



COMUNE DI ORISTANO



REPUBBLICA ITALIANA



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

Comune di Oristano

“INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA, CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEI SOLAI ED EFFICIENTAMENTO NELLA SCUOLA PRIMARIA DI VIA SOLFERINO”
CUP H14I19000160001



PROGETTISTA:



Engineering & Architecture
Ing. Gianmarco Manis

STUDIO DI INGEGNERIA - PROGETTAZIONE E CONSULENZA

ING. GIANMARCO MANIS

VIA GOBETTI, 6 - 09036 GUSPINI (VS)

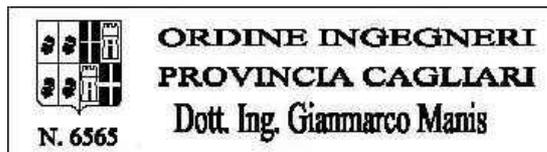
TELEFONO: 3471183763

FAX: 1782720889

EMAIL: ING.MANIS@GMAIL.COM

PEC: GIANMARCO.MANIS@INGPEC.EU

Ing. Gianmarco Manis



ORDINE INGEGNERI
PROVINCIA CAGLIARI
Dott. Ing. Gianmarco Manis

CENTRALE UNICA DI COMMITTENZA:

Comune di Oristano

Settore Lavori Pubblici e Manutenzioni
Piazza E. d'Arborea, 44 - 09170 Oristano
Tel 0783 7911 - Fax 0783 791229
istituzionale@pec.comune.oristano.it

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO:

Ing. Stefano Lochi

**PROGETTO
DEFINITIVO - ESECUTIVO**

(D.Lgs 50/2016, art. 23)

03			TITOLO TAVOLA:	TAVOLA N°:
02			RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE	A11.1.2
01				
NUM.	INTEGRAZIONE	DATA		
DATA: 05.05.2022	ARCHIVIO FILE: / archivio progetti / Ing. Gianmarco Manis/ F024_Comune di Oristano		SCALA RAPPRESENTAZIONE:	
	ARCHIVIO PROGETTO: Progetti /Comune di Oristano /PD-PE		Proprietà riservata - L. 633 del 22/04/41	



1. CONOSCENZA DEL MANUFATTO	3
1.1 - Relazione sullo stato generale di conservazione dell'opera:	5
2. INDAGINI IN SITU	6
2.1 Indagini in situ sui terreni	6
2.2 Indagini in situ sull'edificio.....	6
2.2-1 Relazione sulle indagini.....	6
2.2-2 Relazione delle valutazioni sulle caratteristiche dei materiali	7
3. INDAGINI IN SITU SUI SOLAI	7
3.1 Valutazione critica delle risultanze delle indagini	8
4. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA	9
4-1 Stato Limite nei confronti del quale viene eseguita la valutazione della sicurezza:	9
5. VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO	12
5-1 Vita Nominale (VN):	12
5-2 Classe d'Uso (CU):.....	12
5-3 Periodo di Riferimento (VR):	12
6. AZIONI SULLE COSTRUZIONI	13
6-1 Elenco delle azioni considerate:	13
6-2 Variabilità spaziale del moto:	13
6-3 Combinazione delle Azioni:	13
6-4 Analisi dei carichi:	13
6-5 Determinazione dell'Azione Sismica:.....	14
6-6 Determinazione dell'Azione del Vento:	14
6-7 Determinazione dell'Azione della Neve:	14
6-8 Determinazione dell'Azione della Temperatura:	15
6-9 Determinazione delle Azioni Eccezionali:	15
7. CRITERI GENERALI DI VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' PER AZIONI SISMICHE 16	
7-1 Classificazione degli elementi strutturali:	16
7-2 Vulnerabilità Statica finalizzata all'analisi sismica:.....	16
7-3 Valutazione della idoneità Statica dei solai:	19
7-5 Identificazione degli interventi "urgenti":	19



8. ASPETTI ULTERIORI PER LA VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' SISMICA DEL FABBRICATO	20
8-1 Presenza di elementi strutturali "secondari":.....	20
8-2 Presenza di elementi costruttivi senza funzione strutturale simicamente rilevanti:.....	20
9. MODELLAZIONE STRUTTURA	21
10. INPUT DI CALCOLO	25
11. METODI DI ANALISI E CRITERI DI AMMISSIBILITA'	26
11-1 Analisi Statica Lineare con Spettro Elastico:	27
11-2 Analisi Statica Lineare con Spettro di Progetto:.....	27
11-3 Caratterizzazione Modale della Struttura:.....	27
11-4 Analisi Dinamica Lineare con Spettro Elastico:	29
11-5 Analisi Dinamica Lineare mediante integrazione al passo delle equazioni del moto:	29
11-6 Analisi Dinamica Lineare con spettro di progetto:.....	29
11-7 Analisi Statica non lineare (PUSHOVER):.....	29
11-8 Analisi Dinamica non lineare:	29
12. OUTPUT DI CALCOLO	30
13. VERIFICHE DI VULNERABILITA'	31
13-1 Verifiche di vulnerabilità di edifici in cemento armato:	31
13-2 Elaborati di sintesi delle verifiche condotte:.....	64
14. DETERMINAZIONE DELL'INDICATORE DI RISCHIO - ANTE OPERAM	65
14-1 Indicatore di Rischio per le strutture in cemento armato:.....	65
15. VALUTAZIONE CRITICA DELL'INDICATORE DI RISCHIO - ANTE OPERAM	68
16. ADEGUAMENTO ALLA VIGENTE NORMATIVA SISMICA	69
16-1 Ipotesi di intervento unica:	69
17. DETERMINAZIONE DELL'INDICATORE DI RISCHIO - POST OPERAM	74
17-1 Indicatore di Rischio per le strutture in cemento armato:.....	74
18. RIFERIMENTI PER LA STESURA DELLA RELAZIONE TECNICA	95



COMUNE DI ORISTANO

**"INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA,
CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEI SOLAI ED
EFFICIENTAMENTO NELLA SCUOLA PRIMARIA
DI VIA SOLFERINO" - CUP H14I19000160001**

Progetto definitivo-esecutivo

1. CONOSCENZA DEL MANUFATTO

Il presente progetto di adeguamento sismico sarà riferito alla sola porzione in ampliamento datata 1986, non terrà dunque conto dell'interazione dell'adiacente porzione di fabbricato più recente in quanto ben giuntata.



UNITA' STRUTTURALE "NUOVA" OGGETTO DI INTERVENTO



UNITA' STRUTTURALE "VECCHIA" NON OGGETTO DI INTERVENTO



Come già detto a metà degli anni '80 è stata edificata una nuova ala dell'edificio sul lato Sud, un unico piano fuori terra, che attualmente ospita gli uffici amministrativi, la bidelleria e l'ufficio del dirigente. Trattasi di un edificio composto da un solo piano fuori terra, a struttura portante in cemento armato, costituito da un'intelaiatura tridimensionale di travi e pilastri. L'istituto dal punto di



COMUNE DI ORISTANO

**"INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA,
CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEI SOLAI ED
EFFICIENTAMENTO NELLA SCUOLA PRIMARIA
DI VIA SOLFERINO"- CUP H14I19000160001**
Progetto definitivo-esecutivo

vista strutturale non presenta ad occhio nudo segni di cedimenti o lesioni sui vari elementi e anche dal punto di vista architettonico non mostra deterioramenti dell'intonaco sulle facciate o macchie di umidità dovute ad infiltrazione o a fenomeni di risalita negli ambienti interni.

Tramite altra procedura di gara, è stata condotta altresì una verifica della vulnerabilità sismica dell'immobile in oggetto, adottando per i carichi verticali gravanti sugli impalcati le medesime azioni accidentali che si sarebbero assunte per le nuove costruzioni, mentre per quanto riguarda le azioni derivanti dai carichi permanenti strutturali e non strutturali, valutando queste ultime in base a quanto emerso a seguito delle indagini conoscitive condotte.

Dalle fondazioni sorgono pilastri di dimensioni 30x30cm che si sviluppano per 3.50m sempre con la medesima dimensione. Le travi hanno dimensione 30x50cm e 80x30cm. Il solaio di copertura è monodirezionale, a struttura portante in latero-cemento, dello spessore totale di 30cm (25+5cm con travetti di base pari a 12 cm, interasse 48 cm), dotato di soletta collaborante superiore armata, quest'ultima di spessore 5cm. Questo tipo di solaio non è da considerarsi praticabile ma solo accessibile dall'esterno per eventuale manutenzione. Gli orizzontamenti possono quindi considerarsi rigidi, come riportato nel "Manuale per la compilazione della compilazione della scheda di 1° livello di rilevamento danno, pronto intervento e agibilità per edifici ordinari nell'emergenza post-sisma (AeDES)" edito dal Dipartimento della Protezione Civile.

Si riscontra, per l'edificio oggetto di analisi, la totale assenza di un quadro fessurativo, anche minimo; per questo motivo, non saranno prodotti gli elaborati specifici del rilievo grafico e fotografico dello stesso e non sarà indagato il sistema fondale dell'edificio in esame: quest'ultimo, come rappresentato negli elaborati originari di progetto a disposizione dell'amministrazione, si presenta del tipo continuo – superficiale – a travi rovesce del tipo a graticcio. Nelle figure seguenti sono riportati gli scatti fotografici effettuati sull'edificio in oggetto, in modo da permettere la visualizzazione di tutti i fronti.

L'edificio si sviluppa su una pianta pressochè rettangolare di dimensioni globali 32,60 m x 12,15 m circa.

Si riportano di seguito le principali caratteristiche dimensionali e strutturali:



CORPO IN C.A.				
Sistema costruttivo:	Struttura intelaiata in c.a.			
SOLAI	Area (mq)	H interpiano (m)	N. travi	N. pilastri
PIANO COPERTURA	320	3.50	39	36
TOTALE	320		39	36

Durante le fasi di rilievo non sono stati osservati segni di cedimenti fondativi. Di conseguenza si decide di non effettuare saggi ispettivi che mettano in luce l'impianto fondale, svincolandoci così da eventuali verifiche geotecniche (in tal caso del tutto superflue), ai sensi del §8.3 delle NTC2018. Si riporta nel seguito, lo stralcio delle NTC2018:

"[...] la verifica del sistema di fondazione è obbligatoria solo se sussistono condizioni che possano dare luogo a fenomeni di instabilità globale o se si verifica una delle seguenti condizioni:

- nella costruzione siano presenti importanti dissesti attribuibili a cedimenti delle fondazioni o dissesti della stessa natura si siano prodotti nel passato;
- siano possibili fenomeni di ribaltamento e/o scorrimento della costruzione per effetto: di condizioni morfologiche sfavorevoli, di modificazioni apportate al profilo del terreno in prossimità delle fondazioni, delle azioni sismiche di progetto;
- siano possibili fenomeni di liquefazione del terreno di fondazione dovuti alle azioni sismiche di progetto."

Alla luce delle risultanze dell'analisi di vulnerabilità sismica già condotte per l'edificio in oggetto, le quali conducono ad indici di vulnerabilità sismica non compatibili con le norme tecniche per le costruzioni, è stata presa in considerazione un'ipotesi progettuale di adeguamento sismico in classe d'uso III, così come specificata al par.2.4.2 delle NTC2018.

1.1 - Relazione sullo stato generale di conservazione dell'opera:

L'edificio in esame non presenta dei segni di degrado diffuso dovuto al deperimento del materiale strutturale, né tantomeno un quadro fessurativo documentabile.



2. INDAGINI IN SITU

2.1 Indagini in situ sui terreni

Come già specificato, non si riscontra, per l'edificio oggetto di analisi, la presenza di un quadro fessurativo, neppure in minima parte. In conseguenza di ciò, si è scelto di non indagare il sistema fondale dell'edificio in esame e di considerare – dunque – la sola struttura in elevazione come oggetto della valutazione della sicurezza sismica. La struttura sarà supposta incastrata alla base, inoltre, saranno omesse le verifiche del sistema fondale, in quanto, da un rilievo visivo effettuato sul fabbricato in esame, si riscontra la seguente condizione (estratto dalle NTC2018, §8.3):

"[...] la verifica del sistema di fondazione è obbligatoria solo se sussistono condizioni che possano dare luogo a fenomeni di instabilità globale o se si verifica una delle seguenti condizioni:
– nella costruzione siano presenti importanti dissesti attribuibili a cedimenti delle fondazioni o dissesti della stessa natura si siano prodotti nel passato; [...]"

Per quanto riguarda le analisi sui terreni fa fede l'indagine tipo HVSR svolta per un edificio ubicato in prossimità del manufatto oggetto di studio. In base alle indagini svolte il terreno è stato classificato di **"tipo E"**, ovvero quello relativo a "Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m".

La categoria topografica risultò invece essere di **tipo "T1"**, ovvero quella relativa a "superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ".

2.2 Indagini in situ sull'edificio

2.2-1 Relazione sulle indagini

Per quanto riguarda tutte le informazioni sulla tipologia, localizzazione ecc. delle indagini in situ sull'edificio si rimanda alla relazione svolta dall'ing Mancini Francesco Maria, precedente a tale affidamento, in sede di vulnerabilità sismica.



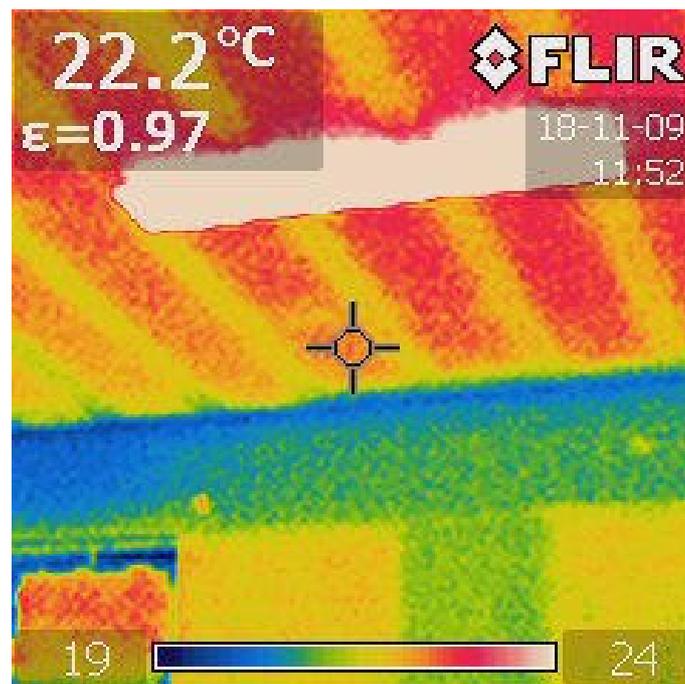
2.2-2 Relazione delle valutazioni sulle caratteristiche dei materiali

Per la conoscenza delle proprietà dei materiali nella condizione ante e post operam si rimanda all'elaborato "Relazione_sui_materili" facente parte della presenta progettazione definitiva/esecutiva.

3. INDAGINI IN SITU SUI SOLAI

Dal momento che allo stato attuale non sono presenti segni di degrado strutturale o quadri fessurativi significativi, non si è ritenuto necessario procedere con prove specifiche sulla stabilità dei solai. Sono state effettuate, invece, estese verifiche in situ sulla orditura dei solai, per mezzo di una termocamera Flir ad uso professionale. Il medesimo strumento, unitamente al Ferroskan, ha permesso di individuare e dimensionare con precisione gli elementi primari (travi e pilastri) nascosti all'interno delle tamponature.

ù



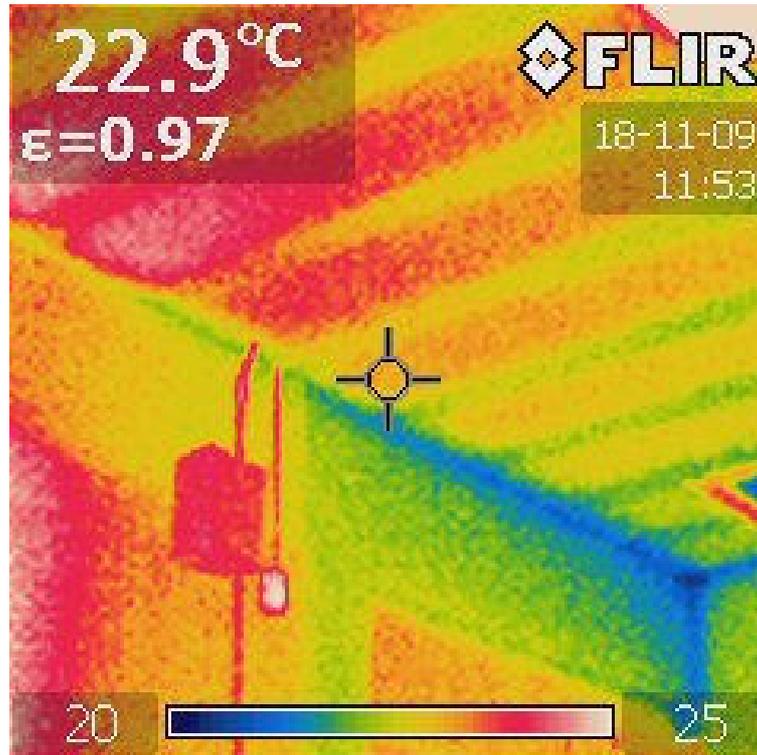
Particolare indagine termografica n.1



COMUNE DI ORISTANO

**"INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA,
CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEI SOLAI ED
EFFICIENTAMENTO NELLA SCUOLA PRIMARIA
DI VIA SOLFERINO" - CUP H14I19000160001**

Progetto definitivo-esecutivo



Particolare indagine termografica n.2

3.1 Valutazione critica delle risultanze delle indagini

Viste le risultanze delle indagini eseguite, si può affermare che il fabbricato non è affetto da macrocarenze rilevanti dipendenti dalle caratteristiche meccaniche dei materiali. Il valore medio della resistenza a compressione del calcestruzzo, pur lontano dai valori usuali di resistenza media a compressione del cls utilizzati per le nuove costruzioni, non si presenta "critico" ed anzi risulta essere superiore a quello associato a svariate strutture simili edificate in quegli anni ('80).



4. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

4-1 Stato Limite nei confronti del quale viene eseguita la valutazione della sicurezza:

La valutazione della sicurezza del fabbricato in oggetto verrà eseguita nei confronti dei soli SLU; in particolare verrà considerato unicamente lo SLV (Stato Limite di Salvaguardia della Vita), come specificato nel §8.3 delle nuove NTC2018, che si riporta nel seguito:

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

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

Verranno condotte verifiche sugli elementi strutturali primari (ST) in termini di resistenza (RES) e verifiche sugli elementi non strutturali (NS) condotte in termini di stabilità (STA), così come evidenziato nella tabella successiva, tratta dal §7.3.6 delle nuove NTC2018.

STATI LIMITE		CU I	CU II			CU III e IV		
		ST	ST	NS	IM	ST	NS	IM(*)
SLE	SLO					RIG		FUN
	SLD	RIG	RIG			RES		
SLU	SLV	RES	RES	STA	STA	RES	STA	STA
	SLC		DUT(**)			DUT(**)		

(*) Per le sole CU III e IV, nella categoria Impianti ricadono anche gli arredi fissi.

Non essendo presenti impianti (IM) di tipo particolare, non verranno effettuate le relative verifiche di sicurezza allo SLV in termini di stabilità (STA). Le verifiche degli elementi strutturali primari (ST) verranno condotte mediante l'utilizzo di un'analisi statica non lineare (pushover) e consisteranno nel verificare che i singoli elementi strutturali e la struttura nel suo insieme possiedano una capacità di resistenza sufficiente a soddisfare la domanda, nei termini meglio esplicitati all'interno della Circolare n.7 alle NTC2018: a livello globale si confronterà la domanda associata al periodo elastico del sistema bilineare equivalente, in termini di massimo spostamento d_{max}^* , con la capacità di spostamento d_u^* ricavata dal sistema bilineare equivalente stesso; a livello locale, invece, i



meccanismi "duttili" si verificheranno controllando che la domanda non superi la corrispondente capacità in termini di deformazione, mentre i meccanismi "fragili" si verificheranno controllando che la domanda non superi la corrispondente capacità in termini di resistenza. Per quanto riguarda, invece, le verifiche di stabilità fuori dal proprio piano (STA) degli elementi non strutturali (NS, tamponamenti perimetrali esterni), vista la loro regolare distribuzione in pianta ed in altezza sul fabbricato in oggetto, queste verranno condotte – mediante un'analisi statica lineare sismica (convenzionale) con spettro di progetto – confrontando il momento massimo sollecitante di progetto M_{sd} , ottenuto dalla forza sismica equivalente orizzontale F_a calcolata come specificato nei §§ 7.2.3 e 7.8.1.5.2 delle NTC2018, con il momento resistente di progetto M_{Rd} , quest'ultimo valutato come specificato nel § 7.8.2.2.3 delle NTC2018. Non sono presenti elementi strutturali considerati "secondari" nell'analisi della risposta sismica del fabbricato in oggetto.

In aggiunta a tali verifiche allo SLV, sebbene non richiesto espressamente dalle NTC2018, verranno anche effettuate le verifiche di sicurezza allo SLO in termini di rigidità (RIG), così da poter determinare la classe di rischio sismico così come specificato dalle linee guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni allegate al D.M. n.58 del 28/02/2017, del Ministro delle Infrastrutture e Trasporti. E' stato scelto – come stato limite di esercizio - lo SLO, essendo tale scelta del tutto arbitraria per il fatto che è possibile ricavare i parametri richiesti dalle linee guida per tutti gli altri stati limite non analizzati per mezzo di una semplice proporzione fornita dalle linee guida stesse (nota n.3, §2.1 delle suddette linee guida).

STATI LIMITE		CU I	CU II			CU III e IV		
		ST	ST	NS	IM	ST	NS	IM(*)
SLE	SLO					RIG		FUN
	SLD	RIG	RIG			RES		
SLU	SLV	RES	RES	STA	STA	RES	STA	STA
	SLC		DUT(**)			DUT(**)		

Per quanto riguarda tali verifiche (rigidità degli elementi strutturali allo SLO), queste verranno effettuate mediante un'analisi dinamica lineare, verificando che la deformazione degli elementi strutturali conseguente al sisma non produca sugli elementi non strutturali danni tali da rendere la costruzione temporaneamente inagibile, come specificato al §7.3.6.1 delle NTC2018. In questo



termine, sarà sufficiente confrontare gli spostamenti di interpiano ottenuti dall'analisi in presenza di sisma allo SLO con il limite seguente:

$$d_r \leq \frac{2}{3} q \cdot 0.005h = 0.0033h$$

dove si è posto $q = 1$, conformemente a quanto stabilito per gli SLO dalla tabella 7.3.I delle NTC2018.



COMUNE DI ORISTANO

**"INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA,
CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEI SOLAI ED
EFFICIENTAMENTO NELLA SCUOLA PRIMARIA
DI VIA SOLFERINO" - CUP H14I19000160001**

Progetto definitivo-esecutivo

5. VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

5-1 Vita Nominale (VN):

$V_N = 50$ anni

5-2 Classe d'Uso (CU):

Classe d'Uso = III

⇒ $C_U = 1.5$

5-3 Periodo di Riferimento (VR):

$V_R = 50 \times 1.5 = 75$ anni



6. AZIONI SULLE COSTRUZIONI

6-1 Elenco delle azioni considerate:

- Peso proprio strutturale assegnato con il peso specifico del materiale;
- Carichi permanenti e accidentali dei solai applicati all'interno delle maglie delle travi;
- Peso proprio delle velette a sbalzo in c.a. dei vari piani assegnato direttamente all'interno dei carichi di solaio, come contributo a mq;

6-2 Variabilità spaziale del moto:

Non è stata presa in considerazione nessuna variazione spaziale del moto sismico in quanto lo sviluppo longitudinale non è significativo.

6-3 Combinazione delle Azioni:

I seguenti coefficienti per la combinazione delle azioni sono ricavati ai sensi delle nuove NTC2018, capitolo n.2.

- Combinazione dei carichi verticali per la verifica sismica:
 - Coeff. parziale di sicurezza carichi permanenti G_1 $\Rightarrow \gamma_{g1} = 1$
 - Coeff. parziale di sicurezza carichi permanenti portati $G_2 \Rightarrow \gamma_{g2} = 1$
 - Coeff. parziale di sicurezza carichi accidentali Q_k $\Rightarrow \gamma_q = 1$
 - Carichi accidentali copertura (Cat.H) $\Rightarrow \psi_2 = 0$
 - Carichi accidentali neve (quota < 1000 m s.l.m.) $\Rightarrow \psi_2 = 0$
$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21}Q_{k1} + \psi_{22}Q_{k2} + \dots$$
- Combinazione dei carichi verticali per la verifica statica finalizzata all'analisi sismica (step 0 analisi pushover):
 - Coeff. parziale di sicurezza carichi permanenti G_1 $\Rightarrow \gamma_{g1} = 1$
 - Coeff. parziale di sicurezza carichi permanenti portati $G_2 \Rightarrow \gamma_{g2} = 1$
 - Coeff. parziale di sicurezza carichi accidentali Q_k $\Rightarrow \gamma_q = 1$
 - Carichi accidentali copertura (Cat.H) $\Rightarrow \psi_2 = 0$
 - Carichi accidentali neve (quota < 1000 m s.l.m.) $\Rightarrow \psi_2 = 0$
$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21}Q_{k1} + \psi_{22}Q_{k2} + \dots$$



6-4 Analisi dei carichi:

SOLAIO COPERTURA TIPO (s=25+5 cm):

- peso proprio solaio in latero-cemento 25+5cm	365 kg/m ²
- intonaco 1.5cm ($\gamma=20$ kN/m ³)	30 kg/m ²
- massetto autolivellante 8cm ($\gamma=18$ kN/m ³)	90 kg/m ²
- guaina impermeabilizzante	10 kg/m ²
TOT	495 Kg/m²
<i>Carichi accidentali</i>	
- cat.H (cop. non praticabili)	50 kg/m ²
- cat. neve	48 kg/m ²

6-5 Determinazione dell'Azione Sismica:

Per la determinaione dell'azione sismica si rimanda all'elaborato "Relazione_sulla_modellazione_sismica" facente parte della presenta progettazione definitiva/esecutiva.

6-6 Determinazione dell'Azione del Vento:

Non è stata presa in considerazione l'azione del vento.

6-7 Determinazione dell'Azione della Neve:

L'azione della neve è valutata ai sensi del § 3.4 delle NTC2018, mediante la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

Il Comune di Oristano (OR), dove sorge la costruzione presa in esame, si trova a circa 5 m s.l.m., quindi ad un altitudine rispetto al mare inferiore ai 200m; trovandosi l'edificio in Zona III il valore caratteristico minimo del carico della neve al suolo è il seguente:

$$q_{sk} = 0.60 \frac{\text{kN}}{\text{mq}}$$



COMUNE DI ORISTANO

**"INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA,
CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEI SOLAI ED
EFFICIENTAMENTO NELLA SCUOLA PRIMARIA
DI VIA SOLFERINO" - CUP H14I19000160001**
Progetto definitivo-esecutivo

Per quanto riguarda i coefficienti C_E e C_t , si assumeranno valori unitari, essendo la topografia dell'area in cui sorge l'opera di tipo "normale" e mancando uno specifico e documentato studio sulla riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa. Il coefficiente di forma μ_i verrà assunto pari a 0.8, essendo la copertura dell'edificio piana.

Si giunge, dunque, alla determinazione del carico provocato dalla neve sulla copertura

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t = 0.48 \text{ kN/m}^2$$

Si ipotizza che tale carico agisca in direzione verticale, riferendolo alla proiezione orizzontale della superficie della copertura.

6-8 Determinazione dell'Azione della Temperatura:

Non è stata presa in considerazione l'azione delle variazioni termiche.

6-9 Determinazione delle Azioni Eccezionali:

Non sono state prese in considerazione le azioni eccezionali.



7. CRITERI GENERALI DI VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' PER AZIONI SISMICHE

7-1 Classificazione degli elementi strutturali:

La classificazione preliminare in elementi duttili e fragili non viene eseguita in quanto il modello strutturale come descritto al capitolo 6 coglie automaticamente le capacità flessionali e a taglio degli elementi strutturali.

7-2 Vulnerabilità Statica finalizzata all'analisi sismica:

Per quanto concerne gli input e gli output del modello di calcolo si rimanda ai § 10 e 12 della presente relazione. Prima di eseguire l'analisi sismica del fabbricato, è necessario valutare la situazione statica di partenza, confrontando lo stato di sollecitazione della struttura, soggetta alla combinazione dei carichi gravitazionali in condizioni sismiche, con le resistenze degli elementi strutturali componenti la stessa. Di seguito, quindi, si riportano le mappature relative alle verifiche di sicurezza in termini di resistenza sotto la combinazione statica di ingresso al sisma, in quanto costituisce lo step di partenza della successiva analisi di pushover: di fatto, ciò risulta essere equivalente a caricare la struttura in esame, con la combinazione di soli carichi verticali gravitazionali $(G1 + G2 + \sum_j \Psi_{2j} Q_{kj})$. La verifica è effettuata confrontando i momenti resistenti di progetto ed i tagli resistenti di progetto, rispettivamente con i momenti ed i tagli sollecitanti di progetto, derivanti dall'analisi:

$$\begin{cases} M_{Sd} \leq M_{Rd}(N_{Sd}) \\ V_{Sd} \leq V_{Rd} \end{cases}$$

Per quanto riguarda le verifiche a taglio di travi e pilastri, la Circolare del DM2008 nel paragrafo § C8.7.2.5 riporta:

"La resistenza a taglio si valuta come per il caso di nuove costruzioni per situazioni non sismiche, considerando comunque un contributo del conglomerato al massimo pari a quello relativo agli elementi senza armature trasversali resistenti a taglio."

Interpretare, però, tale indicazione in modo letterale trascurando il contributo della presenza delle staffe nella valutazione della resistenza a taglio lato calcestruzzo, porta ad un'enorme sottostima



della resistenza a taglio stessa (notando che anche strutture ben staffate vanno comunque in crisi lato taglio). In sintesi, il taglio resistente viene valutato come il minimo tra i seguenti termini:

$$V_{Rd} = \min\{V_{Rd,s}; V_{Rd,c}\}$$

dove:

$$V_{Rd,s} = 0.9 \cdot d \cdot f_{yd} \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot \cot \theta = 2.25 \cdot d \cdot f_{yd} \cdot \frac{A_{sw}}{s}$$

$$V_{Rd,c} = 0.9 \cdot d \cdot \alpha_c \cdot 0.5 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot \frac{\cot \theta}{1 + (\cot \theta)^2}$$

Sono, rispettivamente, la resistenza di calcolo a "taglio trazione" e la resistenza di calcolo a "taglio compressione", in cui si è posto $\cot \theta = 2.5$ ed in cui si sono considerate esclusivamente staffe verticali $\alpha = 90^\circ$, tenendo conto della presenza dei ferri piegati mediante un forfettario raffittimento del passo delle staffe nelle zone d'interesse delle piegature. Per quanto riguarda il parametro α_c , coefficiente maggiorativo che dipende dal grado di compressione assiale dell'elemento considerato nella verifica di resistenza, si anticipa che per tutti i passi dell'analisi sismica statica non lineare (pushover) verrà utilizzato lo sforzo normale relativo al primo passo dell'analisi, vale a dire uno sforzo normale di sollecitazione derivante dai carichi gravitazionali.

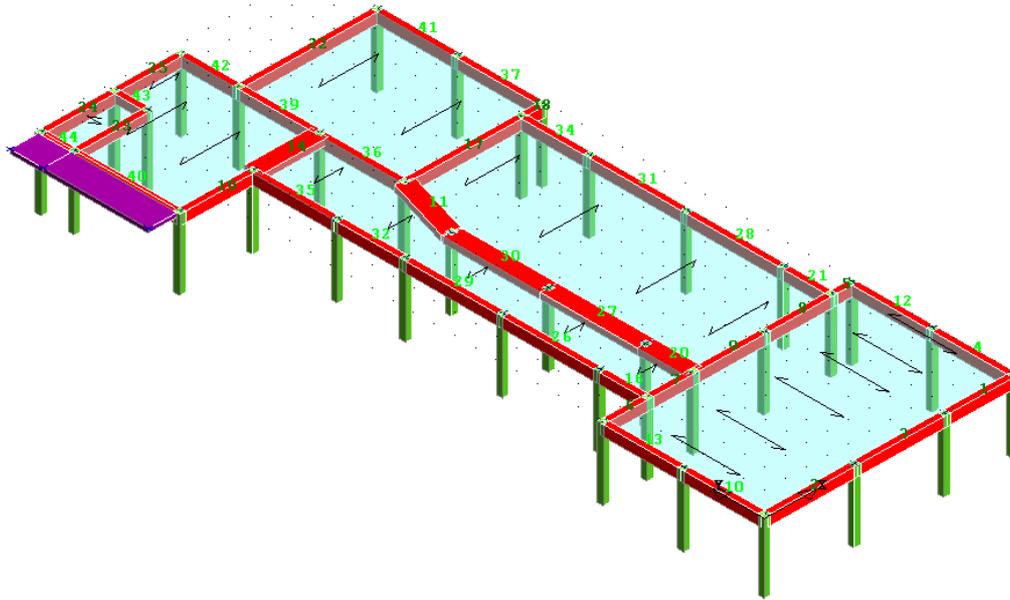
Nelle immagini seguenti, sono mostrati gli *screen shots* del modello di calcolo redatto con software specifico, con viste sulle numerazioni aste.



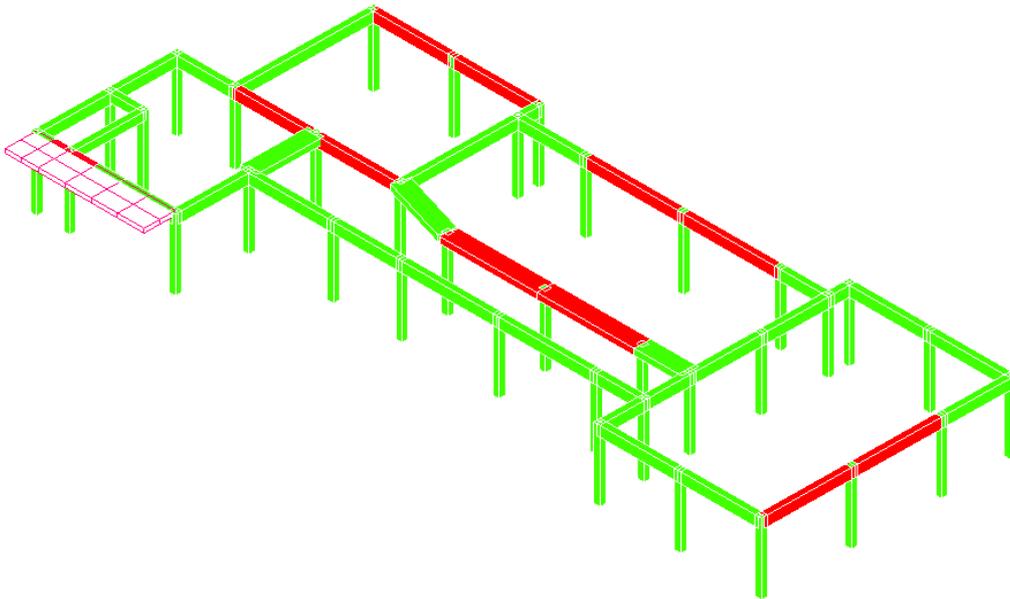
COMUNE DI ORISTANO

**"INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA,
CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEI SOLAI ED
EFFICIENTAMENTO NELLA SCUOLA PRIMARIA
DI VIA SOLFERINO" - CUP H14I19000160001**

Progetto definitivo-esecutivo

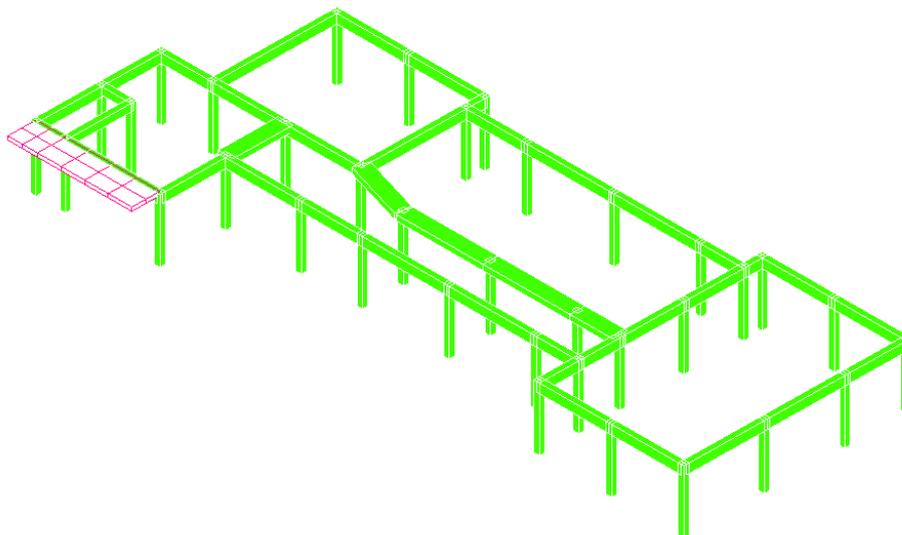


Numerazione aste modello di calcolo corpo di fabbrica



Tassi di sfruttamento relativi alla verifica a flessione/pressofless. di travi e pilastri in c.a. corpo

Dalle immagini precedenti si evince che solo pochissimi elementi vanno in crisi per momento flettente sotto combinazione statica finalizzata all'analisi sismica.



Tassi di sfruttamento relativi alla verifica a taglio di travi e pilastri in c.a. corpo

7-3 Valutazione della idoneità Statica dei solai:

Non avendo a disposizione né i quantitativi di armatura né la disposizione delle armature all'interno dei travetti di solaio, non è stato possibile effettuare la verifica allo stato limite ultimo e comunque non si è reputato indispensabile procedere con indagini distruttive. Infatti allo stato attuale non sono presenti segni di degrado strutturale o quadri fessurativi tali da richiedere prove specifiche sulla stabilità dei solai. Tuttavia si può fare una considerazione circa la loro deformabilità: secondo la "regola dell'arte", lo spessore dei solai deve essere circa pari ad $1/30$ della luce coperta dagli stessi. Nel caso in esame, essendo i solai di piano spessi 30 cm, la luce massima copribile è di 800 cm. Pertanto le specchiature risultano conformi, alle "regole" costruttive dell'epoca, avendo una luce massima pari a circa 550 cm.

7-5 Identificazione degli interventi "urgenti":

La crisi per flessione di alcune travi centrali del corpo fabbrica (individuate nel paragrafo 7.2), non contribuiscono a far fermare l'analisi pushover allo step 0 iniziale. Sebbene, all'interno del §8.3 delle NTC2018 (ultimo capoverso), si imponga di "[...] procedere ad interventi di miglioramento o adeguamento nel caso in cui non siano soddisfatte le verifiche relative alle azioni controllate dall'uomo, ossia prevalentemente ai carichi permanenti e alle altre azioni di servizio", si ritiene infine di non dover dare carattere di urgenza ad un eventuale intervento di rinforzo a flessione dei suddetti elementi, per via del fatto che non coinvolge possibili rotture "fragili" per taglio degli elementi, queste ultime maggiormente pericolose rispetto a quelle "duttili" per flessione.



COMUNE DI ORISTANO

**"INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA,
CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEI SOLAI ED
EFFICIENTAMENTO NELLA SCUOLA PRIMARIA
DI VIA SOLFERINO" - CUP H14I19000160001**
Progetto definitivo-esecutivo

8. ASPETTI ULTERIORI PER LA VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' SISMICA DEL FABBRICATO

8-1 Presenza di elementi strutturali "secondari":

Non sono presenti elementi strutturali "secondari".

8-2 Presenza di elementi costruttivi senza funzione strutturale sismicamente rilevanti:

Alcuni elementi costruttivi possono venire considerati "secondari". Sia la rigidezza che la resistenza di tali elementi vengono ignorate nell'analisi della risposta sismica del fabbricato. Con l'esclusione dei soli tamponamenti interni di spessore non superiore a 100 mm, gli elementi costruttivi senza funzione strutturale il cui danneggiamento può provocare danni a persone, devono essere verificati, insieme alle loro connessioni alla struttura, per l'azione sismica corrispondente a ciascuno degli stati limite considerati: tali elementi sono costituiti da tutte le tamponature esterne.

Si rimanda al § 13-2 della presente relazione la verifica di tali elementi.



COMUNE DI ORISTANO

**"INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA,
CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEI SOLAI ED
EFFICIENTAMENTO NELLA SCUOLA PRIMARIA
DI VIA SOLFERINO"- CUP H14I19000160001**
Progetto definitivo-esecutivo

9. MODELLAZIONE STRUTTURA

La struttura in esame sarà modellata con il programma di calcolo agli elementi finiti CDS della casa software STS.

Per la struttura in c.a. sarà adottato uno schema a telaio tridimensionale che modella con aste verticali i pilastri e con aste orizzontali le travi di piano. Tali elementi sono fra loro collegati tramite nodi che simulano il vincolo di continuità (incastro perfetto). La struttura tridimensionale è assemblata come un insieme di telai piani (disposti nelle due direzioni principali di analisi, X ed Y) collegati in corrispondenza dei livelli di piano da un impalcato rigido a lastra. Tale modellazione è valida in presenza di soletta in c.a. di spessore almeno pari a 40mm, su solai in latero-cemento. Con tale ipotesi la massa degli impalcato di piano e di copertura saranno concentrati nei rispettivi baricentri (centro di massa).

Nel modello saranno impiegate rigidezze fessurate per tutti i materiali, dimezzando il modulo di elasticità normale del calcestruzzo.

Per l'analisi statica non lineare tutti gli elementi strutturali saranno schematizzati con cerniere a plasticità diffusa (a fibre), che ipotizza elementi elastici lineari con due zone, disposte alle estremità dell'elemento, in grado di dissipare energia per deformazione plastica "diffusa" e non concentrata.

Il comportamento globale finché la struttura è in campo lineare è compiutamente descritto dal programma di calcolo mentre il comportamento non lineare è lasciato alla formazione di cerniere plastiche diffuse lungo le estremità degli elementi: in questo caso, tutta la sezione in c.a. dei tratti terminali di un'asta è considerata elasto-plastica; in particolare, nella generica sezione in c.a. si individuano le fibre relative all'acciaio, le fibre con un legame costitutivo leggermente abbattuto (che è quello del cls non confinato presente nel copriferro della sezione stessa) ed infine le fibre con legame costitutivo non abbattuto (che è quello del cs confinato all'interno del nucleo).

La struttura presenta un'unica tipologia di solaio in latero-cemento, che permette di utilizzare l'ipotesi di impalcato rigido diminuendo così i g.d.l. del modello ma fornendo anche una risposta torsionale della struttura.

La struttura è supposta incastrata alla base coerentemente con quanto concesso dalle NTC2018. Sono presenti elementi strutturali di collegamento verticale (scale), i quali vengono inseriti solamente in termini di carichi gravitazionali gravanti sulle orditure primarie.

Generalità sul metodo *PushOver*



COMUNE DI ORISTANO

**"INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA,
CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEI SOLAI ED
EFFICIENTAMENTO NELLA SCUOLA PRIMARIA
DI VIA SOLFERINO"- CUP H14I19000160001**
Progetto definitivo-esecutivo

L'analisi della struttura è stata quindi condotta mediante analisi non lineare statica equivalente, detta anche analisi incrementale a collasso o *pushover*. Con tale metodologia di analisi si applicano in maniera incrementale, ad un modello della struttura soggetto ai carichi gravitazionali e con comportamento non lineare del materiale, particolari distribuzioni di forze statiche orizzontali, le quali hanno il compito di 'spingere' in campo non lineare la struttura fino a portarla al collasso. Risultato finale dell'analisi è la curva taglio alla base (somma di tutte le forze orizzontali) - spostamento (di un punto ritenuto significativo del comportamento globale). Il punto di controllo è scelto in coincidente con il baricentro dell'impalcato di sottotetto. Sulla curva di capacità così determinata, si determina la capacità della struttura, in termini di spostamento.

Tale capacità viene confrontata con la domanda di spostamento prevista dalla normativa, chiudendo di fatto la parte preliminare delle verifiche di sicurezza, vale a dire quella riferita al modello globale dell'edificio. Dopodiché, si impone al punto di controllo della struttura il valore della domanda in spostamento previsto dalla normativa, tramite il modello analitico implementato, riuscendo così a valutare la configurazione deformata della struttura (con le relative caratteristiche della sollecitazione), utili ai fini delle verifiche locali degli elementi/meccanismi duttili e fragili.

L'analisi, a differenza che nelle strutture in muratura portante nelle quali viene fatta continuare fino a che non si verifica il decadimento del taglio del 15% dal suo valore di picco (SLV), in questo caso (struttura in cls armato) viene fatta terminare in concomitanza con la rottura per taglio del primo elemento asta (trave, pilastro o nodo): ad ogni step di calcolo, infatti, il software effettua il calcolo dei meccanismi fragili e duttili ed in corrispondenza dello step - sulla curva di *pushover* - immediatamente precedente al primo elemento che si rompe a taglio, il software fissa lo stato limite SLV. Non sono, per questo motivo, necessarie le verifiche locali, eseguite a posteriori sugli elementi/meccanismi fragili, essendo queste ultime tutte non inferiori ad uno per via dell'interruzione preventiva dell'analisi sul primo meccanismo di danno fragile riscontrato.

Secondo le richieste normative l'analisi statica non lineare viene svolta valutando la risposta della struttura di interesse sottoposta ad un sistema di forze verticali, associate ai pesi propri ed ai sovraccarichi, e ad almeno due distinte distribuzioni di forze orizzontali crescenti. Tali forze vengono applicate all'altezza dei solai di piano secondo due distinte distribuzioni, ai sensi del § 7.3.4.2 delle NTC2018:

- distribuzione corrispondente all'andamento delle forze di piano agenti su ciascun orizzontamento calcolate in un'analisi dinamica lineare (*gruppo 1 - distribuzioni principali*);



- distribuzione di forze desunta da un andamento uniforme di accelerazioni lungo l'altezza della costruzione (*gruppo 2 – distribuzioni secondarie*).

Le forze statiche orizzontali, vengono opportunamente spostate rispetto ai baricentri di massa dei solai per tener conto dei valori di eccentricità accidentale, che si assumono pari, per ciascuna direzione di applicazione della azione sismica e per ciascun piano, a $\pm 5\%$ della dimensione massima del piano stesso in direzione perpendicolare. Il numero di analisi statiche non lineari effettuate corrisponde pertanto a sedici (2 versi di carico x 2 direzioni x 2 eccentricità x 2 distribuzioni di forze sismiche).

Si calcola così il valore dello spostamento massimo alla base dell'edificio generato da quella distribuzione di forze. Questo valore di spostamento costituisce il valore ultimo di spostamento dell'edificio, d_{cu} . Lo spostamento preso in esame per il tracciamento della curva di capacità è quello di un punto dell'edificio detto nodo di controllo. La normativa richiede il tracciamento di una curva di capacità bi-lineare di un sistema equivalente (SDOF), sulla curva di capacità del sistema reale (NDOF) opportunamente scalata di un fattore Γ . Il tracciamento di tale curva deve avvenire – su quest'ultima curva scalata – con una retta che, passando per l'origine interseca la curva del sistema ridotto in corrispondenza del 70% del valore di picco; la seconda retta risulterà parallela all'asse degli spostamenti in maniera tale da generare l'equivalenza delle aree tra i diagrammi del sistema ridotto e quello equivalente. La determinazione della curva relativa al sistema equivalente, permette di determinare il periodo T^* con cui ricavare lo spostamento massimo richiesto dal sisma (Domanda), secondo gli spettri riportati in normativa, per lo SLV.

La capacità della struttura, in termini di spostamento, è rappresentata dal valore d_u^* della curva bilineare equivalente (curva 1-GDL).

Secondo le indicazioni da normativa, viene eseguita la seguente verifica:

- Stato limite Ultimo (SLV):

$$d_u^* \geq d_{max}^*$$

d_{max}^* : Spostamento massimo richiesto dalla normativa individuato dallo spettro elastico.

d_u^* : Spostamento massimo offerto dalla struttura corrispondente alla prima rottura fragile riscontrata.

Il calcolo dell'indicatore di rischio si ottiene trasformando sia la curva 1-GDL che gli spettri di risposta in diagrammi non più forza-spostamento, ma accelerazione-spostamento.

Su questi diagrammi è sufficiente valutare (a periodo costante) di quanto debba essere scalato lo spettro di risposta di domanda dello specifico stato limite per portarlo a individuare il punto che



COMUNE DI ORISTANO

**"INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA,
CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEI SOLAI ED
EFFICIENTAMENTO NELLA SCUOLA PRIMARIA
DI VIA SOLFERINO"- CUP H14I19000160001**

Progetto definitivo-esecutivo

caratterizza la capacità di spostamento del sistema. In questo modo si ottiene l'accelerazione al suolo necessaria per raggiungere la capacità del sistema. Gli indicatori di rischio vengono valutati automaticamente al termine del calcolo e si leggono direttamente in relazione di calcolo. Per quanto riguarda, invece, il periodo di ritorno in termini di capacità, questo è quello dalla cui azione sismica risulta una domanda di spostamento, pari a quella di capacità della struttura. L'azione sismica dalla quale viene individuato il periodo di ritorno in termini di capacità è calcolata in base alla reale categoria del suolo di fondazione.



COMUNE DI ORISTANO

**"INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA,
CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEI SOLAI ED
EFFICIENTAMENTO NELLA SCUOLA PRIMARIA
DI VIA SOLFERINO"- CUP H14I19000160001**
Progetto definitivo-esecutivo

10. INPUT DI CALCOLO

L'input completo di calcolo viene fornito a parte, come allegato alla presente relazione, al fine di non appesantire fuori misura la lettura della stessa. Vengono specificati, in questo paragrafo, unicamente la normativa di riferimento seguita ed il software di calcolo utilizzato:

- i. D.M. Infrastrutture 17 Gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni", pubblicata sulla G.U. serie generale 20 Febbraio 2018, n.42.
- ii. Circolare n.7 del 11 Febbraio 2019, su S.O. n.27 alla G.U. 26 Febbraio 2009, n.47, contenente le Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 17 Gennaio 2018.
- iii. Linee Guida LL.PP. 24/07/2009, Linee guida per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Collaudo di Interventi di Rinforzo di strutture di c.a., c.a.p. e murarie mediante FRP, Assemblea Generale Consiglio Superiore LL.PP., Roma (2009).
- iv. Software C.D.S., licenza n.37103 intestata all'ing. Michele Maria Mancini, edito dalla casa produttrice Sts Software Tecnico Scientifico, con sede legale in Sant'Agata Li Battiati – 95128 Catania (CT).
- v. CNR-DT 200, Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati. Materiali, strutture di c.a. e di c.a.p., strutture murarie.



11. METODI DI ANALISI E CRITERI DI AMMISSIBILITA'

I metodi di analisi adottati saranno i seguenti:

- analisi dei soli modi di vibrare (analisi modale);
- analisi statica non lineare (analisi "pushover");
- analisi statica lineare (sismica) con spettro di risposta elastico;
- analisi statica lineare (sismica) convenzionale.

In particolare:

- analisi modale: sarà, in prima istanza, applicata per verificare la correttezza del modello geometrico (andamento dei diagrammi delle caratteristiche delle sollecitazioni e controllo delle deformate statiche e modali e delle masse eccitate) in modo da scongiurare la presenza di errori nella schematizzazione che compromettessero qualsiasi analisi più approfondita; tale analisi viene preliminarmente condotta a prescindere dal metodo di analisi che sarà eseguito per le verifiche strutturali, in quanto consente la determinazione delle caratteristiche dinamiche della struttura, vale a dire il calcolo dei modi propri di vibrare della struttura stessa. Per ciascun modo di vibrare, l'analisi permette di valutare oltre alle deformate modali stesse, anche i periodi propri di vibrare con associata percentuale di massa partecipante;
- analisi statica non lineare: l'analisi sarà effettuata secondo quanto previsto dal D.M.2018, seguendo le indicazioni del punto C.7.3.4.1 della Circolare esplicativa n.617 alle NTC2008. Tale analisi verrà utilizzata per condurre le verifiche di sicurezza (RES) allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) degli elementi strutturali primari (ST);
- analisi statica lineare (sismica) con spettro di risposta elastico: tale analisi sarà effettuata in accordo col §7.3.6.1 delle NTC2018, verificando che la deformazione degli elementi strutturali conseguente al sisma non produca sugli elementi non strutturali danni tali da rendere la costruzione temporaneamente inagibile. Tale analisi verrà utilizzata per condurre le verifiche di rigidezza (RIG) allo stato limite di operatività (SLO) degli elementi strutturali primari (ST);
- analisi statica lineare (sismica) convenzionale: tale analisi sarà effettuata – in maniera simile a quanto prescritto nel §7.3.3.2 delle NTC2018 per l'analisi statica lineare – valutando le forze statiche equivalenti alle forze di inerzia indotte dall'azione sismica, semplicemente moltiplicando il peso gravitazionale dell'elemento da verificare per l'accelerazione massima, adimensionalizzata rispetto a quella di gravità, che l'elemento stesso subisce



durante il sisma. Tale analisi verrà utilizzata per condurre le verifiche di stabilità (STA) allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) degli elementi non strutturali (NS).

11-1 Analisi Statica Lineare con Spettro Elastico:

Questo metodo è utilizzato per condurre le verifiche di rigidità (RIG) allo stato limite di operatività (SLO) degli elementi strutturali primari (ST).

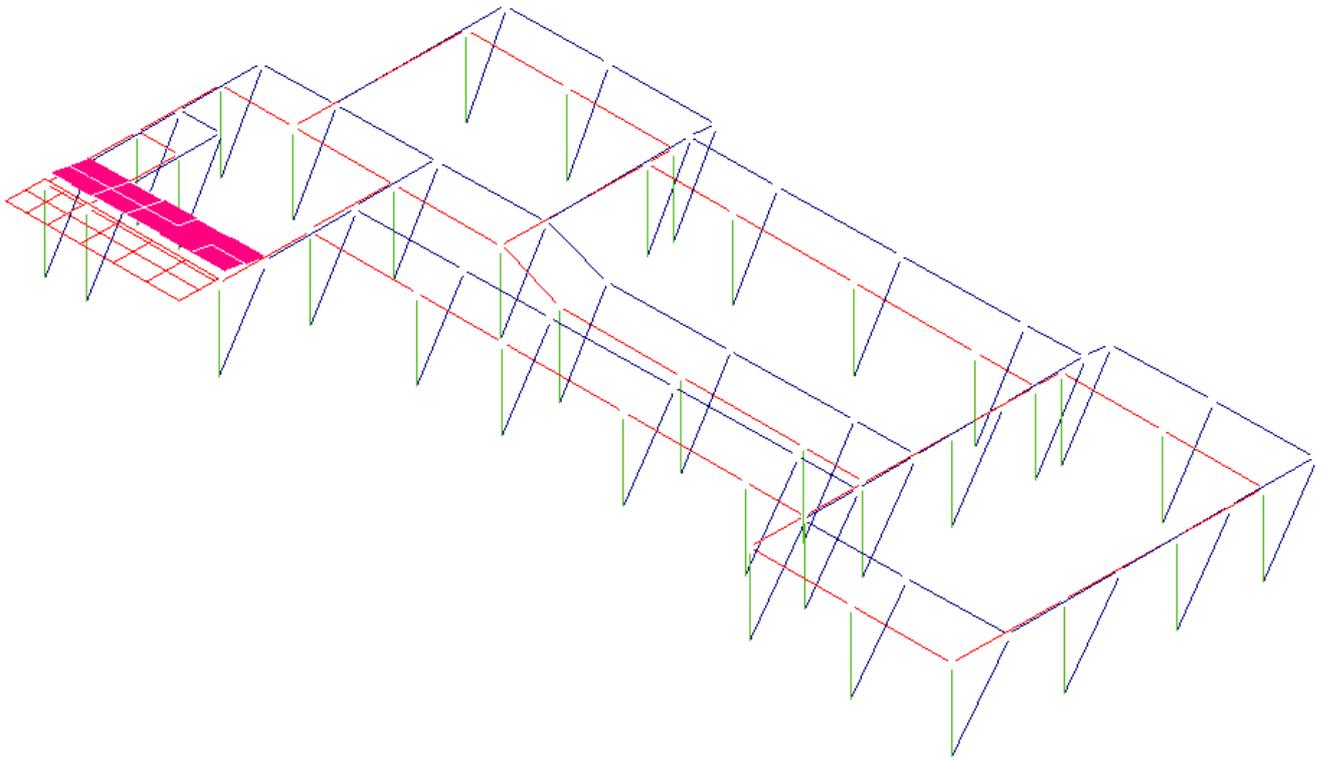
11-2 Analisi Statica Lineare con Spettro di Progetto:

Tale analisi sarà effettuata – in maniera simile a quanto prescritto nel §7.3.3.2 delle NTC2018 per l'analisi statica lineare – valutando le forze statiche equivalenti alle forze di inerzia indotte dall'azione sismica, semplicemente moltiplicando il peso gravitazionale dell'elemento da verificare per l'accelerazione massima, adimensionalizzata rispetto a quella di gravità, che l'elemento stesso subisce durante il sisma.

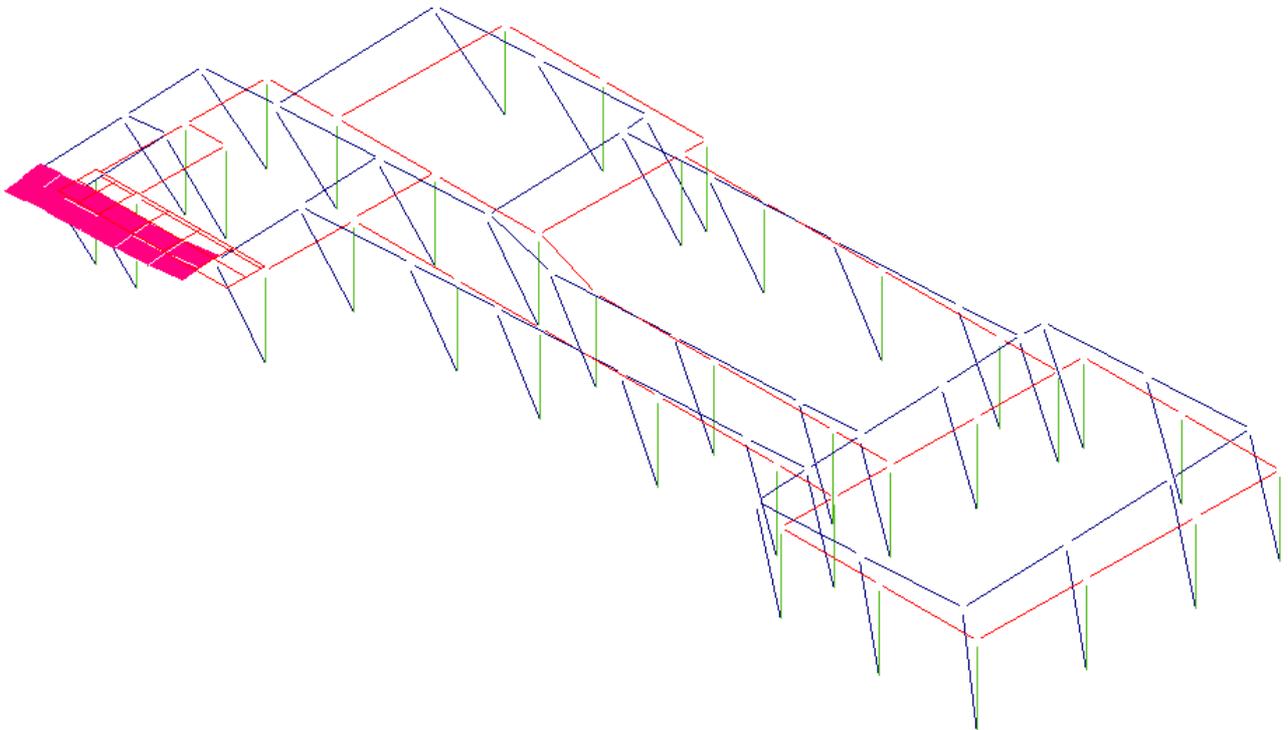
11-3 Caratterizzazione Modale della Struttura:

Di seguito si riporta il risultato dell'analisi modale in termini di periodi di vibrazione e masse partecipanti ad ogni singolo modo.

Periodi di vibrazione e Masse partecipanti					
Modo	Periodo	Masse modali efficaci (% sulla massa totale)	Masse modali efficaci (% sulla massa totale)	Totale progressivo	Totale progressivo
	T [s]	X [%]	Y [%]	X [%]	Y [%]
1	0.219	58.05	2.05	58.05	2.05
2	0.191	6.16	87.06	64.21	89.11
3	0.185	27.4	5.43	91.61	94.54



1° modo traslazionale lungo x.



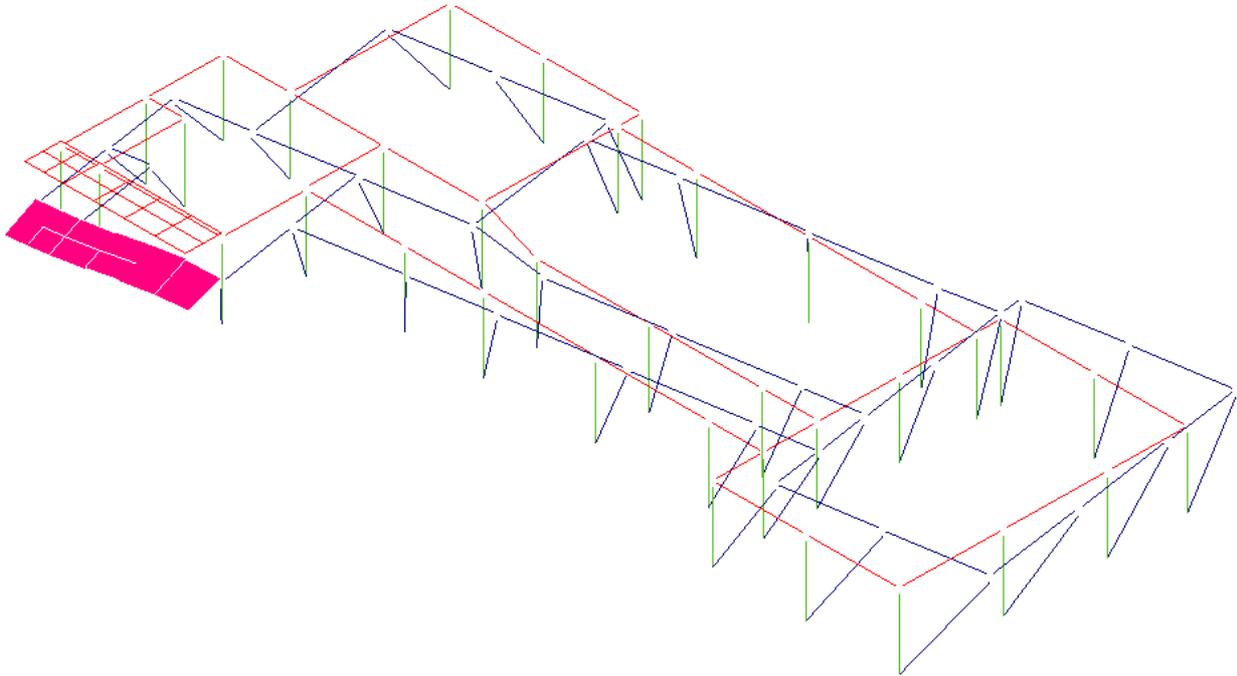
2° modo traslazionale lungo y.



COMUNE DI ORISTANO

**"INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA,
CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEI SOLAI ED
EFFICIENTAMENTO NELLA SCUOLA PRIMARIA
DI VIA SOLFERINO" - CUP H14I19000160001**

Progetto definitivo-esecutivo



3°modo rotazionale lungo z.

11-4 Analisi Dinamica Lineare con Spettro Elastico:

Questo metodo non è stato utilizzato.

11-5 Analisi Dinamica Lineare mediante integrazione al passo delle equazioni del moto:

Questo metodo non è stato utilizzato.

11-6 Analisi Dinamica Lineare con spettro di progetto:

Questo metodo non è stato utilizzato.

11-7 Analisi Statica non lineare (PUSHOVER):

L'analisi sarà effettuata secondo quanto previsto dal D.M.2018, seguendo le indicazioni del punto C.7.3.4.1 della Circolare esplicativa n.617 alle NTC2008.

11-8 Analisi Dinamica non lineare:

Questo metodo non è stato utilizzato.



COMUNE DI ORISTANO

**"INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA,
CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEI SOLAI ED
EFFICIENTAMENTO NELLA SCUOLA PRIMARIA
DI VIA SOLFERINO" - CUP H14I19000160001**

Progetto definitivo-esecutivo

12. OUTPUT DI CALCOLO

L'output completo di calcolo viene fornito a parte, come allegato alla presente relazione, al fine di non appesantire fuori misura la lettura della stessa.



13. VERIFICHE DI VULNERABILITA'

13-1 Verifiche di vulnerabilità di edifici in cemento armato:

La valutazione della sicurezza del fabbricato in oggetto verrà eseguita nei confronti dei soli SLU, nello specifico verrà considerato

unicamente lo SLV (Stato Limite di Salvaguardia della Vita), come specificato nel §8.3 delle nuove NTC2018, che si riporta nel seguito:

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

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

Verranno condotte verifiche sugli elementi strutturali primari (ST) in termini di resistenza (RES) e verifiche sugli elementi non strutturali (NS), queste ultime condotte in termini di stabilità (STA), così come evidenziato nella tabella successiva, tratta dal §7.3.6 delle nuove NTC2018.

STATI LIMITE		CU I	CU II			CU III e IV		
		ST	ST	NS	IM	ST	NS	IM(*)
SLE	SLO					RIG		FUN
	SLD	RIG	RIG			RES		
SLU	SLV	RES	RES	STA	STA	RES	STA	STA
	SLC		DUT(**)			DUT(**)		

(*) Per le sole CU III e IV, nella categoria Impianti ricadono anche gli arredi fissi.

(**) Nei casi esplicitamente indicati dalle presenti norme.

Le verifiche degli elementi strutturali primari (ST) verranno condotte mediante l'utilizzo di un'analisi statica non lineare (pushover) e consisteranno nel verificare che i singoli elementi strutturali e la struttura nel suo insieme possiedano una capacità di resistenza sufficiente a soddisfare la domanda, nei termini meglio esplicitati all'interno dei § C7.3.4.1 e C8.7.2 della Circolare n.617 alle NTC2008: a livello globale si confronterà la domanda associata al periodo elastico del sistema bilineare equivalente, in termini di massimo spostamento d_{max}^* , con la capacità di spostamento d_u^* ricavata dal sistema bilineare equivalente stesso; a livello locale, invece, i meccanismi "duttili" si verificheranno controllando che la domanda non superi la corrispondente capacità in termini di



deformazione, mentre i meccanismi "fragili" si verificheranno controllando che la domanda non superi la corrispondente capacità in termini di resistenza.

Per quanto riguarda, invece, le verifiche di stabilità fuori dal proprio piano (STA) degli elementi non strutturali (NS, tamponamenti perimetrali esterni), vista la loro regolare distribuzione in pianta ed in altezza sul fabbricato in oggetto, queste verranno condotte – mediante un' analisi statica lineare equivalente con spettro di progetto - confrontando il momento massimo sollecitante di progetto M_{sd} , ottenuto dalla forza sismica equivalente orizzontale F_a calcolata come specificato nei §§ 7.2.3 e 7.8.1.5.2 delle NTC2018, con il momento resistente di progetto M_{Rd} , quest'ultimo valutato come specificato nel § 7.8.2.2.3 delle NTC2018.

Non essendo presenti impianti (IM) di tipo particolare, non saranno effettuate le verifiche di stabilità (STA) degli stessi, allo stato limite SLV.

Per quanto riguarda, infine, verifiche di rigidità degli elementi strutturali allo SLO, richieste per il calcolo della classe sismica del fabbricato, queste verranno effettuate mediante un' analisi statica lineare (sismica) con spettro elastico, verificando che la deformazione degli elementi strutturali conseguente al sisma non produca sugli elementi non strutturali danni tali da rendere la costruzione temporaneamente inagibile, come specificato al §7.3.6.1 delle NTC2018. In questo termine, sarà sufficiente confrontare gli spostamenti di interpiano ottenuti dall'analisi in presenza di sisma allo SLO con il limite seguente:

$$d_r \leq \frac{2}{3} q \cdot 0.005h = 0.0033h$$

dove si è posto $q = 1$, conformemente a quanto stabilito per gli SLO dalla tabella 7.3.I delle NTC2018.

Verifiche di sicurezza nei confronti dei meccanismi globali - SLV

A valle della valutazione della curva di capacità del sistema ad n.g.d.l. vi è la procedura da seguire per il calcolo della capacità ultima del sistema equivalente associato alla struttura in c.a.. Tale procedura è riportata all'interno del §C7.3.4.1 della Circolare alle NTC2018. La forza F^* e lo spostamento d^* del sistema equivalente ad 1 g.d.l. sono legati alle corrispondenti grandezze F_b e d_c del sistema reale dalle relazioni seguenti ([C7.2.4] nel § C7.3.4.1 della Circolare n.617):



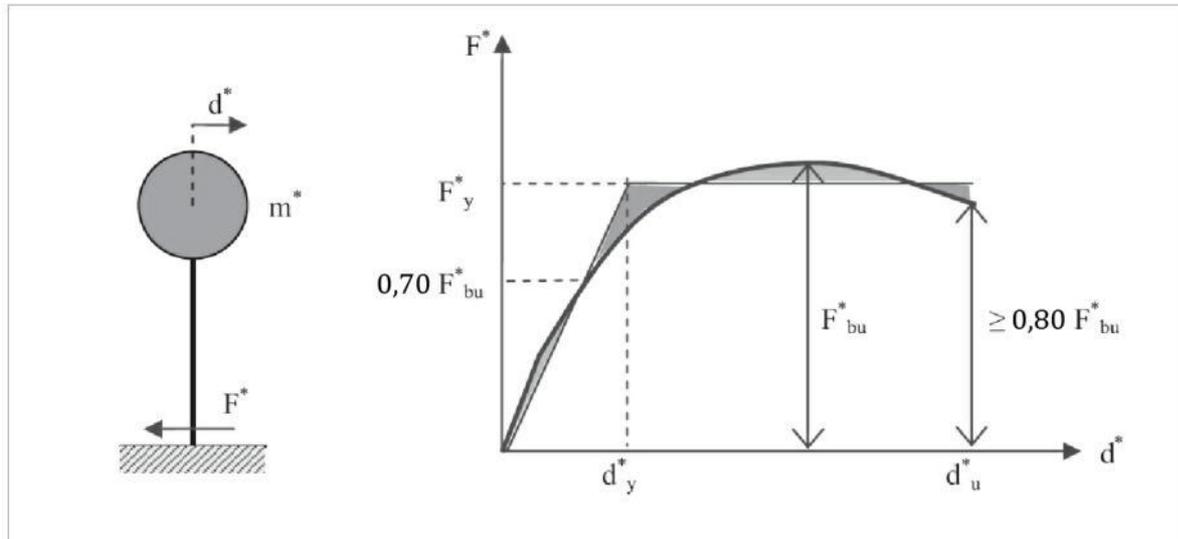
$$\begin{cases} F^* = F_b/\Gamma \\ d^* = d_c/\Gamma \end{cases}$$

dove Γ è il "fattore di partecipazione modale" definito dalla relazione seguente:

$$\Gamma = \frac{\sum M_i \varphi_i}{\sum M_i \varphi_i^2}$$

in cui M_i è la massa traslazionale di piano, mentre φ_i è il modo di vibrare fondamentale (diverso per le due differenti direzioni di analisi) del sistema reale normalizzato rispetto allo spostamento massimo del punto di controllo d_c . Nello specifico, si assumerà $\Gamma = 1$ nella distribuzione di forze uniforme, il che significa considerare coincidenti i due sistemi ("reale" ad n g.d.l. ed "equivalente" ad 1 g.d.l.).

Alla curva di capacità del sistema equivalente occorre ora sostituire una curva bilineare avente un primo tratto elastico ed un secondo tratto perfettamente plastico (vedere figura seguente).



Sistema e diagramma bilineare equivalente per le strutture in muratura

La curva bilineare è costruita nel seguente modo:



- nota la resistenza massima del sistema equivalente F_{bu}^* , il tratto elastico si individua imponendo il passaggio per il punto $0.7 \cdot F_{bu}^*$ appartenente alla curva di capacità del sistema ad 1 g.d.l.;
- la resistenza al limite elastico F_y^* si trova imponendo l'uguaglianza delle aree sottese dalla curva bilineare e dalla curva di capacità per lo spostamento massimo d_u^* corrispondente al raggiungimento dello SLV;
- la rigidezza elastica k^* è il rapporto tra la resistenza F_y^* e lo spostamento ad essa associato d_y^* .

Per ultimo, viene valutato il periodo elastico del sistema bilineare equivalente, necessario per la valutazione della domanda in termini di spostamento dal relativo spettro:

$$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{m^*}{k^*}}$$

Per quanto riguarda il termine m^* , massa del sistema equivalente ad 1 g.d.l., esso è valutato con una formulazione differente da quella indicata al § C7.3.4.1 della Circolare n.7; nello specifico:

$$m^* = \sum_i M_i \varphi_i$$

dove φ_i è il primo modo di vibrare del sistema reale normalizzato rispetto allo spostamento massimo del punto di controllo d_c ed M_i è la massa traslazionale di piano. Note le grandezze caratterizzanti l'oscillatore bilineare equivalente, è possibile valutare la massima domanda in termini di spostamento dallo spettro di risposta.

La normativa - § C7.3.4.1 della Circolare n.7 - fornisce le seguenti espressioni per valutare la domanda:

$$\begin{cases} d_{max}^* = d_{e,max}^* = S_{De}(T^*) \text{ se } T^* \geq T_c = 0.620[s] \\ d_{max}^* = \frac{d_{e,max}^*}{q^*} \left[1 + (q^* - 1) \frac{T_c}{T^*} \right] \text{ se } T^* < T_c = 0.620[s] \end{cases}$$

Nel caso in cui il periodo elastico della costruzione T^* risulti $T^* \geq T_c = 0.620[s]$ la domanda in spostamento per il sistema anelastico è assunta uguale a quella di un sistema elastico di pari



periodo, $S_{De}(T^*)$: quest'ultimo è, infatti, lo spettro elastico in spostamento valutato in corrispondenza del periodo elastico del sistema bilineare, T^* . Nel caso in cui il periodo elastico della costruzione T^* risulti inferiore a $T_c = 0.620[s]$, la domanda in spostamento per il sistema anelastico è maggiore di quella di un sistema elastico di pari periodo e si ottiene da quest'ultima mediante la seconda delle espressioni precedenti: nella formulazione precedente si è definito $q^* = (S_e(T^*) \cdot m^*)/F_y^*$, come rapporto tra il taglio totale agente alla base del sistema equivalente ad 1 g.d.l. calcolato dallo spettro di risposta elastico (in accelerazione) ed il taglio resistente alla base del sistema equivalente ad 1 g.d.l. ottenuto dall'analisi *pushover*.

Nota la Domanda conseguente ad un determinato evento sismico per il sistema bilineare equivalente, in termini di massimo spostamento d_{max}^* , la verifica risulterà positiva se:

$$d_u^* \geq d_{max}^* \rightarrow \text{VERIFICA SODDISFATTA}$$

La verifica di sicurezza, dunque, risulterà essere soddisfatta quando tutti i confronti tra Domanda e Capacità sono positivi su tutte e 16 le curve di *pushover* ricavate dall'analisi.

Per quanto riguarda – infine - il parametro q^* , ai sensi del § 7.8.1.6 delle NTC2018, esso non potrà assumere valori superiori a 3.0, altrimenti la verifica di sicurezza dovrà ritenersi non soddisfatta a prescindere dal confronto tra gli spostamenti.

Nelle seguenti figure sono riportate le 16 curve di capacità riferite sia al sistema MDOF che al sistema ad 1 g.d.l. (SDOF), oltre che i vari parametri – in forma tabellare - che consentono di giungere alla verifica di sicurezza vera e propria.

RISULTATI GENERALI PUSH-OVER			
PUSH-OVER N.ro	1 -	Distrib.Forze Prop.Modolo:+Fx+0.3*Fy+Ecc5%	
Angolo Ingr. Sisma (Grd)	0	Numero collassi totali	1
Numero passo Resist.Max.	2	Numero passi significativi	2
Massa SDOF (t)	228.90	Taglio alla base max. (t)	33.29
Coeff. Partecipazione	1.00	Resistenza SDOF (t)	32.83
Rigidezza SDOF (t/m)	19084.35	Spostam. Snervam. SDOF mm	1.72
Periodo SDOF (sec)	0.22	Rapporto di incrudimento	0.000
Rapporto Alfa/alfa1	2.553	Fattore di comportamento	1.017
Coeff Smorzam.Equival.(%)	5	Duttilità	1.017
STATO LIMITE DI OPERATIVITA'			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	1.122	Spostamento mm	1.483
S.L. Operativita'	VERIFICATO	Numero passo precedente	1



PgaLO/g	0.029	ZetaE=PgaLO/Pga 81%	1.299
Rapporto $q^*=F_e/F_y$	0.65	TrCLO (anni)	80
Tempo Intervento (anni)	89	(TrCLO/TDLO) ^α	1.267
STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	5.613	Spostamento mm	1.483
S.L. Salvaguardia Vita	NON VERIFICA	Numero passo precedente	1
PgaLV/g	0.029	ZetaE=PgaLV/Pga 10%	0.520
Rapporto $q^*=F_e/F_y$	1.80	Asta3D Nro	4
Tempo Intervento (anni)	5	TrCLV (anni)	80
-----		(TrCLV/TDLV) ^α	0.407

Il livello di sicurezza sismico in riferimento alla verifica effettuata (Curva capacità distribuzione Gruppo 2, direzione +X ed eccentricità +) risulta essere inferiore a quello prestabilito dalle NTC2018 per le nuove costruzioni, con coefficiente di sicurezza pari a **0.520**.

RISULTATI GENERALI PUSH-OVER			
PUSH-OVER N.ro	3 -	Distrib.Forze Prop.Modolo:+F _y +0.3*F _x +Ecc5%	
Angolo Ingr. Sisma (Grd)	90	Numero collassi totali	1
Numero passo Resist.Max.	3	Numero passi significativi	3
Massa SDOF (t)	228.90	Taglio alla base max. (t)	35.80
Coeff. Partecipazione	1.00	Resistenza SDOF (t)	34.90
Rigidezza SDOF (t/m)	25220.66	Spostam. Snervam. SDOF mm	1.38
Periodo SDOF (sec)	0.19	Rapporto di incrudimento	0.000
Rapporto Alfa/alfa1	2.395	Fattore di comportamento	1.029
Coeff Smorzam.Equival.(%)	5	Duttilita	1.029
STATO LIMITE DI OPERATIVITA'			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	0.849	Spostamento mm	1.271
S.L. Operativita'	VERIFICATO	Numero passo precedente	2
PgaLO/g	0.032	ZetaE=PgaLO/Pga 81%	1.446
Rapporto $q^*=F_e/F_y$	0.61	TrCLO (anni)	105
Tempo Intervento (anni)	116	(TrCLO/TDLO) ^α	1.417
STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	4.122	Spostamento mm	1.271
S.L. Salvaguardia Vita	NON VERIFICA	Numero passo precedente	2
PgaLV/g	0.032	ZetaE=PgaLV/Pga 10%	0.578
Rapporto $q^*=F_e/F_y$	1.61	Asta3D Nro	23
Tempo Intervento (anni)	7	TrCLV (anni)	105
-----		(TrCLV/TDLV) ^α	0.455



Il livello di sicurezza sismico in riferimento alla verifica effettuata (Curva capacità distribuzione Gruppo 2, direzione +Y e eccentricità +) risulta essere inferiore a quello prestabilito dalle NTC2018 per le nuove costruzioni, con coefficiente di sicurezza pari a **0.578**.

RISULTATI GENERALI PUSH-OVER			
PUSH-OVER N.ro	6 -	Distrib.Forze Prop.Massa:-Fx+0.3*Fy+Ecc5%	
Angolo Ingr. Sisma (Grd)	180	Numero collassi totali	3
Numero passo Resist.Max.	1	Numero passi significativi	1
Massa SDOF (t)	228.90	Taglio alla base max. (t)	30.04
Coeff. Partecipazione	1.00	Resistenza SDOF (t)	30.04
Rigidezza SDOF (t/m)	19281.36	Spostam. Snervam. SDOF mm	1.56
Periodo SDOF (sec)	0.22	Rapporto di incrudimento	0.000
Rapporto Alfau/alfa1	1.000	Fattore di comportamento	1.000
Coeff Smorzam.Equival.(%)	5	Duttilita	1.000
STATO LIMITE DI OPERATIVITA'			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	1.111	Spostamento mm	1.168
S.L. Operativita'	VERIFICATO	Numero passo precedente	0
PgaLO/g	0.023	ZetaE=PgaLO/Pga 81%	1.048
Rapporto q*=Fe/Fy	0.71	TrCLO (anni)	48
Tempo Intervento (anni)	53	(TrCLO/TDLO)^a	1.027
STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	5.842	Spostamento mm	1.168
S.L. Salvaguardia Vita	NON VERIFICA	Numero passo precedente	0
PgaLV/g	0.023	ZetaE=PgaLV/Pga 10%	0.419
Rapporto q*=Fe/Fy	1.97	Asta3D Nro	35
Tempo Intervento (anni)	3	TrCLV (anni)	48
-----		(TrCLV/TDLV)^a	0.330

Il livello di sicurezza sismico in riferimento alla verifica effettuata (Curva capacità distribuzione Gruppo 1, direzione -X ed eccentricità +) risulta essere inferiore a quello prestabilito dalle NTC2018 per le nuove costruzioni, con coefficiente di sicurezza pari a **0.419**.

RISULTATI GENERALI PUSH-OVER			
PUSH-OVER N.ro	8 -	Distrib.Forze Prop.Massa:-Fy+0.3*Fx+Ecc5%	
Angolo Ingr. Sisma (Grd)	270	Numero collassi totali	1
Numero passo Resist.Max.	2	Numero passi significativi	2
Massa SDOF (t)	228.90	Taglio alla base max. (t)	38.70
Coeff. Partecipazione	1.00	Resistenza SDOF (t)	38.08
Rigidezza SDOF (t/m)	25221.19	Spostam. Snervam. SDOF mm	1.51
Periodo SDOF (sec)	0.19	Rapporto di incrudimento	0.000
Rapporto Alfau/alfa1	2.011	Fattore di comportamento	1.018
Coeff Smorzam.Equival.(%)	5	Duttilita	1.018



STATO LIMITE DI OPERATIVITA'			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	0.849	Spostamento mm	1.343
S.L. Operativita'	VERIFICATO	Numero passo precedente	1
PgaLO/g	0.033	ZetaE=PgaLO/Pga 81%	1.522
Rapporto $q^*=F_e/F_y$	0.56	TrCLO (anni)	122
Tempo Intervento (anni)	135	(TrCLO/TDLO) ^α	1.507
STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	3.840	Spostamento mm	1.343
S.L. Salvaguardia Vita	NON VERIFICA	Numero passo precedente	1
PgaLV/g	0.033	ZetaE=PgaLV/Pga 10%	0.609
Rapporto $q^*=F_e/F_y$	1.48	Asta3D Nro	28
Tempo Intervento (anni)	9	TrCLV (anni)	122
-----	-----	(TrCLV/TDLV) ^α	0.484

Il livello di sicurezza sismico in riferimento alla verifica effettuata (Curva capacità distribuzione Gruppo 1, direzione -Y ed eccentricità +) risulta essere inferiore a quello prestabilito dalle NTC2018 per le nuove costruzioni, con coefficiente di sicurezza pari a **0.609**.

RISULTATI GENERALI PUSH-OVER			
PUSH-OVER N.ro	9 -	Distrib.Forze Prop.Modo:+Fx-0.3*Fy+Ecc5%	
Angolo Ingr. Sisma (Grd)	0	Numero collassi totali	1
Numero passo Resist.Max.	2	Numero passi significativi	2
Massa SDOF (t)	228.90	Taglio alla base max. (t)	34.51
Coeff. Partecipazione	1.00	Resistenza SDOF (t)	34.10
Rigidezza SDOF (t/m)	19036.74	Spostam. Snervam. SDOF mm	1.79
Periodo SDOF (sec)	0.22	Rapporto di incrudimento	0.000
Rapporto AlfaU/alfaI	2.629	Fattore di comportamento	1.015
Coeff Smorzam.Equival.(%)	5	Duttilita	1.015
STATO LIMITE DI OPERATIVITA'			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	1.125	Spostamento mm	1.535
S.L. Operativita'	VERIFICATO	Numero passo precedente	1
PgaLO/g	0.029	ZetaE=PgaLO/Pga 81%	1.337
Rapporto $q^*=F_e/F_y$	0.63	TrCLO (anni)	86
Tempo Intervento (anni)	95	(TrCLO/TDLO) ^α	1.305
STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	5.501	Spostamento mm	1.535
S.L. Salvaguardia Vita	NON VERIFICA	Numero passo precedente	1
PgaLV/g	0.029	ZetaE=PgaLV/Pga 10%	0.535
Rapporto $q^*=F_e/F_y$	1.73	Asta3D Nro	4
Tempo Intervento (anni)	6	TrCLV (anni)	86
-----	-----	(TrCLV/TDLV) ^α	0.419



Il livello di sicurezza sismico in riferimento alla verifica effettuata (Curva capacità distribuzione Gruppo 2, direzione +X e eccentricità +) risulta essere inferiore a quello prestabilito dalle NTC2018 per le nuove costruzioni, con coefficiente di sicurezza pari a **0.535**.

RISULTATI GENERALI PUSH-OVER			
PUSH-OVER N.ro	11 -	Distrib.Forze Prop.Modo:+Fy-0.3*Fx+Ecc5%	
Angolo Ingr. Sisma (Grd)	90	Numero collassi totali	1
Numero passo Resist.Max.	3	Numero passi significativi	3
Massa SDOF (t)	228.90	Taglio alla base max. (t)	36.30
Coeff. Partecipazione	1.00	Resistenza SDOF (t)	35.51
Rigidezza SDOF (t/m)	25128.61	Spostam. Snervam. SDOF mm	1.41
Periodo SDOF (sec)	0.19	Rapporto di incrudimento	0.000
Rapporto Alfau/alfa1	2.491	Fattore di comportamento	1.025
Coeff Smorzam.Equival.(%)	5	Duttilita	1.025
STATO LIMITE DI OPERATIVITA'			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	0.852	Spostamento mm	1.273
S.L. Operativita'	VERIFICATO	Numero passo precedente	2
PgaLO/g	0.032	ZetaE=PgaLO/Pga 81%	1.446
Rapporto q*=Fe/Fy	0.60	TrCLO (anni)	105
Tempo Intervento (anni)	116	(TrCLO/TDLO)^a	1.417
STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	4.087	Spostamento mm	1.273
S.L. Salvaguardia Vita	NON VERIFICA	Numero passo precedente	2
PgaLV/g	0.032	ZetaE=PgaLV/Pga 10%	0.578
Rapporto q*=Fe/Fy	1.58	Asta3D Nro	33
Tempo Intervento (anni)	7	TrCLV (anni)	105
-----		(TrCLV/TDLV)^a	0.455

Il livello di sicurezza sismico in riferimento alla verifica effettuata (Curva capacità distribuzione Gruppo 2, direzione +Y ed eccentricità +) risulta essere inferiore a quello prestabilito dalle NTC2018 per le nuove costruzioni, con coefficiente di sicurezza pari a **0.578**.

RISULTATI GENERALI PUSH-OVER			
PUSH-OVER N.ro	14 -	Distrib.Forze Prop.Massa:-Fx-0.3*Fy+Ecc5%	
Angolo Ingr. Sisma (Grd)	180	Numero collassi totali	3
Numero passo Resist.Max.	1	Numero passi significativi	1
Massa SDOF (t)	228.90	Taglio alla base max. (t)	30.04
Coeff. Partecipazione	1.00	Resistenza SDOF (t)	30.04
Rigidezza SDOF (t/m)	19326.32	Spostam. Snervam. SDOF mm	1.55
Periodo SDOF (sec)	0.22	Rapporto di incrudimento	0.000
Rapporto Alfau/alfa1	1.000	Fattore di comportamento	1.000
Coeff Smorzam.Equival.(%)	5	Duttilita	1.000



STATO LIMITE DI OPERATIVITA'			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	1.108	Spostamento mm	1.166
S.L. Operativita'	VERIFICATO	Numero passo precedente	0
PgaLO/g	0.023	ZetaE=PgaLO/Pga 81%	1.048
Rapporto $q^*=F_e/F_y$	0.71	TrCLO (anni)	48
Tempo Intervento (anni)	53	(TrCLO/TDLO) ^α	1.027
STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	5.833	Spostamento mm	1.166
S.L. Salvaguardia Vita	NON VERIFICA	Numero passo precedente	0
PgaLV/g	0.023	ZetaE=PgaLV/Pga 10%	0.419
Rapporto $q^*=F_e/F_y$	1.97	Asta3D Nro	35
Tempo Intervento (anni)	3	TrCLV (anni)	48
		(TrCLV/TDLV) ^α	0.330

Il livello di sicurezza sismico in riferimento alla verifica effettuata (Curva capacità distribuzione Gruppo 1, direzione -X ed eccentricità +) risulta essere inferiore a quello prestabilito dalle NTC2018 per le nuove costruzioni, con coefficiente di sicurezza pari a **0.419**.

RISULTATI GENERALI PUSH-OVER			
PUSH-OVER N.ro	16 -	Distrib.Forze Prop.Massa:-F _y -0.3*F _x +Ecc5%	
Angolo Ingr. Sisma (Grd)	270	Numero collassi totali	1
Numero passo Resist.Max.	2	Numero passi significativi	2
Massa SDOF (t)	228.90	Taglio alla base max. (t)	38.76
Coeff. Partecipazione	1.00	Resistenza SDOF (t)	38.23
Rigidezza SDOF (t/m)	25289.57	Spostam. Snervam. SDOF mm	1.51
Periodo SDOF (sec)	0.19	Rapporto di incrudimento	0.000
Rapporto Alfau/alfa1	2.200	Fattore di comportamento	1.015
Coeff Smorzam.Equival.(%)	5	Duttilita	1.015
STATO LIMITE DI OPERATIVITA'			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	0.847	Spostamento mm	1.325
S.L. Operativita'	VERIFICATO	Numero passo precedente	1
PgaLO/g	0.033	ZetaE=PgaLO/Pga 81%	1.509
Rapporto $q^*=F_e/F_y$	0.56	TrCLO (anni)	119
Tempo Intervento (anni)	132	(TrCLO/TDLO) ^α	1.492
STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	3.812	Spostamento mm	1.325
S.L. Salvaguardia Vita	NON VERIFICA	Numero passo precedente	1
PgaLV/g	0.033	ZetaE=PgaLV/Pga 10%	0.604
Rapporto $q^*=F_e/F_y$	1.47	Asta3D Nro	28
Tempo Intervento (anni)	9	TrCLV (anni)	119



	(TrCLV/TDLV) ^α	0.479
--	---------------------------	-------

Il livello di sicurezza sismico in riferimento alla verifica effettuata (Curva capacità distribuzione Gruppo 1, direzione -Y e eccentricità +) risulta essere inferiore a quello prestabilito dalle NTC2018 per le nuove costruzioni, con coefficiente di sicurezza pari a **0.604**.

RISULTATI GENERALI PUSH-OVER			
PUSH-OVER N.ro	17 -	Distrib.Forze Prop.Modolo:+Fx+0.3*Fy-Ecc5%	
Angolo Ingr. Sisma (Grd)	0	Numero collassi totali	2
Numero passo Resist.Max.	2	Numero passi significativi	2
Massa SDOF (t)	228.90	Taglio alla base max. (t)	37.42
Coeff. Partecipazione	1.00	Resistenza SDOF (t)	36.58
Rigidezza SDOF (t/m)	19291.29	Spostam. Snervam. SDOF mm	1.90
Periodo SDOF (sec)	0.22	Rapporto di incrudimento	0.000
Rapporto Alfau/alfa1	2.086	Fattore di comportamento	1.026
Coeff Smorzam.Equival.(%)	5	Duttilita	1.026
STATO LIMITE DI OPERATIVITA'			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	1.110	Spostamento mm	1.691
S.L. Operativita'	VERIFICATO	Numero passo precedente	1
PgaLO/g	0.032	ZetaE=PgaLO/Pga 81%	1.473
Rapporto q*=Fe/Fy	0.59	TrCLO (anni)	111
Tempo Intervento (anni)	123	(TrCLO/TDLO) ^α	1.450
STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	5.216	Spostamento mm	1.691
S.L. Salvaguardia Vita	NON VERIFICA	Numero passo precedente	1
PgaLV/g	0.032	ZetaE=PgaLV/Pga 10%	0.589
Rapporto q*=Fe/Fy	1.62	Asta3D Nro	32
Tempo Intervento (anni)	8	TrCLV (anni)	111
		(TrCLV/TDLV) ^α	0.465

Il livello di sicurezza sismico in riferimento alla verifica effettuata (Curva capacità distribuzione Gruppo 2, direzione +X ed eccentricità -) risulta essere inferiore a quello prestabilito dalle NTC2018 per le nuove costruzioni, con coefficiente di sicurezza pari a **0.589**.

RISULTATI GENERALI PUSH-OVER			
PUSH-OVER N.ro	19 -	Distrib.Forze Prop.Modolo:+Fy+0.3*Fx-Ecc5%	
Angolo Ingr. Sisma (Grd)	90	Numero collassi totali	1
Numero passo Resist.Max.	3	Numero passi significativi	3
Massa SDOF (t)	228.90	Taglio alla base max. (t)	37.82
Coeff. Partecipazione	1.00	Resistenza SDOF (t)	36.99
Rigidezza SDOF (t/m)	25272.95	Spostam. Snervam. SDOF mm	1.46



Periodo SDOF (sec)	0.19	Rapporto di incrudimento	0.000
Rapporto Alfau/alfa1	2.725	Fattore di comportamento	1.025
Coeff Smorzam.Equival.(%)	5	Duttilita	1.025
STATO LIMITE DI OPERATIVITA'			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	0.847	Spostamento mm	1.328
S.L. Operativita'	VERIFICATO	Numero passo precedente	2
PgaLO/g	0.033	ZetaE=PgaLO/Pga 81%	1.509
Rapporto q*=Fe/Fy	0.58	TrCLO (anni)	119
Tempo Intervento (anni)	132	(TrCLO/TDLO)^a	1.492
STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	3.926	Spostamento mm	1.328
S.L. Salvaguardia Vita	NON VERIFICA	Numero passo precedente	2
PgaLV/g	0.033	ZetaE=PgaLV/Pga 10%	0.604
Rapporto q*=Fe/Fy	1.52	Asta3D Nro	23
Tempo Intervento (anni)	9	TrCLV (anni)	119
-----		(TrCLV/TDLV)^a	0.479

Il livello di sicurezza sismico in riferimento alla verifica effettuata (Curva capacità distribuzione Gruppo 2, direzione +Y ed eccentricità -) risulta essere inferiore a quello prestabilito dalle NTC2018 per le nuove costruzioni, con coefficiente di sicurezza pari a **0.604**.

RISULTATI GENERALI PUSH-OVER			
PUSH-OVER N.ro	22 -	Distrib.Forze Prop.Massa:-Fx+0.3*Fy-Ecc5%	
Angolo Ingr. Sisma (Grd)	180	Numero collassi totali	1
Numero passo Resist.Max.	1	Numero passi significativi	1
Massa SDOF (t)	228.90	Taglio alla base max. (t)	25.24
Coeff. Partecipazione	1.00	Resistenza SDOF (t)	25.24
Rigidezza SDOF (t/m)	19121.84	Spostam. Snervam. SDOF mm	1.32
Periodo SDOF (sec)	0.22	Rapporto di incrudimento	0.000
Rapporto Alfau/alfa1	1.000	Fattore di comportamento	1.000
Coeff Smorzam.Equival.(%)	5	Duttilita	1.000
STATO LIMITE DI OPERATIVITA'			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	1.120	Spostamento mm	0.990
S.L. Operativita'	NON VERIFICA	Numero passo precedente	0
PgaLO/g	0.020	ZetaE=PgaLO/Pga 81%	0.895
Rapporto q*=Fe/Fy	0.85	TrCLO (anni)	34
Tempo Intervento (anni)	37	(TrCLO/TDLO)^a	0.891
STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	6.331	Spostamento mm	0.990
S.L. Salvaguardia Vita	NON VERIFICA	Numero passo precedente	0
PgaLV/g	0.020	ZetaE=PgaLV/Pga 10%	0.358
Rapporto q*=Fe/Fy	2.34	Asta3D Nro	33
Tempo Intervento (anni)	3	TrCLV (anni)	34



	(TrCLV/TDLV) ^{^a}	0.286
--	----------------------------	-------

Il livello di sicurezza sismico in riferimento alla verifica effettuata (Curva capacità distribuzione Gruppo 1, direzione -X e eccentricità -) risulta essere inferiore a quello prestabilito dalle NTC2018 per le nuove costruzioni, con coefficiente di sicurezza pari a **0.358**.

RISULTATI GENERALI PUSH-OVER			
PUSH-OVER N.ro	24 -	Distrib.Forze Prop.Massa:-Fy+0.3*Fx-Ecc5%	
Angolo Ingr. Sisma (Grd)	270	Numero collassi totali	1
Numero passo Resist.Max.	2	Numero passi significativi	2
Massa SDOF (t)	228.90	Taglio alla base max. (t)	36.68
Coeff. Partecipazione	1.00	Resistenza SDOF (t)	36.01
Rigidezza SDOF (t/m)	25160.09	Spostam. Snervam. SDOF mm	1.43
Periodo SDOF (sec)	0.19	Rapporto di incrudimento	0.000
Rapporto Alfau/alfa1	1.885	Fattore di comportamento	1.020
Coeff Smorzam.Equival.(%)	5	Duttilita	1.020
STATO LIMITE DI OPERATIVITA'			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	0.851	Spostamento mm	1.288
S.L. Operativita'	VERIFICATO	Numero passo precedente	1
PgaLO/g	0.032	ZetaE=PgaLO/Pga 81%	1.464
Rapporto q*=Fe/Fy	0.59	TrCLO (anni)	109
Tempo Intervento (anni)	121	(TrCLO/TDLO) ^{^a}	1.439
STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	4.036	Spostamento mm	1.288
S.L. Salvaguardia Vita	NON VERIFICA	Numero passo precedente	1
PgaLV/g	0.032	ZetaE=PgaLV/Pga 10%	0.586
Rapporto q*=Fe/Fy	1.56	Asta3D Nro	28
Tempo Intervento (anni)	7	TrCLV (anni)	109
		(TrCLV/TDLV) ^{^a}	0.462

Il livello di sicurezza sismico in riferimento alla verifica effettuata (Curva capacità distribuzione Gruppo 1, direzione -Y ed eccentricità -) risulta essere inferiore a quello prestabilito dalle NTC2018 per le nuove costruzioni, con coefficiente di sicurezza pari a **0.586**.

RISULTATI GENERALI PUSH-OVER			
PUSH-OVER N.ro	25 -	Distrib.Forze Prop.Modo:+Fx-0.3*Fy-Ecc5%	
Angolo Ingr. Sisma (Grd)	0	Numero collassi totali	1
Numero passo Resist.Max.	2	Numero passi significativi	2
Massa SDOF (t)	228.90	Taglio alla base max. (t)	35.26
Coeff. Partecipazione	1.00	Resistenza SDOF (t)	34.35
Rigidezza SDOF (t/m)	19256.63	Spostam. Snervam. SDOF mm	1.78



Periodo SDOF (sec)	0.22	Rapporto di incrudimento	0.000
Rapporto Alfau/alfa1	1.947	Fattore di comportamento	1.030
Coeff Smorzam.Equival.(%)	5	Duttilita	1.030
STATO LIMITE DI OPERATIVITA'			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	1.112	Spostamento mm	1.612
S.L. Operativita'	VERIFICATO	Numero passo precedente	1
PgaLO/g	0.031	ZetaE=PgaLO/Pga 81%	1.410
Rapporto q*=Fe/Fy	0.62	TrCLO (anni)	98
Tempo Intervento (anni)	109	(TrCLO/TDLO)^a	1.378
STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	5.435	Spostamento mm	1.612
S.L. Salvaguardia Vita	NON VERIFICA	Numero passo precedente	1
PgaLV/g	0.031	ZetaE=PgaLV/Pga 10%	0.564
Rapporto q*=Fe/Fy	1.72	Asta3D Nro	31
Tempo Intervento (anni)	7	TrCLV (anni)	98
-----		(TrCLV/TDLV)^a	0.442

Il livello di sicurezza sismico in riferimento alla verifica effettuata (Curva capacità distribuzione Gruppo 2, direzione +X ed eccentricità -) risulta essere inferiore a quello prestabilito dalle NTC2018 per le nuove costruzioni, con coefficiente di sicurezza pari a **0.564**.

RISULTATI GENERALI PUSH-OVER			
PUSH-OVER N.ro	27 -	Distrib.Forze Prop.Modo:+Fy-0.3*Fx-Ecc5%	
Angolo Ingr. Sisma (Grd)	90	Numero collassi totali	9
Numero passo Resist.Max.	4	Numero passi significativi	4
Massa SDOF (t)	228.90	Taglio alla base max. (t)	52.08
Coeff. Partecipazione	1.00	Resistenza SDOF (t)	51.32
Rigidzza SDOF (t/m)	25140.07	Spostam. Snervam. SDOF mm	2.04
Periodo SDOF (sec)	0.19	Rapporto di incrudimento	0.000
Rapporto Alfau/alfa1	3.843	Fattore di comportamento	1.018
Coeff Smorzam.Equival.(%)	5	Duttilita	1.018
STATO LIMITE DI OPERATIVITA'			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	0.852	Spostamento mm	1.941
S.L. Operativita'	VERIFICATO	Numero passo precedente	3
PgaLO/g	0.048	ZetaE=PgaLO/Pga 81%	2.167
Rapporto q*=Fe/Fy	0.42	TrCLO (anni)	401
Tempo Intervento (anni)	444	(TrCLO/TDLO)^a	2.460
STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	2.675	Spostamento mm	1.941
S.L. Salvaguardia Vita	NON VERIFICA	Numero passo precedente	3
PgaLV/g	0.048	ZetaE=PgaLV/Pga 10%	0.867
Rapporto q*=Fe/Fy	1.10	Asta3D Nro	35



Tempo Intervento (anni)	28	TrCLV (anni)	401
-----		(TrCLV/TDLV) ^{^a}	0.790

Il livello di sicurezza sismico in riferimento alla verifica effettuata (Curva capacità distribuzione Gruppo 2, direzione +Y ed eccentricità -) risulta essere inferiore a quello prestabilito dalle NTC2018 per le nuove costruzioni, con coefficiente di sicurezza pari a **0.867**.

RISULTATI GENERALI PUSH-OVER			
PUSH-OVER N.ro	30 -	Distrib.Forze Prop.Massa:-Fx-0.3*Fy-Ecc5%	
Angolo Ingr. Sisma (Grd)	180	Numero collassi totali	1
Numero passo Resist.Max.	1	Numero passi significativi	1
Massa SDOF (t)	228.90	Taglio alla base max. (t)	24.95
Coeff. Partecipazione	1.00	Resistenza SDOF (t)	24.95
Rigidezza SDOF (t/m)	19166.06	Spostam. Snervam. SDOF mm	1.30
Periodo SDOF (sec)	0.22	Rapporto di incrudimento	0.000
Rapporto Alfau/alfa1	1.000	Fattore di comportamento	1.000
Coeff Smorzam.Equival.(%)	5	Duttilita	1.000
STATO LIMITE DI OPERATIVITA'			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	1.117	Spostamento mm	0.976
S.L. Operativita'	NON VERIFICA	Numero passo precedente	0
PgaLO/g	0.019	ZetaE=PgaLO/Pga 81%	0.883
Rapporto q*=Fe/Fy	0.86	TrCLO (anni)	33
Tempo Intervento (anni)	37	(TrCLO/TDLO) ^{^a}	0.880
STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	6.350	Spostamento mm	0.976
S.L. Salvaguardia Vita	NON VERIFICA	Numero passo precedente	0
PgaLV/g	0.019	ZetaE=PgaLV/Pga 10%	0.353
Rapporto q*=Fe/Fy	2.37	Asta3D Nro	33
Tempo Intervento (anni)	2	TrCLV (anni)	33
-----		(TrCLV/TDLV) ^{^a}	0.283

Il livello di sicurezza sismico in riferimento alla verifica effettuata (Curva capacità distribuzione Gruppo 1, direzione -X e eccentricità -) risulta essere inferiore a quello prestabilito dalle NTC2018 per le nuove costruzioni, con coefficiente di sicurezza pari a **0.353**.

RISULTATI GENERALI PUSH-OVER			
PUSH-OVER N.ro	32 -	Distrib.Forze Prop.Massa:-Fy-0.3*Fx-Ecc5%	
Angolo Ingr. Sisma (Grd)	270	Numero collassi totali	1
Numero passo Resist.Max.	2	Numero passi significativi	2
Massa SDOF (t)	228.90	Taglio alla base max. (t)	36.70
Coeff. Partecipazione	1.00	Resistenza SDOF (t)	36.12



Rigidezza SDOF (t/m)	25228.21	Spostam. Snervam. SDOF mm	1.43
Periodo SDOF (sec)	0.19	Rapporto di incrudimento	0.000
Rapporto Alfau/alfa1	2.062	Fattore di comportamento	1.017
Coeff Smorzam.Equival.(%)	5	Duttilita	1.017
STATO LIMITE DI OPERATIVITA'			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	0.849	Spostamento mm	1.269
S.L. Operativita'	VERIFICATO	Numero passo precedente	1
PgaLO/g	0.032	ZetaE=PgaLO/Pga 81%	1.450
Rapporto $q^*=F_e/F_y$	0.59	TrCLO (anni)	106
Tempo Intervento (anni)	117	(TrCLO/TDLO) ^a	1.423
STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	4.012	Spostamento mm	1.269
S.L. Salvaguardia Vita	NON VERIFICA	Numero passo precedente	1
PgaLV/g	0.032	ZetaE=PgaLV/Pga 10%	0.580
Rapporto $q^*=F_e/F_y$	1.56	Asta3D Nro	28
Tempo Intervento (anni)	7	TrCLV (anni)	106
-----		(TrCLV/TDLV) ^a	0.457

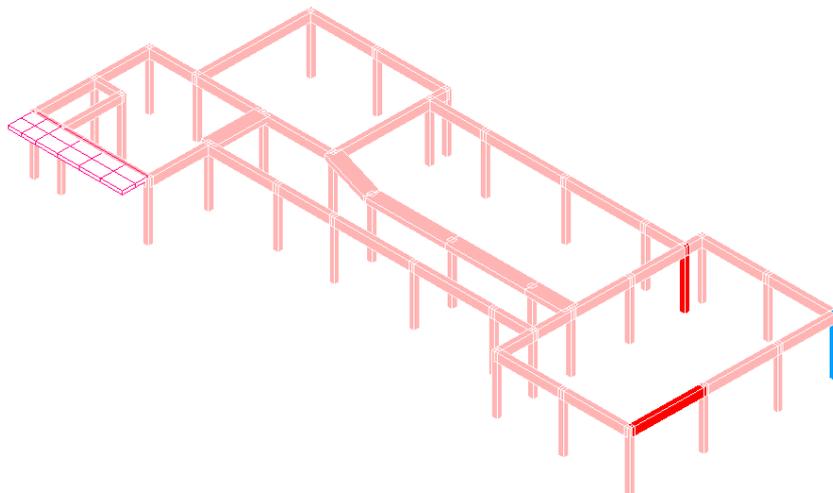
Il livello di sicurezza sismico in riferimento alla verifica effettuata (Curva capacità distribuzione Gruppo 1, direzione -Y e eccentricità -) risulta essere inferiore a quello prestabilito dalle NTC2018 per le nuove costruzioni, con coefficiente di sicurezza pari a **0.580**.

Elaborati grafici di sintesi delle verifiche condotte

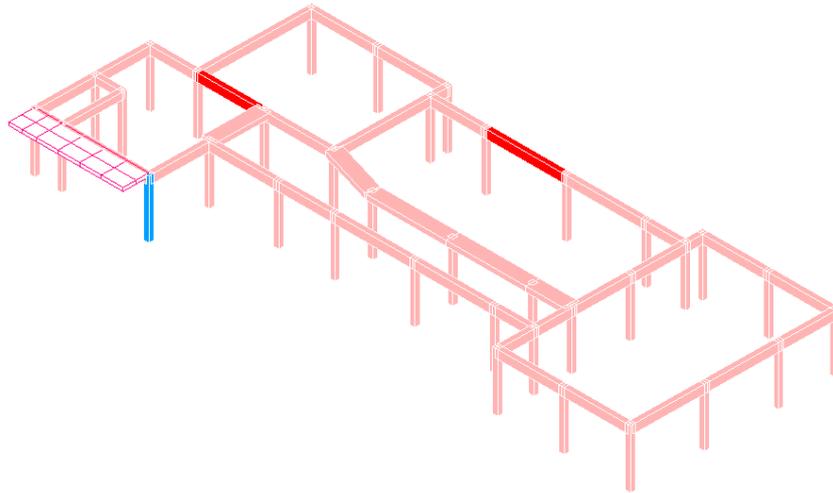
Per una miglior visione del quadro d'assieme in termini di grado di diffusione degli elementi non verificati nell'ambito del corpo strutturale esaminato, si riporta nel seguito una serie di elaborati grafici in cui sono evidenziati tali elementi in corrispondenza dello step di spinta immediatamente precedente allo SLV, specificando – mediante mappatura colorata di cui si riporta una legenda nel seguito – quali tra questi vanno in crisi per meccanismi fragili.



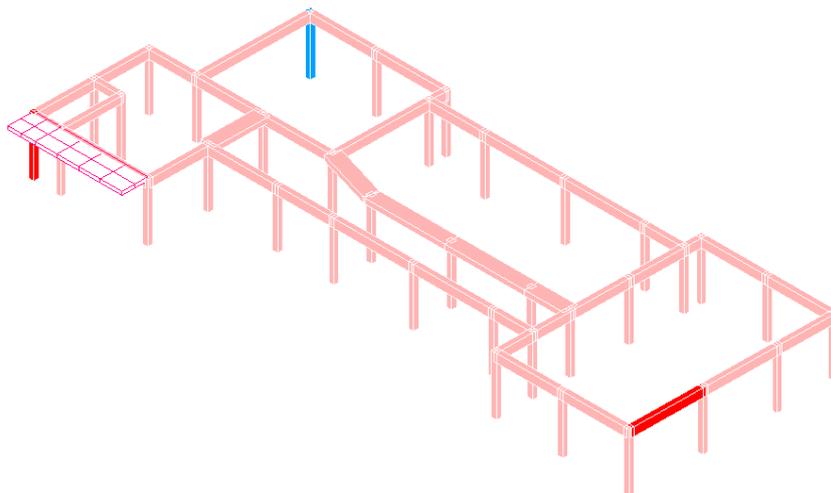
Legenda verifiche di sicurezza in condizioni sismiche



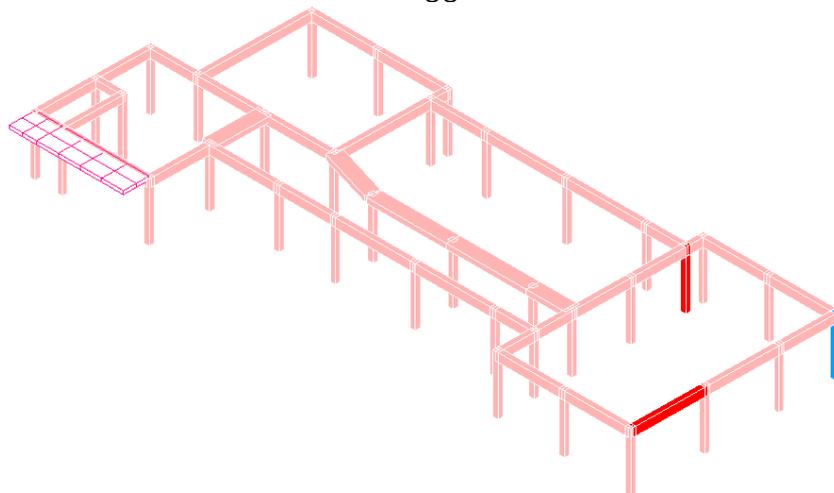
Grado di danneggiamento Push I



Grado di danneggiamento Push3

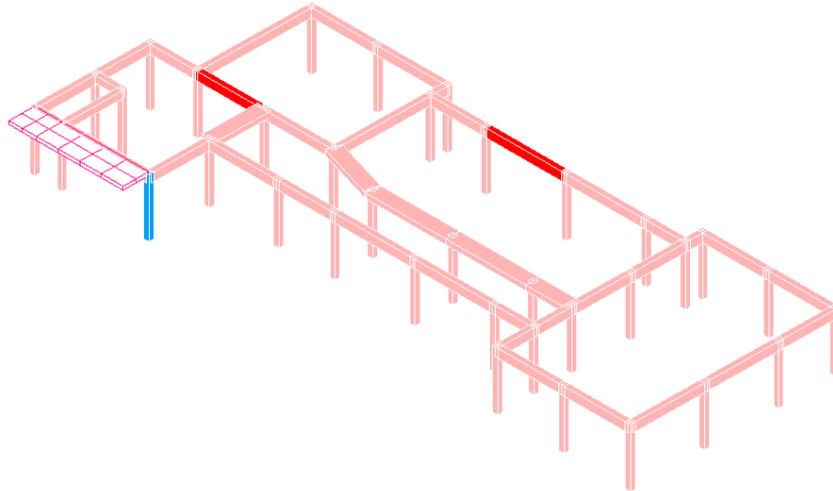


Grado di danneggiamento Push6

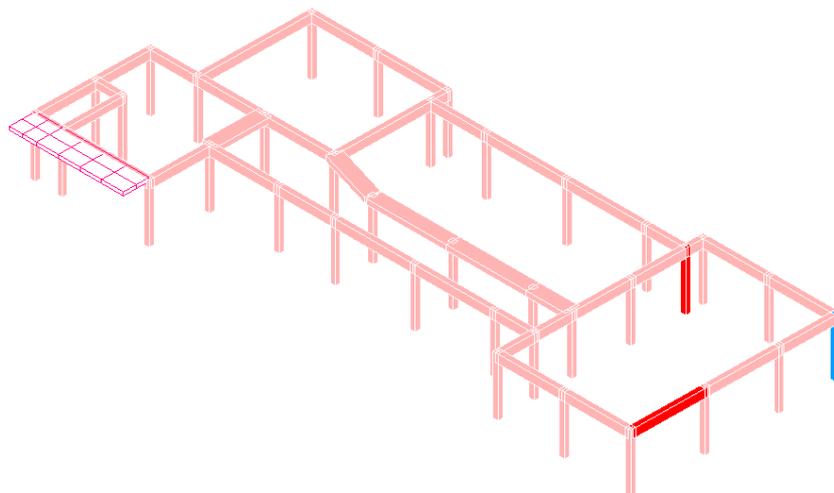




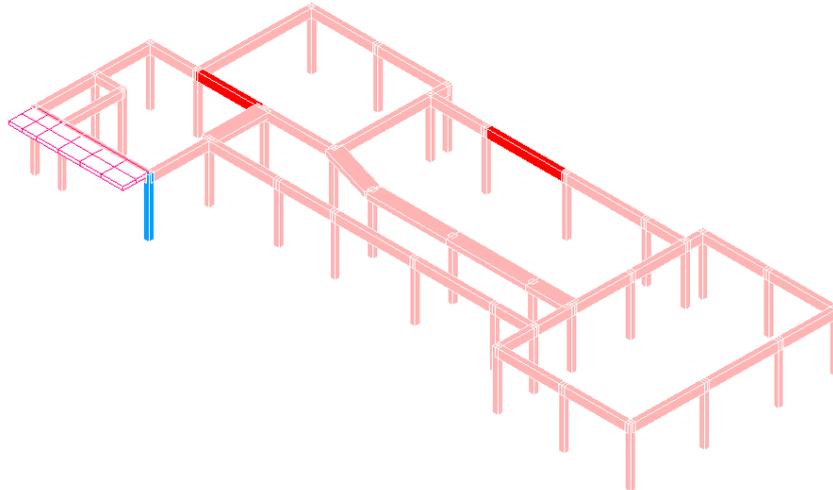
Grado di danneggiamento Push8



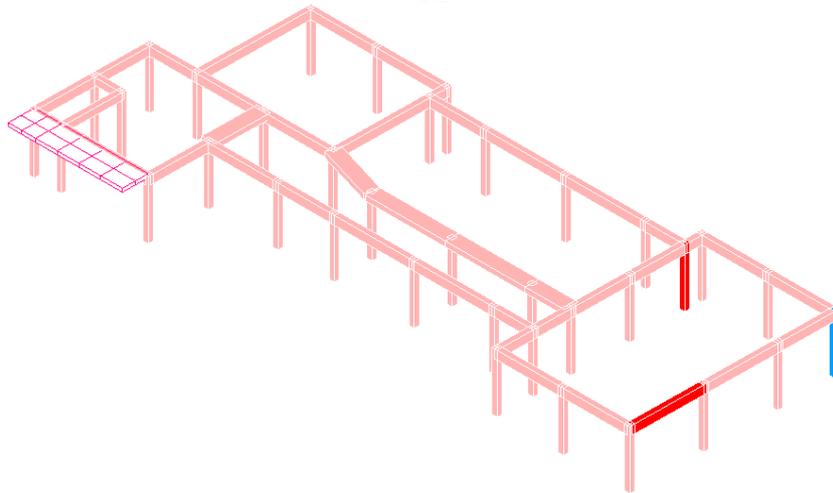
Grado di danneggiamento Push9



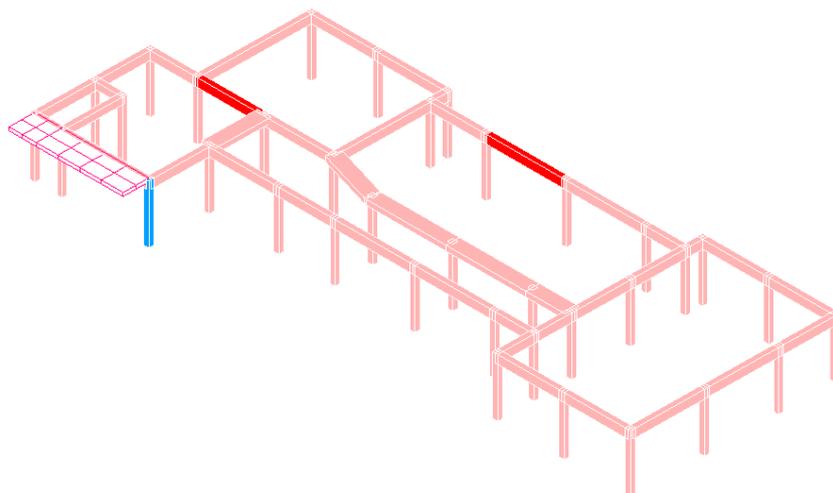
Grado di danneggiamento Push11



Grado di danneggiamento Push14

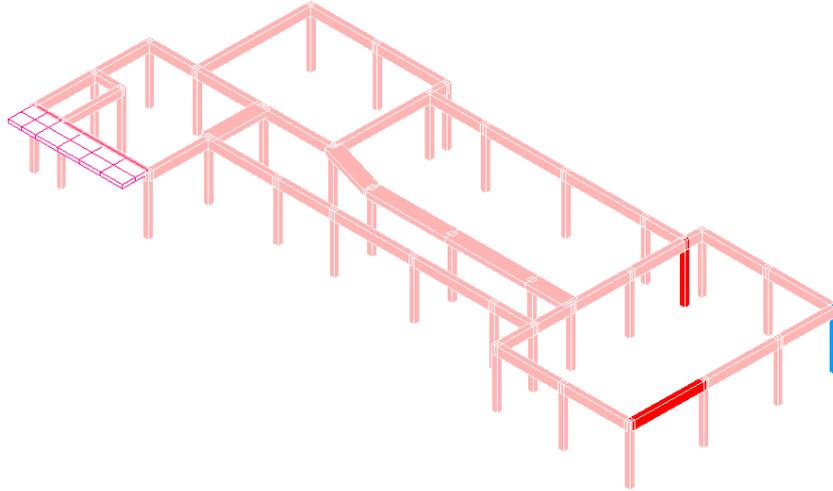


Grado di danneggiamento Push16

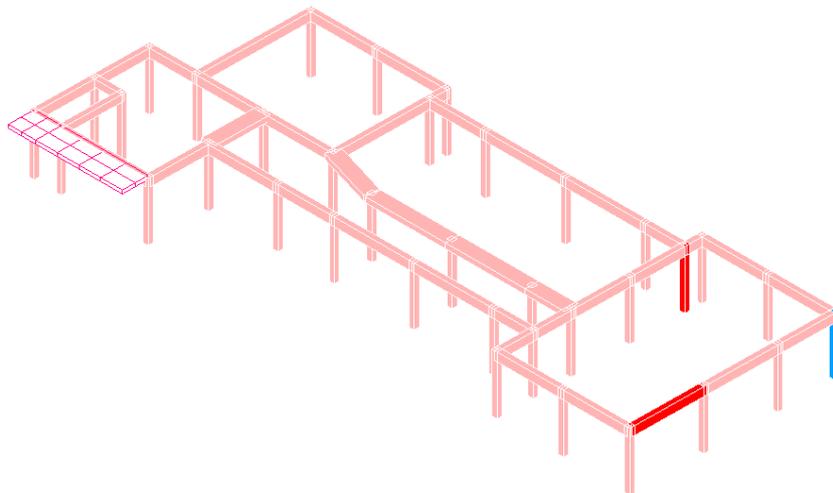




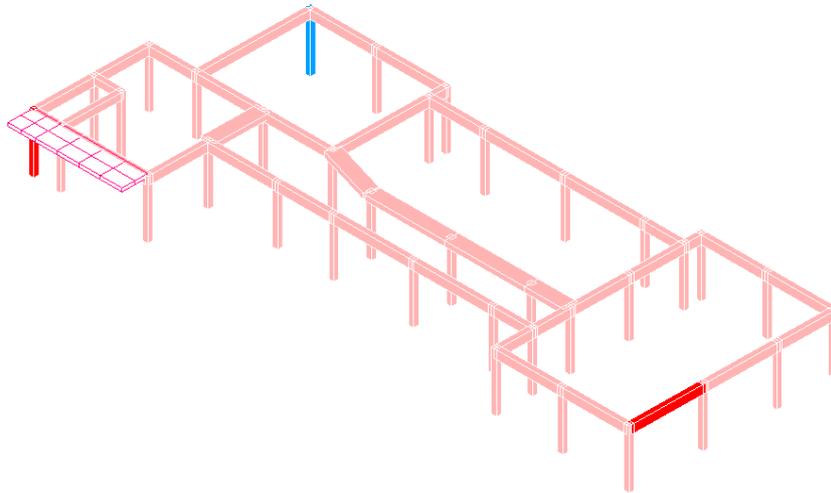
Grado di danneggiamento Push17



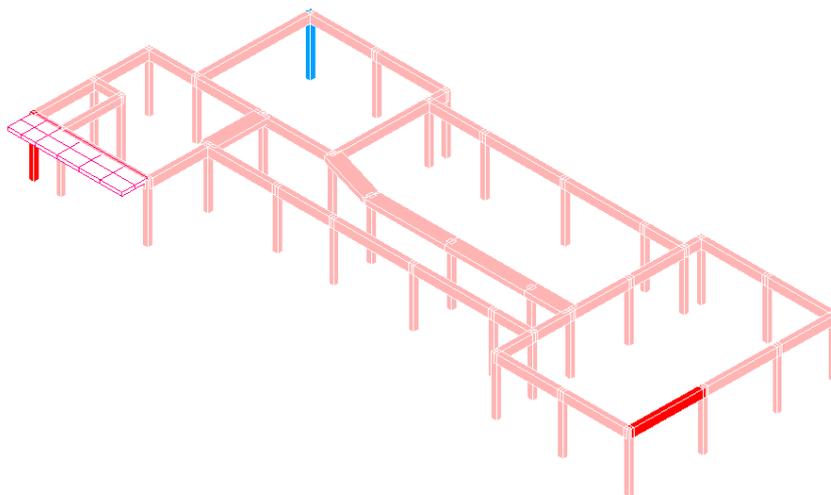
Grado di danneggiamento Push19



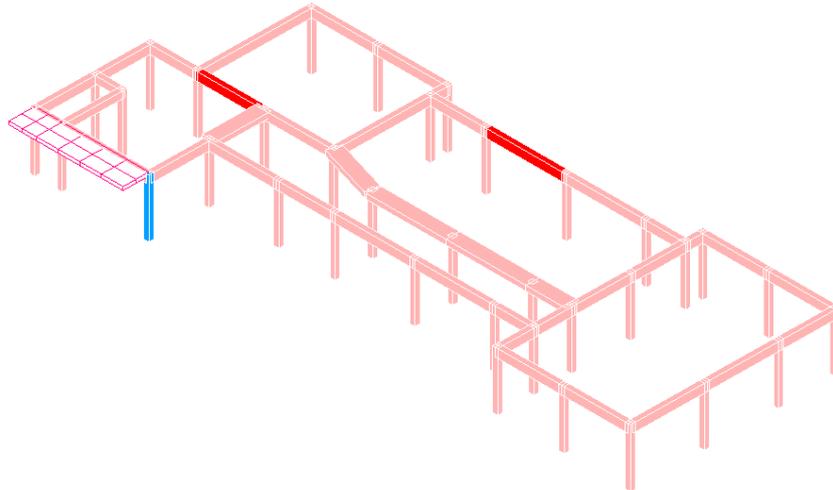
Grado di danneggiamento Push22



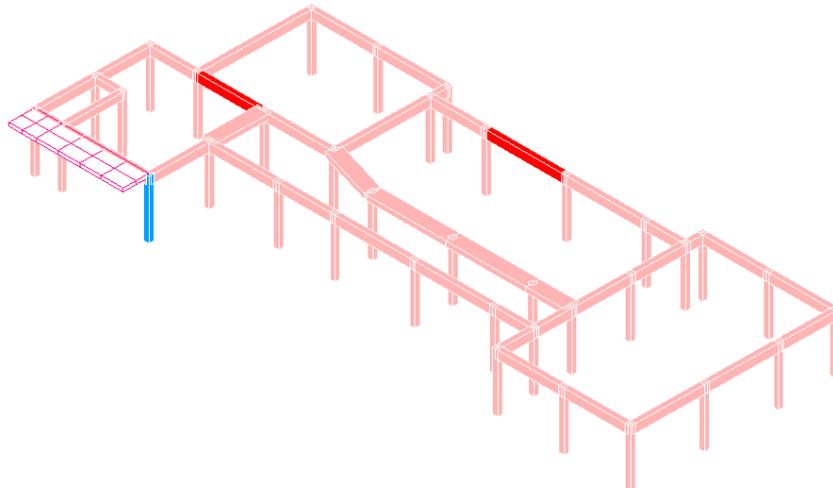
Grado di danneggiamento Push24



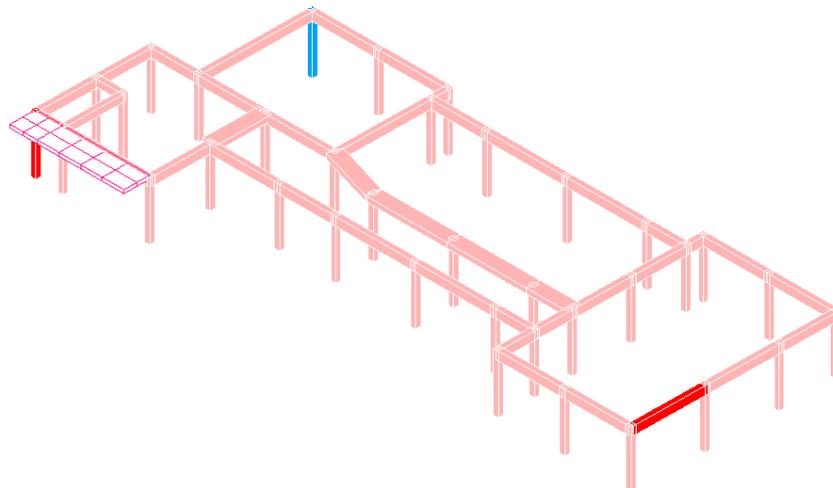
Grado di danneggiamento Push25



Grado di danneggiamento Push27



Grado di danneggiamento Push30





Grado di danneggiamento Push32

Verifiche di sicurezza nei confronti dei meccanismi locali duttili - SLV

Il confronto tra gli spostamenti, che avviene a livello globale, non è sufficiente per certificare l'idoneità della struttura nei confronti dell'azione sismica. La norma impone una verifica dell'elemento trave o pilastro, rappresentato dalla rotazione rispetto alla corda, ossia la rotazione che l'elemento esibisce tra il suo estremo e il punto di mezzeria dell'elemento costruttivo.

Le domande rotazionali degli elementi duttili sono valutate in corrispondenza della configurazione deformata definita da uno spostamento del punto di controllo pari a d_c , valutato sulla curva di capacità in corrispondenza dello step di analisi associato allo SLV, determinando le rotazioni rispetto alla corda per tutte le sezioni critiche.

Per quanto riguarda la capacità di rotazione degli elementi strutturali è noto come questa dipenda dalla geometria della sezione, dalla quantità e dalla messa in opera dell'armatura longitudinale e trasversale. L'equazione utilizzata per il calcolo della capacità θ_u (C8A.6.5 - Circolare n.617) utilizzando le proprietà dei materiali esistenti ridotte del solo $FC=1.20$ è la seguente:

$$\theta_u = \frac{1}{\gamma_{el}} \left(\theta_y + (\phi_u - \phi_y) L_{pl} \left(1 - \frac{0,5L_{pl}}{L_v} \right) \right)$$

La capacità di rotazione totale rispetto alla corda allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita SLV, come riportato nel § C8.7.2.5 della Circolare n.617, si assume pari a:

$$\theta_{SV} = \frac{3}{4} \cdot \theta_u$$

Le verifiche di sicurezza degli elementi duttili, valutate caso per caso, come rapporto tra la capacità rotazione e la rispettiva domanda dell'elemento trave o pilastro considerato, vengono riportate unicamente all'interno dei tabulati di calcolo in allegato alla presente relazione, al fine di non appesantire eccessivamente la medesima.

Verifiche di sicurezza nei confronti dei meccanismi locali fragili - SLV



La verifica viene eseguita confrontando la domanda e la capacità di taglio. In particolare, la capacità resistente in termini di taglio si valuta come per il caso di nuove costruzioni per situazioni non sismiche (C8.7.2.5 - Circolare n.617), considerando comunque la presenza delle staffe per valutare la resistenza lato calcestruzzo, anziché un contributo del conglomerato cementizio al massimo pari a quello relativo agli elementi senza armatura trasversale resistente a taglio: quest'ultima interpretazione letterale della norma, che porterebbe a trascurare completamente il contributo delle staffe, porterebbe ad un'enorme sottostima della resistenza a taglio. In sintesi il taglio resistente si valuta come il minimo tra i seguenti termini:

$$V_{rd} = \min\{V_{rsd}; V_{rcd}\}$$

Con riferimento invece all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a "taglio trazione" si calcola per le NTC 2018, come segue:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio compressione" si calcola sempre secondo le NTC 2018, così:

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) / (1 + \operatorname{ctg}^2\theta)$$

dove d , b_w e σ_{cp} hanno il significato già visto e inoltre si è posto:

A_{sw} area dell'armatura trasversale;

s interasse tra due armature trasversali consecutive;

α angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;

f'_{cd} resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ($f'_{cd} = 0,5 \cdot f_{cd}$);

α_c coefficiente maggiorativo pari a

1	per membrane non compresse
$1 + \sigma_{cp}/f_{cd}$	per $0 \leq \sigma_{cp} < 0,25 f_{cd}$
1,25	per $0,25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0,5 f_{cd}$
$2,5(1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$	per $0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$

Le resistenze dei materiali sono ottenute come media delle prove eseguite in situ e da fonti aggiuntive d'informazione, divise sia per il fattore di confidenza 1,20, sia per i coefficienti parziali dei materiali pari a 1,15 per l'acciaio e 1,50 per il calcestruzzo.

La domanda resistente in termini di taglio invece si ricava direttamente dai risultati dell'analisi ed è pari all'involuppo dei massimi tagli agenti sull'elemento derivanti dalle analisi in direzione X e Y. In particolare, nel caso di analisi PushOver con ramo degradante e stati limite che si verificano su



questo, la Circolare n.617 impone che la domanda in termini di taglio su elementi fragili sia così calcolata (C8.7.2.4):

- dall'analisi PushOver del sistema a n.g.d.l. si ricava che il taglio massimo alla base V_{bu} ;
- si individua lo spostamento D_{cu} corrispondente a tale taglio;
- se lo spostamento D_{max} relativo a un dato stato limite risulta minore di D_{cu} , il taglio negli elementi si calcola in corrispondenza di D_{max} ;
- se $D_{max} > D_{cu}$, il taglio negli elementi si calcola in corrispondenza di D_{cu} .

La resistenza dei nodi invece, deve essere tale da assicurare che non pervenga alla rottura prima delle zone della trave e del pilastro ad esso adiacenti. La verifica dei nodi deve essere eseguita solamente per i nodi non interamente confinati, valutando sia la resistenza a trazione che quella a compressione, entrambe diagonali. Le espressioni utilizzate sono le seguenti:

$$\sigma_{nt} = \left[\frac{N}{2A_g} - \sqrt{\left(\frac{N}{2A_g}\right)^2 + \left(\frac{V_n}{A_g}\right)^2} \right] \leq 0,3\sqrt{f_c} \quad \text{Resistenza a trazione}$$

$$\sigma_{nc} = \frac{N}{2A_g} + \sqrt{\left(\frac{N}{2A_g}\right)^2 + \left(\frac{V_n}{A_g}\right)^2} \leq 0,5f_c \quad \text{Resistenza a compressione}$$

Dove N indica l'azione assiale presente nel pilastro superiore, V_n indica il taglio totale agente sul nodo, considerando sia il taglio derivante dall'azione presente nel pilastro superiore, sia quello dovuto alla sollecitazione di trazione presente nell'armatura longitudinale superiore della trave, A_g indica la sezione orizzontale del nodo. Le resistenze dei materiali sono ottenute come media delle prove eseguite in situ e da fonti aggiuntive d'informazione, divise sia per il fattore di confidenza 1,20, sia per i coefficienti parziali dei materiali pari a 1,15 per l'acciaio e 1,50 per il calcestruzzo.

Il software, ad ogni step di analisi pushover, esegue automaticamente (con le sollecitazioni derivanti dal punto della curva di capacità corrispettivo) le verifiche di sicurezza fragili sia in termini di rapporto tra V_{rd}/V_{sd} (capacità tagliante degli elementi orizzontali e verticali, travi e pilastri), sia in termini di rapporti $\sigma_{nt}/0,3\sqrt{f_c}$ e $\sigma_{nc}/0,5f_c$ (capacità resistente dei nodi trave-pilastro) ed interrompe la curva stessa di capacità all'atto del raggiungimento della prima rottura fragile (associando lo SLV allo step immediatamente precedente a tale rottura).



E' evidente, dunque, come non sia necessario inserire la sintesi di tali risultati, in quanto tutti non inferiori all'unità in corrispondenza dello Stato Limite di Salvaguardia della Vita SLV.

Verifica di sicurezza degli elementi non strutturali in termini di Stabilità - SLV

Gli effetti dell'azione sismica sugli elementi costruttivi senza funzione strutturale possono essere determinati applicando agli elementi detti una forza orizzontale P_a definita come segue:

$$p_a = \frac{S_a \cdot W_a}{q_a}$$

dove: W_a è il peso della parete per unità d'altezza ($W_a = W_i / h$);

q_a è il fattore di struttura dell'elemento, individuato nella tabella sottostante pari a 2 per elementi

Tabella 7.2.I – Valori di q_a per elementi non strutturale

Elemento non strutturale	q_a
Parapetti o decorazioni aggettanti	1,0
Insegne e pannelli pubblicitari	
Ciminiere, antenne e serbatoi su supporti funzionanti come mensole senza controventi per più di metà della loro altezza	
Pareti interne ed esterne	2,0
Tramezzature e facciate	
Ciminiere, antenne e serbatoi su supporti funzionanti come mensole non controventate per meno di metà della loro altezza o connesse alla struttura in corrispondenza o al di sopra del loro centro di massa	
Elementi di ancoraggio per armadi e librerie permanenti direttamente poggianti sul pavimento	
Elementi di ancoraggio per controsoffitti e corpi illuminanti	

S_a è il coefficiente sismico da applicare;

$$S_a = \frac{a_g S}{g} \left[\frac{3(1+Z/H)}{1+(1-T_a/T_1)^2} - 0.5 \right] \geq \frac{a_g S}{g}$$

dove: S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche;

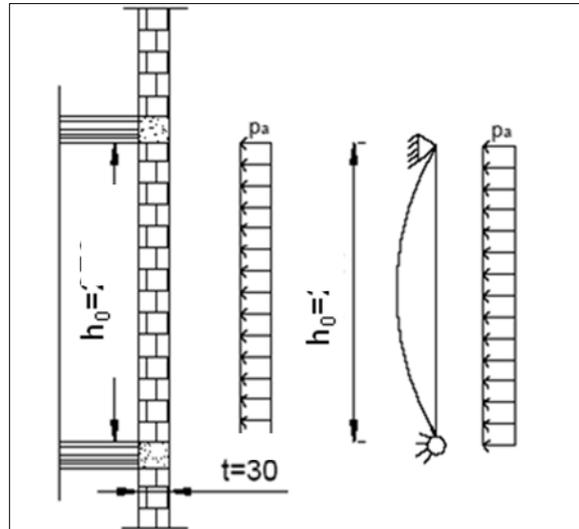
a_g/g è il rapporto tra l'accelerazione massima del terreno su suolo rigido e l'accelerazione di gravità;

Z è la quota del baricentro dell'elemento;

H è l'altezza della costruzione a partire dal piano di fondazione;

T_a è il primo periodo di vibrazione dell'elemento non strutturale;

T_1 è il primo periodo di vibrazione della struttura nella direzione considerata.



Schema di calcolo delle sollecitazioni fuori piano.

La verifica a pressoflessione si effettua confrontando il momento agente di calcolo con il momento ultimo resistente, calcolato assumendo la muratura non reagente a trazione ed una opposta distribuzione non lineare delle compressioni. Per sezioni rettangolari, il momento ultimo può essere calcolato come (§ 7.8.2.2.1 NTC – D.M. 2018):

$$M_{Sd} \leq M_{Rd} \Rightarrow M_{Rd} = \left(\frac{t^2 \cdot l \cdot \sigma_0}{2} \right) \left(1 - \frac{\sigma_0}{0.85 \cdot f_d} \right)$$

dove: M_{Rd} è il momento corrispondente al collasso per pressoflessione;

l è la lunghezza complessiva della parete;

t è lo spessore della parete;

σ_0 è la tensione normale media riferita all'area totale della sezione $\sigma_0 = N_{sd} / (l \cdot t)$, con $N_{sd} = W_i$ forza assiale agente nella sezione di verifica (peso della parete oggetto di verifica);

f_d resistenza di calcolo a compressione della muratura.

Verranno verificati sotto azione sismica corrispondente al solo SLV (ritenuto più gravoso), tutte le tamponature esterne il cui spessore superi i 100mm.

Al fine di mettere in conto la resistenza di calcolo a compressione della muratura nella valutazione del momento resistente di progetto, si assume di considerare il valore di resistenza a compressione

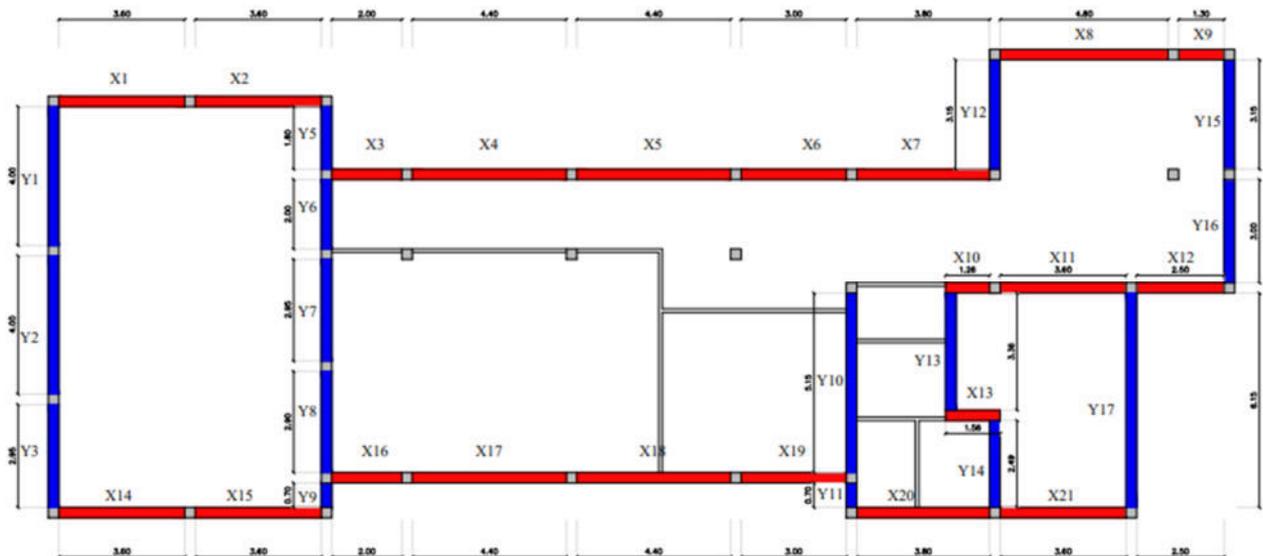


riportato nella Tabella C8A.2.1 delle circolari alle NTC2018 corrispondente alla tipologia muraria "Muratura in mattoni semipièni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤ 40%)" con riferimento al livello di conoscenza LC2 (Fattore di Confidenza pari ad 1.20). Il coefficiente parziale di sicurezza da utilizzare per le analisi sismiche lineari di strutture in muratura è pari a $\gamma_m = 2$ (§ 7.8.1.1 NTC2018).

$$f_d = f_m / (\gamma_m \cdot FC) = 8000 \text{ kN/m}^2 / (2 \cdot 1.20) = 3333 \text{ kN/m}^2$$

Per la valutazione dell'azione sismica si rimanda ai precedenti paragrafi, mentre non viene tenuta in considerazione la valutazione delle azioni trasmesse dagli impalcati in quanto gravano interamente sul telaio spaziale in c.a. e non sulle tamponature da verificare. Per le tamponature oggetto di verifica si considera un peso di volume pari $\gamma = 11 \text{ kN/m}^3$, $T_a = 0$, $H = 7\text{m}$.

Nelle tabelle seguenti si riportano le verifiche oggetto del presente paragrafo, per ciascun pannello di tamponamento ritenuto significativo ai fini della verifica stessa, appartenente ad uno specifico allineamento.



CARATTERISTICHE TAMPONATURE PERIMETRALI

PARETE	N°	l	t	h	A	W _i	A _{sol}	W _{sol}	W _{tot} = N _{sd}
		m	m	m	t*l				
X	X1	3,60	0,30	3,85	1,080	79,00	0,00	0,00	79,00
	X2	3,60	0,30	3,85	1,080	79,00	0,00	0,00	79,00
	X3	2,00	0,30	3,85	0,6	43,89	0,00	0,00	43,89

J	K ₀
m ⁴	kN/m
1,17E+00	78302,91
1,17E+00	78302,91
2,00E-01	28246,55



COMUNE DI ORISTANO

"INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA,
CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEI SOLAI ED
EFFICIENTAMENTO NELLA SCUOLA PRIMARIA
DI VIA SOLFERINO"- CUP H14I19000160001
Progetto definitivo-esecutivo

X	X4	4,40	0,30	3,85	1,32	96,56	0,00	0,00	96,56	2,13E+00	103992,04	
	X5	4,40	0,30	3,85	1,32	96,56	0,00	0,00	96,56	2,13E+00	103992,04	
	X6	3,00	0,30	3,85	0,9	65,84	0,00	0,00	65,84	6,75E-01	58994,05	
	X7	3,80	0,30	3,85	1,14	83,39	0,00	0,00	83,39	1,37E+00	84747,28	
	X8	4,80	0,30	3,85	1,440	105,34	0,00	0,00	105,34	2,76E+00	116715,24	
	X9	1,30	0,30	3,85	0,390	28,53	0,00	0,00	28,53	5,49E-02	10842,78	
	X10	1,26	0,30	3,85	0,378	27,65	0,00	0,00	27,65	5,00E-02	10049,59	
	X11	3,60	0,30	3,85	1,080	79,00	0,00	0,00	79,00	1,17E+00	78302,91	
	X12	2,50	0,30	3,85	0,750	54,86	0,00	0,00	54,86	3,91E-01	43195,89	
	X13	1,56	0,30	3,85	0,468	34,23	0,00	0,00	34,23	9,49E-02	16609,58	
	X14	3,60	0,3	3,85	1,08	79,00	0,00	0,00	79,00	1,17E+00	78302,91	
	X15	3,60	0,30	3,85	1,080	79,00	0,00	0,00	79,00	1,17E+00	78302,91	
	X16	2,00	0,30	3,85	0,600	43,89	0,00	0,00	43,89	2,00E-01	28246,55	
	X17	4,40	0,30	3,85	1,320	96,56	0,00	0,00	96,56	2,13E+00	103992,04	
	X18	4,40	0,30	3,85	1,320	96,56	0,00	0,00	96,56	2,13E+00	103992,04	
	X19	3,00	0,30	3,85	0,900	65,84	0,00	0,00	65,84	6,75E-01	58994,05	
	X20	3,80	0,30	3,85	1,140	83,39	0,00	0,00	83,39	1,37E+00	84747,28	
	X21	3,60	0,30	3,85	1,080	79,00	0,00	0,00	79,00	1,17E+00	78302,91	
	Y	Y1	4,00	0,30	3,85	1,200	87,78	0,00	0,00	87,78	1,60E+00	91180,13
		Y2	4,00	0,30	3,85	1,200	87,78	0,00	0,00	87,78	1,60E+00	91180,13
		Y3	2,95	0,30	3,85	0,885	64,74	0,00	0,00	64,74	6,42E-01	57394,94
Y5		1,80	0,30	3,85	0,540	39,50	0,00	0,00	39,50	1,46E-01	22718,81	
Y6		2,00	0,30	3,85	0,600	43,89	0,00	0,00	43,89	2,00E-01	28246,55	
Y7		2,95	0,30	3,85	0,885	64,74	0,00	0,00	64,74	6,42E-01	57394,94	
Y8		2,90	0,30	3,85	0,870	63,64	0,00	0,00	63,64	6,10E-01	55798,85	
Y9		0,70	0,30	3,85	0,210	15,36	0,00	0,00	15,36	8,58E-03	2133,69	
Y10		5,15	0,30	3,85	1,545	113,02	0,00	0,00	113,02	3,41E+00	127769,26	
Y11		0,70	0,30	3,85	0,210	15,36	0,00	0,00	15,36	8,58E-03	2133,69	
Y12		3,15	0,30	3,85	0,945	69,13	0,00	0,00	69,13	7,81E-01	63805,75	
Y13		3,36	0,30	3,85	1,008	73,74	0,00	0,00	73,74	9,48E-01	70565,41	
Y14		2,49	0,30	3,85	0,747	54,64	0,00	0,00	54,64	3,86E-01	42886,03	
Y15		3,15	0,30	3,85	0,945	69,13	0,00	0,00	69,13	7,81E-01	63805,75	
Y16		3,00	0,30	3,85	0,900	65,84	0,00	0,00	65,84	6,75E-01	58994,05	
Y17		6,15	0,30	3,85	1,845	134,96	0,00	0,00	134,96	5,82E+00	158960,77	

VERIFICHE

PARETE	N°	S _α	P _α	□ ₀	M _{Rd}	M _{Sd}	VERIFICA M _{Rd} /M _{Sd}
				N _{Sd} /A			
			kN/m	kN/m ²	kNm	kNm	
X	X1	0,14	1,48	73,15	10,91	2,75	3,97
	X2	0,14	1,48	73,15	10,91	2,75	3,97
	X3	0,14	0,82	73,15	6,06	1,53	3,97
	X4	0,14	1,81	73,15	13,33	3,36	3,97



	X5	0,14	1,81	73,15	13,33	3,36	3,97
	X6	0,14	1,24	73,15	9,09	2,29	3,97
	X7	0,14	1,57	73,15	11,51	2,90	3,97
	X8	0,14	1,98	73,15	14,55	3,66	3,97
	X9	0,14	0,54	73,15	3,94	0,99	3,97
	X10	0,14	0,52	73,15	3,82	0,96	3,97
	X11	0,14	1,48	73,15	10,91	2,75	3,97
	X12	0,14	1,03	73,15	7,58	1,91	3,97
	X13	0,14	0,64	73,15	4,73	1,19	3,97
	X14	0,14	1,48	73,15	10,91	2,75	3,97
	X15	0,14	1,48	73,15	10,91	2,75	3,97
	X16	0,14	0,82	73,15	6,06	1,53	3,97
	X17	0,14	1,81	73,15	13,33	3,36	3,97
	X18	0,14	1,81	73,15	13,33	3,36	3,97
	X19	0,14	1,24	73,15	9,09	2,29	3,97
	X20	0,14	1,57	73,15	11,51	2,90	3,97
	X21	0,14	1,48	73,15	10,91	2,75	3,97
Y	Y1	0,14	1,65	73,15	12,12	3,05	3,97
	Y2	0,14	1,65	73,15	12,12	3,05	3,97
	Y3	0,14	1,22	73,15	8,94	2,25	3,97
	Y5	0,14	0,74	73,15	5,45	1,37	3,97
	Y6	0,14	0,82	73,15	6,06	1,53	3,97
	Y7	0,14	1,22	73,15	8,94	2,25	3,97
	Y8	0,14	1,19	73,15	8,79	2,21	3,97
	Y9	0,14	0,29	73,15	2,12	0,53	3,97
	Y10	0,14	2,12	73,15	15,61	3,93	3,97
	Y11	0,14	0,29	73,15	2,12	0,53	3,97
	Y12	0,14	1,30	73,15	9,55	2,40	3,97
	Y13	0,14	1,38	73,15	10,18	2,56	3,97
	Y14	0,14	1,03	73,15	7,55	1,90	3,97
	Y15	0,14	1,30	73,15	9,55	2,40	3,97
	Y16	0,14	1,24	73,15	9,09	2,29	3,97
	Y17	0,14	2,53	73,15	18,64	4,69	3,97

Il livello di sicurezza sismico in riferimento alle verifiche effettuate risulta essere superiore all'Adeguamento Sismico per tutte le tamponature, nello specifico pari ad **3.97**.

Verifica di sicurezza degli impianti in termini di Stabilità - SLV

Le verifiche di sicurezza degli impianti in termini di stabilità allo stato limite SLV, non verranno condotte in quanto non vi è nessun impianto che possa perdere la propria funzionalità a seguito dell'azione sismica allo SL e alla CU considerati.



Verifiche di sicurezza degli elementi strutturali in termini di contenimento del danno agli elementi non strutturali - SLO

Ai sensi del § 7.3.6.1 delle NTC2018, sebbene non richiesto espressamente dalle norme, verranno anche effettuate le verifiche di sicurezza allo SLO in termini di rigidezza (RIG), così da poter determinare la classe di rischio sismico così come specificato dalle linee guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni allegate al D.M. n.58 del 28/02/2017, del Ministro delle Infrastrutture e Trasporti. E' stato scelto – come stato limite di esercizio - lo SLO, essendo tale scelta del tutto arbitraria per il fatto che è possibile ricavare i parametri richiesti dalle linee guida per tutti gli altri stati limite non analizzati per mezzo di una semplice proporzione fornita dalle linee guida stesse (nota n.3, §2.1 delle suddette linee guida).

Per quanto riguarda tali verifiche, queste verranno effettuate mediante un'analisi dinamica lineare (sismica) equivalente con spettro di progetto, verificando che la deformazione degli elementi strutturali conseguente al sisma non produca sugli elementi non strutturali danni tali da rendere la costruzione temporaneamente inagibile, come specificato al §7.3.6.1 delle NTC2018. Per quanto riguarda le costruzioni in classe d'uso III, sarà sufficiente confrontare gli spostamenti di interpiano ottenuti dall'analisi in presenza di sisma allo SLO con il limite seguente:

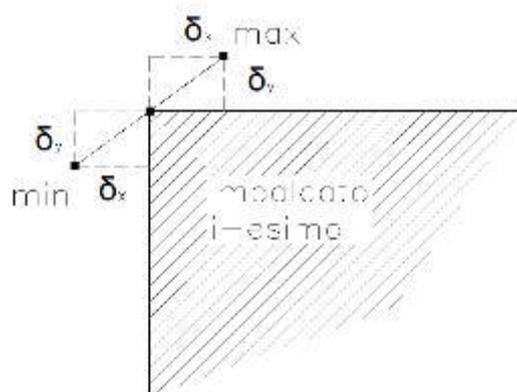
$$d_r \leq \frac{2}{3} q \cdot 0.005h = 0.0033h = 11.33 [mm]$$

dove si è posto $q = 1$, conformemente a quanto stabilito per gli SLO dalla tabella 7.3.I delle NTC2018. Nella formulazione precedente d_r è lo spostamento di interpiano, ovvero la differenza tra gli spostamenti al solaio superiore ed inferiore, mentre h è l'altezza di piano.

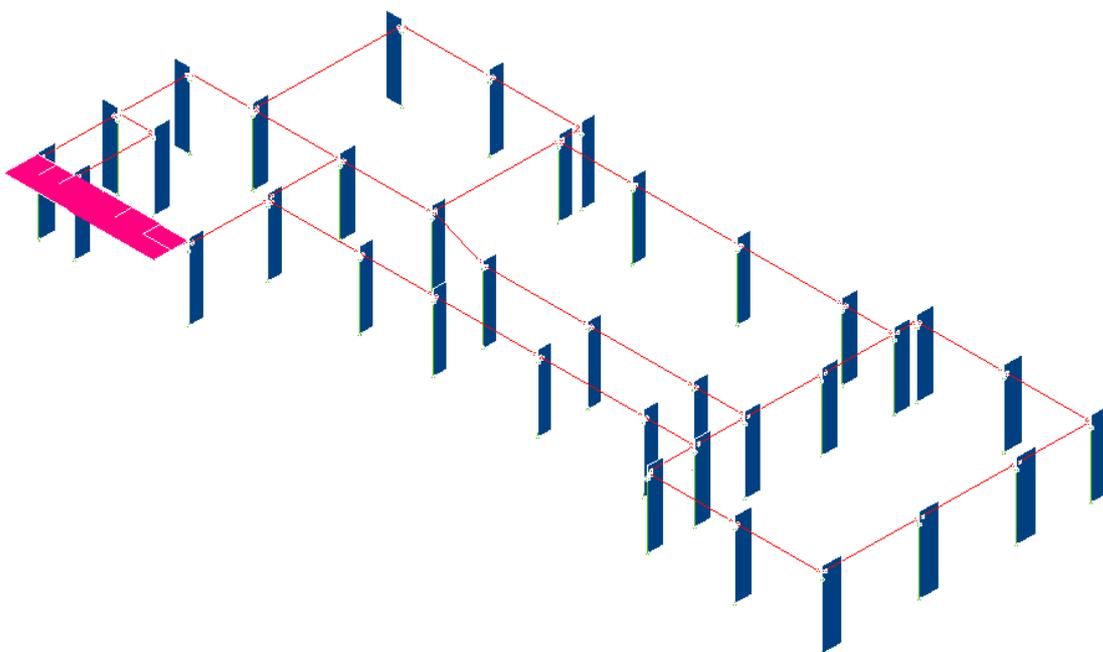
La verifica di sicurezza viene condotta sui nodi d'angolo, secondo la seguente formulazione:

$$d_r = \sqrt{(\delta_x^{i+1} - \delta_x^i)^2 + (\delta_y^{i+1} - \delta_y^i)^2}$$

Nella figura seguente si riporta la rappresentazione grafica dello spostamento - massimo e minimo - del generico nodo d'angolo, in cui si mostra anche la nomenclatura utilizzata nelle formulazioni per il calcolo del *drift* di piano.



Rappresentazione grafica spostamento nodo d'angolo di impalcato generico



Rappresentazione grafica spostamento nodo d'angolo di impalcato generico

SPOSTAMENTI SISMICI RELATIVI													
IDENTIFICATIVO				INVILUPPO S.L.D.					INVILUPPO S.L.O.				Stringa di Controllo Verifica
Filo N.ro	Quota inf. (m)	Quota sup. (m)	Nodo inf. N.ro	Nodo sup. N.ro	Sis ma N.ro	Com bin N.ro	Spostam. Calcolo (mm)	Spostam. Limite (mm)	Sis ma N.ro	Com bin N.ro	Spostam. Calcolo (mm)	Spostam. Limite (mm)	
1	0.00	3.40	1	2	1	3	2.183	17.000	1	3	1.754	11.333	VERIFICATO
2	0.00	3.40	3	4	1	3	2.193	17.000	1	3	1.762	11.333	VERIFICATO
3	0.00	3.40	5	6	1	3	2.222	17.000	1	3	1.786	11.333	VERIFICATO
4	0.00	3.40	7	8	1	3	2.253	17.000	1	3	1.810	11.333	VERIFICATO



SPOSTAMENTI SISMICI RELATIVI													
IDENTIFICATIVO				INVILUPPO S.L.D.				INVILUPPO S.L.O.				Stringa di Controllo Verifica	
Filo N.ro	Quota inf. (m)	Quota sup. (m)	Nodo inf. N.ro	Nodo sup. N.ro	Sis ma Nro	Com bin Nro	Spostam. Calcolo (mm)	Spostam. Limite (mm)	Sis ma Nro	Com bin Nro	Spostam. Calcolo (mm)		Spostam. Limite (mm)
5	0.00	3.40	9	10	1	3	2.071	17.000	1	3	1.663	11.333	VERIFICATO
6	0.00	3.40	11	12	1	3	1.994	17.000	1	3	1.601	11.333	VERIFICATO
7	0.00	3.40	13	14	1	3	1.890	17.000	1	3	1.517	11.333	VERIFICATO
8	0.00	3.40	15	16	1	3	1.806	17.000	1	3	1.449	11.333	VERIFICATO
9	0.00	3.40	17	18	1	3	1.811	17.000	1	3	1.453	11.333	VERIFICATO
10	0.00	3.40	19	20	1	3	1.818	17.000	1	3	1.459	11.333	VERIFICATO
11	0.00	3.40	21	22	1	3	1.876	17.000	1	3	1.506	11.333	VERIFICATO
12	0.00	3.40	23	24	1	3	1.850	17.000	1	3	1.484	11.333	VERIFICATO
13	0.00	3.40	25	26	1	3	1.701	17.000	1	3	1.363	11.333	VERIFICATO
14	0.00	3.40	27	28	1	3	1.708	17.000	1	3	1.370	11.333	VERIFICATO
15	0.00	3.40	29	30	1	3	1.770	17.000	1	3	1.420	11.333	VERIFICATO
16	0.00	3.40	31	32	1	13	1.505	17.000	1	13	1.206	11.333	VERIFICATO
17	0.00	3.40	33	34	1	15	1.489	17.000	1	15	1.193	11.333	VERIFICATO
18	0.00	3.40	35	36	1	3	1.556	17.000	1	3	1.247	11.333	VERIFICATO
19	0.00	3.40	37	38	1	12	1.506	17.000	1	12	1.208	11.333	VERIFICATO
20	0.00	3.40	39	40	1	12	1.508	17.000	1	12	1.210	11.333	VERIFICATO
21	0.00	3.40	41	42	1	12	1.505	17.000	1	12	1.209	11.333	VERIFICATO
22	0.00	3.40	43	44	1	12	1.582	17.000	1	12	1.270	11.333	VERIFICATO
23	0.00	3.40	45	46	1	12	1.585	17.000	1	12	1.273	11.333	VERIFICATO
24	0.00	3.40	47	48	1	12	1.581	17.000	1	12	1.271	11.333	VERIFICATO
25	0.00	3.40	49	50	1	12	1.585	17.000	1	12	1.274	11.333	VERIFICATO
26	0.00	3.40	51	52	1	12	1.677	17.000	1	12	1.348	11.333	VERIFICATO
27	0.00	3.40	53	54	1	12	1.680	17.000	1	12	1.351	11.333	VERIFICATO
28	0.00	3.40	55	56	1	12	1.675	17.000	1	12	1.346	11.333	VERIFICATO
29	0.00	3.40	57	58	1	12	1.680	17.000	1	12	1.352	11.333	VERIFICATO
30	0.00	3.40	59	60	1	12	1.771	17.000	1	12	1.426	11.333	VERIFICATO
31	0.00	3.40	61	62	2	28	1.837	17.000	2	28	1.479	11.333	VERIFICATO
32	0.00	3.40	63	64	1	12	1.797	17.000	1	12	1.447	11.333	VERIFICATO
33	0.00	3.40	65	66	1	12	1.795	17.000	1	12	1.445	11.333	VERIFICATO
34	0.00	3.40	67	68	2	28	1.845	17.000	2	28	1.484	11.333	VERIFICATO
35	0.00	3.40	69	70	1	12	1.834	17.000	1	12	1.476	11.333	VERIFICATO
36	0.00	3.40	71	72	2	28	1.866	17.000	2	28	1.501	11.333	VERIFICATO

Il livello di sicurezza sismico in riferimento alle verifiche effettuate risulta essere superiore all'Adeguamento Sismico per tutti i nodi.

13-2 Elaborati di sintesi delle verifiche condotte:

Per quanto concerne la visione del quadro d'insieme degli elementi non verificati si rimanda al § 13.2, dove sono riportate le mappature delle cerniere plastiche per ogni combinazione analizzata.



14. DETERMINAZIONE DELL'INDICATORE DI RISCHIO - ANTE OPERAM

14-1 Indicatore di Rischio per le strutture in cemento armato:

In questo paragrafo si riassumono i risultati delle verifiche tecniche precedenti, riportando i valori di sicurezza dell'edificio in riferimento sia alle verifiche nei confronti dei meccanismi globali (pushover), sia alle verifiche nei confronti degli elementi non strutturali in termini di stabilità, che alle verifiche nei confronti degli elementi strutturali in termini di danneggiamento agli elementi non strutturali, esplicitandoli però in funzione di indicatori di rischio sismico. Si utilizzeranno due diverse tipologie di indicatori di rischio, una in termini di accelerazione al suolo (PGA – *Peak Ground Acceleration*) e l'altra in termini di tempo di ritorno (T_R): in entrambi i casi si effettuerà un rapporto tra Capacità e Domanda.

$$I_{R,SLV} = \frac{PGA_C}{PGA_D}$$

$$I_{R,SLV} = \left(\frac{T_{R,C}}{T_{R,D}} \right)^{0.41}$$

Nella formulazione precedente, l'indicatore di rischio in termini di tempo di ritorno va elevato a 0.41, al fine di non restituire valori fuori scala rispetto a quelli ottenibili col rapporto tra le accelerazioni.

In riferimento alle analisi statiche non lineari (pushover), si fa notare come il calcolo degli indicatori di rischio sismico venga effettuato in automatico dal software attraverso un procedimento iterativo sulla domanda; questa viene fatta variare fino a trovare il massimo valore sostenibile, tale cioè da garantire il soddisfacimento contemporaneo delle due seguenti condizioni:

- capacità=domanda (in termini di spostamento globale massimo)
- $q^* < 3.0$ (§ 7.8.1.6 delle NTC2018).



COMUNE DI ORISTANO

**"INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA,
CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEI SOLAI ED
EFFICIENTAMENTO NELLA SCUOLA PRIMARIA
DI VIA SOLFERINO"- CUP H14I19000160001**

Progetto definitivo-esecutivo

Tipo di Analisi	Analisi n.	Capacità in termini di accelerazione $PGA_C [g]$	Capacità in termini di t. di rit. $T_{R,C} [anni]$	Domanda in termini di accelerazione $PGA_D [g]$	Domanda in termini di t. di rit. $T_{R,D} [anni]$	$I_{R,SLV} = \frac{PGA_C}{PGA_D}$	$I_{R,SLV} = \left(\frac{T_{R,C}}{T_{R,D}}\right)^{0.4}$
Gruppo 2 direz. +X +Mt	1	0.029	80	0.055	712	0.520	0.407
Gruppo 2 direz. +Y +Mt	3	0.032	105	0.055	712	0.578	0.455
Gruppo 1 direz. -X +Mt	6	0.023	48	0.055	712	0.419	0.330
Gruppo 1 direz. -Y +Mt	8	0.033	122	0.055	712	0.609	0.484
Gruppo 2 direz. +X +Mt	9	0.029	86	0.055	712	0.535	0.419
Gruppo 2 direz. +Y +Mt	11	0.032	105	0.055	712	0.578	0.455
Gruppo 1 direz. -X +Mt	14	0.023	48	0.055	712	0.419	0.479
Gruppo 1 direz. -Y +Mt	16	0.033	119	0.055	712	0.604	0.225
Gruppo 2 direz. +X -Mt	17	0.032	111	0.055	712	0.589	0.465
Gruppo 2 direz. +Y -Mt	19	0.033	119	0.055	712	0.604	0.225
Gruppo 1 direz. -X -Mt	22	0.020	34	0.055	712	0.358	0.286
Gruppo 1 direz. -Y -Mt	24	0.032	109	0.055	712	0.586	0.462
Gruppo 2 direz. +X -Mt	25	0.031	98	0.055	712	0.564	0.442
Gruppo 2 direz. +Y -Mt	27	0.048	401	0.055	712	0.867	0.790
Gruppo 1 direz. -X -Mt	30	0.019	33	0.055	712	0.353	0.283



COMUNE DI ORISTANO

**"INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA,
CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEI SOLAI ED
EFFICIENTAMENTO NELLA SCUOLA PRIMARIA
DI VIA SOLFERINO"- CUP H14I19000160001**
Progetto definitivo-esecutivo

Gruppo I direz. -Y -Mt	32	0.032	106	0.055	712	0.580	0.457
------------------------------	----	-------	-----	-------	-----	-------	-------

Dalle analisi delle tabelle precedenti relative al corpo di fabbrica, si contano – su un totale di 16 curve di capacità – n.16 indicatori di rischio inferiori all'unità, e dunque altrettante verifiche di sicurezza allo SLV non soddisfatte. Nello specifico, si nota che l'indicatore di rischio più basso – in riferimento alle verifiche di sicurezza globali nel piano delle pareti allo SLV – risulta essere l'indicatore associato alla curva n. 30, relativo ad una distribuzione di spinta di tipo "proporzionale alle masse", applicata in direzione -X con associato momento torcente negativo (-Mt): tale analisi presenta un indice di rischio in termini di accelerazione al suolo (PGA) pari a 0.353 (35.30%) e pari a 0.283 (28.3%) in termini di tempo di ritorno.

Per quanto riguarda, invece, le verifiche nei confronti degli elementi non strutturali in termini di stabilità (allo SLV) e le verifiche degli elementi strutturali in termini di contenimento del danno agli elementi non strutturali (allo SLO), al fine di non appesantire la relazione con tabulati eccessivamente lunghi, si decide di non riportare nel seguito una tabella riassuntiva con gli indicatori di rischio sismico, essendo questi ultimi tutti superiori all'unità.

La vulnerabilità sismica allo stato attuale dell'intero edificio risulta quindi essere pari al **35.3%**, del valore unitario di sicurezza in termini di accelerazione su suolo e pari al **28.3%** in termini di tempo di ritorno. Il tempo di ritorno associato alla capacità dell'intero edificio risulta essere di **33 [anni]**.



COMUNE DI ORISTANO

**"INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA,
CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEI SOLAI ED
EFFICIENTAMENTO NELLA SCUOLA PRIMARIA
DI VIA SOLFERINO" - CUP H14I19000160001**
Progetto definitivo-esecutivo

15. VALUTAZIONE CRITICA DELL'INDICATORE DI RISCHIO - ANTE OPERAM

Come evidenziato dalle verifiche non soddisfatte in ambito di analisi statica non lineare, tabella "Indicatori di rischio sismico allo SLV (analisi pushover)" del § 14 del presente documento, la struttura in esame presenta una grave debolezza sia nella direzione globale longitudinale allo sviluppo maggiore in pianta sia nella direzione trasversale; si nota, infatti, come gli indicatori di rischio sismico globale siano tutti inferiori all'unità, non riscontrando direzioni preferenziali di "debolezza".

Oltre a ciò, si riscontra anche una ridotta capacità della struttura globale ad assorbire azioni sismiche orizzontali, come evidenziato dagli elaborati grafici di sintesi delle verifiche condotte oltre che dai tabulati di calcolo, i quali dimostrano un danneggiamento "premature" e fragile (in concomitanza, cioè, dei primi passi di analisi) associato agli elementi nodi, certamente penalizzati dal fatto di essere "poveri" di armatura trasversale; la presenza di basse percentuali di armatura nei nodi, fa terminare "presto" le analisi di capacità, anche laddove non interrotte dalle rotture per taglio, indice questo di una spiccatamente bassa duttilità della struttura nel suo complesso.

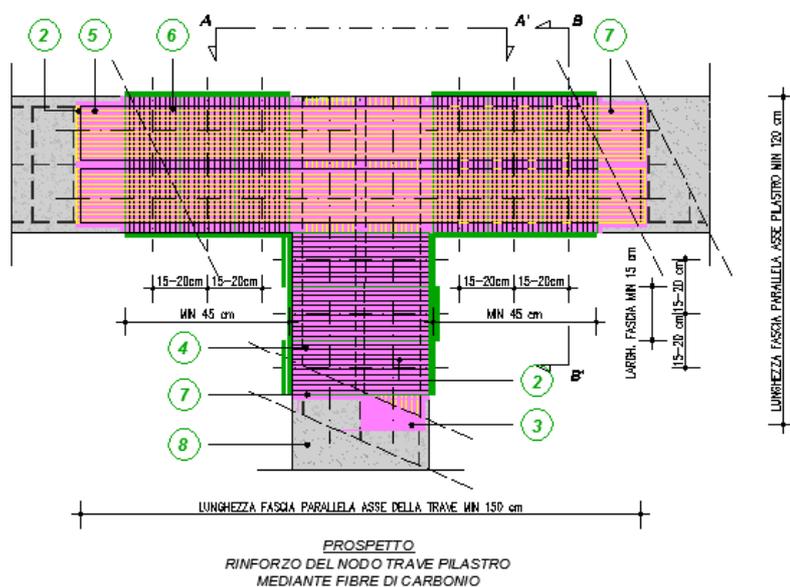
Per questo motivo, come meglio evidenziato all'interno del § 16 del presente documento, si è deciso di proporre un rinforzo locale e diffuso, tramite fasciature quadriassiali in fibra di carbonio incollata con resina epossidica, per tutte quelle zone nodali classificate come non "confinata" ai sensi delle NTC2018.



16. ADEGUAMENTO ALLA VIGENTE NORMATIVA SISMICA

16-1 Ipotesi di intervento unica:

Si ipotizza, al fine di ottenere una condizione di adeguamento strutturale dei nodi travi-pilastro, di rinforzare simicamente i nodi non confinati del corpo di fabbrica: sostanzialmente gli incroci nodali, esterni, che hanno i pilastri non confinati su tutte e quattro le facce da travi calate. Il rinforzo consisterà nell'applicazione di un tessuto quadriassiale bilanciato in fibra di carbonio e resina epossidica di incollaggio, al fine di rendere le relative verifiche di sicurezza non inferiori all'unità (situazione corrispondente a quella di un adeguamento sismico delle resistenze nodali).

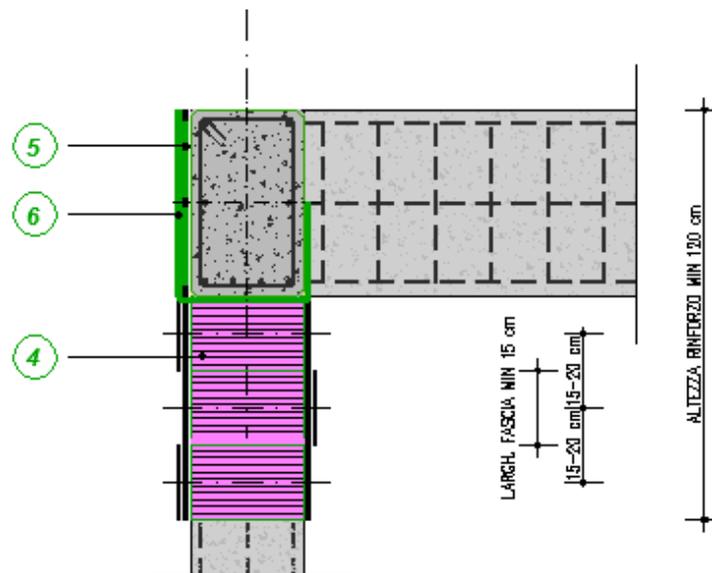
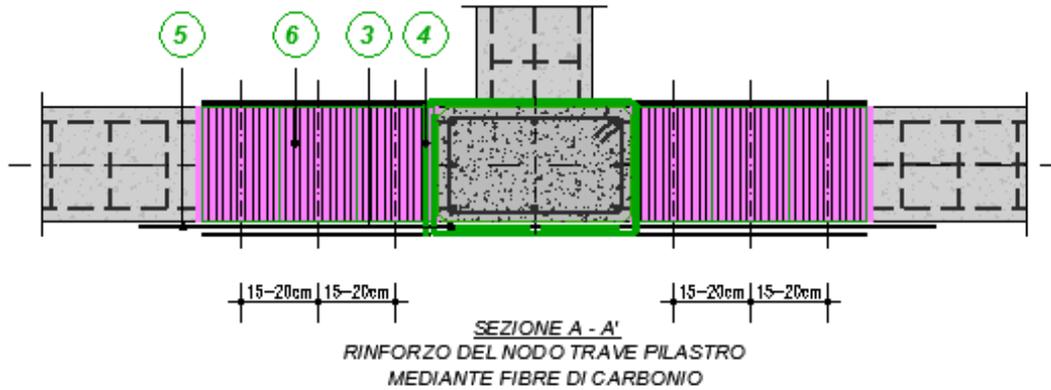




COMUNE DI ORISTANO

"INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA,
CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEI SOLAI ED
EFFICIENTAMENTO NELLA SCUOLA PRIMARIA
DI VIA SOLFERINO" - CUP H14I19000160001

Progetto definitivo-esecutivo



Particolari adeguamento nodi travi-pilastro

Per tali tessuti quadriassiali dovrà essere garantito un corretto ancoraggio sul nodo stesso, ad esempio messo in atto mediante l'utilizzo di fiocchi di ancoraggio in FRP alle estremità dei tessuti. L'intervento sarà considerato efficace solo se alle estremità del rinforzo verranno disposti dei sistemi di ancoraggio che permetteranno al tessuto di lavorare prevenendo la frattura per trazione.



Si devono verificare le condizioni di sollecitazione diagonale, di compressione e di trazione, che si generano sul nodo non confinato a seguito dell'evento sismico. Il rinforzo è pensato efficace solo lungo la biella tesa. Nessun affidamento può porsi sull'FRP disposto lungo la biella compressa. Le espressioni da utilizzare per le verifiche di sicurezza sono le seguenti (quella relativa alla resistenza a trazione della biella tesa è stata modificata per tener conto della presenza del tessuto):

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_{nt} = \left| \frac{N}{2A_g} - \sqrt{\left(\frac{N}{2A_g}\right)^2 + \left(\frac{V_n}{A_g}\right)^2} \right| \leq \max\{0.3\sqrt{f_c}; 0.004 \cdot E_f\} \text{ per la biella tesa} \\ \sigma_{nc} = \frac{N}{2A_g} + \sqrt{\left(\frac{N}{2A_g}\right)^2 + \left(\frac{V_n}{A_g}\right)^2} \leq 0.5f_c \text{ per la biella compressa} \end{array} \right.$$

Nelle formulazioni precedenti N indica l'azione assiale presente nel pilastro superiore, V_n indica il taglio agente totale sul nodo, considerando sia il taglio derivante dall'azione presente nel pilastro superiore, sia quello dovuto alla sollecitazione di trazione presente nell'armatura longitudinale superiore della trave, A_g indica la sezione orizzontale del nodo. La resistenza f_c del calcestruzzo è ottenuta come media delle prove eseguite in situ, divisa per il fattore di confidenza e per il coefficiente parziale, $f_c = 8.04[\text{MPa}]$, mentre per quanto riguarda il modulo di elasticità a trazione del composito, si assume $E_f = 23000[\text{Mpa}]$ per il tessuto quadriassiale. Si ipotizza inoltre che le travi abbiano raggiunto le condizioni di snervamento in entrambe le armature.

Per le verifiche, si è scelto di procedere al calcolo del rinforzo secondo la Modalità 1 esposta nella LG2009, che prevede l'utilizzo di due coefficienti riduttivi che penalizzano la resistenza, $\alpha_{ff} = 0.9$, e la rigidezza, $\alpha_{fE} = 0.9$, delle fibre. Nella tabella seguente vengono riassunti i principali parametri meccanici del rinforzo.

Caratteristiche tessuto composito	Valori adoperati nel calcolo
Modalità 1 con $\alpha_{ff} = \alpha_{fE}$	= 0.9
Coefficiente di conversione ambientale η_a	= 0.95
Modulo di elasticità nella direzione delle fibre $\alpha_{fE} \cdot E_f$	= $0.9 \cdot 190000[\text{MPa}] = 171000[\text{MPa}]$
Resistenza caratteristica $\alpha_{ff} \cdot f_{fk}$	= $0.9 \cdot 3100[\text{MPa}] = 2790[\text{MPa}]$
Deformazione caratteristica a rottura ε_{fk}	= $(2790/171000) = 0.0163 = 1.63\%$
Spessore dello strato equivalente $t_{f,1}$	= 1.40[mm]



COMUNE DI ORISTANO
**"INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA,
CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEI SOLAI ED
EFFICIENTAMENTO NELLA SCUOLA PRIMARIA
DI VIA SOLFERINO" - CUP H14I19000160001**
Progetto definitivo-esecutivo

Particolare rinforzo a taglio Pilastri

Per una miglior comprensione degli interventi di seguito illustrati si rimanda alle tavole grafiche allegate alla presente.



17. DETERMINAZIONE DELL'INDICATORE DI RISCHIO - POST OPERAM

17-1 Indicatore di Rischio per le strutture in cemento armato:

Nelle seguenti figure sono riportate le 16 curve di capacità riferite sia al sistema MDOF che al sistema ad 1 g.d.l. (SDOF), oltre che i vari parametri – in forma tabellare - che consentono di giungere alla verifica di sicurezza vera e propria.

RISULTATI GENERALI PUSH-OVER			
PUSH-OVER N.ro	1 -	Distrib.Forze Prop.Modolo:+Fx+0.3*Fy+Ecc5%	
Angolo Ingr. Sisma (Grd)	0	Numero collassi totali	1
Numero passo Resist.Max.	39	Numero passi significativi	39
Massa SDOF (t)	228.90	Taglio alla base max. (t)	66.97
Coeff. Partecipazione	1.00	Resistenza SDOF (t)	63.36
Rigidità SDOF (t/m)	18876.43	Spostam. Snervam. SDOF mm	3.36
Periodo SDOF (sec)	0.22	Rapporto di incrudimento	0.000
Rapporto Alfau/alfa1	5.136	Fattore di comportamento	2.705
Coeff Smorzam.Equival.(%)	31	Duttilità	5.789
STATO LIMITE DI OPERATIVITA'			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	1.134	Spostamento mm	6.577
S.L. Operativita'	VERIFICATO	Numero passo precedente	26
PgaLO/g	0.074	ZetaE=PgaLO/Pga 81%	3.370
Rapporto q*=Fe/Fy	0.34	TrCLO (anni)	2400
Tempo Intervento (anni)	2657	(TrCLO/TDL0)^a	5.137
STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	3.133	Spostamento mm	16.237
S.L. Salvaguardia Vita	VERIFICATO	Numero passo precedente	37
PgaLV/g	0.075	ZetaE=PgaLV/Pga 10%	1.358
Rapporto q*=Fe/Fy	0.93	Asta3D Nro	5
Tempo Intervento (anni)	174	TrCLV (anni)	2475
-----		(TrCLV/TDLV)^a	1.670

Il livello di sicurezza sismico in riferimento alla verifica effettuata (Curva capacità distribuzione Gruppo 2, direzione +X ed eccentricità +) risulta essere superiore a quello prestabilito dalle NTC2018 per le nuove costruzioni, con coefficiente di sicurezza pari a **1.358**.

RISULTATI GENERALI PUSH-OVER			
PUSH-OVER N.ro	3 -	Distrib.Forze Prop.Modolo:+Fy+0.3*Fx+Ecc5%	



Angolo Ingr. Sisma (Grd)	90	Numero collassi totali	1
Numero passo Resist.Max.	46	Numero passi significativi	46
Massa SDOF (t)	228.90	Taglio alla base max. (t)	78.69
Coeff. Partecipazione	1.00	Resistenza SDOF (t)	77.75
Rigidezza SDOF (t/m)	25101.48	Spostam. Snervam. SDOF mm	3.10
Periodo SDOF (sec)	0.19	Rapporto di incrudimento	0.000
Rapporto Alfau/alfa1	5.264	Fattore di comportamento	4.370
Coeff Smorzam.Equival.(%)	34	Duttilita	11.915
STATO LIMITE DI OPERATIVITA'			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	0.853	Spostamento mm	10.814
S.L. Operativita'	VERIFICATO	Numero passo precedente	44
PgaLO/g	0.075	ZetaE=PgaLO/Pga 81%	3.394
Rapporto q*=Fe/Fy	0.28	TrCLO (anni)	2475
Tempo Intervento (anni)	2740	(TrCLO/TDLO)^a	5.202
STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	2.241	Spostamento mm	27.805
S.L. Salvaguardia Vita	VERIFICATO	Numero passo precedente	44
PgaLV/g	0.075	ZetaE=PgaLV/Pga 10%	1.358
Rapporto q*=Fe/Fy	0.72	Asta3D Nro	33
Tempo Intervento (anni)	174	TrCLV (anni)	2475
-----		(TrCLV/TDLV)^a	1.670

Il livello di sicurezza sismico in riferimento alla verifica effettuata (Curva capacità distribuzione Gruppo 2, direzione +Y e eccentricità +) risulta essere superiore a quello prestabilito dalle NTC2018 per le nuove costruzioni, con coefficiente di sicurezza pari a **1.358**.

RISULTATI GENERALI PUSH-OVER			
PUSH-OVER N.ro	6 -	Distrib.Forze Prop.Massa:-Fx+0.3*Fy+Ecc5%	
Angolo Ingr. Sisma (Grd)	180	Numero collassi totali	1
Numero passo Resist.Max.	44	Numero passi significativi	44
Massa SDOF (t)	228.90	Taglio alla base max. (t)	66.16
Coeff. Partecipazione	1.00	Resistenza SDOF (t)	63.78
Rigidezza SDOF (t/m)	19083.15	Spostam. Snervam. SDOF mm	3.34
Periodo SDOF (sec)	0.22	Rapporto di incrudimento	0.000
Rapporto Alfau/alfa1	2.202	Fattore di comportamento	3.204
Coeff Smorzam.Equival.(%)	32	Duttilita	7.225
STATO LIMITE DI OPERATIVITA'			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	1.122	Spostamento mm	7.320
S.L. Operativita'	VERIFICATO	Numero passo precedente	34
PgaLO/g	0.075	ZetaE=PgaLO/Pga 81%	3.394
Rapporto q*=Fe/Fy	0.34	TrCLO (anni)	2475
Tempo Intervento (anni)	2740	(TrCLO/TDLO)^a	5.202



STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	3.099	Spostamento mm	20.842
S.L. Salvaguardia Vita	VERIFICATO	Numero passo precedente	42
PgaLV/g	0.075	ZetaE=PgaLV/Pga 10%	1.358
Rapporto $q^*=F_e/F_y$	0.93	Asta3D Nro	5
Tempo Intervento (anni)	174	TrCLV (anni)	2475
-----		(TrCLV/TDLV) $^{\wedge}a$	1.670

Il livello di sicurezza sismico in riferimento alla verifica effettuata (Curva capacità distribuzione Gruppo 1, direzione -X ed eccentricità +) risulta essere superiore a quello prestabilito dalle NTC2018 per le nuove costruzioni, con coefficiente di sicurezza pari a **1.168**.

RISULTATI GENERALI PUSH-OVER			
PUSH-OVER N.ro	8 -	Distrib.Forze Prop.Massa:-Fy+0.3*Fx+Ecc5%	
Angolo Ingr. Sisma (Grd)	270	Numero collassi totali	1
Numero passo Resist.Max.	52	Numero passi significativi	52
Massa SDOF (t)	228.90	Taglio alla base max. (t)	78.54
Coeff. Partecipazione	1.00	Resistenza SDOF (t)	77.70
Rigidezza SDOF (t/m)	25122.94	Spostam. Snervam. SDOF mm	3.09
Periodo SDOF (sec)	0.19	Rapporto di incrudimento	0.000
Rapporto Alfau/alfa1	4.082	Fattore di comportamento	4.422
Coeff Smorzam.Equival.(%)	34	Duttilita	12.087
STATO LIMITE DI OPERATIVITA'			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	0.852	Spostamento mm	10.008
S.L. Operativita'	VERIFICATO	Numero passo precedente	48
PgaLO/g	0.075	ZetaE=PgaLO/Pga 81%	3.394
Rapporto $q^*=F_e/F_y$	0.28	TrCLO (anni)	2475
Tempo Intervento (anni)	2740	(TrCLO/TDLO) $^{\wedge}a$	5.202
STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	2.239	Spostamento mm	28.079
S.L. Salvaguardia Vita	VERIFICATO	Numero passo precedente	50
PgaLV/g	0.075	ZetaE=PgaLV/Pga 10%	1.358
Rapporto $q^*=F_e/F_y$	0.72	Asta3D Nro	35
Tempo Intervento (anni)	174	TrCLV (anni)	2475
-----		(TrCLV/TDLV) $^{\wedge}a$	1.670

Il livello di sicurezza sismico in riferimento alla verifica effettuata (Curva capacità distribuzione Gruppo 1, direzione -Y ed eccentricità +) risulta essere superiore a quello prestabilito dalle NTC2018 per le nuove costruzioni, con coefficiente di sicurezza pari a **1.358**.

RISULTATI GENERALI PUSH-OVER



PUSH-OVER N.ro	9 -	Distrib.Forze Prop.Modolo:+Fx-0.3*Fy+Ecc5%	
Angolo Ingr. Sisma (Grd)	0	Numero collassi totali	1
Numero passo Resist.Max.	45	Numero passi significativi	45
Massa SDOF (t)	228.90	Taglio alla base max. (t)	68.68
Coeff. Partecipazione	1.00	Resistenza SDOF (t)	65.60
Rigidezza SDOF (t/m)	18827.63	Spostam. Snervam. SDOF mm	3.48
Periodo SDOF (sec)	0.22	Rapporto di incrudimento	0.000
Rapporto Alfau/alfa1	5.232	Fattore di comportamento	3.490
Coeff Smorzam.Equival.(%)	32	Duttilita	7.985
STATO LIMITE DI OPERATIVITA'			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	1.137	Spostamento mm	6.677
S.L. Operativita'	VERIFICATO	Numero passo precedente	29
PgaLO/g	0.075	ZetaE=PgaLO/Pga 81%	3.394
Rapporto q*=Fe/Fy	0.33	TrCLO (anni)	2475
Tempo Intervento (anni)	2740	(TrCLO/TDLO)^a	5.202
STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	3.141	Spostamento mm	18.888
S.L. Salvaguardia Vita	VERIFICATO	Numero passo precedente	42
PgaLV/g	0.075	ZetaE=PgaLV/Pga 10%	1.358
Rapporto q*=Fe/Fy	0.90	Asta3D Nro	3
Tempo Intervento (anni)	174	TrCLV (anni)	2475
		(TrCLV/TDLV)^a	1.670

Il livello di sicurezza sismico in riferimento alla verifica effettuata (Curva capacità distribuzione Gruppo 2, direzione +X e eccentricità +) risulta essere superiore a quello prestabilito dalle NTC2018 per le nuove costruzioni, con coefficiente di sicurezza pari a **1.358**.

RISULTATI GENERALI PUSH-OVER			
PUSH-OVER N.ro	11 -	Distrib.Forze Prop.Modolo:+Fy-0.3*Fx+Ecc5%	
Angolo Ingr. Sisma (Grd)	90	Numero collassi totali	1
Numero passo Resist.Max.	48	Numero passi significativi	48
Massa SDOF (t)	228.90	Taglio alla base max. (t)	78.98
Coeff. Partecipazione	1.00	Resistenza SDOF (t)	77.89
Rigidezza SDOF (t/m)	25013.44	Spostam. Snervam. SDOF mm	3.11
Periodo SDOF (sec)	0.19	Rapporto di incrudimento	0.000
Rapporto Alfau/alfa1	5.419	Fattore di comportamento	4.472
Coeff Smorzam.Equival.(%)	34	Duttilita	12.226
STATO LIMITE DI OPERATIVITA'			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	0.856	Spostamento mm	9.595
S.L. Operativita'	VERIFICATO	Numero passo precedente	47
PgaLO/g	0.075	ZetaE=PgaLO/Pga 81%	3.394
Rapporto q*=Fe/Fy	0.27	TrCLO (anni)	2475
Tempo Intervento (anni)	2740	(TrCLO/TDLO)^a	5.202



STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	2.252	Spostamento mm	28.464
S.L. Salvaguardia Vita	VERIFICATO	Numero passo precedente	47
PgaLV/g	0.075	ZetaE=PgaLV/Pga 10%	1.358
Rapporto $q^*=F_e/F_y$	0.72	Asta3D Nro	36
Tempo Intervento (anni)	174	TrCLV (anni)	2475
-----		(TrCLV/TDLV) $^{\wedge}a$	1.670

Il livello di sicurezza sismico in riferimento alla verifica effettuata (Curva capacità distribuzione Gruppo 2, direzione +Y ed eccentricità +) risulta essere superiore a quello prestabilito dalle NTC2018 per le nuove costruzioni, con coefficiente di sicurezza pari a **1.358**.

RISULTATI GENERALI PUSH-OVER			
PUSH-OVER N.ro	14 -	Distrib.Forze Prop.Massa:-Fx-0.3*Fy+Ecc5%	
Angolo Ingr. Sisma (Grd)	180	Numero collassi totali	1
Numero passo Resist.Max.	45	Numero passi significativi	45
Massa SDOF (t)	228.90	Taglio alla base max. (t)	66.38
Coeff. Partecipazione	1.00	Resistenza SDOF (t)	63.99
Rigidezza SDOF (t/m)	19107.89	Spostam. Snervam. SDOF mm	3.35
Periodo SDOF (sec)	0.22	Rapporto di incrudimento	0.000
Rapporto Alfau/alfa1	2.210	Fattore di comportamento	3.056
Coeff Smorzam.Equival.(%)	32	Duttilita	6.811
STATO LIMITE DI OPERATIVITA'			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	1.121	Spostamento mm	7.186
S.L. Operativita'	VERIFICATO	Numero passo precedente	36
PgaLO/g	0.075	ZetaE=PgaLO/Pga 81%	3.394
Rapporto $q^*=F_e/F_y$	0.33	TrCLO (anni)	2475
Tempo Intervento (anni)	2740	(TrCLO/TDLO) $^{\wedge}a$	5.202
STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	3.095	Spostamento mm	20.012
S.L. Salvaguardia Vita	VERIFICATO	Numero passo precedente	44
PgaLV/g	0.075	ZetaE=PgaLV/Pga 10%	1.358
Rapporto $q^*=F_e/F_y$	0.92	Asta3D Nro	6
Tempo Intervento (anni)	174	TrCLV (anni)	2475
-----		(TrCLV/TDLV) $^{\wedge}a$	1.670

Il livello di sicurezza sismico in riferimento alla verifica effettuata (Curva capacità distribuzione Gruppo 1, direzione -X ed eccentricità +) risulta essere superiore a quello prestabilito dalle NTC2018 per le nuove costruzioni, con coefficiente di sicurezza pari a **1.358**.



RISULTATI GENERALI PUSH-OVER			
PUSH-OVER N.ro	16 -	Distrib.Forze Prop.Massa:-Fy-0.3*Fx+Ecc5%	
Angolo Ingr. Sisma (Grd)	270	Numero collassi totali	1
Numero passo Resist.Max.	51	Numero passi significativi	51
Massa SDOF (t)	228.90	Taglio alla base max. (t)	78.32
Coeff. Partecipazione	1.00	Resistenza SDOF (t)	77.48
Rigidezza SDOF (t/m)	25226.14	Spostam. Snervam. SDOF mm	3.07
Periodo SDOF (sec)	0.19	Rapporto di incrudimento	0.000
Rapporto Alfau/alfa1	4.446	Fattore di comportamento	3.921
Coeff Smorzam.Equival.(%)	33	Duttilita	10.484
STATO LIMITE DI OPERATIVITA'			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	0.849	Spostamento mm	7.810
S.L. Operativita'	VERIFICATO	Numero passo precedente	47
PgaLO/g	0.075	ZetaE=PgaLO/Pga 81%	3.394
Rapporto q*=Fe/Fy	0.28	TrCLO (anni)	2475
Tempo Intervento (anni)	2740	(TrCLO/TDLO)^a	5.202
STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	2.227	Spostamento mm	23.786
S.L. Salvaguardia Vita	VERIFICATO	Numero passo precedente	50
PgaLV/g	0.075	ZetaE=PgaLV/Pga 10%	1.358
Rapporto q*=Fe/Fy	0.73	Asta3D Nro	35
Tempo Intervento (anni)	174	TrCLV (anni)	2475
-----		(TrCLV/TDLV)^a	1.670

Il livello di sicurezza sismico in riferimento alla verifica effettuata (Curva capacità distribuzione Gruppo 1, direzione -Y e eccentricità +) risulta essere superiore a quello prestabilito dalle NTC2018 per le nuove costruzioni, con coefficiente di sicurezza pari a **1.358**.

RISULTATI GENERALI PUSH-OVER			
PUSH-OVER N.ro	17 -	Distrib.Forze Prop.Mod:+Fx+0.3*Fy-Ecc5%	
Angolo Ingr. Sisma (Grd)	0	Numero collassi totali	1
Numero passo Resist.Max.	43	Numero passi significativi	43
Massa SDOF (t)	228.90	Taglio alla base max. (t)	67.70
Coeff. Partecipazione	1.00	Resistenza SDOF (t)	65.43
Rigidezza SDOF (t/m)	19159.84	Spostam. Snervam. SDOF mm	3.41
Periodo SDOF (sec)	0.22	Rapporto di incrudimento	0.000
Rapporto Alfau/alfa1	3.774	Fattore di comportamento	3.283
Coeff Smorzam.Equival.(%)	32	Duttilita	7.460
STATO LIMITE DI OPERATIVITA'			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	1.118	Spostamento mm	7.356
S.L. Operativita'	VERIFICATO	Numero passo precedente	34
PgaLO/g	0.075	ZetaE=PgaLO/Pga 81%	3.394
Rapporto q*=Fe/Fy	0.33	TrCLO (anni)	2475



Tempo Intervento (anni)	2740	(TrCLO/TDLO) ^{^a}	5.202
STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	3.087	Spostamento mm	22.088
S.L. Salvaguardia Vita	VERIFICATO	Numero passo precedente	42
PgaLV/g	0.075	ZetaE=PgaLV/Pga 10%	1.358
Rapporto q*=Fe/Fy	0.90	Asta3D Nro	36
Tempo Intervento (anni)	174	TrCLV (anni)	2475
-----		(TrCLV/TDLV) ^{^a}	1.670

Il livello di sicurezza sismico in riferimento alla verifica effettuata (Curva capacità distribuzione Gruppo 2, direzione +X ed eccentricità -) risulta essere superiore a quello prestabilito dalle NTC2018 per le nuove costruzioni, con coefficiente di sicurezza pari a **1.358**.

RISULTATI GENERALI PUSH-OVER			
PUSH-OVER N.ro	19 -	Distrib.Forze Prop.Modo:+Fy+0.3*Fx-Ecc5%	
Angolo Ingr. Sisma (Grd)	90	Numero collassi totali	1
Numero passo Resist.Max.	47	Numero passi significativi	47
Massa SDOF (t)	228.90	Taglio alla base max. (t)	78.75
Coeff. Partecipazione	1.00	Resistenza SDOF (t)	77.82
Rigidezza SDOF (t/m)	25169.09	Spostam. Snervam. SDOF mm	3.09
Periodo SDOF (sec)	0.19	Rapporto di incrudimento	0.000
Rapporto Alfau/alfa1	5.675	Fattore di comportamento	4.247
Coeff Smorzam.Equival.(%)	34	Duttilita	11.530
STATO LIMITE DI OPERATIVITA'			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	0.851	Spostamento mm	8.608
S.L. Operativita'	VERIFICATO	Numero passo precedente	45
PgaLO/g	0.075	ZetaE=PgaLO/Pga 81%	3.394
Rapporto q*=Fe/Fy	0.28	TrCLO (anni)	2475
Tempo Intervento (anni)	2740	(TrCLO/TDLO) ^{^a}	5.202
STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	2.233	Spostamento mm	26.657
S.L. Salvaguardia Vita	VERIFICATO	Numero passo precedente	45
PgaLV/g	0.075	ZetaE=PgaLV/Pga 10%	1.358
Rapporto q*=Fe/Fy	0.72	Asta3D Nro	33
Tempo Intervento (anni)	174	TrCLV (anni)	2475
-----		(TrCLV/TDLV) ^{^a}	1.670

Il livello di sicurezza sismico in riferimento alla verifica effettuata (Curva capacità distribuzione Gruppo 2, direzione +Y ed eccentricità -) risulta essere superiore a quello prestabilito dalle NTC2018 per le nuove costruzioni, con coefficiente di sicurezza pari a **1.358**.



RISULTATI GENERALI PUSH-OVER			
PUSH-OVER N.ro	22 -	Distrib.Forze Prop.Massa:-Fx+0.3*Fy-Ecc5%	
Angolo Ingr. Sisma (Grd)	180	Numero collassi totali	1
Numero passo Resist.Max.	44	Numero passi significativi	44
Massa SDOF (t)	228.90	Taglio alla base max. (t)	68.25
Coeff. Partecipazione	1.00	Resistenza SDOF (t)	65.28
Rigidezza SDOF (t/m)	18849.81	Spostam. Snervam. SDOF mm	3.46
Periodo SDOF (sec)	0.22	Rapporto di incrudimento	0.000
Rapporto Alfau/alfa1	2.704	Fattore di comportamento	4.183
Coeff Smorzam.Equival.(%)	33	Duttilita	9.934
STATO LIMITE DI OPERATIVITA'			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	1.136	Spostamento mm	6.827
S.L. Operativita'	VERIFICATO	Numero passo precedente	32
PgaLO/g	0.075	ZetaE=PgaLO/Pga 81%	3.394
Rapporto q*=Fe/Fy	0.33	TrCLO (anni)	2475
Tempo Intervento (anni)	2740	(TrCLO/TDLO)^a	5.202
STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	3.137	Spostamento mm	23.844
S.L. Salvaguardia Vita	VERIFICATO	Numero passo precedente	41
PgaLV/g	0.075	ZetaE=PgaLV/Pga 10%	1.358
Rapporto q*=Fe/Fy	0.91	Asta3D Nro	12
Tempo Intervento (anni)	174	TrCLV (anni)	2475
-----		(TrCLV/TDLV)^a	1.670

Il livello di sicurezza sismico in riferimento alla verifica effettuata (Curva capacità distribuzione Gruppo 1, direzione -X e eccentricità -) risulta essere superiore a quello prestabilito dalle NTC2018 per le nuove costruzioni, con coefficiente di sicurezza pari a **1.358**.

RISULTATI GENERALI PUSH-OVER			
PUSH-OVER N.ro	24 -	Distrib.Forze Prop.Massa:-Fy+0.3*Fx-Ecc5%	
Angolo Ingr. Sisma (Grd)	270	Numero collassi totali	1
Numero passo Resist.Max.	54	Numero passi significativi	54
Massa SDOF (t)	228.90	Taglio alla base max. (t)	78.62
Coeff. Partecipazione	1.00	Resistenza SDOF (t)	77.78
Rigidezza SDOF (t/m)	25088.15	Spostam. Snervam. SDOF mm	3.10
Periodo SDOF (sec)	0.19	Rapporto di incrudimento	0.000
Rapporto Alfau/alfa1	4.042	Fattore di comportamento	4.499
Coeff Smorzam.Equival.(%)	34	Duttilita	12.329
STATO LIMITE DI OPERATIVITA'			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	0.853	Spostamento mm	8.809
S.L. Operativita'	VERIFICATO	Numero passo precedente	50
PgaLO/g	0.075	ZetaE=PgaLO/Pga 81%	3.394
Rapporto q*=Fe/Fy	0.28	TrCLO (anni)	2475



Tempo Intervento (anni)	2740	(TrCLO/TDLO) ^{^a}	5.202
STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	2.243	Spostamento mm	28.625
S.L. Salvaguardia Vita	VERIFICATO	Numero passo precedente	52
PgaLV/g	0.075	ZetaE=PgaLV/Pga 10%	1.358
Rapporto q*=Fe/Fy	0.72	Asta3D Nro	35
Tempo Intervento (anni)	174	TrCLV (anni)	2475
-----		(TrCLV/TDLV) ^{^a}	1.670

Il livello di sicurezza sismico in riferimento alla verifica effettuata (Curva capacità distribuzione Gruppo 1, direzione -Y ed eccentricità -) risulta essere superiore a quello prestabilito dalle NTC2018 per le nuove costruzioni, con coefficiente di sicurezza pari a **1.358**.

RISULTATI GENERALI PUSH-OVER			
PUSH-OVER N.ro	25 -	Distrib.Forze Prop.Modo:+Fx-0.3*Fy-Ecc5%	
Angolo Ingr. Sisma (Grd)	0	Numero collassi totali	1
Numero passo Resist.Max.	45	Numero passi significativi	45
Massa SDOF (t)	228.90	Taglio alla base max. (t)	67.63
Coeff. Partecipazione	1.00	Resistenza SDOF (t)	65.35
Rigidzza SDOF (t/m)	19077.69	Spostam. Snervam. SDOF mm	3.43
Periodo SDOF (sec)	0.22	Rapporto di incrudimento	0.000
Rapporto Alfau/alfa1	3.734	Fattore di comportamento	3.359
Coeff Smorzam.Equival.(%)	32	Duttilita	7.661
STATO LIMITE DI OPERATIVITA'			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	1.122	Spostamento mm	7.363
S.L. Operativita'	VERIFICATO	Numero passo precedente	35
PgaLO/g	0.075	ZetaE=PgaLO/Pga 81%	3.394
Rapporto q*=Fe/Fy	0.33	TrCLO (anni)	2475
Tempo Intervento (anni)	2740	(TrCLO/TDLO) ^{^a}	5.202
STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	3.100	Spostamento mm	19.662
S.L. Salvaguardia Vita	VERIFICATO	Numero passo precedente	43
PgaLV/g	0.075	ZetaE=PgaLV/Pga 10%	1.358
Rapporto q*=Fe/Fy	0.90	Asta3D Nro	33
Tempo Intervento (anni)	174	TrCLV (anni)	2475
-----		(TrCLV/TDLV) ^{^a}	1.670

Il livello di sicurezza sismico in riferimento alla verifica effettuata (Curva capacità distribuzione Gruppo 2, direzione +X ed eccentricità -) risulta essere superiore a quello prestabilito dalle NTC2018 per le nuove costruzioni, con coefficiente di sicurezza pari a **1.358**.



RISULTATI GENERALI PUSH-OVER			
PUSH-OVER N.ro	27 -	Distrib.Forze Prop.Modo:+Fy-0.3*Fx-Ecc5%	
Angolo Ingr. Sisma (Grd)	90	Numero collassi totali	1
Numero passo Resist.Max.	47	Numero passi significativi	47
Massa SDOF (t)	228.90	Taglio alla base max. (t)	78.97
Coeff. Partecipazione	1.00	Resistenza SDOF (t)	77.90
Rigidezza SDOF (t/m)	25080.65	Spostam. Snervam. SDOF mm	3.11
Periodo SDOF (sec)	0.19	Rapporto di incrudimento	0.000
Rapporto Alfau/alfa1	5.827	Fattore di comportamento	4.559
Coeff Smorzam.Equival.(%)	34	Duttilita	12.522
STATO LIMITE DI OPERATIVITA'			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	0.854	Spostamento mm	10.556
S.L. Operativita'	VERIFICATO	Numero passo precedente	45
PgaLO/g	0.075	ZetaE=PgaLO/Pga 81%	3.394
Rapporto q*=Fe/Fy	0.27	TrCLO (anni)	2475
Tempo Intervento (anni)	2740	(TrCLO/TDLO)^a	5.202
STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	2.244	Spostamento mm	29.143
S.L. Salvaguardia Vita	VERIFICATO	Numero passo precedente	45
PgaLV/g	0.075	ZetaE=PgaLV/Pga 10%	1.358
Rapporto q*=Fe/Fy	0.72	Asta3D Nro	36
Tempo Intervento (anni)	174	TrCLV (anni)	2475
-----		(TrCLV/TDLV)^a	1.670

Il livello di sicurezza sismico in riferimento alla verifica effettuata (Curva capacità distribuzione Gruppo 2, direzione +Y ed eccentricità -) risulta essere superiore a quello prestabilito dalle NTC2018 per le nuove costruzioni, con coefficiente di sicurezza pari a **1.358**.

RISULTATI GENERALI PUSH-OVER			
PUSH-OVER N.ro	30 -	Distrib.Forze Prop.Massa:-Fx-0.3*Fy-Ecc5%	
Angolo Ingr. Sisma (Grd)	180	Numero collassi totali	1
Numero passo Resist.Max.	43	Numero passi significativi	43
Massa SDOF (t)	228.90	Taglio alla base max. (t)	65.95
Coeff. Partecipazione	1.00	Resistenza SDOF (t)	63.35
Rigidezza SDOF (t/m)	18952.39	Spostam. Snervam. SDOF mm	3.34
Periodo SDOF (sec)	0.22	Rapporto di incrudimento	0.000
Rapporto Alfau/alfa1	2.643	Fattore di comportamento	2.778
Coeff Smorzam.Equival.(%)	31	Duttilita	6.004
STATO LIMITE DI OPERATIVITA'			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	1.130	Spostamento mm	6.697
S.L. Operativita'	VERIFICATO	Numero passo precedente	32



PgaLO/g	0.075	ZetaE=PgaLO/Pga 81%	3.394
Rapporto $q^*=F_e/F_y$	0.34	TrCLO (anni)	2475
Tempo Intervento (anni)	2740	(TrCLO/TDLO) ^{^a}	5.202
STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	3.120	Spostamento mm	18.359
S.L. Salvaguardia Vita	VERIFICATO	Numero passo precedente	42
PgaLV/g	0.075	ZetaE=PgaLV/Pga 10%	1.358
Rapporto $q^*=F_e/F_y$	0.93	Asta3D Nro	29
Tempo Intervento (anni)	174	TrCLV (anni)	2475
-----		(TrCLV/TDLV) ^{^a}	1.670

Il livello di sicurezza sismico in riferimento alla verifica effettuata (Curva capacità distribuzione Gruppo 1, direzione -X e eccentricità -) risulta essere superiore a quello prestabilito dalle NTC2018 per le nuove costruzioni, con coefficiente di sicurezza pari a **1.358**.

RISULTATI GENERALI PUSH-OVER			
PUSH-OVER N.ro	32 -	Distrib.Forze Prop.Massa:-F _y -0.3*F _x -Ecc5%	
Angolo Ingr. Sisma (Grd)	270	Numero collassi totali	1
Numero passo Resist.Max.	54	Numero passi significativi	54
Massa SDOF (t)	228.90	Taglio alla base max. (t)	78.53
Coeff. Partecipazione	1.00	Resistenza SDOF (t)	77.68
Rigidezza SDOF (t/m)	25156.85	Spostam. Snervam. SDOF mm	3.09
Periodo SDOF (sec)	0.19	Rapporto di incrudimento	0.000
Rapporto Alfau/alfa1	4.413	Fattore di comportamento	4.047
Coeff Smorzam.Equival.(%)	33	Duttilita	10.879
STATO LIMITE DI OPERATIVITA'			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	0.851	Spostamento mm	9.798
S.L. Operativita'	VERIFICATO	Numero passo precedente	51
PgaLO/g	0.075	ZetaE=PgaLO/Pga 81%	3.394
Rapporto $q^*=F_e/F_y$	0.28	TrCLO (anni)	2475
Tempo Intervento (anni)	2740	(TrCLO/TDLO) ^{^a}	5.202
STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	2.235	Spostamento mm	25.008
S.L. Salvaguardia Vita	VERIFICATO	Numero passo precedente	53
PgaLV/g	0.075	ZetaE=PgaLV/Pga 10%	1.358
Rapporto $q^*=F_e/F_y$	0.72	Asta3D Nro	35
Tempo Intervento (anni)	174	TrCLV (anni)	2475
-----		(TrCLV/TDLV) ^{^a}	1.670

Il livello di sicurezza sismico in riferimento alla verifica effettuata (Curva capacità distribuzione Gruppo 1, direzione -Y e eccentricità -) risulta essere superiore a quello prestabilito dalle NTC2018 per le nuove costruzioni, con coefficiente di sicurezza pari a **1.358**.



COMUNE DI ORISTANO

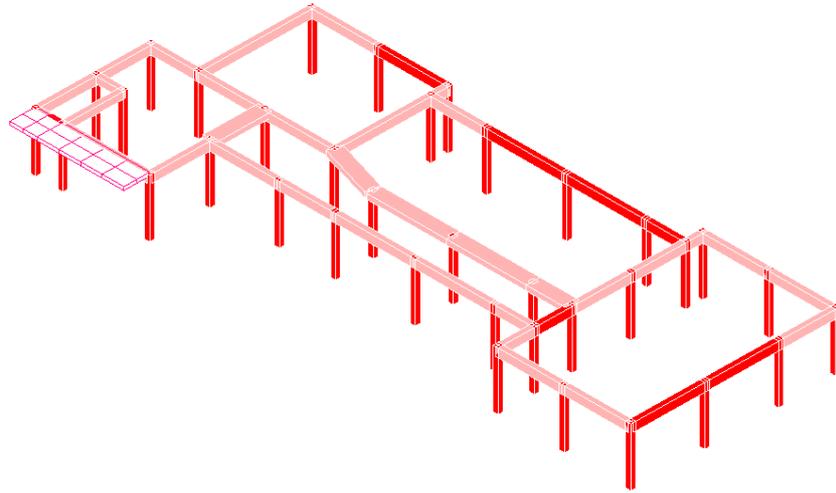
**"INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA,
CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEI SOLAI ED
EFFICIENTAMENTO NELLA SCUOLA PRIMARIA
DI VIA SOLFERINO"- CUP H14I19000160001**
Progetto definitivo-esecutivo

Elaborati grafici di sintesi delle verifiche condotte

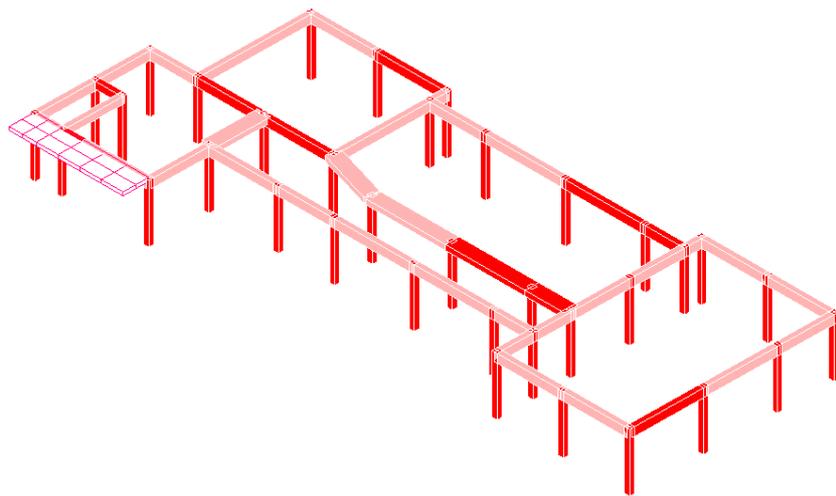
Per una miglior visione del quadro d'assieme in termini di grado di diffusione degli elementi non verificati nell'ambito del corpo strutturale esaminato, si riporta nel seguito una serie di elaborati grafici in cui sono evidenziati tali elementi in corrispondenza dello step di spinta immediatamente precedente allo SLV, specificando – mediante mappatura colorata di cui si riporta una legenda nel seguito – quali tra questi vanno in crisi per meccanismi fragili.



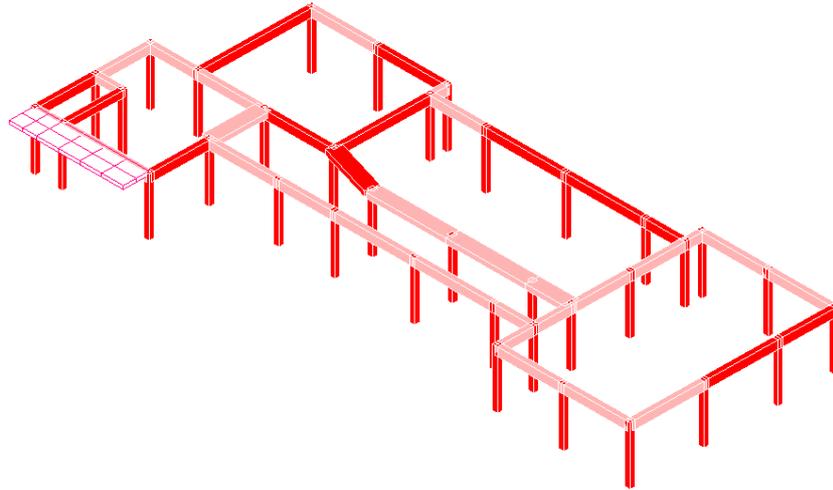
Legenda verifiche di sicurezza in condizioni sismiche



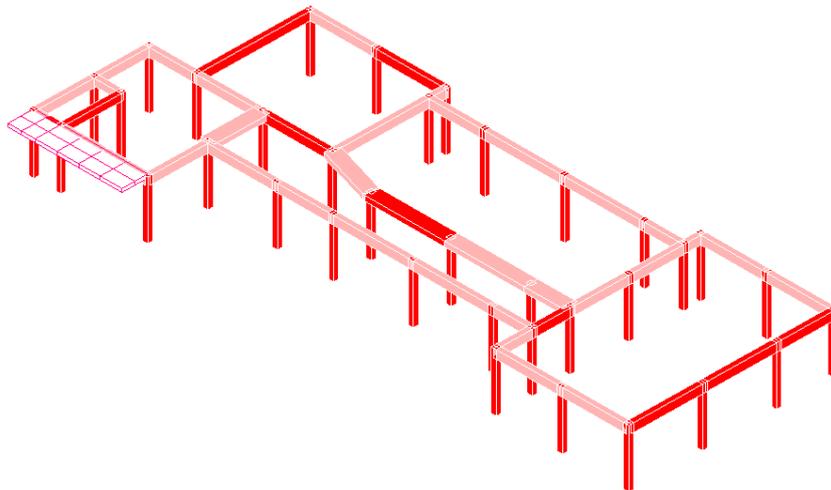
Grado di danneggiamento Push1



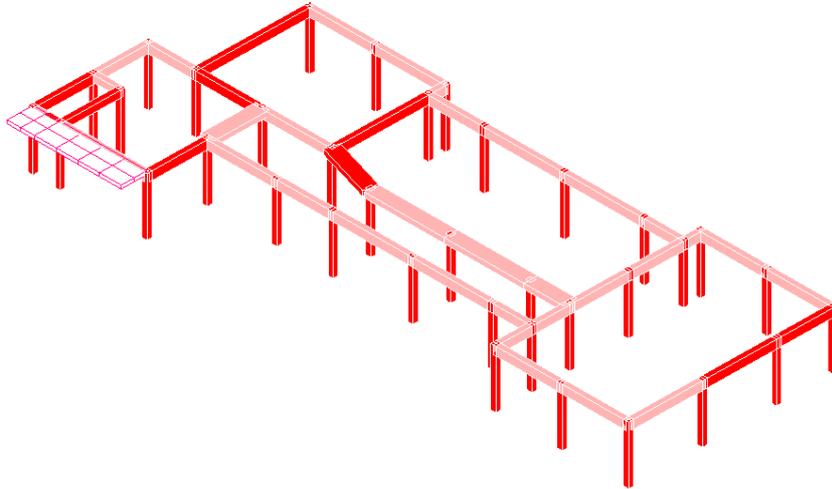
Grado di danneggiamento Push3



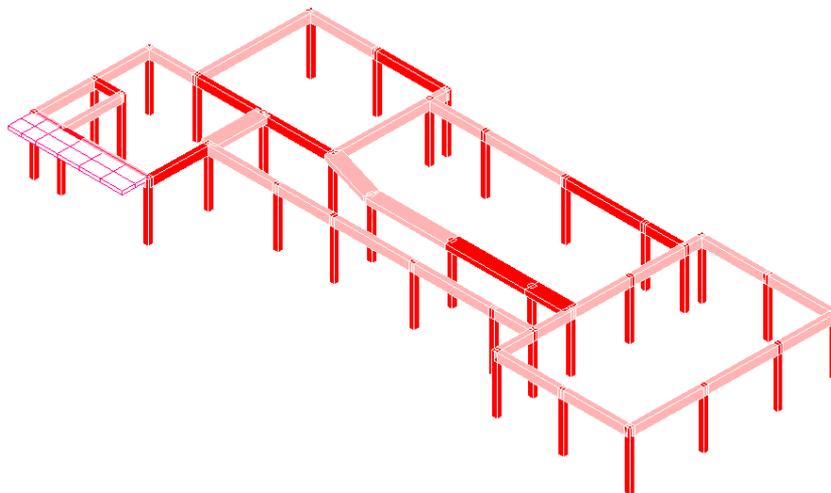
Grado di danneggiamento Push6



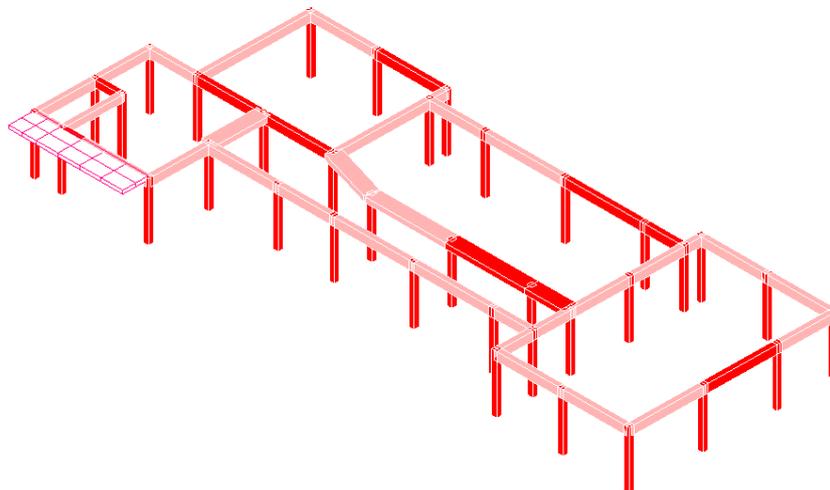
Grado di danneggiamento Push8



Grado di danneggiamento Push9

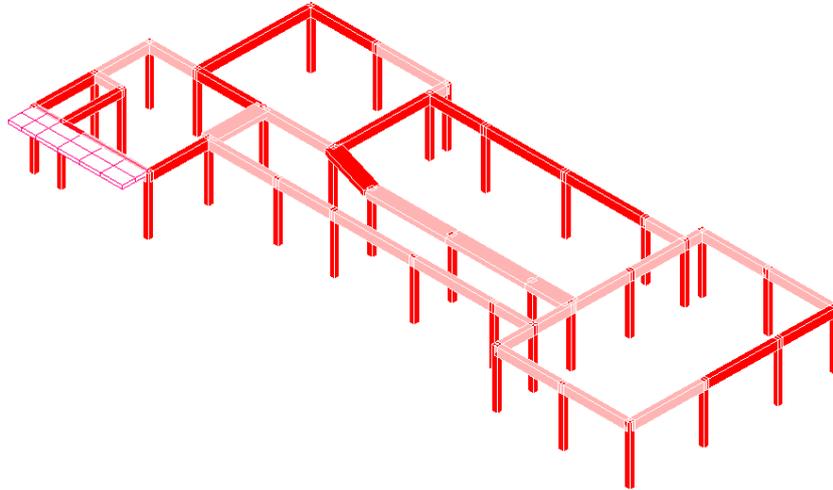


Grado di danneggiamento Push11

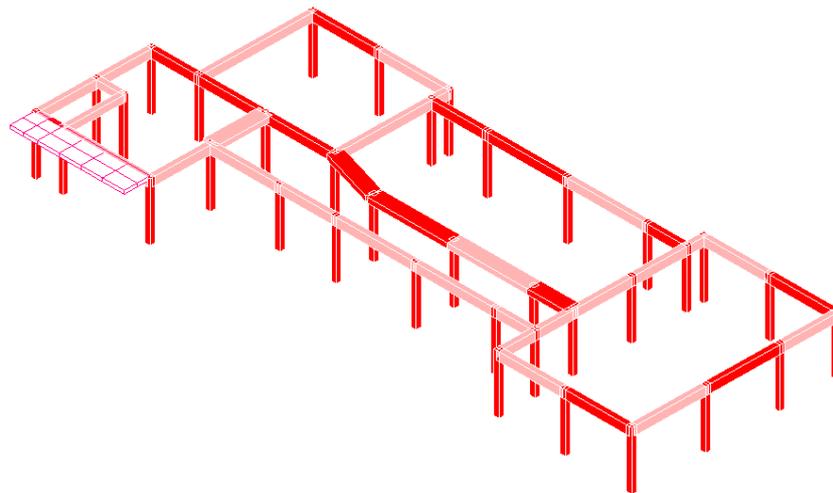




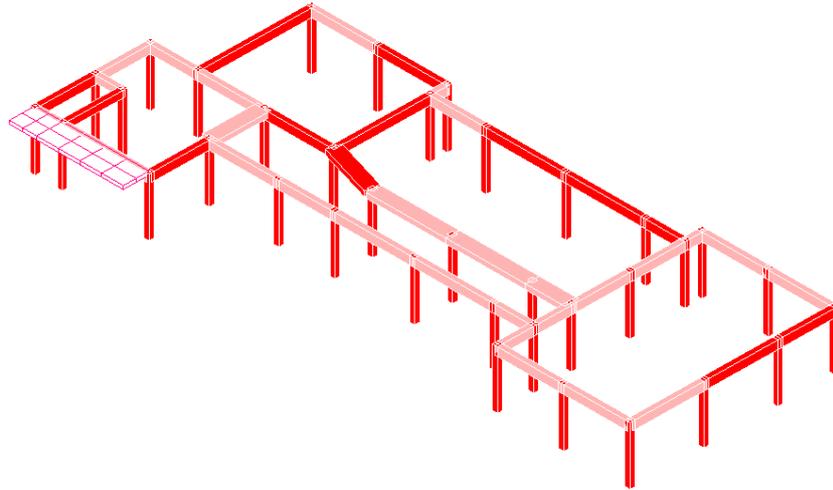
Grado di danneggiamento Push14



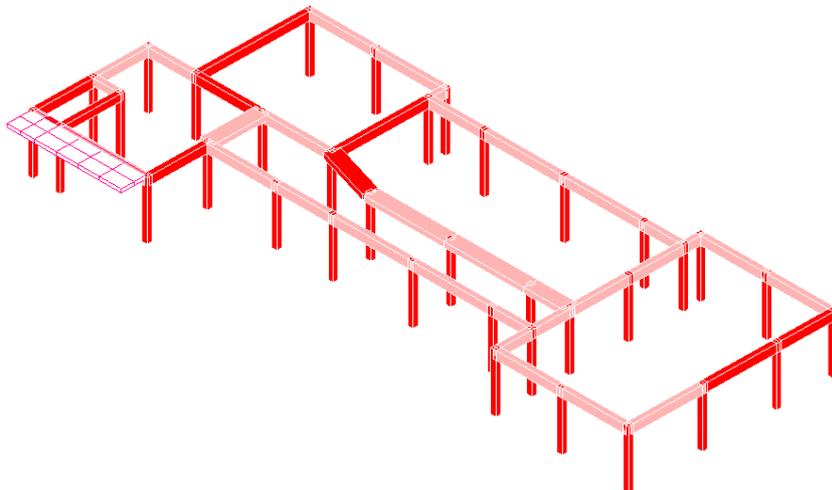
Grado di danneggiamento Push16



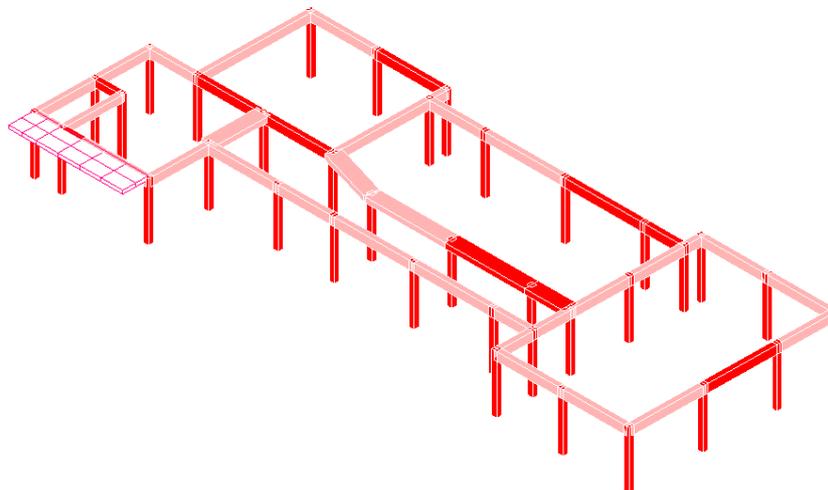
Grado di danneggiamento Push17



Grado di danneggiamento Push19

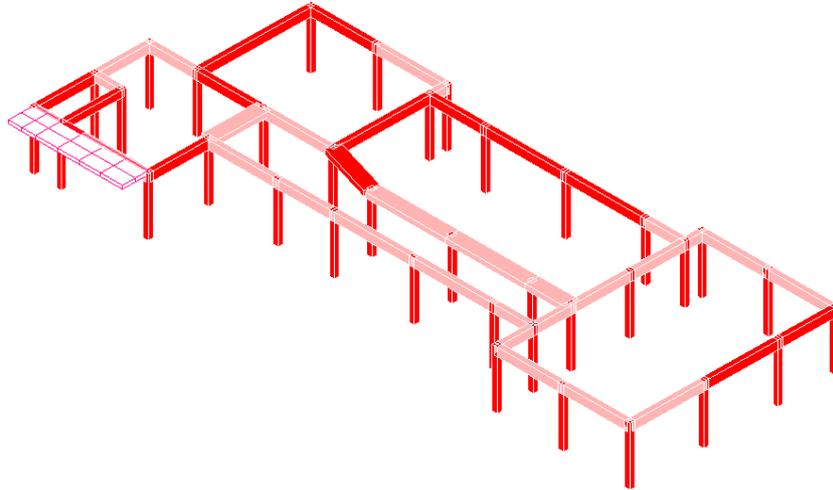


Grado di danneggiamento Push22

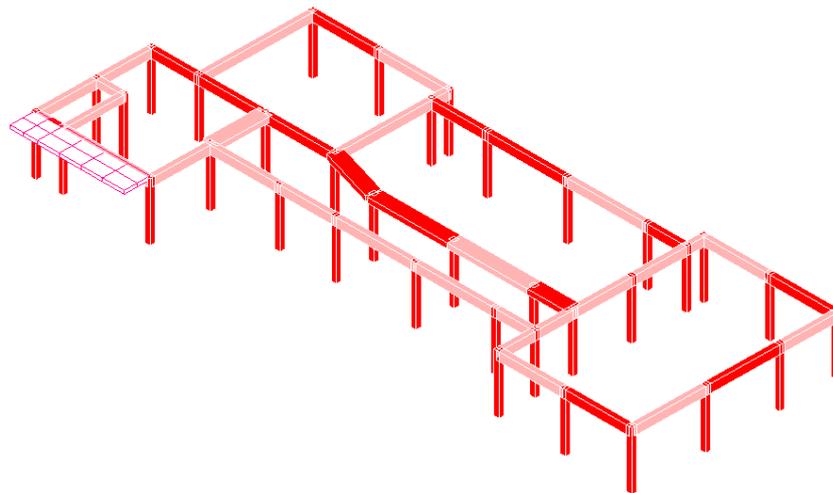




Grado di danneggiamento Push24



Grado di danneggiamento Push25

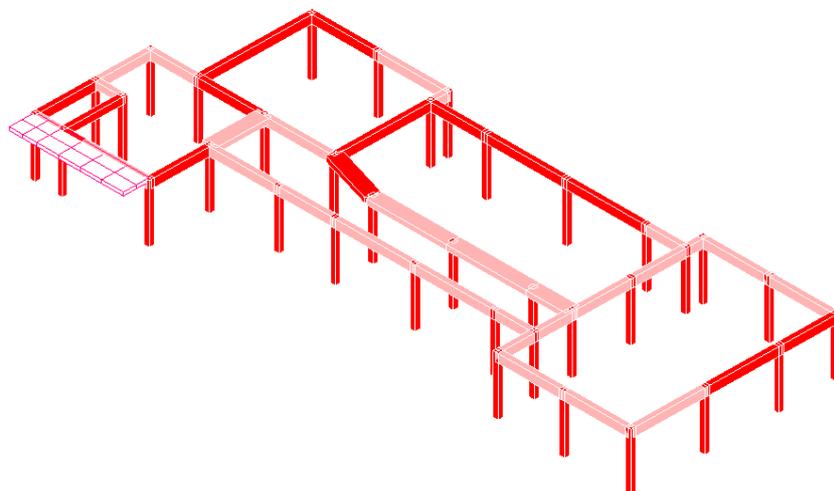


Grado di danneggiamento Push27

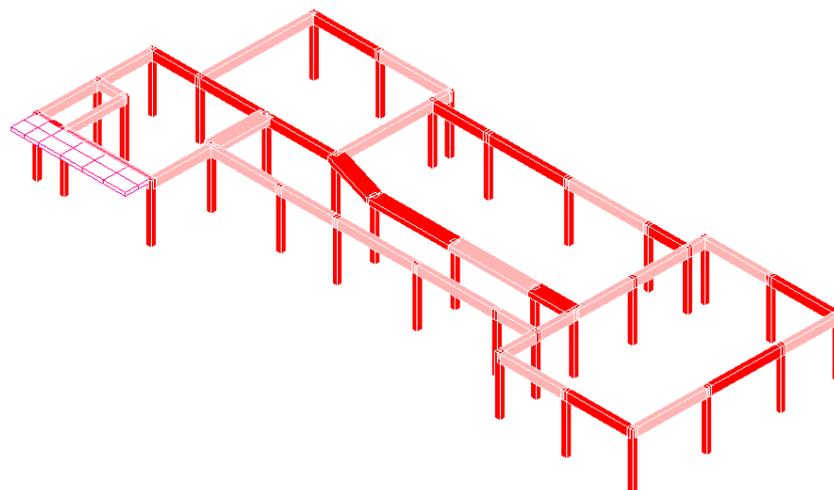


COMUNE DI ORISTANO

"INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA,
CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEI SOLAI ED
EFFICIENTAMENTO NELLA SCUOLA PRIMARIA
DI VIA SOLFERINO" - CUP H14I19000160001
Progetto definitivo-esecutivo



Grado di danneggiamento Push30



Grado di danneggiamento Push32

Nella tabella seguente vengono mostrati gli indicatori di rischio sismico – sia in termini di PGA che di tempo di ritorno – relativi all'edificio in esame nella situazione post-operam.

Indicatori di rischio sismico allo SLV (analisi <i>pushover</i>) – SP Situazione <i>post-operam</i> a seguito degli interventi							
Tipo di Analisi	Analisi n.	Capacità in termini di accelerazione $PGA_C [g]$	Capacità in termini di t. di rit. $T_{R,C} [anni]$	Domanda in termini di accelerazione $PGA_D [g]$	Domanda in termini di t. di rit. $T_{R,D} [anni]$	$I_{R,SLV} = \frac{PGA_C}{PGA_D}$	$I_{R,SLV} = \left(\frac{T_{R,C}}{T_{R,D}}\right)^{0.4}$
Gruppo 2 direz. +X	1	0.075	2475	0.055	712	1.358	1.670



COMUNE DI ORISTANO

**"INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA,
CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEI SOLAI ED
EFFICIENTAMENTO NELLA SCUOLA PRIMARIA
DI VIA SOLFERINO"- CUP H14I19000160001**
Progetto definitivo-esecutivo

+Mt							
Gruppo 2 direz. +Y +Mt	3	0.075	2475	0.055	712	1.358	1.670
Gruppo 1 direz. -X +Mt	6	0.075	2475	0.055	712	1.358	1.670
Gruppo 1 direz. -Y +Mt	8	0.075	2475	0.055	712	1.358	1.670
Gruppo 2 direz. +X +Mt	9	0.075	2475	0.055	712	1.358	1.670
Gruppo 2 direz. +Y +Mt	11	0.075	2475	0.055	712	1.358	1.670
Gruppo 1 direz. -X +Mt	14	0.075	2475	0.055	712	1.358	1.670
Gruppo 1 direz. -Y +Mt	16	0.075	2475	0.055	712	1.358	1.670
Gruppo 2 direz. +X - Mt	17	0.075	2475	0.055	712	1.358	1.670
Gruppo 2 direz. +Y -Mt	19	0.075	2475	0.055	712	1.358	1.670
Gruppo 1 direz. -X -Mt	22	0.075	2475	0.055	712	1.358	1.670
Gruppo 1 direz. -Y -Mt	24	0.075	2475	0.055	712	1.358	1.670
Gruppo 2 direz. +X -Mt	25	0.075	2475	0.055	712	1.358	1.670
Gruppo 2 direz. +Y -Mt	27	0.075	2475	0.055	712	1.358	1.670
Gruppo 1 direz. -X -Mt	30	0.075	2475	0.055	712	1.358	1.670
Gruppo 1 direz. -Y -Mt	32	0.075	2475	0.055	712	1.358	1.670



COMUNE DI ORISTANO

**"INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA,
CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEI SOLAI ED
EFFICIENTAMENTO NELLA SCUOLA PRIMARIA
DI VIA SOLFERINO" - CUP H14I19000160001**
Progetto definitivo-esecutivo

A seguito degli interventi sugli elementi strutturali suindicati, il grado di sicurezza sismica globale dell'edificio oggetto di analisi – in riferimento alle verifiche SLV - sarà quello richiesto dalle NTC2018 per gli interventi di **adeguamento sismico**.

Complessivamente, dunque, gli interventi proposti sono in grado di conferire al fabbricato oggetto di analisi un livello di sicurezza sismica pari al **135.80%** (in termini di PGA) e pari al **167.00%** (in termini di Tempo di Ritorno) del valore previsto dalle NTC2018 per le nuove costruzioni. Tali valori di indici di rischio sono conformi ai disposti del § 8.4.2 delle NTC2018 secondo i quali, per gli interventi di adeguamento sismico nelle costruzioni in classe III ad uso scolastico, il valore di ζ_E , deve essere comunque non minore di 0.80 (80%). Il tempo di ritorno associato alla capacità dell'intero edificio risulta essere di **2475[anni]**.



COMUNE DI ORISTANO

**"INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA,
CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEI SOLAI ED
EFFICIENTAMENTO NELLA SCUOLA PRIMARIA
DI VIA SOLFERINO"- CUP H14I19000160001**
Progetto definitivo-esecutivo

18. RIFERIMENTI PER LA STESURA DELLA RELAZIONE TECNICA

- D.M. Infrastrutture 17/01/2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni";
- Circolare 11 febbraio 2019 n°7/C.S.LL.PP.;
- CNR 10024/86 "Analisi di strutture mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo".