

**PROGETTAZIONE
ESECUTIVA**

Via Bellini n. 25
96019 Rosolini -SR-
Telefax 0931502377
E-mail: archingeo.project@libero.it

ARCHINGEO
PROJECT & CONSULTING



COMUNE DI

ROSOLINI

PROVINCIA DI

SIRACUSA



**DESIGNAZIONE
DELL'OPERA**

Lavori di miglioramento sismico dell'edificio sede della scuola media E. De Cillis in Via Rapisardi n.25, ai sensi dell'OPCM 293, attuazione dell'arti. 11 del D.L. 28/04/2009 n. 39 convertito con modificazioni della legge 24/06/2009 n.77

COMMITTENTE

Comune di Rosolini

OGGETTO

Relazione di calcolo

TAV. N°

01 Rev.01

VISTI D'APPROVAZIONE

IL PROGETTISTA, CALCOLISTA E DIR. LAVORI

Dott. Ing. CORRADO CALVO

CALVO CORRADO
2025.07.08 11:11:45
CN=CALVO CORRADO
C=IT
2.5.4.4=CALVO
2.5.4.42=CORRADO

(FIRMA E TIMBRO)

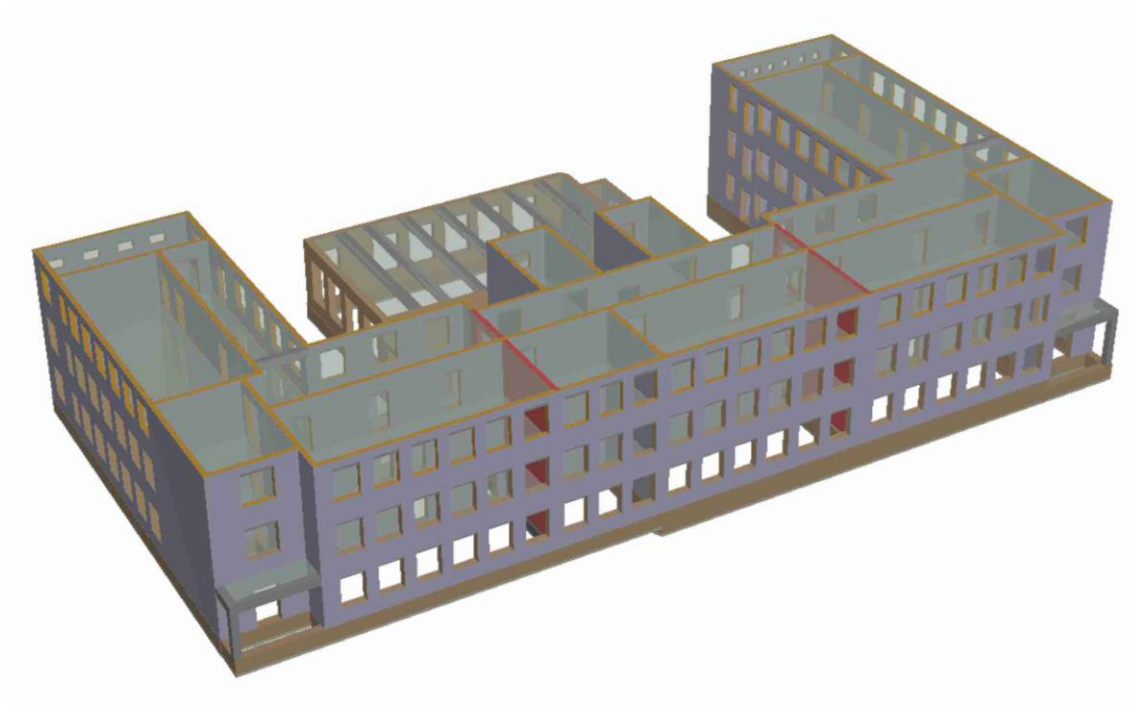
DATA

06/2025

SCALA

01/100

COMUNE di ROSOLINI
PROVINCIA di SIRACUSA



RELAZIONE TECNICO-ILLUSTRATIVA
PROGETTO PER INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELL'EDIFICIO
SEDE DELLA SCUOLA MEDIA INFERIORE E. DE CILLIS, NEL COMUNE DI
ROSOLINI (SR)

INDICE

1	OBIETTIVO DELL'INTERVENTO.....	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3	CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOTECNICHE.....	4
4	DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA.....	5
4.1	Lavori di miglioramento.....	6
5	INDAGINI E LIVELLO DI CONOSCENZA.....	6
6	PROPRIETÀ DEI MATERIALI	7
6.1	Muratura a conci sbozzati.....	7
6.2	Muratura a conci regolari di pietra tenera.....	8
6.3	Muratura in mattoni pieni e malta di calce.....	8
7	CARATTERISTICHE DEI NUOVI MATERIALI	8
7.1	Acciaio da carpenteria.....	8
7.2	Bulloneria.....	8
7.3	Muratura portante in blocchi poroton.....	9
1.1	Calcestruzzo C25/30.....	9
1.2	Acciaio B450C.....	9
1.3	Intonaco di malta a base di calce.....	10
1.4	Rete in fibra di vetro.....	10
8	TECNICA DELL'INTONACO ARMATO C.M.R.	10
1.5	POSA IN OPERA DELL'INTONACO ARMATO.....	11
9	ANALISI DEI CARICHI.....	14
9.1	Neve.....	14
9.2	Azione sismica.....	15
10	SINTESI DEI RISULTATI DEL CALCOLO	16
10.1	Quadro delle verifiche: impegni massimi.....	17
10.2	Quadro delle verifiche: sicurezza sismica.....	18

10.3 Quadro delle condizioni di miglioramento ed adeguamento sismico.....	19
10.4 Viste tridimensionali del modello.....	20
10.5 Viste delle mappe d'impegno delle verifiche.....	24
10.6 Viste delle mappe d'impegno duttilità.....	34
10.7 Viste delle curve di capacità pushover.....	38
10.8 Viste dei grafici pushover ADSR.....	40
10.9 Viste dei domini di resistenza.....	41
10.10 Viste degli istogrammi riepilogativi dell'impegno massimo.....	43
10.11 Viste degli istogrammi riepilogativi dell'impegno sismico.....	44
11 PRECISAZIONI SUL CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO PER L'ANALISI.....	45
12 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	45

1 OBIETTIVO DELL'INTERVENTO

Gli edifici in muratura esistenti presentano notevoli carenze strutturali, legate principalmente alla scarsa qualità dei materiali utilizzati, e spesso ad un insufficiente ammorsamento. Tali carenze si traducono in caratteristiche di resistenza e duttilità pericolosamente inadeguate, che hanno portato nel passato, nei casi più drammatici, a crolli in condizioni di solo carico statico. Ovviamente tali inadeguatezze risultano ancor più gravi quando tali strutture, progettate per sostenere i soli carichi verticali, sono soggette anche ad azioni sismiche.

È in questo scenario che si colloca il “Progetto per intervento di miglioramento sismico dell'edificio sede della scuola media inferiore E. De Cillis, nel Comune di Rosolini (SR)”.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

L'intervento di miglioramento sismico viene realizzato in conformità alle vigenti Norme tecniche, ed in particolare alle seguenti Leggi e Raccomandazioni:

- Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni”, D.M. 17/01/2018;
- “Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni”, Circolare n.7 del 21/01/2019;
- “Norme Tecniche per le Costruzioni”, D.M. 14/01/2008;
- “Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni”, Circolare n.617 del 02/02/2009;
- “Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale” del 12 ottobre 2007;
- “Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale allineate alle nuove Norme tecniche per le costruzioni (d.m. 14 gennaio 2008)”, Direttiva del 26/02/2011.

3 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOTECNICHE

Il Dott. Geol. Gaetano Rizzuto ha effettuato, su incarico del comune di Rosolini, uno studio geologico-tecnico del terreno di fondazione per gli interventi antisismici del fabbricato.

Per quanto attiene i parametri geologico-tecnici e sismici di riferimento, questi sono riassumibili nella seguente tabella:

Latitudine Longitudine	(WGS84): 36,8222656 [°] (WGS84): 14,9489384 [°]				
Categoria del suolo	V _{Seq} = Cat. B				
Categoria topografica	T1				
Parametri di pericolosità sismica	Stato limite	Tr	ag	Fo	Tc
	SLO	60	0,047	2,549	0,265
	SLD	101	0,063	2,556	0,290
	SLV	949	0,234	2,399	0,458
	SLC	1950	0,322	2,450	0,513
Valori caratteristici dei parametri di resistenza	Qualità dell'ammasso roccioso discreta c = 1,1 Kg/cm ² φ° = 29.93° γ = 1,70 T/m ³ E _{op} = 6,27 MPa				
Coefficiente di reazione di sottofondo (coeff. Di Winkler)	10 < K < 15 Kg/cm ³				

4 DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

Il presente progetto esecutivo viene redatto dal sottoscritto dott. ing. Corrado Calvo, libero professionista in Rosolini, iscritto all'Albo dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Siracusa con il n°904, su incarico del Comune di Rosolini e seguito di lettera di invito a partecipazione a manifestazione d'interesse da parte del Settore LL.PP., e successivo atto n.119 del 21/07/2023, n. 443 Reg. Gen. Con cui lo stesso risultava aggiudicatario dei servizi di ingegneria di cui al progetto di che trattasi.

Il presente progetto prevede una serie di interventi tesi al miglioramento sismico dell'edificio pubblico adibito a scuola media inferiore denominata "E. DE CILLIS" di Rosolini (SR) e di cui al D.D.G. n.71/S.03 del 18/03/2022 con cui sono stati individuati gli interventi ammessi a contributo ex art.11 legge n.77/2009 e definite le modalità di attuazione e, nonché al finanziamento assegnato al Comune di Rosolini dell'importo di € 1.692.000,00.

EDIFICIO SCOLASTICO E INTERVENTI DI PROGETTO

Il compendio immobiliare dell'Istituto Comprensivo "DE CILLIS" ha sede a Rosolini (SR) in Via Rapisardi n°25 in un edificio, ricadente in Zona A del P.R.G., costituito da un solo corpo di fabbrica composto da tre piani fuori terra, posto all'interno di un'area recintata, di pertinenza dell'Istituto stesso, dove hanno sede la palestra con annessi i locali di servizio e il locale caldaia, nonché i locali tecnologici (gruppo antincendio e gruppo elettrogeno).

Al piano terra dell'edificio scolastico sono ubicate le aule, l'aula informatica, la sala giochi; al piano primo sono ubicati gli uffici di dirigenza e amministrativi, le aule, l'aula di informatica, l'aula magna e l'archivio; al piano secondo sono ubicate le aule e i laboratori.

4.1 Lavori di miglioramento

Sommariamente l'intervento di miglioramento sismico prevede la realizzazione delle seguenti opere:

- consolidamento delle murature con la tecnica dell'intonaco armato con rete in fibre di vetro;
- realizzazione delle travi di fondazioni in corrispondenza delle nuove pareti;
- realizzazione di nuove pareti e maschi murari in muratura portante adeguatamente connessi all'esistente al fine di ridurre l'ampiezza delle pareti di prospetto
- irrigidimento degli impalcati di piano mediante la realizzazione di cordoli in acciaio.

Non è previsto alcun intervento sui solai esistenti in quanto dai sopralluoghi effettuati non sono state riscontrate criticità che richiedano opere di rinforzo. In particolare, i solai non presentano problemi come crepe, cedimenti, infiltrazioni o altro che renderebbe necessario un intervento di manutenzione o rinforzo. I sopralluoghi sono stati eseguiti con attenzione e hanno portato alla conclusione che i solai non presentano problemi statici.

Per quanto non specificato si rimanda agli elaborati grafici allegati.

5 INDAGINI E LIVELLO DI CONOSCENZA

La conoscenza dell'edificio in muratura oggetto della verifica risulta di fondamentale importanza ai fini di una adeguata analisi e può essere conseguita con i diversi livelli di approfondimento, in funzione dell'accuratezza delle operazioni di rilievo, delle ricerche storiche, e delle indagini sperimentali.

La campagna di indagini, svolta su incarico dal comune di Rosolini, ha avuto lo scopo di indagare la tipologia di muratura, lo spessore e l'orditura dei solai e la presenza o meno dei cordoli di piano.

Dalle prove eseguite, l'intero complesso risulta realizzato al piano terra e al primo piano in gran parte con muratura conci sbazzati (spessore pari a cm 50 al piano terra e cm 45 al primo piano), mentre al secondo piano con muratura a conci regolari di pietra tenera (spessore cm 30). Inoltre, dai calcoli originari si è potuto riscontrare la presenza, tra una finestra ed un'altra di un pilastro in muratura di mattoni pieni.

La prova con martinetto doppio eseguita sulla parete perimetrale in conci sbazzati del primo piano ha restituito un valore di resistenza a compressione pari a 20 daN/cm², pari al valore minimo riportato nella tabella C8.5.I della Circolare n.7 del 2019, per tale motivo sono stati considerati i valori minimi indicati nella tabella suddetta, anziché i valori medi.

I solai del primo e del secondo impalcato sono in latero-cemento gettati in opera di spessore 25+5=30 cm, mentre il solaio di copertura ha uno spessore pari a 30+5=35 cm.

Dalle prove pacometriche riportate nel report delle indagini i cordoli di piano risultano assenti.

Le fondazioni di tipo ciclopico sono state realizzate con scapoli di pietra dello stesso tipo delle murature verticali.

Per maggior chiarezza e per quanto non specificato si faccia riferimento al rapporto di prova relativo alla campagna di indagini eseguite in situ.

Le informazioni sulla geometria della struttura (spessore delle murature, orditura dei solai ...) e sui dettagli costruttivi sono state dedotte da un accurato rilievo in situ.

I dati raccolti sulle dimensioni degli elementi strutturali, sui dettagli strutturali e le informazioni sulle caratteristiche meccaniche dei materiali sono tali da consentire l'adozione di un livello di **conoscenza LC2**, in quanto è stato fatto il rilievo geometrico completo e sono state fatte indagini estese sui dettagli costruttivi e prove estese sulle caratteristiche meccaniche dei materiali. Il corrispondente fattore di confidenza è **FC=1,20**.

6 PROPRIETÀ DEI MATERIALI

Nel seguito vengono riportate le caratteristiche meccaniche dei materiali adottate per la muratura e le proprietà meccaniche dei nuovi materiali utilizzati.

Ai sensi delle Nuove Norme Tecniche e della relativa Circolare n.7 del 21 gennaio 2019, si fa riferimento alle prescrizioni per gli edifici esistenti. Per quanto concerne le resistenze dei materiali pre-esistenti, i valori di progetto X_d si ottengono a partire dai valori medi X_m (determinati, in relazione al livello di conoscenza, come valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca, ovvero da specifiche o certificati originali oppure da prove in-situ) come:

$$X_d = \frac{X_m}{\gamma_m} \frac{1}{FC}$$

in cui il coefficiente parziale di sicurezza del materiale, γ_m , è unitario per il calcolo delle capacità di elementi duttili (verifiche flessionali) ed è pari al valore di normativa per il materiale in esame per elementi fragili (verifiche a taglio) ed FC è il fattore di confidenza, funzione del livello di conoscenza LC.

6.1 Muratura a conci sbozzati

Coerentemente con le indagini ed i rilievi effettuati, per le murature portanti esistenti a conci sbozzati sono stati utilizzati i parametri meccanici minimi riportati in tabella C8.5.I della Circolare n.7 del 2019:

- | | |
|------------------------------|----------------------------------|
| - Resistenza a compressione: | $f_m = 20 \text{ daN/cm}^2$ |
| - Resistenza media a taglio: | $\tau_o = 0.35 \text{ daN/cm}^2$ |

- Modulo elastico longitudinale: $E = 10200 \text{ daN/cm}^2$
- Modulo elastico tangenziale: $G = 3400 \text{ daN/cm}^2$
- Peso specifico medio: $w = 2000 \text{ daN/m}^3$

6.2 Muratura a conci regolari di pietra tenera

Coerentemente con le indagini ed i rilievi effettuati, per le murature portanti esistenti a conci regolari di pietra tenera, sono stati utilizzati i parametri meccanici minimi riportati in tabella C8.5.I della Circolare n.7 del 2019:

- Resistenza media a compressione: $f_m = 20 \text{ daN/cm}^2$
- Resistenza media a taglio: $\tau_o = 0.4 \text{ daN/cm}^2$
- Resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali: $f_{v0} = 1.0 \text{ daN/cm}^2$
- Modulo elastico longitudinale: $E = 12000 \text{ daN/cm}^2$
- Modulo elastico tangenziale: $G = 4000 \text{ daN/mm}^2$
- Peso specifico medio: $w = 1600 \text{ daN/m}^3$

6.3 Muratura in mattoni pieni e malta di calce

A vantaggio di sicurezza, i pilastri presenti tra una finestra ed un'altra sono stati considerati anzichè in muratura di mattoni pieni e malta di calce, come se fossero costituiti da conci sbozzati (muratura con caratteristiche meccaniche inferiori).

7 CARATTERISTICHE DEI NUOVI MATERIALI

7.1 Acciaio da carpenteria

Per i cordoli di copertura, per le travi del solaio non calpestabile e per le travi del solaio di copertura si utilizzeranno profili in acciaio di classe S275:

- Valore caratteristico della resistenza a snervamento: $f_{yk} \geq 275 \text{ N/mm}^2$
- Valore caratteristico della resistenza a rottura: $f_{tk} \geq 430 \text{ N/mm}^2$

7.2 Bulloneria

I bulloni per il fissaggio dei cordoli in acciaio alle murature d'ambito saranno di classe 5.6:

- Valore caratteristico a rottura: $f_{tk} \geq 500 \text{ N/mm}^2$

7.3 Muratura portante in blocchi poroton

Per la realizzazione dei nuovi setti portanti si utilizzeranno laterizi semipieni tipo poroton P800 aventi le seguenti caratteristiche:

Caratteristiche dei blocchi:

- percentuale di foratura $\varphi \leq 45\%$
- resistenza caratteristica a compressione in direzione verticale $f_{bk} \geq 8 \text{ N/mm}^2$;
- resistenza caratteristica a compressione in direzione ortogonale $f_{bk} \geq 1,5 \text{ N/mm}^2$;

Caratteristiche della muratura

- resistenza caratteristica a compressione $f_k > 5 \text{ N/mm}^2$;
- resistenza caratteristica a taglio $f_{vk0} > 0,2 \text{ N/mm}^2$;
- Modulo elastico longitudinale: $E = 5000 \text{ N/mm}^2$;
- Modulo elastico tangenziale: $G = 2000 \text{ N/mm}^2$;

Caratteristiche della Malta M15:

- resistenza caratteristica a compressione $f_k > 15 \text{ N/mm}^2$

1.1 Calcestruzzo C25/30

Per la fondazione dei nuovi setti portanti in laterizi semipieni tipo Porotn P800 si utilizzerà un calcestruzzo con le seguenti caratteristiche:

- Classe: C25/30
- Resistenza cubica R_{ck} : 300 kg/cmq
- Resistenza di calcolo f_{cd} : 141 kg/cmq
- Resistenza a trazione di calcolo f_{ctd} : 12 kg/cmq
- Resistenza cilindrica f_{ck} : 249 kg/cmq
- Resistenza a trazione media f_{ctm} : 26 kg/cmq

1.2 Acciaio B450C

Per la fondazione dei nuovi setti portanti in laterizi semipieni tipo Porotn P800 si utilizzerà un acciaio B450C con le seguenti caratteristiche:

- Resistenza allo snervamento f_{yk} : 300 kg/cmq
- Resistenza alla rottura barre f_{tk} : 141 kg/cmq

1.3 Intonaco di malta a base di calce

Per il consolidamento delle murature con la tecnica dell'intonaco armato si utilizzerà una malta strutturale ecocompatibile, con fibre sintetiche, a base di calce e leganti idraulici, aventi le seguenti caratteristiche prestazionali:

- Classe minima: M15
- Resistenza a Compressione – 28 giorni: > 15 MPa

1.4 Rete in fibra di vetro

Per il consolidamento delle murature con la tecnica dell'intonaco armato si utilizzerà una rete preformata in GFRP (tipo FBMesh99X99T96AR della Fibre Net), a maglia 99x99 mm, con barre costituite da fibre lunghe alcalino-resistenti impregnate con resina termoindurente di tipo epossidicovinilestere. Nella formazione della rete le fibre nelle due direzioni sono intrecciate ortogonalmente in modo da creare una maglia monolitica.

Caratteristiche meccaniche:

- Area nominale fibra: 3.6 mm²
- Resistenza a trazione caratteristica: 376 MPa
- Resistenza a trazione della rete caratteristico: 57.4 kN/m
- Resistenza a trazione del trefolo caratteristico: 4.96 kN
- Modulo elastico valore medio: 24.98 GPa
- Deformazione a rottura: 1.78%

8 TECNICA DELL'INTONACO ARMATO C.M.R.

Gli edifici in muratura spesso sono realizzati con materiali dalle scarse caratteristiche meccaniche, si presentano con paramenti multipli che, specialmente se soggetti ad azioni sismiche, subiscono elevate azioni orizzontali nel piano (taglio), fuori dal piano (flessione) e verticali (compressione) che non sempre possono essere sopportate dalla muratura stessa. L'effetto di confinamento dato dal placcaggio della muratura con intonaco armato ne fa uno degli interventi più efficaci, in quanto garantisce adeguati incrementi delle proprietà meccaniche dell'apparecchio murario.

L'intervento con il Sistema dell'intonaco armato C.M.R. prevede la realizzazione su entrambe le facce di uno strato di intonaco sottile (circa 25/30 mm) con malta premiscelata per applicazioni strutturali compatibile con il sistema, armato con reti ed accessori preformati in GFRP.

Questo intervento permette di ottenere un miglioramento strutturale omogeneo e diffuso, con elevate caratteristiche meccaniche e di duttilità e con un modesto incremento di rigidità della struttura. Il

Sistema consente di incrementare la resistenza della parete sia alle azioni gravitazionali e sia a quelle orizzontali come l'azione sismica e quella del vento.

- L'utilizzo di reti e componenti preformati in GFRP permette di ottenere un'elevata durabilità ed efficacia del sistema nel tempo, la riduzione dei ponti termici in corrispondenza dei punti di connessione e l'applicazione di ridotti spessori di intonaco ne limita l'incremento delle masse.

1.5 POSA IN OPERA DELL'INTONACO ARMATO

L'applicazione del sistema dell'intonaco armato C.M.R. prevede diverse fasi di lavorazione che si possono così riassumere:

1. Rimozione dell'intonaco esistente e delle parti ammalorate e scarifica di circa 10 ± 15 mm dei giunti di allettamento per favorire l'aderenza della malta. Lavare i paramenti esterni utilizzando un'idropulitrice di adeguata potenza. Rimuovere completamente la patina di polvere ancora presente sulla superficie della muratura. Eventuale ricostruzione di parti di murature mancanti o particolarmente danneggiate. Qualora vi sia la presenza di fenomeni di carbonatazione ed ossidazione delle armature, sui paramenti in calcestruzzo, risulta necessario effettuare un intervento preliminare di protezione delle armature con idoneo prodotto.
2. Prima della posa dell'intonaco bagnare a rifiuto la muratura, il supporto dovrà risultare saturo ma senza ristagni superficiali di acqua.
3. In certe condizioni può rendersi necessario applicare a completa copertura del supporto uno strato di rinzafo dello spessore di 5-10 mm. Attendere almeno 24 ore di maturazione del rinzafo per procedere con le operazioni successive.
4. Esecuzione di fori passanti del diametro di 12 mm per l'inserimento dei connettori trasversali "lunghi" (è sufficiente che il foro non sia passante laddove si prevede il rinforzo solo su un lato della muratura). Allargare il diametro del foro di circa due volte sull'altra faccia del paramento dove andranno inseriti i connettori trasversali "corti". La lunghezza del secondo foro dovrà garantire nella fase successiva la sovrapposizione di almeno 10 – 15 cm tra i due connettori trasversali. Eseguire i fori con trapano del tipo a rotoperkussione (per murature molto ammalorate procedere con la perforazione mediante semplice rotazione). Pulizia dei fori mediante un getto con aria compressa.
5. Esecuzione di fori per realizzare collegamenti e riprese dell'intonaco armato sui solai tramite barre preformate in GFRP nel numero previsto da progetto. Eseguire i fori con trapano del tipo a rotoperkussione. Eseguire un foro del diametro pari a quello della barra aumentato di 2

mm. La perforazione deve garantire una lunghezza di ancoraggio di almeno 50 volte la dimensione massima della sezione del connettore. È consigliato uno spaziamento variabile tra una barra e l'altra da 1 m a 0,67 m (corrispondente a n°1 barra ogni metro oppure n°3 barre ogni 2 m).

6. Iniezione di resina nei fori appena praticati e precedentemente puliti mediante getto di aria compressa. L'iniezione deve garantire l'arrivo della resina nella parte più profonda della perforazione. Inserimento delle barre preformate imprimendo una rotazione intorno al proprio asse in modo che avvenga una perfetta distribuzione della resina all'interno del proprio foro. Il corretto riempimento della cavità viene assicurato quando, con l'inserimento del connettore, si ottiene la fuoriuscita di un certo quantitativo di resina in superficie.
7. Messa in opera della rete preformata in GFRP sulla faccia destinata all'inserimento dei connettori "lunghi" e fissaggio provvisorio della rete alla muratura con chiodi da carpenteria per permettere il corretto posizionamento e il taglio della rete in corrispondenza delle aperture. Il taglio della rete viene realizzato per mezzo di cesoie e/o tronchesi da cantiere o con smerigliatrice angolare. Sovrapporre le fasce di rete per circa 15 cm al fine di garantire la continuità meccanica. Non piegare la rete ad angolo vivo per evitare l'eventuale rottura delle fibre. Montaggio degli angolari in corrispondenza degli spigoli sovrapponendoli alla rete per minimo 15 cm.
8. Inserimento dei connettori di lunghezza pari allo spessore della muratura. Se necessario, taglio della parte eccedente del connettore. Ove previsto, l'inserimento del connettore deve esser preceduto dal posizionamento del fazzoletto di ripartizione.
9. Eventuale posa della rete e degli angolari sull'altro lato del paramento murario.
10. Procedere con l'iniezione di resina vinilestere e/o epossidica nella porzione allargata dei fori per solidarizzare i due elementi. Inserimento nel foro del secondo connettore, creando una sovrapposizione di almeno 10 – 15 cm. Ove previsto, l'inserimento del connettore deve esser preceduto dal posizionamento del fazzoletto di ripartizione.
11. A completo indurimento della resina dei connettori procedere con l'applicazione dell'intonaco di malta con le caratteristiche di progetto, di spessore minimo pari a circa 25 mm per lato (spessore definito da progetto).
12. L'intonaco può essere applicato in un unico strato (situazione normale per spessori fino a 30 mm) o in due o più strati successivi.
13. La rete deve essere posizionata in mezzeria dello spessore di malta. Garantire una maturazione umida dell'intonaco evitando insolazione o ventilazione intense e bagnando almeno 2 volte al

giorno per 7 giorni, cominciare da 24 - 48 ore dalla posa. Attendere almeno 10 giorni prima di posare eventuali rasanti di finiture. Pitture o rivestimenti colorati potranno essere applicati solo ad avvenuta stagionatura dell'intonaco e comunque non prima di 28 gg dalla posa.

9 ANALISI DEI CARICHI

L'analisi del fabbricato esistente è eseguita con riferimento ai carichi derivanti dall'analisi riportata nel seguito.

TIPOLOGIA DI CARICO	DESCRIZIONE	Coefficienti	Peso Specifico daN/m ³	Spessore o Altezza m	Larghezza m	Quantità (in 1m)		
SOLAIO COPERTURA (sp. cm 30+5)								
Peso proprio:	Caldana esistente:		2500	x	0,05	x	1,00	x 1,00 = 125,00 daN/m ²
	Travetti:		2500	x	0,30	x	0,08	x 3,00 = 180,00 daN/m ²
	pignatte:		600	x	0,30	x	1,00	x 0,75 = 135,00 daN/m ²
								440,00 daN/m ²
Permanente portato:	Intonaco:		2200	x	0,015	x	1,00	x 1,00 = 32,00 daN/m ²
	Asfalto:							= 10,00 daN/m ²
	Massetto:		1800	x	0,06	x	1,00	x 1,00 = 108,00 daN/m ²
	Pavimentazione:							= 50,00 daN/m ²
								200,00 daN/m ²
Accidentale:	Cat. H1: Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione							50,00 daN/m ²
SOLAIO I e II IMPALCATO (sp. cm 25+5)								
Peso proprio:	Caldana esistente:		2500	x	0,05	x	1,00	x 1,00 = 125,00 daN/m ²
	Travetti:		2500	x	0,25	x	0,08	x 3,00 = 150,00 daN/m ²
	pignatte:		600	x	0,25	x	1,00	x 0,70 = 105,00 daN/m ²
								380,00 daN/m ²
Permanente portato:	Intonaco:		2200	x	0,015	x	1,00	x 1,00 = 32,00 daN/m ²
	Massetto:		1800	x	0,06	x	1,00	x 1,00 = 108,00 daN/m ²
	Pavimentazione:							= 50,00 daN/m ²
								190,00 daN/m ²
Incidenza tramezzi:								160,00 daN/m ²
Accidentale:	Cat. B2: Uffici aperti al pubblico							300,00 daN/m ²
SCALA								
Peso proprio:	Soletta:		2500	x	0,16	x	1,00	x 1,00 = 400,00 daN/m ²
								400,00 daN/m ²
Permanente portato:	Gradino:		2500	x	0,180	x	0,30	x 1,00 = 135,00 daN/m ²
	Intonaco:		1800	x	0,06	x	1,00	x 1,00 = 108,00 daN/m ²
	Pavimentazione:							= 50,00 daN/m ²
								293,00 daN/m ²
Accidentale:	Cat. C2: Balconi, ballatoi e scale comuni, sale convegni, cinema, teatri, chiese, tribune con posti fissi							400,00 daN/m ²

9.1 Neve

Il carico provocato dalla neve sulla copertura è assunto pari a **50 daN/m²** ed è stato valutato considerando:

zona di carico da neve: 3
 altitudine del sito: 150 m s.l.m.
 classe di esposizione: normale

periodo di ritorno: 50 anni

inclinazione falda: 0°

9.2 Azione sismica

L'azione sismica viene valutata mediante gli spettri di normativa caratterizzati per ciascuno degli stati limite considerati. Nell'ambito della metodologia di analisi non-lineare tali spettri consentono di determinare la *domanda* di spostamento.

Di seguito si riportano i parametri relativi alla classificazione sismica del sito di costruzione, la tipologia e classe dell'opera, la vita d'esercizio dell'opera e la classificazione morfologica e geologica del terreno di fondazione.

Località: Rosolini

Latitudine: 38,822

Longitudine: 14,949

Vita Nominale: 50 anni

Classe d'uso: IV

Periodo di riferimento: 100 anni

Categoria Suolo: B

Categoria topografica: T1

La tabella sottostante riporta la caratterizzazione sismica del sito di costruzione:

T_r : tempo di ritorno dell'evento sismico di progetto;

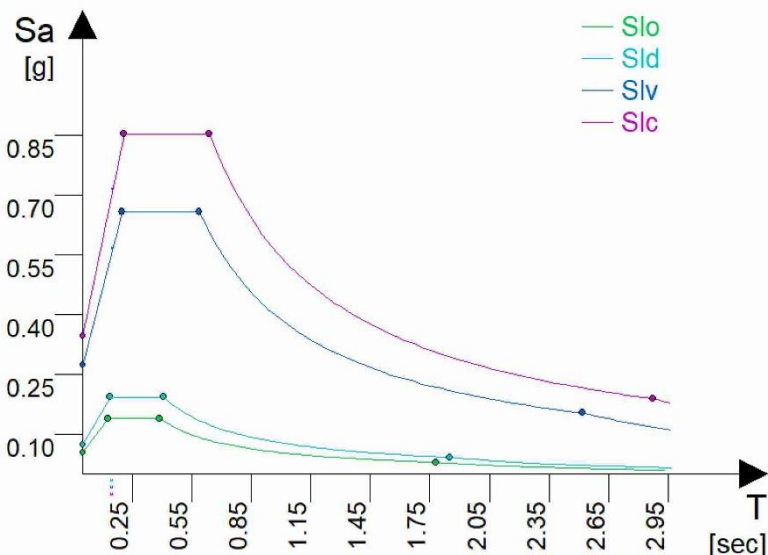
a_g : accelerazione massima al suolo con probabilità di superamento del 5% nel periodo di riferimento ai fini della verifica della struttura;

η : coefficiente legato allo smorzamento;

S : coefficiente di suolo;

T_B, T_C, T_D : periodi limite dei campi significativi dello spettro

<i>Stato limite</i>	T_r	A_g/g	F_0^*	T_C^*	S	T_B	T_C	T_D
<i>SLO</i>	60	0.046	2.55	0.27	1.2	0.13	0.39	1.78
<i>SLD</i>	101	0.063	2.56	0.29	1.2	0.14	0.41	1.85
<i>SLV</i>	949	0.232	2.40	0.46	1.18	0.200	0.59	2.52
<i>SLC</i>	1950	0.319	2.45	0.51	1.09	0.21	0.64	2.87



Spettri di risposta sismici in accelerazione per $\chi_i = 5\%$

10 SINTESI DEI RISULTATI DEL CALCOLO

In questa sezione vengono presentate informazioni sintetiche e di facile lettura relativi ai risultati dell'elaborazione, in accordo con le disposizioni del §10.2 delle Ntc18.

Si precisa che il tipo di analisi svolta e i criteri di modellazione sono stati già discussi precedentemente in questa stessa relazione e le informazioni sull'origine e le caratteristiche dei codici di calcolo utilizzati verranno date nel paragrafo successivo.

Di seguito verranno presentate tabelle e ad elaborati grafici capaci di rappresentare la modellazione eseguita, lo stato deformativo, le sollecitazioni, l'impegno degli elementi nei riguardi delle verifiche, con l'obiettivo di fornire un quadro esaustivo della sicurezza strutturale, sia in risposta ad azioni statiche, sia per azioni sismiche. Sarà inoltre possibile individuare le parti più sollecitate e di localizzare quegli elementi che condizionano in negativo la performance della struttura, per i vari stati limiti considerati, in relazione alla risposta globale al sisma e alla risposta a meccanismi di crisi di tipo locale, tenendo conto delle peculiarità di analisi e verifica proprie delle costruzioni in muratura. Innanzitutto viene data l'informazione sintetica sulla sicurezza strutturale per tutte le verifiche eseguite, in termini di impegni massimi negli elementi e in termini di fattori minimi di sicurezza sismica.

Per gli interventi di miglioramento viene inoltre riportato anche il confronto dei fattori di sicurezza nelle due situazioni strutturali, prima e dopo gli eventuali interventi di rinforzo.

A seguire, viene rappresentato il modello strutturale in vista solida tridimensionale, nella configurazione geometrica utile per un controllo di conformità e nelle configurazioni delle deformate pushover e della dinamica modale. A seguire verrà riportata una selezione di curve pushover con i relativi istogrammi capacità/domanda, domini di resistenza sismici, mappe d'impegno degli stati limite sismici e delle verifiche statiche. Queste mappe aiutano ad interpretare i risultati raggiunti con l'analisi e in sede progettuale sono utili anche per il dimensionamento delle opere di rinforzo. La rassegna si chiude quindi con gli istogrammi riepilogativi di tutte le verifiche effettuate, riportati in termini di impegni massimi di verifica e di fattori di sicurezza sismica.

10.1 Quadro delle verifiche: impegni massimi

In questa tabella sono indicati gli elementi maggiormente impegnati nei confronti delle varie verifiche eseguite e le scansioni sismiche più gravose per l'analisi pushover.

La verifica è soddisfatta se il fattore di impegno non supera il 100%, l'esito è chiaramente leggibile sull'ultima colonna.

Nome verifica	SL	Norma	Riferimenti	Impegno	Esito
Snellezza	SLU	D.M. del 17/01/18	Setto 31 al piano 3	99,67	--
Eccentricità trasversale	SLU	D.M. del 17/01/18	Setto 134 al piano 3	59,33	>10
Eccentricità longitudinale	SLU	D.M. del 17/01/18	--	0,00	>10
Taglio statico nei setti	SLU	D.M. del 17/01/18	--	0,00	>10
Pressoflessione trasversale	SLU	D.M. del 17/01/18	Setto 31 al piano 2	99,65	1,04
Pressoflessione longitudinale	SLU	D.M. del 17/01/18	Setto 31 al piano 2	86,03	2,75
Pressoflessione trasversale sismica	SLV	D.M. del 17/01/18	Setto 145 al piano 3	80,55	--
Portanza delle fondazioni	SLU	D.M. del 17/01/18	Setto 73 al piano 0	24,07	>10
Portanza delle fondazioni sismica	SLV	D.M. del 17/01/18	Setto 73 al piano 0	18,85	--
Ribaltamento pareti	SLU	D.M. del 17/01/18	--	0,00	>10
Ribaltamento pareti sismica	SLV	D.M. del 17/01/18	Setto 199 al piano 1	25,10	--
Verifiche e.secondari a taglio	SLU	D.M. del 17/01/18	Elemento 13 al piano 2	25,56	>10
Verifiche e.secondari a momento	SLU	D.M. del 17/01/18	Elemento 104 al piano 1	56,00	4,53
Pushover al limite di operatività sismica	SLO	D.M. del 17/01/18	Sisma 0°L	43,59	--
Pushover al limite di danno sismica	SLD	D.M. del 17/01/18	Sisma 0°L	51,59	--
Pushover al limite di s.vita sismica	SLV	D.M. del 17/01/18	Sisma 0°L	133,16	--
Scorrimento in fondazione sismica	SLV	D.M. del 17/01/18	Sisma	9,16	--

10.2 Quadro delle verifiche: sicurezza sismica

In questa tabella sono riportati gli esiti delle verifiche sismiche, espresse in termini di capacità/domanda, in due modalità equivalenti: come accelerazione di picco al suolo (Pga) e come periodo di ritorno (Tr).

Convenzionalmente i valori numerici sono rappresentati a meno dei fattori di amplificazione topografica e stratigrafica (ovvero per sottosuolo pianeggiante di classe A).

La verifica è soddisfatta se la capacità è maggiore della domanda, l'esito è chiaramente leggibile sull'ultima colonna.

Nome verifica	SL	F.struttura	F.sicurezza	PgaC	PgaD	TrC	TrD	Esito
				g	g	anni	anni	
Pressoflessione trasversale	SLV	-	1,242	0,288	0,232	1545	949	si
Portanza delle fondazioni	SLV	-	16,988	3,941	0,232	>2475	949	si
Ribaltamento pareti	SLV	-	3,984	0,924	0,232	>2475	949	si
Pushover al limite di operatività	SLO	0,57	2,294	0,106	0,046	218	60	si
Pushover al limite di danno	SLD	0,77	1,938	0,122	0,063	286	101	si
Pushover al limite di s.vita	SLV	2,34	0,751	0,174	0,232	548	949	no

10.3 Quadro delle condizioni di miglioramento ed adeguamento sismico

Nel caso di edifici esistenti soggetti ad interventi di miglioramento o di adeguamento sismico viene riportato nel seguente quadro il confronto della sicurezza nei due stati: ante-operam (prima di un eventuale intervento di rinforzo) e post-operam (dopo la messa in opera di rinforzi).

I valori della sicurezza sono espressi in termini di:

- Z_e : fattore di sicurezza
- P_{gaC} : capacità in accelerazione di picco al sulo (P_{gaC}) [g]

Tali informazioni sono utili per la compilazione delle schede di vulnerabilità sismica della Protezione Civile, assunte come riferimento in tutte le procedure che disciplinano i contributi statali per gli interventi di prevenzione del rischio sismico.

I fattori di sicurezza sismici rappresentano il rapporto tra l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura (capacità di P_{ga}) e l'azione sismica di progetto (domanda di P_{ga}). Possono anche essere visti come il moltiplicatore massimo del sisma di progetto compatibile con il soddisfacimento delle verifiche strutturali, ovvero esprimono di quanto è possibile amplificare il sisma per raggiungere in quella particolare verifica la prima crisi strutturale.

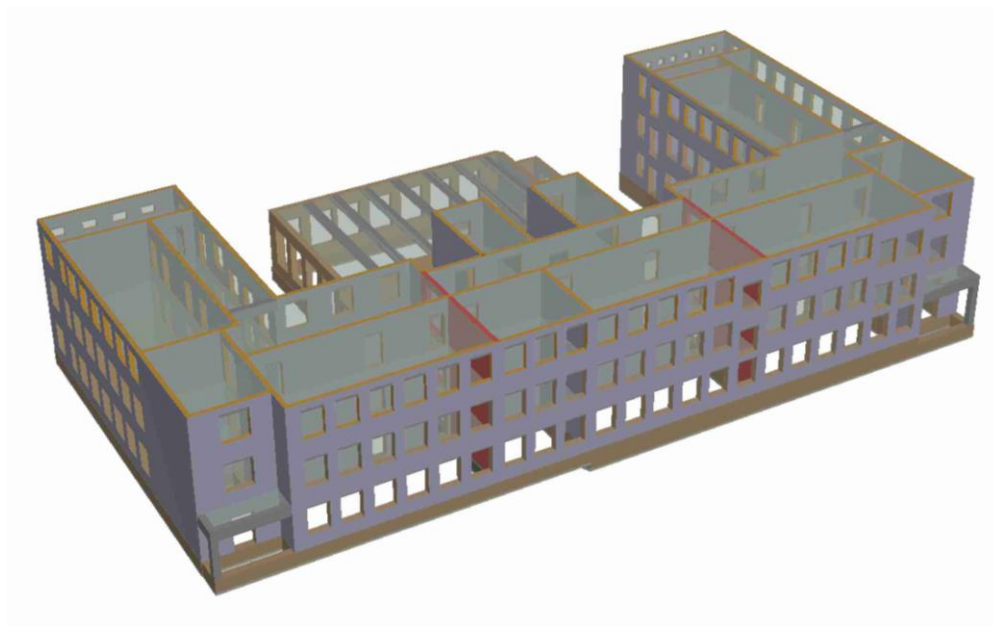
In tabella è riportato l'esito del miglioramento/adeguamento nelle due colonne dedicate:

- per il miglioramento è necessario che vi sia un incremento dei fattori di sicurezza, che tale incremento sia maggiore di un valore minimo fissato dalla norma e che il valore finale della sicurezza raggiunga comunque una soglia minima prefissata dalla normativa;
- per l'adeguamento è necessario che il fattore di sicurezza dello stato rinforzato sia almeno pari a quello di un edificio di nuova costruzione o di valori leggermente inferiori per alcuni casi particolari.

Verifica	SL	$Z_e(E)$	$Z_e(R)$	$P_{gaC}(E)$	$P_{gaC}(R)$	P_{gaD}	Miglioramento	Adeguamento
				g	g	g		
Pressoflessione trasversale	SLV	0,000	1,242	0,000	0,288	0,232	si	si
Portanza delle fondazioni	SLV	0,000	16,988	0,000	3,941	0,232	si	si
Ribaltamento pareti	SLV	0,000	3,984	0,000	0,924	0,232	si	si
Pushover al limite di operatività	SLO	0,000	2,294	0,000	0,106	0,046	si	si
Pushover al limite di danno	SLD	0,000	1,938	0,000	0,122	0,063	si	si
Pushover al limite di s.vita	SLV	0,000	0,751	0,000	0,174	0,232	si	no

10.4 Viste tridimensionali del modello

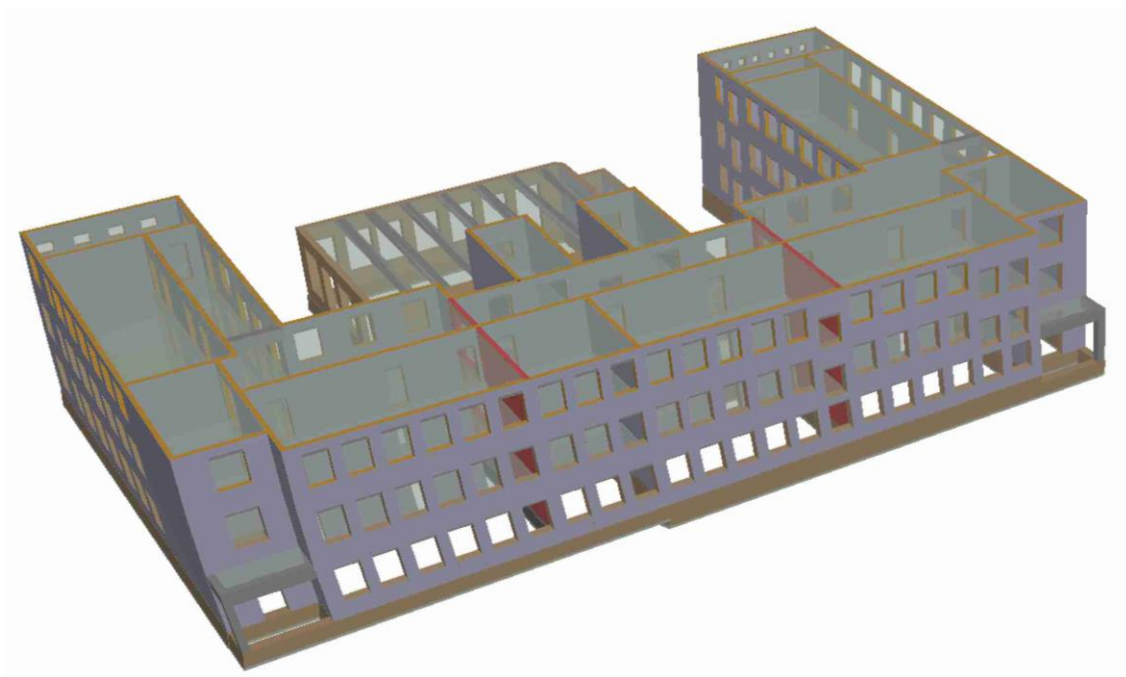
Vediamo adesso alcune viste solide tridimensionali del modello di calcolo che permettono apprezzare la conformazione geometrica del fabbricato e di individuare con codice colore la varietà delle murature.



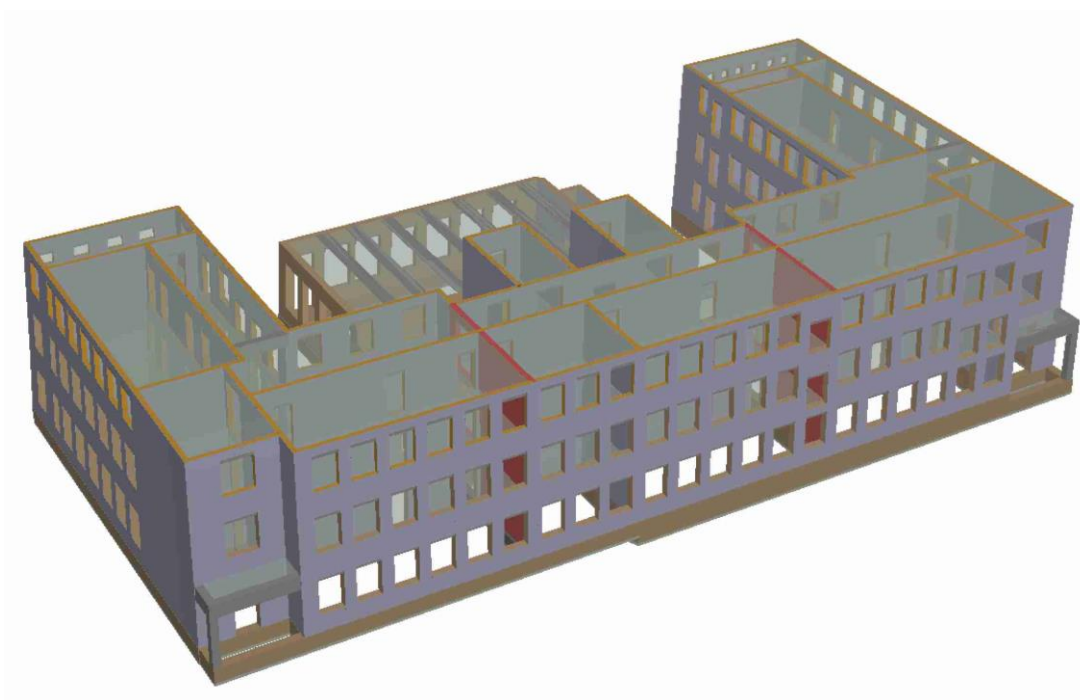
Modello geometrico

Nel seguito vengono mostrate alcune configurazioni deformate del modello, ottenute dall'analisi dinamica modale e dall'analisi pushover. Coerentemente con la natura tridimensionale del modello di calcolo, è opportuno che gli aspetti deformativi vengano anch'essi visualizzati nel modello grafico tridimensionale, adottando accorgimenti che possano facilitare il controllo visivo dell'informazione. In particolare, se nelle sessioni video si può ricorrere efficacemente all'animazione della cinematica, che consente di apprezzare anche componenti locali o torsionali del moto, in una trasposizione su stampa il moto viene rappresentato da un singolo fotogramma, corrispondendo alla massima escursione dello spostamento.

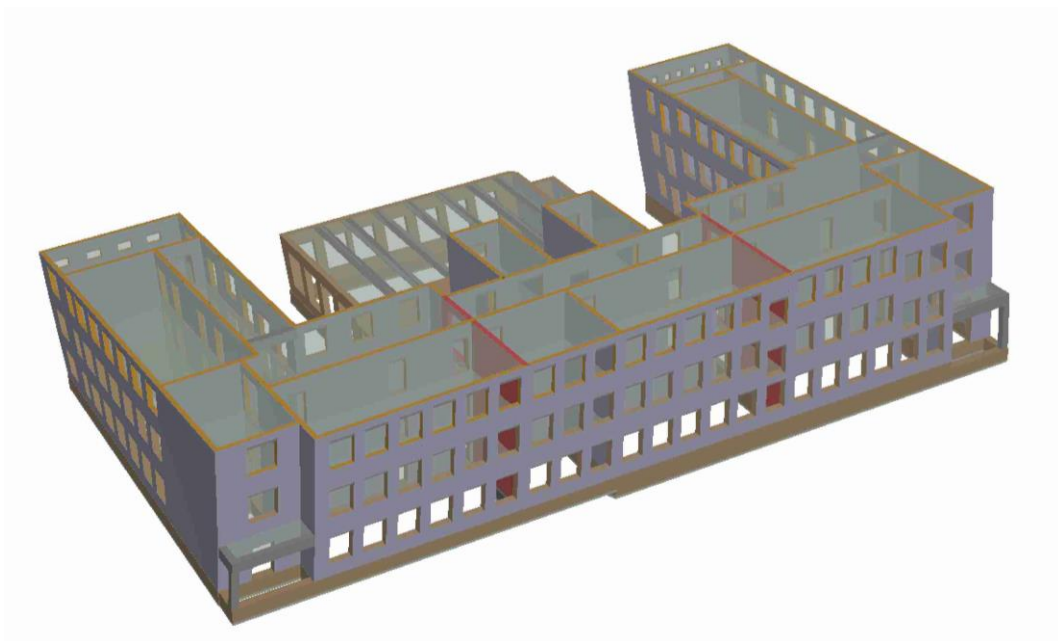
A titolo rappresentativo dell'analisi dinamica si mostrano di seguito i primi tre modi di vibrare del modello.



Deformata Modale 1

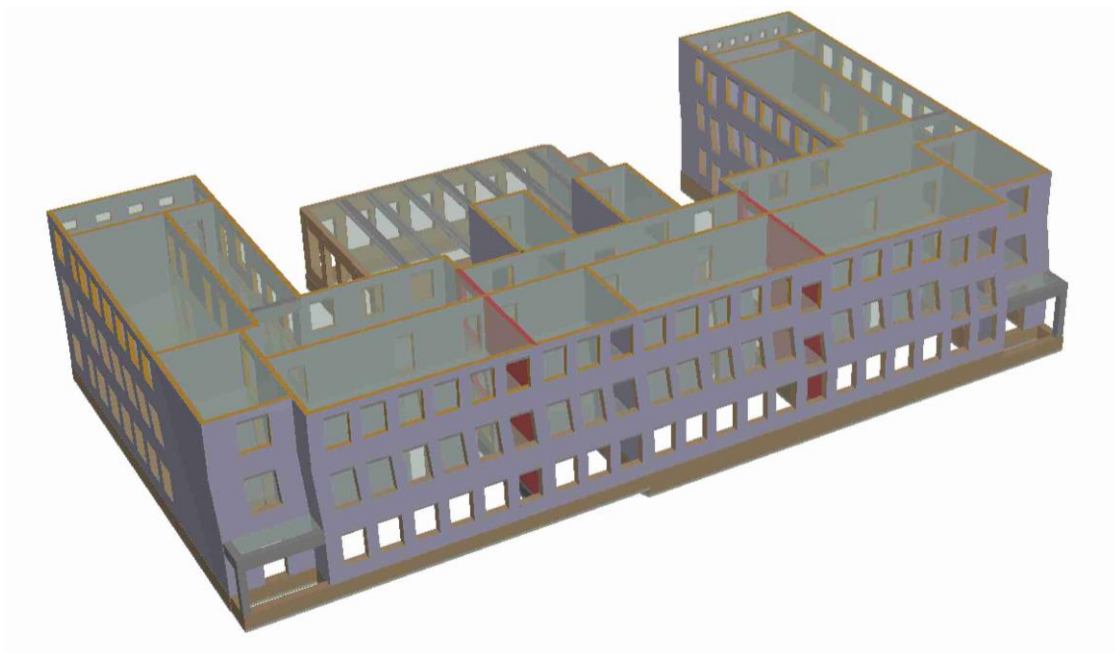


Deformata Modale 2

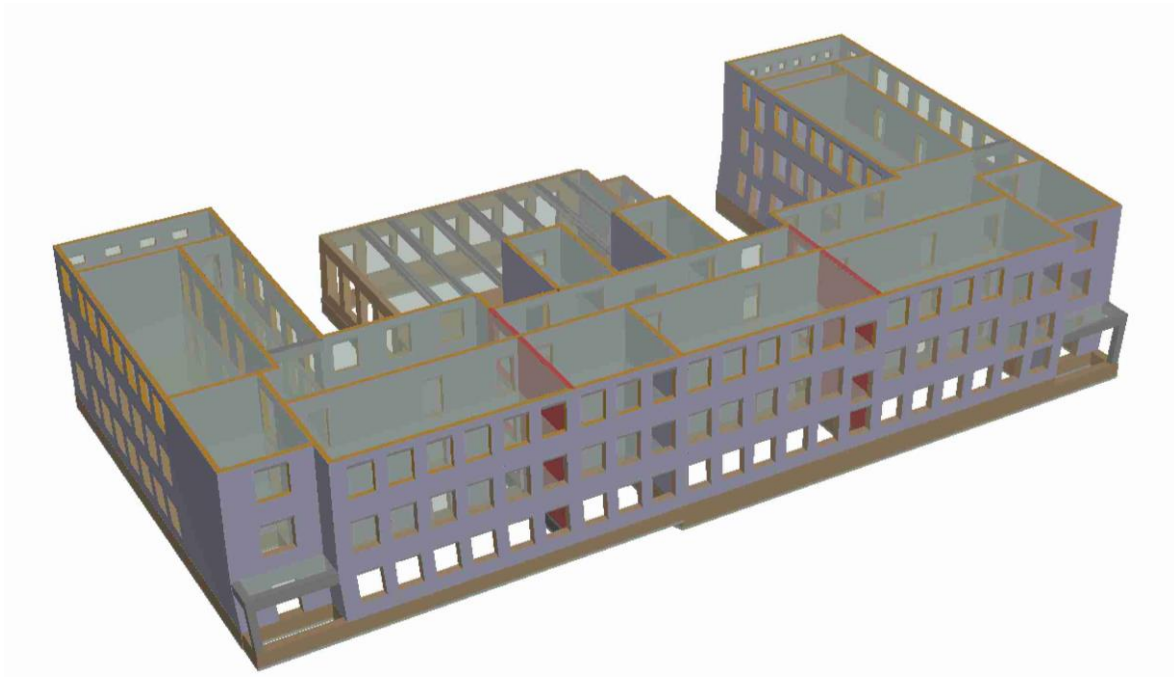


Deformata Modale 3

Per l'analisi pushover si riportano le deformate di collasso per le scansioni di maggiore e minore impegno.



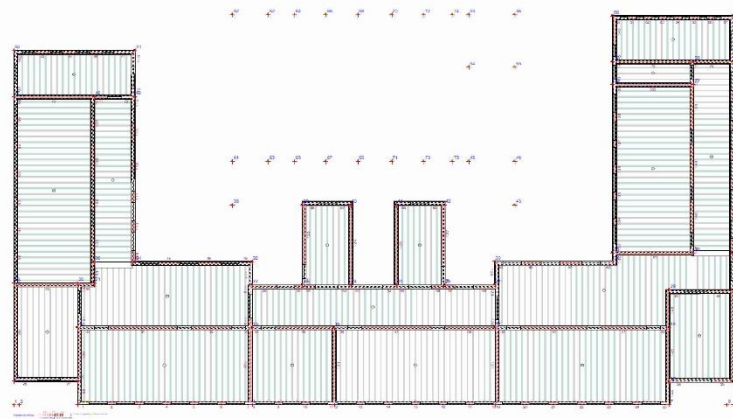
Deformata pushover per scansione 90°L allo Slc



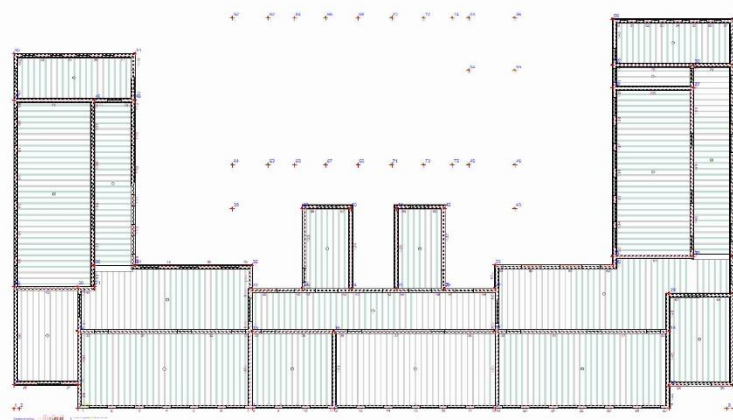
Deformata pushover per scansione 225°C allo Slc

10.5 Viste delle mappe d'impegno delle verifiche

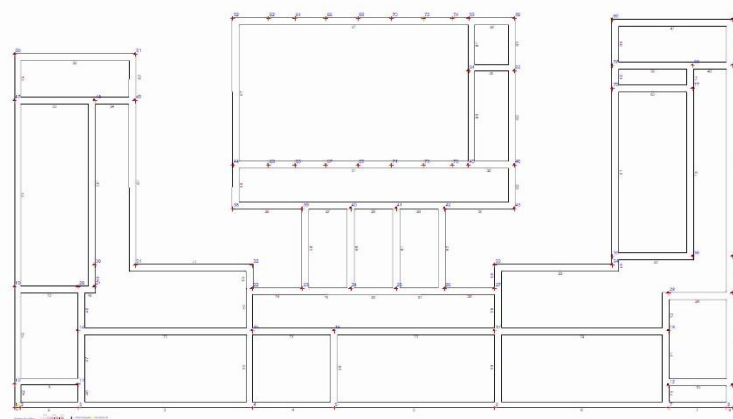
Le figure seguenti rappresentano le mappe d'impegno per le verifiche locali, selezionate in base all'elemento di maggiore impegno nei riguardi della particolare verifica. La tonalità cromatica esprime il grado di impegno del setto murario e diventa via via più intensa all'aumentare dell'impegno. I setti che non soddisfano la verifica sono evidenziati in rosso pieno, con un doppio tratteggio diagonale.



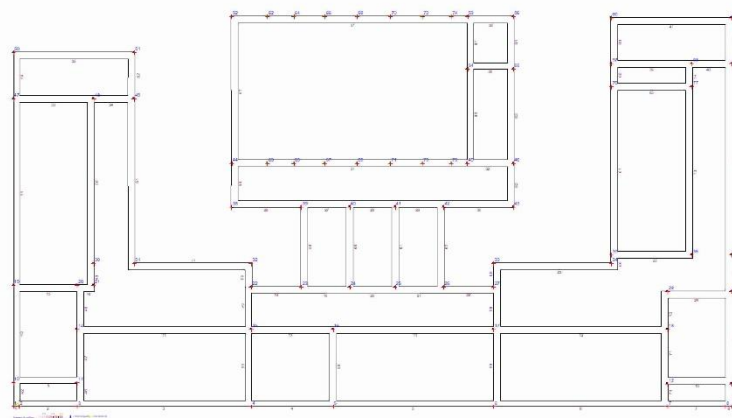
Verifica snellezza al piano 3



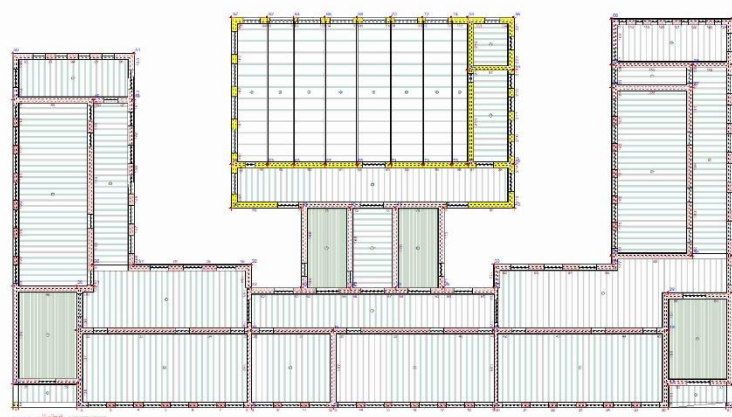
Verifica eccentricità trasversale al piano 3



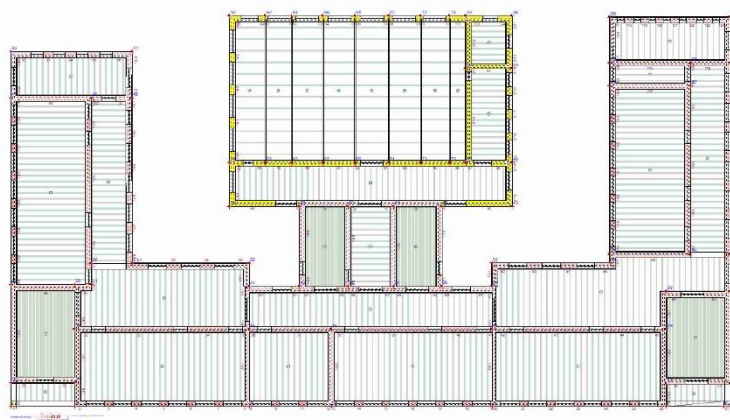
Verifica eccentricità longitudinale al piano 0



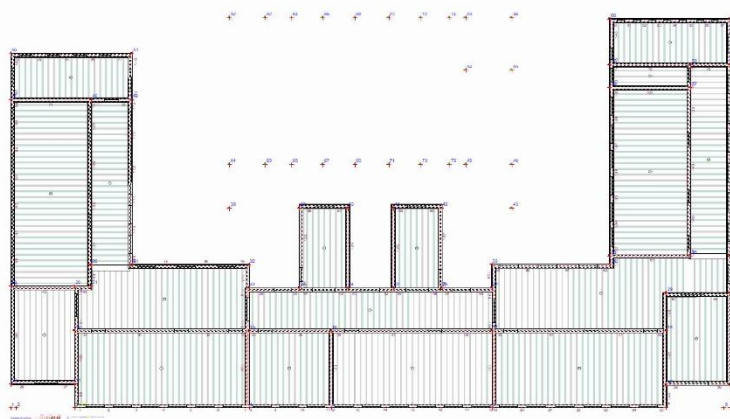
Verifica a taglio statica al piano 0



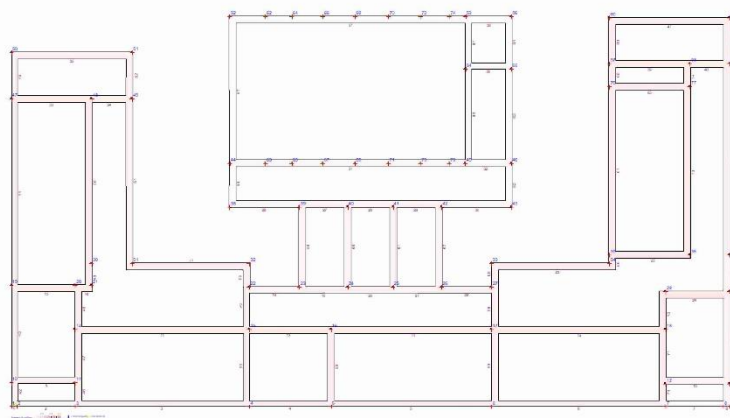
Verifica pressoflessione tras. statica al piano 1



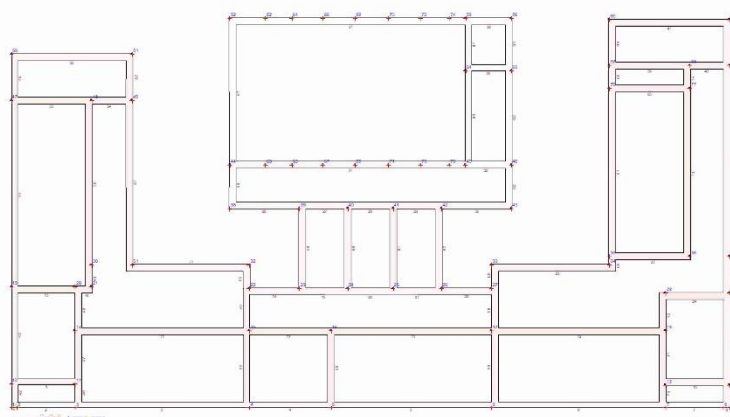
Verifica pressoflessione long. statica al piano 1



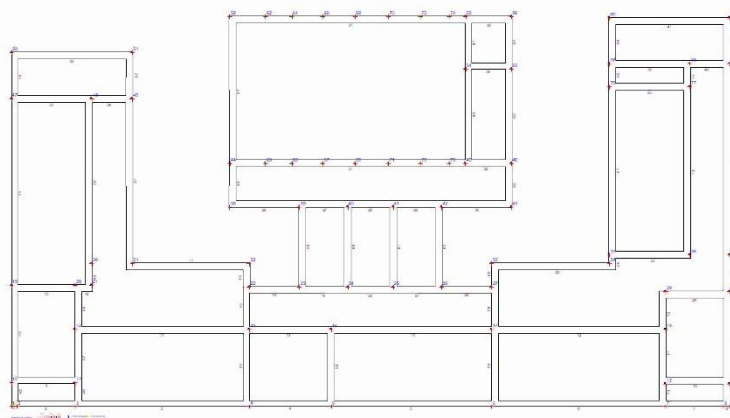
Verifica pressoflessione tras. sismica al piano 3



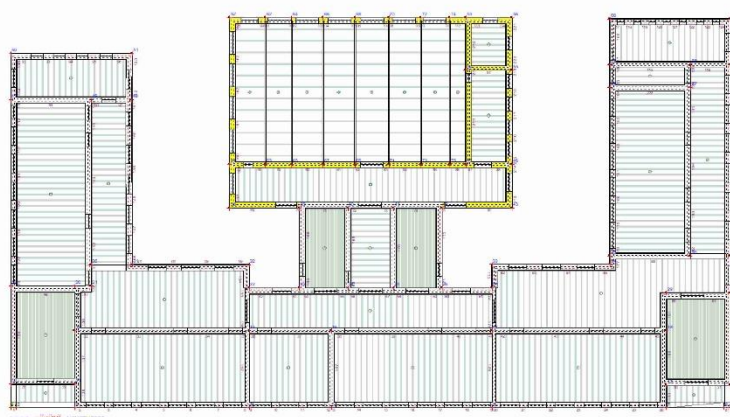
Verifica terreno di fondazione statica al piano 0



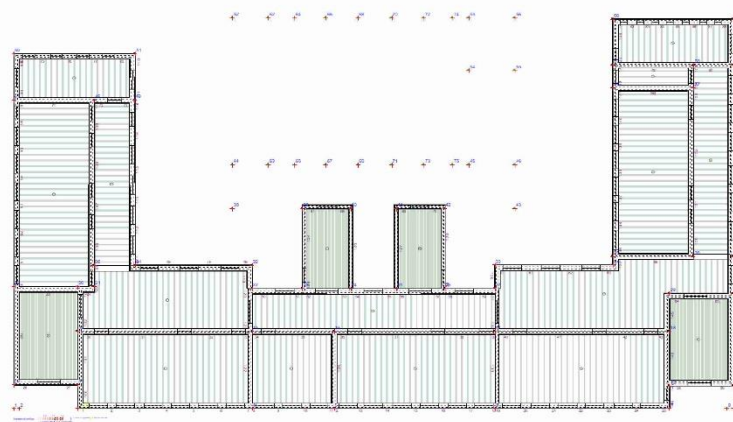
Verifica terreno di fondazione sismica al piano 0



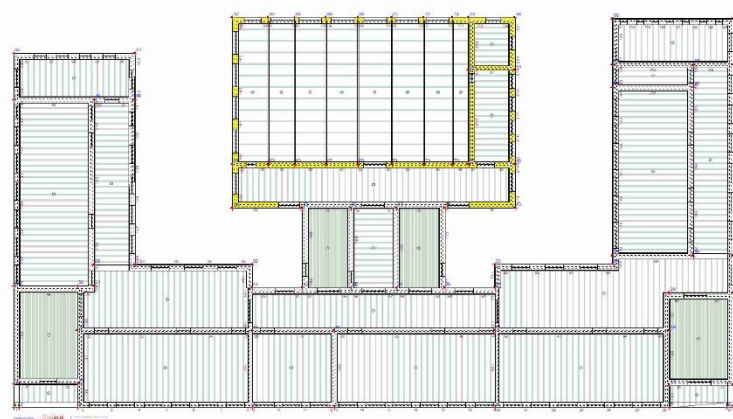
Verifica a ribaltamento statica al piano 0



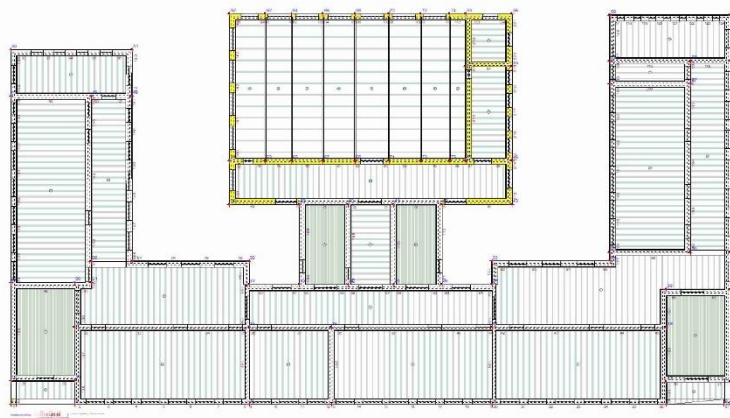
Verifica a ribaltamento sismica al piano 1



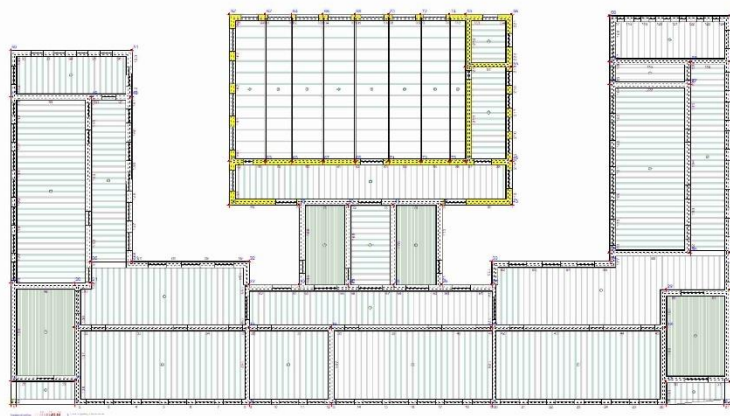
Verifiche elementi secondari a taglio al piano 2



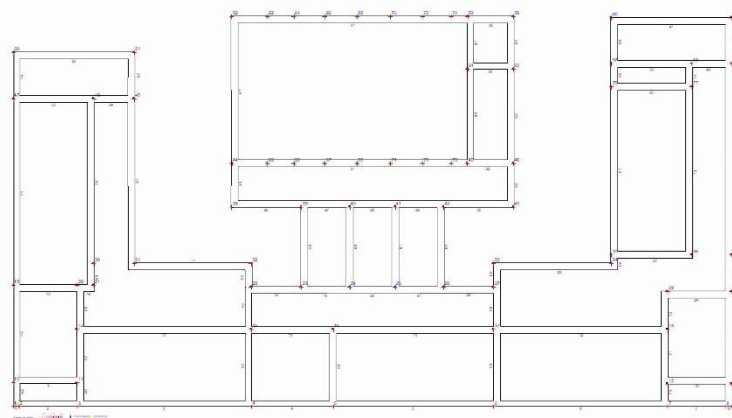
Verifiche elementi secondari a momento al piano 1



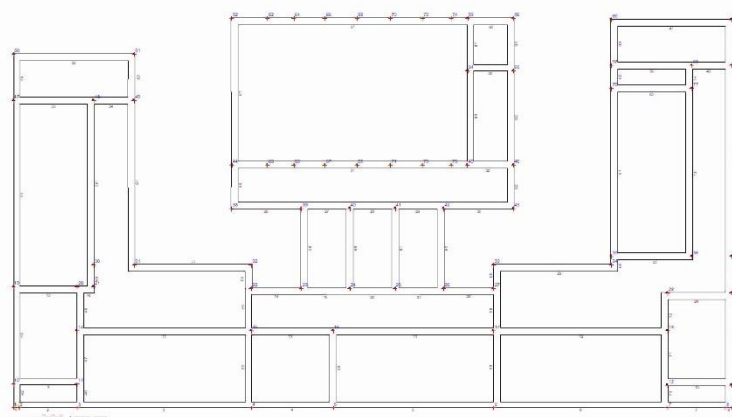
Verifica sismica pushover limite di operatività al piano 1



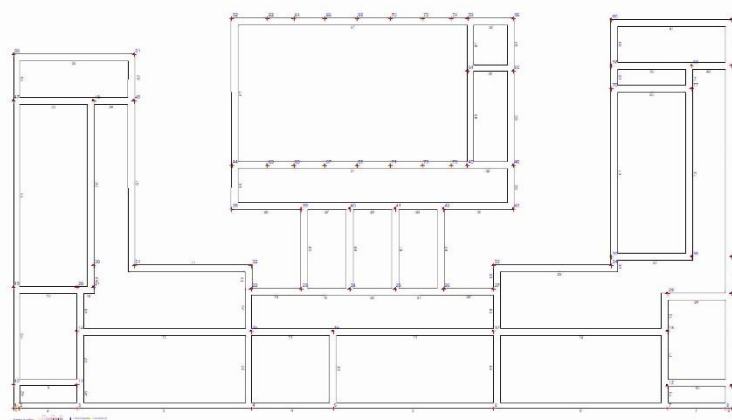
Verifica sismica pushover limite di danno al piano 1



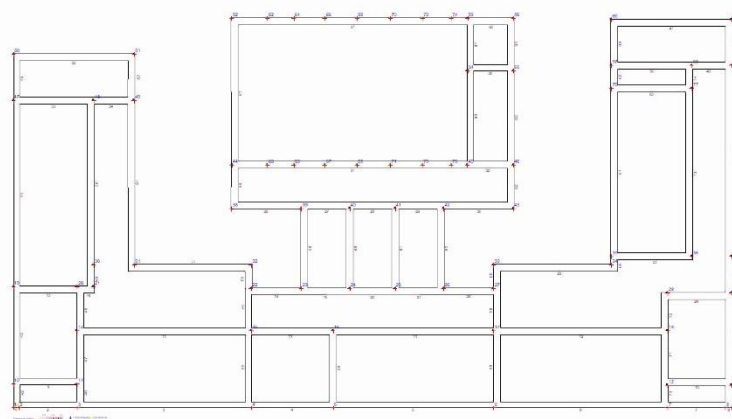
Verifica sismica pushover limite di s.vita al piano 0



Verifica a scorrimento in fondazione sismica al piano 0



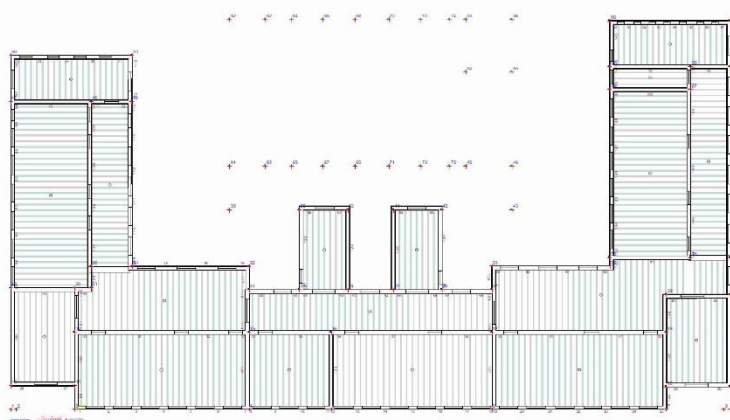
Verifica dei cedimenti in fondazione al piano 0



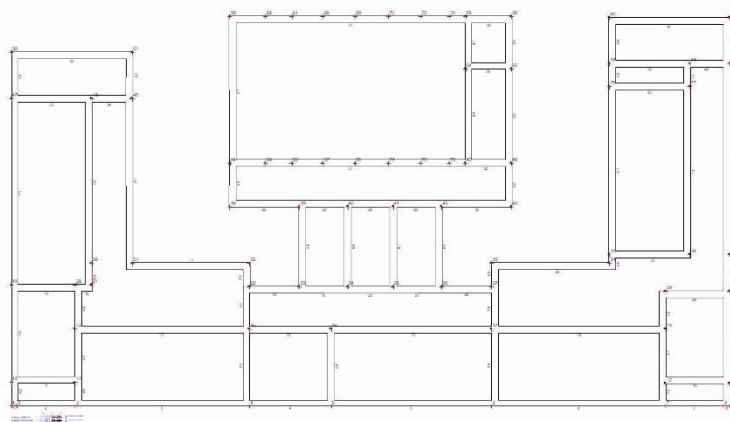
Verifica delle distorsioni angolari in fondazione al piano 0

10.6 Viste delle mappe d'impegno duttilità

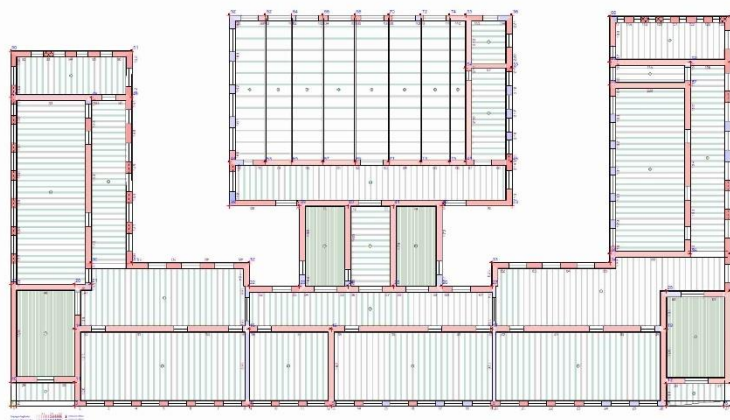
A seguire riportiamo le mappe d'impegno duttilità ottenute dall'analisi pushover, selezionate in base alle scansioni sismiche più gravose. In queste figure, il codice colore rappresenta il quadro deformativo dei maschi murari in corrispondenza del raggiungimento di uno degli stati limiti di interesse determinati con l'analisi sismica non lineare. Si possono individuare i setti collassati e il tipo di crisi che ha determinato il collasso del maschio, per taglio o per pressoflessione longitudinale. Inoltre, è possibile riconoscere i collassi critici, quelli cioè che avvengono per bassi livelli dell'azione sismica e che risultano pregiudiziali per il soddisfacimento della verifica sismica. L'informazione espressa da tali mappe risulta molto utile per interpretare le risorse di sicurezza disponibili e per localizzare i possibili interventi di rinforzo.



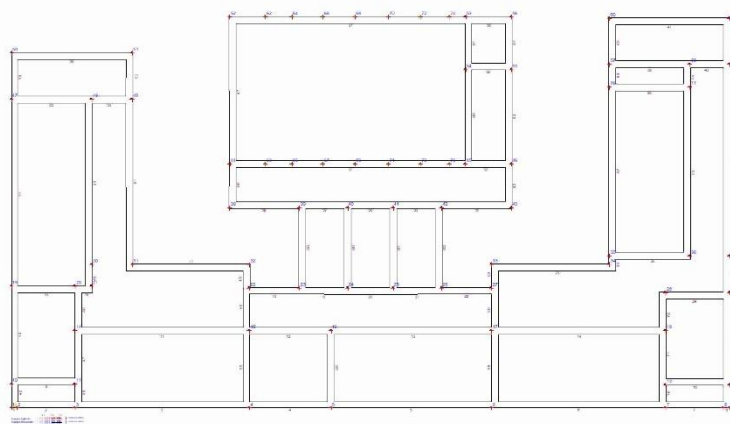
Impegno setti al piano 3: SLV d. costante involucro dir.sismiche



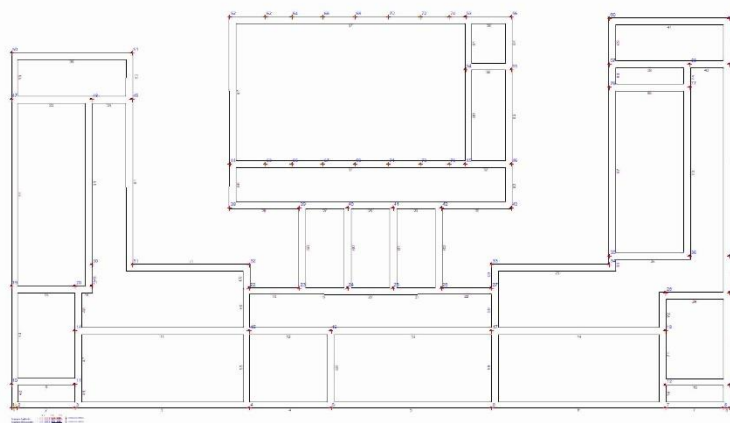
Impegno setti al piano 0: SLV d. costante inviluppo dir.sismiche



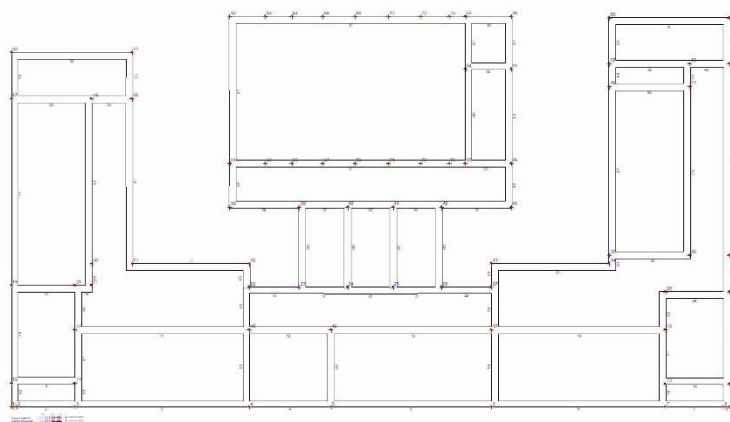
Impegno setti al piano 1: SLV d. costante inviluppo dir.sismiche



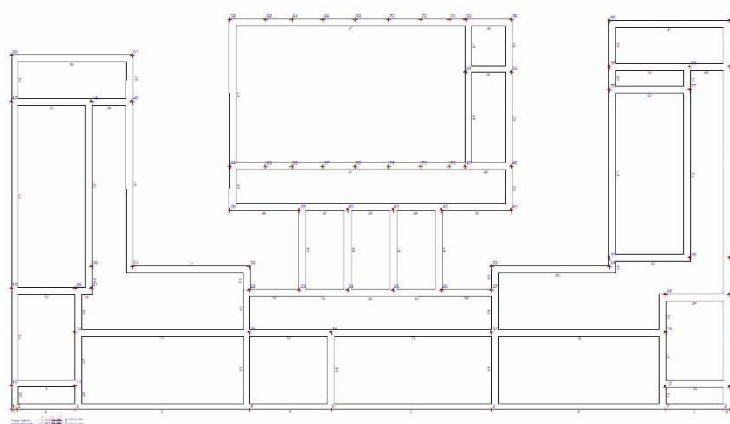
Impegno setti al piano 0: SLV d. costante involucro dir.sismiche



Impegno setti al piano 0: SLV d. costante involucro dir.sismiche



Impegno setti al piano 0: SLV d. costante involucro dir.sismiche



Impegno setti al piano 0: SLV d. costante involucro dir.sismiche

10.7 Viste delle curve di capacità pushover

Le curve di capacità pushover rappresentano l'evoluzione del comportamento plastico della struttura quando questa sia assoggettata ai carichi statici quasi-permanenti e all'azione sismica rappresentata da accelerazioni orizzontali definite nella direzione planimetrica e nella distribuzione lungo l'altezza dell'edificio (lineare/costante).

Gli elementi strutturali sono modellati a comportamento elastoplastico per i meccanismi di pressoflessione e taglio, tipicamente differenziati nei due casi dalla capacità deformativa o duttilità, generalmente più ampia per i meccanismi di flessione (a comportamento duttile) e meno per quelli di taglio (a comportamento fragile).

Sul modello così composto, si instaura quindi un processo incrementale sull'azione sismica, mantenendo costanti i carichi statici. Al crescere dell'azione sismica, la struttura entrerà in campo plastico e col progredire della deformazione qualche elemento raggiungerà il suo limite di resistenza, continuando a dare contributo all'equilibrio fintanto che non venga esaurita la capacità deformativa per il meccanismo di crisi manifestato. A questo punto l'elemento crolla e si perde ogni suo contributo di resistenza.

Per effetto delle plasticizzazioni e dei collassi progressivi degli elementi la portanza a carico orizzontale della struttura, dopo aver raggiunto un punto di massimo comincerà a decrescere, fino a determinare il collasso strutturale, punto che pone termine all'analisi pushover per quella scansione. Nel corso di questo processo di carico, vengono memorizzate le configurazioni di equilibrio a , u , essendo a l'accelerazione agente e u lo spostamento orizzontale dell'edificio, che possono quindi essere riportati in grafico a formare le cosiddette curve di equilibrio, insieme ad altre informazioni d'interesse come la localizzazione dei punti di raggiungimento degli stati limite di interesse:

- Slo: stato limite di operatività (di esercizio),
- Sld: stato limite di danno (di esercizio),
- Slv: stato limite di salvaguardia della vita (ultimo),
- Slc: stato limite di collasso (ultimo).

Una volta conclusa l'analisi per una direzione sismica, l'analisi è ripetuta facendo variare la direzione e la distribuzione delle accelerazioni sull'altezza fino a scansionare l'intero angolo giro con un passo angolare predefinito.

Nelle figure che seguono sono riportate le curve di equilibrio per alcune scansioni sismiche significative. Da notare che oltre al grafico che rappresenta il comportamento del modello di calcolo effettivo (multi degree of freedom o mdof) si riporta anche il grafico bilineare equivalente (single degree of freedom o sdof) che interviene nella formulazione della verifica, basato sul confronto fra la

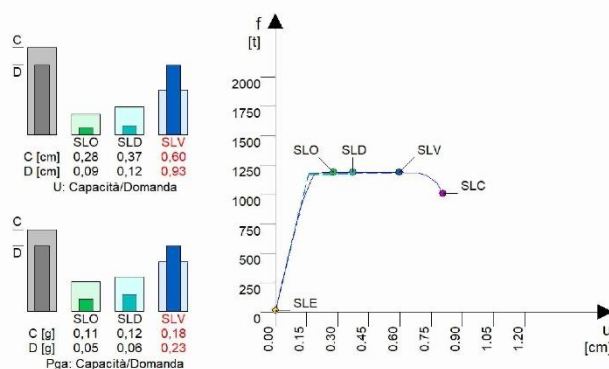
Pag. 38 di 47

capacità e la domanda di spostamento o, equivalentemente, fra la capacità e la domanda di Pga (Peak Ground Acceleration) o accelerazione al suolo.

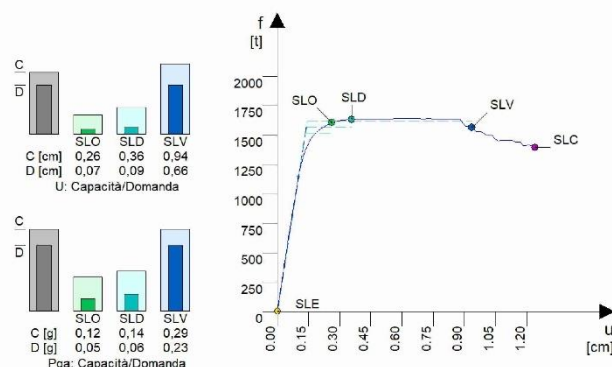
Si precisa che i valori numerici delle Pga, sia di capacità che di domanda, sono riferite al suolo rigido pianeggiante (sito di classe A), ovvero sono entrambe depurate dall'effetto amplificativo stratigrafico e topografico. Si noti questa è solo una convenzione finale di stampa, simile per certi versi all'adozione di una unità di misura, ma che il calcolo in se è riferito rigorosamente all'azione sismica del sito, tenendo conto di tutti gli effetti amplificativi.

La percezione della verifica risulta inoltre facilitata dall'osservazione dei quattro istogrammi che esprimono i rapporti di capacità/domanda in Pga per Slo, Sld, Slv e Slc.

Di seguito si riportano le curve pushover per la scansione sismica più gravosa nei riguardi dello stato limite di salvaguardia via e, per confronto, quella meno gravosa.



Curva pushover in dir. 0° [d.lineare]

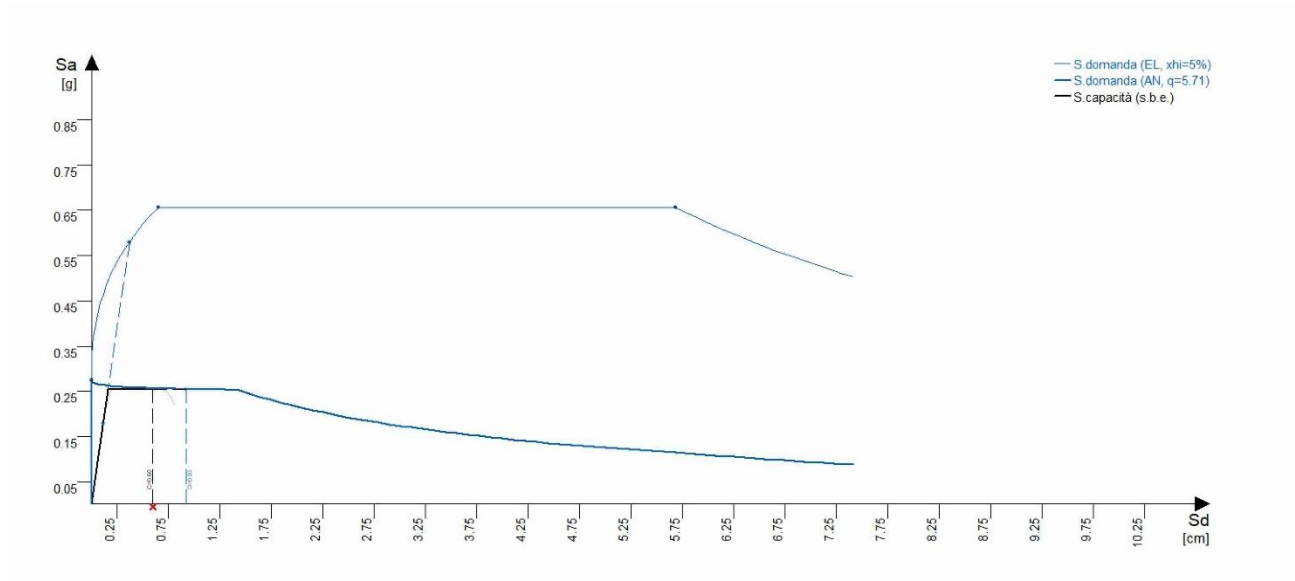


Curva pushover in dir. 270° [d.costante]

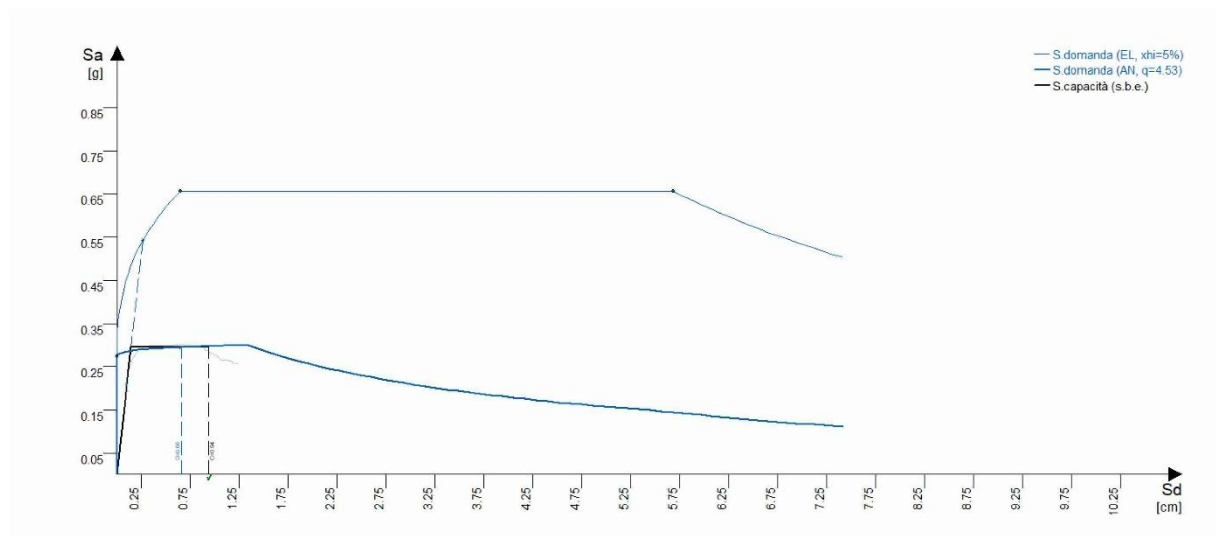
10.8 Viste dei grafici pushover ADSR

Le curve ADSR rappresentano una sintesi grafica della verifica pushover riguardante la valutazione della domanda di spostamento e il confronto con la corrispondente capacità esibita dalla struttura nei vari stati limite sismici. Il grafico ADSR (Acceleration Displacement Response Spectrum) pone in relazione lo spostamento orizzontale S_d (posto sull'asse x) con l'accelerazione spettrale A_s (posta sull'asse y). Nel piano Ad-Sr è possibile quindi rappresentare il comportamento del sistema anelastico equivalente soggetto a sisma, tracciando la curva di capacità dell'oscillatore elementare equivalente (chiamata anche spettro di capacità), e sovrapporre ad esso lo spettro di risposta inelastico (chiamato anche spettro di domanda). Si noti che l'inclinazione di una retta è proporzionale al periodo, quindi l'accelerazione e lo spostamento spettrale associato ad un certo periodo T si ottengono dall'intersezione di quella retta con lo spettro di domanda. L'intersezione fra lo spettro di capacità e lo spettro di domanda è detto punto di funzionamento ed esprime la prestazione sismica richiesta al sistema inelastico, che da una parte deve appartenere alla curva di capacità per essere fisicamente rappresentativo delle risorse strutturali, dall'altra appartenere allo spettro di risposta inelastico per poter rispondere al sisma regolamentare. Una volta tracciato nel piano Ad-Sr lo spettro di capacità e lo spettro inelastico la verifica consiste nel trovare la loro intersezione e verificare che la capacità di spostamento superiore alla domanda valutata prima. Il procedimento deve essere quindi ripetuto per

ogni scansione eseguita e per ogni stato limite di interesse. Per ragioni di sintesi riportiamo la curva Ad-Sr per lo stato limite di salvaguardia vita limitando le scansioni a quella di massimo e minimo impegno.



Verifica pushover Slv [dir. 0°L]

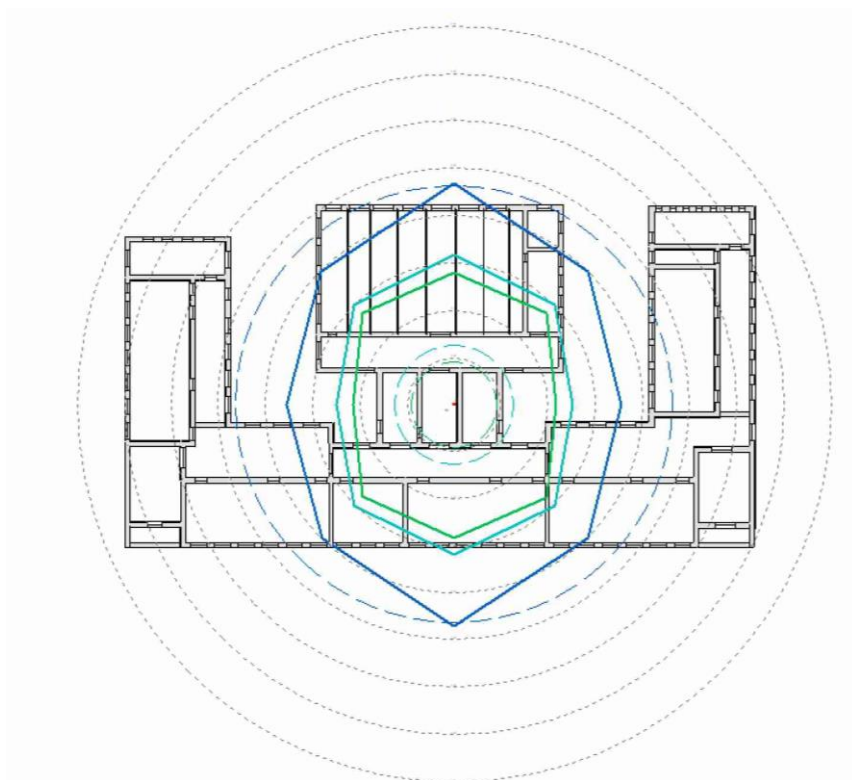


Verifica pushover Slv [dir. 270°L]

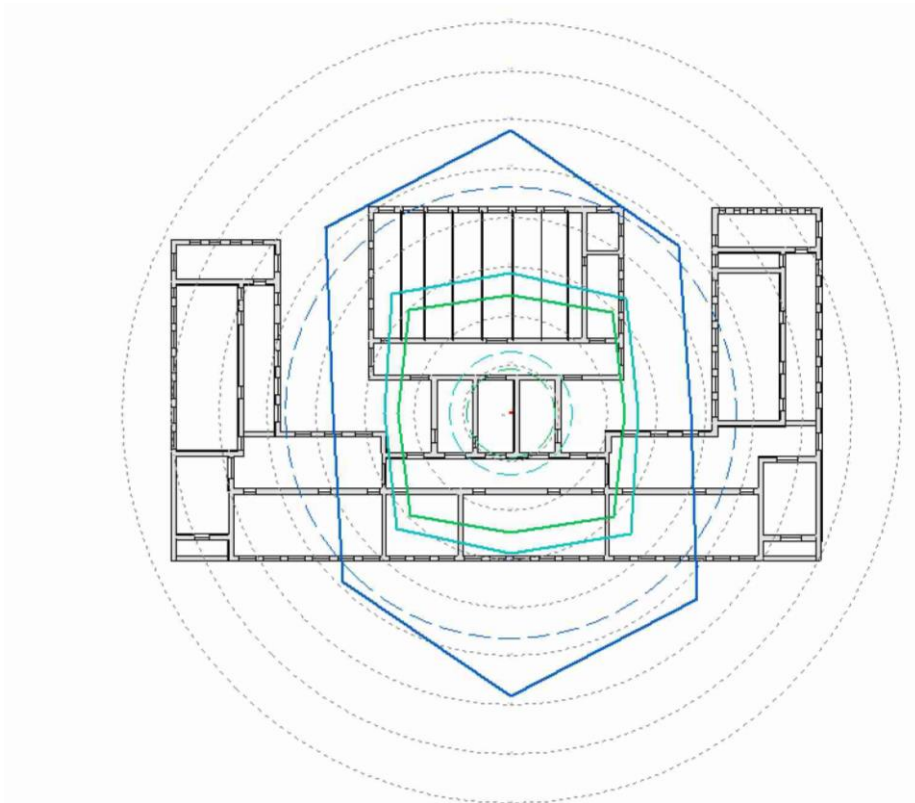
10.9 Viste dei domini di resistenza

L'esame dei domini di resistenza è un mezzo molto efficace per valutare i risultati dell'analisi sismica. Distinguiamo nel disegno i domini di capacità e i domini di domanda. Il dominio di capacità è un

diagramma in pianta, il cui raggio in una certa direzione misura la capacità di accelerazione al suolo per sisma agente in quella direzione, nel dominio di domanda il raggio misura invece l'accelerazione al suolo richiesta dalla normativa per lo stato limite considerato. La verifica per una direzione sismica è soddisfatta se la capacità è maggiore della domanda, ovvero se il dominio di capacità è esterno a quello di domanda. Confrontando il dominio di capacità col dominio di domanda possiamo quindi capire su quali direzioni le verifiche non sono soddisfatte e quali sono le direzioni di maggiore debolezza. Nel caso di analisi sismica secondo Ntc08 o Ntc18 sono riportati i domini per gli stati limite di interesse richiesti dalla classe d'uso dell'edificio (Slo, Sld, Slv, Slc), valutati per una doppia distribuzione di forze sismiche sull'altezza dell'edificio.



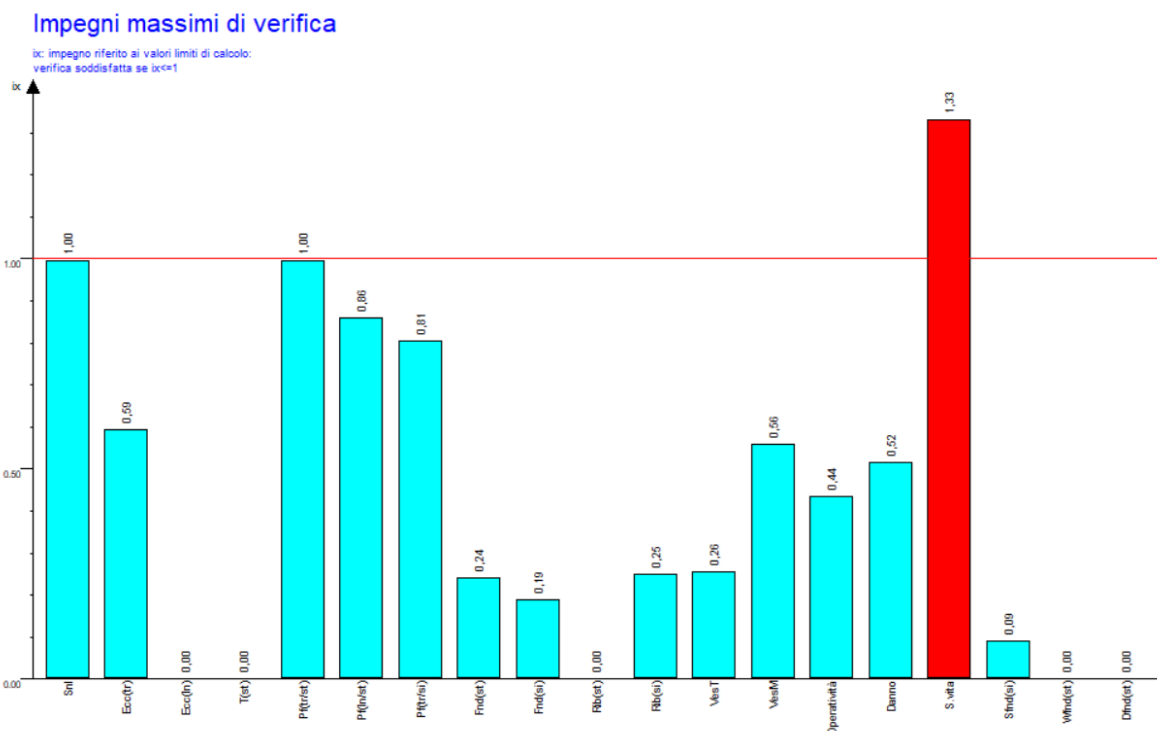
Dominio resistente per d. lineare



Dominio resistente per d . costante

10.10 Viste degli istogrammi riepilogativi dell'impegno massimo

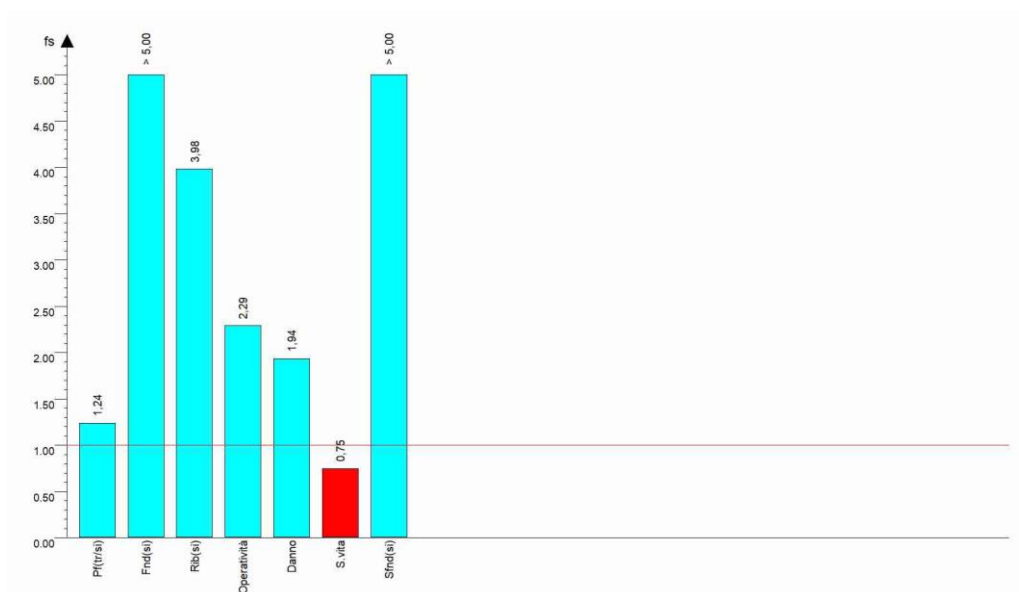
Per conclusione la sintesi dei risultati di calcolo riportiamo gli istogrammi riepilogativi di tutte le verifiche effettuate, espressi in termini di impegni massimi di verifica. Eventuali verifiche non soddisfatte sono evidenziate con istogramma in rosso.



Impegni massimi di verifica (verifica soddisfatta se $ix \leq 1$)

10.11 Viste degli istogrammi riepilogativi dell'impegno sismico

Limitatamente alle verifiche sismiche riportiamo inoltre gli istogrammi riepilogativi espressi in termini di fattori di sicurezza sismici. Eventuali verifiche non soddisfatte sono evidenziate con istogramma in rosso.



Fattori di sicurezza sismica (verifica soddisfatta se $ix \leq 1$)

11 PRECISAZIONI SUL CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO PER L'ANALISI

Si forniscono di seguito le ulteriori indicazioni richieste dal punto 10.2 delle Norme tecniche

L'analisi è stata condotta utilizzando il codice di calcolo Por 2000, versione 12.08, di cui lo scrivente è licenziatario registrato.

Il programma Por 2000 è un codice di calcolo specifico per l'analisi e la verifica di strutture multipiano in muratura, che consente una modellazione tridimensionale della struttura, basata sui criteri esposti sinteticamente nei paragrafi precedenti.

Il programma è prodotto dalla Newsoft sas, operante sul territorio nazionale e specificamente indirizzata alla produzione di software per l'ingegneria civile. La casa produttrice cura direttamente il servizio di assistenza tecnica e rende disponibili sul suo sito Internet manuali operativi e documentazioni tecniche complete relativi a casi di prova, liberamente scaricabili, che consentono un controllo ed un riscontro sull'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo.

Lo scrivente ha avuto modo di valutare, in base ad uno studio della documentazione fornita ed all'esame dei risultati ottenuti su strutture test significative, la robustezza ed affidabilità del codice utilizzato, di cui fa proprie le ipotesi di base e le modalità operative, che ritiene adeguate al contesto di utilizzo.

Lo scrivente fa inoltre propri i risultati forniti dal codice ed inseriti nella presente relazione di calcolo, che ha avuto modo di controllare sia attraverso le restituzioni sintetiche tabellari e grafiche ed i filtri di autodiagnostica offerti dal codice, sia mediante riscontri di massima eseguiti a campione sui risultati delle analisi.

Ulteriori informazioni sulla Società produttrice possono ricavarsi dal sito ufficiale <http://www.newsoft-eng.it>.

Informazioni dettagliate sul codice Por 2000, comprendenti le ipotesi base utilizzate e le modalità operative, sono descritte nella pagina web <http://www.newsoft-eng.it/Por2000.htm>.

Il manuale operativo ed una serie di strutture test, utilizzabili per un controllo sulla accuratezza dei risultati, sono liberamente scaricabili dagli indirizzi web http://www.newsoft-eng.it/Down_Manuali.htm e <http://www.newsoft-eng.it/TestsPor2000.htm>.

12 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

I risultati della verifica a taglio per azioni non sismiche evidenziano, nella situazione più sfavorevole, che la tensione tangenziale agente raggiunge il 0.00% del corrispondente valore limite. Tale verifica risulta pertanto soddisfatta.

I risultati delle verifiche a pressoflessione trasversale per azioni non sismiche evidenziano, nella situazione più sfavorevole, che la tensione normale agente raggiunge il 99.65% del valore limite. Tale verifica risulta pertanto soddisfatta.

I risultati delle verifiche a pressoflessione longitudinale per azioni non sismiche evidenziano, nella situazione più sfavorevole, che la tensione normale agente raggiunge il 86.03% del valore limite. Tale verifica risulta pertanto soddisfatta.

I risultati delle verifiche a pressoflessione trasversale per azioni sismiche evidenziano, nella situazione più sfavorevole, che la tensione normale agente raggiunge il 80.55% della tensione ammissibile del terreno. Pertanto tale verifica risulta soddisfatta.

I risultati delle verifiche in fondazione per sole azioni statiche evidenziano, nella situazione più sfavorevole, che la tensione massima al suolo raggiunge il 24.07% della tensione ammissibile del terreno. Tale verifica risulta pertanto soddisfatta.

I risultati delle verifiche in fondazione con azioni sismiche evidenziano, nella situazione più sfavorevole, che la tensione massima al suolo raggiunge il 18.85% della tensione ammissibile del terreno. Pertanto tale verifica risulta soddisfatta.

I risultati delle verifiche a ribaltamento sulle pareti per sole azioni statiche evidenziano, nella situazione più sfavorevole, che il momento ribaltante raggiunge il valore massimo del 0.00% del momento stabilizzante disponibile. Pertanto tale verifica risulta soddisfatta.

I risultati delle verifiche a ribaltamento sulle pareti con azioni sismiche evidenziano, nella situazione più sfavorevole, che il momento ribaltante raggiunge il valore massimo del 25.10% del momento stabilizzante disponibile. Tale verifica risulta pertanto soddisfatta.

Le verifiche a trazione dei tiranti e del punzonamento indotto sulle murature nei conci di ancoraggio risultano implicitamente soddisfatte nell'ambito della verifica a ribaltamento, limitando il tiro utile al valore massimo consentito dal soddisfacimento di tali verifiche.

I risultati della verifica sismica condotta con analisi statica non lineare (analisi pushover a controllo di duttilità) evidenziano, per la scansione sismica più restrittiva, che:

I fattori di struttura $q=f_e/f_y$ valutati sul sistema bilineare equivalente per gli stati limite Slo, Sld, Slv, come rapporto fra il taglio alla base ottenuto dallo spettro elastico e il taglio resistente, non eccedono in nessun caso il valore limite g . Tale verifica risulta pertanto soddisfatta.

Il fattore di sicurezza al limite di operatività, valutato come rapporto fra l'accelerazione sismica al suolo per cui si ha il raggiungimento dello stato limite Slo (capacità di Pga) e l'accelerazione sismica al suolo regolamentare prescritta per la struttura (domanda di Pga), corrisponde al valore minimo di 2.29. Tale verifica risulta pertanto soddisfatta.

Il fattore di sicurezza al limite di danno, valutato come rapporto fra l'accelerazione sismica al suolo per cui si ha il raggiungimento dello stato limite Sld (capacità di Pga) e l'accelerazione sismica al suolo regolamentare prescritta per la struttura (domanda di Pga), corrisponde al valore minimo di 1.94. Tale verifica risulta pertanto soddisfatta.

Il fattore di sicurezza al limite di salvaguardia vita, valutato come rapporto fra l'accelerazione sismica al suolo per cui si ha il raggiungimento dello stato limite Slv (capacità di Pga) e l'accelerazione sismica al suolo regolamentare prescritta per la struttura (domanda di Pga), corrisponde al valore minimo di 0.75. Tale verifica risulta pertanto non soddisfatta.

In conclusione, gli interventi previsti in progetto hanno permesso di raggiungere un **miglioramento sismico della struttura pari a 75%**.

Il tecnico