



COMUNE DI NOGARA
PROVINCIA DI VERONA



**Finanziato
dall'Unione europea**
NextGenerationEU

**LAVORI DI RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE E MESSA IN
SICUREZZA DELL'ASILO NIDO "8 MARZO"**

PROGETTO DEFINITIVO ED ESECUTIVO

All. 02/A	RELAZIONI TECNICHE E SPECIALISTICHE RELAZIONE DI CALCOLO	
Il Progettista Arch. Alessandro Furia	Il R.U.P.	
Data Giugno 2023	Revisione	Data

Studio Tecnico Arch. Alessandro Furia
Via Belvedere, 4d
37064 Povegliano Veronese (VR)
Ordine Architetti Verona n. 1641

P.Iva 02660780236
C.F.: FRULSN72R16L949A
Tel/Fax 045 6350196
Email: ale.furia@gmail.com
pec: a.furia@pec.it

PREMESSA	2
DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO	3
LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO.....	3
DESCRIZIONE DELL'ORGANISMO STRUTTURALE	4
CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO SISMICO	12
NORMATIVA DI RIFERIMENTO	14
NORMATIVA TECNICA	14
NORMATIVA TECNICA - FISCALE	14
LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA	15
INDAGINE CONOSCITIVA IN SITO	18
CLASSIFICAZIONE E OBIETTIVO DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO	21
INTERVENTI DI RIPARAZIONE O LOCALI.....	21
INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO	22
OBIETTIVO DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO.....	22
INTERVENTI IN PROGETTO	23
CONSOLIDAMENTO DELLE MURATURE CON INTONACO ARMATO.....	23
DETERMINAZIONE DELLE CLASSI DI RISCHIO SISMICO DELL'EDIFICIO	25
ANALISI DEI CARICHI.....	26
IPOTESI DI CALCOLO.....	26
METODO DI ANALISI E RISULTATI.....	27
METODO DI ANALISI	27
INDICE DI RISCHIO SISMICO DELL'EDIFICIO: STATO DI FATTO	28
CLASSE DI RISCHIO SISMICO DELL'EDIFICIO: STATO DI PROGETTO.....	28
CONCLUSIONI	34

RELAZIONE PER INTERVENTI DI RIDUZIONE DELLA VULNERABILITA' SISMICA DI UN ASILO NIDO ESISTENTE

PREMESSA

La presente relazione riguarda gli interventi strutturali previsti per l'asilo nido esistente sito nel Comune di Nogara (VR) in Via Palmino Sterzi n. 77, finalizzati al miglioramento della sicurezza statica e sismica del fabbricato.



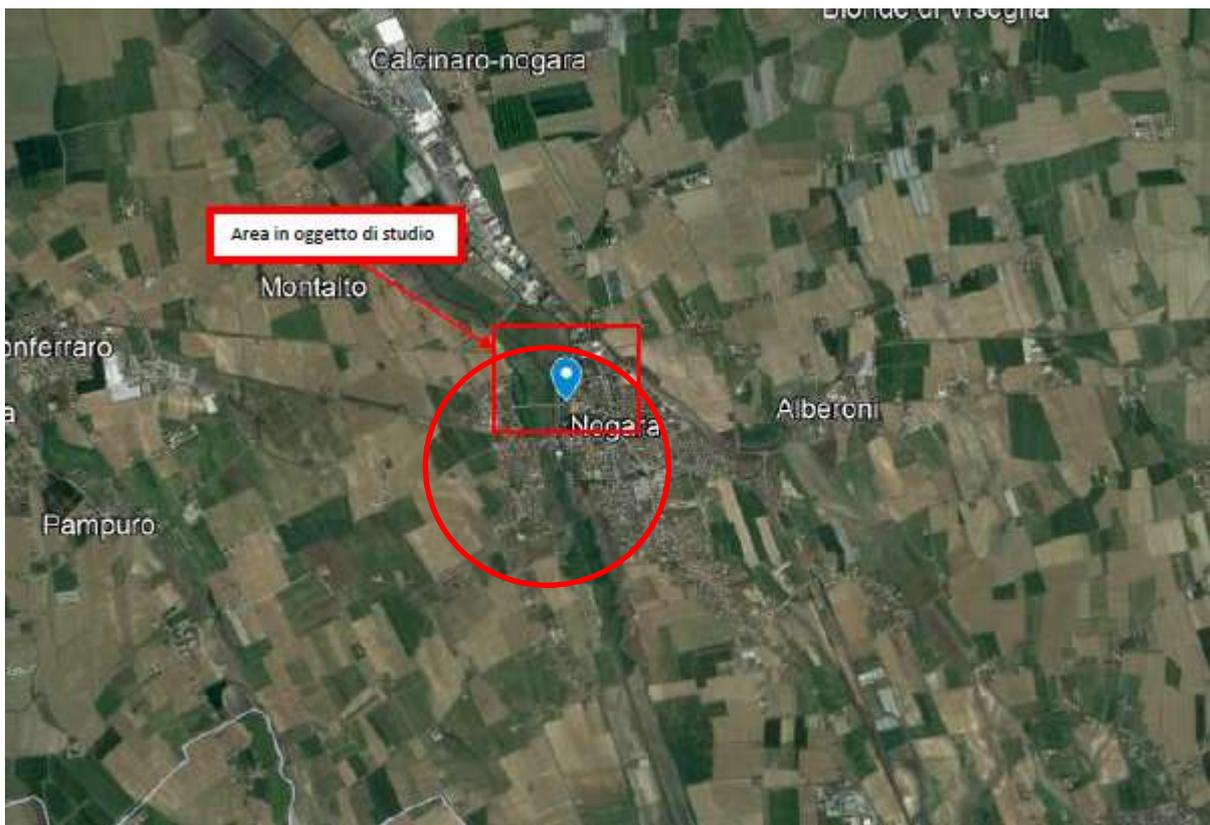
Edificio in oggetto

DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

L'edificio è ubicato in Via Palmino Sterzi n. 77, nel Comune di Nogara (VR), sul sito individuato dalle seguenti coordinate geografiche:

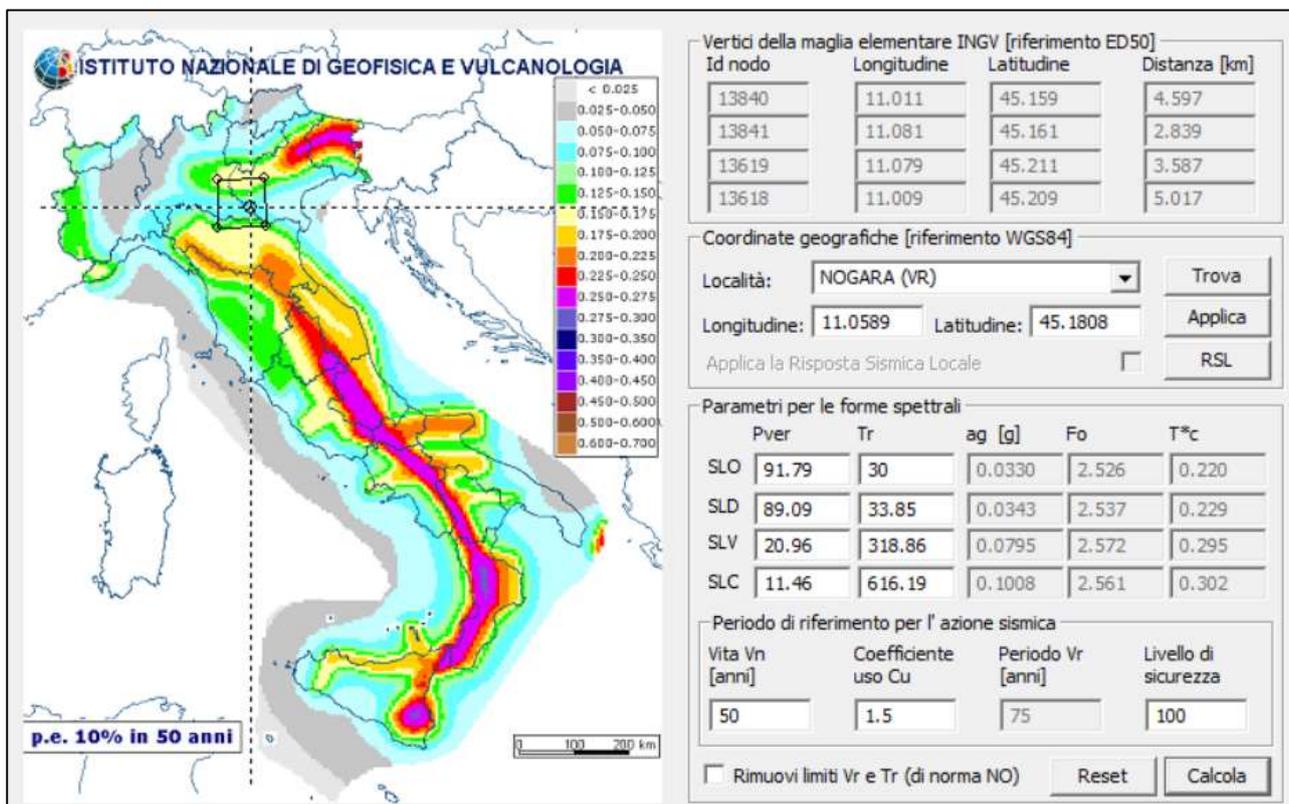
- Latitudine: 45.180573 N
- Longitudine: 11.058925 E



Vista aerea zona

Dal punto di vista della classificazione sismica, come indicata nell'O.P.C.M. n. 3274/2003, aggiornata con la Deliberazione del Consiglio Regionale Veneto n. 67 del 03/12/2003 ed in seguito

modificata con la D.G.R. n. 244 del 09/03/2021, il territorio del Comune di Nogara è situato in Zona sismica 3 (“Zona con pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti”).



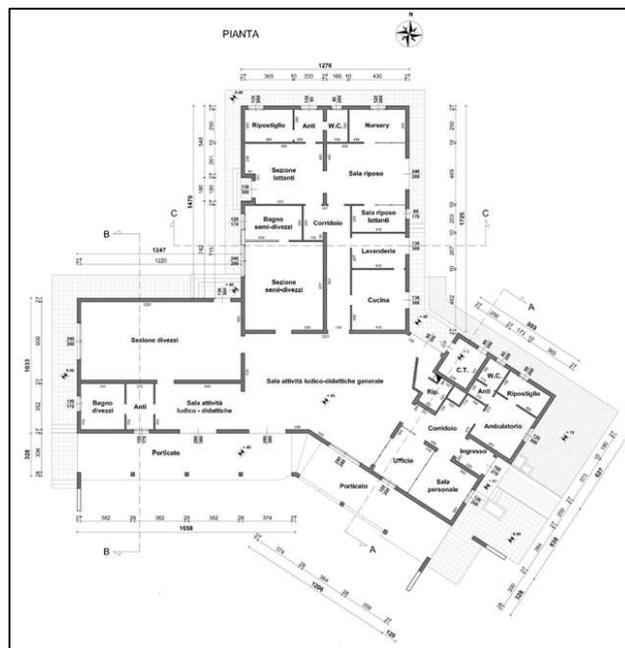
Mappa sismica

DESCRIZIONE DELL'ORGANISMO STRUTTURALE

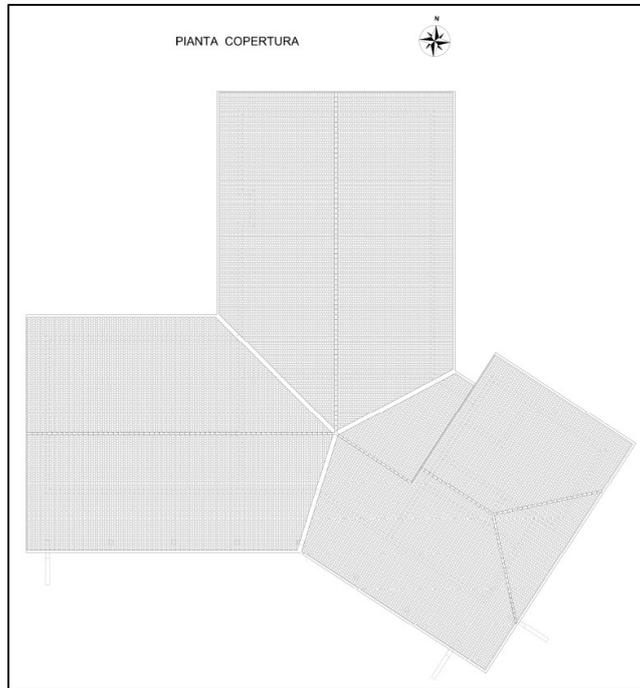
L'asilo nido "8 marzo" è caratterizzato da un impianto planimetrico con forma poligonale a "Y", costituita da tre tronchi rettangolari, convergenti verso la posizione baricentrica. L'immobile è articolato in più blocchi funzionali, che si sviluppano in un unico piano fuori terra, rialzato di 45 cm dalla quota del piano di campagna. Il primo blocco comprende una zona di ingresso, con i locali di servizio destinati agli operatori. Il secondo blocco è costituito da una grande sala centrale per le attività ludico-didattiche generali. Gli altri due blocchi presenti nell'edificio sono destinati al riposo ed alle attività ludico didattiche. Nell'edificio sono inoltre presenti una cucina con annessa lavanderia ed una centrale termica. Completa il complesso l'ampio porticato, disposto su due quote, che si affaccia nel cortile interno sul lato sud. L'immobile presenta una superficie coperta complessiva di

665,40 m², un volume di 2.295,63 m³ ed una superficie netta di 594.33 m². L'altezza utile interna dei locali è di ml 3,00, esclusa la centrale termica che presenta un'altezza netta di ml 3,40.

L'edificio presenta una struttura portante costituita prevalentemente da muratura ordinaria in blocchi di laterizio semipieni e malta cementizia, coadiuvata da pilastri e travi in calcestruzzo armato nella zona del porticato. Nella muratura sono presenti anche due setti in calcestruzzo armato. Le fondazioni sono costituite da travi rovesce in calcestruzzo armato, mentre i solai di calpestio, di soffittatura e di copertura sono realizzati in latero-cemento con travetti prefabbricati posti ad interasse 55 cm.



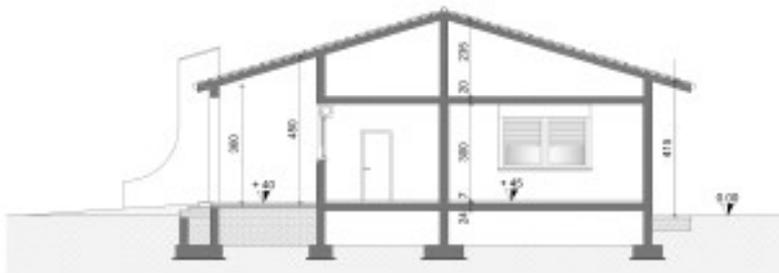
Pianta piano rialzato



Pianta copertura



SEZIONE A-A



SEZIONE B-B

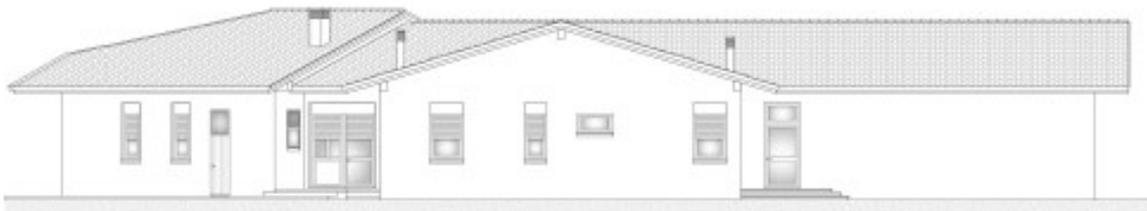


SEZIONE C-C

Sezioni



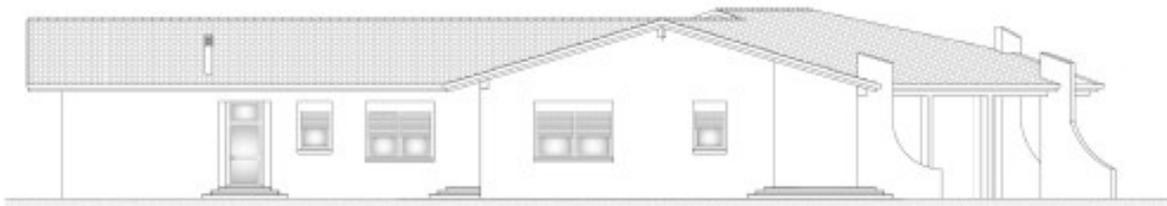
PROSPETTO SUD



PROSPETTO NORD



PROSPETTO EST



PROSPETTO OVEST

Prospetti

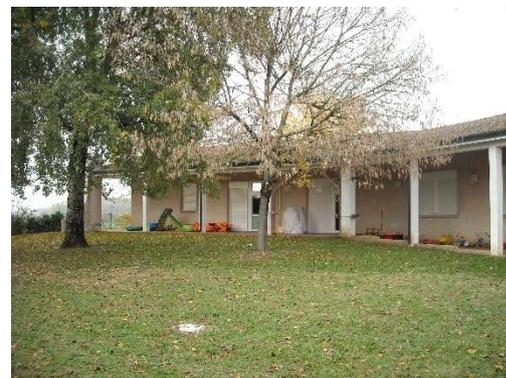


Foto esterne al fabbricato

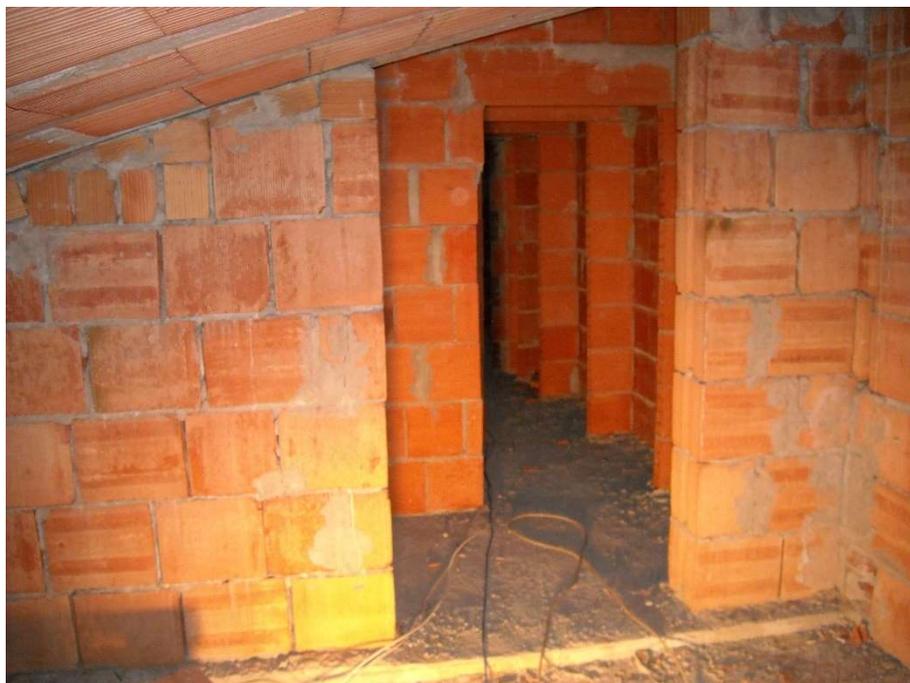


Fondazioni a travi rovesce in c.a. e solaio di calpestio in laterocemento sp. 20+4 cm con travetti prefabbricati posti ad interasse 55 cm. Zona accessibile mediante botola.



Sottotetto accessibile mediante botola. Solaio piano di soffittatura in laterocemento sp. 20 cm senza cappa con travetti prefabbricati posti ad interasse 55 cm. Solaio inclinato

di copertura in laterocemento sp. 20 cm senza cappa con travetti prefabbricati posti ad interasse 55 cm. Murature in blocchi semipieni in laterizio e malta cementizia.



Porzione di copertura in muricci e tavelloni. Solaio piano di soffittatura in laterocemento sp. 24+4 cm con travetti prefabbricati posti ad interasse 55 cm.



Telaio in c.a. a sostegno della gronda in laterocemento presente nella zona porticato.

CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO SISMICO

La definizione della Classe di Rischio Sismico è condotta in ottemperanza al documento “Linee Guida per la Classificazione del Rischio Sismico delle Costruzioni” allegato al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti n. 65 del 7 marzo 2017.

Il documento definisce n. 8 Classi di Rischio, con rischio crescente dalla lettera A+ alla lettera G. La determinazione della classe di appartenenza di un edificio può essere condotta secondo due metodi, tra loro alternativi, l'uno convenzionale e l'altro semplificato, quest'ultimo con un ambito applicativo limitato.

Il Metodo Convenzionale è concettualmente applicabile a qualsiasi tipologia di costruzione, è basato sull'applicazione dei normali metodi di analisi previsti dalle attuali Norme Tecniche e consente la valutazione della Classe di Rischio della costruzione sia nello stato di fatto sia nello stato conseguente all'eventuale intervento.

Il Metodo Semplificato si basa su una classificazione macrosismica dell'edificio, è indicato per una valutazione speditiva della Classe di Rischio dei soli edifici in muratura e può essere utilizzato sia per una valutazione preliminare indicativa, sia per valutare, limitatamente agli edifici in muratura, la Classe di Rischio in relazione all'adozione di interventi di tipo locale. Inoltre, come indicato al punto 3.2 delle L.L.G.G., è possibile ritenere valido il passaggio alla Classe di Rischio Sismico immediatamente superiore, a seguito di specifici interventi, per edifici assimilabili ai capannoni industriali e per gli edifici in calcestruzzo armato.

La classificazione oggetto del presente lavoro è stata condotta con il **METODO CONVENZIONALE**.

Il Metodo Convenzionale assegna alla costruzione una Classe di Rischio Sismico in funzione di due parametri:

- 1) il parametro economico PAM (Perdita Annuale Media attesa), che tiene in considerazione le perdite economiche associate ai danni agli elementi, strutturali e non, e riferite al costo di ricostruzione (CR) dell'edificio privo del suo contenuto;
- 2) l'indice di sicurezza (IS-V) della struttura, definito come il rapporto tra l'accelerazione di picco al suolo (PGA) che determina il raggiungimento dello Stato Limite di salvaguardia della Vita

(SLV) e la PGA che la Norma indica, nello specifico sito in cui si trova la costruzione e per lo stesso Stato Limite, come riferimento per la progettazione di un nuovo edificio.

Tali parametri vengono determinati attraverso dei confronti tra la richiesta sismica della Normativa (D.M. 17 Gennaio 2018) e la capacità effettiva della struttura ai vari Stati Limite previsti dal metodo.

Classi di rischio inerenti al parametro PAM

Perdita Media Annuata attesa (PAM)	Classe PAM
$PAM \leq 0,50\%$	A^+_{PAM}
$0,50\% < PAM \leq 1,0\%$	A_{PAM}
$1,0\% < PAM \leq 1,5\%$	B_{PAM}
$1,5\% < PAM \leq 2,5\%$	C_{PAM}
$2,5\% < PAM \leq 3,5\%$	D_{PAM}
$3,5\% < PAM \leq 4,5\%$	E_{PAM}
$4,5\% < PAM \leq 7,5\%$	F_{PAM}
$7,5\% \leq PAM$	G_{PAM}

Classi di rischio inerenti all'indice IS-V

Indice di Sicurezza	Classe IS-V
$100\% < IS-V$	A^+_{IS-V}
$80\% \leq IS-V < 100\%$	A_{IS-V}
$60\% \leq IS-V < 80\%$	B_{IS-V}
$45\% \leq IS-V < 60\%$	C_{IS-V}
$30\% \leq IS-V < 45\%$	D_{IS-V}
$15\% \leq IS-V < 30\%$	E_{IS-V}
$IS-V \leq 15\%$	F_{IS-V}

Individuate le Classi di Rischio Sismico relative ai due parametri, PAM e IS-V rispettivamente, la Classe di Rischio Sismico da attribuire alla costruzione sarà la peggiore tra le due.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

NORMATIVA TECNICA

La definizione delle caratteristiche resistenti delle sezioni, nonché i procedimenti di calcolo (progettazione e verifica), fanno riferimento alle prescrizioni regolamentari contenute nelle seguenti normative:

- **Legge 5 novembre 1971 n. 1086** (G. U. 21 dicembre 1971 n. 321)
"Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica"
- **D. M. del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 17 gennaio 2018** (G.U. 20 febbraio 2018 n. 42 - Suppl. Ord.) "Norme tecniche per le Costruzioni"
- **Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti** (G.U. 11 febbraio 2019 n. 35 – Suppl. Ord.)
"Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme Tecniche delle Costruzioni' di cui al D.M. 17 gennaio 2018"
- **D.P.R. 38/2001** (G.U. 20 ottobre 2021 n. 245)
"Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia"

NORMATIVA TECNICA - FISCALE

Per l'individuazione e la classificazione degli interventi edilizi ricompresi nelle agevolazioni fiscali riferibili al "Sismabonus" o al "Super Sismabonus" si fa riferimento alle seguenti normative:

- Art.119, del **D.I. Rilancio n. 34/2020** e ss.mm.ii, convertito in legge n.77 del 17 luglio 2020
- Art. 16 bis, comma 1, lett. i) del **DPR 917/1986**
- **D.I. 4 giugno 2013** n.63, art.16
- **D.M. del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 06 agosto 2020 n. 329** di modifica al **D.M. del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 28 febbraio 2017 n. 58**
- Circolare 24/E/2020 dell'Agenzia delle Entrate
- Parere 3/2021 della Commissione Consultiva per il Monitoraggio dell'applicazione del D.M. 28/02/2017 n. 58 e delle Linee Guida ad esso allegate

LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA

Sulla base degli approfondimenti effettuati nelle fasi conoscitive saranno individuati i “Livelli di Conoscenza” dei diversi parametri e definiti i correlati Fattori di Confidenza da utilizzare nelle verifiche di sicurezza.

I Fattori di Confidenza sono utilizzati per la riduzione dei valori dei parametri meccanici dei materiali e devono essere intesi come indicatori del livello di approfondimento raggiunto.

Di seguito, con riferimento alle specifiche contenute al § 8.5 delle NTC, è riportata una guida alla stima dei *Fattori di Confidenza (FC)*, definiti con riferimento ai tre *Livelli di Conoscenza (LC)* crescenti, secondo quanto segue.

LC1: si intende raggiunto quando siano stati effettuati, come minimo, l'analisi storico-critica commisurata al livello considerato, con riferimento al § C8.5.1, il rilievo geometrico completo e *indagini limitate* sui dettagli costruttivi, con riferimento al § C8.5.2, *prove limitate* sulle caratteristiche meccaniche dei materiali, con riferimento al § C8.5.3; il corrispondente Fattore di Confidenza è **FC = 1,35** (nel caso di costruzioni di acciaio, se il Livello di Conoscenza non è **LC2** solo a causa di una non estesa conoscenza sulle proprietà dei materiali, il Fattore di Confidenza può essere ridotto, giustificandolo con opportune considerazioni anche sulla base dell'epoca di costruzione);

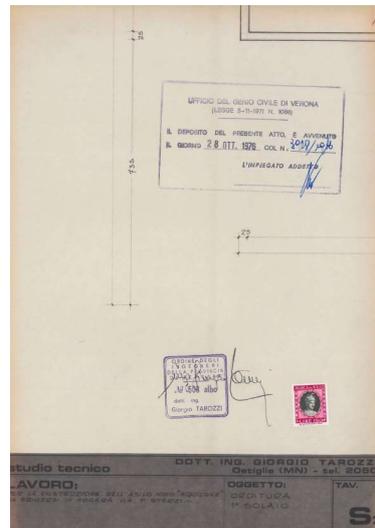
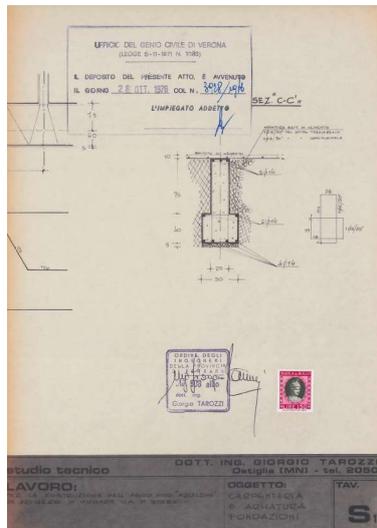
LC2: si intende raggiunto quando siano stati effettuati, come minimo, l'analisi storico-critica commisurata al livello considerato, con riferimento al § C8.5.1, il rilievo geometrico completo e *indagini estese* sui dettagli costruttivi, con riferimento al § C8.5.2, *prove estese* sulle caratteristiche meccaniche dei materiali, con riferimento al § C8.5.3; il corrispondente Fattore di Confidenza è **FC = 1,20** (nel caso di costruzioni di acciaio, se il Livello di Conoscenza non è **LC3** solo a causa di una non esaustiva conoscenza sulle proprietà dei materiali, il Fattore di Confidenza può essere ridotto, giustificandolo con opportune considerazioni anche sulla base dell'epoca di costruzione);

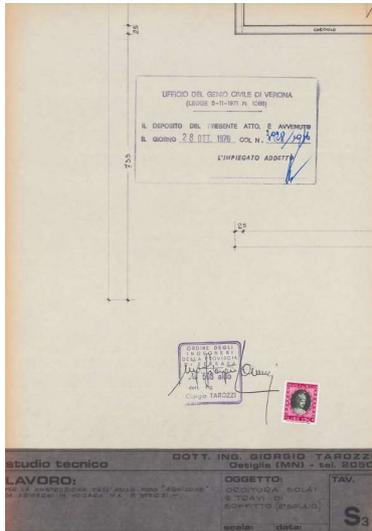
LC3: si intende raggiunto quando siano stati effettuati l'analisi storico-critica commisurata al livello considerato, come descritta al § C8.5.1, il rilievo geometrico, completo ed accurato in ogni sua parte, e *indagini esaustive* sui dettagli costruttivi, come descritto al § C8.5.2, *prove esaustive* sulle caratteristiche meccaniche dei materiali, come indicato al § C8.5.3; il corrispondente Fattore di Confidenza è **FC=1** (da applicarsi limitatamente ai valori di quei parametri per i quali sono state eseguite le prove e le indagini su citate, mentre per gli altri parametri meccanici il valore di **FC** è definito coerentemente con le corrispondenti prove limitate o estese eseguite).

ANALISI STORICO CRITICA

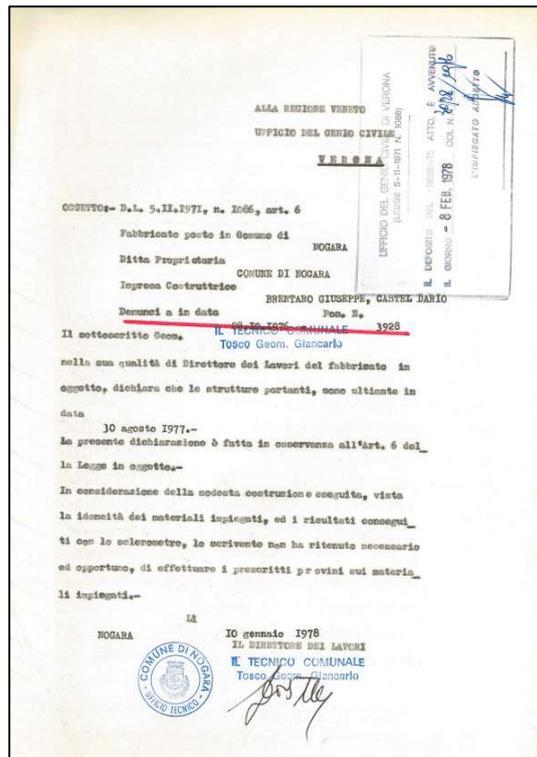
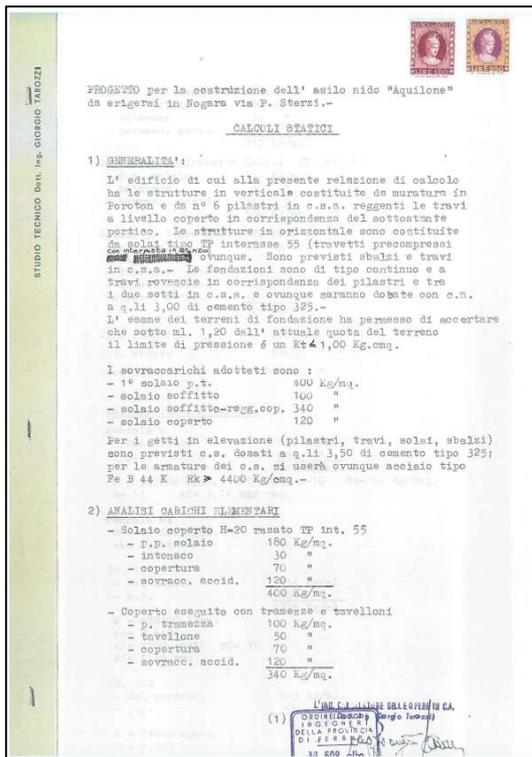
Ai fini di una corretta individuazione del sistema strutturale e del suo stato di sollecitazione, è stata reperita la documentazione relativa alla Pratica strutturale depositata, comprendente quindi anche gli elaborati grafici e le relazioni di calcolo del progetto originario.

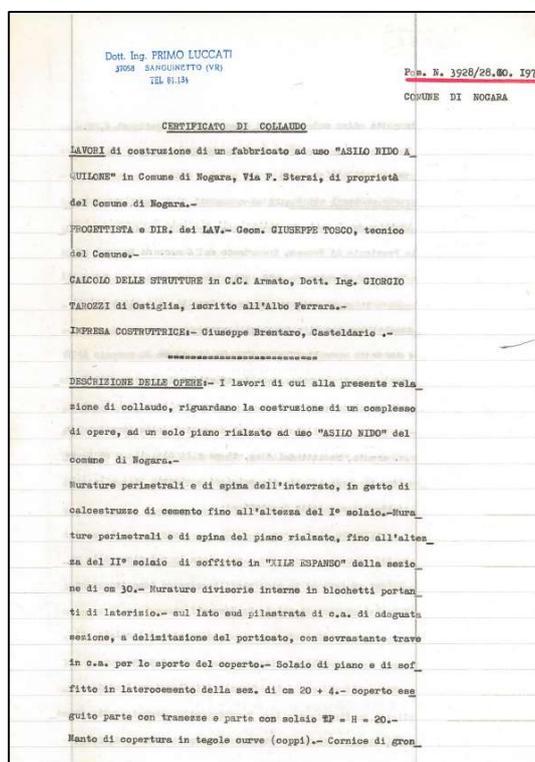
A seguire si riportano estratti di parte della documentazione in possesso.





Intestazioni degli elaborati grafici del progetto originario





*Prime pagine dei seguenti documenti depositati: relazione di calcolo, relazione a
strutture ultimate e collaudo statico.*

A supporto della documentazione acquisita, è stato inoltre eseguito il rilievo dell'edificio allo stato di fatto, al fine di confrontarne la corrispondenza col progetto originario e di verificare le caratteristiche dei diversi elementi strutturali e dei loro collegamenti.

Sono state poi svolte prove in sito e prove di laboratorio su campioni prelevati dalle strutture principali, con lo scopo di analizzare le caratteristiche meccaniche dei materiali esistenti.

INDAGINE CONOSCITIVA IN SITO

Per l'edificio in esame è stata effettuata una campagna di indagini finalizzata al raggiungimento di un'adeguata conoscenza della struttura, che ha consentito una stima delle caratteristiche meccaniche dei materiali da utilizzare per la definizione del modello di calcolo e delle analisi.

Le indagini effettuate sulla struttura dell'edificio in esame sono state eseguite in data 27.12.2017 dalla ditta "TECNOINDAGINI S.r.l." con sede a Cusano Milanino (MI) via Monte Sabotino 14 e comprendono: analisi termografica, prova di carico con martinetti doppi per le murature, analisi della qualità dei ricorsi in malta, analisi pacometriche delle armature, carotaggi su elementi

strutturali in calcestruzzo ed esecuzione delle prove di laboratorio a compressione, analisi della carbonatazione del calcestruzzo, scarificazione e identificazione di armature in alcuni elementi strutturali in calcestruzzo armato, prova durometrica.

A seguire si riporta parte dei risultati delle prove.

Data esecuzione prove: martedì 9 gennaio 2018

PROVE DI COMPRESSIONE SU PROVINI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO

Contrassegno (*)	Massa	Diem.	Alt.	Carico massimo	Sezione	Massa volumica	Resistenza a compressione	Note
N°	kg	mm	mm	kN	mm ²	Kg/dm ³	N/mm ²	
1 L0-P1	3.189	94	192	106.0	6940	2.353	15.27	R7
2 L0-S1	1.523	94	97	177.0	6940	2.252	25.51	R7

(*) Si riportano gli estremi essenziali per riferire il campione a quanto dichiarato nell'Allegato A al presente rapporto

LEGENDA NOTE: A = Le facce del provino presentavano un visibile difetto di planarità
 B = Il campione presentava solo due facce opposte completamente lisce tra le 5 a contatto con la cassaforma
 C = Il provino conteneva spezzoni di acciaio
 D = Il provino presentava già una vistosa fessura
 E = Le dimensioni del provino non sono conformi alle dimensioni richieste dalla normativa UNI EN 12390-1
 F = Il contrassegno riportato sul campione non corrisponde a quanto dichiarato nell'allegato A

Il Responsabile Tecnico
 Antonio Cocco
Antonio Cocco

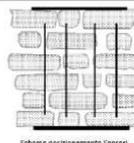
Risultati prova di compressione sulle carote di cls prelevate dai setti in c.a.. presenti nelle murature del porticato

Identificazione edificio	
Asilo Nido Comunale "8 marzo" Via Palmiro Sterzi, 77 Nogara (VR)	
Prova	1
Caratteristiche funzionali	
Uso prevalente:	Scolastico
Altra destinazione:	-
Piani esterni:	1
Piani interni:	0



Descrizione Prova Martinetti Doppi

I martinetti piatti doppi permette di determinare in sito il legame locale sforzo-deformazioni (in campo elastico) in funzione dello sforzo. La tecnica di prova è basata sull'uso contemporaneo di due martinetti piatti doppi, collegati ad una pompa idraulica, per comprimere il volume di muratura compreso tra essi. La muratura sovrastante e sottostante lungo da contrasto alla reazione esercitata dai martinetti stessi. I valori del modulo elastico e del coefficiente di dilatazione trasversale calcolati con questa tecnica, insieme ai valori di deformazione misurati e calcolati, sono sufficientemente precisi per effettuare una stima degli sforzi dovuti a dilatazioni, movimenti o movimenti differenziali di strutture murarie.



Classificazione della Muratura						
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es doppio UNI foratura <40%)	f_m [N/mm ²]		τ_c [N/cm ²]		E [N/mm ²]	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
	5,00	8,00	24,00	32,00	3500	5000

Risultati Prova		
Intervallo di Riferimento $\Delta\sigma$ [N/mm ²]	DEFORMAZIONE MEDIA ϵ_m [µm/mm]	Modulo Elastico E [N/mm ²]
0,00	0,00	7445
2,74	0,37	

Note

Documentazione Fotografica



Immagine 1 - Vista d'insieme della muratura



Immagine 2 - Posizionamento sensori

Risultati prova con martinetti doppi.

PUNTO DI RILIEVO	L0 - M1	AMBIENTE	Portico esterno
		INTITOLO	ED
		ELEMENTO	Muratura

IDENTIFICAZIONE PUNTI DI PROVA - ANALISI MURATURE



E SCARIFICA/ANALISI ENDOSCOPICA	
Tipologia Muratura Muratura in mattoni semipieni e malta cementizia	
Sezione Muratura Maschio murato di mattoni semipieni	
Giunti di malta verticali Giunti regolari di spessore compreso tra 10 e 20 mm (circa)	
Giunti di malta orizzontali Giunti regolari di spessore compreso tra 8 e 12 mm (circa)	
Grado di ammassamento Non rilevato	
Note	

RM PROVA MALTA CON SCLEROMETRO				DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA	
Data rilievo					
lett. 1 [Ir]	lett. 2 [Ir]	lett. 3 [Ir]	lett. 4 [Ir]		
40	30	30	40		
lett. 5 [Ir]	lett. 6 [Ir]	lett. 7 [Ir]	lett. 8 [Ir]		
35	40	30	30		
Media [Ir]	34				
Scarto Q. M.	5,94			Ragionevole	
τ_c sonda GSA 2.1 - NTCS30	τ_c muratura analizzata				
$\tau_{c,max}$ (N/cm ²)	24,0			$\tau_{c,max}$ (N/cm ²)	26,4
$\tau_{c,min}$ (N/cm ²)	32,0			$\tau_{c,min}$ (N/cm ²)	26,7

Risultati prova con sclerometro a pendolo.

A seguito delle prove svolte e dei risultati ottenuti, per la muratura in esame si considerano le seguenti caratteristiche meccaniche.

“Muratura in mattoni semipieni e malta cementizia”:

peso proprio:	1.000 Kg/mc
modulo di elasticità normale E:	73.000 Kg/cm ²
modulo di elasticità tangenziale G:	29.200 Kg/cm ²
resistenza media a compressione f_m :	73 Kg/cm ²
resistenza media a taglio in assenza di sforzo normale f_{v0} :	3 Kg/cm ²
resistenza media a taglio in assenza di sforzo normale τ_0 :	3 Kg/cm ²

Alla luce di quanto descritto al Capitolo precedente, si considera per il fabbricato in esame un Livello di Conoscenza **LC2** e pertanto, in accordo con quanto prescritto al paragrafo C8.5.4 della Circ. n. 7 del 21/02/2019, i parametri meccanici sopra riportati devono essere ridotti, con valori divisi per un Fattore di Confidenza pari a **FC = 1,20**.

CLASSIFICAZIONE E OBIETTIVO DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

INTERVENTI DI RIPARAZIONE O LOCALI

La cultura e la ricerca scientifica (così come quella tecnica) e le esperienze sul campo hanno portato nel corso degli ultimi anni ad affidare un ruolo sempre più importante agli interventi di conservazione e ripristino degli edifici esistenti.

Gli “interventi di riparazione o locali”, definiti al §8.4 del DM 17 gennaio 2018 come “interventi che interessino singoli elementi strutturali e che, comunque, non riducano le condizioni di sicurezza preesistenti” possono risultare infatti determinanti al fine di risolvere quelle criticità locali che si potrebbero manifestare in concomitanza di un evento sismico.

Le norme tecniche (D.M. 17 gennaio 2018), specificano al §8.4.1 che:

“Gli interventi di questo tipo riguarderanno singole parti e/o elementi della struttura. Essi non debbono cambiare significativamente il comportamento globale della costruzione e sono volti a conseguire una o più delle seguenti finalità:

-
- 1) *ripristinare, rispetto alla configurazione precedente al danno, le caratteristiche iniziali di elementi o parti danneggiate;*
 - 2) *migliorare le caratteristiche di resistenza e/o di duttilità di elementi o parti, anche non danneggiati;*
 - 3) *impedire meccanismi di collasso locale;*
 - 4) *modificare un elemento o una porzione limitata della struttura.”*

La Commissione Consultiva per il Monitoraggio Dell'applicazione Del D.M. 28/02/2017 N. 58 e Delle Linee Guida ad esso Allegate nel parere n. 3/2021 ha specificato che: *“il recente decreto del Ministero delle Infrastrutture n. 329/2020, aggiungendo l'opzione “nessun salto di classe” alle altre due già presenti nella originaria versione del DM 58/2017, ha chiaramente indicato l'orizzonte tecnico di applicabilità dei benefici fiscali del decreto legge 34/2020, da parte dei professionisti incaricati, nella “riduzione del rischio” senza traguardi prestazionali obbligatori. Coerentemente con questo principio la Commissione ritiene che gli “interventi di riparazione o locali”, di cui al p.to 8.4 del DM 17 gennaio 2018, rientrino a pieno titolo tra quelli disciplinati dal richiamato art. 16 bis, comma 1, lett. i) del DPR 917/1986 e, pertanto, siano conformi al comma 4 dell'art. 119 del decreto legge 34/2020.”*

INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO

Gli “interventi di miglioramento” sono definiti al C.8.4.2 della Circolare n. 7 del 21 gennaio 2018 come “interventi che, pur non rientrando nella categoria di adeguamento, possono determinare modifiche, anche significative, del comportamento strutturale locale o globale operando o variazioni di rigidità, resistenza o capacità deformativa di singoli elementi o di porzioni della struttura, o introducendo nuovi elementi strutturali interessino singoli elementi strutturali e che, comunque, non riducano le condizioni di sicurezza preesistenti”.

Come specificato nel § 8.3 delle NTC, per questa categoria di interventi la valutazione della sicurezza è obbligatoria e finalizzata a determinare l'entità massima delle azioni, considerate nelle combinazioni di progetto previste, cui la struttura può resistere con il grado di sicurezza richiesto.

Essa riguarderà necessariamente, oltre ai possibili meccanismi locali, la struttura nel suo insieme.

OBIETTIVO DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

Scopo principale degli interventi di rinforzo strutturale in progetto è quello di ridurre la vulnerabilità sismica dell'edificio esistente, aumentandone la resistenza sia nei confronti delle sollecitazioni

statiche verticali, derivanti dai carichi gravitazionali, sia, soprattutto, riguardo le sollecitazioni orizzontali che si generano in concomitanza di un evento sismico.

Nel complesso, l'insieme degli interventi del presente progetto lascia inalterato lo schema statico e sismo-resistente originale, ma ne incrementa la resistenza tramite il consolidamento statico degli elementi strutturali primari e l'eliminazione di alcune criticità.

In questa relazione ci si propone quindi di individuare le Classi di Rischio Sismico del fabbricato esistente nella configurazione attuale e in quella di progetto, con lo scopo di attestarne la riduzione del rischio sismico conseguentemente agli interventi sopra descritti.

INTERVENTI IN PROGETTO

Gli interventi in progetto prevedono:

- il rinforzo del fabbricato con intonaco armato, mediante la posa in opera sulla superficie esterna ed interna delle pareti perimetrali e dei muri di spina di uno strato di malta strutturale fibrorinforzata di spessore almeno pari a 4 cm, previa l'asportazione di tutto l'intonaco esterno presente e la posa di rete in fibra di vetro e di connettori opportunamente ancorati chimicamente alla muratura;
- il rinforzo e l'irrigidimento del solaio di soffittatura, mediante la realizzazione di una cappa in c.a. alleggerita di spessore pari a circa 6 cm opportunamente solidarizzata al solaio esistente.

L'intento dell'intervento di rinforzo delle murature con intonaco armato è duplice: permette infatti sia di rinforzare le pareti esistenti migliorandone il comportamento statico e sismico, che di inibire, ove presenti, i meccanismi locali fuori piano delle pareti portanti.

L'intervento di rinforzo e di irrigidimento del solaio di soffittatura mediante la realizzazione di una cappa in c.a. consente invece di creare un piano rigido, capace di ridistribuire in maniera efficace le sollecitazioni sismiche sugli elementi portanti verticali.

CONSOLIDAMENTO DELLE MURATURE CON INTONACO ARMATO

Il § 8.7.4 delle NTC descrive gli aspetti principali degli interventi sugli edifici esistenti, specificando che, per quanto possibile, devono essere progettati ed eseguiti in modo regolare ed uniforme.

Tra gli aspetti che in generale devono essere valutati e curati viene riportato l'“*incremento della resistenza degli elementi verticali resistenti, tenendo eventualmente conto di una possibile riduzione della duttilità globale per effetto di rinforzi locali*”

Al § C8.7.4 della Circ. 21/01/2019 n. 7 C.S.LL.PP. vengono forniti criteri generali per gli interventi di consolidamento degli edifici in muratura, con riferimento ad alcune tecniche usualmente utilizzate.

“*Oltre agli interventi volti a sanare le carenze nei confronti delle azioni non sismiche, quelli che generalmente inducono i maggiori benefici nei riguardi delle azioni sismiche riguardano:*

1. *La formazione dei diaframmi di piano, a livello dei solai ed eventualmente nelle falde di copertura.*
2. *Le connessioni delle pareti tra loro e ai diaframmi di piano.*
3. *I collegamenti nello spessore della parete in presenza di paramenti multipli.*
4. *L'incremento della sismo-resistenza delle pareti.*
5. *Il contenimento delle spinte ed il consolidamento di archi e volte.”*

Riguardo al p.to 4, la Normativa prevede “*il placcaggio delle murature **con intonaco armato**”, il quale “*costituisce un efficiente provvedimento soprattutto nel caso in cui le murature siano gravemente danneggiate o incoerenti, purchè siano posti in opera i necessari collegamenti trasversali bene ancorati alle armature poste su entrambe le facce della muratura. Le fodere possono essere realizzate con malte a base di cemento o di calce e armatura in reti o tessuti di acciaio inossidabile, oppure con materiali compositi, utilizzando fibre di carbonio, vetro o aramidiche.*”*

La Tabella C8.5.I della Circ. 21/01/2019 n. 7 C.S.LL.PP. riporta indicazioni non vincolanti sui possibili valori dei parametri meccanici delle tipologie murarie più ricorrenti, da considerarsi in presenza di specifiche condizioni, quali: malta di calce di modeste caratteristiche (eccezion fatta per la tipologia “Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia”), assenza di ricorsi (listature), paramenti semplicemente accostati o mal collegati, tessitura a regola d'arte, muratura non consolidata.

In Tabella C.8.5.II vengono invece definiti i coefficienti correttivi massimi da applicarsi alle caratteristiche meccaniche della muratura in presenza di uno stato di fatto migliore di quello indicato in Tabella C8.5.I o nel caso in cui siano previsti interventi di consolidamento della muratura, quali, tra gli altri, il consolidamento con intonaco armato.

Per effetto del consolidamento con intonaco armato, infatti, i coefficienti correttivi massimi assumono valore compreso tra 2,50 (Muratura in pietrame disordinata) e 1,30 (Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia).

Alla luce di quanto sopra, e visto che:

-
- l'intervento in progetto di consolidamento con intonaco armato interessa entrambe le facciate sia dei muri perimetrali che quelli di spina, rinforzando in maniera diffusa gli elementi verticali resistenti della struttura;
 - il consolidamento con intonaco armato viene compreso dalla Normativa tra quegli interventi volti al miglioramento delle caratteristiche meccaniche della muratura, sia in termini di resistenza che di rigidità;
 - sono previste adeguate connessioni trasversali tra la muratura esistente e la parete di intonaco armato;

risulta possibile affermare che il progettato intervento di consolidamento del fabbricato con intonaco armato permette di conseguire un miglioramento del comportamento globale dell'edificio, sia in risposta alle sollecitazioni statiche che a quelle sismiche, conferendo inoltre una maggiore resistenza nei confronti dei meccanismi locali di ribaltamento fuori piano delle pareti portanti e riducendo quindi la vulnerabilità sismica dell'edificio esistente, seppur non garantendo sempre l'eventuale passaggio di Classe di Rischio Sismico.

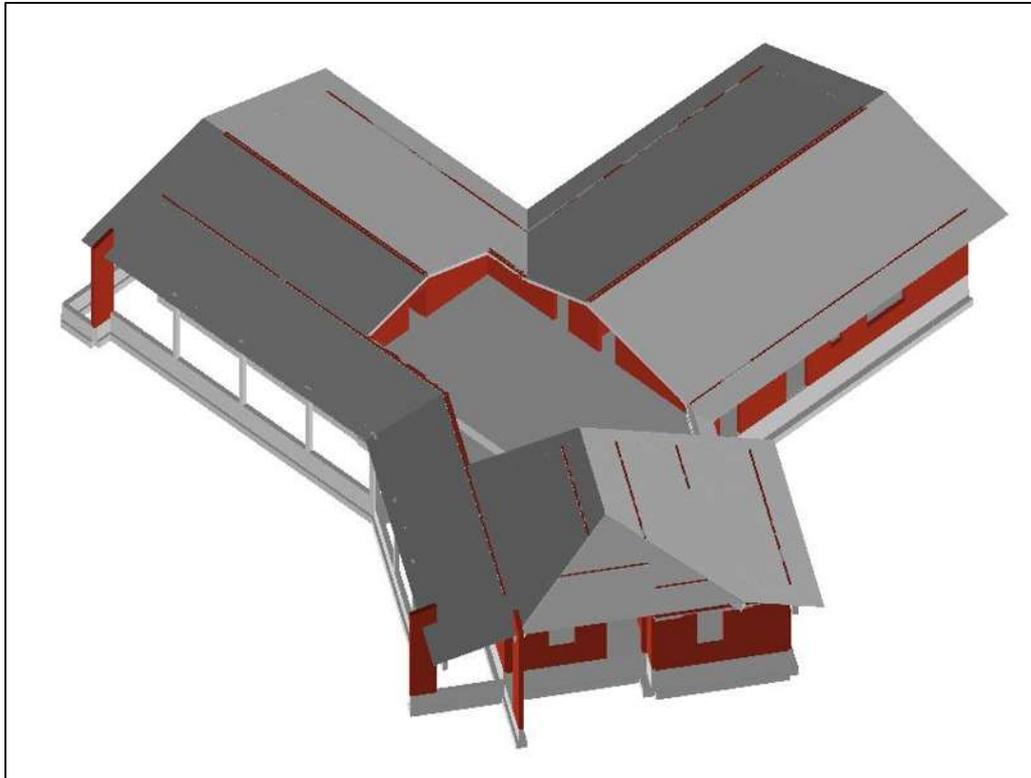
DETERMINAZIONE DELLE CLASSI DI RISCHIO SISMICO DELL'EDIFICIO

Per lo studio del comportamento statico e sismico del fabbricato esistente si è partiti dal modello esistente delle strutture sopra descritte fornitoci dall'Ente proprietario.

Tale modello è stato realizzato dall' Ing. Scipioni, nell'ambito della stesura della propria Tesi Magistrale, mediante il software di calcolo PRO_SAP sviluppato da 2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l..

Un accurato esame della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità e l'idoneità al caso specifico. La documentazione fornita contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, nonché l'individuazione dei campi d'impiego.

Inoltre, i risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli che ne comprovano l'attendibilità. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti secondo le classiche formulazioni derivanti dalla Scienza delle Costruzioni.



Modello del fabbricato, realizzato mediante il software PRO_SAP – vista solida

ANALISI DEI CARICHI

Si sono considerati i seguenti sovraccarichi verticali (permanenti portati e variabili) agenti:

permanenti solaio di calpestio:	200 Kg/mq
variabili solaio di calpestio:	300 Kg/mq
variabili solaio di soffittatura:	50 Kg/mq
permanenti muricci e tavelloni:	250 Kg/mq
permanenti solaio di copertura:	100 Kg/mq
variabile neve:	80 Kg/mq

I carichi sopra elencati risultano essere i medesimi sia per la struttura allo stato di fatto che per quella allo stato di progetto.

IPOSTESI DI CALCOLO

Ai fini delle analisi, i solai in laterocemento sp. 20 cm sono stati modellati infinitamente deformabili nel proprio piano, data l'assenza della cappa in c.a., mentre i solai con cappa (inclusi quelli soggetti a rinforzo strutturale) sono stati assimilati a piani rigidi capaci di ridistribuire in maniera ottimale le sollecitazioni sui vari elementi portanti verticali.

Il contributo migliorativo fornito dal diffuso intervento di consolidamento con intonaco armato viene contemplato nella modellazione modificando i parametri di rigidezza e resistenza delle murature soggette a rinforzo strutturale, come suggerito da Normativa.

Nella Tabella C8.5.II della Circ. n. 7 del 21/02/2019 sono riportati i coefficienti correttivi massimi da adottarsi in presenza di consolidamento con intonaco armato su entrambe le facciate della parete, applicabili sia ai valori dei parametri di resistenza che a quelli dei moduli elastici.

Per "muratura in mattoni semipieni con malta cementizia":

$$\alpha_{\max} = 1,30.$$

Si riportano quindi i parametri assunti per le murature allo stato di progetto oggetto di intervento di rinforzo con intonaco armato, ottenuti moltiplicando i valori adottati per le murature allo stato di fatto per il coefficiente α sopra riportato.

"Muratura in mattoni semipieni e malta cementizia":

peso proprio:	1.000 Kg/mc
modulo di elasticità normale E:	94.900 Kg/cm ²
modulo di elasticità tangenziale G:	37.960 Kg/cm ²
resistenza media a compressione f_m :	56.15 Kg/cm ²
resistenza media a taglio in assenza di sforzo normale f_{v0} :	3,90 Kg/cm ²
resistenza media a taglio in assenza di sforzo normale τ_0 :	3,90 Kg/cm ²

Per le murature per le quali non è previsto il rinforzo con intonaco armato si considerano le stesse caratteristiche di rigidezza e di resistenza assunte allo stato di fatto.

Anche allo stato di progetto, dato il livello di conoscenza LC2 delle pareti in muratura del fabbricato esistente, in accordo con quanto prescritto al paragrafo C8.5.4 della Circ. n. 7 del 21/02/2019, in fase di analisi i parametri meccanici delle murature sono stati ridotti, con valori divisi per un fattore di confidenza pari a $FC = 1,20$.

METODO DI ANALISI E RISULTATI

METODO DI ANALISI

Al fine di determinare la Classe di Rischio Sismico del fabbricato nella configurazione post operam, si decide di adoperare l'analisi dinamica lineare.

Si allegano al presente documento i fascicoli dei calcoli (ai quali si rimanda) riportanti i risultati ottenuti dalle analisi svolte.

Il programma dispone di un modulo "Sismabonus", dal quale è possibile estrapolare la Classe di Rischio Sismico della struttura, definita in funzione degli indici PAM e IS-V calcolati automaticamente dal software una volta svolte le verifiche richieste.

INDICE DI RISCHIO SISMICO DELL'EDIFICIO: STATO DI FATTO

Nella relazione di vulnerabilità sismica fornita dall'Ente proprietario viene riportato l'indice di rischio sismico calcolato per l'edificio allo stato di fatto, che risulta essere pari a $I_r = 0,36$.

La classe di rischio sismico del fabbricato allo stato di fatto, valutata secondo l'indice IS-V, risulta pertanto essere la classe **D_{IS-v}**.

Comune di Nogara
Provincia di Verona
Via Feltrina, 11
36060 NOGARA (VR)
Tel. 0445/20201 - Fax 0445/20202 - Email: info@comune.nogara.vr.it

3° SETTORE
(Lavori Pubblici - Manutenzione Patrimonio - Ambiente - Urbanistica)

**PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA
RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE E MESSA IN
SICUREZZA DELL'ASILO NIDO**

Progettista:
Ing. Antonio Scipioni

S. Sindaco
Piero Massimo Pardi

Data: 04/02/2022

**RELAZIONE DI VULNERABILITA'
SISMICA**

$$I_r = \frac{PGA_{,C}}{PGA_{,D}} = \frac{0,40}{1,06} = 0,38$$

a cui corrisponde, in termini di periodo di ritorno, il seguente valore

$$I_r = \frac{PGA_{,C}}{PGA_{,D}} = \left(\frac{35}{712}\right)^{0,41} = 0,36$$

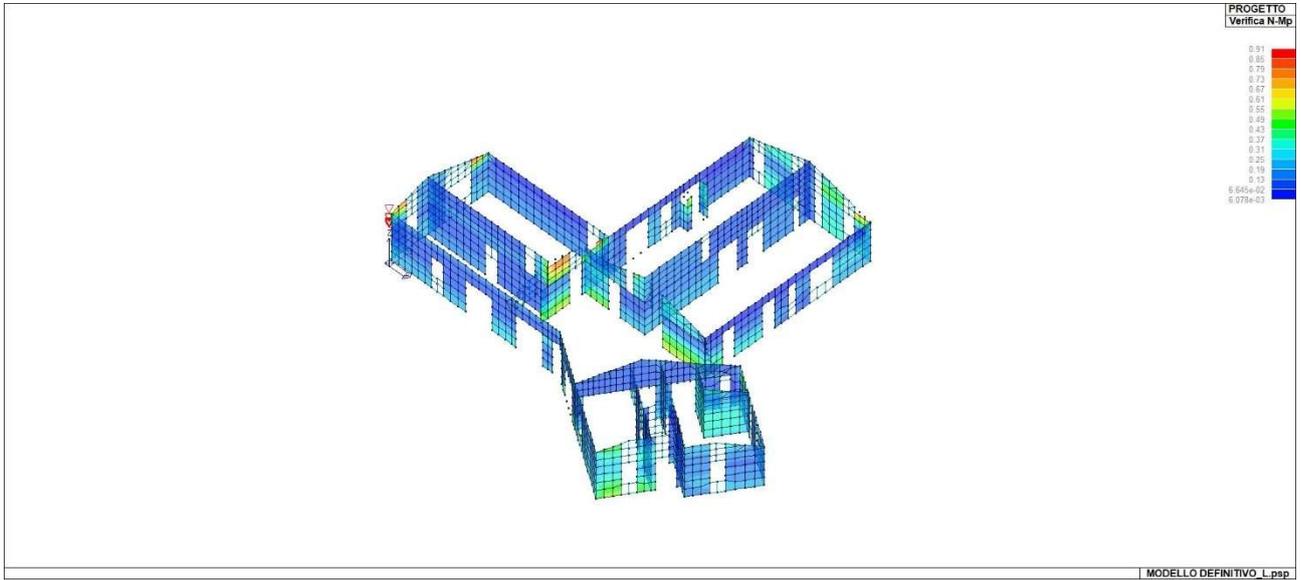
L'indice di rischio, in seguito alle considerazioni sopra esposte, viene quindi assunto pari a 0,36.

Estratti della Relazione di vulnerabilità sismica redatta dall'Ing. Scipioni

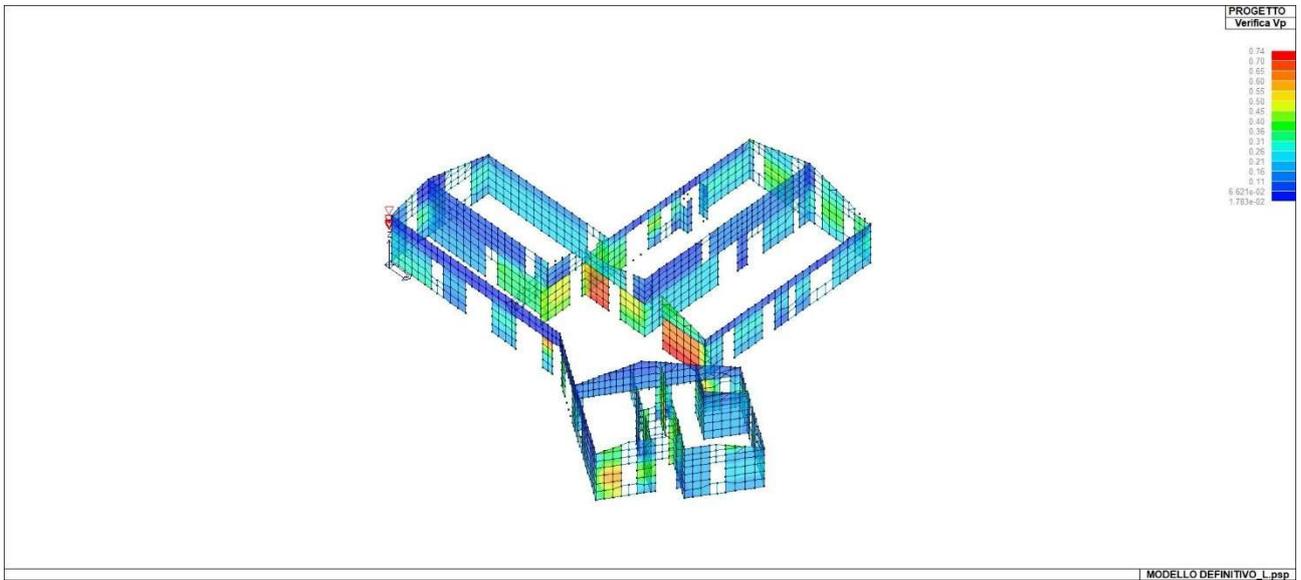
CLASSE DI RISCHIO SISMICO DELL'EDIFICIO: STATO DI PROGETTO

Considerando un sisma avente accelerazione pari al 75% di quella di progetto prevista per nuove costruzioni, tutte le verifiche richieste da normativa risultano soddisfatte.

Come si può vedere nelle immagini seguenti, le murature allo stato di progetto presentano indici di sfruttamento inferiori all'unità sia per quanto riguarda le verifiche di resistenza a flessione nel piano che per quelle a taglio nel piano.

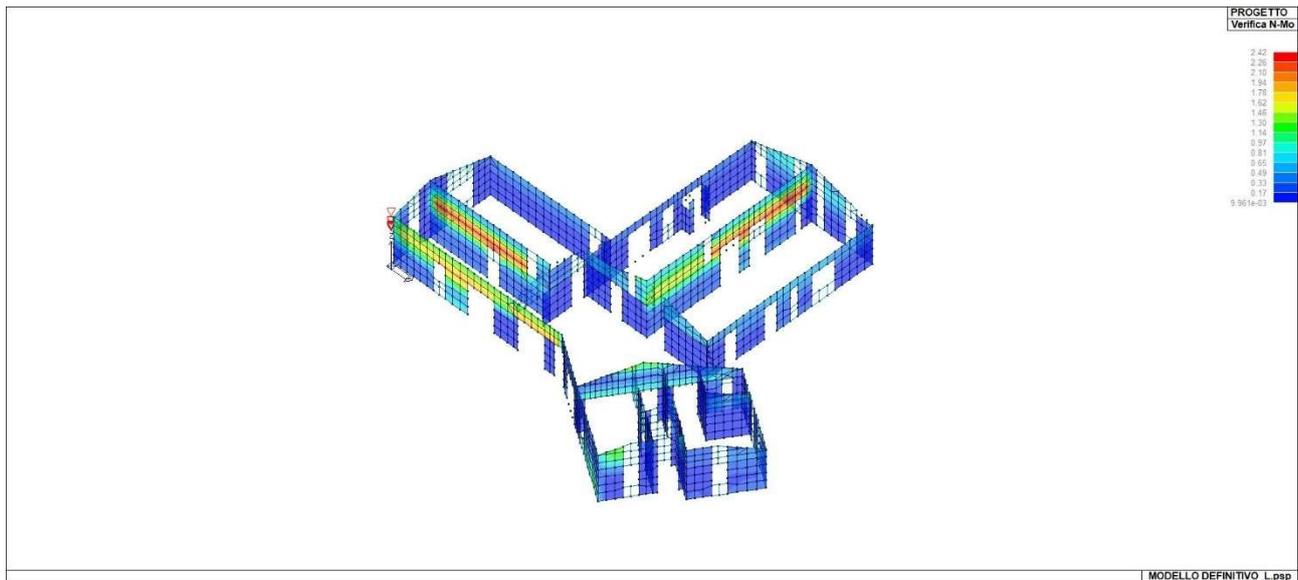


Verifica di resistenza a pressoflessione nel piano delle murature



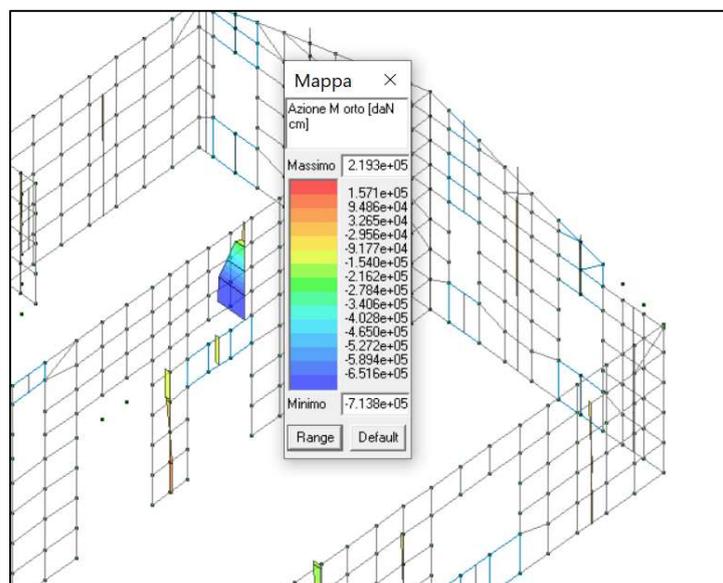
Verifica di resistenza a taglio nel piano delle murature

Per quanto riguarda le verifiche di resistenza fuori dal piano, si riscontrano indici superiori all'unità. Tuttavia tale sollecitazione si assume venga assorbita dal rinforzo strutturale con intonaco armato, pertanto le murature sono considerate verificate.



Verifica di resistenza a pressoflessione fuori dal piano delle murature

Il massimo momento flettente fuori piano agente sulla muratura di spina del piano sottotetto (muratura con indice di sfruttamento più elevato) risulta essere pari a:



Med = 7.138 Kg/m

che corrisponde, per una lunghezza del maschio murario pari a 10,37 m, a:

Med = 7.138 / 10,37 = 688 Kg/m

Il collegamento tra solaio e intonaco armato è realizzato mediante 1Φ8/50" ancorato chimicamente per una profondità di 20 cm al cordolo di solaio sottostante il muro.

Assumendo che l'azione di sola compressione sia assorbita dalla muratura, la forza di trazione agente sull'armatura di collegamento tra intonaco armato e cordolo di solaio vale:

Ned = 2.368 Kg/m

The screenshot shows a software interface for structural calculations. It includes several input fields and tables:

- Titolo:** (Title field)
- N° strati barre:** 1 (Number of bar layers)
- Table 1:**

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	4
- Table 2:**

N°	As [cm²]	d [cm]
1	1	30
- Sollecitazioni:** S.L.U. (Methodo n)
- Materiali:** B450C, C25/30. Properties include ϵ_{su} (67.5%), f_{yd} (391.3 N/mm²), E_s (200,000 N/mm²), E_s/E_c (15), ϵ_{syd} (1.957%), $\sigma_{s,adm}$ (255 N/mm²), τ_{co} (0.6), τ_{c1} (1.829), ϵ_{c2} (2%), ϵ_{cu} (3.5%), f_{cd} (14.17), f_{cc}/f_{cd} (0.8), $\sigma_{c,adm}$ (9.75).
- P.to applicazione N:** Centro (selected), Baricentro cls, Coord.[cm] (xN: 0, yN: 0).
- Metodo di calcolo:** S.L.U.+ (selected), S.L.U.-, Metodo n.
- Results:** σ_c (-1.66 N/mm²), σ_s (236.8 N/mm²), ϵ_s (1.184%), d (30 cm), x (2.854), x/d (0.09512).
- Verifica:** (Verify button)
- N° iterazioni:** 3

Calcolo trazione su ancoranti

Per ogni barra Φ8 quindi:

$N_{ed,b} = 2.368 \times 0,50 = 1.184$ Kg.

Con ancorante chimico tipo HILTI HIT-HY 200, per barre Φ8 ancorate per una profondità di 20 cm, a distanza 50 cm l'una dall'altra e posizionate a una distanza dal bordo assunta cautelativamente pari a 6 cm, si ricava il seguente valore di resistenza di progetto a sfilamento/rottura conica del calcestruzzo "N_{rdc}" (valido per il singolo ancorante):

$$N_{rdc} = N_{0rdc} \times f_T \times f_{B,N} \times f_{A,N} \times f_{R,N} = 720 \times 200 / 80 \times 1 \times 1 \times 0,80 = 1.440 \text{ Kg}$$

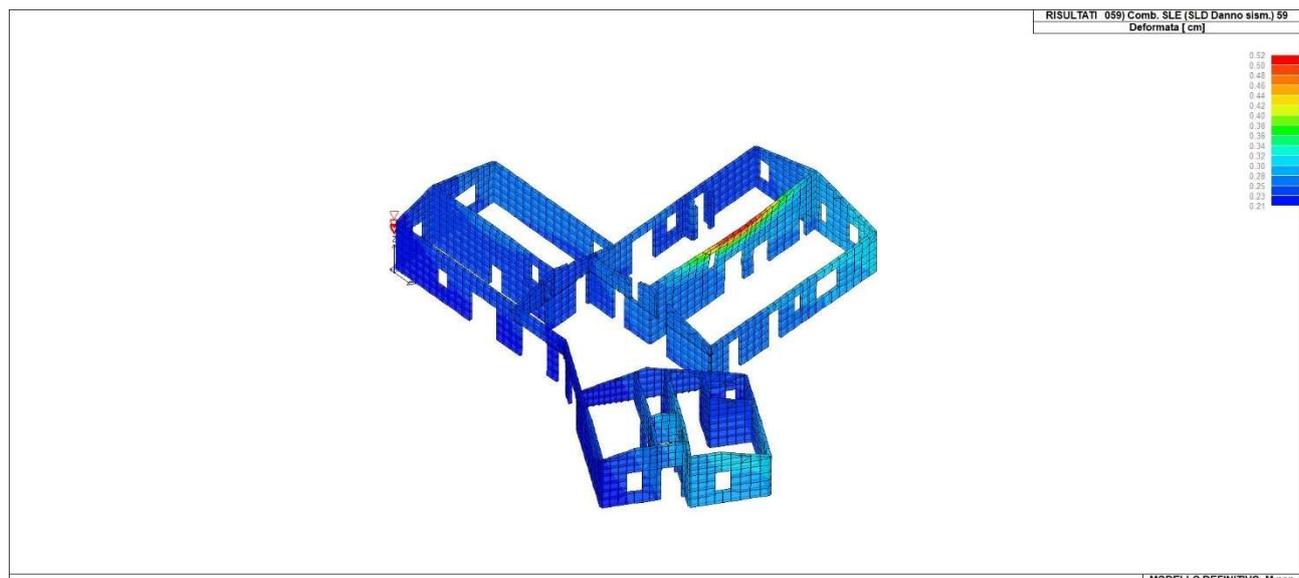
essendo f_T , $f_{B,N}$, $f_{A,N}$ e $f_{R,N}$ coefficienti parziali di riduzione o amplificazione della resistenza, funzione del diametro delle barre, della profondità di ancoraggio, della resistenza del cls, della distanza tra gli ancoraggi tesi e della distanza dal bordo.

Da cui:

$$N_{ed,b} / N_{rdc} = 1.184 / 1.440 = 0,82 < 1$$

Essendo verificato il collegamento dell'intonaco armato ai solai, ed essendo l'intonaco armato soggetto a tensioni di modesta entità, la verifica a pressoflessione fuori dal piano delle pareti del piano sottotetto può ritenersi pertanto soddisfatta.

Allo Stato Limite di Danno (SLD), considerando il sisma di progetto per nuovi edifici (sisma 100%), il massimo spostamento calcolato in corrispondenza dei maschi murari risulta essere pari a 0,52 cm, misurato in sommità del muro di spina avente lunghezza maggiore.



Deformata max SLD (sisma 100%)

Lo spostamento del muro di spina al livello del solaio di soffittatura vale 0,30 cm, da cui lo spostamento relativo di interpiano vale:

$$d_r = 0,52 - 0,30 = 0,22 \text{ cm.}$$

Essendo il muro di spina alto 263 cm al piano sottotetto, si ha:

$$q d_r = 1,50 \times 0,22 = 0,33 < 0,002 \times 263 = 0,53 \text{ cm}$$

pertanto la verifica di rigidezza richiesta da normativa risulta soddisfatta con il sisma di progetto.

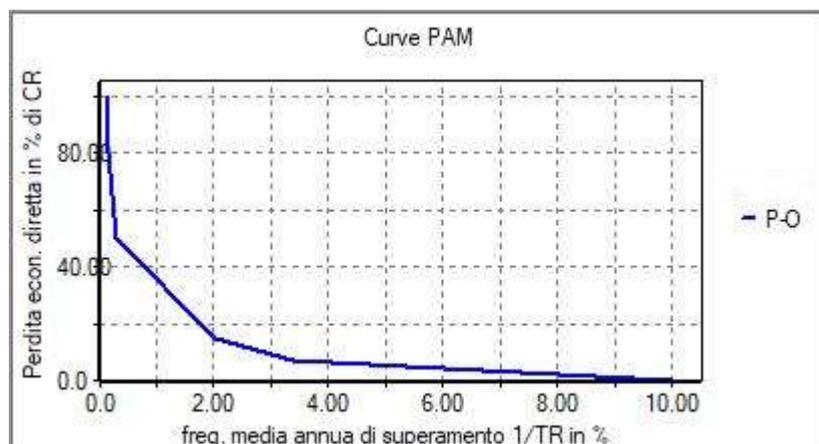
Per il sisma allo SLD si assume cautelativamente un tempo di ritorno pari a 50 anni.

Allo stato di progetto quindi, per effetto degli interventi di consolidamento previsti, si riscontra una riduzione della vulnerabilità sismica del fabbricato, con conseguente miglioramento della risposta sia in termini di resistenza che di rigidezza.

Per lo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) si assume quindi un tempo di ritorno pari a quello corrispondente al sisma per cui tutte le verifiche di resistenza risultano soddisfatte, mentre per lo Stato Limite di Danno (SLD) si considera invece un tempo di ritorno pari a quello corrispondente al sisma per cui risultano soddisfatte le verifiche di rigidezza.

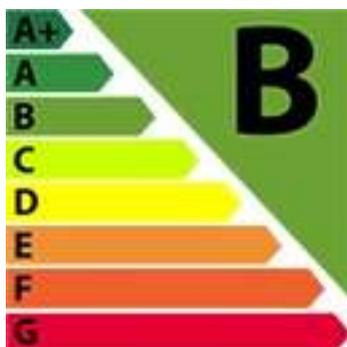
Dati generali e pericolosità sismica	
Zona sismica ex OPCM 3274/2003	3
Località	NOGARA (VR)
Longitudine	11.059
Latitudine	45.181
Classe d'uso	III
Vita Vn	50.0 [anni]
Periodo Vr	75.0 [anni]
Tipo di suolo	C
Categoria topografica	T1
ag per SLV	0.106 [g]

	TR domanda	[anni]	PGA domanda	[g]	TR capacità opera	[anni]	PGA post-capacità opera	[g]	Rapporto PGA post-c/d post-opera
SLO	45.2		0.057		29.6		0.049		0.860
SLD	75.4		0.069		49.4		0.059		0.860
SLV	711.8		0.159		317.3		0.119		0.750
SLC	1462.2		0.202		651.7		0.152		0.750



Curva PAM post opera

CLASSIFICAZIONE				
POST OPERA				
PAM (%)	CLASSE PAM	IS-V (%)	CLASSE IS-V	CLASSE ASSEGNATA
1.195	B	75.0	B	B



Classe di rischio post-opera

Allo stato di progetto (post operam), per effetto degli interventi in progetto, la struttura risulta essere in Classe di Rischio Sismico **B**.

CONCLUSIONI

Mediante l'applicazione del Metodo Convenzionale definito dal D.M. n. 58 – 28 Febbraio 2017 e successivi aggiornamenti è possibile valutare il livello di vulnerabilità sismica di un edificio esistente, attraverso l'assegnazione di un'adeguata Classe di Rischio Sismico (il documento definisce otto Classi di Rischio Sismico, con rischio crescente dalla lettera A+ alla lettera G).

Dalle analisi svolte, la struttura esistente allo stato di fatto è risultata appartenere alla Classe di Rischio Sismico D_{IS-V} , essendo incapace di soddisfare le verifiche di resistenza richieste dalla Normativa vigente.

Con il progettato diffuso intervento di consolidamento con intonaco armato delle murature portanti perimetrali e di spina e l'irrigidimento dei solai di soffittatura mediante la realizzazione di una nuova cappa in c.a. collaborante, si ottiene un apprezzabile miglioramento del comportamento sismico globale della struttura.

Tale rinforzo sismico, tangibile anche in termini numerici (come evidenziato dalle analisi effettuate) consente infatti il **passaggio di Classe di Rischio Sismico dell'edificio dalla Classe di Rischio Sismico D_{IS-V} del fabbricato allo stato di fatto alla Classe di Rischio Sismico B del fabbricato allo stato di progetto.**

Si allegano al presente documento i fascicoli dei calcoli (ai quali si rimanda) riportanti i risultati ottenuti dalle analisi svolte sul modello del fabbricato allo stato di progetto.