzo inserita nel 1983, realizzata mediante n.2 IPE 180. Il nodo trave/muratura grava parzialmente sopra il voltino dell'apertura, rinforzato nel 1983 con n. 3 travetti in c.a. prefabbricati 12x20 e ferro d'armatura diam. 16 mm.





*Dettaglio trave di rinforzo in mezzzeria del solaio a voltini realizzata mediante l'accoppiamento di n.2 profili IPE 180 in appoggio su n.1 pilastro in c.a. avente dimensioni di 24*24cm e su muratura portante.*



Dettaglio della putrella e voltino del solaio del piano primo a copertura dell'ex latrina e vano scale piano terreno

C 3.2.3. Solai in latero-cemento

Gli orizzontamenti del piano primo e sottotetto del corpo novecentesco e della parte in testata del corpo ottocentesco sono realizzati in laterocemento con travetti prefabbricati in cemento, alleggerimenti in pignatte di laterizio e cappa in calcestruzzo.



Solaio in laterocemento del piano sottotetto, testata del corpo ottocentesco



Dettaglio solaio in laterocemento del piano primo con doppio travetto prefabbricato, testata del corpo ottocentesco

C 3.2.4. Copertura in legno

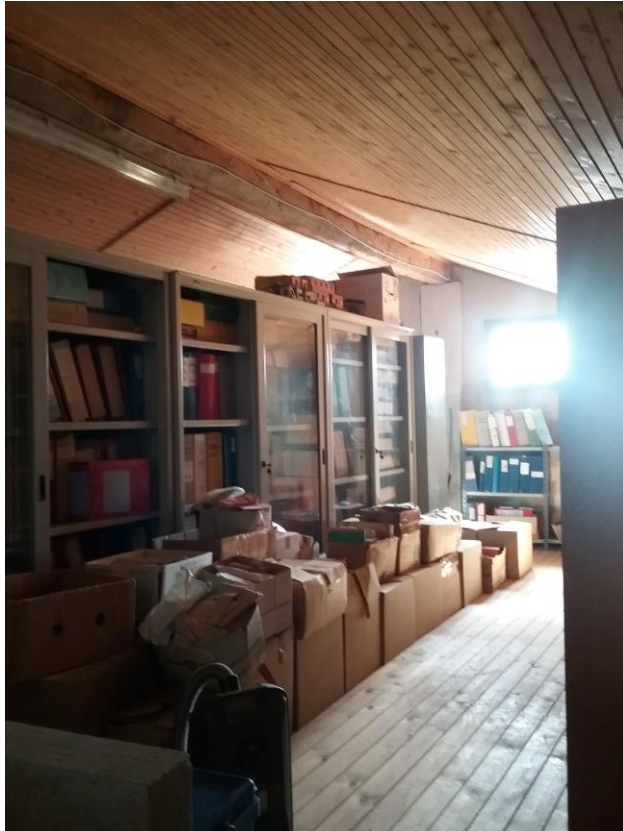
Si riportano alcune fotografie della copertura dei due corpi, quello ottocentesco e quello novecentesco, realizzate entrambe con struttura in legno di tipo tradizionale a due falde:



Vista dal sottotetto della copertura del corpo ottocentesco



Vista dal sottotetto della copertura del corpo ottocentesco



Vista dal sottotetto della copertura del corpo novecentesco



Vista dal sottotetto della copertura del corpo novecentesco

C 3.2.5. Blocco ad un piano addossato al corpo alto novecentesco

Addossato alla testata del lato Est è stato realizzato un corpo in muratura in blocchi di cls, con copertura piana in laterocemento, attualmente utilizzato come locale tecnico.

Il corpo risulta altresì addossato al muro controterra verso la strada.



Piccolo blocco ad un piano, lato corto

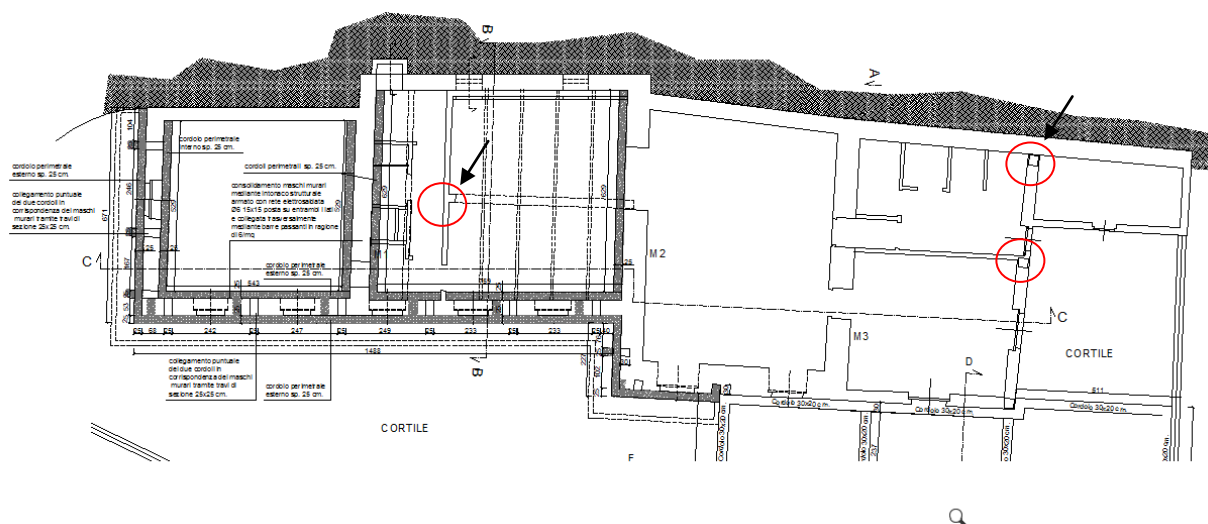
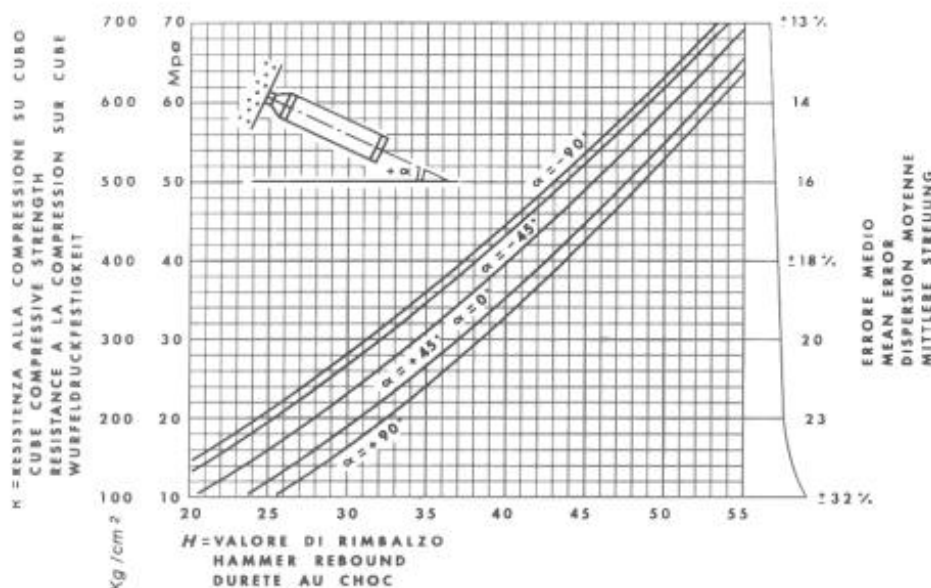


Piccolo blocco ad un piano, lato lungo

C 3.2.6. Esecuzione prove sclerometriche

Nel corso del rilievo sono state eseguite prove sclerometriche mediante Sclerometro METRICA n. 005818.

Le prove sono state effettuate nei punti contraddistinti dalla freccia nera in planimetria e hanno portato valori di cls medi riconducibili a calcestruzzi aventi resistenza cubica R_{ck} 300, migliori rispetto a quanto riportato nella relazione di calcolo a firma dell'ing. Luciani.



C 3.2.7. Esecuzione prove pacometriche

Nel corso del rilievo sono state eseguite anche delle prove mediante Pacometro marca Proceq modello Profo-scope con il quale sono stati verificati i ferri di armatura, esaminati sui pilastri della struttura in c.a. costruita negli anni '80, allo scopo di verificarne la corrispondenza con i disegni strutturali depositati.

Le indagini eseguite hanno dato esito positivo rendendo attendibile la documentazione depositata.

C 3.3. Descrizione di sintesi dell'edificio

Alla luce del rilievo condotto è quindi possibile delineare un profilo strutturale del fabbricato il quale presenta una struttura per la maggior parte in muratura portante, con un piccolo ampliamento in cemento armato ad est, costituita dai seguenti elementi costitutivi:

- Struttura di elevazione del corpo ottocentesco e di gran parte del corpo novecentesco costituita da muratura portante mista, avente spessore variabile da 50 cm a 90 cm, in mattoni pieni di laterizio e malta di calce, disposti con tessitura disomogenea.
- Solai originali della parte centrale del corpo ottocentesco con putrelle in ferro IPE 160 e voltini in muratura al piano primo e putrelle in ferro IPE 160 e tavole in laterizio spessore 5 cm al piano sottotetto.
- Solai rifatti in epoca successiva della parte in testata del corpo ottocentesco con doppi travetti in c.a. prefabbricati come da disegni depositati con alleggerimenti in laterizio.
- Solai rifatti in epoca successiva della parte in muratura del corpo novecentesco con travetti in c.a. prefabbricati come da disegni depositati e con alleggerimenti in laterizio.
- Struttura della parte ampliata del corpo novecentesco con pilastri e travi in c.a. come da disegni depositati e solaio con travetti prefabbricati in c.a. con alleggerimenti di laterizio.
- Struttura del piccolo corpo basso con muratura in blocchi di cls spessore 20 cm e solaio con travetti prefabbricati in c.a. con alleggerimenti di laterizio.
- Copertura dei due corpi ottocentesco e novecentesco con struttura tradizionale in legno, a due falde, costituita da trave di colmo, puntoni ed elementi secondari in legno e copertura in coppi.

Torino, 16 aprile 2019

FMArchistudio engineering srl

D RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE PORTANTI

D 1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La progettazione è stata condotta nel rispetto delle sotto elencate normative, codici e specifiche tecniche.

- EN 1996-1-1:2001 *Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura - Parte 1-1: Regole generali per gli edifici - Regole per la muratura armata e non armata*
- D.M. 17.01.2018 *Norme tecniche per le costruzioni*
- Circolare 2.02.2009 n. 617 *Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008 (nel seguito indicate come Istruzioni NTC)*

D 2. CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI

In sede di progettazione delle strutture, sono state adottate le seguenti caratteristiche meccaniche nella schematizzazione dei materiali impiegati, secondo quanto prescritto dalle *NTC 2018*.

D 2.1. Calcestruzzo

I nuovi elementi strutturali saranno realizzati con calcestruzzo a prestazione garantita aventi i seguenti requisiti:

Elemento strutturale	Classe esposiz.	Classe resistenza	Copriferro	Classe consist.	d _{max} aggregato
Magrone di sottofondazione	-	C16/20	-	-	-
Fondazione	XC2	C25/30	40	S4	20
Travi	XC1	C25/30	30	S4	20

dotati delle seguenti caratteristiche meccaniche (NTC §11.3.4):

Classe C25/30

Grandezza	Simbolo	Valore	Unità
Modulo elastico	E	28960	MPa
Coefficiente di Poisson	ν	0.2	
Coefficiente di dilatazione termica	α	10×10^{-6}	°C ⁻¹
Peso per unità di volume	ρ	25.00	kN/m ³
Resistenza caratteristica a compressione (cubica)	R _{ck}	30	MPa
Resistenza caratteristica a compressione (cilindrica)	f _{ck}	25	Mpa

D 2.2. Acciaio per Cemento Armato

Per i nuovi elementi strutturali verrà impiegato acciaio per armatura con le seguenti caratteristiche (§ 11.3.2):

Grado B 450C

Grandezza	Simbolo	Valore	Unità
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	450	MPa
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	540	Mpa
	$(f_t / f_y)_k$	≥ 1.15	
		< 1.35	
	$(f_y / f_{y,nom})_k$	≤ 1.25	
Allungamento	$(A_{gt})_k$	≥ 7.5	%

D 2.3. Acciaio per Strutture in carpenteria

Ivari elementi della struttura saranno realizzati con i seguenti gradi di acciaio per carpenteria:

- **S 275 JR** : profili e piastre di nuova realizzazione.

dotati delle seguenti caratteristiche meccaniche (NTC §11.3.4):

Grandezza	Simbolo	Valore	Unità
Modulo elastico	E	210000	MPa
Modulo elastico trasversale	G	80769	MPa
Coefficiente di Poisson	ν	0.3	
Coefficiente di dilatazione termica	α	12×10^{-6}	$^{\circ}\text{C}^{-1}$
Densità	ρ	7850	kg/m ³

e con i seguenti valori della tensione di snervamento e di rottura (Tabella 11.3.IX, *Laminati a caldo a sezione aperta*):

Grandezza		Spessore [mm]		Unità
		≤ 40	> 40	
S 275				
Tensione caratteristica di snervamento	f _{yk}	275	255	MPa
Tensione caratteristica di rottura	f _{tk}	430	410	Mpa

Le saldature saranno realizzate in accordo con le prescrizioni del paragrafo § 11.3.4.5 delle NTC 2008.

Verranno impiegati bulloni per carpenteria ad alta resistenza, aventi le seguenti caratteristiche (NTC §11.3.4.6):

Classe 8.8

Grandezza	Simbolo	Valore	Unità
-----------	---------	--------	-------

Tensione di snervamento	f_{yb}	649 MPa
Tensione di rottura	f_{tb}	800 MPa

D 2.4. Muratura esistente

Con riferimento alle tipologie di murature indicate nella Tabella C8A.2.1 della circolare esplicativa NTC 2008, in base alle caratteristiche delle varie pareti emerse dalle indagini conoscitive condotte, si è operata la seguente attribuzione:

- Muratura in mattoni pieni e malta di calce.

Tipologia di muratura	f_m [daN/cm ²]	γ_m [daN/cm ²]	E [daN/cm ²]	G [daN/cm ²]	w [daNm ³]
	min - max	min - max	min - max	min - max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	10.0 18.0	0.20 0.32	6900 10500	2300 3500	1900
Muratura a conci sbozzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno	20.0 30.0	0.35 0.51	10200 14400	3400 4800	2000
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	26.0 38.0	0.56 0.74	15000 19800	5000 6600	2100
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	14.0 24.0	0.28 0.42	9000 12600	3000 4200	1600
Muratura a blocchi lapidei squadriati	60.0 80.0	0.90 1.20	24000 32000	7800 9400	2200
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	24.0 40.0	0.60 0.92	12000 18000	4000 6000	1800
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura < 40%)	50.0 80.0	2.40 3.20	35000 56000	8750 14000	1500
Muratura in blocchi laterizi semipieni (perc. foratura < 45%)	40.0 60.0	3.00 4.00	36000 54000	10800 16200	1200
Muratura in blocchi laterizi semipieni, con giunti verticali a secco (perc. foratura < 45%)	30.0 40.0	1.00 1.30	27000 36000	8100 10800	1100
Muratura in blocchi di calcestruzzo o argilla espansa (perc. foratura tra 45% e 65%)	15.0 20.0	0.95 1.25	12000 16000	3000 4000	1200
Muratura in blocchi di calcestruzzo semipieni (foratura < 45%)	30.0 44.0	1.80 2.40	24000 35200	6000 8800	1400

Tabella C8A.2.1 della Circolare 617/2009)

Tipologia di muratura	Malta buona	Giunti sottili (<10 mm)	Ricorsi o listature	Connessione trasversale	Nucleo scadente e/o ampio	Iniezione di miscele leganti	Intonaco armato *
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,5	-	1,3	1,5	0,9	2	2,5
Muratura a conci sbozzati, con paramento di limitato spessore e	1,4	1,2	1,2	1,5	0,8	1,7	2
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	1,3	-	1,1	1,3	0,8	1,5	1,5
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,5	1,5	-	1,5	0,9	1,7	2
Muratura a blocchi lapidei squadriati	1,2	1,2	-	1,2	0,7	1,2	1,2
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	1,5	1,5	-	1,3	0,7	1,5	1,5

In funzione delle indagini conoscitive svolte sono stati delineati due tipi di muratura al seguito riportati:

- Muratura in mattoni pieni e malta di calce con giunti consistenti e buona orditura, caratterizzata dall'impiego dei valori medi della muratura in mattoni pieni e malta di calce di cui alla Tabella C8A.2.1 moltiplicati per il coefficiente 1,5 tabella C8A.2.2.
- Muratura in mattoni pieni e malta di calce caratterizzata da blocchi consistenti ma da malta avente

scarsa consistenza, caratterizzata dall'impiego dei valori medi della muratura di cui alla Tabella C8A.2.1.

Le tipologie delineate, in seguito ad interventi di consolidamento mediante intonaco armato sono state migliorate impiegando i seguenti coefficienti:

- Intonaco armato delle pareti aventi buona consistenza, impiegando coefficiente per intervento di confinamento mediante intonaco armato pari ad 1,15.
- Intonaco armato delle pareti aventi giunti scarsi, impiegando coefficiente per intervento di confinamento mediante intonaco armato pari ad 1,50.

D 2.5. Calcestruzzo esistente

Per il calcestruzzo del blocco novecentesco della parte ampliata sono stati assunti i seguenti paramentri, in base a § 11.7.2 ed UNI EN 14081:

Classe C20/25

Grandezza	Simbolo	Valore	Unità
Modulo elastico (// alla fibra)	$E_{0,mean}$	11000	MPa
Modulo elastico (\perp alla fibra)	$E_{90,mean}$	370	MPa
Modulo elastico trasversale	G_{mean}	690	MPa
Massa volumica	ρ	350	kg/m ³
Resistenza caratteristica a flessione	$f_{m,k}$	24	MPa
Resistenza caratteristica a trazione (// alla fibra)	$f_{t,0,k}$	14	MPa
Resistenza caratteristica a trazione (\perp alla fibra)	$f_{t,90,k}$	0.5	MPa
Resistenza caratteristica a compressione (// alla fibra)	$f_{c,0,k}$	21	MPa
Resistenza caratteristica a compressione (\perp alla fibra)	$f_{c,90,k}$	2.5	MPa
Resistenza caratteristica a taglio	$f_{v,k}$	4.0	Mpa

D 2.6. Legno massiccio copertura

Per il legno massiccio della copertura sono stati assunti i seguenti paramentri, in base a § 11.7.2 ed UNI EN 14081:

Stringa identificativa	Legno massiccio C20
Resistenze	
Resistenza f_{c0}	19000.0 [kN/ m2]
Resistenza f_{t0}	11500.0 [kN/ m2]
Resistenza f_m	20000.0 [kN/ m2]
Resistenza f_v	3600.0 [kN/ m2]
<input type="checkbox"/> Elasto-plastico	
<input type="checkbox"/> Lamellare	
Generalità	
Peso specifico	3.3 [kN/ m3]
Dilatazione termica	0.0 [1/C]
Dilatazione termica 2	0.0 [1/C]
Dilatazione termica 3	0.0 [1/C]
Smorzamento	5.0
V Beta n	1.0 [mm/min]
Incremento dinamico	1.0
Costanti elastiche	
V Beta n	1.0 [mm/min]
Incremento dinamico	1.0
Costanti elastiche	
Modulo E	9500000.0 [kN/ m2]
Poisson	0.0
Modulo G	590000.0 [kN/ m2]
<input checked="" type="checkbox"/> Ortotropo	
E ₀₅ /E _{med} =	0.674
Costanti elastiche ortotropo	
Modulo E2	9500000.0 [kN/ m2]
Modulo E3	320000.0 [kN/ m2]
Poisson 1-3	0.0
Poisson 2-3	0.0
Modulo G1-3	590000.0 [kN/ m2]
Modulo G2-3	590000.0 [kN/ m2]

Per il legno massiccio esistente si sono considerate le caratteristiche relative al legno di classe C24, ridotte del fattore di confidenza 1.20, conseguente ad un livello di conoscenza 2.

D 3. IPOTESI DI CARICO

I carichi utilizzati nel calcolo sono stati desunti dalla relazione di calcolo allegata al progetto esecutivo e vengono riassunti nella tabella seguente ed illustrati nei paragrafi successivi:

Azione	Descrizione	Valore	Note
G ₁	Peso proprio strutture in muratura	18.00 kN/m ³	
G ₂	Peso proprio strutture in c.a.	25.00 kN/m ³	
G ₃	Peso proprio strutture in acciaio	78.50 kN/m ³	
G ₄	Peso proprio solaio in putrelle e mattoni	2.50 kN/m ³	
G ₅	Peso proprio solaio in putrelle e tavelle	1.50 kN/m ³	
G ₆	Peso proprio solaio in laterocemento	3.00 kN/m ³	
G ₇	Peso proprio solaio in laterocemento doppi trav.	3.50 kN/m ³	
G ₈	Carico permanente solai piano primo e archivio	1.00 kN/m ³	
G ₉	Carico permanente solai piano sottotetto	0.50 kN/m ³	
G ₁₀	Carico permanente copertura in legno	1.50 kN/m ²	
Q ₁	Carico variabile solai piano primo uffici	3.00 kN/m ²	
Q _{1.1}	Carico variabile solai piano primo salone	4.00 kN/m ²	
Q _{1.2}	Carico variabile solai piano secondo archivio leggero	3.50 kN/m ²	
Q ₂	Carico variabile solai piano sottotetto	0.50 kN/m ²	
Q ₃	Carico neve	1.39 kN/m ²	

D 3.1. Pesi Propri (G₁₋₂₋₃)

Il peso proprio delle strutture in muratura e in calcestruzzo è stato valutato moltiplicando la densità nominale del materiale per le dimensioni effettive degli elementi strutturali.

D 3.2. Peso proprio solaio con putrelle e mattoni (G₄)

Il peso proprio del solaio a voltiniconputrelle e mattoni è stato assunto pari a 2.50kN/m².

D 3.3. Peso proprio solaio con putrelle e tavelle (G₅)

Il peso proprio del solaio con putrelle e tavelle è stato assunto pari a 1.50 kN/m².

D 3.4. Peso proprio solaio in laterocemento (G₆)

Il peso proprio del solaio in laterocemento (sp. 20+4) è stato assunto pari a 3.00 kN/m².

D 3.5. Peso proprio solaio in laterocemento con doppi travetti (G₇)

Il peso proprio del solaio in laterocemento con doppi travetti (sp. 20+4) è stato assunto pari a 3.50 kN/m².

D 3.6. Carico permanente solai piano primo e archivio (G₈)

Il carico permanente dei solai del piano primo e dell'archivio al piano sottotetto è stato assunto pari a 1.00 kN/m².

D 3.7. Carico permanente solai piano sottotetto (G_9)

Il carico permanente dei solai del piano sottotetto è stato assunto pari a 0.50 kN/m^2 .

D 3.8. Carico permanente copertura (G_{10})

Il carico permanente della copertura con struttura tradizionale in legno e coppiè stato assunto pari a 1.50 kN/m^2 .

D 3.9. Carico variabile solai piano primo, salone e archivio ($Q_1, Q_{1.1}, Q_{1.2}$)

Trattandosi di edifici aperti al pubblico il carico variabile applicato ai solai è pari a 3.00 kN/m^2 . Tale carico viene applicato sia alla categoria B – Uffici aperti al pubblico, che alla categoria C – Ambienti suscettibili di affollamento, scuole.

Per quanto concerne il solaio sottostante il salone, viene assunto come carico 4.00 kN/m^2

Per quanto concerne il solaio sottotetto ad uso archivio leggero, viene assunto come carico 3.50 kN/m^2

D 3.10. Carico variabile solai piano sottotetto (Q_2)

Per le porzioni di sottotetto il carico variabile applicato ai solai è pari a 0.50 kN/m^2 , di categoria H1.

D 3.11. Carico della neve (Q_3)

Per la valutazione del carico di neve sulla copertura si sono seguite le indicazioni delle NTC 2018, ritenendole adeguate alla situazione in progetto.

Zona Neve = I Alpina

C_e (coeff. di esposizione al vento) = 1,00

Valore caratteristico del carico al suolo = $q_{sk} C_e = 174 \text{ daN/mq}$

Copertura a due falde:

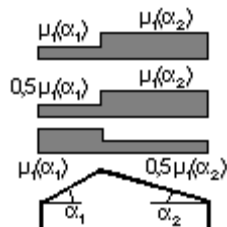
Angolo di inclinazione della falda $\alpha_1 = 27,0^\circ$

$\mu_1(\alpha_1) = 0,80 \Rightarrow Q_1 = 139 \text{ daN/mq}$

Angolo di inclinazione della falda $\alpha_2 = 27,0^\circ$

$\mu_1(\alpha_2) = 0,80 \Rightarrow Q_2 = 139 \text{ daN/mq}$

Schema di carico:



D 3.12. Azione del Vento (Q_3)

La pressione del vento sull'edificio, considerata l'altitudine, l'ubicazione regionale della località e l'esposizione dell'edificio viene valutato come di seguito riportato:

Zona vento = 1

Velocità base della zona, $V_{b.o} = 25 \text{ m/s}$ (Tab. 3.3.I)

Altitudine base della zona, $A_o = 1000 \text{ m}$ (Tab. 3.3.I)

Altitudine del sito, $A_s = 363 \text{ m}$

Velocità di riferimento, $V_b = 25,00 \text{ m/s}$ ($V_b = V_{b.o}$ per $A_s \leq A_o$)

Periodo di ritorno, $T_r = 50$ anni

$C_r = 1$ per $T_r = 50$ anni

Velocità riferita al periodo di ritorno di progetto, $V_r = V_b C_r = 25,00 \text{ m/s}$

Classe di rugosità del terreno: B

[Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive]

Categoria esposizione: (Entroterra fino a 500 m di altitudine) tipo IV

($K_r = 0,22$; $Z_o = 0,30 \text{ m}$; $Z_{min} = 8 \text{ m}$)

Pressione cinetica di riferimento, $q_b = 39 \text{ daN/mq}$

Coefficiente di forma, $C_p = 1,00$

Coefficiente dinamico, $C_d = 1,00$

Coefficiente di esposizione, $C_e = 1,63$

Coefficiente di esposizione topografica, $C_t = 1,00$

Altezza dell'edificio, $h = 7,00 \text{ m}$

Pressione del vento, $p = q_b C_e C_p C_d = \mathbf{64 \text{ daN/mq}}$

D 3.13. Azioni Termiche

Nel calcolo della struttura si è assunto che la temperatura non costituisca azione fondamentale per la sicurezza o per l'efficienza funzionale della struttura e non è stata considerata nei successivi calcoli.

D 3.14. Azioni Eccezionali (A)

Non sono state prese in conto azioni eccezionali sulla struttura.

D 3.15. Azioni Sismica (E)**D 3.15.1. Classificazione della costruzione e del sottosuolo**

La tabella sottostante riassume i valori adottati, ai fini della determinazione dell'azione sismica, per la classificazione del sottosuolo e dell'edificio; i paragrafi seguenti illustrano nel dettaglio le motivazioni delle scelte operate.

Parametro		Valore	§ NTC
Tipo della costruzione		2	§ 2.4.1
Vita nominale	V_N	50 anni	Tab. 2.4.I
Classe d'uso		III	§ 2.4.2
Coefficiente d'uso	C_U	1.5	Tab. 2.4.II
Periodo di riferimento per l'azione sismica	V_R	75 anni	§ 2.4.3
Categoria del sottosuolo		B	Tab. 3.2.II
Categoria topografica		T2	Tab. 3.2.IV
Zona sismica		4	

- **Vita nominale della costruzione**

La costruzione in progetto è stata considerata di tipo 2: Opere ordinarie di importanza normale (NTC 2008, Tabella 2.4.I, si è assunto:

$$V_N = 50 \text{ anni}$$

- **Classe d'uso della costruzione**

La costruzione in progetto è stata considerata appartenente alla **classe III** (costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi), per cui è definito un valore del coefficiente d'uso pari a:

$$C_U = 1.5$$

- **Periodo di riferimento per l'azione sismica**

In base all'adozione dei suddetti valori per la vita nominale V_N e per il coefficiente d'uso C_U , il periodo di riferimento per l'azione sismica risulta pari a:

$$V_R = V_N \times C_U = 75 \text{ anni}$$

- **Categoria del sottosuolo**

L'influenza del profilo stratigrafico sulla risposta sismica locale è stata valutata con riferimento alle categorie di sottosuolo di riferimento.

La categoria del sottosuolo è stata assunta in base alle indicazioni della Indagine geologica e geotecnica redatta dal Geol. Cristian Borra con studio in Almese (TO), nella quale il contesto geotecnico è definito di categoria B.

Si riporta un estratto della relazione geologica:

Categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione

Ai fini della definizione della azione sismica di progetto, come riportato nel D.M. delle Infrastrutture 17.01.2018, punto 3.2.2 "Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche", si definiscono le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (Tabella 3.2.II - le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni superficiali, oppure alla quota di testa dei pali nel caso di fondazioni speciali):

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Nelle definizioni precedenti $V_{s,eq}$ è la velocità media di propagazione delle onde di taglio e viene calcolata con la seguente espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità (in m/s) delle onde di taglio dello strato i -esimo, mentre H indica la profondità del substrato (definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s).

Il terreno indagato, in base alle caratteristiche geotecniche dei litotipi presenti in sito nonché da quanto emerso dalle indagini eseguite, rientra all'interno della **categoria B** (cfr. cap. 4).

- **Condizioni topografiche del sito**

Il sito di costruzione ricade in una zona di versante collinare a media acclività, per cui rientra nella categoria T2.

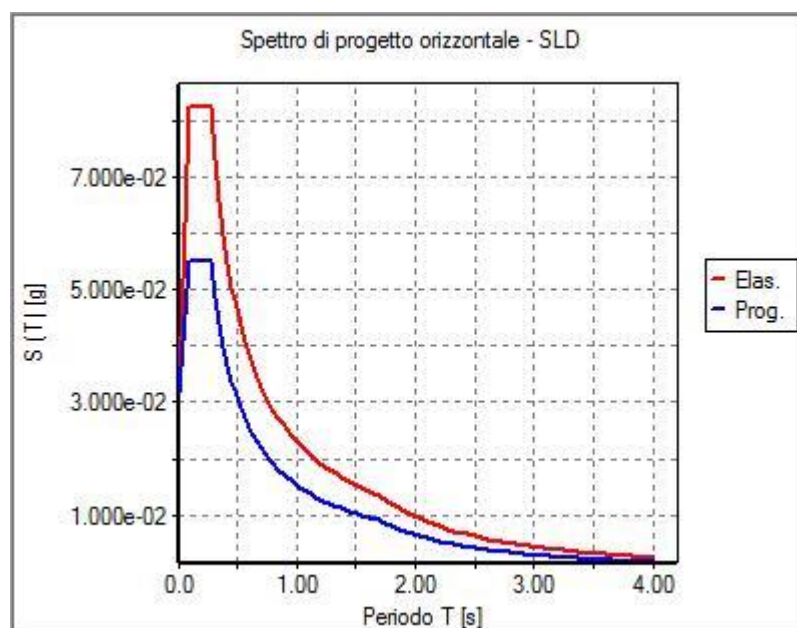
Con le assunzioni sopra esposte sono stati ricavati i seguenti parametri:

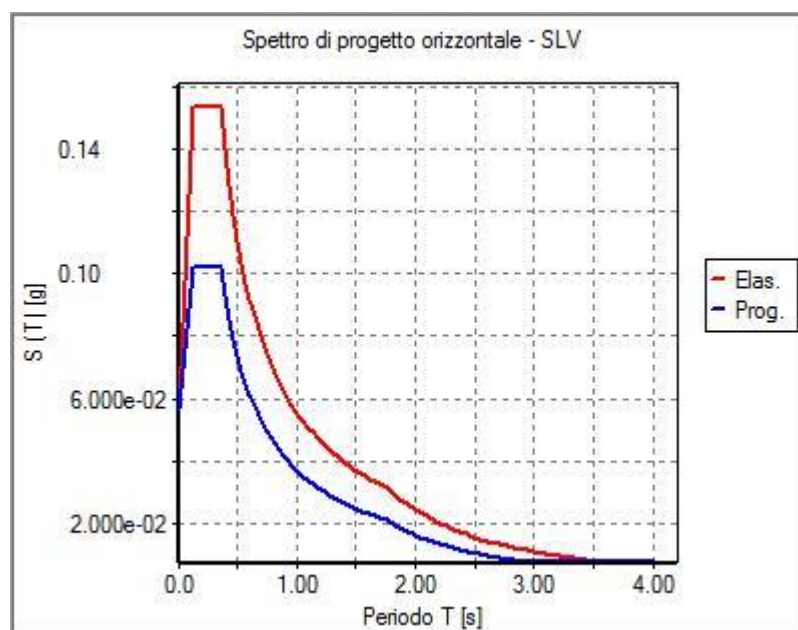
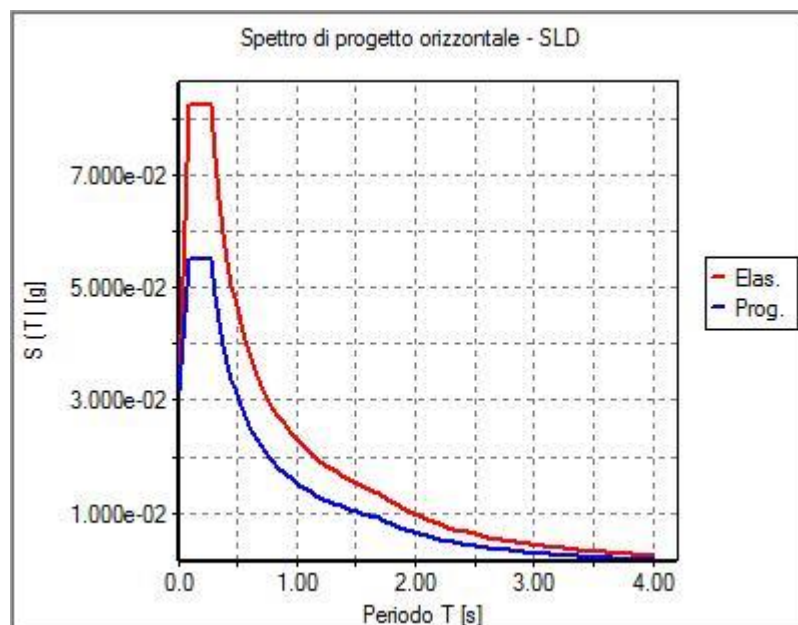
- Coefficiente di amplificazione stratigrafica: $S_S = 1.20$
- Coefficiente di amplificazione topografica: $S_T = 1.20$

D 3.15.2. Spettro di risposta elastico

In funzione delle coordinate del sito di costruzione e delle classificazioni operate, sono stati ricavati i valori delle grandezze per la definizione dello spettro elastico di riferimento, relativamente ai quattro Stati Limite individuati dalle NTC 2018.

Gli spettri elastici risultanti sono riportati nel seguito in forma grafica, fino ad un periodo massimo di 4 s.





Spettro di risposta elastico

D 4. MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA

D 4.1. Software di calcolo utilizzato

Per la modellazione della struttura si è utilizzato il programma di calcolo PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program, (build 2018.07.183, versione 18.1.4), software concepito e sviluppato dalla 2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l., Ferrara.

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. La documentazione, fornita dal produttore e distributore del software, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati,

l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, corredati dei file di input necessari a riprodurre l'elaborazione.

2S.I. ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

E' possibile reperire la documentazione contenente alcuni dei più significativi casi trattati al seguente link:
<http://www.2si.it/Software/Affidabilità.htm>

D 4.2. Modello di calcolo struttura a seguito interventi di rinforzo strutturale

La struttura è stata modellata utilizzando elementi monodimensionali D2 per la schematizzazione delle travi e dei pilastri della parte realizzata in c.a e per quanto concerne gli elementi lignei di copertura.

Le murature sono state schematizzate come elementi plate-shell attribuendo ai singoli elementi criteri di progetto dedicati (D3).

E' stato implementato un modello di calcolo dell'edificio con l'inserimento di tutti i nuovi elementi strutturali e di tutti gli elementi di rinforzo previsti. Si è utilizzato un modello tridimensionale, composto da 1477 nodi, 882 aste, 1081 gusci, 37 elementi solaio.

Il rinforzo ha previsto l'inserimento di catene tra i puntoni di copertura rappresentate con elementi D2 incernierati, vincoli alle estremità dei puntoni di copertura che consentono la rotazione dell'elemento bidimensionale vincolandone la traslazione, rinforzo del solaio sottotetto con l'inserimento di nuovi vincoli, intonaci armati delle murature al piano terreno mediante intonaco armato, prolungamento del rompitratta nel salone centrale del piano terreno, muratura portante in Poroton armato per quanto concerne la struttura dell'edificio in c.a. del 1983, cordolature di fondazione in c.a. collegate alla muratura sulle fondazioni di tutte le parti in muratura portante.

D 4.3. Modello di calcolo struttura del piccolo blocco ad un piano

Analogamente al corpo di fabbrica principale, è stato predisposto un modello dedicato riferito alla costruzione "ex locale caldaia" addossata alla testata est dell'edificio.

Il modello ad elementi finiti simula il comportamento strutturale del piccolo edificio realizzato in blocchi di cls spessore 20 cm e solaio in latero cemento di copertura.

Si prevede un intervento mediante l'impiego di intonaco armato applicato alle murature portanti al fine di migliorare il collegamento dei blocchi costituenti la muratura della costruzione.

Torino, 19 aprile 2019

Il progettista delle strutture
FMArchistudio engineering srl