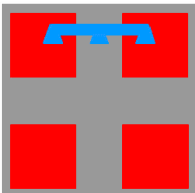




COMUNE DI STRESA



REGIONE PIEMONTE



PROVINCIA DEL V.C.O.

## ADEGUAMENTO ALLA NORMATIVA SULLA PREVENZIONE DEL RISCHIO SISMICO

ISTITUTO COMPRENSIVO STATALE "CLEMENTE REBORA"  
VIA A. FOGAZZARO, STRESA (VB)

CUP G67G22000040006

Committenza:

# COMUNE DI STRESA

Progetto:

# FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

Elaborato:

## PROGETTO STRUTTURALE

### Relazione di calcolo delle opere strutturali

File name:-

Progetto Architettonico:

FALCIOLA ARCH. GIOVANNA  
FALCIOLA ING. FRANCO  
via Bonomelli, 16 - 28845 Domodossola (VB)

Progetto Strutturale e

Coordinamento Sicurezza:

ALMA Ingegneria S.r.l.  
Piazza Ercole Marelli, 30 - 27100 Pavia (PV)

Progetto Impianti Meccanici  
ed Elettrici:

DIGIERRE3  
Via Pastrengo, 9E - 24068 Seriate (BG)

Visti:

Tavola n°:

# RS-02

Data: MARZO 2024

Agg:

Committenza:

Comune di Stresa  
Piazza Giacomo Matteotti, 6  
28838 Stresa (VB)

**INDICE**

1	INTRODUZIONE .....	3
2	ILLUSTRAZIONE DEL PROGETTO STRUTTURALE.....	4
2.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA E DEL CONTESTO.....	4
2.2	CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E SISMICHE DEL TERRENO.....	4
2.3	DESCRIZIONE GENERALE DELLA STRUTTURA.....	4
2.4	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO.....	9
2.5	RIFERIMENTI NORMATIVI .....	10
2.6	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	11
2.7	MATERIALI STRUTTURE ESISTENTI.....	11
2.7.1	STRUTTURE IN CALCESTRUZZO .....	11
2.8	LIVELLO DI CONOSCENZA E FATTORE DI CONFIDENZA .....	13
2.9	MATERIALI INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO .....	15
2.9.1	MALTA PER RIPRISTINI ED ANCORAGGI STRUTTURE IN CALCESTRUZZO.....	15
2.9.2	STRUTTURE IN CARPENTERIA METALLICA.....	16
2.10	DEFINIZIONE DELLE AZIONI E DEI PARAMETRI DI PROGETTO .....	17
2.10.1	PESI PROPRI DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI (DEAD e PP).....	17
2.10.2	SOVRACCARICHI PERMANENTI (G1 e G2) .....	17
2.10.3	SOVRACCARICHI ACCIDENTALI (ACC).....	18
2.10.4	AZIONE DEL VENTO (W) .....	18
2.10.5	AZIONE DELLA NEVE (S).....	18
2.10.6	AZIONE SISMICA (E) .....	18
2.10.7	CALCOLO DELLE MASSE SISMICHE E DEI LORO BARICENTRI.....	20
2.10.8	EFFETTI DELLE NON LINEARITA' GEOMETRICHE.....	20
2.11	METODO DI CALCOLO .....	21
2.12	COMBINAZIONI DELLE AZIONI DI CALCOLO .....	21
2.13	METODO DI ANALISI E MODELLAZIONE STRUTTURALE.....	22
2.13.1	PRINCIPALI SPOSTAMENTI DEL TELAIO STRUTTURALE.....	26
2.13.2	SOLLECITAZIONI MAGGIORMENTE SIGNIFICATIVE SUGLI ELEMENTI SISMORESISTENTI 27	
2.14	CRITERI DI VERIFICA AGLI STATI LIMITE .....	29
3	VERIFICHE .....	30
3.1	VERIFICHE ELEVAZIONI.....	32
3.1.1	VERIFICHE PILASTRI – ELEMENTI RINFORZATI .....	32
3.1.2	VERIFICHE PILASTRI – ELEMENTI RINFORZATI .....	44
3.1.3	VERIFICHE TRAVI RINFORZATE .....	46
3.2	VERIFICA DI CONTENIMENTO DEL DANNO.....	49

3.3	VERIFICA DI SCORRIMENTO PIANO DI FONDAZIONE .....	49
4	VERIFICA DI VULNERABILITA' SISMICA.....	51
5	DETERMINAZIONE DEGLI INDICATORI DI RISCHIO .....	52
5.1	STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (SLV) e STATO LIMITE DI OPERATIVITA' (SLO) 52	
5.1.1	CAPACITÀ IN TERMINI DI ACCELERAZIONE AL SUOLO ( $PG_{ACLV}$ / $PG_{ACLO}$ ).....	52
5.1.2	CAPACITÀ IN TERMINI DI PERIODO DI RITORNO ( $TR_{CLV}$ ).....	52
5.1.3	DOMANDA IN TERMINI DI ACCELERAZIONE AL SUOLO ( $PG_{ADLV}$ / $PG_{ADLO}$ ) .....	53
5.1.4	INDICATORI DI RISCHIO PER LO STATO LIMITE SLV ( $\alpha_{UV}$ ) E PER LO STATO LIMITE SLO ( $\alpha_{UO}$ ) 54	
6	CONCLUSIONI.....	55

## 1 INTRODUZIONE

La presente relazione di calcolo ha come oggetto **la progettazione e la verifica degli interventi di miglioramento sismico per raggiungere un indice di rischio sismico  $\geq 0.80$**  previsti nell'edificio ad uso scolastico e appartenente all'Istituto Comprensivo Statale "Clemente Rebora", ubicato in via Antonio Fogazzaro 1, nel comune di Stresa (VB).

L'edificio oggetto del presente documento è costituito da un unico corpo di fabbrica che accoglie l'intera scuola e da un vano scala, costruito successivamente, in adiacenza al corpo principale. Per descrivere al meglio la geometria della struttura è possibile individuare quattro porzioni rettangolari. La prima (porzione A), con sviluppo ortogonale a via Fogazzaro, ha dimensioni in pianta di 38.00x9.50 m e presenta un piano seminterrato/interrato e tre piani fuori terra. La seconda porzione (porzione B), invece, è disposta longitudinalmente a via Fogazzaro e ha dimensioni in pianta di 13.20x24.80 m. Questa porzione presenta un piano interrato, presente esclusivamente nella zona adiacente alla porzione A e tre piani fuori terra per tutto il suo sviluppo. La terza porzione (denominata porzione C), anch'essa con sviluppo ortogonale alla via Fogazzaro, è adibita a palestra, ha dimensioni 22.00x12.40 m ed è composta da un piano fuori terra a doppia altezza, vista la destinazione d'uso. Infine, la porzione D è composta da un vano scala di costruzione successiva, che non sarà oggetto di analisi. La superficie totale del piano interrato risulta essere pari a 550 m<sup>2</sup> mentre quella dei piani fuori terra pari a 925 m<sup>2</sup>. Il corpo di fabbrica è stato progettato e edificato tra gli anni 1958 e 1964; all'epoca della costruzione la normativa sulle costruzioni non prevedeva per la zona di Stresa verifiche nei confronti dell'azione sismica.

Dalla verifica di vulnerabilità sismica condotta dallo Scrivente (si rimanda al documento 38T-RS01-00 per maggiori dettagli) si ha che l'indicatore del rischio per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) risulta pari a 0.33. In seguito agli interventi di miglioramento si ha un incremento dell'azione sismica massima sopportabile della struttura pari a 0.47, portando la struttura alla sopportazione di un sisma con un'intensità di circa l'80% del sisma di progetto per un edificio di nuova costruzione.

La progettazione degli interventi di miglioramento sismico, così come la verifica di vulnerabilità sismica, è riferita alle strutture in elevazione, escludendo pertanto la verifica del sistema di fondazioni dalle analisi riportate di seguito. Tale scelta è stata condotta poiché, sulla base della documentazione messaci a disposizione dall'Ente, non sussistono le condizioni per le quali tale verifica risulta obbligatoria. In particolare:

- le condizioni di natura geologica garantiscono l'esclusione di fenomeni di instabilità globale nei confronti delle strutture edificate, l'assenza di condizioni morfologiche sfavorevoli e l'esclusione di fenomeni potenziali di liquefazione dei terreni dal punto di vista geotecnico e sismico;
- nella costruzione non sono presenti dissesti attribuiti a cedimenti delle fondazioni; in generale, non sono presenti dissesti/cedimenti di qualsiasi natura;
- non sono possibili fenomeni di scorrimento della costruzione per effetto delle azioni sismiche di progetto, come riportato nella presente relazione.

Inoltre:

- gli interventi progettati non comportano un'alterazione dello schema strutturale esistente;

- gli interventi progettati, in relazione a quanto sopra, non comportano variazioni rilevanti delle sollecitazioni trasmesse alle fondazioni.

Le ipotesi poste alla base dei calcoli sono state ricavate dalla documentazione fornita dall'Ente e dal rilievo geometrico e di dettaglio condotti, come meglio specificato nei successivi paragrafi.

Le ipotesi poste alla base dei calcoli sono state ricavate dalla documentazione fornita dall'Ente e dal rilievo geometrico e di dettaglio condotti, come meglio specificato nei successivi paragrafi.

## 2 ILLUSTRAZIONE DEL PROGETTO STRUTTURALE

Nei paragrafi sottostanti sono riportati gli elementi essenziali del progetto strutturale.

### 2.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA E DEL CONTESTO

Come riportato nell'introduzione, la presente relazione di calcolo ha come oggetto **la progettazione e la verifica degli interventi di miglioramento sismico per raggiungere un indice di rischio sismico  $\geq 0.80$**  delle strutture in elevazione dell'edificio a uso scolastico appartenente all'Istituto Comprensivo Statale "Clemente Rebora", ubicato in via Antonio Fogazzaro 1, nel comune di Stresa (VB). La costruzione è stata progettata e edificata tra gli anni 1958 e 1964.

Il comune di Stresa è classificato in zona sismica amministrativa 4.

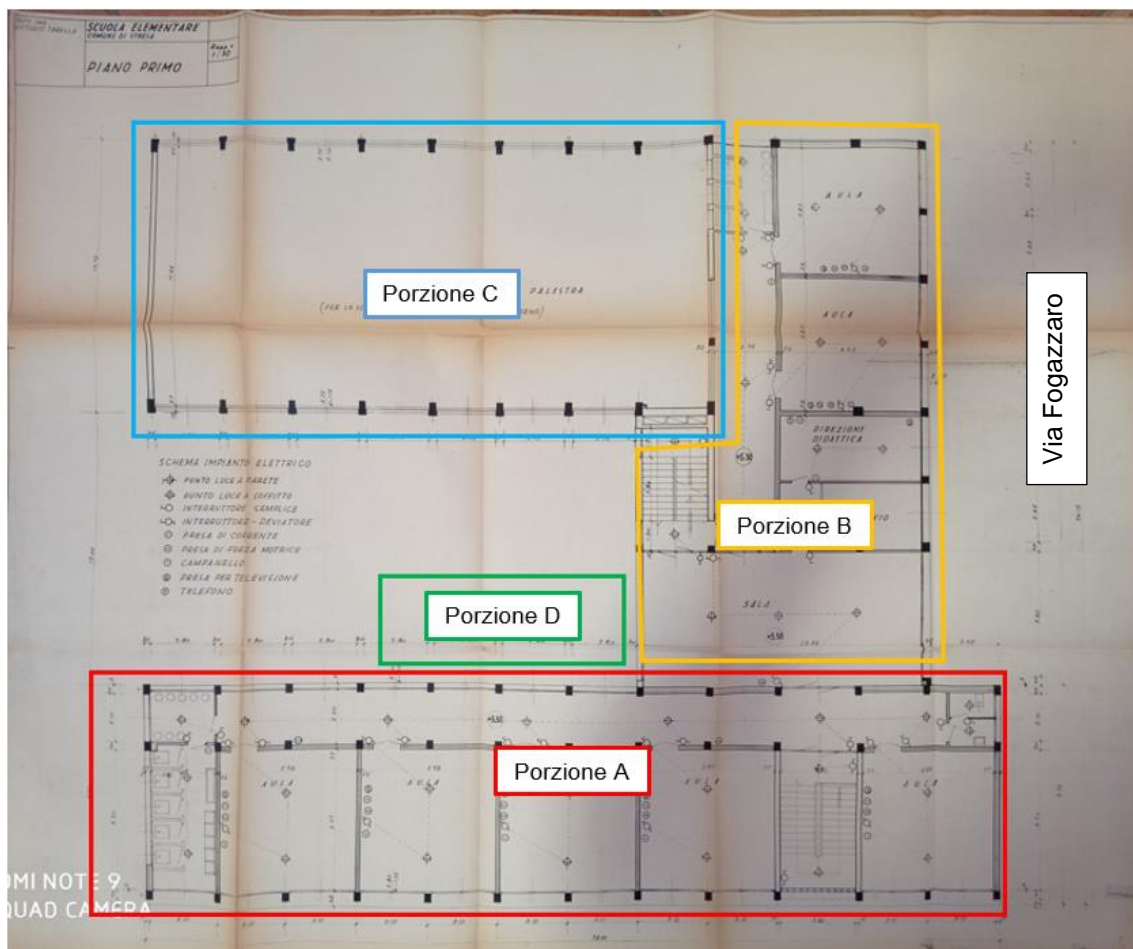
### 2.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E SISMICHE DEL TERRENO

Per la determinazione della categoria di sottosuolo si è fatto riferimento all'indagine MASW svolta dal Geol. Massimiliano Coretta, iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Piemonte al n. 599, nel settembre 2022.

### 2.3 DESCRIZIONE GENERALE DELLA STRUTTURA

Dalla consultazione dei disegni e delle relazioni messe a disposizione dall'Ente, risulta che la progettazione del complesso scolastico è avvenuta dal 1958 al 1964. Le strutture sono state progettate dall'Ing. Vittorio Tarella, che si è occupato anche della Direzione dei Lavori, e sono state realizzate dall'Impresa Conterio Comm. Antonio di Suna Verbania (NO). Il progetto iniziale prevedeva che il plesso fosse composto da due piani fuori terra. Nel 1962 è stato redatto un nuovo progetto di variante dell'edificio scolastico, che prevedeva la costruzione di un ulteriore piano fuori terra.

Come è possibile prendere visione dai rilievi e dagli elaborati grafici forniti dall'Ente, si tratta di una struttura realizzata principalmente in calcestruzzo armato gettato in opera (pilastri, travi, muri controterra) e in minor parte in muratura (muri del vano scala). Sono presenti, inoltre, elementi prefabbricati (solai in laterocemento).



Come indicato nel capitolo introduttivo e con la medesima nomenclatura, per descrivere al meglio la geometria della struttura è possibile suddividerla in porzioni:

- Porzione A: ha dimensioni in pianta di 38.00x9.50 m, presenta un piano seminterrato/interrato, adibito a refettorio e zona cottura, e tre piani fuori terra adibiti ad aule scolastiche.

Dal punto di vista strutturale, presenta tre ordini di pilastri uniti da travi longitudinali. Sono presenti solo due travi trasversali di bordo. Gli unici muri in c.a. risultano essere quelli contro terra che sono stati considerati parte del sistema scatolare di fondazione e pertanto esclusi dalla trattazione. I pilastri sono prevalentemente a sezione costante lungo il loro sviluppo e presentano sezioni di 25x40, 30x30, 30x40 e 40x40 cm. Ad ogni impalcato sono presenti diverse tipologie e geometrie di travi, tra cui travi in spessore di solaio, con base da 60 a 75 cm; travi intradossate ad "L" e travi intradossate rettangolari con base generalmente di 35 cm e altezza compresa tra 60 e 70 cm. I solai di interpiano risultano essere in latero-cemento, costituito da pignatte in laterizio e travetti gettati di altezza pari a 20 cm e da una soletta in cls di spessore variabile da 2 a 5 cm. Il solaio di copertura è a doppia falda ed è realizzato in latero-cemento, costituito da pignatte in laterizio e travetti gettati di altezza pari a 12 cm e da una soletta in cls di spessore 3 cm.

Nella porzione A dell'edificio è presente un vano scala che collega piano interrato/seminterrato, piano terra e piano primo. Il vano scala è realizzato con pareti in muratura di spessore 25 cm.

I tamponamenti perimetrali sono in doppia parete formante camera d'aria e hanno la seguente stratigrafia: rivestimento in mattone pieno sp. 4 cm + mattone forato sp. 12 cm + intercapedine sp. variabile + tavella sp. 8 cm + intonaco sp. 1 cm. Nella modellazione della struttura, il contributo alla rigidezza dei tamponamenti non è stato considerato, tali elementi vengono però tenuti in conto per la definizione della massa sismica.



Porzione A – Lato Sud-Est



Porzione A – Lato Nord-Ovest e Sud-Ovest

- Porzione B: questa porzione è disposta longitudinalmente a via Fogazzaro e ha dimensioni in pianta di 13.20x24.80 m. Essa presenta un piano interrato, presente esclusivamente nella zona adiacente alla porzione A e tre piani fuori terra per tutto il suo sviluppo. È adibita a zona cottura e archivio comunale al piano interrato/seminterrato, a bagni e spogliatoi al piano terra e ad aule scolastiche ai restanti piani.

Dal punto di vista strutturale, è anch'essa costituita da pilastri e travi in c.a., ma presenta una disposizione di travi irregolare e non sempre ortogonali tra loro che rendono complessa l'interpretazione di telaio strutturale e che sicuramente non si ripete in maniera costante ad ogni impalcato. I pilastri sono



prevalentemente a sezione costante lungo il loro sviluppo e presentano sezioni di 25x25, 30x30, 30x40 e 40x40 cm. Ad ogni impalcato sono presenti diverse tipologie e geometrie di travi, tra cui travi in spessore di solaio, travi intradossate ad "L" e travi intradossate rettangolari e travi rialzate al piano di copertura. È presente anche una trave-parete con sezione 25x130 cm in prossimità della palestra. I solai di interpiano risultano essere in latero-cemento, costituito da pignatte in laterizio e travetti gettati di altezza pari a 20 cm e da una soletta in cls di spessore variabile da 2 a 5 cm. Il solaio di copertura è a doppia falda ed è realizzato in latero-cemento, costituito da pignatte in laterizio e travetti gettati di altezza pari a 12 cm e da una soletta in cls di spessore 3 cm.

Nella porzione B dell'edificio è presente un vano scala che collega piano terra, piano primo e piano secondo. Il vano scala è realizzato con pareti in muratura di spessore 30 cm.

I tamponamenti perimetrali sono in doppia parete formante camera d'aria e hanno la seguente stratigrafia: rivestimento in mattone pieno sp. 4 cm + mattone forato sp. 12 cm + intercapedine sp. variabile + tavella sp. 8 cm + intonaco sp. 1 cm. Nella modellazione della struttura, il contributo alla rigidezza dei tamponamenti non è stato considerato, tali elementi vengono però tenuti in conto per la definizione della massa sismica.



Porzione B – Lato Nord-Est



Porzione B – Lato Nord-Ovest



- Porzione C: la terza porzione si sviluppa ortogonalmente a via Fogazzaro e ha dimensioni 22.00x12.40 m. È composta da un piano fuori terra a doppia altezza ed è adibita a palestra.

Dal punto di vista strutturale risulta essere molto regolare, dal momento che è formata da nove telai trasversali, costituiti da pilastri con sezione variabile da 30x50 cm a 30x75 cm e travi ribassate con sezione 30x78 cm. Il solaio di copertura è a singola falda ed è realizzato in latero-cemento, costituito da pignatte in laterizio e travetti gettati di altezza pari a 16 cm e da una soletta in cls di spessore 2 cm.

I tamponamenti perimetrali sono in doppia parete formante camera d'aria e hanno la seguente stratigrafia: rivestimento in mattone pieno sp. 4 cm + mattone forato sp. 12 cm + intercapedine sp. variabile + tavella sp. 8 cm + intonaco sp. 1 cm. Nella modellazione della struttura, il contributo alla rigidezza dei tamponamenti non è stato considerato, tali elementi vengono però tenuti in conto per la definizione della massa sismica.



Porzione C – Lato Nord-Ovest



Porzione C – Lato Sud-Est



Porzione C – Palestra

- Porzione D: è composta da un vano scala di costruzione successiva, che non sarà oggetto di analisi, realizzato con muri e pilastri in c.a.



Porzione D – Scala di nuova realizzazione

## 2.4 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO

Come riportato nell'introduzione, la presente relazione tratterà la progettazione e la verifica degli interventi di miglioramento sismico, da realizzare nella struttura in oggetto, per raggiungere un indice di rischio sismico  $\geq 0.80$ . In particolare, sono previsti:

- rinforzo di n. 8 pilastri in c.a. collocati nel corpo A e nel corpo B e rinforzo di n. 14 pilastri in c.a. collocati nel corpo palestra. Il rinforzo verrà realizzato mediante il ringrosso della sezione su uno o più lati. Tale

intervento si rende necessario per il raggiungimento dell'indice di rischio sismico  $\geq 0.80$  e, conseguentemente, per miglioramento sismico dell'edificio;

- rinforzo di n. 19 travi in c.a. collocate nel corpo A e nel corpo B della scuola e situate ai quattro impalcati. L'intervento in oggetto consiste nell'installazione di profili in carpenteria metallica che avranno lo scopo di aiutare gli elementi strutturali esistenti a sostenere i carichi gravitazionali agenti su di essi.

Si rimanda agli elaborati grafici di progetto per una maggiore comprensione delle opere da realizzare.

## **2.5 RIFERIMENTI NORMATIVI**

Lo studio e la modellazione della struttura, i calcoli di verifica e tutti gli elaborati tecnici relativi al progetto in esame sono stati redatti in conformità alla normativa nel seguito riportata:

- D.M. 17/01/2018 – “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”, indicata con NTC2018;
- Circolare n°7 del 21/01/2019 – “Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018”, indicata con Circolare NTC2018;
- Legge 5 novembre 1971, n°1086 - “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso e a struttura metallica”;
- Circolare 14 febbraio 1974 del Ministero LL.PP., n°11951 – “Istruzioni per l'applicazione della Legge 5 novembre 1971, n°1086”;
- Eurocodice 2 – “Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici” nella versione in lingua italiana, pubblicata a cura dell'UNI (UNI EN 1992-1-1);
- Eurocodice 2 – “Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 4: Progettazione degli attacchi per utilizzo nel calcestruzzo” nella versione in lingua italiana, pubblicata dall'UNI (UNI EN 1992-4);
- Eurocodice 3 – “Progettazione delle strutture di acciaio. Parte 1-1: Regole generali per gli edifici” nella versione in lingua italiana, pubblicata a cura dell'UNI (UNI EN 1993-1-1);
- Eurocodice 8 – “Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Regole generali” nella versione in lingua italiana, pubblicata a cura dell'UNI (UNI EN 1998-1).

### Unità di misura

Nella stesura della presente relazione si adottano le unità di misura raccomandate dal Sistema Internazionale (S.I.), in particolare:

- Forze e pesi = [N];
- Unità di lunghezza = [m];
- Massa = [kg];
- Tempo = [s] o [sec].

Se non diversamente indicato, l'accelerazione di gravità è assunta pari a  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . In questo caso vale pertanto la relazione:

- $10 \text{ N} = 1 \text{ kgf}$

- 1 daN = 1 kgf

NOTA BENE: dove dettato da esigenze tecniche per motivi di praticità e di leggibilità dei numeri riportati si farà uso, a seconda dei diversi casi, degli opportuni multipli e sottomultipli delle unità di misura prima indicate.

## **2.6 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

Per lo sviluppo dei successivi studi, è stata presa in esame la seguente documentazione:

- copie cartacee degli elaborati grafici architettonici dell'epoca, forniti dal Comune di Stresa a seguito di opportune verifiche presso i propri archivi;
- planimetrie in formato editabile datate gennaio 2018 redatte da Servizi d'Ingegneria Farnelli;
- indagini strutturali eseguite nel luglio 2019 da 4 EMME Service S.p.A.;
- certificato di idoneità statica datato 11 novembre 2019 redatto dall'Ing. Walter Ricca;
- Relazione di calcolo "Verifica di vulnerabilità sismica e fattibilità tecnico-economica intervento di miglioramento sismico", datata 5 settembre 2022 e redatta dallo Scrivente;
- Relazione illustrativa relativa ai rilievi e alle indagini diagnostiche svolte sull'edificio esistente, redatta da L.T.L. S.r.l datata agosto/settembre 2023;
- Relazione di calcolo – Verifica della vulnerabilità sismica, emessa dallo Scrivente in data 22 marzo 2023.

## **2.7 MATERIALI STRUTTURE ESISTENTI**

### **2.7.1 STRUTTURE IN CALCESTRUZZO**

Per gli elementi strutturali del fabbricato, le caratteristiche dei materiali, derivanti dai certificati di prova delle indagini svolte su edificio esistente, sono le seguenti:

#### CALCESTRUZZO

- $f_{c\_TRAVI} = 23.94 \text{ N/mm}^2$
- $f_{c\_PILASTRI} = 20.92 \text{ N/mm}^2$

#### ACCIAIO

- $f_y = 355.75 \text{ N/mm}^2$

Dove:

- $R_{ck}$  = resistenza caratteristica a compressione del calcestruzzo su provino cubico;
- $f_c$  = resistenza a compressione del calcestruzzo su provino cilindrico;
- $f_y$  = resistenza a snervamento per trazione dell'acciaio.



In accordo con le NTC2018 si applicano i seguenti coefficienti parziali di sicurezza:

- coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo armato gettato in opera =  $\gamma_c = 1.5$ ;
- coefficiente di sicurezza per l'acciaio da armatura =  $\gamma_s = 1.15$ .

Si riportano di seguito i risultati derivanti dalle indagini svolte per la definizione delle caratteristiche del calcestruzzo esistente e delle barre di armatura in acciaio. In particolare, sono stati eseguiti carotaggi meccanici per la caratterizzazione del calcestruzzo e prelievi di spezzoni di armatura per la caratterizzazione dell'acciaio da c.a.

**CALCESTRUZZO INDURITO - RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE DEI PROVINI**  
UNI EN 12390-3/2009

Data esecuzione: 04/09/2023 - 04/09/2023

Identificatore / Contrassegno	Data prelievo	Data prova	Dimensioni			Toll. (1)	Massa Volum. [kg/m³]	Carico [kN]	Resistenza unitaria [MPa]	Cond.	Tipo rottura (2)
			D [mm]	H [mm]	H/D [mm]						
Pilastro piano primo - Verbale di prelievo n° 1											
C1	03/08/2023	04/09/2023	95	95	1	RT	2.133	118,3	16,7	Asciutto	1
C2	03/08/2023	04/09/2023	95	95	1	RT	2.173	132,4	18,7	Asciutto	1
Trave piano primo - Verbale di prelievo n° 1											
C3	03/08/2023	04/09/2023	95	95	1	RT	2.177	153,5	21,7	Asciutto	1
C4	03/08/2023	04/09/2023	95	95	1	RT	2.201	186,4	26,3	Asciutto	1
Trave piano secondo - Verbale di prelievo n° 1											
C5	03/08/2023	04/09/2023	95	95	1	RT	2.173	187,9	26,5	Asciutto	1
C8	03/08/2023	04/09/2023	95	95	1	RT	2.216	221,3	31,2	Asciutto	1
Pilastro piano secondo - Verbale di prelievo n° 1											
C6	03/08/2023	04/09/2023	95	95	1	RT	2.192	115,6	16,3	Asciutto	1
C7	03/08/2023	04/09/2023	95	95	1	RT	2.110	145,7	20,6	Asciutto	1
Pilastro piano terra - Verbale di prelievo n° 1											
C9	03/08/2023	04/09/2023	95	95	1	RT	2.182	129,8	18,3	Asciutto	1
C10	03/08/2023	04/09/2023	95	95	1	RT	2.141	145,2	20,5	Asciutto	1
C11	03/08/2023	04/09/2023	95	95	1	RT	2.299	186,7	26,3	Asciutto	1
C13	03/08/2023	04/09/2023	95	95	1	RT	2.208	136,8	19,3	Asciutto	1
C14	03/08/2023	04/09/2023	95	95	1	RT	2.153	235,6	33,2	Asciutto	1
Trave piano terra - Verbale di prelievo n° 1											
C12	03/08/2023	04/09/2023	95	95	1	RT	2.152	99,1	14,0	Asciutto	1
Pilastro piano seminterrato - Verbale di prelievo n° 1											
C15	03/08/2023	04/09/2023	95	95	1	RT	2.280	129,4	18,3	Asciutto	1
C16	03/08/2023	04/09/2023	95	95	1	RT	2.189	155,1	21,9	Asciutto	1
Muro piano seminterrato - Verbale di prelievo n° 1											
C17	03/08/2023	04/09/2023	95	95	1	RT	2.110	95,6	13,5	Asciutto	1
C18	03/08/2023	04/09/2023	95	95	1	RT	2.244	146,0	20,6	Asciutto	1

Carotaggi meccanici su calcestruzzo indurito – Resistenza alla compressione dei provini – UNI EN 12390-3/2009

Risultati estratti dalla *Relazione Illustrativa* relativi ai rilievi e alle indagini diagnostiche, redatta da L.T.L. S.r.l. nel marzo 2023

**MATERIALI METALLICI. PROVA DI TRAZIONE**  
UNI EN 10002-1/1992

Data esecuzione: 07/09/2023

Sigla provino	Massa lin. [g/m]	Diam. equip. [mm]	Sezione effett. [mm <sup>2</sup> ]	Allung. A5 [%]	Carico unitario fy-f(0,2) [MPa]	ft [MPa]	Rapporto ft/fy	fy/fyk	Piegamento esito	# mand [mm]	Marchio
B1 - Piano seminterrato - Ø16	1535	15,8	195,50	25,50	379	536	1,42	-	-	-	-
B2 - Piano seminterrato - Ø12	904	12,1	115,10	28,50	261	396	1,52	-	-	-	-
B3 - Piano terra - Ø8	377	7,8	48,08	19,50	415	674	1,62	-	-	-	-
B4 - Piano terra - Ø16	1533	15,8	195,30	23,75	378	524	1,39	-	-	-	-
B5 - Piano primo - Ø14	1198	13,9	152,64	20,57	569	773	1,36	-	-	-	-
B6 - Piano primo - Ø10	615	10,0	78,36	25,00	338	467	1,38	-	-	-	-
B7 - Piano secondo - Ø10	630	10,1	80,22	35,40	258	353	1,37	-	-	-	-
B8 - Piano secondo - Ø10	627	10,1	79,89	26,80	248	351	1,42	-	-	-	-

Prova di trazione su acciaio d'armatura – UNI EN 10002-1/1992

Risultati estratti dalla *Relazione Illustrativa* relativi ai rilievi e alle indagini diagnostiche, redatta da L.T.L. S.r.l. nel marzo 2023

La resistenza a compressione delle strutture in elevazione è stata ottenuta dalla media aritmetica dei valori di resistenza. Dal momento che le prove di rottura a compressione del calcestruzzo sono state eseguite su provini di forma cilindrica ottenuti tramite carotaggi delle strutture esistenti con rapporto diametro/altezza pari a uno, il valore di resistenza misurato  $R_{ck}$  corrisponde alla resistenza caratteristica a compressione del calcestruzzo su provino cilindrico  $f_{ck}$ .

Analogamente, per la resistenza a compressione dell'acciaio da armatura è stato assunto il valore derivante dalla media aritmetica delle prove di trazione.

## 2.8 LIVELLO DI CONOSCENZA E FATTORE DI CONFIDENZA

In accordo con quanto riportato nella Circolare NTC2018, le effettive caratteristiche meccaniche dei materiali e delle diverse parti strutturali possono variare nell'ambito della stessa struttura; nelle costruzioni esistenti è cruciale la "conoscenza" della struttura (geometria e dettagli costruttivi) e dei materiali che la costituiscono (calcestruzzo, acciaio). È per questo che vengono introdotti i Fattori di Confidenza, strettamente legati al Livello di Conoscenza conseguito nelle indagini conoscitive, e che vanno preliminarmente a ridurre i valori di resistenza dei materiali della struttura esistente, per ricavare i valori da adottare nelle verifiche.

Si riporta di seguito la classificazione, prevista dalla citata Circolare, dei livelli di conoscenza con i relativi fattori di confidenza:

- livello di conoscenza LC1: conoscenza limitata, Fattore di Confidenza FC = 1.35;
- livello di conoscenza LC2: conoscenza adeguata, Fattore di Confidenza FC = 1.20;
- livello di conoscenza LC3: conoscenza accurata, Fattore di Confidenza FC = 1.00.

Il Livello di Conoscenza, e quindi il Fattore di Confidenza da applicare alla resistenza dei materiali, è stato valutato considerando i seguenti aspetti:

- disponibilità di documentazione esistente;



- corrispondenza in opera della geometria (elementi strutturali, armature, dettagli costruttivi, ...) con quanto indicato sugli elaborati progettuali, riscontrata a seguito dei sopralluoghi e dei rilievi effettuati in sito;
- indagini condotte per stabilire la resistenza dei materiali e la loro conformità con quanto riportato sulla documentazione esistente.

La relazione tra livelli di conoscenza, metodi di analisi e fattori di confidenza è illustrata nella Tabella C8.5.IV, mentre la definizione dei termini “visivo”, “completo”, “limitato”, “estensivo”, “esaustivo”, è fornita nella Tabella C8.5.V, entrambe estrapolate dalla Circolare NTC2018 e di seguito esposte.

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

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

Livello di Indagini e Prove	Rilievo (dei dettagli costruttivi) <sup>(a)</sup>	Prove (sui materiali) <sup>(b)(c)(d)</sup>
	Per ogni elemento “primario” (trave, pilastro)	
<i>limitato</i>	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 15% degli elementi	1 provino di cls. per 300 m <sup>2</sup> di piano dell'edificio, 1 campione di armatura per piano dell'edificio
<i>esteso</i>	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 35% degli elementi	2 provini di cls. per 300 m <sup>2</sup> di piano dell'edificio, 2 campioni di armatura per piano dell'edificio
<i>esaustivo</i>	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 50% degli elementi	3 provini di cls. per 300 m <sup>2</sup> di piano dell'edificio, 3 campioni di armatura per piano dell'edificio

Tabella C8.5.V – Definizione orientativa dei livelli di rilievo e prove per edifici in c.a.

Sulla base delle informazioni ottenute dalle indagini sulle proprietà dei materiali e sui dettagli costruttivi, è possibile ottenere per l'edificio in esame un livello di conoscenza LC2, cui è associato un fattore di confidenza FC = 1.20. I valori di resistenza utilizzati nel calcolo sono quelli riportati di seguito:

MATERIALE	PARAMETRO [N/mm <sup>2</sup> ]	FC	PARAMETRO CORRETTO [N/mm <sup>2</sup> ]
Cls Travi	$R_{ck} = f_{ck} = 23.94$	1.20	$R_{ck} = f_{ck} = 19.95$
Cls Pilastri	$R_{ck} = f_{ck} = 20.92$	1.20	$R_{ck} = f_{ck} = 17.43$
Acciaio	$f_y = 355.75$	1.20	$f_{yk} = 296.46$

Valori di resistenza corretti con il fattore di confidenza FC

Per una maggiore comprensione si riportano di seguito le caratteristiche dei materiali utilizzati nelle verifiche.

CALCESTRUZZO  $R_{ck} = 19.95$  MPa (Travi)

- $f_{ck} = R_{ck} = 19.95$  N/mm<sup>2</sup>
- $f_{cd} = 0.85 f_{ck} = 16.96$  N/mm<sup>2</sup> (utilizzato per meccanismi duttili);
- $f_{cd} = 0.85 f_{ck} / \gamma_c = 11.31$  N/mm<sup>2</sup> (utilizzato per meccanismi fragili);
- $E_c = 22000 [(f_{ck} + 8) / 10]^{0.3} = 29945.89$  N/mm<sup>2</sup>;
- $\nu = 0.2$
- $G = E_c / [2 (1 + \nu)] = 12477.45$  N/mm<sup>2</sup>.

CALCESTRUZZO  $R_{ck} = 17.43$  MPa (Pilastri)

- $f_{ck} = R_{ck} = 17.43$  N/mm<sup>2</sup>
- $f_{cd} = 0.85 f_{ck} = 14.81$  N/mm<sup>2</sup> (utilizzato per meccanismi duttili);
- $f_{cd} = 0.85 f_{ck} / \gamma_c = 9.88$  N/mm<sup>2</sup> (utilizzato per meccanismi fragili);
- $E_c = 22000 [(f_{ck} + 8) / 10]^{0.3} = 29108.95$  N/mm<sup>2</sup>;
- $\nu = 0.2$
- $G = E_c / [2 (1 + \nu)] = 12128.73$  N/mm<sup>2</sup>.

ACCIAIO  $f_{yk} = 296.46$

- $f_{yk} = 296.46$  N/mm<sup>2</sup> (utilizzato per meccanismi duttili);
- $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 257.79$  N/mm<sup>2</sup> (utilizzato per meccanismi fragili);
- $E_s = 200000$  N/mm<sup>2</sup>.

La distinzione dei parametri di resistenza tra meccanismi duttili e fragili è stata eseguita in accordo col capitolo 8.7.2 delle NTC2018.

## 2.9 MATERIALI NUOVE COSTRUZIONI

### 2.9.1 MALTA PER RIPRISTINI ED ANCORAGGI STRUTTURE IN CALCESTRUZZO

MALTA PER RIPRISTINI

Malta colabile tipo Kerakoll GeoLite Magma.

- Classe R4

ACCIAIO B 450 C

- $f_{yk} = 450$  N/mm<sup>2</sup>;
- $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 450 / 1,15 = 391,3$  N/mm<sup>2</sup>
- $E_s = 210000$  N/mm<sup>2</sup>
- $\varepsilon_{uk} = 0,075$

ANCORANTE CHIMICO

Ancorante chimico per inghisaggi di barre di armatura tipo Hilti HIT-RE 500 V4.

In accordo con il quadro normativo adottato si applicano i seguenti coefficienti parziali di sicurezza:

- coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo armato gettato in opera =  $\gamma_c = 1.5$ ;
- coefficiente di sicurezza per l'acciaio da armatura =  $\gamma_s = 1.15$ .

### **2.9.2 STRUTTURE IN CARPENTERIA METALLICA**

Si utilizzerà acciaio S275 secondo UNI EN 10025-5 per profili a sezione aperta.

In accordo con le NTC2018, i valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento  $f_{yk}$  e di rottura  $f_{tk}$  sono i seguenti:

- $f_{yk} = 275 \text{ N/mm}^2$ ;
- $f_{tk} = 430 \text{ N/mm}^2$ ;

Le caratteristiche dell'acciaio adottate nei calcoli sono le seguenti:

- |  |  |
|--|--|
| • modulo di elasticità                       | $E = 210000 \text{ N/mm}^2$ ;                              |
| • modulo di elasticità trasversale           | $G = E/2 (1+\nu) = 81000 \text{ N/mm}^2$ ;                 |
| • coefficiente di Poisson                    | $\nu = 0.3$ ;  |
| • coefficiente di espansione termica lineare | $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ ; |
| • densità                                    | $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$ ;                             |

Tutte le saldature dovranno essere di prima classe, a doppio cordone d'angolo e con spessore di gola pari a 7/10 dello spessore minimo da saldare.

In accordo con il quadro normativo adottato si applicano i seguenti coefficienti parziali di sicurezza per l'acciaio da carpenteria:  $\gamma_{M0} = \gamma_{M1} = 1.05$ .

Le viti e i tasselli sono di classe 8.8, caratterizzate dalle seguenti proprietà meccaniche:

- $f_{yb} = 649 \text{ N/mm}^2$ ;
- $f_{tb} = 800 \text{ N/mm}^2$ ,

I dadi sono di classe 8.

In accordo con la normativa vigente, per le verifiche delle unioni bullonate si considera un coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_{M2} = 1.25$ .

**La classe di esecuzione delle strutture in acciaio oggetto della relazione presente dovrà essere almeno EXC2 secondo la norma UNI EN 1090.**

## 2.10 DEFINIZIONE DELLE AZIONI E DEI PARAMETRI DI PROGETTO

Nelle verifiche strutturali sono stati presi in considerazione i seguenti carichi elementari. Le condizioni elementari di carico vengono cumulate secondo combinazioni di carico tali da risultare le più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, determinando quindi le azioni di calcolo da utilizzare per le verifiche allo Stato Limite Ultimo SLV.

I pesi propri e i sovraccarichi permanenti sono stati in parte dedotti dai risultati delle indagini eseguiti sull'edificio esistente, mentre per quanto riguarda i carichi accidentali si è fatto riferimento alle prescrizioni dettate dalle NTC2018 per gli edifici di nuova costruzione.

I carichi di seguito riportati sono stati utilizzati per la verifica di vulnerabilità sismica dell'edificio esistente e verranno utilizzati per la progettazione e la verifica degli interventi di rinforzo.

### 2.10.1 PESI PROPRI DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI (DEAD e PP)

Sono stati presi in considerazione i pesi propri dei seguenti materiali strutturali:

• Calcestruzzo armato gettato in opera (DEAD):	25.00 kN/m <sup>3</sup>
• Solaio in latero-cemento S1 (20+4 cm) (copertura del Piano Seminterrato – Corpi A e B)	2.80 kN/m <sup>2</sup>
• Solaio in latero-cemento S2 (20+2 cm) (copertura del Piano Terra – Corpi A e B)	2.30 kN/m <sup>2</sup>
• Solaio in latero-cemento S3 (20+3 cm) (copertura del Piano Primo – Corpo A)	2.50 kN/m <sup>2</sup>
• Solaio in latero-cemento S4 (20+5 cm) (copertura del Piano Primo – Corpo B)	3.00 kN/m <sup>2</sup>
• Solaio in latero-cemento S5 (16+2 cm) (copertura della palestra)	1.90 kN/m <sup>2</sup>
• Solaio in latero-cemento S6 (20+3 cm) (copertura Piano Secondo – Corpi A e B)	2.80 kN/m <sup>2</sup>
• Solaio in latero-cemento S7 (12+3 cm) (copertura – Corpi A e B)	2.00 kN/m <sup>2</sup>

### 2.10.2 SOVRACCARICHI PERMANENTI (G1 e G2)

Sono stati presi in considerazione i seguenti carichi permanenti:

• Sovraccarico permanente G1 solaio di copertura del Piano Seminterrato (S1)	1.30 kN/m <sup>2</sup>
• Sovraccarico permanente G2 solaio di copertura del Piano Seminterrato (S1)	2.00 kN/m <sup>2</sup>
• Sovraccarico permanente G1 solaio di copertura del Piano Terra (S2)	1.30 kN/m <sup>2</sup>
• Sovraccarico permanente G2 solaio di copertura del Piano Terra (S2)	2.00 kN/m <sup>2</sup>
• Sovraccarico permanente G1 solaio di copertura del Piano Primo (S3)	1.80 kN/m <sup>2</sup>
• Sovraccarico permanente G2 solaio di copertura del Piano Primo (S3)	2.00 kN/m <sup>2</sup>
• Sovraccarico permanente G1 solaio di copertura del Piano Primo (S4)	1.80 kN/m <sup>2</sup>
• Sovraccarico permanente G2 solaio di copertura del Piano Primo (S4)	2.00 kN/m <sup>2</sup>
• Sovraccarico permanente G1 solaio di copertura della palestra (S5)	1.20 kN/m <sup>2</sup>
• Sovraccarico permanente G1 solaio di copertura del Piano Secondo (S6)	0.20 kN/m <sup>2</sup>
• Sovraccarico permanente G1 solaio di copertura (S7)	0.50 kN/m <sup>2</sup>
• Sovraccarico permanente G1 scale	3.00 kN/m <sup>2</sup>

- Tamponamenti perimetrali (G1) 4.20 kN/m

### 2.10.3 SOVRACCARICHI ACCIDENTALI (ACC)

Sono stati presi in considerazione i seguenti carichi accidentali:

- Sovraccarico accidentale solaio di copertura del Piano Seminterrato (S1) – cat. C1 3.00 kN/m<sup>2</sup>
- Sovraccarico accidentale solaio di copertura del Piano Terra (S2) – cat. C1 3.00 kN/m<sup>2</sup>
- Sovraccarico accidentale solaio di copertura del Piano Primo (S3) – cat. C1 3.00 kN/m<sup>2</sup>
- Sovraccarico accidentale solaio di copertura del Piano Primo (S4) – cat. C1 3.00 kN/m<sup>2</sup>
- Sovraccarico accidentale scale – cat. C 4.00 kN/m<sup>2</sup>

Essendo la copertura e il piano di sottotetto accessibili per sola manutenzione, non è stato preso in considerazione nessun carico accidentale in quanto non prevista per la verifica di vulnerabilità sismica.

### 2.10.4 AZIONE DEL VENTO (W)

Non è stata considerata l'azione del vento, in quanto non prevista per la verifica di vulnerabilità sismica.

### 2.10.5 AZIONE DELLA NEVE (S)

Non è stata considerata l'azione della neve, in quanto non prevista per la verifica di vulnerabilità sismica.

### 2.10.6 AZIONE SISMICA (E)

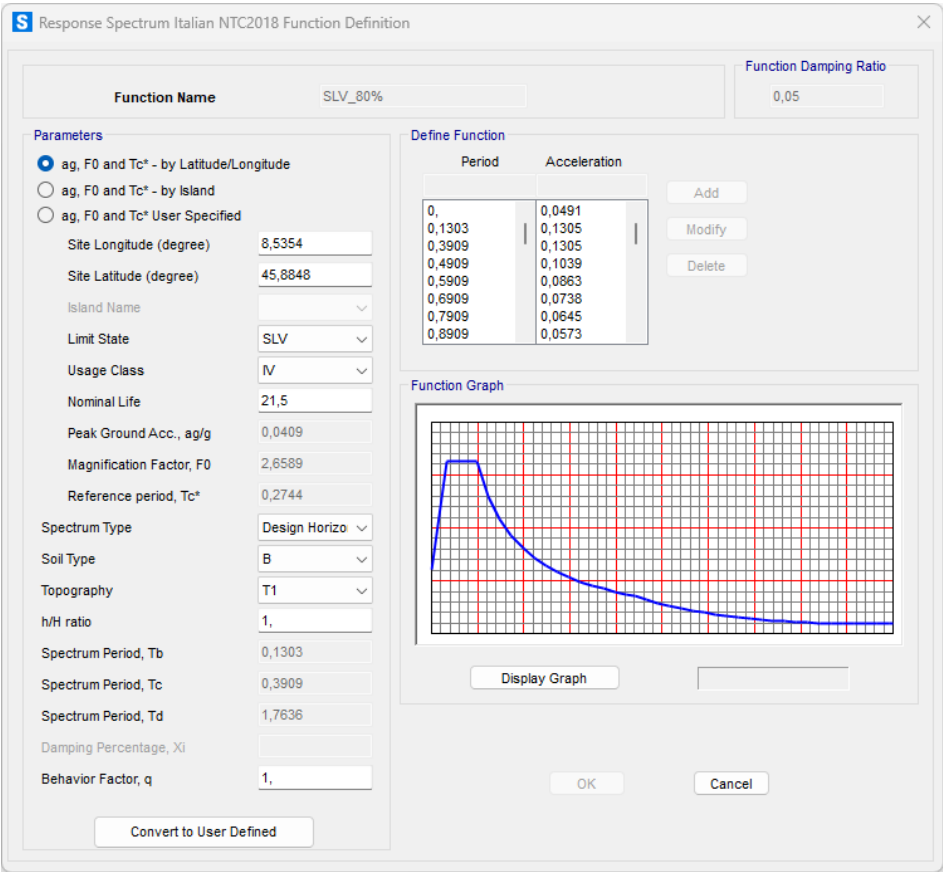
Lo spettro di risposta da applicare al modello è stato definito mediante l'utilizzo del software di calcolo SAP2000, utilizzato anche come solutore agli elementi finiti.

- Regione: Piemonte
- Provincia: Verbano-Cusio-Ossola
- Comune: Stresa
- Zona sismica amministrativa: 4
- Categoria del sottosuolo: B, come deducibile dai risultati delle analisi MASW effettuate dal Geol. Coretta nel settembre 2022;
- Categoria topografica: T1

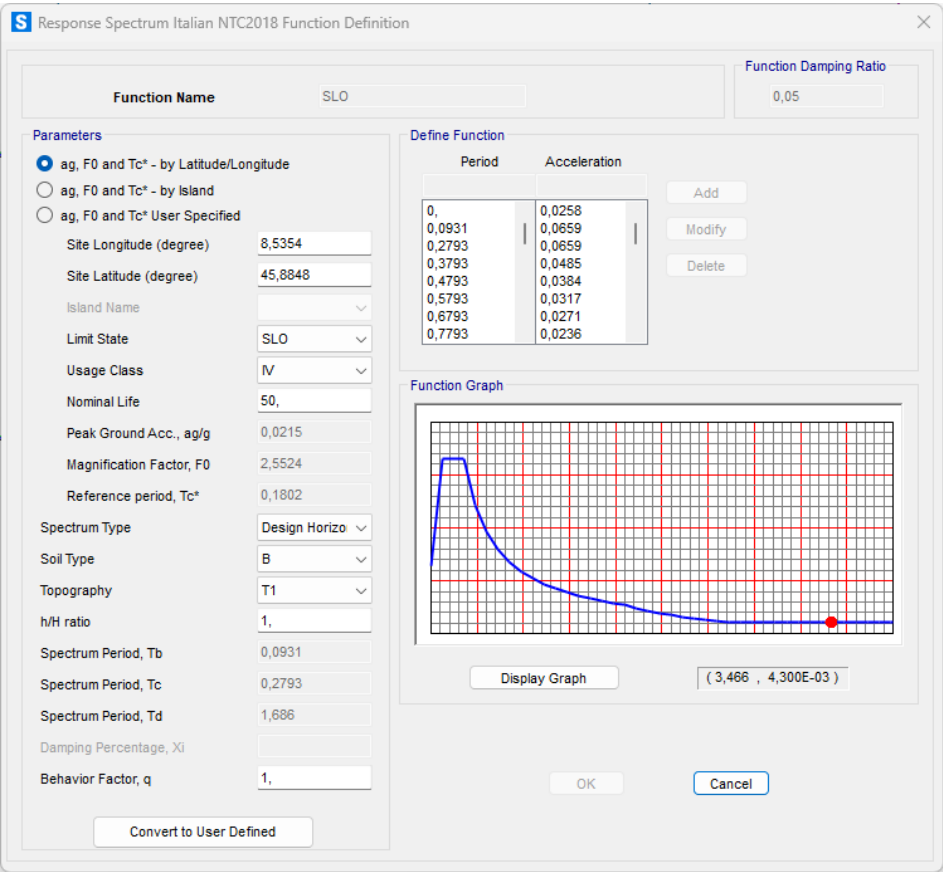
I parametri sismici della struttura sono i seguenti

- Vita nominale:  $V_N = 50$  anni "Opere ordinarie, ponti...";
- Classe d'uso: IV "Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti...";
- Coefficiente d'uso:  $C_U = 2.0$ ;
- Periodo di riferimento  $V_R = V_N C_U = 100$  anni;
- Fattore di comportamento:  $q = 1.0$  (struttura non dissipativa)

Di seguito le immagini riferite al foglio di calcolo utile alla determinazione degli spettri di risposta:



Spettro di Risposta SLV – Sisma 80% -  $q=1.0$



Spettro di Risposta SLO



### 2.10.7 CALCOLO DELLE MASSE SISMICHE E DEI LORO BARICENTRI

Le masse sismiche verranno assegnate automaticamente dal programma di calcolo in funzione dei carichi assegnati, secondo i coefficienti di partecipazione della combinazione sismica.

Per quanto riguarda la posizione del centro di massa, come indicato al capitolo 7.2.6 delle NTC2018 “Per tenere conto della variabilità spaziale del moto sismico, nonché di eventuali incertezze, deve essere attribuita al centro di massa un’eccentricità accidentale rispetto alla sua posizione quale deriva dal calcolo. Per i soli edifici e in assenza di più accurate determinazioni, l’eccentricità accidentale in ogni direzione non può essere considerata inferiore a 0,05 volte la dimensione media dell’edificio misurata perpendicolarmente alla direzione di applicazione dell’azione sismica. Detta eccentricità è assunta costante, per entità e direzione, su tutti gli orizzontamenti.”. Questa operazione verrà effettuata automaticamente dal programma di calcolo, in relazione alle masse precedentemente definite e alla geometria della struttura.

**Load Case Data - Response Spectrum**

**Load Case Name:** X Set Def Name Modify/Show...

**Notes:**

**Modal Combination:**

- ☒ CQC
- ☐ SRSS
- ☐ Absolute
- ☐ GMC
- ☐ NRC 10 Percent
- ☐ Double Sum

GMC f1: 1, GMC f2: 0, Periodic + Rigid Type: SRSS

**Modal Load Case:**

Use Modes from this Modal Load Case: MODAL

- ☒ Standard - Acceleration Loading
- ☐ Advanced - Displacement Inertia Loading

**Loads Applied:**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	SLV	9,81
Accel	U1	SLV	9,81

☐ Show Advanced Load Parameters

**Other Parameters:**

Modal Damping: Constant at 0,05 Modify/Show...

**Load Case Type:** Response Spectrum Design...

**Directional Combination:**

- ☒ SRSS
- ☐ CQC3
- ☐ Absolute

Scale Factor:

**Mass Source:** Previous (Masse sismica)

**Diaphragm Eccentricity:**

Eccentricity Ratio: 0,05

### 2.10.8 EFFETTI DELLE NON LINEARITA' GEOMETRICHE

Data l'assenza di solette strutturali a livello di ciascun impalcato, la deformabilità del complesso strutturale risulta elevata, come anche evidenziato dall'analisi di vulnerabilità sismica. Si è quindi deciso di non considerare gli effetti delle non linearità geometriche, in quanto i risultati ottenuti non rappresenterebbero il reale comportamento della struttura.

## 2.11 METODO DI CALCOLO

Il metodo di calcolo adottato è quello semiprobabilistico agli Stati Limite. Le azioni di calcolo sollecitanti la struttura e la loro combinazione, nonché le proprietà fisico-meccaniche dei materiali strutturali, in termini di capacità di prestazione, sono state considerate mediante le modalità indicate nelle NTC2018, mediante l'applicazione di regole specifiche e di coefficienti parziali di sicurezza adeguati.

Sono stati considerati i seguenti Stati Limite:

- Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV);
- Stato Limite di Operatività (SLO), poiché la struttura appartiene alla classe d'uso IV, come indicato nelle NTC18, Par. 7.3.6.1.

## 2.12 COMBINAZIONI DELLE AZIONI DI CALCOLO

Con riferimento alle azioni elementari prima determinate, si sono considerate le seguenti combinazioni di carico:

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi (SLV, SLC) e d'esercizio (SLO, SLD):

$$F_d = E + G_k + P_k + \sum_{i=1}^n (\psi_{2i} \cdot Q_{ik})$$

dove:

- $G_k$ = valore caratteristico delle azioni permanenti;
- $P_k$ = valore caratteristico della forza di precompressione;
- $E$ = valore dell'azione sismica per lo stato limite in esame;
- $\psi_{2,i}$ = coeff. che fornisce il valore quasi permanente dell'azione variabile;
- $Q_{ik}$ = valore caratteristico dell'i-esima azione variabile.

Categoria/Azione variabile	$\psi_{0j}$	$\psi_{1j}$	$\psi_{2j}$
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 $\leq 30$ 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 $\leq 1000$ 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

Tabella 2.5.1 - Valori dei coefficienti di combinazione.

Nel modello di calcolo sono state considerate le seguenti combinazioni di carico:

S.L.	COMB	PP	G1	G2	Q	X	Y	Xo	Yo
SLV	SLVXy	1	1	1	0.6	1	0.3	-	-
	SLVYx	1	1	1	0.6	0.3	1	-	-
SLO	SLOXy	1	1	1	0.6	-	-	1	0.3
	SLOYx	1	1	1	0.6	-	-	0.3	1

*Combinazioni di carico definite.*

## 2.13 METODO DI ANALISI E MODELLAZIONE STRUTTURALE

Le strutture sono state modellate secondo le seguenti ipotesi:

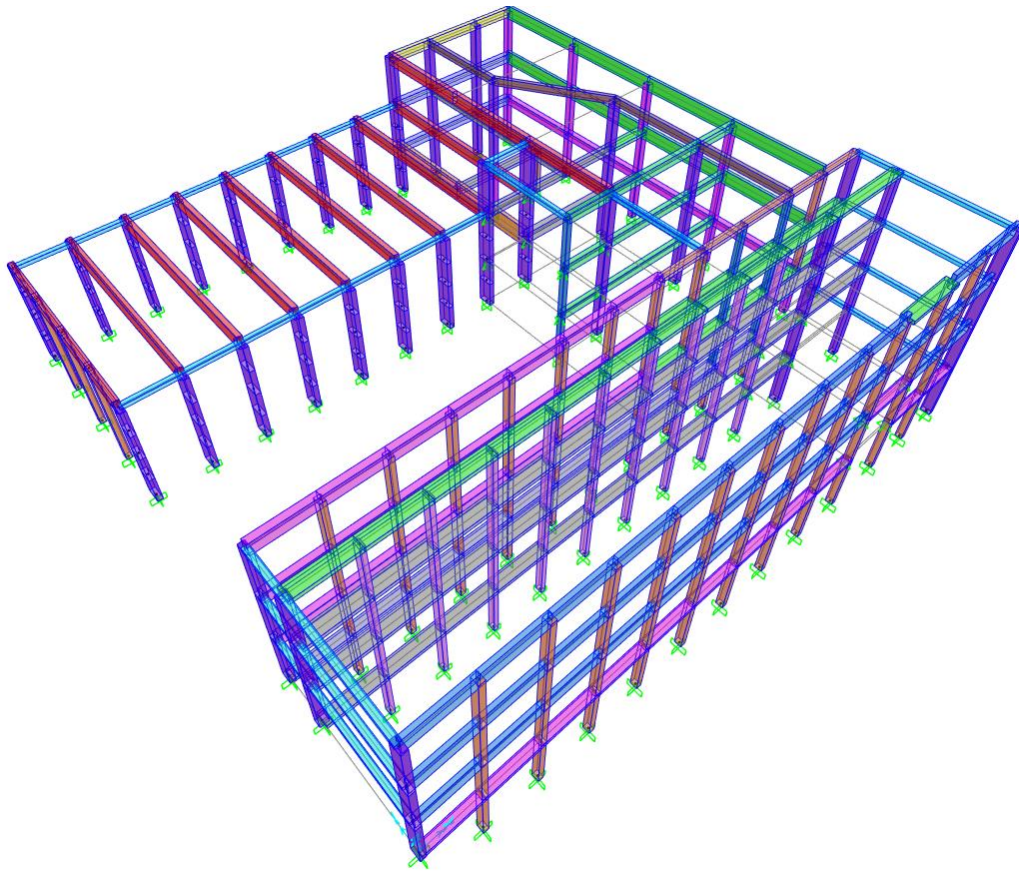
- gli elementi monodimensionali della struttura sono elementi frame, la cui formulazione generica include gli effetti dei momenti flettente e torcente, della deformazione assiale e di taglio;
- gli elementi frame sono modellati con un segmento di connessione di due punti (start, end) e presentano un proprio sistema di riferimento locale;
- gli elementi bidimensionali della struttura sono elementi shell, la cui formulazione generica include sia il comportamento a membrana che quello a piastra inflessa;
- gli elementi shell hanno una formulazione a tre o quattro nodi che combina separatamente il comportamento a membrana e quello a piastra inflessa. Presentano un proprio sistema di riferimento locale.

Il modello di calcolo generato per lo stato di progetto presenta le medesime caratteristiche descritte nel documento 38T-RS01-00 utilizzato per la verifica di vulnerabilità sismica.

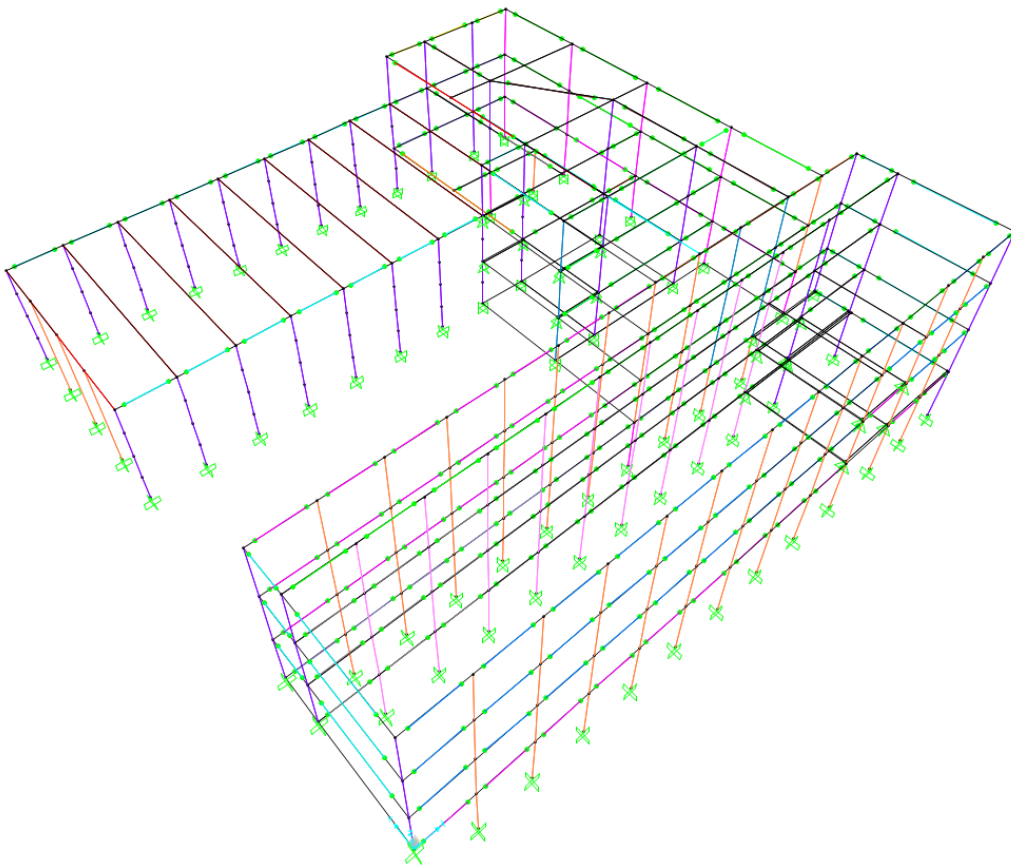
Lo schema statico che meglio rappresenta la struttura è quello equivalente ad una serie di mensole in parallelo, motivo per cui tutti gli elementi verticali sono stati incastrati alla base. I pilastri oggetto di intervento sono stati modellati come da progetto; pertanto, le loro sezioni hanno subito un incremento. Tutti gli elementi di nuova realizzazione verranno progettati come non dissipativi; pertanto, avranno fattore di comportamento pari a 1.0.

Le travi esistenti in c.a. sono state modellate incernierate in corrispondenza dei nodi di attacco ai pilastri. Le travi di rinforzo in carpenteria metallica non rientrano nel modello globale dell'edificio, ma sono state modellate separatamente. Lo schema statico è il medesimo, pertanto si tratta di travi su due appoggi.

Si riporta un'immagine del modello 3D della struttura.



*Modello di calcolo 3D (vista estrusa)*

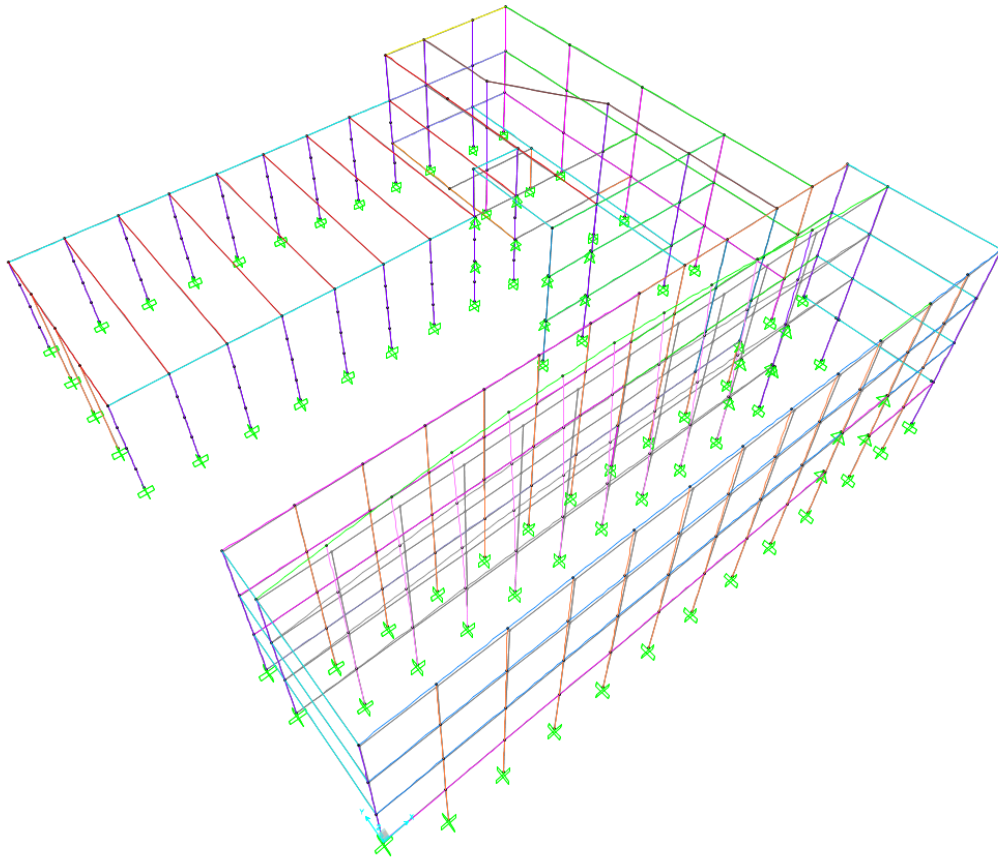


*Modello di calcolo 3D (vista unifilare con indicazione dei vincoli interni)*

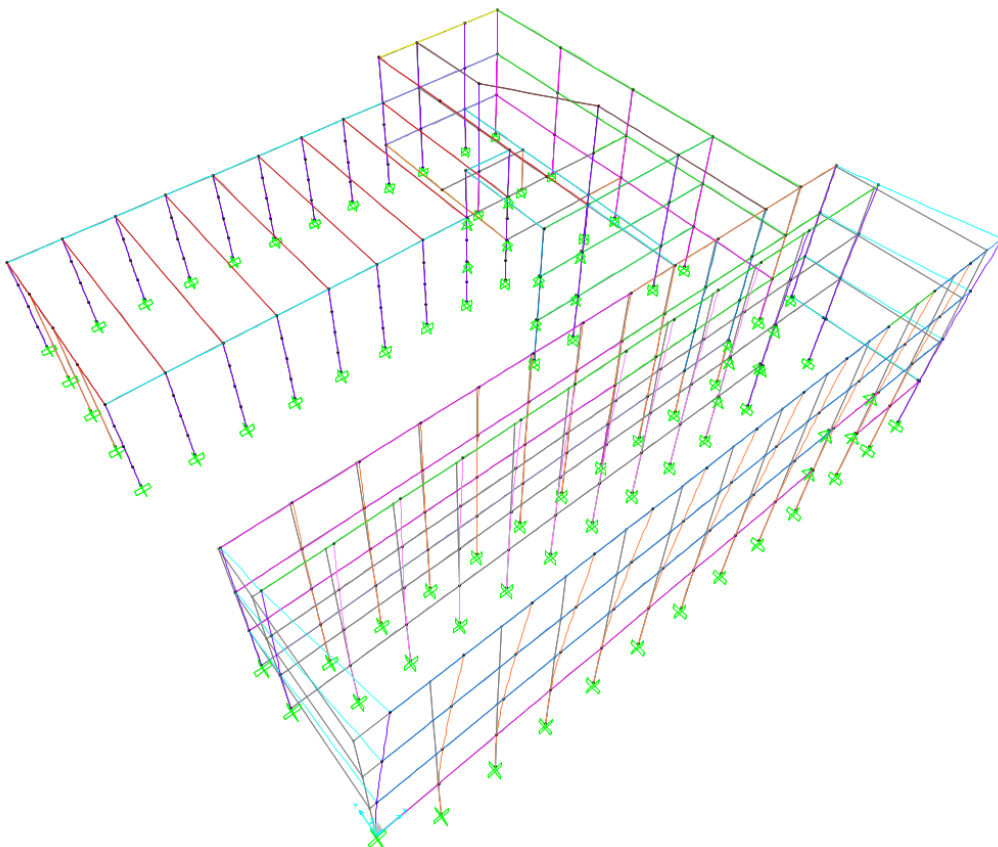
È stata condotta un'analisi lineare dinamica (analisi modale con spettro di risposta) per ciascuna delle due direzioni principali. La combinazione degli effetti dei singoli modi è stata effettuata mediante una Combinazione Quadratica Completa (CQC).

Di seguito è riportata una tabella riassuntiva delle masse coinvolte per il singolo modo, in particolare è stato considerato più dell'85% della massa in X e Y.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios					
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	3.5912	0.0000	0.1754
MODAL	Mode	2	3.4174	0.0000	0.0908
MODAL	Mode	3	3.0726	0.2064	0.0000
MODAL	Mode	4	2.7713	0.0000	0.0008
MODAL	Mode	5	2.6324	0.1471	0.0000
MODAL	Mode	6	2.3103	0.0000	0.0860
MODAL	Mode	7	2.1470	0.0000	0.0033
MODAL	Mode	8	2.1268	0.0907	0.0000
MODAL	Mode	9	2.0346	0.0000	0.0002
MODAL	Mode	10	1.7987	0.0030	0.1052
MODAL	Mode	11	1.7172	0.1751	0.0004
MODAL	Mode	12	1.6147	0.0012	0.0719
MODAL	Mode	13	1.4159	0.0113	0.0054
MODAL	Mode	14	1.2424	0.0203	0.0014
MODAL	Mode	15	1.1466	0.0005	0.0367
MODAL	Mode	16	0.8197	0.0087	0.0034
MODAL	Mode	17	0.7074	0.0006	0.1120
MODAL	Mode	18	0.4914	0.1354	0.0010
MODAL	Mode	19	0.3238	0.0034	0.2229
MODAL	Mode	20	0.2521	0.1093	0.0053
				91.30%	92.21%



*Deformata modale - modo di vibrare n° 1*



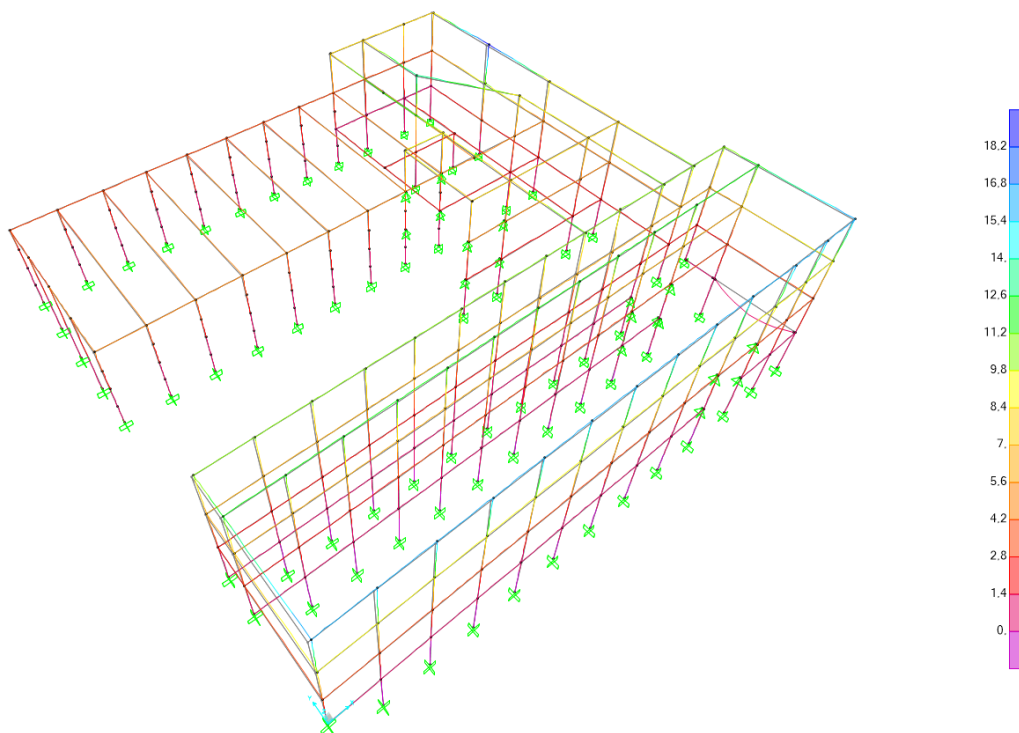
*Deformata modale - modo di vibrare n° 3*



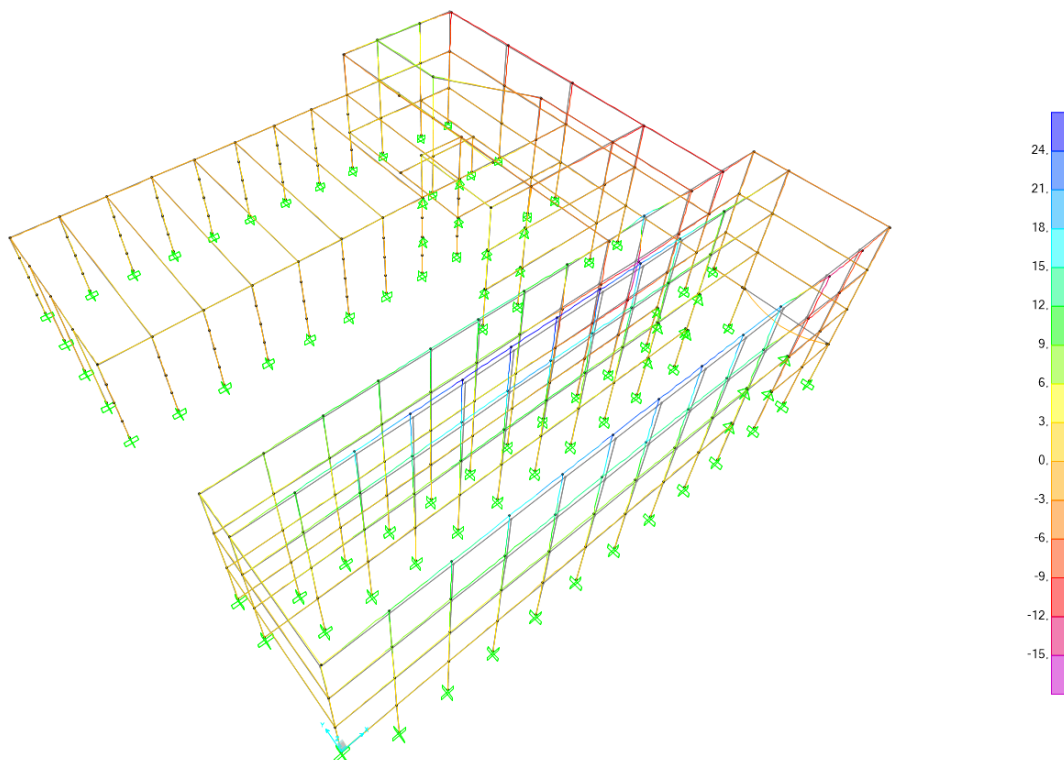
### 2.13.1 PRINCIPALI SPOSTAMENTI DEL TELAIO STRUTTURALE

Si riportano di seguito i principali spostamenti del modello strutturale per le combinazioni sismiche. In particolare, si riportano le deformate determinate per le seguenti combinazioni:

- SLOXy
- SLOYx



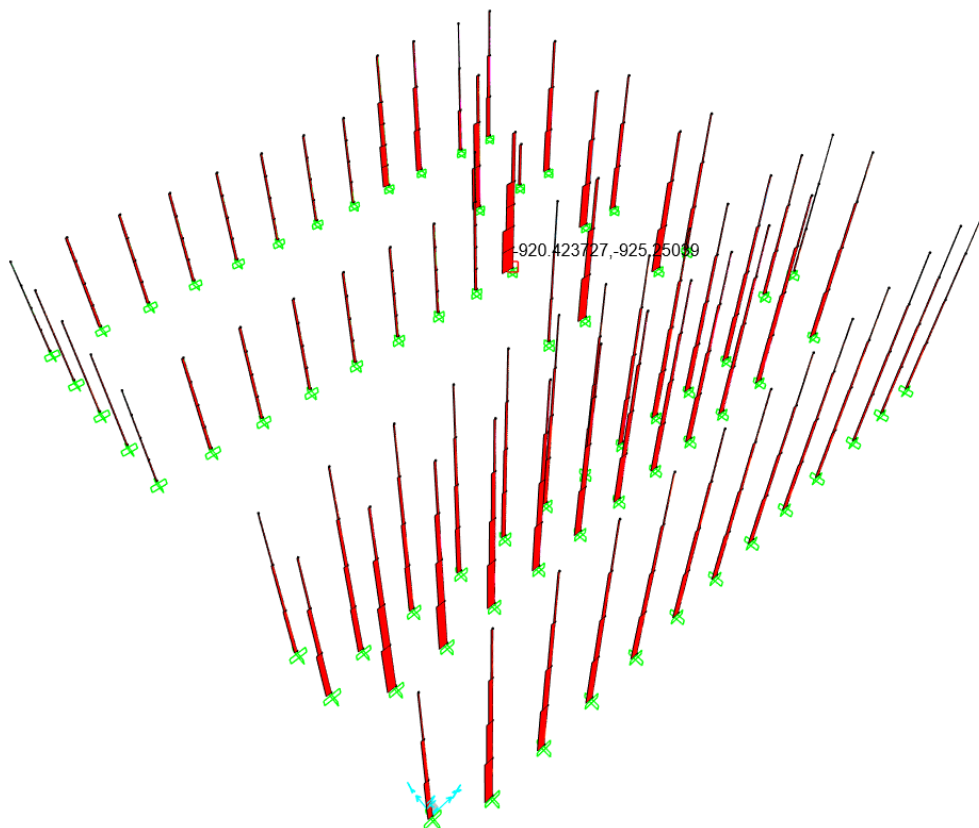
*Spostamenti ottenuti dalla combinazione sismica SLOXy [mm]*



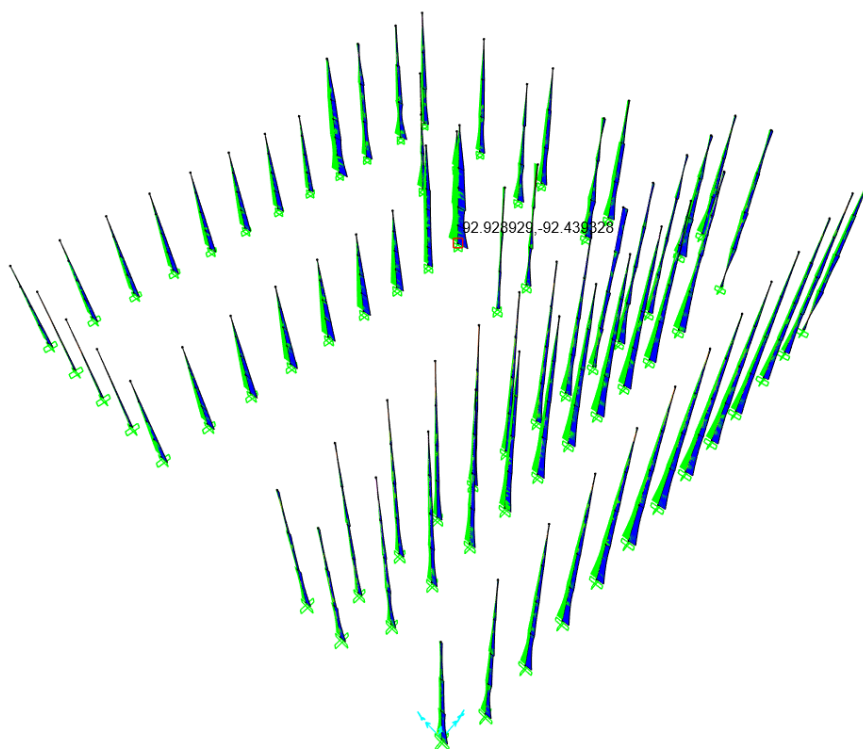
*Spostamenti ottenuti dalla combinazione sismica SLOYx [cm]*

### 2.13.2 SOLLECITAZIONI MAGGIORMENTE SIGNIFICATIVE SUGLI ELEMENTI SISMORESISTENTI

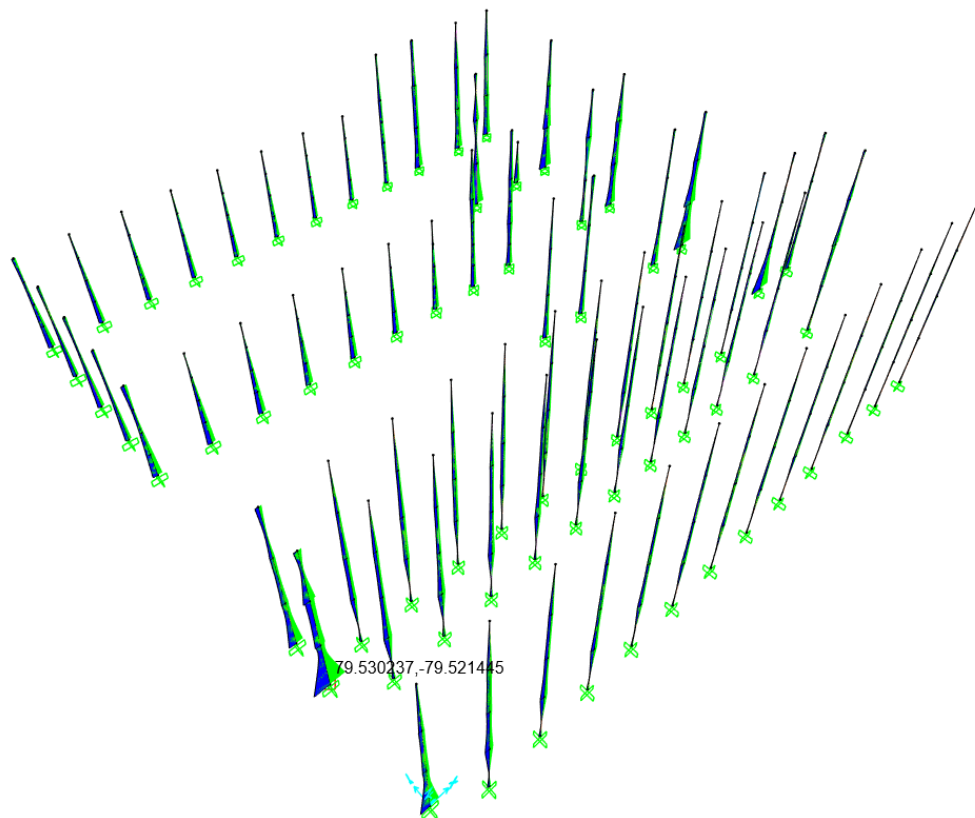
Si riportano di seguito le principali sollecitazioni sugli elementi verticali ottenute dall'involuppo delle combinazioni sismiche. Le direzioni 2 e 3 fanno riferimento agli assi locali degli elementi.



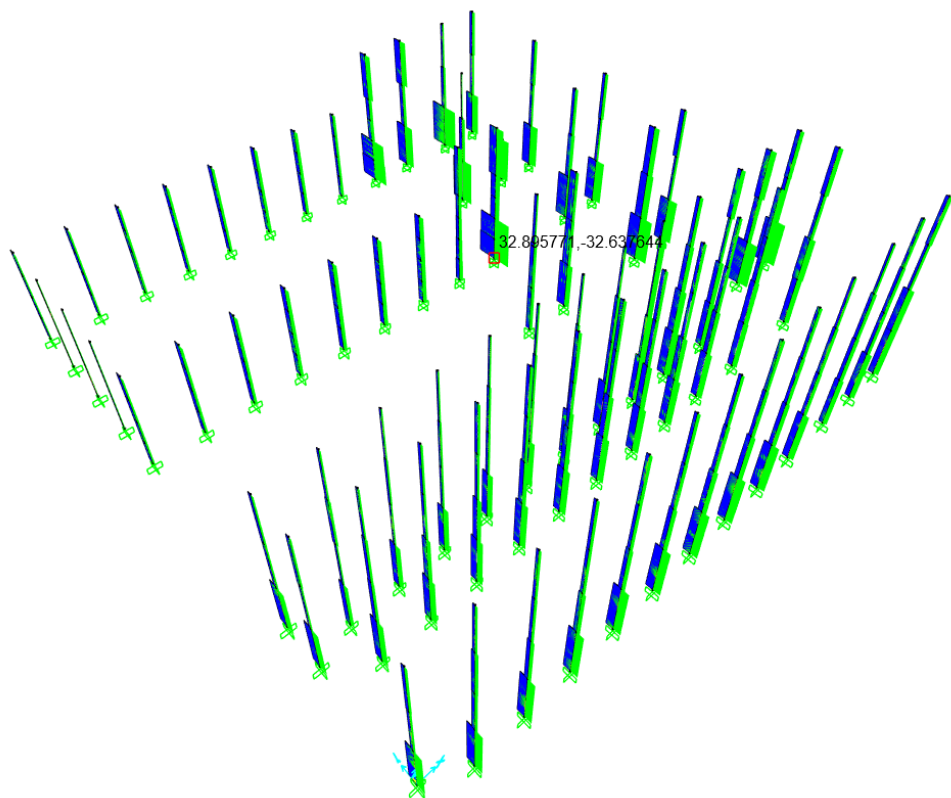
Azione assiale sui pilastri (ENVSLV) [kN]



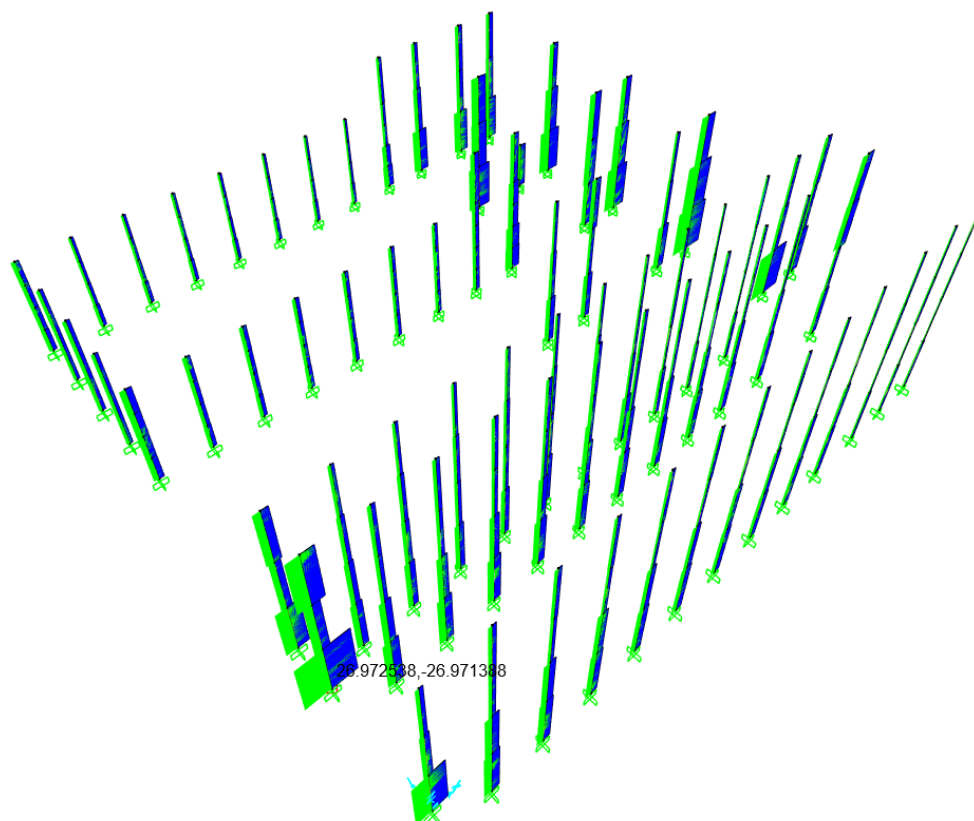
Momento flettente  $M_{22}$  sui pilastri (ENVSLV) [kNm]



Momento flettente  $M_{33}$  sui pilastri (ENVSLV) [kNm]



Taglio  $V_{33}$  sui pilastri (ENVSLV) [kN]



Taglio  $V_{22}$  sui pilastri (ENVSLV) [kN]

## 2.14 CRITERI DI VERIFICA AGLI STATI LIMITE

La sicurezza e le prestazioni della struttura in esame saranno garantite verificando gli stati limite definiti nei precedenti paragrafi in funzione dell'utilizzo della costruzione, della sua vita nominale e di quanto stabilito dalle norme. In particolare, è stata verificata:

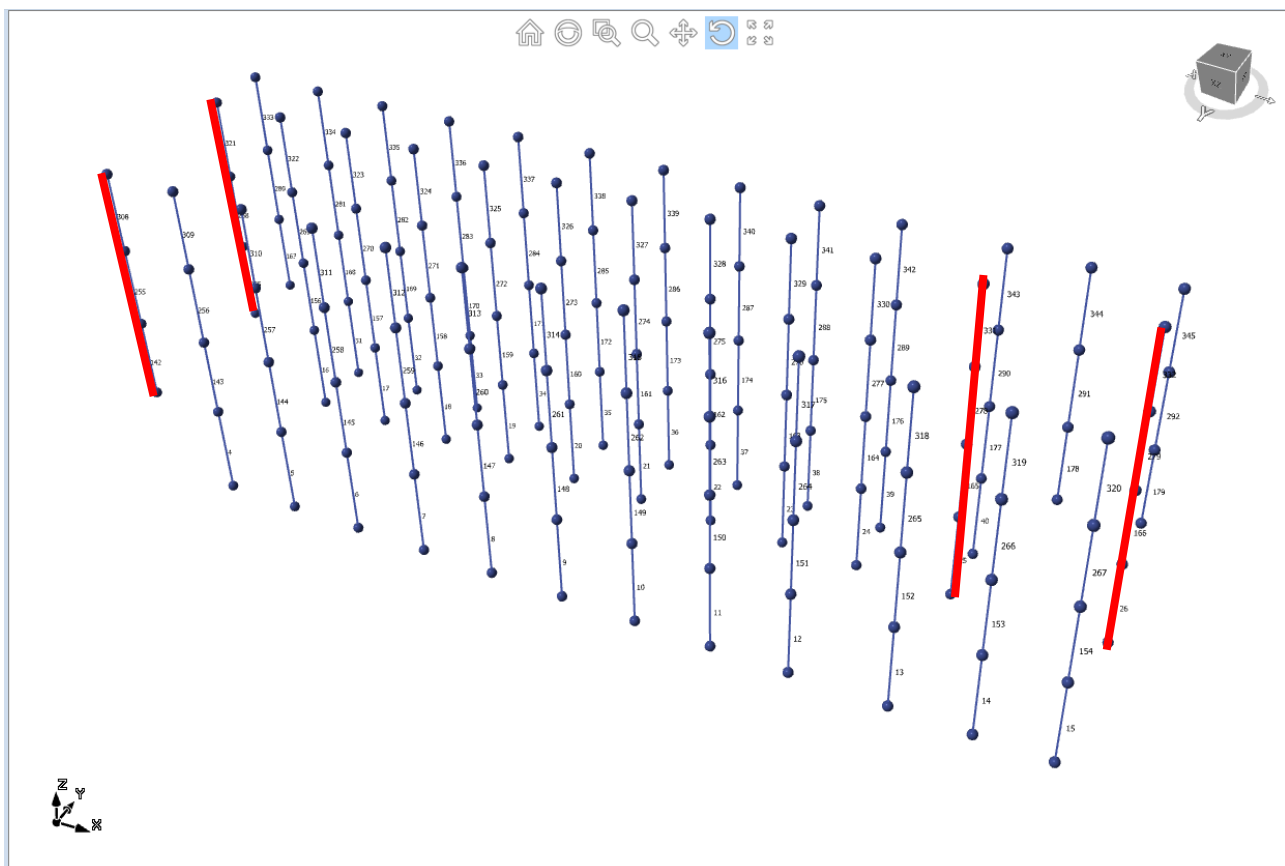
- la sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi SLV che possono provocare eccessive deformazioni permanenti, crolli parziali o globali, dissesti, che possono compromettere l'incolumità delle persone e/o la perdita di beni, provocare danni ambientali e sociali, mettere fuori servizio l'opera. Per le verifiche sono stati utilizzati i coefficienti parziali di sicurezza relativi alle azioni ed alle resistenze dei materiali in accordo a quanto previsto dalle NTC2018 per i vari tipi di materiale. Le verifiche nei confronti dello Stato Limite di Salvaguardia della Vita degli elementi strutturali sono state condotte in termini di resistenza sia per i meccanismi duttili che per quelli fragili;
- la sicurezza nei riguardi dello Stato Limite di Operatività (SLO) causato da azioni sismiche con opportuni periodi di ritorno. Le verifiche nei confronti dello Stato Limite di Operatività degli elementi strutturali e non strutturali sono state effettuate in termini di spostamenti accettabili, così come definiti nel seguito.

### 3 VERIFICHE

Le verifiche sulle strutture esistenti sono state condotte in accordo alle regole del capitolo 4 delle NTC2018 per gli elementi in c.a. Anche le verifiche degli elementi di nuova progettazione sono state condotte in accordo alle regole del capitolo 4 delle NTC2018 per elementi in c.a., avendo assunto un comportamento strutturale non dissipativo.

Per le successive verifiche si assumeranno l'asse X e l'asse Y coincidenti con le direzioni assunte nel modello di calcolo. Le direzioni 2 e 3 invece sono riferite agli assi locali degli elementi.

Si riporta di seguito una schermata del software di calcolo, rappresentante la nomenclatura che verrà utilizzata di seguito per fare riferimento agli elementi strutturali nel riportare le verifiche. In particolare, si evidenziano in rosso gli elementi soggetti ad interventi di miglioramento sismico.



*Nomenclatura pilastri oggetto di verifica – CORPO A*

31



### 3.1 VERIFICHE ELEVAZIONI

Per quanto riguarda gli elementi verticali si riportano di seguito le seguenti verifiche:

- verifica di resistenza allo stato limite ultimo (pressoflessione, taglio).

#### 3.1.1 VERIFICHE PILASTRI – ELEMENTI RINFORZATI

Si riporta di seguito la verifica a pressoflessione della combinazione più gravosa di tutti i pilastri oggetto di intervento di miglioramento sismico, eseguita mediante il software di elevata affidabilità “VIS”. Le combinazioni sismiche fanno riferimento all’80% dello spettro sismico di progetto, ovvero  $a_g=0.0409$ .

Pilastro	Segmento	Sezione	Combinazione	N [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]	As [cm <sup>2</sup> ]	D/C
101	1	R_30x91	SLVXy_80%	-202.63	-134.68	41.95	25.13	<b>0.664</b>
	2	R_30x91	SLVXy_80%	-198.40	-103.26	38.15	25.13	<b>0.567</b>
	3	R_30x91	SLVXy_80%	-194.16	-71.87	34.62	25.13	<b>0.472</b>
102	1	R_30x91	SLVXy_80%	-191.34	-50.97	32.46	25.13	<b>0.412</b>
	2	R_30x91	SLVXy_80%	-184.28	38.39	27.61	25.13	<b>0.341</b>
	3	R_30x91	SLVXy_80%	-180.04	56.51	25.30	25.13	<b>0.353</b>
118	1	R_30x91	SLVXy_80%	-152.04	-132.23	44.33	25.13	<b>0.683</b>
	2	R_30x91	SLVXy_80%	-147.80	-100.37	40.00	25.13	<b>0.580</b>
	3	R_30x91	SLVXy_80%	-143.57	-68.52	35.78	25.13	<b>0.477</b>
138	1	R_30x91	SLVXy_80%	-140.74	-47.28	33.05	25.13	<b>0.410</b>
	2	R_30x91	SLVXy_80%	-136.51	27.88	28.90	25.13	<b>0.333</b>
	3	R_30x91	SLVXy_80%	-132.27	45.05	24.79	25.13	<b>0.326</b>
139	1	R_30x91	SLVXy_80%	-152.04	-132.73	44.39	25.13	<b>0.685</b>
	2	R_30x91	SLVXy_80%	-147.81	-100.74	40.05	25.13	<b>0.581</b>
	3	R_30x91	SLVXy_80%	-143.57	-68.74	35.83	25.13	<b>0.478</b>
140	1	R_30x91	SLVXy_80%	-140.75	-47.41	33.09	25.13	<b>0.411</b>
	2	R_30x91	SLVXy_80%	-136.51	27.93	28.93	25.13	<b>0.333</b>
	3	R_30x91	SLVXy_80%	-132.28	45.25	24.82	25.13	<b>0.327</b>
141	1	R_30x91	SLVXy_80%	-152.04	-132.74	44.48	25.13	<b>0.686</b>
	2	R_30x91	SLVXy_80%	-147.81	-100.74	40.13	25.13	<b>0.582</b>
	3	R_30x91	SLVXy_80%	-143.57	-68.74	35.89	25.13	<b>0.479</b>
142	1	R_30x60_sez1	SLVXy_80%	-229.15	22.84	81.69	36.19	<b>0.887</b>
	2	R_30x60_sez1	SLVXy_80%	-223.57	15.43	48.20	36.19	<b>0.544</b>
	3	R_30x60_sez1	SLVXy_80%	-214.26	12.39	28.46	36.19	<b>0.343</b>
155	1	R_46x40	SLVXy_80%	-267.94	12.97	161.48	25.13	<b>0.884</b>
	2	R_46x40	SLVXy_80%	-262.23	9.25	97.18	25.13	<b>0.570</b>
	3	R_46x40	SLVXy_80%	-252.71	-8.62	54.80	25.13	<b>0.373</b>
165	1	R_41x56	SLVXy_80%	-527.65	-14.38	76.72	20.11	<b>0.618</b>
	2	R_41x56	SLVXy_80%	-520.52	-13.01	57.12	20.11	<b>0.491</b>
	3	R_41x56	SLVXy_80%	-508.65	-13.98	56.63	20.11	<b>0.490</b>
166	1	R_46x40	SLVXy_80%	-443.36	-8.87	44.57	25.13	<b>0.382</b>
	2	R_46x40	SLVXy_80%	-437.65	-8.75	49.42	25.13	<b>0.400</b>
	3	R_46x40	SLVXy_80%	-431.94	-8.64	56.68	25.13	<b>0.428</b>

180	1	R_46x56	SLVYx_80%	-782.99	-130.77	55.87	31.42	0.792
	2	R_46x56	SLVYx_80%	-774.99	92.95	39.12	31.42	0.595
	3	R_46x56	SLVYx_80%	-761.67	76.79	30.05	31.42	0.510
181	1	R_46x46	SLVYx_80%	-716.20	91.51	40.41	25.13	0.796
	2	R_46x46	SLVYx_80%	-708.78	25.48	65.86	25.13	0.601
	3	R_46x46	SLVYx_80%	-697.84	-13.96	53.52	25.13	0.497
185	1	R_46x56	SLVYx_80%	-726.67	138.14	54.04	31.42	0.805
	2	R_46x56	SLVYx_80%	-718.68	-90.94	39.32	31.42	0.579
	3	R_46x56	SLVYx_80%	-705.36	-66.48	33.81	31.42	0.479
186	1	R_30x91	SLVYx_80%	-140.75	-47.41	33.15	25.13	0.411
	2	R_30x91	SLVYx_80%	-136.51	27.93	28.98	25.13	0.334
	3	R_30x91	SLVYx_80%	-132.28	45.25	24.86	25.13	0.327
197	1	R_30x91	SLVYx_80%	-152.04	-132.74	44.59	25.13	0.687
	2	R_30x91	SLVYx_80%	-147.81	-100.74	40.23	25.13	0.583
	3	R_30x91	SLVYx_80%	-143.57	-68.74	35.98	25.13	0.480
227	1	R_30x91	SLVYx_80%	-140.75	-47.41	33.23	25.13	0.412
	2	R_30x91	SLVYx_80%	-136.51	27.93	29.05	25.13	0.334
	3	R_30x91	SLVYx_80%	-132.28	45.25	24.91	25.13	0.328
230	1	R_30x91	SLVYx_80%	-152.04	-132.74	44.73	25.13	0.688
	2	R_30x91	SLVYx_80%	-147.81	-100.74	40.35	25.13	0.584
	3	R_30x91	SLVYx_80%	-143.57	-68.74	36.08	25.13	0.481
246	1	R_30x91	SLVYx_80%	-140.75	-47.41	33.32	25.13	0.413
	2	R_30x91	SLVYx_80%	-136.51	27.93	29.12	25.13	0.335
	3	R_30x91	SLVYx_80%	-132.28	45.25	24.97	25.13	0.328
247	1	R_30x91	SLVYx_80%	-152.05	-132.70	44.89	25.13	0.690
	2	R_30x91	SLVYx_80%	-147.81	-100.71	40.49	25.13	0.585
	3	R_30x91	SLVYx_80%	-143.58	-68.72	36.20	25.13	0.482
248	1	R_30x91	SLVYx_80%	-140.75	-47.40	33.42	25.13	0.414
	2	R_30x91	SLVYx_80%	-136.52	27.89	29.21	25.13	0.336
	3	R_30x91	SLVYx_80%	-132.28	45.22	25.04	25.13	0.329
249	1	R_30x91	SLVYx_80%	-176.80	69.19	23.99	25.13	0.364
	2	R_30x91	SLVYx_80%	-172.56	89.70	22.58	25.13	0.389
	3	R_30x91	SLVYx_80%	-168.33	115.32	21.95	25.13	0.432
25	1	R_41x56	SLVYx_80%	-578.66	68.83	-20.69	20.11	0.530
	2	R_41x56	SLVYx_80%	-570.58	58.63	-11.41	20.11	0.440
	3	R_41x56	SLVYx_80%	-557.13	15.11	77.57	20.11	0.631
250	1	R_30x91	SLVYx_80%	-165.51	134.28	21.91	25.13	0.467
	2	R_30x91	SLVYx_80%	-161.27	163.53	22.48	25.13	0.525
	3	R_30x91	SLVYx_80%	-157.03	193.11	23.75	25.13	0.590
255	1	R_30x60_sez2	SLVYx_80%	-145.13	10.28	-28.20	25.13	0.387
	2	R_30x60_sez2	SLVYx_80%	-139.54	9.32	25.25	25.13	0.348
	3	R_30x60_sez2	SLVYx_80%	-130.23	9.48	24.63	25.13	0.340
26	1	R_46x40	SLVYx_80%	-610.10	-12.20	-43.75	25.13	0.458
	2	R_46x40	SLVYx_80%	-603.63	-12.07	29.89	25.13	0.404
	3	R_46x40	SLVYx_80%	-592.85	-11.86	42.93	25.13	0.447
268	1	R_46x40	SLVYx_80%	-168.91	5.68	57.07	25.13	0.340
	2	R_46x40	SLVYx_80%	-163.20	5.30	50.96	25.13	0.309
	3	R_46x40	SLVYx_80%	-153.69	6.66	52.62	25.13	0.324

278	1	R_41x56	SLVXy_80%	-370.56	13.69	55.48	20.11	0.460
	2	R_41x56	SLVXy_80%	-363.43	11.08	51.76	20.11	0.424
	3	R_41x56	SLVXy_80%	-351.56	7.90	54.01	20.11	0.423
279	1	R_46x40	SLVXy_80%	-280.63	-9.30	58.86	25.13	0.404
	2	R_46x40	SLVXy_80%	-274.92	-8.00	47.21	25.13	0.339
	3	R_46x40	SLVXy_80%	-265.40	-6.71	54.28	25.13	0.360
293	1	R_46x46	SLVYx_80%	-510.70	-77.39	23.82	25.13	0.607
	2	R_46x46	SLVYx_80%	-504.13	-60.43	18.66	25.13	0.494
	3	R_46x46	SLVYx_80%	-497.57	-46.08	14.74	25.13	0.407
294	1	R_46x46	SLVXy_80%	-482.87	-15.71	51.74	25.13	0.434
	2	R_46x46	SLVXy_80%	-476.31	-15.56	42.31	25.13	0.388
	3	R_46x46	SLVYx_80%	-466.21	-51.00	13.89	25.13	0.418
298	1	R_46x46	SLVYx_80%	-436.76	-78.57	28.77	25.13	0.627
	2	R_46x46	SLVYx_80%	-430.19	-61.29	24.65	25.13	0.513
	3	R_46x46	SLVXy_80%	-420.17	16.98	64.52	25.13	0.491
301	1	R_41x41	SLVXy_80%	-505.10	18.44	59.46	16.08	0.745
	2	R_41x41	SLVXy_80%	-499.89	14.08	42.95	16.08	0.580
	3	R_41x41	SLVXy_80%	-491.19	-9.82	47.48	16.08	0.580
306	1	R_30x91	SLVXy_80%	-129.45	56.49	22.08	25.13	0.322
	2	R_30x91	SLVXy_80%	-125.21	74.24	17.88	25.13	0.315
	3	R_30x91	SLVXy_80%	-118.15	117.76	10.98	25.13	0.326
308	1	R_30x60_sez2	SLVXy_80%	-57.58	7.31	-25.06	25.13	0.328
	2	R_30x60_sez2	SLVXy_80%	-52.00	5.02	15.31	25.13	0.205
	3	R_30x60_sez2	SLVXy_80%	-46.41	3.52	6.30	25.13	0.092
321	1	R_46x40	SLVXy_80%	-65.01	4.25	55.34	25.13	0.294
	2	R_46x40	SLVXy_80%	-59.30	2.63	33.19	25.13	0.183
	3	R_46x40	SLVYx_80%	-49.79	-11.67	3.95	25.13	0.116
331	1	R_41x56	SLVXy_80%	-152.94	6.99	52.36	20.11	0.384
	2	R_41x56	SLVXy_80%	-145.82	4.55	33.14	20.11	0.250
	3	R_41x56	SLVXy_80%	-138.69	-2.77	13.92	20.11	0.121
332	1	R_46x40	SLVXy_80%	-104.65	5.39	56.23	25.13	0.318
	2	R_46x40	SLVXy_80%	-98.94	-3.46	34.05	25.13	0.204
	3	R_46x40	SLVXy_80%	-93.23	-2.47	14.22	25.13	0.105
346	1	R_46x46	SLVYx_80%	-210.97	-43.07	13.35	25.13	0.327
	2	R_46x46	SLVYx_80%	-204.41	-24.89	8.72	25.13	0.208
	3	R_46x46	SLVYx_80%	-193.46	-21.09	4.32	25.13	0.167
347	1	R_46x46	SLVXy_80%	-219.07	-24.96	33.07	25.13	0.335
	2	R_46x46	SLVXy_80%	-212.50	-28.79	19.57	25.13	0.283
	3	R_46x46	SLVYx_80%	-202.40	-41.52	6.97	25.13	0.285
351	1	R_46x46	SLVXy_80%	-201.30	-25.57	61.05	25.13	0.488
	2	R_46x46	SLVXy_80%	-194.73	-14.12	39.53	25.13	0.310
	3	R_46x46	SLVXy_80%	-188.16	-4.51	17.24	25.13	0.149
354	1	R_41x41	SLVXy_80%	-197.81	8.79	-45.93	16.08	0.504
	2	R_41x41	SLVXy_80%	-192.59	4.01	-28.54	16.08	0.310
	3	R_41x41	SLVYx_80%	-183.90	-3.68	-13.73	16.08	0.189
394	1	R_30x91	SLVYx_80%	-103.32	152.78	4.20	25.13	0.335
	2	R_30x91	SLVYx_80%	-99.08	191.03	3.03	25.13	0.428
	3	R_30x91	SLVYx_80%	-94.84	229.28	-3.25	25.13	0.532

395	1	R_30x91	SLVXy_80%	-129.45	56.79	22.11	25.13	0.323
	2	R_30x91	SLVXy_80%	-125.22	74.68	17.90	25.13	0.316
	3	R_30x91	SLVXy_80%	-118.16	118.40	10.99	25.13	0.327
396	1	R_30x91	SLVYx_80%	-103.30	153.47	4.20	25.13	0.337
	2	R_30x91	SLVYx_80%	-99.06	191.86	3.03	25.13	0.430
	3	R_30x91	SLVYx_80%	-94.83	230.25	-3.26	25.13	0.535
397	1	R_30x91	SLVXy_80%	-129.45	56.79	22.14	25.13	0.323
	2	R_30x91	SLVXy_80%	-125.22	74.68	17.93	25.13	0.316
	3	R_30x91	SLVXy_80%	-118.16	118.40	11.01	25.13	0.327
402	1	R_30x91	SLVYx_80%	-103.30	153.48	4.20	25.13	0.337
	2	R_30x91	SLVYx_80%	-99.06	191.87	3.04	25.13	0.430
	3	R_30x91	SLVYx_80%	-94.83	230.25	-3.26	25.13	0.535
435	1	R_30x91	SLVXy_80%	-129.45	56.79	22.19	25.13	0.323
	2	R_30x91	SLVXy_80%	-125.22	74.68	17.96	25.13	0.316
	3	R_30x91	SLVXy_80%	-118.16	118.40	11.02	25.13	0.327
436	1	R_30x91	SLVYx_80%	-103.30	153.48	4.21	25.13	0.337
	2	R_30x91	SLVYx_80%	-99.06	191.87	3.04	25.13	0.430
	3	R_30x91	SLVYx_80%	-94.83	230.25	-3.27	25.13	0.535
437	1	R_30x91	SLVXy_80%	-129.45	56.79	22.24	25.13	0.324
	2	R_30x91	SLVXy_80%	-125.22	74.68	18.01	25.13	0.317
	3	R_30x91	SLVXy_80%	-118.16	118.40	11.05	25.13	0.327
438	1	R_30x91	SLVYx_80%	-103.30	153.48	4.21	25.13	0.337
	2	R_30x91	SLVYx_80%	-99.06	191.87	3.05	25.13	0.430
	3	R_30x91	SLVYx_80%	-94.83	230.25	-3.28	25.13	0.535
439	1	R_30x91	SLVXy_80%	-129.46	56.76	22.30	25.13	0.324
	2	R_30x91	SLVXy_80%	-125.22	74.66	18.05	25.13	0.317
	3	R_30x91	SLVXy_80%	-118.16	118.36	11.07	25.13	0.327
440	1	R_30x91	SLVYx_80%	-103.31	153.40	4.22	25.13	0.337
	2	R_30x91	SLVYx_80%	-99.08	191.77	3.05	25.13	0.430
	3	R_30x91	SLVYx_80%	-94.84	230.14	-3.29	25.13	0.535
442	1	R_30x91	SLVXy_80%	-45.04	-19.33	26.10	25.13	0.330
	2	R_30x91	SLVXy_80%	-33.75	-10.60	12.99	25.13	0.153
	3	R_30x91	SLVXy_80%	-22.46	-2.71	-2.04	25.13	0.025
508	1	R_30x91	SLVXy_80%	-152.04	132.25	39.25	25.13	0.634
	2	R_30x91	SLVXy_80%	-147.80	100.39	35.29	25.13	0.534
	3	R_30x91	SLVXy_80%	-143.57	68.53	31.49	25.13	0.436
509	1	R_30x91	SLVXy_80%	-140.74	47.29	29.07	25.13	0.372
	2	R_30x91	SLVXy_80%	-136.51	-27.89	25.60	25.13	0.301
	3	R_30x91	SLVXy_80%	-129.45	-56.50	20.00	25.13	0.302
510	1	R_30x91	SLVXy_80%	-126.62	-68.33	17.76	25.13	0.302
	2	R_30x91	SLVXy_80%	-122.39	-87.11	14.43	25.13	0.305
	3	R_30x91	SLVXy_80%	-118.15	-117.76	11.20	25.13	0.328
511	1	R_30x91	SLVXy_80%	-115.33	-137.86	9.08	25.13	0.340
	2	R_30x91	SLVYx_80%	-99.08	-191.03	3.63	25.13	0.432
	3	R_30x91	SLVYx_80%	-94.85	-229.29	3.25	25.13	0.532
512	1	R_30x91	SLVXy_80%	-152.04	132.75	39.30	25.13	0.636
	2	R_30x91	SLVXy_80%	-147.81	100.75	35.34	25.13	0.535
	3	R_30x91	SLVXy_80%	-143.57	68.75	31.52	25.13	0.437

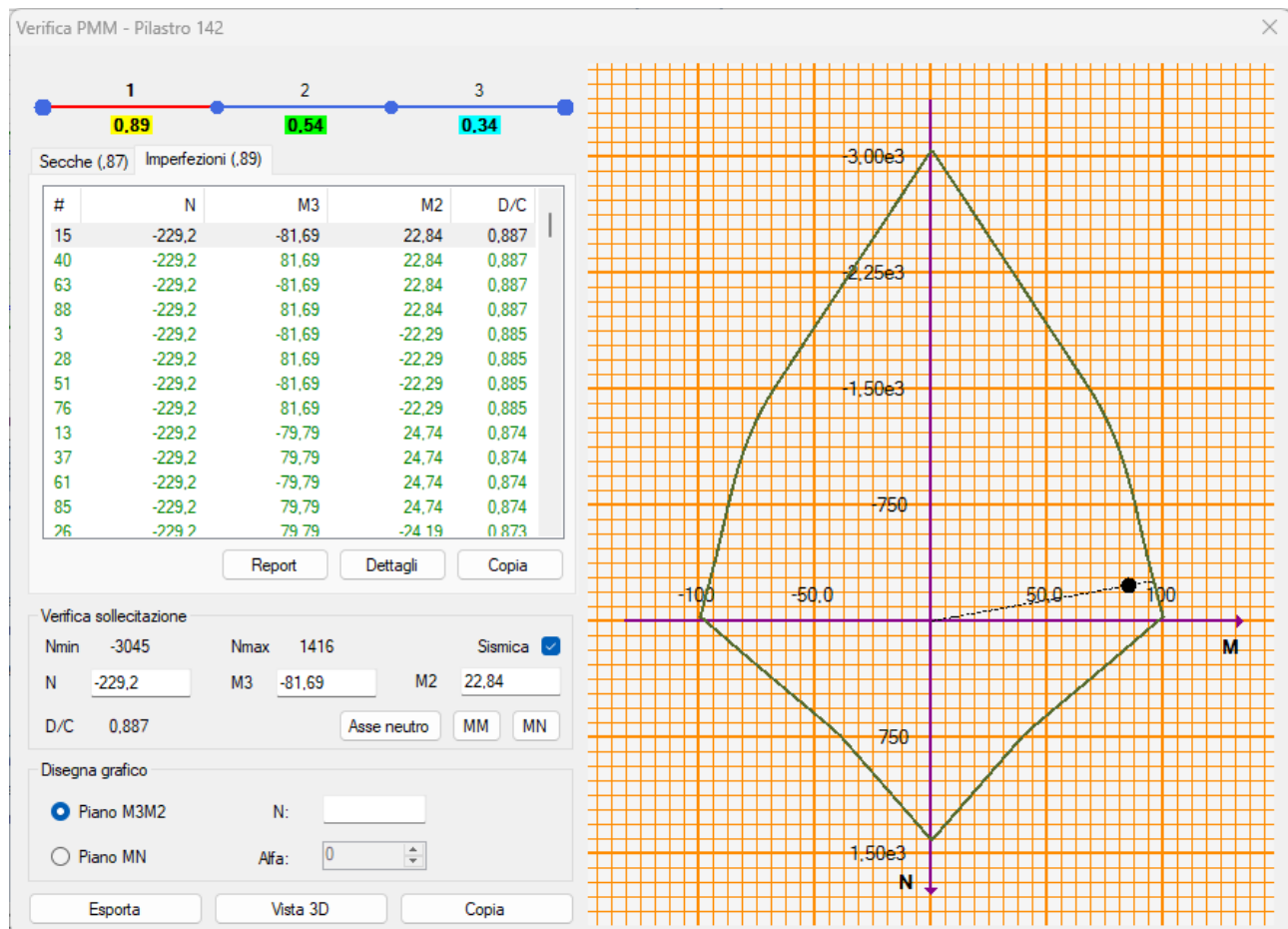
513	1	R_30x91	SLVXy_80%	-140.75	47.42	29.10	25.13	0.372
	2	R_30x91	SLVXy_80%	-133.69	-39.48	23.35	25.13	0.301
	3	R_30x91	SLVXy_80%	-129.45	-56.80	20.02	25.13	0.302
514	1	R_30x91	SLVXy_80%	-126.63	-68.72	17.78	25.13	0.303
	2	R_30x91	SLVXy_80%	-122.39	-87.61	14.45	25.13	0.306
	3	R_30x91	SLVXy_80%	-118.16	-118.39	11.21	25.13	0.329
515	1	R_30x91	SLVXy_80%	-115.34	-138.59	9.09	25.13	0.342
	2	R_30x91	SLVYx_80%	-99.06	-191.87	3.64	25.13	0.435
	3	R_30x91	SLVYx_80%	-94.83	-230.26	3.26	25.13	0.535
516	1	R_30x91	SLVXy_80%	-152.04	132.76	39.36	25.13	0.637
	2	R_30x91	SLVXy_80%	-147.81	100.75	35.39	25.13	0.536
	3	R_30x91	SLVXy_80%	-143.57	68.75	31.57	25.13	0.437
517	1	R_30x91	SLVXy_80%	-140.75	47.42	29.14	25.13	0.373
	2	R_30x91	SLVXy_80%	-133.69	-39.49	23.38	25.13	0.302
	3	R_30x91	SLVXy_80%	-129.45	-56.80	20.05	25.13	0.303
518	1	R_30x91	SLVXy_80%	-126.63	-68.73	17.80	25.13	0.303
	2	R_30x91	SLVXy_80%	-122.39	-87.61	14.47	25.13	0.306
	3	R_30x91	SLVXy_80%	-118.16	-118.40	11.22	25.13	0.329
519	1	R_30x91	SLVXy_80%	-115.34	-138.59	9.11	25.13	0.342
	2	R_30x91	SLVYx_80%	-99.06	-191.87	3.64	25.13	0.435
	3	R_30x91	SLVYx_80%	-94.83	-230.27	3.26	25.13	0.535
520	1	R_30x91	SLVXy_80%	-152.04	132.76	39.44	25.13	0.637
	2	R_30x91	SLVXy_80%	-147.81	100.75	35.46	25.13	0.537
	3	R_30x91	SLVXy_80%	-143.57	68.75	31.63	25.13	0.438
521	1	R_30x91	SLVXy_80%	-140.75	47.42	29.19	25.13	0.373
	2	R_30x91	SLVXy_80%	-133.69	-39.49	23.42	25.13	0.302
	3	R_30x91	SLVXy_80%	-129.45	-56.80	20.08	25.13	0.303
522	1	R_30x91	SLVXy_80%	-126.63	-68.73	17.83	25.13	0.304
	2	R_30x91	SLVXy_80%	-122.39	-87.61	14.49	25.13	0.306
	3	R_30x91	SLVXy_80%	-118.16	-118.40	11.24	25.13	0.329
523	1	R_30x91	SLVXy_80%	-115.34	-138.59	9.12	25.13	0.342
	2	R_30x91	SLVYx_80%	-99.06	-191.87	3.65	25.13	0.435
	3	R_30x91	SLVYx_80%	-94.83	-230.27	3.27	25.13	0.535
524	1	R_30x91	SLVXy_80%	-152.04	132.76	39.54	25.13	0.638
	2	R_30x91	SLVXy_80%	-147.81	100.75	35.54	25.13	0.538
	3	R_30x91	SLVXy_80%	-143.57	68.75	31.70	25.13	0.438
525	1	R_30x91	SLVXy_80%	-140.75	47.42	29.26	25.13	0.374
	2	R_30x91	SLVXy_80%	-133.69	-39.49	23.47	25.13	0.303
	3	R_30x91	SLVXy_80%	-129.45	-56.80	20.12	25.13	0.303
526	1	R_30x91	SLVXy_80%	-126.63	-68.73	17.86	25.13	0.304
	2	R_30x91	SLVXy_80%	-122.39	-87.61	14.52	25.13	0.307
	3	R_30x91	SLVXy_80%	-118.16	-118.40	11.27	25.13	0.330
527	1	R_30x91	SLVXy_80%	-115.34	-138.59	9.14	25.13	0.342
	2	R_30x91	SLVYx_80%	-99.06	-191.87	3.66	25.13	0.435
	3	R_30x91	SLVYx_80%	-94.83	-230.27	3.28	25.13	0.535
528	1	R_30x91	SLVXy_80%	-152.04	132.69	39.65	25.13	0.639
	2	R_30x91	SLVXy_80%	-147.80	100.70	35.64	25.13	0.538
	3	R_30x91	SLVXy_80%	-143.56	68.70	31.79	25.13	0.439

529	1	R_30x91	SLVXy_80%	-140.74	47.37	29.33	25.13	0.374
	2	R_30x91	SLVXy_80%	-136.50	-27.94	25.83	25.13	0.303
	3	R_30x91	SLVXy_80%	-129.44	-56.80	20.17	25.13	0.304
530	1	R_30x91	SLVXy_80%	-126.62	-68.73	17.91	25.13	0.304
	2	R_30x91	SLVXy_80%	-122.39	-87.63	14.55	25.13	0.307
	3	R_30x91	SLVXy_80%	-118.15	-118.41	11.29	25.13	0.330
531	1	R_30x91	SLVXy_80%	-115.33	-138.59	9.17	25.13	0.342
	2	R_30x91	SLVYx_80%	-99.07	-191.86	3.67	25.13	0.435
	3	R_30x91	SLVYx_80%	-94.83	-230.24	3.29	25.13	0.535
532	1	R_30x91	SLVXy_80%	-151.89	129.19	39.25	25.13	0.628
	2	R_30x91	SLVXy_80%	-147.65	97.75	35.37	25.13	0.530
	3	R_30x91	SLVXy_80%	-143.41	66.32	31.64	25.13	0.433
533	1	R_30x91	SLVXy_80%	-140.59	45.37	29.28	25.13	0.370
	2	R_30x91	SLVXy_80%	-136.36	-31.58	25.92	25.13	0.311
	3	R_30x91	SLVXy_80%	-132.12	-47.68	22.64	25.13	0.310
534	1	R_30x91	SLVXy_80%	-126.47	-69.47	18.37	25.13	0.311
	2	R_30x91	SLVXy_80%	-122.24	-87.63	15.22	25.13	0.314
	3	R_30x91	SLVXy_80%	-118.00	-118.02	12.21	25.13	0.338
535	1	R_30x91	SLVXy_80%	-115.18	-138.00	10.27	25.13	0.353
	2	R_30x91	SLVYx_80%	-97.47	-193.33	4.43	25.13	0.446
	3	R_30x91	SLVYx_80%	-93.24	-232.20	4.17	25.13	0.548

In particolare, si riporta la verifica esplicita dell'elemento più sollecitato.

#### PILASTRO 30x60 cm

- Pilastro n°142
- Dimensioni = 30 x 60 cm
- Combinazione: SLVXy\_80%
- Armatura = 4+4Ø24 (nella verifica è stata trascurata l'armatura esistente, si è tenuto conto solamente dell'armatura aggiuntiva).



Verifica a pressoflessione - dominio di interazione M-N

La verifica a pressoflessione deviata risulta soddisfatta. In particolare, si ha un rapporto tra la domanda e la capacità resistente pari a 0.89.

## VERIFICA A TAGLIO

Si riporta di seguito la verifica a taglio della combinazione più gravosa di tutti i pilastri oggetto di intervento di miglioramento sismico, eseguita mediante il software di elevata affidabilità "VIS". Le combinazioni sismiche fanno riferimento all'80% dello spettro sismico di progetto, ovvero  $a_g=0.0409$ .

Pilastro	Segmento	Sezione	Direzione 2				Direzione 3			
			Combinazione	V [kN]	Aw [cm <sup>2</sup> /cm]	D/C	Combinazione	V [kN]	Aw [cm <sup>2</sup> /cm]	D/C
101	1	R_30x91	SLVXy_80%	7.72	0.0335	0.069	SLVYx_80%	-66.55	0.0335	0.396
	2	R_30x91	SLVXy_80%	7.72	0.0335	0.069	SLVYx_80%	-66.55	0.0335	0.396
	3	R_30x91	SLVXy_80%	7.72	0.0335	0.069	SLVYx_80%	-66.55	0.0335	0.396
102	1	R_30x91	SLVXy_80%	6.99	0.0335	0.063	SLVYx_80%	-64.26	0.0335	0.382
	2	R_30x91	SLVXy_80%	6.99	0.0335	0.063	SLVYx_80%	-64.26	0.0335	0.382
	3	R_30x91	SLVXy_80%	6.99	0.0335	0.064	SLVYx_80%	-64.26	0.0335	0.382
118	1	R_30x91	SLVXy_80%	7.57	0.0335	0.071	SLVYx_80%	-68.17	0.0335	0.405
	2	R_30x91	SLVXy_80%	7.57	0.0335	0.072	SLVYx_80%	-68.17	0.0335	0.405
	3	R_30x91	SLVXy_80%	7.57	0.0335	0.072	SLVYx_80%	-68.17	0.0335	0.405



138	1	R_30x91	SLVXy_80%	6.79	0.0335	0.065	SLVYx_80%	-65.78	0.0335	0.391
	2	R_30x91	SLVXy_80%	6.79	0.0335	0.065	SLVYx_80%	-65.78	0.0335	0.391
	3	R_30x91	SLVXy_80%	6.79	0.0335	0.066	SLVYx_80%	-65.78	0.0335	0.391
139	1	R_30x91	SLVXy_80%	7.58	0.0335	0.072	SLVYx_80%	-68.40	0.0335	0.407
	2	R_30x91	SLVXy_80%	7.58	0.0335	0.072	SLVYx_80%	-68.40	0.0335	0.407
	3	R_30x91	SLVXy_80%	7.58	0.0335	0.072	SLVYx_80%	-68.40	0.0335	0.407
140	1	R_30x91	SLVXy_80%	6.80	0.0335	0.065	SLVYx_80%	-66.01	0.0335	0.393
	2	R_30x91	SLVXy_80%	6.80	0.0335	0.065	SLVYx_80%	-66.01	0.0335	0.393
	3	R_30x91	SLVXy_80%	6.80	0.0335	0.066	SLVYx_80%	-66.01	0.0335	0.393
141	1	R_30x91	SLVXy_80%	7.59	0.0335	0.072	SLVYx_80%	-68.40	0.0335	0.407
	2	R_30x91	SLVXy_80%	7.59	0.0335	0.072	SLVYx_80%	-68.40	0.0335	0.407
	3	R_30x91	SLVXy_80%	7.59	0.0335	0.072	SLVYx_80%	-68.40	0.0335	0.407
142	1	R_30x60_sez 1	SLVXy_80%	28.55	0.0283	0.330	SLVYx_80%	17.47	0.0283	0.192
	2	R_30x60_sez 1	SLVXy_80%	28.55	0.0283	0.332	SLVYx_80%	17.47	0.0283	0.192
	3	R_30x60_sez 1	SLVXy_80%	28.55	0.0283	0.335	SLVYx_80%	17.47	0.0283	0.192
155	1	R_46x40	SLVXy_80%	55.59	0.0283	0.623	SLVYx_80%	9.04	0.0283	0.100
	2	R_46x40	SLVXy_80%	55.59	0.0283	0.628	SLVYx_80%	9.04	0.0283	0.101
	3	R_46x40	SLVXy_80%	55.59	0.0283	0.634	SLVYx_80%	9.04	0.0283	0.102
165	1	R_41x56	SLVXy_80%	-24.25	0.0283	0.188	SLVYx_80%	-7.94	0.0283	0.063
	2	R_41x56	SLVXy_80%	-24.25	0.0283	0.188	SLVYx_80%	-7.94	0.0283	0.063
	3	R_41x56	SLVXy_80%	-24.25	0.0283	0.188	SLVYx_80%	-7.94	0.0283	0.063
166	1	R_46x40	SLVXy_80%	-10.21	0.0283	0.099	SLVYx_80%	-6.10	0.0283	0.059
	2	R_46x40	SLVXy_80%	-10.21	0.0283	0.099	SLVYx_80%	-6.10	0.0283	0.059
	3	R_46x40	SLVXy_80%	-10.21	0.0283	0.099	SLVYx_80%	-6.10	0.0283	0.059
180	1	R_46x56	SLVXy_80%	28.32	0.0283	0.197	SLVYx_80%	-40.52	0.0283	0.286
	2	R_46x56	SLVXy_80%	28.32	0.0283	0.197	SLVYx_80%	-40.52	0.0283	0.286
	3	R_46x56	SLVXy_80%	28.32	0.0283	0.197	SLVYx_80%	-40.52	0.0283	0.286
181	1	R_46x46	SLVXy_80%	23.60	0.0283	0.200	SLVYx_80%	29.52	0.0283	0.250
	2	R_46x46	SLVXy_80%	23.60	0.0283	0.200	SLVYx_80%	29.52	0.0283	0.250
	3	R_46x46	SLVXy_80%	23.60	0.0283	0.200	SLVYx_80%	29.52	0.0283	0.250
185	1	R_46x56	SLVXy_80%	28.40	0.0283	0.198	SLVYx_80%	45.63	0.0283	0.322
	2	R_46x56	SLVXy_80%	28.40	0.0283	0.198	SLVYx_80%	45.63	0.0283	0.322
	3	R_46x56	SLVXy_80%	28.40	0.0283	0.198	SLVYx_80%	45.63	0.0283	0.322
186	1	R_30x91	SLVXy_80%	6.82	0.0335	0.065	SLVYx_80%	-66.01	0.0335	0.393
	2	R_30x91	SLVXy_80%	6.82	0.0335	0.066	SLVYx_80%	-66.01	0.0335	0.393
	3	R_30x91	SLVXy_80%	6.82	0.0335	0.066	SLVYx_80%	-66.01	0.0335	0.393
197	1	R_30x91	SLVXy_80%	7.62	0.0335	0.072	SLVYx_80%	-68.40	0.0335	0.407
	2	R_30x91	SLVXy_80%	7.62	0.0335	0.072	SLVYx_80%	-68.40	0.0335	0.407
	3	R_30x91	SLVXy_80%	7.62	0.0335	0.073	SLVYx_80%	-68.40	0.0335	0.407
227	1	R_30x91	SLVXy_80%	6.84	0.0335	0.065	SLVYx_80%	-66.01	0.0335	0.393
	2	R_30x91	SLVXy_80%	6.84	0.0335	0.066	SLVYx_80%	-66.01	0.0335	0.393
	3	R_30x91	SLVXy_80%	6.84	0.0335	0.066	SLVYx_80%	-66.01	0.0335	0.393
230	1	R_30x91	SLVXy_80%	7.64	0.0335	0.072	SLVYx_80%	-68.40	0.0335	0.407
	2	R_30x91	SLVXy_80%	7.64	0.0335	0.073	SLVYx_80%	-68.40	0.0335	0.407
	3	R_30x91	SLVXy_80%	7.64	0.0335	0.073	SLVYx_80%	-68.40	0.0335	0.407
246	1	R_30x91	SLVXy_80%	6.86	0.0335	0.066	SLVYx_80%	-66.01	0.0335	0.393
	2	R_30x91	SLVXy_80%	6.86	0.0335	0.066	SLVYx_80%	-66.01	0.0335	0.393

	3	R_30x91	SLVXy_80%	6.86	0.0335	0.066	SLVYx_80%	-66.01	0.0335	0.393
247	1	R_30x91	SLVXy_80%	7.67	0.0335	0.072	SLVYx_80%	-68.36	0.0335	0.407
	2	R_30x91	SLVXy_80%	7.67	0.0335	0.073	SLVYx_80%	-68.36	0.0335	0.407
	3	R_30x91	SLVXy_80%	7.67	0.0335	0.073	SLVYx_80%	-68.36	0.0335	0.407
248	1	R_30x91	SLVXy_80%	6.89	0.0335	0.066	SLVYx_80%	-65.97	0.0335	0.392
	2	R_30x91	SLVXy_80%	6.89	0.0335	0.066	SLVYx_80%	-65.97	0.0335	0.392
	3	R_30x91	SLVXy_80%	6.89	0.0335	0.067	SLVYx_80%	-65.97	0.0335	0.392
249	1	R_30x91	SLVXy_80%	6.74	0.0335	0.062	SLVYx_80%	-62.14	0.0335	0.370
	2	R_30x91	SLVXy_80%	6.74	0.0335	0.062	SLVYx_80%	-62.14	0.0335	0.370
	3	R_30x91	SLVXy_80%	6.74	0.0335	0.062	SLVYx_80%	-62.14	0.0335	0.370
25	1	R_41x56	SLVXy_80%	-27.83	0.0283	0.215	SLVYx_80%	-14.28	0.0283	0.113
	2	R_41x56	SLVXy_80%	-27.83	0.0283	0.215	SLVYx_80%	-14.28	0.0283	0.113
	3	R_41x56	SLVXy_80%	-27.83	0.0283	0.215	SLVYx_80%	-14.28	0.0283	0.113
250	1	R_30x91	SLVXy_80%	6.43	0.0335	0.060	SLVYx_80%	-60.40	0.0335	0.359
	2	R_30x91	SLVXy_80%	6.43	0.0335	0.060	SLVYx_80%	-60.40	0.0335	0.359
	3	R_30x91	SLVXy_80%	6.43	0.0335	0.060	SLVYx_80%	-60.40	0.0335	0.359
255	1	R_30x60_sez 2	SLVXy_80%	-5.50	0.0283	0.072	SLVYx_80%	6.09	0.0283	0.067
	2	R_30x60_sez 2	SLVXy_80%	-5.50	0.0283	0.073	SLVYx_80%	6.09	0.0283	0.067
	3	R_30x60_sez 2	SLVXy_80%	-5.50	0.0283	0.074	SLVYx_80%	6.09	0.0283	0.067
26	1	R_46x40	SLVXy_80%	-15.93	0.0283	0.155	SLVYx_80%	6.47	0.0283	0.062
	2	R_46x40	SLVXy_80%	-15.93	0.0283	0.155	SLVYx_80%	6.47	0.0283	0.062
	3	R_46x40	SLVXy_80%	-15.93	0.0283	0.155	SLVYx_80%	6.47	0.0283	0.062
268	1	R_46x40	SLVXy_80%	-13.33	0.0283	0.176	SLVYx_80%	4.07	0.0283	0.053
	2	R_46x40	SLVXy_80%	-13.33	0.0283	0.178	SLVYx_80%	4.07	0.0283	0.053
	3	R_46x40	SLVXy_80%	-13.33	0.0283	0.179	SLVYx_80%	4.07	0.0283	0.054
278	1	R_41x56	SLVXy_80%	11.02	0.0283	0.094	SLVYx_80%	-5.81	0.0283	0.051
	2	R_41x56	SLVXy_80%	11.02	0.0283	0.095	SLVYx_80%	-5.81	0.0283	0.051
	3	R_41x56	SLVXy_80%	11.02	0.0283	0.095	SLVYx_80%	-5.81	0.0283	0.052
279	1	R_46x40	SLVXy_80%	-20.33	0.0283	0.224	SLVYx_80%	-3.67	0.0283	0.040
	2	R_46x40	SLVXy_80%	-20.33	0.0283	0.225	SLVYx_80%	-3.67	0.0283	0.040
	3	R_46x40	SLVXy_80%	-20.33	0.0283	0.227	SLVYx_80%	-3.67	0.0283	0.041
293	1	R_46x46	SLVXy_80%	12.35	0.0283	0.105	SLVYx_80%	16.58	0.0283	0.140
	2	R_46x46	SLVXy_80%	12.35	0.0283	0.105	SLVYx_80%	16.58	0.0283	0.140
	3	R_46x46	SLVXy_80%	12.35	0.0283	0.105	SLVYx_80%	16.58	0.0283	0.140
294	1	R_46x46	SLVXy_80%	11.13	0.0283	0.094	SLVYx_80%	19.90	0.0283	0.169
	2	R_46x46	SLVXy_80%	11.13	0.0283	0.094	SLVYx_80%	19.90	0.0283	0.169
	3	R_46x46	SLVXy_80%	11.13	0.0283	0.094	SLVYx_80%	19.90	0.0283	0.169
298	1	R_46x46	SLVXy_80%	-19.36	0.0283	0.164	SLVYx_80%	-15.37	0.0283	0.130
	2	R_46x46	SLVXy_80%	-19.36	0.0283	0.164	SLVYx_80%	-15.37	0.0283	0.130
	3	R_46x46	SLVXy_80%	-19.36	0.0283	0.165	SLVYx_80%	-15.37	0.0283	0.130
301	1	R_41x41	SLVXy_80%	-20.37	0.0283	0.215	SLVYx_80%	7.56	0.0283	0.080
	2	R_41x41	SLVXy_80%	-20.37	0.0283	0.215	SLVYx_80%	7.56	0.0283	0.080
	3	R_41x41	SLVXy_80%	-20.37	0.0283	0.215	SLVYx_80%	7.56	0.0283	0.080
306	1	R_30x91	SLVXy_80%	6.76	0.0335	0.066	SLVYx_80%	-63.59	0.0335	0.378
	2	R_30x91	SLVXy_80%	6.76	0.0335	0.066	SLVYx_80%	-63.59	0.0335	0.378
	3	R_30x91	SLVXy_80%	6.76	0.0335	0.066	SLVYx_80%	-63.59	0.0335	0.378

308	1	R_30x60_sez 2	SLVXy_80%	-7.99	0.0283	0.123	SLVYx_80%	5.61	0.0283	0.062
	2	R_30x60_sez 2	SLVXy_80%	-7.99	0.0283	0.125	SLVYx_80%	5.61	0.0283	0.062
	3	R_30x60_sez 2	SLVXy_80%	-7.99	0.0283	0.126	SLVYx_80%	5.61	0.0283	0.062
321	1	R_46x40	SLVXy_80%	-18.38	0.0283	0.270	SLVYx_80%	5.29	0.0283	0.083
	2	R_46x40	SLVXy_80%	-18.38	0.0283	0.270	SLVYx_80%	5.29	0.0283	0.085
	3	R_46x40	SLVXy_80%	-18.38	0.0283	0.270	SLVYx_80%	5.29	0.0283	0.086
331	1	R_41x56	SLVXy_80%	15.44	0.0283	0.175	SLVYx_80%	-5.15	0.0283	0.061
	2	R_41x56	SLVXy_80%	15.44	0.0283	0.177	SLVYx_80%	-5.15	0.0283	0.061
	3	R_41x56	SLVXy_80%	15.44	0.0283	0.179	SLVYx_80%	-5.15	0.0283	0.061
332	1	R_46x40	SLVXy_80%	-18.42	0.0283	0.271	SLVYx_80%	4.15	0.0283	0.060
	2	R_46x40	SLVXy_80%	-18.42	0.0283	0.271	SLVYx_80%	4.15	0.0283	0.061
	3	R_46x40	SLVXy_80%	-18.42	0.0283	0.271	SLVYx_80%	4.15	0.0283	0.062
346	1	R_46x46	SLVXy_80%	-8.94	0.0283	0.100	SLVYx_80%	16.22	0.0283	0.181
	2	R_46x46	SLVXy_80%	-8.94	0.0283	0.101	SLVYx_80%	16.22	0.0283	0.183
	3	R_46x46	SLVXy_80%	-8.94	0.0283	0.102	SLVYx_80%	16.22	0.0283	0.185
347	1	R_46x46	SLVXy_80%	10.59	0.0283	0.117	SLVYx_80%	10.42	0.0283	0.115
	2	R_46x46	SLVXy_80%	10.59	0.0283	0.118	SLVYx_80%	10.42	0.0283	0.117
	3	R_46x46	SLVXy_80%	10.59	0.0283	0.120	SLVYx_80%	10.42	0.0283	0.118
351	1	R_46x46	SLVXy_80%	18.86	0.0283	0.214	SLVYx_80%	-13.08	0.0283	0.148
	2	R_46x46	SLVXy_80%	18.86	0.0283	0.216	SLVYx_80%	-13.08	0.0283	0.150
	3	R_46x46	SLVXy_80%	18.86	0.0283	0.218	SLVYx_80%	-13.08	0.0283	0.151
354	1	R_41x41	SLVXy_80%	-16.02	0.0283	0.210	SLVYx_80%	3.87	0.0283	0.051
	2	R_41x41	SLVXy_80%	-16.02	0.0283	0.212	SLVYx_80%	3.87	0.0283	0.051
	3	R_41x41	SLVXy_80%	-16.02	0.0283	0.214	SLVYx_80%	3.87	0.0283	0.052
394	1	R_30x91	SLVXy_80%	6.77	0.0335	0.067	SLVYx_80%	-61.63	0.0335	0.367
	2	R_30x91	SLVXy_80%	6.77	0.0335	0.067	SLVYx_80%	-61.63	0.0335	0.367
	3	R_30x91	SLVXy_80%	6.77	0.0335	0.067	SLVYx_80%	-61.63	0.0335	0.367
395	1	R_30x91	SLVXy_80%	6.77	0.0335	0.066	SLVYx_80%	-63.81	0.0335	0.380
	2	R_30x91	SLVXy_80%	6.77	0.0335	0.066	SLVYx_80%	-63.81	0.0335	0.380
	3	R_30x91	SLVXy_80%	6.77	0.0335	0.066	SLVYx_80%	-63.81	0.0335	0.380
396	1	R_30x91	SLVXy_80%	6.78	0.0335	0.067	SLVYx_80%	-61.85	0.0335	0.368
	2	R_30x91	SLVXy_80%	6.78	0.0335	0.067	SLVYx_80%	-61.85	0.0335	0.368
	3	R_30x91	SLVXy_80%	6.78	0.0335	0.067	SLVYx_80%	-61.85	0.0335	0.368
397	1	R_30x91	SLVXy_80%	6.78	0.0335	0.066	SLVYx_80%	-63.82	0.0335	0.380
	2	R_30x91	SLVXy_80%	6.78	0.0335	0.066	SLVYx_80%	-63.82	0.0335	0.380
	3	R_30x91	SLVXy_80%	6.78	0.0335	0.066	SLVYx_80%	-63.82	0.0335	0.380
402	1	R_30x91	SLVXy_80%	6.79	0.0335	0.067	SLVYx_80%	-61.86	0.0335	0.368
	2	R_30x91	SLVXy_80%	6.79	0.0335	0.067	SLVYx_80%	-61.86	0.0335	0.368
	3	R_30x91	SLVXy_80%	6.79	0.0335	0.068	SLVYx_80%	-61.86	0.0335	0.368
435	1	R_30x91	SLVXy_80%	6.79	0.0335	0.066	SLVYx_80%	-63.82	0.0335	0.380
	2	R_30x91	SLVXy_80%	6.79	0.0335	0.066	SLVYx_80%	-63.82	0.0335	0.380
	3	R_30x91	SLVXy_80%	6.79	0.0335	0.067	SLVYx_80%	-63.82	0.0335	0.380
436	1	R_30x91	SLVXy_80%	6.81	0.0335	0.067	SLVYx_80%	-61.86	0.0335	0.368
	2	R_30x91	SLVXy_80%	6.81	0.0335	0.067	SLVYx_80%	-61.86	0.0335	0.368
	3	R_30x91	SLVXy_80%	6.81	0.0335	0.068	SLVYx_80%	-61.86	0.0335	0.368
437	1	R_30x91	SLVXy_80%	6.81	0.0335	0.066	SLVYx_80%	-63.82	0.0335	0.380
	2	R_30x91	SLVXy_80%	6.81	0.0335	0.066	SLVYx_80%	-63.82	0.0335	0.380

	3	R_30x91	SLVXy_80%	6.81	0.0335	0.067	SLVYx_80%	-63.82	0.0335	0.380
438	1	R_30x91	SLVXy_80%	6.82	0.0335	0.067	SLVYx_80%	-61.86	0.0335	0.368
	2	R_30x91	SLVXy_80%	6.82	0.0335	0.068	SLVYx_80%	-61.86	0.0335	0.368
	3	R_30x91	SLVXy_80%	6.82	0.0335	0.068	SLVYx_80%	-61.86	0.0335	0.368
439	1	R_30x91	SLVXy_80%	6.84	0.0335	0.066	SLVYx_80%	-63.78	0.0335	0.379
	2	R_30x91	SLVXy_80%	6.84	0.0335	0.067	SLVYx_80%	-63.78	0.0335	0.379
	3	R_30x91	SLVXy_80%	6.84	0.0335	0.067	SLVYx_80%	-63.78	0.0335	0.379
440	1	R_30x91	SLVXy_80%	6.85	0.0335	0.067	SLVYx_80%	-61.82	0.0335	0.368
	2	R_30x91	SLVXy_80%	6.85	0.0335	0.068	SLVYx_80%	-61.82	0.0335	0.368
	3	R_30x91	SLVXy_80%	6.85	0.0335	0.068	SLVYx_80%	-61.82	0.0335	0.368
442	1	R_30x91	SLVXy_80%	7.90	0.0335	0.084	SLVYx_80%	-11.33	0.0335	0.067
	2	R_30x91	SLVXy_80%	7.90	0.0335	0.086	SLVYx_80%	-11.33	0.0335	0.067
	3	R_30x91	SLVXy_80%	7.90	0.0335	0.087	SLVYx_80%	-11.33	0.0335	0.067
508	1	R_30x91	SLVXy_80%	7.17	0.0335	0.068	SLVYx_80%	68.18	0.0335	0.405
	2	R_30x91	SLVXy_80%	7.17	0.0335	0.068	SLVYx_80%	68.18	0.0335	0.405
	3	R_30x91	SLVXy_80%	7.17	0.0335	0.068	SLVYx_80%	68.18	0.0335	0.405
509	1	R_30x91	SLVXy_80%	5.85	0.0335	0.056	SLVYx_80%	65.79	0.0335	0.391
	2	R_30x91	SLVXy_80%	5.85	0.0335	0.056	SLVYx_80%	65.79	0.0335	0.391
	3	R_30x91	SLVXy_80%	5.85	0.0335	0.057	SLVYx_80%	65.79	0.0335	0.391
510	1	R_30x91	SLVXy_80%	5.48	0.0335	0.053	SLVYx_80%	63.60	0.0335	0.378
	2	R_30x91	SLVXy_80%	5.48	0.0335	0.053	SLVYx_80%	63.60	0.0335	0.378
	3	R_30x91	SLVXy_80%	5.48	0.0335	0.054	SLVYx_80%	63.60	0.0335	0.378
511	1	R_30x91	SLVXy_80%	5.42	0.0335	0.053	SLVYx_80%	61.64	0.0335	0.367
	2	R_30x91	SLVXy_80%	5.42	0.0335	0.054	SLVYx_80%	61.64	0.0335	0.367
	3	R_30x91	SLVXy_80%	5.42	0.0335	0.054	SLVYx_80%	61.64	0.0335	0.367
512	1	R_30x91	SLVXy_80%	7.18	0.0335	0.068	SLVYx_80%	68.40	0.0335	0.407
	2	R_30x91	SLVXy_80%	7.18	0.0335	0.068	SLVYx_80%	68.40	0.0335	0.407
	3	R_30x91	SLVXy_80%	7.18	0.0335	0.068	SLVYx_80%	68.40	0.0335	0.407
513	1	R_30x91	SLVXy_80%	5.86	0.0335	0.056	SLVYx_80%	66.01	0.0335	0.393
	2	R_30x91	SLVXy_80%	5.86	0.0335	0.056	SLVYx_80%	66.01	0.0335	0.393
	3	R_30x91	SLVXy_80%	5.86	0.0335	0.057	SLVYx_80%	66.01	0.0335	0.393
514	1	R_30x91	SLVXy_80%	5.48	0.0335	0.053	SLVYx_80%	63.82	0.0335	0.380
	2	R_30x91	SLVXy_80%	5.48	0.0335	0.053	SLVYx_80%	63.82	0.0335	0.380
	3	R_30x91	SLVXy_80%	5.48	0.0335	0.054	SLVYx_80%	63.82	0.0335	0.380
515	1	R_30x91	SLVXy_80%	5.42	0.0335	0.053	SLVYx_80%	61.86	0.0335	0.368
	2	R_30x91	SLVXy_80%	5.42	0.0335	0.054	SLVYx_80%	61.86	0.0335	0.368
	3	R_30x91	SLVXy_80%	5.42	0.0335	0.054	SLVYx_80%	61.86	0.0335	0.368
516	1	R_30x91	SLVXy_80%	7.19	0.0335	0.068	SLVYx_80%	68.41	0.0335	0.407
	2	R_30x91	SLVXy_80%	7.19	0.0335	0.068	SLVYx_80%	68.41	0.0335	0.407
	3	R_30x91	SLVXy_80%	7.19	0.0335	0.069	SLVYx_80%	68.41	0.0335	0.407
517	1	R_30x91	SLVXy_80%	5.87	0.0335	0.056	SLVYx_80%	66.02	0.0335	0.393
	2	R_30x91	SLVXy_80%	5.87	0.0335	0.056	SLVYx_80%	66.02	0.0335	0.393
	3	R_30x91	SLVXy_80%	5.87	0.0335	0.057	SLVYx_80%	66.02	0.0335	0.393
518	1	R_30x91	SLVXy_80%	5.49	0.0335	0.053	SLVYx_80%	63.82	0.0335	0.380
	2	R_30x91	SLVXy_80%	5.49	0.0335	0.054	SLVYx_80%	63.82	0.0335	0.380
	3	R_30x91	SLVXy_80%	5.49	0.0335	0.054	SLVYx_80%	63.82	0.0335	0.380
519	1	R_30x91	SLVXy_80%	5.43	0.0335	0.053	SLVYx_80%	61.86	0.0335	0.368
	2	R_30x91	SLVXy_80%	5.43	0.0335	0.054	SLVYx_80%	61.86	0.0335	0.368



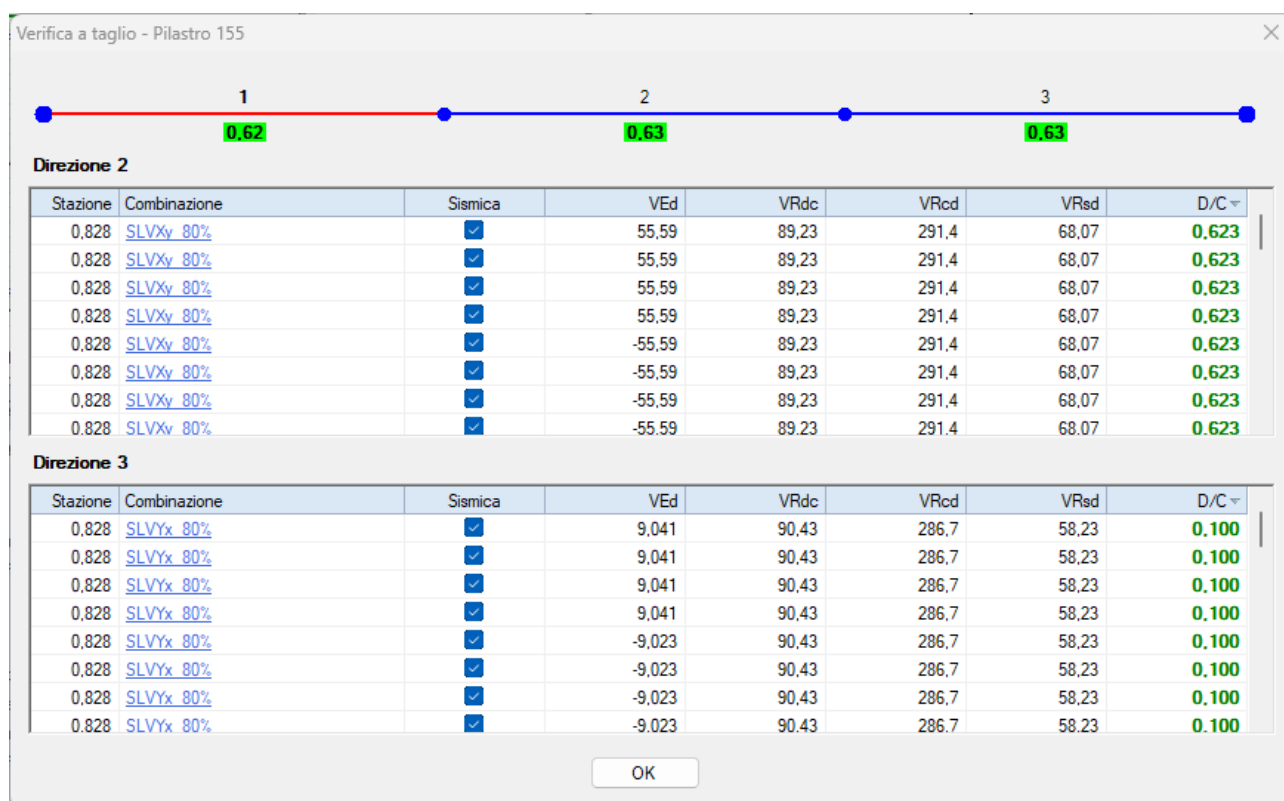
	3	R_30x91	SLVXy_80%	5.43	0.0335	0.054	SLVYx_80%	61.86	0.0335	0.368
520	1	R_30x91	SLVXy_80%	7.21	0.0335	0.068	SLVYx_80%	68.41	0.0335	0.407
	2	R_30x91	SLVXy_80%	7.21	0.0335	0.068	SLVYx_80%	68.41	0.0335	0.407
	3	R_30x91	SLVXy_80%	7.21	0.0335	0.069	SLVYx_80%	68.41	0.0335	0.407
521	1	R_30x91	SLVXy_80%	5.88	0.0335	0.056	SLVYx_80%	66.02	0.0335	0.393
	2	R_30x91	SLVXy_80%	5.88	0.0335	0.057	SLVYx_80%	66.02	0.0335	0.393
	3	R_30x91	SLVXy_80%	5.88	0.0335	0.057	SLVYx_80%	66.02	0.0335	0.393
522	1	R_30x91	SLVXy_80%	5.50	0.0335	0.053	SLVYx_80%	63.82	0.0335	0.380
	2	R_30x91	SLVXy_80%	5.50	0.0335	0.054	SLVYx_80%	63.82	0.0335	0.380
	3	R_30x91	SLVXy_80%	5.50	0.0335	0.054	SLVYx_80%	63.82	0.0335	0.380
523	1	R_30x91	SLVXy_80%	5.44	0.0335	0.054	SLVYx_80%	61.86	0.0335	0.368
	2	R_30x91	SLVXy_80%	5.44	0.0335	0.054	SLVYx_80%	61.86	0.0335	0.368
	3	R_30x91	SLVXy_80%	5.44	0.0335	0.054	SLVYx_80%	61.86	0.0335	0.368
524	1	R_30x91	SLVXy_80%	7.22	0.0335	0.068	SLVYx_80%	68.41	0.0335	0.407
	2	R_30x91	SLVXy_80%	7.22	0.0335	0.069	SLVYx_80%	68.41	0.0335	0.407
	3	R_30x91	SLVXy_80%	7.22	0.0335	0.069	SLVYx_80%	68.41	0.0335	0.407
525	1	R_30x91	SLVXy_80%	5.90	0.0335	0.056	SLVYx_80%	66.02	0.0335	0.393
	2	R_30x91	SLVXy_80%	5.90	0.0335	0.057	SLVYx_80%	66.02	0.0335	0.393
	3	R_30x91	SLVXy_80%	5.90	0.0335	0.057	SLVYx_80%	66.02	0.0335	0.393
526	1	R_30x91	SLVXy_80%	5.51	0.0335	0.053	SLVYx_80%	63.82	0.0335	0.380
	2	R_30x91	SLVXy_80%	5.51	0.0335	0.054	SLVYx_80%	63.82	0.0335	0.380
	3	R_30x91	SLVXy_80%	5.51	0.0335	0.054	SLVYx_80%	63.82	0.0335	0.380
527	1	R_30x91	SLVXy_80%	5.45	0.0335	0.054	SLVYx_80%	61.86	0.0335	0.368
	2	R_30x91	SLVXy_80%	5.45	0.0335	0.054	SLVYx_80%	61.86	0.0335	0.368
	3	R_30x91	SLVXy_80%	5.45	0.0335	0.054	SLVYx_80%	61.86	0.0335	0.368
528	1	R_30x91	SLVXy_80%	7.25	0.0335	0.068	SLVYx_80%	68.38	0.0335	0.407
	2	R_30x91	SLVXy_80%	7.25	0.0335	0.069	SLVYx_80%	68.38	0.0335	0.407
	3	R_30x91	SLVXy_80%	7.25	0.0335	0.069	SLVYx_80%	68.38	0.0335	0.407
529	1	R_30x91	SLVXy_80%	5.91	0.0335	0.057	SLVYx_80%	65.99	0.0335	0.392
	2	R_30x91	SLVXy_80%	5.91	0.0335	0.057	SLVYx_80%	65.99	0.0335	0.392
	3	R_30x91	SLVXy_80%	5.91	0.0335	0.057	SLVYx_80%	65.99	0.0335	0.392
530	1	R_30x91	SLVXy_80%	5.53	0.0335	0.054	SLVYx_80%	63.80	0.0335	0.379
	2	R_30x91	SLVXy_80%	5.53	0.0335	0.054	SLVYx_80%	63.80	0.0335	0.379
	3	R_30x91	SLVXy_80%	5.53	0.0335	0.054	SLVYx_80%	63.80	0.0335	0.379
531	1	R_30x91	SLVXy_80%	5.46	0.0335	0.054	SLVYx_80%	61.84	0.0335	0.368
	2	R_30x91	SLVXy_80%	5.46	0.0335	0.054	SLVYx_80%	61.84	0.0335	0.368
	3	R_30x91	SLVXy_80%	5.46	0.0335	0.054	SLVYx_80%	61.84	0.0335	0.368
532	1	R_30x91	SLVXy_80%	7.08	0.0335	0.067	SLVYx_80%	68.14	0.0335	0.405
	2	R_30x91	SLVXy_80%	7.08	0.0335	0.067	SLVYx_80%	68.14	0.0335	0.405
	3	R_30x91	SLVXy_80%	7.08	0.0335	0.068	SLVYx_80%	68.14	0.0335	0.405
533	1	R_30x91	SLVXy_80%	5.73	0.0335	0.055	SLVYx_80%	66.06	0.0335	0.393
	2	R_30x91	SLVXy_80%	5.73	0.0335	0.055	SLVYx_80%	66.06	0.0335	0.393
	3	R_30x91	SLVXy_80%	5.73	0.0335	0.055	SLVYx_80%	66.06	0.0335	0.393
534	1	R_30x91	SLVXy_80%	5.33	0.0335	0.052	SLVYx_80%	64.22	0.0335	0.382
	2	R_30x91	SLVXy_80%	5.33	0.0335	0.052	SLVYx_80%	64.22	0.0335	0.382
	3	R_30x91	SLVXy_80%	5.33	0.0335	0.052	SLVYx_80%	64.22	0.0335	0.382
535	1	R_30x91	SLVXy_80%	5.24	0.0335	0.052	SLVYx_80%	62.64	0.0335	0.372
	2	R_30x91	SLVXy_80%	5.24	0.0335	0.052	SLVYx_80%	62.64	0.0335	0.372

	3	R_30x91	SLVXy_80%	5.24	0.0335	0.052	SLVYx_80%	62.64	0.0335	0.372
--	---	---------	-----------	------	--------	-------	-----------	-------	--------	-------

Di seguito si riporta la verifica esplicita dell'elemento più sollecitato.

#### PILASTRO 30xVAR 50-75 cm

- Pilastro n°155
- Direzione 2
- Dimensioni = 30 x 62 cm
- Combinazione: SLVXy\_80%
- Armatura staffe =  $\phi$  6 / 20 (2 bracci)



*Verifica a taglio pilastro in esame*

$V_{ed}$  è minore del minimo tra  $V_{rzd}$  e  $V_{rsd}$ . La verifica a taglio risulta soddisfatta. In particolare, si ha un rapporto tra la domanda e la capacità resistente di 0.623.

### 3.1.2 VERIFICHE PILASTRI – ELEMENTI RINFORZATI

Per quanto riguarda gli elementi verticali si riportano di seguito le seguenti verifiche:

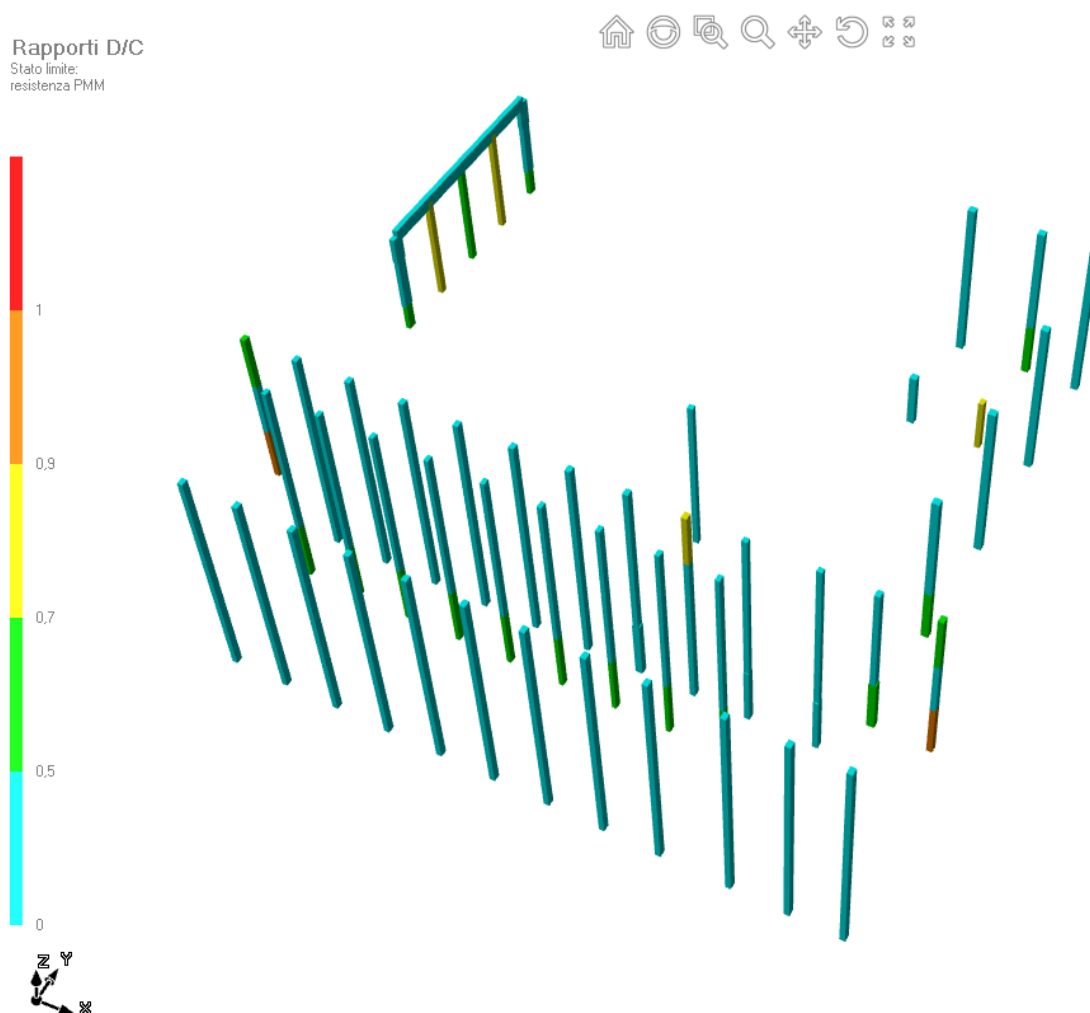
- verifica di resistenza allo stato limite ultimo (pressoflessione, taglio).

## VERIFICA A PRESSOFLESSIONE

Si riportano nel Capitolo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** "Appendice" della presente relazione, la verifica a pressoflessione della combinazione più gravosa di tutti i pilastri, eseguite mediante il software di elevata affidabilità "VIS". Le combinazioni sismiche fanno riferimento all'80% dello spettro sismico di progetto, ovvero  $ag=0.0409$ .

Di seguito si riporta l'output grafico che mostra il tasso di sfruttamento degli elementi della struttura. In particolare, si individuano dei coefficienti variabili da 0 a 1 dove con 0 si indica che l'elemento risulta non sollecitato, mentre con il valore unitario che lo stesso è sollecitato per il suo valore massimo di resistenza. Parallelamente al coefficiente di sfruttamento, il software evidenzia in colore rosso tutti gli elementi che non risultano in grado di sopportare la sollecitazione.

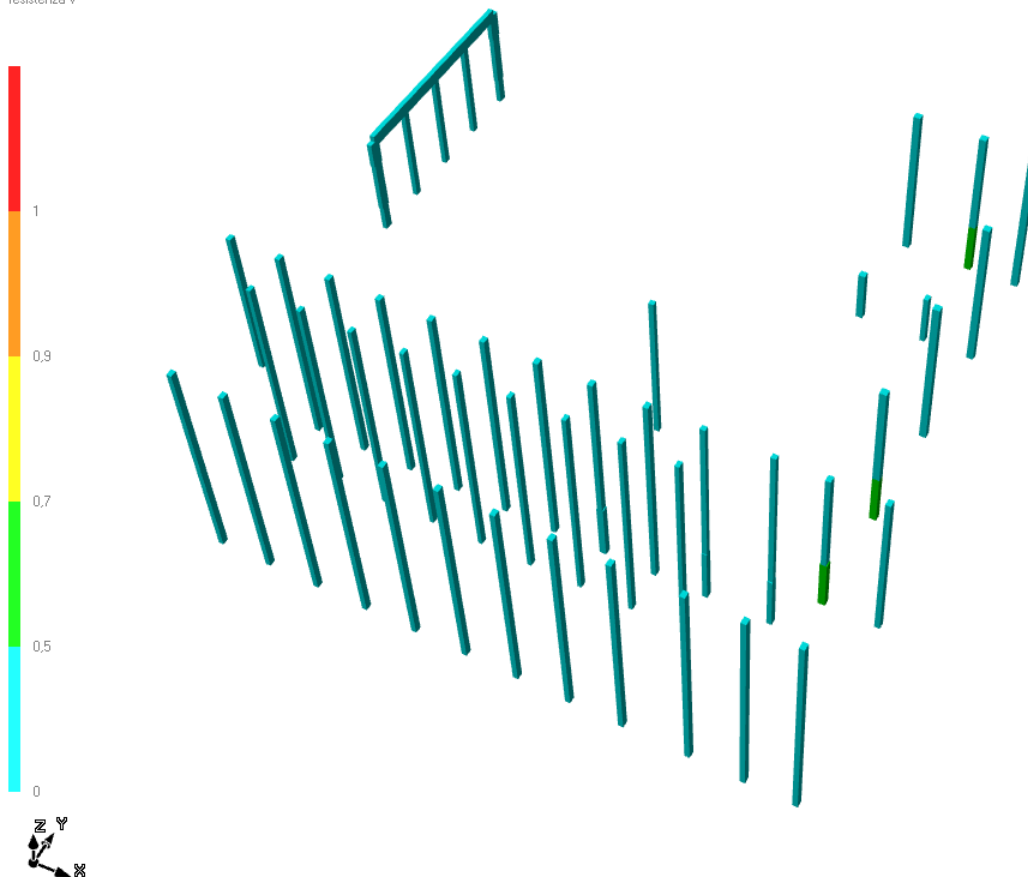
Come si evince dalle schermate riportate di seguito, i pilastri che non sono interessati ad intervento di rinforzo risultano tutti verificate se sottoposti ad un sisma pari all'80% del sisma di progetto.



Output grafico tassi di sfruttamento a pressoflessione dei pilastri



Rapporti D/C  
Stato limite:  
resistenza V



*Output grafico tassi di sfruttamento a taglio dei pilastri*

### 3.1.3 VERIFICHE PROFILI IN CARPENTERIA METALLICA

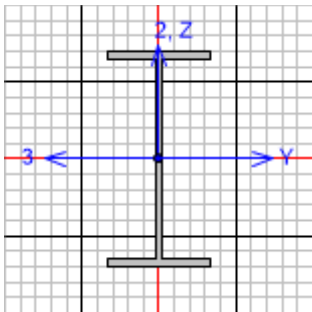
Per quanto riguarda gli elementi strutturali si riportano di seguito le verifiche dell'elemento maggiormente sollecitato per ogni tipologia di sezione. Le verifiche sono condotte con il post-processore Steel Design abbinato al software di calcolo SAP 2000 utilizzato per la modellazione ad elementi finiti. In particolare, si individuano dei coefficienti variabili da 0 ad 1 dove con 0 si indica che il profilo risulta non sollecitato, mentre con il valore unitario che lo stesso è sollecitato per il suo valore massimo di resistenza. Parallelamente al coefficiente di sfruttamento, il software evidenzia in colore rosso tutti i profili che non risultano in grado di sopportare la loro sollecitazione.

Di seguito si riporta l'output grafico che mostra il tasso di sfruttamento del profilo maggiormente sollecitato.



Output grafico tassi di sfruttamento a pressoflessione dei profili

PROFILO IPE330 – TRAVE



Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
Units : KN, m, C

Frame : 50      X Mid: 31,675      Combo: ENV\_SLEQP      Design Type: Beam  
Length: 3,35      Y Mid: 0,      Shape: IPE330      Frame Type: Non Dissipative  
Loc : 3,35      Z Mid: 20,      Class: Class 1      Rolled : Yes

Interaction=Method Both      MultiResponse=Envelopes      P-Delta Done? No  
Consider Torsion? No

GammaM0=1,05      GammaM1=1,05      GammaM2=1,25      D/C Lim=1,      Prin. Axis Angle = 0, deg  
An/Ag=1,      RLLF=1,      PLLF=0,75

Aeff=0,006      Av,2=0,003      Av,3=0,004      eNy=0,      eNz=0,  
A=0,006      Iy=1,177E-04      iy=0,137      Wel,y=7,133E-04      Weff,y=7,133E-04  
It=2,810E-07      Iz=7,880E-06      iz=0,035      Wel,z=9,850E-05      Weff,z=9,850E-05  
Iw=1,998E-07      Iyz=0,      h=0,33      Wpl,y=8,040E-04  
E=210000000,      fy=275000,      fu=430000,      Wpl,z=1,540E-04

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS  
Location      Ned      My,Ed      Mz,Ed      V2,Ed      V3,Ed      TEd  
3,35      0,      127,835      0,      0,      0,      0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)

$$D/C \text{ Ratio: } 0,979 = 0, + 0,979 + 0, < 1, \text{ OK}$$

$$= \frac{NEd}{(Chi\_z \cdot NRk / \Gamma_{M1}) + k_{zy} (My, Ed + NEd \cdot e_{Ny}) / (Chi\_LT \cdot My, Rk / \Gamma_{M1}) + k_{zz} (Mz, Ed + NEd \cdot e_{Nz}) / (Mz, Rk / \Gamma_{M1})} \quad (NTC \text{ Eq C4.2.38})$$

## AXIAL FORCE DESIGN

		NEd Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity			
Axial		0,	1639,524	1639,524			
		Npl,Rd 1639,524	Nu,Rd 1938,096	Ncr,T 2971,164	Ncr,TF 2971,164	An/Ag 1,	
	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Y-Y	a	0,21	5434,329	0,563	0,696	0,904	1481,386
Y-Y Braced	a	0,21	5434,329	0,563	0,696	0,904	1481,386
Z-Z	b	0,34	1455,31	1,088	1,242	0,543	889,699
Z-Z Braced	b	0,34	1455,31	1,088	1,242	0,543	889,699
Torsional TF	b	0,34	2971,164	0,761	0,885	0,748	1226,481

## MOMENT DESIGN

		MEd Moment	MEd,span Moment	Mm,Ed Moment	Meq,Ed Moment		
Y-Y		127,835	127,835	84,788	110,225		
Z-Z		0,	0,	0,	0,		
		Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity		
Y-Y		210,571	210,571	210,571	130,631		
Z-Z		40,333	40,333	40,333			
	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	Iw	Mcr
LTB	c	0,49	0,911	1,089	0,62	1,998E-07	266,46
Factors	kw	Psi	C2	C3			
	1,	1,305	0,459	0,525			
	za	zs	zg	zz	zj		
	0,165	2,8E-17	0,165	-1,900E-17	4,676E-17		
Factors		kyy	kyz	kzy	kzz		
		0,796	0,6	1,	1,		
		Ved Force	Vpl,Rd Capacity	Ved/Vpl,Rd Ratio	rho Factor		
2-Axis		0,	465,767	0,	1,		
3-Axis		0,	598,416	0,	1,		

## SHEAR DESIGN

		VEd Force	TEd Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
2-Axis		0,	0,	465,767	0,	OK
3-Axis		0,	0,	598,416	0,	OK
		Vpl,Rd Capacity	Eta Factor	Lambdabar Ratio	Chi Factor	
2-Axis		465,767	1,2	0,495	1,2	
3-Axis		598,416	1,2	0,	1,	

## CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	V2 Left	V2 Right
2-2 (V2)	76,319	0,

### 3.2 VERIFICA DI CONTENIMENTO DEL DANNO

Relativamente allo Stato Limite di Operatività, si riporta la verifica di contenimento del danno.

- Spostamento orizzontale  $\delta_{MAX} = 26.58 \text{ mm}$
- Combinazione: SLO Yx
- Spostamento ammissibile  $\delta_{LIM} = (2/3) \cdot 0.005 h = 0.0033 \cdot 13680 = 0.0443 \text{ m} = 45.60 \text{ mm}$

$\delta_{MAX} < \delta_{LIM}$ .

La verifica risulta soddisfatta.

### 3.3 VERIFICA DI SCORRIMENTO PIANO DI FONDAZIONE

Come anticipato nell'introduzione, la verifica di vulnerabilità sismica può essere riferita alle sole strutture in elevazione qualora si possano escludere fenomeni di instabilità globale, cedimenti/ribaltamenti/scorrimenti della struttura e liquefazione del terreno. Le analisi visive condotte durante il rilievo in situ ed i dati riportati nella relazione geologica escludono tutte le suddette problematiche ad eccezione della verifica di scorrimento in condizioni sismiche, per le quali in questo capitolo verrà eseguita una verifica analitica.

La verifica sarà condotta utilizzando i coeff. parziali del secondo approccio progettuale (Approccio 2) in accordo con la Circolare NTC2018 (capitolo C6.4.2.1). La combinazione prevede di applicare rispettivamente per azioni, parametri geotecnici e resistenze i coeff. indicati nei seguenti campi A1 + M1 + R3.

Per la verifica riportata nella presente relazione, i valori moltiplicativi delle azioni, essendo esaminata la sola combinazione sismica, non necessitano di essere riportati. I coeff. sui parametri geotecnici sono assunti unitari (tab 6.2.II NTC2018) ed il coeff. di sicurezza assunto è pari a 1.1 (tab. 6.4.I NTC2018).

Inoltre, a vantaggio di sicurezza, i successivi calcoli saranno eseguiti senza considerare il peso della fondazione.

Nello stato limite ultimo di tipo geotecnico riguardante il collasso per scorrimento, l'azione di progetto è data dalla risultante delle forze di direzione parallela al piano di scorrimento della fondazione, la resistenza può essere calcolata come il prodotto tra l'azione verticale nella medesima combinazione delle azioni e il coeff. di attrito tra il terreno e il manufatto in calcestruzzo.

$$V_d \leq \frac{N_d \cdot \tan(\phi'_k)}{\gamma_R}$$

In cui:

- $V_d$ : forza orizzontale, nel caso specifico si assume il taglio alla base in combinazione SLV calcolato dalla composizione delle due forze ortogonali;
- $N_d$ : forza verticale al piano superiore di fondazione. Nel caso in oggetto è assunta secondo la combinazione SLV;
- $\tan(\phi'_k)$ : tangente dell'angolo di attrito all'interfaccia terreno - fondazione. Nel caso in esame assunto pari a 0.2.

- $\gamma_R$ : coeff. di sicurezza assunto pari a 1.1 per la verifica a scorrimento.

Si riporta in seguito la verifica:

- $V_{dX} = 978.63 \text{ kN}$
- $V_{dY} = 1225.87 \text{ kN}$
- $V_d = (V_{dX}^2 + V_{dY}^2)^{1/2} = 1569 \text{ kN}$
- $N_d = 26282 \text{ kN}$

La disuguaglianza risulta soddisfatta:

$$V_d = 1569 \text{ kN} \leq \frac{N_d \cdot \tan(\varphi'_k)}{\gamma_R} = 4778.50 \text{ kN}$$

#### 4 VERIFICA DI VULNERABILITA' SISMICA

La valutazione della sicurezza può essere espressa da due indicatori di rischio: il primo è dato dal rapporto fra la capacità e la domanda della struttura in termini di accelerazione al suolo (PGA), il secondo è espresso dall'analogo rapporto fra i periodi di ritorno dell'azione sismica (TR).

La capacità di una struttura è definita come l'entità dell'azione sismica sostenibile, ovvero l'entità massima delle azioni, considerate nelle combinazioni di progetto previste che la struttura è capace di sostenere con i margini di sicurezza richiesti dalle norme, definiti dai coefficienti parziali di sicurezza sulle azioni e sui materiali. L'entità dell'azione sismica attesa al sito è denominata domanda. Entrambe, capacità e domanda, sono state considerate per lo stato limite denominato SLV (Stato Limite di Salvaguardia della Vita) e SLO (Stato Limite di Operatività).

Considerando ad esempio lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita, la capacità in termini di accelerazione è così denominata:

$$PGA_{CLV} = a_g \cdot S$$

Dove:

- $a_g$  è l'accelerazione orizzontale che produce l'insieme di forze sismiche per le quali le verifiche strutturali prescritte dalle NTC2018 risultano soddisfatte;
- $S$  è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche del sito.

La domanda, ovvero l'entità dell'azione sismica attesa dal sito, è pari a:

$$PGA_{DLV} = a_g \cdot S$$

Dove:

- $a_g$  è l'accelerazione orizzontale attesa, funzione delle coordinate del sito, del periodo di riferimento  $V_R$  e dello stato limite considerato;
- $S$  è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche del sito.

L'indicatore di rischio in termini di accelerazione al suolo è dato da:

$$\alpha_{UV} = \frac{PGA_{CLV}}{PGA_{DLV}}$$

L'indicatore di rischio in termini di periodi di ritorno è dato da:

$$\alpha_{UV} = \left( \frac{TR_{CLV}}{TR_{DLV}} \right)^a$$

Dove:

- $TR_{CLV}$  è il periodo di ritorno corrispondente all'accelerazione  $a_g$  che determina la capacità della struttura;
- $TR_{DLV}$  è il periodo di ritorno corrispondente all'accelerazione attesa del sito;
- $a$  è un coefficiente normalmente assunto pari a 0.41. In questo caso, per una maggiore accuratezza, si utilizzerà un valore di 0.34 tipicamente usato in caso di accelerazioni di bassa intensità.

## 5 DETERMINAZIONE DEGLI INDICATORI DI RISCHIO

Nel presente paragrafo verranno determinati gli indicatori di rischio, sia in termini di accelerazione al suolo che in termini di periodo di ritorno, per ogni stato limite considerato, mediante la procedura esposta in precedenza.

### 5.1 STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (SLV) e STATO LIMITE DI OPERATIVITA' (SLO)

#### 5.1.1 CAPACITÀ IN TERMINI DI ACCELERAZIONE AL SUOLO ( $PGA_{CLV} / PGA_{CLO}$ )

Le verifiche di resistenza eseguite per gli elementi strutturali in elevazione risultano soddisfatte considerando le seguenti percentuali dell'azione sismica prevista dalle NTC2018:

- Flessione o pressoflessione elementi in c.a.: 80%
- Taglio elementi in c.a.: 100%

Facendo variare la vita nominale della struttura e di conseguenza lo spettro di risposta utilizzato per le analisi fino ad ottenere l'azione sopportabile dalla struttura si ottengono i seguenti valori di accelerazione orizzontale su suolo rigido:

Flessione o pressoflessione elementi in c.a.

$$a_g = 0.0409 \text{ g}$$

Taglio elementi in c.a.

$$a_g = 0.0409 \text{ g}$$

Le corrispondenti accelerazioni di picco del terreno risultano pari a:

Flessione o pressoflessione elementi in c.a.

$$PGA_{CLV} = a_g \cdot S = 0.0409 \cdot 1.20 = 0.0491 \text{ g}$$

Taglio elementi in c.a.

$$PGA_{CLV} = a_g \cdot S = 0.061 \cdot 1.20 = 0.0732 \text{ g}$$

#### 5.1.2 CAPACITÀ IN TERMINI DI PERIODO DI RITORNO ( $TR_{CLV}$ )

In funzione delle coordinate del sito, i parametri per il calcolo dell'azione sismica assumono i seguenti valori:

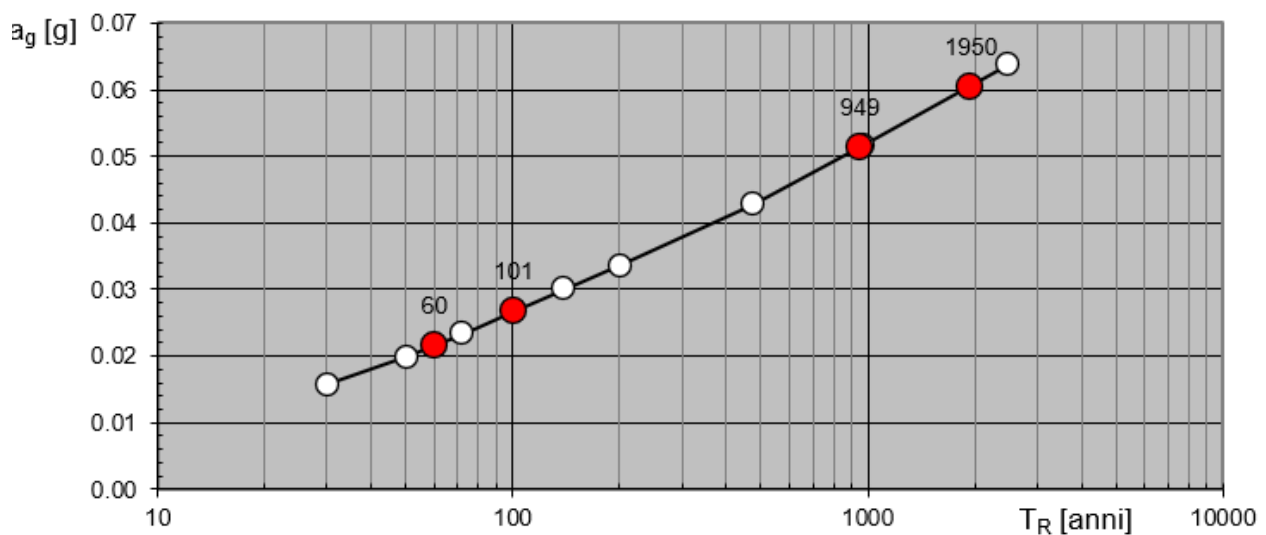
Per il sito in esame, i parametri per il calcolo dell'azione sismica assumono i seguenti valori:



STATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [sec]
SLO	60	0.022	2.553	0.180
SLD	101	0.027	2.611	0.209
SLV	949	0.051	2.743	0.301
SLC	1950	0.060	2.842	0.317

Parametri per il calcolo dell'azione sismica

Il seguente grafico, in scala logaritmica, mostra l'andamento dell'accelerazione  $a_g$  in funzione del periodo di ritorno  $T_R$ :

Valori dell'accelerazione  $a_g$  in funzione del periodo di ritorno  $T_R$ 

### 5.1.3 DOMANDA IN TERMINI DI ACCELERAZIONE AL SUOLO ( $PGA_{DLV} / PGA_{DLO}$ )

La domanda del sito in termini di accelerazione al suolo è pari a:

$$PGA_{DLV} = a_g \cdot S = 0.0512 \cdot 1.2 = 0.06144 \text{ g}$$

#### 5.1.4 INDICATORI DI RISCHIO PER LO STATO LIMITE SLV ( $\alpha_{UV}$ ) E PER LO STATO LIMITE SLO ( $\alpha_{U0}$ )

Flessione o pressoflessione elementi in c.a.

$$\alpha_{UV} = \frac{PGA_{CLV}}{PGA_{DLV}} = \frac{0.0491}{0.0614} = 0.80 = 80.00 \%$$

Taglio elementi in c.a.

$$\alpha_{UV} = \frac{PGA_{CLV}}{PGA_{DLV}} = \frac{0.0491}{0.0614} = 0.80 = 80.00 \%$$

Tenuto conto del valore degli indici di rischio determinati, la verifica sismica allo SLV e allo SLO risultano soddisfatte.

## 6 CONCLUSIONI

Alla luce della modellazione strutturale e delle analisi svolte, la verifica di vulnerabilità sismica non risulta soddisfatta, in riferimento ai requisiti previsti per un edificio di nuova costruzione. In particolare, la struttura allo stato di fatto è in grado di sopportare un sisma con un'intensità di circa il 33% del sisma di progetto per un edificio di nuova costruzione. Gli interventi strutturali proposti consentono alla struttura di resistere ad un sisma con un'intensità dell'80% del sisma di progetto per un edificio di nuova costruzione. Pertanto, l'edificio, appartenente alla classe d'uso IV, allo stato di progetto risulta sismicamente adeguato, secondo quanto riportato nel Par. 8.4.3 delle NTC2018.

<u>STATO DI FATTO</u>	<u>STATO DI PROGETTO</u>
<b>SLV</b>	<b>SLV</b>
<b><math>\zeta E</math> = indicatore di rischio = 0.33</b>	<b><math>\zeta E</math> = indicatore di rischio = 0.80</b>
<b>Spettro sismico = 33%</b>	<b>Spettro sismico = 80%</b>
<b><math>a_g</math> = accelerazione al suolo di riferimento=0.017 g</b>	<b><math>a_g</math> = accelerazione al suolo di riferimento=0.0409 g</b>

Santa Cristina e Bissone (PV), 22 marzo 2024

ALMA Ingegneria S.r.l.

Ing. Marco Rizzi

