



COMUNE DI COLICO

## PROGETTO ESECUTIVO

# RIABILITAZIONE DELLA TORRE DI FONTANEDO

TITOLO

## RELAZIONE DI CALCOLO OPERE STRUTTURALI

IL TECNICO

ING. BRANCHINI FRANCESCO  
Via Al torrente, 29 - Colico (LC)  
tel. 0341 940010  
E-mail: f.branchini@gmail.com

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO  
Geom. Bruno Mazzina

SCALA:

ELABORATO N.

0	Agosto 2017	Consegna
Rev	Data	Motivazione

S01

## Indice

1. - INTRODUZIONE .....	1
2. - RIFERIMENTI NORMATIVI.....	1
3. - RELAZIONE SUI MATERIALI.....	2
4. - ANALISI DEI CARICHI .....	5
5. - RELAZIONE DI CALCOLO .....	6
6. - CONCLUSIONI.....	16
7. - VERIFICHE DI SICUREZZA E VULNERABILITA' .....	17

## **1. - INTRODUZIONE**

La presente relazione ha lo scopo di dimensionare/verificare le nuove opere strutturali introdotte nell'ambito del progetto di riabilitazione della Torre di Fontanedo, consistenti nella realizzazione di una scala esterna in acciaio, di impalcati e scale in legno interne.

La modellazione e verifica di sicurezza dell'intero edificio storico e relative valutazioni e considerazioni sono rimandate ad altra relazione dedicata.

*La presente relazione è da leggersi congiuntamente agli elaborati di progetto e alle rappresentazioni grafiche architettoniche.*

## **2. - RIFERIMENTI NORMATIVI**

- “Norme tecniche per le costruzioni” (aprile 2008) D.M. 14 gennaio 2008
- “Istruzioni per la Progettazione, l’Esecuzione ed il Controllo di Strutture di Legno” CNR-DT 206/2007
- “Costruzioni di acciaio – Istruzioni per il calcolo, l’esecuzione, il collaudo e la manutenzione” C.N.R. 18 aprile 1985 – n. 10011/85
- “Progettazione delle strutture di calcestruzzo” Eurocodice 2 – UNI ENV 1992-1-1
- “Progettazione delle strutture di acciaio” Eurocodice 3 – UNI ENV 1993-1-1
- “Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture” Eurocodice 8 – UNI ENV 1998-1-1
- Normativa UNI 7697 e circolare ministeriale del 04-07-1996 n°156AA.GG/STC

### 3. - RELAZIONE SUI MATERIALI

#### ACCIAIO CORTEN PER CARPENTERIA

*Caratteristiche meccaniche:*

Designazione (EN 10027)	ReH (MPa)						Rm (Mpa)		
	Spessori nominali (mm)						Spessori nominali (mm)		
	<16	16 - 40	40 - 63	63 - 80	80 - 100	100 - 150	<3	3 - 100	100 - 150
S235J0(J2)W	235	225	215	215	215	195	360 - 510	360 - 510	350 - 500
S355J0(J2)WP	355	345	-	-	-	-	510 - 680	470 - 630	-
S355J0(J2/K2) W	355	345	335	325	315	295	510 - 680	470 - 630	450 - 600

#### LEGNO

E' previsto l'uso di LARICE massiccio.

Verranno considerati i seguenti dati:

una classe di servizio S2;

una classe di durata dei carichi media;

Dalla tabella seguente si ricava un corrisponde  $k_{mod} = 0.80$ .

**Tabella 16-2-Valori di  $k_{mod}$  per legno e prodotti strutturali a base di legno**

Materiale	Riferimento	Classe di servizio	Classe di durata del carico				
			Permanente	Lunga	Media	Breve	Istantanea
Legno massiccio							
Legno lamellare incollato	EN 14081-1 EN 14080	1 2	0.60 0.60	0.70 0.70	0.80 0.80	0.90 0.90	1.10 1.10
Microlamellare (LVL)	EN 14374, EN 14279	3	0.50	0.55	0.65	0.70	0.90
Compensato	EN 636						
	Parti 1, 2, 3	1	0.60	0.70	0.80	0.90	1.10
	Parti 2, 3	2	0.60	0.70	0.80	0.90	1.10
	Parte 3	3	0.50	0.55	0.65	0.70	0.90
Pannello di scaglie orientate (OSB)	EN 300						
	OSB/2	1	0.30	0.45	0.65	0.85	1.10
	OSB/3 OSB/4	1	0.40	0.50	0.70	0.90	1.10
	OSB/3 OSB/4	2	0.30	0.40	0.55	0.70	0.90
Pannello di particelle (truciolare)	EN 312						
	Parti 4, 5	1	0.30	0.45	0.65	0.85	1.10
	Parte 5	2	0.20	0.30	0.45	0.60	0.80
	Parti 6, 7	1	0.40	0.50	0.70	0.90	1.10
	Parte 7	2	0.30	0.40	0.55	0.70	0.90
Pannello di fibre, alta densità	EN 622-2						
	HB.LA, HB.HLA 1 o 2	1	0.30	0.45	0.65	0.85	1.10
	HB.HLA 1 o 2	2	0.20	0.30	0.45	0.60	0.80
Pannello di fibre, media densità (MDF)	EN 622-3						
	MBH.LA1 o 2	1	0.20	0.40	0.60	0.80	1.10
	MBH.HLS1 o 2	1	0.20	0.40	0.60	0.80	1.10
	MBH.HLS1 o 2	2	-	-	-	0.45	0.80
	EN 622-5						
	MDF.LA, MDF.HLS	1	0.20	0.40	0.60	0.80	1.10
	MDF.HLS	2	-	-	-	0.45	0.80

Nella tabella a seguire sono riportate le caratteristiche del legname di larice massiccio di provenienza Nord Italia.

**Tabella 18-3-Classi di resistenza secondo EN 11035, per specie legnose di provenienza italiana**

Proprietà		Abete / Nord			Abete / Centro Sud			Larice / Nord			Douglasia / Italia			Altre Conifere / Italia				
		S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S3	S1	S2	S3	S2/S3	S1	S2	S3
Flessione (5-percentile), MPa	$f_{u,5}$	29	23	17	32	28	21	42	32	26	40	23	33	26	22			
Trazione parallela alla fibratura (5-percentile), MPa	$f_{t,5}$	17	14	10	19	17	13	25	19	16	24	14	20	16	13			
Trazione perpendicolare alla fibratura (5-percentile), MPa	$f_{t90,5}$	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.6	0.6	0.6	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5			
Compressione parallela alla fibratura (5-percentile), MPa	$f_{c,5}$	23	20	18	24	22	20	27	24	22	26	20	24	22	20			
Compressione perpendicolare alla fibratura (5-percentile), MPa	$f_{c90,5}$	2.9	2.9	2.9	2.1	2.1	2.1	4.0	4.0	4.0	2.6	2.6	4.0	4.0	4.0			
Taglio (5-percentile), MPa	$f_{t,k}$	3.0	2.5	1.9	3.2	2.9	2.3	4.0	3.2	2.7	4.0	3.4	3.3	2.7	2.4			
Modulo di elasticità parallelo alla fibratura (medio), MPa ( $\times 10^3$ )	$E_{\text{fisica}}$	12	10.5	9.5	11	10	9.5	13	12	11.5	14	12.5	12.3	11.4	10.5			
Modulo di elasticità parallelo alla fibratura (5-percentile), MPa ( $\times 10^3$ )	$E_{0,01}$	8	7	6.4	7.4	6.7	6.4	8.7	8	7.7	9.4	8.4	8.2	7.6	7			
Modulo di elasticità perpendicolare alla fibratura (medio), MPa ( $\times 10^3$ )	$E_{90,\text{medio}}$	4	3.5	3.2	3.7	3.3	3.2	4.3	4	3.8	4.7	4.2	4.1	3.8	3.5			
Modulo di taglio (medio), MPa ( $\times 10^2$ )	$G_{\text{medio}}$	7.5	6.6	5.9	6.9	6.3	5.9	8.1	7.5	7.2	8.8	7.8	7.7	7.1	6.6			
Massa volumica (5-percentile), kg/m <sup>3</sup>	$r_k$	380	380	380	280	280	280	550	550	550	400	420	530	530	530			
Massa volumica (media), kg/m <sup>3</sup>	$r_{\text{medio}}$	415	415	415	305	305	305	600	600	600	435	455	575	575	575			

**Tabella 4.4.III - Coefficienti parziali  $\gamma_M$  per le proprietà dei materiali**

Stati limite ultimi	$\gamma_M$
<b>- combinazioni fondamentali</b>	
legno massiccio	1,50
legno lamellare incollato	1,45
pannelli di particelle o di fibre	1,50
compensato, pannelli di scaglie orientate	1,40
unioni	1,50
<b>- combinazioni eccezionali</b>	
	1,00

Resistenza a flessione:

$$f_{m,d} = f_{m,k} * k_{mod} / \gamma_M = 32 \text{ MPa} * 0.80 / 1.50 = 17.07 \text{ MPa}$$

Allo Stato Limite di Esercizio:

$$\sigma_{adm} = 17.07 / 1.5 = 11.38 \text{ MPa} = 103.10 \text{ Kg/cm}^2$$

Resistenza a compressione parallela alle fibre:

$$f_{c,0,d} = f_{c,0,k} * k_{mod} / \gamma_M = 24 \text{ MPa} * 0.80 / 1.50 = 12.80 \text{ MPa}$$

Allo Stato Limite di Esercizio:

$$\sigma_{adm} = 12.80 / 1.5 = 8.53 \text{ MPa} = 85.30 \text{ Kg/cm}^2$$

Resistenza a compressione perpendicolare alle fibre:

$$f_{c,90,d} = f_{c,90,k} * k_{mod} / \gamma_M = 4.0 \text{ MPa} * 0.80 / 1.50 = 2.13 \text{ MPa}$$

Allo Stato Limite di Esercizio:

$$\sigma_{adm} = 2.13 / 1.5 = 1.42 \text{ MPa} = 14.20 \text{ Kg/cm}^2$$

Resistenza a taglio perpendicolare alle fibre:

$$f_{v,d} = f_{v,k} * k_{mod} / \gamma_M = 3.2 * 0.80 / 1.50 = 1.71 \text{ MPa} = f_{c,90,d}$$

Allo Stato Limite di Esercizio:

$$\tau_{adm} = 1.71 / 1.5 = 1.14 \text{ MPa} = 11.40 \text{ Kg/cm}^2$$

## 4. - ANALISI DEI CARICHI

### IMPALCATI IN LEGNO

#### ANALISI DEI CARICHI IMPALCATI

$$\begin{aligned}\text{Peso proprio solaio in legno (g)} &= 50 \text{ Kg/mq} \\ \underline{\text{Sovraccarico variabile (q)}} &= 400 \text{ Kg/mq} \\ \text{TOT. (g)+(q)} &= 450 \text{ Kg/mq}\end{aligned}$$

#### ANALISI DEI CARICHI SCALE

$$\begin{aligned}\text{Peso proprio scale in legno (g)} &= 50 \text{ Kg/mq} \\ \underline{\text{Sovraccarico variabile (q)}} &= 400 \text{ Kg/mq} \\ \text{TOT. (g)+(q)} &= 450 \text{ Kg/mq}\end{aligned}$$

### SCALE IN ACCIAIO CORTEN

#### ANALISI DEI CARICHI

$$\begin{aligned}\text{Peso proprio scale in acciaio (g)} &= 200 \text{ Kg/mq} \\ \underline{\text{Sovraccarico variabile (q)}} &= 400 \text{ Kg/mq} \\ \text{TOT. (g)+(q)} &= 600 \text{ Kg/mq}\end{aligned}$$

### **Neve ( $Q_1$ )**

L'edificio è situato in Provincia di Lecco - Colico (zona I - Alpina).

Il carico di neve al suolo e su superfici piane:

$$q_s = \mu \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_1 = \mu \cdot 2.20 \text{ kN/m}^2 = 1.80 \text{ KN/m}^2$$

dove:  $q_{sk} = 2.20 \text{ kN/mq}$  (con  $a_s = 500 \text{ m s.l.m.}$ )

$C_E = \text{coefficiente di esposizione} = 1$

$C_t = \text{coefficiente termico} = 1$

$$\mu = 0.8$$

Si assume, a favore di sicurezza, comunque un  $q_s = 2.00 \text{ KN/m}^2$ .

## **5. - RELAZIONE DI CALCOLO**

### **5.1 - SCALE ESTERNE IN ACCIAIO CORTEN**

Una scala in acciaio Corten posizionata proprio frontalmente alla porta d'ingresso permetterà di superare il dislivello esistente tra il cortile alla base e la soglia d'ingresso, pari a circa 3.25 m.

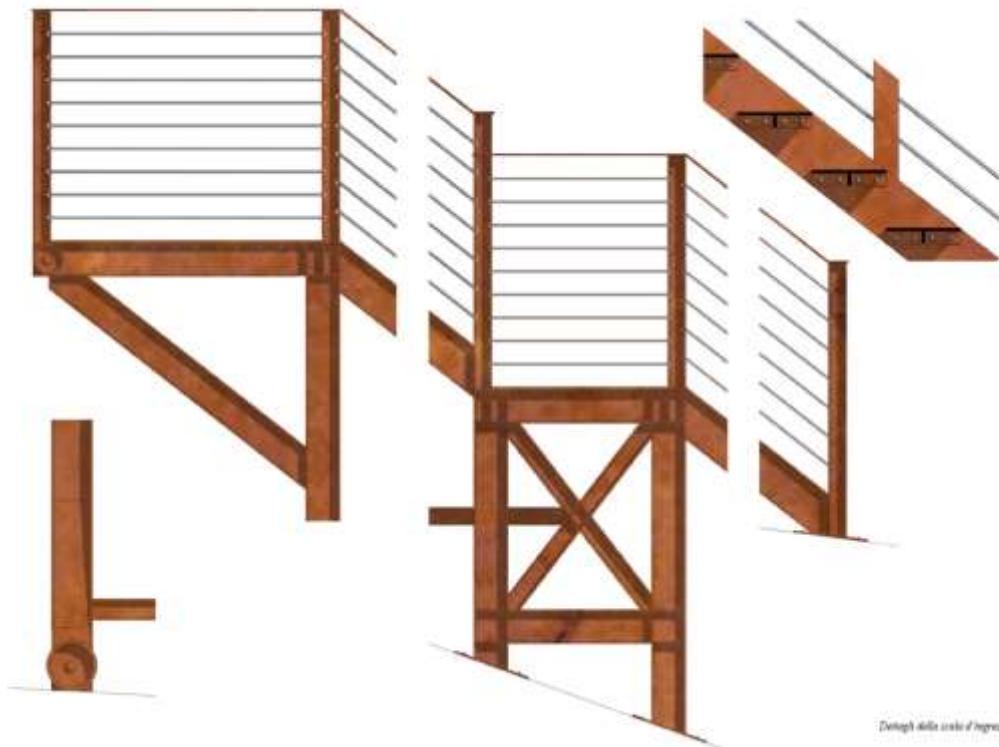
La struttura sarà composta da due rampe di lunghezza 3.20 m circa, intervallate da un pianerottolo intermedio di lunghezza 1.20 m sorretto da una struttura intelaiata a castello, terminanti su un pianerottolo d'arrivo di lunghezza 1.50 m, completamente staccato dalla struttura muraria.

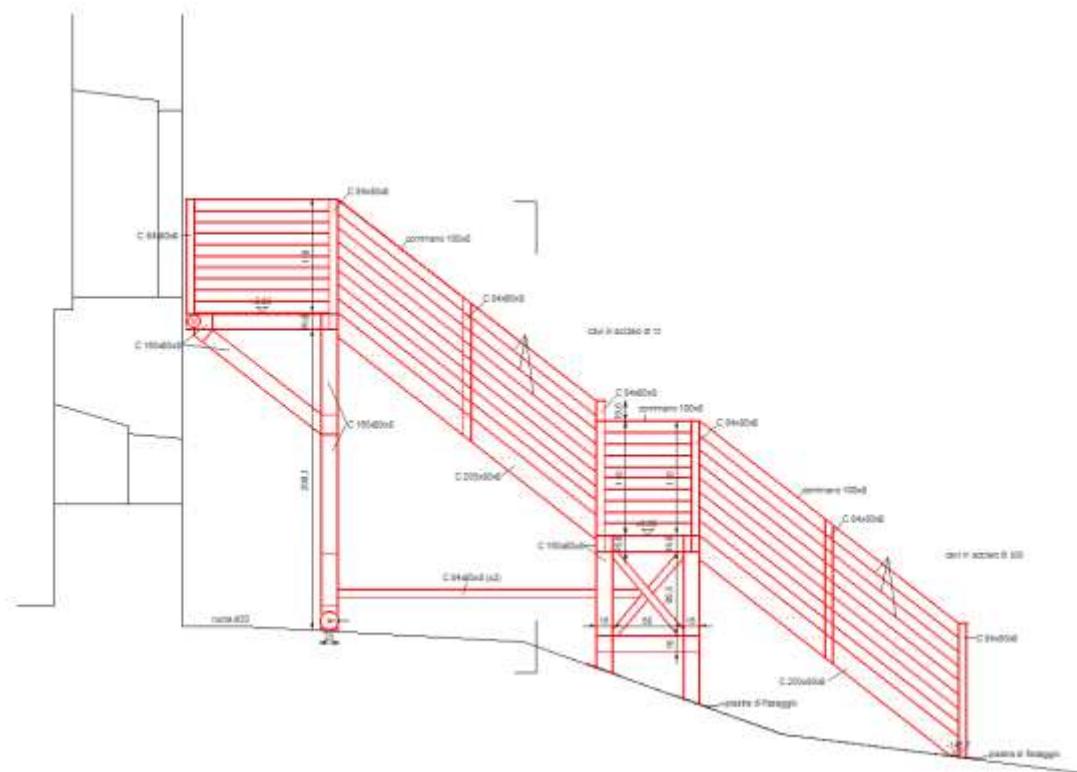
L'insieme della scala ha un voluto aspetto architettonico assomigliante ad una macchina medioevale di assalto.

I profili utilizzati per la realizzazione della scala saranno:

- C 200x80x8 per cosciali;
- C 160x80x8 per montanti e travi dei pianerottoli;
- C 84x80x8 per elementi di controvento per i montanti dei parapetti.

La struttura avrà due principali appoggi a terra: il primo mediante un'incastellatura sotto il pianerottolo intermedio, formata da quattro montanti controventati ed ancorati mediante piastre ad un plinto in c.a. ed il secondo mediante montanti e saette ancorati mediante piastre alla roccia affiorante.





## COMBINAZIONI DI CARICO

La combinazione di carico considerata per la verifica strutturale allo SLU è la seguente:

### - Combinazione fondamentale (p.to 2.5.3 del D.M. 14 Gennaio 2008)

$$\gamma_{G1}G_1 + \gamma_{G2}G_2 + \gamma_Q Q_{k,i} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Qi} (\psi_{0,i} Q_{k,i})$$

considerando come azione principale quella della folla.

Si determinano i carichi derivanti da questa combinazione, applicando i coefficienti per gli stati limiti STR:

**Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.**

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

**Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione**

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

Il carico variabile dominante è senza dubbio quello relativo alla folla, pari a 400 Kg/mq, come da tabella NTC; il carico secondario della neve viene combinato con il coefficiente di contemporaneità  $\Psi_{0j}$  pari a 0,5 come da tabella soprastante.

Il carico uniformemente distribuito sulla scala risulta pertanto:

$$200 \cdot 1.3 + 400 \cdot 1.5 + 200 \cdot 1.5 \cdot 0.5 = 1010 \text{ Kg/mq}$$

**- Combinazione frequente (p.to 2.5.3 del D.M. 14 Gennaio 2008)**

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

considerando come azione principale quella della folla.

Si determinano i carichi derivanti da questa combinazione, applicando i coefficienti per gli stati limiti SLE:

Il carico uniformemente distribuito sulla scala risulta pertanto:

$$200 + 400 + 200 \cdot 0.5 = 700 \text{ Kg/mq}$$

### 5.1.1 - Verifica del cosciale tipo C200x80x8 a formazione della rampa (SLU)

Si analizza l'elemento C 200x80x8 inclinato, applicando un carico distribuito sulla lunghezza rappresentante il carico dei gradini.

Il carico distribuito è:

$$P_u = 1010 \times 1.20 / 2 = 606 \text{ Kg/m}$$

$$L = 3.20 \text{ m}$$

Sezione = C200x80x8 mm

$$W = 146 = 146 \text{ cm}^3$$

$$M_{us} = (P_u \times L^2) / 8 = 776 \text{ Kgm}$$

$$M_{rs} = f_d \times W = (2350 / 1.15) \times 146 = 2983 \text{ Kgm} > M_{us}$$

### 5.1.2 - Verifica della freccia cosciale tipo C200x80x8 a formazione della rampa (SLE)

Si calcola la freccia con il carico distribuito sulla lunghezza rappresentante il carico dei gradini allo SLE:

$$U = 5 / 384 \times L^4 / EJ = 0.0021 \text{ m} < L / 600 \text{ luce di calcolo}$$

## 5.2 - IMPALCATI IN LEGNO

La riabilitazione della Torre di Fontanedo passa attraverso la realizzazione di implacati e scale in legno che, dalla quota +2.93 m, a livello con l'unica porta d'ingresso della torre, permettono di scendere all'interno al livello terreno a quota +0.00 m e attraverso due solai intermedi di salire al livello +12.45 m dell'ultimo solaio belvedere.

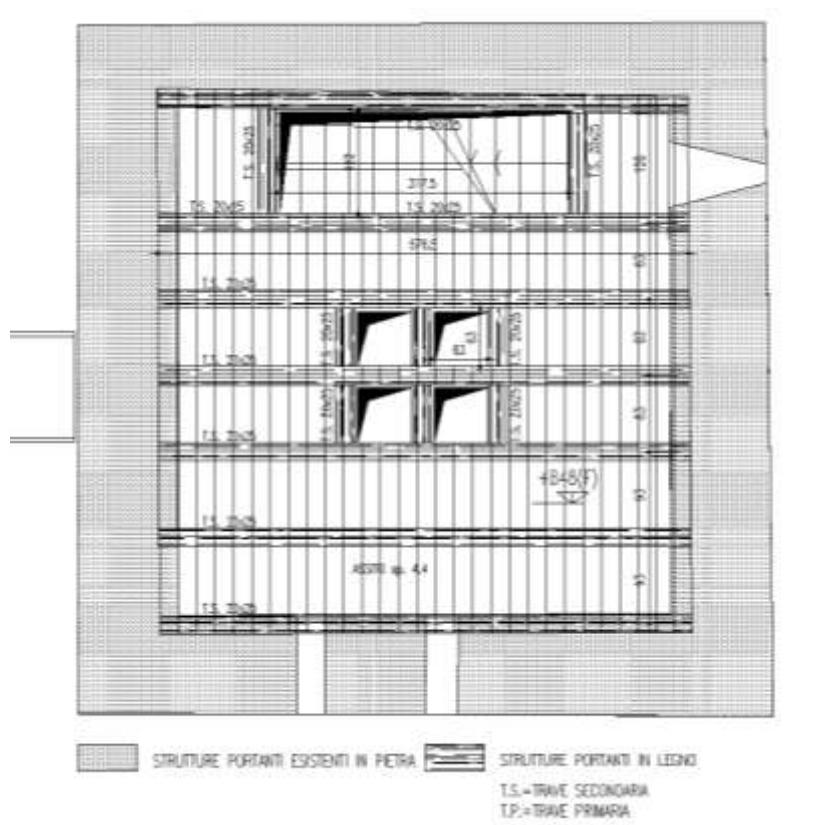
I solai saranno realizzati interamente in legno di larice mediante la posa di travi con sezione 20x25(h) cm, come orditura primaria, in appoggio sulle rastremature esistenti nella muratura, oppure sostenute da montanti lignei di sezione 20x20 cm che si elevano dall'appoggio del solaio inferiore.

In spessore con le banchine laterali verrà montata l'orditura secondaria composta da travi sez. 20x25(h), lunghezza massima di 5.70 m, interasse medio di 0.80 m ed infine calpestio realizzato con assi di spessore 4.4 cm. All'interno dei solai sono previsti, oltre al foro vano scale di dimensioni variabili, quattro fori di pianta quadrata di lato 0.63 m per alloggiamento dei lucernari a formazione di un pozzo di luce.

Tali elementi andranno a formare un'incastellatura in legno, come lo erano i solai originari, con carattere di reversibilità e provvisorietà realizzata interamente a secco.

Dal punto di vista del comportamento globale sotto le azioni sismiche orizzontali, l'introduzione dei solai non può che migliorare, in quanto ad un incremento modesto di pesi permanenti (peso proprio dei solai) si contrappone un effetto migliorativo dato dall'inserimento di collegamenti, anche se non infinitamente rigidi, a intermedie.

In allegato le piante degli impalcati. Di seguito impalcato tipo.



## COMBINAZIONI DI CARICO

La combinazione di carico considerata per la verifica strutturale allo SLU è la seguente:

### - Combinazione fondamentale (p.to 2.5.3 del D.M. 14 Gennaio 2008)

$$\gamma_{G1}G_1 + \gamma_{G2}G_2 + \gamma_Q Q_{k,i} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Qi} (\psi_{0,i} Q_{k,i})$$

considerando come azione principale quella della folla.

Si determinano i carichi derivanti da questa combinazione, applicando i coefficienti per gli stati limiti STR:

Il carico variabile è quello relativo alla folla, pari a 400 Kg/mq, come da tabella NTC.

Il carico uniformemente distribuito sulla scala risulta pertanto:

$$50*1.3 + 400*1.5 = 665 \text{ Kg/mq}$$

### - Combinazione frequente (p.to 2.5.3 del D.M. 14 Gennaio 2008)

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

considerando come azione principale quella della folla.

Si determinano i carichi derivanti da questa combinazione, applicando i coefficienti per gli stati limiti SLE:

Carico sollecitante secondo la combinazione allo SLE

$$50 + 400 = 450 \text{ Kg/mq}$$

### - Combinazione quasi permanente (p.to 2.5.3 del D.M. 14 Gennaio 2008)

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

considerando come azione principale quella della folla.

Si determinano i carichi derivanti da questa combinazione, applicando i coefficienti per gli stati limiti SLE:

Carico sollecitante secondo la combinazione allo SLE

$$50 + 0.6 * 400 = 290 \text{ Kg/mq}$$

In caso di ambienti suscettibili di affollamento.

## 5.2.1 - Verifica della trave in legno 20x28(h) allo SLU

Le caratteristiche geometriche sono:

$$L = \text{luce travetto} = 5.80 \text{ m}$$

$$i = \text{interasse massimo} = 0.93 \text{ m}$$

$$B = \text{base travetto medio} = 200 \text{ mm}$$

$$H = \text{altezza travetto medio} = 280 \text{ mm}$$

$$A \text{ sezione} = B \times H = 56000 \text{ mm}^2$$

$$W \text{ sezione} = B \times H^2 / 6 = 2613333 \text{ mm}^3$$

$$J \text{ sezione} = B \times H^3 / 12 = 365866666 \text{ mm}^4$$

Si considera uno schema statico di appoggio-appoggio

$$M = 1/8 \times p \times x \times L^2 = 1/8 \times 450 \times 5.8^2 = 1892.00 \text{ Kg/m}$$

$$V = 1/2 \times p \times x \times L = 1305 \text{ Kg}$$

$$\sigma_{\text{mod}} = M/W = 1892.00 \times 100 / [(2083333 \times 0.001)] = 90.82 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\tau = 1305 / 20 \times 25 = 2.61 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{mod}} < f_{m,d}$$

$$\tau < f_{v,d} \quad \text{VERIFICATO}$$

### 5.2.2 - Verifica della trave in legno 20x28(h) allo SLE

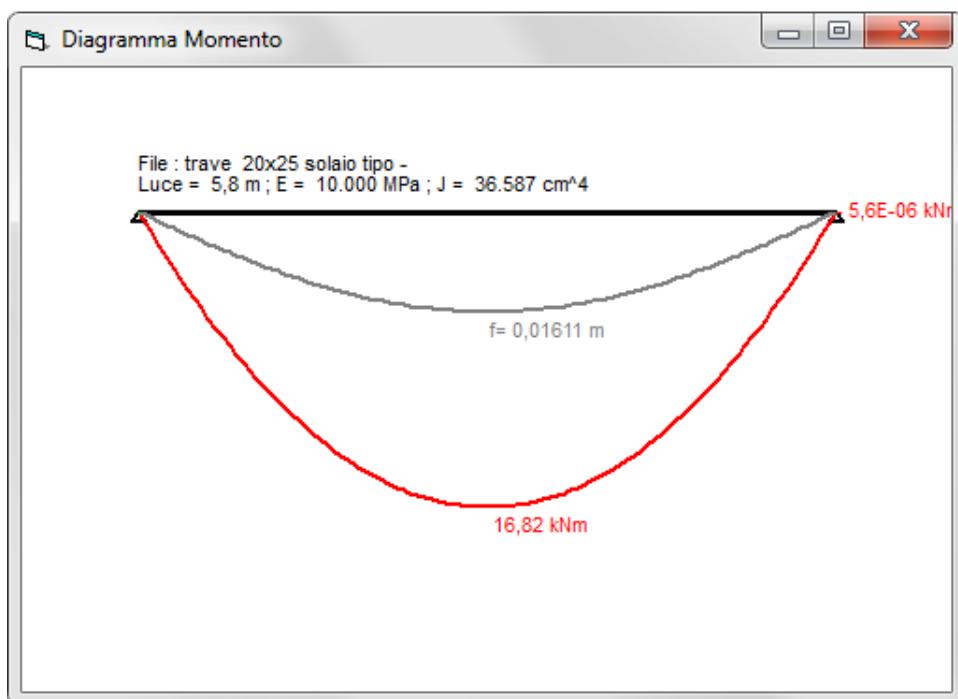
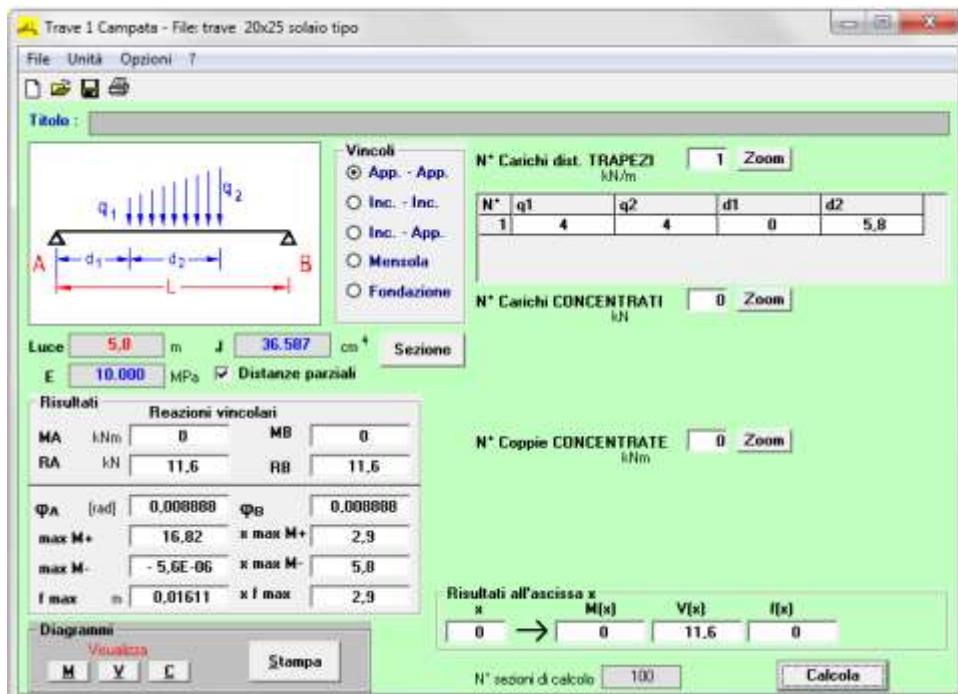
In questo capitolo si affronta la verifica allo SLE, che per l'elemento singolo si traduce nel calcolo della freccia da carichi variabili.

Le NTC impongono una doppia verifica di deformabilità, ovvero:

- verifica della freccia istantanea dovuta ai soli carichi variabili;
- verifica della freccia finale essendo il legno un materiale soggetto a comportamento viscoso.

CALCOLO DELLA FRECCIA ISTANTANEA PER SOLI CARICHI VARIABILI ISTANTANEI

N.B. Si trascura la deformabilità a taglio.



$$U_{IN} = 0,01611 \text{ m} = a / 360L < 1/300 L$$

VERIFICATO

La freccia istantanea dovuta ai soli carichi variabili risulta quindi minore del limite imposto.

CALCOLO DELLA FRECCIA FINALE

Si calcola la freccia finale come somma della freccia finale dei carichi nella combinazione quasi permanente e della freccia istantanea data dai variabili non considerati nella combinazione quasi permanente.

Per effetto della viscosità del cls e del legno e delle variazioni di umidità la freccia aumenta nel tempo.

Il calcolo viene condotto adottando i seguenti valori ridotti delle rigidezze:

$$E_{w, \text{FIN}} = E_w / (1 + K_{\text{def}}) = 7222 \text{ MPa}$$

Con:

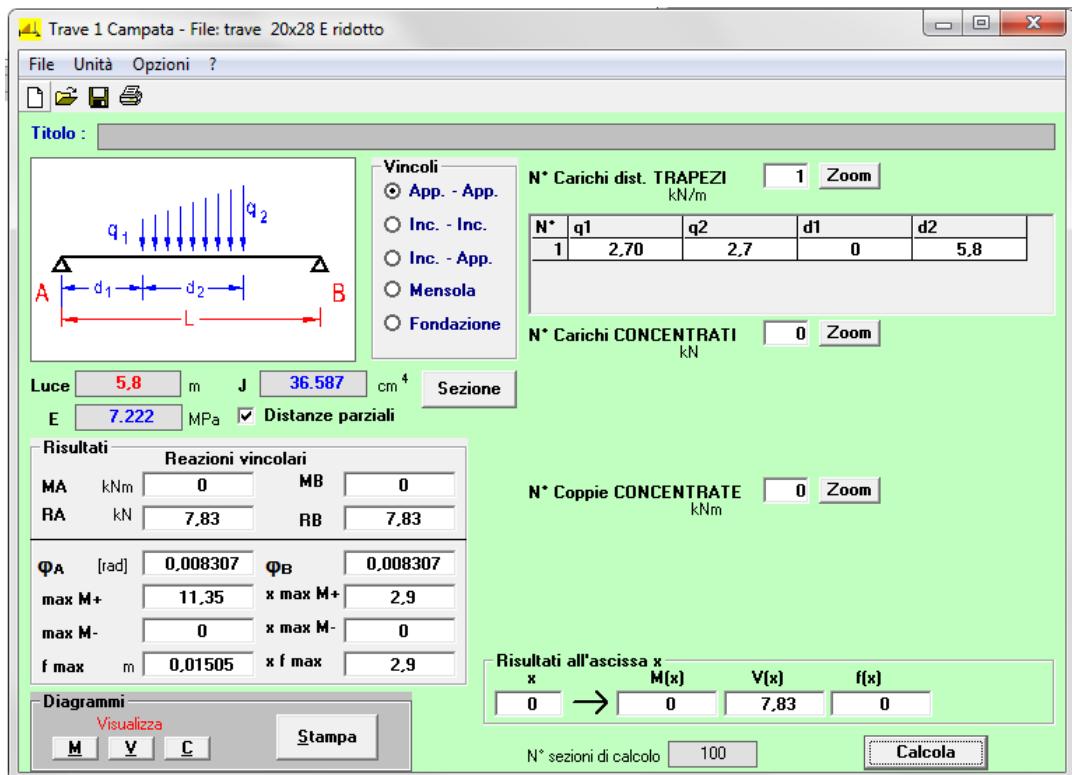
$$K_{\text{def}} = 0.8 \text{ per classe di servizio 2}$$

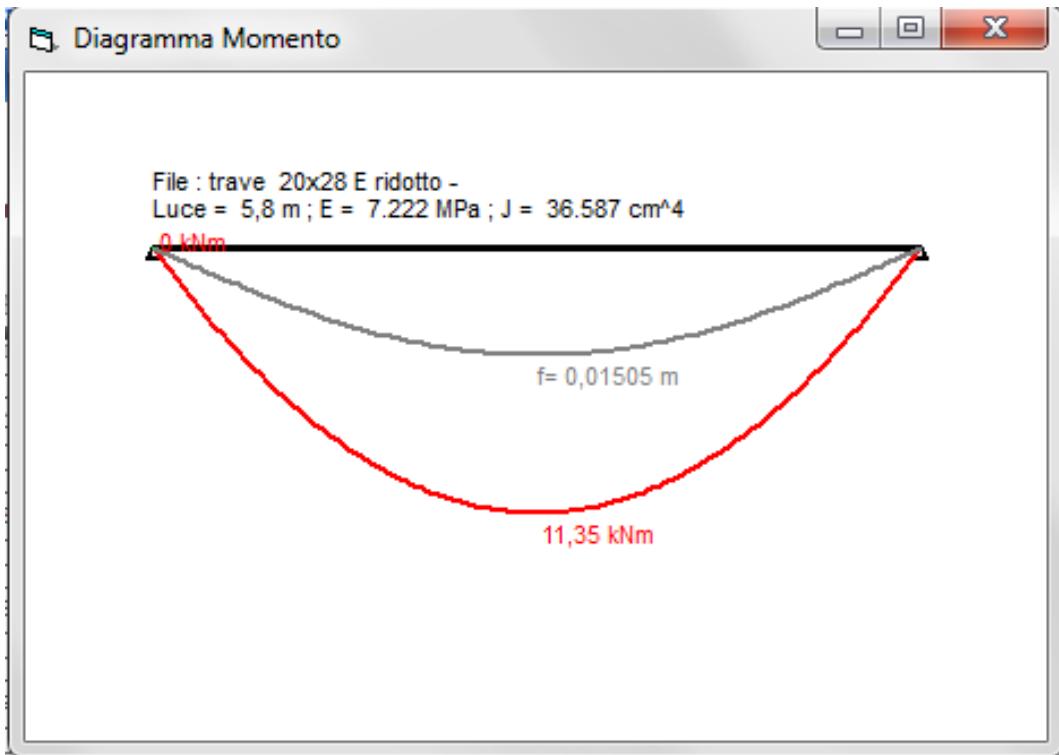
Combinazione quasi permanente per calcolo a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

$$g_k = 50 \times 0.93 = 46.50 \text{ Kg/m}$$

$$q_k = 400 \times 0.93 \times 0.6 = 223.20 \text{ Kg/m}$$

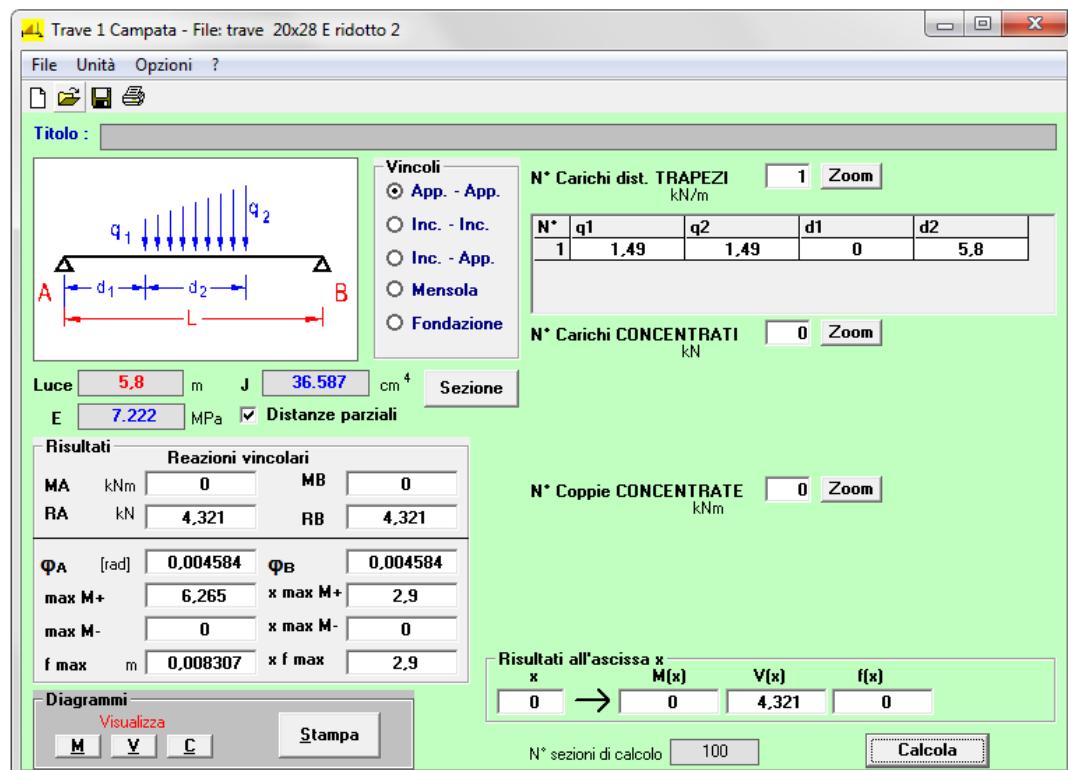


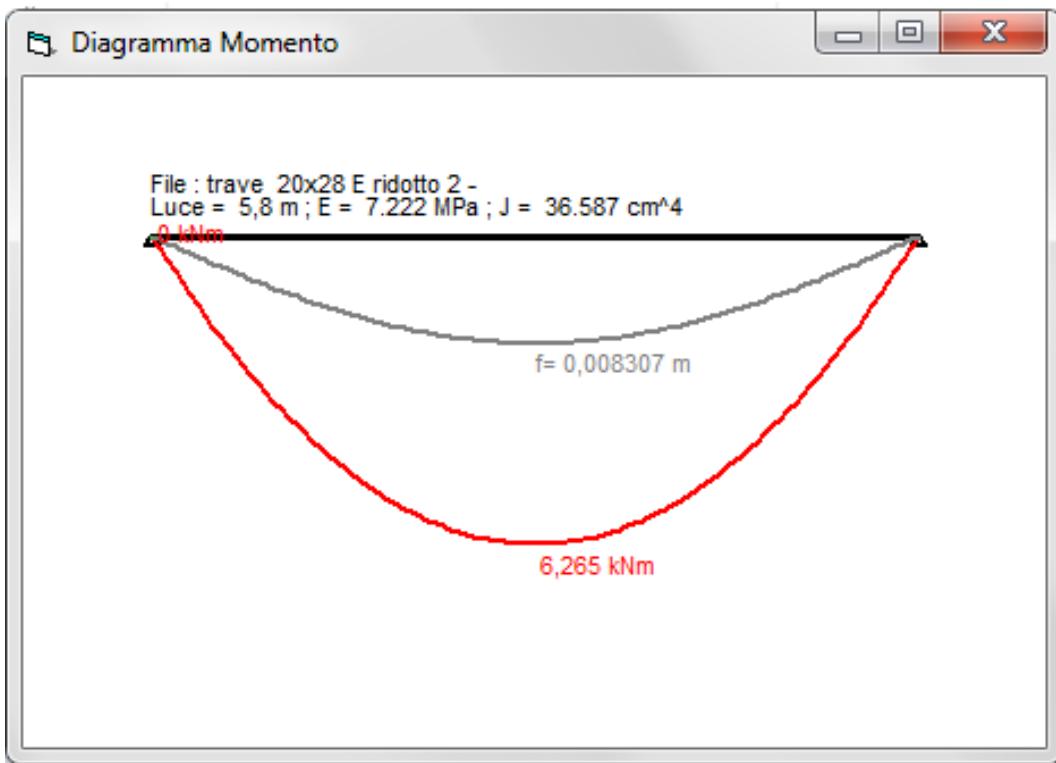


$$U_{\text{fin, quasi permanente}} = 0.01505 \text{ m}$$

Si calcola la freccia istantanea dei carichi variabili:

$$q_k = 400 \times 0.93 \times 0.4 = 148.8 \text{ Kg/m}$$





La freccia finale sarà data dalla somma delle freccie sopra calcolate:

$$f_{\text{fin}} = 0.0150 + 0.0083 = 0.0233 \text{ m} = a/250L = 1/250 L \quad \text{VERIFICATO}$$

## 6. - CONCLUSIONI

Tutti gli elementi strutturali considerati rispettano le verifiche strutturali dettate dalla normativa.

## **7. - VERIFICHE DI SICUREZZA E VULNERABILITÀ'**

### **INTRODUZIONE**

Sulla scorta della Direttiva del presidente del Consiglio dei Ministri 9 febbraio 2011 ovvero: *Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008* si è sviluppata la trattazione della verifica di sicurezza dell'edificio in oggetto e della sua vulnerabilità.

Si premette che per gli edifici storici e vincolati non vige l'obbligo dell'adeguamento sismico, che peraltro potrebbe risultare invasivo, ma ci si può limitare al miglioramento.

La direttiva individua tre livelli di crescente completezza LV1, LV2, LV3. Il livello LV1, applicato anche a scala territoriale, contempla un valutazione dell'azione sismica allo SLV attraverso metodi semplificati; i livelli LV2 e LV3 sono introdotti per la progettazione degli interventi su singole parti (intervento locale) oppure sull'intero immobile (funzionamento strutturale complessivo). Per la valutazione del miglioramento sismico di un edificio si deve ricorrere ad una valutazione globale che ne evidensi le azione sismiche corrispondenti a ciascun stato limite, prima e dopo l'intervento.

L'obiettivo è valutare l'indice di sicurezza sismica nella situazione ante intervento e valutare l'indice di sicurezza sismica raggiungibile con interventi compatibili con le esigenze di tutela.

Il livello di sicurezza sismica può essere espresso mediante una vita nominale ridotta (anche inferiore di 50 anni), oppure un indice di sicurezza sismica quale rapporto tra periodi di ritorno (quello che porta ad un dato stato limite e quello di riferimento), oppure attraverso un fattore di accelerazione (rapporto tra l'accelerazione al suolo che porta ad un dato stato limite e quella corrispondente al periodo di ritorno di riferimento).

Lo stato limite di riferimento è lo SLV (stato limite di vita).

Come per gli edifici esistenti in genere si adottano tre fattori di confidenza associati ad altrettanti livelli di conoscenza.

Seguendo l'approccio illustrato sopra si sono sviluppati i tre livelli di valutazione della sicurezza sismica:

- LV1: valutazione dell'indice di sicurezza allo SLV, nelle due direzioni, considerando la torre come una mensola sollecitata da un sistema di forze orizzontali crescenti con l'altezza, suddividendo la struttura in tre conci orizzontali individuati dal cambio di sezione delle murature; si ipotizza e verifica un collasso per pressoflessione con crisi della zona compressa parzializzata (resistenza a trazione della muratura nulla).
- LV2: valutazione del collasso di singoli macroelementi che seguono meccanismi locali; per ciascun macroelemento si confronta l'accelerazione allo SLU prima e dopo l'intervento evidenziando criticità e miglioramenti. Sono determinanti all'individuazione dei macroelementi la composizione della muratura, il grado di ammorsamento dei maschi murari e la tessitura della stessa.

- LV3: valutazione complessiva della risposta sismica del manufatto attraverso un analisi statica lineare mediante modello ad elementi finiti con Software Sismicad della Concrete.

### DEFINIZIONE LIVELLO DI CONOSCENZA DELLA STRUTTURA ESISTENTE

Prima di eseguire le verifiche di sicurezza sull'edificio esistente, in ottemperanza del Cap. 8.4 delle NTC 2008 e secondo quanto indicato nella direttiva, si sono condotte le verifiche ed indagini in sito relative alla Torre di Fontanedo.

**Rilievo geometrico e strutturale:** è stato rilevato il manufatto topograficamente nella sua globalità, mettendo in evidenza aperture, sezioni murarie ed anche uno spigolo fuori piombo. Si sono osservate anche la tessitura muraria, le pietre utilizzate ed ipotizzata una sezione stratigrafica delle murature.

La costruzione presenta una pianta pressoché quadrata di lato circa 7.50 m ed altezza globale di circa 15 m. Attualmente la fabbrica è sprovvista di solai intermedi di cui si possono facilmente notare quelle che erano le posizioni originarie, in corrispondenza di rastremature, ovvero restringimenti parziali di spessore delle murature a formare piani intermedi d'appoggio.

Dal rilievo topografico dell'edificio è emersa, ai vali livelli, una non verticalità dello spigolo a sud-est che dal basso verso l'alto roto-trasla verso sud.

Non essendo presente questa particolarità anche negli altri tre spigoli del fabbricato si può escludere, sulla base di queste prime indagini e valutazioni, che la torre abbia avuto delle deformazioni nel tempo dovute a cedimenti o cinematismi, bensì imputare tale irregolarità ad un "difetto" nella costruzione.

Le murature in pietra, che hanno spessore variabile dai 120 cm di base fino agli 80 cm circa dell'ultimo livello, sono realizzate con pietre locali, di pezzature medie, in trama a listati orizzontali fino ad circa 2/3 dell'altezza e più irregolare con elementi tondeggianti per la parte superiore

#### **Identificazione delle specificità storiche e costruttive della fabbrica:**

Il cambio di trama e di geometria delle pietre, dalla quota di circa +8.00 m fino in sommità evidenzia una parziale ricostruzione (rispetto all'altezza originaria, maggiore ai 15 m attuali) in epoche più recenti rispetto alla parte basamentale, con pietre più lavorate, risalente al XIV secolo.

Negli anni 80 la torre è stata oggetto di un intervento di messa in sicurezza consistente principalmente nella realizzazione di corree in cls armato in corrispondenza delle rastremature dei muri in elevazione ed in sommità, parziale ricostruzione o intervento di cuci-scuci con mattoni pieni in laterizio di una fessura marcata sul prospetto nord della parte terminale, listatura con malta dei giunti tra le pietre, per la parte basamentale, chiusura di un piccolo scasso a livello del terreno.

La torre presenta fino a circa 2/3 della sua altezza (come si può vedere dalle sovrapposizioni fotografiche) murature realizzate con elementi più allungati, di pezzatura media, con giunti di malta listati in epoca successiva e con discreta

regolarità nello sfalsamento dei giunti tra blocchi. La parte terminale invece è stata successivamente ricostruita con elementi più grossolani, di pezzatura media, di geometrie più tondeggianti e di conseguenza con minore regolarità nello sfalsamento tra giunti di malta.

Tuttavia le pietre d'angolo, che svolgono funzione fondamentale per l'ammorsamento, risultano di dimensioni maggiori e meglio "leganti" rispetto a quelle di facciata.

Dati gli spessori delle murature e la loro matrice "povera", si possono escludere elementi diffusi di collegamento trasversale efficace (diatoni); ciò nonostante la struttura appare comunque monolitica, non presenta lesioni e deformazioni preoccupanti.

La presenza delle corree realizzate in c.a. ai vari livelli contribuisce la cerchiatura dell'edificio e può favorire il comportamento scatolare.

Dal rilievo visivo si sono escluse fessurazioni evidenti e macroscopiche, tuttavia sono emerse comunque le seguenti criticità nelle murature:

- in parete si demarcano localmente linee verticali di coincidenza dei giunti di malta (non sempre costituenti fessurazioni ma luogo privilegiato per le stesse nel futuro) a causa della pezzature e scarsa regolarità dei giunti;
- i giunti di malta sono mediamente spessi e consumati dal tempo su parte delle facciate (concentrati nella parte sommitale);

### **Proprietà meccanica dei materiali**

In assenza di prove in situ finanziate si sono desunti i parametri meccanici dalla tabella C8A.2.1 della Circolare, in coerenza con quanto descritto sopra, ovvero:

- Muratura in pietrame disordinata (ciottoli pietre erratiche e irregolari) per la parte sommitale;
- Muratura a conci sbizzarri per la parte basamentale.

In accordo con la circolare in LC1 si sono assunti nelle verifiche i valori minimi dei parametri meccanici.

### **Terreno e fondazioni**

L'ente committente non ha fornito relazione geologica-geotecnica, che tuttavia verrà redatta prima del deposito della pratica strutturale e potrà perfezionare la modellazione grazie alle informazioni aggiuntive.

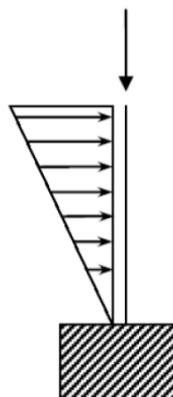
Sulle fondazioni non si hanno dati certi ma, valutando il contesto intorno alla torre, pare che queste siano state impostate su suolo roccioso, come prosecuzione dei maschi stessi all'interno del terreno di terrapieno che in parte circonda l'edificio.

**Con i dati in possesso, anche secondo la valutazione proposta dalla Direttiva in tabella 4.1, si considera un livello di conoscenza LC1.**

## Analisi qualitativa con modelli meccanici semplificati ( LV1)

Come suggerito dalle Linee Guida, per una valutazione quantitativa semplificata dei meccanismi di danneggiamento e collasso, è possibile fare riferimento al collasso per pressoflessione, ovvero considerare la Torre come una mensola, sollecitata da un sistema di forze orizzontali oltre che dal proprio peso, che può andare in crisi in una generica sezione per schiacciamento nella zona compressa, a seguito della parzializzazione della sezione resistente.

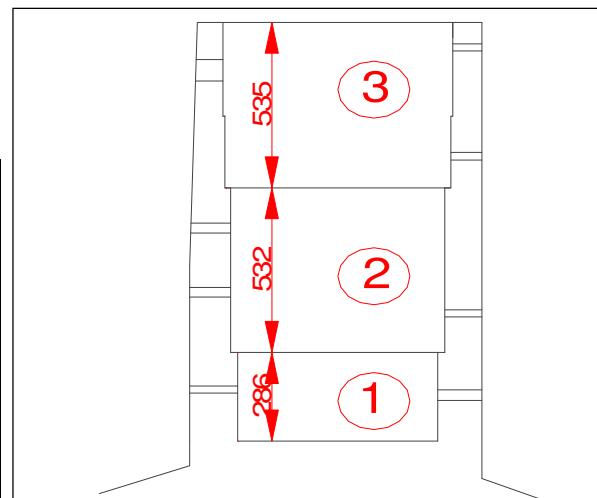
La verifica a pressoflessione della struttura snella in muratura si effettuerà confrontando il momento agente di calcolo con il momento ultimo resistente calcolato assumendo la muratura non resistente a trazione.



### Ipotesi di calcolo

- stante la simmetria della Torre, la verifica verrà eseguita in corrispondenza di una sola direzione principale di inerzia;
- si trascura la presenza di aperture;
- la muratura viene considerata non resistente a trazione, con una distribuzione non lineare delle tensioni a compressione;
- dal punto di vista dei conci meccanici di riferimento, la Torre è stata suddivisa in tre settori di caratteristiche geometriche uniformi
- . ai fini delle verifiche si assumono le seguenti caratteristiche dei materiali:

	Tipologia di muratura	$f_m$ (N/cm <sup>2</sup> )	$\tau_0$ (N/cm <sup>2</sup> )	E (N/mm <sup>2</sup> )	G (N/mm <sup>2</sup> )	w (kN/m <sup>3</sup> )
livello 3	Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	100	2	690	230	19
livelli 1 e 2	Muratura a conci sbozzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno	200	3,5	1020	340	20



### Verifiche a pressoflessione

La verifica, che consiste nel confronto fra il momento agente di calcolo con il momento ultimo, viene eseguita a diverse altezze non essendo possibile identificare a priori la sezione più critica, per la presenza di rastremazioni delle sezioni.

Il momento agente di calcolo viene valutato considerando un sistema di forze distribuite lungo l'altezza della struttura, assumendo una forma lineare degli spostamenti.  
La forza da applicare in corrispondenza del baricentro di ciascun concio è data da:

$$F_i = \frac{W_i z_i}{\sum_{k=1}^n W_k z_k} F_h$$

$F_h$  =  $0,85 S_e (T_1) \cdot W / qg$  (si assume per una torre il periodo fondamentale sempre maggiore di  $T_B$ , periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante); = 70,366 kN

$W_i, W_k$  sono i pesi, rispettivamente, dei settori i e k;

$z_i, z_k$  sono le altezze dei baricentri dei settori i e k rispetto alle fondazioni;

$S_e (T_1)$  è l'ordinata dello spettro di risposta elastico, funzione del primo periodo  $T_1$  della struttura secondo la direzione considerata;  
 $T_1$  viene ricavato da analisi lineare dinamica di modello a elementi finiti.

$W = \sum W_i$  è il peso complessivo della struttura;

$q$  è il fattore di struttura; = 2,8

$g$  accelerazione di gravità =  $9,81 \text{ m/s}^2$

	spessore [m]	h [m]	W [kN]	$z_k$ [m]	$F_i$ [kN]
1	1,12	2,86	1635	1,43	4,06
2	0,94	5,32	2624	5,52	25,18
3	0,8	5,35	2179	10,86	41,12

La risultante delle forze sismiche agenti nella sezione i-esima è data da:

$$F_{hi} = \frac{\sum_{k=i}^n z_k W_k}{\sum_{k=1}^n W_k z_k} F_h$$

	$F_{hi}$ [kN]
1	70,37
2	66,30
3	41,12

L'altezza  $z_{Fi}$  cui applicare la forza  $F_{hi}$  viene valutata attraverso la relazione:

$$z_{Fi} = \frac{\sum_{k=1}^n z_k^2 W_k}{\sum_{k=1}^n W_k z_k} - z_{i*}$$

	$z_{Fi}$ [m]	$z_{i*}$ [m]
1	8,40	0
2	5,54	2,86
3	0,22	8,18

$z_k$  quota del baricentro della massa del k-esimo settore rispetto alla base, di peso  $W_k$

$z_{i*}$  la quota della i-esima sezione di verifica rispetto alla base

$z_{Fi}$  si intende calcolata a partire dalla quota della sezione in esame

Imponendo l'uguaglianza tra il momento ultimo ed il momento di progetto  $M_{u,i} = F_{h,i} \cdot z_{F,i}$

$$M_{u,i} = M_{s,i}$$

	$M_{u,i}$ [kNm]
1	591,18
2	367,41
3	9,11

è possibile ricavare il valore dell'ordinata dello spettro di risposta elastico corrispondente al raggiungimento dello stato limite SLV nella sezione i-esima:

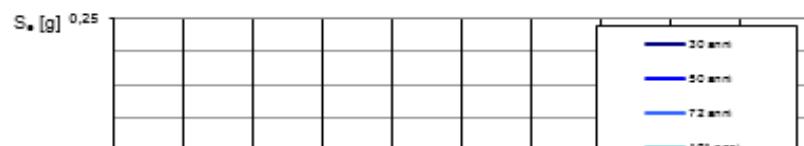
$$S_{e,SLV,i}(T_1) = \frac{q \cdot g \cdot M_{u,i} \sum_{k=1}^n z_k W_k}{0.85 W \left( \sum_{k=1}^n z_k^2 W_k - z_{i^*} \sum_{k=1}^n z_k W_k \right) F_c}$$

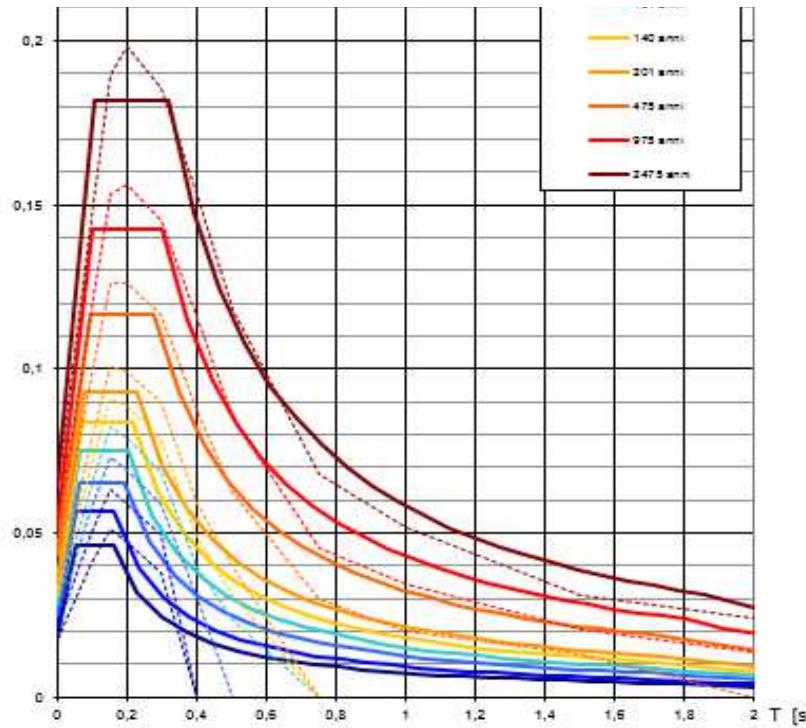
$$\begin{aligned} F_C^* &= 1,35 \\ \sum z_k W_k &= 40.482 \text{ kNm} \\ W &= 6439 \text{ kN} \\ \sum z_k^2 W_k &= 340108,46 \text{ kNm}^2 \end{aligned}$$

	$S_{e,SLV,i}$ [g]
1	0,26
2	0,25
3	0,15

*\*) a favore di sicurezza si impone  $F_C = 1,35$ , considerato che dalle indicazioni della Direttiva PCM 09/02/2011 sarebbe possibile stimare  $F_C = 1,26$*

In base a tale valore si determina il tempo di ritorno TSLV dell'azione sismica corrispondente, mediante un procedimento iterativo che utilizza i dati disponibili in appendice delle NTC relativi ai 9 tempi di ritorno riportati ( 30 anni, 50 anni, 72 anni, 101 anni, 140 anni, 201 anni, 475 anni, 975 anni, 2475 anni). Al tempo di ritorno TSLV così valutato sono associati i corrispondenti valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T^*C$ , attraverso i quali sono definiti tutti i parametri dello spettro.





Tempo di riorno risultante stimato: 2475 anni.

La sezione nella quale si raggiunge lo stato limite per l'accelerazione spettrale minima è  
a quota +8,18.

Il valore dell'accelerazione massima del suolo corrispondente al raggiungimento dello stato  
limite ultimo SLV può essere calcolato come:

$$a_{SLV} = \begin{cases} \frac{S_{e,SLV}}{SF_0} & \rightarrow T_B \leq T_i < T_c \\ \frac{S_{e,SLV}}{SF_0} \frac{T_1}{T_c} & \rightarrow T_c \leq T_i < T_d \end{cases}$$

essendo:  $T_c \leq T_1 < T_d$

si ha:

$S_e = 0,15 \text{ g}$   
 $T_1 = 1,07 \text{ s}$   
 $S = 1,2$   
 $F_0 = 2,694$   
 $T_c = 0,277 \text{ s}$   
 $a_{SLV} = 0,183 \text{ g}$   
 $IS = 4,25 \text{ Indice di sicurezza stimato} > 1$

Il momento resistente  $M_{ui}$  nella sezione di verifica i-esima si valuta mediante l'espressione:

$$M_{ui} = \frac{\sigma_{0i} A_i}{2} \left( b_i - \frac{\sigma_{0i} A_i}{0.85 a_i f_d} \right)$$

dove

$\sigma_{0i}$  è la tensione di compressione media dovuta ai carichi gravitazionali

$f_d$  è la resistenza a compressione di calcolo della struttura

=	3,7 daN/cm <sup>2</sup> per il livello 3
=	7,4 daN/cm <sup>2</sup> per i livelli 1 e 2

$A_i$  è l'area della sezione depurata di eventuali aperture

$b_i$  è la dimensione del lato parallelo alla direzione del sisma

=	750 cm
---	--------

$a_i$  è la dimensione del lato ortogonale al sisma

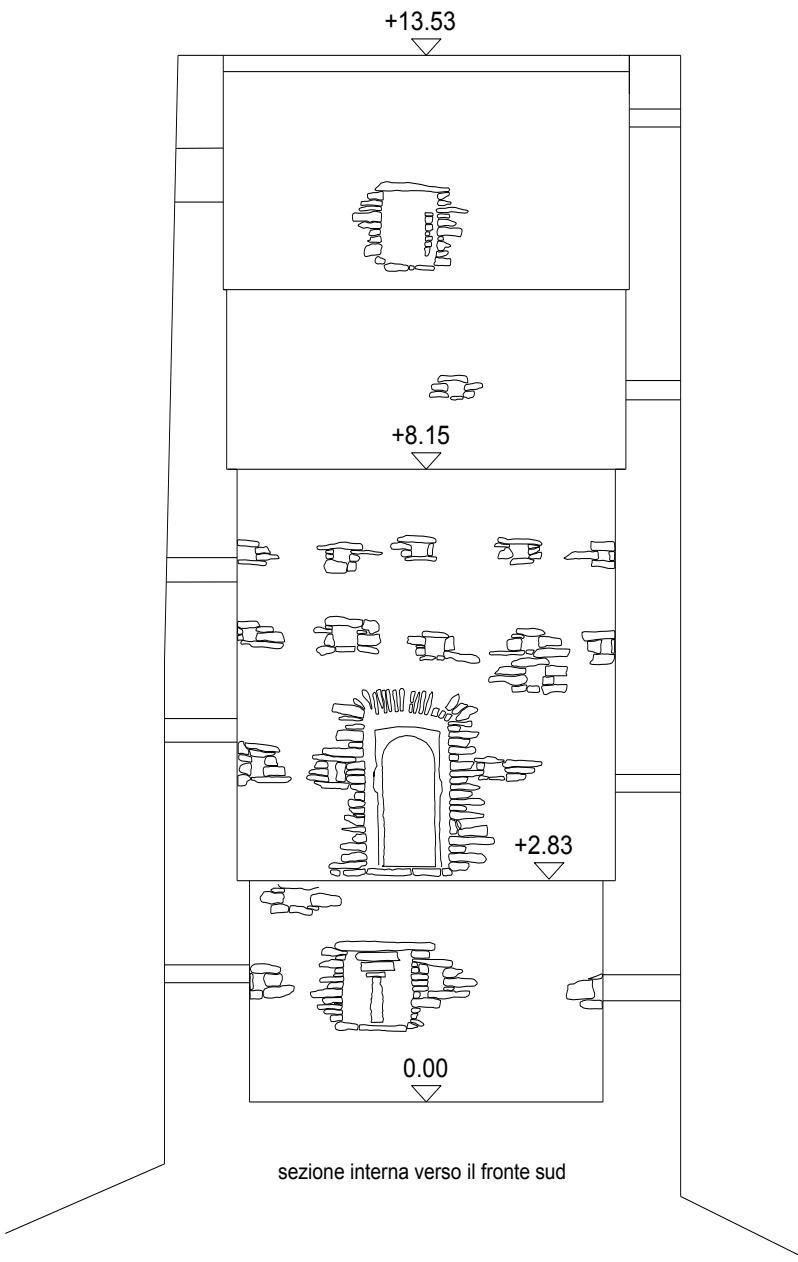
=	750 cm
---	--------

	$A_i [\text{cm}^2]$	$\sigma_{0i} [\text{daN/cm}^2]$	$M_{ui} [\text{daN cm}]$	$M_{ui} [\text{kN m}]$
1	285824,00	2,25	153572471,4	15.357
2	246656,00	1,95	155683992,7	15.568
3	214400,00	1,02	76692493,22	7.669

I valori del Momento ultimo così stimati sono ampiamente maggiori dei momenti agenti nelle sezioni sopra calcolati.

## Introduzione

L'intervento di seguito proposto per il progetto di rafforzamento locale mediante introduzione di tiranti, nel caso in cui si attivi il meccanismo di ribaltamento fuori piano, fa riferimento agli ultimi due livelli Dell'edificio Torre di Fontanedo, la cui geometria è di seguito riportata:



Il procedimento segue il metodo di analisi dei meccanismi locali di collasso valido per gli edifici esistenti in muratura, e le corrispondenti formule utilizzate sono in accordo alla vigente normativa (Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008, “Norme Tecniche per le Costruzioni”, e relativa Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti n. 617 del 2/2/09 “Istruzioni per l'applicazione delle «Norme Tecniche per le Costruzioni» di cui al D.M. 14/01/2008”).

Si ipotizza che, sulla base della pericolosità sismica del sito in cui sorge l'edificio, ed in riferimento ad un periodo di ritorno dell'azione sismica TR = 475 anni per le verifiche nei confronti dello Stato

Limite di salvaguardia della Vita SLV (vedasi cap. 3.2 D.M. 14.01.08 e C3.2 della Circolare n. 617 del 2/2/09), i parametri che definiscono le forme spettrali sono:

STATO LIMITE DI RIFERIMENTO	SLV	
Accelerazione orizzontale massima al sito	ag	0,043 g
Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale	Fo	2,697
Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale	TC*	0,276 s
Vita nominale	VN	50
Classe d'uso (valore del coefficiente d'uso)	cu	1
Periodo di riferimento dell'azione sismica	VR	50
Probabilità di superamento	PVR	0,10
Tempo di ritorno dell'azione sismica	TR	475
Categoria di sottosuolo	A	
Coefficienti di amplificazione stratigrafica	SS CC	1 1
Coefficiente di amplificazione topografica	ST	1
Coefficiente per categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche	S	1
Periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro	TC	0,276 s
Periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante	TB	0,092 s
Periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro	TD	1,773 s

## FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE  
9,3709
LATITUDINE  
46,1333

Ricerca per comune

REGIONE  
Lombardia
PROVINCIA  
Lecco
COMUNE  
Colico Piano

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione

superficie rigata

## Valori dei parametri $a_g$ , $F_o$ , $T_C^*$ per i periodi di ritorno $T_R$ di riferimento

$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
30	0,017	2,633	0,158
50	0,022	2,624	0,163
72	0,025	2,614	0,190
101	0,028	2,674	0,201
140	0,031	2,683	0,215
201	0,034	2,690	0,229
475	0,043	2,697	0,276
975	0,052	2,734	0,300
2475	0,064	2,842	0,319

## Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0,043 g
$F_o$	2,697
$T_C$	0,276 s
$S_S$	1,000
$C_C$	1,000
$S_T$	1,000
$q$	2,800

Parametri dipendenti

$S$	1,000
$\eta$	0,357
$T_B$	0,092 s
$T_C$	0,276 s
$T_D$	1,773 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T'_C \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Punti dello spettro di risposta

$T$ [s]	$S_e$ [g]
0,000	0,043
0,092	0,042
0,276	0,042
0,347	0,033
0,419	0,027
0,490	0,023
0,561	0,021
0,633	0,018
0,704	0,016
0,775	0,015
0,846	0,014
0,918	0,013
0,989	0,012
1,060	0,011
1,132	0,010
1,203	0,010
1,274	0,009
1,345	0,009
1,417	0,009
1,488	0,009
1,559	0,009
1,630	0,009
1,702	0,009
1,773	0,009
1,879	0,009
1,985	0,009
2,091	0,009
2,197	0,009
2,200	0,009

### Caratteristiche geometriche e dei materiali

Sulla base delle informazioni complessivamente acquisite sul fabbricato, si assume un livello di conoscenza LC1 (§ C8A.1.A, Circ. n.617 del 2/2/09), che porta all'adozione di un fattore di confidenza  $f_c = 1,35$  (Tabella C8A.1.1, Circ. n.617 del 2/2/09) e all'utilizzo dei valori minimi di resistenza riportati nella Tabella C8A.2.1 per la tipologia muraria in considerazione

Tipologia di muratura	$f_m$ (N/cm <sup>2</sup> )	$\tau_0$ (N/cm <sup>2</sup> )	E (N/mm <sup>2</sup> )	G (N/mm <sup>2</sup> )	w (kN/m <sup>3</sup> )
	Min-max	min-max	min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	100 180	2,0 3,2	690 1050	230 350	19

Il coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_s$  da utilizzare per il progetto sismico delle strutture in muratura è pari a 2 (§7.8.1.1 del D.M. 14.01.08). I valori di calcolo delle resistenze sono pertanto i seguenti:

-  $\sigma_r$  (resistenza a compressione di calcolo della muratura):  $\sigma_r = f_m/f_c/\gamma_s = 140 \text{ N/cm}^2 / 1,35 / 2 = 52 \text{ N/cm}^2$

-  $f_{v0}$  (resistenza a taglio di calcolo della muratura in assenza di compressione):  $f_{v0} = \tau_0/f_c/\gamma_s = 2,6 \text{ N/cm}^2 / 1,35 / 2 = 0,96 \text{ N/cm}^2$ .

### Schema di calcolo

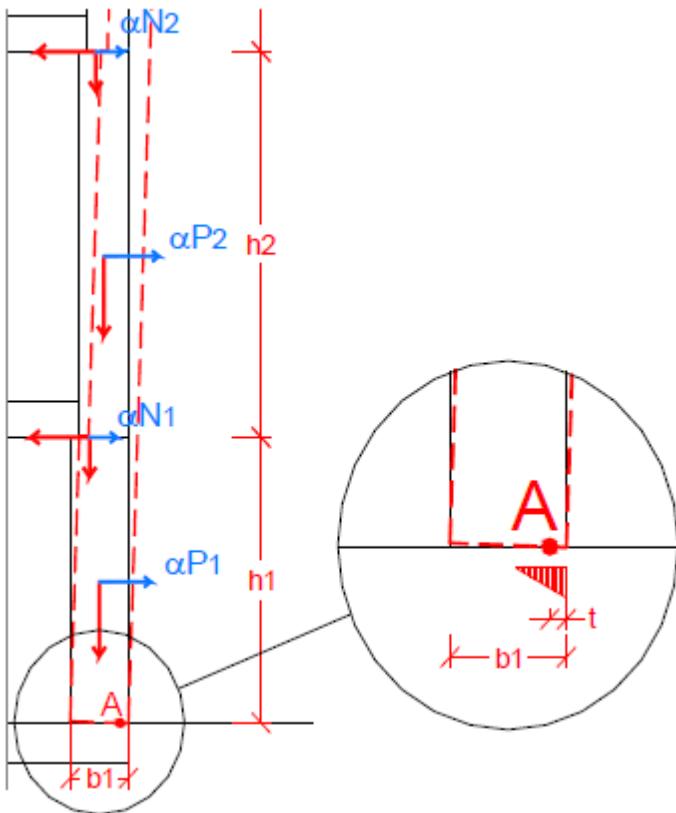
Si assume di analizzare il meccanismo di ribaltamento fuori piano di una parete dell'ultimo livello, considerando la presenza di un vincolo (tirante) a quota +8.15.

Il carico dell'impalcato in progetto si innesta a quota +8.15, quindi non viene considerato nessun carico in copertura: lo stato di progetto coincide con lo stato di fatto.

### Calcolo del cinematismo

Il sistema oggetto di studio è composto da un blocco monolitico, che comprende in altezza l'ultimo livello di una parete. La scelta di questa porzione di facciata è legata alle condizioni di vincolo presenti nel manufatto che portano a ritenere maggiormente probabile un eventuale ribaltamento fuori piano dell'ultimo livello.

La parete si considera investita dall'azione sismica con direzione ortogonale al proprio piano: essa è quindi soggetta ad un sistema di forze verticali ed orizzontali, comprendente i pesi e le forze orizzontali instabilizzanti ad essi proporzionali. La rotazione monolitica della parete avviene attorno alla cerniera A, arretrata rispetto al filo esterno del muro in seguito a parzializzazione della sezione e concentrazione degli sforzi. La cerniera cilindrica attorno a cui ruota la parete si forma quindi lungo una linea più interna rispetto allo spigolo della parete.



La muratura è considerata completamente non reagente a trazione e si ipotizza una distribuzione lineare delle tensioni di compressione, il polo di rotazione è assunto nel baricentro delle tensioni di compressione. L'arretramento  $t$  rispetto allo spigolo è quindi:

$$t = \frac{2 \cdot \sum_i W_i}{3 \cdot \sigma_r \cdot l}$$

con  $\Sigma i W_i = 609,90$  kN peso totale della parete e di tutti i carichi gravanti su di essa  
 $\sigma_r = 52$  N/cm<sup>2</sup> resistenza a compressione della muratura

$l = 7,5$  m lunghezza della parete

$t = 10,4$  cm

La parete muraria sarà soggetta all'azione di un momento ribaltante (dato dalla somma dell'azione sismica relativa al peso e al carico a livello degli impalcati) che tenderà a farla ruotare attorno alla cerniera cilindrica che si forma alla base. Questa azione è contrastata dall'azione di un momento stabilizzante di segno opposto generato dalla forza peso della parete stessa e dei carichi che su di essa gravano. Imponendo le condizioni d'equilibrio si ottiene il valore del moltiplicatore dei carichi  $\alpha_0$  che attiva il meccanismo considerato:

(da foglio di calcolo excel 01)

$M_s = 183$  kNm

$M_r = \alpha_0 \cdot 1631,5$  kNm

$M_s = M_r \Rightarrow \alpha_0 = 0,112$

Considerando il fattore di confidenza e la massa partecipante al cinematismo, si ottiene l'accelerazione sismica spettrale  $a_0^*$ ,

MOLTIPLICATORE $\alpha_0$	Ribaltamento delle elevazioni:	Valore di $\alpha_0$	Fattore di Confidenza FC	Massa partecipante M*	Frazione massa partecipante e*	Accelerazione spettrale $a_0^* [m/sec^2]$
1		0,112	1,35	62,171	1,000	0,815

che corrisponde all'attivazione del meccanismo locale di ribaltamento.

CALCOLO DELLE PGA PER LA VERIFICA DELLO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA CIRCOLARE N. 617 DEL 02-02-2009 - ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELLE NTC 14-01-2008				
PARAMETRI DI CALCOLO	Fattore di struttura q	2,80		
	Coefficiente di amplificazione topografica St	1,00		
	Categoria suolo di fondazione	A		
	PGA di riferimento $a_{g0}(P_{VR}) [g]$	0,043		
	Fattore di amplificazione massima dello spettro Fo	2,697		
	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro Tc* [sec]	0,276		
	Fattore di smorzamento η	0,357		
	Altezza della struttura H [m]	5,35		
	Coefficiente di amplificazione stratigrafica Ss	1,000		
	Coefficiente Cc	1,000		
	Fattore di amplificazione locale del suolo di fondazione S	1,000		
	Numero di piani dell'edificio N	1		
	Coefficiente di partecipazione modale γ	1,000		
	Primo periodo di vibrazione dell'intera struttura T1 [sec]	0,176		
PGA-SLV	Ribaltamento delle elevazioni:	Baricentro delle linee di vincolo Z [m]	$\psi(Z) = Z/H$	$a_{g0}(SLV)$ (C8A.4.9)
	1	-	-	0,233
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
PGA-SLV	Ribaltamento delle elevazioni:	$a_{g0}(SLV)$ min(C8DA.4.9; C8A.4.10)		
	1	0,233		
	-	-		
	-	-		
	-	-		

Affinché il cinematismo risulti verificato è necessario controllare che l'accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo verifichi entrambe le disuguaglianze (eq. C8A.4.9 e C8A.4.10 della Circ. n.617 2/2009).

Nel caso in esame si ha:

**0,233 g > 0,043 g**

Risulta, pertanto, che la porzione di edificio considerata è verificata in relazione al meccanismo implementato, cioè la capacità del sistema analizzato è maggiore della domanda richiesta dalla normativa.

Quindi, nell'ipotesi di vincolare le pareti a livello +8.15, la porzione di muratura soprastante si può ritenere sufficientemente stabile in relazione a possibili ribaltamenti fuori piano.

**Nei file excel 02 e 03 si ripete il medesimo calcolo considerando privo di vincolo il livello +8.15, come se la parete fosse efficacemente fissata solo a quota +2.83.**

La versione 2 considera due porzioni di parete distinte (sulle due elevazioni da +2.83 a +8.15 e da +8.15 alla sommità). Nella 3 si considera un unico blocco monolitico da +2.83 alla sommità.

Quest'ultimo caso risulta più gravoso. Si è inserita anche la sagoma dell'apertura corrispondente alla porta di ingresso. Nel caso 2 si è provato ad inserire eventuale sovraccarico dalla nuova struttura di impalcati in legno, ma il fatto di trascurarne il peso è a favore di sicurezza.

Nel caso più gravoso si ha:

**0,133 g > 0,043 g**

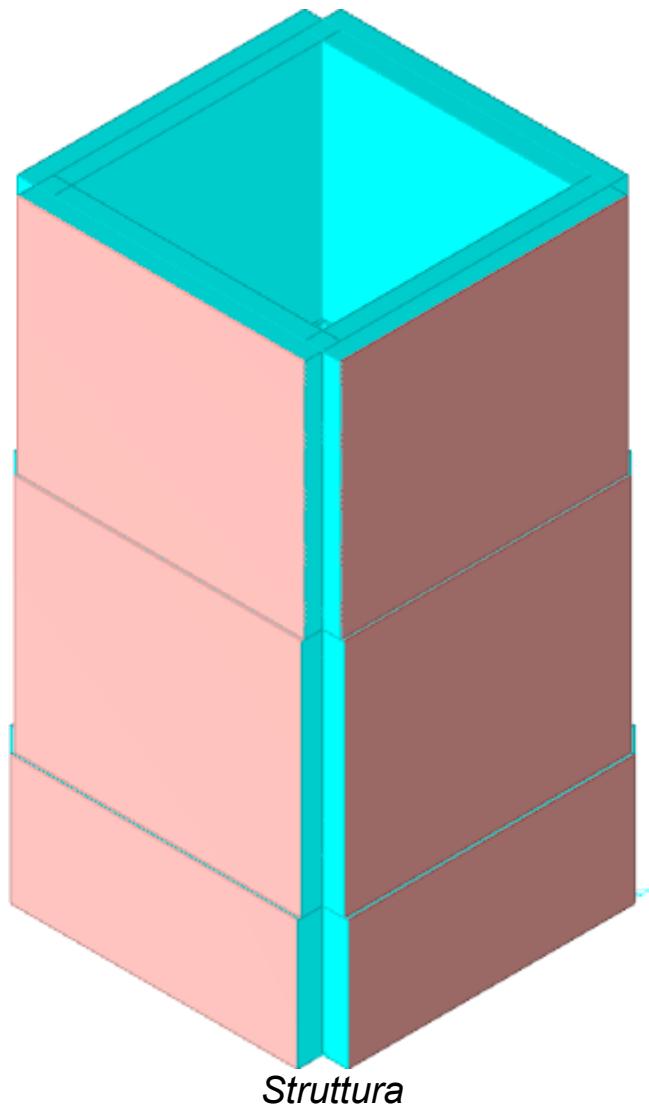
Pertanto l'equilibrio sarebbe comunque verificato, anche senza il tirante a quota +8.15.

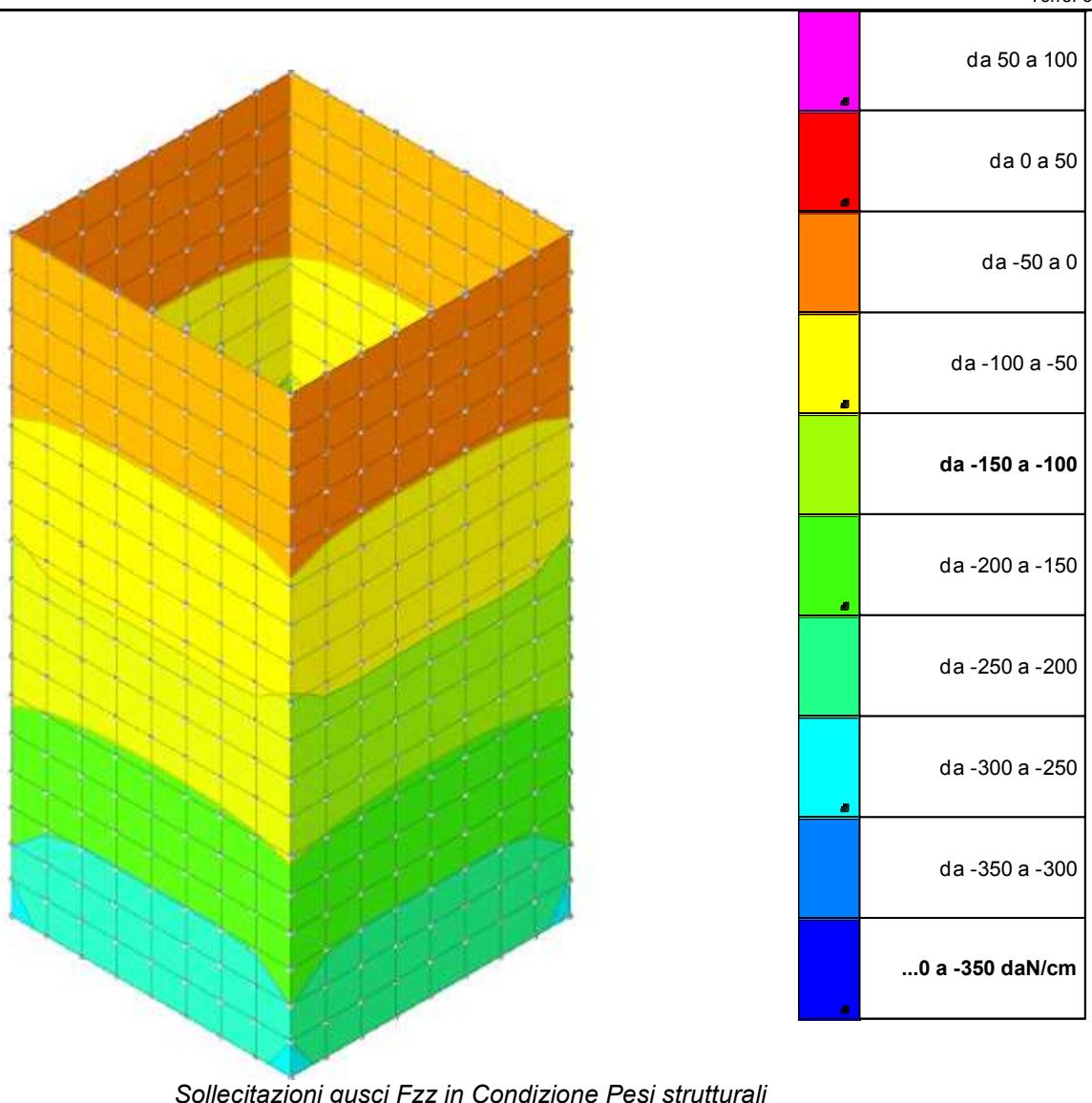
Questo significa che, se effettivamente la tessitura delle murature non presenta particolari discontinuità, non si verifica l'innesto di meccanismi locali del tipo ribaltamento di parete monolitica.

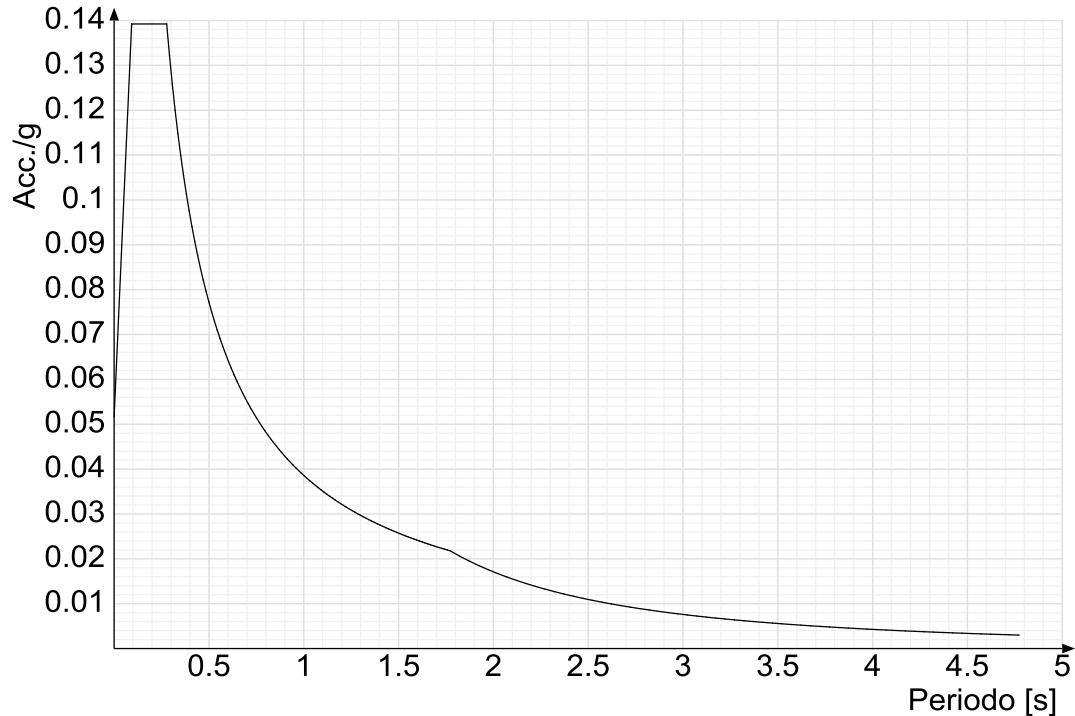
# Torre Fontanedo

Modellazione a elementi finiti – stato di fatto

Comune di: Colico





**Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali SLV § 3.2.3.2.1 (3.2.4)**

**Acc./g:** Accelerazione spettrale normalizzata ottenuta dividendo l'accelerazione spettrale per l'accelerazione di gravità.  
**Periodo:** Periodo di vibrazione.

# 1 Risultati numerici

## 1.1 Spostamenti nodali estremi

**Nodo:** nodo interessato dallo spostamento.

**Ind.:** indice del nodo.

**Cont.:** condizione o combinazione di carico a cui si riferisce lo spostamento.

**N.br.:** nome breve della condizione o combinazione di carico.

**Spostamento:** spostamento traslazionale del nodo.

**ux:** componente X dello spostamento del nodo. [cm]

**uy:** componente Y dello spostamento del nodo. [cm]

**uz:** componente Z dello spostamento del nodo. [cm]

**Rotazione:** spostamento rotazionale del nodo.

**rx:** componente X della rotazione del nodo. [deg]

**ry:** componente Y della rotazione del nodo. [deg]

**rz:** componente Z della rotazione del nodo. [deg]

### Spostamenti nodali con componente Ux minima

Vengono mostrati i soli 5 nodi più sollecitati.

Nodo Ind.	Cont. N.br.	Spostamento			Rotazione		
		ux	uy	uz	rx	ry	rz
593	SLV 1	-1.04275	-0.0086	-0.09042	0.0003	-0.2033	0.0276
594	SLV 3	-1.04133	0.0086	-0.08062	-0.0004	-0.2051	0.0307
591	SLV 3	-0.98078	0.00823	-0.08992	-0.0004	-0.1907	0.1212
595	SLV 1	-0.98019	-0.00831	-0.08991	0.0004	-0.1903	-0.1213
592	SLV 1	-0.97908	-0.0088	-0.08091	0	-0.1922	0.1217

### Spostamenti nodali con componente Ux massima

Vengono mostrati i soli 5 nodi più sollecitati.

Nodo Ind.	Cont. N.br.	Spostamento			Rotazione		
		ux	uy	uz	rx	ry	rz
594	SLV 13	1.04331	-0.0086	-0.09042	0.0004	0.2035	-0.0307
593	SLV 15	1.04077	0.0086	-0.08062	-0.0003	0.205	-0.0276
592	SLV 15	0.98097	0.00831	-0.08991	-0.0004	0.1905	-0.1218
596	SLV 13	0.98072	-0.00823	-0.08992	0.0004	0.1907	0.1216
591	SLV 13	0.97889	-0.00872	-0.0809	0	0.1924	-0.121

### Spostamenti nodali con componente Uy minima

Vengono mostrati i soli 5 nodi più sollecitati.

Nodo Ind.	Cont. N.br.	Spostamento			Rotazione		
		ux	uy	uz	rx	ry	rz
582	SLV 9	0.00867	-1.04478	-0.09038	0.2036	0.0003	0.0275
605	SLV 5	-0.01034	-1.04295	-0.08075	0.2054	-0.0003	0.0275
583	SLV 5	-0.00834	-0.98128	-0.08987	0.1906	-0.0004	0.1218
581	SLV 9	0.00834	-0.98003	-0.08987	0.1906	0.0004	-0.1215
606	SLV 9	0.00883	-0.97945	-0.08095	0.1925	0	0.1213

### Spostamenti nodali con componente Uy massima

Vengono mostrati i soli 5 nodi più sollecitati.

Nodo Ind.	Cont. N.br.	Spostamento			Rotazione		
		ux	uy	uz	rx	ry	rz
605	SLV 11	0.01034	1.04493	-0.0903	-0.2037	0.0003	-0.0275
582	SLV 7	-0.00867	1.0428	-0.08066	-0.2053	-0.0003	-0.0275
606	SLV 7	-0.00834	0.98134	-0.08987	-0.1908	-0.0004	-0.1215
604	SLV 11	0.00834	0.97978	-0.08987	-0.1903	0.0004	0.1215
583	SLV 11	0.00883	0.97939	-0.08095	-0.1923	0	-0.1217

### Spostamenti nodali con componente Uz minima

Vengono mostrati i soli 5 nodi più sollecitati.

Nodo Ind.	Cont. N.br.	Spostamento			Rotazione		
		ux	uy	uz	rx	ry	rz
593	SLU 3	-0.00129	0	-0.11118	0	0.0011	0
594	SLU 3	0.00129	0	-0.11118	0	-0.0011	0
605	SLU 3	0	0.00129	-0.11118	0.0011	0	0
582	SLU 3	0	-0.00129	-0.11118	-0.0011	0	0
596	SLU 3	0.00123	0.00032	-0.11103	0.0002	-0.0011	0.0001

### Spostamenti nodali con componente Uz massima

Vengono mostrati i soli 5 nodi più sollecitati.

Nodo Ind.	Cont. N.br.	Spostamento			Rotazione		
		ux	uy	uz	rx	ry	rz
601	MVBR 18	0.02231	-0.04893	0.0294	0.0059	0.0044	0.0058
569	MVBR 18	0.01705	-0.04051	0.02925	0.0062	0.0041	0.0054
537	MVBR 18	0.01255	-0.03007	0.02908	0.0077	0.0043	0.007
505	MVBR 18	0.00815	-0.01761	0.02845	0.0081	0.0044	0.0085
609	MVBR 17	-0.04361	-0.02032	0.0273	0.004	-0.0054	-0.0068

## 1.2 Tagli ai livelli

**Livello:** livello rispetto a cui è calcolato il taglio.

**Nome:** nome completo del livello.

**Cont.:** Contesto nel quale viene valutato il taglio.

**N.br.:** nome breve della condizione o combinazione di carico.**Totale:** totale del taglio al livello.**F:** forza del taglio. [daN]**X:** componente lungo l'asse X globale. [daN]**Y:** componente lungo l'asse Y globale. [daN]**Z:** componente lungo l'asse Z globale. [daN]**Aste verticali:** contributo al taglio totale dato dalle aste verticali.**F:** forza del taglio. [daN]**X:** componente lungo l'asse X globale. [daN]**Y:** componente lungo l'asse Y globale. [daN]**Z:** componente lungo l'asse Z globale. [daN]**Pareti:** contributo al taglio totale dato dalle pareti e piastre generiche verticali.**F:** forza del taglio. [daN]**X:** componente lungo l'asse X globale. [daN]**Y:** componente lungo l'asse Y globale. [daN]**Z:** componente lungo l'asse Z globale. [daN]

Livello	Cont.	Totale			Aste verticali			Pareti		
		Nome	N.br.	F		F		F		
				X	Y	Z	X	Y	Z	X
Fondazione	Pesi		0	0	-626261		0	0	0	0
Fondazione	X SLV		15650	-67	0	0	0	0	15650	-67
Fondazione	Y SLV		-132	15593	0	0	0	0	-132	15593
Fondazione	X SLD		17081	-66	0	0	0	0	17081	-66
Fondazione	Y SLD		-143	16828	0	0	0	0	-143	16828
Fondazione	R Ux		0	0	0	0	0	0	0	0
Fondazione	R Uy		0	0	0	0	0	0	0	0
Fondazione	R Rz		0	0	0	0	0	0	0	0
Fondazione	SLU 1		0	0	-626261	0	0	0	0	0
Fondazione	SLU 2		0	0	-626261	0	0	0	0	-626261
Fondazione	SLU 3		0	0	-814139	0	0	0	0	-814139
Fondazione	SLU 4		0	0	-814139	0	0	0	0	-814139
Fondazione	SLE RA 1		0	0	-626261	0	0	0	0	-626261
Fondazione	SLE FR 1		0	0	-626261	0	0	0	0	-626261
Fondazione	SLE QP 1		0	0	-626261	0	0	0	0	-626261
Fondazione	SLD 1		-17038	-4983	-626261	0	0	0	-17038	-4983
Fondazione	SLD 2		-17038	-4983	-626261	0	0	0	-17038	-4983
Fondazione	SLD 3		-17124	5114	-626261	0	0	0	-17124	5114
Fondazione	SLD 4		-17124	5114	-626261	0	0	0	-17124	5114
Fondazione	SLD 5		-4981	-16808	-626261	0	0	0	-4981	-16808
Fondazione	SLD 6		-4981	-16808	-626261	0	0	0	-4981	-16808
Fondazione	SLD 7		-5267	16847	-626261	0	0	0	-5267	16847
Fondazione	SLD 8		-5267	16847	-626261	0	0	0	-5267	16847
Fondazione	SLD 9		5267	-16847	-626261	0	0	0	5267	-16847
Fondazione	SLD 10		5267	-16847	-626261	0	0	0	5267	-16847
Fondazione	SLD 11		4981	16808	-626261	0	0	0	4981	16808
Fondazione	SLD 12		4981	16808	-626261	0	0	0	4981	16808
Fondazione	SLD 13		17124	-5114	-626261	0	0	0	17124	-5114
Fondazione	SLD 14		17124	-5114	-626261	0	0	0	17124	-5114
Fondazione	SLD 15		17038	4983	-626261	0	0	0	17038	4983
Fondazione	SLD 16		17038	4983	-626261	0	0	0	17038	4983
Fondazione	SLV 1		-15611	-4611	-626261	0	0	0	-15611	-4611
Fondazione	SLV 2		-15611	-4611	-626261	0	0	0	-15611	-4611
Fondazione	SLV 3		-15690	4745	-626261	0	0	0	-15690	4745
Fondazione	SLV 4		-15690	4745	-626261	0	0	0	-15690	4745
Fondazione	SLV 5		-4563	-15573	-626261	0	0	0	-4563	-15573
Fondazione	SLV 6		-4563	-15573	-626261	0	0	0	-4563	-15573
Fondazione	SLV 7		-4827	15613	-626261	0	0	0	-4827	15613
Fondazione	SLV 8		-4827	15613	-626261	0	0	0	-4827	15613
Fondazione	SLV 9		4827	-15613	-626261	0	0	0	4827	-15613
Fondazione	SLV 10		4827	-15613	-626261	0	0	0	4827	-15613
Fondazione	SLV 11		4563	15573	-626261	0	0	0	4563	15573
Fondazione	SLV 12		4563	15573	-626261	0	0	0	4563	15573
Fondazione	SLV 13		15690	-4745	-626261	0	0	0	15690	-4745
Fondazione	SLV 14		15690	-4745	-626261	0	0	0	15690	-4745
Fondazione	SLV 15		15611	4611	-626261	0	0	0	15611	4611
Fondazione	SLV 16		15611	4611	-626261	0	0	0	15611	4611
Fondazione	CRTFP_Ux+		0	0	0	0	0	0	0	0
Fondazione	CRTFP_Ux-		0	0	0	0	0	0	0	0
Fondazione	CRTFP_Uy+		0	0	0	0	0	0	0	0
Fondazione	CRTFP_Uy-		0	0	0	0	0	0	0	0
Fondazione	CRTFP_Rz+		0	0	0	0	0	0	0	0
Fondazione	CRTFP_Rz-		0	0	0	0	0	0	0	0
+2.86	Pesi		0	0	-462769	0	0	0	0	0
+2.86	X SLV		12738	-15	0	0	0	0	12738	-15
+2.86	Y SLV		-35	12784	0	0	0	0	-35	12784
+2.86	X SLD		13640	-15	0	0	0	0	13640	-15
+2.86	Y SLD		-38	13666	0	0	0	0	-38	13666
+2.86	R Ux		0	0	0	0	0	0	0	0
+2.86	R Uy		0	0	0	0	0	0	0	0
+2.86	R Rz		0	0	0	0	0	0	0	0
+2.86	SLU 1		0	0	-462769	0	0	0	0	-462769
+2.86	SLU 2		0	0	-462769	0	0	0	0	-462769
+2.86	SLU 3		0	0	-601600	0	0	0	0	-601600
+2.86	SLU 4		0	0	-601600	0	0	0	0	-601600
+2.86	SLE RA 1		0	0	-462769	0	0	0	0	-462769
+2.86	SLE FR 1		0	0	-462769	0	0	0	0	-462769
+2.86	SLE QP 1		0	0	-462769	0	0	0	0	-462769
+2.86	SLD 1		-13629	-4085	-462769	0	0	0	-13629	-4085
+2.86	SLD 2		-13629	-4085	-462769	0	0	0	-13629	-4085
+2.86	SLD 3		-13652	4115	-462769	0	0	0	-13652	4115
+2.86	SLD 4		-13652	4115	-462769	0	0	0	-13652	4115
+2.86	SLD 5		-4054	-13662	-462769	0	0	0	-4054	-13662
+2.86	SLD 6		-4054	-13662	-462769	0	0	0	-4054	-13662
+2.86	SLD 7		-4130	13671	-462769	0	0	0	-4130	13671
+2.86	SLD 8		-4130	13671	-462769	0	0	0	-4130	13671
+2.86	SLD 9		4130	-13671	-462770	0	0	0	4130	-13671
+2.86	SLD 10		4130	-13671	-462770	0	0	0	4130	-13671

Livello Nome	Cont. N.br.	Totale			Aste verticali			Pareti		
		X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
+2.86	SLD 11	4054	13662	-462769	0	0	0	4054	13662	-462769
+2.86	SLD 12	4054	13662	-462769	0	0	0	4054	13662	-462769
+2.86	SLD 13	13652	-4115	-462770	0	0	0	13652	-4115	-462770
+2.86	SLD 14	13652	-4115	-462770	0	0	0	13652	-4115	-462770
+2.86	SLD 15	13629	4085	-462770	0	0	0	13629	4085	-462770
+2.86	SLD 16	13629	4085	-462770	0	0	0	13629	4085	-462770
+2.86	SLV 1	-12727	-3820	-462769	0	0	0	-12727	-3820	-462769
+2.86	SLV 2	-12727	-3820	-462769	0	0	0	-12727	-3820	-462769
+2.86	SLV 3	-12748	3850	-462769	0	0	0	-12748	3850	-462769
+2.86	SLV 4	-12748	3850	-462769	0	0	0	-12748	3850	-462769
+2.86	SLV 5	-3786	-12779	-462769	0	0	0	-3786	-12779	-462769
+2.86	SLV 6	-3786	-12779	-462769	0	0	0	-3786	-12779	-462769
+2.86	SLV 7	-3856	12788	-462769	0	0	0	-3856	12788	-462769
+2.86	SLV 8	-3856	12788	-462769	0	0	0	-3856	12788	-462769
+2.86	SLV 9	3856	-12788	-462770	0	0	0	3856	-12788	-462770
+2.86	SLV 10	3856	-12788	-462770	0	0	0	3856	-12788	-462770
+2.86	SLV 11	3786	12779	-462769	0	0	0	3786	12779	-462769
+2.86	SLV 12	3786	12779	-462769	0	0	0	3786	12779	-462769
+2.86	SLV 13	12748	-3850	-462770	0	0	0	12748	-3850	-462770
+2.86	SLV 14	12748	-3850	-462770	0	0	0	12748	-3850	-462770
+2.86	SLV 15	12727	3820	-462770	0	0	0	12727	3820	-462770
+2.86	SLV 16	12727	3820	-462770	0	0	0	12727	3820	-462770
+2.86	CRTFP Ux+	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+2.86	CRTFP Ux-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+2.86	CRTFP Uy+	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+2.86	CRTFP Uy-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+2.86	CRTFP Rz+	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+2.86	CRTFP Rz-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+8.18	Pesi	0	0	-207529	0	0	0	0	0	-207529
+8.18	X SLV	8450	50	0	0	0	0	8450	50	0
+8.18	Y SLV	21	8338	0	0	0	0	21	8338	0
+8.18	X SLD	8978	58	0	0	0	0	8978	58	0
+8.18	Y SLD	26	8844	0	0	0	0	26	8844	0
+8.18	R Ux	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+8.18	R Uy	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+8.18	R Rz	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+8.18	SLU 1	0	0	-207529	0	0	0	0	0	-207529
+8.18	SLU 2	0	0	-207529	0	0	0	0	0	-207529
+8.18	SLU 3	0	0	-269787	0	0	0	0	0	-269787
+8.18	SLU 4	0	0	-269787	0	0	0	0	0	-269787
+8.18	SLE RA 1	0	0	-207529	0	0	0	0	0	-207529
+8.18	SLE FR 1	0	0	-207529	0	0	0	0	0	-207529
+8.18	SLE QP 1	0	0	-207529	0	0	0	0	0	-207529
+8.18	SLD 1	-8986	-2711	-207529	0	0	0	-8986	-2711	-207529
+8.18	SLD 2	-8986	-2711	-207529	0	0	0	-8986	-2711	-207529
+8.18	SLD 3	-8970	2595	-207529	0	0	0	-8970	2595	-207529
+8.18	SLD 4	-8970	2595	-207529	0	0	0	-8970	2595	-207529
+8.18	SLD 5	-2719	-8861	-207529	0	0	0	-2719	-8861	-207529
+8.18	SLD 6	-2719	-8861	-207529	0	0	0	-2719	-8861	-207529
+8.18	SLD 7	-2668	8826	-207529	0	0	0	-2668	8826	-207529
+8.18	SLD 8	-2668	8826	-207529	0	0	0	-2668	8826	-207529
+8.18	SLD 9	2668	-8826	-207529	0	0	0	2668	-8826	-207529
+8.18	SLD 10	2668	-8826	-207529	0	0	0	2668	-8826	-207529
+8.18	SLD 11	2719	8861	-207529	0	0	0	2719	8861	-207529
+8.18	SLD 12	2719	8861	-207529	0	0	0	2719	8861	-207529
+8.18	SLD 13	8970	-2595	-207529	0	0	0	8970	-2595	-207529
+8.18	SLD 14	8970	-2595	-207529	0	0	0	8970	-2595	-207529
+8.18	SLD 15	8986	2711	-207529	0	0	0	8986	2711	-207529
+8.18	SLD 16	8986	2711	-207529	0	0	0	8986	2711	-207529
+8.18	SLV 1	-8456	-2551	-207529	0	0	0	-8456	-2551	-207529
+8.18	SLV 2	-8456	-2551	-207529	0	0	0	-8456	-2551	-207529
+8.18	SLV 3	-8443	2452	-207529	0	0	0	-8443	2452	-207529
+8.18	SLV 4	-8443	2452	-207529	0	0	0	-8443	2452	-207529
+8.18	SLV 5	-2556	-8353	-207529	0	0	0	-2556	-8353	-207529
+8.18	SLV 6	-2556	-8353	-207529	0	0	0	-2556	-8353	-207529
+8.18	SLV 7	-2513	8323	-207529	0	0	0	-2513	8323	-207529
+8.18	SLV 8	-2513	8323	-207529	0	0	0	-2513	8323	-207529
+8.18	SLV 9	2513	-8323	-207529	0	0	0	2513	-8323	-207529
+8.18	SLV 10	2513	-8323	-207529	0	0	0	2513	-8323	-207529
+8.18	SLV 11	2556	8353	-207529	0	0	0	2556	8353	-207529
+8.18	SLV 12	2556	8353	-207529	0	0	0	2556	8353	-207529
+8.18	SLV 13	8443	-2452	-207529	0	0	0	8443	-2452	-207529
+8.18	SLV 14	8443	-2452	-207529	0	0	0	8443	-2452	-207529
+8.18	SLV 15	8456	2551	-207529	0	0	0	8456	2551	-207529
+8.18	SLV 16	8456	2551	-207529	0	0	0	8456	2551	-207529
+8.18	CRTFP Ux+	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+8.18	CRTFP Ux-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+8.18	CRTFP Uy+	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+8.18	CRTFP Uy-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+8.18	CRTFP Rz+	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+8.18	CRTFP Rz-	0	0	0	0	0	0	0	0	0

## 1.3 Risposta modale

**Modo:** identificativo del modo di vibrare.

**Periodo:** periodo. [s]

**Massa X:** massa partecipante in direzione globale X. Il valore è adimensionale.

**Massa Y:** massa partecipante in direzione globale Y. Il valore è adimensionale.

**Massa Z:** massa partecipante in direzione globale Z. Il valore è adimensionale.

**Massa rot X:** massa rotazionale partecipante attorno la direzione globale X. Il valore è adimensionale.

**Massa rot Y:** massa rotazionale partecipante attorno la direzione globale Y. Il valore è adimensionale.

**Massa rot Z:** massa rotazionale partecipante attorno la direzione globale Z. Il valore è adimensionale.

**Totale masse partecipanti:**

Traslazione X: 0.901785

Traslazione Y: 0.907002

Traslazione Z: 0

Rotazione X: 0.957341

Rotazione Y: 0.957338

Rotazione Z: 0.542252

Modo	Periodo	Massa X	Massa Y	Massa Z	Massa rot X	Massa rot Y	Massa rot Z
1	1,07076586	0.126851253	0.006452549	0	0.013946009	0.274165893	0.028844887
2	1,07076586	0.006452549	0.126851253	0	0.274165893	0.013946009	0.051265852
3	0.636223523	0.087341464	0.012281403	0	0.008327853	0.059225063	0.05295912
4	0.636223523	0.012281403	0.087341464	0	0.059225063	0.008327853	0.006910601
5	0.438938865	0.068231076	0.005993743	0	0.001664368	0.018946669	0.037280357
6	0.438938861	0.005993746	0.068231102	0	0.018946675	0.001664366	0.007326064
7	0.359195768	0.00206803	0.000181665	0	0.000341489	0.003887415	0.001129938
8	0.359195768	0.000181665	0.002080982	0	0.003905076	0.00034304	0.000223438
9	0.316166311	0.022251887	0.001954709	0	0.000083725	0.000953105	0.012158068
10	0.316104602	0.00195691	0.022276941	0	0.00093861	0.000082452	0.002391906
11	0.236008253	0.004993442	0.000438647	0	0.00004779	0.000054403	0.002728335
12	0.23156532	0.000547776	0.006235732	0	0.00024438	0.000021467	0.000669539
13	0.183697898	0.061725842	0.005422285	0	0.006967742	0.079318903	0.033725993
14	0.181808838	0.005552113	0.063203768	0	0.084777766	0.007447274	0.006786277
15	0.119830606	0.310356767	0.027263184	0	0.038034091	0.432969886	0.169573876
16	0.11906215	0.027414643	0.312080941	0	0.42970045	0.037746889	0.033508566
17	0,053529567	0,144758527	0,012716263	0	0,001489571	0,016956876	0,079093698
18	0.051128716	0.012824904	0.145995262	0	0.014577738	0.001280576	0.015675715

## 2 Verifiche

### 2.1 Verifica edifici esistenti

**Desc.:** descrizione**Stato limite:** v=Taglio; PF=Presso flessione; PFFP=Presso flessione fuori piano; R=Ribaltamento**Molt.:** moltiplicatore minimo della azione sismica che produce lo stato limite**Comb.:** combinazione**PGA:** accelerazione al suolo**PGA/PGArif:** indicatore di rischio sismico in termini di PGA**TR:** tempo di ritorno**(TR/TRrif)<sup>.41</sup>:** indicatore di rischio sismico in termini di periodo di ritorno**Coeff.s.:** coefficiente minimo prodotto dallo stato limite**Verifica:** stato di verifica**Maschio:** maschio

#### Verifica di edificio esistente con fattore q

Verifiche condotte secondo D.M. 14-01-08 (N.T.C.) § C8.7.1

##### Accelerazioni e tempi di ritorno

Accelerazione di aggancio SLV (ag/g\_SLV\*S\*ST) PGA,SLVrif = 0.052

Accelerazione di aggancio SLD (ag/g\_SLD\*S\*ST) PGA,SLDrif = 0.026

Tr,SLVrif = 475 anni

Tr,SLDrif = 50 anni

##### Moltiplicatori minimi delle condizioni sismiche

###### Rottura a taglio

Moltiplicatore: 3.795

Maschio 6 "+2.86 - +8.18"

Lunghezza: 638; altezza: 532; spessore: 94; sezione a quota: 818

Combinazione SLV 3 N= -48288 V par.= -17344 I'= 638 fvd= 0.29 Vt scorrimento= 17432 Vt fess. diag.= 26440

Tempo di ritorno 2474 anni

Indicatore iTr=(Tr/Tr,SLVrif)<sup>.41</sup> = 1.967

PGA 0.076

Indicatore iPGA=PGA/PGA,SLVrif = 1.478

###### Rottura a flessione

Moltiplicatore: 10.666

Maschio 1 "Fondazione - +2.86"

Lunghezza: 638; altezza: 286; spessore: 112 sezione a quota 286

Combinazione SLV 15 N = -10633 M = -3264335 σ0 = 0.15 fd = 7.41 Mu = 3311883

Tempo di ritorno 2474 anni

Indicatore iTr=(Tr/Tr,SLVrif)<sup>.41</sup> = 1.967

PGA 0.076

Indicatore iPGA=PGA/PGA,SLVrif = 1.478

###### Rottura a pressoflessione nel piano ortogonale

Moltiplicatore: 9.231

Maschio 6 "+2.86 - +8.18"

Lunghezza: 638; altezza: 532; spessore: 94; sezione a quota: 552

Combinazione SLV 11 fd= 7.41 Ta= 0 Wa= 0.19 N= -24875 M= 1087790 Mc= 1092094

Tempo di ritorno 2474 anni

Indicatore iTr=(Tr/Tr,SLVrif)^.41 = 1.967

PGA 0.076

Indicatore iPGA=PGA/PGA,SLVrif = 1.478

**Rottura per meccanismi locali di collasso**

Moltiplicatore: 3.342

Maschio 5 "+2.86 - +8.18"

Lunghezza: 638; altezza: 532; spessore: 94 f.agg.= 0 a.lim.= 2184.5452

Combinazione SLV 1 N top= -62705 N base= -145575 T orto= -108 a0= 0.117 M\*= 116.002 e\*= 0.899 a0\*= 94.52

Tempo di ritorno 2474 anni

Indicatore iTr=(Tr/Tr,SLVrif)^.41 = 1.967

PGA 0.076

Indicatore iPGA=PGA/PGA,SLVrif = 1.478

**Raggiungimento dello spostamento limite di interpiano**

Non è stato possibile determinare il moltiplicatore minimo delle condizioni sismiche per raggiungimento dello spostamento limite di interpiano

**Indicatori minimi riferiti al solo materiale muratura**

Desc.	Stato limite	Molt.	Comb.	PGA	PGA/PGArif	TR	(TR/TRrif)^.41
Maschio 1 "Fondazione - +2.86"	PF	10.666	SLV 15	0.076	1.478	2474	1.967
Maschio 6 "+2.86 - +8.18"	T	3.795	SLV 3	0.076	1.478	2474	1.967
Maschio 6 "+2.86 - +8.18"	PFFP	9.231	SLV 11	0.076	1.478	2474	1.967
Maschio 5 "+2.86 - +8.18"	R	3.342	SLV 1	0.076	1.478	2474	1.967

**Coefficienti di sicurezza riferiti al solo materiale muratura**

Desc.	Stato limite	Coeff.s.	Comb.	Verifica
Maschio 1 "Fondazione - +2.86"	PF SLU	1.638	SLU 3	Si
Maschio 1 "Fondazione - +2.86"	PF	16.171	SLV 11	Si
Maschio 1 "Fondazione - +2.86"	V	4.915	SLV 9	Si
Maschio 1 "Fondazione - +2.86"	PFFP	173.714	SLV 15	Si
Maschio 1 "Fondazione - +2.86"	R	6.757	SLV 1	Si
Maschio 2 "Fondazione - +2.86"	PF SLU	1.638	SLU 3	Si
Maschio 2 "Fondazione - +2.86"	PF	16.176	SLV 3	Si
Maschio 2 "Fondazione - +2.86"	V	4.934	SLV 3	Si
Maschio 2 "Fondazione - +2.86"	PFFP	173.748	SLV 11	Si
Maschio 2 "Fondazione - +2.86"	R	6.757	SLV 5	Si
Maschio 3 "Fondazione - +2.86"	PF SLU	1.638	SLU 3	Si
Maschio 3 "Fondazione - +2.86"	PF	16.176	SLV 13	Si
Maschio 3 "Fondazione - +2.86"	V	4.934	SLV 13	Si
Maschio 3 "Fondazione - +2.86"	PFFP	173.748	SLV 5	Si
Maschio 3 "Fondazione - +2.86"	R	6.757	SLV 11	Si
Maschio 4 "Fondazione - +2.86"	PF SLU	1.638	SLU 3	Si
Maschio 4 "Fondazione - +2.86"	PF	16.171	SLV 5	Si
Maschio 4 "Fondazione - +2.86"	V	4.915	SLV 7	Si
Maschio 4 "Fondazione - +2.86"	PFFP	173.714	SLV 1	Si
Maschio 4 "Fondazione - +2.86"	R	6.757	SLV 15	Si
Maschio 5 "+2.86 - +8.18"	PF SLU	1.709	SLU 3	Si
Maschio 5 "+2.86 - +8.18"	PF	18.885	SLV 11	Si
Maschio 5 "+2.86 - +8.18"	V	3.965	SLV 11	Si
Maschio 5 "+2.86 - +8.18"	PFFP	25.69	SLV 15	Si
Maschio 5 "+2.86 - +8.18"	R	3.466	SLV 1	Si
Maschio 6 "+2.86 - +8.18"	PF SLU	1.709	SLU 3	Si
Maschio 6 "+2.86 - +8.18"	PF	18.782	SLV 15	Si
Maschio 6 "+2.86 - +8.18"	V	3.924	SLV 15	Si
Maschio 6 "+2.86 - +8.18"	PFFP	23.571	SLV 11	Si
Maschio 6 "+2.86 - +8.18"	R	3.467	SLV 5	Si
Maschio 6 "+2.86 - +8.18"	PF SLU	1.709	SLU 3	Si
Maschio 6 "+2.86 - +8.18"	PF	18.782	SLV 1	Si
Maschio 6 "+2.86 - +8.18"	V	3.924	SLV 1	Si
Maschio 6 "+2.86 - +8.18"	PFFP	25.448	SLV 5	Si
Maschio 6 "+2.86 - +8.18"	R	3.467	SLV 11	Si
Maschio 7 "+2.86 - +8.18"	PF SLU	1.709	SLU 3	Si
Maschio 7 "+2.86 - +8.18"	PF	18.885	SLV 5	Si
Maschio 7 "+2.86 - +8.18"	V	3.965	SLV 5	Si
Maschio 7 "+2.86 - +8.18"	PFFP	25.434	SLV 1	Si
Maschio 7 "+2.86 - +8.18"	R	3.466	SLV 15	Si

**Verifica maschi in muratura**

Maschio	Stato limite	Molt.	Comb.	PGA	PGA/PGArif	TR	(TR/TRrif)^.41	Verifica
1	PF	10.666	SLV 15	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	V	4.569	SLV 11	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	PFFP	12.12	SLV 13	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	R	6.343	SLV 1	0.076	1.478	2474	1.967	Si
2	PF	10.723	SLV 11	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	V	4.607	SLV 3	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	PFFP	12.157	SLV 11	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	R	6.343	SLV 5	0.076	1.478	2474	1.967	Si
3	PF	10.723	SLV 5	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	V	4.607	SLV 1	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	PFFP	12.157	SLV 5	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	R	6.343	SLV 7	0.076	1.478	2474	1.967	Si
4	PF	10.666	SLV 1	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	V	4.569	SLV 5	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	PFFP	12.12	SLV 1	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	R	6.343	SLV 13	0.076	1.478	2474	1.967	Si
5	PF	11.27	SLV 15	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	V	3.833	SLV 11	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	PFFP	10.175	SLV 15	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	R	3.342	SLV 1	0.076	1.478	2474	1.967	Si
6	PF	11.327	SLV 11	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	V	3.795	SLV 3	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	PFFP	9.231	SLV 11	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	R	3.342	SLV 5	0.076	1.478	2474	1.967	Si
7	PF	11.327	SLV 5	0.076	1.478	2474	1.967	Si

Maschio	Stato limite	Molt.	Comb.	PGA	PGA/PGArif	TR	(TR/TRrif)^.41	Verifica
8	V	3.795	SLV 1	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	PFFP	10.138	SLV 5	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	R	3.342	SLV 7	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	PF	11.27	SLV 1	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	V	3.833	SLV 5	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	PFFP	10.062	SLV 1	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	R	3.342	SLV 13	0.076	1.478	2474	1.967	Si

## 2.2 Verifiche maschi in muratura

**X ini.:** coordinate del punto iniziale del maschio [cm]

**Y ini.:** coordinate del punto iniziale del maschio [cm]

**X fin.:** coordinate del punto finale del maschio [cm]

**Y fin.:** coordinate del punto finale del maschio [cm]

**Quota i.:** livello o falda inferiore

**Quota s.:** livello o falda superiore

**I:** lunghezza del maschio [cm]

**Sp.:** spessore [cm]

**h netta:** altezza netta (a filo solai) [cm]

**h ini.:** altezza nel modello al punto iniziale [cm]

**h fin.:** altezza nel modello al punto finale [cm]

**a:** distanza tra irrigidimenti laterali [cm]

**a.s.,sx:** lunghezza di appoggio del solaio di sinistra [cm]

**a.s.,dx:** lunghezza di appoggio del solaio di destra [cm]

**fk o fmedio:** resistenza a compressione della muratura utilizzata [daN/cm<sup>2</sup>]

**fvk0 o r:** resistenza a taglio della muratura utilizzata [daN/cm<sup>2</sup>]

**E:** modulo di elasticità longitudinale della muratura utilizzato [daN/cm<sup>2</sup>]

**G:** modulo di elasticità tangenziale della muratura utilizzato [daN/cm<sup>2</sup>]

**FC:** fattore di confidenza della muratura

**Comb.:** combinazione

**Quota:** quota della sezione di verifica [cm]

**N:** sforzo normale alla quota [daN]

**M:** momento flettente nel piano [daN\*cm]

**p:** fattore laterale di vincolo (4.5.6)

**es1:** eccentricità dovuta alla posizione eccentrica dei maschi sovrastanti la sezione di verifica [cm]

**es2:** eccentricità dovuta alla risultante eccentrica delle reazioni di appoggio dei solai soprastanti [cm]

**ea:** eccentricità dovuta a tolleranze di esecuzione [cm]

**ev:** eccentricità dovuta ad azioni ortogonali (vento, sisma) [cm]

**e ver:** eccentricità di verifica nel piano normale al piano medio del maschio [cm]

**Ft:** coefficiente di riduzione della resistenza per eccentricità nel piano normale al mediano

**Fl:** coefficiente di riduzione della resistenza per eccentricità nel piano mediano

**Nu:** sforzo normale ultimo [daN]

**Verifica:** stato di verifica

**Quota:** quota della sezione di verifica [cm]

**Vd:** taglio di progetto [daN]

**N:** sforzo normale [daN]

**M:** momento flettente [daN\*cm]

**I:** ampiezza della sezione reagente

**σ0:** tensione normale agente nella sezione reagente  $N/(sp \cdot I')$  [daN/cm<sup>2</sup>]

**fvk:** resistenza caratteristica a taglio( $fvko + 0.4 \cdot \sigma_0$ ) [daN/cm<sup>2</sup>]

**Vu:** taglio ultimo [daN]

**Coeff.s.:** coefficiente di sicurezza

**V par:** taglio nel piano [daN]

**V orto:** taglio fuori piano [daN]

**M orto:** momento flettente fuori piano [daN\*cm]

**N/(I' sp):** tensione media di compressione [daN/cm<sup>2</sup>]

**N/(I' sp):** tensione media di compressione sulla parte reagente [daN/cm<sup>2</sup>]

**Mu:** momento flettente ultimo [daN\*cm]

**I':** larghezza della parte compresa della parete [cm]

**fvd:** resistenza a taglio di calcolo [daN/cm<sup>2</sup>]

**Vt scorr.:** taglio ultimo per verifica a scorrimento [daN]

**Vt fess.diag.:** taglio ultimo per verifica a fessurazione diagonale [daN]

**fd:** resistenza a compressione di calcolo [daN/cm<sup>2</sup>]

**Sa:** accelerazione massima, adimensionalizzata rispetto a g, che l'elemento strutturale subisce durante il sisma

**x:** ampiezza reagente al collasso [cm]

**M:** momento flettente fuori piano [daN\*cm]

**Mc:** momento di collasso per azioni perpendicolari al piano [daN\*cm]

**N top:** sforzo normale in sommità [daN]

**N base:** sforzo normale al piede [daN]

**a0:** moltiplicatore secondo (C8A.4.1)

**M\*:** massa partecipante al cinematismo (C8A.4.3) [daN/(cm/s<sup>2</sup>)]

**e\*:** frazione di massa partecipante della muratura (C8A.4.4)

**a0\*:** accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo (C8A.4.4) [cm/s<sup>2</sup>]

**Stato limite:** pF\_SLU=Presso flessione per azioni non sismiche; V\_SLU=Taglio per azioni non sismiche; PF\_SLV=Presso flessione per azioni sismiche; V\_SLV=Taglio per azioni sismiche; PFFP\_SLV=Presso flessione fuori piano per azioni sismiche; R\_SLV=Ribaltamento per azioni sismiche

Le unità di misura delle verifiche elencate nel capitolo sono in [cm, daN, s] ove non esplicitamente specificato.













Stato limite	Coeff.s.	Comb.	Verifica
PFFP_SLV	25.448	SLV 5	Si
R_SLV	3.467	SLV 11	Si

**Maschio 8**

Verifiche condotte secondo D.M. 14-01-08 (N.T.C.)

**Dati geometrici**

X ini.	Y ini.	X fin.	Y fin.	Quota i.	Quota.s	I	Sp.	h netta	h ini.	h fin.	a	a.s.,sx	a.s.,dx
613.2	-664.5	613.2	-26.5	I2	L3	638	94	532	532	532			

**Caratteristiche del materiale**

(circ.617 C8A.2) Muratura a conci sbozzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno LC1

fk o fmedio	fvk0 o τ	E	G	FC
20	0.35	25000	10000	1.35

**Verifica a pressoflessione per azioni non sismiche 4.5.6.2 D.M. 14-01-08 (N.T.C.) γM 3**

Comb.	Quota	N	M	p	es1	es2	ea	ev	e ver	Ft	Fl	Nu	Verifica
SLU 3	818	-67447	0	1	0	0	2.66	0	2.66	0.87	1	256961	Si
SLU 3	552	-113367	-413470	1	0	0	2.66	0	2.66	0.87	0.98	252378	Si
SLU 3	286	-150400	0	1	0	0	2.66	0	2.66	0.87	1	256961	Si
SLU 4	818	-67447	0	1	0	0	2.66	0	2.66	0.87	1	256961	Si
SLU 4	552	-113367	-413470	1	0	0	2.66	0	2.66	0.87	0.98	252378	Si
SLU 4	286	-150400	0	1	0	0	2.66	0	2.66	0.87	1	256961	Si
SLU 1	818	-51882	0	1	0	0	2.66	0	2.66	0.87	1	256961	Si
SLU 1	552	-87206	-318054	1	0	0	2.66	0	2.66	0.87	0.98	252378	Si
SLU 1	286	-115692	0	1	0	0	2.66	0	2.66	0.87	1	256961	Si
SLU 2	818	-51882	0	1	0	0	2.66	0	2.66	0.87	1	256961	Si
SLU 2	552	-87206	-318054	1	0	0	2.66	0	2.66	0.87	0.98	252378	Si
SLU 2	286	-115692	0	1	0	0	2.66	0	2.66	0.87	1	256961	Si

**Verifica a taglio con rottura per scorimento per azioni non sismiche 7.8.2.2.2 D.M. 14-01-08 (N.T.C.) γM 3**

Comb.	Quota	Vd	N	M	I'	σ0	fvk	Vu	Coeff.s.	Verifica
SLU 1	818	0	-51882.2	0	638	0.9	0.6	12100.4	100	Si
SLU 1	286	0	-115692.4	0	638	1.9	1	20608.4	100	Si
SLU 2	818	0	-51882.2	0	638	0.9	0.6	12100.4	100	Si
SLU 2	286	0	-115692.4	0	638	1.9	1	20608.4	100	Si
SLU 3	818	0	-67446.8	0	638	1.1	0.7	14175.7	100	Si
SLU 3	286	0	-150400.1	0	638	2.5	1.3	25236.1	100	Si
SLU 4	818	0	-67446.8	0	638	1.1	0.7	14175.7	100	Si
SLU 4	286	0	-150400.1	0	638	2.5	1.3	25236.1	100	Si

**Verifica a pressoflessione nel piano e a taglio con rottura per scorimento 7.8.2.2 , γM = 2**

Comb.	Quota	N	V par	V orto	M	M orto	N/I''sp	N/I''sp	Mu	I'	fvd	Vt scorr.	Vt fess.diag.	Verifica
SLV 6	286	-113000	-6292	32	-1337568	-6456	1.88	1.88	25259683	638	0.51	30374	38127	Si
SLV 6	818	-50901	-4528	4	-190998	-6120	0.85	0.85	14048622	638	0.3	17954	27010	Si
SLV 5	286	-113000	-6292	32	-1337568	-6456	1.88	1.88	25259683	638	0.51	30374	38127	Si
SLV 5	818	-50901	-4528	4	-190998	-6120	0.85	0.85	14048622	638	0.3	17954	27010	Si
SLV 8	286	-113021	6296	32	1335609	-6505	1.88	1.88	25262353	638	0.51	30378	38131	Si
SLV 8	818	-50922	4516	3	188790	-6103	0.85	0.85	14053378	638	0.3	17958	27015	Si
SLV 7	286	-113021	6296	32	1335609	-6505	1.88	1.88	25262353	638	0.51	30378	38131	Si
SLV 7	818	-50922	4516	3	188790	-6103	0.85	0.85	14053378	638	0.3	17958	27015	Si
SLV 11	286	-118385	6292	-27	1337568	4872	1.97	1.97	25924810	638	0.52	31451	38942	Si
SLV 11	818	-52863	4528	-15	190998	6715	0.88	0.88	14502542	638	0.31	18347	27431	Si

**Verifica a pressoflessione fuori piano D.M. 14-01-08 (N.T.C.)**

quota 552 Ta 0 Wa 0.19 denominatore 8

Comb.	fd	Sa	x	N	M	Mc	Coeff.s.	Verifica
SLV 1	7	0.08	20.23	-81247	117835	2996979	25.43	Si
SLV 2	7	0.08	20.23	-81247	117835	2996979	25.43	Si
SLV 3	7	0.08	20.23	-81251	117835	2997080	25.43	Si
SLV 4	7	0.08	20.23	-81251	117835	2997080	25.43	Si
SLV 5	7	0.08	21.26	-85412	117835	3106340	26.36	Si

**Verifica dei meccanismi locali di collasso con analisi cinematica lineare**

accelerazione limite = 28.15; forza di aggancio al piano = 0

Comb.	N top	N base	V orto	α0	M*	e*	a0*	Verifica
SLV 16	-55121	-124635	-36	0.12	108.623	0.896	98	Si
SLV 15	-55121	-124635	-36	0.12	108.623	0.896	98	Si
SLV 13	-55115	-124629	-36	0.12	108.618	0.896	98	Si
SLV 14	-55115	-124629	-36	0.12	108.618	0.896	98	Si
SLV 11	-52863	-118385	-15	0.121	106.441	0.895	99	Si

**Tabella dei coefficienti di sicurezza minimi**

Stato limite	Coeff.s.	Comb.	Verifica
PF SLU	1.709	SLU 3	Si
PF SLV	18.885	SLV 5	Si
V SLV	3.965	SLV 5	Si
PFFP_SLV	25.434	SLV 1	Si
R_SLV	3.466	SLV 15	Si

# TorreFontanedo

Stato di progetto  
Analisi statica

**Comune di: Colico**

# 1 Verifiche

## 1.1 Verifiche maschi in muratura

**X ini.**: coordinate del punto iniziale del maschio [cm]

**Y ini.**: coordinate del punto iniziale del maschio [cm]

**X fin.**: coordinate del punto finale del maschio [cm]

**Y fin.**: coordinate del punto finale del maschio [cm]

**Quota i.**: livello o falda inferiore

**Quota s.**: livello o falda superiore

**I**: lunghezza del maschio [cm]

**Sp.**: spessore [cm]

**h netta**: altezza netta (a filo solai) [cm]

**h ini.**: altezza nel modello al punto iniziale [cm]

**h fin.**: altezza nel modello al punto finale [cm]

**a**: distanza tra irrigidimenti laterali [cm]

**a.s.,sx**: lunghezza di appoggio del solaio di sinistra [cm]

**a.s.,dx**: lunghezza di appoggio del solaio di destra [cm]

**fk o fmedio**: resistenza a compressione della muratura utilizzata [daN/cm<sup>2</sup>]

**fvk0 o r**: resistenza a taglio della muratura utilizzata [daN/cm<sup>2</sup>]

**E**: modulo di elasticità longitudinale della muratura utilizzato [daN/cm<sup>2</sup>]

**G**: modulo di elasticità tangenziale della muratura utilizzato [daN/cm<sup>2</sup>]

**FC**: fattore di confidenza della muratura

**Comb.**: combinazione

**Quota**: quota della sezione di verifica [cm]

**N**: sforzo normale alla quota [daN]

**M**: momento flettente nel piano [daN\*cm]

**p**: fattore laterale di vincolo (4.5.6)

**es1**: eccentricità dovuta alla posizione eccentrica dei maschi sovrastanti la sezione di verifica [cm]

**es2**: eccentricità dovuta alla risultante eccentrica delle reazioni di appoggio dei solai soprastanti [cm]

**ea**: eccentricità dovuta a tolleranze di esecuzione [cm]

**ev**: eccentricità dovuta ad azioni ortogonali (vento, sisma) [cm]

**e ver**: eccentricità di verifica nel piano normale al piano medio del maschio [cm]

**Ft**: coefficiente di riduzione della resistenza per eccentricità nel piano normale al mediano

**Fl**: coefficiente di riduzione della resistenza per eccentricità nel piano mediano

**Nu**: sforzo normale ultimo [daN]

**Verifica**: stato di verifica

**Quota**: quota della sezione di verifica [cm]

**Vd**: taglio di progetto [daN]

**N**: sforzo normale [daN]

**M**: momento flettente [daN\*cm]

**I'**: ampiezza della sezione reagente

**σ0**: tensione normale agente nella sezione reagente  $N/(sp \cdot I')$  [daN/cm<sup>2</sup>]

**fvk**: resistenza caratteristica a taglio( $fvko + 0.4 \cdot \sigma_0$ ) [daN/cm<sup>2</sup>]

**Vu**: taglio ultimo [daN]

**Coeff.s.**: coefficiente di sicurezza

**V par**: taglio nel piano [daN]

**V orto**: taglio fuori piano [daN]

**M orto**: momento flettente fuori piano [daN\*cm]

**N/(I'\*sp)**: tensione media di compressione [daN/cm<sup>2</sup>]

**N/(I'\*sp)**: tensione media di compressione sulla parte reagente [daN/cm<sup>2</sup>]

**Mu**: momento flettente ultimo [daN\*cm]

**I'**: larghezza della parte compresa della parete [cm]

**fvd**: resistenza a taglio di calcolo [daN/cm<sup>2</sup>]

**Vt scorr.**: taglio ultimo per verifica a scorrimento [daN]

**Vt fess.diag.**: taglio ultimo per verifica a fessurazione diagonale [daN]

**fd**: resistenza a compressione di calcolo [daN/cm<sup>2</sup>]

**Sa**: accelerazione massima, adimensionalizzata rispetto a g, che l'elemento strutturale subisce durante il sisma

**x**: ampiezza reagente al collasso [cm]

**M**: momento flettente fuori piano [daN\*cm]

**Mc**: momento di collasso per azioni perpendicolari al piano [daN\*cm]

**N top**: sforzo normale in sommità [daN]

**N base**: sforzo normale al piede [daN]

**α0**: moltiplicatore secondo (C8A.4.1)

**M\***: massa partecipante al cinematismo (C8A.4.3) [daN/(cm/s<sup>2</sup>)]

**e\***: frazione di massa partecipante della muratura (C8A.4.4)

**a0\***: accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo (C8A.4.4) [cm/s<sup>2</sup>]

**Stato limite**:  $p_F\_SLU$ =Presso flessione per azioni non sismiche;  $V\_SLU$ =Taglio per azioni non sismiche;  $PF\_SLV$ =Presso flessione per azioni sismiche;  $V\_SLV$ =Taglio per azioni sismiche;  $PFFP\_SLV$ =Presso flessione fuori piano per azioni sismiche;  $R\_SLV$ =Ribaltamento per azioni sismiche

Le unità di misura delle verifiche elencate nel capitolo sono in [cm, daN, s] ove non esplicitamente specificato.

### Maschio 1

Verifiche condotte secondo D.M. 14-01-08 (N.T.C.)















Comb.	Quota	N	V par	V orto	M	M orto	N/(I"sp)	N/(I"sp)	Mu	I'	fvd	Vt scorr.	Vt fess.diag.	Verifica
SLV 10	818	-55447	-11046	375	-360973	41592	0.92	0.92	15090422	638	0.31	18864	27974	Si
SLV 11	286	-126754	14009	-180	2841265	12509	2.11	2.11	26861432	638	0.55	33125	40176	Si
SLV 11	818	-55447	11046	375	360977	41593	0.92	0.92	15090411	638	0.31	18864	27974	Si

**Verifica a pressoflessione fuori piano D.M. 14-01-08 (N.T.C.)**

quota 552 Ta 0 Wa 0.19 denominatore 8

Comb.	fd	Sa	x	N	M	Mc	Coeff.s.	Verifica
SLV 2	7	0.08	19.51	-78385	117835	2919333	24.77	Si
SLV 4	7	0.08	19.51	-78385	117835	2919333	24.77	Si
SLV 1	7	0.08	19.51	-78385	117835	2919333	24.77	Si
SLV 3	7	0.08	19.51	-78385	117835	2919333	24.77	Si
SLV 6	7	0.08	21.68	-87084	117835	3149022	26.72	Si

**Verifica dei meccanismi locali di collasso con analisi cinematica lineare**

accelerazione limite = 28.15; forza di aggancio al piano = 0

Comb.	N top	N base	V orto	$\alpha_0$	M*	e*	a0*	Verifica
SLV 14	-59804	-140319	1215	0.106	113.171	0.898	86	Si
SLV 13	-59804	-140319	1215	0.106	113.171	0.898	86	Si
SLV 16	-59804	-140319	1215	0.106	113.171	0.898	86	Si
SLV 15	-59804	-140319	1215	0.106	113.171	0.898	86	Si
SLV 3	-47356	-101563	-1185	0.109	101.155	0.893	89	Si

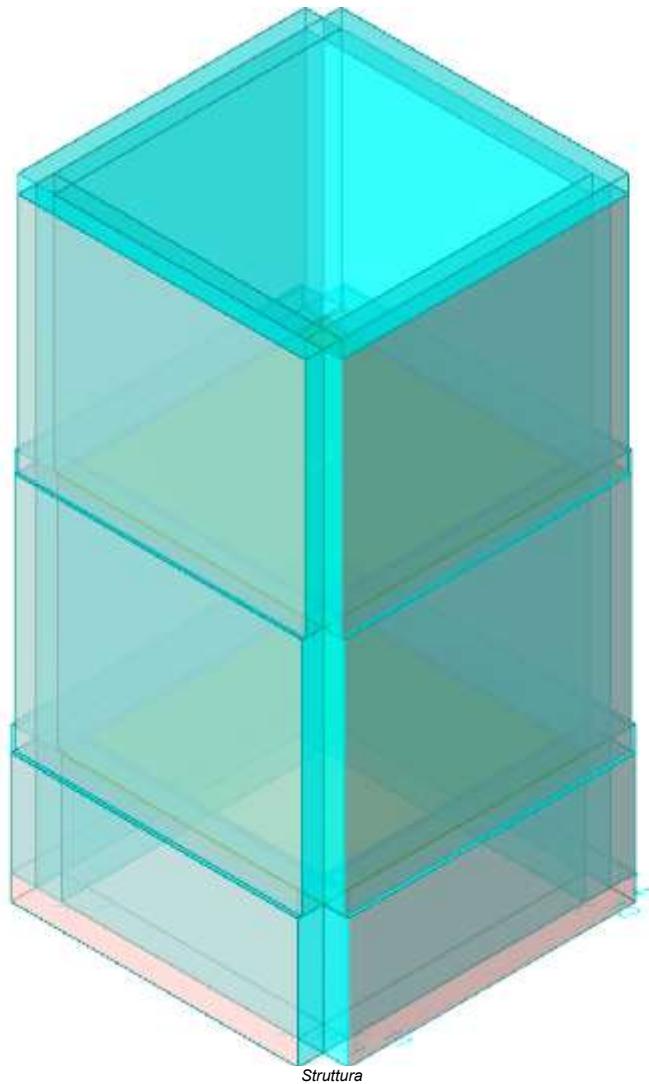
**Tabella dei coefficienti di sicurezza minimi**

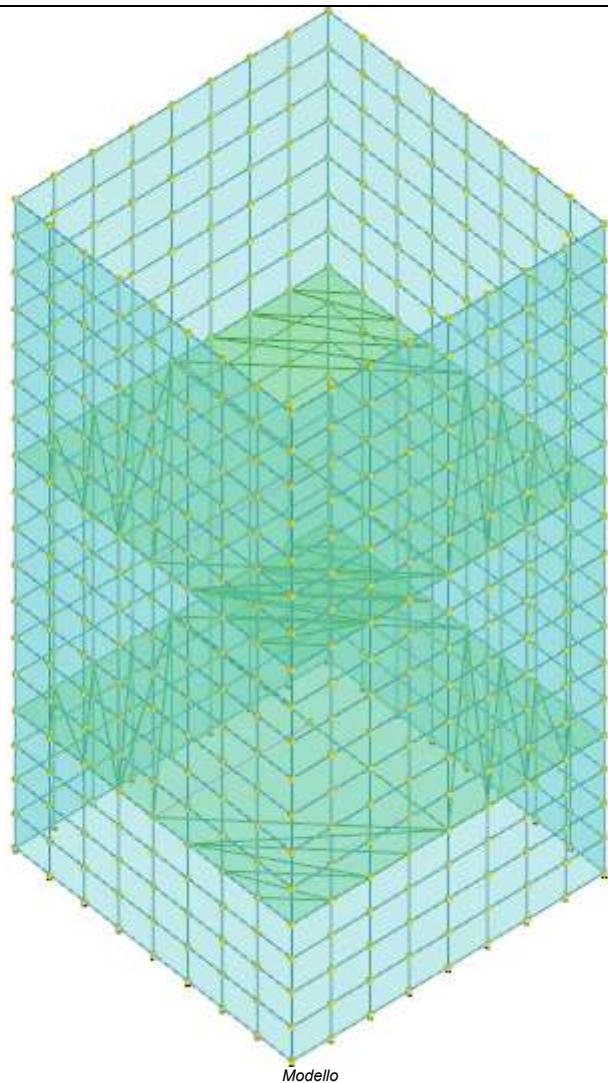
Stato limite	Coeff.s.	Comb.	Verifica
PF SLU	1.585	SLU 6	Si
PF SLV	8.985	SLV 6	Si
V SLV	1.64	SLV 7	Si
PFFP SLV	24.775	SLV 2	Si
R SLV	3.041	SLV 14	Si

# TorreFontanedo

Stato di progetto  
Analisi lineare dinamica

Comune di: Colico





# 1 Verifiche

## 1.1 Verifica edifici esistenti

**Desc.**: descrizione

**Stato limite**: v=Taglio; PF=Presso flessione; PFFP=Presso flessione fuori piano; R=Ribaltamento

**Molt.**: moltiplicatore minimo della azione sismica che produce lo stato limite

**Comb.**: combinazione

**PGA**: accelerazione al suolo

**PGA/PGArif**: indicatore di rischio sismico in termini di PGA

**TR**: tempo di ritorno

$(TR/TRrif)^{.41}$ : indicatore di rischio sismico in termini di periodo di ritorno

**Coeff.s.**: coefficiente minimo prodotto dallo stato limite

**Verifica**: stato di verifica

**Maschio**: maschio

### Verifica di edificio esistente con fattore q

Verifiche condotte secondo D.M. 14-01-08 (N.T.C.) § C8.7.1

#### Accelerazioni e tempi di ritorno

Accelerazione di aggancio SLV (ag/g\_SLV\*S\*ST) PGA,SLVrif = 0.052

Accelerazione di aggancio SLD (ag/g\_SLD\*S\*ST) PGA,SLDrif = 0.026

Tr,SLVrif = 475 anni

Tr,SLDrif = 50 anni

#### Moltiplicatori minimi delle condizioni sismiche

##### Rottura a taglio

Moltiplicatore: 3.191

Maschio 5 "+2.86 - +8.18"

Lunghezza: 638; altezza: 532; spessore: 94; sezione a quota: 818

Combinazione SLV 9 N= -50347 V par.= 17790 l'= 638 fvd= 0.3 Vt scorrimento= 17844 Vt fess. diag.= 26890

Tempo di ritorno 2474 anni

Indicatore iTr=(Tr/Tr,SLVrif)^{.41} = 1.967

PGA 0.076

Indicatore iPGA=PGA/PGA,SLVrif = 1.478

##### Rottura a flessione

Moltiplicatore: 10.043

Maschio 1 "Fondazione - +2.86"

Lunghezza: 638; altezza: 286; spessore: 112 sezione a quota 286

Combinazione SLV 14 N = -11591 M = 3536782 σ₀ = 0.16 fd = 7.41 Mu = 3602349

Tempo di ritorno 2474 anni

Indicatore iTr=(Tr/Tr,SLVrif)^{.41} = 1.967

PGA 0.076

Indicatore iPGA=PGA/PGA,SLVrif = 1.478

##### Rottura a pressoflessione nel piano ortogonale

Moltiplicatore: 9.401

Maschio 6 "+2.86 - +8.18"

Lunghezza: 638; altezza: 532; spessore: 94; sezione a quota: 552

Combinazione SLV 7 fd= 7.41 Ta= 0 Wa= 0.19 N= -25417 M= 1107810 Mc= 1114183

Tempo di ritorno 2474 anni

Indicatore iTr=(Tr/Tr,SLVrif)^{.41} = 1.967

PGA 0.076

Indicatore iPGA=PGA/PGA,SLVrif = 1.478

##### Rottura per meccanismi locali di collasso

Moltiplicatore: 2.341

Maschio 5 "+2.86 - +8.18"

Lunghezza: 638; altezza: 532; spessore: 94 f.agg.= 0 a.lim.= 1530.5083

Combinazione SLV 1 N top= -61227 N base= -144053 T orto= 3383 a0= 0.082 M\*= 114.559 e\*= 0.899 a0\*= 66.53

Tempo di ritorno 2474 anni

Indicatore iTr=(Tr/Tr,SLVrif)^{.41} = 1.967

PGA 0.076

Indicatore iPGA=PGA/PGA,SLVrif = 1.478

##### Raggiungimento dello spostamento limite di interpiano

Moltiplicatore: 115.167

Combinazione SLD 4

tra Nodo 138 e Nodo 363

Tempo di ritorno 2474 anni

Indicatore iTr=(Tr/Tr,SLDrif)^{.41} = 4.951

PGA 0.076

Indicatore iPGA=PGA/PGA,SLDrif = 2.973

##### Indicatori minimi riferiti al solo materiale muratura

Desc.	Stato limite	Molt.	Comb.	PGA	PGA/PGArif	TR	$(TR/TRrif)^{.41}$
-------	--------------	-------	-------	-----	------------	----	--------------------

Desc.	Stato limite	Molt.	Comb.	PGA	PGA/PGArif	TR	(TR/TRrif) <sup>.41</sup>
Maschio 1 "Fondazione - +2.86"	PF	10.043	SLV 14	0.076	1.478	2474	1.967
Maschio 5 "+2.86 - +8.18"	T	3.191	SLV 9	0.076	1.478	2474	1.967
Maschio 6 "+2.86 - +8.18"	PFFP	9.401	SLV 7	0.076	1.478	2474	1.967
Maschio 5 "+2.86 - +8.18"	R	2.341	SLV 1	0.076	1.478	2474	1.967

**Coefficienti di sicurezza riferiti al solo materiale muratura**

Desc.	Stato limite	Coeff.s.	Comb.	Verifica
Maschio 1 "Fondazione - +2.86"	PF SLU	1.518	SLU 6	Si
Maschio 1 "Fondazione - +2.86"	V SLU	1068487.931	SLU 2	Si
Maschio 1 "Fondazione - +2.86"	PF	14.221	SLV 9	Si
Maschio 1 "Fondazione - +2.86"	V	3.907	SLV 9	Si
Maschio 1 "Fondazione - +2.86"	PFFF	178.045	SLV 14	Si
Maschio 1 "Fondazione - +2.86"	R	6.522	SLV 4	Si
Maschio 2 "Fondazione - +2.86"	PF SLU	1.36	SLU 6	Si
Maschio 2 "Fondazione - +2.86"	V SLU	145008.788	SLU 6	Si
Maschio 2 "Fondazione - +2.86"	PF	14.315	SLV 4	Si
Maschio 2 "Fondazione - +2.86"	V	4.084	SLV 15	Si
Maschio 2 "Fondazione - +2.86"	PFFF	182.628	SLV 8	Si
Maschio 2 "Fondazione - +2.86"	R	6.51	SLV 10	Si
Maschio 3 "Fondazione - +2.86"	PF SLU	1.36	SLU 6	Si
Maschio 3 "Fondazione - +2.86"	V SLU	163675.717	SLU 5	Si
Maschio 3 "Fondazione - +2.86"	PF	14.308	SLV 14	Si
Maschio 3 "Fondazione - +2.86"	V	4.083	SLV 14	Si
Maschio 3 "Fondazione - +2.86"	PFFF	182.628	SLV 9	Si
Maschio 3 "Fondazione - +2.86"	R	6.51	SLV 7	Si
Maschio 4 "Fondazione - +2.86"	PF SLU	1.518	SLU 6	Si
Maschio 4 "Fondazione - +2.86"	V SLU	1824369.079	SLU 2	Si
Maschio 4 "Fondazione - +2.86"	PF	14.22	SLV 7	Si
Maschio 4 "Fondazione - +2.86"	V	3.907	SLV 7	Si
Maschio 4 "Fondazione - +2.86"	PFFF	178.043	SLV 3	Si
Maschio 4 "Fondazione - +2.86"	R	6.522	SLV 14	Si
Maschio 5 "+2.86 - +8.18"	PF SLU	1.586	SLU 6	Si
Maschio 5 "+2.86 - +8.18"	V SLU	67769.93	SLU 6	Si
Maschio 5 "+2.86 - +8.18"	PF	17.495	SLV 9	Si
Maschio 5 "+2.86 - +8.18"	V	3.28	SLV 9	Si
Maschio 5 "+2.86 - +8.18"	PFFF	26.37	SLV 13	Si
Maschio 5 "+2.86 - +8.18"	R	2.986	SLV 4	Si
Maschio 6 "+2.86 - +8.18"	PF SLU	1.371	SLU 6	Si
Maschio 6 "+2.86 - +8.18"	V SLU	82668.466	SLU 5	Si
Maschio 6 "+2.86 - +8.18"	PF	16.99	SLV 4	Si
Maschio 6 "+2.86 - +8.18"	V	3.473	SLV 4	Si
Maschio 6 "+2.86 - +8.18"	PFFF	24.846	SLV 8	Si
Maschio 6 "+2.86 - +8.18"	R	2.945	SLV 10	Si
Maschio 7 "+2.86 - +8.18"	PF SLU	1.371	SLU 6	Si
Maschio 7 "+2.86 - +8.18"	V SLU	158597.077	SLU 2	Si
Maschio 7 "+2.86 - +8.18"	PF	16.988	SLV 14	Si
Maschio 7 "+2.86 - +8.18"	V	3.473	SLV 14	Si
Maschio 7 "+2.86 - +8.18"	PFFF	26.631	SLV 9	Si
Maschio 7 "+2.86 - +8.18"	R	2.946	SLV 7	Si
Maschio 8 "+2.86 - +8.18"	PF SLU	1.586	SLU 6	Si
Maschio 8 "+2.86 - +8.18"	V SLU	568844.751	SLU 2	Si
Maschio 8 "+2.86 - +8.18"	PF	17.504	SLV 7	Si
Maschio 8 "+2.86 - +8.18"	V	3.281	SLV 7	Si
Maschio 8 "+2.86 - +8.18"	PFFF	26.12	SLV 3	Si
Maschio 8 "+2.86 - +8.18"	R	2.985	SLV 13	Si

**Verifica maschi in muratura**

Maschio	Stato limite	Molt.	Comb.	PGA	PGA/PGArif	TR	(TR/TRrif) <sup>.41</sup>	Verifica
1	PF	10.043	SLV 14	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	V	3.682	SLV 9	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	PFFF	11.402	SLV 13	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	R	5.55	SLV 13	0.076	1.478	2474	1.967	Si
2	PF	10.534	SLV 8	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	V	3.851	SLV 4	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	PFFF	12.025	SLV 7	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	R	5.701	SLV 5	0.076	1.478	2474	1.967	Si
3	PF	10.534	SLV 10	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	V	3.851	SLV 1	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	PFFF	12.025	SLV 9	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	R	5.701	SLV 7	0.076	1.478	2474	1.967	Si
4	PF	10.043	SLV 4	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	V	3.682	SLV 7	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	PFFF	11.402	SLV 3	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	R	5.569	SLV 1	0.076	1.478	2474	1.967	Si
5	PF	10.572	SLV 13	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	V	3.191	SLV 9	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	PFFF	10.024	SLV 13	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	R	2.341	SLV 1	0.076	1.478	2474	1.967	Si
6	PF	10.591	SLV 8	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	V	3.38	SLV 4	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	PFFF	9.401	SLV 7	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	R	2.341	SLV 5	0.076	1.478	2474	1.967	Si
7	PF	10.591	SLV 10	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	V	3.38	SLV 14	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	PFFF	10.251	SLV 9	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	R	2.341	SLV 5	0.076	1.478	2474	1.967	Si
8	PF	10.572	SLV 3	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	V	3.191	SLV 7	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	PFFF	9.911	SLV 3	0.076	1.478	2474	1.967	Si
	R	2.341	SLV 1	0.076	1.478	2474	1.967	Si

**1.2 Verifiche maschi in muratura**

X ini.: coordinate del punto iniziale del maschio [cm]

Y ini.: coordinate del punto iniziale del maschio [cm]

**X fin.:** coordinate del punto finale del maschio [cm]  
**Y fin.:** coordinate del punto finale del maschio [cm]  
**Quota i.:** livello o falda inferiore  
**Quota.s:** livello o falda superiore  
**I:** lunghezza del maschio [cm]  
**Sp.:** spessore [cm]  
**h netta:** altezza netta (a filo solai) [cm]  
**h ini.:** altezza nel modello al punto iniziale [cm]  
**h fin.:** altezza nel modello al punto finale [cm]  
**a:** distanza tra irrigidimenti laterali [cm]  
**a.s.,sx:** lunghezza di appoggio del solaio di sinistra [cm]  
**a.s.,dx:** lunghezza di appoggio del solaio di destra [cm]  
**fk o fmedio:** resistenza a compressione della muratura utilizzata [daN/cm<sup>2</sup>]  
**fvk0 o r:** resistenza a taglio della muratura utilizzata [daN/cm<sup>2</sup>]  
**E:** modulo di elasticità longitudinale della muratura utilizzato [daN/cm<sup>2</sup>]  
**G:** modulo di elasticità tangenziale della muratura utilizzato [daN/cm<sup>2</sup>]  
**FC:** fattore di confidenza della muratura  
**Comb.:** combinazione  
**Quota:** quota della sezione di verifica [cm]  
**N:** sforzo normale alla quota [daN]  
**M:** momento flettente nel piano [daN\*cm]  
**p:** fattore laterale di vincolo (4.5.6)  
**es1:** eccentricità dovuta alla posizione eccentrica dei maschi sovrastanti la sezione di verifica [cm]  
**es2:** eccentricità dovuta alla risultante eccentrica delle reazioni di appoggio dei solai soprastanti [cm]  
**ea:** eccentricità dovuta a tolleranze di esecuzione [cm]  
**ev:** eccentricità dovuta ad azioni ortogonali (vento, sisma) [cm]  
**e ver:** eccentricità di verifica nel piano normale al piano medio del maschio [cm]  
**Ft:** coefficiente di riduzione della resistenza per eccentricità nel piano normale al mediano  
**Fl:** coefficiente di riduzione della resistenza per eccentricità nel piano mediano  
**Nu:** sforzo normale ultimo [daN]  
**Verifica:** stato di verifica  
**Quota:** quota della sezione di verifica [cm]  
**Vd:** taglio di progetto [daN]  
**N:** sforzo normale [daN]  
**M:** momento flettente [daN\*cm]  
**I' :** ampiezza della sezione reagente  
**σ0:** tensione normale agente nella sezione reagente  $N/(sp \cdot I')$  [daN/cm<sup>2</sup>]  
**fvk:** resistenza caratteristica a taglio ( $fvk_0 + 0.4 \cdot \sigma_0$ ) [daN/cm<sup>2</sup>]  
**Vu:** taglio ultimo [daN]  
**Coeff.s.:** coefficiente di sicurezza  
**V par:** taglio nel piano [daN]  
**V orto:** taglio fuori piano [daN]  
**M orto:** momento flettente fuori piano [daN\*cm]  
**N/(I\*sp):** tensione media di compressione [daN/cm<sup>2</sup>]  
**N/(I''\*sp):** tensione media di compressione sulla parte reagente [daN/cm<sup>2</sup>]  
**Mu:** momento flettente ultimo [daN\*cm]  
**I' :** larghezza della parte compresa della parete [cm]  
**fvd:** resistenza a taglio di calcolo [daN/cm<sup>2</sup>]  
**Vt scorr.:** taglio ultimo per verifica a scorrimento [daN]  
**Vt fess.diag.:** taglio ultimo per verifica a fessurazione diagonale [daN]  
**fd:** resistenza a compressione di calcolo [daN/cm<sup>2</sup>]  
**Sa:** accelerazione massima, adimensionnalizzata rispetto a g, che l'elemento strutturale subisce durante il sisma  
**x:** ampiezza reagente al collasso [cm]  
**M:** momento flettente fuori piano [daN\*cm]  
**Mc:** momento di collasso per azioni perpendicolari al piano [daN\*cm]  
**N top:** sforzo normale in sommità [daN]  
**N base:** sforzo normale al piede [daN]  
**a0:** moltiplicatore secondo (C8A.4.1)  
**M\*:** massa partecipante al cinematismo (C8A.4.3) [daN/(cm/s<sup>2</sup>)]  
**e\*:** frazione di massa partecipante della muratura (C8A.4.4)  
**a0\*:** accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo (C8A.4.4) [cm/s<sup>2</sup>]  
**Stato limite:** pF\_SLU=Presso flessione per azioni non sismiche; V\_SLU=Taglio per azioni non sismiche; PF\_SLV=Presso flessione per azioni sismiche; V\_SLV=Taglio per azioni sismiche; PFFP\_SLV=Presso flessione fuori piano per azioni sismiche; R\_SLV=Ribaltamento per azioni sismiche

Le unità di misura delle verifiche elencate nel capitolo sono in [cm, daN, s] ove non espressamente specificato.

## Maschio 1

Verifiche condotte secondo D.M. 14-01-08 (N.T.C.)

### Dati geometrici

X ini.	Y ini.	X fin.	Y fin.	Quota i.	Quota.s	I	Sp.	h netta	h ini.	h fin.	a	a.s.,sx	a.s.,dx
-24.8	-26.5	-24.8	-64.5	L1	L2	638	112	286	286	286			

### Caratteristiche del materiale

(circ.617 C8A.2) Muratura a conci sbizzatti, con paramento di limitato spessore e nucleo interno LC1

fk o fmedio	fvk0 o r	E	G	FC
20	0.35	25000	10000	1.35

### Verifica a pressoflessione per azioni non sismiche 4.5.6.2 D.M. 14-01-08 (N.T.C.) γM 3

Comb.	Quota	N	M	p	es1	es2	ea	ev	e ver	Ft	Fl	Nu	Verifica
SLU 6	286	-163985	141	1	0	0	1.43	0	1.43	0.94	1	333404	Si
SLU 6	143	-191547	103	1	0	0	1.43	0	1.43	0.94	1	333405	Si















**Verifica a pressoflessione fuori piano D.M. 14-01-08 (N.T.C.)**

quota 552 Ta 0 Wa 0.19 denominatore 8

Comb.	fd	Sa	x	N	M	Mc	Coeff.s.	Verifica
SLV 3	7	0.08	20.99	-84310	117835	3077826	26.12	Si
SLV 4	7	0.08	20.99	-84310	117835	3077827	26.12	Si
SLV 1	7	0.08	21	-84349	117835	3078826	26.13	Si
SLV 2	7	0.08	21	-84349	117835	3078827	26.13	Si
SLV 7	7	0.08	22.1	-88768	117835	3191296	27.08	Si

**Verifica dei meccanismi locali di collasso con analisi cinematica lineare**

accelerazione limite = 28.15; forza di aggancio al piano = 0

Comb.	N top	N base	V orto	a0	M*	e*	a0*	Verifica
SLV 13	-56869	-130828	1456	0.104	110.317	0.897	84	Si
SLV 14	-56868	-130828	1456	0.104	110.317	0.897	84	Si
SLV 15	-56849	-130791	1456	0.104	110.298	0.897	84	Si
SLV 16	-56849	-130791	1456	0.104	110.298	0.897	84	Si
SLV 1	-50322	-111013	-1429	0.105	103.995	0.894	86	Si

**Tabella dei coefficienti di sicurezza minimi**

Stato limite	Coeff.s.	Comb.	Verifica
PF SLU	1.586	SLU 6	Si
V SLU	568844.751	SLU 2	Si
PF SLV	17.504	SLV 7	Si
V SLV	3.281	SLV 7	Si
PFFP SLV	26.12	SLV 3	Si
R SLV	2.985	SLV 13	Si