

PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA MISSIONE 4: ISTRUZIONE E RICERCA

Componente 1 – Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle Università - Investimento 3.3 “Piano di messa in sicurezza e riqualificazione delle scuole”



PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Messa in Sicurezza e Riqualificazione mediante intervento di sostituzione edilizia di n. 2 edifici ad uso scolastico – Plesso Piantedosi (Cod. Ares 0630491428) e Plesso Nazario Sauro (Cod. Ares 0630490736) - I.C. 61° SAURO ERICO PASCOLI

Responsabile del Procedimento:

Arch. Alfonso Ghezzi

Progettisti:

Marianna Vanacore
Ing. Marianna Vanacore
Laura Bellino
Arch. Laura Bellino

TAVOLA:

R.02

Descrizione elaborato:

Relazione Specialistica Strutturale

Scala:

-

Data:

MARZO 2023

1 INTRODUZIONE

La presente relazione illustra gli esiti delle verifiche e soluzioni progettuali proposte per adeguamento strutturale dai tecnici esterni al Comune in merito al “*servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n. 333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle dieci municipalità – LOTTO 7 – CUP: B65I17000050001 CIG – LOTTO 7: 7882655CAD*” relativa al Plesso dell’Infanzia dell’I.C. 80 Berlinguer– Cod. Ares 0630491412.

Le verifiche condotte in merito al summenzionato appalto sono finalizzate alla determinazione dei livelli di adeguatezza sismica delle opere rispetto agli standard definiti dalle norme tecniche e dalla classificazione sismica vigente. Inoltre la presente relazione illustra gli eventuali interventi da eseguire sulla base degli attuali livelli di sicurezza sismica delle strutture. Per valutazione della sicurezza si intende un procedimento quantitativo volto a stabilire se un edificio esistente è in grado o meno di resistere alla combinazione sismica di progetto prevista dalle norme vigenti in zona sismica (D.M. 17.01.2018 e Circolare C.S. LL.PP. del 17 gennaio 2019 n.7.)

La valutazione della sicurezza è stata eseguita, coerentemente a quanto previsto dalla vigente normativa, per le seguenti prestazioni strutturali:

- Per gli *Stati limite Ultimi*, è stata definita la vulnerabilità relativa allo *Stato limite di Salvaguardia della Vita*, corrispondente una probabilità di superamento del 10%;
- Per gli *Stati Limite di Esercizio*, è stata definita la vulnerabilità relativa allo Stato Limite di Danno, corrispondente ad una probabilità di superamento dell'63%.

Trattandosi di edifici esistenti, le verifiche sono state effettuate previa campagna di indagini volta a determinare la conoscenza della struttura in esame in relazione ai livelli stabiliti dalle norme. L’obiettivo raggiunto è relativo ad un **livello di conoscenza** denominato **LC2**.

Viene riportato nella figura a seguire, l’inquadramento territoriale delle strutture oggetto di studio:

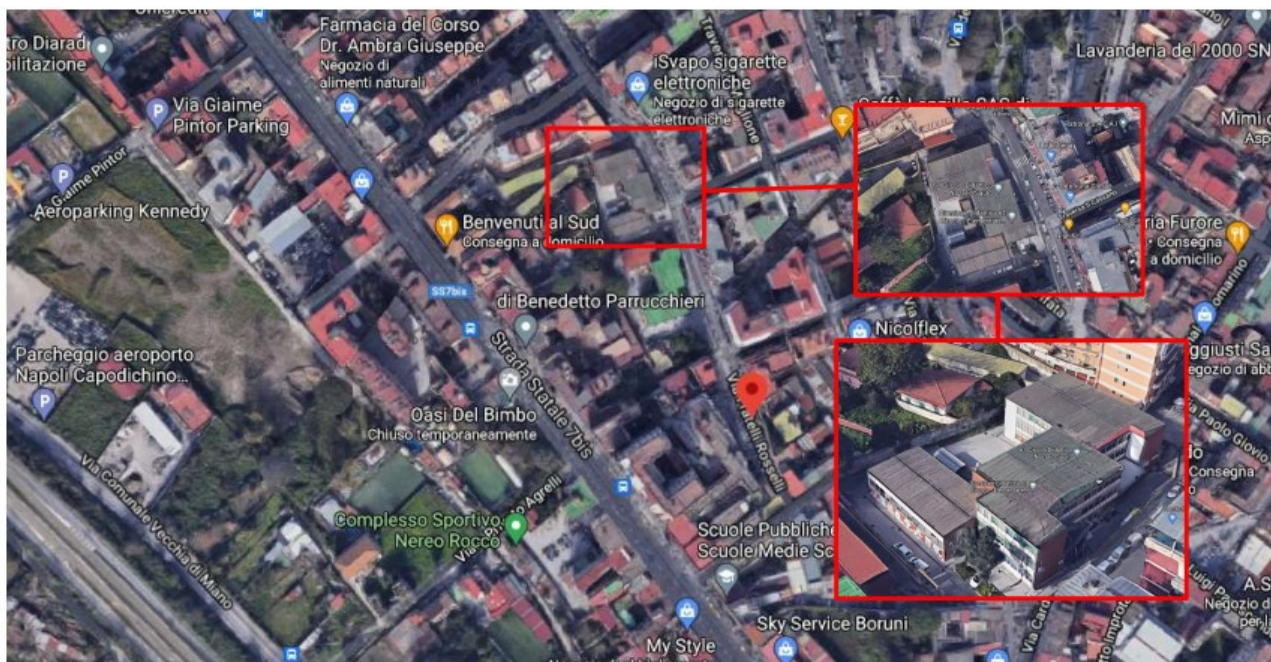


Figura 1 – Inquadramento del Plesso Nazario Sauro oggetto di indagine e verifica sismica



Figura 2 – Inquadramento del Plesso Piantodosi oggetto di indagine e verifica sismica

2 NORMATIVA UTILIZZATA

Le normative cui si è fatto riferimento nelle fasi di calcolo e di progettazione, sono quelle previste dalla Legge.

Normativa di riferimento

- **D.M. 17 gennaio 2018** – Norme tecniche per le costruzioni
- **Circolare 21 gennaio 2019 n. 7** – Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

3.2. Riferimenti tecnici essenziali

- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003 n.3274** – Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 2 ottobre 2003 n.3316** – Modifiche e integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".
- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 5 maggio 2005 n.3431**
- **UNI ENV 1992-1-1 Parte 1-1**: Regole generali e regole per gli edifici.
- **UNI EN 206-1/2001** – Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità.
- **UNI EN 1993-1-1 – Parte 1-1**: Regole generali e regole per gli edifici.
- **UNI EN 1998-1** – Azioni sismiche e regole sulle costruzioni
- **UNI EN 1998-5** – Fondazioni ed opere di sostegno
- **Legge 5.11.1971 n. 1086** – Norma per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso e a struttura metallica.
- **Legge 2.02.1974 n. 64** – Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche .

3 DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO PLESSO NAZARIO SAURO

3.1 Descrizione architettonica e funzionale dell'opera

L'edificio in esame è ubicato a Napoli, in traversa Maglione 35, nel quartiere di Secondigliano (Figura 3), e fa parte dell'I.C. 61° "Sauro - Errico - Pascoli", di cui costituisce il plesso "Nazario Sauro centrale". Il plesso scolastico sorge in un lotto di terreno pianeggiante di forma pressoché trapezoidale, con un unico lato confinante con pubblica via, la traversa Maglione, dove è ubicato l'ingresso all'edificio, sia carrabile che pedonale. A ovest e a nord il lotto confina con lotti destinati a edilizia privata, mentre a sud confina con l'area di pertinenza del plesso scolastico gemello "Piantedosi", facente parte del medesimo istituto comprensivo. I due lotti contigui sono separati solo tramite un muretto basso, ma catastalmente fanno parte della stessa particella. Il contesto si presenta fortemente urbanizzato. L'area scolastica è dotata di un'area di pertinenza che garantisce degli spazi aperti di modeste dimensioni su tutti i lati del fabbricato, nonostante il fronte di ingresso si presenti non molto arretrato rispetto alla pubblica via. Sul retro dell'edificio invece, a ovest, vi è una piccola area gioco attrezzata per l'infanzia.



Figura 3 – Inquadramento lotto e del Plesso Nazario Sauro

L'edificio scolastico oggetto di studio sorge in un lotto di terreno pianeggiante di forma trapezoidale, il cui lato più lungo a Ovest e il più corto a Nord confinano con edifici privati. A Sud il lotto confina con un lotto in cui è presente un ulteriore edificio scolastico - plesso Piantedosi - facente parte del medesimo Istituto Comprensivo. A est il lotto confina con la via Traversa Maglione. L'edificio scolastico è situato all'interno del lotto, arretrato rispetto ai confini. L'ingresso all'edificio, sia pedonale che carrabile, avviene da via Traversa Maglione. Una parte del lotto a sud è adibita a parcheggio interno per le auto, ed alcune aree esterne sono adibite a verde.

Il corpo di fabbrica si sviluppa tutto su tre elevazioni f.t. ad eccezione della palestra (unica elevazione). Si compone di 4 corpi di fabbrica come di seguito riportato:

- **CORPO A:** fabbricato in acciaio a tre elevazioni f.t. destinato a servizi di segreteria, aule e servizi al piano terra, aule al piano primo e secondo.

- CORPO B: fabbricato in acciaio a tre elevazioni f.t. destinato a servizi di segreteria, aule e servizi al piano terra, aule al piano primo e secondo. Il vano interrato B', facente parte dello stesso corpo B è adibito a centrale termica (livello -1) e risulta in cemento armato.
- CORPO C: palestra ad 1 elevazione f.t. con struttura in acciaio.
- CORPO D: vano scale e connettivo a tre elevazioni ft in cemento armato.

Dalla documentazione in possesso risulta che i quattro corpi di fabbrica costituenti il complesso scolastico sono stati costruiti in un'unica soluzione temporale negli anni 80, nello stesso periodo di costruzione del plesso gemello nel lotto adiacente.



Figura 4 – schema planimetrico con individuazione dei corpi strutturali

La configurazione dell'edificio è caratterizzata dai quattro corpi di fabbrica suddetti, che creano nel complesso un impianto planimetrico dalla forma irregolare. L'intero complesso si sviluppa su una superficie di circa 1049 metri quadrati, di cui 325 mq del corpo A, 395 del corpo B, 245 mq del corpo C (palestra) e 75 mq del corpo D (vano scale). I corpi A, B e D sono a tre piani di elevazione più un locale tecnico al livello -1 ci circa 66 mq; mentre il corpo C (palestra) è ad unica elevazione. Il volume complessivo dell'edificio è di circa 8887 metri cubi. I corpi A e B presentano una pianta irregolare e si sviluppano prevalentemente sui lati est, sud e ovest; al contrario i corpi D, e C presentano una forma regolare (rettangolare). Gli interpiani di tutte le elevazioni del corpo A, B, e D sono di 3.10 m; il Corpo C invece, presenta un unico impalcato di copertura a doppia falda con altezza pari a 5.80 m. Le coperture dei corpi A, B e D, piane ma non praticabili se non per sola manutenzione, si trovano alla quota di 9.30 m.

3.2 DESCRIZIONE STRUTTURALE DEL FABBRICATO

• CORPO A

L'edificio è in carpenteria metallica a 3 elevazioni ft. con la presenza di telai lungo entrambe le direzioni. Le colonne sono HEB100, HEB120 e HEB140; mentre le travi hanno profili IPE240, UPN240, HEB160 al primo e secondo impalcato e IPE220, UPN220, HEB160 al terzo impalcato. Entrambi i piani presentano un'altezza di interpiano pari a 3.10 m. I solai sono di tipo in lamiera grecata con 4.2 cm di greche e 4.5 cm di caldana. La lamiera ha uno spessore di 1 mm e le greche hanno un interasse di 17 cm. Le tamponature sono costanti lungo l'altezza pari ad uno spessore di 28,5 cm e presentano la seguente stratigrafia:

- 10 cm Parete in cartongesso incannucciata;
- 15 cm muratura di mattoni pieni;
- 3,5 cm rivestimento mattoni facciavista

La copertura è piana con accesso per la sola manutenzione. Non sono presenti controventi nel piano verticale.

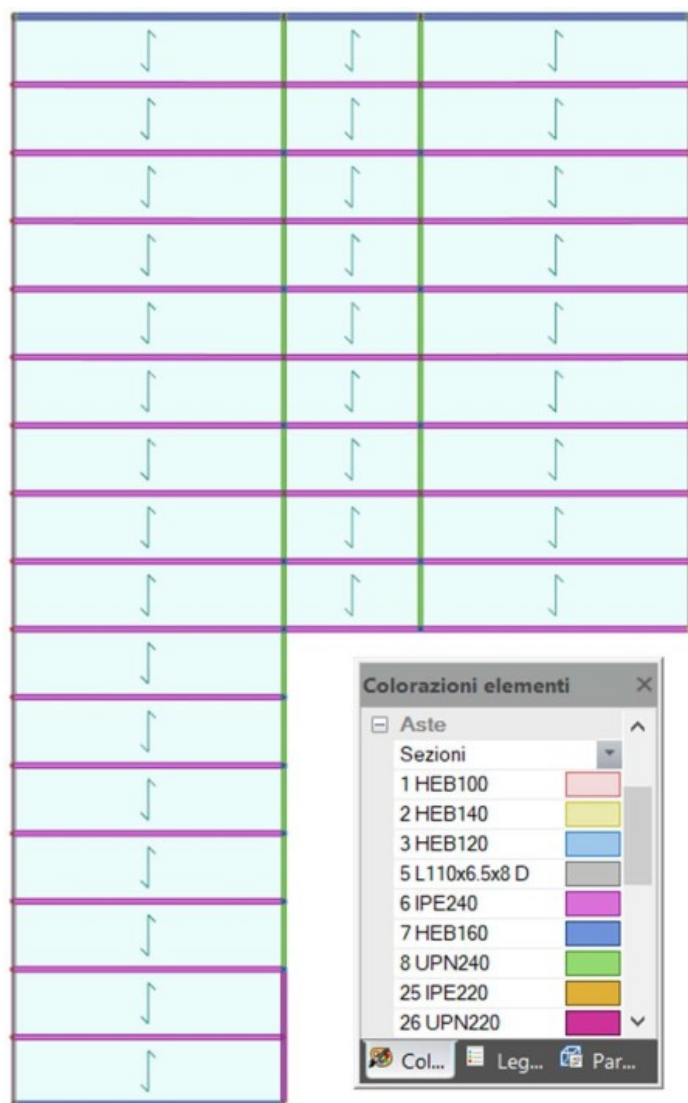


Figura 5 – schema tipo impalcato Corpo A

Sulla scorta dei rilievi effettuati, la tipologia strutturale e l'epoca di costruzione di desume la presenza di fondazioni superficiali continue lungo il perimetro e nel telaio centrale longitudinale.

• CORPO B

L'edificio è in carpenteria metallica a 3 elevazioni ft. con la presenza di telai lungo entrambe le direzioni. Le colonne sono HEB100, HEB120 e HEB140; mentre le travi hanno profili IPE240, UPN240, HEB160 al primo e secondo impalcato e IPE220, UPN220, HEB160 al terzo impalcato. Entrambi i piani presentano un'altezza di interpiano pari a 3.10 m. I solai sono di tipo in lamiera grecata con 4.2 cm di greche e 4.5 cm di caldana. La lamiera ha uno spessore di 1 mm e le greche hanno un interasse di 17 cm. Le tamponature hanno uno spessore di 28,5 cm e presentano la seguente stratigrafia:

- 10 cm Parete in cartongesso incannucciata;
- 15 cm muratura di mattoni pieni;
- 3,5 cm rivestimento mattoni facciavista.

La copertura è piana con accesso per la sola manutenzione. Non sono presenti controventi nel piano verticale.

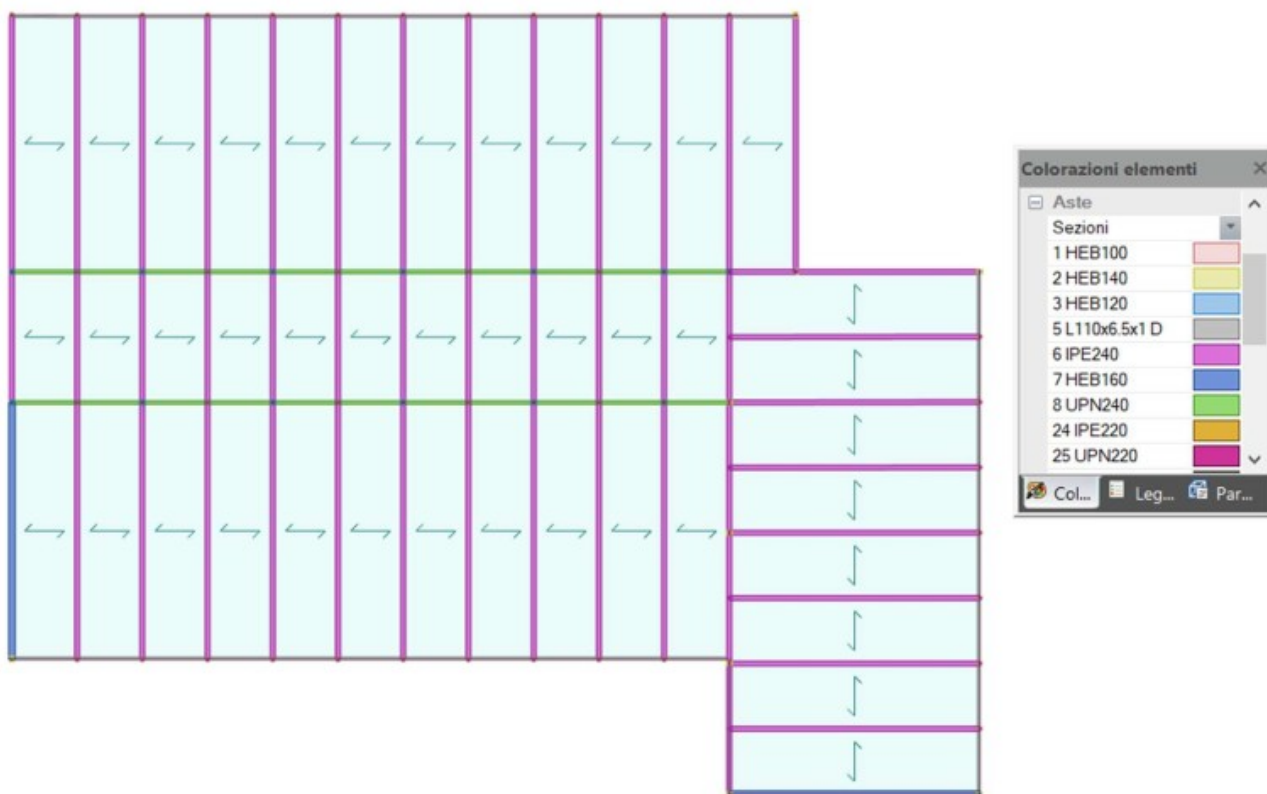


Figura 6 – schema tipo impalcato Corpo B

Il locale tecnico situato al piano interrato (corpo B') è in c.a. con pareti contro terra sul perimetro. Il solaio è sostenuto da 2 travi ribassate da 30 x 75cm ed è in latero-cemento di altezza 17cm di cui 3cm di caldana, a travetti precompressi, interasse 53 cm. Sulla scorta dei rilievi effettuati, la tipologia strutturale e l'epoca di costruzione di desume la presenza di fondazioni superficiali continue lungo il perimetro e nel telaio centrale longitudinale.

• CORPO C

L'edificio è in carpenteria metallica a 1 elevazioni ft. con la presenza di 8 telai lungo la direzione trasversale. Le colonne sono IPE270; mentre le travi hanno profili IPE240 con campata di luce 10.95m. Le travi sono inclinate a doppia falda con colmo sull'asse longitudinale. Sul perimetro i pilastri IPE270 sono collegati longitudinalmente da un profilo a L120x130x12. Gli arcarecci che sostengono i pannelli di copertura in lamiera coibentata sono costituiti da IPE100. L'interpiano è pari a 3.10 m. Le tamponature lungo la direzione trasversale e lungo la direzione longitudinale per un'altezza pari a 2.2 m presentano la seguente stratigrafia:

- 2.5 cm intonaco;
- 10 cm blocco forato;
- 18.5 cm muratura in mattoni pieni;
- 2 cm rivestimento mattoni a faccia vista.

Lungo la direzione longitudinale al di sopra delle tamponature sono presenti finestre a nastro. Le due pareti perimetrali trasversali presentano la tamponatura a tutta altezza.

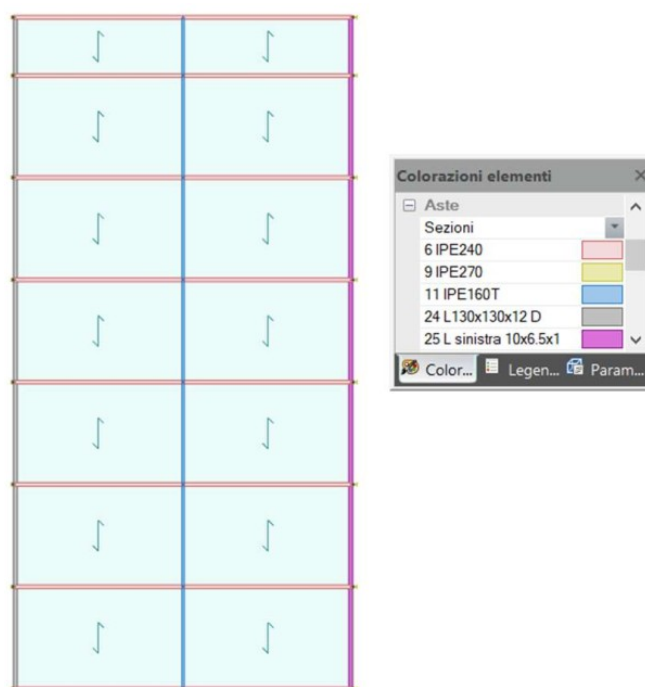


Figura 7 – schema impalcato Corpo C

Sulla scorta dei rilievi effettuati, la tipologia strutturale e l'epoca di costruzione di desume la presenza di fondazioni superficiali continue lungo il perimetro e nel telaio centrale longitudinale.

• CORPO D

L'edificio è in cemento armato a 3 elevazioni ft. con la presenza di telai lungo entrambe le direzioni. I pilastri hanno sezione 20x30; mentre le travi sono in spessore di solaio con sezioni 35x20cm, 30x20cm e 50x20cm. Le rampe delle scale sono a sbalzo dalle travi rampanti che sono di sezione 20x60cm. Entrambi i

piani presentano un'altezza di 3.10 m. I solai sono di tipo latero cemento di altezza 18cm, di cui 4cm di caldana, con travetti gettati in opera ad interasse 34cm. Sul fronte principale è presente una parete in parte vetrata ed in parte cieca con tamponatura leggera costituita da pannelli di alluminio. La copertura è piana con accesso per la sola manutenzione.

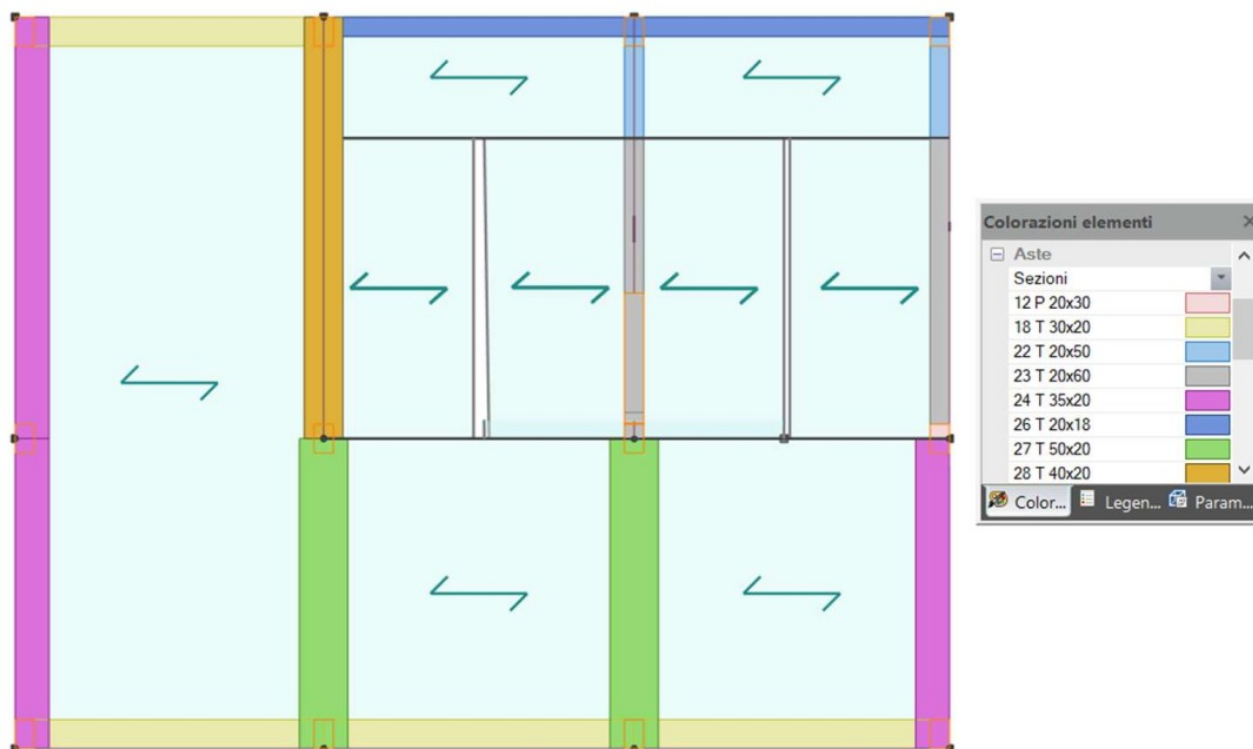


Figura 8 – schema tipo impalcato Corpo D

Sulla scorta dei rilievi effettuati, la tipologia strutturale e l'epoca di costruzione di desume la presenza di fondazioni superficiali continue lungo il perimetro e nel telaio centrale longitudinale.

4 DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO PLESSO PIANTEDOSI

4.1 Descrizione architettonica e funzionale dell'opera

L'edificio in esame è ubicato a Napoli, in via fratelli Rosselli, nel quartiere di Secondigliano (Figura 9), e fa parte dell'I.C. 61° "Sauro - Errico - Pascoli", di cui costituisce il plesso "Piantedosi". Il plesso scolastico sorge in un lotto di terreno pianeggiante di forma trapezoidale, con un unico lato confinante con pubblica via, via fratelli Rosselli, dove è ubicato l'ingresso all'edificio, sia carrabile che pedonale. A ovest e a sud il lotto confina con lotti destinati a edilizia privata, mentre a nord confina con l'area di pertinenza del plesso scolastico gemello "Nazario Sauro centrale", facente parte del medesimo istituto comprensivo. I due lotti contigui sono separati solo tramite un muretto basso, ma catastalmente fanno parte della stessa particella. Il contesto si presenta fortemente urbanizzato. L'area scolastica è dotata di un'area di pertinenza che garantisce

degli spazi aperti di modeste dimensioni su tutti i lati del fabbricato, nonostante il fronte di ingresso si presenti non molto arretrato rispetto alla pubblica via.



Figura 9 – Inquadramento lotto e del Plesso Piantedosi

L'edificio scolastico oggetto di studio sorge in un lotto di terreno pianeggiante di forma trapezoidale, il cui lato più lungo a ovest e il più corto a sud confinano con edifici privati. A nord il lotto confina con un lotto in cui è presente un ulteriore edificio scolastico. A est il lotto confina con la via fratelli Rosselli. L'edificio scolastico è situato all'interno del lotto, arretrato rispetto ai confini. L'ingresso all'edificio, sia pedonale che carrabile, avviene da via Fratelli Rosselli. Una parte del lotto a sud è adibita a parcheggio interno per le auto, ed alcune aree esterne sono adibite a verde. Si compone di 4 corpi di fabbrica come di seguito riportato:

- CORPO A: fabbricato in acciaio a tre elevazioni f.t. destinato a servizi di segreteria, aule e servizi al piano terra, aule al piano primo e secondo (attualmente non utilizzate).
- CORPO B: fabbricato in acciaio a tre elevazioni f.t. destinato a servizi di segreteria, aule e servizi al piano terra, aule al piano primo e secondo (attualmente non utilizzate). Il vano interrato B', facente parte dello stesso corpo B è adibito a centrale termica (livello -1) e risulta in cemento armato.
- CORPO C: palestra ad 1 elevazione f.t. con struttura in acciaio.
- CORPO D: vano scale e connettivo a tre elevazioni ft in cemento armato.

Dalla documentazione in possesso risulta che i quattro corpi di fabbrica costituenti il complesso scolastico sono stati costruiti in un'unica soluzione temporale negli anni 80, nello stesso periodo di costruzione del plesso gemello nel lotto adiacente.



Figura 10 – schema planimetrico con individuazione dei corpi strutturali

La configurazione dell'edificio è caratterizzata dai quattro corpi di fabbrica suddetti, che creano nel complesso un impianto planimetrico dalla forma irregolare. L'intero complesso si sviluppa su una superficie di circa 1049 metri quadrati, di cui 325 mq del corpo A, 395 del corpo B, 245 mq del corpo C (palestra) e 75 mq del corpo D (vano scale). I corpi A, B e D sono a tre piani di elevazione più un locale tecnico al livello -1 di circa 66 mq; mentre il corpo C (palestra) è ad unica elevazione. Il volume complessivo dell'edificio è di circa 8887 metri cubi. I corpi A e B presentano una pianta irregolare e si sviluppano prevalentemente sui lati est, sud e ovest; al contrario i corpi D, e C presentano una forma regolare (rettangolare). Gli interpiani di tutte le elevazioni del corpo A, B, e D sono di 3.10 m; il Corpo C invece, presenta un unico impalcato di copertura a doppia falda con altezza pari a 5.80 m. Le coperture dei corpi A, B e D, piane ma non praticabili se non per sola manutenzione, si trovano alla quota di 9.30 m.

4.2 DESCRIZIONE STRUTTURALE DEL FABBRICATO

• CORPO A

L'edificio è in carpenteria metallica a 3 elevazioni ft. con la presenza di telai lungo entrambe le direzioni. Le colonne sono HEB100, HEB120 e HEB140; mentre le travi hanno profili IPE240, UPN240, HEB160 al primo e secondo impalcato e IPE220, UPN220, HEB160 al terzo impalcato. Entrambi i piani presentano un'altezza di interpiano pari a 3.10 m. I solai sono di tipo in lamiera grecata con 4.2 cm di greche e 4.5 cm di caldana. La lamiera ha uno spessore di 1 mm e le greche hanno un interasse di 17 cm. Le tamponature sono costanti lungo l'altezza pari ad uno spessore di 28,5 cm e presentano la seguente stratigrafia:

- 10 cm Parete in cartongesso incannucciata;
- 15 cm muratura di mattoni pieni;

- 3,5 cm rivestimento mattoni facciavista;

La copertura è piana con accesso per la sola manutenzione. Non sono presenti controventi nel piano verticale. Il locale tecnico situato al piano interrato è in c.a. con la presenza di travi, pilastri, pareti in c.a. e pareti in muratura. I pilastri hanno sezione 30x30 cm e 20x40 cm, mentre le travi 32x 75 cm. I solai sono di tipo latero cemento di altezza 14+3cm di caldana a travetti precompressi ad interasse 53 cm. Sulla scorta dei rilievi effettuati, la tipologia strutturale e l'epoca di costruzione di desume la presenza di fondazioni superficiali continue lungo il perimetro e nel telaio centrale longitudinale.

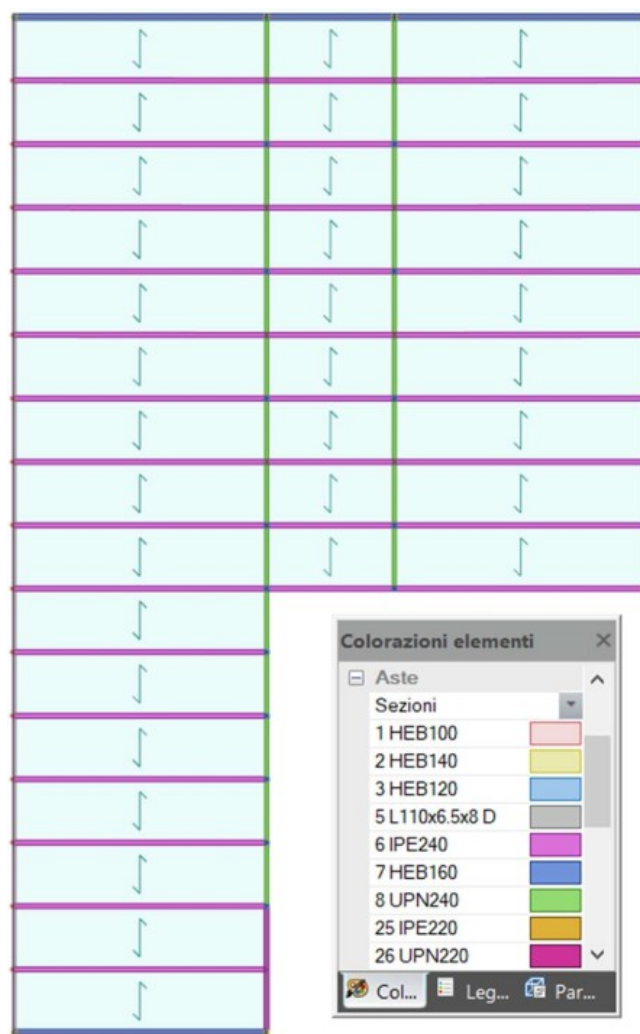


Figura 11 – schema tipo impalcato Corpo A

• CORPO B

L'edificio è in carpenteria metallica a 3 elevazioni ft. con la presenza di telai lungo entrambe le direzioni. Le colonne sono HEB100, HEB120 e HEB140; mentre le travi hanno profili IPE240, UPN240, HEB160 al primo e secondo impalcato e IPE220, UPN220, HEB160 al terzo impalcato. Entrambi i piani presentano un'altezza di interpiano pari a 3.10 m. I solai sono di tipo in lamiera grecata con 4.2 cm di greche e 4.5 cm di caldana. La lamiera ha uno spessore di 1 mm e le greche hanno un interasse di 17 cm. Le tamponature hanno uno spessore di 28,5 cm e presentano la seguente stratigrafia:

- 10 cm Parete in cartongesso incannucciata;
- 15 cm muratura di mattoni pieni;
- 3,5 cm rivestimento mattoni facciavista.

La copertura è piana con accesso per la sola manutenzione. Non sono presenti controventi nel piano verticale. Il locale tecnico situato al piano interrato (corpo B') è in c.a. con pareti contro terra sul perimetro. Il solaio è sostenuto da 2 travi ribassate da 30 x 75cm ed è in latero-cemento di altezza 17cm di cui 3cm di caldana, a travetti precompressi, interasse 53 cm. Sulla scorta dei rilievi effettuati, la tipologia strutturale e l'epoca di costruzione di desume la presenza di fondazioni superficiali continue lungo il perimetro e nel telaio centrale longitudinale.

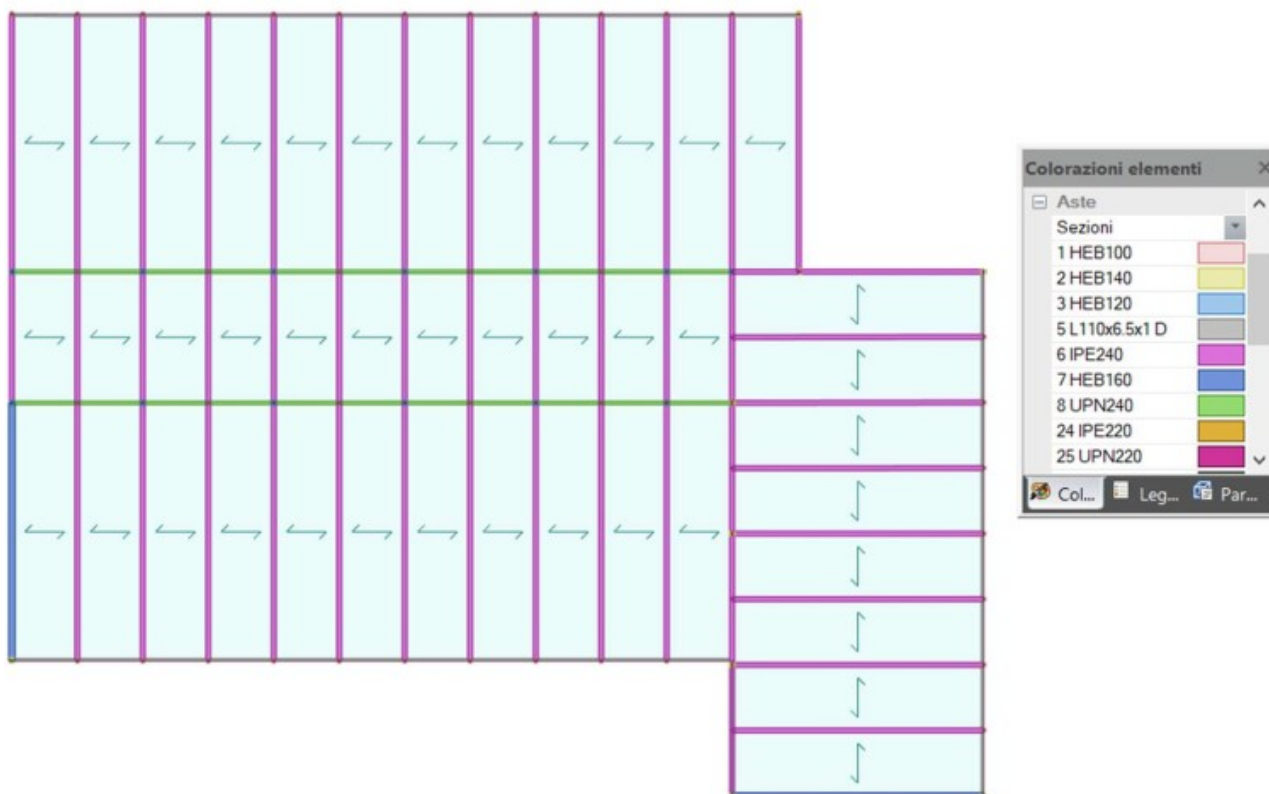


Figura 12 – schema tipo impalcato Corpo B

• CORPO C

L'edificio è in carpenteria metallica a 1 elevazioni ft. con la presenza di 8 telai lungo la direzione trasversale. Le colonne sono IPE270; mentre le travi hanno profili IPE240 con campata di luce 10.95m. Le travi sono inclinate a doppia falda con colmo sull'asse longitudinale. Sul perimetro i pilastri IPE270 sono collegati longitudinalmente da un profilo a L120x130x12. Gli arcarecci che sostengono i pannelli di copertura in lamiera coibentata sono costituiti da IPE100. L'interpiano è pari a 3.10 m. Le tamponature lungo la direzione trasversale e lungo la direzione longitudinale per un'altezza pari a 2.2 m presentano la seguente stratigrafia:

- 2.5 cm intonaco
- 10 cm blocco forato
- 18.5 cm muratura in mattoni pieni

- 2 cm rivestimento mattoni a faccia vista

Lungo la direzione longitudinale al di sopra delle tamponature sono presenti finestre a nastro. Le due pareti perimetrali trasversali presentano la tamponatura a tutta altezza. Sulla scorta dei rilievi effettuati, la tipologia strutturale e l'epoca di costruzione di desume la presenza di fondazioni superficiali continue lungo il perimetro e nel telaio centrale longitudinale.

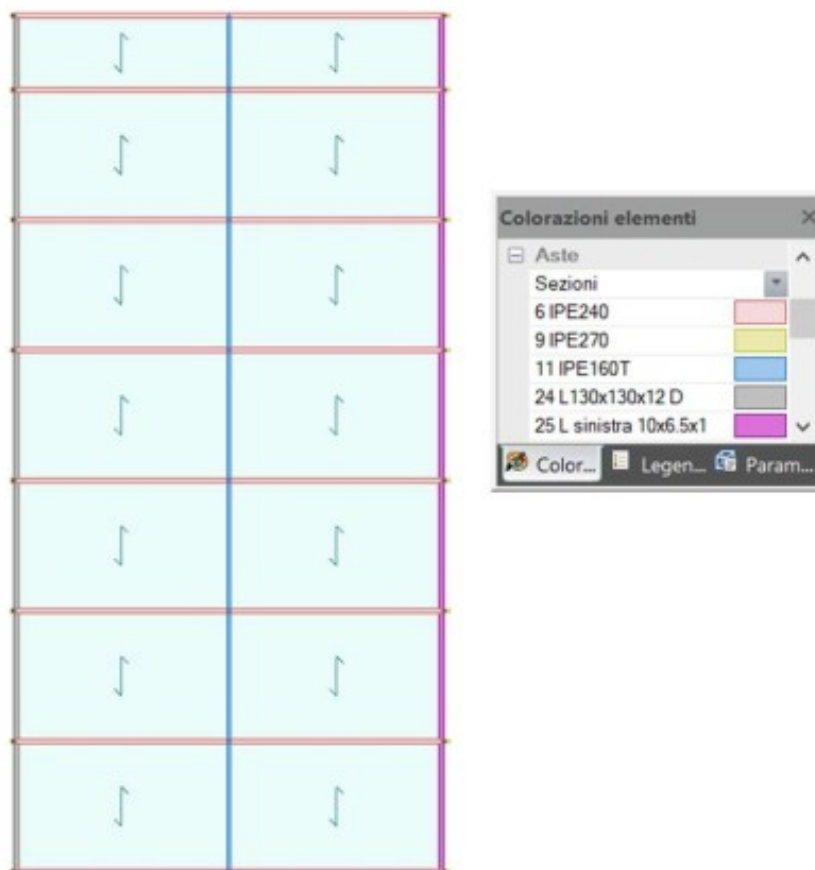


Figura 13 – schema impalcato Corpo C

• CORPO D

L'edificio è in cemento armato a 3 elevazioni ft. con la presenza di telai lungo entrambe le direzioni. I pilastri hanno sezione 20x30; mentre le travi sono in spessore di solaio con sezioni 35x20cm, 30x20cm e 50x20cm. Le rampe delle scale sono a sbalzo dalle travi rampanti che sono di sezione 20x60cm. Entrambi i piani presentano un'altezza di 3.10 m. I solai sono di tipo latero cemento di altezza 18cm, di cui 4cm di caldana, con travetti gettati in opera ad interasse 34cm. Sul fronte principale è presente una parete in parte vetrata ed in parte cieca con tamponatura leggera costituita da pannelli di alluminio. La copertura è piana con accesso per la sola manutenzione. Sulla scorta dei rilievi effettuati, la tipologia strutturale e l'epoca di costruzione di desume la presenza di fondazioni superficiali continue lungo il perimetro e nel telaio centrale longitudinale.

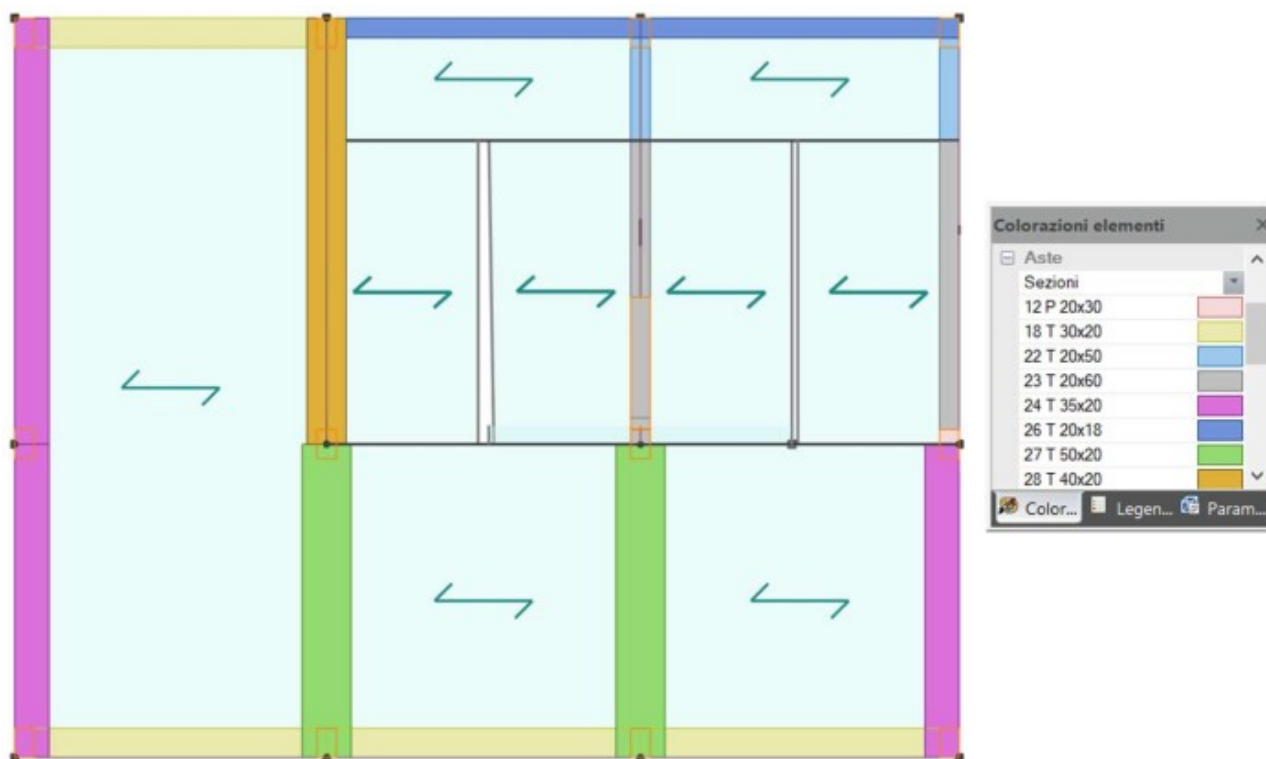


Figura 14 – schema tipo impalcato Corpo D

5 OBIETTIVI E RISULTATI DEL PIANO DELLE INDAGINI

In assenza dei disegni costruttivi sono state previste prove estese in sito, mirate al raggiungimento di un livello di conoscenza pari a LC2. Per i corpi strutturali in esame, sono stati quindi indagati gli elementi più rappresentativi ai vari ordini e a ciascun impalcato, così da maturare una migliore conoscenza dell'organismo strutturale.

5.1 GEOMETRIE

La geometria della struttura è nota in base al rilievo eseguito durante i sopralluoghi dai tecnici incaricati per i “servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n. 333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle dieci municipalità – LOTTO 7 – CUP: B65117000050001 CIG – LOTTO 7: 7882655CAD”, e dai disegni disponibili. I dati raccolti sulle dimensioni degli elementi strutturali, insieme a quelli riguardanti i dettagli strutturali, sono stati utilizzati nel suddetto servizio per la messa a punto di un modello strutturale idoneo ad un'analisi lineare o non lineare.

5.2 DETTAGLI COSTRUTTIVI

Non essendo stati acquisiti, i dettagli costruttivi di progetto, durante l'appalto dei “servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n. 333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle dieci municipalità – LOTTO 7 – CUP: B65117000050001 CIG – LOTTO 7: 7882655CAD”, è stata effettuata un'estesa verifica in situ, tale da consentire la messa a punto di un modello strutturale non lineare. I dati che sono stati raccolti includono le informazioni relative ad una percentuale superiore al 35% degli elementi resistenti di seguito elencate:

- Quantità di armatura longitudinale in travi, pilastri, pareti e sua disposizione;
- Quantità di barre di armatura piegate che contribuiscono alla resistenza a taglio, presenti nelle travi;

- Quantità e dettagli di armatura trasversale nelle zone critiche e nei nodi trave-pilastro;
- Quantità di armatura longitudinale che contribuisce al momento negativo di travi a T, presente nei solai;
- Lunghezze di appoggio e condizioni di vincolo degli elementi orizzontali;
- Spessore dei copriferri;

5.3 MATERIALI

Non conoscendo le specifiche dei materiali prescritti nel progetto originario, ai fini della valutazione delle loro proprietà meccaniche, sia per i pilastri che per le travi e impalcati, sono state effettuate “prove estese in situ” con esecuzione di prove distruttive consistenti prelievo di carote e di barre di armatura.

Dalle prove dirette, effettuate durante la campagna di indagine, summenzionata, sugli elementi strutturali esistenti sono stati assunti i valori a base di calcolo dei materiali utilizzati per le verifiche statiche e sismiche. Sono state effettuate prove atte a caratterizzare la resistenza meccanica degli elementi lo schema portante dei vari corpi strutturali, effettuando prove distruttive consistenti in carotaggi per quel che riguarda il calcestruzzo e prelievi di barra per quel che riguarda l'acciaio.

5.3.1 Caratteristiche del calcestruzzo

Le norme prevedono che la misura delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo si ottenga mediante estrazione di campioni ed esecuzione di prove di compressione fino a rottura. Nella tabella seguente vengono riportati i risultati di tali prove di compressione così come riportati sul report delle indagini del *“servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n. 333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle dieci municipalità – LOTTO 7 – CUP: B65I17000050001 CIG – LOTTO 7: 7882655CAD”*. Per i risultati delle analisi compiute ed i suoi risultati si rimanda **Allegato A** che contiene le seguenti tavole dell'appalto *“servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n. 333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle dieci municipalità – LOTTO 7 – CUP: B65I17000050001 CIG – LOTTO 7: 7882655CAD”*: *“Fase 2_RCM_01 Relazione sulla caratterizzazione dei materiali; Fase 2_RRI01 Relazione dei risultati delle indagini; Fase 2_RRI02 Ubicazione indagini eseguite al piano interrato; Fase 2_Ubicazione indagini eseguite al I impalcato; Fase 2_RRI03 Ubicazione indagini eseguite al II impalcato; Fase 2_RRI04 Ubicazione indagini eseguite al III impalcato (Plesso Piantedosi e Plesso Nazario Sauro)”*

6 VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA

6.1 Definizione dell'azione sismica

La valutazione della sicurezza sismica delle strutture nell'appalto di *“servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n. 333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle dieci municipalità – LOTTO 7 – CUP: B65I17000050001 CIG – LOTTO 7: 7882655CAD”* è stata effettuata mediante il confronto tra la domanda e la capacità sia nei confronti dei meccanismi di piano che per quelli fuori piano. La domanda, ovvero l'azione sismica di progetto per un determinato stato limite, è commisurata all'importanza dell'opera in questione secondo i principi richiamati dal D.M. 17.01.2018 al § 3.2.3. Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ag in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2 del D.M. 17.01.2018), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento VR, come definito nel § 2.4 dello stesso decreto.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

6.2 Vita nominale

La vita nominale dell'opera VN è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è riportata in Tabella.

Tipi di costruzione		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Per l'edificio in questione, trattandosi di edificio con caratteristiche ordinarie, si è assunto:

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

6.3 Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

- Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Per l'edificio in questione, trattandosi di una struttura scolastica si è assunto il coefficiente d'uso C_u :

$$CU = 1,50 \text{ (Classe III)}$$

6.4 Periodo di riferimento dell'azione sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento VR che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale VN per il coefficiente d'uso CU:

$$VR = 75 \text{ anni}$$

6.5 Parametri di pericolosità sismica

Noto il periodo di riferimento per l'azione sismica su determinato ed nota l'esatta ubicazione dell'edificio rispetto alla griglia di valori prevista dal D.M. 17/01/2018 sono stati definiti i valori dei parametri di pericolosità sismica relativi ai diversi stati limite.

- Sito di costruzione: 7.11 Scuola Nazario Sauro Centrale LON. 14. 26900 LAT. 40. 88680;
- ID reticolo: 32979 32978 32757 32756

Parametri sismici						
TCC	TR	Ag<g>	Fo	Tc*	SS	CC
SLO	45	0.0560	2.34	0.30	1.50	1.55
SLD	75	0.0734	2.34	0.32	1.50	1.52
SLV	712	0.1885	2.42	0.34	1.43	1.49

6.6 Stati limite per le verifiche sismiche

Per la verifica di edifici esistenti il D.M. 17.01.2018 prevede che siano eseguite verifiche con riferimento ai seguenti stati limite:

- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali;
- **Stato Limite di salvaguardia della vita umana (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.
- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella.

Stati limite	PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR
SLO (o DO)	81 %
SLD (o DL)	63 %
SLV (o DS)	10 %
SLC (o CO)	5 %

Nella fattispecie, sono state condotte con riferimento prevalentemente allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita, per quanto concerne gli stati limite ultimi, e allo Stato Limite di Danno, per quanto concerne gli stati limite di esercizio.

6.7 Suolo di fondazione

Il terreno è classificabile come suolo di tipo C secondo quanto previsto dal D.M. 17.01.2018 al paragrafo 3.2.2, infatti trattasi di *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180m/s e 360m/s. Per maggiori chiarimenti si demanda all’allegato C contenente la tavola Fase2_RGEOL-T_01-Relazione geologica e geotecnica redatta dai tecnici esterni al Comune nell’ambito dell’appalto “servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n. 333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle dieci municipalità – LOTTO 7 – CUP: B65117000050001 CIG – LOTTO 7: 7882655CAD”.*

6.8 Spettro elastico

Noti il tipo di suolo ed i parametri del sito sono definiti tutti gli altri parametri correlati per la determinazione dello spettro elastico come di seguito richiamato.

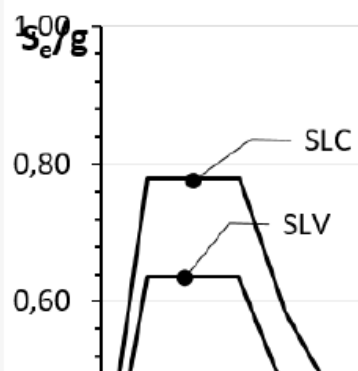
$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad T_B = T_C / 3 \quad T_D = 4,0 \cdot \frac{a_g}{g} + 1,6$$

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

$$ST = 1 \quad S = S_s \times ST$$

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]	C_c	S_s	S_t	S	T_b	T_c	T_d
SLO	30	0,056	2,346	0,305	1,554	1,500	1,000	1,500	0,158	0,474	2,126
SLD	75	0,073	2,340	0,325	1,521	1,500	1,000	1,500	0,165	0,494	2,283
SLV	712	0,186	2,386	0,345	1,492	1,434	1,000	1,434	0,172	0,515	3,375
SLC	1462	0,234	2,452	0,349	1,486	1,356	1,000	1,356	0,173	0,519	3,895

In figura sono riportati i valori di tutti i parametri per la definizione univoca degli spettri elastici relativi agli stati limite di interesse. Gli spettri così determinati sono riportati nella sottostante figura.



7 MODELLAZIONE E SINTESI DELLE VERIFICHE SISMICHE

7.1 Criteri utilizzati per la modellazione dei corpi di fabbrica

Durante la fase di modellazione è necessario trasferire le conoscenze raccolte con le indagini in un modello strutturale il più possibile aderente alla realtà fisica. Questo passaggio risulta uno dei più delicati del percorso che porta alla definizione del rischio sismico in quanto la trasposizione della realtà in un modello comporta sempre delle semplificazioni rispetto alla realtà. Gli edifici in oggetto sono stati modellati in modo da essere coerente con quanto emerso durante la fase di indagine; le sezioni resistenti sono quelle fornite dal rilievo geometrico, al netto degli intonaci; le proprietà dei materiali sono desumibili dalle ispezioni visive e dalle indagini eseguite in situ, secondo quanto illustrato.

7.2 Vulnerabilità rispetto alle azioni statiche

Sono state effettuate le verifiche in condizioni statiche degli elementi costituenti la struttura portante degli edifici, ricavando il parametro $\zeta_{v,i}$ che rappresenta il rapporto tra il valore massimo del sovraccarico verticale variabile sopportabile dalla costruzione e il valore del sovraccarico variabile che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione. I risultati di seguito illustrati si riferiscono ad una condizione non degradata delle strutture; devono pertanto essere risanati gli elementi strutturali coinvolti da degrado o interessati da eventuali quadri fessurativi. Dalle analisi per soli carichi verticali dei modelli strutturali non sono emerse criticità circa l'utilizzo previsto come edificio scolastico.

7.3 Vulnerabilità sismiche

In particolare, avendo ottenuto un Livello di Conoscenza LC2 per le verifiche di sicurezza nei confronti delle azioni sismiche, si è proceduto al calcolo di verifica mediante analisi dinamica modale con fattore di struttura $q=2.0$ per strutture esistenti in c.a. utilizzando lo spettro di progetto valutato secondo quanto indicato dalla normativa vigente. Si riporta a seguire una sintesi dei risultati eseguiti sui 4 corpi strutturali sia del plesso Nazario Sauro sia del plesso Piantedosi.

Plesso Nazario Sauro
Corpo A

PILASTRI E TRAVI

ELEMENTO	TIPO VERIFICA	INDICE DI SICUREZZA IN TERMINI DI ACC. AL SUOLO	INDICE DI SICUREZZA IN TERMINI PERIODO DI RITORNO
		$\zeta_E (a_g)$	$\zeta_E (T_R)$
ASTA	TAGLIO/FLESSIONE/STABILITA'	0.193	0.245

L'indice di sicurezza, minimo è $\zeta_E (a_g) = 0.193$, $\zeta_E (T_R) = 0.245$

Corpo B

PILASTRI E TRAVI

ELEMENTO	TIPO VERIFICA	INDICE DI SICUREZZA IN TERMINI DI ACC. AL SUOLO	INDICE DI SICUREZZA IN TERMINI PERIODO DI RITORNO
		$\zeta_E (a_g)$	$\zeta_E (T_R)$
ASTA	TAGLIO/FLESSIONE/STABILITA'	0.193	0.245

L'indice di sicurezza, minimo è $\zeta_E (a_g) = 0.193$, $\zeta_E (T_R) = 0.245$

Corpo C

PILASTRI E TRAVI

ELEMENTO	TIPO VERIFICA	INDICE DI SICUREZZA IN TERMINI DI ACC. AL SUOLO	INDICE DI SICUREZZA IN TERMINI PERIODO DI RITORNO
		$\zeta_E (a_g)$	$\zeta_E (T_R)$
ASTA	TAGLIO/FLESSIONE/STABILITA'	1.306	1.667

L'indice di sicurezza, minimo è $\zeta_E (a_g) = 1.306$, $\zeta_E (T_R) = 1.667$

Corpo D

PILASTRI

ELEMENTO	TIPO VERIFICA	INDICE DI SICUREZZA IN TERMINI DI ACC. AL SUOLO	INDICE DI SICUREZZA IN TERMINI PERIODO DI RITORNO
		$\zeta_E (a_g)$	$\zeta_E (T_R)$
PILASTRI	TAGLIO	1.098	1.165
PILASTRI	FLESSIONE	0.257	0.277

L'indice di sicurezza, minimo per i pilastri è $\zeta_E (a_g) = 0.257$ $\zeta_E (T_R) = 0.277$

TRAVI

ELEMENTO	TIPO VERIFICA	INDICE DI SICUREZZA IN TERMINI DI ACC. AL SUOLO	INDICE DI SICUREZZA IN TERMINI PERIODO DI RITORNO
		$\zeta_E (a_g)$	$\zeta_E (T_R)$
TRAVI	TAGLIO	0.438	0.420
TRAVI	FLESSIONE	0.210	0.253

Gli elementi più critici sono le travi trasversali di bordo.

L'indice di sicurezza, minimo per le travi è $\zeta_E (a_g) = 0.210$, $\zeta_E (T_R) = 0.253$

NODI NON CONFINATI

ELEMENTO	TIPO VERIFICA	INDICE DI SICUREZZA IN TERMINI DI ACC. AL SUOLO	INDICE DI SICUREZZA IN TERMINI PERIODO DI RITORNO
		$\zeta_E (a_g)$	$\zeta_E (T_R)$
NODI	TAGLIO TRAZIONE	0.135	0.174

I nodi sono gli elementi più critici della struttura. I nodi più critici sono tutti quelli del secondo impalcato.

L'indice di sicurezza, minimo per i nodi è $\zeta_E (a_g) = 0.135$, $\zeta_E (T_R) = 0.174$

L'indice di sicurezza globale è il minore fra tutti gli indici calcolati: $\zeta_E (a_g) = 0.135$, $\zeta_E (T_R) = 0.174$, corrispondente a PGA (capacità) = 0.036g e periodo di ritorno $T_R = <10$ anni.

PILASTRI E TRAVI

ELEMENTO	TIPO VERIFICA	INDICE DI SICUREZZA IN TERMINI DI ACC. AL SUOLO	INDICE DI SICUREZZA IN TERMINI PERIODO DI RITORNO
		$\zeta_E (a_g)$	$\zeta_E (T_R)$
ASTA	TAGLIO/FLESSIONE/STABILITA'	0.193	0.245

L'indice di sicurezza, minimo è $\zeta_E (a_g) = 0.193$, $\zeta_E (T_R) = 0.245$

Corpo B

PILASTRI E TRAVI

ELEMENTO	TIPO VERIFICA	INDICE DI SICUREZZA IN TERMINI DI ACC. AL SUOLO	INDICE DI SICUREZZA IN TERMINI PERIODO DI RITORNO
		$\zeta_E (a_g)$	$\zeta_E (T_R)$
ASTA	TAGLIO/FLESSIONE/STABILITA'	0.193	0.245

L'indice di sicurezza, minimo è $\zeta_E (a_g) = 0.193$, $\zeta_E (T_R) = 0.245$

Corpo C

PILASTRI E TRAVI

ELEMENTO	TIPO VERIFICA	INDICE DI SICUREZZA IN TERMINI DI ACC. AL SUOLO	INDICE DI SICUREZZA IN TERMINI PERIODO DI RITORNO
		$\zeta_E (a_g)$	$\zeta_E (T_R)$
ASTA	TAGLIO/FLESSIONE/STABILITA'	1.306	1.667

L'indice di sicurezza, minimo è $\zeta_E (a_g) = 1.306$, $\zeta_E (T_R) = 1.667$

Corpo D

PILASTRI

ELEMENTO	TIPO VERIFICA	INDICE DI SICUREZZA IN TERMINI DI ACC. AL SUOLO	INDICE DI SICUREZZA IN TERMINI PERIODO DI RITORNO
		$\zeta_E (a_g)$	$\zeta_E (T_R)$
PILASTRI	TAGLIO	1.098	1.165
PILASTRI	FLESSIONE	0.257	0.277

L'indice di sicurezza, minimo per i pilastri è $\zeta_E (a_g) = 0.257$, $\zeta_E (T_R) = 0.277$

TRAVI

ELEMENTO	TIPO VERIFICA	INDICE DI SICUREZZA IN TERMINI DI ACC. AL SUOLO	INDICE DI SICUREZZA IN TERMINI PERIODO DI RITORNO
		$\zeta_E (a_g)$	$\zeta_E (T_R)$
TRAVI	TAGLIO	0.438	0.420
TRAVI	FLESSIONE	0.210	0.253

Gli elementi più critici sono le travi trasversali di bordo.

L'indice di sicurezza, minimo per le travi è $\zeta_E (a_g) = 0.210$, $\zeta_E (T_R) = 0.253$

NODI NON CONFINATI

ELEMENTO	TIPO VERIFICA	INDICE DI SICUREZZA IN TERMINI DI ACC. AL SUOLO	INDICE DI SICUREZZA IN TERMINI PERIODO DI RITORNO
		$\zeta_E (a_g)$	$\zeta_E (T_R)$
NODI	TAGLIO TRAZIONE	0.135	0.174

I nodi sono gli elementi più critici della struttura. I nodi più critici sono tutti quelli del secondo impalcato.

L'indice di sicurezza, minimo per i nodi è $\zeta_E (a_g) = 0.135$, $\zeta_E (T_R) = 0.174$

L'indice di sicurezza globale è il minore fra tutti gli indici calcolati: $\zeta_E (a_g) = 0.135$, $\zeta_E (T_R) = 0.174$, corrispondente a PGA (capacità) = 0.036g e periodo di ritorno $T_R = <10$ anni.

L'edificio scolastico presenta criticità estese in tutti i corpi fuorché per il Corpo C (palestra) che risulta adeguata ai livelli di sicurezza richiesta e non necessita interventi di rinforzo.

I corpi di fabbrica sono stati realizzati in aderenza l'uno con l'altro e pertanto bisognerà intervenire per rendere i giunti idonei a garantire le libere oscillazioni delle diverse strutture.

8 SOLUZIONE PROGETTUALE DI ABBATTIMENTO E RICOSTRUZIONE DELLA STRUTTURA

Considerato gli esiti delle indagini di vulnerabilità eseguite dai tecnici esterni al Comune nell'ambito dell'appalto *“servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n. 333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle dieci municipalità – LOTTO 7 – CUP: B65I17000050001 CIG – LOTTO 7: 7882655CAD”*, delle caratteristiche del calcestruzzo e dell'acciaio rilevati in fase di indagine, delle ipotesi di consolidamento proposti dai suddetti tecnici e dei relativi costi e delle dimensioni esigue della struttura si è deciso di procedere all'abbattimento e alla ricostruzione del fabbricato nel rispetto delle normative vigenti e quindi nell'ambito strutturale delle seguenti norme:

- Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. Infrastrutture 17 Gennaio 2018.
- Circolari, Linee Guida e Istruzioni
- Circolare Ministeriale 21 Gennaio 2019, n° 7 / C.S.LL.PP.

Pertanto la progettazione verrà eseguita mediante il confronto tra la domanda e la capacità sia nei confronti dei meccanismi di piano che per quelli fuori piano. La domanda, ovvero l'azione sismica di progetto per un determinato stato limite, è commisurata all'importanza dell'opera in questione secondo i principi richiamati dal D.M. 17.01.2018 al § 3.2.3. Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2 del D.M. 17.01.2018), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento VR, come definito nel § 2.4 dello stesso decreto.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

8.1 Vita nominale

La vita nominale dell'opera VN è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è riportata in Tabella.

Tipi di costruzione		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Per l'edificio in questione, trattandosi di edificio con caratteristiche ordinarie, si è assunto:

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

8.2 Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

- Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Per l'edificio in questione, trattandosi di una struttura scolastica si è assunto il coefficiente d'uso C_u :

$$C_u = 1,50 \text{ (Classe III)}$$

8.3 Periodo di riferimento dell'azione sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_u :

$$V_R = 75 \text{ anni}$$

8.4 Parametri di pericolosità sismica

Noto il periodo di riferimento per l'azione sismica su determinato ed nota l'esatta ubicazione dell'edificio rispetto alla griglia di valori prevista dal D.M. 17/01/2018 sono stati definiti i valori dei parametri di pericolosità sismica relativi ai diversi stati limite.

- Sito di costruzione: 7.11 Scuola Nazario Sauro Centrale LON. 14. 26900 LAT. 40. 88680;
- ID reticolo: 32979 32978 32757 32756

Parametri sismici						
TCC	TR	Ag<g>	Fo	Tc*	SS	CC
SLO	45	0.0560	2.34	0.30	1.50	1.55
SLD	75	0.0734	2.34	0.32	1.50	1.52
SLV	712	0.1885	2.42	0.34	1.43	1.49

8.5 Stati limite per le verifiche sismiche

Per la verifica di edifici esistenti il D.M. 17.01.2018 prevede che siano eseguite verifiche con riferimento ai seguenti stati limite:

- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali;
- **Stato Limite di salvaguardia della vita umana (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.
- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella.

Stati limite	PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
SLO (o DO)	81 %
SLD (o DL)	63 %
SLV (o DS)	10 %
SLC (o CO)	5 %

Nella fattispecie, sono state condotte con riferimento prevalentemente allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita, per quanto concerne gli stati limite ultimi, e allo Stato Limite di Danno, per quanto concerne gli stati limite di esercizio.

8.6 Suolo di fondazione

Il terreno è classificabile come suolo di tipo C secondo quanto previsto dal D.M. 17.01.2018 al paragrafo 3.2.2, infatti trattasi di *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180m/s e 360m/s. Per maggiori chiarimenti si demanda all'allegato C contenente la tavola Fase2_RGEOL-T_01-Relazione geologica e geotecnica redatta dai tecnici esterni al Comune nell'ambito dell'appalto “servizi*

professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n. 333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle dieci municipalità – LOTTO 7 – CUP: B65I17000050001 CIG – LOTTO 7: 7882655CAD”.

8.7 Spettro elastico

Noti il tipo di suolo ed i parametri del sito sono definiti tutti gli altri parametri correlati per la determinazione dello spettro elastico come di seguito richiamato.

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad T_B = T_C / 3 \quad T_D = 4,0 \cdot \frac{a_g}{g} + 1,6$$

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

$$ST = 1 \quad S = S_s \times ST$$

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]	C_c	S_s	S_t	S	T_b	T_c	T_d
SLO	30	0,056	2,346	0,305	1,554	1,500	1,000	1,500	0,158	0,474	2,126
SLD	75	0,073	2,340	0,325	1,521	1,500	1,000	1,500	0,165	0,494	2,283
SLV	712	0,186	2,386	0,345	1,492	1,434	1,000	1,434	0,172	0,515	3,375
SLC	1462	0,234	2,452	0,349	1,486	1,356	1,000	1,356	0,173	0,519	3,895