

**PROGETTO ESECUTIVO**  
**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA MATERNA SITA IN VIALE SIGNORINI NEL COMUNE DI VILLASTELLONE**

DOC.01

**RELAZIONE GENERALE**

SUGLI INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA MATERNA SITA IN VIALE SIGNORINI NEL COMUNE DI VILLASTELLONE



Il Tecnico incaricato: Ing Stefano Benelli, P.za Maestri cordai 1-3, 10022 Carmagnola (TO)

L' Ente Preposto: Comune di Villastellone (TO)

Carmagnola, 30.10.2020



## SOMMARIO

<b>SOMMARIO</b> .....	<b>2</b>
<b>INTRODUZIONE</b> .....	<b>3</b>
<b>DOCUMENTAZIONE REPERITA E ANALIZZATA</b> .....	<b>10</b>
<b>NORMATIVA RIFERIMENTO, CLASSIFICAZIONE DELL'EDIFICIO E APPROCCIO DI CALCOLO</b> ....	<b>11</b>
<b>STUDIO DELLA STRUTTURA</b> .....	<b>17</b>
<b>E DEFINIZIONE DEL MODELLO DI RIFERIMENTO PER LE ANALISI</b> .....	<b>17</b>
<b>(NDR. VALIDO SIA PER LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA DELLA STRUTTURA ESISTENTE E SIA PER LA VALUTAZIONE DEGLI INTERVENTI DI ADEGUAMENTO)</b> .....	<b>17</b>
<i>Generalità</i> .....	29
<i>Analisi dei carichi</i> .....	31
<i>Criteri di calcolo</i> .....	31
<i>Caratteristiche e analisi codice</i> .....	31
<i>Schematizzazione della struttura e dei vincoli</i> .....	32
<i>Modellazione della struttura e dei vincoli</i> .....	32
<i>Schematizzazione delle azioni</i> .....	32
<i>Tipo di analisi</i> .....	32
<b>ESITO DELLE VERIFICHE DI VULNERABILITA' DELL'EDIFICIO ESISTENTE</b> .....	<b>34</b>
<b>DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO DI ADEGUAMENTO SISMICO</b> .....	<b>36</b>
<b>CONCLUSIONI</b> .....	<b>37</b>
<b>INDICATORI DI RISCHIO SISMICO (POST INTERVENTO)</b> .....	<b>37</b>
<b>INDICE DI VULNERABILITA' SISMICA IN TERMINI DI ACCELERAZIONE</b> .....	<b>38</b>
<b>INDICE DI VULNERABILITA' SISMICA IN TERMINI DI PERIODO DI RITORNO</b> .....	<b>38</b>
<b>INDICATORI DEL RISCHIO SISMICO</b> .....	<b>39</b>

**PROGETTO ESECUTIVO**  
**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA MATERNA SITA IN VIALE SIGNORINI NEL COMUNE DI VILLASTELLONE**

---

## INTRODUZIONE

Oggetto della presente relazione è la verifica strutturale degli interventi finalizzati all'adeguamento sismico dell'edificio scolastico che ospita la Scuola Materna Statale sita nel Comune di Villastellone in Via Signorini n.11. L'incarico professionale alla redazione della presente analisi è stato affidato al sottoscritto Ing. Benelli Stefano, con residenza di lavoro in Piazza Maestri Cordai n. 3 nel Comune di Carmagnola (TO) e iscritto all' Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino al n. 6916F, dal Comune di Villastellone al fine di effettuare le verifiche di sicurezza del fabbricato alla luce delle ultime Normative strutturali vigenti. Gli interventi di adeguamento sismico sono stati valutati e progettati a seguito di idonee indagini conoscitive sia di carattere storico che con indagini in loco e dell'analisi di vulnerabilità dell'edificio esistente a cui si rimanda per maggiori dettagli e le cui indicazioni principali vengono di seguito riassunte.

Il fabbricato in oggetto è un edificio scolastico a struttura in cemento armato normale e precompresso (ndr. travetti prefabbricati piano terreno) perlopiù a un solo piano fuori terra. Secondo quanto è stato reperito nella documentazione storica presente negli archivi l'edificio è stato costruito nel suo blocco principale negli anni 1980-1982 (Certificato di Collaudo statico del 26.01.1982): la pratica di "Denuncia Opere in conglomerato cementizio armato normale" è stata presentata all'ufficio del Genio Civile di Torino il 22.09.1980 ed assunta al protocollo n. 3327. Successivamente negli anni 1999-2000 il fabbricato è stato oggetto di un intervento di ampliamento principalmente nella zona nord-ovest (area cucina): la pratica di "Denuncia Opere in conglomerato cementizio armato normale" è stata presentata all'ufficio del Genio Civile di Torino il 01.07.1999 ed assunta al protocollo n. 2743, con conseguente Certificato di Collaudo statico del 24.10.2000.

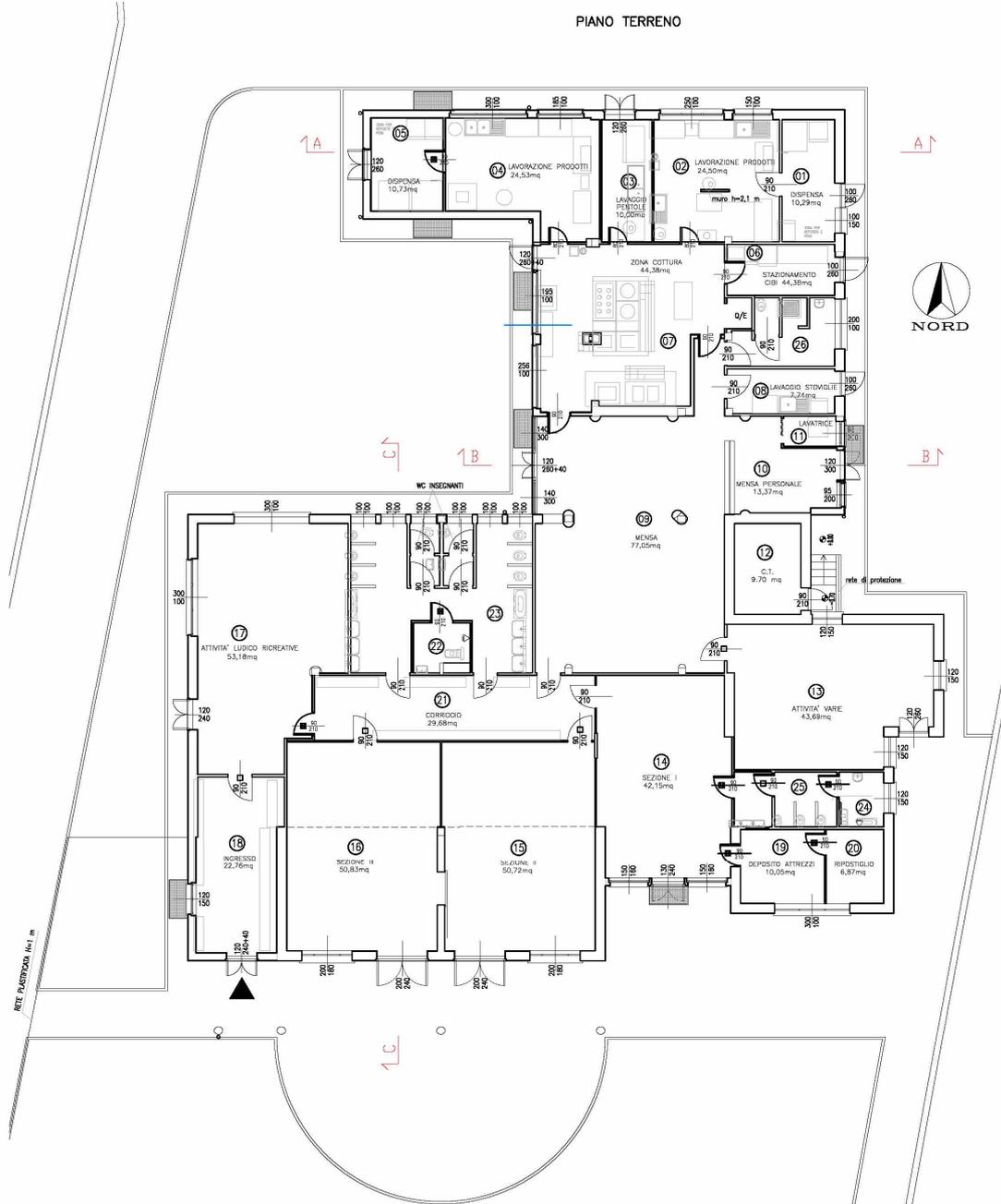
L'edificio di cui trattasi è composto fondamentalmente da 1 corpo di fabbrica unico a un solo piano fuori terra e un piano sottotetto non abitabile. La copertura è a falde nella parte di prima edificazione, mentre le parti che costituiscono l'ampliamento risultano in parte a copertura piana e in parte a falde (proseguimenti delle falde esistenti).

Si riportano di seguito alcune fotografie e alcuni disegni complessivi dell'edificio scolastico.

# PROGETTO ESECUTIVO

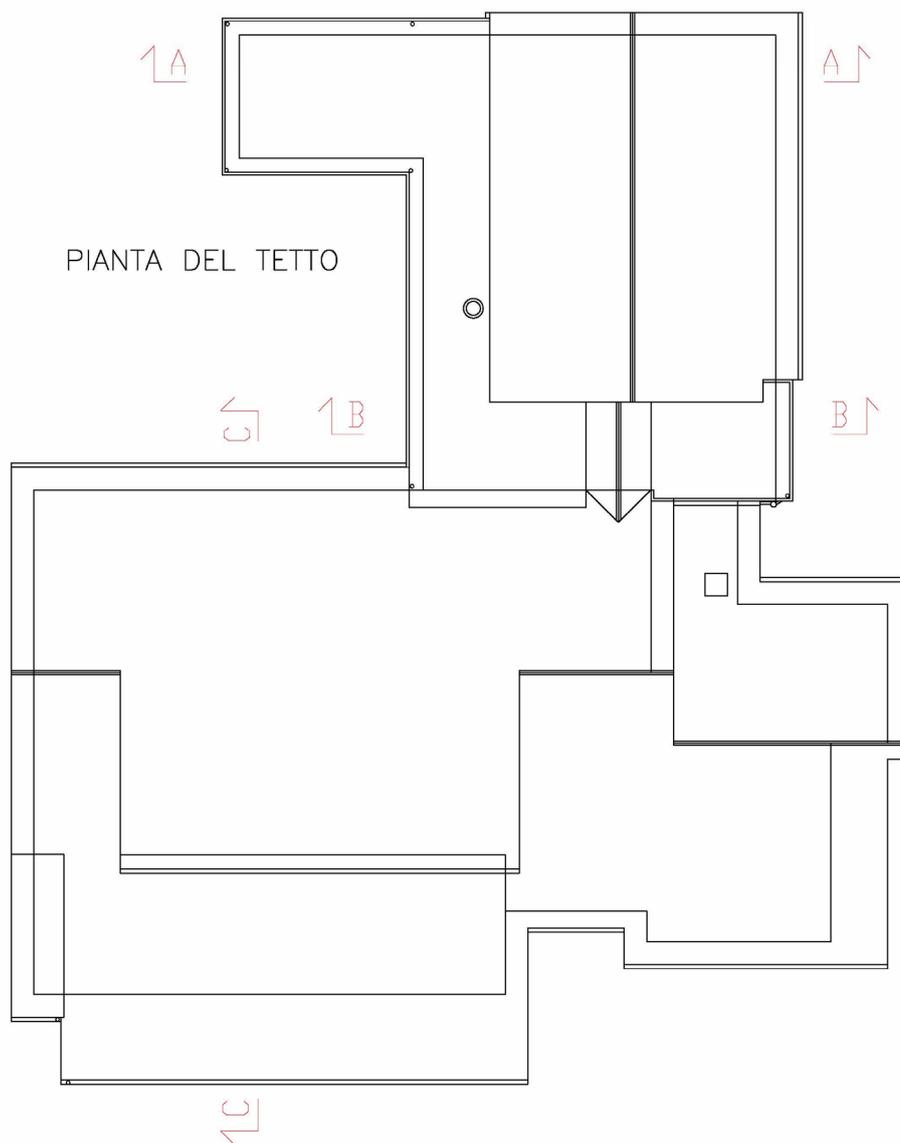
## INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA MATERNA SITA IN VIALE SIGNORINI NEL COMUNE DI VILLASTELLONE

Immagine 1: complessivo in pianta dell'edificio scolastico



**PROGETTO ESECUTIVO**  
**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA MATERNA SITA IN VIALE SIGNORINI NEL COMUNE DI VILLASTELLONE**

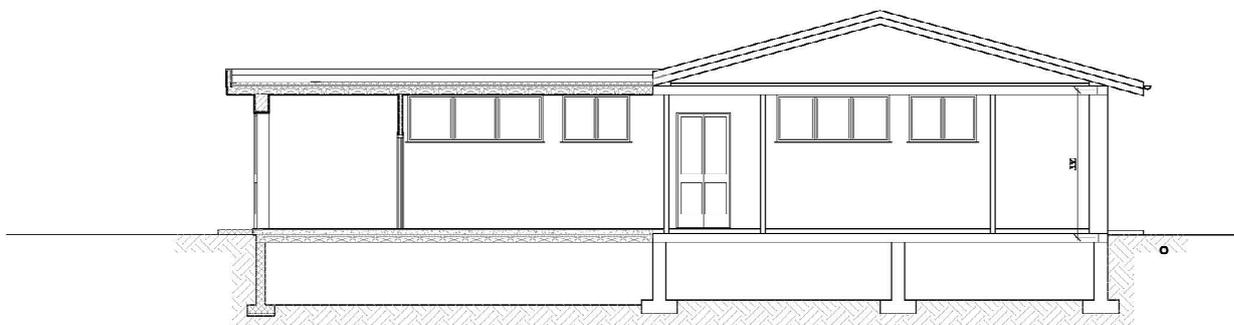
Immagine 2: pianta delle coperture



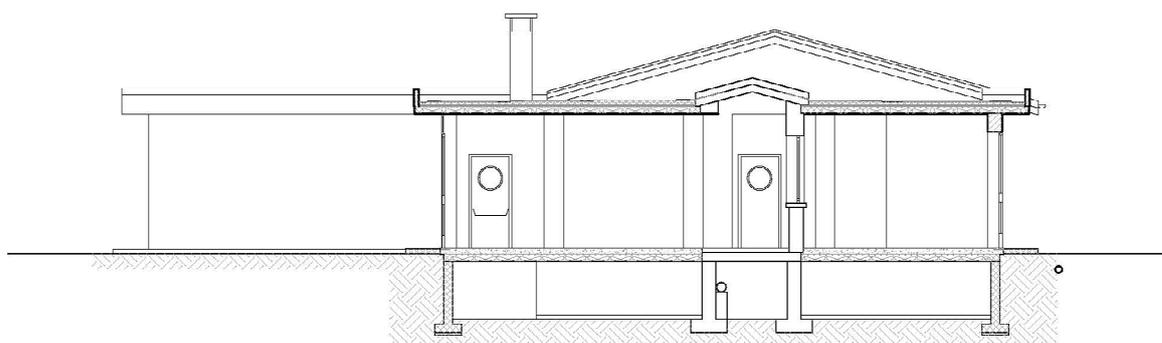
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA MATERNA SITA IN VIALE SIGNORINI NEL COMUNE DI VILLASTELLONE**

Immagine 3: sezioni principali del fabbricato

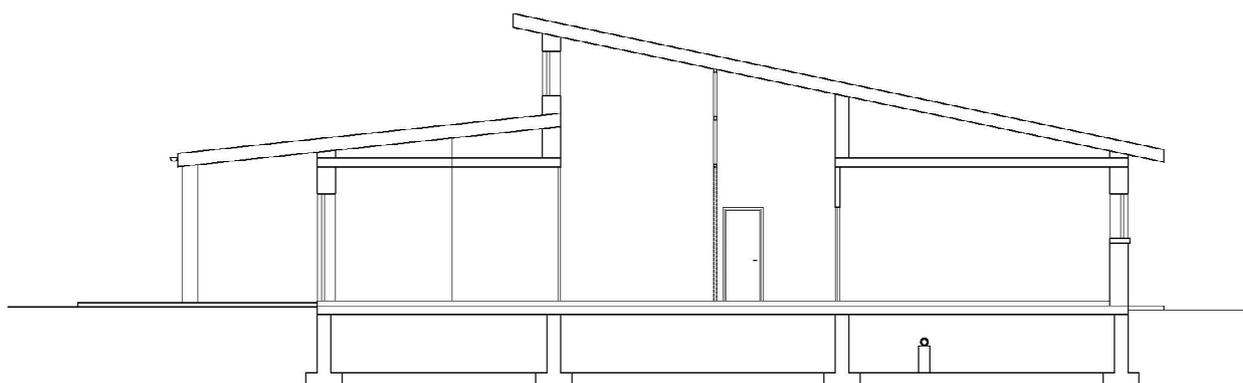
SEZIONE A-A



SEZIONE B-B



SEZIONE C-C



**PROGETTO ESECUTIVO**  
**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA MATERNA SITA IN VIALE SIGNORINI NEL COMUNE DI VILLASTELLONE**

Immagine 4



Immagine 5



**PROGETTO ESECUTIVO**  
**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA MATERNA SITA IN VIALE SIGNORINI NEL COMUNE DI VILLASTELLONE**

Immagine 6



Immagine 7



**PROGETTO ESECUTIVO**  
**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA MATERNA SITA IN VIALE SIGNORINI NEL COMUNE DI VILLASTELLONE**

Immagine 8



Immagine 9



**PROGETTO ESECUTIVO**  
**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA MATERNA SITA IN VIALE SIGNORINI NEL COMUNE DI VILLASTELLONE**

---

**DOCUMENTAZIONE REPERITA E ANALIZZATA**

Al fine di poter approfondire la conoscenza del fabbricato nelle sue caratteristiche di geometria, materiali e dettagli costruttivi è stata ricercata presso gli archivi del Comune di Villastellone e della Regione Piemonte tutta la documentazione disponibile in merito. In particolare è stata effettuata una ricerca approfondita dei disegni di carpenteria originali, dei disegni costruttivi, dei certificati di prova e dei collaudi eseguiti.

E' stata visionata la documentazione elencata di seguito.

- A) Denuncia di opere in conglomerato cementizio armato normale e prefabbricato ai sensi della L. 1086 /71 n. 3327 del 22.09.1980, comprensivo dei seguenti elaborati:
- Istanza di Denuncia opere in conglomerato cementizio contenente gli estremi dei soggetti coinvolti;
  - Relazione illustrativa e di calcolo;
  - Tavola di progetto architettonico del fabbricato;
  - Tav. 1 – opere strutturali – carpenteria fondazioni e pilastri;
  - Tav. 2 – opere strutturali – carpenteria piano terreno
  - Tav. 3 – opere strutturali – carpenteria sottotetto;
  - Tav. 4 – opere strutturali copertura;
  - Tavola contenente il dettaglio lo schema di montaggio dei travetti prefabbricati tipo RDB al piano terreno;
  - Documenti di trasporto e dettaglio travetti prefabbricati tipo Celersap.
- B) Collaudo a firma del Dott. Ing. Giuseppe Oliosi presentato al competente ufficio del Genio Civile il 26.01.1982
- C) Denuncia di opere in conglomerato cementizio armato normale e prefabbricato per ampliamento dell'edificio ai sensi della L. 1086 /71 n. 2743 del 01.07.1999 comprensivo dei seguenti elaborati:
- Istanza di Denuncia opere in conglomerato cementizio contenente gli estremi dei soggetti coinvolti;
  - Tav. 1 – progetto architettonico – stato di fatto;
  - Tav. 2 – progetto architettonico – stato di progetto;

**PROGETTO ESECUTIVO**  
**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA MATERNA SITA IN VIALE SIGNORINI NEL COMUNE DI VILLASTELLONE**

---

- Tav. 1 – opere strutturali – fondazioni e carpenteria coperture
  - Tav. 2 – opere strutturali – piano terra e carpenteria coperture
  - Tav. 3 – opere strutturali – pianta e carpenteria coperture
- D) Relazione di calcolo
- E) Certificato di collaudo statico del 10 ottobre 2000 a firma del Dott. Arch. Piermatteo Razzetti
- F) Relazione di controllo sulla stabilità delle strutture, degli elementi architettonici e di finitura a seguito di sopralluogo effettuato in data 14.04.2009 (prot. 0918R01 del 21.4.2009) nella quale sono state elencate le anomalie riscontrate ed indicate per ciascuna le operazioni raccomandate, evidenziando le operazioni ritenute indispensabili nell'immediato ai fini della sicurezza.
- G) A seguito dei lavori di ripristino di cui sopra e di sopralluogo finale eseguito in data 16.09.2009 è stata redatta Relazione tecnica e certificazione di sicurezza delle strutture e sulla stabilità degli elementi architettonici e di finitura (Procedimento P.C.M. 28.1.2009 - G.U. n. 33 del 10.2.2009) a firma del Dott. Ing. Francesco Bollettino
- H) Progetti architettonici relativi agli ultimi interventi effettuati presso il plesso scolastico.

**NORMATIVA RIFERIMENTO, CLASSIFICAZIONE DELL'EDIFICIO E  
APPROCCIO DI CALCOLO**

Il presente progetto è redatto in conformità al D.Min. Infrastrutture Min. Interni e Prot. Civile 17 Gennaio 2018 e allegate "Norme Tecniche per le Costruzioni" e alla Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. – "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018".

Le verifiche strutturali degli interventi di adeguamento sismico della struttura, che fanno seguito all'analisi della vulnerabilità sismica del complesso scolastico in oggetto, di cui si riportano di seguito le principali conclusioni raggiunte, rientrano nella fattispecie dei fabbricati esistenti a struttura in cemento armato.

Per la valutazione dell' approccio di calcolo e verifica da mantenere nella valutazione degli interventi, è necessario, pertanto, riferirsi in particolare a quanto indicato nel § 8 – "Costruzioni

**PROGETTO ESECUTIVO**  
**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA MATERNA SITA IN VIALE SIGNORINI NEL COMUNE DI VILLASTELLONE**

---

Esistenti” del Decreto Ministeriale 17.01.2008 e a quanto indicato nel C8 – “Costruzioni esistenti” della Circolare esplicativa.

Le NTC 2018 stabiliscono fondamentalmente due passaggi per la valutazione degli interventi sulle costruzioni esistenti:

1 – Valutazione della sicurezza

2 – Individuazione degli eventuali interventi da inserire in una delle tre fattispecie previste:

Interventi o riparazioni locali

Interventi di miglioramento

Interventi di adeguamento

Il passaggio 1 – valutazione della sicurezza – è stato effettuato nell’anno 2018 e si riportano di seguito le principali conclusioni raggiunte. Le NTC2018 indicano la valutazione della sicurezza di una struttura esistente come un procedimento quantitativo, volto a determinare l’entità delle azioni che la struttura è in grado di sostenere con il livello di sicurezza minimo richiesto dalla normativa e se sia eventualmente necessario perseguire un incremento del livello di sicurezza preesistente. L’incremento del livello di sicurezza si persegue, essenzialmente, operando sulla concezione strutturale globale con interventi, anche locali. La valutazione della sicurezza dell’edificio esistente è preliminare all’individuazione degli interventi di adeguamento.

Ai sensi della Normativa vigente la valutazione della sicurezza, argomentata con apposita relazione, deve permettere di stabilire se:

- l’uso della costruzione possa continuare senza interventi;
- l’uso debba essere modificato (declassamento, cambio di destinazione e/o imposizione di limitazioni e/o cautele nell’uso);
- sia necessario aumentare la sicurezza strutturale, mediante interventi.

Per quanto riguarda la classificazione della tipologia di edificio è necessario riferirsi, oltreché alle Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 – DM 17.01.2018, anche al D.G.R. 21 Maggio 2014, n. 65-7656: “Individuazione dell’ufficio tecnico regionale ai sensi del D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380 e ulteriori modifiche e integrazioni alle procedure attuative di gestione e controllo delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico approvate con D.G.R. 12 dicembre 2011, n. 4-3084”.

**PROGETTO ESECUTIVO**  
**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA MATERNA SITA IN VIALE SIGNORINI NEL COMUNE DI VILLASTELLONE**

---

Tale decreto contiene, oltre alla classificazione sismica del territorio piemontese e all'individuazione delle procedure a cui ci si deve attenere nelle costruzioni nelle varie zone sismiche della Regione Piemonte, anche l'individuazione specifica dell'importanza strutturale degli edifici in relazione anche alla loro destinazione d'uso. In particolare il decreto riporta la "definizione di edifici ed opere infrastrutturali strategiche e rilevanti".

L'allegato 1 alla D.G.R. 21.05.2014 n. 65-7656 distingue nel seguente modo gli edifici (e le opere infrastrutturali non pertinenti per il caso in oggetto) definibili come RILEVANTI e come STRATEGICI. Gli EDIFICI RILEVANTI hanno la seguente definizione:

Edifici pubblici regionali, provinciali e comunali o comunque destinati allo svolgimento di funzioni pubbliche nell'ambito dei quali possono essere presenti comunità di dimensioni significative, nonché edifici e strutture aperti al pubblico suscettibili di grande affollamento, il cui collasso può comportare gravi conseguenze in termini di perdite di vite umane:

- a. Asili Nido e Scuole di ogni ordine e grado.
- b. Strutture ricreative (cinema, teatri, discoteche, ecc.), con capienza uguale o superiore a 100 persone;
- c. Strutture destinate ad attività culturali (musei, biblioteche, sale convegni, ecc.), con capienza uguale o superiore a 100 persone;
- d. Edifici regolarmente aperti al culto, con capienza uguale o superiore a 100 persone;
- e. Edifici o costruzioni che assumono particolare rilievo ai fini della salvaguardia del patrimonio storico, artistico e culturale;
- f. Impianti sportivi e stadi con capienza uguale o superiore a 100 persone;
- g. Strutture sanitarie e/o socioassistenziali con ospiti non autosufficienti (ospizi, orfanotrofi, ecc.);
- h. Edifici e strutture aperte al pubblico destinate alla erogazione di servizi (uffici pubblici e privati), con capienza o fruibilità uguale o superiore a 100 persone;
- i. Edifici o strutture adibite al commercio (centri commerciali, ecc.) con superficie lorda superiore a 400 mq comprensiva dei servizi e depositi e con capienza o fruibilità uguale o superiore a 100 persone;

**PROGETTO ESECUTIVO**  
**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA MATERNA SITA IN VIALE SIGNORINI NEL COMUNE DI VILLASTELLONE**

---

j. Strutture a carattere industriale, non di competenza statale, di produzione e stoccaggio di prodotti insalubri o pericolosi.

Gli EDIFICI STRATEGICI I hanno la seguente definizione:

Edifici in tutto o in parte ospitanti funzioni di comando, supervisione e controllo, sale operative, strutture ed impianti di trasmissione, banche dati, strutture di supporto logistico per il personale operativo (alloggiamenti e vettovagliamento), strutture adibite all'attività logistica di supporto alle operazioni di protezione civile (stoccaggio, movimentazione, trasporto), strutture per l'assistenza e l'informazione alla popolazione, strutture e presidi ospedalieri, il cui utilizzo abbia luogo da parte dei seguenti soggetti istituzionali:

- a. Edifici destinati a sedi dell'Amministrazione Regionale (\*)
- b. Edifici destinati a sedi dell'Amministrazione provinciale (\*)
- c. Edifici destinati a sedi di Amministrazioni comunali (\*)
- d. Edifici destinati a sedi di comunità montane (\*)
- e. Strutture non di competenza statale individuate come sedi di sale operative per la gestione delle emergenze (COM, COC, A.R.P.A., Volontariato ecc.)
- f. Centri funzionali a supporto delle attività di Protezione Civile
- g. Edifici ed opere individuate nei piani d'emergenza o in altre disposizioni per la gestione dell'emergenza
- h. Ospedali e strutture sanitarie, anche accreditate, dotate di Pronto Soccorso o dipartimenti di emergenza, urgenza e accettazione
- i. Sedi Aziende Unità Sanitarie Locali (\*)
- j. Centrali operative 118
- k. Asili Nido e Scuole di ogni ordine e grado, esclusivamente nei casi in cui sono individuate dai Piani di Protezione Civile comunale, quali strutture idonee alla gestione dell'emergenza.

Alla luce del § 2.4.2 delle Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 "Classi d'uso" tale classificazione si traduce nel seguente modo per il caso in oggetto:

Classe d'uso III nel caso che l'edificio ricada nel caso a) "Asili Nido e Scuole di ogni ordine e grado" per gli edifici classificabili come rilevanti.

**PROGETTO ESECUTIVO**  
**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA MATERNA SITA IN VIALE SIGNORINI NEL COMUNE DI VILLASTELLONE**

---

Classe d'uso IV nel caso che l'edificio ricada nel caso k) "Asili Nido e Scuole di ogni ordine e grado, esclusivamente nei casi in cui sono individuate dai Piani di Protezione Civile comunale, quali strutture idonee alla gestione dell'emergenza" per gli edifici strategici.

La destinazione originaria e attuale dell'edificio è scuola materna pertanto la classe d'uso individuabile è la III. Il Comune di Villastellone ha interesse ad individuare tale fabbricato come struttura idonea alla gestione dell'emergenza e quindi inserirlo nei Piani di Protezione Civile: in questo caso deve essere considerato di Classe IV come "Costruzione con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità".

Per quanto riguarda la valutazione della sicurezza definita all'inizio del capitolo e degli interventi il § 8.3 delle NTC2018 riporta le seguenti prescrizioni a cui si atterrà per le verifiche allegate:

"La valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi sulle costruzioni esistenti potranno essere eseguite con riferimento ai soli SLU, salvo che per le costruzioni in classe d'uso IV, per le quali sono richieste anche le verifiche agli SLE specificate al § 7.3.6; in quest'ultimo caso potranno essere adottati livelli prestazionali ridotti.

Per la combinazione sismica le verifiche agli SLU possono essere eseguite rispetto alla condizione di salvaguardia della vita umana (SLV) o, in alternativa, alla condizione di collasso (SLC), secondo quanto specificato al § 7.3.6

Nelle verifiche rispetto alle azioni sismiche il livello di sicurezza della costruzione è quantificato attraverso il rapporto  $eE$  tra l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura e l'azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione; l'entità delle altre azioni contemporaneamente presenti è la stessa assunta per le nuove costruzioni, salvo quanto emerso riguardo ai carichi verticali permanenti a seguito delle indagini condotte (di cui al § 8.5.5) e salvo l'eventuale adozione di appositi provvedimenti restrittivi dell'uso della costruzione e, conseguentemente, sui carichi verticali variabili.

La restrizione dell'uso può mutare da porzione a porzione della costruzione e, per l' $i$ -esima porzione, è quantificata attraverso il rapporto  $eV_i$  tra il valore massimo del sovraccarico variabile verticale sopportabile da quella parte della costruzione e il valore del sovraccarico verticale variabile che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione.

**PROGETTO ESECUTIVO**  
**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA MATERNA SITA IN VIALE SIGNORINI NEL COMUNE DI VILLASTELLONE**

È necessario adottare provvedimenti restrittivi dell'uso della costruzione e/o procedere ad interventi di miglioramento o adeguamento nel caso in cui non siano soddisfatte le verifiche relative alle azioni controllate dall'uomo, ossia prevalentemente ai carichi permanenti e alle altre azioni di servizio."

Per quanto riguarda la classificazione degli interventi e i valori degli indici  $e_E$  e  $e_V$ , i ammissibili ci si deve attenere a quanto di seguito indicato:

In conclusione il valore di  $e_E = \frac{\text{azione sismica massima sopportabile dalla struttura}}{\text{azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione}}$  dovrà risultare:

- Classe d'uso III (scuola esistente):  $e_E \geq 0,6$
- Modifica di Classe d'uso da III a IV (inserimento della scuola nei Piani della Protezione Civile come struttura idonea alla gestione dell'emergenza  $e_E \geq 0,8$

Vengono allegati alla presente relazione le seguenti verifiche di sicurezza:

Nel caso in esame si ha interesse a valutare e raggiungere il livello di sicurezza tale da poter considerare la scuola idonea ad essere inserita nei Piani della Protezione Civile come struttura idonea alla gestione delle emergenze.

**8.4.2. INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO**

La valutazione della sicurezza e il progetto di intervento dovranno essere estesi a tutte le parti della struttura potenzialmente interessate da modifiche di comportamento, nonché alla struttura nel suo insieme.

Per la combinazione sismica delle azioni, il valore di  $\zeta_E$  può essere minore dell'unità. A meno di specifiche situazioni relative ai beni culturali, per le costruzioni di classe III ad uso scolastico e di classe IV il valore di  $\zeta_E$ , a seguito degli interventi di miglioramento, deve essere comunque non minore di 0,6 mentre per le rimanenti costruzioni di classe III e per quelle di classe II il valore di  $\zeta_E$  sempre a seguito degli interventi di miglioramento, deve essere incrementato di un valore comunque non minore di 0,1.

Nel caso di interventi che prevedano l'impiego di sistemi di isolamento, per la verifica del sistema di isolamento, si deve avere almeno  $\zeta_E = 1,0$ .

**8.4.3. INTERVENTO DI ADEGUAMENTO**

L'intervento di adeguamento della costruzione è obbligatorio quando si intenda:

- a) sopraelevare la costruzione;
- b) ampliare la costruzione mediante opere ad essa strutturalmente connesse e tali da alterarne significativamente la risposta;
- c) apportare variazioni di destinazione d'uso che comportino incrementi dei carichi globali verticali in fondazione superiori al 10%, valutati secondo la combinazione caratteristica di cui alla equazione 2.5.2 del § 2.5.3, includendo i soli carichi gravitazionali. Resta comunque fermo l'obbligo di procedere alla verifica locale delle singole parti e/o elementi della struttura, anche se interessano porzioni limitate della costruzione;
- d) effettuare interventi strutturali volti a trasformare la costruzione mediante un insieme sistematico di opere che portino ad un sistema strutturale diverso dal precedente; nel caso degli edifici, effettuare interventi strutturali che trasformano il sistema strutturale mediante l'impiego di nuovi elementi verticali portanti su cui grava almeno il 50% dei carichi gravitazionali complessivi riferiti ai singoli piani.
- e) **apportare modifiche di classe d'uso che conducano a costruzioni di classe III ad uso scolastico o di classe IV.**

In ogni caso, il progetto dovrà essere riferito all'intera costruzione e dovrà riportare le verifiche dell'intera struttura post-intervento, secondo le indicazioni del presente capitolo.

Nei casi a), b) e d), per la verifica della struttura, si deve avere  $\zeta_E \geq 1,0$ . **Nei casi c) ed e) si può assumere  $\zeta_E \geq 0,80$ .**

Resta comunque fermo l'obbligo di procedere alla verifica locale delle singole parti e/o elementi della struttura, anche se interessano porzioni limitate della costruzione.

Una variazione dell'altezza dell'edificio dovuta alla realizzazione di cordoli sommitali o a variazioni della copertura che non comportino incrementi di superficie abitabile, non è considerato ampliamento, ai sensi della condizione a). In tal caso non è necessario procedere all'adeguamento, salvo che non ricorrano una o più delle condizioni di cui agli altri precedenti punti.

**PROGETTO ESECUTIVO**  
**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA MATERNA SITA IN VIALE SIGNORINI NEL COMUNE DI VILLASTELLONE**

---

## **STUDIO DELLA STRUTTURA**

### **E DEFINIZIONE DEL MODELLO DI RIFERIMENTO PER LE ANALISI**

**(nдр. Valido sia per la valutazione della sicurezza della struttura esistente e sia per la valutazione degli interventi di adeguamento)**

In accordo al 8.5 delle NTC2018 si riportano di seguito le analisi e le scelte effettuate per definizione del modello di riferimento per le analisi.

#### 1) ANALISI STORICO-CRITICA e RILIEVO

La Norma stabilisce che ai fini di una corretta individuazione del sistema strutturale e del suo stato di sollecitazione è importante ricostruire il processo di realizzazione e le successive modificazioni subite nel tempo dalla costruzione, nonché gli eventi che la hanno interessata. Il rilievo geometrico-strutturale deve essere riferito alla geometria complessiva, sia della costruzione, sia degli elementi costruttivi, comprendendo i rapporti con le eventuali strutture in aderenza. Nel rilievo dovranno essere rappresentate le modificazioni intervenute nel tempo, come desunte dall'analisi storico-critica.

L'analisi della storia della Scuola Materna Comunale di Viale Signorini 11 nel Comune di Villastellone (TO) è stata approfondita piuttosto bene, così come la geometria delle opere strutturali appare nota con un livello di precisione piuttosto buono e sono stati reperiti quasi tutti i dettagli costruttivi originali. E' stata elencata nei paragrafi precedenti la documentazione storica e progettuale analizzata che trova riscontro nei rilievi esperiti. Si sottolinea che l'edificio ha subito due fasi costruttive: costruzione originale iniziata nel 1980 e ampliamento nel 1999. La modifica apportata, però, appare relativamente invasiva nei confronti della conformazione originaria dell'edificio in quanto non sono stati effettuate sopraelevazioni né cambio di destinazione d'uso con aumento dei carichi. L'ampliamento nella sua maggiore superficie (area cucina), inoltre, presenta raddoppio strutturale con l'inserimento di nuovi appoggi: questa scelta permette di conferire indipendenza strutturale alle due porzioni mantenendo sostanzialmente immutato il comportamento della porzione originale. Vi sono alcune porzioni di struttura inserite a posteriori durante l'ampliamento che sono state strutturalmente connesse con le parti esistenti: esse però sono di dimensioni

**PROGETTO ESECUTIVO**  
**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA MATERNA SITA IN VIALE SIGNORINI NEL COMUNE DI VILLASTELLONE**

---

piuttosto esigue. In ogni caso esse sono state tenute in conto e il modello di calcolo e verifica è completo di tutte le parti strutturali essenziali, originarie e aggiunte posteriormente.

## 2) CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI

### MATERIALI STRUTTURA ESISTENTE

La Normativa stabilisce che per conseguire un'adeguata conoscenza delle caratteristiche dei materiali e del loro degrado, ci si debba basare sulla documentazione già disponibile, su verifiche visive in situ e su indagini sperimentali.

La caratterizzazione dei materiali sulla base della documentazione già disponibile (progetti originali, collaudi ecc..) e citata nel primo capitolo è quella descritta di seguito.

Calcestruzzo (getti in opera):

Rbk (\*) 250 kg/cm<sup>2</sup> [ndr. Cit. da disegni costruttivi dell'epoca, confermato dai rilievi eseguiti in sede di collaudi originali e di prove in situ eseguite per la redazione della presente relazione].

Nelle vecchie norme la resistenza caratteristica era indicata con Rbk ("b" stava per "beton")

Nota:

-dalla resistenza cubica si passa alla resistenza caratteristica cilindrica  $f_{ck} = 0,83 * R_{bk} = 0,83 * 250 = 207,5 \text{ kg/cm}^2 = 20,75 \text{ N/mm}^2$

-per passare dal valore caratteristico al valore medio della resistenza della resistenza cilindrica di progetto si deve usare la formula  $f_{cm} = f_{ck} + 8 \text{ (N/mm}^2) = 20,75 \text{ N/mm}^2 + 8 = 28,75 \text{ N/mm}^2 = 287,5 \text{ kg/cm}^2$

Acciaio da cls (getti in opera): FeB44k

Tensione caratteristica di snervamento  $f_y$ : 430 N/mm<sup>2</sup>

Tensione caratteristica di rottura  $f_t$ : 540 N/mm<sup>2</sup>

Allungamento  $A_s$ : 12%

Travetti prefabbricati di solaio (Piano terreno): è pervenuta copia del certificato di origine della ditta RDB fornitrice dei manufatti con allegati calcoli e caratteristiche.

Per quanti riguarda le prove in situ sono stati effettuate le seguenti indagini:

- carotaggi su elementi significativi per la determinazione in laboratorio della resistenza a compressione del cls utilizzato nelle opere,

**PROGETTO ESECUTIVO**  
**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA MATERNA SITA IN VIALE SIGNORINI NEL COMUNE DI VILLASTELLONE**

---

- ricorso al metodo della carbonatazione per la determinazione della profondità di carbonatazione del cls,
- pacometria su strutture in c.a. (rilievo magnetometrico dei ferri di armatura),
- prelievo delle barre di armatura per la determinazione in laboratorio della resistenza a trazione delle barre di acciaio.

Per la valutazione della **resistenza in situ del cls** nel fabbricato in oggetto ci si attiene a quanto indicato nelle:

“Linee Guida per la valutazione delle caratteristiche del calcestruzzo in opera” emanate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Servizio Tecnico centrale. In particolare ci si attiene al §3.2 delle suddette linee guida: *“Stima della resistenza meccanica in situ mediante carotaggi, al fine di verificare l’acceptabilità del calcestruzzo messo in opera”*.

Innanzitutto le linee guida specificano che la resistenza determinata con i provini estratti per carotaggio **R<sub>is</sub>** (resistenza strutturale) è generalmente inferiore a quella della resistenza determinata con i provini preparati nel corso della messa in opera del calcestruzzo, costipati e maturati in condizioni standard, **R<sub>c</sub>** (resistenza potenziale). Fra i fattori che determinano tale differenza si possono citare: le modalità di posa in opera e di compattazione, la maturazione (curing) e l’effetto del prelievo della carota.

In mancanza di un’esperienza diretta è infatti accettabile assumere che, a parità di tempo di maturazione, la resistenza strutturale (in situ) sia comunque non inferiore a 0,85 volte la resistenza del calcestruzzo messo in opera: si verificherà tale requisito.

Si sottolinea, infine, che la stima, e quindi il giudizio, della qualità del calcestruzzo in opera, formulata sulla scorta della resistenza determinata su carote prelevate, deve fare ricorso a correttivi per compensare il maggiore o minore effetto di confinamento, in funzione della snellezza del campione, applicato dalle piastre alle estremità del campione nella prova di compressione, ma soprattutto dell’effetto del disturbo causato dalle operazioni di prelievo: detensionamento del campione, annullamento del confinamento degli aggregati, deterioramento del legame all’interfaccia legante-aggregato dovuto alle azioni meccaniche di prelievo.

Vi sono alcuni coefficienti correttivi da adottare alla luce di quanto sopraindicato e che vengono illustrati di seguito:

**PROGETTO ESECUTIVO**  
**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA MATERNA SITA IN VIALE SIGNORINI NEL COMUNE DI VILLASTELLONE**

A- Fattore di disturbo  $F_d$ :

Si può affermare che la resistenza alla compressione, determinata su carota, è penalizzata dalla riduzione in quota parte del contributo proveniente dagli aggregati presenti sulla superficie laterale della carota. Tale effetto, a parità di diametro del provino, viene minimizzato per calcestruzzi di classe di resistenza elevata e si riduce al crescere della dimensione massima degli aggregati presenti. Questa riduzione di resistenza deve essere considerata nel calcolo della resistenza strutturale, tramite l'introduzione di un coefficiente moltiplicativo detto Fattore di disturbo  $F_d$ .

*Tabella del fattore di disturbo in funzione della resistenza a compressione delle carote ( $h/d=1$ ;  $d=100$  mm)*

$f_{carota}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	10	20	25	30	35	40
$F_d$	1.10	1.09	1.08	1.06	1.04	1.00

Tali coefficienti andranno applicati al singolo risultato della carota. Il valore caratteristico derivante dall'elaborazione di tutti i risultati corretti sarà poi confrontato con il limite di 0,85  $R_{ck}$  di progetto ovvero potenziale come più avanti precisato.

B- Fattore correttivo dovuto alla conformazione dei provini prelevati in particolare al fattore  $h/d$ :

La UNI EN 12504-1 prevede che, se la resistenza potenziale è espressa in valori cubici, l'eventuale determinazione della resistenza strutturale va effettuata su campioni ricavati da carote aventi rapporto  $h/d = 1$  (con tolleranza  $\pm 0,05$ ); se invece la resistenza potenziale è espressa in valori cilindrici, l'eventuale determinazione della resistenza strutturale va effettuata su campioni ricavati da carote aventi rapporto  $h/d = 2$  (con tolleranza  $\pm 0,05$ ).

Pertanto, il valore della resistenza strutturale di ciascuna carota si determina come segue:

$$f_{carota} * F_d = R_{c,is} \quad \text{nel caso di provini ottenuti da carote con rapporto } h/d=1$$

$$f_{carota} * F_d = f_{c,is} \quad \text{nel caso di provini ottenuti da carote con rapporto } h/d=2$$

I valori di resistenza delle carote in situ sono contenuti nell'allegato 5 alla presente relazione.

Si riassumono di seguito i valori ottenuti e i valori ricavati con l'applicazione dei coefficienti correttivi suddetti:

Provino	$f_c$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Dimensioni [mm]	$h/d$	$R_{c,is}/f_{c,is}$ (carota) [N/mm <sup>2</sup> ]	$R_{ck,is} / f_{ck,is}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
P1	18,6	95/94=1,01		$R_{c,is}=1,1 * 18,6=20,46$	

**PROGETTO ESECUTIVO**  
**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA MATERNA SITA IN VIALE SIGNORINI NEL COMUNE DI VILLASTELLONE**

P2	15,2	94/94=1	$R_{c, is} = 1,1 * 15,2 = 16,72$	$R_{ck, is} = 23,33$ $f_{ck, is} = 19,36$
P3	18,2	94/94=1	$R_{c, is} = 1,1 * 18,2 = 20,02$	
C4	25,9	94/94=1	$R_{c, is} = 1,1 * 25,9 = 28,49$	
C5	25,2	95/94=1,01	$R_{c, is} = 1,1 * 25,2 = 27,72$	
C6	24,2	94/94=1	$R_{c, is} = 1,1 * 24,2 = 26,62$	

Controllo del criterio di conformità:

$$R_{ck, is} \geq 0,85 R_{ck} \quad \text{oppure} \quad f_{ck, is} \geq 0,85 f_{ck}$$

$$R_{ck, is} = 23,33 \geq 0,85 * 25 \text{ [N/mm}^2\text{]} \geq 21,25 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck, is} = 19,36 \geq 0,85 * 20 \text{ [N/mm}^2\text{]} \geq 17 \text{ N/mm}^2$$

**Calcolo resistenza caratteristica strutturale in situ complessiva e resistenza media da utilizzare nella verifica di costruzioni esistenti.**

La Circolare esplicativa delle NTC indica che è da utilizzare come riferimento il **valore medio  $f_m$**  (ottenuto dalle prove in situ e dalle informazioni aggiuntive).

Per stimare la resistenza caratteristica in situ  $R_{ck, is}$  o  $f_{ck, is}$  e la resistenza media, si può fare riferimento al procedimento contenuto nella norma EN 13791 e riportato nelle Linee Guida del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Tali caratteristiche vengono ricavate dagli esiti delle prove in situ e da un procedimento analitico che in funzione della effettiva numerosità dei campioni prelevati, considera: un approccio statistico, se la numerosità dei campioni è superiore a 15, ed un approccio forfettario, mediante il coefficiente  $k$ , se la numerosità dei campioni è inferiore a 15. Nel caso in oggetto il numero dei campioni è inferiore a 15.

Nel caso di un numero delle carote compreso tra 4 e 14:

la resistenza cilindrica (cubica) caratteristica in situ  $f_{ck, is}$  ( $R_{ck, is}$ ) è il valore inferiore tra:

la resistenza cilindrica (cubica) caratteristica in situ  $f_{ck, is}$  ( $R_{ck, is}$ ) è il valore inferiore tra:

$$f_{ck, is} = f_{m(n), is} - k$$

$$f_{ck, is} = f_{is, lowest} + 4$$

dove:

$k = 5$  per  $n$  (numerosità dei campioni prelevati) compreso tra 10 e 14

$k = 6$  per  $n$  compreso tra 7 e 9

$k = 7$  per  $n$  compreso tra 4 e 6 (caso da prendere in considerazione solo per opere di particolare semplicità).

**PROGETTO ESECUTIVO**  
**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA MATERNA SITA IN VIALE SIGNORINI NEL COMUNE DI VILLASTELLONE**

Quindi per valutare il **valore medio fm** di interesse per il caso in oggetto (trattandosi di costruzione esistente) si procede nel seguente modo:

$$f_m(n) = f_{ck, is} + k = 19,36 \text{ N/mm}^2 + 7 = 26,36 \text{ N/mm}^2$$

Per la valutazione della **resistenza a trazione delle barre di acciaio** i risultati delle prove sono i seguenti:

Provino	Diametro nominale [mm]	Tensione di snervamento $f_y$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Tensione di rottura $f_t$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Allungamento %
F1	14	393	628	19
F2	14	414	646	28,6
		$f_{ym}=403,5$	$f_{tm}=637$	$A\%m=23,8$

**MATERIALI NUOVI ELEMENTI STRUTTURALI IN C.A.**

Per quanto riguarda i nuovi elementi strutturali (setti, pilastri, allargamenti ecc..) in c.a. si fa riferimento ai seguenti parametri.

**Carpenteria in c.a.**

**Elementi strutturali in c.a.:**

Calcestruzzo CLS Rck300

<u>Parametro</u>	<u>simbolo</u>	<u>valore</u>
Resistenza caratteristica su provini cubici	Rck	300,00 kg/cm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica su provini cilindrici	fck	250,00 kg/cm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo	fcd	141,0 kg/cm <sup>2</sup>
Resistenza massima a trazione	fctm	25,6 kg/cm <sup>2</sup>
Modulo elastico kg/cm <sup>2</sup>	Ecm	314472,0
Coefficiente di Poisson a compressione	n	0,20 kg/cm <sup>2</sup>

**ACCIAIOB450 C**

<u>Parametro</u>	<u>simbolo</u>	<u>valore</u>
Resistenza limite a rottura	Ft	540 Mpa
Resistenza limite di snervamento	Fy	450 Mpa
Resistenza di calcolo	Fyd	391Mpa <sup>2</sup>
Modulo elastico N/mm <sup>2</sup>	E	210.000

**PROGETTO ESECUTIVO**  
**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA MATERNA SITA IN VIALE SIGNORINI NEL COMUNE DI VILLASTELLONE**

---

Sono previsti, inoltre, rinforzi di alcune travi e alcuni nodi trave-pilastro con fibre rete bidirezionale non bilanciata in fibre di PBO (poliparafenilenbenzobisoxazolo) e da una matrice inorganica stabilizzata appositamente formulata per l'utilizzo su supporti in calcestruzzo armato.

Questo sistema brevettato, denominato FRCM (Fabric Reinforced Cementitious Matrix), non utilizza resine epossidiche ed eguaglia le prestazioni dei tradizionali FRP con fibre di carbonio e legante epossidico.

**PROGETTO ESECUTIVO**  
**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA MATERNA SITA IN VIALE SIGNORINI NEL COMUNE DI VILLASTELLONE**

### 3) LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA

Sulla base degli approfondimenti effettuati nelle fasi conoscitive dell'edificio devono essere individuati i "livelli di conoscenza" dei diversi parametri coinvolti nel modello e definiti i correlati fattori di confidenza, da utilizzare nelle verifiche di sicurezza.

Ai fini della scelta del tipo di analisi e dei valori dei fattori di confidenza si distinguono i tre livelli di conoscenza seguenti, ordinati per informazione crescente:

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

Gli aspetti che definiscono i livelli di conoscenza sono:

- geometria, ossia le caratteristiche geometriche degli elementi strutturali,
- dettagli strutturali, ossia la quantità e disposizione delle armature, compreso il passo delle staffe e la loro chiusura, per il c.a., i collegamenti per l'acciaio, i collegamenti tra elementi strutturali diversi, la consistenza degli elementi non strutturali collaboranti,
- materiali, ossia le proprietà meccaniche dei materiali.

Il livello di conoscenza acquisito determina il metodo di analisi e i fattori di confidenza da applicare alle proprietà dei materiali.

Si riporta la Tabella C8.5.IV della CIRCOLARE 21 gennaio 2019 , n. 7 C.S.LL.PP.:

*Tabella C8.5.IV – Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti metodi di analisi ammessi e valori dei fattori di confidenza, per edifici in calcestruzzo armato o in acciaio*

Livello di conoscenza	Geometrie (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC (*)
LC1		Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>indagini limitate in situ</i>	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>prove limitate in situ</i>	Analisi lineare statica o dinamica	1,35
LC2	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione; in alternativa rilievo completo ex-novo	Elaborati progettuali incompleti con <i>indagini limitate in situ</i> ; in alternativa <i>indagini estese in situ</i>	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali, con <i>prove limitate in situ</i> ; in alternativa da <i>prove estese in situ</i>	Tutti	1,20
LC3		Elaborati progettuali completi con <i>indagini limitate in situ</i> ; in alternativa <i>indagini esaustive in situ</i>	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto, con <i>prove estese in situ</i> ; in alternativa da <i>prove esaustive in situ</i>	Tutti	1,00

**PROGETTO ESECUTIVO**  
**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA MATERNA SITA IN VIALE SIGNORINI NEL COMUNE DI VILLASTELLONE**

---

Per il complesso scolastico in oggetto si individua un Livello di Conoscenza LC2 e si adotta un fattore di confidenza pari a 1,20.

#### 4) CALCOLO E VERIFICA – INDICAZIONI E METODI

Le Norme Tecniche sottolineano che il problema della sicurezza delle costruzioni esistenti è di fondamentale importanza in Italia, da un lato per l'elevata vulnerabilità, soprattutto rispetto alle azioni sismiche, dall'altro per il valore storico-architettonico-artistico-ambientale di gran parte del patrimonio edilizio esistente, anche se non pare questo il caso in oggetto essendo il fabbricato non vincolato ai sensi del D.Lgs 42/2004.

Le costruzioni "esistenti" cui si applicano le norme contenute nel Capitolo 8 delle NTC sono quelle la cui struttura sia completamente realizzata alla data della redazione della valutazione di sicurezza e/o del progetto di intervento.

Per quanto riguarda le costruzioni esistenti vengono introdotti, fra gli altri, i concetti di livello di conoscenza (relativo a geometria, dettagli costruttivi e materiali) e fattore di confidenza (che modificano i parametri di capacità in ragione del livello di conoscenza) già precedentemente analizzati e si definiscono le situazioni nelle quali è necessario effettuare la valutazione della sicurezza, che, per le costruzioni esistenti, può essere eseguita con riferimento ai soli Stati limite ultimi.

Per le verifiche si adotta l'analisi dinamica modale con fattore  $q$ .

Tale metodo di analisi è applicabile secondo quanto indicato al § 7.3.3.1 delle NTC, alle condizioni espresse di seguito.

In particolare si utilizza lo spettro elastico di progetto deducendone le ordinate con l'uso del fattore di struttura  $q$ , il cui valore è scelto nel campo fra 1,5 e 3,0 sulla base della regolarità nonché dei tassi di lavoro dei materiali sotto le azioni statiche. Valori superiori a quelli indicati devono essere

**PROGETTO ESECUTIVO**  
**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA MATERNA SITA IN VIALE SIGNORINI NEL COMUNE DI VILLASTELLONE**

---

adeguatamente giustificati con riferimento alla duttilità disponibile a livello locale e globale. In particolare, nel caso in cui il sistema strutturale resistente all'azione orizzontale sia integralmente costituito da nuovi elementi strutturali, si possono adottare i valori dei fattori di struttura validi per le nuove costruzioni, fatta salva la verifica della compatibilità degli spostamenti delle strutture esistenti.

Nel caso di uso del fattore di struttura, tutti gli elementi strutturali duttili devono soddisfare la condizione che la sollecitazione indotta dall'azione sismica ridotta sia inferiore o uguale alla corrispondente resistenza. Tutti gli elementi strutturali "fragili" devono, invece, soddisfare la condizione che la sollecitazione indotta dall'azione sismica ridotta per  $q=1,5$  sia inferiore o uguale alla corrispondente resistenza.

Nel caso in oggetto si utilizza un fattore di struttura  $q=1,5$ .

5) PARAMETRI DI PROGETTO AI SENSI DEL D.M. 14/01/2008

⇒ Secondo quanto previsto dal cap. 2 ed ai fini della definizione dei livelli di sicurezza e delle prestazioni attese, alla costruzione sono stati attribuiti i seguenti parametri:

- Vita Nominale  $V_n=50$  anni
- Classe d'uso III (scuola) – IV (se edificio inserito nei Piani Comunali di Protezione Civile come struttura adeguata ad essere utilizzata in caso di emergenza)
- Periodo di riferimento  $V_R=75-100$  anni

⇒ in riferimento alle prescrizioni di cui al par. 3.2 definizione dei seguenti parametri:

- Categoria Topografica: T1
- Amplificazione topografica: ST 1
- Categoria di sottosuolo: C
- Zona sismica del sito: 4

Sono state effettuate indagini in situ dal punto di vista geotecnico. In particolare il giorno 05.06.2018 sono state effettuate indagini indirette geofisiche di superficie con il metodo MASW. Esse sono consistite in un'indagine geofisica con metodologia MASW, con lo scopo

**PROGETTO ESECUTIVO**  
**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA MATERNA SITA IN VIALE SIGNORINI NEL COMUNE DI VILLASTELLONE**

di verificare la risposta sismica del suolo sulla superficie ove insiste la scuola ed in particolare di rilevare la velocità delle onde superficiali, in modo da poter definire il parametro Vs30 secondo quanto definito nell'OPCM 3274 del 20 marzo 2003 e successivamente nel nuovo Testo Unico Norme Tecniche per le costruzioni.

Tramite la prova MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) vengono misurate le velocità sismiche delle onde superficiali a diverse frequenze. La variazione di velocità a diverse frequenze (dispersione) è imputabile prevalentemente alla stratificazione delle velocità delle onde S, i cui valori sono ricavabili da una procedura di inversione numerica. I risultati sono contenuti in apposita relazione a firma del Dott. Geologo Michele De Ruvo.

Come illustrato nella Relazione tecnica di indagine, riportata in allegato alla presente relazione, il profilo delle velocità delle onde di taglio (grafico delle velocità delle onde di taglio verso profondità) evidenzia, dal punto di vista sismo-stratigrafico, una sequenza litotipica composta verosimilmente da:

1. un livello superficiale, mediamente fino a circa -13.0 m dal p.c., costituito da

Stato Limite		P <sub>VR</sub>	T <sub>R</sub>	a <sub>g</sub>	F <sub>o</sub>	T <sub>C</sub> *	S	T <sub>b</sub>	T <sub>C</sub>	T <sub>D</sub>	F <sub>v</sub>
SLE	Operatività	81%	45	0,273	2,59	0,19	1,50	0,12	0,35	1,71	0,58
	Danno	63%	75	0,328	2,63	0,21	1,50	0,12	0,37	1,73	0,64
SLU	Salv. Vita	10%	712	0,601	2,80	0,28	1,50	0,15	0,45	1,84	0,93
	Collasso	5%	1462	0,704	2,88	0,29	1,50	0,15	0,46	1,88	1,03

copertura limoso sabbiosa poco addensata (Vs compresa tra 174 m/s, nei primi 4.0 m, sino a circa 280 m/s, sino a -13.0 m);

2. una serie di depositi sabbiosi alternati a sabbie ghiaiose con grado di addensamento crescente si individuano a partire da tale profondità sino a circa 26 m, con Vs che aumentano sino ad oltre 400 m/s;
3. un livello decisamente compatto, con velocità appena superiore a 800 m/s.

Il valore medio calcolato sullo spessore di 30 m (Vs30) è risultato pari a 315 m/s, sulla base di tale valore, si può quindi determinare la classificazione sismica del sottosuolo: il sottosuolo dell'area in oggetto rientra nella categoria C, relativa a "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà

**PROGETTO ESECUTIVO**  
**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA MATERNA SITA IN VIALE SIGNORINI NEL COMUNE DI VILLASTELLONE**

---

meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT_{,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < cu_{,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina) e, con un valore del Coefficiente tipografico ST pari a 1.0 (T1), Vita nominale  $VN = 50$  anni e Classe d'uso  $CU = III$ , coordinate WGS84 44,924854 N e 7,748840 E, la tabella della pericolosità sismica di base viene completata con i parametri di S (spettro di risposta elastico)  $T_b$  (periodo inizio tratto spettro accelerazione costante),  $T_c$  (periodo inizio tratto spettro velocità costante),  $T_d$  (periodo inizio tratto spettro spostamento costante) e  $F_v$  (fattore amplificazione verticale) di seguito riportati:

La stessa relazione geologica riporta le seguenti indicazioni:

- Per il sito in oggetto, sulla base della Disaggregazione dati Metodologia di valutazione delle Magnitudo INGV (da <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>) sono attesi eventi sismici di magnitudo  $M$  di poco inferiore a 5 (media su 4 punti  $M = 4,99$ );
- Dai dati a disposizione e sulla base di quanto contenuto nelle NTC2018 non si ritiene che il terreno di fondazione dei fabbricati esistenti possa essere suscettibile di liquefazione.

⇒ La costruzione in oggetto è in cemento armato ed è composta da un corpo unico. Una porzione di ampliamento presenta raddoppio strutturale e quindi in elevazione può dirsi strutturalmente separata, ma poggia in ogni caso in parte sulle fondazioni esistenti. Le opere di fondazione sono costituite da travi continue in c.a. poggianti su terreno ad una profondità di circa 170-180 cm dal piano di campagna: su di esse sono realizzati muretti che si elevano fino all'intradosso del solaio del piano terreno creando complessivamente un graticcio di fondazione molto rigido. Dal punto di vista della distribuzione dei carichi (anche sismici) in fondazione questa conformazione appare sufficientemente valida da garantire una distribuzione uniforme dei carichi e tale da non ritenere necessaria una valutazione approfondita del comportamento differenziale sul terreno da un punto all'altro della struttura stessa.

Altri parametri significativi dal punto di vista del calcolo sismico sono i seguenti:

- Fattore di comportamento  $q$  per azioni verticali= 1,5
- Fattore di comportamento  $q$  per azioni orizzontali= 1,5

**PROGETTO ESECUTIVO**  
**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA MATERNA SITA IN VIALE SIGNORINI NEL COMUNE DI VILLASTELLONE**

---

- Pvr di progetto: 10% SLV
- Pvr esercizio: 63% SLD

**MODELLO DI CALCOLO E VERIFICA DEL LIVELLO DI RISPOSTA DEL  
COMPLESSO ALLE AZIONI SISMICHE**

### **Generalità**

Come già evidenziato nei paragrafi precedenti il complesso è costituito fondamentalmente da un unico corpo di fabbrica di cui una porzione è stata realizzata a posteriori, in parte in collegamento con le strutture esistenti e in parte inserendo un raddoppio strutturale tra la struttura esistente e la porzione in ampliamento.

In via preliminare alla modellazione di calcolo e verifica si effettuano alcune considerazioni relative alla configurazione strutturale del complesso alla luce di quanto indicato al Capitolo 7 delle NTC 2018 “Progettazione per azioni sismiche”.

#### 1) REGOLARITA' IN PIANTA E IN ALTEZZA

Al fine di una buona risposta alle azioni sismiche le costruzioni devono avere, quanto più possibile, struttura iperstatica caratterizzata da regolarità in pianta e in altezza. Se necessario, ciò può essere conseguito suddividendo la struttura, mediante giunti, in unità tra loro dinamicamente indipendenti.

Per quanto riguarda gli edifici, una costruzione è regolare in pianta se tutte le seguenti condizioni sono rispettate:

- a) la distribuzione di masse e rigidezze è approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali e la forma in pianta è compatta, ossia il contorno di ogni orizzontamento è convesso; il requisito può ritenersi soddisfatto, anche in presenza di rientranze in pianta, quando esse non influenzano significativamente la rigidezza nel piano dell'orizzontamento e, per ogni rientranza, l'area compresa tra il perimetro dell'orizzontamento e la linea convessa circoscritta all'orizzontamento non supera il 5% dell'area dell'orizzontamento;
- b) il rapporto tra i lati del rettangolo circoscritto alla pianta di ogni orizzontamento è inferiore a 4;
- c) ciascun orizzontamento ha una rigidezza nel proprio piano tanto maggiore della corrispondente rigidezza degli elementi strutturali verticali da potersi assumere che la sua deformazione in pianta influenzi in modo trascurabile la distribuzione delle azioni sismiche tra questi ultimi e ha resistenza sufficiente a garantire l'efficacia di tale distribuzione.

Nel caso in oggetto il fabbricato non può considerarsi regolare in pianta.

Sempre riferendosi agli edifici, una costruzione è regolare in altezza se tutte le seguenti condizioni sono rispettate:

- a) tutti i sistemi resistenti alle azioni orizzontali si estendono per tutta l'altezza della costruzione o, se sono presenti parti aventi differenti altezze, fino alla sommità della rispettiva parte dell'edificio;

**PROGETTO ESECUTIVO**  
**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA MATERNA SITA IN VIALE SIGNORINI NEL COMUNE DI VILLASTELLONE**

- b) massa e rigidezza rimangono costanti o variano gradualmente, senza bruschi cambiamenti, dalla base alla sommità della costruzione (le variazioni di massa da un orizzontamento all'altro non superano il 25%, la rigidezza non si riduce da un orizzontamento a quello sovrastante più del 30% e non aumenta più del 10%); ai fini della rigidezza si possono considerare regolari in altezza strutture dotate di pareti o nuclei in c.a. o di pareti e nuclei in muratura di sezione costante sull'altezza o di telai controventati in acciaio, ai quali sia affidato almeno il 50% dell'azione sismica alla base;
- c) il rapporto tra la capacità e la domanda allo SLV non è significativamente diverso, in termini di resistenza, per orizzontamenti successivi (tale rapporto, calcolato per un generico orizzontamento, non deve differire più del 30% dall'analogo rapporto calcolato per l'orizzontamento adiacente); può fare eccezione l'ultimo orizzontamento di strutture intelaiate di almeno tre orizzontamenti;
- d) eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengano con continuità da un orizzontamento al successivo; oppure avvengano in modo che il rientro di un orizzontamento non superi il 10% della dimensione corrispondente all'orizzontamento immediatamente sottostante, né il 30% della dimensione corrispondente al primo orizzontamento. Fa eccezione l'ultimo orizzontamento di costruzioni di almeno quattro orizzontamenti, per il quale non sono previste limitazioni di restringimento.

Nel caso in oggetto il fabbricato non può considerarsi regolare in altezza.

## 2) DISTANZA TRA COSTRUZIONI CONTIGUE

Il fabbricato risulta di per sé isolato da altre costruzioni. E' presente però un raddoppio strutturale tra il corpo di prima edificazione e la porzione in ampliamento in corrispondenza della cucina. Essendo presente un giunti strutturale si verifica quanto indicato al § 7.2.1 delle NTC2018.

In particolare la distanza tra costruzioni contigue deve essere tale da evitare fenomeni di martellamento e comunque non può essere inferiore alla somma degli spostamenti massimi determinati per lo SLV, calcolati per ciascuna costruzione secondo il § 7.3.3 delle NTC (analisi lineare) o il § 7.3.4 delle NTC (analisi non lineare) e tenendo conto, laddove significativo, dello spostamento relativo delle fondazioni delle due costruzioni contigue.

La distanza tra due punti di costruzioni che si fronteggiano non potrà in ogni caso essere inferiore a 1/100 della quota dei punti considerati, misurata dallo spiccatto della fondazione o dalla sommità della struttura scatolare rigida, moltiplicata per  $2 \cdot S \cdot a_g / g \leq 1$ .

Qualora non si possano eseguire calcoli specifici, lo spostamento massimo di una costruzione non isolata alla base può essere stimato in 1/100 della sua altezza, misurata come sopra, moltiplicata per  $S \cdot a_g / g$ ; in questo caso, la distanza tra costruzioni contigue non potrà essere inferiore alla somma degli spostamenti massimi di ciascuna di esse.

Nel caso in oggetto:

$$S = 1,5$$

$$a_g = 0,599$$

$$d = \alpha \cdot h / 100, \text{ dove } \alpha = 2 \cdot a_g \cdot S / g = 2 \cdot 0,599 \cdot 1,5 / 9,8 = 0,183$$

**PROGETTO ESECUTIVO**  
**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA MATERNA SITA IN VIALE SIGNORINI NEL COMUNE DI VILLASTELLONE**

$d = 650/100 * 0,183 = 1,18 \text{ cm}$

I corpi di fabbrica sono separati strutturalmente da giunti di 2-3 cm

### Analisi dei carichi

Sono adottati i seguenti valori di carico dedotti in parte dalla Normativa vigente e in parte dalla documentazione disponibile e dai rilievi in situ. I valori di carico valgono tanto per le verifiche della sicurezza nella configurazione esistente, tanto per la valutazione degli interventi.

<i>Analisi dei carichi</i>		
Descrizione	Gruppo	Valore
<b>CARICHI PERMANENTI</b>		
P.P solaio sp=22cm	Permanente	260 daN/m <sup>2</sup>
P.P solaio sp=16cm	Permanente	210 daN/m <sup>2</sup>
Permanenti non strutturali solai PT	Permanente	150 daN/m <sup>2</sup>
Permanenti non strutturali tramezzi	Permanente	100 daN/m <sup>2</sup>
Permanenti non strutturali sottotetto	Permanente	50 daN/m <sup>2</sup>
Permanenti copertura	Permanente	100 daN/m <sup>2</sup>
<b>CARICHI ACCIDENTALI</b>		
Carico Accidentale scuole	Cat. C1 §3.1.4 NTC	300 daN/m <sup>2</sup>
Neve	§ 3.4 NTC	125 daN/m <sup>2</sup>
Carico sottotetto	Cat. H §3.1.4 NTC	50 daN/m <sup>2</sup>

Le azioni sono state modellate tramite opportuni carichi di solaio (che si ripartiscono sulle aste in relazione alla superficie di influenza) e distribuiti su nodi ed aste.

### Criteri di calcolo

I calcoli per la verifica delle strutture sono stati condotti in accordo ai dettami delle NTC 2018 con i consueti criteri della Scienza delle Costruzioni e, in particolare, il dimensionamento delle sezioni è stato condotto con il metodo agli stati limite mediante programma di calcolo secondo i limiti indicati nella sezione "Materiali utilizzati".

In allegato si fornisce un dettaglio relativo al codice di calcolo secondo quanto previsto dalle Norme tecniche per le costruzioni.

Per il calcolo delle parti strutturali, le azioni sono state cumulate nel modo più sfavorevole, per ciascuna verifica, considerando tutte le possibili combinazioni di carico e comprendendo tutte le azioni prevedibili sulla costruzione

### Caratteristiche e analisi codice

***DOLMEN WIN***

Caratteristiche dell'analisi	
TIPO DI ANALISI SVOLTA	Dinamica

**PROGETTO ESECUTIVO**  
**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA MATERNA SITA IN VIALE SIGNORINI NEL COMUNE DI VILLASTELLONE**

METODO NUMERICO ADOTTATO	Metodo agli elementi finiti
METODOLOGIA DI VERIFICA	Stati limite
<b>Caratteristiche del codice di calcolo</b>	
SOFTWARE	CDM DOLMEN
VERSIONE	Versione 2018
AUTORE E DISTRIBUTORE	CDM DOLMEN srl via Drovetti, 9/F-10138 Torino
SOLUTORE A ELEMENTI FINITI	Dolmen Win

Nei capitoli seguenti vengono sviluppati completamente i calcoli di verifica (sulla base dei rilievi effettuati e della documentazione di archivio) per gli elementi resistenti al sisma e quelli maggiormente sollecitati; tale metodologia di calcolo può essere estesa a tutti gli altri elementi facenti parte della struttura.

### **Schematizzazione della struttura e dei vincoli**

La struttura è stata schematizzata escludendo il contributo degli elementi aventi rigidezza e resistenza trascurabili a fronte dei principali. Inoltre sono state trascurate le piccole eccentricità degli assi baricentrici delle aste nel calcolo delle sollecitazioni globali. I solai sono modellati come piani rigidi, con in effetti lo sono ai sensi del § C8.1.3.1.2 della Circolare n. 7/2019

### **Modellazione della struttura e dei vincoli**

La struttura è modellata con il metodo degli elementi finiti, applicato a sistemi tridimensionali. Gli elementi utilizzati sono sia monodimensionali (trave con eventuali sconnessioni interne), che bidimensionali (piastre e membrane triangolari e quadrangolari). I vincoli sono considerati puntuali ed inseriti tramite le sei costanti di rigidezza elastica, oppure come elementi asta/mesh poggianti su suolo elastico. Le sezioni oggetto di verifica nelle travi sono stampate a passo costante; dei gusci si conoscono le sollecitazioni nel baricentro dell'elemento stesso.

### **Schematizzazione delle azioni**

In accordo con le sopracitate normative, sono state considerate nei calcoli le seguenti azioni:

- pesi propri strutturali;
- carichi permanenti portati dalla struttura;
- carichi variabili sui solai, neve, vento;
- forze di piano simulanti il sisma, ricavate tramite analisi dinamica;

Le condizioni ed i casi di carico prese in conto nei calcoli sono specificate nella stampa dei dati di input.

### **Tipo di analisi**

**PROGETTO ESECUTIVO**  
**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA MATERNA SITA IN VIALE SIGNORINI NEL COMUNE DI VILLASTELLONE**

---

Le analisi strutturali condotte sono statiche in regime lineare. Il metodo di calcolo è ad elementi finiti. Il calcolo sismico è stato effettuato tramite analisi dinamica.

### **Valutazione della correttezza del modello**

Il modello di calcolo adottato è da ritenersi appropriato in quanto non sono state riscontrate labilità, le reazioni vincolari equilibrano i carichi applicati, la simmetria di carichi e struttura dà origine a sollecitazioni simmetriche, non sono presenti deformazioni anomale rispetto a quanto riscontrato nei rilievi.

### **Giudizio motivato di accettabilità dei risultati**

L'analisi critica dei risultati e dei parametri di controllo nonché il confronto con calcolazioni di massima eseguite manualmente porta a confermare la validità dei risultati.

**PROGETTO ESECUTIVO**  
**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA MATERNA SITA IN VIALE SIGNORINI NEL COMUNE DI VILLASTELLONE**

---

**ESITO DELLE VERIFICHE DI VULNERABILITA' DELL'EDIFICIO ESISTENTE**

Come già sottolineato in precedenza, in via preliminare alla progettazione degli interventi di adeguamento (Rif. RELAZIONE TECNICO-STRUTTURALE, RELAZIONE DI CALCOLO SULLA VULNERABILITA' SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO AI SENSI DELLE NTC 2018 – D.M. 17.01.2018 – Anno 2018 a firma del sottoscritto Dott. Ing. Benelli Stefano), è stata effettuata la valutazione della sicurezza della struttura esistente. Per un maggiore dettaglio si rimanda alla suddetta relazione. Di seguito vengono riportati in sunto i risultati e le conclusioni di tale propedeutica valutazione.

In ottemperanza al Cap. 8 delle NTC 2018, §8.3, la valutazione della sicurezza di una struttura esistente è un procedimento quantitativo, volto a determinare l'entità delle azioni che la struttura è in grado di sostenere con il livello di sicurezza minimo richiesto dalla normativa vigente. La valutazione della sicurezza, deve permettere di stabilire se:

- l'uso della costruzione possa continuare senza interventi;
- l'uso debba essere modificato (declassamento, cambio di destinazione e/o imposizione di limitazioni e/o cautele nell'uso);
- sia necessario aumentare la sicurezza strutturale, mediante interventi.

La valutazione della sicurezza deve effettuarsi quando ricorra anche una sola delle seguenti situazioni:

- a. riduzione evidente della capacità resistente e/o deformativa della struttura o di alcune sue parti dovuta a: significativo degrado e decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali, deformazioni significative conseguenti anche a problemi in fondazione; danneggiamenti prodotti da azioni ambientali (sisma, vento, neve e temperatura), da azioni eccezionali (urti, incendi, esplosioni) o da situazioni di funzionamento ed uso anomali;
- b. provati gravi errori di progetto o di costruzione;
- c. cambio della destinazione d'uso della costruzione o di parti di essa, con variazione significativa dei carichi variabili e/o passaggio ad una classe d'uso superiore;
- d. esecuzione di interventi non dichiaratamente strutturali, qualora essi interagiscano, anche solo in parte, con elementi aventi funzione strutturale e, in modo consistente, ne riducano la capacità e/o ne modifichino la rigidità;
- e. ogni qualvolta si eseguano gli interventi strutturali di cui al § 8.4 ;
- f. opere realizzate in assenza o difformità dal titolo abitativo, ove necessario al momento della costruzione, o in difformità alle norme tecniche per le costruzioni vigenti al momento della costruzione.

Nella fattispecie, la valutazione della suddetta sicurezza era stata richiesta e pertanto eseguita al fine sia di valutare, dopo anni dalla sua edificazione, il livello di sicurezza dal punto di vista sismico della costruzione data anche la sua destinazione d'uso (fattispecie (a)), sia di valutare l'idoneità della costruzione ad essere utilizzata in caso gestione dell'emergenza e quindi la possibilità di aumentarne la classe d'uso (fattispecie (c)).

Sono state, di conseguenza, effettuate le seguenti operazioni:

- studio e analisi della documentazione storica e dei progetti / collaudi originali dell'epoca;
- effettuazione di rilievo in situ e verifica della geometria e della conformazione del fabbricato;
- effettuazione delle prove in situ per la determinazione delle caratteristiche dei materiali da costruzione da confrontare con i dati desumibili dalla documentazione storica;

**PROGETTO ESECUTIVO**  
**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA MATERNA SITA IN VIALE SIGNORINI NEL COMUNE DI VILLASTELLONE**

- elaborazione dei dati attraverso un modello di calcolo e valutazione del livello di sicurezza raggiungibile dalla struttura nel caso della destinazione d'uso attuale "Scuola – edificio rilevante" e nel caso in cui si voglia rendere l'edificio "strategico" e quindi utilizzabile in caso di necessità di gestione dell'emergenza.

Alla luce di quanto sopra si riassumono di seguito l'esito delle verifiche e si indicano le prescrizioni ritenute opportune.

**AZIONE SISMICA MASSIMA SOPPORTABILE DALLA STRUTTURA E LA CLASSE D'USO**

Per quanto riguarda l'AZIONE SISMICA MASSIMA SOPPORTABILE DALLA STRUTTURA e la CLASSE D'USO del fabbricato nella relazione di valutazione della vulnerabilità sismica della scuola effettuata in precedenza si relaziona quanto segue.

La Scuola Materna Statale sita in Viale Signorini è classificata, nella sua destinazione d'uso SCUOLA, nella fattispecie degli "Edifici rilevanti" ai sensi della D.G.R. 21 Maggio 2014, n. 65-7656: "Individuazione dell'ufficio tecnico regionale ai sensi del D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380 e ulteriori modifiche e integrazioni alle procedure attuative di gestione e controllo delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico approvate con D.G.R. 12 dicembre 2011, n. 4-3084 ed è inserita nella Classe d'uso III ai sensi del §2.4 delle NTC2018.

Nel caso in cui si l'edificio voglia essere inserito nei Piani di Protezione Civile comunale, quali struttura idonea alla gestione dell'emergenza ai sensi dello stesso DGR 21.05.2014 n. 65-7656 esso deve essere fatto rientrare nella fattispecie degli "Edifici strategici". In questo caso al fabbricato viene apportata modifica di classe d'uso da Classe III a Classe IV ai sensi delle NTC.

Alla luce dei rilievi esperiti e delle verifiche effettuate ed allegate alla presente l'indice:

$$\varepsilon_E = \frac{\text{azione sismica massima sopportabile dalla struttura}}{\text{azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione}} = 0,6$$

A questo seguono le seguenti conclusioni:

A) CLASSE D'USO III – EDIFICIO RILEVANTE - SCUOLA

Questo caso rientra nelle indicazioni contenute al §8.4.2 delle NTC:

*"Per la combinazione sismica delle azioni, il valore di  $e_E$  può essere minore dell'unità. A meno di specifiche situazioni relative ai beni culturali, per le costruzioni di classe III ad uso scolastico e di classe IV il valore di  $\varepsilon_E$ , a seguito degli interventi di miglioramento, deve essere comunque non minore di 0,6, mentre per le rimanenti costruzioni di classe III e per quelle di classe II il valore di  $\varepsilon_E$ , sempre a seguito degli interventi di miglioramento, deve essere incrementato di un valore comunque non minore di 0,1. "*

- A) Allo stato attuale nel quale si trova l'edificio, a seguito delle verifiche esperite, il valore determinato dell'indice  $\varepsilon_E = 0,6$ , ci consente di determinare il valore dal quale partire al fine di migliorare e/o adeguare la struttura. Infatti, trattandosi in particolare di edificio rilevante ad uso scolastico, all'Ente proprietario era stato indicato – in esito alle valutazioni - di programmare interventi di miglioramento/adequamento (N.D.R. § 8.4 delle NTC 2018) dell'edificio, in maniera tale che ne potesse essere aumentato il livello di sicurezza fino al raggiungimento

**PROGETTO ESECUTIVO**  
**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA MATERNA SITA IN VIALE SIGNORINI NEL COMUNE DI VILLASTELLONE**

dello  $\varepsilon_E=1$ . La norma attuale prevede che tale obiettivo possa essere raggiunto mediante due tipologie di azioni:

- interventi di miglioramento per i quali si dovrà tendere a raggiungere un valore di  $\varepsilon_E = 1$  con l'incremento minimo del livello di sicurezza comunque non inferiore a  $\varepsilon_E=0,7$  (incremento minimo atteso +10%).
- interventi di adeguamento, invece, per i quali si dovrà tendere sempre a raggiungere un valore di  $\varepsilon_E = 1$  e comunque non inferiore  $\varepsilon_E=0,8$ .

B) CLASSE D'USO IV – EDIFICIO STRATEGICO – SCUOLA INSERITA NEI PIANI DI PROTEZIONE CIVILE COMUNALE, QUALI STRUTTURA IDONEA ALLA GESTIONE DELL'EMERGENZA Il Comune di Villastellone si propone in questa sede di cercare di far rientrare l'edificio in oggetto in questa fattispecie.

In questo caso bisogna attenersi a quanto indicato al §8.4.3 delle NTC 2018 che prescrivono:

*“L'intervento di adeguamento della costruzione è obbligatorio quando si intenda:*

- a) *sopraelevare la costruzione;*
- b) *ampliare la costruzione mediante opere ad essa strutturalmente connesse e tali da alterarne significativamente la risposta;*
- c) *apportare variazioni di destinazione d'uso che comportino incrementi dei carichi globali verticali in fondazione superiori al 10%, valutati secondo la combinazione caratteristica di cui alla equazione 2.5.2 del § 2.5.3, includendo i soli carichi gravitazionali. Resta comunque fermo l'obbligo di procedere alla verifica locale delle singole parti e/o elementi della struttura, anche se interessano porzioni limitate della costruzione;*
- d) *effettuare interventi strutturali volti a trasformare la costruzione mediante un insieme sistematico di opere che portino ad un sistema strutturale diverso dal precedente; nel caso degli edifici, effettuare interventi strutturali che trasformano il sistema strutturale mediante l'impiego di nuovi elementi verticali portanti su cui grava almeno il 50% dei carichi gravitazionali complessivi riferiti ai singoli piani.*
- e) *apportare modifiche di classe d'uso che conducano a costruzioni di classe III ad uso scolastico o di classe IV.*

*In ogni caso, il progetto dovrà essere riferito all'intera costruzione e dovrà riportare le verifiche dell'intera struttura post-intervento, secondo le indicazioni del presente capitolo.*

*Nei casi a), b) e d), per la verifica della struttura, si deve avere  $\varepsilon_E = 1,0$ . Nei casi c) ed e) si può assumere  $\varepsilon_E = 0,80$ .*”

Nel caso in oggetto l'indice  $\varepsilon_E$  nella struttura esistente non raggiunge il valore minimo previsto dalla normativa vigente, pertanto nel caso in cui si vogliano apportare modifiche alla classe d'uso che conducano alla Classe d'uso IV sarà necessario effettuare interventi di adeguamento che tendano a raggiungere un valore di  $\varepsilon_E = 1$  e comunque non inferiore  $\varepsilon_E=0,8$ .

**DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO DI ADEGUAMENTO SISMICO.**

**PROGETTO ESECUTIVO**  
**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA MATERNA SITA IN VIALE SIGNORINI NEL COMUNE DI VILLASTELLONE**

---

Oggetto della presente relazione, in particolare dell'Allegato I, sono le verifiche del fabbricato estese all'intera struttura nella sua conformazione post-intervento di adeguamento strutturale.

Il § 8.4.3 – “Intervento di adeguamento” delle NTC2018, infatti, come già detto in precedenza, stabilisce che il progetto deve essere riferito all'intera costruzione e deve riportare le verifiche dell'intera struttura post-intervento.

Alla luce di quanto indicato in precedenza le valutazioni condotte nella progettazione degli interventi di adeguamento strutturale conducono ad un indice di vulnerabilità sismica nella conformazione post-intervento pari a:

$$\mathcal{E}_E = \frac{\text{azione sismica massima sopportabile dalla struttura}}{\text{azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione}} = 0,95$$

Gli interventi proposti sono i seguenti:

- 1 – Inserimento setti in cemento armato posizionati nelle due direzioni in corrispondenza delle pareti perimetrali,
- 2 - Allargamento delle pareti in c.a. della centrale termica per renderle idonee a sopportare la quota di azioni orizzontali derivanti da un eventuale sisma,
- 3 – Inserimento di due nuovi pilastri a rinforzo di quelli esistenti per rendere adatti alcuni pilastri a sopportare carichi verticali e orizzontali ad essi destinati,
- 4 – Rimozione di 4 pilastri che presentano rivestimento in fibrocemento contenente amianto e sostituzione degli stessi con nuovi pilastri armati da normativa. Contestualmente è prevista la realizzazione di un ribassamento della trave che collega i suddetti pilastri in quanto dai calcoli condotti risulta non avere sufficiente resistenza a flessione,
- 5 – Collegamento dei plinti isolati di fondazione presenti in corrispondenza del portico con nuove travi di fondazione,
- 6 – Rinforzo di alcuni nodi trave-pilastro e di alcune travi con l'inserimento rinforzi con fibre rete bidirezionale non bilanciata in fibre di PBO (poliparafenilenbenzobisoxazolo) e da una matrice inorganica stabilizzata appositamente formulata per l'utilizzo su supporti in calcestruzzo armato.  
Questo sistema brevettato, denominato FRCM (Fabric Reinforced Cementitious Matrix), non utilizza resine epossidiche ed eguaglia le prestazioni dei tradizionali FRP con fibre di carbonio e legante epossidico.
- 7 - Rimozione del rivestimento in fibrocemento contenente amianto dei pilastri presenti in corrispondenza dei cancelletti di ingresso sul lato Viale Signorini (adeguamento normativo igienico-sanitario).

## CONCLUSIONI

### INDICATORI DI RISCHIO SISMICO (POST INTERVENTO)

L'indice di vulnerabilità sismica, o meglio l'indicatore di rischio sismico, è un valore numerico che viene utilizzato per

**PROGETTO ESECUTIVO**  
**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA MATERNA SITA IN VIALE SIGNORINI NEL COMUNE DI VILLASTELLONE**

---

riassumere gli esiti di una valutazione di vulnerabilità sismica, almeno dal punto di vista numerico.

L'indicatore di rischio sismico è dato dal rapporto tra la capacità resistente del fabbricato e la domanda in termini di resistenza o spostamento prevista dalla Normativa Tecnica, pertanto l'esito della verifica è positivo (fabbricato che soddisfa i requisiti delle Norme Tecniche) se l'indicatore è maggiore o uguale a 1, negativo se minore di 1.

Nell'ambito di una valutazione di sicurezza, in relazione anche alla tipologia costruttiva del fabbricato, le verifiche da condurre sono diverse e le vulnerabilità possono essere molteplici. L'indicatore riassume pertanto le vulnerabilità numeriche in un unico valore "di facile lettura", che non è però da considerare esaustivo in quanto nelle verifiche numeriche non vengono incluse vulnerabilità quali ad esempio la caduta di comignoli o di altri elementi non strutturali.

### **INDICE DI VULNERABILITA' SISMICA IN TERMINI DI ACCELERAZIONE**

L'azione sismica massima sopportabile dalla struttura nella sua configurazione post-intervento si stima pari al 95% dell'azione sismica che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione  $\mathcal{E}_E$

$$= \frac{\text{azione sismica massima sopportabile dalla struttura}}{\text{azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione}},$$

pertanto l'indice di vulnerabilità sismica in termini di accelerazione è 0,95.

### **INDICE DI VULNERABILITA' SISMICA IN TERMINI DI PERIODO DI RITORNO**

Dalle Norme Tecniche è definito come il rapporto tra il tempo di ritorno del sisma che la struttura è in grado di sostenere, con il tempo di ritorno di riferimento previsto dalla normativa per l'edificio in esame, il tutto elevato con esponente "a". Se l'indicatore è maggiore di valori unitari, l'edificio è adeguato sismicamente.

Quindi è possibile ricavare indice di vulnerabilità sismica in termini di periodo di ritorno tramite la seguente espressione:

$$RCD=(TR,C/TR,D)^{0.41}$$

SI RIASSUMONO I RISULTATI DELLE ANALISI:

**PROGETTO ESECUTIVO****INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA MATERNA SITA IN VIALE SIGNORINI NEL COMUNE DI VILLASTELLONE**

villastellone			LATITUDINE	44.9212						
44.921171 7.746341 VILLASTELLONE			LONGITUDINE	7.746						
44.9167 7.7333 Villastellone										
suolo	C	Cu	1.5	St	1.000	Esponente "a"	0.356			
<b>DOMANDA SISMICA</b>			<b>CAPACITA' DELLA STRUTTURA</b>			<b>VULNERABILITA'</b>				
VN (anni) PGA (g) TR (anni)			VN (anni) PGA (g) TR (anni)			Rapporto fra accelerazioni	Rapporto fra periodi ^a			
<b>SLC</b>	DLC	50	0.1053	1462	CLC	49.7	0.1051	1453	0.999	0.998
<b>SLV</b>	DLV	50	0.0899	712	CLV	50	0.0899	712	0.95	1
<b>SLD</b>	DLD	50	0.0492	75	CLD	50	0.0492	75	0.95	1
<b>SLO</b>	DLO	50	0.041	45	CLO	49.7	0.0409	45	0.997	1
AGGIORNA	STAMPA	HELP	COPIA	SALVA						

**INDICATORI DEL RISCHIO SISMICO**

In conclusione deve essere effettuata la valutazione della resistenza e degli indicatori di rischio corrispondenti.

Le verifiche sono finalizzate alla definizione di indicatori di rischio come definiti nell'Allegato 2 al decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 21 Ottobre 2003. Tali indicatori, denominati  $\alpha_u$  e  $\alpha_e$ , sono calcolati con i rapporti:

$$(1.1) \quad \alpha_u = \frac{PGA_{CO}}{\gamma_I SS_T PGA_{2\%}} \quad c$$

$$(1.2) \quad \alpha_e = \frac{PGA_{DL}}{\gamma_I SS_T PGA_{50\%}} \quad \text{o, in funzione dello stato limite di riferimento:}$$

dove:

$$\alpha_u = \frac{PGA_{DS}}{\gamma_I SS_T PGA_{10\%}}$$

**PROGETTO ESECUTIVO**  
**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA MATERNA SITA IN VIALE SIGNORINI NEL COMUNE DI VILLASTELLONE**

- $PGA_{2\%}$  accelerazione al suolo attesa con probabilità di eccedenza del 2% in 50 anni;
- $PGA_{10\%}$  accelerazione al suolo attesa con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni;
- $PGA_{50\%}$  accelerazione al suolo attesa con probabilità di eccedenza del 50% in 50 anni;
- $\eta$  coefficiente di importanza della struttura;
- $S$  coefficiente di amplificazione stratigrafica;
- $S_T$  coefficiente di amplificazione topografica;
- $PGA_{CO}$  accelerazione stimata di collasso della struttura;
- $PGA_{DS}$  accelerazione stimata di raggiungimento dello stato limite di danno severo;
- $PGA_{DL}$  accelerazione stimata di raggiungimento dello stato limite di danno lieve;

Il parametro  $\alpha_u$  è considerato un indicatore del rischio di collasso; il parametro  $\alpha_e$  è considerato un indicatore del rischio di inagibilità dell'opera. Valori prossimi o superiori all'unità caratterizzano casi in cui il livello di rischio è prossimo a quello richiesto dalle norme; valori bassi, prossimi a zero, caratterizzano casi ad elevato rischio.

L'accelerazione orizzontale al suolo  $PGA_{10\%}$ , attesa con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, in assenza di più accurate determinazioni, è da assumere pari a quella indicata al par. 3.2.1 dell'O.P.C.M. N. 3431/2005 e qui riportata per comodità in Tab. 1.1.

Zona	$PGA_{10\%}$
1	0.35 g
2	0.25 g
3	0.15 g
4	0.05 g

**Tab. 1.1 - Accelerazioni al suolo attesa con probabilità 10% in 50 anni**

I valori di Tab. 1.1 possono essere modificati mediante determinazioni specifiche e documentate (es. INGV, 2006); ma le differenze non possono essere superiori al 20% dell'accelerazione riportata in Tab. 1.1 per le zone 1 e 2 ed allo 0.05g nelle altre zone.

In assenza di più accurate determinazioni l'accelerazione al suolo  $PGA_{50\%}$  attesa con probabilità di eccedenza del 50% in 50 anni può essere ottenuta dividendo per 2.5 la  $PGA_{10\%}$  di Tab. 1.1 (cfr. par. 2.2 dell'O.P.C.M. n. 3431).

In assenza di più accurate determinazioni l'accelerazione al suolo  $PGA_{2\%}$  attesa con probabilità di eccedenza del 2% in 50 anni può essere ottenuta moltiplicando per 1.5 la  $PGA_{10\%}$  di Tab. 1.1 (cfr. par. 11.2.5.3 dell'O.P.C.M. n. 3431).

L'analisi finale con l'individuazione del parametro  $\alpha_u$  fa riferimento ai parametri individuati per il fabbricato per il quale si è dovuti scendere a forze sismiche corrispondenti al 60% di quelle previste con i metodi di calcolo proposti dalle NTC 2018.

**PROGETTO ESECUTIVO**  
**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA MATERNA SITA IN VIALE SIGNORINI NEL COMUNE DI VILLASTELLONE**

---

I valori di riferimento sono:

$$\text{PGA CO} = 0,1051 * 9,8 = 1,02998$$

$$\text{PGA DS} = 0,0492 * 9,8 = 0,48216$$

$$\text{PGA DL} = 0,0409 * 9,8 = 0,40082$$

$$\text{PGA 2\%} = 0,735$$

$$\text{PGA 10\%} = 0,490$$

$$\text{PGA 50\%} = 0,196$$

Ai valori suddetti corrispondono i seguenti indicatori di rischio:

$$\alpha_{a1} = \text{PGA}_{\text{CO}} / \text{PGA}_{2\%} = 1,401$$

$$\alpha_{a2} = \text{PGA}_{\text{DS}} / \text{PGA}_{10\%} = 0,984$$

$$\alpha_{a1} = \text{PGA}_{\text{DL}} / \text{PGA}_{50\%} = 2,045$$