



COMUNE DI CASTELVERDE

Piazza municipio, 23

26022 - Castelveverde (CR)

P.IVA 00299440198



Finanziato  
dall'Unione Europea  
NextGenerationEU

**FUTURA**

**LA SCUOLA  
PER L'ITALIA DI DOMANI**



**Next Generation EU Missione 4 C1 "Istruzione e ricerca"  
Investimento 3.3 - Piano di messa in sicurezza e  
riqualificazione delle scuole**

**LAVORI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA  
DELL'INFANZIA "IL GIRASOLE" DI SAN MARTINO IN  
BELISETO IN COMUNE DI CASTELVERDE**

**CUP: E95J19000290009**

## **PARTE GENERALE**

### **RELAZIONE GENERALE**

COD: **PE.01.01**

SCALA:

REV.	DESCRIZIONE	REDATTO		VERIFICATO	
0	EMISSIONE	F.S.	03/2023		

CODIFICA DOCUMENTO:

RELAZIONE.PDF

Questo documento non potrà essere copiato, riprodotto o altrimenti pubblicato in tutto o in parte senza il consenso scritto di Ing. Fabio Scaroni

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

IL PROGETTISTA :

Ing. PAOLO ORLANDI

Ing. FABIO SCARONI

Via G.A. Poli, 100  
25018 Montichiari (BS)

Tel 030-9651824

mail: scaronicimarosti@yahoo.it

COMMESSA: 480/2023

PROGETTO ESECUTIVO

## INDICE

<b>1. PREMESSE.....</b>	<b>2</b>
<b>2. STATO ATTUALE.....</b>	<b>2</b>
2.1. DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA ESISTENTE.....	3
2.2. ANALISI STORICO-CRITICA E RILIEVI .....	3
2.3. MATERIALI.....	15
2.3.1. Muratura.....	16
2.3.2. Calcestruzzi.....	18
2.3.3. Acciai.....	19
2.3.4. Livelli di conoscenza e fattori di confidenza .....	19
2.4. VALUTAZIONE SISMICA EDIFICIO ESISTENTE .....	19
<b>3. OBIETTIVI DEL PROGETTO.....</b>	<b>21</b>
<b>4. INTERVENTI PREVISTI.....</b>	<b>21</b>
4.1. ILLUSTRAZIONE DELLE PRINCIPALI TECNOLOGIE PREVISTE .....	22
4.1.1. Collegamento tramezzi-solai antiribaltamento .....	22
4.1.2. Rinforzo con PBO delle pareti .....	23
4.1.3. Rinforzo pareti con intonaco armato.....	27
4.1.4. Realizzazione di setti in c.a. in sostituzione di parti in muratura portante .....	28
4.1.5. Iniezione nel terreno di resine espandenti.....	28
<b>5. PIANO DI SICUREZZA .....</b>	<b>30</b>
<b>6. CANTIERIZZAZIONE.....</b>	<b>30</b>
<b>7. TEMPI DI REALIZZAZIONE .....</b>	<b>30</b>
<b>8. DISPONIBILITA' DELLE AREE.....</b>	<b>30</b>
<b>9. IMPORTO DEI LAVORI .....</b>	<b>31</b>

## 1. PREMESSE

La presente relazione riguarda il progetto dei rinforzi, ai fini dell'adeguamento sismico, del fabbricato adibito a scuola dell'infanzia "Il Girasole" ubicato in via Ponchielli n.8 nella frazione di San Martino in Beliseto in comune di Castelverde (CR). Il fabbricato non è vincolato.

## 2. STATO ATTUALE

Il fabbricato in oggetto è adibito a scuola dell'infanzia ed è stato concepito fin dall'origine per ospitare istituti scolastici. Il complesso scolastico risulta su di un lotto autonomo. I fabbricati ad esso adiacenti risultano separati dalla struttura oggetto di intervento da giunti, pertanto non vi sono interazioni con altre costruzioni ad eccezione del plesso palestra.



Il territorio del Comune di Castelverde è il risultato degli eventi geologici che hanno portato alla formazione dell'ampio bacino della Pianura Padana ed in particolar modo dei fenomeni sedimentari che si sono sviluppati in un complesso sistema di ambienti fluvio-lacustri.

Dal punto di vista geomorfologico l'area è da considerarsi pianeggiante, con la pendenza media della superficie topografica inferiore allo 0,5% ed una quota altimetrica prossima ai 60 metri sul livello del mare (s.l.m.); in considerazione di tale morfologia pianeggiante, è possibile assegnare al sito indagato la categoria topografica T1 definita dalle NTC 2008 "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media inferiore od uguale ai 15°".

Allo stato attuale, l'area non presenta evidenze di processi morfologici in atto e/o potenziali (erosioni, subsidenze, ecc.) che possano influire negativamente sull'opera.

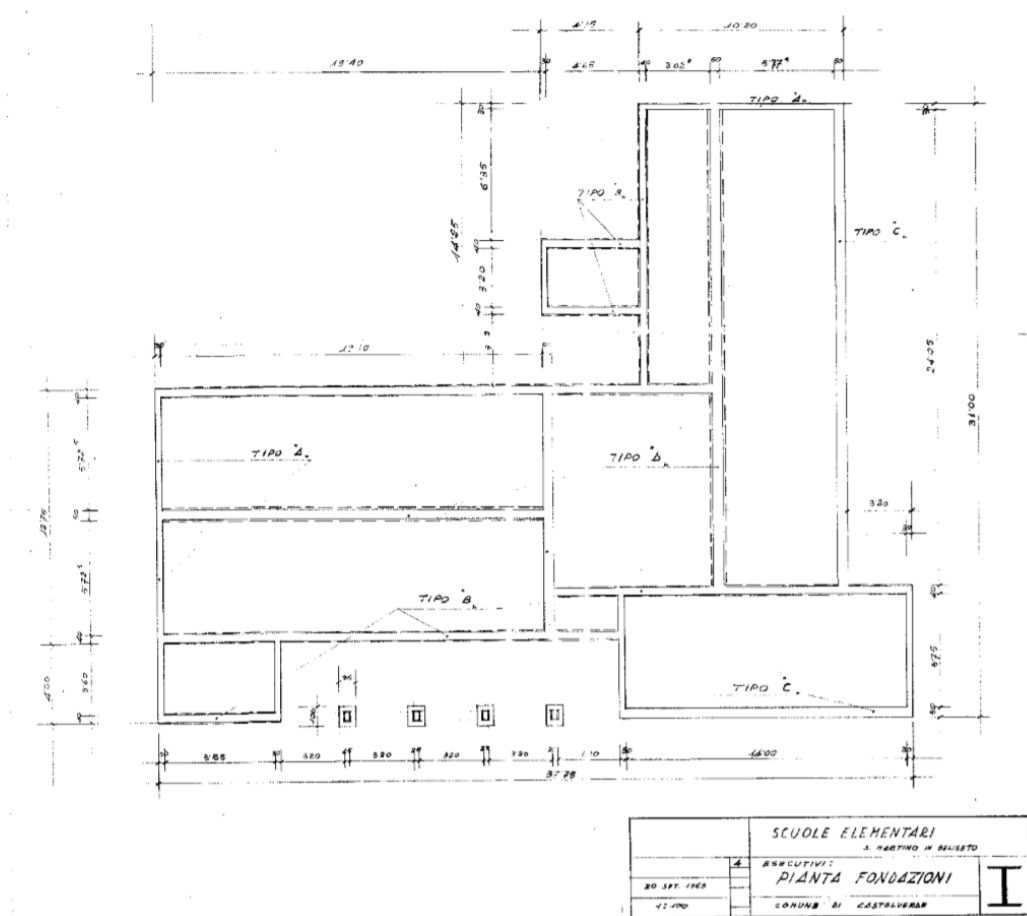
## 2.1. DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA ESISTENTE

L'edificio è composto da un piano terra e da una copertura (costituita da solai in latero-cemento e soprastanti muricci a gelosia con lastre di fibrocemento e canali ed è utilizzato come scuola d'infanzia per quasi tutta l'estensione, ad eccezione dell'area in lato nord destinata a Centro Civico. La struttura portante è costituita da murature in laterizio di mattoni pieni sp.25cm legati con malta di calce e solai in latero cemento a copertura del piano terra; le uniche strutture in c.a. sono i 4 pilastri del portico di ingresso in lato ovest e la trave di banchina che poggia su di essi, alcune travi interne di luce limitata in corrispondenza di aperture fino a soffitto nelle murature portanti e le strutture per l'ampliamento in lato est a servizio dell'area refettorio composte da pilastri e travi in c.a. e da una trave metallica. L'edificio si può connotare come in muratura portante ai fini dell'analisi sismica, essendo le strutture in c.a. suindicate di entità limitata e circoscritta rispetto alla totale estensione del fabbricato.

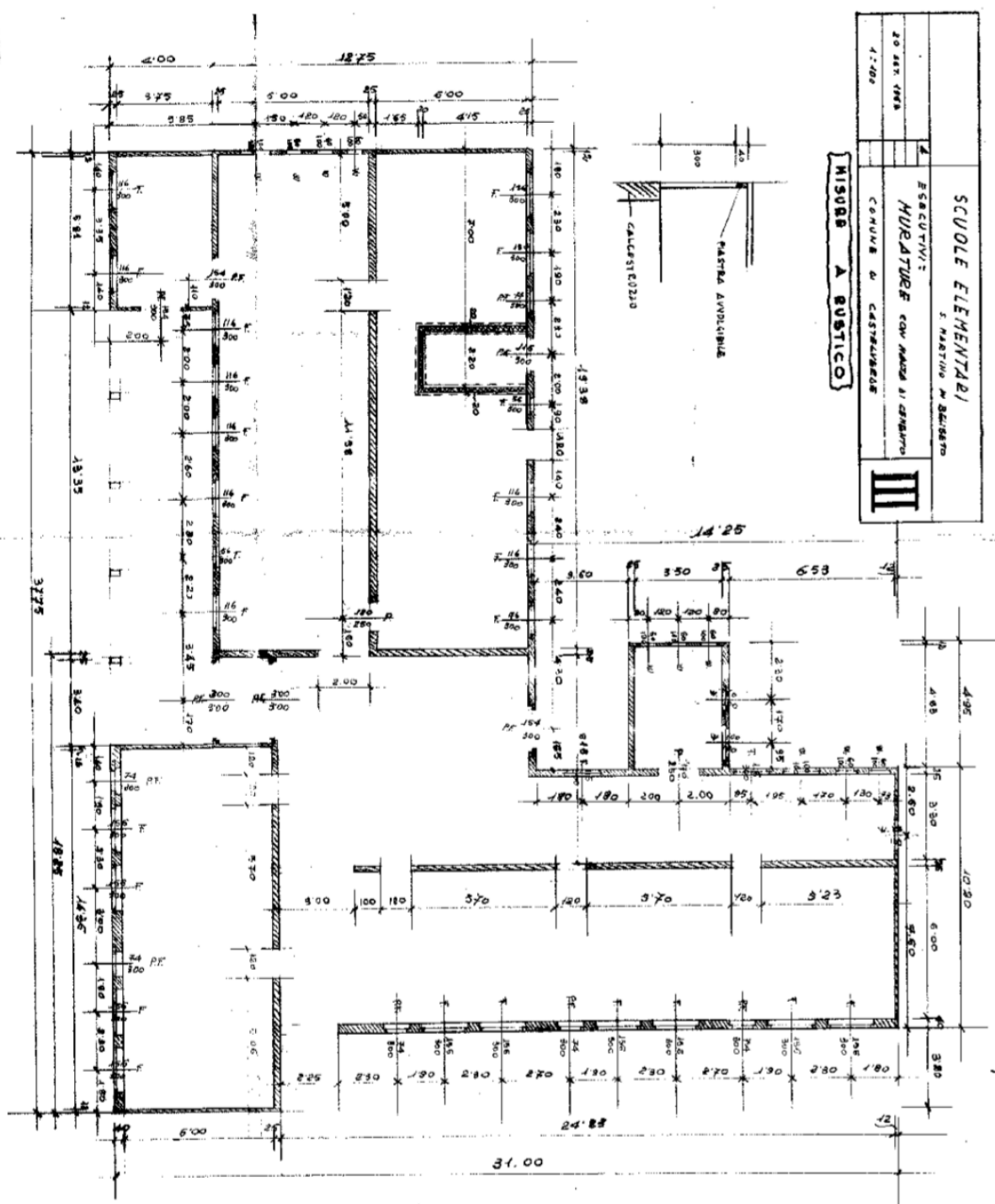
## 2.2. ANALISI STORICO-CRITICA E RILIEVI

Il fabbricato è stato edificato all'inizio degli anni '60 ed è da sempre utilizzato come istituto scolastico. Esso è situato a ridosso del centro storico, in un contesto urbano consolidato a destinazione residenziale.

Si è risaliti ai progetti originali della struttura (progettata dall' ing. Mario Galli nel 1963) e si è verificato in sito la rispondenza del costruito a quanto progettato.

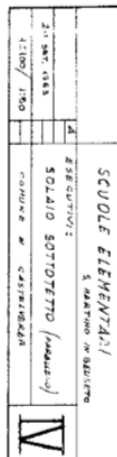








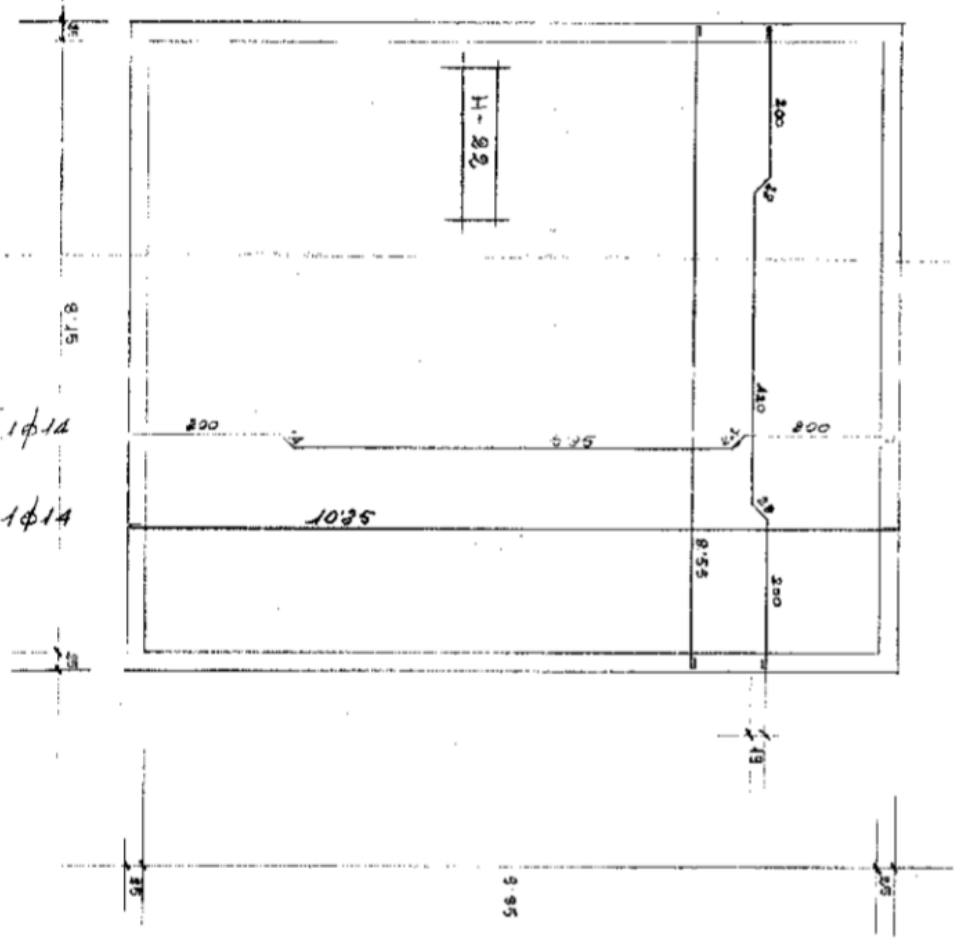


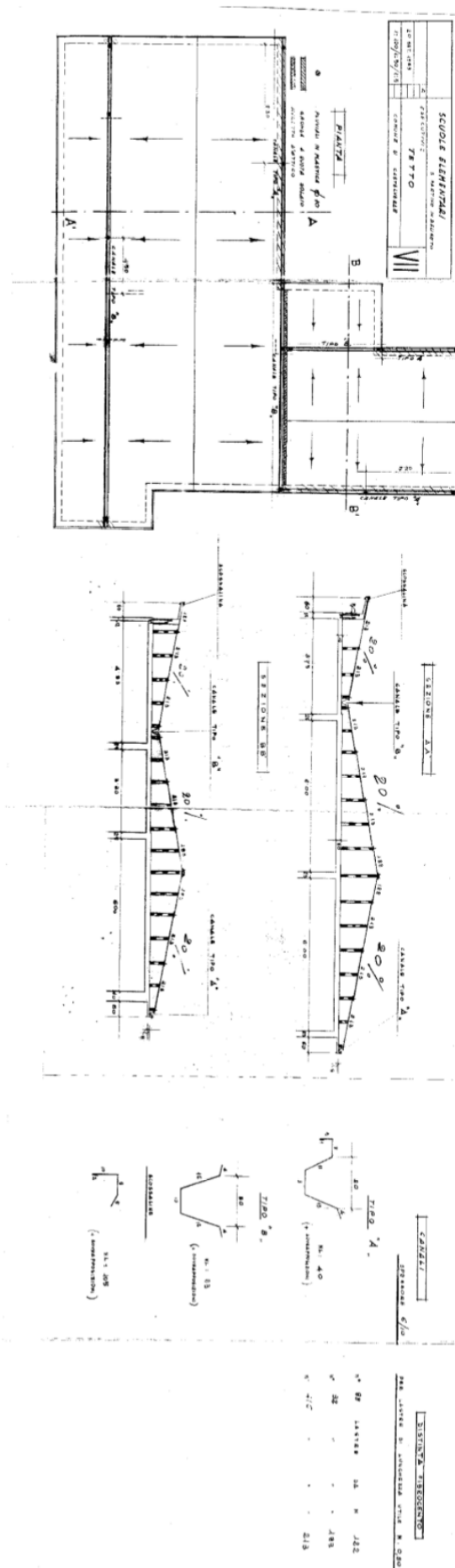




ARMATURE PER TRAVETTI A 63 CM  
(n = 13)

LATERIZI: SOLAIO S.N. FRAZZO H.82  
ACCIAIO: A 6-A2  
CALCESTRUZZO: C<sub>25</sub> 150 kg/m<sup>3</sup>  
30L/MC IN CANTO  
CORRUI: 4 Ø10 sparte Ø6/40CM





L'edificio sorge in una zona pianeggiante e, dai documenti agli atti, risale alla seconda metà degli anni '60 (la data di ultimazione lavori indicata sul Certificato di Regolare Esecuzione redatto dall'ing. Mario Galli è maggio 1967).

Il piano terra è costituito da solai poggianti sulle fondazioni e rispetto alle quali si crea un intercapedine di areazione (come manifestano anche le griglie poste all'esterno dei muri perimetrali all'edificio).

Le dimensioni esterne dell'edificio sono racchiudibili in un rettangolo di lati pari a circa 38x34m.

Successivamente sono state compiute modifiche di aperture nelle murature portanti (chiusure di aperture precedenti e formazione di nuove aperture) e sono stati aggiunti i seguenti corpi:

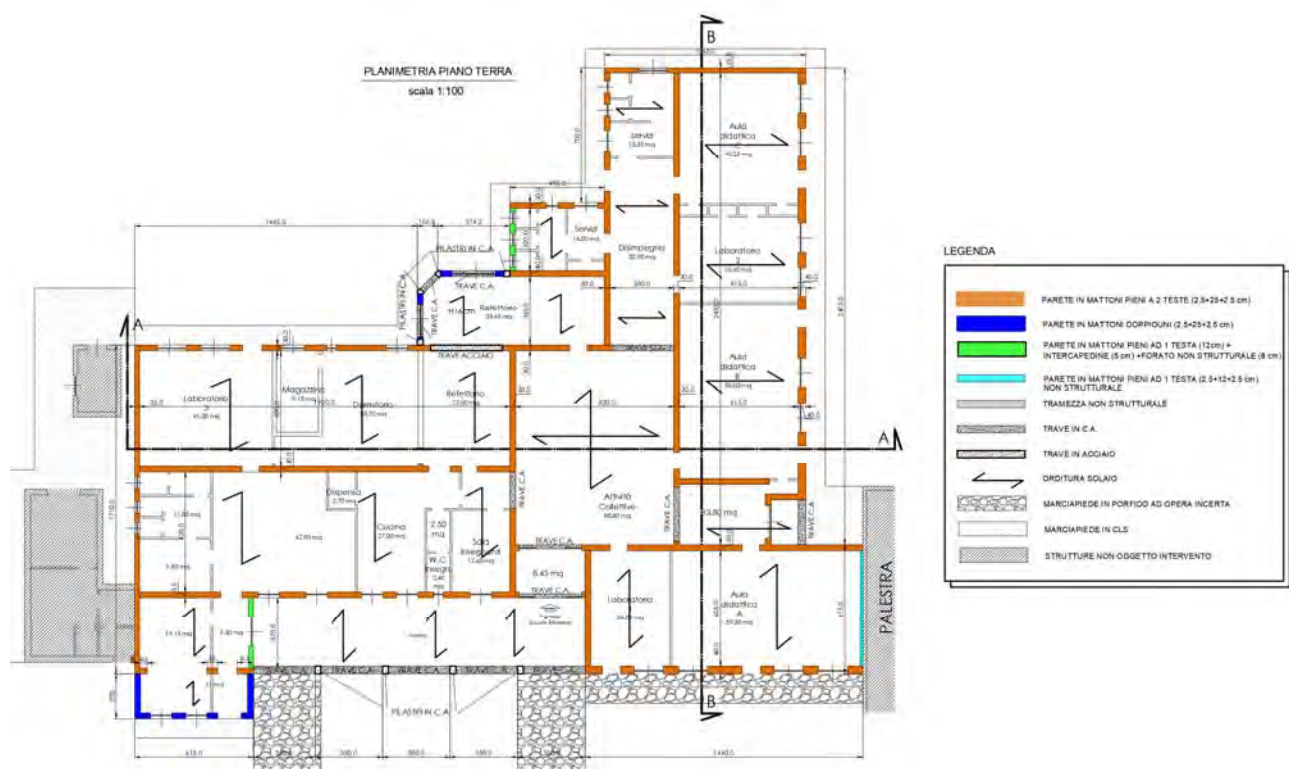
- ✓ in lato est un ampliamento del refettorio, appoggiato all'edificio originario
- ✓ in angolo nord-ovest (verso nord) un ampliamento destinato ad ambulatorio, appoggiato all'edificio originario; da tempo tale corpo risulta non utilizzato
- ✓ in angolo nord-ovest (verso ovest) un locale a servizio del centro civico, appoggiato all'edificio originario
- ✓ in angolo nord-est (verso nord) un locale tecnico, collegato in copertura all'edificio originario
- ✓ in angolo sud-ovest (verso sud) è stato costruito un capannone in c.a. prefabbricato avente funzione di palestra, collegato all'edificio originario

*In accordo a quanto indicato al § 8.5.2 del D.M. 17/01/2018, il rilievo geometrico-strutturale dovrà essere riferito sia alla geometria complessiva dell'organismo che a quella degli elementi costruttivi, comprendendo i rapporti con le eventuali strutture in aderenza. Nel rilievo dovranno essere rappresentate le modificazioni intervenute nel tempo, come desunte dall'analisi storico-critica. Il rilievo deve individuare l'organismo resistente della costruzione, tenendo anche presente la qualità e lo stato di conservazione dei materiali e degli elementi costitutivi. Dovranno altresì essere rilevati i dissesti, in atto o stabilizzati, ponendo particolare attenzione all'individuazione dei quadri fessurativi e dei meccanismi di danno.*

Nel caso in essere si è reperito il rilievo planoaltimetrico redatto da precedente professionista e confrontato con le evidenze riscontrate in sito.

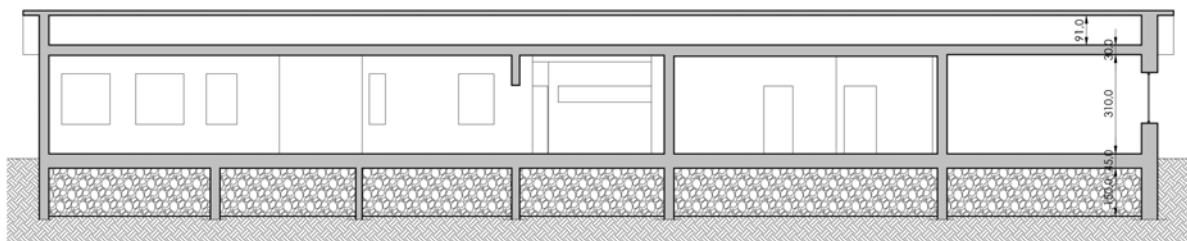
L'elaborato architettonico del piano terra e 2 sezioni ortogonali, predisposte a suo tempo dall'Ufficio Tecnico del Comune di Castelverde; la pianta è stata modificata ed integrata dal sottoscritto in funzione dei rilievi operati durante i sopralluoghi, con indicazione anche delle tipologie delle murature portanti, dei pilastri e delle travi in c.a. e dell'orditura dei solai, in modo da avere un quadro globale di riferimento.

Il rilievo plano altimetrico ha restituito la seguente situazione:



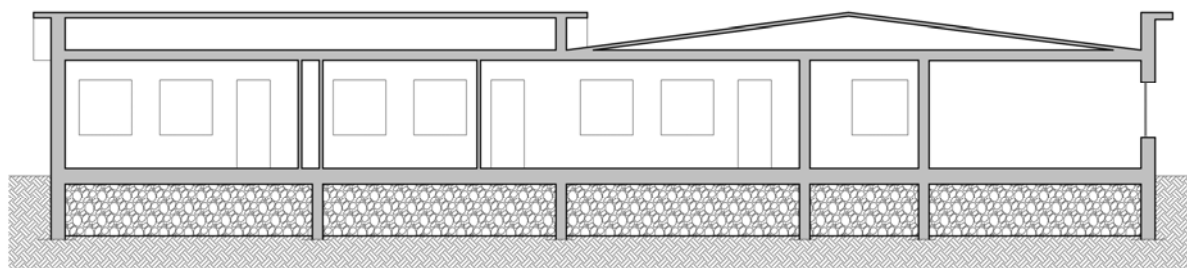
SEZIONE A-A

scala 1:100



SEZIONE B-B

scala 1:100



Riguardo ai solai essi si trovano in buono stato di conservazione e non emergono frecce o lesioni degne di menzione (solai soggetti a separato progetto di rinforzo anti sfondellamento) come pure le murature che non presentano lesioni o dissesti visibili degni di menzione nella maggioranza dei casi ad eccezione della porzione a ridosso della palestra



Fessurazione dovuta a cedimento della porzione di fondazione su cui poggia anche la facciata della palestra.

Anche lungo il lato principale in corrispondenza dell'ampliamento si notano fessurazioni



Fessurazione dovuta al mancato ammorsamento delle 2 pareti e cedimento differenziale delle fondazioni.



Le pareti in muratura presentano un buon grado di ammorsamento negli angoli.



Talvolta lo spessore della malta appare elevato ( $> 1$  cm) e con alcune lacune



I solai paiono sostanzialmente integri e dotati di cordolo in c.a. continuo lungo tutto lo sviluppo perimetrale.



## 2.3. MATERIALI

---

Per quanto attiene ai materiali è stato acquisito quanto agli atti ovvero:

### INDAGINI VISIVE:

- ✓ rimozioni di intonaco sulle murature interne ed esterne fino alla messa in vista dei mattoni e della malta di stilatura con estensione proporzionata all'indagine da eseguire (in generale strisce ove possibile negli spigoli per rilevare o meno ammorsamenti) al fine di valutare la composizione, la tessitura e la qualità esecutiva (15 posizioni);
- ✓ rimozione di intonaco e scassi e fori nei pilastri e nelle travi in c.a. e nei solai per rilevare geometrie, armature e materiali

### INDAGINI CALCESTRUZZO:

- ✓ pacometro: le prove hanno consentito di rilevare le armature dei pilastri e delle travi in c.a. del portico in lato ovest, di una trave in c.a. interna e dei pilastri in c.a. dell'ampliamento del refettorio in lato est
- ✓ carotaggi e carbonatazione: effettuata 1 prova su campione cilindrico estratto da un pilastro in c.a. del portico in lato ovest, che ha fornito un valore pari a 13,4 N/mm; la carbonatazione è stata stimata tra i 65 ed i 90mm

- ✓ sonreb: sono state compiute 3 prove, monitorando il cls di 1 pilastro e di 2 travi in c.a. del portico lato ovest, con esiti di 16,85 per il pilastri e 19,46 a 21 N/mm<sup>2</sup> per le travi
- ✓ vickers: sono state effettuate 3 prove, di cui 2 su barre di pilastri in c.a. ed 1 su barra di una trave in c.a. del portico lato ovest; i valori per i pilastri sono stati di 471 e 478 MPa, mentre per la trave di 690 Mpa

E' stato poi redatto piano di indagine sulla base del quale sono state eseguite sulle strutture una serie di 3 prove con martinetto piatto doppio ed analisi petrografica delle malte per definire univocamente la muratura.

Queste 2 distinte campagne di prove hanno restituito le caratteristiche meccaniche dei materiali costituenti le strutture.

### 2.3.1. Muratura

Le prove con martinetti piatti doppi hanno permesso di valutare una resistenza a compressione della muratura esistente prossima al valor medio della tabella C8.5.I. per la tipologia di muratura in esame.

Di conseguenza si è ritenuto opportuno adottare, una resistenza a compressione della muratura pari a tale valore medio.

**Tabella C8.5.I -Valori di riferimento dei parametri meccanici della muratura, da usarsi nei criteri di resistenza di seguito specificati (comportamento a tempi brevi), e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura. I valori si riferiscono a:  $f$  = resistenza media a compressione,  $\tau_0$  = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3),  $f_{v0}$  = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3),  $E$  = valore medio del modulo di elasticità normale,  $G$  = valore medio del modulo di elasticità tangenziale,  $w$  = peso specifico medio.**

Tipologia di muratura	$f$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_0$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{v0}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$E$ (N/mm <sup>2</sup> )	$G$ (N/mm <sup>2</sup> )	$w$ (kN/m <sup>3</sup> )
	min-max	min-max		min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,0-2,0	0,018-0,032	-	690-1050	230-350	19
Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)	2,0	0,035-0,051	-	1020-1440	340-480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	2,6-3,8	0,056-0,074	-	1500-1980	500-660	21
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,4-2,2	0,028-0,042	-	900-1260	300-420	13 + 16(**)
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.) (**)	2,0-3,2	0,04-0,08	0,10-0,19	1200-1620	400-500	
Muratura a blocchi lapidei squadriati	5,8-8,2	0,09-0,12	0,18-0,28	2400-3300	800-1100	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)	2,6-4,3	0,05-0,13	0,13-0,27	1200-1800	400-600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	5,0-8,0	0,08-0,17	0,20-0,36	3500-5600	875-1400	15

(\*) Nella muratura a conci sbozzati i valori di resistenza tabellati si possono incrementare se si riscontra la sistematica presenza di zeppe profonde in pietra che migliorano i contatti e aumentano l'ammorsamento tra gli elementi lapidei; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente pari a 1,2.

(\*\*) Data la varietà litologica della pietra tenera, il peso specifico è molto variabile ma può essere facilmente stimato con prove dirette. Nel caso di muratura a conci regolari di pietra tenera, in presenza di una caratterizzazione diretta della resistenza a compressione degli elementi costituenti, la resistenza a compressione  $f_{pu}$  può essere valutata attraverso le indicazioni del § 11.10 delle NTC.

(\*\*\*) Nella muratura a mattoni pieni è opportuno ridurre i valori tabellati nel caso di giunti con spessore superiore a 13 mm; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente riduttivo pari a 0,7 per le resistenze e 0,8 per i moduli elastici.

\*Al fine di tenere in conto delle masse associate all'intonaco e dell'incidenza in termini di massa dei sopra e sotto finestra non modellati quali elementi strutturali si assegna quale peso specifico convenzionale di calcolo alla parete strutturale in muratura in mattoni pieni un  $W_{calcolo}$  = 19KN/mc.

Con:

$$f = 3.45 \text{ Mpa}$$

$$\tau_0 = 0.09 \text{ Mpa}$$

$$f_{V0} = 0.20 \text{ Mpa}$$

$$E = 1500 \text{ Mpa}$$

$$G = 500 \text{ Mpa}$$

$$W_{\text{calcolo}} = 19 \text{ KN/mc}$$

la circolare NTC prevede per le murature in mattoni pieni e malta di calce i seguenti coefficienti maggiorativi:

- connessione trasversale  $c = 1,3$

- Nel caso di muratura di mattoni si intende come muratura trasversalmente connessa quella apparecchiata a regola d'arte.

- malta buona

$$c = f_m^{0,35} = 3,45^{0,35} = 1,54$$

a favore della sicurezza si considera quale coefficiente moltiplicativo il minore dei 2 i valori di calcolo.

La muratura esistente di calcolo quindi si assume abbia i seguenti parametri:

$$f = 4,49 \text{ Mpa}$$

$$\tau_0 = 0.12 \text{ Mpa}$$

$$f_{V0} = 0.26 \text{ Mpa}$$

$$E = 1500 \text{ Mpa}$$

$$G = 500 \text{ Mpa}$$

$$W_{\text{calcolo}} = 19 \text{ KN/mc}$$



Nel caso dell'annesso realizzato con Doppio UNI si adottano i valori medi della tabella seguente:

**Tabella C8.5.1** -Valori di riferimento dei parametri meccanici della muratura, da usarsi nei criteri di resistenza di seguito specificati (comportamento a tempi brevi), e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura. I valori si riferiscono a:  $f$  = resistenza media a compressione,  $\tau_0$  = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3),  $f_{v0}$  = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3),  $E$  = valore medio del modulo di elasticità normale,  $G$  = valore medio del modulo di elasticità tangenziale,  $w$  = peso specifico medio.

Tipologia di muratura	$f$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_0$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{v0}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$E$ (N/mm <sup>2</sup> )	$G$ (N/mm <sup>2</sup> )	$w$ (kN/m <sup>3</sup> )
	min-max	min-max		min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,0-2,0	0,018-0,032	-	690-1050	230-350	19
Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)	2,0	0,035-0,051	-	1020-1440	340-480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	2,6-3,8	0,056-0,074	-	1500-1980	500-660	21
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1,4-2,2	0,028-0,042	-	900-1260	300-420	13 ÷ 16(**)
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,) (**)	2,0-3,2	0,04-0,08	0,10-0,19	1200-1620	400-500	
Muratura a blocchi lapidei squadriati	5,8-8,2	0,09-0,12	0,18-0,28	2400-3300	800-1100	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)	2,6-4,3	0,05-0,13	0,13-0,27	1200-1800	400-600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	5,0-8,0	0,08-0,17	0,20-0,36	3500-5600	875-1400	15

(\*) Nella muratura a conci sbozzati i valori di resistenza tabellati si possono incrementare se si riscontra la sistematica presenza di zeppe profonde in pietra che migliorano i contatti e aumentano l'ammorsamento tra gli elementi lapidei; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente pari a 1,2.

(\*\*) Data la varietà litologica della pietra tenera, il peso specifico è molto variabile ma può essere facilmente stimato con prove dirette. Nel caso di muratura a conci regolari di pietra tenera, in presenza di una caratterizzazione diretta della resistenza a compressione degli elementi costituenti, la resistenza a compressione  $f_{pu}$  può essere valutata attraverso le indicazioni del § 11.10 delle NTC.

(\*\*\*) Nella muratura a mattoni pieni è opportuno ridurre i valori tabellati nel caso di giunti con spessore superiore a 13 mm; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente riduttivo pari a 0,7 per le resistenze e 0,8 per i moduli elastici.

\*Al fine di tenere in conto delle masse associate all'intonaco e dell'incidenza in termini di massa dei sopra e sottofinestre non modellati quali elementi strutturali si assegna quale peso specifico convenzionale di calcolo alla parete strutturale in muratura semipieni doppio UNI un  $W_{calcolo} = 16 \text{ KN/mc}$ .

Nel caso di analisi elastica con il fattore  $q$  (analisi lineare statica ed analisi dinamica modale con fattore di struttura), i valori di calcolo delle resistenze sono ottenuti dividendo i valori medi per i rispettivi fattori di confidenza e per il coefficiente parziale di sicurezza dei materiali.

Per quanto riguarda il coefficiente di sicurezza del materiale, si fa riferimento alla Tabella 4.5.II del D.M. 17/01/2018; per elementi resistenti di categoria II (§11.10.1) e classe di esecuzione 2 (§4.5.6.1) si ha:

Coefficiente parziale di sicurezza:  $\gamma_M = 3,0$

Coefficiente parziale di sicurezza per verifiche sismiche:  $\gamma_M = 2,0$

Per una più completa definizione si veda l'elaborato relativo alle indagini sui materiali allegato al presente progetto.

### 2.3.2. Calcestruzzi

La resistenza caratteristica di calcolo del calcestruzzo viene valutata utilizzando la trattazione delle NTC2018 ove il numero dei campioni sia  $< 8$  ovvero:

$$f_{\text{Copera medio}} \geq 0.85 \cdot f_{\text{cm}}$$

$$f_{\text{Copera medio}} \geq 0.85 \cdot (f_{\text{ck}} + 8)$$

$$f_{\text{ck}} = (f_{\text{Copera medio}} - 0.85 \cdot 8) / 0.85$$

$$R_{\text{C opera medio}} = 19.10 \text{ Mpa}$$

$$f_{\text{C opera medio}} = 0.83 \cdot 19.10 = 15.86 \text{ Mpa}$$

$$f_{\text{ck}} = (15.86 - 0.85 \cdot 8) / 0.85 = 10.66 \text{ Mpa}$$

$$\text{Modulo elastico } (22000 \cdot [(f_{\text{ck}} + 8) / 10]^{0.3}) = E = 26527 \text{ Mpa}$$

### 2.3.3. Acciai

Le caratteristiche degli acciai sono quindi assunte pari a:

- ✓ Acciaio per c.a. di pilastri e travi: Da esito prova Laboratorio ed esiti prove Vickers è emerso un acciaio correlabile al grado FeB32K
- ✓ Acciaio per solai monodirezionali in latero-cemento sp.20cm e 16cm (barre nervate): Da elaborati ing. Galli viene citato acciaio tipo Rumi 4400 (rottura a 6000 kg/cm<sup>2</sup> e snervamento a 4400 kg/cm<sup>2</sup>)
- ✓ Acciaio per solaio bidirezionale in latero-cemento sp.22cm (barre lisce): Da elaborati ing. Galli viene citato acciaio tipo A-Q42 (rottura a 4200 kg/cm<sup>2</sup>, snervamento minimo a 2300 kg/cm<sup>2</sup> e tensione ammissibile pari a 1400 kg/cm<sup>2</sup>)

### 2.3.4. Livelli di conoscenza e fattori di confidenza

Sulla base delle succitate informazioni di partenza, il livello di conoscenza dell'opera che si è prefissato di raggiungere è LC2: Conoscenza Adeguata.

Fattore di Confidenza (LC2): 1,20 FC

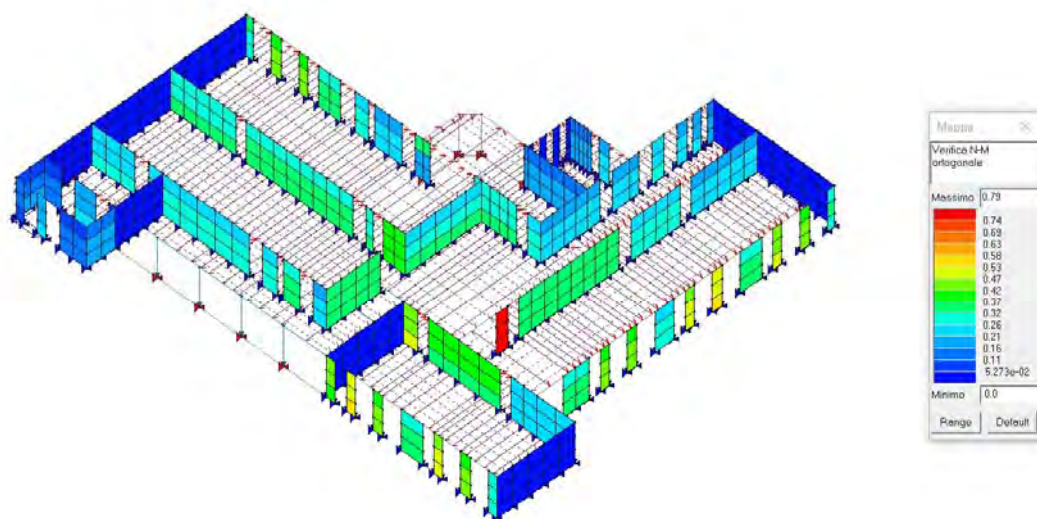
## 2.4. VALUTAZIONE SISMICA EDIFICIO ESISTENTE

---

L'edificio è stato oggetto di una valutazione tecnica in funzione della vigente normativa anti-sismica, ai sensi D.M. 17/01/2018".

In sintesi, le analisi utilizzate per la valutazione della sicurezza hanno evidenziato alcune criticità puntuali della struttura, in condizioni sismiche. Secondo le normative attualmente vigenti (NTC18), la struttura, a livello globale, risulta in grado di assolvere alle sue funzioni statiche nei confronti dei carichi verticali.





Nodi: 892 (0); D2: 139 (0); D3: 522 (0); Solai: 11 (0);

4538.64, 80.08, 0.0

figura 1 – Verifica maschi murari in condizione statica (ok se  $< 1$ )

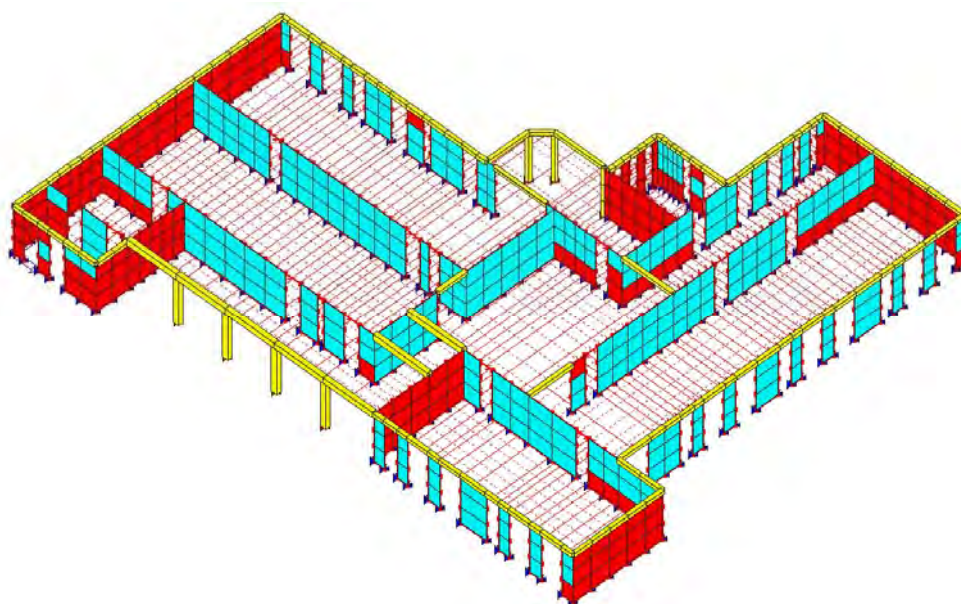


figura 2 – Stato generale maschi murari non verificati in condizione Sismica (in rosso)

### 3. OBIETTIVI DEL PROGETTO

---

A seguito delle analisi statiche lineari globali e delle analisi dei meccanismi locali di collasso per l'edificio nello stato di fatto si può concludere che:

Le criticità sono principalmente riferite all'annesso sul lato sinistro dell'ingresso principale soprattutto in riferimento alle azioni taglianti e, per il resto dell'edificio, limitate a porzioni di murature sul lato nord.

L'analisi dei meccanismi locali ha permesso di osservare che la capacità della struttura di resistere ad azioni sismiche è pari o superiore alla domanda e pertanto i cinematismi locali non rappresentano una criticità dal punto di vista del comportamento sismico della struttura.

L'obiettivo del progetto è quello di un adeguamento sismico della struttura.

### 4. INTERVENTI PREVISTI

---

Al fine di adeguare la struttura si procede nel seguente modo:

- 1- Demolizione dell'annesso;
- 2- Rinforzo con PBO e intonaco armato delle pareti interne deficitarie;
- 3- Demolizione di piccole porzioni di muratura portante e sostituzione con maschi murari in c.a.;
- 4- Collegamento al solaio delle tramezzature;
- 5- Sostituzione di alcuni serramenti con nuovi elementi dotati di vetri anti scheggia;
- 6- Iniezioni nel terreno per consolidamento fondazioni nella zona prospiciente la palestra;
- 7- Ripristino delle gronde con malte tixotropiche e sostituzione lattonerie;
- 8- Opere di completamento interne (rifacimento pavimenti, porzioni di intonaco e tinteggiatura)
- 9- Opere di completamento esterne (rifacimento di porzioni di intonaco, tinteggiature e demolizione e ricostruzione dei marciapiedi perimetrali).

A tali interventi sommano la formazione di giunti anti martellamento tra l'edificio scolastico vero e proprio e la palestra ed il miglioramento delle caratteristiche del terreno nella zona di giunzione tra i 2 corpi di fabbrica mediante iniezione di resine espandenti.

Poiché le lavorazioni sulle pareti perimetrali (sia rinforzi che demolizione e ricostruzione con setti in c.a.) dovranno necessariamente raggiungere l'estradosso del cordolo in c.a. delle fondazioni, sarà necessario demolire all'esterno i marciapiedi e all'interno porzioni di pavimentazioni e tramezzature. Per questo motivo, al fine di lasciare un'opera finita, è previsto il completo rifacimento dei marciapiede esterni e delle canalizzazioni nonché delle pavimentazioni all'interno con tutte le opere connesse (intonaci, tinteggiature, zoccolini, ...).

Quali opere a corredo si dovranno poi rifare i canali di gronda e le lattonerie.

Nessun intervento verrà eseguito sugli impianti e sulla copertura che dovranno essere, al pari del rinforzo anti sfondellamento dei solai e dell'efficientamento energetico, oggetto di separato appalto.



## 4.1. ILLUSTRAZIONE DELLE PRINCIPALI TECNOLOGIE PREVISTE

Di seguito si riportano le descrizioni delle lavorazioni caratterizzanti

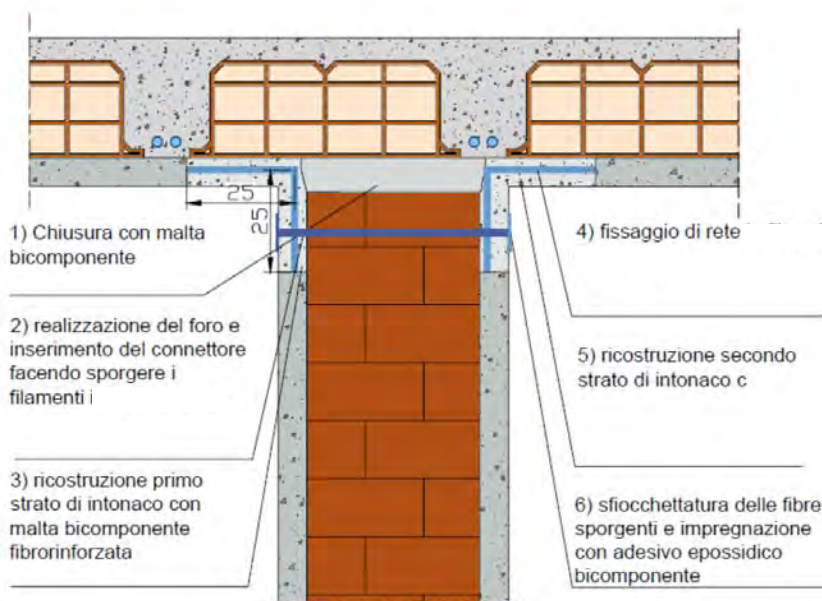
### 4.1.1. Collegamento tramezzi-solai antiribaltamento

Al fine di prevenire il ribaltamento delle tramezzature non strutturali durante il sisma, si provvede a realizzare un collegamento tra dette pareti ed il solaio.

La lavorazione consiste nelle seguenti fasi:

- 1- Asportazione delle parti incoerenti;
- 2- Realizzazione fori sulla muratura;
- 3- Sigillatura strutturale delle fessure e delle lacune;
- 4- Stesura di due mani di malta fibrorinforzata con interposizione di rete in PBO fra prima e seconda mano;
- 5- Inserimento di connettori da iniettare;
- 6- Apertura del fiocco.

Lo schema applicativo è il seguente (esemplificativo):



#### 4.1.2. Rinforzo con PBO delle pareti

Per alcuni maschi è prevista una doppia rete in PBO per faccia muraria.

Tali FRCM sono costituiti da maglie bidirezionali in PBO (poliparafenilenbenzobisoxazolo) che vengono "fissate" ad entrambe i lati delle pareti da rinforzare mediante malte costituite da una inorganica stabilizzata di natura pozzolanica.

Per garantire la connessione strutturale fra le strutture esistenti e/o i sistemi di rinforzo strutturali vengono utilizzati dei connettori anch'essi in PBO.

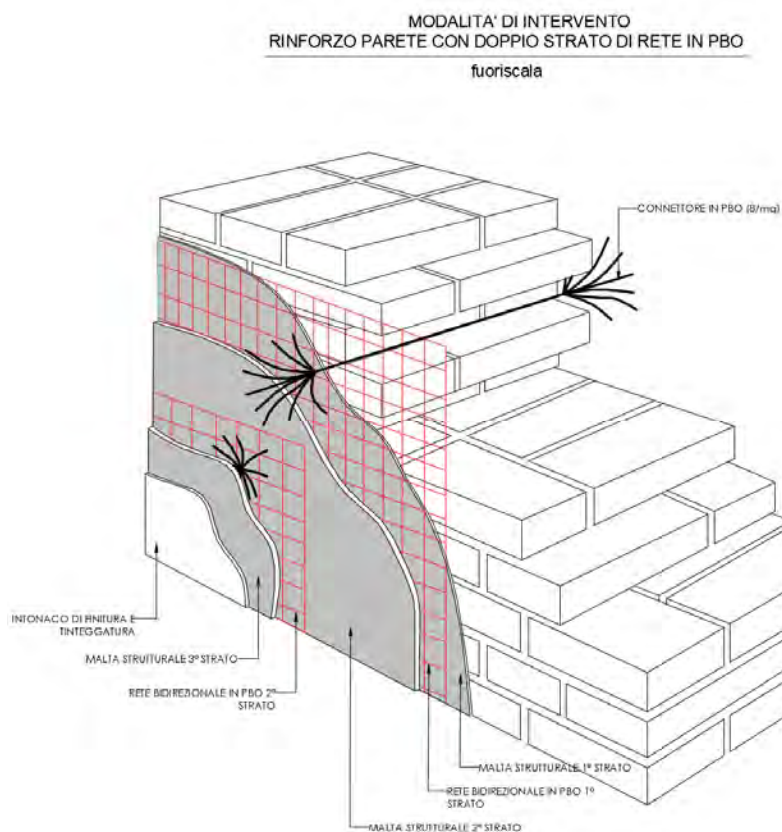
Gli FRCM a differenza degli FRP (carbonio), impiegano una matrice inorganica, costituita da un legante idraulico pozzolanico ed additivi specifici, perfettamente compatibile sotto il profilo chimico, fisico e meccanico con il supporto, con particolare riferimento alle murature.

Per quanto riguarda la fibra, l'FRCM scelto (PBO) ha prestazioni meccaniche pari o superiori ad un tradizionale FRP (carbonio) ma prestazioni riguardo al comportamento al fuoco nettamente superiori.

Tipo di fibra	Resistenza a trazione (MPa)	Modulo elasticità (GPa)	Deformazione a rottura (%)	Densità (g/cm <sup>3</sup> )	Resistenza al calore (°C)	Coef. di dilatazione termica $\alpha$ ( $10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ )
PBO	5800	270	2,5	1,56	650	-6
Carbonio (alta resistenza)	4100	240	1,6	1,75	1400	-1,45
Aramidica (Alto Modulo)	2800	109	2,4	1,45	550	-2
Aramidica	650	17	2,2	1,38	400	-2
Acciaio da costruzione	250-400 (snervamento) 350-600 (rottura)	206	20-30	7,8	--	+10,4
Vetro	3500	80	4,5	2,5	1200	+5,4

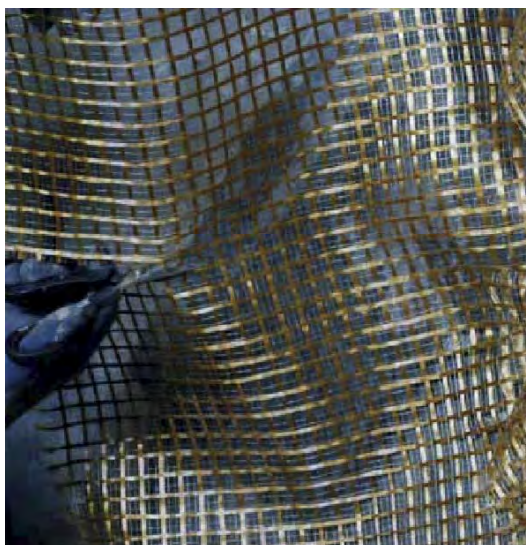
L'intervento è visibile nelle illustrazioni seguenti:





Il sistema può essere utilizzato negli interventi di rinforzo strutturale delle murature, in particolare per:

- ✓ incrementare la resistenza a taglio nei pannelli in muratura, della capacità portante di colonne e pilastri e eliminazione della formazione di cerniere su archi e volte, favorendo la redistribuzione delle tensioni all'interno della struttura;
- ✓ aumentare la duttilità nell'elemento rinforzato, con grande capacità di dissipazione dell'energia ed elevata affidabilità del sistema, anche se sottoposto a sovraccarichi di tipo ciclico (es. sisma);
- ✓ diminuire e/o annullare la possibilità di ribaltamento della parete.



Tipologia di rete in PBO

Al contempo tale sistema offre maggiori prestazioni rispetto ad un rinforzo tradizionale FRP a base di resina epossidica anche per quanto riguarda la sicurezza, l'affidabilità e la durabilità delle prestazioni meccaniche, ed in particolare i vantaggi possono essere riassunti come di seguito:

- ✓ elevata resistenza alle alte temperature: dopo l'indurimento della matrice, il sistema non è influenzato dalla temperatura esterna, a differenza degli FRP la cui resina perde le proprietà adesive fra 30°C e 80°C in funzione della sua temperatura di transizione vetrosa;
- ✓ ottima reazione al fuoco: il sistema assicura una reazione identica a quella del supporto poiché la matrice inorganica mantiene inalterate le sue caratteristiche fino alla temperatura di 550°C, non è combustibile, ha scarsa emissione di fumo e non rilascia particelle incandescenti;
- ✓ mantenimento della normale traspirabilità del supporto ed esclusione della formazione di condensazione superficiale, possibile fonte di degrado per le decorazioni murali presenti;
- ✓ elevata durabilità in condizioni di umidità ambientale: la matrice inorganica non ne viene influenzata, mentre la resina epossidica si degrada con prolungate esposizioni a elevati tassi di umidità ambientale;
- ✓ facilità di applicazione anche su superfici scabre e irregolari: non richiede una rasatura preliminare, necessaria per i sistemi FRP;
- ✓ atossicità delle matrici impiegate per gli operatori e per l'ambiente: sono infatti assimilabili ad una malta inorganica tradizionale, mentre le resine epossidiche sono nocive per inalazione e per contatto con la pelle e richiedono adeguate protezioni per gli operatori, quali maschere respiratorie e guanti.

Al fine di rendere ancor più efficace il rinforzo, si prevede l'uso di un sistema di connessione strutturale con fibre unidirezionali in PBO e matrice inorganica denominati "fiocchi" o "Joint".



Tipologia di Joint

Nel dettaglio, le pareti da rinforzare saranno sottoposte al seguente ciclo di lavorazioni:

#### **RIMOZIONE FINITURA ESISTENTE**

ASPORTAZIONE DELL'INTONACO ESISTENTE

#### **RISTILLATURA DEI GIUNTI**

ASPORTAZIONE MALTA DETERIORATA E RIGENERAZIONE DEI GIUNTI DI MALTA

#### **RINFORZO PANNELLO MURARIO (2 STRATI DI RETE IN PBO)**



### 1) PRIMO STRATO

- ✓ APPLICAZIONE DEL PRIMO STRATO DI MALTA STRUTTURALE (CONFORME ALLA NORMA UNI EN 998-2) DELLO SPESSORE DI 3-5 mm (secondo specifiche produttore).
- ✓ POSA IN RAPIDA SUCCESSIONE SULLA MALTA FRESCA DELLA RETE BIDIREZIONALE IN PBO CON SOVRAPPOSIZIONI DI ALMENO 10 cm. LA RETE DEVE ESSERE STESA CON CURA ESERCITANDO UNA CERTA PRESSIONE AL FINE DI PERMETTERE ALLA MALTA SOTTOSTANTE DI PENETRARE ATTRAVERSO LE MAGLIE
- ✓ PROCEDERE CON IL SECONDO STRATO DI MALTA STRUTTURALE DELLO SPESSORE DI 3-5 mm (secondo specifiche produttore).

### 2) SECONDO STRATO

- ✓ POSA IN RAPIDA SUCCESSIONE SULLA MALTA FRESCA DELLA RETE BIDIREZIONALE IN PBO CON SOVRAPPOSIZIONI DI ALMENO 10 cm. LA RETE DEVE ESSERE STESA CON CURA ESERCITANDO UNA CERTA PRESSIONE AL FINE DI PERMETTERE ALLA MALTA SOTTOSTANTE (SUL SECONDO STRATO DI MALTA APPLICATA AL PRIMO STRATO DI RETE IN PBO) DI PENETRARE ATTRAVERSO LE MAGLIE.

### 3) INSERIMENTO CONNETTORI (FIOCCHI)

- ✓ PRATICARE I FORI NEL SUPPORTO DOPO L'APPLICAZIONE DEL RINFORZO STRUTTURALE MEDESIMO, A INDURIMENTO DELLA MATRICE AVVENUTO.
- ✓ ELIMINARE POLVERE E PARTI INCOERENTI PRODOTTE CON LA PERFORAZIONE ALL'INTERNO DEL FORO PER GARANTIRE LA MIGLIORE ADESIONE DELLA MATRICE AL SUPPORTO.
- ✓ INSERIRE IL FIOCCO CON UNA LUNGHEZZA PARI A QUELLA DEL FORO AUMENTATA DI 15 cm PER OGNI ESTREMITA' DA ANCORARE ALLA SUPERFICIE DELLA PARETE.
- ✓ SFILARE DALL'ESTREMITA' DEL FIOCCO LE FIBRE DALLA RETE DI CONTENIMENTO DEL CONNETTORE AVENDO CURA DI NON ESTRARLA COMPLETAMENTE MA SOLO PER LA LUNGHEZZA CHE DOVRA' ESSERE INSERITA NEL FORO.

### 4) SFOCCATURA DEI CONNETTORI

- ✓ PROCEDERE ALL'APERTURA DEL FASCIO DI FIBRE IN PBO DEI CONNETTORI PER FAVORIRE LA SUCCESSIVA IMPREGNAZIONE DELLA MATRICE.

### 5) RASATURA

- ✓ PROCEDERE CON IL TERZO STRATO DI MALTA STRUTTURALE DELLO SPESSORE DI 3-5 mm (secondo specifiche produttore).

### **FINITURA**

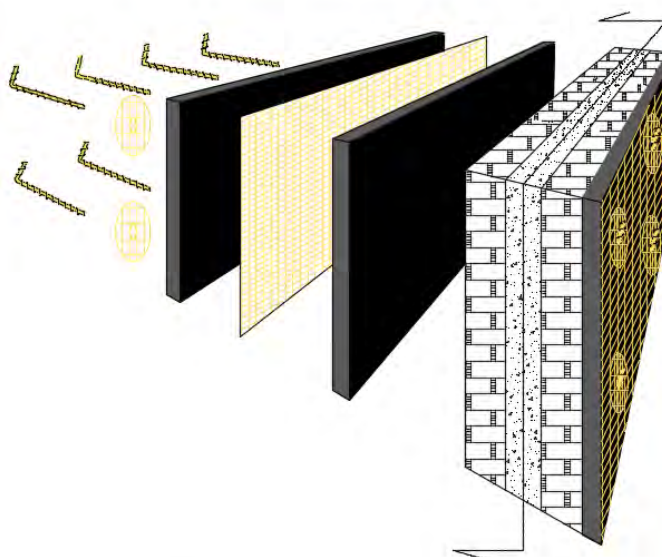
- ✓ SI CONCLUDE IL CICLO CON L'APPLICAZIONE DI INTONACO DA FINITURA PER UNO SPESSORE DI 5-10 mm E LA TINTEGGIATURA IN TINTA

Il ciclo è riferito alle pareti che prevedono 2 reti in PBO, per le pareti in cui si prevede un singolo strato in PBO la procedura è analoga a meno della posa del secondo strato.

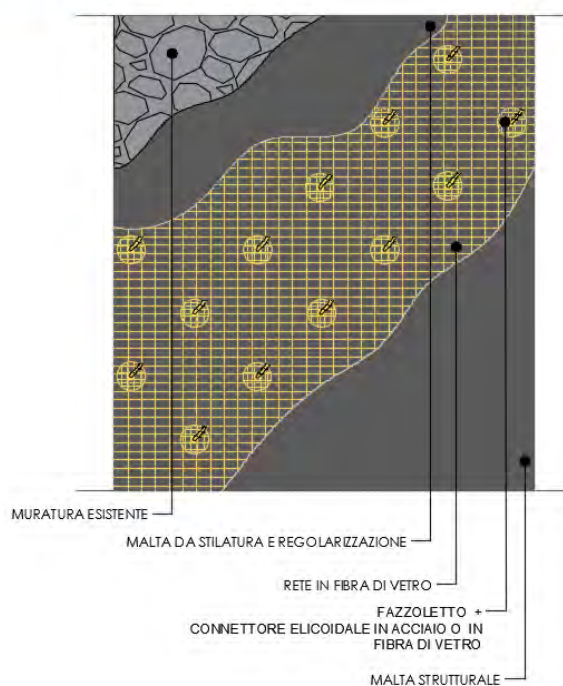
Lo spessore delle pareti rinforzate sarà di circa 2/3 cm superiore allo spessore delle pareti prima del rinforzo. Tutti gli interventi previsti non andranno a modificare lo sviluppo planimetrico dell'edificio.

#### 4.1.3. Rinforzo pareti con intonaco armato

La tecnica consiste nell'applicare una rete in fibra di vetro sulla superficie del paramento murario prevedendo degli opportuni distanziali per tenere la rete staccata dal supporto di 1,5 cm circa fissata con gli appositi connettori e concludere con la posa di una malta strutturale.



PROSPETTO



L'intervento viene realizzato mediante le seguenti fasi lavorative:

- 1- asportare l'intonaco e le parti incoerenti;
- 2- Applicare uno strato di malta per regolarizzare il sottofondo
- 3- Applicare la rete in fibra di vetro
- 4- Forare la muratura, inserire i connettori (in acciaio o in fibra di vetro) e iniettare la restante matrice fino a rendere il foro saturo
- 5- ricoprire con la malta strutturale.

#### **4.1.4. Realizzazione di setti in c.a. in sostituzione di parti in muratura portante**

Dove gli interventi di rinforzo illustrati in precedenza non garantivano gli adeguati indici, si è dovuto prevedere la sostituzione di porzioni di muratura portante con setti in c.a.

Tali setti sono impostati sulla fondazione esistente e si estendono fino al solaio come illustrato negli elaborati progettuali.

#### **4.1.5. Iniezione nel terreno di resine espandenti**

Il miglioramento delle caratteristiche del terreno nella zona di giunzione tra i 2 corpi di fabbrica (scuola e palestra) avviene mediante iniezione di resine espandenti.

Il fine di prevenire il peggioramento del quadro fessurativo attuale è necessario ridurre gli stati tensionali agenti sul terreno attraverso il ricorso all'ampliamento dell'impronta fondale del fabbricato o all'aumento della sua capacità portante. Questo tipo di intervento risulta, allo stato attuale, non privo di oggettive difficoltà di esecuzione dovute alla conformazione del fabbricato in oggetto.

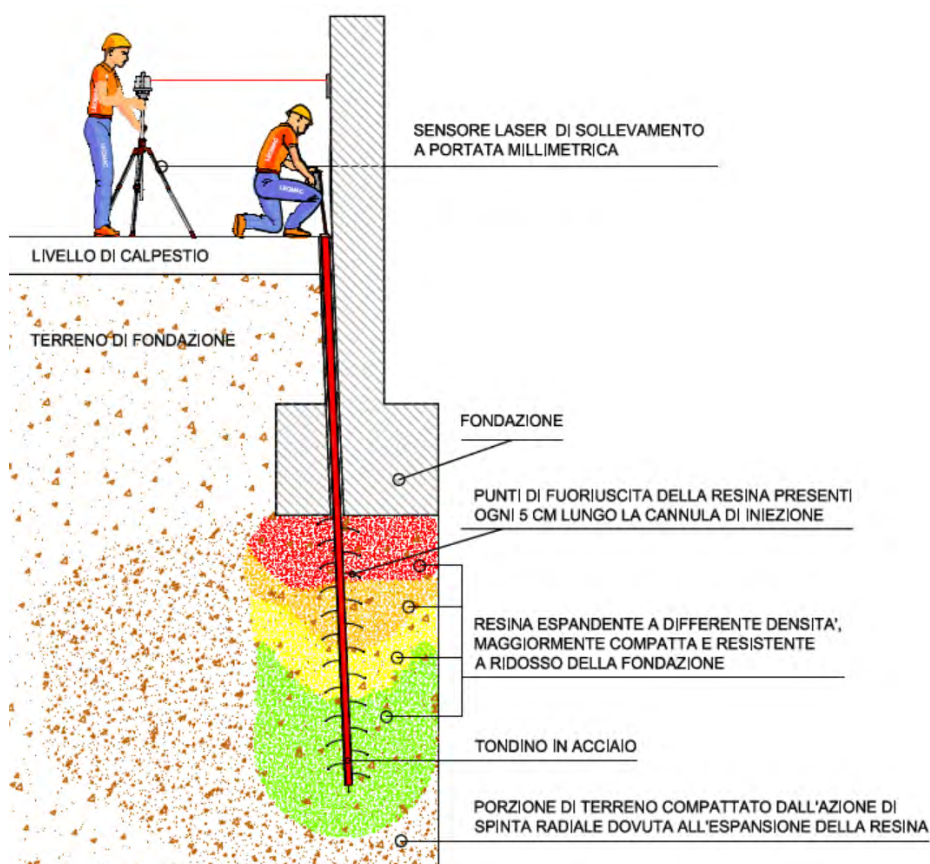
Per tali motivi si è ritenuto preferibile ricorrere al consolidamento del terreno di fondazione, limitatamente alla porzione interessata dal cedimento, mediante l'iniezione nel sottosuolo di resine espandenti evitando di ricorrere a scavi per la realizzazione di sottomurazioni, sottofondazioni e fondazioni profonde che richiederebbero spazi e tempi non compatibili con la situazione in essere.

L'intervento prevede l'esecuzione di perforazioni ad inclinazione variabile a partire dal piano di lavoro, ed eventualmente attraverso le fondazioni, e la successiva iniezione di materiale polimerico a diffusione controllata nei volumi di terreno interessati dal cedimento differenziale al fine di ottenere, in seguito all'espansione e all'indurimento della resina, incrementi nei valori di resistenza a rottura, incremento del carico ammissibile e dei moduli di elasticità del terreno.



L'intervento di consolidamento mediante resine espandenti garantisce il miglioramento delle caratteristiche tecniche del terreno lungo tutto il tratto compreso tra il piano di calpestio e la profondità di progetto. L'intervento viene realizzato mediante le seguenti fasi lavorative:

- 1- perforazione della fondazione attraverso punte del diametro massimo di 26 mm ad un interasse di circa 70-90 cm;
- 2- introduzione della cannula di iniezione attraverso la fondazione con spinta della stessa, nel terreno, fino alla profondità desiderata;
- 3- introduzione di un tondino in acciaio del diametro di circa 14-16 mm all'interno della cannula di iniezione;
- 4- applicazione del rilevatore, a portata millimetrica, per il monitoraggio del consolidamento e sollevamento dell'edificio;
- 5- iniezione della resina espandente a libera diffusione che attraverso la cannula consoliderà il terreno per tutto il tratto di lunghezza della cannula;
- 6- taglio della cannula a livello superficiale e chiusura del foro mediante malta cementizia.



## 5. PIANO DI SICUREZZA

E' stato redatto il Piano della sicurezza e di coordinamento ai sensi del D.L. 81/08 e s.m.i. comprensivo del calcolo degli oneri della sicurezza.

## 6. CANTIERIZZAZIONE

La cantierizzazione è di per sé banale in quanto si prevede di intervenire sulla struttura libera da ogni presenza. La funzionalità delle aule infatti non potrà essere garantita durante i lavori; pertanto l'attività dell'asilo dovrà essere riallocata per l'intera durata dei lavori.

Poiché l'edificio si sviluppa su un solo piano e non sono previste lavorazioni in copertura, non sarà necessario prevedere l'uso di ponteggi. Si ritiene sufficiente l'uso di trabatelli per completare le lavorazioni in quota.

## 7. TEMPI DI REALIZZAZIONE

Si prevede una durata dei lavori pari a 180 giorni naturali e consecutivi.

## 8. DISPONIBILITA' DELLE AREE

Le aree sono tutte nella disponibilità dell'Ente e non si prevedono quindi occupazioni o acquisizione di nuove aree.

## 9. IMPORTO DEI LAVORI

---

L'importo dei lavori a base d'asta del presente progetto ammonta a complessivi Euro 562.340,20.

dei quali:

Euro 539.852,45 per lavori a base d'asta;

Euro 22.478,75 per oneri della sicurezza non assoggettabile a ribasso d'asta.

L'importo totale dello stanziamento del presente progetto ammonta a complessivi Euro 900.000,00 dei quali Euro 337.659,80 per somme a disposizione dell'Amministrazione.