



**Finanziato
dall'Unione europea**
NextGenerationEU



Provincia di Ravenna

Settore Lavori Pubblici

Servizio Edilizia Scolastica e Patrimonio

**LAVORI DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SEDE DELL'INDIRIZZO LINGUISTICO DI VIA
PASCOLI, 4 DEL LICEO "TORRICELLI - BALLARDINI" DI FAENZA (RA)**
PNRR - NEXT GENERATION EU - Missione 4, Componente 1, Investimento 3.3
CUP : J23F200000000001

PROGETTO ESECUTIVO

Presidente: Michele de Pascale	Consigliere delegato Pubblica Istruzione - Edilizia Scolastica - Patrimonio: Maria Luisa Martinez
Dirigente responsabile del Settore: Ing. Paolo Nobile	Responsabile del Servizio: Arch.Giovanna Garzanti
RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO:	Ing. Paolo Nobile
PROGETTISTA OPERE ARCHITETTONICHE:	Arch. Giovanna Garzanti
COLLABORATORE ALLA PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA:	Ing. Calogera Tiziana Napoli, Arch. Sara Saliba
Professionisti esterni:	
PROGETTISTA COORDINATORE:	Ing. Christian Tassinari
PROGETTISTA OPERE ARCHITETTONICHE:	Ing. Christian Tassinari
PROGETTISTA OPERE STRUTTURALI:	Ing. Christian Tassinari
PROGETTISTA OPERE IMPIANTISTICHE:	Ing. Daniele Mirri

TITOLO ELABORATO:

STRUTTURE

**Relazione di calcolo strutturale comprensiva dell'illustrazione sintetica degli elementi essenziali del
progetto strutturale e della valutazione della sicurezza**

Codice elaborato: PE_STR_03_00	Revisione: 00	Data: 22/09/2022	Scala: ---	Nome file di archiviazione: PE_STR_03_Rel Calc_00
-----------------------------------	------------------	---------------------	---------------	--

PROFESSIONISTA RESPONSABILE: Ing. Christian Tassinari	FIRMATO DIGITALMENTE Timbro e firma del Professionista	FIRMATO DIGITALMENTE Il progettista coordinatore Ing. Christian Tassinari
		FIRMATO DIGITALMENTE Il Responsabile Unico del Procedimento Ing. Paolo Nobile

Rev.	Descrizione	Redatto:	Controllato:	Approvato:	Data:
00	EMISSIONE	A.T.	C.T.	C.T.	22/09/2022
01					
02					
03					

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

1. ESTREMI DEL COMMITTENTE

Proprietà

Servizio edilizia scolastica e patrimonio

Settore LL. PP. Provincia di Ravenna

Piazza Caduti per la Libertà 2 – 48121 Ravenna (RA)

Dirigente del settore Lavori Pubblici Ing. Paolo Nobile

2. ESTREMI DEI PROGETTISTI

Progettista Opere Architettoniche

Arch. GIOVANNA GARZANTI

Via (Residente per la carica) Piazza caduti per la libertà 2 – 48121 Ravenna (RA)

Iscrizione n.252 all'Ordine degli Architetti della Provincia di Ravenna

Progettista Opere strutturali

Ing. CHRISTIAN TASSINARI

Via (Studio) Via Emilia 25 – 40026 Imola (BO)

Iscrizione n.6010/A all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Bologna

3. INDIVIDUAZIONE DEL SITO

Il fabbricato oggetto della presente verifica è situato nel centro storico di Faenza, all'incrocio tra Via Santa Maria dell'Angelo e Via Giovanni Pascoli. Il fabbricato è costituito da un blocco principale a forma rettangolare, a cui sono collegate all'estremità due piccole appendici di forma regolare ed altezza inferiore.

L'area in oggetto insiste sull'unità geologica denominata AES8: Sistema emiliano-romagnolo superiore - Subsistema di Ravenna", costituita da ghiaie sabbiose, sabbie e limi ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua, nel contesto di Imola "deposito di canale, argine e rotta fluviale".

Per il primo intorno dell'area oggetto di intervento è disponibile n° 1 prova penetrometrica statica e n° 1 prova dinamica, che confermano il contesto geologico di riferimento. Le informazioni disponibili permettono di ipotizzare, ai fini della determinazione dell'azione sismica, un terreno della seguente categoria:

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

4. NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI ADOTTATE

Le fasi di analisi e verifica della struttura sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative, per quanto applicabili in relazione al criterio di calcolo adottato dal progettista, evidenziato nel prosieguo della presente relazione:

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".

Legge 2 febbraio 1974 n. 64 (G.U. 21 marzo 1974 n. 76) "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche". Indicazioni progettive per le nuove costruzioni in zone sismiche a cura del Ministero per la Ricerca scientifica - Roma 1981.

D. M. Infrastrutture Trasporti 17/01/2018 (G.U. 20/02/2018 n. 42 - Suppl. Ord. n. 8) "Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni".

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nelle seguenti norme:

Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. (G.U. Serie Generale n. 35 del 11/02/2019 - Suppl. Ord. n. 5) Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

Eurocodice 3 – "Progettazione delle strutture in acciaio".

Eurocodice 6 - "Progettazione delle strutture di muratura".

5. DESTINAZIONI D'USO PREVISTE PER LA COSTRUZIONE

Trattasi di immobile pubblico ad uso scolastico sito fra Via pascoli, sui terreni identificati al Catasto del Comune di Faenza al foglio 149 mappale 49. Allo stato attuale sono state rilevate le seguenti destinazioni d'uso:

Piano terra	locali suscettibili ad affollamento
Piano primo	locali suscettibili ad affollamento

6. VITA NOMINALE E CLASSE D'USO

Dalle Normative Tecniche per le costruzioni DM 17 gennaio del 2018 si possono identificare i parametri di progetto che concorrono alla definizione dell'azione sismica, e per tutti i fabbricati vale:

Vita Nominale: Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale ≥ 50

Classe d'uso:

Classe III:

Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Digue rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

7. DEFINIZIONE DEL TIPO DI INTERVENTO PREVISTO

Il progetto prevede sia interventi sul fabbricato esistente che la realizzazione di nuovi elementi. Si possono individuare quindi le seguenti tipologie:

EDIFICIO ESISTENTE

Ai sensi del Pt. 8.4.2 del D.M.17.gennaio 2018, l'intervento è classificabile come **INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO** in quanto:

“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 Z_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 Z_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 Z_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 $Z_E = 1,0$.”

NUOVA STRUTTURA IN ACCIAIO

L'intervento è classificabile come **NUOVA COSTRUZIONE**.

8. ANALISI STORICO-CRITICA DELLA COSTRUZIONE

Il fabbricato oggetto di intervento attualmente ospita la sezione linguistica del Liceo Torricelli – Ballardini di Faenza, mantenendo la sua originaria funzione scolastica. L'edificio, venne eretto tra il Settembre 1920 e il Novembre 1921 per essere adibito a scuola elementare rionale, destinata ad accogliere gli alunni del rione verde e parte di quelli del rione rosso, a seguito dell'aumento della popolazione e dell'introduzione della classe VI elementare, fattori che rendevano insufficienti gli spazi scolastici esistenti in città. Il nuovo istituto sorse nell'area dell'Orfanotrofio delle Micheline, acquistato dal Comune di Faenza, rappresentato dal sindaco ing. Enrico Camangi, il 22 dicembre 1917. L'area si colloca tra via Cavour, via Santa Maria dell'Angelo e via Pascoli (all'epoca denominata via Monaldina). L'edificio a sviluppo longitudinale e costituito da due piani fuori terra, venne concepito dall'ing. Giuseppe Tramontani dell'ufficio tecnico per ospitare 710 alunni in 14 aule (6 al piano terra e 8 al piano primo) esposte a Sud – Est. L'accesso principale venne collocato su via Pascoli. Il piano terra ospitava, oltre alle aule, un ambiente per la Direzione e una sala insegnanti, entrambi dotati di anticamera, e un ampio atrio per l'accesso degli alunni in cui era collocata

la postazione dei bidelli. I corridoi di distribuzione furono posizionati sul fronte strada, per proteggere le aule dal rumore generato dal traffico, mentre la distribuzione verticale venne garantita da uno scalone a tenaglia collocato in posizione baricentrica all'edificio. Nei primi anni Duemila la proprietà dell'edificio è passata dal Comune di Faenza alla Provincia di Ravenna, che ha operato degli interventi volti all'adeguamento normativo, al fine di mantenere la destinazione scolastica del fabbricato adibendolo a sede della sezione linguistica del Liceo Torricelli di Faenza. Nel corso di tali lavori è stato ampliato e ristrutturato il corpo sud contenente i bagni, al fine di adeguare i servizi igienici e garantire le necessarie vie di fuga, con l'introduzione di una scala antincendio. Tale volume è stato inoltre utilizzato per l'alloggiamento delle macchine di trattamento dell'aria. La distribuzione interna del corpo principale è stata modificata solo in minima parte per permettere la realizzazione di aule speciali e la distribuzione di accesso all'ampliamento sud. Si è inoltre intervenuti sugli impianti creando sopra i corridoi una passerella metallica contenente tutti i sistemi impiantistici della scuola che da questo percorso vengono smistati nei diversi ambienti. Si sono infine sostituiti infissi e finiture.

Stato di conservazione dei materiali resistenti

I materiali presentano il seguente stato di conservazione:

Intonaci esterni ed interni

Si rileva la presenza di localizzati e modesti fenomeni di Distacco con Crepe e Distacchi delle finiture

Murature in elevazione

Per quanto ispezionato ed ispezionabile, si rileva la presenza di alcuni fenomeni di Distacco, Scheggiatura, Efflorescenze, Fessurazione, Disgregazione della Malta nei giunti

Solaio di copertura

si rileva la presenza di alcune macchie e muffe sugli elementi lignei e di fessure nel pianellato in laterizio.

Qualità della muratura

Sulla base di rilievi di tipo visivo in situ, effettuati previa modeste rimozioni dell'intonaco e saggi nella muratura, sono state esaminate le caratteristiche sia in superficie che nello spessore murario delle murature nonché il grado di ammorsamento tra muri ortogonali e dei solai nelle pareti.

Tipologia della muratura	Muratura in mattoni pieni
Forma, tipologia e dimensione degli elementi	Mattoni pieni tradizionali
Tessitura	Buona
Orizzontalità delle giaciture	Buona
Presenza di elementi di collegamento trasversali (es. diatoni)	Presenti in buona parte
Regolare sfalsamento dei giunti	Presente in buona parte
Qualità e consistenza della malta	Malta con discrete caratteristiche

Qualità della realizzazione della costruzione

Qualità del collegamento tra pareti verticali	Irregolarità nella realizzazione dei collegamenti angolari ed ai martelli
Qualità del collegamento tra orizzontamenti e pareti	Insufficiente collegamento fra solai e pareti
Presenza di cordoli di piano o altro collegamento	Assenti
Presenza di architravi strutturalmente efficienti al di sopra delle aperture	Presenti
Presenza di elementi strutturali a contrasto delle spinte eventualmente presenti	Travi in copertura non contrastati
Presenza di elementi, anche non strutturali, ad elevata vulnerabilità	Scale in muratura

Tipologia di fondazioni

Le fondazioni del fabbricato sono state realizzate tramite il semplice approfondimento dei muri portanti nel terreno, fino a raggiungere gli strati di terreno più compatti e atti a sorreggere i carichi trasmessi dalle pareti portanti.

Stato di danno alle strutture

Il fabbricato è stato oggetto di rilievo geometrico strutturale nel quale è emerso il seguente livello di dissesto:

- NULLA DI RILEVANTE -

Ai sensi del Pt. 8.2 del D.M.17.gennaio 2018 si rileva che:

- La costruzione riflette lo stato delle conoscenze al tempo della sua realizzazione;
- Non sono insiti significativi difetti di impostazione e di realizzazione;
- La costruzione non è soggetta ad azioni, anche eccezionali, i cui effetti non siano manifesti;
- Le strutture non presentano degrado e/o modificazioni significative rispetto alla situazione originaria.

9. INDAGINI DIAGNOSTICHE DI MASSIMA PREVISTE E LIVELLO DI CONCOSCENZA ACQUISITO

E' stato effettuato un esame visivo delle pareti portanti componenti la struttura del fabbricato, con esecuzione di verifiche delle caratteristiche e tipologie delle murature, dei solai e degli elementi principali in legno, in acciaio e in c.a. previa asportazione di intonaci e finiture dagli elementi strutturali indagati e la esecuzione di perforazioni con trapano o carotatrice con ispezioni endoscopiche (ove possibile) che hanno permesso di definire le caratteristiche dei materiali da costruzione.

La documentazione fornita dalla proprietà relativa a precedenti interventi è stata usata come base per le verifiche geometriche del fabbricato, per l'individuazione dei punti in cui effettuare i sondaggi e per la modellazione strutturale. Si è ritenuto necessario integrare i dati forniti con indagini e saggi di approfondimento sulle strutture con particolare riferimento a: paramenti murari, orizzontamenti ed elementi secondari (elementi lignei, muri di tamponamento, cornicioni, rampe e pianerottoli, ecc...) per

definirne le caratteristiche strutturali in relazione sia alla funzione statica, sia all'interazione con le strutture verticali ed al comportamento sismico globale

Questo ha permesso una conoscenza approfondita del fabbricato, insieme ai saggi e alle prove di carico, mantenendo comunque a favore di sicurezza un Livello di Conoscenza pari a **LC 1**.

In base a quanto concordato con la committente, è stato deciso di mantenere un Livello di Conoscenza del fabbricato pari a un LC1, ai sensi della circolare esplicativa n° 7-2019 del 0.101.19 alle NTC 2018, capitolo C8A (appendice al capitolo 8). Sono state svolte comunque opportune indagini, che riguardano il Rilievo Geometrico, i Dettagli Costruttivi e le Proprietà dei materiali.

Si riporta quindi di seguito una tabella sintetica sulle caratteristiche delle murature impiegate per la verifica della struttura in esame:

Strutture in muratura

Sono state condotte indagini e valutazioni sulla base delle tecniche costruttive all'epoca relative a: tipo di legante, tipo di aggregato, rapporto legante/aggregato, livello di carbonatazione, tipologia di pietre e/o mattoni (caratteristiche fisiche e meccaniche) senza prove sperimentali.

Si è considerato una muratura a mattoni pieni e malta di calce e una muratura con blocchi in laterizio forati **livello di conoscenza LC1**.

Strutture in legno

Si è considerato un **Legno Massello tipo C20**.

Strutture in acciaio

Si è considerato un **Acciaio tipo S275**.

Strutture in C.A.

Si è considerato un **c.a. con calcestruzzo tipo Rck 200 e acciaio liscio tipo FEB 22**

Per quanto riguarda l'idoneità statica sui solai sono stati eseguiti opportuni saggi e prove di carico sui solai esistenti allo scopo di determinarne la reale consistenza strutturale e constatare lo stato di conservazione degli elementi strutturali.

10. INDAGINI CONDOTTE PER LA CONOSCENZA DEL TERRENO E DELLE FONDAZIONI

Il contesto ambientale è fortemente antropizzato e costituito da una porzione di territorio ampiamente indagata e conosciuta, per la conoscenza del terreno ci si è basati quindi sulle cartografie geologiche regionale, che inquadrono il terreno nel Subsistema di Ravenna (AES8), tessitura sabbia e sono presenti due prove effettuate nelle immediate vicinanze (prova CPT con punta meccanica e prova dinamica generica). Le fondazioni del fabbricato sono state realizzate tramite il semplice approfondimento dei muri portanti nel terreno, fino a raggiungere gli strati di terreno più compatti ed atti a sorreggere i carichi trasmessi dalle pareti portanti.

Durante il rilievo del fabbricato e dall'analisi delle indagini effettuate non sono emerse problematiche riferibili alle fondazioni.

Inoltre è stato possibile verificare i dati trovati con quanto riportato nella relazione geologica redatta nel 2018 dal Dott. Geol. Eliseo Marrone, durante un progetto di valutazione della sicurezza di alcuni immobili.

11. RISULTANZE DELL'INDAGINE GEOLOGICA E CARATTERISTICHE DEL TERRENO



L'area in oggetto insiste sull'unità geologica denominata **AES8 - Subsistema di Ravenna**

"Ghiaie da molto grossolane a fini con matrice sabbiosa, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi, limi e limi sabbiosi, rispettivamente depositi di conoide ghiaiosa, intravallivi terrazzati e di interconoide. L'unità comprende più ordini di terrazzo nelle zone intravallive. Argille, limi ed alternanze limoso-sabbiose di tracimazione fluviale (piana inondabile, argine, e tracimazioni indifferenziate). Il tetto dell'unità è appresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico. A tetto suoli, variabili da non calcarei a calcarei, a basso grado di alterazione con fronte di alterazione potente meno di 150 cm, e a luoghi parziale decarbonatazione; orizzonti superficiali di colore giallo-bruno. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno colore bruno scuro e bruno scuro giallastro, spessore dell'alterazione da 0,5 ad 1,5 m, contengono frequenti reperti archeologici di età del Bronzo, del Ferro e Romana. I suoli calcarei appartengono all'unità AES8a. Nel sottosuolo della pianura: depositi argillosi e limosi grigi e grigio scuri, arricchiti in sostanza organica, di piana inondabile non drenata, palude e laguna passanti, verso l'alto, a limi-sabbiosi, limi ed argille bruni e giallastri di piana alluvionale. Il contatto di base è discontinuo, spesso erosivo e discordante, sugli altri subsintemi e sulle unità più antiche. Lo spessore massimo dell'unità è circa 20m."

Per il primo intorno dell'area oggetto di intervento è disponibile n° 1 prova penetro metrica statica e n° 1 prova dinamica, che confermano il contesto geologico di riferimento.

Le informazioni disponibili permettono di ipotizzare, ai fini della determinazione dell'azione sismica, un terreno della seguente categoria:

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

12. INTERVENTI RIGUARDANTI LE FONDAZIONI

EDIFICIO ESISTENTE

Il progetto non prevede interventi sulle fondazioni.

NUOVA STRUTTURA IN ACCIAIO

In fondazione saranno realizzate le seguenti opere:

- Platea di fondazione in c.a. gettata in opera di sp. 30cm

13. PARAMETRI DELL'AZIONE SISMICA

L'azione sismica è stata valutata in conformità alle indicazioni riportate al §3.2 del D.M. 2018 "Norme tecniche per le Costruzioni".

In particolare il procedimento per la definizione degli spettri di progetto per i vari Stati Limite per cui sono state effettuate le verifiche è stato il seguente:

- definizione della Vita Nominale e della Classe d'Uso della struttura, il cui uso combinato ha portato alla definizione del Periodo di Riferimento dell'azione sismica.
- Individuazione, tramite latitudine e longitudine, dei parametri sismici di base a_g , F_0 e T_c^* per tutti e quattro gli Stati Limite previsti (SLO, SLD, SLV e SLC); l'individuazione è stata effettuata interpolando tra i 4 punti più vicini al punto di riferimento dell'edificio.
- Determinazione dei coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica.
- Calcolo del periodo T_c corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello Spettro.

I dati così calcolati sono stati utilizzati per determinare gli Spettri di Progetto nelle verifiche agli Stati Limite considerate. Si riportano di seguito le coordinate geografiche del sito rispetto al Datum **ED50**:

Latitudine	Longitudine	Altitudine
[°]	[°]	[m]
44.288806	11.878181	38

Verifiche di regolarità

Sia per la scelta del metodo di calcolo, sia per la valutazione del fattore di struttura adottato, deve essere effettuato il controllo della regolarità della struttura. La tabella seguente riepiloga, per la struttura in esame, le condizioni di regolarità in pianta ed in altezza soddisfatte.

EDIFICIO ESISTENTE

REGOLARITÀ DELLA STRUTTURA IN PIANTA

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

SI

supera il 5% dell'area dell'orizzontamento	
Il rapporto tra i lati di un rettangolo in cui la costruzione risulta inscritta è inferiore a 4	NO
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	NO
REGOLARITÀ DELLA STRUTTURA IN ALTEZZA	
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	NO
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 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	NO
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	-
Eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengono con continuità da un orizzontamento al successivo; oppure avvengono 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	NO

La rigidezza è calcolata come rapporto fra il taglio complessivamente agente al piano e δ , spostamento relativo di piano (il taglio di piano è la sommatoria delle azioni orizzontali agenti al di sopra del piano considerato). i valori calcolati ed utilizzati per le verifiche sono riportati nei "Tabulati di calcolo" nella relativa sezione.

La struttura è pertanto:

in pianta	in altezza
NON REGOLARE	NON REGOLARE

NUOVA STRUTTURA IN ACCIAIO

REGOLARITÀ DELLA STRUTTURA IN PIANTA	
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	SI
Il rapporto tra i lati di un rettangolo in cui la costruzione risulta inscritta è inferiore a 4	SI
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	SI

REGOLARITÀ DELLA STRUTTURA IN ALTEZZA	
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	SI
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	NO

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 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

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

Eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengono con continuità da un orizzontamento al successivo; oppure avvengono 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

SI

SI

La rigidezza è calcolata come rapporto fra il taglio complessivamente agente al piano e δ , spostamento relativo di piano (il taglio di piano è la sommatoria delle azioni orizzontali agenti al di sopra del piano considerato).

Tutti i valori calcolati ed utilizzati per le verifiche sono riportati nei "Tabulati di calcolo" nella relativa sezione. La struttura è pertanto:

in pianta	in altezza
REGOLARE	NON REGOLARE

Classe di duttilità

La classe di duttilità è rappresentativa della capacità dell'edificio di dissipare energia in campo anelastico per azioni cicliche ripetute. deformazioni anelastiche devono essere distribuite nel maggior numero di elementi duttili, in particolare le travi, salvaguardando in tal modo i pilastri e soprattutto i nodi travi pilastro che sono gli elementi più fragili. D.M. 2018 definisce due tipi di comportamento strutturale:

- comportamento strutturale non-dissipativo;
- comportamento strutturale dissipativo.

Per strutture con comportamento strutturale dissipativo si distinguono due livelli di Capacità Dissipativa o Classi di Duttilità (CD).

- CD "A" (Alta);
- CD "B" (Media).

La differenza tra le due classi risiede nell'entità delle plasticizzazioni cui ci si riconduce in fase di progettazione; per ambedue le classi, onde assicurare alla struttura un comportamento dissipativo e duttile evitando rotture fragili e la formazione di meccanismi instabili imprevisti, si fa ricorso ai procedimenti tipici della gerarchia delle resistenze.

La struttura in esame è stata progettata in classe di duttilità **nessuna "NON Dissipativa"**.

Spettri di Progetto per S.L.U. e S.L.D.

L'edificio è stato progettato per una **Vita Nominale** pari a **50** e per **Classe d'Uso** pari a **3**.

In base alle indagini geognostiche disponibili si è classificato il **suolo** di fondazione di **categoria C**, cui corrispondono i seguenti valori per i parametri necessari alla costruzione degli spettri di risposta orizzontale e verticale:

Stato Limite	a_g/g	F _o	T [*] _c [s]	C _c	T _B [s]	T _c [s]	Parametri di pericolosità sismica	
							T _D [s]	S _s
SLO	0.0814	2.394	0.268	1.62	0.145	0.434	1.926	1.50
SLD	0.1022	2.392	0.279	1.60	0.149	0.446	2.009	1.50
SLV	0.2329	2.483	0.307	1.55	0.159	0.476	2.532	1.35
SLC	0.2879	2.543	0.320	1.53	0.163	0.489	2.751	1.26

Per la definizione degli spettri di risposta, oltre all'accelerazione (a_g) al suolo (dipendente dalla classificazione sismica del Comune) occorre determinare il Fattore di Struttura (q).

Il Fattore di struttura q è un fattore riduttivo delle forze elastiche introdotto per tenere conto delle capacità dissipative della struttura che dipende dal sistema costruttivo adottato, dalla Classe di Duttilità e dalla regolarità in altezza.

Si è inoltre assunto il **Coefficiente di Amplificazione Topografica (S_T)** pari a **1,00**.

Tali succitate caratteristiche sono riportate negli allegati “*Tabulati di calcolo*” al punto “DATI GENERALI ANALISI SISMICA”.

Pericolosità sismica

In base alle indagini geognostiche effettuate si è classificato il **suolo** di fondazione di **categoria C**, cui corrispondono i seguenti valori per i parametri necessari alla costruzione degli spettri di risposta orizzontale e verticale:

EDIFICIO ESISTENTE

Stato Limite di danno

Fattore di Comportamento (q_x) per sisma orizzontale in direzione X:	1.00
Fattore di Comportamento (q_y) per sisma orizzontale in direzione Y:	1.00
Fattore di Comportamento (q_z) per sisma verticale:	1.00 (se richiesto).

Stato Limite di salvaguardia della Vita

Fattore di Comportamento (q_x) per sisma orizzontale in direzione X:	1.875
Fattore di Comportamento (q_y) per sisma orizzontale in direzione Y:	1.875
Fattore di Comportamento (q_z) per sisma verticale:	1.50 (se richiesto).

NUOVA STRUTTURA IN ACCIAIO

Stato Limite di danno

Fattore di Comportamento (q_x) per sisma orizzontale in direzione X:	1.00
Fattore di Comportamento (q_y) per sisma orizzontale in direzione Y:	1.00
Fattore di Comportamento (q_z) per sisma verticale:	1.00 (se richiesto).

Stato Limite di salvaguardia della Vita

Fattore di Comportamento (q_x) per sisma orizzontale in direzione X:	1.5
Fattore di Comportamento (q_y) per sisma orizzontale in direzione Y:	1.5
Fattore di Comportamento (q_z) per sisma verticale:	1.50 (se richiesto).

14. ANALISI DI INTERAZIONI TRA COMPONENTI ARCHITETTONICA, STRUTTURALE E IMPIANTISTICA

Nel corso delle indagini conoscitive sul fabbricato, per quanto possibile ispezionare e compatibilmente con la riservatezza delle funzioni ivi svolte, si è indagato circa la consistenza ed il posizionamento degli impianti necessari allo svolgimento delle attività. Per quanto rilevato, compatibilmente con il grado di dissesto che può raggiungere il fabbricato senza compromettere la propria funzionalità, non sono state rilevate particolari criticità relative alla parte impiantistica.

15. ANALISI DI MASSIMA DELLA STRUTTURA ESISTENTE E DELLE SUE EVENTUALI CRITICITA' / CARENZE

I solai si trovano a quote sfalsate rispetto al corpo principale del fabbricato. Il sistema costruttivo dell'aggregato edilizio rispecchia in larga parte quelli della tradizione locale:

- le pareti verticali sono prevalentemente in muratura realizzata in mattoni pieni, legati da malta di calce e/o cemento dell'epoca costruttiva di spessori variabili;
- i solai intermedi sono di diverse tipologie:
 - volte a botte, a crociera, a padiglione realizzate con elementi lignei che sorreggono un cannuciato rivestito in gesso
 - solai piani in putrelle e tavelloni con riempimento e solettina
 - solai in legno con assito in legno
 - solai in plafone in canna e gesso
- la struttura delle coperture è con travi in legno con diversi livelli di orditura: capriate in legno, travi principali parallele alla gronda, orditura secondaria con travetti, tavelloni in laterizio di chiusura dell'impalcato e coppi.

Superficie Coperta Blocco principale 810 mq circa

Superficie Utile Lorda Fabbricato Piano terra 810 mq circa
Piano primo 810 mq circa

Fondazioni Muratura in mattoni pieni

Pareti Portanti Muratura in mattoni pieni sp. 15-30 cm

Solai di piano Diverse tipologie sopra descritte

Solai di copertura Struttura in legno con travicelli e tavelloni

Criticità e carenze riscontrate nel fabbricato:

Per il fabbricato in oggetto, allo stato di fatto, si è riscontrata la presenza delle seguenti criticità o carenze:

- Presenza di elementi murari con cattiva tessitura muraria;
- Presenza di muri portanti a 1 testa;
- Cattiva qualità della tessitura muraria per uno sviluppo < 40 % della superficie totale;
- Collegamenti degli orizzontamenti alle strutture verticali portanti inesistenti o inefficaci;
- Collegamento delle strutture di copertura alle strutture verticali inesistenti o inefficaci;

Ai sensi del Pt. 8.2 del D.M.17.gennaio 2018 si rileva che:

- La costruzione riflette lo stato delle conoscenze al tempo della sua realizzazione;
- Non sono insiti significativi difetti di impostazione e di realizzazione;
- La costruzione non è soggetta ad azioni, anche eccezionali, i cui effetti non siano manifesti;
- Le strutture presentano degrado e/o modificazioni modeste rispetto alla situazione originaria.

16. ANALISI DEGLI ACCORGIMENTI FINALIZZATI ALL'ELIMINAZIONE O ALLA RIDUZIONE DELLE IRREGOLARITA', SOTTO L'EFFETTO DELL'AZIONE SISMICA

Il fabbricato esistente sarà oggetto di un miglioramento sismico, particolare attenzione verrà fatta agli interventi di riparazione dei tratti di muratura maggiormente lesionati e degradati e in generale al rafforzamento delle murature portanti con interventi in grado di migliorare le caratteristiche di resistenza dei singoli pannelli e i collegamenti tra murature ortogonali e d'angolo al fine di aumentare il livello di sicurezza dell'intera costruzione.

In corrispondenza della realizzazione di nuove aperture o allargamenti di aperture esistenti dovranno essere previsti interventi volti a ripristinare e/o aumentare la preesistente resistenza dei maschi murari garantendo altresì una migliore ripartizione dei carichi verticali. Congiuntamente a questo intervento è prevista la cerchiatura dei campi di solaio all'intradosso con collegamento ai muri portanti.

È prevista la realizzazione di cordoli perimetrali sommitali in acciaio per evitare il ribaltamento delle pareti portanti perimetrali causate dalle azioni sismiche.

La sostituzione delle tabelle di copertura con assito ligneo opportunamente collegato con piatti in acciaio permette di garantire un comportamento rigido del piano.

Inoltre sono previsti interventi locali di miglioramento delle connessioni delle strutture lignee esistenti.

Infine il progetto prevede la realizzazione di una scala antincendio, con una struttura metallica indipendente da quella esistente.

17. INTERVENTI SULLA STRUTTURA

Gli interventi strutturali previsti nel dettaglio sono i seguenti:

EDIFICIO ESISTENTE

Fondazioni

- Nessun intervento previsto;

Piano Terra

- Raddoppi murari in corrispondenza dei setti ad una testa;
- Realizzazione di intonaci armati per le pareti portanti interne (che presentano maggiori criticità);
- Modifiche alle aperture;
- Apertura di parete portante;
- Apertura/Chiusura di nicchie;

Solaio Piano Primo

- cerchiatura dei campi di solaio del primo impalcato realizzata con un angolare metallico tassellato all'intradosso del solaio ed alla muratura perimetrale di ogni ambiente;

Piano Primo

- Raddoppi murari in corrispondenza dei setti ad una testa;
- Realizzazione di intonaci armati per le pareti portanti interne (che presentano maggiori criticità);
- Modifiche alle aperture;
- Apertura di parete portante;
- Apertura/Chiusura di nicchie;
- Realizzazione di cordolo perimetrale sommitale;

Copertura

- Ripristino connessioni elementi lignei di copertura;
- Sostituzione dei tavelloni con tavolato ligneo ed inserimento di piatto in acciaio con la funzione di cordolo sommitale di collegamento;
- Catene in corrispondenza delle capriate esistenti.
- Rifacimento del manto di copertura e dell'orditura secondaria con inserimento di coibentazione all'estradosso.

NUOVA STRUTTURA IN ACCIAIO

Il progetto prevede la realizzazione di una scala d'emergenza in acciaio con annesso ascensore per l'accesso diretto al fabbricato principale dall'ala servizi posta sul lato nord-est. Dalla nuova struttura si accede al pianoterra ed al piano primo, tramite due nuove aperture, realizzate in corrispondenza delle finestre esistenti. La struttura è realizzata in acciaio, con struttura intelaiata e controventata. Alla base è prevista una platea in c.a. realizzata in opera di spessore 30cm.

Fondazioni

- Realizzazione di una platea in cemento armato realizzata in opera, spessore 30cm;

Struttura in Elevazione

- Struttura a telaio con profilati in acciaio.

18. MATERIALI ADOTTATI PER GLI INTERVENTI

Per la realizzazione dell'opera in oggetto saranno impiegati i seguenti materiali:

EDIFICIO ESISTENTE

- Muratura nuova blocco forato e malta di calce
- Muratura per raddoppi in mattoni semipieni
- Acciaio S275 per cerchiature nuove aperture ed elementi di rinforzo
- Legno per nuovo tavolato in copertura

N _{id}	γ _k [N/m ³]	α _{T, i} [1/°C]	E	G	C _{Erid}	Stz	γ _{m,v} / γ _{m,s}	f _{cm(k)} / f _{cd,v} / f _{cd,s}	f _{tm(k)} / f _{td,v} / f _{td,s}	f _{cm(k),0} / f _{cd,0,v} / f _{cd,0,s}	f _{vm(k)0} / f _{vd0,v} / f _{vd0,s}	τ ₀ / τ _{od,v} / τ _{od,s}	μ	λ	Caratteristiche Muratura		
															TRT	M	F
SDF_Muratura in mattoni pieni - (Mur)																	
003	18.000	0,000010	1.500	503	60	F/P	2,50 2,00 0,96	2,60 0,77 0,96	0,050 0,015 0,019	2,60 0,77 0,96	0,130 0,039 0,048	0,050 0,015 0,019	0,40	20	1	2	
Muratura nuova in Laterizio con malta ordinaria Resistenza 10 N/mm² [M10] - (Mur)																	
006	16.000	0,000010	2.200	880	60	P	2,50 2,00	2,20 0,88 1,10	0,300 0,120 0,150	2,50 1,00 1,25	0,300 0,120 0,150	0,300 0,120 0,150	0,40	20	1	2	

LEGENDA:

- N_{id}** Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.
γ_k Peso specifico.
α_{T, i} Coefficiente di dilatazione termica.
E Modulo elastico normale.
G Modulo elastico tangenziale.
C_{Erid} Coefficiente di riduzione del Modulo elastico normale per Analisi Sismica [$E_{sism} = E \cdot C_{Erid}$].
Stz Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).
γ_{m,s} Coefficiente parziale di sicurezza allo SLV della muratura nel caso di combinazioni SISMICHE.
γ_{m,v} Coefficiente di sicurezza allo SLU della muratura nel caso di carichi VERTICALI (NON sismiche).
f_{cm(k)}= Resistenza a compressione verticale: media nel caso di muri "di Fatto" (Esistenti); caratteristica nel caso di muri "di Progetto" (Nuovi).
f_{cd,v}= Resistenza di calcolo a compressione verticale per combinazioni a carichi VERTICALI (funzione di $\gamma_{m,v}$ e LC/FC). **f_{cd,s}**= Resistenza di calcolo a compressione verticale per combinazioni SISMICHE (funzione di $\gamma_{m,s}$ e LC/FC).
f_{tm(k)}= Resistenza a trazione: media nel caso di elementi "di Fatto" (Esistenti), caratteristica nel caso di elementi "di Progetto" (Nuovi). **f_{td,v}**= Resistenza di calcolo a trazione per combinazioni a carichi VERTICALI (funzione di $\gamma_{m,v}$ e LC/FC). **f_{td,s}**= Resistenza di calcolo a trazione per combinazioni SISMICHE (funzione di $\gamma_{m,s}$ e LC/FC).
f_{cm(k),0}= Resistenza a compressione orizzontale: media nel caso di elementi "di Fatto" (Esistenti), caratteristica nel caso di elementi "di Progetto" (Nuovi). **f_{cd,0,v}**= Resistenza a compressione orizzontale di calcolo per combinazioni a carichi VERTICALI (funzione di $\gamma_{m,v}$ e LC/FC). **f_{cd,0,s}**= Resistenza a compressione orizzontale di calcolo per combinazioni SISMICHE (funzione di $\gamma_{m,s}$ e LC/FC).
f_{vm(k)0}= Resistenza a taglio senza compressione, per murature regolari: media nel caso di elementi "di Fatto" (Esistenti), caratteristica nel caso di elementi "di Progetto" (Nuovi). **f_{vd0,v}**= Resistenza di calcolo a taglio senza compressione per combinazioni a carichi VERTICALI (funzione di $\gamma_{m,v}$ e LC/FC). **f_{vd0,s}**= Resistenza di calcolo a taglio senza compressione per combinazioni SISMICHE (funzione di $\gamma_{m,s}$ e LC/FC).
τ₀= Resistenza a taglio senza compressione, per murature irregolari: media nel caso di elementi "di Fatto" (Esistenti), caratteristica nel caso di elementi "di Progetto" (Nuovi). **τ_{od,v}**= Resistenza di calcolo a taglio senza compressione, per murature irregolari e combinazioni a carichi VERTICALI (funzione di $\gamma_{m,v}$ e LC/FC). **τ_{od,s}**= Resistenza di calcolo a taglio senza compressione, per murature irregolari e combinazioni SISMICHE (funzione di $\gamma_{m,s}$ e LC/FC).
μ Coefficiente di attrito.
λ Snellezza.
TRT M Tipo rottura a taglio dei MASCHI: [1] = per scorrimento (murature regolari); [2] = per fessurazione diagonale (murature irregolari); [3] = per scorrimento e fessurazione.
TRT F Tipo rottura a taglio delle FASCE: [1] = per scorrimento (murature regolari); [2] = per fessurazione diagonale (murature irregolari); [3] = per scorrimento e fessurazione; [-] = parametro NON significativo per il materiale.

Legno

si riportano di seguito i parametri indicati dalla norma UNI 11119 per le specie legnose rinvenute nelle indagini in oggetto (per la specie Abete è stata considerata la categoria relativa all'abete rosso):

Specie	Categoria in opera	Tensioni massime (N/mm ²)					
		compressione		flessione statica	trazione parallela alla fibratura	taglio parallelo alla fibratura	modulo di elasticità a flessione
		parallela alla fibratura	perpendicolare alla fibratura				
Abete rosso	2	8	2,0	9	9	0,9	11500
	3	6	2,0	7	6	0,8	10500

Si riportano di seguito i parametri indicati dalla norma UNI 11035/2 per le specie legnose rinvenute nelle indagini in oggetto (Nota: per la specie Abete si è considerata la categoria relativa all'abete centro-sud che

è maggiormente caratterizzante dell'abete bianco, pur non avendo informazioni dirette sulla reale provenienza del legname):

Proprietà	Abete			
	S1	S2	S3	
Flessione (5-percentile), MPa	$f_{m,k}$	32	28	21
Traz. parallela fibratura (5-percentile), MPa	$f_{t,0,k}$	19	17	13
Traz. perpendicolare fibratura (5-percentile), MPa	$f_{t,90,k}$	0.3	0.3	0.3
Compress. parallela fibratura (5-percentile), MPa	$f_{c,0,k}$	24	22	20
Compress. perpendicolare fibratura (5-percentile), MPa	$f_{c,90,k}$	2.1	2.1	2.1
Taglio (5-percentile), MPa	$f_{v,k}$	3.2	2.9	2.3
Modulo elasticità parallela fibratura (medio), MPa	$E_{0,mean}$	11000	10000	9500
Modulo elasticità parallela fibratura (5-percentile), MPa	$E_{0,05}$	7400	6700	6400
Modulo elasticità perpendicolare fibratura (medio), MPa	$E_{90,mean}$	370	330	320
Modulo di taglio (medio), MPa	G_{mean}	690	630	590
Massa volumica (5-percentile), kg/m ³	ρ_k	280	280	280
Massa volumica (medio), kg/m ³	ρ_{mean}	305	305	305

NUOVA STRUTTURA IN ACCIAIO

- Acciaio S275
- Calcestruzzo Armato tipo C25/30 e armature B450C per platea di fondazione

MATERIALI CALCESTRUZZO ARMATO

Caratteristiche calcestruzzo armato															
N _{id}	g _k	a _{T, i}	E	G	C _{Erid}	Stz	R _{ck}	R _{cm}	%R _{ck}	g _c	f _{cd}	f _{ctd}	f _{cfm}	N	n Ac
	[N/m ³]	[1/°C]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[%]		[N/mm ²]	[N/mm ²]			[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		
Cls C25/30_B450C - (C25/30)															
002	25.000	0,000010	31.447	13.103	60	P	30,00	-	0,85	1,50	14,11	1,19	3,07	15	003

LEGENDA:

- N_{id} Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.
 g_k Peso specifico.
 a_{T, i} Coefficiente di dilatazione termica.
 E Modulo elastico normale.
 G Modulo elastico tangenziale.
 C_{Erid} Coefficiente di riduzione del Modulo elastico normale per Analisi Sismica [$E_{sism} = E \cdot C_{Erid}$].
 Stz Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).
 R_{ck} Resistenza caratteristica cubica.
 R_{cm} Resistenza media cubica.
 %R_{ck} Percentuale di riduzione della R_{ck}
 g_c Coefficiente parziale di sicurezza del materiale.
 f_{cd} Resistenza di calcolo a compressione.
 f_{ctd} Resistenza di calcolo a trazione.
 f_{cfm} Resistenza media a trazione per flessione.
 n Ac Identificativo, nella relativa tabella materiali, dell'acciaio utilizzato: [-] = parametro NON significativo per il materiale.

MATERIALI ACCIAIO

N _{id}	g _k	a _{T, i}	E	G	Stz	LMT	f _{yk}	f _{tk}	f _{yd}	f _{td}	g _s	Caratteristiche acciaio					
												[N/m ³]	[1/°C]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	g _{M7}
S275 - Acciaio per Profilati - (S275)																	
001	78.500	0,000012	210.000	80.769	P	40	275,00	430,00	-	-	1,05	1,05	1,25	-	-	-	-
						-	255,00	410,00	-	-							
Acciaio B450C - Acciaio in Tondini - (B450C)																	
003	78.500	0,000010	210.000	80.769	P	-	450,00	-	391,30	-	1,15	-	-	-	-	-	-
8.8 - Acciaio per Bulloni - (8.8)																	
004	78.500	0,000012	210.000	80.769	-	-	640,00	800,00	512,00	-	1,25	-	-	1,25	1,10	1,10	1,00
S235 - Acciaio per Saldature - (S235)																	
005	78.500	0,000012	210.000	80.769	-	-	235,00	360,00	-	-	1,05	1,05	1,25	-	-	-	-
S235 - Acciaio per Piastre - (S235)																	
006	78.500	0,000012	210.000	80.769	-	40	235,00	360,00	-	-	1,05	1,05	1,25	-	-	-	-
						80	215,00	360,00	-	-							

LEGENDA:

N _{id}	Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.
g _k	Peso specifico.
a _{T, i}	Coefficiente di dilatazione termica.
E	Modulo elastico normale.
G	Modulo elastico tangenziale.
Stz	Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).
LMT	Campo di validità in termini di spessore t, (per profili, piastre, saldature) o diametro, d (per bulloni, tondini, chiodi, viti, spinotti)
f _{yk}	Resistenza caratteristica allo snervamento
f _{tk}	Resistenza caratteristica a rottura
f _{yd}	Resistenza di calcolo
f _{td}	Resistenza di calcolo a Rottura (Bulloni).
g _s	Coefficiente parziale di sicurezza allo SLV del materiale.
g _{M1}	Coefficiente parziale di sicurezza per instabilità.
g _{M2}	Coefficiente parziale di sicurezza per sezioni tese indebolite.
g _{M3,SLV}	Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLV (Bulloni).
g _{M3,SLE}	Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLE (Bulloni).
g _{M7}	Coefficiente parziale di sicurezza precarico di bulloni ad alta resistenza (Bulloni - NCnt = con serraggio NON controllato; Cnt = con serraggio controllato). [-] = parametro NON significativo per il materiale.
NOTE	[-] = Parametro non significativo per il materiale.

TENSIONI AMMISSIBILI ALLO SLE DEI VARI MATERIALI

		Tensioni ammissibili allo SLE dei vari materiali		
Materiale	SL	Tensione di verifica		S _{d,amm} [N/mm ²]
Cl5 C25/30_B450C	Caratteristica(RARA) Quasi permanente	Compressione Calcestruzzo Compressione Calcestruzzo		14,94 11,21
Acciaio B450C	Caratteristica(RARA)	Trazione Acciaio		360,00

LEGENDA:

SL	Stato limite di esercizio per cui si esegue la verifica.
S _{d,amm}	Tensione ammissibile per la verifica.

19. INTERAZIONE CON STRUTTURE ADIACENTI

Il fabbricato è isolato rispetto ad altri edifici adiacenti, quindi non sono state prese in considerazione azioni dovute a interazioni con queste.

Per quanto riguarda la nuova struttura in acciaio, questa sarà realizzata senza prevedere alcun collegamento con il fabbricato esistente, prevedendo un giunto sismico tra le strutture.

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

20. DESCRIZIONE DEL CONTESTO EDILIZIO E DELLE CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, MORFOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE DEL SITO IN OGGETTO

L'area in oggetto insiste sull'unità geologica denominata AES8: Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsistema di Ravenna", costituita da a ghiaie sabbiose, sabbie e limi ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua, nel contesto di Imola "deposito di canale, argine e rottura fluviale".

Per il primo intorno dell'area oggetto di intervento è disponibile n° 1 prova penetrometrica statica e n° 1 prova dinamica, che confermano il contesto geologico di riferimento. Le informazioni disponibili permettono di ipotizzare, ai fini della determinazione dell'azione sismica, un terreno della seguente categoria:

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

21. DESCRIZIONE GENERALE DELLA STRUTTURA E DELLA TIPOLOGIA DI INTERVENTO PREVISTE NEL PROGETTO ARCHITETTONICO

EDIFICIO ESISTENTE

Il sistema costruttivo dell'aggregato edilizio rispecchia in larga parte quelli della tradizione locale:

- le pareti verticali sono prevalentemente in muratura realizzata in mattoni pieni, legati da malta di calce e/o cemento dell'epoca costruttiva di spessori variabili;
- i solai intermedi sono di diverse tipologie:
 - volte a botte, a crociera, a padiglione realizzate con elementi lignei che sorreggono un cannucciatto rivestito in gesso
 - solai piani in putrelle e tavelloni con riempimento e solettina
 - solai in legno con assito in legno
 - solai in plafone in canna e gesso
- la struttura delle coperture è con travi in legno con diversi livelli di orditura: capriate in legno, travi principali parallele alla gronda, orditura secondaria con travetti, tavelloni in laterizio di chiusura dell'impalcato e coppi.

Superficie Coperta Blocco principale 810 mq circa

Superficie Utile Lorda Fabbricato Piano terra 810 mq circa
Piano primo 810 mq circa

Fondazioni Muratura in mattoni pieni

Pareti Portanti Muratura in mattoni pieni sp. 15-30 cm

Solai di piano Diverse tipologie sopra descritte

Solai di copertura Struttura in legno con travicelli e tavelloni

NUOVA STRUTTURA IN ACCIAIO

Il progetto prevede la realizzazione di una scala d'emergenza in acciaio con annesso ascensore per l'accesso diretto al fabbricato principale dall'ala servizi posta sul lato nord-est. Dalla nuova struttura si accede al pianoterra ed al piano primo, tramite due nuove aperture, realizzate in corrispondenza delle finestre esistenti.

La struttura è realizzata in acciaio, con struttura intelaiata e controventata.

Alla base è prevista una platea in c.a. realizzata in opera di spessore 30cm.

22. NORMATIVA TECNICA E RIFERIMENTI TECNICI UTILIZZATI

Le fasi di analisi e verifica della struttura sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative, per quanto applicabili in relazione al criterio di calcolo adottato dal progettista, evidenziato nel prosieguo della presente relazione:

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”.

Legge 2 febbraio 1974 n. 64 (G.U. 21 marzo 1974 n. 76) “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”. Indicazioni progettive per le nuove costruzioni in zone sismiche a cura del Ministero per la Ricerca scientifica - Roma 1981.

D. M. Infrastrutture Trasporti 17/01/2018 (G.U. 20/02/2018 n. 42 - Suppl. Ord. n. 8) “Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni”. Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nelle seguenti norme:

Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. (G.U. Serie Generale n. 35 del 11/02/2019 - Suppl. Ord. n. 5) Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

Eurocodice 3 - “Progettazione delle strutture in acciaio” - EN 1993-1-1.

Eurocodice 6 - “Progettazione delle strutture di muratura”.

23. DEFINIZIONE AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO E DEI CARICHI AGENTI SULLA STRUTTURA

L'azione sismica è stata valutata in conformità alle indicazioni riportate al §3.2 del D.M. 2018 “Norme tecniche per le Costruzioni”.

In particolare il procedimento per la definizione degli spettri di progetto per i vari Stati Limite per cui sono state effettuate le verifiche è stato il seguente:

- definizione della Vita Nominale e della Classe d'Uso della struttura, il cui uso combinato ha portato alla definizione del Periodo di Riferimento dell'azione sismica.

- Individuazione, tramite latitudine e longitudine, dei parametri sismici di base a_g , F_0 e T_c^* per tutti e quattro gli Stati Limite previsti (SLO, SLD, SLV e SLC); l'individuazione è stata effettuata interpolando tra i 4 punti più vicini al punto di riferimento dell'edificio.
- Determinazione dei coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica.
- Calcolo del periodo T_c corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello Spettro.

I dati così calcolati sono stati utilizzati per determinare gli Spettri di Progetto nelle verifiche agli Stati Limite considerate. Si riportano di seguito le coordinate geografiche del sito rispetto al Datum **ED50**:

Latitudine	Longitudine	Altitudine
[°]	[°]	[m]
44.288806	11.878181	38

EDIFICIO ESISTENTE

Verifiche di regolarità

Sia per la scelta del metodo di calcolo, sia per la valutazione del fattore di struttura adottato, deve essere effettuato il controllo della regolarità della struttura. La tabella seguente riepiloga, per la struttura in esame, le condizioni di regolarità in pianta ed in altezza soddisfatte.

REGOLARITÀ DELLA STRUTTURA IN PIANTA	
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	SI
Il rapporto tra i lati di un rettangolo in cui la costruzione risulta inscritta è inferiore a 4	NO
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	NO
REGOLARITÀ DELLA STRUTTURA IN ALTEZZA	
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	NO
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 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	NO
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	-
Eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengono con continuità da un orizzontamento al successivo; oppure avvengono 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	NO

La rigidezza è calcolata come rapporto fra il taglio complessivamente agente al piano e δ , spostamento relativo di piano (il taglio di piano è la sommatoria delle azioni orizzontali agenti al di sopra del piano

considerato). i valori calcolati ed utilizzati per le verifiche sono riportati nei *"Tabulati di calcolo"* nella relativa sezione.

La struttura è pertanto:

in pianta	in altezza
NON REGOLARE	NON REGOLARE

Classe di duttilità

La classe di duttilità è rappresentativa della capacità dell'edificio di dissipare energia in campo anelastico per azioni cicliche ripetute. deformazioni anelastiche devono essere distribuite nel maggior numero di elementi duttili, in particolare le travi, salvaguardando in tal modo i pilastri e soprattutto i nodi travi pilastro che sono gli elementi più fragili. D.M. 2018 definisce due tipi di comportamento strutturale:

- comportamento strutturale non-dissipativo;
- comportamento strutturale dissipativo.

Per strutture con comportamento strutturale dissipativo si distinguono due livelli di Capacità Dissipativa o Classi di Duttilità (CD).

- CD "A" (Alta);
- CD "B" (Media).

La differenza tra le due classi risiede nell'entità delle plasticizzazioni cui ci si riconduce in fase di progettazione; per ambedue le classi, onde assicurare alla struttura un comportamento dissipativo e duttile evitando rotture fragili e la formazione di meccanismi instabili imprevisti, si fa ricorso ai procedimenti tipici della gerarchia delle resistenze.

La struttura in esame è stata progettata in classe di duttilità **nessuna "NON Dissipativa"**.

Spettri di Progetto per S.L.U. e S.L.D.

L'edificio è stato progettato per una **Vita Nominale** pari a **50** e per **Classe d'Uso** pari a **3**.

In base alle indagini geognostiche disponibili si è classificato il **suolo** di fondazione di **categoria C**, cui corrispondono i seguenti valori per i parametri necessari alla costruzione degli spettri di risposta orizzontale e verticale:

Stato Limite	a_g/g	F_0	T^*_c [s]	C_c	T_B [s]	T_c [s]	T_D [s]	Parametri di pericolosità sismica	
								T_c [s]	S_s
SLO	0.0814	2.394	0.268	1.62	0.145	0.434	1.926	1.50	
SLD	0.1022	2.392	0.279	1.60	0.149	0.446	2.009	1.50	
SLV	0.2329	2.483	0.307	1.55	0.159	0.476	2.532	1.35	
SLC	0.2879	2.543	0.320	1.53	0.163	0.489	2.751	1.26	

Per la definizione degli spettri di risposta, oltre all'accelerazione (a_g) al suolo (dipendente dalla classificazione sismica del Comune) occorre determinare il Fattore di Struttura (q).

Il Fattore di struttura q è un fattore riduttivo delle forze elastiche introdotto per tenere conto delle capacità dissipative della struttura che dipende dal sistema costruttivo adottato, dalla Classe di Duttilità e dalla regolarità in altezza.

Si è inoltre assunto il **Coefficiente di Amplificazione Topografica (S_T)** pari a **1,00**.

Tali succitate caratteristiche sono riportate negli allegati *"Tabulati di calcolo"* al punto "DATI GENERALI ANALISI SISMICA".

Pericolosità sismica

In base alle indagini geognostiche effettuate si è classificato il **suolo** di fondazione di **categoria C**, cui corrispondono i seguenti valori per i parametri necessari alla costruzione degli spettri di risposta orizzontale e verticale:

Stato Limite di danno

Fattore di Comportamento (q_x) per sisma orizzontale in direzione X: **1.00**

Fattore di Comportamento (q_y) per sisma orizzontale in direzione Y: **1.00**

Fattore di Comportamento (q_z) per sisma verticale: **1.00** (se richiesto).

Stato Limite di salvaguardia della Vita

Fattore di Comportamento (q_x) per sisma orizzontale in direzione X: **1.875**

Fattore di Comportamento (q_y) per sisma orizzontale in direzione Y: **1.875**

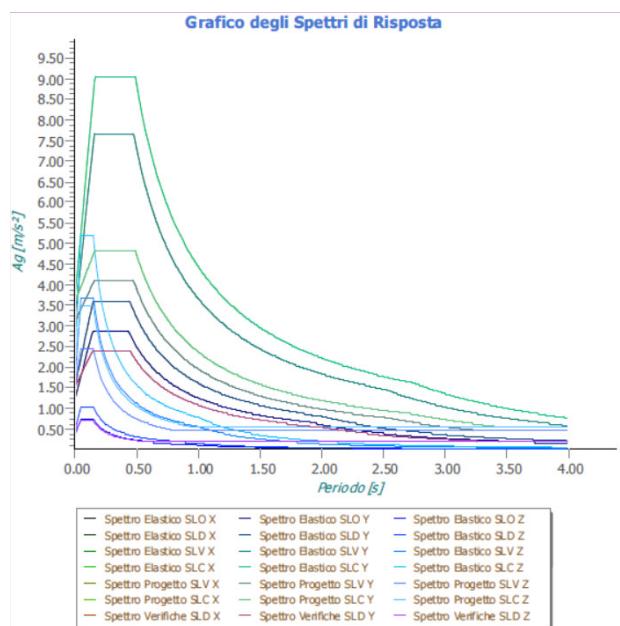
Fattore di Comportamento (q_z) per sisma verticale: **1.50** (se richiesto).

Essendo la struttura oggetto di studio una struttura esistente, il fattore di comportamento è calcolato secondo quanto indica la Circolare 2019 delle NTC 2018 al §C8.5.5.1 Per la verifica di edifici con analisi lineare ed impiego del fattore q, il valore da utilizzare per quest'ultimo è pari a:

$q = 2,0 \cdot au/a1$ per edifici regolari in elevazione, nel caso di muratura in pietra e/o mattoni pieni;

$q = 1,75 \cdot au/a1$ per edifici regolari in elevazione, nel caso di muratura in blocchi artificiali con percentuale di foratura > 15 % (elementi semipieni, forati, ...);

in cui au e a1 sono definiti al §7.8.1.3 del D.M. 2018. In assenza di più precise valutazioni, potrà essere assunto un rapporto au/a1 pari a 1,5. Nel caso di edificio non regolare in elevazione i valori di q sono ridotti del 25%. Gli spettri utilizzati sono riportati nella successiva figura.



Dir	q'	q	q ₀	K _R	Fattori di comportamento	
					a _u /a ₁	k _w
X	-	1,875	1,88	0,75	1,25	-
Y	-	1,875	1,88	0,75	1,25	-
Z	-	1,500	-	-	-	-

LEGENDA:

- q'** Fattore di riduzione dello spettro di risposta sismico allo SLU ridotto (Fattore di comportamento ridotto - relazione C7.3.1 circolare NTC)
q Fattore di riduzione dello spettro di risposta sismico allo SLU (Fattore di comportamento).
q₀ Valore di base (comprensivo di k_w).
K_R Fattore riduttivo funzione della regolarità in altezza : pari ad 1 per costruzioni regolari in altezza, 0,8 per costruzioni non regolari in altezza, e 0,75 per costruzioni in muratura esistenti non regolari in altezza (§ C8.5.5.1)..
a_u/a₁ Rapporto di sovraresistenza.
k_w Fattore di riduzione di q₀.

NUOVA STRUTTURA IN ACCIAIOVerifiche di regolarità

Sia per la scelta del metodo di calcolo, sia per la valutazione del fattore di struttura adottato, deve essere effettuato il controllo della regolarità della struttura. La tabella seguente riepiloga, per la struttura in esame, le condizioni di regolarità in pianta ed in altezza soddisfatte.

REGOLARITÀ DELLA STRUTTURA IN PIANTA	
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	SI
Il rapporto tra i lati di un rettangolo in cui la costruzione risulta inscritta è inferiore a 4	SI
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	SI
REGOLARITÀ DELLA STRUTTURA IN ALTEZZA	
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	SI
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 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	NO
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	SI
Eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengono con continuità da un orizzontamento al successivo; oppure avvengono 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	SI

La rigidezza è calcolata come rapporto fra il taglio complessivamente agente al piano e δ , spostamento relativo di piano (il taglio di piano è la sommatoria delle azioni orizzontali agenti al di sopra del piano considerato). i valori calcolati ed utilizzati per le verifiche sono riportati nei *"Tabulati di calcolo"* nella relativa sezione.

La struttura è pertanto:

in pianta		in altezza
REGOLARE		NON REGOLARE

Classe di duttilità

La classe di duttilità è rappresentativa della capacità dell'edificio di dissipare energia in campo anelastico per azioni cicliche ripetute. deformazioni anelastiche devono essere distribuite nel maggior numero di elementi duttili, in particolare le travi, salvaguardando in tal modo i pilastri e soprattutto i nodi travi pilastro che sono gli elementi più fragili. D.M. 2018 definisce due tipi di comportamento strutturale:

- a) comportamento strutturale non-dissipativo;
- b) comportamento strutturale dissipativo.

Per strutture con comportamento strutturale dissipativo si distinguono due livelli di Capacità Dissipativa o Classi di Duttilità (CD).

- CD“A” (Alta);
- CD“B” (Media).

La differenza tra le due classi risiede nell'entità delle plasticizzazioni cui ci si riconduce in fase di progettazione; per ambedue le classi, onde assicurare alla struttura un comportamento dissipativo e duttile evitando rotture fragili e la formazione di meccanismi instabili imprevisti, si fa ricorso ai procedimenti tipici della gerarchia delle resistenze.

La struttura in esame è stata progettata in classe di duttilità **nessuna "NON Dissipativa"**.

Spettri di Progetto per S.L.U. e S.L.D.

L'edificio è stato progettato per una **Vita Nominale** pari a **50** e per **Classe d'Uso** pari a **3**.

In base alle indagini geognostiche disponibili si è classificato il **suolo** di fondazione di **categoria C**, cui corrispondono i seguenti valori per i parametri necessari alla costruzione degli spettri di risposta orizzontale e verticale:

Stato Limite	a_g/g	F_0	Parametri di pericolosità sismica					
			T^*_c [s]	C_c	T_B [s]	T_c [s]	T_b [s]	S_s
SLO	0.0815	2.394	0.268	1.62	0.145	0.434	1.926	1.50
SLD	0.1022	2.392	0.279	1.60	0.149	0.446	2.009	1.50
SLV	0.2330	2.483	0.307	1.55	0.159	0.476	2.532	1.35
SLC	0.2879	2.543	0.320	1.53	0.163	0.489	2.752	1.26

Per la definizione degli spettri di risposta, oltre all'accelerazione (a_g) al suolo (dipendente dalla classificazione sismica del Comune) occorre determinare il Fattore di Struttura (q).

Il Fattore di struttura q è un fattore riduttivo delle forze elastiche introdotto per tenere conto delle capacità dissipative della struttura che dipende dal sistema costruttivo adottato, dalla Classe di Duttilità e dalla regolarità in altezza.

Si è inoltre assunto il **Coefficiente di Amplificazione Topografica (S_T)** pari a **1,00**.

Tali succitate caratteristiche sono riportate negli allegati *"Tabulati di calcolo"* al punto "DATI GENERALI ANALISI SISMICA".

Pericolosità sismica

In base alle indagini geognostiche effettuate si è classificato il **suolo** di fondazione di **categoria C**, cui corrispondono i seguenti valori per i parametri necessari alla costruzione degli spettri di risposta orizzontale e verticale:

Stato Limite di danno

Fattore di Comportamento (q_x) per sisma orizzontale in direzione X:	1.00
Fattore di Comportamento (q_y) per sisma orizzontale in direzione Y:	1.00
Fattore di Comportamento (q_z) per sisma verticale:	1.00 (se richiesto).

Stato Limite di salvaguardia della Vita

Fattore di Comportamento (q_x) per sisma orizzontale in direzione X:	1.500
Fattore di Comportamento (q_y) per sisma orizzontale in direzione Y:	1.500
Fattore di Comportamento (q_z) per sisma verticale:	1.00 (se richiesto).

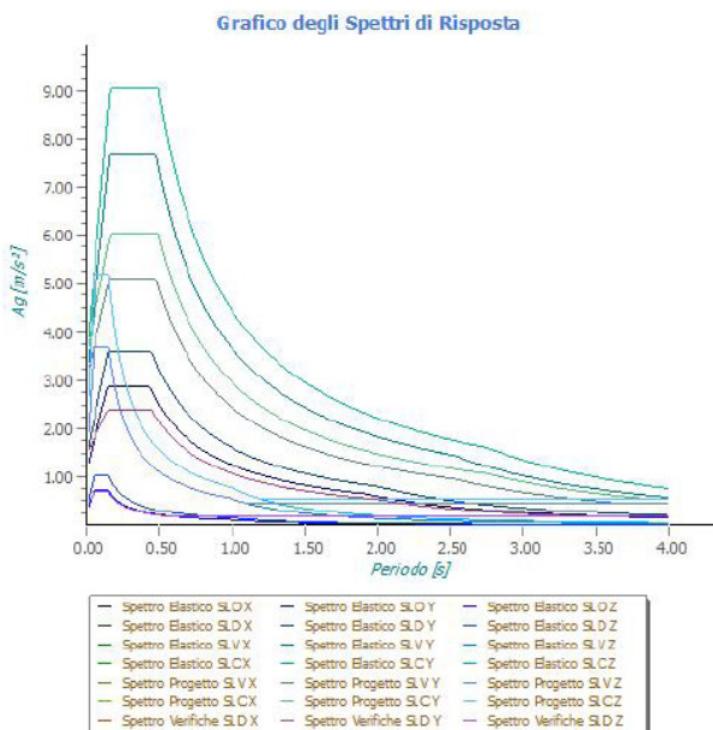
Di seguito si esplicita il calcolo del fattore di comportamento per il sisma orizzontale:

Tipologia (§7.5.2.2 D.M. 2018)	Dir. X	Dir. Y
	A telaio	A telaio
Tipologia strutturale	-	-
α_u/α_1	1	1
q_0	4.000	4.000
k_R	-	-

Per strutture a comportamento strutturale non dissipativo si adotta un fattore di comportamento q_{ND} , ridotto rispetto al valore minimo relativo alla CD"B" (Tab. 7.3.II), secondo la relazione (7.3.2) del §7.3.1 del D.M. 2018:

$$1 \leq q_{ND} = (2/3) \cdot q_0,CD"B" \leq 1,5$$

Gli spettri utilizzati sono riportati nella successiva figura.



ANALISI DEI CARICHI

Un'accurata valutazione dei carichi è un requisito imprescindibile di una corretta progettazione, in particolare per le costruzioni realizzate in zona sismica. Essa, infatti, è fondamentale ai fini della determinazione delle forze sismiche, in quanto incide sulla valutazione delle masse e dei periodi propri della struttura dai quali dipendono i valori delle accelerazioni (ordinate degli spettri di progetto).

La valutazione dei carichi e dei sovraccarichi è stata effettuata in accordo con le disposizioni del punto 3.1 del **D.M. 2018**. In particolare, è stato fatto utile riferimento alle Tabelle 3.1.I e 3.1.II del D.M. 2018, per i pesi propri dei materiali e per la quantificazione e classificazione dei sovraccarichi, rispettivamente.

La valutazione dei carichi permanenti è effettuata sulle dimensioni definitive, per quanto riguarda le azioni di calcolo delle membrature in legno, queste sono assegnate ad una delle classi di durata del carico elencate nella Tab. 4.4.I del D.M. 2018, di cui sotto.

Classe di durata del carico		Durata del carico	
Permanente		Più di 10 anni	
Lunga durata		6 mesi - 10 anni	
Media durata		1 settimana - 6 mesi	
Breve durata		Meno di 1 settimana	
Istantanea		--	

Le classi di durata del carico si riferiscono a un carico costante attivo per un certo periodo di tempo nella vita della struttura. Per un'azione variabile la classe appropriata deve essere determinata in funzione dell'interazione fra la variazione temporale tipica del carico nel tempo e le proprietà reologiche dei materiali.

Le analisi effettuate, corredate da dettagliate descrizioni, oltre che nei *"Tabulati di calcolo"* nella relativa sezione, sono di seguito riportate:

EDIFICIO ESISTENTE

Stato di Fatto

N _{id}	T. C.	Descrizione del Carico	Tipologie di Carico	Peso Proprio		Permanente NON Strutturale		Sovraccarico Accidentale		Carico Neve	[N/m ²]	Analisi carichi
				Descrizione	PP	Descrizione	PNS	Descrizione	SA			
001	S	SDF_Solaio corridoio	Scuole	Travi in acciaio IPE180, volterrane in laterizio, cls di riempimento	2.600	Massetto, pavimento flottante, controsoffitto ed incidenza tramezzi Controsoffitto arelle e gesso (35 kg/mq), Controsoffitto REI (20 kg/mq)	1.900	Scuole (Cat. C1 – Tab. 3.1.II - DM 17.01.2018)	3.000	0		
002	S	SDF_Solaio cannuciato appeso	Scuole	Peso proprio struttura lignea (25 kg/mq)	250	Massetto, pavimento flottante, controsoffitto ed incidenza tramezzi	550	Sottotetto non accessibile	500	0		
003	S	SDF_Solaio	Scuole	Travi in acciaio IPE220, volterrane in laterizio, cls di riempimento	3.050	Guaina (5 kg/mq), manto di copertura in coppi (65 kg/mq)	1.900	Scuole (Cat. C1 – Tab. 3.1.II - DM 17.01.2018)	3.000	0		
004	S	SDF_Copertura	Scuole	Peso proprio delle travi, travicelli e tavelloni in laterizio	490	Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione (Cat. H – Tab. 3.1.II - DM 17.01.2018)	700		500	1.200		

LEGENDA:

N_{id} Numero identificativo dell'analisi di carico.

T. C. Identificativo del tipo di carico: [S] = Superficiale - [L] = Lineare - [C] = Concentrato.

PP, PNS, SA Valori, rispettivamente, del Peso Proprio, del Sovraccarico Permanente NON strutturale, del Sovraccarico Accidentale. Secondo il tipo di carico indicato nella colonna "T.C." ("S" - "L" - "C"), i valori riportati nelle colonne "PP", "PNS" e "SA", sono espressi in [N/m²] per carichi Superficiali, [N/m] per carichi Lineari, [N] per carichi Concentrati.

Stato di Progetto

N_id	T. C.	Descrizione del Carico	Tipologie di Carico	Analisi carichi							
				Peso Proprio		Permanente NON Strutturale		Sovraccarico Accidentale		Carico Neve	
				Descrizione	PP	Descrizione	PNS	Descrizione	SA	[N/m ²]	
001	S	SDF_Solaio corridoio	Scuole	Travi in acciaio IPE180, volterrane in laterizio, cls di riempimento	2.600	Massetto, pavimento flottante, controsoffitto ed incidenza tramezzi Isolante pannello lana di roccia (15 kg/mq), Pannello OSB (6 kg/mq), guaina (5 kg/mq), manto di copertura in coppi (65 kg/mq)	1.900	Scuole (Cat. C1 – Tab. 3.1.II - DM 17.01.2018)	3.000	0	
002	S	SDP_Copertura	Scuole	Peso proprio delle travi (23 kg/mq), travicelli (5 kg/mq), doppio tavolato (36 kg/mq)	640	Controsoffitto arelle e gesso al 50% (40 kg/mq)	950	Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione (Cat. H – Tab. 3.1.II - DM 17.01.2018)	500	1.200	
003	S	SDP_Solaio cannucciato appeso	Scuole	Peso proprio struttura lignea (25 kg/mq) al 50%	125	Controsoffitto arelle e gesso (35 kg/mq), Controsoffitto REI (20 kg/mq) al 50%	275		0	0	
004	S	SDF_Copertura	Scuole	Peso proprio delle travi (12 kg/mq), travicelli (5 kg/mq), tavelloni in laterizio (32 kg/mq)	490	Guaina (5 kg/mq), manto di copertura in coppi (65 kg/mq)	700	Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione (Cat. H – Tab. 3.1.II - DM 17.01.2018)	500	1.200	
005	S	SDF_Solaio	Scuole	Travi in acciaio IPE220, volterrane in laterizio, cls di riempimento	3.050	Massetto, pavimento flottante, controsoffitto ed incidenza tramezzi Controsoffitto arelle e gesso (35 kg/mq), Controsoffitto REI (20 kg/mq)	1.900	Scuole (Cat. C1 – Tab. 3.1.II - DM 17.01.2018)	3.000	0	
006	S	SDF_Solaio cannucciato	Scuole	Peso proprio struttura lignea (25 kg/mq)	250		550		0	0	

LEGENDA:

N_id Numero identificativo dell'analisi di carico.

T. C. Identificativo del tipo di carico: [S] = Superficiale - [L] = Lineare - [C] = Concentrato.

PP, PNS, SA Valori, rispettivamente, del Peso Proprio, del Sovraccarico Permanente NON strutturale, del Sovraccarico Accidentale. Secondo il tipo di carico indicato nella colonna "T.C." ("S" - "L" - "C"), i valori riportati nelle colonne "PP", "PNS" e "SA", sono espressi in [N/m²] per carichi Superficiali, [N/m] per carichi Lineari, [N] per carichi Concentrati.

NUOVA STRUTTURA IN ACCIAIO

N_id	T. C.	Descrizione del Carico	Tipologie di Carico	Analisi carichi							
				Peso Proprio		Permanente NON Strutturale		Sovraccarico Accidentale		Carico Neve	
				Descrizione	PP	Descrizione	PNS	Descrizione	SA	[N/m ²]	
001	S	Platea-Scala	Scale, balconi, ballatoi (Cat. C)	*vedi le relative tabelle dei carichi	-	Sottofondo e pavimento	1.000	Balconi, ballatoi e scale comuni (Cat. C2 – Tab. 3.1.II - DM 14.01.2008)	4.000	0	
002	S	Pianerottoli/Rampe	Scale, balconi, ballatoi (Cat. C)	Lamiera striata (s = 4 mm)	400	Eventuale Pavimentazione	1.000	Balconi, ballatoi e scale comuni (Cat. C2 – Tab. 3.1.II - DM 14.01.2008)	4.000	0	

LEGENDA:

N_id Numero identificativo dell'analisi di carico.

T. C. Identificativo del tipo di carico: [S] = Superficiale - [L] = Lineare - [C] = Concentrato.

PP, PNS, SA Valori, rispettivamente, del Peso Proprio, del Sovraccarico Permanente NON strutturale, del Sovraccarico Accidentale. Secondo il tipo di carico indicato nella colonna "T.C." ("S" - "L" - "C"), i valori riportati nelle colonne "PP", "PNS" e "SA", sono espressi in [N/m²] per carichi Superficiali, [N/m] per carichi Lineari, [N] per carichi Concentrati.

24. DESCRIZIONE DEI MATERIALI E DEI PRODOTTI PER USO STRUTTURALE, DEI REQUISITI DI RESISTENZA MECCANICA E DI DURABILITÀ CONSIDERATI

Per la realizzazione dell'opera in oggetto saranno impiegati i seguenti materiali:

EDIFICIO ESISTENTE

- Muratura nuova blocco forato e malta di calce
- Muratura per raddoppi in mattoni semipieni
- Acciaio S275 per cerchiature nuove aperture ed elementi di rinforzo
- Legno C20 per modifica alle strutture secondarie della copertura

NUOVA STRUTTURA IN ACCIAIO

- Acciaio S275
- Calcestruzzo Armato tipo C25/30 e armature B450C per platea di fondazione

I VALORI DEI PARAMETRI CARATTERISTICI DEI SUDDETTI MATERIALI SONO RIPORTATI NEI TABULATI DI CALCOLO, NELLA RELATIVA SEZIONE

25. ILLUSTRAZIONE DEI CRITERI DI PROGETTAZIONE E DI MODELLAZIONE

Descrizione dei criteri di progettazione e modellazione

La struttura è stata predimensionata secondo le regole della scienza e della tecnica delle costruzioni e successivamente implementate in un modello numerico per una analisi agli elementi finiti dal quale sono state individuate:

- 1) le azioni agenti sulle strutture dovute ai carichi e sovraccarichi permanenti e accidentali;
- 2) le azioni agenti dovute al sisma in direzione +X, -X, +Y, -Y (analisi dinamica);
- 3) le sollecitazioni agenti sulle sezioni delle singoli elementi strutturali, opportunamente combinate secondo le combinazioni di carico, prescritte dalla normativa vigente.

Per tutte le strutture sono stati valutati e verificati i livelli di sicurezza per i vari Stati Limite di progetto, sempre prescritti dalla normativa vigente.

Schema Statico Adottato

Il modello della struttura viene creato automaticamente dal codice di calcolo, individuando i vari elementi strutturali e fornendo le loro caratteristiche geometriche e meccaniche.

Viene definita un'opportuna numerazione degli elementi (nodi, aste, shell) costituenti il modello, al fine di individuare celermente ed univocamente ciascun elemento nei "Tabulati di calcolo".

Dalle illustrazioni si evince come le aste, sia travi che pilastri, siano schematizzate con un tratto flessibile centrale e da due tratti (braccetti) rigidi alle estremità. I nodi vengono posizionati sull'asse verticale dei pilastri, in corrispondenza dell'estradossa della trave più alta che in esso si collega. Tramite i braccetti i tratti flessibili sono quindi collegati ad esso.

In questa maniera il nodo risulta perfettamente aderente alla realtà poiché vengono presi in conto tutti gli eventuali disassamenti degli elementi con gli effetti che si possono determinare, quali momenti flettenti/torcenti aggiuntivi.

Le sollecitazioni vengono determinate, com'è corretto, solo per il tratto flessibile. Sui tratti rigidi, infatti, essendo (teoricamente) nulle le deformazioni le sollecitazioni risultano indeterminate.

Questa schematizzazione dei nodi viene automaticamente realizzata dal programma anche quando il nodo sia determinato dall'incontro di più travi senza il pilastro, o all'attacco di travi/pilastri con elementi shell.

26. INDICAZIONE DELLE PRINCIPALI COMBINAZIONI DELLE AZIONI IN RELAZIONE AGLI SLU E SLE INDAGATI

Stato Limite di Salvaguardia della Vita

Le azioni sulla costruzione sono state cumulate in modo da determinare condizioni di carico tali da risultare più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, tenendo conto della probabilità ridotta di intervento simultaneo di tutte le azioni con i rispettivi valori più sfavorevoli, come consentito dalle norme vigenti.

Per gli stati limite ultimi sono state adottate le combinazioni del tipo:

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

dove:

G_1 rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno, quando pertinente; forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno); forze risultanti dalla pressione dell'acqua (quando si configurino costanti nel tempo);

G_2 rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;

P rappresenta pretensione e precompressione;

Q azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo:

- di lunga durata: agiscono con un'intensità significativa, anche non continuativamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura;

- di breve durata: azioni che agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura;

Q_{ki} rappresenta il valore caratteristico della i -esima azione variabile;

$\gamma_G, \gamma_Q, \gamma_P$ coefficienti parziali come definiti nella tabella 2.6.I del DM 17 gennaio 2018;

ψ_{0i} sono i coefficienti di combinazione per tenere conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i rispettivi valori caratteristici.

Le combinazioni risultanti sono state costruite a partire dalle sollecitazioni caratteristiche calcolate per ogni condizione di carico elementare: ciascuna condizione di carico accidentale, a rotazione, è stata considerata sollecitazione di base (Q_{1k} nella formula precedente).

I coefficienti relativi a tali combinazioni di carico sono riportati negli allegati tabulati di calcolo.

Le verifiche strutturali e geotecniche, come definite al punto 2.6.1 del D.M. 2018, sono state effettuate con l'approccio 2 come definito al citato punto, definito sinteticamente come (A1+M1+R3); le azioni sono state amplificate tramite i coefficienti della colonna A1 definiti nella tabella 6.2.I del D.M. 2018, i valori di resistenza del terreno sono stati considerati al loro valore caratteristico (coefficienti M1 della tabella 6.2.II del D.M. 2018, tutti unitari), i valori calcolati delle resistenze totali dell'elemento strutturale sono stati divisi per R3 nelle verifiche di tipo GEO.

Si è quindi provveduto a progettare le eventuali armature di ogni elemento strutturale per ciascuno dei valori ottenuti secondo le modalità precedentemente illustrate. Nella sezione relativa alle verifiche dei

“Tabulati di calcolo” in allegato sono riportati, per brevità, i valori della sollecitazione relativi alla combinazione cui corrisponde il minimo valore del coefficiente di sicurezza.

Stati Limite di Esercizio

Allo Stato Limite di Esercizio le sollecitazioni sono state ricavate applicando le formule riportate nel D.M. 2018 al punto 2.5.3. Per le verifiche agli stati limite di esercizio, a seconda dei casi, si fa riferimento alle seguenti combinazioni di carico:

combinazione rara

$$F_d = \sum_{j=1}^m (G_{kj}) + Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\psi_{0i} \cdot Q_{ki}) + \sum_{h=1}^l (P_{kh})$$

combinazione
frequente

$$F_d = \sum_{j=1}^m (G_{kj}) + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\psi_{2i} \cdot Q_{ki}) + \sum_{h=1}^l (P_{kh})$$

combinazione quasi
permanente

$$F_d = \sum_{j=1}^m (G_{kj}) + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\psi_{2i} \cdot Q_{ki}) + \sum_{h=1}^l (P_{kh})$$

dove:

- G_{kj} valore caratteristico della j-esima azione permanente;
- P_{kh} valore caratteristico della h-esima deformazione impressa;
- Q_{kl} valore caratteristico dell’azione variabile di base di ogni combinazione;
- Q_{ki} valore caratteristico della i-esima azione variabile;
- ψ_{0i} coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili di durata breve ma ancora significativi nei riguardi della possibile concomitanza con altre azioni variabili;
- ψ_{1i} coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili ai frattili di ordine 0,95 delle distribuzioni dei valori istantanei;
- ψ_{2i} coefficiente atto a definire i valori quasi permanenti delle azioni ammissibili ai valori medi delle distribuzioni dei valori istantanei.

Ai coefficienti ψ_{0i} , ψ_{1i} , ψ_{2i} sono attribuiti i seguenti valori:

Categoria/Azione	ψ_{0i}	ψ_{1i}	ψ_{2i}
Categoria A – Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B – Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C – Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D – Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E – Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F – Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G – Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H – Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

In maniera analoga a quanto illustrato nel caso dello SLU le combinazioni risultanti sono state costruite a partire dalle sollecitazioni caratteristiche calcolate per ogni condizione di carico; a turno ogni condizione di carico accidentale è stata considerata sollecitazione di base (Q_{1k} nella formula (1)), con ciò dando origine a tanti valori combinati. Per ognuna delle combinazioni ottenute, in funzione dell’elemento (trave, pilastro, etc...) sono state effettuate le verifiche allo SLE (tensioni, deformazioni e fessurazione).

Negli allegati tabulati di calcolo sono riportanti i coefficienti relativi alle combinazioni di calcolo generate relativamente alle combinazioni di azioni "Quasi Permanente" (1), "Frequente" (3) e "Rara" (4).

Nelle sezioni relative alle verifiche allo SLE dei citati tabulati, inoltre, sono riportati i valori delle sollecitazioni relativi alle combinazioni che hanno originato i risultati più gravosi.

27. INDICAZIONE DEL METODO DI ANALISI EFFETTUATO

Il calcolo delle azioni sismiche è stato eseguito in **analisi dinamica modale**, considerando il comportamento della struttura in regime elastico lineare.

Il numero di **modi di vibrazione** considerato ha consentito, nelle varie condizioni, di mobilitare le seguenti percentuali delle masse della struttura:

Modi di vibrazione = 90

EDIFICIO ESISTENTE

Stato Limite	Direzione Sisma	%
salvaguardia della vita	X	89,75
salvaguardia della vita	Y	89,72
salvaguardia della vita	Z	-
salvaguardia della vita	Torsionale	-

Modi di vibrazione = 15

NUOVA STRUTTURA IN ACCIAIO

Stato Limite	Direzione Sisma	%
salvaguardia della vita	X	88,73
salvaguardia della vita	Y	98,62
salvaguardia della vita	Z	-
salvaguardia della vita	Torsionale	-

Per valutare la risposta massima complessiva di una generica caratteristica E , conseguente alla sovrapposizione dei modi, si è utilizzata una tecnica di combinazione probabilistica definita CQC (*Complete Quadratic Combination - Combinazione Quadratica Completa*):

$$E = \sqrt{\sum_{i,j=1,n} \rho_{ij} \cdot E_i \cdot E_j} \quad \text{con} \quad \rho_{ij} = \frac{8 \cdot \xi^2 \cdot (1 + \beta_{ij}) \cdot \beta_{ij}^2}{(1 - \beta_{ij}^2)^2 + 4 \cdot \xi^2 \cdot \beta_{ij} \cdot (1 + \beta_{ij}^2)} \quad \beta_{ij} = \frac{\omega_i}{\omega_j}$$

dove:

n è il numero di modi di vibrazione considerati;

ξ è il coefficiente di smorzamento viscoso equivalente espresso in percentuale;

β_{ij} è il rapporto tra le frequenze di ciascuna coppia $i-j$ di modi di vibrazione.

Le sollecitazioni derivanti da tali azioni sono state composte poi con quelle derivanti da carichi verticali, orizzontali non sismici secondo le varie combinazioni di carico probabilistiche. Il calcolo è stato effettuato mediante un programma agli elementi finiti le cui caratteristiche verranno descritte nel seguito.

Il calcolo degli effetti dell'azione sismica è stato eseguito con riferimento alla struttura spaziale, tenendo cioè conto degli elementi interagenti fra loro secondo l'effettiva realizzazione escludendo i tamponamenti. Non ci sono approssimazioni su tetti inclinati, piani sfalsati o scale, solette, pareti irrigidenti e nuclei.

Si è tenuto conto delle deformabilità taglienti e flessionali degli elementi monodimensionali; muri, pareti, setti, solette sono stati correttamente schematizzati tramite elementi finiti a tre/quattro nodi con comportamento a guscio (sia a piastra che a lastra).

Sono stati considerati sei gradi di libertà per nodo; in ogni nodo della struttura sono state applicate le forze sismiche derivanti dalle masse circostanti.

Le sollecitazioni derivanti da tali forze sono state poi combinate con quelle derivanti dagli altri carichi come prima specificato.

28. CRITERI DI VERIFICA AGLI STATI LIMITE INDAGATI

La verifica degli elementi allo SLU avviene col seguente procedimento:

- si costruiscono le combinazioni non sismiche in base al D.M. 2018, ottenendo un insieme di sollecitazioni;
- si combinano tali sollecitazioni con quelle dovute all'azione del sisma secondo quanto indicato nel §2.5.3, relazione (2.5.5) del D.M. 2018;
- per sollecitazioni semplici (flessione retta, taglio, etc.) si individuano i valori minimo e massimo con cui progettare o verificare l'elemento considerato; per sollecitazioni composte (pressoflessione retta/deviata) vengono eseguite le verifiche per tutte le possibili combinazioni e solo a seguito di ciò si individua quella che ha originato il minimo coefficiente di sicurezza.

VERIFICHE DI RESISTENZA

ELEMENTI IN MURATURA

Per quanto concerne la verifica degli **elementi in muratura** (maschi e fasce), visto che tali elementi sono schematizzati attraverso elementi FEM di tipo shell (HP Shell), si procede, preventivamente, a determinare le sollecitazioni agenti, attraverso l'integrazione delle tensioni eseguite su almeno tre sezioni (in testa, al piede ed in mezzeria per i maschi; a destra, a sinistra ed in mezzeria per le fasce). Una volta determinate le sollecitazioni (sforzo normale, momento e taglio nel piano e momento fuori piano) si procede alle verifiche di resistenza su tali elementi.

In particolare, per i **maschi murari**, vengono eseguite le seguenti verifiche:

- **Pressoflessione nel piano:** la verifica, per gli elementi in muratura ordinaria, si effettua confrontando il momento agente di calcolo (M_s) con il momento ultimo resistente (M_u), calcolato assumendo la muratura non reagente a trazione ed un'opportuna distribuzione non lineare delle compressioni, secondo l'espressione (7.8.2) del D.M. 17/01/2018. Nel caso di una sezione rettangolare, tale momento ultimo può essere calcolato come:

$$M_u = (L^2 \cdot t \cdot \sigma_0 / 2) \cdot (1 - s_0 / 0,85 \cdot f_d);$$

dove:

M_u è il momento corrispondente al collasso per pressoflessione;

L è la lunghezza complessiva della parete (inclusiva della zona tesa);

t è lo spessore della zona compressa della parete;

$\sigma_o = P/(L \cdot t)$ è la tensione normale media, riferita all'area totale della sezione, con P forza assiale agente (positiva se di compressione). $M_R = 0$ se P è di trazione oppure se $(1 - s_o/0,85 \cdot f_d) < 0$;

$f_d = f_k/\gamma_M$ è la resistenza a compressione di calcolo della muratura.

Per gli elementi realizzati in muratura armata, il momento ultimo resistente viene calcolato secondo quanto indicato al §7.8.3.2.1 del D.M. 2018, ossia assumendo un diagramma delle compressioni rettangolare, con profondità $0,8 \cdot x$, dove x rappresenta la profondità dell'asse neutro, e sollecitazione pari a $0,85 \cdot f_d$. Le deformazioni massime considerate sono pari a $e_m = 0,0035$ per la muratura compressa e $\varepsilon_s = 0,01$ per l'acciaio tes.

- **Taglio nel piano:** la verifica, per gli elementi in muratura ordinaria, si effettua confrontando il taglio agente di calcolo (V_{Ed}) con il taglio ultimo resistente (V_{Rd}) calcolato secondo l'espressione (7.8.3) del D.M. 2018. Per gli elementi realizzati in muratura armata, il taglio ultimo resistente (V_{Rd}) è calcolato secondo quanto indicato al §7.8.3.2.2 del D.M. 2018 .
- **Pressoflessione fuori piano:** la verifica, degli elementi in muratura ordinaria, per le combinazioni sismiche, si effettua confrontando il momento agente di calcolo (M_s) con il momento ultimo resistente (M_R), calcolato assumendo un diagramma delle compressioni rettangolare, con un valore di resistenza pari a $0,85 \cdot f_d$ e trascurando la resistenza a trazione della muratura. Nel caso di una sezione rettangolare tale momento ultimo può essere calcolato come:

$$M_R = (t^2 \cdot L \cdot s_o / 2) \cdot (1 - \sigma_o / 0,85 \cdot f_d);$$

dove:

M_R è il momento corrispondente al collasso per pressoflessione;

L è la lunghezza complessiva della parete (inclusiva della zona tesa);

t è lo spessore della zona compressa della parete;

$\sigma_o = P/(L \cdot t)$ è la tensione normale media, riferita all'area totale della sezione, con P forza assiale agente (positiva se di compressione). $M_R = 0$ se P è di trazione oppure se $(1 - s_o/0,85 \cdot f_d) < 0$;

$f_d = f_k/\gamma_M$ è la resistenza a compressione di calcolo della muratura.

Per le combinazioni in assenza di sisma, invece, tale verifica viene effettuata secondo quanto indicato al §4.5.6.2 del D.M. 2018, confrontando lo sforzo normale di calcolo (N_s) con lo sforzo normale resistente (N_R). Nel caso di una sezione rettangolare tale sforzo normale resistente può essere calcolato come:

$$N_R = F_t \cdot A \cdot f_d;$$

dove:

$A = L \cdot t$ è l'area della parete;

$f_d = f_k/g_M$ è la resistenza a compressione di calcolo della muratura;

F_t è il coefficiente "trasversale" di riduzione della resistenza; in particolare:

- per le sezioni di **testa/piede** viene calcolato con la relazione (6.4) (EN 1996-1-1:2006):

$$F_t = 1 - 2 \cdot e_i / t; \quad \text{con } e_i = e_{FP} + e_{imp} = M_s / N_s + H / 200 \geq 0,05 \cdot t.$$

- per le sezioni di **mezzeria** viene calcolato secondo le indicazioni di Annex G EN 1996-1-1:2006

Per gli elementi realizzati in muratura armata, il momento ultimo resistente (M_R) è calcolato secondo quanto indicato al §7.8.3.2.3 del D.M. 2018, ossia adottando un diagramma delle compressioni e valori di deformazione limite per muratura e acciaio in modo analogo al caso di verifica nel piano.

- **Snellezza:** la verifica si effettua confrontando il valore della snellezza di calcolo con il valore della snellezza limite, al fine di controllare il requisito geometrico delle pareti resistenti al sisma oppure di limitare gli effetti del secondo ordine in caso di calcolo non sismico.

Per le **fasce murarie** (o travi di accoppiamento in muratura), vengono eseguite, qualora siano state incluse nella modellazione strutturale, le seguenti verifiche:

- **Pressoflessione nel piano:** la verifica si effettua allo stesso modo di quanto previsto per i pannelli murari verticali (maschi). Nel caso di muratura ordinaria, qualora siano presenti, in prossimità della trave in muratura, elementi orizzontali dotati di resistenza a trazione (catene, cordoli, ecc.), il valore della resistenza può essere assunto non superiore al valore ottenuto dall'espressione (7.8.5) del D.M. 2018:

$$M_R = H_p \cdot h / 2 \cdot [1 - H_p / (0,85 \cdot f_{hd} \cdot h \cdot t)];$$

dove

H_p : minimo tra la resistenza a trazione dell'elemento teso disposto orizzontalmente ed il valore 0,4 $f_{hd} \cdot h \cdot t$;

$f_{hd} = f_{hk} / g_M$: resistenza di calcolo a compressione della muratura in direzione orizzontale (nel piano della parete).

- **Taglio nel piano:** la verifica si effettua allo stesso modo di quanto previsto per i pannelli murari verticali (maschi). Nel caso di muratura ordinaria, qualora siano presenti, in prossimità della trave in muratura, elementi orizzontali dotati di resistenza a trazione (catene, cordoli, ecc.), il valore della resistenza può essere assunto non superiore al valore ottenuto dal minimo tra l'espressione (7.8.4) e (7.8.6) del D.M. 2018:

$$V_t = h \cdot t \cdot f_{vd0};$$

$$V_R = \min \{V_t; V_p\}$$

con

$$V_p = H_p \cdot h / L \cdot [1 - H_p / (0,85 \cdot f_{hd} \cdot h \cdot t)];$$

dove

h : altezza della sezione della trave;

$f_{vd0} = f_{vk0} / \gamma_M$: resistenza di calcolo a taglio in assenza di compressione;

L : luce libera della trave in muratura.

Nei **"Tabulati di calcolo"**, per brevità, non potendo riportare una così grossa mole di dati, si riportano le sollecitazioni che hanno dato luogo al minimo coefficiente di sicurezza.

ELEMENTI IN C. A.

Illustriamo, in dettaglio, il procedimento seguito in presenza di pressoflessione deviata (pilastri e trave di sezione generica):

- per tutte le terne M_x, M_y, N , individuate secondo la modalità precedentemente illustrata, si calcola il Coefficiente di sicurezza in base alla formula 4.1.19 del D.M. 2018, effettuando due verifiche a pressoflessione retta con la seguente formula:

$$\left(\frac{M_{Ex}}{M_{Rx}}\right)^{\alpha} + \left(\frac{M_{Ey}}{M_{Ry}}\right)^{\alpha} \leq 1$$

dove:

M_{Ex}, M_{Ey} sono i valori di calcolo delle due componenti di flessione retta dell'azione attorno agli assi di flessione X ed Y del sistema di riferimento locale;

M_{Rx}, M_{Ry} sono i valori di calcolo dei momenti resistenti di pressoflessione retta corrispondenti allo sforzo assiale N_E valutati separatamente attorno agli assi di flessione.

L'esponente α può dedursi in funzione della geometria della sezione, della percentuale meccanica dell'armatura e della sollecitazione di sforzo normale agente.

- se per almeno una di queste terne la relazione 4.1.19 non è rispettata, si incrementa l'armatura variando il diametro delle barre utilizzate e/o il numero delle stesse in maniera iterativa fino a quando la suddetta relazione è rispettata per tutte le terne considerate.

Sempre quanto concerne il progetto degli elementi in c.a. illustriamo in dettaglio il procedimento seguito per le travi verificate/semiprogettate a pressoflessione retta:

- per tutte le coppie M_x, N , individuate secondo la modalità precedentemente illustrata, si calcola il coefficiente di sicurezza in base all'armatura adottata;
- se per almeno una di queste coppie esso è inferiore all'unità, si incrementa l'armatura variando il diametro delle barre utilizzate e/o il numero delle stesse in maniera iterativa fino a quando il coefficiente di sicurezza risulta maggiore o al più uguale all'unità per tutte le coppie considerate.

Per le strutture, o parti di strutture, progettate con comportamento strutturale non dissipativo, come il caso in esame, la capacità delle membrature soggette a flessione o pressoflessione è stato calcolato, a livello di sezione, al raggiungimento della curvatura di prima plasticizzazione f_y di cui al § 4.1.2.3.4.2 del DM 2018.

Nei "Tabulati di calcolo", per brevità, non potendo riportare una così grossa mole di dati, si riporta la terna M_x, M_y, N , o la coppia M_x, N che ha dato luogo al minimo coefficiente di sicurezza. Una volta semiprogettate le armature allo SLU, si procede alla verifica delle sezioni allo Stato Limite di Esercizio con le sollecitazioni derivanti dalle combinazioni rare, frequenti e quasi permanenti; se necessario, le armature vengono integrate per far rientrare le tensioni entro i massimi valori previsti. Successivamente si procede alle verifiche alla deformazione, quando richiesto, ed alla fessurazione che, come è noto, sono tese ad assicurare la durabilità dell'opera nel tempo.

Verifica di punzonamento dei nodi

I nodi in c.a. sono stati verificati a punzonamento ai sensi dei §§ 6.4 e 9.4.3 dell'Eurocodice 2 (UNI EN 1992-1-1:2015). La verifica è stata eseguita nel modo illustrato nel seguito.

STEP 1: verifica dell'idoneità geometrica

In primo luogo è stato verificato che l'elemento punzonante e quello punzonato siano dimensionati correttamente. Per effettuare questo controllo viene individuato un perimetro di verifica (detto u_0) pari al perimetro utile dell'elemento punzonante (es. perimetro del pilastro) in funzione della posizione (interna, di bordo o d'angolo). Nella figura che segue vengono illustrati alcuni casi tipici.

interno	di bordo	d'angolo
$u_0 = 2(c_1 + c_2)$	$u_0 = c_2 + 3d \leq c_2 + 2c_1$	$u_0 = 3d \leq c_1 + c_2$

Si noti che, nella tabella precedente, d rappresenta l'altezza utile dell'elemento punzonato, pari alla media delle altezze utili nelle due direzioni armate (d_y e d_z):

$$d = \frac{d_y + d_z}{2}$$

dove:

- $d_y = h - c - \frac{\Phi_y}{2}$ è l'altezza utile lungo y;
- $d_z = h - c - \Phi_y - \frac{\Phi_z}{2}$ è l'altezza utile lungo z;
- c è il copriferro, ovvero il ricoprimento delle armature;
- Φ_y e Φ_z sono i diametri delle barre delle armature longitudinali della soletta nelle direzioni principale e secondaria. La verifica lungo il perimetro caricato consiste nel controllare che (eq. (6.53) UNI EN 1992-1-1:2015):

$$vEd,0 = b \cdot VEd / (u_0 \cdot d) \leq vRd,max = 0,5 \cdot v \cdot fcd;$$

dove: - β è un coefficiente che dipende dall'eccentricità (rapporto tra momento flettente e sforzo normale) del carico applicato all'elemento punzonante. In via semplificata, questo fattore può essere stimato in relazione alla posizione in pianta del pilastro (si veda la seguente Fig. 6.21N della UNI EN 1992-1-1:2015 e la relativa tabella);

- VEd è lo sforzo di punzonamento di progetto allo SLU;
- $v = 0,6$ ($1 - fck/250$).

STEP 2: Verifica lungo il perimetro critico in assenza di armature

La verifica di punzonamento si esegue normalmente in corrispondenza del perimetro critico (indicato con u_1) lungo il quale si assume che possa verificarsi, allo stato limite ultimo, la rottura a punzonamento. Il perimetro critico di pilastri in elevazione, ai sensi della UNI EN 1992-1-1:2015, è ad una distanza $2d$ dal perimetro convesso dell'elemento punzonante, eventualmente escludendo i limiti della soletta (per pilastri di bordo e d'angolo, cfr. Figg. 6.13 e 6.15 UNI EN 1992-1-1:2015):

pilastro Interno	pilastro di Bordo	pilastro d'Angolo
$u_1 = 2 \cdot (c_1 + c_2) + 4 \cdot \pi \cdot d$	$u_1 = c_2 + 2 \cdot c_1 + 2 \cdot \pi \cdot d$	$u_1 = c_1 + c_2 + \pi \cdot d$

Nel caso di elementi di fondazione, invece, il perimetro critico è da individuarsi in modo iterativo tra tutti quelli con il minore coefficiente di sicurezza, fino ad una distanza di $2d$ dal pilastro. Similmente a quanto avviene per gli elementi non armati a taglio con una specifica armatura trasversale (si pensi ai solai), è possibile assumere una resistenza intrinseca dell'elemento punzonato anche in assenza di armature (trattandosi di un meccanismo a taglio):

$$V_{Ed,1} = \frac{\beta V_{Ed}}{u_1 d} \leq V_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{V^3} + k_1 \sigma_{cp} \geq (V_{min} + k_1 \sigma_{cp})$$

dove:

- $C_{rl,e} = \frac{0,18}{\gamma_e}$;
- $k = \min \left[1 + \sqrt{\frac{200}{d[nm]}}; 2 \right]$;
- $\rho_l = \sqrt{\rho_y \cdot \rho_z} \leq 0,02$;
- $\rho_y = \frac{A_{sy}}{(c_1 + 6d)d}$ e $\rho_z = \frac{A_{sz}}{(c_2 + 6d)d}$ sono le armature longitudinali nelle due direzioni che attraversano la dimensione colonna (c_1 o c_2) maggiorata di $3d$ su ciascun lato;
- $k_1 = 0,1$
- $\sigma_{cp} = \frac{\sigma_{cy} + \sigma_{cz}}{2}$ è la tensione normale media nelle direzioni y e z del piano della soletta (per esempio dovute alla precompressione);
- $\sigma_{cy} = \frac{N_{Ed,y}}{A_{cy}}$ $\sigma_{cz} = \frac{N_{Ed,z}}{A_{cz}}$;
- $V_{min} = 0,035k^3t^2f_{ck}^{y,z} [MPa]$.

STEP 3: Progetto delle armature a punzonamento

Qualora non sia possibile, con il solo contributo del calcestruzzo, assorbire la totalità dello sforzo punzonante, vengono disposte delle armature a punzonamento di area totale, lungo il perimetro critico, pari ad Asw . Siccome non è nota a priori la reale posizione della superficie critica di rottura a punzonamento, la norma prevede di “replicare” queste armature in modo concentrico rispettando i limiti dimensionali indicati nel prosieguo. Vengono, quindi, disposte un certo numero di “file”, tutte di area totale Asw e concentriche al pilastro e via via più distanti da questo. L’armatura totale a punzonamento di una fila (Asw) deve essere scelta in modo tale che sia soddisfatta la seguente verifica:

$$V_{Ed,1} \leq V_{Rd,cs} = 0,75 \cdot V_{Rd,c} + 1,5 \cdot (d/s_r) A_{sw} \cdot f_{ywd,ef} \cdot \sin\alpha / (u_1 \cdot d);$$

dove:

- s_r è l’interasse radiale dell’armatura a punzonamento (ovvero la distanza tra due file di armature concentriche);
- $f_{ywd,ef}$ è la tensione di snervamento di progetto efficace delle armature a punzonamento:

$$f_{ywd,ef} = 250 + 0,25 \cdot d \leq f_{ywd};$$
- α è l’angolo di inclinazione dell’armatura a punzonamento con l’orizzontale.

È possibile scegliere tra due possibili tipologie di armature a punzonamento:

- 1) cuciture verticali (pioli o perni tipo “stud”): in questo caso, trattandosi di armature verticali, sarà possibile assumere $\alpha = 90^\circ$;
- 2) ferri piegati: in questo caso, la piegatura potrà avvenire con un angolo a compreso tra 30° e 45° e si potrà assumere, nel caso di un’unica fila di armature:

$$(d/s_r) = 0,67.$$

STEP 4: Dettagli esecutivi

La disposizione delle armature a punzonamento deve essere fatta seguendo i dettagli esecutivi indicati nel § 9.4.3 della UNI EN 1992-1-1:2015. In primo luogo occorrerà calcolare il perimetro u_{out} oltre il quale non sono più richieste armature. Quest’ultimo è pari a:

$$u_{out,ef} = \beta \cdot V_{Ed} / (V_{Rd,c} \cdot d)$$

I dettagli esecutivi possono essere così riassunti (cfr. Fig. 9.10 UNI EN 1992-1-1:2015):

- 1) per cuciture verticali: la prima fila deve partire ad una distanza compresa tra 0,3 e 0,5 d dalla faccia del pilastro; le file devono essere distanziate tra loro di una quantità \leq di 0,75 d; l'ultima fila deve essere disposta ad una distanza \leq di 1,5 d dal perimetro uout;
- 2) per ferri piegati: la prima fila deve partire ad una distanza minore di 0,5 d dalla faccia del pilastro; le barre possono essere disposte in pianta ad una distanza dalle facce del pilastro minore o uguale a 0,25 d; le file devono essere distanziate tra loro di una quantità minore o uguale a 0,75 d; l'ultima fila deve essere disposta ad una distanza minore o uguale a 1,5 d dal perimetro uout.

Infine, l'area minima della singola armatura a punzonamento deve risultare:

$$A_{sw,1} \geq A_{sw,min} = \frac{0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk}}{(1,5 \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r s_t)}$$

dove s_t è la distanza tangenziale massima tra le armature lungo una stessa fila, pari ad almeno 1,5 d per file interne al perimetro u1 e 2 d per file esterne al perimetro u1.

ELEMENTI IN ACCIAIO

Per quanto concerne la verifica degli elementi in acciaio, le verifiche effettuate per ogni elemento dipendono dalla funzione dell'elemento nella struttura. Ad esempio, elementi con prevalente comportamento assiale (controventi o appartenenti a travature reticolari) sono verificate a trazione e/o compressione; elementi con funzioni portanti nei confronti dei carichi verticali sono verificati a Pressoflessione retta e Taglio; elementi con funzioni resistenti nei confronti di azioni orizzontali sono verificati a pressoflessione deviata e taglio oppure a sforzo normale se hanno la funzione di controventi. Le verifiche allo SLU sono effettuate sempre controllando il soddisfacimento della relazione:

$$R_d \geq S_d$$

dove R_d è la resistenza calcolata come rapporto tra R_k (resistenza caratteristica del materiale) e γ (coefficiente di sicurezza), mentre S_d è la generica sollecitazione di progetto calcolata considerando tutte le Combinazioni di Carico per lo Stato Limite esaminato.

La resistenza viene determinata, in funzione della Classe di appartenenza della Sezione metallica, col metodo Elastico o Plastico (vedi §4.2.3.2 del D.M. 2018).

Viene portato in conto l'indebolimento causato dall'eventuale presenza di fori.

Le verifiche effettuate sono quelle previste al §4.2.4.1.2 D.M. 2018 ed in particolare:

- Verifiche di Trazione
- Verifiche di Compressione
- Verifiche di Flessione Monoassiale
- Verifiche di Taglio (considerando l'influenza della Torsione) assiale e biassiale.
- Verifiche per contemporanea presenza di Flessione e Taglio
- Verifiche per Pressoflessione retta e biassiale

Nei "Tabulati di calcolo", per ogni tipo di Verifica e per ogni elemento interessato dalla Verifica, sono riportati i valori delle resistenze e delle sollecitazioni che hanno dato il minimo coefficiente di sicurezza, calcolato generalmente come:

$$CS = R_d / S_d.$$

VERIFICHE DI INSTABILITÀ

Per tutti gli elementi strutturali sono state condotte verifiche di stabilità delle membrature secondo le indicazioni del §4.2.4.1.3 del D.M. 2018; in particolare sono state effettuate le seguenti verifiche:

- Verifiche di stabilità per compressione semplice, con controllo della snellezza.
- Verifiche di stabilità per elementi inflessi.
- Verifiche di stabilità per elementi inflessi e compressi.

Le verifiche sono effettuate considerando la possibilità di instabilizzazione flessotorsionale.

Nei *"Tabulati di calcolo"*, per ogni tipo di verifica e per ogni elemento strutturale, sono riportati i risultati di tali verifiche.

VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ

Sono state condotte le verifiche definite al §4.2.4.2 del D.M. 2018 e in particolare si citano:

- Verifiche agli spostamenti verticali per i singoli elementi (§4.2.4.2.1 D.M. 2018).
- Verifiche agli spostamenti laterali per i singoli elementi (§4.2.4.2.2 D.M. 2018).
- Verifiche agli spostamenti per il piano e per l'edificio (§4.2.4.2.2 D.M. 2018).

I relativi risultati sono riportati nei *"Tabulati di calcolo"*.

VERIFICHE SLD

Essendo la struttura di Classe 3 sono state condotte le Verifiche allo Stato Limite di Danno come indicato al par. 7.3.6.1 del D.M. 2018, assumendo fattori parziali dei materiali γ_m pari a 1.

DETTAGLI STRUTTURALI

Il progetto delle strutture è stato condotto rispettando i dettagli strutturali previsti dal D.M. 2018, nel seguito illustrati. Il rispetto dei dettagli può essere evinto, oltreché dagli elaborati grafici, anche dalle verifiche riportate nei tabulati allegati alla presente relazione.

29. RAPPRESENTAZIONE DELLE CONFIGURAZIONI DEFORMATE E DELLE CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE DELLE STRUTTURE PIU SIGNIFICATIVE

Tali elaborati hanno lo scopo di riassumere il comportamento della struttura relativamente al tipo di analisi svolta e possono riportare informazioni sintetiche e schemi relativi a carichi, sollecitazioni e sforzi, spostamenti, tensioni sul terreno, etc.

Sono riportati in elaborato allegato le rappresentazioni che sintetizzano i valori numerici dei coefficienti di sicurezza nelle sezioni significative della struttura stessa. Per ogni singolo elaborato grafico, contenente un telaio, una parte della struttura o la struttura nel suo insieme, si riportano indicazioni sulle convenzioni adottate e sulle unità di misura, nonché disegni, schemi grafici e mappature cromatiche che schematizzano il comportamento complessivo della struttura.

Grazie alle mappature a colori, per ciascun tipo di risultato, si fornisce un quadro chiaro e sintetico: è possibile rilevare agevolmente il valore delle diverse grandezze in base al colore assunto dagli elementi della struttura. Ogni colore rappresenta un determinato valore, dal blu (corrispondente generalmente al valore minimo) al rosso (generalmente valore massimo), passando attraverso le varie sfumature di colore corrispondenti ai valori intermedi.

Prima di ogni tipologia di risultato è riportata la scala cromatica con l'indicazione numerica del valore minimo e massimo.

30. CARATTERISTICHE E AFFIDABILITÀ DEL CODICE DI CALCOLO

Nome del Software	EdiLus
Versione	BIM 3(e)
Caratteristiche del Software	Software per il calcolo di strutture agli elementi finiti per Windows
Numero di serie	17020699
Produzione e Distribuzione	ACCA software S.p.A. Via Contrada Rosole n.13 83043 BAGNOLI IRPINO (AV) Tel. 0827/69504 r.a. - Fax 0827/601235 e-mail: info@acca.it - Internet: www.acca.it

Il pacchetto consente di modellare la struttura, di effettuare il dimensionamento e le verifiche di tutti gli elementi strutturali e di generare gli elaborati grafici esecutivi.

È una procedura integrata dotata di tutte le funzionalità necessarie per consentire il calcolo completo di una struttura mediante il metodo degli elementi finiti (FEM); la modellazione della struttura è realizzata tramite elementi Beam (travi e pilastri) e Shell (platee, pareti, solette, setti, travi-parete).

L'input della struttura avviene per oggetti (travi, pilastri, solai, solette, pareti, etc.) in un ambiente grafico integrato; il modello di calcolo agli elementi finiti, che può essere visualizzato in qualsiasi momento in una apposita finestra, viene generato dinamicamente dal software.

Aposite funzioni consentono la creazione e la manutenzione di archivi Sezioni, Materiali e Carichi; tali archivi sono generali, nel senso che sono creati una tantum e sono pronti per ogni calcolo, potendoli comunque integrare/modificare in ogni momento.

L'utente non può modificare il codice ma soltanto eseguire delle scelte come:

- definire i vincoli di estremità per ciascuna asta (vincoli interni) e gli eventuali vincoli nei nodi (vincoli esterni);
- modificare i parametri necessari alla definizione dell'azione sismica;
- definire condizioni di carico;
- definire gli impalcati come rigidi o meno.

Il programma è dotato di un manuale tecnico ed operativo. L'assistenza è effettuata direttamente dalla casa produttrice, mediante linea telefonica o e-mail.

Il calcolo si basa sul solutore agli elementi finiti MICROSAP prodotto dalla società TESYS srl. La scelta di tale codice è motivata dall'elevata affidabilità dimostrata e dall'ampia documentazione a disposizione, dalla quale risulta la sostanziale uniformità dei risultati ottenuti su strutture standard con i risultati internazionalmente accettati ed utilizzati come riferimento.

Tutti i risultati del calcolo sono forniti, oltre che in formato numerico, anche in formato grafico permettendo così di evidenziare agevolmente eventuali incongruenze.

Il programma consente la stampa di tutti i dati di input, dei dati del modello strutturale utilizzato, dei risultati del calcolo e delle verifiche dei diagrammi delle sollecitazioni e delle deformate.

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. La documentazione, fornita dal produttore e

distributore del software, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, corredati dei file di input necessari a riprodurre l'elaborazione. La società produttrice, ACCA SPA, ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

Documentazione di Affidabilità

<http://forum.acca.it/it/edilus/id10198/documentazione-di-affidabilita-del-codice-di-calcolo.html>

Per la struttura non sono stati eseguiti controlli incrociati sui risultati di calcolo attraverso l'esecuzione dei calcoli da soggetto, prescelto dal Committente, diverso da quello originario mediante programmi di calcolo diversi da quelli usati originariamente.

Casi prova

http://servizi.accasoftware.com/uploads/id39896/212877_1605862112_doc_affidabilita_04_casi_mu_fullit.pdf

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. In particolare la relazione di calcolo oltre a illustrare in modo esaustivo i dati in ingresso e i risultati delle analisi in forma tabellare, riporta una serie di immagini, almeno per le parti più sollecitate della struttura, tale da avere una sintesi completa e efficace del comportamento della struttura per ogni tipo di analisi svolta.

Il programma prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione (diagnostica), del non rispetto delle limitazioni geometriche e di armatura e della presenza di elementi non verificati. Al termine dell'analisi un controllo automatico identifica la presenza di spostamenti e quant'altro attraverso una tabella interrogativa dei risultati di calcolo. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabulare, la quasi totalità dei dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

31. GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

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 con metodi tradizionali e adottati, anche in fase di primo proporzionamento della struttura. Inoltre, sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni. In base a quanto detto, si può asserire che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

32. ESITI DELLE VERIFICHE IN FONDAZIONE

Gli interventi previsti da progetto non comportano una modifica significativa dei carichi agenti sulla struttura esistente. Si ritengono quindi trascurabili ulteriori verifiche delle fondazioni esistenti.

33. INDICAZIONE DELLA CATEGORIA DI INTERVENTO

Il progetto prevede sia interventi sul fabbricato esistente che la realizzazione di nuovi elementi. Si possono individuare quindi le seguenti tipologie:

EDIFICIO ESISTENTE

Ai sensi del Pt. 8.4.2 del D.M.17.gennaio 2018, l'intervento è classificabile come **INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO** in quanto:

"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 Z_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 Z_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 Z_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 $Z_E = 1,0$."

NUOVA STRUTTURA IN ACCIAIO

L'intervento è classificabile come **NUOVA COSTRUZIONE**.

34. DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA ESISTENTE NEL SUO INSIEME E DELLE INTERAZIONI CON ALTRE UNITA' ADIACENTI

Il fabbricato si trova nel centro di Faenza, si eleva su n°2 piani fuori terra con struttura portante in muratura piena e malta di calce. I solai di piano sono costituiti da strutture in acciaio e laterizi e strutture in legno. Le fondazioni sono caratterizzate dai prolungamenti delle tracce delle murature portanti nel terreno.

Allo stato attuale sono state rilevate le seguenti destinazioni d'uso:

Piano terra	locali destinati a scuola
Piano primo	locali destinati a scuola
Superficie Coperta Blocco principale	810 mq circa
Superficie Utile Lorda Fabbricato	Piano terra 810 mq circa Piano primo 810 mq circa
Fondazioni	Muratura in mattoni pieni
Pareti Portanti	Muratura in mattoni pieni sp. 15-30 cm
Solai di piano	Diverse tipologie (volte a botte, a crociera, a padiglione realizzate con elementi lignei che sorreggono un cannucciato rivestito in gesso; solai piani in putrelle e tavelloni con riempimento e soletta, solai in legno con assito in legno e solai in plafone in canna e gesso)
Solai di copertura	Struttura in legno con travicelli e tavelloni

Il fabbricato sopra descritto non risulta avere interazioni con strutture adiacenti.

NUOVA STRUTTURA IN ACCIAIO

Il progetto prevede la realizzazione di una scala d'emergenza in acciaio con annesso ascensore per l'accesso diretto al fabbricato principale dall'ala servizi posta sul lato nord-est. Dalla nuova struttura si accede al pianoterra ed al piano primo, tramite due nuove aperture, realizzate in corrispondenza delle finestre esistenti.

La struttura è realizzata in acciaio, con struttura intelaiata e controventata.

Alla base è prevista una platea in c.a. realizzata in opera si spessore 30cm.

Le principali caratteristiche sono di seguito riassunte:

Superficie Coperta	30 mq circa
Fondazioni	Platea in c.a.
Struttura in Elevazione	Struttura in carpenteria metallica
Solai di piano/ gradini	Grigliato metallico

35. DEFINIZIONE DELLE PROPRIETÀ MECCANICHE DEI MATERIALI COSTITUENTI LE STRUTTURE INTERESSATE DALL'INTERVENTO

E' stato effettuato un esame visivo delle pareti portanti componenti la struttura del fabbricato, con esecuzione di verifiche delle caratteristiche e tipologie delle murature, dei solai e degli elementi principali in legno, in acciaio e in c.a. previa asportazione di intonaci e finiture dagli elementi strutturali indagati e la esecuzione di perforazioni con trapano o carotatrice con ispezioni endoscopiche (ove possibile) che hanno permesso di definire le caratteristiche dei materiali da costruzione.

La documentazione fornita dalla proprietà relativa a precedenti interventi è stata usata come base per le verifiche geometriche del fabbricato, per l'individuazione dei punti in cui effettuare i sondaggi e per la modellazione strutturale. Si è ritenuto necessario integrare i dati forniti con indagini e saggi di approfondimento sulle strutture con particolare riferimento a: paramenti murari, orizzontamenti ed elementi secondari (elementi lignei, muri di tamponamento, cornicioni, rampe e pianerottoli, ecc...) per definirne le caratteristiche strutturali in relazione sia alla funzione statica, sia all'interazione con le strutture verticali ed al comportamento sismico globale

Questo ha permesso una conoscenza approfondita del fabbricato, insieme ai saggi e alle prove di carico, mantenendo comunque a favore di sicurezza un Livello di Conoscenza pari a **LC 1**.

In base a quanto concordato con la committente, è stato deciso di mantenere un Livello di Conoscenza del fabbricato pari a un LC1, ai sensi della circolare esplicativa n° 7-2019 del 0.101.19 alle NTC 2018, capitolo C8A (appendice al capitolo 8). Sono state svolte comunque opportune indagini, che riguardano il Rilievo Geometrico, i Dettagli Costruttivi e le Proprietà dei materiali.

Si riporta quindi di seguito una tabella sintetica sulle caratteristiche delle murature impiegate per la verifica della struttura in esame:

Strutture in muratura

Sono state condotte indagini e valutazioni sulla base delle tecniche costruttive all'epoca relative a: tipo di legante, tipo di aggregato, rapporto legante/aggregato, livello di carbonatazione, tipologia di pietre e/o mattoni (caratteristiche fisiche e meccaniche) senza prove sperimentali.

Si è considerato una muratura a mattoni pieni e malta di calce e una muratura con blocchi in laterizio forati
livello di conoscenza LC1.

Strutture in legno

Si è considerato un **Legno Massello tipo C20**.

Strutture in acciaio

Si è considerato un **Acciaio tipo S275**.

Strutture in C.A.

Si è considerato un **c.a. con calcestruzzo tipo Rck 200 e acciaio liscio tipo FEB 22**

Per quanto riguarda l'idoneità statica sui solai sono stati eseguiti opportuni saggi e prove di carico sui solai esistenti allo scopo di determinarne la reale consistenza strutturale e constatare lo stato di conservazione degli elementi strutturali.

36. RISULTATI PIU SIGNIFICATIVI EMERSI DAL CONFRONTO TRA I LIVELLI DI SICUREZZA PRE E POST INTERVENTO

Nella relazione sulla valutazione della sicurezza sono riportati i risultati del confronto fra le accelerazioni di collasso delle murature per ogni piano e nel complesso, fra lo stato di fatto e lo stato di progetto, per la verifica del miglioramento sismico previsto nelle ipotesi di progetto, valutando *“il minimo valore della media pesata delle accelerazioni di collasso nei confronti della verifica a pressoflessione nel piano, della verifica a pressoflessione fuori piano, verifica a taglio nel piano, verifica a deformazione ultima del maschio che vede il collasso di un numero di maschi murari in una configurazione tale da non garantire la resistenza del fabbricato nel suo complesso.”*

Il grado di miglioramento globale del fabbricato, nei confronti della ζ_E , a seguito degli interventi di miglioramento, è nel complesso non minore di 0,1 e inoltre ζ_E allo stato di progetto è non minore di 0,6 come richiesto al paragrafo 8.4.2 per le costruzioni di classe III ad uso scolastico.

RILIEVO GEOMETRICO STRUTTURALE

37. MODALITA' DI CONDUZIONE DEL RILIEVO GEOMETRICO STRUTTURALE

Il rilievo geometrico-strutturale è stato effettuato:

- Partendo dalla analisi storico critica della consistenza del fabbricato e delle sue modificazioni nel tempo;
- Verificando le dimensioni degli elementi strutturali in pianta ed in alzato;
- Effettuando ispezioni sulla consistenza degli impalcati tramite saggi esplorativi per piccoli tratti di maschi murari e di solaio.

Tali operazioni hanno permesso di individuare:

- Sistema resistente e la sua configurazione geometrica
- Dettagli costruttivi
- Stato del dissesto
- Stato di conservazione dei materiali e gli elementi resistenti

38. ANALISI STORICO-CRITICA

Il fabbricato oggetto di intervento attualmente ospita la sezione linguistica del *Liceo Torricelli – Ballardini* di Faenza, mantenendo la sua originaria funzione scolastica.

L'edificio, venne eretto tra il Settembre 1920 e il Novembre 1921 per essere adibito a scuola elementare rionale, destinata ad accogliere gli alunni del rione verde e parte di quelli del rione rosso, a seguito dell'aumento della popolazione e dell'introduzione della classe VI elementare, fattori che rendevano insufficienti gli spazi scolastici esistenti in città.

Il nuovo istituto sorse nell'area dell'*Orfanotrofio delle Micheline*, acquistato dal Comune di Faenza, rappresentato dal sindaco ing. Enrico Camangi, il 22 dicembre 1917. L'area si colloca tra via Cavour, via Santa Maria dell'Angelo e via Pascoli (all'epoca denominata via Monaldina).

L'edificio a sviluppo longitudinale e costituito da due piano fuori terra, venne concepito dall'ing. Giuseppe Tramontani dell'ufficio tecnico per ospitare 710 alunni in 14 aule (6 al piano terra e 8 al piano primo) esposte a Sud – Est.

L'accesso principale venne collocato su via Pascoli. Il piano terra ospitava, oltre alle aule, un ambiente per la Direzione e una sala insegnati, entrambi dotati di anticamera, e un ampio atrio per l'accesso degli alunni in cui era collocata la postazione dei bidelli. I corridoi di distribuzione furono posizionati sul fronte strada, per proteggere le aule dal rumore generato dal traffico, mentre la distribuzione verticale venne garantita da uno scalone a tenaglia collocato in posizione baricentrica all'edificio.

Nei primi anni Duemila la proprietà dell'edificio è passata dal Comune di Faenza alla Provincia di Ravenna, che ha operato degli interventi volti all'adeguamento normativo, al fine di mantenere la destinazione scolastica del fabbricato adibendolo a sede della sezione linguistica del Liceo Torricelli di Faenza.

Nel corso di tali lavori è stato ampliato e ristrutturato il corpo sud contenente i bagni, al fine di adeguare i servizi igienici e garantire le necessarie vie di fuga, con l'introduzione di una scala antincendio. Tale volume è stato inoltre utilizzato per l'alloggiamento delle macchine di trattamento dell'aria. La distribuzione interna

del corpo principale è stata modificata solo in minima parte per permettere la realizzazione di aule speciali e la distribuzione di accesso all'ampliamento sud. Si è inoltre intervenuti sugli impianti creando sopra i corridoi una passerella metallica contenente tutti i sistemi impiantistici della scuola che da questo percorso vengono smistati nei diversi ambienti. Si sono infine sostituiti infissi e finiture.

Descrizione sommaria dell'edificio oggetto di intervento

Il fabbricato si trova nel centro di Faenza, si eleva su n°2 piani fuori terra con struttura portante in muratura piena e malta di calce. I solai di piano sono costituiti da strutture in acciaio e laterizi e strutture in legno. Le fondazioni sono caratterizzate dai prolungamenti delle tracce delle murature portanti nel terreno.

Allo stato attuale sono state rilevate le seguenti destinazioni d'uso:

Piano terra	locali destinati a scuola
Piano primo	locali destinati a scuola
Superficie Coperta Blocco principale	810 mq circa
Superficie Utile Lorda Fabbricato	Piano terra 810 mq circa Piano primo 810 mq circa
Fondazioni	Muratura in mattoni pieni
Pareti Portanti	Muratura in mattoni pieni sp. 15-30 cm
Solai di piano	Diverse tipologie (volte a botte, a crociera, a padiglione realizzate con elementi lignei che sorreggono un cannucciato rivestito in gesso; solai piani in putrelle e tavelloni con riempimento e solettina, solai in legno con assito in legno e solai in plafone in canna e gesso)
Solai di copertura	Struttura in legno con travicelli e tavelloni

Il fabbricato sopra descritto non risulta avere interazioni con strutture adiacenti.

39. DESCRIZIONE DELLA QUALITA' DEI MATERIALI E DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Stato di conservazione dei materiali resistenti

I materiali presentano il seguente stato di conservazione:

Intonaci esterni ed interni

Si rileva la presenza di localizzati e modesti fenomeni di Distacco con Crepe e Distacchi delle finiture

Murature in elevazione

Per quanto ispezionato ed ispezionabile, si rileva la presenza di alcuni fenomeni di Distacco, Scheggiatura, Efflorescenze, Fessurazione, Disgregazione della Malta nei giunti

Solaio di copertura

si rileva la presenza di alcune macchie e muffe sugli elementi lignei e di fessure nel pianellato in laterizio.

Qualità della muratura

Sulla base di rilievi di tipo visivo in situ, effettuati previa modeste rimozioni dell'intonaco e saggi nella muratura, sono state esaminate le caratteristiche sia in superficie che nello spessore murario delle murature nonché il grado di ammorsamento tra muri ortogonali e dei solai nelle pareti.

Tipologia della muratura	Muratura in mattoni pieni
Forma, tipologia e dimensione degli elementi	Mattoni pieni tradizionali
Tessitura	Buona
Orizzontalità delle giaciture	Buona
Presenza di elementi di collegamento trasversali (es. diatoni)	Presenti in buona parte
Regolare sfalsamento dei giunti	Presente in buona parte
Qualità e consistenza della malta	Malta con discrete caratteristiche

Qualità della realizzazione della costruzione

Qualità del collegamento tra pareti verticali	Irregolarità nella realizzazione dei collegamenti angolari ed ai martelli
Qualità del collegamento tra orizzontamenti e pareti	Insufficiente collegamento fra solai e pareti
Presenza di cordoli di piano o altro collegamento	Assenti
Presenza di architravi strutturalmente efficienti al di sopra delle aperture	Presenti
Presenza di elementi strutturali a contrasto delle spinte eventualmente presenti	Travi in copertura non contrastati
Presenza di elementi, anche non strutturali, ad elevata vulnerabilità	Scale in muratura

Tipologia di fondazioni

Le fondazioni del fabbricato sono state realizzate tramite il semplice approfondimento dei muri portanti nel terreno, fino a raggiungere gli strati di terreno più compatti e atti a sorreggere i carichi trasmessi dalle pareti portanti.

Stato di danno alle strutture

Il fabbricato è stato oggetto di rilievo geometrico strutturale nel quale è emerso il seguente livello di dissesto:

- NULLA DI RILEVANTE -

Ai sensi del Pt. 8.2 del D.M.17.gennaio 2018 si rileva che:

- La costruzione riflette lo stato delle conoscenze al tempo della sua realizzazione;
- Non sono insiti significativi difetti di impostazione e di realizzazione;
- La costruzione non è soggetta ad azioni, anche eccezionali, i cui effetti non siano manifesti;
- Le strutture non presentano degrado e/o modificazioni significative rispetto alla situazione originaria.

RELAZIONI SPECIALISTICHE SUI RISULTATI SPERIMENTALI CORRISPONDENTI ALLE INDAGINI RITENUTE NECESSARIE ALLA REALIZZAZIONE DELL'OPERA

40. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA / GEOTECNICA DELL'AREA



L'area in oggetto insiste sull'unità geologica denominata AES8 - Subsistema di Ravenna

"Ghiaie da molto grossolane a fini con matrice sabbiosa, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi, limi e limi sabbiosi, rispettivamente depositi di conoide ghiaiosa, intravallivi terrazzati e di interconoide. L'unità comprende più ordini di terrazzo nelle zone intravallive. Argille, limi ed alternanze limoso-sabbiose di tracimazione fluviale (piana inondabile, argine, e tracimazioni indifferenziate). Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico. A tetto suoli, variabili da non calcarei a calcarei, a basso grado di alterazione con fronte di alterazione potente meno di 150 cm, e a luoghi parziale decarbonatazione; orizzonti superficiali di colore giallo-bruno. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno colore bruno scuro e bruno scuro giallastro, spessore dell'alterazione da 0,5 ad 1,5 m, contengono frequenti reperti archeologici di età del Bronzo, del Ferro e Romana. I suoli calcarei appartengono all'unità AES8a. Nel sottosuolo della pianura: depositi argillosi e limosi grigi e grigio scuri, arricchiti in sostanza organica, di piana inondabile non drenata, palude e laguna passanti, verso l'alto, a limi-sabbiosi, limi ed argille bruni e giallastri di piana alluvionale. Il contatto di base è discontinuo, spesso erosivo e discordante, sugli altri subsintemi e sulle unità più antiche. Lo spessore massimo dell'unità è circa 20m."

Per il primo intorno dell'area oggetto di intervento è disponibile n°1 pozzo per acqua che conferma il contesto geologico di riferimento.

Le informazioni disponibili permettono di ipotizzare, ai fini della determinazione dell'azione sismica, un terreno della seguente categoria:

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

Ai fini della pericolosità sismica sono stati analizzati i dati relativi alla sismicità dell'area di interesse e ad eventuali effetti di amplificazione stratigrafica e topografica. Si sono tenute in considerazione anche la classe dell'edificio e la vita nominale. Per tale caratterizzazione si riportano di seguito i dati di pericolosità come da normativa:

Ang [°]	NV	CD	MP	Dir	TS	EcA	Ir _{Temp}	C.S.T.	Dati generali analisi sismica		
									RP	RH	ξ [%]
0	90	-	muOld	X	[C-P/MP]	S	-	C	NO	NO	5
Y					[C-P/MP]						

LEGENDA:

Ang	Direzione di una componente dell'azione sismica rispetto all'asse X (sistema di riferimento globale); la seconda componente dell'azione sismica e' assunta con direzione ruotata di 90 gradi rispetto alla prima.
NV	Nel caso di analisi dinamica, indica il numero di modi di vibrazione considerati.
CD	Classe di duttilità: [A] = Alta - [B] = Media - [ND] = Non Dissipativa - [-] = Nessuna.
MP	Tipo di struttura sismo-resistente prevalente: [ca] = calcestruzzo armato - [caOld] = calcestruzzo armato esistente - [muOld] = muratura esistente - [muNew] = muratura nuova - [muArm] = muratura armata - [ac] = acciaio.
Dir	Direzione del sisma.
TS	Tipologia della struttura:
	Cemento armato: [T 1C] = Telai ad una sola campata - [T+C] = Telai a più campate - [P] = Pareti accoppiate o miste equivalenti a pareti- [2P NC] = Due pareti per direzione non accoppiate - [P NC] = Pareti non accoppiate - [DT] = Deformabili torsionalmente - [PI] = Pendolo inverso - [PM] = Pendolo inverso intelaiate monopiano;
	Muratura: [P] = un solo piano - [PP] = più di un piano - [C-P/MP] = muratura in pietra e/o mattoni pieni - [C-BAS] = muratura in blocchi artificiali con percentuale di foratura > 15%;
	Acciaio: [T 1C] = Telai ad una sola campata - [T+C] = Telai a più campate - [CT] = controventi concentrici diagonale tesa - [CV] = controventi concentrici a V - [M] = mensola o pendolo inverso - [TT] = telaio con tamponature.
EcA	Eccentricità accidentale: [S] = considerata come condizione di carico statica aggiuntiva - [N] = Considerata come incremento delle sollecitazioni.
Ir_{Temp}	Per piani con distribuzione dei tamponamenti in pianta fortemente irregolare, l'eccentricità accidentale è stata incrementata di un fattore pari a 2: [SI] = Distribuzione tamponamenti irregolare fortemente - [NO] = Distribuzione tamponamenti regolare.
C.S.T.	Categoria di sottosuolo: [A] = Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi - [B] = Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti - [C] = Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti - [D] = Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti - [E] = Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D.
RP	Regolarità in pianta: [SI] = Struttura regolare - [NO] = Struttura non regolare.
RH	Regolarità in altezza: [SI] = Struttura regolare - [NO] = Struttura non regolare.
ξ	Coefficiente viscoso equivalente.
NOTE	[-] = Parametro non significativo per il tipo di calcolo effettuato.

EDIFICIO ESISTENTE

Dir	q'	q	q ₀	K _R	Fattori di comportamento	
					α_u/α_1	k _w
X	-	1,875	1,88	0,75	1,25	-
Y	-	1,875	1,88	0,75	1,25	-
Z	-	1,500	-	-	-	-

LEGENDA:

q'	Fattore di riduzione dello spettro di risposta sismico allo SLU ridotto (Fattore di comportamento ridotto - relazione C7.3.1 circolare NTC)
q	Fattore di riduzione dello spettro di risposta sismico allo SLU (Fattore di comportamento).
q₀	Valore di base (comprensivo di k _w).
K_R	Fattore riduttivo funzione della regolarità in altezza : pari ad 1 per costruzioni regolari in altezza, 0,8 per costruzioni non regolari in altezza, e 0,75 per costruzioni in muratura esistenti non regolari in altezza (§ C8.5.5.1)..
α_u/α_1	Rapporto di sovraresistenza.
k_w	Fattore di riduzione di q ₀ .

NUOVA STRUTTURA IN ACCIAIO

Dir	q'	q	q ₀	K _R	Fattori di comportamento	
					α _u /α ₁	k _w
X	-	1,500	4,00	-	1,00	-
Y	-	1,500	4,00	-	1,00	-
Z	-	1,000	-	-	-	-

LEGENDA:

q'	Fattore di riduzione dello spettro di risposta sismico allo SLU ridotto (Fattore di comportamento ridotto - relazione C7.3.1 circolare NTC)
q	Fattore di riduzione dello spettro di risposta sismico allo SLU (Fattore di comportamento).
q₀	Valore di base (comprensivo di k _w).
K_R	Fattore riduttivo funzione della regolarità in altezza : pari ad 1 per costruzioni regolari in altezza, 0,8 per costruzioni non regolari in altezza, e 0,75 per costruzioni in muratura esistenti non regolari in altezza (§ C8.5.5.1)..
α_u/α₁	Rapporto di sovraresistenza.
k_w	Fattore di riduzione di q ₀ .

PARAMETRI PER LA DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Stato Limite	T _r [t]	a _g /g	Amplif. Stratigrafica		F ₀	F _v	T [*] _c [s]	T _B [s]	T _C [s]	T _D [s]
			S _s	C _c						
SLO	45	0,0814	1,500	1,622	2,394	0,922	0,268	0,145	0,434	1,926
SLD	75	0,1022	1,500	1,600	2,392	1,032	0,279	0,149	0,446	2,009
SLV	712	0,2329	1,353	1,551	2,483	1,618	0,307	0,159	0,476	2,532
SLC	1462	0,2879	1,261	1,529	2,543	1,842	0,320	0,163	0,489	2,751

LEGENDA:

T_r	Periodo di ritorno dell'azione sismica. [t] = anni.
a_g/g	Coefficiente di accelerazione al suolo.
S_s	Coefficienti di Amplificazione Stratigrafica allo SLO/SLD/SLV/SLC.
C_c	Coefficienti di Amplificazione di Tc allo SLO/SLD/SLV/SLC.
F₀	Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
F_v	Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione verticale.
T[*]_c	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.
T_B	Periodo di inizio del tratto accelerazione costante dello spettro di progetto.
T_C	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro di progetto.
T_D	Periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro di progetto.

DATI DEL SITO E DELL'OPERA

Cl Ed	V _N [t]	V _R [t]	Lat.	Long.	Q _g [m]	CTop	S _T
3	50	75	44.288806	11.878181	38	T1	1,00

LEGENDA:

Cl Ed	Classe dell'edificio
V_N	Vita nominale ([t] = anni).
V_R	Periodo di riferimento. [t] = anni.
Lat.	Latitudine geografica del sito.
Long.	Longitudine geografica del sito.
Q_g	Altitudine geografica del sito.
CTop	Categoria topografica (Vedi NOTE).
S_T	Coefficiente di amplificazione topografica.
NOTE	[-] = Parametro non significativo per il tipo di calcolo effettuato.
	Categoria topografica.
	T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.
	T2: Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$.
	T3: Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$.
	T4: Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$.

41. VERIFICHE DI SICUREZZA

Nelle verifiche allo stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove:

E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;

R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

Le verifiche strutturali e geotecniche delle fondazioni, sono state effettuate con l'**Approccio 2** come definito al §2.6.1 del D.M. 2018, attraverso la combinazione **A1+M1+R3**. Le azioni sono state amplificate tramite i coefficienti della colonna A1 (STR) definiti nella tabella 6.2.I del D.M. 2018.

Tabella 6.2.I - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni [cfr. D.M. 2018]

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale g_F (o γ_E)	A1 (STR)	A2 (GEO)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	1,00	1,00
	Sfavorevole		1,30	1,00
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	g_{G2}	0,80	0,80
	Sfavorevole		1,50	1,30
Azioni variabili Q	Favorevole	g_{Qi}	0,00	0,00
	Sfavorevole		1,50	1,30

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti g_{G1}

I valori di resistenza del terreno sono stati ridotti tramite i coefficienti della colonna M1 definiti nella tabella 6.2.II del D.M. 2018.

Tabella 6.2.II - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno [cfr. D.M. 2018]

PARAMETRO GEOTECNICO	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza a taglio	$\tan\phi_k$	$g_{\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	C'_k	$g_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	C_{uk}	γ_{cu}	1,00	1,40
Peso dell'unità di volume	g_g	γ_g	1,00	1,00

VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

42. MODALITA' DI CONDUZIONE DELLA VALUTAZIONE DI SICUREZZA

Nella valutazione della sicurezza si è proceduto determinando l'entità delle azioni che la struttura è in grado di sostenere con il livello di sicurezza minimo richiesto dalla presente normativa, estendendo le valutazioni sia a livello globale (del fabbricato nel suo insieme) che a livello locale (dei singoli elementi strutturali).

Il progetto prevede, a livello locale, l'eliminazione dei danni e dissesti rilevati a livello dei singoli elementi strutturali, con sostituzione di alcuni elementi strutturali o rinnovamento degli stessi nonché al miglioramento delle caratteristiche dei materiali di costruzione degli elementi strutturali ove in cattivo stato di conservazione, con ristilature delle malte, o applicazione di intonaci armati.

A livello globale, il progetto prevede l'inserimento di cerchiature in acciaio a livello dei solai, di piatti metallici in copertura, rinforzi delle pareti e raddoppio murario in pareti a basso spessore per garantire un comportamento più unitario della struttura.

43. ESITI DELLE VERIFICHE

Si riporta una sintesi del confronto fra le accelerazioni di collasso delle murature per ogni piano e nel complesso, fra lo stato di fatto e lo stato di progetto, per la verifica del miglioramento sismico previsto nelle ipotesi di progetto, valutando *“il minimo valore della media pesata delle accelerazioni di collasso nei confronti della verifica a plessoflessione nel piano, della verifica a plessoflessione fuori piano, verifica a taglio nel piano, verifica a deformazione ultima del maschio che vede il collasso di un numero di maschi murari in una configurazione tale di non garantire la resistenza del fabbricato nel suo complesso.”*

Il grado di miglioramento globale del fabbricato, nei confronti della ζ_E , a seguito degli interventi di miglioramento, è nel complesso non minore di 0,1 e inoltre ζ_E allo stato di progetto è non minore di 0,6 come richiesto al paragrafo 8.4.2 per le costruzioni di classe III ad uso scolastico.

Un primo aspetto sulla valutazione numerica dei risultati mostra che “allo stato di fatto”, su un totale di n° 228 maschi si riscontravano “non verificati già per i soli carichi verticali”:

- nessun maschio non verificato a pressoflessione nel piano;
- n° 25 maschi non verificati a pressoflessione fuori dal piano;
- nessun maschio non verificato a taglio ultimo nel piano;
- nessun maschio non verificato a deformazione SLE nel piano.

Il miglioramento riscontrabile dal fatto che “allo stato di progetto”, su un totale di n°225 maschi non si riscontrano “non verificati per i soli carichi verticali”:

- nessun maschio non verificato a pressoflessione nel piano;
- nessun maschio non verificato a pressoflessione fuori dal piano;
- nessun maschio non verificato a taglio ultimo nel piano;
- nessun maschio non verificato a deformazione SLE nel piano.

Un secondo e più importante aspetto, dal punto di vista dei minimi, considerando un valore minimo pesato fra le accelerazioni di collasso dei maschi murari tale di non garantire la resistenza del fabbricato nel suo complesso, mostra che allo stato di fatto si individuava una minima AG/G di capacità pari al 51% della AG di domanda con un passaggio allo Stato di Progetto una minima AG/G di capacità pari al 73% della AG di domanda con **miglioramento pari al 22%**.

STATO DI FATTO

Accelerazioni Sismiche di Collasso per Muri - STATO DI FATTO							PGAD - SLV	0,2851	
Maschio		PGA FL.NP	% su ag/g	PGA FL.FP	% su ag/g	PGA T.P.	% su ag/g		
FABB. SINTESI	maschi tot.	228							
Valore Medio		115		55		157			
Valore Minimo		30		0		22			
Numero maschi collasso per soli carichi verticali		0		25		0			
Numero maschi collasso per sisma <100		115		205		62		MINIMO SLV PESATA	MASCHI CON AG
MINIMA AG									<100
MEDIA <100		66		46		41		0,1467	51

Accelerazioni Sismiche di Collasso per Muri									
IdMu	PGA_{NP}	PGA_C/PGA_D	PGA_{FP}	PGA_C/PGA_D	PGA_{TNP}	PGA_C/PGA_D	PGA_{DF}	PGA_C/PGA_D	
		[%]		[%]		[%]		[%]	
PT									
Maschio 118	0,211	67	0,189	60	0,104	33	0,592	188	
Maschio 129	0,158	50	0,101	32	0,630	200	0,592	188	
Maschio 128	0,630	200	0,306	97	0,630	200	0,592	188	
Maschio 127	0,618	196	0,630	200	0,630	200	0,592	188	
Maschio 126	0,630	200	0,255	81	0,630	200	0,592	188	
Maschio 125	0,630	200	0,287	91	0,630	200	0,592	188	
Maschio 124	0,630	200	0,315	100	0,630	200	0,592	188	
Maschio 123	0,630	200	0,246	78	0,630	200	0,592	188	
Maschio 122	0,630	200	0,227	72	0,630	200	0,592	188	
Maschio 121	0,630	200	0,192	61	0,630	200	0,592	188	
Maschio 120	0,630	200	0,205	65	0,630	200	0,592	188	
Maschio 119	0,630	200	0,287	91	0,630	200	0,592	188	
Maschio 131	0,205	65	0,243	77	0,630	200	0,592	188	
Maschio 130	0,533	169	0,312	99	0,091	29	0,592	188	
Maschio 132	0,208	66	0,132	42	0,630	200	0,592	188	
Maschio 134	0,630	200	0,246	78	0,630	200	0,592	188	
Maschio 133	0,255	81	0,101	32	0,630	200	0,592	188	
Maschio 135	0,154	49	0,151	48	0,630	200	0,592	188	
Maschio 137	0,630	200	0,296	94	0,630	200	0,592	188	
Maschio 136	0,246	78	0,082	26	0,630	200	0,592	188	
Maschio 140	0,227	72	0,151	48	0,630	200	0,592	188	
Maschio 139	0,630	200	0,271	86	0,630	200	0,592	188	
Maschio 138	0,523	166	0,151	48	0,630	200	0,592	188	
Maschio 141	0,583	185	0,353	112	0,117	37	0,592	188	

Id_Mu	PGA _{NP}	PGA _C /PGA _D [%]	PGA _{FP}	PGA _C /PGA _D [%]	Accelerazioni Sismiche di Collasso per Muri			
					PGA _{TNP}	PGA _C /PGA _D [%]	PGA _{DF}	PGA _C /PGA _D [%]
Maschio 143	0,504	160	0,384	122	0,069	22	0,592	188
Maschio 142	0,350	111	0,224	71	0,630	200	0,592	188
Maschio 144	0,574	182	0,416	132	0,154	49	0,592	188
Maschio 145	0,555	176	0,476	151	0,164	52	0,592	188
Maschio 147	0,488	155	0,315	100	0,088	28	0,592	188
Maschio 146	0,315	100	0,195	62	0,630	200	0,592	188
Maschio 150	0,265	84	0,192	61	0,630	200	0,592	188
Maschio 149	0,630	200	0,240	76	0,630	200	0,592	188
Maschio 148	0,630	200	0,208	66	0,630	200	0,592	188
Maschio 152	0,347	110	0,211	67	0,630	200	0,592	188
Maschio 151	0,495	157	0,299	95	0,069	22	0,592	188
Maschio 153	0,630	200	0,630	200	0,107	34	0,592	188
Maschio 156	0,630	200	0,170	54	0,630	200	0,592	188
Maschio 155	0,630	200	0,258	82	0,630	200	0,592	188
Maschio 154	0,224	71	0,142	45	0,630	200	0,592	188
Maschio 158	0,630	200	0,265	84	0,113	36	0,592	188
Maschio 157	0,340	108	0,230	73	0,630	200	0,592	188
Maschio 159	0,372	118	0,353	112	0,117	37	0,592	188
Maschio 160	0,498	158	0,425	135	0,129	41	0,592	188
Maschio 162	0,362	115	0,252	80	0,104	33	0,592	188
Maschio 161	0,233	74	0,192	61	0,630	200	0,592	188
Maschio 166	0,236	75	0,164	52	0,630	200	0,592	188
Maschio 165	0,630	200	0,384	122	0,630	200	0,592	188
Maschio 164	0,630	200	0,353	112	0,630	200	0,592	188
Maschio 163	0,221	70	0,129	41	0,630	200	0,592	188
Maschio 167	0,630	200	0,277	88	0,095	30	0,592	188
Maschio 170	0,577	183	0,154	49	0,630	200	0,592	188
Maschio 169	0,630	200	0,271	86	0,630	200	0,592	188
Maschio 168	0,224	71	0,170	54	0,630	200	0,592	188
Maschio 172	0,577	183	0,192	61	0,082	26	0,592	188
Maschio 171	0,350	111	0,199	63	0,630	200	0,592	188
Maschio 174	0,312	99	0,347	110	0,630	200	0,592	188
Maschio 173	0,438	139	0,280	89	0,101	32	0,592	188
Maschio 175	0,542	172	0,362	115	0,145	46	0,592	188
Maschio 178	0,545	173	0,236	75	0,630	200	0,592	188
Maschio 177	0,592	188	0,290	92	0,630	200	0,592	188
Maschio 176	0,315	100	0,199	63	0,630	200	0,592	188
Maschio 179	0,555	176	0,375	119	0,154	49	0,592	188
Maschio 183	0,488	155	0,195	62	0,630	200	0,592	188
Maschio 182	0,630	200	0,394	125	0,630	200	0,592	188
Maschio 181	0,630	200	0,280	89	0,630	200	0,592	188
Maschio 180	0,312	99	0,195	62	0,630	200	0,592	188
Maschio 184	0,154	49	0,123	39	0,630	200	0,592	188
Maschio 185	0,268	85	0,154	49	0,082	26	0,592	188
Maschio 189	0,375	119	0,208	66	0,630	200	0,592	188
Maschio 188	0,630	200	0,277	88	0,630	200	0,592	188
Maschio 187	0,630	200	0,274	87	0,630	200	0,592	188
Maschio 186	0,136	43	0,120	38	0,630	200	0,592	188
Maschio 198	0,463	147	0,271	86	0,630	200	0,592	188
Maschio 197	0,630	200	0,217	69	0,630	200	0,592	188
Maschio 196	0,630	200	0,189	60	0,630	200	0,592	188
Maschio 195	0,630	200	0,208	66	0,630	200	0,592	188
Maschio 194	0,630	200	0,271	86	0,630	200	0,592	188
Maschio 193	0,630	200	0,299	95	0,630	200	0,592	188
Maschio 192	0,630	200	0,262	83	0,630	200	0,592	188
Maschio 191	0,630	200	0,592	188	0,630	200	0,592	188
Maschio 190	0,479	152	0,148	47	0,630	200	0,592	188
Maschio 202	0,240	76	0,154	49	0,630	200	0,592	188
Maschio 201	0,630	200	0,432	137	0,630	200	0,592	188
Maschio 200	0,630	200	0,366	116	0,630	200	0,592	188
Maschio 199	0,265	84	0,158	50	0,630	200	0,592	188
Maschio 205	0,258	82	0,104	33	0,630	200	0,592	188
Maschio 204	0,630	200	0,511	162	0,630	200	0,592	188
Maschio 203	0,318	101	0,208	66	0,630	200	0,592	188
Maschio 206	0,344	109	0,205	65	0,069	22	0,592	188

Id_Mu	PGA _{NP}	Accelerazioni Sismiche di Collasso per Muri						
		PGA _C /PGA _D [%]	PGA _{FP}	PGA _C /PGA _D [%]	PGA _{TNP}	PGA _C /PGA _D [%]	PGA _{DF}	PGA _C /PGA _D [%]
Maschio 208	0,217	69	0,161	51	0,630	200	0,592	188
Maschio 207	0,161	51	0,076	24	0,630	200	0,592	188
Maschio 209	0,151	48	0,161	51	0,126	40	0,592	188
Maschio 210	0,202	64	0,158	50	0,095	30	0,592	188
Maschio 211	0,318	101	0,202	64	0,085	27	0,592	188
Maschio 212	0,293	93	0,227	72	0,095	30	0,592	188
Maschio 217	0,145	46	0,151	48	0,098	31	0,592	188
Maschio 216	0,378	120	0,208	66	0,132	42	0,592	188
Maschio 215	0,473	150	0,214	68	0,123	39	0,592	188
Maschio 214	0,397	126	0,205	65	0,101	32	0,592	188
Maschio 213	0,151	48	0,151	48	0,630	200	0,592	188
Maschio 218	0,199	63	0,151	48	0,630	200	0,592	188
Maschio 219	0,221	70	0,265	84	0,630	200	0,592	188
Maschio 220	0,221	70	0,151	48	0,091	29	0,592	188
Maschio 222	0,113	36	0,110	35	0,630	200	0,592	188
Maschio 221	0,176	56	0,161	51	0,630	200	0,592	188
Maschio 227	0,252	80	0,107	34	0,630	200	0,592	188
Maschio 226	0,233	74	0,199	63	0,630	200	0,592	188
Maschio 225	0,315	100	0,208	66	0,630	200	0,592	188
Maschio 224	0,158	50	0,154	49	0,630	200	0,592	188
Maschio 223	0,158	50	0,123	39	0,630	200	0,592	188
Maschio 228	0,362	115	0,211	67	0,091	29	0,592	188
P1								
Maschio 9	0,148	47	0,016	5	0,630	200	0,098	31
Maschio 8	0,290	92	0,000	0	0,630	200	0,098	31
Maschio 7	0,303	96	0,000	0	0,630	200	0,098	31
Maschio 6	0,268	85	0,003	1	0,630	200	0,098	31
Maschio 5	0,224	71	0,117	37	0,630	200	0,098	31
Maschio 4	0,246	78	0,139	44	0,630	200	0,098	31
Maschio 3	0,344	109	0,173	55	0,630	200	0,098	31
Maschio 2	0,246	78	0,243	77	0,630	200	0,098	31
Maschio 1	0,151	48	0,038	12	0,630	200	0,098	31
Maschio 11	0,258	82	0,066	21	0,630	200	0,098	31
Maschio 10	0,630	200	0,104	33	0,630	200	0,098	31
Maschio 13	0,230	73	0,069	22	0,630	200	0,098	31
Maschio 12	0,630	200	0,123	39	0,630	200	0,098	31
Maschio 24	0,145	46	0,000	0	0,630	200	0,098	31
Maschio 23	0,180	57	0,208	66	0,630	200	0,098	31
Maschio 22	0,265	84	0,312	99	0,630	200	0,098	31
Maschio 21	0,290	92	0,164	52	0,630	200	0,098	31
Maschio 20	0,296	94	0,063	20	0,630	200	0,098	31
Maschio 19	0,240	76	0,205	65	0,630	200	0,098	31
Maschio 18	0,227	72	0,060	19	0,630	200	0,098	31
Maschio 17	0,277	88	0,013	4	0,630	200	0,098	31
Maschio 16	0,359	114	0,000	0	0,630	200	0,098	31
Maschio 15	0,504	160	0,000	0	0,630	200	0,098	31
Maschio 14	0,161	51	0,025	8	0,630	200	0,098	31
Maschio 25	0,299	95	0,038	12	0,199	63	0,098	31
Maschio 27	0,378	120	0,079	25	0,630	200	0,098	31
Maschio 26	0,375	119	0,076	24	0,136	43	0,098	31
Maschio 30	0,592	188	0,000	0	0,630	200	0,098	31
Maschio 29	0,262	83	0,041	13	0,630	200	0,098	31
Maschio 28	0,296	94	0,006	2	0,630	200	0,098	31
Maschio 31	0,110	35	0,063	20	0,630	200	0,098	31
Maschio 32	0,630	200	0,183	58	0,161	51	0,098	31
Maschio 34	0,258	82	0,296	94	0,630	200	0,098	31
Maschio 33	0,347	110	0,000	0	0,132	42	0,098	31
Maschio 35	0,517	164	0,195	62	0,176	56	0,098	31
Maschio 37	0,117	37	0,019	6	0,630	200	0,098	31
Maschio 36	0,630	200	0,079	25	0,630	200	0,098	31
Maschio 39	0,287	91	0,072	23	0,630	200	0,098	31
Maschio 38	0,501	159	0,183	58	0,249	79	0,098	31
Maschio 42	0,136	43	0,000	0	0,630	200	0,098	31
Maschio 41	0,214	68	0,009	3	0,630	200	0,098	31
Maschio 40	0,107	34	0,000	0	0,630	200	0,098	31

Id_Mu	PGA _{NP}	PGA _C /PGA _D [%]	PGA _{FP}	PGA _C /PGA _D [%]	Accelerazioni Sismiche di Collasso per Muri			
					PGA _{TNP}	PGA _C /PGA _D [%]	PGA _{DF}	PGA _C /PGA _D [%]
Maschio 43	0,492	156	0,192	61	0,085	27	0,098	31
Maschio 44	0,630	200	0,419	133	0,258	82	0,098	31
Maschio 46	0,136	43	0,233	74	0,107	34	0,098	31
Maschio 45	0,151	48	0,057	18	0,630	200	0,098	31
Maschio 47	0,630	200	0,176	56	0,148	47	0,098	31
Maschio 49	0,230	73	0,170	54	0,176	56	0,098	31
Maschio 48	0,199	63	0,050	16	0,630	200	0,098	31
Maschio 50	0,630	200	0,186	59	0,132	42	0,098	31
Maschio 53	0,268	85	0,000	0	0,630	200	0,098	31
Maschio 52	0,429	136	0,000	0	0,630	200	0,098	31
Maschio 51	0,498	158	0,050	16	0,630	200	0,098	31
Maschio 55	0,208	66	0,110	35	0,151	48	0,098	31
Maschio 54	0,195	62	0,148	47	0,630	200	0,098	31
Maschio 58	0,340	108	0,000	0	0,630	200	0,098	31
Maschio 57	0,240	76	0,000	0	0,630	200	0,098	31
Maschio 56	0,567	180	0,016	5	0,630	200	0,098	31
Maschio 60	0,195	62	0,132	42	0,117	37	0,098	31
Maschio 59	0,095	30	0,000	0	0,630	200	0,098	31
Maschio 62	0,246	78	0,170	54	0,224	71	0,098	31
Maschio 61	0,192	61	0,038	12	0,630	200	0,098	31
Maschio 65	0,630	200	0,085	27	0,630	200	0,098	31
Maschio 64	0,277	88	0,009	3	0,630	200	0,098	31
Maschio 63	0,246	78	0,000	0	0,630	200	0,098	31
Maschio 67	0,151	48	0,120	38	0,123	39	0,098	31
Maschio 66	0,195	62	0,063	20	0,630	200	0,098	31
Maschio 71	0,195	62	0,000	0	0,630	200	0,098	31
Maschio 70	0,255	81	0,211	67	0,630	200	0,098	31
Maschio 69	0,473	150	0,221	70	0,630	200	0,098	31
Maschio 68	0,271	86	0,000	0	0,630	200	0,098	31
Maschio 72	0,630	200	0,164	52	0,167	53	0,098	31
Maschio 76	0,246	78	0,000	0	0,630	200	0,098	31
Maschio 75	0,378	120	0,208	66	0,630	200	0,098	31
Maschio 74	0,425	135	0,221	70	0,630	200	0,098	31
Maschio 73	0,199	63	0,000	0	0,630	200	0,098	31
Maschio 80	0,164	52	0,009	3	0,630	200	0,098	31
Maschio 79	0,161	51	0,158	50	0,630	200	0,098	31
Maschio 78	0,432	137	0,252	80	0,630	200	0,098	31
Maschio 77	0,148	47	0,006	2	0,630	200	0,098	31
Maschio 81	0,470	149	0,170	54	0,202	64	0,098	31
Maschio 84	0,630	200	0,060	19	0,630	200	0,098	31
Maschio 83	0,227	72	0,000	0	0,630	200	0,098	31
Maschio 82	0,158	50	0,000	0	0,630	200	0,098	31
Maschio 85	0,299	95	0,221	70	0,117	37	0,592	188
Maschio 86	0,262	83	0,246	78	0,082	26	0,592	188
Maschio 87	0,422	134	0,271	86	0,079	25	0,592	188
Maschio 88	0,328	104	0,375	119	0,079	25	0,592	188
Maschio 93	0,095	30	0,110	35	0,082	26	0,592	188
Maschio 92	0,199	63	0,126	40	0,101	32	0,592	188
Maschio 91	0,176	56	0,117	37	0,113	36	0,592	188
Maschio 90	0,151	48	0,139	44	0,110	35	0,592	188
Maschio 89	0,095	30	0,123	39	0,630	200	0,592	188
Maschio 98	0,129	41	0,028	9	0,630	200	0,098	31
Maschio 97	0,362	115	0,072	23	0,630	200	0,098	31
Maschio 96	0,356	113	0,079	25	0,630	200	0,098	31
Maschio 95	0,262	83	0,091	29	0,630	200	0,098	31
Maschio 94	0,293	93	0,170	54	0,630	200	0,098	31
Maschio 99	0,507	161	0,438	139	0,397	126	0,098	31
Maschio 100	0,337	107	0,274	87	0,202	64	0,098	31
Maschio 101	0,384	122	0,139	44	0,630	200	0,098	31
Maschio 102	0,312	99	0,227	72	0,287	91	0,098	31
Maschio 103	0,139	44	0,000	0	0,630	200	0,098	31
Maschio 104	0,362	115	0,000	0	0,088	28	0,098	31
Maschio 105	0,255	81	0,110	35	0,233	74	0,592	188
Maschio 107	0,366	116	0,268	85	0,262	83	0,592	188
Maschio 106	0,139	44	0,069	22	0,630	200	0,592	188

Id _{Mu}	PGA _{NP}	Accelerazioni Sismiche di Collasso per Muri						
		PGA _{C/PGA_D} [%]	PGA _{FP}	PGA _{C/PGA_D} [%]	PGA _{TNP}	PGA _{C/PGA_D} [%]	PGA _{DF}	PGA _{C/PGA_D} [%]
Maschio 112	0,388	123	0,079	25	0,630	200	0,592	188
Maschio 111	0,255	81	0,309	98	0,630	200	0,592	188
Maschio 110	0,208	66	0,233	74	0,630	200	0,592	188
Maschio 109	0,107	34	0,123	39	0,630	200	0,592	188
Maschio 108	0,151	48	0,142	45	0,630	200	0,592	188
Maschio 116	0,199	63	0,000	0	0,630	200	0,098	31
Maschio 115	0,120	38	0,139	44	0,630	200	0,098	31
Maschio 114	0,145	46	0,142	45	0,630	200	0,098	31
Maschio 113	0,227	72	0,000	0	0,630	200	0,098	31
Maschio 117	0,630	200	0,217	69	0,129	41	0,098	31

LEGENDA:

- Id_{Mu}** Identificativo del maschio murario.
- PGA_{NP}** Accelerazione sismica di collasso minima per PRESSOFLLESSIONE NEL PIANO. [0] = l'elemento risulta non verificato già per i carichi verticali presenti nella combinazioni sismica $[G_k + \sum_i (\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})]$. [NS] = Non significativo per valori di $PGA_{NP} \geq 1000$.
- PGA_{FP}** Accelerazione sismica di collasso minima per PRESSOFLLESSIONE FUORI PIANO. [0] = l'elemento risulta non verificato già per i carichi verticali presenti nella combinazioni sismica $[G_k + \sum_i (\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})]$. [NS] = Non significativo per valori di $PGA_{FP} \geq 1000$.
- PGA_{TNP}** Accelerazione sismica di collasso minima per TAGLIO NEL PIANO. [0] = l'elemento risulta non verificato già per i carichi verticali presenti nella combinazioni sismica $[G_k + \sum_i (\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})]$. [NS] = Non significativo per valori di $PGA_{TNP} \geq 1000$.
- PGA_{DF}** Accelerazione sismica di collasso minima per DEFORMAZIONE ULTIMA DEL MASCHIO. [0] = l'elemento risulta non verificato già per i carichi verticali presenti nella combinazioni sismica $[G_k + \sum_i (\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})]$. [NS] = Non significativo per valori di $PGA_{DF} \geq 1000$.
- PGA_{C/PGA_D}** Rapporto tra la PGA di "capacità" (PGA_C) dell'elemento e quella di "domanda" (PGA_D = $S_S \cdot S_T \cdot a_g/g$). [200] = $PGA_C > 2 \cdot PGA_D$.

STATO DI PROGETTO

Accelerazioni Sismiche di Collasso per Muri - STATO DI PROGETTO							
		presoffessione nel piano		presoffessione fuori piano		taglio nel piano	
Maschio		PGA FL.NP	% su ag/g	PGA FL.FP	% su ag/g	PGA T.P	% su ag/g
FABB. SINTESI	maschi tot.	225					
Valore Medio		139		95		158	
Valore Minimo		28		2		30	
Numero maschi collasso per soli carichi verticali		0		0		0	
Numero maschi collasso per sisma % <100		74		129		56	
MINIMA AG							MINIMO SLV PESATA
MEDIA <100		73		52		121	MASCHI CON AG <100
							0,2084
							73

Accelerazioni Sismiche di Collasso per Muri

IdMu	PGA_{NP}	PGA_C/PGA_D [%]	PGA_{FP}	PGA_C/PGA_D [%]	PGA_{TNP}	PGA_C/PGA_D [%]	PGA_{DF}	PGA_C/PGA_D [%]
PT								
Maschio 120	0,334	106	0,290	92	0,293	93	0,898	200
Maschio 131	0,299	95	0,211	67	0,630	200	0,898	200
Maschio 130	0,630	200	0,536	170	0,630	200	0,898	200
Maschio 129	0,630	200	0,523	166	0,630	200	0,898	200
Maschio 128	0,630	200	0,400	127	0,630	200	0,898	200
Maschio 127	0,630	200	0,422	134	0,630	200	0,898	200
Maschio 126	0,630	200	0,425	135	0,630	200	0,898	200
Maschio 125	0,630	200	0,476	151	0,630	200	0,898	200
Maschio 124	0,630	200	0,498	158	0,630	200	0,898	200
Maschio 123	0,630	200	0,536	170	0,630	200	0,898	200
Maschio 122	0,630	200	0,520	165	0,630	200	0,898	200
Maschio 121	0,630	200	0,504	160	0,630	200	0,898	200
Maschio 133	0,274	87	0,249	79	0,123	39	0,898	200
Maschio 132	0,630	200	0,397	126	0,101	32	0,898	200
Maschio 134	0,208	66	0,243	77	0,630	200	0,898	200
Maschio 136	0,630	200	0,514	163	0,630	200	0,898	200
Maschio 135	0,372	118	0,176	56	0,630	200	0,898	200
Maschio 137	0,243	77	0,154	49	0,630	200	0,898	200
Maschio 139	0,630	200	0,551	175	0,630	200	0,898	200
Maschio 138	0,337	107	0,176	56	0,630	200	0,898	200
Maschio 142	0,356	113	0,246	78	0,630	200	0,898	200
Maschio 141	0,630	200	0,630	200	0,630	200	0,898	200
Maschio 140	0,586	186	0,337	107	0,630	200	0,898	200
Maschio 143	0,599	190	0,334	106	0,170	54	0,898	200
Maschio 145	0,356	113	0,186	59	0,098	31	0,898	200
Maschio 144	0,362	115	0,139	44	0,110	35	0,898	200
Maschio 146	0,630	200	0,447	142	0,183	58	0,898	200
Maschio 147	0,630	200	0,460	146	0,192	61	0,898	200
Maschio 149	0,570	181	0,325	103	0,095	30	0,898	200
Maschio 148	0,388	123	0,142	45	0,145	46	0,898	200
Maschio 152	0,221	70	0,123	39	0,630	200	0,898	200
Maschio 151	0,630	200	0,561	178	0,630	200	0,898	200
Maschio 150	0,630	200	0,384	122	0,630	200	0,898	200
Maschio 154	0,356	113	0,145	46	0,101	32	0,898	200
Maschio 153	0,586	186	0,224	71	0,095	30	0,898	200

Id_Mu	PGA _{NP}	PGA _C /PGA _D [%]	PGA _{FP}	PGA _C /PGA _D [%]	PGA _{TNP}	PGA _C /PGA _D [%]	Accelerazioni Sismiche di Collasso per Muri	
							PGA _{DF}	PGA _C /PGA _D [%]
Maschio 155	0,630	200	0,362	115	0,176	56	0,898	200
Maschio 156	0,630	200	0,425	135	0,176	56	0,898	200
Maschio 158	0,514	163	0,211	67	0,095	30	0,898	200
Maschio 157	0,230	73	0,113	36	0,110	35	0,898	200
Maschio 162	0,202	64	0,129	41	0,630	200	0,898	200
Maschio 161	0,630	200	0,564	179	0,630	200	0,898	200
Maschio 160	0,630	200	0,555	176	0,630	200	0,898	200
Maschio 159	0,170	54	0,091	29	0,630	200	0,898	200
Maschio 163	0,630	200	0,479	152	0,366	116	0,898	200
Maschio 166	0,615	195	0,375	119	0,630	200	0,898	200
Maschio 165	0,630	200	0,501	159	0,630	200	0,898	200
Maschio 164	0,199	63	0,117	37	0,630	200	0,898	200
Maschio 168	0,630	200	0,290	92	0,110	35	0,898	200
Maschio 167	0,353	112	0,142	45	0,101	32	0,898	200
Maschio 170	0,284	90	0,306	97	0,243	77	0,898	200
Maschio 169	0,630	200	0,570	181	0,161	51	0,898	200
Maschio 171	0,630	200	0,236	75	0,205	65	0,898	200
Maschio 174	0,208	66	0,132	42	0,630	200	0,898	200
Maschio 173	0,529	168	0,454	144	0,630	200	0,898	200
Maschio 172	0,539	171	0,413	131	0,630	200	0,898	200
Maschio 175	0,630	200	0,236	75	0,211	67	0,898	200
Maschio 179	0,630	200	0,321	102	0,630	200	0,898	200
Maschio 178	0,630	200	0,580	184	0,630	200	0,898	200
Maschio 177	0,630	200	0,608	193	0,630	200	0,898	200
Maschio 176	0,630	200	0,331	105	0,630	200	0,898	200
Maschio 180	0,243	77	0,158	50	0,630	200	0,898	200
Maschio 181	0,425	135	0,384	122	0,202	64	0,898	200
Maschio 185	0,630	200	0,488	155	0,630	200	0,898	200
Maschio 184	0,630	200	0,504	160	0,630	200	0,898	200
Maschio 183	0,630	200	0,618	196	0,630	200	0,898	200
Maschio 182	0,318	101	0,221	70	0,630	200	0,898	200
Maschio 194	0,630	200	0,511	162	0,630	200	0,898	200
Maschio 193	0,630	200	0,526	167	0,630	200	0,898	200
Maschio 192	0,630	200	0,561	178	0,630	200	0,898	200
Maschio 191	0,630	200	0,498	158	0,630	200	0,898	200
Maschio 190	0,630	200	0,422	134	0,630	200	0,898	200
Maschio 189	0,630	200	0,479	152	0,630	200	0,898	200
Maschio 188	0,630	200	0,523	166	0,630	200	0,898	200
Maschio 187	0,630	200	0,533	169	0,630	200	0,898	200
Maschio 186	0,328	104	0,104	33	0,630	200	0,898	200
Maschio 198	0,183	58	0,113	36	0,630	200	0,898	200
Maschio 197	0,630	200	0,608	193	0,630	200	0,898	200
Maschio 196	0,630	200	0,630	200	0,630	200	0,898	200
Maschio 195	0,214	68	0,136	43	0,630	200	0,898	200
Maschio 201	0,262	83	0,129	41	0,630	200	0,898	200
Maschio 200	0,630	200	0,488	155	0,630	200	0,898	200
Maschio 199	0,227	72	0,139	44	0,630	200	0,898	200
Maschio 202	0,277	88	0,268	85	0,192	61	0,898	200
Maschio 204	0,180	57	0,107	34	0,630	200	0,898	200
Maschio 203	0,158	50	0,107	34	0,630	200	0,898	200
Maschio 205	0,328	104	0,356	113	0,255	81	0,898	200
Maschio 206	0,328	104	0,369	117	0,299	95	0,898	200
Maschio 207	0,630	200	0,479	152	0,277	88	0,898	200
Maschio 208	0,633	200	0,362	115	0,296	94	0,898	200
Maschio 213	0,271	86	0,255	81	0,274	87	0,898	200
Maschio 212	0,630	200	0,476	151	0,381	121	0,898	200
Maschio 211	0,630	200	0,611	194	0,366	116	0,898	200
Maschio 210	0,630	200	0,501	159	0,318	101	0,898	200
Maschio 209	0,280	89	0,274	87	0,630	200	0,898	200
Maschio 214	0,416	132	0,312	99	0,630	200	0,898	200
Maschio 215	0,280	89	0,236	75	0,630	200	0,898	200
Maschio 216	0,350	111	0,287	91	0,258	82	0,898	200
Maschio 218	0,189	60	0,183	58	0,630	200	0,898	200
Maschio 217	0,271	86	0,246	78	0,630	200	0,898	200
Maschio 223	0,199	63	0,154	49	0,630	200	0,898	200

Id_Mu	PGA _{NP}	PGA _C /PGA _D [%]	PGA _{FP}	PGA _C /PGA _D [%]	PGA _{TNP}	Accelerazioni Sismiche di Collasso per Muri		
						PGA _C /PGA _D [%]	PGA _{DF}	PGA _C /PGA _D [%]
Maschio 222	0,211	67	0,217	69	0,630	200	0,898	200
Maschio 221	0,419	133	0,268	85	0,630	200	0,898	200
Maschio 220	0,331	105	0,312	99	0,630	200	0,898	200
Maschio 219	0,262	83	0,192	61	0,630	200	0,898	200
Maschio 224	0,630	200	0,321	102	0,277	88	0,898	200
Maschio 226	0,630	200	0,375	119	0,110	35	0,898	200
Maschio 225	0,359	114	0,262	83	0,211	67	0,898	200
Maschio 227	0,630	200	0,511	162	0,391	124	0,898	200
Maschio 230	0,633	200	0,331	105	0,630	200	0,898	200
Maschio 229	0,630	200	0,602	191	0,630	200	0,898	200
Maschio 228	0,353	112	0,243	77	0,630	200	0,898	200
P1								
Maschio 9	0,211	67	0,047	15	0,630	200	1,186	200
Maschio 8	0,577	183	0,274	87	0,630	200	1,186	200
Maschio 7	0,630	200	0,331	105	0,630	200	1,186	200
Maschio 6	0,630	200	0,277	88	0,630	200	1,186	200
Maschio 5	0,482	153	0,158	50	0,630	200	1,186	200
Maschio 4	0,435	138	0,180	57	0,630	200	1,186	200
Maschio 3	0,388	123	0,249	79	0,630	200	1,186	200
Maschio 2	0,139	44	0,085	27	0,630	200	1,186	200
Maschio 1	0,214	68	0,032	10	0,630	200	1,186	200
Maschio 11	0,227	72	0,167	53	0,630	200	1,186	200
Maschio 10	0,422	134	0,079	25	0,630	200	1,186	200
Maschio 13	0,227	72	0,173	55	0,630	200	1,186	200
Maschio 12	0,498	158	0,076	24	0,630	200	1,186	200
Maschio 24	0,274	87	0,035	11	0,630	200	1,186	200
Maschio 23	0,413	131	0,192	61	0,630	200	1,186	200
Maschio 22	0,416	132	0,265	84	0,630	200	1,186	200
Maschio 21	0,413	131	0,148	47	0,630	200	1,186	200
Maschio 20	0,507	161	0,224	71	0,630	200	1,186	200
Maschio 19	0,507	161	0,211	67	0,630	200	1,186	200
Maschio 18	0,605	192	0,224	71	0,630	200	1,186	200
Maschio 17	0,630	200	0,299	95	0,630	200	1,186	200
Maschio 16	0,630	200	0,306	97	0,630	200	1,186	200
Maschio 15	0,630	200	0,299	95	0,630	200	1,186	200
Maschio 14	0,280	89	0,117	37	0,630	200	1,186	200
Maschio 25	0,630	200	0,170	54	0,564	179	1,186	200
Maschio 27	0,381	121	0,054	17	0,630	200	1,186	200
Maschio 26	0,356	113	0,060	19	0,303	96	1,186	200
Maschio 30	0,132	42	0,019	6	0,630	200	1,186	200
Maschio 29	0,394	125	0,400	127	0,630	200	1,186	200
Maschio 28	0,501	159	0,192	61	0,630	200	1,186	200
Maschio 32	0,630	200	0,164	52	0,309	98	1,186	200
Maschio 34	0,290	92	0,120	38	0,167	53	1,186	200
Maschio 33	0,630	200	0,189	60	0,167	53	1,186	200
Maschio 35	0,126	40	0,022	7	0,630	200	1,186	200
Maschio 38	0,630	200	0,583	185	0,378	120	1,186	200
Maschio 37	0,630	200	0,630	200	0,268	85	1,186	200
Maschio 41	0,271	86	0,161	51	0,630	200	1,186	200
Maschio 40	0,230	73	0,126	40	0,630	200	1,186	200
Maschio 39	0,258	82	0,066	21	0,630	200	1,186	200
Maschio 42	0,306	97	0,183	58	0,195	62	1,186	200
Maschio 43	0,630	200	0,630	200	0,378	120	1,186	200
Maschio 45	0,303	96	0,088	28	0,192	61	1,186	200
Maschio 44	0,287	91	0,072	23	0,224	71	1,186	200
Maschio 46	0,630	200	0,630	200	0,328	104	1,186	200
Maschio 48	0,444	141	0,126	40	0,214	68	1,186	200
Maschio 47	0,249	79	0,123	39	0,214	68	1,186	200
Maschio 49	0,630	200	0,630	200	0,388	123	1,186	200
Maschio 52	0,176	56	0,035	11	0,630	200	1,186	200
Maschio 51	0,353	112	0,432	137	0,630	200	1,186	200
Maschio 50	0,378	120	0,063	20	0,630	200	1,186	200
Maschio 54	0,466	148	0,186	59	0,202	64	1,186	200
Maschio 53	0,224	71	0,104	33	0,252	80	1,186	200
Maschio 57	0,561	178	0,113	36	0,630	200	1,186	200

Id _{Mu}	PGA _{NP}	PGA _C /PGA _D [%]	PGA _{FP}	PGA _C /PGA _D [%]	PGA _{TNP}	Accelerazioni Sismiche di Collasso per Muri		
						PGA _C /PGA _D [%]	PGA _{DF}	PGA _C /PGA _D [%]
Maschio 56	0,391	124	0,318	101	0,630	200	1,186	200
Maschio 55	0,142	45	0,041	13	0,630	200	1,186	200
Maschio 59	0,388	123	0,167	53	0,176	56	1,186	200
Maschio 58	0,299	95	0,158	50	0,287	91	1,186	200
Maschio 60	0,630	200	0,630	200	0,403	128	1,186	200
Maschio 62	0,539	171	0,117	37	0,227	72	1,186	200
Maschio 61	0,318	101	0,110	35	0,325	103	1,186	200
Maschio 65	0,410	130	0,050	16	0,630	200	1,186	200
Maschio 64	0,312	99	0,331	105	0,630	200	1,186	200
Maschio 63	0,205	65	0,063	20	0,630	200	1,186	200
Maschio 67	0,306	97	0,265	84	0,205	65	1,186	200
Maschio 66	0,249	79	0,136	43	0,243	77	1,186	200
Maschio 71	0,199	63	0,047	15	0,630	200	1,186	200
Maschio 70	0,293	93	0,167	53	0,630	200	1,186	200
Maschio 69	0,252	80	0,290	92	0,630	200	1,186	200
Maschio 72	0,630	200	0,142	45	0,303	96	1,186	200
Maschio 76	0,180	57	0,006	2	0,630	200	1,186	200
Maschio 75	0,299	95	0,255	81	0,630	200	1,186	200
Maschio 74	0,271	86	0,208	66	0,630	200	1,186	200
Maschio 73	0,205	65	0,025	8	0,630	200	1,186	200
Maschio 79	0,495	157	0,353	112	0,630	200	1,186	200
Maschio 78	0,630	200	0,372	118	0,630	200	1,186	200
Maschio 81	0,618	196	0,132	42	0,460	146	1,186	200
Maschio 84	0,148	47	0,028	9	0,630	200	1,186	200
Maschio 83	0,233	74	0,296	94	0,630	200	1,186	200
Maschio 82	0,161	51	0,044	14	0,630	200	1,186	200
Maschio 85	0,630	200	0,488	155	0,419	133	0,898	200
Maschio 86	0,400	127	0,391	124	0,296	94	0,898	200
Maschio 87	0,630	200	0,630	200	0,287	91	0,898	200
Maschio 88	0,630	200	0,630	200	0,249	79	0,898	200
Maschio 93	0,309	98	0,372	118	0,274	87	0,898	200
Maschio 92	0,460	146	0,630	200	0,356	113	0,898	200
Maschio 91	0,479	152	0,602	191	0,369	117	0,898	200
Maschio 90	0,413	131	0,630	200	0,350	111	0,898	200
Maschio 89	0,243	77	0,318	101	0,630	200	0,898	200
Maschio 98	0,369	117	0,167	53	0,630	200	1,186	200
Maschio 97	0,630	200	0,630	200	0,630	200	1,186	200
Maschio 96	0,476	151	0,577	183	0,630	200	1,186	200
Maschio 95	0,356	113	0,460	146	0,630	200	1,186	200
Maschio 94	0,410	130	0,359	114	0,630	200	1,186	200
Maschio 99	0,630	200	0,258	82	0,492	156	1,186	200
Maschio 100	0,454	144	0,470	149	0,353	112	1,186	200
Maschio 101	0,596	189	0,328	104	0,630	200	1,186	200
Maschio 102	0,388	123	0,353	112	0,328	104	1,186	200
Maschio 103	0,158	50	0,032	10	0,630	200	1,186	200
Maschio 104	0,299	95	0,069	22	0,265	84	1,186	200
Maschio 105	0,359	114	0,359	114	0,391	124	0,898	200
Maschio 107	0,296	94	0,255	81	0,328	104	0,898	200
Maschio 106	0,350	111	0,211	67	0,630	200	0,898	200
Maschio 112	0,236	75	0,161	51	0,630	200	0,898	200
Maschio 111	0,208	66	0,126	40	0,630	200	0,898	200
Maschio 110	0,136	43	0,277	88	0,630	200	0,898	200
Maschio 109	0,088	28	0,195	62	0,630	200	0,898	200
Maschio 108	0,120	38	0,158	50	0,630	200	0,898	200
Maschio 116	0,271	86	0,095	30	0,630	200	1,186	200
Maschio 115	0,511	162	0,306	97	0,630	200	1,186	200
Maschio 114	0,596	189	0,344	109	0,630	200	1,186	200
Maschio 113	0,240	76	0,076	24	0,630	200	1,186	200
Maschio 117	0,630	200	0,432	137	0,630	200	1,186	200
Maschio 118	0,630	200	0,444	141	0,630	200	1,186	200
Maschio 119	0,630	200	0,630	200	0,369	117	1,186	200

LEGENDA:

Id_{Mu} Identificativo del maschio murario.
PGA_{NP} Accelerazione sismica di collasso minima per PRESSOFLESSIONE NEL PIANO. [0] = l'elemento risulta non verificato già

Accelerazioni Sismiche di Collasso per Muri								
IdMu	PGA_{NP}	PGA_C/PGA_D [%]	PGA_{FP}	PGA_C/PGA_D [%]	PGA_{TNP}	PGA_C/PGA_D [%]	PGA_{DF}	PGA_C/PGA_D [%]

per i carichi verticali presenti nella combinazioni sismica $[G_k + \sum_i (\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})]$. [NS] = Non significativo per valori di $PGA_{NP} \geq 1000$.

PGA_{FP} Accelerazione sismica di collasso minima per PRESSOFLESSIONE FUORI PIANO. [0] = l'elemento risulta non verificato già per i carichi verticali presenti nella combinazioni sismica $[G_k + \sum_i (\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})]$. [NS] = Non significativo per valori di $PGA_{FP} \geq 1000$.

PGA_{TNP} Accelerazione sismica di collasso minima per TAGLIO NEL PIANO. [0] = l'elemento risulta non verificato già per i carichi verticali presenti nella combinazioni sismica $[G_k + \sum_i (\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})]$. [NS] = Non significativo per valori di $PGA_{TNP} \geq 1000$.

PGA_{DF} Accelerazione sismica di collasso minima per DEFORMAZIONE ULTIMA DEL MASCHIO. [0] = l'elemento risulta non verificato già per i carichi verticali presenti nella combinazioni sismica $[G_k + \sum_i (\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})]$. [NS] = Non significativo per valori di $PGA_{DF} \geq 1000$.

PGA_C/PGA_D Rapporto tra la PGA di "capacità" (PGA_C) dell'elemento e quella di "domanda" (PGA_D = $S_S \cdot S_T \cdot a_g/g$). [200] = $PGA_C > 2 \cdot PGA_D$.