

COMUNE DI CASTELFRANCO – PIANDISCO’  
**PROVINCIA DI AREZZO**



**PROGETTO DEFINITIVO – ESECUTIVO**

**ADEGUAMENTO STATICO, MIGLIORAMENTO SISMICO  
ED EFFICIENTAMENTO ENERGETICO**

**SCUOLA ELEMENTARE DI FAELLA**

**ALL. STR. 09**

**OGGETTO: A3 - Relazione Generale  
Relazione Tecnica**

Arezzo, 14 dicembre 2017

**Ing. ENRICO GENNAI**  
**Studio di Ingegneria**  
via G. Ferraris, 204 - 52100 AREZZO  
tel. 05751827169 – fax 05751827176 - p.i. 01746100518

**Adeguamento Statico e Miglioramento sismico**  
**Efficientamento Energetico**



**SCUOLA ELEMENTARE DI FAELLA**

Comune di Castelfranco – Piandiscò

---

**PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO**

***A. Premessa***

La presente Relazione ha per oggetto l'intervento previsto nella Programmazione dei Lavori Pubblici dall'amministrazione del comune di Castelfranco Piandiscò relativo all'**adeguamento statico e miglioramento sismico** della scuola elementare di Faella.

Tale intervento si rende necessario in seguito alle risultanze del lavoro di "Valutazione della Vulnerabilità sismica della Scuola Primaria di Faella" redatto dallo scrivente in seguito ad incarico dell'amministrazione comunale di Castelfranco – Piandiscò, con determina del Responsabile Ufficio Lavori Pubblici e Patrimonio n. 296 del 13/12/2016.

Secondo quanto disposto nell'OPCM 3274/2003 è fatto obbligo di procedere a verifica per tutti gli edifici, costruiti prima del 1984 (vedi comma 5), rilevanti in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso (vedi art. 2 comma 3).

L'edificio scolastico esaminato rientrava in questa categoria in quanto, oltre ad essere un edificio rilevante così come definito nell'Allegato B (D.G.R. 28 novembre 2003, n. 3645), è stato costruito negli anni '50 ed ha subito un importante intervento di ampliamento e sopraelevazione negli anni che vanno dal 1973 (Vedi Progetto Architettonico) fino al 1978 (Vedi Collaudo Finale delle opere strutturali).

Con tale lavoro è stato adempiuto agli obblighi che scaturiscono dall'OPCM 3274/2003 e dal DM 14/01/2008, così riassunti:

1. Valutazione dell'opera rispetto alle azioni controllate dall'uomo, ossia prevalentemente ai carichi permanenti e alle altre azioni di servizio;
2. Valutazione dell'opera rispetto alle azioni ambientali non controllabili dall'uomo (neve, vento, sisma) e soggette ad ampia variabilità nel tempo ed incertezza nella loro determinazione.

Le risultanze del lavoro svolto sono le seguenti:

1. Inadeguatezza delle strutture portanti della scuola elementare di Faella alle azioni statiche;
2. Inadeguatezza delle strutture portanti della scuola elementare di Faella alle azioni sismiche.

Con Ordinanza del Sindaco la scuola è stata chiusa valutando la necessità di programmare fin da subito interventi di adeguamento statico e miglioramento sismico della scuola oggetto di studio.

In data 23/10/2017 è stato depositato un primo Progetto di Fattibilità caratterizzato dagli interventi strutturali necessari per il consolidamento statico ed il miglioramento sismico della scuola primaria.

Durante l'approvazione del richiamato lavoro è stato deciso di implementare l'impegno per conseguire anche un adeguato livello di efficientamento energetico dell'involucro edilizio. Per questo sono stati richiesti nuove lavorazioni che possiamo riassumere nei seguenti punti:

- Isolamento e Coibentazione della copertura esistente e sostituzione dell'attuale manto di copertura con tegole portoghesi;
- Rimozione e sostituzione dell'attuale controsoffitto al piano primo;
- Ristrutturazione impianto di illuminazione dell'intero edificio scolastico;
- Ristrutturazione dei bagni del piano primo con ampliamento dei bagni esistenti e introduzione di un nuovo w.c. per disabili;
- Ampliamento di alcune aule sia al piano terra che al piano primo dell'edificio;
- Coibentazione delle facciate esposte a Nord e di quelle esposte ad Est ed Ovest con cappotto termico;
- Realizzazione di grondino laterale di copertura in conseguenza all'aumento di spessore della parete di tamponamento a seguito del cappotto termico sopra richiamato;
- Sostituzione degli infissi esistenti nelle aule esposte a Nord;

- Sostituzione della caldaia esistente e realizzazione di nuova centrale termica;
- Consolidamento intonaco delle pareti esterne dell'edificio originario e successiva pitturazione;
- Ripresa intonaco sulle pareti interne dell'edificio sulle zone interessate dall'intervento strutturale e successiva pitturazione;
- Realizzazione di scala esterna di emergenza a servizio al piano terra;
- Interventi di riorganizzazione funzionale

Tutte queste richieste hanno portato lo scrivente a valutare altresì la possibilità di conseguire un ulteriore miglioramento della struttura attraverso un'analisi più complessa dell'edificio, anche a seguito dei risultati delle analisi di laboratorio sugli elementi strutturali, e soprattutto per la possibilità di intervenire in maniera più efficace proprio per le conseguenze naturali derivanti dagli ulteriori lavori sopra relazionati.

La possibilità di "smontare" completamente la facciata a Nord consente l'introduzione di nuovi rinforzi strutturali che, nonostante i risultati ancor più penalizzanti dovuti alla nuova caratterizzazione dei materiali, si sono dimostrati efficaci migliorando il tempo di ritorno finale di 333 anni, **pari al 75%** dell'azione sismica richiesta per un adeguamento secondo le Norme Tecniche sulle costruzioni attualmente vigente (l'obbligo di miglioramento richiesto per le scuole, anche secondo le nuove NTC che a breve saranno in vigore, è pari ad almeno il 60%).

I principali elementi strutturali introdotti, oltre ai già previsti rinforzi dei nodi travi-colonna, sono i seguenti.

- Irrigidimento della scatola muraria con l'introduzione di un **nuovo setto in c.a.**, opportunamente sotto-fondato, da realizzarsi tra i bagni del piano terra e l'adiacente locale adibito a mensa;
- Rinforzo di 3 maschi murari e 4 fasce di piano delle murature esistenti attraverso iniezioni armate;
- Realizzazione di nuovi setti in c.a. ad incrementare le dimensioni dei pilastri in c.a. posti nella facciata esterna (prospetto nord);
- Consolidamento della trave perimetrale tra i pilastri rinforzati di cui al punto precedente attraverso la realizzazione di una nuova trave "ribassata" ed il taglio della trave a "spessore" estradossata rispetto ai pilastri esistenti;

- Rinforzo dei nodi trave-colonna ove non realizzato i setti in c.a.

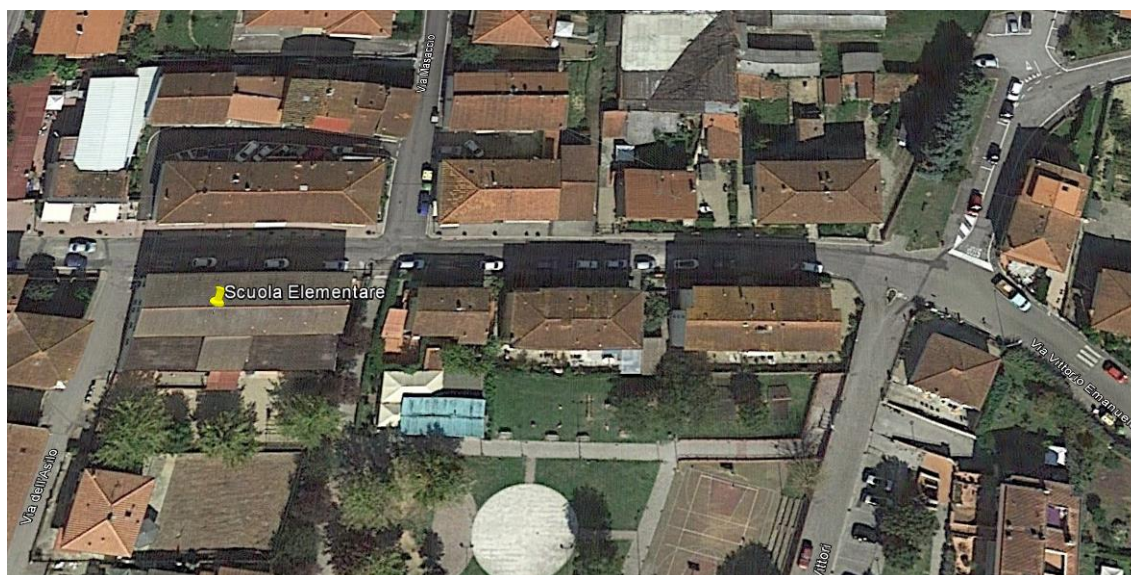
## ***B. Informazioni a carattere generale***

L'edificio è di proprietà comunale adibito a scuola elementare.





Geograficamente la scuola primaria oggetto del presente lavoro è situata in località Faella, Comune di Castelfranco – Piandiscò, lungo l’asse viario denominato Via Vittorio Emanuele alle intersezioni delle strade che lo delimitano longitudinalmente chiamate Via dell’Asilo e Via Masaccio.



Come si evince dalla foto aerea, il fabbricato, centrato sul lotto di proprietà, non è né strutturalmente, né architettonicamente influenzato dai fabbricati limitrofi esistenti.

### ***C. Modalità di Analisi Valutazione Vulnerabilità Sismica***

Sulla base delle norme NTC2008, attualmente in vigore, l'analisi svolta, in linea di principio, è stata condotta prevedendo i seguenti passi:

6

- **Descrizione generale edificio in riferimento al layout architettonico e alla impostazione strutturale;**
  - a. Composizione architettonica edificio originario
  - b. Composizione architettonica: ristrutturazione anni '70
  - c. Composizione strutturale
- **Ricerca storico – documentale e analisi delle tavole architettoniche, strutturali, del collaudo statico e delle opere impiantistiche;**
- **Analisi della normativa di riferimento;**
  - a. Norme di progettazione vigenti all'epoca della costruzione
  - b. Quadro normativo di riferimento adottato
- **Caratterizzazione morfologica e sismica del sito;**
- **Quadro fessurativo e vulnerabilità visive;**
- **Determinazione del Livello di conoscenza ottenibile;**
  - a. Determinazione Livello di conoscenza delle opere in c.a.
  - b. Determinazione del livello di conoscenza delle opere in muratura
- **Verifica dei solai (relativamente alla capacità portante e alla sicurezza dei suoi elementi);**
- **Caratterizzazione degli elementi strutturali;**
  - a. Murature portanti
  - b. Indagini sul calcestruzzo
  - c. Indagini sulle barre di acciaio
  - d. Indagini sugli orizzontamenti
  - e. Indagini dei componenti accessori ed impiantistici ai fini sismici
- **Azioni di progetto sulle costruzioni;**
- **Modellazione strutturale;**
- **Analisi Strutturale;**
  - a. Analisi Statica
  - b. Analisi Vulnerabilità sismica
- **Progetto Interventi per adeguamento statico e miglioramento sismico;**
  - a. Progetto Interventi per adeguamento verifiche statiche
  - b. Progetto Interventi per miglioramento verifiche sismiche
- **Quantificazione degli oneri;**
  - a. Quantificazione oneri per interventi di adeguamento delle verifiche statiche
  - b. Quantificazione oneri per interventi di miglioramento delle verifiche sismiche

## ***D. Descrizione generale edificio***

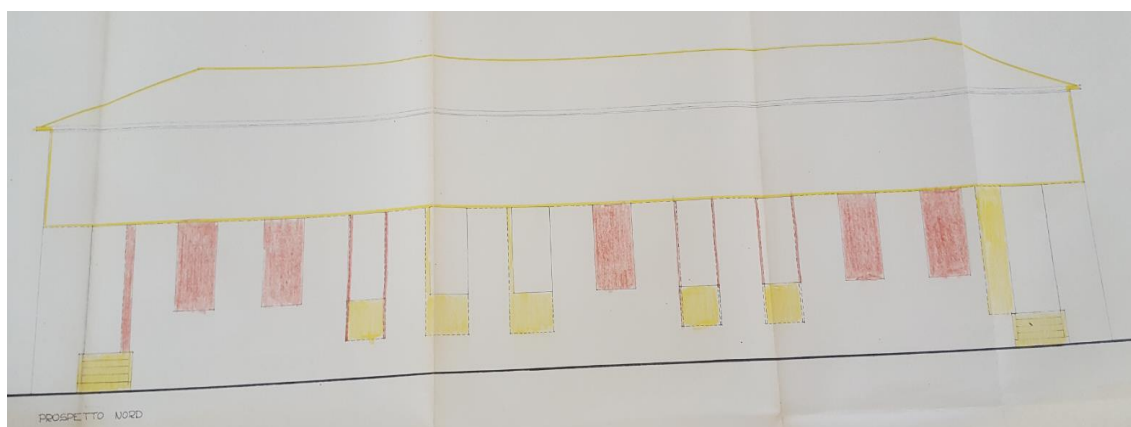
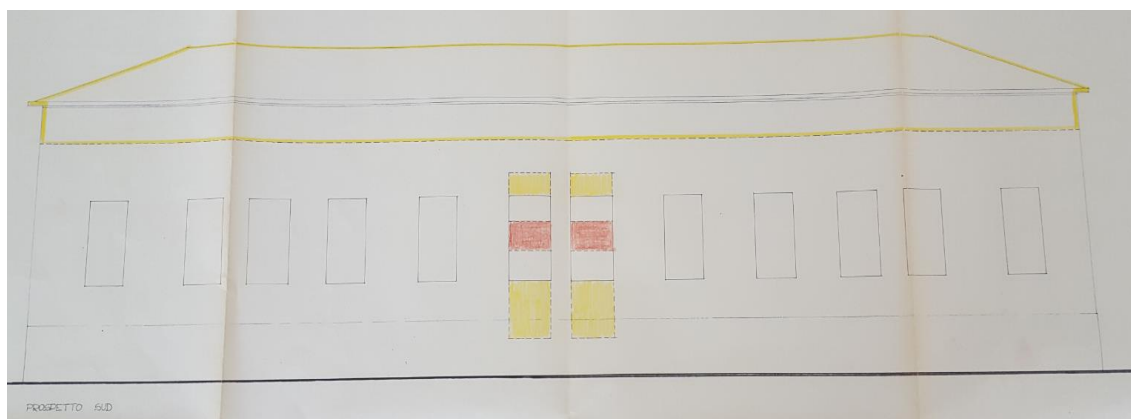
### **D1 – Composizione architettonica edificio originario**

L'immobile oggetto di verifica è una palazzina strutturalmente autonoma. La destinazione d'uso di tale immobile è sempre stata di scuola primaria dell'abitato di Faella. Alcuni locali posti al piano terreno sono riservati ad uffici e sala consiliare a servizio dell'amministrazione comunale.

Attraverso ricerca documentale storica è stato trovato materiale sufficiente a determinare parzialmente la reale evoluzione della costruzione del fabbricato.

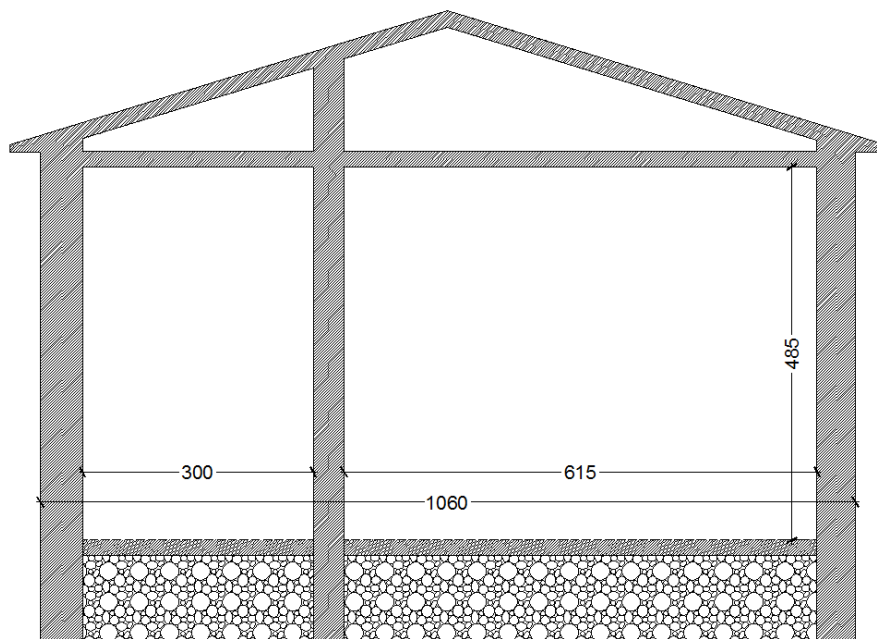
Tali considerazioni, di seguito evidenziate, appaiono suffragate anche da considerazioni tipologiche e di rilievo, oltre ad indicazioni fornite dagli abitanti del paese.

L'edificio originario, con struttura portante in muratura, edificato negli anni '50 si sviluppava su un unico piano fuori terra. Di forma rettangolare aveva dimensioni minime e massime rispettivamente pari a circa 10 x 33 m.





da queste due immagini (riprese dalla tavola di sovrapposto in occasione della sopra chiamata ristrutturazione) si intuisce lo stato ante ristrutturazione.

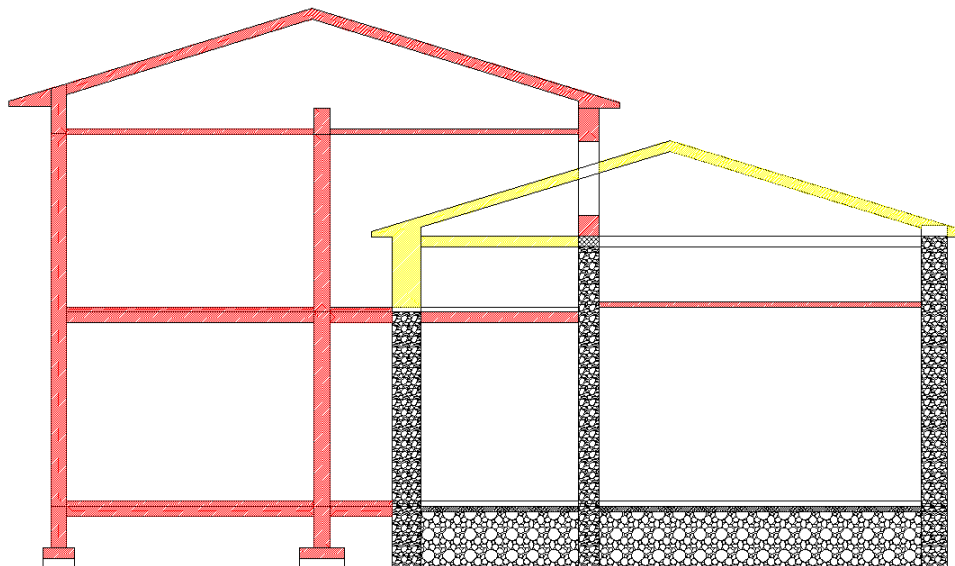


Sulla base delle tavole architettoniche di progetto della ristrutturazione abbiamo ricostruito la sezione trasversale dell'immobile originario evidenziando la presenza della muratura di spina oltre i muri perimetrali, a sostegno del solaio di sottotetto e la sovrastante copertura a padiglione.

## **D2 – Composizione architettonica: ristrutturazione anni '70**

L'importante intervento di ristrutturazione degli anni '70 modifica profondamente il nucleo originario attraverso operazioni di ampliamento e sopraelevazione.

Di seguito viene riportata una nostra ricostruzione schematica della sezione trasversale nella quale sono stati evidenziati in giallo gli interventi di demolizione ed in rosso gli interventi di ricostruzione che hanno trasformato la scuola originaria nell'edificio attualmente esistente.

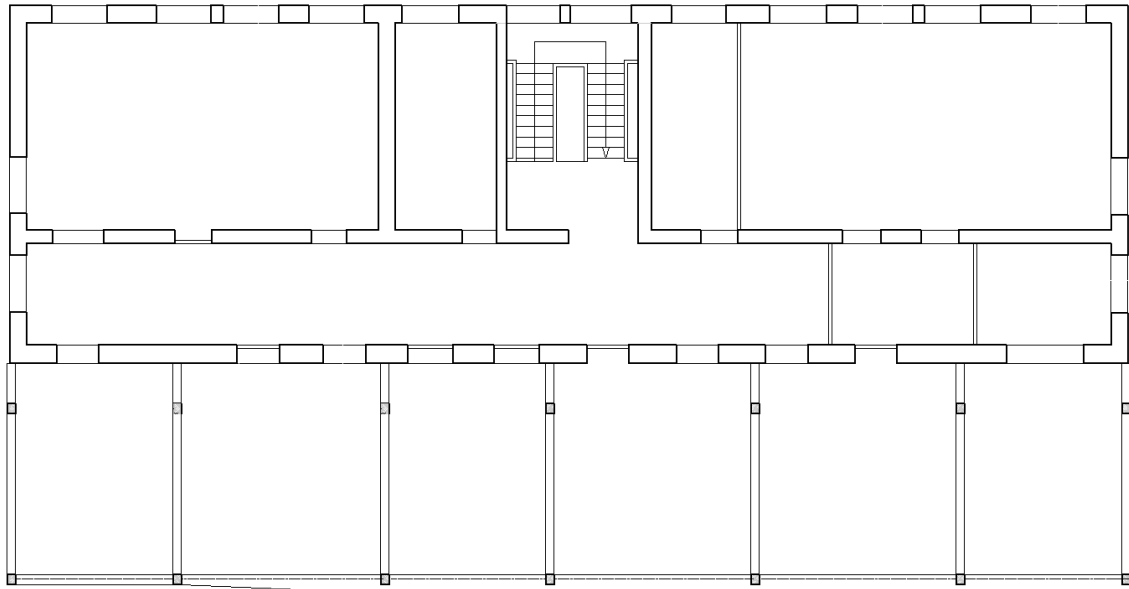


In particolare si vede che l'ampliamento, realizzato con telaio costituito da travi e pilastri in cemento armato, si sviluppa su due piani fuori terra e solo parzialmente si interseca con il nucleo originario.

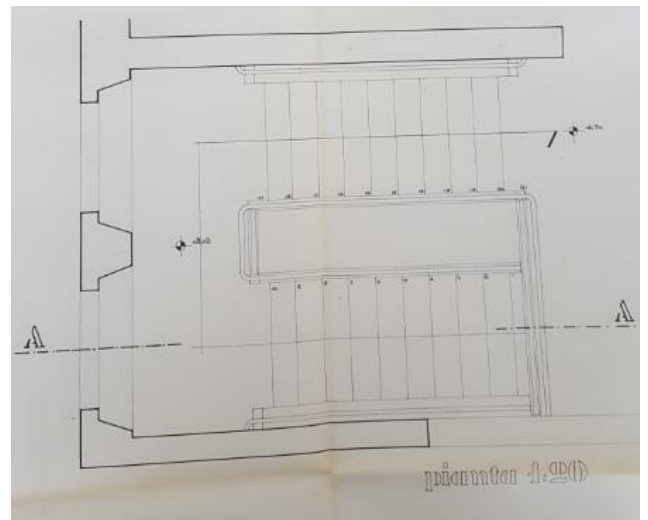
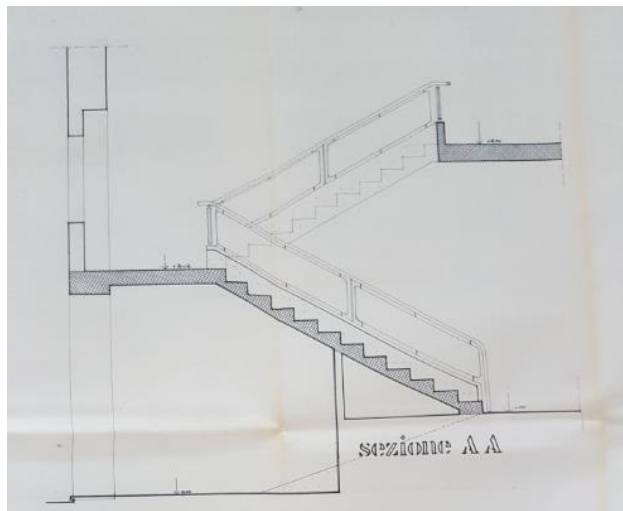
La copertura della zona sopraelevata è a capanna mentre parte dell'edificio originario mantiene una copertura piana ad eccezione del vano scala ad unica falda.

Il telaio in cemento armato, indipendente sia al piano rialzato che al piano primo, si collega al piano secondo sulla muratura esistente rialzata fino ad arrivare alla quota d'imposta delle gronde.

Il collegamento fra i due piani è garantito da una scala in c.a. ricavata in un vano della struttura in muratura.



Di seguito si riporta il particolare esecutivo del progetto di ristrutturazione



### **D3 – Composizione strutturale**

Sono state realizzate campagne sperimentali sui materiali strutturali dell'edificio scolastico per conseguire un Livello di Conoscenza del Fabbricato LC2. In particolare sono state condotte indagini sugli orizzontamenti, sulle murature portanti e sulle strutture in cemento armato.

Dalle Indagini sopra richiamate, e allegate alla presente, e dalla caratterizzazione dei materiali di cui alla pratica strutturale depositata al Genio Civile di Arezzo, è possibile attribuire agli elementi strutturali le seguenti caratteristiche:

#### **FONDAZIONI**

Le fondazioni sono di tipo:

- Continuo sulle murature portanti costituite da allargamento della muratura in pietrame ad una profondità tale da raggiungere il livello del terreno portante indisturbato.
- A travi rovesce per l'ampliamento in c.a.

#### **MURATURE PORTANTI**

L'edificio originario è stato costruito in muratura portante con blocchi di pietra non squadri e sporadica presenza di pezzame di mattoni pieni. Lo spessore della muratura è 50 cm per le murature esterne del nucleo originario, 40 cm per le murature interne.

Le eccezioni sono costituite da:

- muro di divisione tra i bagni adiacenti alla sala consiliare e il vano scale costituito da muratura in mattoni pieni (12x25) disposti di testa – Spessore della muratura, escluso intonaco, 25 cm.
- Sopraelevazione delle murature al piano primo del fabbricato realizzati con mattoni pieni (muratura di appoggio delle travi in c.a. del secondo piano e muro di divisione tra vano scala e zona adibita a ripostiglio).

Per una migliore individuazione delle varie tipologie vedi Tavola di caratterizzazione dei materiali strutturali allegata alla presente.

## TELAIO IN CEMENTO ARMATO

Come già detto la parte in ampliamento è stata realizzata con telaio strutturale in cemento armato. Lo schema strutturale risulta regolare e ripetitivo così schematizzato:

- I pilastri sono tutti della stessa sezione 25x30cm con il lato corto disposto nella direzione longitudinale. Le armature, ad aderenza migliorata, sono costanti:
  - 6 barre longitudinale filanti ( $\varnothing 14$  al piano terra e  $\varnothing 12$  al piano primo)
  - staffe sono a passo costante di 15 cm (armatura  $\varnothing 6$ ).
- Le travi sono del tipo “ricalato” ad eccezione della trave perimetrale costituente il collegamento dei pilastri di facciata del prospetto nord realizzata con trave a spessore (55x20cm) estradossata rispetto al filo dei pilastri e veletta ricalata a costituire il filo della trave della prima campata invece realizzata ricalata.

Le armature, diversificate tra gli appoggi e la mezzeria, sono riportate negli allegati grafici di progetto e sono comunque corrispondenti alle armature previste nel progetto originario depositato al genio civile ad eccezione di modeste modifiche sulla trave longitudinale del secondo piano (prospetto nord).

## ORIZZONTAMENTI

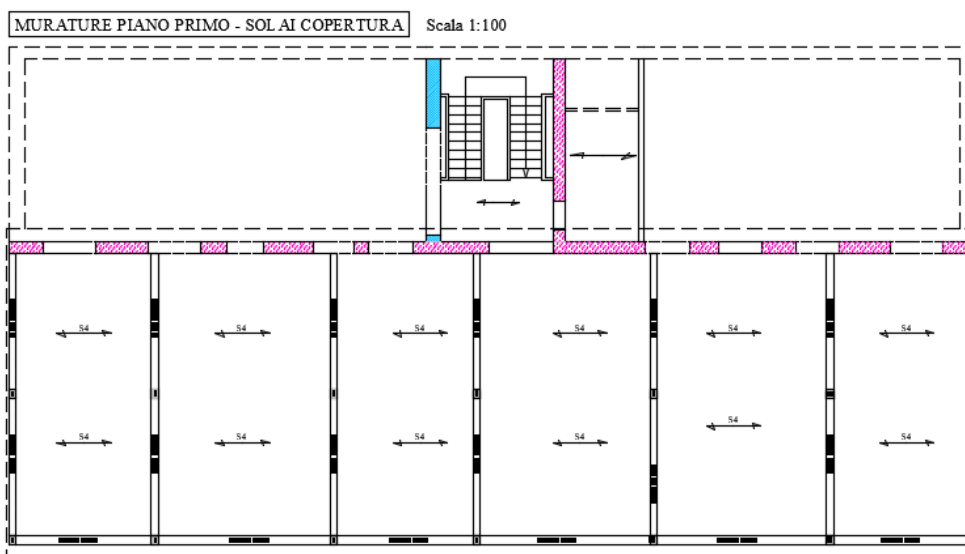
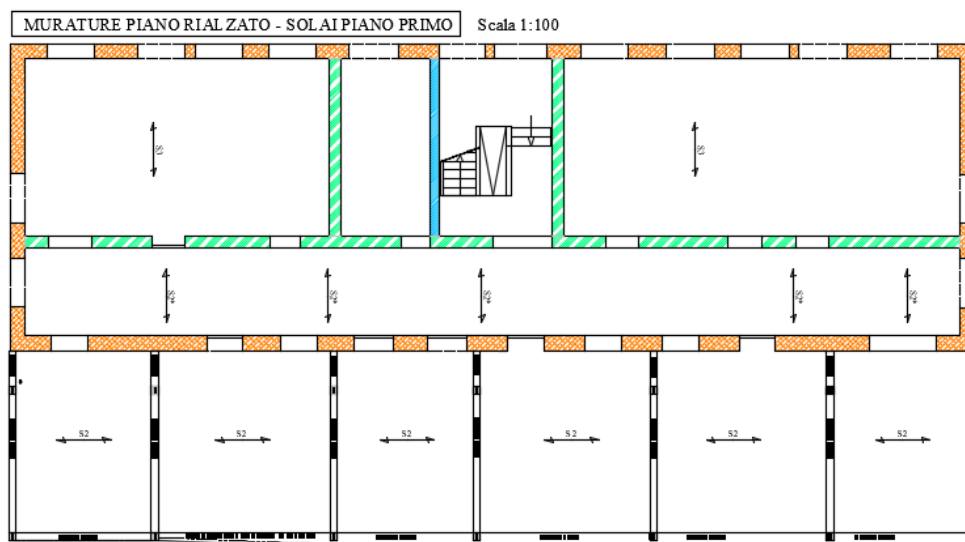
I solai dell'edificio scolastico, sono così individuati:

- **Piano rialzato**
  - vespaio e sovrastante caldana non armata nella parte del nucleo originario;
  - solai con travetti precompressi e sovrastante soletta armata al piano nella copertura a padiglione;
- **Piano Primo**
  - solai di tipo semi-prefabbricato in laterizio nella zona ampliata negli anni '70 ;
  - Solaio con putrelle in acciaio e tavelloni nella zona disimpegno (corridoio);
- **Coperture**
  - solai con travetti precompressi e sovrastante soletta armata al piano nella copertura a padiglione;





- solai di tipo semi-prefabbricato in laterizio nella copertura ad unica falda del vano scala;
- solai con travetti tipo Varese e tavellone nelle coperture piane (mensa e sala consiliare).

L'organismo strutturale risulta quindi di tipo misto, tipico di quel periodo storico, in quanto il telaio in cemento armato veniva attestato alla muratura portante esistente.

Tutto questo è meglio riepilogato nell'immagine sottostante che rappresenta le tavole di carpenteria del piano rialzato e del piano primo dove è chiaramente leggibile la muratura portante (retinata) ed il telaio di pilastri e travi in ampliamento.



## ABACO MURATURE

TIPOLOGIA MURATURA	Spessore muratura	Individuazione
Muratura in mattoni pieni (12x25) disposti di testa	28 cm	
Muratura in blocchi di pietra non squadri e sporadica presenza di mattoni pieni, con ricorsi in mattoni pieni	40 cm	
Muratura in blocchi di pietra non squadri e sporadica presenza di mattoni pieni, con ricorsi in mattoni pieni	50 cm	
Muratura in blocchi di pietra non squadri fino ad una altezza di 150 cm dal piano di calpestio, poi mattoni pieni	40 cm	

## ***E. Ricerca Storico – Documentale***

L'ufficio tecnico del comune ha fornito la seguente documentazione:

15

- File digitalizzato del rilievo della pianta del piano terra e del piano primo finalizzato alla redazione della tavola per le emergenze
- Rapporto Tecnico – Libretto dei Soffitti Scuola Primaria

### **Progetto di Ristrutturazione – data 7/12/1973**

- Tav. 0 – Stato Attuale e Sovrapposizioni
- Tav. 1 – Planimetria generale e Pianta delle Fondazioni
- Tav. 3 – Pianta P. I° con indicazione delle utenze per gli impianti
- Tav. 4 – Sezioni: A-A, B-B, C-C
- Tav. 5 – Prospetti fronti Nord e Sud Est e Ovest
- Tav. 6 – Sezioni esecutive
- Tav. 7 – Sezioni esecutiva vano scala con particolari
- Planimetria
- Relazione
- Dimensionamento di massima delle nuove strutture
- Computo Metrico Estimativo
- Elenco Prezzi
- Analisi dei Prezzi
- Collaudo Amministrativo

Sulla base della sopra riportata documentazione è stata condotta, presso il genio civile di Arezzo, la ricerca della pratica strutturale.

Documentazione trovata al Genio Civile di Arezzo:

### **Progetto di Ristrutturazione – data 7/12/1973**

- Tav. 2 – Pianta P.T. con indicazione delle utenze per gli impianti
- Tav. 1 – Fondazioni – Travi Piano Terra – Pilastrini
- Tav. 2 – Travi Primo Piano
- Tav. 3 – Travi Sottotetto
- Relazione a corredo del progetto delle strutture in c.a.
- Relazione di calcolo dei solai
- Collaudo Strutturale

Tutta la documentazione sopra elencata si riferisce al progetto di ristrutturazione degli anni 70. Non si è trovato nessun riferimento al nucleo originario.



**Ing. ENRICO GENNAI**  
**Studio di Ingegneria**

via G. Ferraris, 204 - 52100 AREZZO  
tel. 05751827169 - fax 05751827176 - p.i. 01746100518

Dall'analisi della documentazione visionata e dalle ricerche effettuate emerge quanto segue:

- Il progetto architettonico è stato redatto da: **Arch. Francesco Re**
- Il progettista delle Opere in c.a. e Direttore dei Lavori: **Arch. Angelo Greco**
- Collaudatore Statico: **Ing. Poggesi Gilberto**
- Impresa Costruttrice: **F.lli Taddeucci**
- Non sono disponibili certificati di prova e/o di accettazione dei materiali in opera ma sono indicate le caratteristiche di progetto;

Di seguito un estratto del Collaudo Statico depositato al Genio Civile di Arezzo in data 2 Marzo 1978

16

REGIONE TOSCANA  
02.MAR.1978  
N° 2311

AMPLIAMENTO E RISTRUTTURAZIONE DELLA SCUOLA ELEMENTARE COMUNALE DI PAELLA - COMUNE DI PIANDISCO' (Arezzo).

RELAZIONE DI COLLAUDO

PROPRIETA': Comune di Piandisco' (Arezzo)

PROGETTISTA DELLE OPERE IN C.A. E DIRETTORE DEI LAVORI: Arch. Greco Angelo dell'Ordine degli Architetti della Toscana n° 1159.

DENUNCIA GENIO CIVILE: assunta al protocollo al n° 2825 in data 6/4/76 (attestazione n°6483)

IMPRESA COSTRUTTRICE: Impresa F.lli Taddeucci.

COLLAUDATORE: Ing. POGGESI GILBERTO con recapito a Figline V°-Via 24 Maggio, 9-Ordine degli Ingegneri di Firenze n°678.

### ***F. Analisi della Normativa di riferimento***

Non è stato possibile determinare l'esatto anno di costruzione del manufatto originario ma presumendo che risalga agli anni '60 si può affermare che quanto costruito in quel periodo non seguisse una normativa tecnica specifica.

L'ampliamento invece, realizzato per quanto sopra detto negli anni 70, avente tipologia strutturale costituita da un telaio in c.a. è stato realizzato con la normativa tecnica di seguito indicata per le opere in cemento armato.

Inoltre occorre precisare che il comune di Piandiscò non era in quel periodo classificato sismico dalla normativa vigente; ne consegue che le uniche azioni considerate nella progettazione strutturale siano quelle verticali.

### **F1 – Norme di progettazione vigenti all'epoca della costruzione**

La norma principale sul cemento armato vigente all'epoca della realizzazione dell'ampliamento con sopraelevazione della scuola oggetto del presente studio era:

- “Legge 5 Novembre 1971 n° 1086 – Norma per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- “Circolare Min. LL.PP. 14 Febbraio 1974 n° 11951 - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica. Istruzioni per l'applicazione”.

### **F2 - Quadro normativo di riferimento**

La verifica è stata svolta con il metodo agli stati limite seguendo quanto indicato nelle normative nazionali vigenti di seguito riportate

- Legge 5 novembre 1971 N. 1086 - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica;

– Legge 2 febbraio 1974, n. 64 - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;

– Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti n°30 del 14/01/2008: “Norme tecniche per le costruzioni” (NTC 2008);

– Circolare 02/02/2009, n°617 – Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le Costruzioni” di cui al D.M. 14/01/2008;

– EUROCODICE 6: per la verifica e la determinazione dei parametri delle murature;

## **G. CARATTERIZZAZIONE MORFOLOGICA E SISMICA DEL SITO**

Per poter svolgere le calcolazioni necessarie alla valutazione della vulnerabilità sismica dell'edificio sede dell'attuale scuola prima del centro abitato di Faella di Castelfranco – Piandiscò si è reputato necessario avere una valutazione del terreno su cui sorge l'immobile; a tal fine l'amministrazione comunale attuale proprietaria dell'immobile, ha dato incarico al geologo dott. Lorenzo Sedda di redigere una caratterizzazione geologica-sismica del sito in esame.

Secondo la parametrizzazione che ne consegue il terreno in sito è posto nel centro abitato di Faella, in una zona già urbanizzata, pianeggiante e senza salti naturali di pendenza. Superato un primo orizzonte limoso (orizzonte A) avente spessore di circa 0-380 cm a partire dall'attuale piano campagna è stato riscontrato un secondo orizzonte (Orizzonte B) che si spinge fino alla profondità di circa -560 cm dal p.c. di tipo limoso-sabbioso con locali arricchimenti ghiaiosi; proseguendo oltre tale profondità è stato riscontrato un orizzonte costituito da sabbie addensate (orizzonte C) fino alle massime profondità indagate dal Geologo.

La presenza della falda, anche analizzando i dati relativi ai pozzi idrici già presenti in questa zona, è stimata ad un livello statico alla profondità di circa 5 m sotto l'attuale piano campagna.

La caratterizzazione geologico-sismica si basa su un'indagine di tipo MASW.

Dal punto di vista sismico, il **terreno** in sito è caratterizzato da velocità delle onde di taglio  $V_{s30}=330$  m/s e pertanto risulta di **categoria C** secondo la classificazione riportata al paragrafo 3.2.2 delle NTC08 (Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s).


Come anticipato precedentemente, il sito in esame è completamente pianeggiante e quindi rientra in **categoria T1**.

L'edificio analizzato è stato considerato come opera ordinaria e quindi caratterizzato da una vita nominale **VN>50 anni**. Essendo poi tale edificio sede di funzioni scolastiche, lo stesso è caratterizzato dalla **classe d'uso III** (vedi punto 2.4.2 delle "NTC08" e "Circ09", al 2° capoverso del punto C2.4.2).

Combinando tali considerazioni, il periodo di riferimento VR per la scuola elementare di Faella risulta quindi pari a 75 anni.

Noti tali parametri e la localizzazione geografica dell'immobile (**lat. 43,62605, long. 11,519278**) è quindi possibile ricavare i parametri sismici caratteristici del sito in esame.

Di seguito si riportano i parametri sismici per lo stato di salvaguardia della vita **SLV**, ma in analogia sono stati calcolati anche quelli per gli stati limite di collasso **SLC**, lo stato di danno **SLD** e di operatività **SLO**, corrispondenti rispettivamente alla probabilità di superamento del 5%, 10%, 63% e 81% durante la vita di riferimento dell'edificio.

Dati sul sito – ED50	Punti impiegati sulla maglia di riferimento
Latitudine: 43,626085 Longitudine: 11,519278 Dati sulla costruzione Tipo di costruzione: tipo 2 – opere ordinarie Vita nominale: $V_n = \geq 50$ anni Classe d'uso: III Coefficiente d'uso: $C_u = 1.5$ Vita di riferimento: $V_r = V_n \times C_u = 50 \times 1.5 = \geq 75$ anni	

**Probabilità di superamento nella vita di riferimento – 0,81 SLO**

Periodo di ritorno: 45 anni

Valori finali calcolati:

- $a_g = 0.053g$
- $F_o = 2.591$
- $T_c = 0.268$  sec

**Probabilità di superamento nella vita di riferimento – 0,63 SLD**

Periodo di ritorno: 75 anni

Valori finali calcolati:

- $a_g = 0.063g$
- $F_o = 2.617$
- $T_c = 0.281$  sec

**Probabilità di superamento nella vita di riferimento – 0,10 SLV**

Periodo di ritorno: 712 anni

Valori finali calcolati:

$$ag = 0.147g$$

$$Fo = 2.403$$

$$Tc = 0.308 \text{ sec}$$

21

**Probabilità di superamento nella vita di riferimento – 0,05 SLC**

Periodo di ritorno: 1462 anni

Valori finali calcolati:

$$ag = 0.185g$$

$$Fo = 2.407$$

$$Tc = 0.314 \text{ sec}$$

### ***H. QUADRO FESSURATIVO E VULNERABILITÀ VISIVE***

Durante le varie visite di sopralluogo si è potuto constatare che l'immobile appariva strutturalmente in buone condizioni senza mostrare evidenti segni di problematiche strutturali.

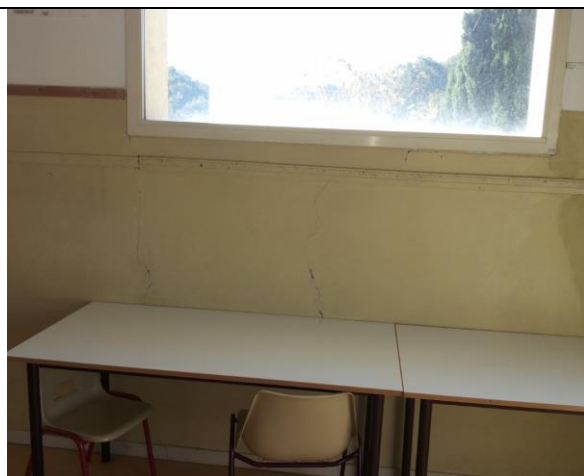
A livello interno, sia nella parte liberamente visibile al di sotto del controsoffitto che nella parte un po' più nascosta al di sopra del controsoffitto non sono state notate né crepe, né cavillature, né alcun segnale che lasciasse presumere carenze a livello strutturale. Si evidenziano solamente alcune modeste fessure nelle murature portanti dell'impianto originario che, monitorate nel tempo, non lasciano presagire particolari problematiche.



Lesione su muratura al piano terra



Infiltrazioni corridoio al piano terra



Lesione su muratura al Piano Primo



Lesione su muratura al Piano Primo

Anche a livello esterno non sono state notate fessure che possano far pensare a qualche dissesto della struttura in esame.

Si ritiene utile segnalare che l'assenza di fessure tra lo stato originario e l'ampliamento denunciano la buona tecnica di costruzione e l'adeguatezza del suolo e degli elementi di fondazione.



## I. DETERMINAZIONE DEL LIVELLO DI CONOSCENZA DEL FABBRICATO

Lo scrivente ha preliminarmente informato il Committente sui differenti livelli di conoscenza previsti dalle Norme Tecniche per le Costruzioni NTC08 e sull'adozione dei corrispondenti fattori di confidenza da applicare a declassamento del materiale strutturale esistente.

Si è deciso di procedere ad un approfondimento del livello di conoscenza per raggiungere almeno LC2.

**LC1: Conoscenza Limitata; LC2: Conoscenza Adeguata; LC3: Conoscenza Accurata.**

A tal riguardo, oltre alla caratterizzazione dei materiali eseguita attraverso le indagini sugli orizzontamenti e sulle strutture eseguite nel richiamato lavoro per la determinazione del grado di vulnerabilità sismica del fabbricato (che avevano consentito il raggiungimento del Livello di conoscenza minimo) è stata incaricata la ditta EXPERIMENTATIONS S.r.l. per incrementare la conoscenza della scuola elementare di Faella.

Il livello di Conoscenza LC2 risulta conseguito in quanto:

- **Determinazione del Livello di conoscenza LC2 per strutture in c.a.**

Livello di conoscenza	Geometria (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC2	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione oppure rilievo ex-novo completo	Disegni costruttivi incompleti con limitate verifiche in situ oppure estese verifiche in situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali con limitate prove in-situ oppure estese prove in-situ	Tutti	1.20

- 1) La geometria della carpenteria è nota sia da disegni originali sia con rilievo;
- 2) Il rilievo dei dettagli strutturali è adeguato in quanto determinato con:
  - disegni costruttivi incompleti (tavole strutturali depositate al genio civile);
  - limitate verifiche in situ nelle quali la quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 15% degli elementi (in realtà per il numero dei saggi e per la ripetitività degli elementi strutturali si può assumere che si raggiunge anche il livello di estese verifiche in situ).
- 3) Il rilievo delle proprietà dei materiali è adeguato in quanto determinato con:
  - specifiche originali di progetto (tavole strutturali depositate al genio civile);

- limitate verifiche in situ nelle quali la quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 15% degli elementi (in realtà per il numero dei saggi e per la ripetitività degli elementi strutturali si può assumere che si raggiunge anche il livello di estese verifiche in situ).

▪ **Determinazione del Livello di conoscenza LC2 per strutture in muratura portante.**

Valgono le stesse considerazioni del punto precedente

Nel seguito andremo meglio ad esplicitare i risultati delle indagini e la caratterizzazione dei materiali che ne consegue utilizzata nell'analisi pushover eseguita per l'adeguamento statico ed il miglioramento sismico conseguito per la scuola in esame.

## **L. CARATTERIZZAZIONE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI**

Per le verifiche di Vulnerabilità sismica sopra richiamate era stato conseguito un numero di prove tale da raggiungere il minimo Livello di Conoscenza LC1.

Proprio per le conseguenze derivanti dalle risultanze delle analisi sismiche e statiche condotte è stato deciso di ampliare la campagna di indagini fino al raggiungimento del Livello di Conoscenza LC2 più appropriato al fine del raggiungimento del consolidamento statico e del miglioramento sismico della scuola in esame.

Per questo motivo, alle prove già eseguite dal Laboratorio Geotec, sono state aggiunti nuovi saggi sulle strutture portanti con incarico al Laboratorio SGM di Perugia.

Di seguito riepilogheremo le prove ed i saggi eseguiti sui materiali strutturali a dimostrazione del raggiungimento del livello di conoscenza LC2.

Si allegano alla presente i seguenti documenti integrali utilizzati per la caratterizzazione dei parametri dei materiali utilizzati nell'elaborazione strutturale (analisi pushover):

- Campagna di indagini di diagnostica non strutturale e strutturale (orizzontamenti) eseguita dalla società: **Tecnica MP Srl**;
  - Indagini eseguite nei giorni 17 e 22 giugno 2016
- Prove di controllo su strutture in c.a. (travi e pilastri) eseguito dal laboratorio geotecnologico "Geotec"
  - Saggi eseguiti in data 17/05/2017;
- Indagini Sperimentali su materiali e strutture (elementi in muratura portante e pilastri e travi in c.a.) eseguita dal Laboratorio EXPERIMENTATIONS S.r.l. (SGM).
  - Saggi eseguiti nei giorni 11,12 e 16 ottobre 2017

A queste indagini si sono aggiunti:

- Rilievo grafico e metrico del manufatto in esame;
- Saggi eseguiti sulle murature (apertura di finestre di intonaco per l'individuazione della caratterizzazione dei materiali, apertura di controsoffitti per la valutazione della tipologia di orizzontamenti e ispezioni attraverso botole e chiusini presenti nel fabbricato) con l'aiuto di operaio messo a disposizione dall'amministrazione comunale.


## L1 - MURATURE PORTANTI

In ottemperanza a quanto disposto nel D.M. 14/01/2008 – p.to 8.5.4 e nella Circolare applicativa n. 617 del 2/2/2009 – p.to C.8.5.4, sono stati eseguiti una serie di saggi che hanno consentito di prendere visione di:

- Tipologia di murature utilizzate
- Tipologia tessitura sui paramenti esterni ed in senso trasversale
- Dettaglio ammorsamenti dei cantonali o negli incroci tra muri portanti
- Qualità del collegamento tra orizzontamenti e pareti
- Esistenza di architravi efficienti

Livello di Conoscenza	LC2
Geometria	Rilievo muratura, volte, solai, scale. Individuazione carichi gravanti su ogni elemento di parete Individuazione tipologia fondazioni. Rilievo eventuale quadro fessurativo e deformativo.
Dettagli costruttivi	Verifiche in situ estese ed esaustive
Proprietà dei materiali	Indagini in situ estese Resistenza: valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1 Modulo elastico: media delle prove o valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1
FC	1.20

Saggio SM5 (Vedi tavola ALL. STR. 15 – A10.1)	Saggio SM6 (Vedi tavola ALL. STR. 15 – A10.1)
 <p>Muratura Portante Edificio Originario</p>	 <p>Muratura Portante in sopraelevazione</p>

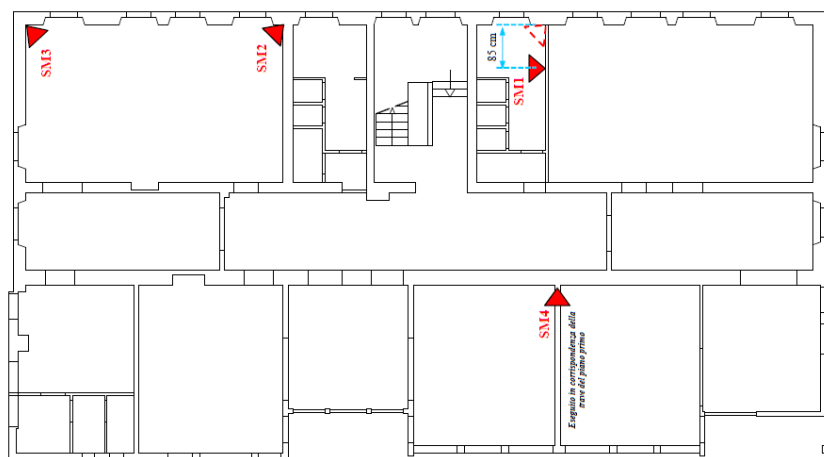
Saggio MP1 (Vedi tavola ALL. STR. 15 – A10.1)	Foto relativa ai lavori sui bagni del p. terra
 <p data-bbox="252 842 810 862">Muratura Portante Adiacente Vano scala Sp. 30 cm</p>	 <p data-bbox="868 842 1382 862">Parete in foratelle che esclude presenza di setti</p>

In occasione dei recenti lavori di ristrutturazione dei bagni posti al piano terra sono state fatte delle fotografie sopra riportate (vedi sopra) che hanno permesso allo scrivente di valutare la tipologia della muratura adiacente al vano scala (vedi rettangolo verde immagine sottostante ripresa dalle tavole architettoniche e strutturali dell'intervento di ampliamento) dello spessore di cm. 30 in mattoni pieni a due teste. Inoltre, sempre grazie a queste fotografie, ed a un ulteriore saggio strutturale, è stato possibile escludere la presenza di un setto in muratura (vedi cerchio rosso immagine sottostante) riportato sia nelle tavole strutturali che in quelle architettoniche dell'intervento di ampliamento.



La campagna di indagini condotta dai tecnici del Laboratorio Sperimentale SGM ha rilevato quanto segue:

**- MURATURA AL PIANO TERRA**



INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE  
 SM1 - SAGGIO MURATURA - PIANO TERRA

INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE  
 SM2 - SAGGIO MURATURA - PIANO TERRA



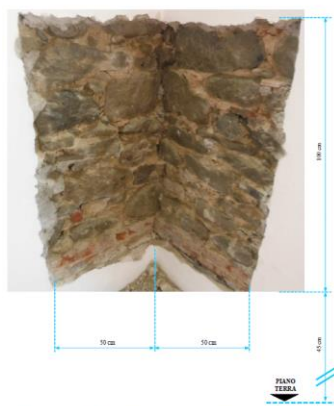
MURATURA IN BLOCCHI DI PIETRA NON SQUADRATI E SPORADICA PRESENZA DI PEZZAME DI MATTONI PIENI, CON RICORSI IN MATTONI PIENI - SPESORE MURATURA 43,0 CM COMPRESO INTONACO 3 CM

INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE  
 SM1 - SAGGIO MURATURA - PIANO TERRA



MURATURA IN BLOCCHI DI PIETRA NON SQUADRATI E SPORADICA PRESENZA DI PEZZAME DI MATTONI PIENI, CON RICORSI IN MATTONI PIENI - SPESORE MURO INTERNO 43,0 CM MURO ESTERNO 34,0 CM COMPRESO INTONACO 2 CM AMMORSAMENTO NON REGOLARE

INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE  
 SM2 - SAGGIO - TRAVE PIANO PRIMO

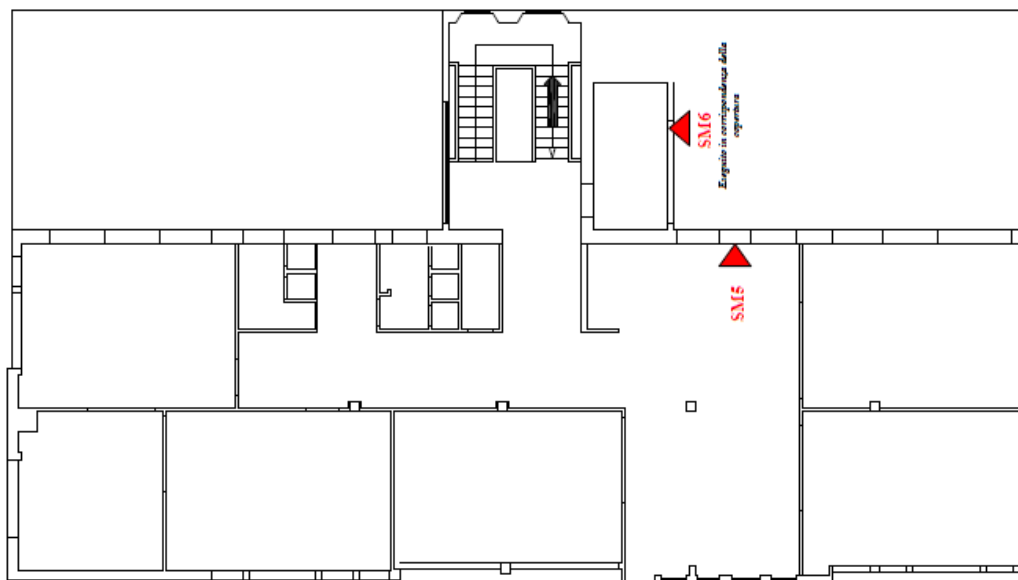


MURATURA IN BLOCCHI DI PIETRA NON SQUADRATI E SPORADICA PRESENZA DI PEZZAME DI MATTONI PIENI, CON RICORSI IN MATTONI PIENI - SPESORE MURI 35 CM AMMORSAMENTO NON REGOLARE



LA TRAVE NON SI AMMORSA NELLA MURATURA

**- MURATURA AL PIANO PRIMO**



**SM5 - SAGGIO MURATURA - PIANO PRIMO**  
 (VEDI ANCHE ENDOSCOPIA E3)

**SM6 - SAGGIO MURATURA - PIANO PRIMO**

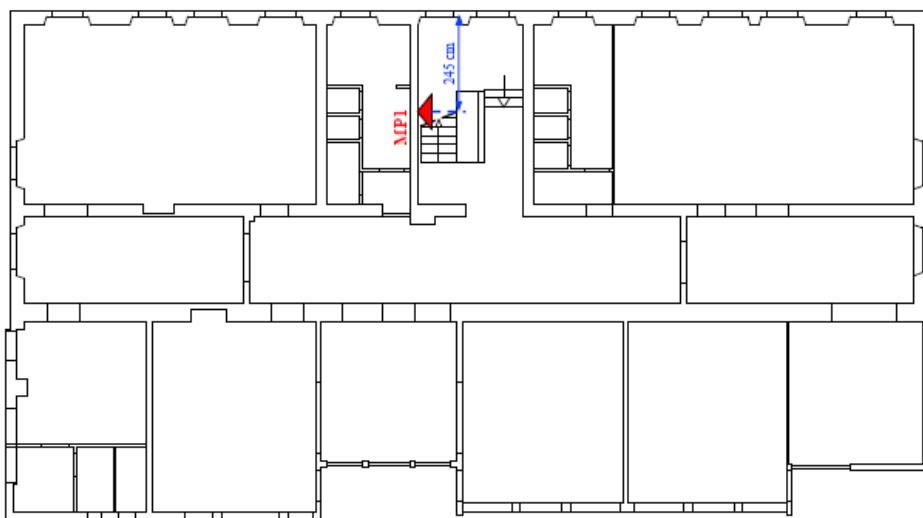


MURATURA IN BLOCCHI DI PIETRA NON SQUADRATI FINO AD UNA ALTEZZA DI 150 CM DAL PIANO DI CALESTIO, POI MURATURA IN MATTONI PIENI 12 X 25 X 6 DISPOSTI UNA FILA DI FIANCO ED UNA FILA DI TESTA - SPESSORE MURATURA 45 CM COMPRESO INTONACO PARI A 2 CM

TRAVE DI COPERTURA REALIZZATA CON PROFILO METALLICO

Sono state poi eseguite ulteriori indagini endoscopiche che per brevità qui non riportiamo e prove con martinetti piatti per ciascun tipo di muratura presente, che documentiamo di seguito.

- Prova con martinetti nel vano scala al piano terra



**TIPOLOGIA MURARIA INDAGATA**

*Muratura in mattoni pieni (12 x 25 cm) disposti di testa- Spessore muratura 28 cm*

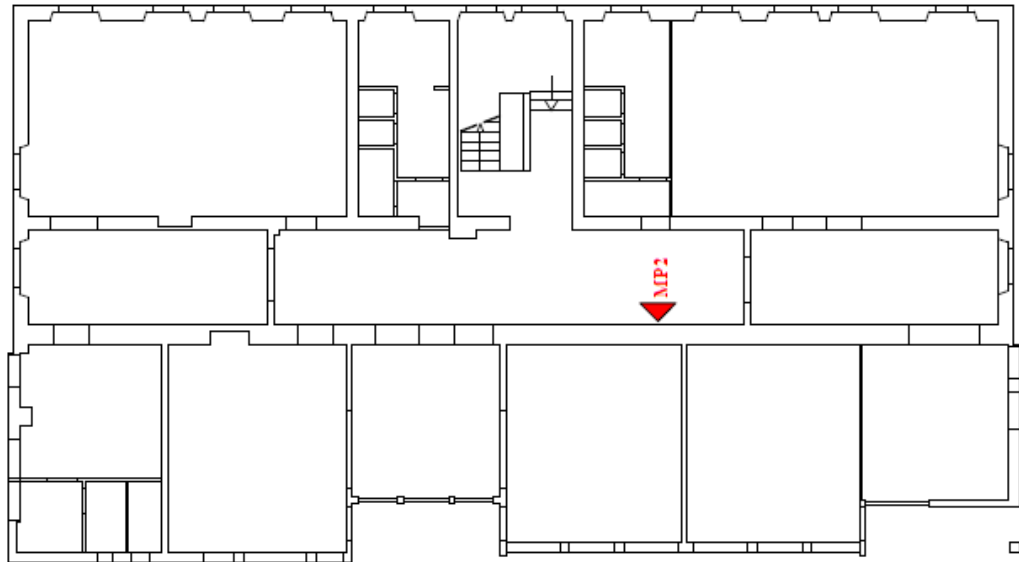


Resistenza a compressione ricavata  $f_m = 0.53 \text{ MPa}$

Stima del modulo elastico  $E = 4606 \text{ MPa}$



- Prova con martinetti nel corridoio del primo piano



**TIPOLOGIA MURARIA INDAGATA**

*Muratura in blocchi di pietra stondata con ricorsi in mattoni pieni - Spessore muratura 54 cm*



Resistenza a compressione ricavata  $f_m = 0.23 \text{ MPa}$   
Stima del modulo elastico  $E = 489 \text{ MPa}$

#### PARAMETRI MECCANICI DELLA MURATURA

Avendo optato per un livello di conoscenza LC2, a seguito di verifiche in situ estese ed esaustive e di indagini in situ estese, si è proceduto alla determinazione dei parametri meccanici delle murature così indagate mediante le tabelle C8A.2.1 e C8A.2.2 della Circolare esplicativa 617/2009.

I parametri meccanici che caratterizzano quindi le murature in esame sono (Vedi Tabella C8A.2.1 della Circolare Esplicativa n. 617 del 2/2/2009):

##### 1) Muratura in pietrame a spacco con buona tessitura

<u>fm (N/cm<sup>2</sup>)</u> Min - max	<u>τ<sub>0</sub> (N/cm<sup>2</sup>)</u> Min - max	<u>E (N/mm<sup>2</sup>)</u> Min - max	<u>G (N/mm<sup>2</sup>)</u> Min - max	W (KN/mc)
260 380	5.6 7.4	1500 1980	500 660	21

##### 2) Muratura in mattoni pieni e malta di calce

<u>fm (N/cm<sup>2</sup>)</u> Min - max	<u>τ<sub>0</sub> (N/cm<sup>2</sup>)</u> Min - max	<u>E (N/mm<sup>2</sup>)</u> Min - max	<u>G (N/mm<sup>2</sup>)</u> Min - max	W (KN/mc)
240 400	6.0 9.2	1200 1800	400 600	18

Per il Livello di conoscenza assunto vengono considerati per il presente lavoro i valori medi di resistenza tra quelli sopra riportati e il valor medio del modulo elastico.

Inoltre per ricavare i valori di resistenza (sia flessionale che tagliante) i valori sopra riportati devono essere ridotti del fattore di confidenza FC=1.2 e del coefficiente di sicurezza parziale della muratura γ<sub>M</sub>.

$$f_d = \frac{f_m}{FC \cdot \gamma_M} \qquad \tau_d = \frac{\tau_0}{FC \cdot \gamma_M}$$

Come già detto precedentemente, la Normativa permette di considerare muratura con caratteristiche migliori rispetto a quanto riportato nella tabella sopra adottando alcuni coefficienti maggiori di 1 secondo la tabella C8A.2.2 della circolare 617/09. Nel nostro specifico caso, dai sopralluoghi effettuati non è stato possibile valutare considerazioni che potessero migliorare i parametri di resistenza che caratterizzano le murature costituenti l'immobile oggetto di indagine.

Per le verifiche sismiche il coefficiente di sicurezza parziale della muratura  $\gamma_M = 2$  (1 nel caso di Analisi non lineare) mentre per le verifiche statiche invece il coefficiente di sicurezza parziale della muratura  $\gamma_M=3$  con conseguente abbassamento delle caratteristiche meccaniche dei materiali.

I parametri adottati nelle verifiche sono quindi i seguenti:

▪ **per le verifiche sismiche**

1) Muratura in pietre a spacco con buona tessitura – Valori medi

<u>fm (N/cm<sup>2</sup>)</u>	<u><math>\tau_0</math> (N/cm<sup>2</sup>)</u>	<u>E (N/mm<sup>2</sup>)</u>
267	5.4	1774

2) Muratura in mattoni pieni e malta di calce - Valori medi

<u>fm (N/cm<sup>2</sup>)</u>	<u><math>\tau_0</math> (N/cm<sup>2</sup>)</u>	<u>E (N/mm<sup>2</sup>)</u>
267	6.3	1530

▪ **per le verifiche statiche**

1) Muratura in pietre a spacco con buona tessitura – Valori medi

<u>fm (N/cm<sup>2</sup>)</u>	<u><math>\tau_0</math> (N/cm<sup>2</sup>)</u>	<u>E (N/mm<sup>2</sup>)</u>
89	1.8	1774

2) Muratura in mattoni pieni e malta di calce – Valori medi

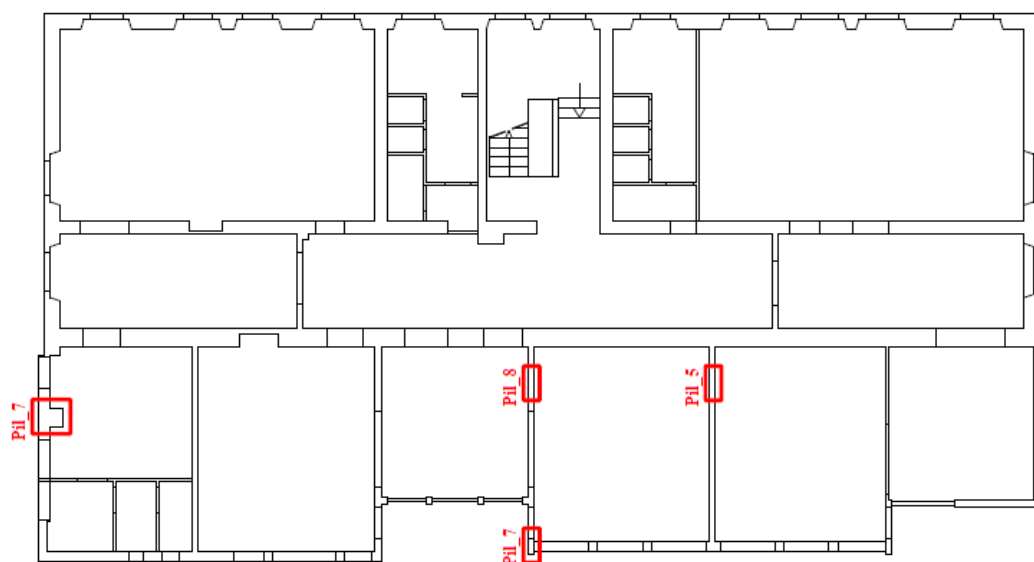
<u>fm (N/cm<sup>2</sup>)</u>	<u><math>\tau_0</math> (N/cm<sup>2</sup>)</u>	<u>E (N/mm<sup>2</sup>)</u>
89	2.1	1530

## L2. CALCESTRUZZO

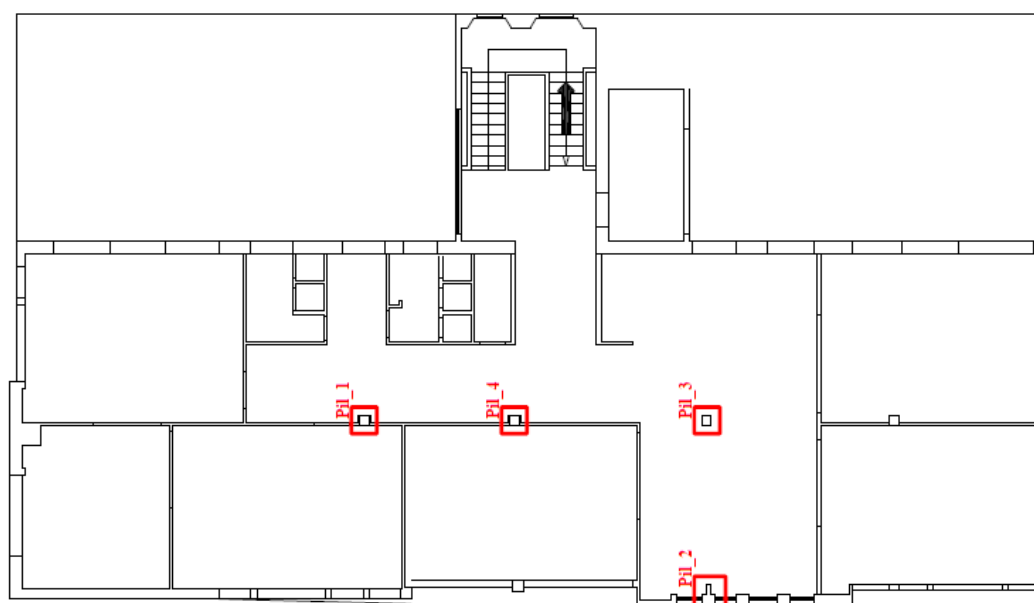
Le tecniche d'indagine svolte sul calcestruzzo riguardano l'esecuzione di carote sugli elementi travi e pilastro. Nel presente lavoro facciamo riferimento alle prove fatte dal Laboratorio SGM perché danno dei valori più cautelativi (materiali più scadenti) rispetto alle prove eseguite precedentemente dal Laboratorio Geotec (che comunque alleghiamo alla presente omettendone i risultati per brevità di esposizione).

35

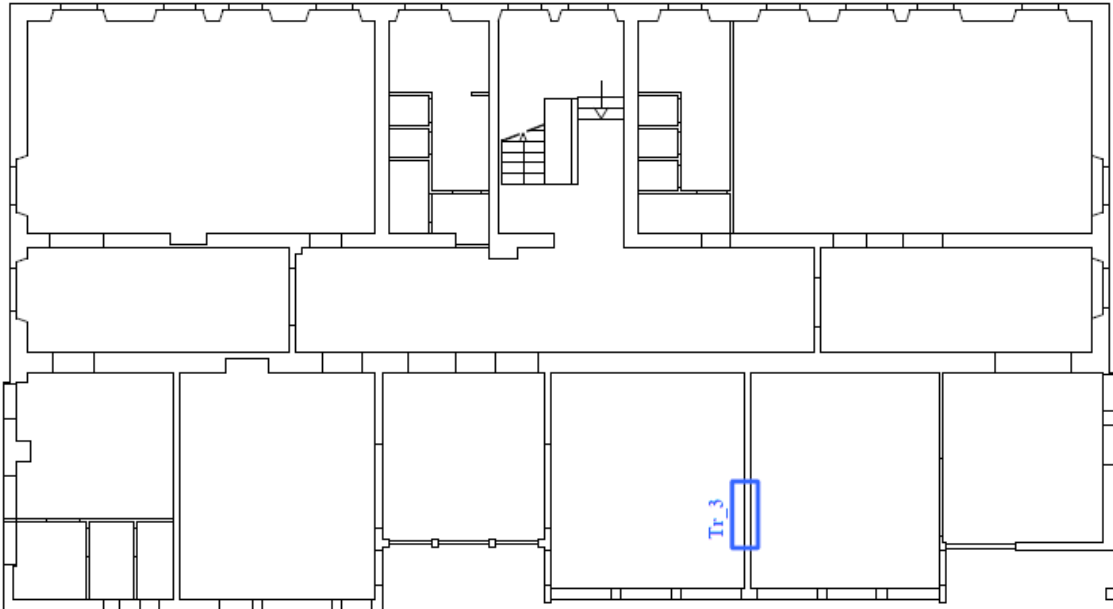
Indagini sui pilastri al piano terra:



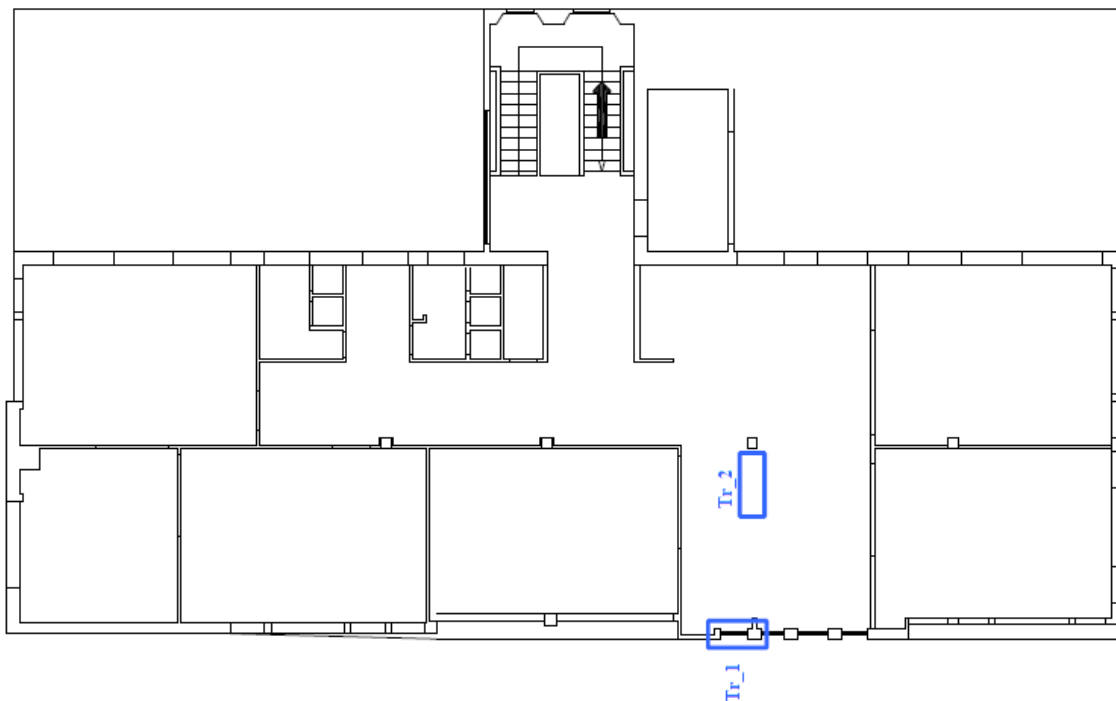
Indagini sui pilastri al piano primo:



- Indagini sulle travi del piano primo:



- Indagini sulle travi del piano di copertura:



Rapporto di prova relativo alle resistenze del calcestruzzo:

Dati dichiarati all'accettazione				Data prova	MASSA VOLUMICA			Resistenza alla compressione				Ultrasuoni Diretti
N.	Contrassegno	Data prelievo	Provenienza		D kg/m <sup>3</sup>	φ mm	h mm	F kN	f <sub>c</sub> N/mm <sup>2</sup>	R	P	Velocità m/s
1	C1	11/10/2017	PILASTRO 2 PIANO PRIMO	17/10/2017	2091	74,6	76,8	79,8	18,3	S	TC	3048
2	C2	12/10/2017	PILASTRO 4 PIANO PRIMO	17/10/2017	2154	74,6	76,8	101,7	23,3	S	TC	3200
3	C3	12/10/2017	PILASTRO 5 PIANO TERRA	17/10/2017	2170	74,6	149,8	105,8	24,2	S	TC	3533
4	C4	12/10/2017	PILASTRO 6 PIANO TERRA	17/10/2017	2096	74,6	150,0	95,6	21,9	S	TC	3319

37

**Determiniamo di seguito i valori medi resistenti del materiale.**

- Per i provini al **piano terra** il rapporto lunghezza/diametro delle carote è pari a 2.

Se ne conviene che:

$$f_{cm} = (24.2 + 21.9) / 2 = 23.05 \text{ N/mm}^2$$

$$R_{cm} = 23.05 / 0.83 = 27.77 \text{ N/mm}^2 = 283.17 \text{ kg/cm}^2$$

- Per i provini al piano primo il rapporto lunghezza/diametro delle carote è pari a 1.

Se ne conviene che:

$$f_{cm} = (18.3 + 23.3) / 2 = 20.80 \text{ N/mm}^2$$

$$R_{cm} = 20.80 / 1 = 20.80 \text{ N/mm}^2 = 212.10 \text{ kg/cm}^2$$

### L3. INDAGINI SULLE BARRE DI ACCIAIO

È stata prelevata uno spezzone di barra di acciaio ad aderenza migliorato dalle strutture dello stesso pilastro in cui era stata fatto il carotaggio. Il prelievo è stato eseguito con la seguente procedura:

- è stata rimossa la parte di calcestruzzo che ricopriva l'armatura;
- sono state saldate ai lati della barra da prelevare due spezzoni di acciaio del medesimo diametro del provino da estrarre;
- è stata tagliata con mola la barra di prelievo ed è stata ripristinata la struttura con malta antiritiro strutturale.

Successivamente la barra portata in laboratorio è stata sottoposta alla determinazione della resistenza a trazione e dell'allungamento.

Nella tabella sottostante sono riportati i risultati delle analisi.

N°	Diametro nominale mm	Contrassegno	Data prelievo	Sezione resistente mm <sup>2</sup>	Allungamento percentuale	Tensione di snervamento f <sub>y</sub> N/mm <sup>2</sup>	Tensione di rottura f <sub>t</sub> N/mm <sup>2</sup>	Peso unitario kg/m	MARCHIO	PROVENIENZA	Prova di Fiegamento/Raddrizzamento	
											Esito	Mandrino
1	12	A1	12/10/2017	110,9	19,2	465,3	729,5	0,871		PILASTRO 3 PIANO PRIMO	ASSENZA DI CRICCHE	36
2	6	A2	12/10/2017	30,6	14,0	457,9	670,5	0,240	NON RILEVABILE BARRA A.M.	PILASTRO 1 PIANO PRIMO	ASSENZA DI CRICCHE	18
3	14	A3	12/10/2017	162,2	24,1	437,7	674,4	1,273		PILASTRO 7 PIANO TERRA	ASSENZA DI CRICCHE	84
4	6	A4	12/10/2017	30,2	13,3	473,4	678,7	0,237	NON RILEVABILE BARRA A.M.	PILASTRO 8 PIANO TERRA	ASSENZA DI CRICCHE	18

#### **Determiniamo di seguito i valori medi resistenti del materiale.**

- Per i provini al piano terra si ottiene una tensione di snervamento media di:  
 $f_{ym} = (437.7 + 473.4) / 2 = 455.55 \text{ N/mm}^2 = 4645 \text{ kg/cm}^2$
- Per i provini al piano primo si ottiene una tensione di snervamento media di:  
 $f_{ym} = (465.3 + 457.9) / 2 = 461.6 \text{ N/mm}^2 = 4707 \text{ kg/cm}^2$

Si decide di utilizzare in via cautelativa un f<sub>ym</sub> pari a 4600 kg/cm<sup>2</sup>

#### **L4 – INDAGINI SUGLI ORIZZONTAMENTI**

Per quanto riguarda la conoscenza degli orizzontamenti, strutturali e non strutturali, è stata condotta una campagna di indagini presso il complesso scolastico a cura della Società Tecnica MP Sr.l su incarico dell'amministrazione Comunale.

Lo scopo delle indagini è stato il seguente:

##### Diagnostica non strutturale

- verificare le tipologie dei solai dell'immobile;
- ispezionare lo stato dei solai al fine di individuare le criticità tali da provocare il cedimento degli intonaci sottostanti;
- ricercare, esclusivamente per i solai in latero-cemento, problematiche che possono indurre fenomeni di "sfondellamento";
- esaminare, per le controsoffittature, criticità che possano causarne la caduta; indagare gli elementi appesi e la loro stabilità (pendini, impianti di qualsiasi tipo, etc).

##### Diagnostica strutturale

- verificare le reali condizioni statiche dei solai attraverso l'esecuzione di prove di carico;
- fornire eventuali consigli riguardanti le strutture e la sicurezza statica

Le modalità operative per gli elementi non strutturali sono le seguenti.

##### ESAME DEI SOFFITTI

- Esame visivo diretto
- Esame termografico
- Esame sonoro manuale
- Esame sonoro strumentale
- Saggio ispettivo
- Saggio visivo indiretto

##### ESAME DEI CONTROSOFFITTI

- Esame visivo
- Esame intercapedine
- Esame dei componenti
- Prova di carico
- Battitura manuale

##### ESAME DEGLI ELEMENTI APPESI

- Esame visivo
- Esame meccanico



Le modalità operative per gli **elementi strutturali** sono le seguenti.

Le prove hanno avuto lo scopo di verificare la capacità portante in esercizio della struttura in esame. Il criterio di scelta dei solai sottoposti ad analisi è stato determinato in funzione delle destinazioni d'uso dei locali e delle caratteristiche ritenute peggiorative delle tipologie di strutture rilevate (luci maggiori, spessori ed interasse travetti).

La tecnica utilizzata consiste nell'applicare gradualmente, a gradini incrementali e decrementali, il carico generato mediante specifici martinetti oleodinamici, montati su basi di ripartizione disposte in punti significativi indicati dalla direzione lavori, all'estradosso dell'elemento strutturale da provare (basi di ripartizione inferiori) e posti a contrasto superiormente mediante ulteriori basi di ripartizione (basi di ripartizione superiori).

All'intradosso dell'elemento strutturale da provare sono stati preventivamente posizionati specifici sensori elettronici montati su aste telescopiche atti a misurare, in modo continuo, gli spostamenti lineari in corrispondenza dell'intradosso suddetto.

Nel certificato di prova sono riportati i dati rilevati durante l'esecuzione della prova di carico, dalla cui elaborazione si ricava la **Permanenza (R)**, che è il rapporto percentuale fra spostamento residuo e freccia massima; il comportamento della struttura esaminata è tanto migliore quanto più il valore di **R** è prossimo a zero.

In particolare, alla fine della prova di carico, i valori della Permanenza (R) vengono considerati nella norma, se risultano inferiori ai limiti riportati nella tabella che segue:

**LIMITI CONSIDERATI NELLA NORMA A FINE PROVA DI CARICO**

<b>TIPO DI STRUTTURA</b>	<b>Freccia residua / Freccia Massima Per carico distribuito</b>	<b>Freccia residua / Freccia Massima Per carico concentrato</b>
Soletta piena e latero cemento	≤ 30%	≤ 25%
Acciaio e legno	≤ 25%	≤ 20%

L'esito delle prove sono state valutate poi secondo i seguenti criteri:

- le deformazioni devono crescere proporzionalmente ai carichi applicati;
- la deformazione residua non deve superare una quota parte di quella totale;
- in conseguenza della prova non si devono manifestare danni e/o dissesti di alcun tipo.

Si rimanda alla Relazione generale allegata, a firma della Società Tecnica MP, per una migliore comprensione delle modalità operativa.

In questa sede riepiloghiamo gli esiti delle prove:

**Dalle analisi delle misure rilevate si evince che il comportamento delle strutture indagate rientrano all'interno della norma.**

Le conclusioni della sopra richiamata Indagine, che riportiamo integralmente, sono le seguenti:



## **12. Conclusioni**

Dagli esami condotti sull'edificio scolastico, considerati i risultati delle indagini e delle prove eseguite, si ritiene che l'immobile sia da considerarsi agibile.

Pertanto, ad eccezione di quanto descritto nel paragrafo 10, attualmente non sussistono problematiche tali da non consentire l'utilizzo didattico.

Considerati i fenomeni di infiltrazioni di acqua all'intradosso del solaio del piano terra, si dovrà predisporre una verifica al fine di valutare se trattasi di situazioni ancora attive e, in tal caso, provvedere alla loro sistemazione al fine di evitare problematiche nei soffitti inferiori.

Si precisa che il giudizio circa l'utilizzo dei locali è emesso sulla sola scorta dei soli esami descritti nel presente fascicolo, non comprendono quindi motivazioni od altri elementi ostativi all'utilizzo degli ambienti, diversi od estranei alle suddette analisi.

E' consigliabile, altresì, attenersi ad un controllo periodico programmato, così come riportato nel

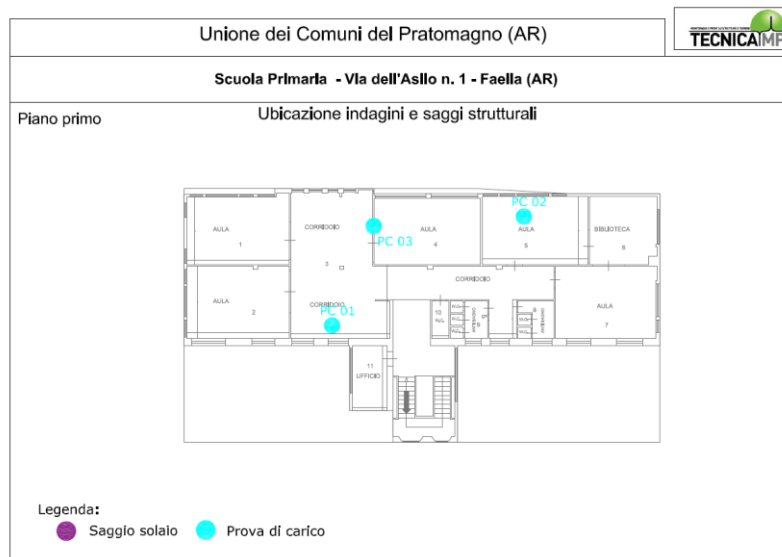
Lo scrivente non ha partecipato alla Direzione dei Lavori delle indagini effettuate le cui risultanze però sono state messe a disposizione da parte dell'amministrazione comunale.

Nel presente lavoro si assumono le conclusioni delle analisi condotte e sopra descritte senza procedere ad ulteriori prove di carico secondo quanto disposto dall'amministrazione comunale, riservandosi (in caso di richiesta di approfondimenti

per interventi di riparazione, miglioramento o adeguamento del plesso scolastico esaminato) di richiedere altre prove.

42

I solai esaminati con prove di carico sono i seguenti:



### Solaio di cui alla prova di carico PC01

Solaio con putrelle in acciaio e tavelloni, di calpestio del piano primo (nucleo originario), di luce pari a 2,90 m (interasse putrelle = 85 cm - h solaio= 26 cm), in corrispondenza del corridoio.



Particolare saggio



Particolare saggio

La struttura è stata caricata mediante il riempimento controllato di un serbatoio idraulico di dimensioni pari a 4,00 x 2,00 m, disposto su una superficie di circa 8,0 m<sup>2</sup>.

Il serbatoio è stato gradatamente riempito secondo fasi di carico, fino a raggiungere un sovraccarico uniformemente distribuito pari a 400 daN/m<sup>2</sup>, attraverso n. 1 ciclo:

ciclo 1: 0 - 100 - 200 – 300 - 400 – 400 – 200 - 0 daN

La struttura è stata mantenuta al carico massimo fino alla completa stabilizzazione degli abbassamenti; di seguito si è provveduto allo scarico completo del serbatoio mediante un passaggio intermedio con successiva rilevazione a zero.

Gli abbassamenti sono stati misurati tramite sensori elettronici, montati su aste telescopiche all'intradosso della struttura oggetto della prova, nelle posizioni riportate nella tabella seguente.

#### *11.3.3.4 Sintesi dei risultati*

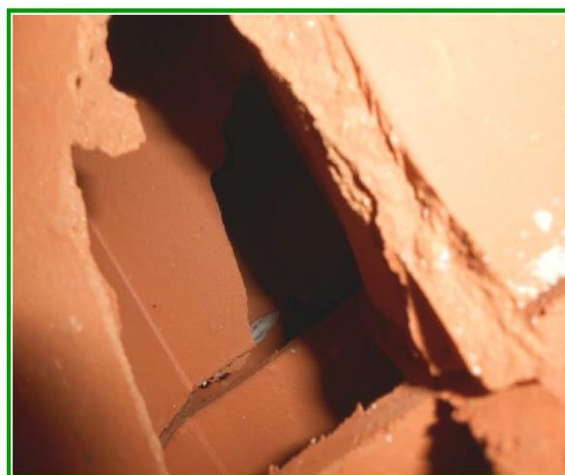
- Carico distribuito equivalente	$Q = 400 \text{ daN/m}^2$
- Freccia massima mezzeria Sensore n°3	$f_m = 0,47 \text{ mm}$
- Freccia residua	$f_r = 0,00 \text{ mm}$
- Permanenza	$R = f_r/f_m * 100 = 0 \%$

Dall'analisi delle misure rilevate si evince che il comportamento della struttura rientra all'interno della norma

### Solaio di cui alla prova di carico PC02

Solaio in latero-cemento di calpestio del piano primo, di luce pari a 5,90 m (interasse travetti= 50 cm - h solaio= 26 cm), in corrispondenza dell'area comune.

44



Particolare saggio



Particolare saggio

La struttura è stata caricata mediante il riempimento controllato di un serbatoio idraulico di dimensioni pari a 5,00 x 3,50 m, disposto su una superficie di circa 17,5 m<sup>2</sup>. Il serbatoio è stato gradatamente riempito secondo fasi di carico, fino a raggiungere un sovraccarico uniformemente distribuito pari a 350 daN/m<sup>2</sup>, attraverso n. 1 ciclo:  
ciclo 1: 0 - 100 - 200 – 300 - 350 – 350 - 0 daN

La struttura è stata mantenuta al carico massimo fino alla completa stabilizzazione degli abbassamenti; di seguito si è provveduto allo scarico completo del serbatoio mediante un passaggio intermedio con successiva rilevazione a zero.

#### 11.3.4.4 Sintesi dei risultati

- Carico distribuito equivalente	$Q = 350 \text{ daN/m}^2$
- Freccia massima mezzeria trave Sensore n°3	$f_m = 1,44 \text{ mm}$
- Freccia residua	$f_r = 0,10 \text{ mm}$
- Permanenza	$R = f_r/f_m * 100 = 7 \text{ \%}$

Dall'analisi delle misure rilevate si evince che il comportamento della struttura rientra all'interno della norma

### Solaio di cui alla prova di carico PC03

Solaio in latero-cemento di calpestio del piano primo, di luce pari a 5,70 m (interasse travetti= 50 cm - h solaio= 26 cm), in corrispondenza dell'area comune ed un aula.

La struttura è stata caricata mediante il riempimento controllato di n.2 serbatoi idraulici di dimensioni pari a 4,00 x 2,00 m, disposti su una superficie di circa 16 m<sup>2</sup>.

Il serbatoio è stato gradatamente riempito secondo fasi di carico, fino a raggiungere un sovraccarico uniformemente distribuito pari a 350 daN/m<sup>2</sup>, attraverso n. 1 ciclo:

ciclo 1: 0 - 100 - 200 – 300 - 350 – 350 - 200 - 0 daN

La struttura è stata mantenuta al carico massimo fino alla completa stabilizzazione degli abbassamenti; di seguito si è provveduto allo scarico completo del serbatoio mediante un passaggio intermedio con successiva rilevazione a zero.

Ad integrazione della trattazione fornita dalla committenza si rileva la presenza delle seguenti tipologie di solaio rilevate tramite ispezioni dallo scrivente in occasione del rilievo geometrico della scuola elementare.

### Solai

Solaio di tipo precompresso h=20 cm	Solaio in travi in C.A.P. e tavelloni
	
Solai P. Terra (zona ampliamento) e copertura	Solaio Terrazza Piana – Fabbricato Originario

Infine si conferma, come da disegni di cui alla pratica di ampliamento, la presenza di vespaio e sovrastante caldana per quanto riguarda il piano di calpestio del piano rialzato del nucleo originario.

### **M. AZIONI DI PROGETTO SULLA COSTRUZIONE**

Considerata la destinazione d'uso dell'immobile sede della Scuola Primaria di Faella oggetto della presente relazione di verifica, si riporta in questo estratto l'analisi dei carichi caratteristici utilizzati per la verifica della struttura.

#### **ANALISI DEI CARICHI**

##### **S1 -Sol. Precompr. h=16+4 cm (Piano Terreno parte in ampliamento) – Valori presunti**

Peso Proprio	260	Kg/mq	
Pavimento	50	Kg/mq	
Tramezzi Ortogonali	120	Kg/mq	Valore aggiunto rispetto al progetto depositato
Sovraccarico Accidentale	300	Kg/mq	
<b>Totale</b>	<b>730</b>	<b>Kg/mq</b>	

##### **S2 – Solaio in laterizio armato P. Primo h=16+4 cm**

##### **(VEDI Relazione di Calcolo Depositata al Genio Civile di Arezzo)**

Peso Proprio	185	Kg/mq	
Pavimento	50	Kg/mq	
Intonaco	45	Kg/mq	Valore aggiunto rispetto al progetto depositato
Tramezzi Ortogonali	120	Kg/mq	Valore aggiunto rispetto al progetto depositato
Sovraccarico Accidentale	300	Kg/mq	
<b>Totale</b>	<b>700</b>	<b>Kg/mq</b>	

##### **S2\* - Solaio in laterizio armato Piano primo Edificio Originario – Si assumono gli stessi carichi dei solai di piano primo della parte in ampliamento**

Peso Proprio	185	Kg/mq	
Pavimento	50	Kg/mq	
Intonaco	45	Kg/mq	Valore aggiunto rispetto al progetto depositato
Tramezzi Ortogonali	120	Kg/mq	Valore aggiunto rispetto al progetto depositato
Sovraccarico Accidentale	300	Kg/mq	
<b>Totale</b>	<b>700</b>	<b>Kg/mq</b>	

##### **S3 - Solaio Tipo “Varese” – Copertura Piana Edificio originario - Valori Presunti**

Peso Proprio	270	Kg/mq	
Massetto delle Pendenze	130	Kg/mq	
Sovraccarico Accidentale	100	Kg/mq	
<b>Totale</b>	<b>500</b>	<b>Kg/mq</b>	

---

**S4 - Solaio precompresso h=16+4 cm (Copertura) – Valori presunti**

Peso Proprio	260	Kg/mq	
Manto di copertura	60	Kg/mq	
Sovraccarico Accidentale	100	Kg/mq	
<b>Totale</b>	<b>420</b>	<b>Kg/mq</b>	

## Sommario

A. Premessa .....	1
B. Informazioni a carattere generale .....	4
C. Modalità di Analisi Valutazione Vulnerabilità Sismica .....	6
D. Descrizione generale edificio .....	7
D1 – Composizione architettonica edificio originario .....	7
D2 – Composizione architettonica: ristrutturazione anni '70.....	8
D3 – Composizione strutturale .....	11
E. Ricerca Storico – Documentale .....	15
F. Analisi della Normativa di riferimento .....	17
F1 – Norme di progettazione vigenti all'epoca della costruzione.....	17
F2 - Quadro normativo di riferimento .....	17
G. CARATTERIZZAZIONE MORFOLOGICA E SISMICA DEL SITO.....	19
H. QUADRO FESSURATIVO E VULNERABILITÀ VISIVE.....	22
I. DETERMINAZIONE DEL LIVELLO DI CONOSCENZA DEL FABBRICATO .....	24
L. CARATTERIZZAZIONE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI .....	26
M. AZIONI DI PROGETTO SULLA COSTRUZIONE.....	46