



Comune di Trieste  
piazza Unità d'Italia 4  
34121 Trieste  
tel. 040/6751  
www.comune.trieste.it  
partita iva 00210240321

AREA LAVORI PUBBLICI, FINANZA DI PROGETTO E PARTENARIATI  
SERVIZIO EDILIZIA PUBBLICA

cod. opera 10085

**Lavori di restauro architettonico e strutturale  
della Cappella di San Rocco a Santa Croce**

PROGETTISTI E COORDINATORI

dott. arch. Massimo Mosca

dott. ing. Nicola Milani

COPROGETTISTA OPERE EDILI

per. ind. Giovanni De Mottoni

PROGETTISTA OPERE STRUTTURALI

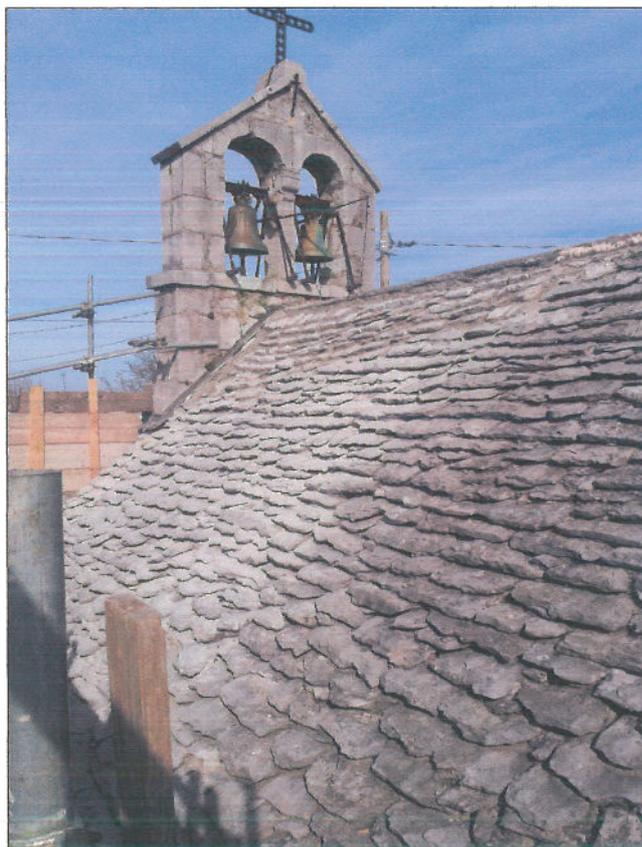
dott. ing. Silverio Pipolo

DISEGNATORE

per. ind. Claudio Baucer

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

dott. arch. Lucia Iammarino



**PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO**

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

DATA

GIUGNO 2017

# INDICE

<b>1.NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>2.STIMA DEL LIVELLO DI CONOSCENZA E ATTRIBUZIONE DEI FATTORI DI CONFIDENZA.....</b>	<b>3</b>
2.1Analisi storico-critica.....	3
2.2Rilievo geometrico.....	3
2.3Dettagli costruttivi.....	3
2.4Descrizione dell'organismo strutturale.....	4
2.5Proprietà dei materiali.....	4
2.6Livello di conoscenza.....	4
<b>3.CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI ESISTENTI.....</b>	<b>5</b>
3.1Muratura esistente.....	5
3.2Legno strutturale esistente.....	5
<b>4.RELAZIONE SUI MATERIALI.....</b>	<b>6</b>
4.1Legname da costruzione.....	6
4.2Cordolo in muratura armata.....	6
4.3Acciaio per carpenteria metallica (tiranti).....	7
4.4Acciaio per carpenteria metallica (capichiave).....	7
4.5Saldature a cordoni d'angolo.....	7
4.6Bulloni e barre filettate.....	7
<b>5.RELAZIONE GEOTECNICA.....</b>	<b>8</b>
<b>6.MODELLO STRUTTURALE.....</b>	<b>9</b>
6.1Criteri di modellazione.....	9
6.2Criteri di analisi.....	12
6.3Criteri di verifica.....	12
<b>7.ANALISI DEI CARICHI.....</b>	<b>13</b>
7.1Carichi permanenti.....	13
7.2Carichi variabili.....	13
7.3Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base del sito di costruzione.....	14
<b>8.PROGETTO E VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI OGGETTO DI INTERVENTO LOCALE.....</b>	<b>17</b>
8.1Verifica del letto di malta armata.....	17
8.2Verifica del tavolato.....	17

8.3	Verifica della nuova orditura principale in legno.....	20
<b>9.</b>	<b>DETERMINAZIONE DEGLI INDICATORI DI RISCHIO ANTE OPERAM.....</b>	<b>30</b>
9.1	Generalità.....	30
9.2	Meccanismi locali.....	30
9.3	Meccanismo globale.....	37
<b>10.</b>	<b>DETERMINAZIONE DEGLI INDICATORI DI RISCHIO POST OPERAM.....</b>	<b>56</b>
10.1	Generalità.....	56
10.2	Meccanismi locali.....	56
10.3	Meccanismo globale.....	60
<b>11.</b>	<b>SINTESI DEI MINIMI INDICATORI DI RISCHIO.....</b>	<b>78</b>
<b>12.</b>	<b>GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI.....</b>	<b>80</b>
<b>13.</b>	<b>PIANO DI MANUTENZIONE DELLA PARTE STRUTTURALE DELL'OPERA.....</b>	<b>81</b>
13.1	Elementi in legno.....	81
13.2	Elementi lineari in acciaio (travi, colonne, controventi).....	84
13.3	Unioni bullonate e saldate.....	84

## 1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I calcoli sono eseguiti nel rispetto della seguente normativa:

D.M. 14/01/2008. Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008).

Circ. 02.02.2009, n. 617. Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni.

D.P.C.M. 9/2/2011. 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.

## 2. STIMA DEL LIVELLO DI CONOSCENZA E ATTRIBUZIONE DEI FATTORI DI CONFIDENZA

### 2.1 ANALISI STORICO-CRITICA

Trattasi di un edificio costruito presumibilmente nella metà del XVII secolo quale cappella votiva. Considerata l'omogeneità compositiva del manufatto si ritiene che non siano intervenuti, negli anni, interventi di sostanziale modifica dell'impianto strutturale originario.

L'unico intervento degno di nota è la sostituzione della copertura, avvenuta presumibilmente negli anni '90, intervento nell'ambito del quale vennero sostituite le capriate interne e il tavolato, venne realizzata una guaina bituminosa e rifatto il rivestimento in scandole. Fu proprio l'inserimento della guaina bituminosa, accompagnato alle inadeguate prestazioni della malta di allettamento, a causare lo scivolamento del rivestimento.

### 2.2 RILIEVO GEOMETRICO

Il rilievo geometrico dell'organismo edilizio, su cui si basa anche il modello di calcolo di cui alla presente relazione, è desunto dal rilievo fornito dall'amministrazione comunale.

### 2.3 DETTAGLI COSTRUTTIVI

Nel corso dei sopralluoghi tecnici finalizzati alla redazione del progetto esecutivo, sono state svolte verifiche in-situ limitate (C8A.1.A.2), basate su rilievi di tipo visivo. In particolare si è rilevato quanto segue:

- tipologia della muratura: trattasi di muratura in pietrame calcareo a spacco, con buona tessitura, presumibilmente a due paramenti con collegamenti trasversali e senza riempimento a sacco (ipotesi da verificarsi in sede esecutiva);
- qualità del collegamento tra pareti verticali: l'ammorsamento tra le murature è a vista e appare buono;
- qualità del collegamento tra orizzontamenti e pareti: le capriate della copertura sono semplicemente appoggiate;
- presenza di cordoli di piano ed altri elementi di collegamento: per quanto è stato possibile accertare, non sono presenti cordoli di piano;
- esistenza di architravi strutturalmente efficienti al di sopra delle aperture: tutte le aperture sono costituite da archi in muratura e pertanto sono strutturalmente efficienti;
- presenza di elementi strutturalmente efficienti atti ad eliminare le spinte eventualmente presenti: le capriate sono dotate di catena e quindi la struttura della copertura, salvo il cinematismo in atto legato al degrado degli elementi costruttivi, non è spingente;
- presenza di elementi, anche non strutturali, ad elevata vulnerabilità: non sono stati rilevati elementi ad elevata vulnerabilità.

## 2.4 DESCRIZIONE DELL'ORGANISMO STRUTTURALE

L'organismo edilizio è a pianta rettangolare ad un'unica navata e presbiterio finale poligonale, con un piccolo campanile a vela in facciata. La navata ha dimensioni in pianta pari a 9,96x6,00 m, il presbiterio 5,61x5,42 m e il campanile 3,79x0,95 m. L'altezza massima dell'edificio è di 6,80 m, che diventano 9,89 m se si considera anche il campanile.

Le strutture verticali della navata sono costituite da muratura in pietra bianca calcarea sbazzata, posata a corsi irregolari, di spessore pari a 54 cm, mentre quella del presbiterio, della stessa tipologia, ha spessore pari a 66 cm. La copertura a falde è composta da una struttura lignea a capriate con interasse variabile da 1,32 m a 1,49 m nella navata e interasse di 0,84 m nel presbiterio. Le capriate sono costituite da catene e puntoni in legno massiccio che sostengono il tavolato in legno di copertura.

## 2.5 PROPRIETÀ DEI MATERIALI

Nel corso dei sopralluoghi tecnici finalizzati alla redazione del progetto esecutivo sono state svolte indagini in-situ limitate (C8A.1.A.3), consistenti nell'esame visivo della superficie muraria.

In particolare, essendo direttamente visibili gli ammorsamenti tra tutte le murature ortogonali, nonché la tessitura del paramento in corrispondenza della facciata, non si è ritenuto necessario effettuare ulteriori indagini.

In base a quanto previsto nel § C8A.1.A.3, la tipologia della muratura è stata individuata sulla base di quelle previste nella Tabella C8A.2.1., quale "muratura in pietre a spacco con buona tessitura".

## 2.6 LIVELLO DI CONOSCENZA

Alla luce di quanto sopra esposto, si ritiene raggiunto il livello di conoscenza LC1, cui corrisponde, ai sensi del §C8A.1.A.4, un fattore di confidenza FC = 1,35.

Si valuta il livello di conoscenza raggiunto come sufficiente per tutte le valutazioni di cui al presente elaborato.

### 3. CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI ESISTENTI

#### 3.1 MURATURA ESISTENTE

Visto l'esito delle verifiche in-situ, si ritiene opportuno classificare la muratura, ai sensi della tab. C8A.2.1 della circolare NTC, come "muratura in pietre a spacco con buona tessitura".

Il livello di conoscenza ottenuto (LC1) consente l'utilizzo dei valori minimi di resistenza e medi dei moduli elastici, ai sensi della tab. C8A.1.1 della circolare NTC.

Si adottano, pertanto, i seguenti parametri di resistenza e rigidezza.

Muratura esistente in pietre a spacco con buona tessitura

Resistenza media a compressione	$f_m$	2,60	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a taglio caratteristica	$\tau_0$	0,05	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di taglio	G	580	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico	E	1740	N/mm <sup>2</sup>

#### 3.2 LEGNO STRUTTURALE ESISTENTE

Si assumono caratteristiche meccaniche paragonabili a quelle del legno massiccio classe C24 della norma UNI EN 338:2016, riassunte nel seguito.

Travi esistenti in legno massiccio della capriata

Resistenza caratteristica a trazione per flessione	$f_k$	24,00	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico medio	$E_{mean}$	11000	N/mm <sup>2</sup>

## 4. RELAZIONE SUI MATERIALI

### 4.1 LEGNAME DA COSTRUZIONE

Le capriate vengono interamente sostituite da travi in legno massiccio di nuova realizzazione classe C24 della norma UNI EN 338:2016.

Travi nuove in legno massiccio della capriata

Classe del materiale	C24		
Classe di servizio	2		
Resistenza a flessione	$f_{m,k}$	24,00	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione parallela	$f_{t,0,k}$	14,00	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione ortogonale	$f_{t,90,k}$	0,40	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a compressione parallela	$f_{c0,k}$	21,00	
Resistenza a compressione ortogonale	$f_{c90,k}$	2,50	
Resistenza a taglio	$f_{v,k}$	4,00	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di elasticità	$E_{mean}$	11000	N/mm <sup>2</sup>
Massa volumica	$\rho_{mean}$	420	daN/ m <sup>3</sup>

### 4.2 CORDOLO IN MURATURA ARMATA

#### Mattoni pieni

Il cordolo in muratura armata è costituito da 5 corsi di mattoni pieni con resistenza caratteristica a compressione nella direzione dei carichi verticali pari a 18 N/mm<sup>2</sup>, intervallati da strati di malta M15 con interposti tessuti di fibra di acciaio inossidabile.

#### Tessuto di fibre di acciaio ad alta resistenza per muratura armata

Il sistema composito che permette di realizzare il cordolo in muratura armata è realizzato con tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, formato da micro-trefoli di acciaio prodotti secondo norma ISO 16120- 1/4 201 fissati su una microrete in fibra di vetro, del peso netto di circa 670 g/m<sup>2</sup> – tipo GEOSTEEL G600 di Kerakoll S.p.A. – avente le seguenti caratteristiche tecniche certificate:

Fibre di acciaio per muratura armata

Resistenza a trazione valore caratteristico	$f_k$	> 3000	MPa
Modulo elastico	$E_{mean}$	> 190	GPa
Deformazione ultima a rottura	$\epsilon$	> 2%	
Area effettiva di un trefolo	$A_t$	0,538	mm <sup>2</sup>
Numero di trefoli per cm	$n$	1,57	cm
Spessore equivalente del nastro	$s$	0,084	mm

#### Malta di calce per muratura armata e allettamento scandole

Per l'allettamento delle fasce di tessuto si prevede l'applicazione di geomalta ad altissima igroscopicità e traspirabilità a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e legante minerale, inerti di sabbia silicea e calcare dolomitico, avente le seguenti caratteristiche tecniche certificate:

Geomalta per allettamento delle fasce di tessuto

Resistenza a compressione caratteristica	$f_k$	> 15	MPa
Modulo elastico	$E_{mean}$	> 9	GPa

#### 4.3 ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA (TIRANTI)

Tensione nominale di snervamento  $f_{yk} \geq 275 \text{ N/mm}^2$ .

Tensione nominale di rottura  $f_{tk} \geq 430 \text{ N/mm}^2$

#### 4.4 ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA (CAPPICHIAVE)

Tensione nominale di snervamento  $f_{yk} \geq 355 \text{ N/mm}^2$ .

Tensione nominale di rottura  $f_{tk} \geq 510 \text{ N/mm}^2$

#### 4.5 SALDATURE A CORDONI D'ANGOLO

Tutte le saldature dovranno essere continue ed eseguite in conformità al D.M. 14.01.2008 p.ti 4.2.1.2 e 11.3.4.5. Il lato del cordone, salvo ove diversamente indicato, dovrà essere pari a 0,7 volte lo spessore dell'elemento più sottile collegato.

#### 4.6 BULLONI E BARRE FILETTATE

Bulloni e barre filettate classe 8.8

Dadi 6s

Rosette e piastrine in acciaio c50 temperato e rinvenuto

Trieste, giugno 2017

dott. ing. Silverio Pipolo

Il progettista strutturale

## **5. RELAZIONE GEOTECNICA**

Le opere in progetto non riguardano le fondazioni esistenti e non modificano in maniera significativa l'entità dei carichi statici e dinamici trasmessi al suolo. Si è ritenuto, pertanto, di non elaborare un modello geotecnico.

Ai soli fini della determinazione dell'azione sismica, si assume quale categoria di sottosuolo la categoria "A" ("Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi[...]") e quale classe topografica la "T1".

## 6. MODELLO STRUTTURALE

### 6.1 CRITERI DI MODELLAZIONE

La struttura è stata modellata con l'ausilio del software di calcolo strutturale SismiCAD v. 12.9, prodotto dalla Concrete S.r.l..

Con l'ausilio del software, viene costruito un modello agli elementi finiti della struttura nel suo insieme, sia per la situazione *ante operam* che per quella *post operam*, in modo tale da poter eseguire un confronto.

La modellazione della struttura e il calcolo delle sollecitazioni si basano sulle seguenti ipotesi e modalità:

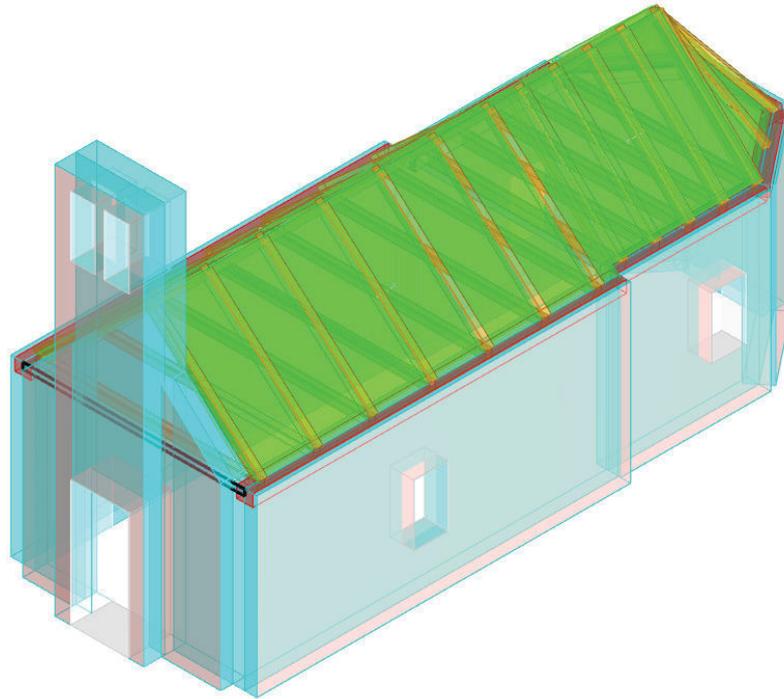
- le pareti in muratura sono schematizzate secondo un "telaio equivalente" costituito da elementi asta aventi caratteristiche inerziali conformi alla geometria delle pareti stesse;
- le travi in legno, i cordoli in muratura armata e gli elementi in acciaio sono modellati con un elemento finito tipo asta a comportamento elastico;
- la deformabilità nel proprio piano del piano inclinato delle falde di copertura viene controllata attraverso la introduzione di elementi membranali aventi rigidezza equivalente a quella del tavolato. Alla quota della copertura le masse vengono considerate diffuse nei nodi giacenti sulle falde stesse;
- i disassamenti tra elementi asta sono gestiti automaticamente dal programma attraverso l'introduzione di collegamenti rigidi locali;
- le murature sono modellate con un particolare elemento finito monodimensionale a comportamento bilineare elastico perfettamente plastico.

*Vista assometrica del modello geometrico ante operam– fronte*

*Vista assometrica del modello geometrico ante operam – retro*

*Vista assometrica del modello agli elementi finiti ante operam– fronte*

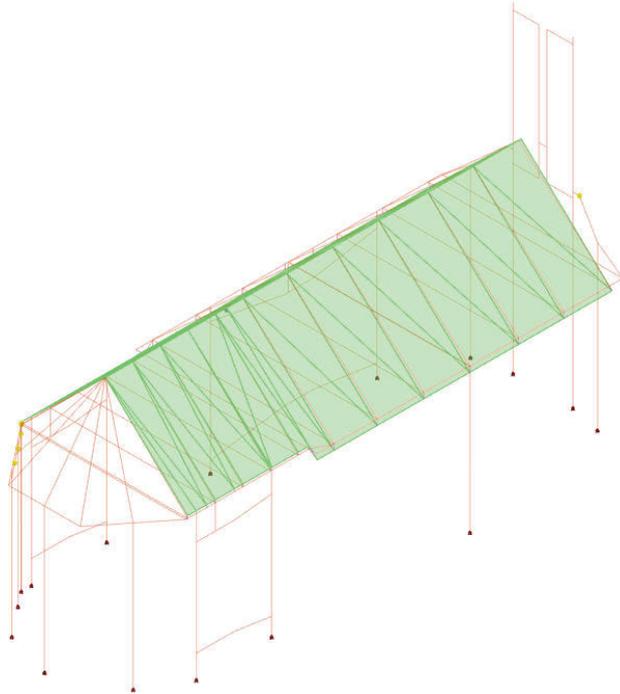
*Vista assometrica del modello agli elementi finiti ante operam– retro*



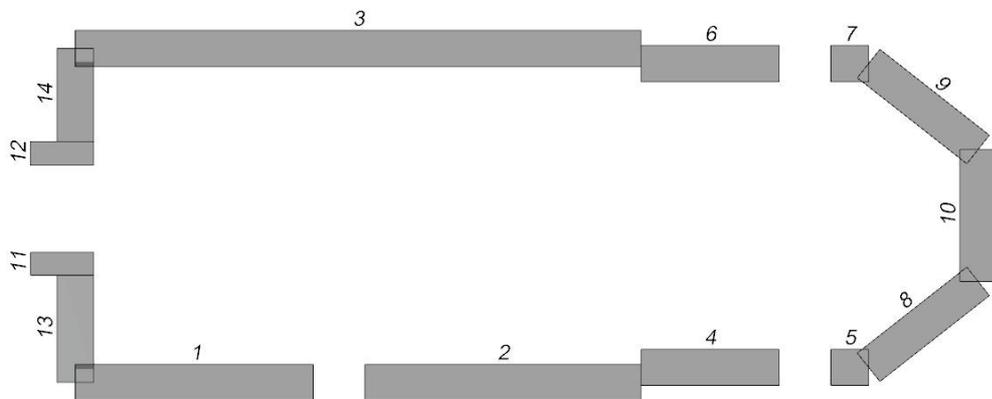
*Vista assometrica del modello geometrico post operam– fronte*

*Vista assometrica del modello geometrico post operam – retro*

*Vista assometrica del modello agli elementi finiti post operam– fronte*



*Vista assometrica del modello agli elementi finiti post operam– retro*



*Numerazione dei maschi murari ante e post operam – piano terra*

## 6.2 CRITERI DI ANALISI

La struttura in elevazione è stata analizzata con le seguenti modalità:

- Analisi statica non lineare (pushover), finalizzata alla verifica sismica globale dell'edificio agli stati limite di salvaguardia della vita (SLV), di danno (SLD) e di operatività (SLO), ai sensi del § 7.3.4 delle NTC;
- Analisi cinematica lineare, finalizzata alla verifica sismica locale dell'edificio agli stati limite di salvaguardia della vita (SLV), ai sensi del § C8A.4 della circolare NTC.

## 6.3 CRITERI DI VERIFICA

I singoli elementi strutturali sono verificati con riferimento ai seguenti stati limite:

### Stati limite globali in termini di spostamento considerati nell'ambito dell'analisi statica non lineare

- Riduzione del taglio del 20% nella curva di capacità SLV;
- Superamento dello spostamento limite di interpiano SLO;
- Superamento dello spostamento limite di interpiano SLD.

### Stati limite locali in termini di equilibrio e resistenza considerati nell'ambito dell'analisi cinematica lineare

- Ribaltamento semplice fuori piano della torre campanaria per la parte non solidale alla facciata della chiesa;
- Ribaltamento semplice fuori piano della parete laterale della navata;
- Flessione fuori piano orizzontale della parete laterale della navata non efficacemente confinata.

## 7. ANALISI DEI CARICHI

### 7.1 CARICHI PERMANENTI

Il peso proprio degli elementi in muratura, di quelli in legno e in acciaio è computato automaticamente dal programma di calcolo (muratura 21,00 kN/m<sup>3</sup>, legname da costruzione 4,20 kN/m<sup>3</sup> acciaio da carpenteria 78,50 kN/m<sup>3</sup>).

I carichi trasmessi dalla copertura nella situazione *ante operam* sono stimati come esposto in seguito.

Tipologia	Densità [kN/m <sup>3</sup> ]	Spessore [m]	Carico al mq [kN/m <sup>2</sup> ]
Scandole	24	0,12	2,88
Malta	24	0,20	4,80
Guaina	10	0,01	0,10
Tavolato	7	0,02	0,14
Totale		0,35	7,92

I carichi trasmessi dalla copertura nella situazione *post operam* sono stimati come esposto in seguito.

Tipologia	Densità [kN/m <sup>3</sup> ]	Spessore [m]	Carico al mq [kN/m <sup>2</sup> ]
Scandole	24	0,12	2,88
Malta	24	0,10	2,40
Guaina	10	0,01	0,10
Tavolato	7	0,06	0,42
Totale		0,29	5,80

### 7.2 CARICHI VARIABILI

#### Carichi variabili d'esercizio

carico per coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione (Cat. H)	$q_{k,H}$	0,50	kN/m <sup>2</sup>
carico da neve	$q_{k,s}$	0,80	kN/m <sup>2</sup>

Per la determinazione del carico da neve al suolo si fa riferimento al seguente tabulato. A favore di sicurezza si è trascurato il coefficiente di forma  $\mu$ .

### 7.3 RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA CONCERNENTE LA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE DEL SITO DI COSTRUZIONE

L'azione sismica viene valutata con riferimento ad uno spettro di progetto calcolato conformemente al § 3.2.3. delle NTC, assumendo una Classe d'Uso III e una Vita Nominale  $V_N = 50$  anni.

Per l'analisi cinematica lineare, si adotta, un fattore di struttura  $q = 2$ , ai sensi del §C8A.4.2.3 della circolare NTC. Nell'ambito dell'analisi statica non lineare, si adotta un fattore di struttura  $q = 1$ .

#### Sito in esame

latitudine: 45,7330046601916  
 longitudine: 13,6950836525557  
 Classe: 3  
 Vita nominale: 50

#### Siti di riferimento

Sito 1	ID: 11435	Lat: 45,7349	Lon: 13,6326	Distanza: 4853,302
Sito 2	ID: 11436	Lat: 45,7348	Lon: 13,7041	Distanza: 726,654
Sito 3	ID: 11658	Lat: 45,6848	Lon: 13,7040	Distanza: 5406,549
Sito 4	ID: 11657	Lat: 45,6849	Lon: 13,6325	Distanza: 7227,902

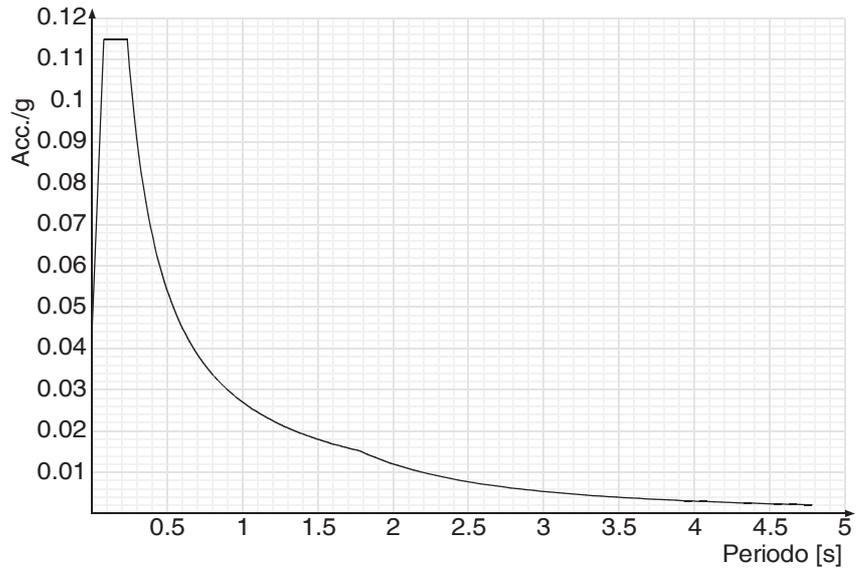
#### Parametri sismici

Categoria sottosuolo: A  
 Categoria topografica: T1  
 Periodo di riferimento: 75anni  
 Coefficiente  $c_u$ : 1,5

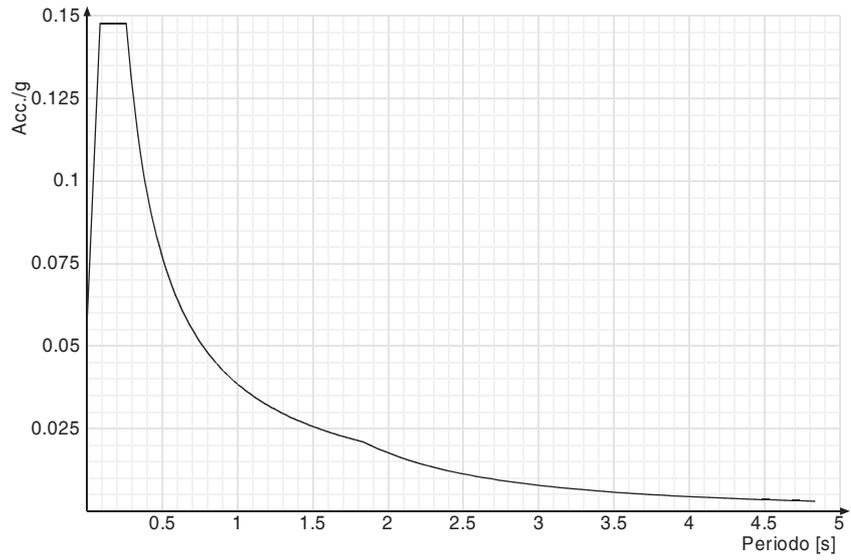
Stato limite	$T_r$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
operatività (SLO)	45	0,045	2,536	0,235
danno (SLD)	75	0,059	2,533	0,262
salvaguardia della vita (SLV)	712	0,148	2,516	0,331
collasso (SLC)	1462	0,188	2,559	0,344

#### Coefficienti Sismici

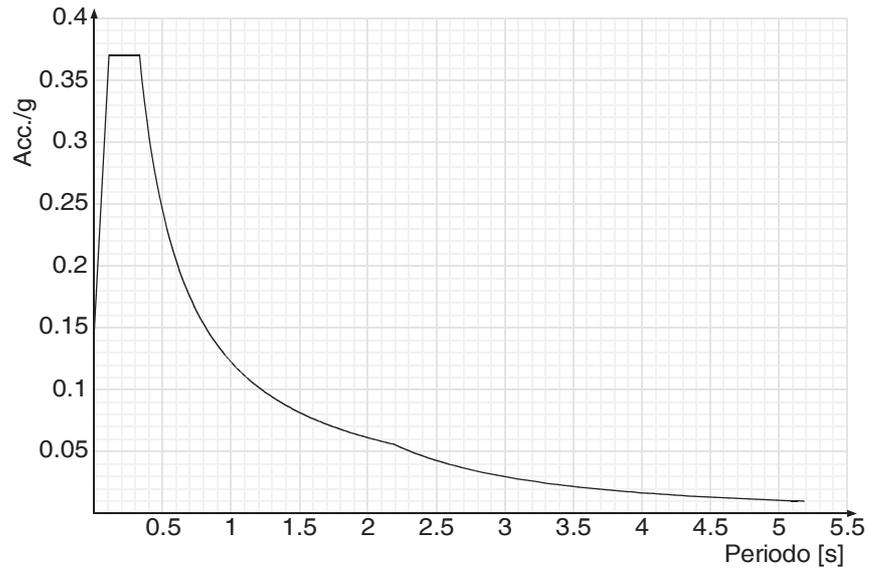
Stato limite	$S_s$ [-]	$C_c$ [-]	$S_t$ [-]	$k_h$ [-]	$k_v$ [-]	$a_{max}$ [m/s <sup>2</sup> ]	$\beta$ [-]
operatività (SLO)	1,00	1,00	1,00	0,009	0,005	0,446	0,20
danno (SLD)	1,00	1,00	1,00	0,012	0,006	0,574	0,20
salvaguardia della vita (SLV)	1,00	1,00	1,00	0,043	0,021	1,451	0,29
collasso (SLC)	1,00	1,00	1,00	0,055	0,027	1,844	0,29



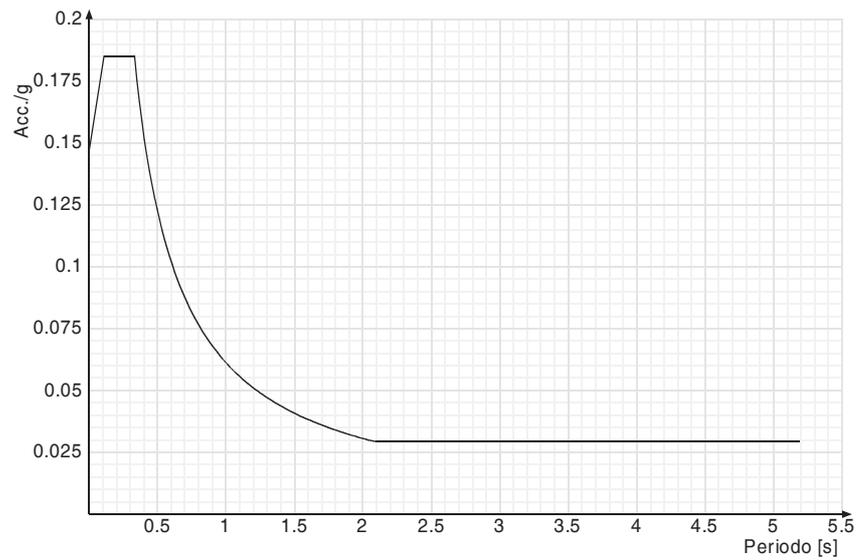
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali SLO § 3.2.3.2.1 (3.2.4).



Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali SLD § 3.2.3.2.1 (3.2.4).



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



*Spettro di risposta di progetto in accelerazione delle componenti orizzontali SLV (solo analisi cinematica lineare) § 3.2.3.2.1 (3.2.4).*

Trieste, giugno 2017

Il progettista strutturale  
dott. ing. Silverio Pipolo

## 8. PROGETTO E VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI OGGETTO DI INTERVENTO LOCALE

### 8.1 VERIFICA DEL LETTO DI MALTA ARMATA

La copertura in fase progettuale viene completamente sostituita da una più leggera in accordo alla soluzione presentata nel § 8.1 della presente relazione. Il sistema resistente atto ad impedire un nuovo slittamento del letto di malta sulla guaina impermeabilizzante è affidato ad una rete in fibra di basalto e acciaio inossidabile annegata nello stesso letto di malta. Un'analisi statica lineare semplificata permette di determinare il tiro massimo dovuto ai carichi verticali agenti su una striscia unitaria della copertura. Esso costituisce il minimo valore di resistenza che la rete in fibra di basalto deve sviluppare per evitare lo scorrimento del letto di malta armato sulla guaina.

L'analisi viene eseguita ipotizzando che non vi sia attrito tra le due superfici di scorrimento e considerando una striscia unitaria di 1 m di larghezza.

carico permanente portato al mq	$G_{2,k}$	5,80 kN/m <sup>2</sup>
carico da neve al mq	$Q_k$	0,80 kN/m <sup>2</sup>
carico totale combinato al mq	$q_{tot}$	9,90 kN/m <sup>2</sup>
carico totale combinato al ml	$Q_{tot, lin}$	9,90 kN/m
lunghezza falda	$L$	3,16 m
tiro totale massimo SLU	$F_{tot, SLU}$	31,28 kN

La rete in fibra di basalto dovrà dunque sviluppare una forza resistente minima al metro di 40,00 kN.

### 8.2 VERIFICA DEL TAVOLATO

Per la verifica del doppio tavolato incrociato si fa riferimento alla norma UNI EN 1995-1-1:2004. Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno, in cui vengono trattati i solai misti.

In questo caso il solaio è composto da un doppio tavolato incrociato a 45° di spessore 3+3 cm connesso mediante chiodi nella misura di 32 al metro quadrato. La struttura viene verificata in termini di resistenza agli stati limite ultimi e in termini di freccia agli stati limite di esercizio.

Nella determinazione delle sollecitazioni si considerano i carichi agenti sul tavolato dovuti al peso proprio della copertura (vedi § 8.1) e quelli dovuti alla neve che vengono scomposti in due contributi: il primo, ortogonale alla falda, genera flessione e taglio sul tavolato; il secondo, parallelo alla falda, genera lo scorrimento del tavolato con quello sottostante, che viene ripreso dai chiodi. Nel dimensionamento dei connettori lo scorrimento parallelo alla falda genera un contributo complessivo non significativo e viene pertanto trascurato; i chiodi pertanto saranno dimensionati con il taglio del contributo ortogonale alla falda.

Si riportano i tabulati con le sollecitazioni agenti sul tavolato, le verifiche a tempo iniziale  $t = 0$  (quelle a tempo infinito non sono significative) e la verifica dei connettori.

#### Sollecitazioni di progetto

carichi permanenti portati	$g_{2k}$	5,80 kN/m <sup>2</sup>
carico variabili	$q_k$	0,80 kN/m <sup>2</sup>
totale	$q_k$	6,60 kN/m <sup>2</sup>
inclinazione falda	$\alpha$	42,2 °
	perm.	var.

componente ortogonale alla falda	4,30	0,59 kN/m <sup>2</sup>
componente parallela alla falda	3,90	0,54 kN/m <sup>2</sup>

Verifiche a tempo iniziale t = 0

coefficiente di viscosità del calcestruzzo	$\Phi$	1,0
coefficiente	$K_{def}$	1,0

Carichi applicati

carichi permanenti portati	$g_{2k}$	4,30 kN/m
carichi variabili	$q_k$	0,59 kN/m
carico distribuito per verifica SLE	$f_k$	4,89 kN/m
carico distribuito per verifica SLU	$f_d$	7,33 kN/m

Parametri geometrici

luce	$l$	1,43 m
limite freccia	$l/$	300 -

rigidezza flessionale richiesta per soddisfacimento limite di freccia  $(EJ)_{eff, req}$  1,12E+10 Nmm<sup>2</sup>

sagoma	$i$	1	2	
base	$b$	1000	1000	mm
altezza	$h$	30	30	mm
modulo elastico sagoma i-esima	$E_i$	11000	11000	N/mm <sup>2</sup>
peso di volume sagoma i-esima	$\gamma_i$	7,00	7,00	kN/m <sup>3</sup>

Calcolo rigidezza flessionale del sistema con connessione infinitamente deformabile

sagoma	$i$	1	2	
momento di inerzia sagoma i-esima	$J_i$	2250000	2250000	mm <sup>4</sup>
rigidezza flessionale sagoma i-esima	$EJ_i$	2,48E+10	2,48E+10	Nmm <sup>2</sup>

rigidezza flessionale sistema deformabile  $(EJ)_0$  4,95E+10 Nmm<sup>2</sup>

Calcolo rigidezza flessionale del sistema con connessione indeformabile

sagoma	$i$	1	2	
superficie sagoma i-esima	$A_i$	30000	30000	mm <sup>2</sup>
rigidezza assiale sagoma i-esima	$E_i A_i$	3,30E+08	3,30E+08	N

rigidezza assiale della sezione composta  $(EA)_0$  1,65E+08 N

spessore del padding (tavolato/isolamento)  $a_p$  0 mm

distanza tra i baricentri della sagoma 1 e della sagoma 2  $a$  30 mm

contributo alla rigidezza flessionale della connessione indeformabile  $(EA)_0 a$  1,49E+11 N mm<sup>2</sup>

rigidezza flessionale sistema indeformabile  $(EJ)_{inf}$  1,98E+11 N mm<sup>2</sup>

fattore di efficienza richiesto  $\eta_{req}$  -25,8%

Calcolo rigidezza flessionale del sistema con connessione deformabile

passo minimo dei connettori	$S_{min}$	176	mm
passo massimo dei connettori	$S_{max}$	176	mm
profondità di infissione connettori nel legno	$l_w$	30	mm
numero di connettori	$n$	1	-
passo equivalente connettori	$S_{eq}$	176	mm
modulo di scorrimento	$K_{ser}$	2246	N/mm
modulo di scorrimento per verifiche SLU	$K_u$	1497	N/mm
sagoma	$i$	1	2
fattore adimensionale SLU	$\gamma_i$	0,01	1,00
distanza baricentro globale - baricentro sagoma i-esima SLU	$a_i$	30	0
			mm
rigidezza efficace del sistema misto per verifiche SLU	$(EJ)_{ef}$	5,11E+10	N mm <sup>2</sup>
fattore di efficienza effettivo	$\eta$	1%	OK

Calcolo delle tensioni di progetto e verifica tensionale

momento flettente sollecitante di progetto	$M_{ED}$	1,87	kNm
taglio sollecitante di progetto	$V_{ED}$	5,24	kN

sagoma	$i$	1	2
tensione di progetto dovuta alla risultante normale sulla sagoma i-esima	$\sigma_i$	0,1	0,1
			N/mm <sup>2</sup>
tensione di progetto dovuta alla flessione sulla sagoma i-esima	$\sigma_{m,i}$	6,1	6,1
			N/mm <sup>2</sup>
tensione al lembo superiore sagoma i-esima	$\sigma_i + \sigma_{m,i}$	6,1	6,1
			N/mm <sup>2</sup>
tensione al lembo inferiore sagoma i-esima	$\sigma_i - \sigma_{m,i}$	-6,0	-6,0
			N/mm <sup>2</sup>
resistenza a trazione di verifica	$f_{t,0,i,d}$	11,2	11,20
			N/mm <sup>2</sup>
resistenza a compressione di verifica	$f_{c,0,i,d}$		-
resistenza a trazione per flessione di verifica	$f_{m,i,d}$	12,8	12,80
			N/mm <sup>2</sup>
rapporto di verifica	$\rho$	0,48	0,48
			-
verifica	$\rho < 1$	verificato	verificato

Calcolo dello sforzo di scorrimento sui connettori e verifica a rottura della connessione

sforzo di scorrimento su un connettore	$F_{Sd}$	0,95	kN
resistenza di progetto di un connettore	$F_{Rd}$	1,15	kN
rapporto	$F_{Sd}/F_{Rd}$	0,83	-
verifica	$F_{Sd}/F_{Rd} < 1$	verificato	

Verifiche di deformabilità allo SLE

sagoma	$i$	1	2
fattore adimensionale SLE	$\gamma_i$	0,01	1,00
rigidezza efficace del sistema misto per verifiche SLE	$(EJ)_{ef,ser}$	5,18E+10	
freccia istantanea - carichi permanenti	$u_g$	1,0	mm
			1/384
freccia istantanea - carichi variabili	$u_q$	0,1	mm
			1/384

coefficiente di combinazione carichi variabili	$\Psi_0$	0,2 -
freccia istantanea in condizione di carico rara/caratteristica	$u$	1,0 mm
rapporto con la luce di confronto	$l/l$	1402
limite freccia	$l/l$	300
verifica		verificato

### Verifica dei connettori

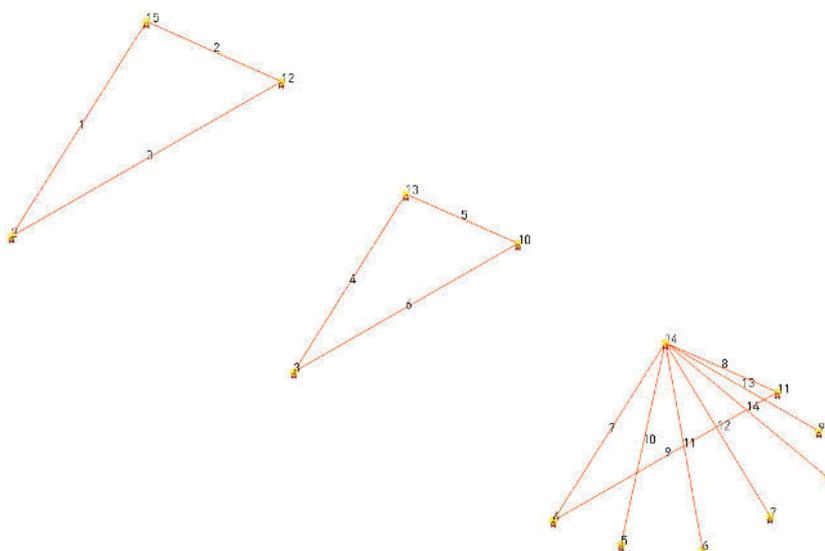
risultante su un chiodo	$F_{Sd}$	0,95 kN
resistenza di progetto di un chiodo	$F_{Rd}$	1,15 kN
rapporto	$F_{Sd}/F_{Rd}$	0,83
verifica	$F_{Sd}/F_{Rd} < 1$	verificato

## 8.3 VERIFICA DELLA NUOVA ORDITURA PRINCIPALE IN LEGNO

### Generalità

Gli elementi in legno che compongono le capriate e le travi di displuvio dell'abside esistenti vengono interamente sostituiti a causa della condizione di degrado in cui si trovano, mantenendo lo stesso posizionamento e gli stessi interassi della situazione *ante operam*. Le sezioni però vengono incrementate, perché risultano sottodimensionate anche per i nuovi carichi di progetto. Viene scelta una sezione 24x24 cm per le capriate della navata, 20x20 cm per quelle del presbiterio e 16x16 cm per le travi di displuvio; tutti gli elementi che compongono la copertura sono in legno massiccio classe C24 in accordo alla norma UNI EN 338:2016.

Sono stati realizzati tre modelli semplificati e indipendenti delle parti più significative ai fini della verifica della copertura in legno: la capriata posizionata nella navata a cui compete la larghezza tributaria maggiore (1,50 m), la capriata posizionata nel presbiterio a cui compete la larghezza tributaria maggiore (0,84 m) e la capriata all'estremità del presbiterio su cui sono collegati le travi di displuvio. Le strutture in questione sono state modellate e analizzate con l'ausilio del programma di calcolo strutturale SismiCAD v. 12.9.

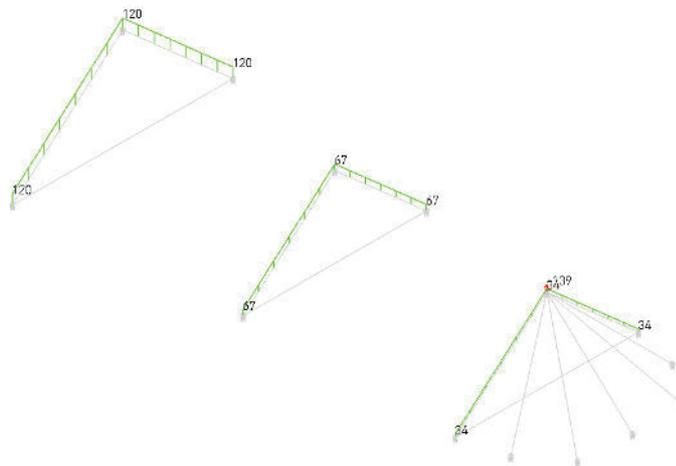


*Vista assometrica del modello agli elementi finiti – con numerazione dei nodi e delle aste*

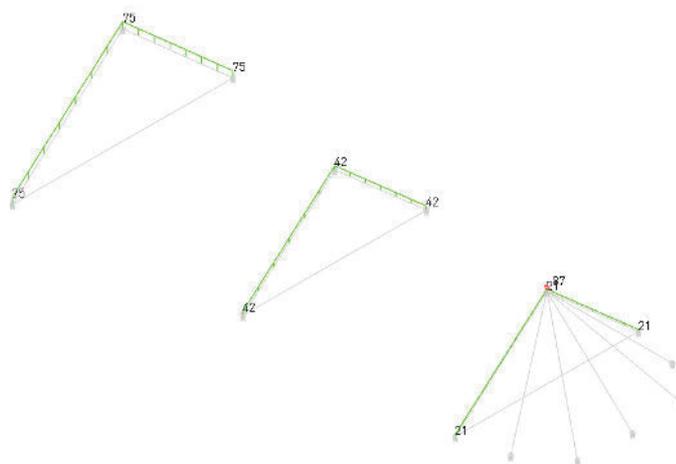
Le strutture sono analizzate mediante un'analisi statica lineare agli stati limite ultimo SLU e di esercizio SLE per quanto riguarda rispettivamente la resistenza e la freccia degli elementi in legno. Inoltre viene eseguita un'analisi statica lineare agli stati limite SLV applicando una forza statica equivalente distribuita sul puntone della capriata.

### Carichi applicati

*Carichi applicati in condizione Permanenti portati (valori in daN/m).*



*Carichi applicati in condizione Neve (valori in daN/m).*

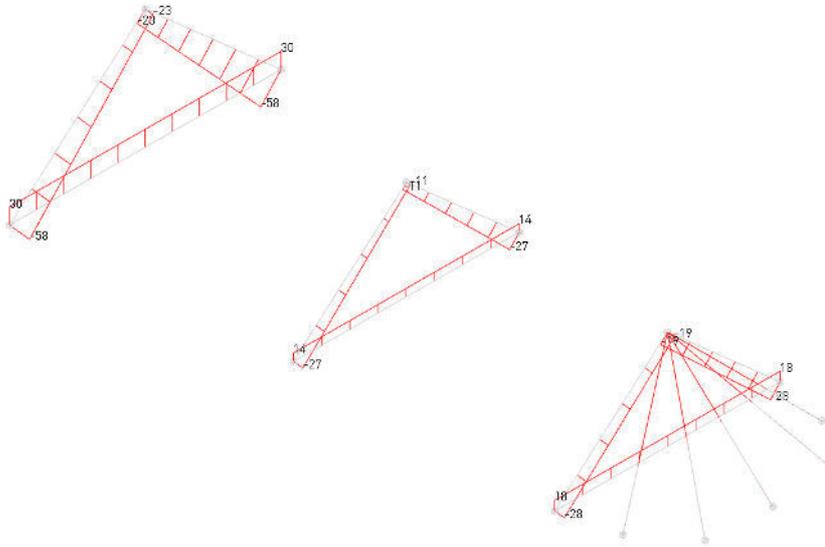


*Carichi applicati in condizione Variabile H (valori in daN/m).*

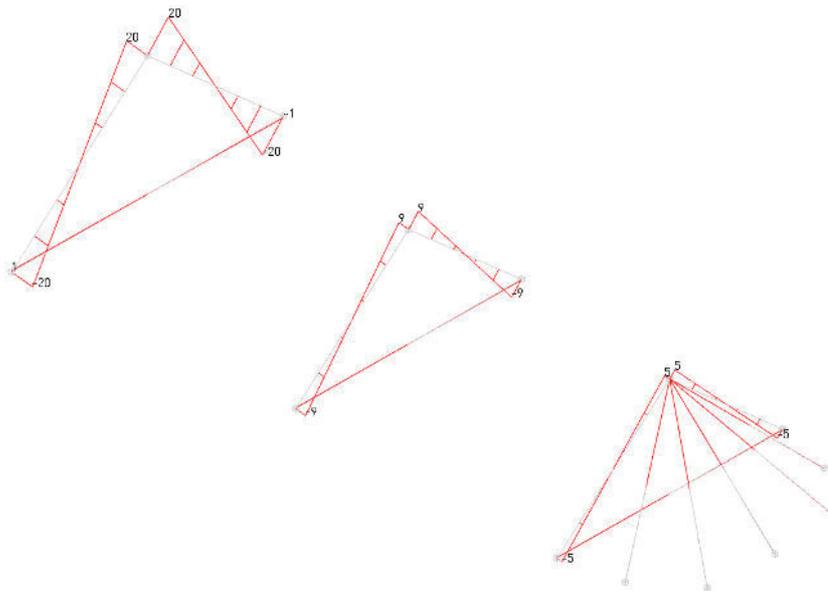
*Carichi applicati in condizione Sisma Y (valori in daN/m).*



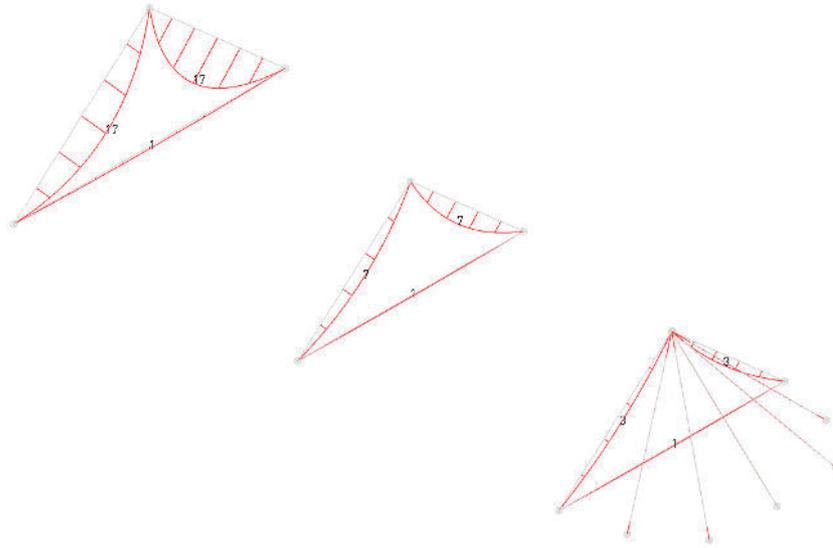
Sollecitazioni di progetto



*Inviluppo sollecitazioni aste F1 (N) (valori in kN).*



*Inviluppo sollecitazioni aste F2 (V) (valori in kN).*



Involuppo sollecitazioni aste M3 (valori in kNm)

## Verifiche strutturali

### Asta 1: puntone della capriata più sollecitata posizionata nella navata

Unita di misura: m, kN, deg, .C, s

Lunghezza = 3.478 m  
 Sezione: R 24x24  
 Materiale: Conifere e pioppo C24 EN 338.  
 Rapporto luce/freccia elastica limite = 300  
 Rapporto luce/freccia elastica differita = 200  
 Mensola Y: Nessuno  
 Mensola X: Nessuno

Classe di servizio Due

DM 14-01-08 Paragrafo 4.4.8.1.8: Pressoflessione  
 Sezione ad ascissa 1.739 m  
 Kmod = 0,60  
 Coefficiente parziale di sicurezza del materiale  $\gamma = 1,50$   
 $(Sc,0,d/fc,0,d)^2 + Sm,y,d/fm,y,d + Km*(Sm,z,d/fm,z,d) \leq 1$   
 $(Sc,0,d/fc,0,d)^2 + Km*(Sm,y,d/fm,y,d) + Sm,z,d/fm,z,d \leq 1$   
 $(607/8400)^2 + 6557/9600 + 0.7*0/9600 = 0.69 \leq 1$  [4.4.7a]  
 Combinazione:SLU, 13  
 Durata minima del carico nella combinazione: permanente  
 $Mx = -15.10632$  kN\*m  
 $My = 0$  kN\*m  
 $N = -34.991$  kN

DM 14-01-08 Paragrafo 4.4.8.1.9: Taglio  
 Sezione ad ascissa 3.362 m  
 Kmod = 0,60  
 Coefficiente parziale di sicurezza del materiale  $\gamma = 1,50$   
 $\tau_{v,d} \leq f_{v,d}$   
 $\sqrt{0^2 + 630^2} = 630 \leq 1600$   
 $k_{cr} = 0.67$   
 Combinazione:SLU, 13  
 Durata minima del carico nella combinazione: permanente  
 $Tx = 0$  kN  
 $Ty = -16.216$  kN

DM 14-01-08 Paragrafo 4.4.8.1.3: Verifica per compressione parallela alla fibratura  
 Sezione ad ascissa 0 m  
 Kmod = 0,60  
 Coefficiente parziale di sicurezza del materiale  $\gamma = 1,50$   
 $Sc,0,d \leq fc,0,d$   
 $|-875| \leq 8400$   
 Combinazione:SLU, 13  
 Durata minima del carico nella combinazione: permanente  
 $N = -50.427$  kN

EC5 Paragrafo EC5 2.2.3 (2): Verifica della freccia istantanea  
 Sezione ad ascissa 1.739 m  
 $K_{def} = 0$   
 $U_{inst}$  in x = 0 m  
 $U_{inst}$  in y = -0.0052 m  
 $U_{inst} = 0.0052$  m  
 $Luce/U_{inst} > \limite$   
 $3.478/0.0052 = 673.7 > 300$   
 Combinazione:SLE rara, 3

EC5 Paragrafo EC5 2.2.3 (3): Verifica della freccia finale  
 Sezione ad ascissa 1.739 m  
 $K_{def} = 0,80$   
 $U_{fin}$  in x = 0 m  
 $U_{fin}$  in y = -0.0088 m  
 $U_{fin} = 0.0088$  m  
 $Luce/U_{fin} > \limite$   
 $3.478/0.0088 = 397.5 > 200$   
 coefficienti combinatori impiegati:  
 Pesi strutturali = 1,000 + 0,800 = 1,800  
 Permanenti portati = 1,000 + 0,800 = 1,800  
 Neve = 0,500 + 0,000 = 0,500  
 Variabile H = 0,000 + 1,000 = 1,000

### Asta 3: catena della capriata più sollecitata posizionata nella navata

Unita di misura: m, kN, deg, .C, s

Lunghezza = 5.2 m  
 Sezione: R 24x24  
 Materiale: Conifere e pioppo C24 EN 338.  
 Rapporto luce/freccia elastica limite = 300  
 Rapporto luce/freccia elastica differita = 200  
 Mensola Y: Nessuno  
 Mensola X: Nessuno

Classe di servizio Due

DM 14-01-08 Paragrafo 4.4.8.1.7: Tensoflessione  
 Sezione ad ascissa 2.6 m  
 Kmod = 0,60  
 Coefficiente parziale di sicurezza del materiale gamma = 1,50  
 $(St,0,d/ft,0,d + Sm,y,d/fm,y,d + Km*(Sm,z,d/fm,z,d)) \leq 1$   
 $(St,0,d/ft,0,d + Km*(Sm,y,d/fm,y,d) + Sm,z,d/fm,z,d) \leq 1$   
 $454/5600+461/9600+0.7*0/9600=0.13 \leq 1$  [4.4.6a]  
 Combinazione:SLU, 13  
 Durata minima del carico nella combinazione: permanente  
 Mx = -1.063 kN\*m  
 My = 0 kN\*m  
 N = 26.158 kN

DM 14-01-08 Paragrafo 4.4.8.1.1: Trazione parallela alla fibratura  
 Sezione ad ascissa 5.2 m  
 Kmod = 0,60  
 Coefficiente parziale di sicurezza del materiale gamma = 1,50  
 $St,0,d \leq ft,0,d$   
 $454 \leq 5600$   
 Combinazione:SLU, 13  
 Durata minima del carico nella combinazione: permanente  
 N = 26.158 kN

DM 14-01-08 Paragrafo 4.4.8.1.9: Taglio  
 Sezione ad ascissa 5.027 m  
 Kmod = 0,60  
 Coefficiente parziale di sicurezza del materiale gamma = 1,50  
 $\tau_{v,d} \leq f_{v,d}$   
 $\sqrt{(0^2+30^2)} = 30 \leq 1600$   
 kcr = 0.67  
 Combinazione:SLU, 13  
 Durata minima del carico nella combinazione: permanente  
 Tx = 0 kN  
 Ty = -0.763 kN

ECS Paragrafo ECS 2.2.3 (2): Verifica della freccia istantanea  
 Sezione ad ascissa 2.6 m  
 Kdef = 0  
 Uinst in x = 0 m  
 Uinst in y = -0.0008 m  
 Uinst = 0.0008 m  
 Luce/Uinst > limite  
 $5.2/0.0008=6661.2 > 300$   
 Combinazione:SLE rara, 4

ECS Paragrafo ECS 2.2.3 (3): Verifica della freccia finale  
 Sezione ad ascissa 2.6 m  
 Kdef = 0,80  
 Ufin in x = 0 m  
 Ufin in y = -0.0014 m  
 Ufin = 0.0014 m  
 Luce/Ufin > limite  
 $5.2/0.0014=3700.7 > 200$   
 Condizione base per ricombinare la freccia: Pesi strutturali  
 Combinazione:SLE quasi permanente, 1 + incrementi viscosi  
 coefficienti combinatori impiegati:  
 Pesi strutturali = 1,000 + 0,800 = 1,800  
 Permanenti portati = 1,000 + 0,800 = 1,800

### Asta 4: puntone della capriata più sollecitata posizionata nel presbiterio

Unita di misura: m, kN, deg, .C, s

Lunghezza = 2.883 m  
 Sezione: R 20x20  
 Materiale: Conifere e pioppo C24 EN 338.  
 Rapporto luce/freccia elastica limite = 300  
 Rapporto luce/freccia elastica differita = 200  
 Mensola Y: Nessuno  
 Mensola X: Nessuno

Classe di servizio Due

DM 14-01-08 Paragrafo 4.4.8.1.8: Pressoflessione  
 Sezione ad ascissa 1.442 m  
 Kmod = 0,60  
 Coefficiente parziale di sicurezza del materiale gamma = 1,50  
 $(Sc,0,d/ft,0,d)^2 + Sm,y,d/fm,y,d + Km*(Sm,z,d/fm,z,d) \leq 1$   
 $(Sc,0,d/ft,0,d)^2 + Km*(Sm,y,d/fm,y,d) + Sm,z,d/fm,z,d \leq 1$   
 $(409/8400)^2+4393/9600+0.7*0/9600=0.46 \leq 1$  [4.4.7a]  
 Combinazione:SLU, 13  
 Durata minima del carico nella combinazione: permanente  
 Mx = -5.857 kN\*m  
 My = 0 kN\*m  
 N = -16.374 kN

DM 14-01-08 Paragrafo 4.4.8.1.9: Taglio  
 Sezione ad ascissa 2.787 m  
 Kmod = 0,60  
 Coefficiente parziale di sicurezza del materiale gamma = 1,50  
 $\tau_{v,d} \leq f_{v,d}$   
 $\sqrt{(0^2+424^2)} = 424 \leq 1600$   
 kcr = 0.67  
 Combinazione:SLU, 13  
 Durata minima del carico nella combinazione: permanente  
 Tx = 0 kN  
 Ty = -7.584 kN

DM 14-01-08 Paragrafo 4.4.8.1.3: Verifica per compressione parallela alla fibratura  
 Sezione ad ascissa 0 m  
 Kmod = 0,60  
 Coefficiente parziale di sicurezza del materiale gamma = 1,50

Sc,0,d <= fc,0,d  
 |-589| <= 8400  
 Combinazione:SLU, 13  
 Durata minima del carico nella combinazione: permanente  
 N = -23.558 kN

EC5 Paragrafo EC5 2.2.3 (2): Verifica della freccia istantanea  
 Sezione ad ascissa 1.442 m  
 Kdef = 0  
 Uinst in x = 0 m  
 Uinst in y = -0.0029 m  
 Uinst = 0.0029 m  
 Luce/Uinst > limite  
 2.883/0.0029=1010.2 > 300  
 Combinazione:SLE rara, 3

EC5 Paragrafo EC5 2.2.3 (3): Verifica della freccia finale  
 Sezione ad ascissa 1.442 m  
 Kdef = 0,80  
 Ufin in x = 0 m  
 Ufin in y = -0.0048 m  
 Ufin = 0.0048 m  
 Luce/Ufin > limite  
 2.883/0.0048=595.7 > 200  
 coefficienti combinatori impiegati:  
 Pesi strutturali = 1,000 + 0,800 = 1,800  
 Permanenti portati = 1,000 + 0,800 = 1,800  
 Neve = 0,500 + 0,000 = 0,500  
 Variabile H = 0,000 + 1,000 = 1,000

**Asta 9: catena della capriata più sollecitata posizionata nel presbitero**

Unita di misura: m, kN, deg, .C, s

Lunghezza = 4.32 m  
 Sezione: R 20x20  
 Materiale: Conifere e pioppo C24 EN 338.  
 Rapporto luce/freccia elastica limite = 300  
 Rapporto luce/freccia elastica differita = 200  
 Mensola Y: Nessuno  
 Mensola X: Nessuno

Classe di servizio Due

DM 14-01-08 Paragrafo 4.4.8.1.7: Tensoflessione  
 Sezione ad ascissa 2.16 m  
 Kmod = 0,60  
 Coefficiente parziale di sicurezza del materiale gamma = 1,50  
 $St,0,d/ft,0,d + Sm,y,d/fm,y,d + Km*(Sm,z,d/fm,z,d) <= 1$   
 $St,0,d/ft,0,d + Km*(Sm,y,d/fm,y,d) + Sm,z,d/fm,z,d <= 1$   
 386/5600+382/9600+0.7\*0/9600=0.11 <= 1 [4.4.6a]  
 Combinazione:SLU, 13  
 Durata minima del carico nella combinazione: permanente  
 Mx = -0.50948 kN\*m  
 My = 0 kN\*m  
 N = 15.436 kN

DM 14-01-08 Paragrafo 4.4.8.1.1: Trazione parallela alla fibratura  
 Sezione ad ascissa 4.32 m  
 Kmod = 0,60  
 Coefficiente parziale di sicurezza del materiale gamma = 1,50  
 $St,0,d <= ft,0,d$   
 386 <= 5600  
 Combinazione:SLU, 13  
 Durata minima del carico nella combinazione: permanente  
 N = 15.436 kN

DM 14-01-08 Paragrafo 4.4.8.1.9: Taglio  
 Sezione ad ascissa 4.176 m  
 Kmod = 0,60  
 Coefficiente parziale di sicurezza del materiale gamma = 1,50  
 $\tau_{v,d} <= f_{v,d}$   
 $\sqrt{0^2+25^2} = 25 <= 1600$   
 kcr = 0.67  
 Combinazione:SLU, 13  
 Durata minima del carico nella combinazione: permanente  
 Tx = 0 kN  
 Ty = -0.44 kN

EC5 Paragrafo EC5 2.2.3 (2): Verifica della freccia istantanea  
 Sezione ad ascissa 2.16 m  
 Kdef = 0  
 Uinst in x = 0 m  
 Uinst in y = -0.0005 m  
 Uinst = 0.0005 m  
 Luce/Uinst > limite  
 4.32/0.0005=8066.1 > 300  
 Combinazione:SLE rara, 4

EC5 Paragrafo EC5 2.2.3 (3): Verifica della freccia finale  
 Sezione ad ascissa 2.16 m  
 Kdef = 0,80  
 Ufin in x = 0 m  
 Ufin in y = -0.001 m  
 Ufin = 0.001 m  
 Luce/Ufin > limite  
 4.32/0.001=4481.2 > 200  
 Condizione base per ricombinare la freccia: Pesi strutturali  
 Combinazione:SLE quasi permanente, 1 + incrementi viscosi  
 coefficienti combinatori impiegati:  
 Pesi strutturali = 1,000 + 0,800 = 1,800  
 Permanenti portati = 1,000 + 0,800 = 1,800

**Verifica del giunto a dente doppio della capriata 24x24 tra puntone e catena**

**Analisi dei carichi agenti sulla capriata**

reazione alla base della trave di colmo	F	0 kN
angolo tra puntone e catena	$\alpha$	42,2 °
sforzio normale (compressione) sul puntone	N <sub>p</sub>	58,07 kN

sforzo normale (trazione) sulla catena  $N_c$  30,12 kN

Calcolo delle sollecitazioni per il giunto a dente doppio

lunghezza del dente interno  $d_2$  0,081 m  
 base delle sezioni  $b$  0,24 m  
 altezza delle sezioni  $h$  0,24 m  
 lunghezza di influenza R1  $L_1$  0,159 m  
 lunghezza di influenza R2  $L_2$  0,081 m  
 forza agente sul dente esterno  $R_1$  38,47 kN  
 forza agente sul dente interno  $R_2$  19,60 kN

Caratteristiche dei materiali

qualità legno C24  
 tipo legno massiccio  
 coefficiente di sicurezza  $\gamma_M$  1,5 -  
 classe di servizio 2 -  
 classe di durata del carico media -  
 coefficiente correttivo per durata del carico  $k_{mod}$  0,8 -  
 resistenza a compressione caratteristica  $f_{c,0,k}$  21,0 N/mm<sup>2</sup>  
 resistenza a compressione caratteristica  $f_{c,90,k}$  2,5 N/mm<sup>2</sup>  
 resistenza a taglio caratteristica  $f_{v,k}$  2,5 N/mm<sup>2</sup>  
 resistenza a trazione caratteristica  $f_{t,0,k}$  14,0 N/mm<sup>2</sup>  
 resistenza a compressione di progetto  $f_{c,0,d}$  11,2 N/mm<sup>2</sup>  
 resistenza a compressione di progetto  $f_{c,90,d}$  1,3 N/mm<sup>2</sup>

Verifica giunto: dente esterno (1)

forza sollecitante di progetto  $R_1$  38,47 kN  
 angolo dell'intaglio sul puntone  $\beta$  10,2 °  
 $F_1$  33,22 kN  
 $F_2$  14,10 kN  
 profondità dell'intaglio sulla catena  $t_1$  0,04 m  
 lunghezza tallone - tacco su catena  $v_1$  0,16 m  
 zona di verifica nella parte posteriore del dente  $d_1$  0,05 m  
 tensione tangenziale sulla superficie di scalzamento del tallone  $\tau_d$  1,11 N/mm<sup>2</sup>  
 tensione di confronto  $f_{v,d}$  1,33 N/mm<sup>2</sup>  
 rapporto  $f_{v,d}/\tau_d$  1,20  
 verifica  $f_{v,d}/\tau_d > 1$  verificato  
 tensione di compressione sulla testa del dente frontale  $\sigma_{c,d}$  3,49 N/mm<sup>2</sup>  
 tensione di confronto  $f_{c,\alpha/2,d}$  5,72 N/mm<sup>2</sup>  
 rapporto  $f_{c,\alpha/2,d}/\sigma_{c,d}$  1,64  
 verifica  $f_{c,\alpha/2,d}/\sigma_{c,d} > 1$  verificato  
 tensione di compressione nella parte posteriore del dente  $\sigma_{c,d}$  1,30 N/mm<sup>2</sup>

tensione di confronto	$f_{c,90-\beta,d}$	1,37 N/mm <sup>2</sup>
rapporto $f_{c,90-\beta,d}/\sigma_{c,d}$		1,05
verifica $f_{c,90-\beta,d}/\sigma_{c,d} > 1$		verificato

Verifica giunto: dente interno (2)

forza sollecitante di progetto	$R_2$	19,60 kN
profondità dell'intaglio sulla catena	$t_2$	0,06 m
lunghezza tallone - tacco su catena	$v_2$	0,451 m
zona di verifica nella parte posteriore del dente	$d_2$	0,08 m

tensione tangenziale sulla superficie di scalzamento del tallone	$\tau_d$	0,59 N/mm <sup>2</sup>
tensione di confronto	$f_{v,d}$	1,33 N/mm <sup>2</sup>
rapporto $f_{v,d}/\tau_d$		2,25
verifica $f_{v,d}/\tau_d > 1$		verificato

tensione di compressione sulla testa del dente frontale	$\sigma_{c,d}$	1,01 N/mm <sup>2</sup>
tensione di confronto	$f_{c,\alpha/2,d}$	2,58 N/mm <sup>2</sup>
rapporto $f_{c,\alpha/2,d}/\sigma_{c,d}$		2,56
verifica $f_{c,\alpha/2,d}/\sigma_{c,d} > 1$		verificato

Verifica del giunto a dente doppio della capriata 20x20 tra puntone e catena

Analisi dei carichi agenti sulla capriata

reazione alla base della trave di colmo	$F$	0 kN
angolo tra puntone e catena	$\alpha$	42,2 °
sforzo normale (compressione) sul puntone	$N_p$	27,91 kN
sforzo normale (trazione) sulla catena	$N_c$	17,68 kN

Calcolo delle sollecitazioni per il giunto a dente doppio

lunghezza del dente interno	$d_2$	0,081 m
base delle sezioni	$b$	0,2 m
altezza delle sezioni	$h$	0,2 m
lunghezza di influenza R1	$L_1$	0,119 m
lunghezza di influenza R2	$L_2$	0,081 m
forza agente sul dente esterno	$R_1$	16,61 kN
forza agente sul dente interno	$R_2$	11,30 kN

Caratteristiche dei materiali

qualità legno		C24
tipo legno		massiccio
coefficiente di sicurezza	$\gamma_M$	1,5 -
classe di servizio		2 -
classe di durata del carico		media -
coefficiente correttivo per durata del carico	$k_{mod}$	0,8 -

resistenza a compressione caratteristica	$f_{c,0,k}$	21,0 N/mm <sup>2</sup>
resistenza a compressione caratteristica	$f_{c,90,k}$	2,5 N/mm <sup>2</sup>
resistenza a taglio caratteristica	$f_{v,k}$	2,5 N/mm <sup>2</sup>
resistenza a trazione caratteristica	$f_{t,0,k}$	14,0 N/mm <sup>2</sup>
resistenza a compressione di progetto	$f_{c,0,d}$	11,2 N/mm <sup>2</sup>
resistenza a compressione di progetto	$f_{c,90,d}$	1,3 N/mm <sup>2</sup>

Verifica giunto: dente esterno (1)

forza sollecitante di progetto	$R_1$	16,61 kN
angolo dell'intaglio sul puntone	$\beta$	13,87 °
	$F_1$	14,73 kN
	$F_2$	6,03 kN
profondità dell'intaglio sulla catena	$t_1$	0,04 m
lunghezza tallone - tacco su catena	$v_1$	0,16 m
zona di verifica nella parte posteriore del dente	$d_1$	0,03 m
tensione tangenziale sulla superficie di scalzamento del tallone	$\tau_d$	0,57 N/mm <sup>2</sup>
tensione di confronto	$f_{v,d}$	1,33 N/mm <sup>2</sup>
rapporto $f_{v,d}/\tau_d$		2,32
verifica $f_{v,d}/\tau_d > 1$		verificato
tensione di compressione sulla testa del dente frontale	$\sigma_{c,d}$	1,81 N/mm <sup>2</sup>
tensione di confronto	$f_{c,\alpha/2,d}$	5,72 N/mm <sup>2</sup>
rapporto $f_{c,\alpha/2,d}/\sigma_{c,d}$		3,16
verifica $f_{c,\alpha/2,d}/\sigma_{c,d} > 1$		verificato
tensione di compressione nella parte posteriore del dente	$\sigma_{c,d}$	0,90 N/mm <sup>2</sup>
tensione di confronto	$f_{c,90-\beta,d}$	1,40 N/mm <sup>2</sup>
rapporto $f_{c,90-\beta,d}/\sigma_{c,d}$		1,56
verifica $f_{c,90-\beta,d}/\sigma_{c,d} > 1$		verificato

Verifica giunto: dente interno (2)

forza sollecitante di progetto	$R_2$	11,30 kN
profondità dell'intaglio sulla catena	$t_2$	0,06 m
lunghezza tallone - tacco su catena	$v_2$	0,376 m
zona di verifica nella parte posteriore del dente	$d_2$	0,08 m
tensione tangenziale sulla superficie di scalzamento del tallone	$\tau_d$	0,41 N/mm <sup>2</sup>
tensione di confronto	$f_{v,d}$	1,33 N/mm <sup>2</sup>
rapporto $f_{v,d}/\tau_d$		3,25
verifica $f_{v,d}/\tau_d > 1$		verificato
tensione di compressione sulla testa del dente frontale	$\sigma_{c,d}$	0,70 N/mm <sup>2</sup>
tensione di confronto	$f_{c,\alpha/2,d}$	2,58 N/mm <sup>2</sup>
rapporto $f_{c,\alpha/2,d}/\sigma_{c,d}$		3,70
verifica $f_{c,\alpha/2,d}/\sigma_{c,d} > 1$		verificato

## 9. DETERMINAZIONE DEGLI INDICATORI DI RISCHIO ANTE OPERAM

### 9.1 GENERALITÀ

In questo capitolo vengono calcolati gli indicatori di rischio associati ai rispettivi meccanismi di collasso in edifici esistenti in muratura ipotizzabili per la struttura nella situazione *ante operam*.

Si considerano solo i meccanismi ritenuti significativi per la costruzione, che vengono ipotizzati sulla base della conoscenza del comportamento sismico di strutture analoghe, già danneggiate dal terremoto. Sono stati esaminati meccanismi locali dovuti prevalentemente ad azioni perpendicolari al piano delle pareti più critiche, come la torre campanaria e la parete laterale della navata:

- meccanismo locale 1, analisi cinematica lineare: ribaltamento semplice fuori piano della torre campanaria per la parte non solidale alla facciata della chiesa;
- meccanismo locale 2, analisi cinematica lineare: ribaltamento semplice fuori piano della parete laterale della navata;
- meccanismo locale 3, analisi cinematica lineare: flessione fuori piano orizzontale della parete laterale della navata non efficacemente confinata;

Infine si considera il meccanismo di tipo globale determinato con l'analisi pushover:

- meccanismo globale, analisi statica non lineare.

### 9.2 MECCANISMI LOCALI

I meccanismi locali 1, 2 e 3 vengono analizzati con un'analisi cinematica lineare, tramite il foglio di calcolo C.I.N.E. v. 1.0.4, prodotto dal Consorzio ReLUIS. Per ogni possibile meccanismo locale ritenuto significativo per l'edificio, il metodo si articola nei seguenti passi:

- trasformazione di una parte di costruzione in un sistema labile (catena cinematica) attraverso l'individuazione di corpi rigidi, definiti da piani di frattura ipotizzabili per la scarsa resistenza a trazione della muratura, in grado di ruotare o scorrere tra loro;
- valutazione del moltiplicatore orizzontale dei carichi  $\alpha_0$  che comporta l'attivazione del meccanismo tramite il Principio dei Lavori Virtuali;
- determinazione dell'accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo e verifica che essa sia superiore all'accelerazione di picco della domanda sismica.

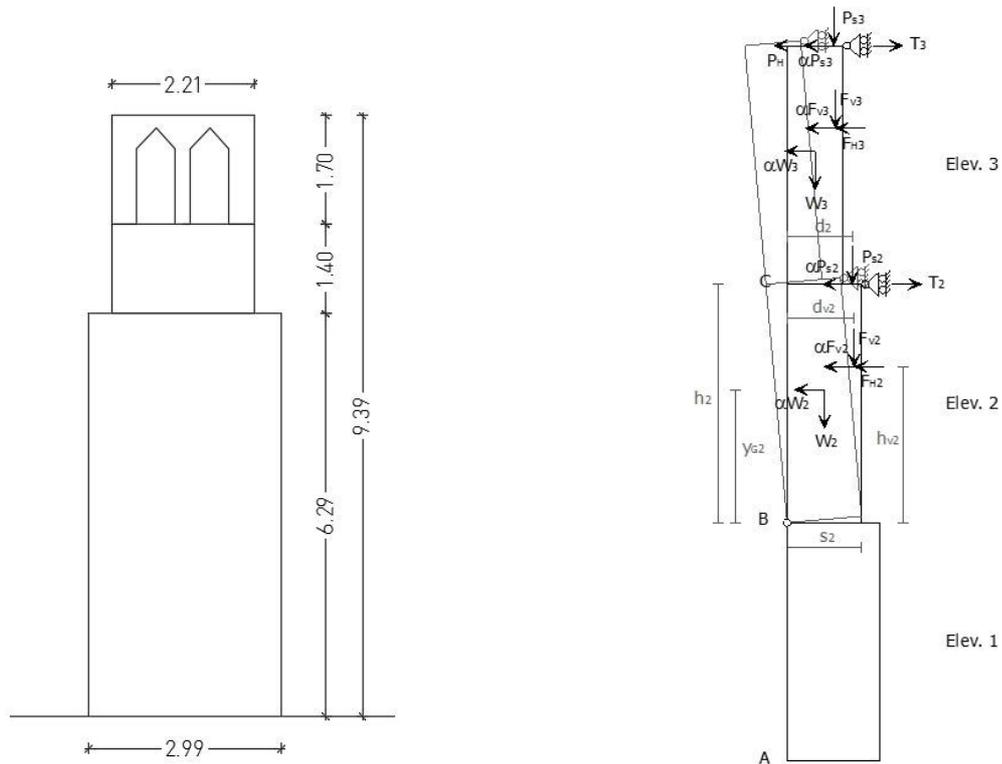
#### Meccanismo locale 1

Il meccanismo locale 1 riguarda il ribaltamento semplice fuori piano della torre campanaria per la parte non solidale alla facciata della chiesa.

L'analisi cinematica lineare è stata effettuata modellando la torre per la sua intera estensione, come se fosse composta da 3 pareti distinte: la prima di dimensioni 2,99x6,29x1,04 m consiste nella parte solidale alla facciata della chiesa, la seconda di dimensioni 2,21x1,40x1,04 m consiste nella parete piena sovrastante e la terza di dimensioni 2,21x1,70x1,04 m consiste nella parete di sommità indebolita dai fori di alloggiamento delle campane.

La parete 1 è stata computata nel calcolo solo per tenere conto della quota a cui si trovano le pareti sovrastanti in modo da distribuire correttamente l'accelerazione sismica in esse. Per questa parete non si considera possibile la formazione del meccanismo di ribaltamento, perché risulta solidale alla facciata della chiesa, mentre per le altre due si ritiene possibile la formazione di due cerniere al loro piede.

I carichi agenti sulle pareti sono dati solamente dal loro peso proprio.



Modello geometrico e schema di calcolo della torre campanaria per il meccanismo locale 1.

Caratterizzazione geometrica dei macroelementi e carichi agenti

Elevazione	Spessore della parete al piano i-esimo $s_i$ [m]	Altezza di interpiano al piano i-esimo $h_i$ [m]	Quota del baricentro della parete al piano i-esimo $y_{Gi}$ [m]	Peso proprio della parete al piano i-esimo $W_i$ [kN]
1	1,04	6,29	3,15	140,7
2	1,04	1,40	0,70	67,6
3	1,04	1,70	0,98	46,0

Ribaltamento delle elevazioni:	Momento delle azioni stabilizzanti Peso proprio delle pareti [kNm]	Momento delle azioni ribaltanti Inerzia delle pareti [kNm]
3 - 2 - 1	132,3	1314,2
3 - 2	59,1	156,9
3	23,9	45,1

## Calcolo del moltiplicatore di collasso e dell'accelerazione spettrale di innesco del cinematismo

Ribaltamento delle elevazioni:	Valore di $\alpha_0$	Fattore di Confidenza FC	Massa partecipante $M^*$	Frazione massa partecipante $e^*$	Accelerazione spettrale $a_0^*$ [m/sec <sup>2</sup> ]
3 - 2 - 1	0,101		21,590	0,833	0,878
3 - 2	0,377	1,35	8,537	0,737	3,714
3	0,531		4,692	1,000	3,856

## Parametri di calcolo

Fattore di struttura $q$	2,00
Coefficiente di amplificazione topografica $S_T$	1,00
Categoria suolo di fondazione	A
PGA di riferimento $a_g(P_{VR})$ [g] (Domanda)	0,148
Fattore di amplificazione massima dello spettro $F_0$	2,516
Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro $T_C^*$ [sec]	0,331
Fattore di smorzamento $\eta$	1,000
Altezza della struttura $H$ [m]	9,390
Coefficiente di amplificazione stratigrafica $S_S$	1,000
Coefficiente $C_C$	1,000
Fattore di amplificazione locale del suolo di fondazione $S$	1,000
Numero di piani dell'edificio $N$	3
Coefficiente di partecipazione modale $\gamma$	1,286
Primo periodo di vibrazione dell'intera struttura $T_1$ [sec]	0,268

## Accelerazione di attivazione del meccanismo (Capacità)

Ribaltamento delle elevazioni:	Baricentro delle linee di vincolo $Z$ [m]	$\psi(Z) = Z/H$	$a_{g(SLV)}$ min(C8DA.4.9; C8A.4.10)
3 - 2 - 1	-	-	(0,179)
3 - 2	6,29	0,670	0,349
3	7,69	0,819	0,297

 Indicatore di rischio PGA  
*ante operam*

Ribaltamento delle elevazioni:	Rapporto $a_g$ (capacità / domanda)
3 - 2 - 1	(1,210)
3 - 2	2,361
3	2,005

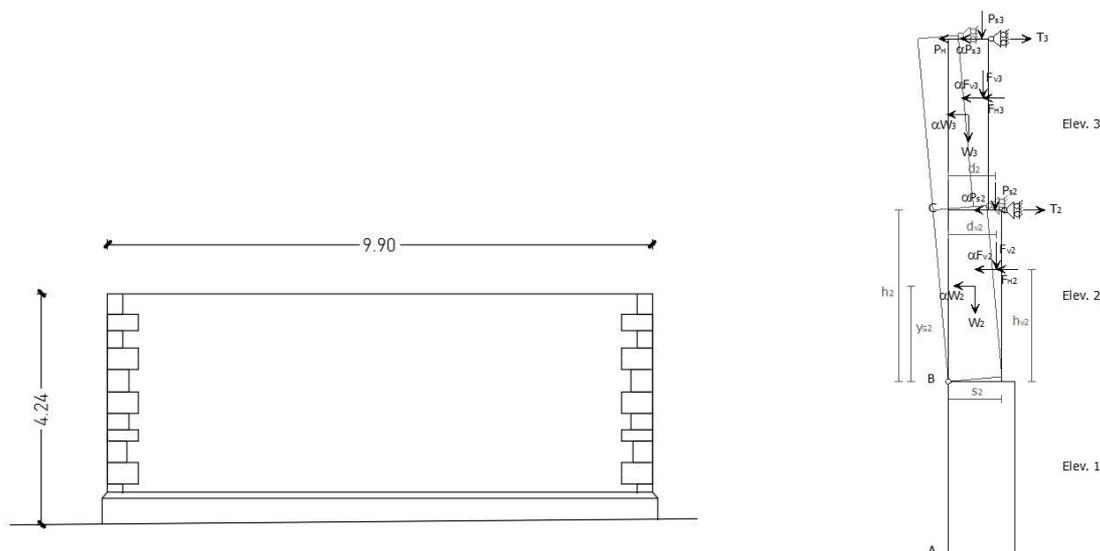
L'indicatore di rischio per il ribaltamento delle elevazioni 3 – 2 – 1 viene riportato solo per completezza ma non è significativo al fine della valutazione del rischio per i motivi espressi precedentemente.

L'indicatore di rischio minimo per il ribaltamento semplice fuori piano della torre campanaria è pari a 2,005.

### Meccanismo locale 2

Il meccanismo locale 2 riguarda il ribaltamento semplice fuori piano della parete laterale della navata. L'analisi cinematica lineare è stata effettuata allo stesso modo del meccanismo locale 1 considerando solamente un'unica parete di dimensioni 9,90x4,24x1,04 m, ipotizzando la formazione della cerniera al piede della stessa.

I carichi agenti sulle pareti sono dati dal loro peso proprio e dal carico trasmesso dalle capriate sulla porzione di muratura coinvolta dall'analisi.



Modello geometrico e schema di calcolo della parete laterale della navata per il meccanismo locale 2.

#### Caratterizzazione geometrica dei macroelementi e carichi agenti

Elevazione	Spessore della parete al piano i-esimo $s_i$ [m]	Altezza di interpiano al piano i-esimo $h_i$ [m]	Braccio orizzontale del carico del solaio al piano i-esimo rispetto alla cerniera cilindrica $d_{vi}$ [m]	Quota del baricentro della parete al piano i-esimo $y_{Gi}$ [m]	Peso proprio della parete al piano i-esimo $W_i$ [kN]	Carico trasmesso dal solaio al piano i-esimo $P_{Si}$ [kN]
1	0,60	4,23	0,30	2,12	527,70	357,00

	Momento delle azioni stabilizzanti		Momento delle azioni ribaltanti	
Ribaltamento delle elevazioni:	Peso proprio delle pareti [kNm]	Carico dei solai [kNm]	Inerzia delle pareti [kNm]	Inerzia dei solai [kNm]
1	158,3	107,1	1116,0	1510,1

#### Calcolo del moltiplicatore di collasso e dell'accelerazione spettrale di innesco del cinematisimo

Ribaltamento delle elevazioni:	Valore di $\alpha_0$	Fattore di Confidenza FC	Massa partecipante $M^*$	Frazione massa partecipante $e^*$	Accelerazione spettrale $a_0^*$ [m/sec <sup>2</sup> ]
1	0,101	1,35	80,360	0,891	0,824

## Parametri di calcolo

Fattore di struttura $q$	2,00
Coefficiente di amplificazione topografica $S_T$	1,00
Categoria suolo di fondazione	A
PGA di riferimento $a_g(P_{VR})$ [g] (Domanda)	0,148
Fattore di amplificazione massima dello spettro $F_0$	2,516
Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro $T_C^*$ [sec]	0,331
Fattore di smorzamento $\eta$	1,000
Altezza della struttura $H$ [m]	4,230
Coefficiente di amplificazione stratigrafica $S_S$	1,000
Coefficiente $C_c$	1,000
Fattore di amplificazione locale del suolo di fondazione $S$	1,000
Numero di piani dell'edificio $N$	1
Coefficiente di partecipazione modale $\gamma$	1,000
Primo periodo di vibrazione dell'intera struttura $T_1$ [sec]	0,147

## Accelerazione di attivazione del meccanismo (Capacità)

Ribaltamento delle elevazioni:	Baricentro delle linee di vincolo $Z$ [m]	$\psi(Z) = Z/H$	$a_{g(SLV)}$ min(C8DA.4.9; C8A.4.10)
1	-	-	0,168

 Indicatore di rischio PGA  
*ante operam*

Ribaltamento delle elevazioni:	Rapporto $a_g$ (capacità / domanda)
1	1,135

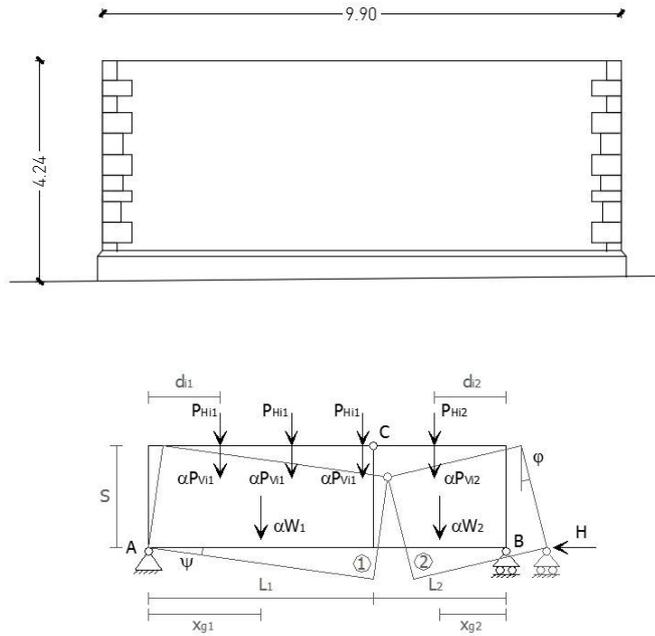
L'indicatore di rischio minimo per il ribaltamento semplice fuori piano della parete laterale della navata è pari a 1,135.

### Meccanismo locale 3

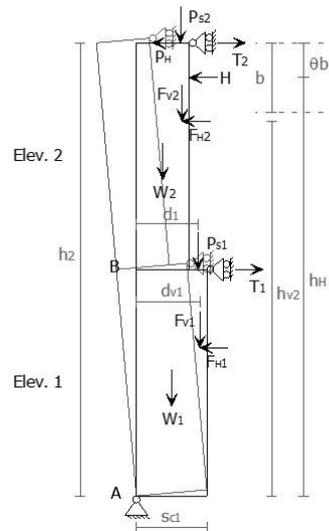
Il meccanismo locale 3 riguarda la flessione fuori piano orizzontale della parete laterale della navata vincolata alle pareti di controvento e non efficacemente confinata nei riguardi di spostamenti nel piano. L'analisi cinematica lineare è stata effettuata sulla medesima parete del meccanismo locale 2 considerando però il meccanismo possibile di apertura della parete fuori piano, che viene contrastato dalla spinta dell'effetto arco orizzontale dovuto alla parete di controvento di minore inerzia. Essa corrisponde alla parete di divisione tra l'abside e la navata di dimensioni 4,91x4,23x0,40 m; tale volume è opportunamente ridotto per tenere conto della presenza dell'arco.

Si valuta il posizionamento della cerniera sulla parete in modo tale da minimizzare il moltiplicatore dei carichi di collasso  $\alpha_0$ .

I carichi agenti sulle pareti sono dati dal loro peso proprio e dal carico trasmesso dalle capriate sulla porzione di muratura coinvolta dall'analisi, trasformato in carico uniformemente distribuito. La parete del controvento è soggetta solo al peso proprio.



Modello geometrico e schema di calcolo della parete laterale della navata per il meccanismo locale 3.



Schema di calcolo della parete di controvento per il meccanismo locale 3.

Caratterizzazione geometrica dei macroelementi e carichi agenti

Spessore della parete $s$ [m]	Lunghezza della parete (distanza tra le pareti di controvento) $L$ [m]	Altezza della fascia muraria interessata dal cinematismo $b$ [m]	Peso specifico della muratura $g_i$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Carico uniformemente distribuito in testa alla parete $P_v$ [kN/m]
0,60	9,90	4,23	21,00	36,10

Caratterizzazione geometrica della parete di controvento e carichi agenti

Spessore della parete di controvento $s$ [m]	Quota del punto di applicazione della spinta dovuta all'effetto arco orizzontale sulla parete di controvento rispetto alla base $h_H$ [m]	Peso proprio della parete al piano i-esimo $W_i$ [kN]	Valore massimo della reazione alla spinta dell'effetto arco orizzontale, sopportabile dalla parete di controvento $H$ [kN]
0,40	4,23	128,00	6,10

Calcolo del moltiplicatore di collasso e dell'accelerazione spettrale di innesco del cinematisimo

Valore minimo assunto da $\alpha_0$	Valore di $L_1$ per $\alpha_0$ minimo [m]	Fattore di Confidenza FC	Massa partecipante $M^*$	Frazione massa partecipante $e^*$	Accelerazione spettrale $a_0^*$ [m/sec <sup>2</sup> ]
0,003	4,95	1,35	90,178	1,000	0,024

Parametri di calcolo

Fattore di struttura $q$	2,00
Coefficiente di amplificazione topografica $S_T$	1,00
Categoria suolo di fondazione	A
PGA di riferimento $a_g(P_{VR})$ [g] (Domanda)	0,148
Fattore di amplificazione massima dello spettro $F_0$	2,516
Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro $T_C^*$ [sec]	0,331
Fattore di smorzamento $\eta$	1,000
Altezza della struttura $H$ [m]	4,230
Coefficiente di amplificazione stratigrafica $S_S$	1,000
Coefficiente $C_c$	1,000
Fattore di amplificazione locale del suolo di fondazione $S$	1,000
Numero di piani dell'edificio $N$	1
Coefficiente di partecipazione modale $\gamma$	1,000
Primo periodo di vibrazione dell'intera struttura $T_1$ [sec]	0,147

Accelerazione di attivazione del meccanismo (Capacità)

Flessione orizzontale di fascia muraria continua	Baricentro delle linee di vincolo $Z$ [m]	$\psi(Z) = Z/H$	$a_{g(SLV)}$ min(C8DA.4.9; C8A.4.10)
1	-	-	0,005

Indicatore di rischio PGA  
*ante operam*

Flessione orizzontale di fascia muraria continua:	Rapporto $a_g$ (capacità / domanda)
1	0,033

L'indicatore di rischio minimo per la flessione fuori piano orizzontale della parete laterale della navata è pari a 0,033.

### 9.3 MECCANISMO GLOBALE

In questo capitolo sono raccolte le verifiche afferenti all'analisi statica non lineare dell'opera per lo stato di fatto.

L'analisi consiste nell'applicare al modello dell'edificio i carichi gravitazionali ed un sistema di forze orizzontali che, mantenendo invariati i rapporti relativi tra le forze stesse, vengano tutte scalate in modo tale da fare crescere monotonamente lo spostamento di un punto di controllo sulla struttura, fino al raggiungimento delle condizioni ultime.

L'analisi è stata svolta in controllo di spostamento, assumendo come punto di controllo il nodo situato in corrispondenza della sommità della quinta capriata che compone la copertura, considerando la numerazione a partire dal lato della facciata principale.

Le combinazioni di carico, esplicitate nel seguito, sono state applicate in due gruppi di curve:

- Gruppo1: corrispondente ad una distribuzione di accelerazioni proporzionale alla forma del primo modo di vibrare;
- Gruppo2: corrispondente ad una distribuzione uniforme di accelerazioni lungo l'altezza della costruzione.

La verifiche sono condotte globalmente, in termini di spostamento.

#### Combinazioni di carico

Tutte le combinazioni di carico vengono raggruppate per famiglia di appartenenza. Le celle di una riga contengono i coefficienti moltiplicatori della i-esima combinazione, dove il valore della prima cella è da intendersi come moltiplicatore associato alla prima condizione elementare, la seconda cella si riferisce alla seconda condizione elementare e così via.

#### Famiglia Unica

Il nome compatto della famiglia e' UN.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Neve	Variabile H	Dt	Sis X	Sis Y	Ecc Y	Ecc X
1	UN 1	1	1	0	0	0	-1	0	-1	0
2	UN 2	1	1	0	0	0	-1	0	1	0
3	UN 3	1	1	0	0	0	0	-1	0	-1
4	UN 4	1	1	0	0	0	0	-1	0	1
5	UN 5	1	1	0	0	0	0	1	0	-1
6	UN 6	1	1	0	0	0	0	1	0	1
7	UN 7	1	1	0	0	0	1	0	-1	0
8	UN 8	1	1	0	0	0	1	0	1	0

#### Impostazioni del solutore

Metodo iterativo	Secante	
Tolleranza iterazione	0.0001	
Numero massimo iterazioni	50	
Massima lunghezza dei conci di asta agli appoggi	0.5	[m]
Massima lunghezza dei conci di asta in campata	1	[m]
Numero massimo di divisioni per lato per sezioni c.a.	4	
Massima dimensione nel frazionare sezioni c.a.	0.15	[m]
Fattore di confinamento per aste in c.a.	1.2	
Deformabilità a taglio delle aste nel modello inelastico	no	
fym/fyk (per acciaio)	1	
fcm/fck (per calcestruzzi)	1	
Percentuale momento torcente cerniere estremità murature %		0.01
Percentuale momento ortogonale cerniere estremità murature %		0.01
fm/fk (per murature)	1	

Elementi inelastici solo per murature	si
Inelasticità di aste non in muratura	Diffusa
Fattore di riduzione della rigidezza per murature	0.5
Fattore di taglio per murature	1.2
Elementi C.A. senza armature come elastici	si
Controllo tolleranza in path following	Spostamento
Resistenza a taglio dei maschi in muratura nuovi	Scorrimento con integrazione numerica
Resistenza a taglio dei maschi in muratura esistenti	Fessurazione diagonale con integrazione numerica
Fattore di lunghezza cerniere muratura	0.325

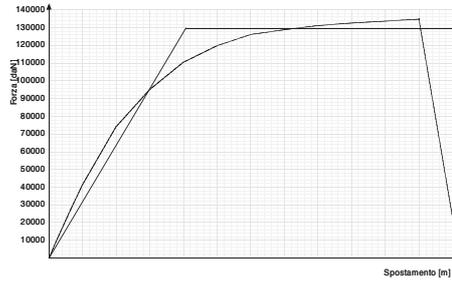
#### Modellazione degli elementi non lineari

Gli elementi asta corrispondenti ai maschi murari vengono modellati come elementi a comportamento bilineare elastico perfettamente plastico, deformabili assialmente e a taglio. La non linearità si considera concentrata alle estremità (c.d. modellazione a plasticità concentrata).

Tutti i rimanenti elementi vengono considerati elastici.

## Costruzione curve di capacità

Combinazione n. 1 gruppo 1



step	forza X	forza Y	spostamento imposto	spostamento imposto	spostamento	pendenza curva
1	0	0	0	0	0	0
2	-88.85	0	0.0002	0	0.0002	5.722
3	-277.17	0	0.00066	0	0.00066	5.455
4	-413.32	0	0.001	0	0.001	5.196
5	-740.35	0	0.002	0	0.002	4.289
6	-949.98	0	0.003	0	0.003	2.749
7	-1102.8	0	0.004	0	0.004	2.004
8	-1196.65	0	0.005	0	0.005	1.231
9	-1259.74	0	0.006	0	0.006	0.827
10	-1287	0	0.007	0	0.007	0.358
11	-1310.38	0	0.008	0	0.008	0.307
12	-1325.01	0	0.009	0	0.009	0.192
13	-1336.36	0	0.01	0	0.01	0.149
14	-1345.8	0	0.011	0	0.011	0.124
15	-233.16	0	0.012	0	0.012	-14.592

Somma(Mi\*Fi) 248.1

Fattore di partecipazione modale 0.232

Periodo di vibrazione dell'oscillatore bilineare equivalente 0.175

K\* (rigidezza dell'oscillatore bilineare) 318025.219

Fy 1297.3518

Fy\* 55999964.7

dy\* \* Fattore di partecipazione modale 0.00408

dy\* (Fy\*/K\*) 0.01761

Q\* SLV 0.161

Spostamento di risposta SLV 0.00066

Capacita' di spostamento SLV 0.0002

Q\* SLO 0.05

Spostamento di risposta SLO 0.0002

Capacita' di spostamento SLO 0.0002

Q\* SLD 0.064

Spostamento di risposta SLD 0.00026

Capacita' di spostamento SLD 0

PGA,SLV 0.045

TR,SLV 45 anni

(TR,SLV/TR,SLV,RIF)^.41 0.322

PGA,SLO 0.045

TR,SLO 45 anni

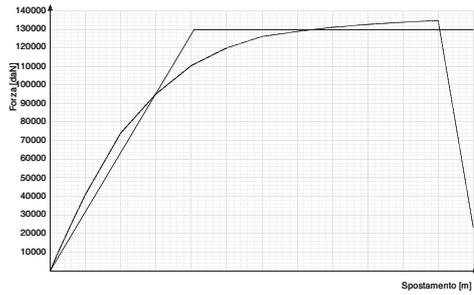
(TR,SLO/TR,SLO,RIF)^.41 0.999

PGA,SLD 0.001

TR,SLD 1 anni

(TR,SLD/TR,SLD,RIF)^.41 0.17

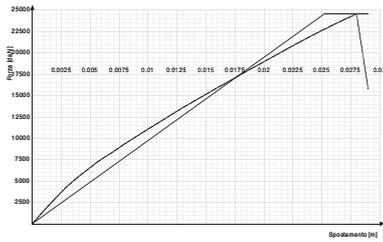
Combinazione n. 2 gruppo 1



step	forza X	forza Y	spostamento imposto	spostamento imposto	spostamento	pendenza curva
1	0	0	0	0	0	0
2	-88.85	0	0.0002	0	0.0002	5.722
3	-277.17	0	0.00066	0	0.00066	5.455
4	-413.32	0	0.001	0	0.001	5.196
5	-740.35	0	0.002	0	0.002	4.289
6	-949.98	0	0.003	0	0.003	2.749
7	-1102.8	0	0.004	0	0.004	2.004
8	-1196.65	0	0.005	0	0.005	1.231
9	-1259.74	0	0.006	0	0.006	0.827
10	-1287	0	0.007	0	0.007	0.358
11	-1310.38	0	0.008	0	0.008	0.307
12	-1325.01	0	0.009	0	0.009	0.192
13	-1336.36	0	0.01	0	0.01	0.149
14	-1345.8	0	0.011	0	0.011	0.124
15	-233.16	0	0.012	0	0.012	-14.592

Somma(Mi\*Fi) 248.1  
 Fattore di partecipazione modale 0.232  
 Periodo di vibrazione dell'oscillatore bilineare equivalente 0.175  
 K\* (rigidezza dell'oscillatore bilineare) 318025.219  
 Fy 1297.3518  
 Fy\* 55999964.7  
 dy\* \* Fattore di partecipazione modale 0.00408  
 dy\* (Fy\*/K\*) 0.01761  
 Q\* SLV 0.161  
 Spostamento di risposta SLV 0.00066  
 Capacita' di spostamento SLV 0.0002  
 Q\* SLO 0.05  
 Spostamento di risposta SLO 0.0002  
 Capacita' di spostamento SLO 0.0002  
 Q\* SLD 0.064  
 Spostamento di risposta SLD 0.00026  
 Capacita' di spostamento SLD 0  
 PGA,SLV 0.045  
 TR,SLV 45 anni  
 (TR,SLV/TR,SLV,RIF)^.41 0.322  
 PGA,SLO 0.045  
 TR,SLO 45 anni  
 (TR,SLO/TR,SLO,RIF)^.41 0.999  
 PGA,SLD 0.001  
 TR,SLD 1 anni  
 (TR,SLD/TR,SLD,RIF)^.41 0.17

Combinazione n. 3 gruppo 1



step	forza X	forza Y	spostamento imposto	spostamento imposto	spostamento	pendenza curva
1	0	0	0	0	0	0
2	0	-15.12	0	0.001	0.001	0.441
3	0	-29.98	0	0.002	0.002	0.433
4	0	-43.58	0	0.003	0.003	0.396
5	0	-55.45	0	0.004	0.004	0.346
6	0	-65.87	0	0.005	0.005	0.304
7	0	-71.99	0	0.00563	0.00563	0.282
8	0	-75.42	0	0.006	0.006	0.273
9	0	-84.51	0	0.007	0.007	0.265
10	0	-93.37	0	0.008	0.008	0.258
11	0	-102.09	0	0.009	0.009	0.254
12	0	-110.69	0	0.01	0.01	0.251
13	0	-119.17	0	0.011	0.011	0.247
14	0	-127.52	0	0.012	0.012	0.243
15	0	-135.71	0	0.013	0.013	0.239
16	0	-143.76	0	0.014	0.014	0.235
17	0	-151.67	0	0.015	0.015	0.231
18	0	-159.32	0	0.016	0.016	0.223
19	0	-166.92	0	0.017	0.017	0.222
20	0	-174.52	0	0.018	0.018	0.221
21	0	-182.09	0	0.019	0.019	0.221
22	0	-189.65	0	0.02	0.02	0.22
23	0	-197.16	0	0.021	0.021	0.219
24	0	-204.62	0	0.022	0.022	0.218
25	0	-211.98	0	0.023	0.023	0.214
26	0	-219.26	0	0.024	0.024	0.212
27	0	-226.26	0	0.025	0.025	0.204
28	0	-230.07	0	0.02559	0.02559	0.19
29	0	-232.99	0	0.026	0.026	0.205
30	0	-239.49	0	0.027	0.027	0.19
31	0	-245.67	0	0.028	0.028	0.18
32	0	-158.28	0	0.029	0.029	-2.548

Somma(Mi\*Fi) 206.7  
 Fattore di partecipazione modale 0.918  
 Periodo di vibrazione dell'oscillatore bilineare equivalente 0.915  
 K\* (rigidezza dell'oscillatore bilineare) 9735.39  
 Fy 245.66775  
 Fy\* 2675699.4  
 dy\* \* Fattore di partecipazione modale 0.02523  
 dy\* (Fy\*/K\*) 0.02748  
 Q\* SLV 1.014  
 Spostamento di risposta SLV 0.02559  
 Capacita' di spostamento SLV 0.008  
 Q\* SLO 0.223  
 Spostamento di risposta SLO 0.00563  
 Capacita' di spostamento SLO 0.008  
 Q\* SLD 0.319  
 Spostamento di risposta SLD 0.00804  
 Capacita' di spostamento SLD 0.008  
 PGA,SLV 0.058  
 TR,SLV 74 anni  
 (TR,SLV/TR,SLV,RIF)^.41 0.395  
 PGA,SLO 0.058  
 TR,SLO 74 anni  
 (TR,SLO/TR,SLO,RIF)^.41 1.224  
 PGA,SLD 0.058  
 TR,SLD 74 anni  
 (TR,SLD/TR,SLD,RIF)^.41 0.992

Combinazione n. 4 gruppo 1



step	forza X	forza Y	spostamento imposto	spostamento imposto	spostamento	pendenza curva
1	0	0	0	0	0	0
2	0	-15.12	0	0.001	0.001	0.441
3	0	-29.98	0	0.002	0.002	0.433
4	0	-43.58	0	0.003	0.003	0.396
5	0	-55.45	0	0.004	0.004	0.346
6	0	-65.87	0	0.005	0.005	0.304
7	0	-71.99	0	0.00563	0.00563	0.282
8	0	-75.42	0	0.006	0.006	0.273
9	0	-84.51	0	0.007	0.007	0.265
10	0	-93.37	0	0.008	0.008	0.258
11	0	-102.09	0	0.009	0.009	0.254
12	0	-110.69	0	0.01	0.01	0.251
13	0	-119.17	0	0.011	0.011	0.247
14	0	-127.52	0	0.012	0.012	0.243
15	0	-135.71	0	0.013	0.013	0.239
16	0	-143.76	0	0.014	0.014	0.235
17	0	-151.67	0	0.015	0.015	0.231
18	0	-159.32	0	0.016	0.016	0.223
19	0	-166.92	0	0.017	0.017	0.222
20	0	-174.52	0	0.018	0.018	0.221
21	0	-182.09	0	0.019	0.019	0.221
22	0	-189.65	0	0.02	0.02	0.22
23	0	-197.16	0	0.021	0.021	0.219
24	0	-204.62	0	0.022	0.022	0.218
25	0	-211.98	0	0.023	0.023	0.214
26	0	-219.26	0	0.024	0.024	0.212
27	0	-226.26	0	0.025	0.025	0.204
28	0	-230.07	0	0.02559	0.02559	0.19
29	0	-232.99	0	0.026	0.026	0.205
30	0	-239.49	0	0.027	0.027	0.19
31	0	-245.67	0	0.028	0.028	0.18
32	0	-158.28	0	0.029	0.029	-2.548

Somma(Mi\*Fi) 206.7

Fattore di partecipazione modale 0.918

Periodo di vibrazione dell'oscillatore bilineare equivalente 0.915

K\* (rigidezza dell'oscillatore bilineare) 9735.39

Fy 245.66775

Fy\* 2675699.4

dy\* \* Fattore di partecipazione modale 0.02523

dy\* (Fy\*/K\*) 0.02748

Q\* SLV 1.014

Spostamento di risposta SLV 0.02559

Capacita' di spostamento SLV 0.008

Q\* SLO 0.223

Spostamento di risposta SLO 0.00563

Capacita' di spostamento SLO 0.008

Q\* SLD 0.319

Spostamento di risposta SLD 0.00804

Capacita' di spostamento SLD 0.008

PGA,SLV 0.058

TR,SLV 74 anni

$(TR,SLV/TR,SLV,RIF)^{.41}$  0.395

PGA,SLO 0.058

TR,SLO 74 anni

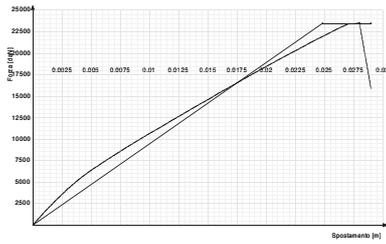
$(TR,SLO/TR,SLO,RIF)^{.41}$  1.224

PGA,SLD 0.058

TR,SLD 74 anni

$(TR,SLD/TR,SLD,RIF)^{.41}$  0.992

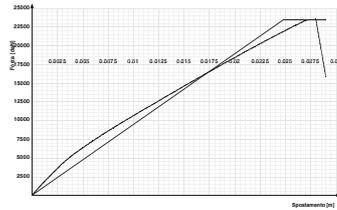
Combinazione n. 5 gruppo 1



step	forza X	forza Y	spostamento imposto	spostamento imposto	spostamento	pendenza curva
1	0	0	0	0	0	0
2	0	14.94	0	0.001	0.001	0.436
3	0	29.25	0	0.002	0.002	0.417
4	0	42.21	0	0.003	0.003	0.378
5	0	53.54	0	0.004	0.004	0.33
6	0	63.53	0	0.005	0.005	0.291
7	0	70.14	0	0.00571	0.00571	0.27
8	0	72.7	0	0.006	0.006	0.261
9	0	81.39	0	0.007	0.007	0.254
10	0	89.86	0	0.008	0.008	0.247
11	0	98.16	0	0.009	0.009	0.242
12	0	106.35	0	0.01	0.01	0.239
13	0	114.26	0	0.011	0.011	0.231
14	0	122.27	0	0.012	0.012	0.234
15	0	130.24	0	0.013	0.013	0.232
16	0	138.16	0	0.014	0.014	0.231
17	0	146.01	0	0.015	0.015	0.229
18	0	153.85	0	0.016	0.016	0.228
19	0	161.54	0	0.017	0.017	0.224
20	0	169.22	0	0.018	0.018	0.224
21	0	176.81	0	0.019	0.019	0.221
22	0	184.28	0	0.02	0.02	0.218
23	0	191.74	0	0.021	0.021	0.218
24	0	199.13	0	0.022	0.022	0.215
25	0	206.46	0	0.023	0.023	0.214
26	0	213.64	0	0.024	0.024	0.21
27	0	220.61	0	0.025	0.025	0.203
28	0	227.02	0	0.02596	0.02596	0.196
29	0	227.33	0	0.026	0.026	0.201
30	0	233.83	0	0.027	0.027	0.19
31	0	235.07	0	0.028	0.028	0.036
32	0	158.56	0	0.029	0.029	-2.231

Somma (Mi\*Pi) 206.7  
 Fattore di partecipazione modale 0.918  
 Periodo di vibrazione dell'oscillatore bilineare equivalente 0.929  
 K\* (rigidezza dell'oscillatore bilineare) 9461.231  
 Fy 235.06936  
 Fy\* 2560266.6  
 dy\* \* Fattore di partecipazione modale 0.02485  
 dy\* (Fy\*/K\*) 0.02706  
 Q\* SLV 1.045  
 Spostamento di risposta SLV 0.02596  
 Capacita' di spostamento SLV 0.004  
 Q\* SLO 0.23  
 Spostamento di risposta SLO 0.00571  
 Capacita' di spostamento SLO 0.004  
 Q\* SLD 0.328  
 Spostamento di risposta SLD 0.00815  
 Capacita' di spostamento SLD 0.004  
 PGA, SLV 0.034  
 TR, SLV 28 anni  
 (TR, SLV/TR, SLV, RIF) ^ .41 0.265  
 PGA, SLO 0.034  
 TR, SLO 28 anni  
 (TR, SLO/TR, SLO, RIF) ^ .41 0.822  
 PGA, SLD 0.034  
 TR, SLD 28 anni  
 (TR, SLD/TR, SLD, RIF) ^ .41 0.666

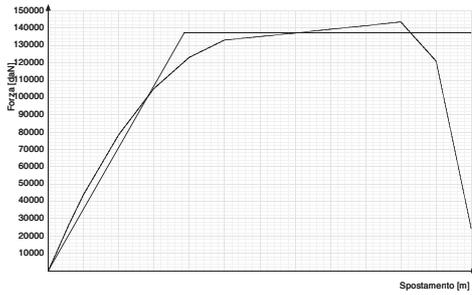
Combinazione n. 6 gruppo 1



step	forza X	forza Y	spostamento imposto	spostamento imposto	spostamento	pendenza curva
1	0	0	0	0	0	0
2	0	14.94	0	0.001	0.001	0.436
3	0	29.25	0	0.002	0.002	0.417
4	0	42.21	0	0.003	0.003	0.378
5	0	53.54	0	0.004	0.004	0.33
6	0	63.53	0	0.005	0.005	0.291
7	0	70.14	0	0.00571	0.00571	0.27
8	0	72.7	0	0.006	0.006	0.261
9	0	81.39	0	0.007	0.007	0.254
10	0	89.86	0	0.008	0.008	0.247
11	0	98.16	0	0.009	0.009	0.242
12	0	106.35	0	0.01	0.01	0.239
13	0	114.26	0	0.011	0.011	0.231
14	0	122.27	0	0.012	0.012	0.234
15	0	130.24	0	0.013	0.013	0.232
16	0	138.16	0	0.014	0.014	0.231
17	0	146.01	0	0.015	0.015	0.229
18	0	153.85	0	0.016	0.016	0.228
19	0	161.54	0	0.017	0.017	0.224
20	0	169.22	0	0.018	0.018	0.224
21	0	176.81	0	0.019	0.019	0.221
22	0	184.28	0	0.02	0.02	0.218
23	0	191.74	0	0.021	0.021	0.218
24	0	199.13	0	0.022	0.022	0.215
25	0	206.46	0	0.023	0.023	0.214
26	0	213.64	0	0.024	0.024	0.21
27	0	220.61	0	0.025	0.025	0.203
28	0	227.02	0	0.02596	0.02596	0.196
29	0	227.33	0	0.026	0.026	0.201
30	0	233.83	0	0.027	0.027	0.19
31	0	235.07	0	0.028	0.028	0.036
32	0	158.56	0	0.029	0.029	-2.231

Somma(Mi\*Fi) 206.7  
 Fattore di partecipazione modale 0.918  
 Periodo di vibrazione dell'oscillatore bilineare equivalente 0.929  
 K\* (rigidezza dell'oscillatore bilineare) 9461.231  
 Fy 235.06936  
 Fy\* 2560266.6  
 dy\* \* Fattore di partecipazione modale 0.02485  
 dy\* (Fy\*/K\*) 0.02706  
 Q\* SLV 1.045  
 Spostamento di risposta SLV 0.02596  
 Capacita' di spostamento SLV 0.004  
 Q\* SLO 0.23  
 Spostamento di risposta SLO 0.00571  
 Capacita' di spostamento SLO 0.004  
 Q\* SLD 0.328  
 Spostamento di risposta SLD 0.00815  
 Capacita' di spostamento SLD 0.004  
 PGA,SLV 0.034  
 TR,SLV 28 anni  
 (TR,SLV/TR,SLV,RIF)^.41 0.265  
 PGA,SLO 0.034  
 TR,SLO 28 anni  
 (TR,SLO/TR,SLO,RIF)^.41 0.822  
 PGA,SLD 0.034  
 TR,SLD 28 anni  
 (TR,SLD/TR,SLD,RIF)^.41 0.666

Combinazione n. 7 gruppo 1



step	forza X	forza Y	spostamento imposto	spostamento imposto	spostamento	pendenza curva
1	0	0	0	0	0	0
2	82.14	0	0.00018	0	0.00018	5.908
3	265	0	0.00059	0	0.00059	5.916
4	439.52	0	0.001	0	0.001	5.551
5	784.88	0	0.002	0	0.002	4.529
6	1050.04	0	0.003	0	0.003	3.478
7	1229.77	0	0.004	0	0.004	2.357
8	1328.76	0	0.005	0	0.005	1.298
9	1349.47	0	0.006	0	0.006	0.272
10	1370.7	0	0.007	0	0.007	0.279
11	1391.95	0	0.008	0	0.008	0.279
12	1413.19	0	0.009	0	0.009	0.279
13	1434.45	0	0.01	0	0.01	0.279
14	1207.27	0	0.011	0	0.011	-2.979
15	244.01	0	0.012	0	0.012	-12.633

Somma(Mi\*Fi) 248.1

Fattore di partecipazione modale 0.232

Periodo di vibrazione dell'oscillatore bilineare equivalente 0.166

K\* (rigidezza dell'oscillatore bilineare) 355213.875

Fy 1369.90313

Fy\* 59131630.1

dy\* \* Fattore di partecipazione modale 0.00386

dy\* (Fy\*/K\*) 0.01665

Q\* SLV 0.152

Spostamento di risposta SLV 0.00059

Capacita' di spostamento SLV 0.00059

Q\* SLO 0.047

Spostamento di risposta SLO 0.00018

Capacita' di spostamento SLO 0.00059

Q\* SLD 0.061

Spostamento di risposta SLD 0.00023

Capacita' di spostamento SLD 0

PGA,SLV 0.147

TR,SLV 712 anni

(TR,SLV/TR,SLV,RIF)^.41 1

PGA,SLO 0.147

TR,SLO 712 anni

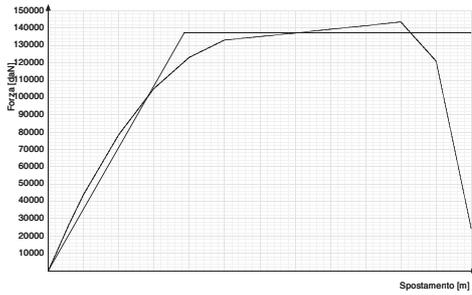
(TR,SLO/TR,SLO,RIF)^.41 3.098

PGA,SLD 0.001

TR,SLD 1 anni

(TR,SLD/TR,SLD,RIF)^.41 0.17

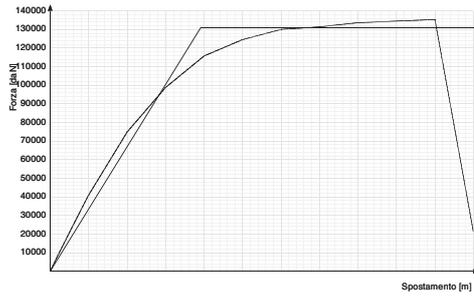
Combinazione n. 8 gruppo 1



step	forza X	forza Y	spostamento imposto	spostamento imposto	spostamento	pendenza curva
1	0	0	0	0	0	0
2	82.14	0	0.00018	0	0.00018	5.908
3	265	0	0.00059	0	0.00059	5.916
4	439.52	0	0.001	0	0.001	5.551
5	784.88	0	0.002	0	0.002	4.529
6	1050.04	0	0.003	0	0.003	3.478
7	1229.77	0	0.004	0	0.004	2.357
8	1328.76	0	0.005	0	0.005	1.298
9	1349.47	0	0.006	0	0.006	0.272
10	1370.7	0	0.007	0	0.007	0.279
11	1391.95	0	0.008	0	0.008	0.279
12	1413.19	0	0.009	0	0.009	0.279
13	1434.45	0	0.01	0	0.01	0.279
14	1207.27	0	0.011	0	0.011	-2.979
15	244.01	0	0.012	0	0.012	-12.633

Somma(Mi\*Fi) 248.1  
 Fattore di partecipazione modale 0.232  
 Periodo di vibrazione dell'oscillatore bilineare equivalente 0.166  
 K\* (rigidezza dell'oscillatore bilineare) 355213.875  
 Fy 1369.90313  
 Fy\* 59131630.1  
 dy\* \* Fattore di partecipazione modale 0.00386  
 dy\* (Fy\*/K\*) 0.01665  
 Q\* SLV 0.152  
 Spostamento di risposta SLV 0.00059  
 Capacita' di spostamento SLV 0.00059  
 Q\* SLO 0.047  
 Spostamento di risposta SLO 0.00018  
 Capacita' di spostamento SLO 0.00059  
 Q\* SLD 0.061  
 Spostamento di risposta SLD 0.00023  
 Capacita' di spostamento SLD 0  
 PGA,SLV 0.147  
 TR,SLV 712 anni  
 (TR,SLV/TR,SLV,RIF)^.41 1  
 PGA,SLO 0.147  
 TR,SLO 712 anni  
 (TR,SLO/TR,SLO,RIF)^.41 3.098  
 PGA,SLD 0.001  
 TR,SLD 1 anni  
 (TR,SLD/TR,SLD,RIF)^.41 0.17

Combinazione n. 1 gruppo 2



step	forza X	forza Y	spostamento imposto	spostamento imposto	spostamento	pendenza curva
1	0	0	0	0	0	0
2	-82.93	0	0.00019	0	0.00019	5.613
3	-260.37	0	0.00062	0	0.00062	5.402
4	-408.37	0	0.001	0	0.001	5.169
5	-749.37	0	0.002	0	0.002	4.472
6	-986.72	0	0.003	0	0.003	3.113
7	-1157.49	0	0.004	0	0.004	2.24
8	-1244.88	0	0.005	0	0.005	1.146
9	-1299.12	0	0.006	0	0.006	0.711
10	-1314.19	0	0.007	0	0.007	0.198
11	-1336.21	0	0.008	0	0.008	0.289
12	-1344.53	0	0.009	0	0.009	0.109
13	-1353.68	0	0.01	0	0.01	0.12
14	-216.56	0	0.011	0	0.011	-14.913

Somma(Mi\*Fi) 248.1

Fattore di partecipazione modale 0.232

Periodo di vibrazione dell'oscillatore bilineare equivalente 0.171

K\* (rigidezza dell'oscillatore bilineare) 334232.656

Fy 1309.00828

Fy\* 56503114.8

dy\* \* Fattore di partecipazione modale 0.00392

dy\* (Fy\*/K\*) 0.01691

Q\* SLV 0.159

Spostamento di risposta SLV 0.00062

Capacita' di spostamento SLV 0.00019

Q\* SLO 0.049

Spostamento di risposta SLO 0.00019

Capacita' di spostamento SLO 0.00019

Q\* SLD 0.064

Spostamento di risposta SLD 0.00025

Capacita' di spostamento SLD 0

PGA,SLV 0.045

TR,SLV 45 anni

(TR,SLV/TR,SLV,RIF)^.41 0.322

PGA,SLO 0.045

TR,SLO 45 anni

(TR,SLO/TR,SLO,RIF)^.41 0.999

PGA,SLD 0.001

TR,SLD 1 anni

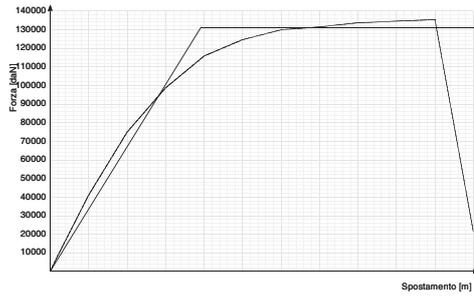
(TR,SLD/TR,SLD,RIF)^.41 0.17

Superamento dello spostamento relativo del taglio: capacita' 0.01 TR 2475 anni PGA 0.221

Rottura fuori piano: capacita' 0.001 TR 2475 anni PGA 0.221

Spostamento corrispondente alla riduzione della forza del 20% della massima: capacita' 0.01024 TR 2475 anni PGA 0.221

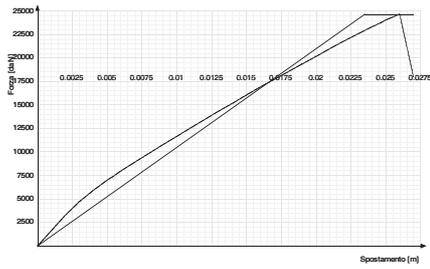
Combinazione n. 2 gruppo 2



step	forza X	forza Y	spostamento imposto	spostamento imposto	spostamento	pendenza curva
1	0	0	0	0	0	0
2	-82.93	0	0.00019	0	0.00019	5.613
3	-260.37	0	0.00062	0	0.00062	5.402
4	-408.37	0	0.001	0	0.001	5.169
5	-749.37	0	0.002	0	0.002	4.472
6	-986.72	0	0.003	0	0.003	3.113
7	-1157.49	0	0.004	0	0.004	2.24
8	-1244.88	0	0.005	0	0.005	1.146
9	-1299.12	0	0.006	0	0.006	0.711
10	-1314.19	0	0.007	0	0.007	0.198
11	-1336.21	0	0.008	0	0.008	0.289
12	-1344.53	0	0.009	0	0.009	0.109
13	-1353.68	0	0.01	0	0.01	0.12
14	-216.56	0	0.011	0	0.011	-14.913

Somma (Mi\*Pi) 248.1  
 Fattore di partecipazione modale 0.232  
 Periodo di vibrazione dell'oscillatore bilineare equivalente 0.171  
 K\* (rigidezza dell'oscillatore bilineare) 334232.656  
 Fy 1309.00828  
 Fy\* 56503114.8  
 dy\* \* Fattore di partecipazione modale 0.00392  
 dy\* (Fy\*/K\*) 0.01691  
 Q\* SLV 0.159  
 Spostamento di risposta SLV 0.00062  
 Capacita' di spostamento SLV 0.00019  
 Q\* SLO 0.049  
 Spostamento di risposta SLO 0.00019  
 Capacita' di spostamento SLO 0.00019  
 Q\* SLD 0.064  
 Spostamento di risposta SLD 0.00025  
 Capacita' di spostamento SLD 0  
 PGA,SLV 0.045  
 TR,SLV 45 anni  
 (TR,SLV/TR,SLV,RIF)^.41 0.322  
 PGA,SLO 0.045  
 TR,SLO 45 anni  
 (TR,SLO/TR,SLO,RIF)^.41 0.999  
 PGA,SLD 0.001  
 TR,SLD 1 anni  
 (TR,SLD/TR,SLD,RIF)^.41 0.17

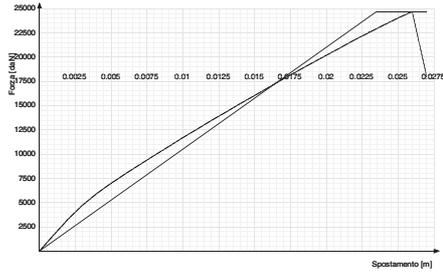
Combinazione n. 3 gruppo 2



step	forza X	forza Y	spostamento imposto	spostamento imposto	spostamento	pendenza curva
1	0	0	0	0	0	0
2	0	-16.58	0	0.001	0.001	0.483
3	0	-32.68	0	0.002	0.002	0.47
4	0	-47.04	0	0.003	0.003	0.418
5	0	-59.21	0	0.004	0.004	0.355
6	0	-69.85	0	0.005	0.005	0.31
7	0	-74.11	0	0.00543	0.00543	0.291
8	0	-79.68	0	0.006	0.006	0.283
9	0	-89.14	0	0.007	0.007	0.276
10	0	-98.41	0	0.008	0.008	0.27
11	0	-107.56	0	0.009	0.009	0.267
12	0	-116.62	0	0.01	0.01	0.264
13	0	-125.58	0	0.011	0.011	0.261
14	0	-134.42	0	0.012	0.012	0.258
15	0	-143.15	0	0.013	0.013	0.255
16	0	-151.79	0	0.014	0.014	0.252
17	0	-160.34	0	0.015	0.015	0.249
18	0	-168.81	0	0.016	0.016	0.247
19	0	-177.19	0	0.017	0.017	0.244
20	0	-185.48	0	0.018	0.018	0.242
21	0	-193.67	0	0.019	0.019	0.239
22	0	-201.66	0	0.02	0.02	0.233
23	0	-209.76	0	0.021	0.021	0.236
24	0	-217.73	0	0.022	0.022	0.232
25	0	-225.46	0	0.023	0.023	0.225
26	0	-232.9	0	0.024	0.024	0.217
27	0	-237.39	0	0.02465	0.02465	0.203
28	0	-240.12	0	0.025	0.025	0.224
29	0	-246.53	0	0.026	0.026	0.187
30	0	-180.05	0	0.027	0.027	-1.938

Somma(Mi\*Fi) 206.7  
 Fattore di partecipazione modale 0.918  
 Periodo di vibrazione dell'oscillatore bilineare equivalente 0.882  
 K\* (rigidezza dell'oscillatore bilineare) 10491.604  
 Fy 246.52813  
 Fy\* 2685070.2  
 dy\* \* Fattore di partecipazione modale 0.0235  
 dy\* (Fy\*/K\*) 0.02559  
 Q\* SLV 1.049  
 Spostamento di risposta SLV 0.02465  
 Capacita' di spostamento SLV 0.008  
 Q\* SLO 0.231  
 Spostamento di risposta SLO 0.00543  
 Capacita' di spostamento SLO 0.008  
 Q\* SLD 0.33  
 Spostamento di risposta SLD 0.00774  
 Capacita' di spostamento SLD 0.008  
 PGA,SLV 0.06  
 TR,SLV 79 anni  
 (TR,SLV/TR,SLV,RIF)^.41 0.406  
 PGA,SLO 0.06  
 TR,SLO 79 anni  
 (TR,SLO/TR,SLO,RIF)^.41 1.258  
 PGA,SLD 0.06  
 TR,SLD 79 anni  
 (TR,SLD/TR,SLD,RIF)^.41 1.019

Combinazione n. 4 gruppo 2



step	forza X	forza Y	spostamento imposto	spostamento imposto	spostamento	pendenza curva
1	0	0	0	0	0	0
2	0	-16.58	0	0.001	0.001	0.483
3	0	-32.68	0	0.002	0.002	0.47
4	0	-47.04	0	0.003	0.003	0.418
5	0	-59.21	0	0.004	0.004	0.355
6	0	-69.85	0	0.005	0.005	0.31
7	0	-74.11	0	0.00543	0.00543	0.291
8	0	-79.68	0	0.006	0.006	0.283
9	0	-89.14	0	0.007	0.007	0.276
10	0	-98.41	0	0.008	0.008	0.27
11	0	-107.56	0	0.009	0.009	0.267
12	0	-116.62	0	0.01	0.01	0.264
13	0	-125.58	0	0.011	0.011	0.261
14	0	-134.42	0	0.012	0.012	0.258
15	0	-143.15	0	0.013	0.013	0.255
16	0	-151.79	0	0.014	0.014	0.252
17	0	-160.34	0	0.015	0.015	0.249
18	0	-168.81	0	0.016	0.016	0.247
19	0	-177.19	0	0.017	0.017	0.244
20	0	-185.48	0	0.018	0.018	0.242
21	0	-193.67	0	0.019	0.019	0.239
22	0	-201.66	0	0.02	0.02	0.233
23	0	-209.76	0	0.021	0.021	0.236
24	0	-217.73	0	0.022	0.022	0.232
25	0	-225.46	0	0.023	0.023	0.225
26	0	-232.9	0	0.024	0.024	0.217
27	0	-237.39	0	0.02465	0.02465	0.203
28	0	-240.12	0	0.025	0.025	0.224
29	0	-246.53	0	0.026	0.026	0.187
30	0	-180.05	0	0.027	0.027	-1.938

Somma(Mi\*Fi) 206.7

Fattore di partecipazione modale 0.918

Periodo di vibrazione dell'oscillatore bilineare equivalente 0.882

K\* (rigidezza dell'oscillatore bilineare) 10491.604

Fy 246.52813

Fy\* 2685070.2

dy\* \* Fattore di partecipazione modale 0.0235

dy\* (Fy\*/K\*) 0.02559

Q\* SLV 1.049

Spostamento di risposta SLV 0.02465

Capacita' di spostamento SLV 0.008

Q\* SLO 0.231

Spostamento di risposta SLO 0.00543

Capacita' di spostamento SLO 0.008

Q\* SLD 0.33

Spostamento di risposta SLD 0.00774

Capacita' di spostamento SLD 0.008

PGA,SLV 0.06

TR,SLV 79 anni

(TR,SLV/TR,SLV,RIF)^.41 0.406

PGA,SLO 0.06

TR,SLO 79 anni

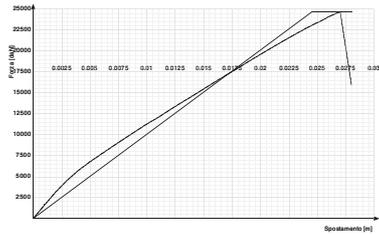
(TR,SLO/TR,SLO,RIF)^.41 1.258

PGA,SLD 0.06

TR,SLD 79 anni

(TR,SLD/TR,SLD,RIF)^.41 1.019

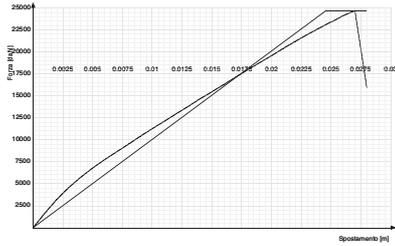
Combinazione n. 5 gruppo 2



step	forza X	forza Y	spostamento imposto	spostamento imposto	spostamento	pendenza curva
1	0	0	0	0	0	0
2	0	16.4	0	0.001	0.001	0.478
3	0	31.95	0	0.002	0.002	0.453
4	0	45.65	0	0.003	0.003	0.4
5	0	57.32	0	0.004	0.004	0.34
6	0	67.59	0	0.005	0.005	0.299
7	0	72.8	0	0.00554	0.00554	0.28
8	0	77.07	0	0.006	0.006	0.272
9	0	86.16	0	0.007	0.007	0.265
10	0	95.04	0	0.008	0.008	0.259
11	0	103.79	0	0.009	0.009	0.255
12	0	112.45	0	0.01	0.01	0.253
13	0	120.85	0	0.011	0.011	0.245
14	0	129.35	0	0.012	0.012	0.248
15	0	137.81	0	0.013	0.013	0.247
16	0	146.27	0	0.014	0.014	0.247
17	0	154.63	0	0.015	0.015	0.244
18	0	162.99	0	0.016	0.016	0.244
19	0	171.28	0	0.017	0.017	0.242
20	0	179.44	0	0.018	0.018	0.238
21	0	187.62	0	0.019	0.019	0.238
22	0	195.7	0	0.02	0.02	0.236
23	0	203.72	0	0.021	0.021	0.234
24	0	211.64	0	0.022	0.022	0.231
25	0	219.36	0	0.023	0.023	0.225
26	0	226.8	0	0.024	0.024	0.217
27	0	233.99	0	0.025	0.025	0.21
28	0	234.75	0	0.02517	0.02517	0.127
29	0	240.84	0	0.026	0.026	0.215
30	0	246.82	0	0.027	0.027	0.174
31	0	159.3	0	0.028	0.028	-2.552

Somma(Mi\*Fi) 206.7  
 Fattore di partecipazione modale 0.918  
 Periodo di vibrazione dell'oscillatore bilineare equivalente 0.901  
 K\* (rigidezza dell'oscillatore bilineare) 10054.938  
 Fy 246.82178  
 Fy\* 2688268.5  
 dy\* \* Fattore di partecipazione modale 0.02455  
 dy\* (Fy\*/K\*) 0.02674  
 Q\* SLV 1.026  
 Spostamento di risposta SLV 0.02517  
 Capacita' di spostamento SLV 0.005  
 Q\* SLO 0.226  
 Spostamento di risposta SLO 0.00554  
 Capacita' di spostamento SLO 0.005  
 Q\* SLD 0.322  
 Spostamento di risposta SLD 0.00791  
 Capacita' di spostamento SLD 0.005  
 PGA,SLV 0.042  
 TR,SLV 39 anni  
 (TR,SLV/TR,SLV,RIF)^.41 0.304  
 PGA,SLO 0.042  
 TR,SLO 39 anni  
 (TR,SLO/TR,SLO,RIF)^.41 0.942  
 PGA,SLD 0.042  
 TR,SLD 39 anni  
 (TR,SLD/TR,SLD,RIF)^.41 0.763

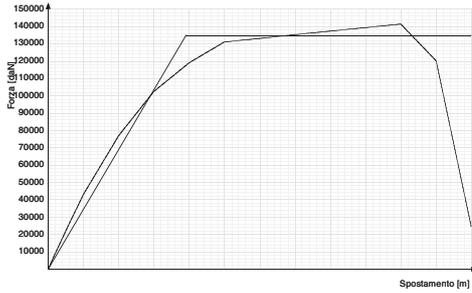
Combinazione n. 6 gruppo 2



step	forza X	forza Y	spostamento imposto	spostamento imposto	spostamento	pendenza curva
1	0	0	0	0	0	0
2	0	16.4	0	0.001	0.001	0.478
3	0	31.95	0	0.002	0.002	0.453
4	0	45.65	0	0.003	0.003	0.4
5	0	57.32	0	0.004	0.004	0.34
6	0	67.59	0	0.005	0.005	0.299
7	0	72.8	0	0.00554	0.00554	0.28
8	0	77.07	0	0.006	0.006	0.272
9	0	86.16	0	0.007	0.007	0.265
10	0	95.04	0	0.008	0.008	0.259
11	0	103.79	0	0.009	0.009	0.255
12	0	112.45	0	0.01	0.01	0.253
13	0	120.85	0	0.011	0.011	0.245
14	0	129.35	0	0.012	0.012	0.248
15	0	137.81	0	0.013	0.013	0.247
16	0	146.27	0	0.014	0.014	0.247
17	0	154.63	0	0.015	0.015	0.244
18	0	162.99	0	0.016	0.016	0.244
19	0	171.28	0	0.017	0.017	0.242
20	0	179.44	0	0.018	0.018	0.238
21	0	187.62	0	0.019	0.019	0.238
22	0	195.7	0	0.02	0.02	0.236
23	0	203.72	0	0.021	0.021	0.234
24	0	211.64	0	0.022	0.022	0.231
25	0	219.36	0	0.023	0.023	0.225
26	0	226.8	0	0.024	0.024	0.217
27	0	233.99	0	0.025	0.025	0.21
28	0	234.75	0	0.02517	0.02517	0.127
29	0	240.84	0	0.026	0.026	0.215
30	0	246.82	0	0.027	0.027	0.174
31	0	159.3	0	0.028	0.028	-2.552

Somma(Mi\*Fi) 206.7  
 Fattore di partecipazione modale 0.918  
 Periodo di vibrazione dell'oscillatore bilineare equivalente 0.901  
 K\* (rigidezza dell'oscillatore bilineare) 10054.938  
 Fy 246.82178  
 Fy\* 2688268.5  
 dy\* \* Fattore di partecipazione modale 0.02455  
 dy\* (Fy\*/K\*) 0.02674  
 Q\* SLV 1.026  
 Spostamento di risposta SLV 0.02517  
 Capacita' di spostamento SLV 0.005  
 Q\* SLO 0.226  
 Spostamento di risposta SLO 0.00554  
 Capacita' di spostamento SLO 0.005  
 Q\* SLD 0.322  
 Spostamento di risposta SLD 0.00791  
 Capacita' di spostamento SLD 0.005  
 PGA,SLV 0.042  
 TR,SLV 39 anni  
 (TR,SLV/TR,SLV,RIF)^.41 0.304  
 PGA,SLO 0.042  
 TR,SLO 39 anni  
 (TR,SLO/TR,SLO,RIF)^.41 0.942  
 PGA,SLD 0.042  
 TR,SLD 39 anni  
 (TR,SLD/TR,SLD,RIF)^.41 0.763

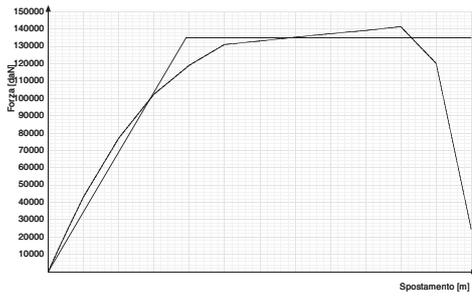
Combinazione n. 7 gruppo 2



step	forza X	forza Y	spostamento imposto	spostamento imposto	spostamento	pendenza curva
1	0	0	0	0	0	0
2	82.55	0	0.00019	0	0.00019	5.771
3	266.27	0	0.0006	0	0.0006	5.777
4	433.08	0	0.001	0	0.001	5.534
5	769.19	0	0.002	0	0.002	4.408
6	1023.19	0	0.003	0	0.003	3.331
7	1189.67	0	0.004	0	0.004	2.183
8	1309.93	0	0.005	0	0.005	1.577
9	1330.19	0	0.006	0	0.006	0.266
10	1351.88	0	0.007	0	0.007	0.285
11	1371.83	0	0.008	0	0.008	0.262
12	1391.96	0	0.009	0	0.009	0.264
13	1412.22	0	0.01	0	0.01	0.266
14	1200.82	0	0.011	0	0.011	-2.772
15	246.16	0	0.012	0	0.012	-12.52

Somma(Mi\*Fi) 248.1  
 Fattore di partecipazione modale 0.232  
 Periodo di vibrazione dell'oscillatore bilineare equivalente 0.168  
 K\* (rigidezza dell'oscillatore bilineare) 345209.688  
 Fy 1348.66641  
 Fy\* 58214950.9  
 dy\* \* Fattore di partecipazione modale 0.00391  
 dy\* (Fy\*/K\*) 0.01686  
 Q\* SLV 0.155  
 Spostamento di risposta SLV 0.0006  
 Capacita' di spostamento SLV 0.0006  
 Q\* SLO 0.048  
 Spostamento di risposta SLO 0.00019  
 Capacita' di spostamento SLO 0.0006  
 Q\* SLD 0.062  
 Spostamento di risposta SLD 0.00024  
 Capacita' di spostamento SLD 0  
 PGA,SLV 0.147  
 TR,SLV 712 anni  
 (TR,SLV/TR,SLV,RIF)^.41 1  
 PGA,SLO 0.147  
 TR,SLO 712 anni  
 (TR,SLO/TR,SLO,RIF)^.41 3.098  
 PGA,SLD 0.001  
 TR,SLD 1 anni  
 (TR,SLD/TR,SLD,RIF)^.41 0.17

Combinazione n. 8 gruppo 2



step	forza X	forza Y	spostamento imposto	spostamento imposto	spostamento	pendenza curva
1	0	0	0	0	0	0
2	82.55	0	0.00019	0	0.00019	5.771
3	266.27	0	0.0006	0	0.0006	5.777
4	433.08	0	0.001	0	0.001	5.534
5	769.19	0	0.002	0	0.002	4.408
6	1023.19	0	0.003	0	0.003	3.331
7	1189.67	0	0.004	0	0.004	2.183
8	1309.93	0	0.005	0	0.005	1.577
9	1330.19	0	0.006	0	0.006	0.266
10	1351.88	0	0.007	0	0.007	0.285
11	1371.83	0	0.008	0	0.008	0.262
12	1391.96	0	0.009	0	0.009	0.264
13	1412.22	0	0.01	0	0.01	0.266
14	1200.82	0	0.011	0	0.011	-2.772
15	246.16	0	0.012	0	0.012	-12.52

Somma(Mi\*Fi) 248.1  
 Fattore di partecipazione modale 0.232  
 Periodo di vibrazione dell'oscillatore bilineare equivalente 0.168  
 K\* (rigidezza dell'oscillatore bilineare) 345209.688  
 Fy 1348.66641  
 Fy\* 58214950.9  
 dy\* \* Fattore di partecipazione modale 0.00391  
 dy\* (Fy\*/K\*) 0.01686  
 Q\* SLV 0.155  
 Spostamento di risposta SLV 0.0006  
 Capacita' di spostamento SLV 0.0006  
 Q\* SLO 0.048  
 Spostamento di risposta SLO 0.00019  
 Capacita' di spostamento SLO 0.0006  
 Q\* SLD 0.062  
 Spostamento di risposta SLD 0.00024  
 Capacita' di spostamento SLD 0  
 PGA,SLV 0.147  
 TR,SLV 712 anni  
 (TR,SLV/TR,SLV,RIF)^.41 1  
 PGA,SLO 0.147  
 TR,SLO 712 anni  
 (TR,SLO/TR,SLO,RIF)^.41 3.098  
 PGA,SLD 0.001  
 TR,SLD 1 anni  
 (TR,SLD/TR,SLD,RIF)^.41 0.17

**Riepilogo dei risultati**

comb.	forze	domanda S	capacit?	q* SLV	Verifica	domanda S	capacit?	q* SLD	Verifica	domanda S	capacit?	q* SLO	Verifica
1	Gruppo2	0.00062	0.00019	0.16	No	0.00025	0	0.06	No	0.00019	0.00019	0.05	Si
2	Gruppo2	0.00062	0.00019	0.16	No	0.00025	0	0.06	No	0.00019	0.00019	0.05	Si
3	Gruppo2	0.02465	0.008	1.05	No	0.00774	0.008	0.33	Si	0.00543	0.008	0.23	Si
4	Gruppo2	0.02465	0.008	1.05	No	0.00774	0.008	0.33	Si	0.00543	0.008	0.23	Si
5	Gruppo2	0.02517	0.005	1.03	No	0.00791	0.005	0.32	No	0.00554	0.005	0.23	No
6	Gruppo2	0.02517	0.005	1.03	No	0.00791	0.005	0.32	No	0.00554	0.005	0.23	No
7	Gruppo2	0.0006	0.0006	0.15	Si	0.00024	0	0.06	No	0.00019	0.0006	0.05	Si
8	Gruppo2	0.0006	0.0006	0.15	Si	0.00024	0	0.06	No	0.00019	0.0006	0.05	Si
1	Gruppo1	0.00066	0.0002	0.16	No	0.00026	0	0.06	No	0.0002	0.0002	0.05	Si
2	Gruppo1	0.00066	0.0002	0.16	No	0.00026	0	0.06	No	0.0002	0.0002	0.05	Si
3	Gruppo1	0.02559	0.008	1.01	No	0.00804	0.008	0.32	No	0.00563	0.008	0.22	Si
4	Gruppo1	0.02559	0.008	1.01	No	0.00804	0.008	0.32	No	0.00563	0.008	0.22	Si
5	Gruppo1	0.02596	0.004	1.04	No	0.00815	0.004	0.33	No	0.00571	0.004	0.23	No
6	Gruppo1	0.02596	0.004	1.04	No	0.00815	0.004	0.33	No	0.00571	0.004	0.23	No
7	Gruppo1	0.00059	0.00059	0.15	Si	0.00023	0	0.06	No	0.00018	0.00059	0.05	Si
8	Gruppo1	0.00059	0.00059	0.15	Si	0.00023	0	0.06	No	0.00018	0.00059	0.05	Si

Periodi di ritorno e livelli di accelerazione al suolo (in rapporto a g) minimi per ogni curva di capacita'  
 Il tabulato tiene conto delle esclusioni operate con il comando 'Preferenze curva'.

Comb.	TR,SLV	IR,TR,SLV	PGA,SLV	IR,PGA,SLV	TR,SLD	IR,TR,SLD	PGA,SLD	IR,PGA,SLD	TR,SLO	IR,TR,SLO	PGA,SLO	IR,PGA,SLO
1 gruppo1	45	0.322	0.045	0.308	1	0.17	0.001	0.021	45	0.999	0.045	0.998
1 gruppo2	45	0.322	0.045	0.308	1	0.17	0.001	0.021	45	0.999	0.045	0.998
2 gruppo1	45	0.322	0.045	0.308	1	0.17	0.001	0.021	45	0.999	0.045	0.998
2 gruppo2	45	0.322	0.045	0.308	1	0.17	0.001	0.021	45	0.999	0.045	0.998
3 gruppo1	74	0.395	0.058	0.393	74	0.992	0.058	0.991	74	1.224	0.058	1.277
3 gruppo2	79	0.406	0.06	0.405	79	1.019	0.06	1.021	79	1.258	0.06	1.315
4 gruppo1	74	0.395	0.058	0.393	74	0.992	0.058	0.991	74	1.224	0.058	1.277
4 gruppo2	79	0.406	0.06	0.405	79	1.019	0.06	1.021	79	1.258	0.06	1.315
5 gruppo1	28	0.265	0.034	0.233	28	0.666	0.034	0.588	28	0.822	0.034	0.757
5 gruppo2	39	0.304	0.042	0.286	39	0.763	0.042	0.72	39	0.942	0.042	0.927
6 gruppo1	28	0.265	0.034	0.233	28	0.666	0.034	0.588	28	0.822	0.034	0.757
6 gruppo2	39	0.304	0.042	0.286	39	0.763	0.042	0.72	39	0.942	0.042	0.927
7 gruppo1	712	1	0.147	1	1	0.17	0.001	0.021	712	3.098	0.147	3.246
7 gruppo2	712	1	0.147	1	1	0.17	0.001	0.021	712	3.098	0.147	3.246
8 gruppo1	712	1	0.147	1	1	0.17	0.001	0.021	712	3.098	0.147	3.246
8 gruppo2	712	1	0.147	1	1	0.17	0.001	0.021	712	3.098	0.147	3.246

Periodi di ritorno e livelli di accelerazione al suolo (in rapporto a g) per diversi stati limite  
 Il tabulato non tiene conto delle esclusioni operate con il comando 'Preferenze curva'.

Stato limite	Comb.	Forze	PGA	PGA(q*=3	PGA(20%)	PGA(15%)	Tr	Tr(q*=3	Tr(20%)	Tr(15%)	IR,PGA	IR,Tr
Spostamento di interpiano SLO	1	Gruppo1	0.001	0.221	0.221	0.221	1	2475	2475	2475	0.027	0.21
Spostamento di interpiano SLD	1	Gruppo1	0.001	0.221	0.221	0.221	1	2475	2475	2475	0.021	0.17
Rottura a taglio della muratu	5	Gruppo1	0.034	0.159	0.159	0.159	28	895	895	895	0.233	0.265
Rottura a pressoflessione del	5	Gruppo2	0.137	0.158	0.158	0.158	577	879	879	879	0.93	0.917
Superamento drift ultimo per	3	Gruppo2	0.154	0.157	0.157	0.157	807	861	861	861	1.045	1.053
Superamento drift ultimo pres	3	Gruppo2	0.158	0.157	0.157	0.157	881	861	861	861	1.077	1.091
Rottura fuori piano della mur	5	Gruppo1	0.047	0.159	0.159	0.159	48	895	895	895	0.318	0.331
Riduzione taglio del 20%	3	Gruppo2	0.157	0.157	0.157	0.157	861	861	861	861	1.068	1.081

## 10. DETERMINAZIONE DEGLI INDICATORI DI RISCHIO *POST OPERAM*

### 10.1 GENERALITÀ

In questo capitolo vengono calcolati gli indicatori di rischio nella situazione *post operam* della struttura, associati agli stessi meccanismi di collasso considerati nella situazione *ante operam* al § 10.1 della presente relazione.

Per i vari meccanismi si riportano gli interventi previsti in fase di progetto per migliorarne gli aspetti strutturali e le rispettive tabelle riassuntive del calcolo degli indicatori di rischio per ogni tipologia. Per la descrizione dello schema geometrico e del modello di calcolo dei meccanismi si rimanda ai corrispettivi capitoli al § 10.2 e 10.3 della presente relazione perché non subiscono variazioni significative.

I principali interventi strutturali che influenzano i valori dei coefficienti di rischio sono:

- realizzazione tra il paramento in pietra e i conci in pietra della linda di un cordolo strutturale in muratura armata 36x30 cm, composto da n. 5 strati alternati di ricorsi in mattoni pieni di laterizio e sistema composito realizzato con tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza con resistenza a rottura superiore a 2,35 kN/cm per strato;
- realizzazione di n. 4 tiranti trasversali costituiti da piatti in acciaio S275 di sezione 120x8 mm, integrati nella catena delle capriate, fissati al cordolo in muratura armata e paralleli alle murature del timpano della facciata principale: due tiranti sono inseriti in corrispondenza delle due capriate di estremità della navata e del presbiterio, una in corrispondenza del timpano tra la navata e il presbiterio e l'ultima a metà della navata.

### 10.2 MECCANISMI LOCALI

I meccanismi locali 1, 2 e 3 vengono analizzati con un'analisi cinematica lineare.

#### Meccanismo locale 1

Il meccanismo locale 1 riguarda il ribaltamento semplice fuori piano della torre campanaria per la parte non solidale alla facciata della chiesa.

L'analisi cinematica lineare realizzata per situazione *ante operam* porta a valori degli indicatori di rischio maggiori dell'unità e quindi non sono previsti ulteriori interventi di miglioramento in fase progettuale per la torre campanaria.

Indicatore di rischio PGA <i>post operam</i>	
Ribaltamento delle elevazioni:	Rapporto $a_g$ (capacità / domanda)
3 - 2 - 1	(1,210)
3 - 2	2,361
3	2,005

L'indicatore di rischio minimo per il ribaltamento semplice fuori piano della torre campanaria è pari a 2,005.

#### Meccanismo locale 2

Il meccanismo locale 2 riguarda il ribaltamento semplice fuori piano della parete laterale della navata.

L'analisi cinematica lineare realizzata per la situazione *ante operam* porta ad un valore dell'indicatore di rischio di poco superiori all'unità. Per migliorare il comportamento scatolare della struttura si inseriscono comunque 4 tiranti in acciaio che collegano tra loro le due pareti laterali della navata per tutta la loro lunghezza.

La parete in esame è influenzata della forza di trazione di un unico tirante costituito da un piatto in acciaio S275 di sezione 120x8 mm, che sviluppa una resistenza massima pari a  $120 \times 8 \times 275 / 1,05 = 250$  kN.

Caratterizzazione geometrica dei macroelementi e carichi agenti

Elevazione	Spessore della parete al piano i-esimo $s_i$ [m]	Altezza di interpiano al piano i-esimo $h_i$ [m]	Braccio orizzontale del carico del solaio al piano i-esimo rispetto alla cerniera cilindrica $d_{vi}$ [m]	Quota del baricentro della parete al piano i-esimo $y_{si}$ [m]	Peso proprio della parete al piano i-esimo $W_i$ [kN]	Carico trasmesso dal solaio al piano i-esimo $P_{si}$ [kN]	Azione del tirante al piano i-esimo $T_i$ [kN]
1	0,60	4,23	0,30	2,12	527,70	357,00	250,00

Momento delle azioni stabilizzanti

Momento delle azioni ribaltanti

Ribaltamento delle elevazioni:	Peso proprio delle pareti [kNm]	Carico dei solai [kNm]	Azione dei tiranti [kNm]	Inerzia delle pareti [kNm]	Inerzia dei solai [kNm]
1	158,3	107,1	1057,5	1116,0	1510,1

Calcolo del moltiplicatore di collasso e dell'accelerazione spettrale di innesco del cinematisimo

Ribaltamento delle elevazioni:	Valore di $\alpha_0$	Fattore di Confidenza FC	Massa partecipante $M^*$	Frazione massa partecipante $e^*$	Accelerazione spettrale $a_0^*$ [m/sec <sup>2</sup> ]
1	0,504	1,35	80,360	0,891	4,108

Parametri di calcolo

Fattore di struttura $q$	2,00
Coefficiente di amplificazione topografica $S_T$	1,00
Categoria suolo di fondazione	A
PGA di riferimento $a_g(P_{VR})$ [g] (Domanda)	0,148
Fattore di amplificazione massima dello spettro $F_0$	2,516
Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro $T_c^*$ [sec]	0,331
Fattore di smorzamento $\eta$	1,000
Altezza della struttura $H$ [m]	4,230
Coefficiente di amplificazione stratigrafica $S_s$	1,000
Coefficiente $C_c$	1,000
Fattore di amplificazione locale del suolo di fondazione $S$	1,000
Numero di piani dell'edificio $N$	1
Coefficiente di partecipazione modale $\gamma$	1,000
Primo periodo di vibrazione dell'intera struttura $T_1$ [sec]	0,147

Accelerazione di attivazione del meccanismo (Capacità)

Ribaltamento delle elevazioni:	Baricentro delle linee di vincolo Z [m]	$\psi(Z) = Z/H$	$a_{g(SLV)}$ min(C8DA.4.9; C8A.4.10)
1	-	-	0,837

Indicatore di rischio PGA  
*post operam*

Ribaltamento delle elevazioni:	Rapporto $a_g$ (capacità / domanda)
1	5,659

L'indicatore di rischio minimo per il ribaltamento semplice fuori piano della parete laterale della navata è pari a 5,659.

### Meccanismo locale 3

Il meccanismo locale 3 riguarda la flessione fuori piano orizzontale della parete laterale della navata vincolata alle pareti di controvento e non efficacemente confinata nei riguardi di spostamenti nel piano. L'analisi cinematica lineare realizzata per la situazione *ante operam* porta ad un valore dell'indicatore di rischio inferiore all'unità. Per migliorare il comportamento della parete, ma in generale quello complessivo della struttura, si realizza un cordolo in muratura armata in sommità alle pareti per tutto il perimetro tranne per la parete in facciata a causa della presenza della torre campanaria. Il comportamento scatolare in questa zona viene garantito da uno dei 4 tiranti in acciaio già trattati per il precedente meccanismo di collasso.

L'effetto tirante massimo sulla parete dovuto al cordolo è pari a 250 kN come nel caso del meccanismo locale 3.

Caratterizzazione geometrica dei macroelementi e carichi agenti

Spessore della parete s [m]	Lunghezza della parete (distanza tra le pareti di controvento) L [m]	Altezza della fascia muraria interessata dal cinematismo b [m]	Peso specifico della muratura $g_i$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Carico uniformemente distribuito in testa alla parete $P_v$ [kN/m]	Azione del tirante i-esimo $T_i$ [kN]
0,60	9,90	4,23	21,00	36,10	250,00

Caratterizzazione geometrica della parete di controvento e carichi agenti

Spessore della parete di controvento $s$ [m]	Quota del punto di applicazione della spinta dovuta all'effetto arco orizzontale sulla parete di controvento rispetto alla base $h_H$ [m]	Peso proprio della parete al piano i-esimo $W_i$ [kN]	Valore massimo della reazione alla spinta dell'effetto arco orizzontale, sopportabile dalla parete di controvento $H$ [kN]
0,40	4,23	128,00	238,30

Calcolo del moltiplicatore di collasso e dell'accelerazione spettrale di innesco del cinematisimo

Valore minimo assunto da $\alpha_0$	Valore di $L_1$ per $\alpha_0$ minimo [m]	Fattore di Confidenza FC	Massa partecipante $M^*$	Frazione massa partecipante $e^*$	Accelerazione spettrale $a_0^*$ [m/sec <sup>2</sup> ]
0,131	4,95	1,35	90,178	1,000	0,949

Parametri di calcolo

Fattore di struttura $q$	2,00
Coefficiente di amplificazione topografica $S_T$	1,00
Categoria suolo di fondazione	A
PGA di riferimento $a_g(P_{VR})$ [g] (Domanda)	0,148
Fattore di amplificazione massima dello spettro $F_0$	2,516
Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro $T_C^*$ [sec]	0,331
Fattore di smorzamento $\eta$	1,000
Altezza della struttura $H$ [m]	4,230
Coefficiente di amplificazione stratigrafica $S_S$	1,000
Coefficiente $C_c$	1,000
Fattore di amplificazione locale del suolo di fondazione $S$	1,000
Numero di piani dell'edificio $N$	1
Coefficiente di partecipazione modale $\gamma$	1,000
Primo periodo di vibrazione dell'intera struttura $T_1$ [sec]	0,147

Accelerazione di attivazione del meccanismo (Capacità)

Flessione orizzontale di fascia muraria continua:	Baricentro delle linee di vincolo $Z$ [m]	$\psi(Z) = Z/H$	$a_{g(SLV)}$ min(C8DA.4.9; C8A.4.10)
1	-	-	0,194

Indicatore di rischio PGA  
*post operam*

Flessione orizzontale di fascia muraria continua:	Rapporto $a_g$ (capacità / domanda)
1	1,307

L'indicatore di rischio minimo per la flessione fuori piano orizzontale della parete laterale della navata è pari a 1,307.

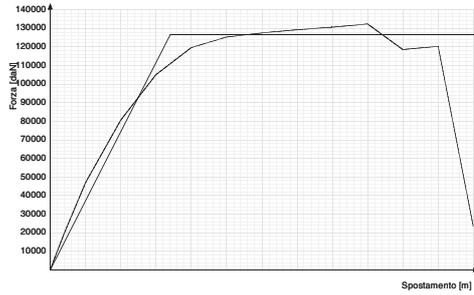
### 10.3 MECCANISMO GLOBALE

In questo capitolo sono raccolte le verifiche afferenti all'analisi statica non lineare dell'opera per la situazione *post operam*.

Nel modello agli elementi finiti sono stati considerati i miglioramenti strutturali discussi in precedenza ed è stata effettuata un'analisi statica non lineare con le medesime combinazioni di calcolo, impostazioni del solutore e modellazione degli elementi trattati al § 10.3 della presente relazione.

## Costruzione curve di capacità

### Combinazione n. 1 gruppo 1



step	forza X	forza Y	spostamento imposto	spostamento imposto	spostamento	pendenza curva
1	0	0	0	0	0	0
2	-65.02	0	0.00013	0	0.00013	7.023
3	-207.93	0	0.00042	0	0.00042	6.944
4	-470.4	0	0.001	0	0.001	6.475
5	-805.74	0	0.002	0	0.002	4.765
6	-1048.95	0	0.003	0	0.003	3.456
7	-1194.55	0	0.004	0	0.004	2.069
8	-1251.97	0	0.005	0	0.005	0.816
9	-1273.8	0	0.006	0	0.006	0.31
10	-1290.07	0	0.007	0	0.007	0.231
11	-1305.56	0	0.008	0	0.008	0.22
12	-1321.24	0	0.009	0	0.009	0.223
13	-1185.18	0	0.01	0	0.01	-1.933
14	-1200.84	0	0.011	0	0.011	0.223
15	-235.41	0	0.012	0	0.012	-13.719

Somma(Mi\*Fi) 261.9

Fattore di partecipazione modale 0.166

Periodo di vibrazione dell'oscillatore bilineare equivalente 0.167

K\* (rigidezza dell'oscillatore bilineare) 371461.469

Fy 1265.74539

Fy\* 76432244.9

dy\* \* Fattore di partecipazione modale 0.00341

dy\* (Fy\*/K\*) 0.02058

Q\* SLV 0.124

Spostamento di risposta SLV 0.00042

Capacita' di spostamento SLV 0.002

Q\* SLO 0.039

Spostamento di risposta SLO 0.00013

Capacita' di spostamento SLO 0.002

Q\* SLD 0.05

Spostamento di risposta SLD 0.00017

Capacita' di spostamento SLD 0

PGA,SLV 0.221

TR,SLV 2475 anni

(TR,SLV/TR,SLV,RIF)^.41 1.667

PGA,SLO 0.221

TR,SLO 2475 anni

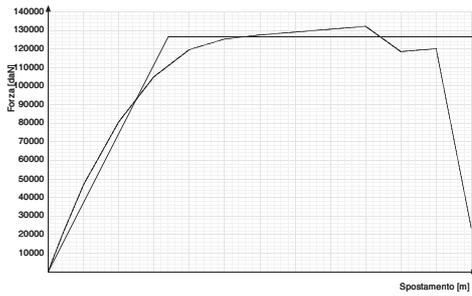
(TR,SLO/TR,SLO,RIF)^.41 5.163

PGA,SLD 0.001

TR,SLD 1 anni

(TR,SLD/TR,SLD,RIF)^.41 0.17

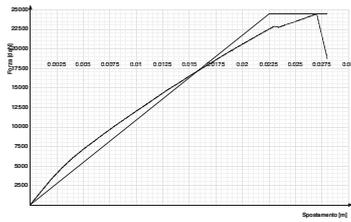
Combinazione n. 2 gruppo 1



step	forza X	forza Y	spostamento imposto	spostamento imposto	spostamento	pendenza curva
1	0	0	0	0	0	0
2	-65.02	0	0.00013	0	0.00013	7.023
3	-207.93	0	0.00042	0	0.00042	6.944
4	-470.4	0	0.001	0	0.001	6.475
5	-805.74	0	0.002	0	0.002	4.765
6	-1048.95	0	0.003	0	0.003	3.456
7	-1194.55	0	0.004	0	0.004	2.069
8	-1251.97	0	0.005	0	0.005	0.816
9	-1273.8	0	0.006	0	0.006	0.31
10	-1290.07	0	0.007	0	0.007	0.231
11	-1305.56	0	0.008	0	0.008	0.22
12	-1321.24	0	0.009	0	0.009	0.223
13	-1185.18	0	0.01	0	0.01	-1.933
14	-1200.84	0	0.011	0	0.011	0.223
15	-235.41	0	0.012	0	0.012	-13.719

Somma (Mi\*Fi) 261.9  
 Fattore di partecipazione modale 0.166  
 Periodo di vibrazione dell'oscillatore bilineare equivalente 0.167  
 K\* (rigidezza dell'oscillatore bilineare) 371461.469  
 Fy 1265.74539  
 Fy\* 76432244.9  
 dy\* \* Fattore di partecipazione modale 0.00341  
 dy\* (Fy\*/K\*) 0.02058  
 Q\* SLV 0.124  
 Spostamento di risposta SLV 0.00042  
 Capacita' di spostamento SLV 0.002  
 Q\* SLO 0.039  
 Spostamento di risposta SLO 0.00013  
 Capacita' di spostamento SLO 0.002  
 Q\* SLD 0.05  
 Spostamento di risposta SLD 0.00017  
 Capacita' di spostamento SLD 0  
 PGA,SLV 0.221  
 TR,SLV 2475 anni  
 (TR,SLV/TR,SLV,RIF)^.41 1.667  
 PGA,SLO 0.221  
 TR,SLO 2475 anni  
 (TR,SLO/TR,SLO,RIF)^.41 5.163  
 PGA,SLD 0.001  
 TR,SLD 1 anni  
 (TR,SLD/TR,SLD,RIF)^.41 0.17

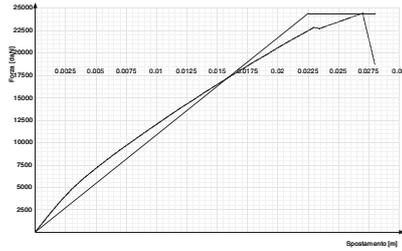
Combinazione n. 3 gruppo 1



step	forza X	forza Y	spostamento imposto	spostamento imposto	spostamento	pendenza curva
1	0	0	0	0	0	0
2	0	-16.87	0	0.001	0.001	0.488
3	0	-33.2	0	0.002	0.002	0.472
4	0	-47.72	0	0.003	0.003	0.42
5	0	-60.17	0	0.004	0.004	0.36
6	0	-71.25	0	0.005	0.005	0.321
7	0	-72.92	0	0.00516	0.00516	0.306
8	0	-81.62	0	0.006	0.006	0.299
9	0	-91.64	0	0.007	0.007	0.29
10	0	-101.42	0	0.008	0.008	0.283
11	0	-110.98	0	0.009	0.009	0.277
12	0	-120.35	0	0.01	0.01	0.271
13	0	-129.53	0	0.011	0.011	0.266
14	0	-138.55	0	0.012	0.012	0.261
15	0	-147.41	0	0.013	0.013	0.256
16	0	-156.15	0	0.014	0.014	0.253
17	0	-164.74	0	0.015	0.015	0.249
18	0	-173.19	0	0.016	0.016	0.244
19	0	-181.52	0	0.017	0.017	0.241
20	0	-189.72	0	0.018	0.018	0.237
21	0	-197.8	0	0.019	0.019	0.234
22	0	-205.76	0	0.02	0.02	0.23
23	0	-213.6	0	0.021	0.021	0.227
24	0	-221.24	0	0.022	0.022	0.221
25	0	-228.62	0	0.023	0.023	0.213
26	0	-227.41	0	0.02343	0.02343	-0.082
27	0	-230.01	0	0.024	0.024	0.131
28	0	-234.65	0	0.025	0.025	0.134
29	0	-239.6	0	0.026	0.026	0.143
30	0	-244.41	0	0.027	0.027	0.139
31	0	-187.22	0	0.028	0.028	-1.654

Somma(Mi\*Fi) 192  
 Fattore di partecipazione modale 0.921  
 Periodo di vibrazione dell'oscillatore bilineare equivalente 0.835  
 K\* (rigidezza dell'oscillatore bilineare) 10862.153  
 Fy 244.40898  
 Fy\* 2653181  
 dy\* \* Fattore di partecipazione modale 0.0225  
 dy\* (Fy\*/K\*) 0.02443  
 Q\* SLV 1.041  
 Spostamento di risposta SLV 0.02343  
 Capacita' di spostamento SLV 0.009  
 Q\* SLO 0.229  
 Spostamento di risposta SLO 0.00516  
 Capacita' di spostamento SLO 0.009  
 Q\* SLD 0.327  
 Spostamento di risposta SLD 0.00736  
 Capacita' di spostamento SLD 0.009  
 PGA,SLV 0.068  
 TR,SLV 105 anni  
 (TR,SLV/TR,SLV,RIF)^.41 0.456  
 PGA,SLO 0.068  
 TR,SLO 105 anni  
 (TR,SLO/TR,SLO,RIF)^.41 1.413  
 PGA,SLD 0.068  
 TR,SLD 105 anni  
 (TR,SLD/TR,SLD,RIF)^.41 1.145

Combinazione n. 4 gruppo 1



step	forza X	forza Y	spostamento imposto	spostamento imposto	spostamento	pendenza curva
1	0	0	0	0	0	0
2	0	-16.87	0	0.001	0.001	0.488
3	0	-33.2	0	0.002	0.002	0.472
4	0	-47.72	0	0.003	0.003	0.42
5	0	-60.17	0	0.004	0.004	0.36
6	0	-71.25	0	0.005	0.005	0.321
7	0	-72.92	0	0.00516	0.00516	0.306
8	0	-81.62	0	0.006	0.006	0.299
9	0	-91.64	0	0.007	0.007	0.29
10	0	-101.42	0	0.008	0.008	0.283
11	0	-110.98	0	0.009	0.009	0.277
12	0	-120.35	0	0.01	0.01	0.271
13	0	-129.53	0	0.011	0.011	0.266
14	0	-138.55	0	0.012	0.012	0.261
15	0	-147.41	0	0.013	0.013	0.256
16	0	-156.15	0	0.014	0.014	0.253
17	0	-164.74	0	0.015	0.015	0.249
18	0	-173.19	0	0.016	0.016	0.244
19	0	-181.52	0	0.017	0.017	0.241
20	0	-189.72	0	0.018	0.018	0.237
21	0	-197.8	0	0.019	0.019	0.234
22	0	-205.76	0	0.02	0.02	0.23
23	0	-213.6	0	0.021	0.021	0.227
24	0	-221.24	0	0.022	0.022	0.221
25	0	-228.62	0	0.023	0.023	0.213
26	0	-227.41	0	0.02343	0.02343	-0.082
27	0	-230.01	0	0.024	0.024	0.131
28	0	-234.65	0	0.025	0.025	0.134
29	0	-239.6	0	0.026	0.026	0.143
30	0	-244.41	0	0.027	0.027	0.139
31	0	-187.22	0	0.028	0.028	-1.654

Somma (Mi\*Pi) 192

Fattore di partecipazione modale 0.921

Periodo di vibrazione dell'oscillatore bilineare equivalente 0.835

K\* (rigidezza dell'oscillatore bilineare) 10862.153

Fy 244.40898

Fy\* 2653181

dy\* \* Fattore di partecipazione modale 0.0225

dy\* (Fy\*/K\*) 0.02443

Q\* SLV 1.041

Spostamento di risposta SLV 0.02343

Capacita' di spostamento SLV 0.009

Q\* SLO 0.229

Spostamento di risposta SLO 0.00516

Capacita' di spostamento SLO 0.009

Q\* SLD 0.327

Spostamento di risposta SLD 0.00736

Capacita' di spostamento SLD 0.009

PGA, SLV 0.068

TR, SLV 105 anni

(TR, SLV/TR, SLV, RIF) ^ .41 0.456

PGA, SLO 0.068

TR, SLO 105 anni

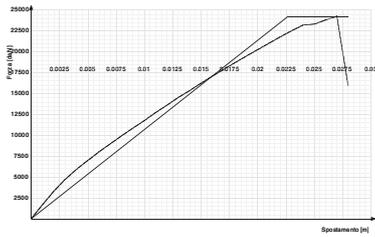
(TR, SLO/TR, SLO, RIF) ^ .41 1.413

PGA, SLD 0.068

TR, SLD 105 anni

(TR, SLD/TR, SLD, RIF) ^ .41 1.145

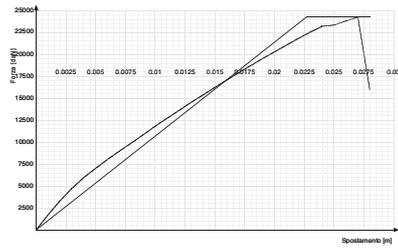
Combinazione n. 5 gruppo 1



step	forza X	forza Y	spostamento imposto	spostamento imposto	spostamento	pendenza curva
1	0	0	0	0	0	0
2	0	16.88	0	0.001	0.001	0.488
3	0	33.09	0	0.002	0.002	0.469
4	0	47.25	0	0.003	0.003	0.41
5	0	59.33	0	0.004	0.004	0.349
6	0	70.06	0	0.005	0.005	0.311
7	0	72.1	0	0.0052	0.0052	0.296
8	0	80.09	0	0.006	0.006	0.289
9	0	89.78	0	0.007	0.007	0.28
10	0	99.28	0	0.008	0.008	0.275
11	0	108.67	0	0.009	0.009	0.272
12	0	117.94	0	0.01	0.01	0.268
13	0	127.12	0	0.011	0.011	0.265
14	0	136.15	0	0.012	0.012	0.261
15	0	145.05	0	0.013	0.013	0.257
16	0	153.78	0	0.014	0.014	0.252
17	0	162.34	0	0.015	0.015	0.248
18	0	170.73	0	0.016	0.016	0.243
19	0	178.95	0	0.017	0.017	0.238
20	0	187.01	0	0.018	0.018	0.233
21	0	194.94	0	0.019	0.019	0.229
22	0	202.74	0	0.02	0.02	0.226
23	0	210.43	0	0.021	0.021	0.222
24	0	217.93	0	0.022	0.022	0.217
25	0	225.18	0	0.023	0.023	0.21
26	0	229.36	0	0.02361	0.02361	0.197
27	0	231.94	0	0.024	0.024	0.193
28	0	233.3	0	0.025	0.025	0.039
29	0	237.9	0	0.026	0.026	0.133
30	0	242.31	0	0.027	0.027	0.128
31	0	159.27	0	0.028	0.028	-2.402

Somma (Mi\*Fi) 192  
 Fattore di partecipazione modale 0.921  
 Periodo di vibrazione dell'oscillatore bilineare equivalente 0.842  
 K\* (rigidezza dell'oscillatore bilineare) 10689.42  
 Fy 242.31293  
 Fy\* 2630427.3  
 dy\* \* Fattore di partecipazione modale 0.02267  
 dy\* (Fy\*/K\*) 0.02461  
 Q\* SLV 1.042  
 Spostamento di risposta SLV 0.02361  
 Capacita' di spostamento SLV 0.02  
 Q\* SLO 0.229  
 Spostamento di risposta SLO 0.0052  
 Capacita' di spostamento SLO 0.02  
 Q\* SLD 0.327  
 Spostamento di risposta SLD 0.00742  
 Capacita' di spostamento SLD 0.01  
 PGA,SLV 0.129  
 TR,SLV 484 anni  
 (TR,SLV/TR,SLV,RIF)^.41 0.854  
 PGA,SLO 0.129  
 TR,SLO 484 anni  
 (TR,SLO/TR,SLO,RIF)^.41 2.644  
 PGA,SLD 0.074  
 TR,SLD 126 anni  
 (TR,SLD/TR,SLD,RIF)^.41 1.234

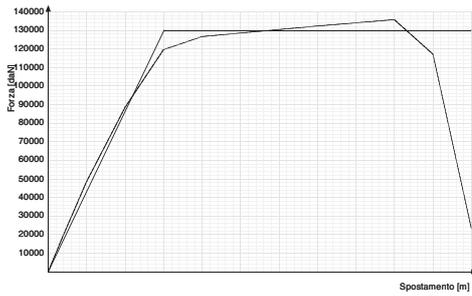
Combinazione n. 6 gruppo 1



step	forza X	forza Y	spostamento imposto	spostamento imposto	spostamento	pendenza curva
1	0	0	0	0	0	0
2	0	16.88	0	0.001	0.001	0.488
3	0	33.09	0	0.002	0.002	0.469
4	0	47.25	0	0.003	0.003	0.41
5	0	59.33	0	0.004	0.004	0.349
6	0	70.06	0	0.005	0.005	0.311
7	0	72.1	0	0.0052	0.0052	0.296
8	0	80.09	0	0.006	0.006	0.289
9	0	89.78	0	0.007	0.007	0.28
10	0	99.28	0	0.008	0.008	0.275
11	0	108.67	0	0.009	0.009	0.272
12	0	117.94	0	0.01	0.01	0.268
13	0	127.12	0	0.011	0.011	0.265
14	0	136.15	0	0.012	0.012	0.261
15	0	145.05	0	0.013	0.013	0.257
16	0	153.78	0	0.014	0.014	0.252
17	0	162.34	0	0.015	0.015	0.248
18	0	170.73	0	0.016	0.016	0.243
19	0	178.95	0	0.017	0.017	0.238
20	0	187.01	0	0.018	0.018	0.233
21	0	194.94	0	0.019	0.019	0.229
22	0	202.74	0	0.02	0.02	0.226
23	0	210.43	0	0.021	0.021	0.222
24	0	217.93	0	0.022	0.022	0.217
25	0	225.18	0	0.023	0.023	0.21
26	0	229.36	0	0.02361	0.02361	0.197
27	0	231.94	0	0.024	0.024	0.193
28	0	233.3	0	0.025	0.025	0.039
29	0	237.9	0	0.026	0.026	0.133
30	0	242.31	0	0.027	0.027	0.128
31	0	159.27	0	0.028	0.028	-2.402

Somma(Mi\*Fi) 192  
 Fattore di partecipazione modale 0.921  
 Periodo di vibrazione dell'oscillatore bilineare equivalente 0.842  
 K\* (rigidezza dell'oscillatore bilineare) 10689.42  
 Fy 242.31293  
 Fy\* 2630427.3  
 dy\* \* Fattore di partecipazione modale 0.02267  
 dy\* (Fy\*/K\*) 0.02461  
 Q\* SLV 1.042  
 Spostamento di risposta SLV 0.02361  
 Capacita' di spostamento SLV 0.02  
 Q\* SLO 0.229  
 Spostamento di risposta SLO 0.0052  
 Capacita' di spostamento SLO 0.02  
 Q\* SLD 0.327  
 Spostamento di risposta SLD 0.00742  
 Capacita' di spostamento SLD 0.01  
 PGA,SLV 0.129  
 TR,SLV 484 anni  
 (TR,SLV/TR,SLV,RIF)^.41 0.854  
 PGA,SLO 0.129  
 TR,SLO 484 anni  
 (TR,SLO/TR,SLO,RIF)^.41 2.644  
 PGA,SLD 0.074  
 TR,SLD 126 anni  
 (TR,SLD/TR,SLD,RIF)^.41 1.234

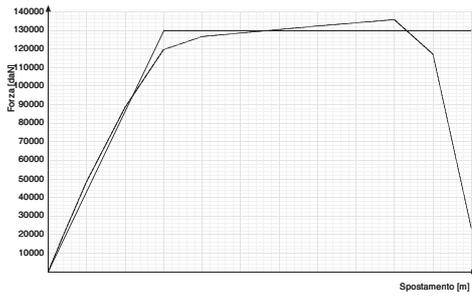
Combinazione n. 7 gruppo 1



step	forza X	forza Y	spostamento imposto	spostamento imposto	spostamento	pendenza curva
1	0	0	0	0	0	0
2	56.03	0	0.00011	0	0.00011	7.015
3	180.19	0	0.00037	0	0.00037	6.992
4	484.36	0	0.001	0	0.001	6.816
5	886.16	0	0.002	0	0.002	5.71
6	1195	0	0.003	0	0.003	4.389
7	1265.8	0	0.004	0	0.004	1.006
8	1284.51	0	0.005	0	0.005	0.266
9	1303.1	0	0.006	0	0.006	0.264
10	1321.69	0	0.007	0	0.007	0.264
11	1339.62	0	0.008	0	0.008	0.255
12	1356.76	0	0.009	0	0.009	0.243
13	1170.87	0	0.01	0	0.01	-2.641
14	235.06	0	0.011	0	0.011	-13.298

Somma(Mi\*Fi) 261.9  
 Fattore di partecipazione modale 0.166  
 Periodo di vibrazione dell'oscillatore bilineare equivalente 0.155  
 K\* (rigidezza dell'oscillatore bilineare) 430551.469  
 Fy 1299.77258  
 Fy\* 78486982.3  
 dy\* \* Fattore di partecipazione modale 0.00302  
 dy\* (Fy\*/K\*) 0.01823  
 Q\* SLV 0.121  
 Spostamento di risposta SLV 0.00037  
 Capacita' di spostamento SLV 0.00037  
 Q\* SLO 0.038  
 Spostamento di risposta SLO 0.00011  
 Capacita' di spostamento SLO 0.00037  
 Q\* SLD 0.048  
 Spostamento di risposta SLD 0.00015  
 Capacita' di spostamento SLD 0  
 PGA,SLV 0.147  
 TR,SLV 712 anni  
 (TR,SLV/TR,SLV,RIF)^.41 1  
 PGA,SLO 0.147  
 TR,SLO 712 anni  
 (TR,SLO/TR,SLO,RIF)^.41 3.098  
 PGA,SLD 0.001  
 TR,SLD 1 anni  
 (TR,SLD/TR,SLD,RIF)^.41 0.17

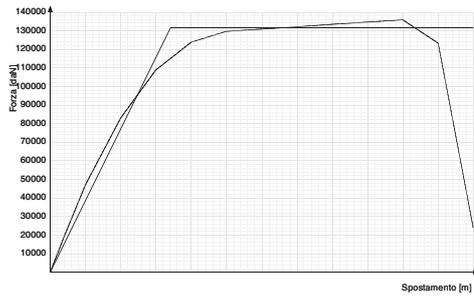
Combinazione n. 8 gruppo 1



step	forza X	forza Y	spostamento imposto	spostamento imposto	spostamento	pendenza curva
1	0	0	0	0	0	0
2	56.03	0	0.00011	0	0.00011	7.015
3	180.19	0	0.00037	0	0.00037	6.992
4	484.36	0	0.001	0	0.001	6.816
5	886.16	0	0.002	0	0.002	5.71
6	1195	0	0.003	0	0.003	4.389
7	1265.8	0	0.004	0	0.004	1.006
8	1284.51	0	0.005	0	0.005	0.266
9	1303.1	0	0.006	0	0.006	0.264
10	1321.69	0	0.007	0	0.007	0.264
11	1339.62	0	0.008	0	0.008	0.255
12	1356.76	0	0.009	0	0.009	0.243
13	1170.87	0	0.01	0	0.01	-2.641
14	235.06	0	0.011	0	0.011	-13.298

Somma (Mi\*Fi) 261.9  
 Fattore di partecipazione modale 0.166  
 Periodo di vibrazione dell'oscillatore bilineare equivalente 0.155  
 K\* (rigidezza dell'oscillatore bilineare) 430551.469  
 Fy 1299.77258  
 Fy\* 78486982.3  
 dy\* \* Fattore di partecipazione modale 0.00302  
 dy\* (Fy\*/K\*) 0.01823  
 Q\* SLV 0.121  
 Spostamento di risposta SLV 0.00037  
 Capacita' di spostamento SLV 0.00037  
 Q\* SLO 0.038  
 Spostamento di risposta SLO 0.00011  
 Capacita' di spostamento SLO 0.00037  
 Q\* SLD 0.048  
 Spostamento di risposta SLD 0.00015  
 Capacita' di spostamento SLD 0  
 PGA,SLV 0.147  
 TR,SLV 712 anni  
 (TR,SLV/TR,SLV,RIF)^.41 1  
 PGA,SLO 0.147  
 TR,SLO 712 anni  
 (TR,SLO/TR,SLO,RIF)^.41 3.098  
 PGA,SLD 0.001  
 TR,SLD 1 anni  
 (TR,SLD/TR,SLD,RIF)^.41 0.17

Combinazione n. 1 gruppo 2



combinazione n. 1 gruppo 2

step	forza X	forza Y	spostamento imposto	spostamento imposto	spostamento	pendenza curva
1	0	0	0	0	0	0
2	-62.52	0	0.00013	0	0.00013	7.014
3	-200.35	0	0.00041	0	0.00041	6.956
4	-473.63	0	0.001	0	0.001	6.563
5	-830.61	0	0.002	0	0.002	5.073
6	-1089.02	0	0.003	0	0.003	3.672
7	-1237.78	0	0.004	0	0.004	2.114
8	-1295.81	0	0.005	0	0.005	0.825
9	-1308.14	0	0.006	0	0.006	0.175
10	-1321.11	0	0.007	0	0.007	0.184
11	-1334.1	0	0.008	0	0.008	0.185
12	-1346.36	0	0.009	0	0.009	0.174
13	-1357.45	0	0.01	0	0.01	0.158
14	-1232.53	0	0.011	0	0.011	-1.775
15	-239.59	0	0.012	0	0.012	-14.11

Somma (Mi\*Fi) 261.9

Fattore di partecipazione modale 0.166

Periodo di vibrazione dell'oscillatore bilineare equivalente 0.164

K\* (rigidezza dell'oscillatore bilineare) 385816.844

Fy 1316.72734

Fy\* 79510798.6

dy\* \* Fattore di partecipazione modale 0.00341

dy\* (Fy\*/K\*) 0.02061

Q\* SLV 0.12

Spostamento di risposta SLV 0.00041

Capacita' di spostamento SLV 0.002

Q\* SLO 0.037

Spostamento di risposta SLO 0.00013

Capacita' di spostamento SLO 0.002

Q\* SLD 0.048

Spostamento di risposta SLD 0.00016

Capacita' di spostamento SLD 0

PGA,SLV 0.221

TR,SLV 2475 anni

(TR,SLV/TR,SLV,RIF)^.41 1.667

PGA,SLO 0.221

TR,SLO 2475 anni

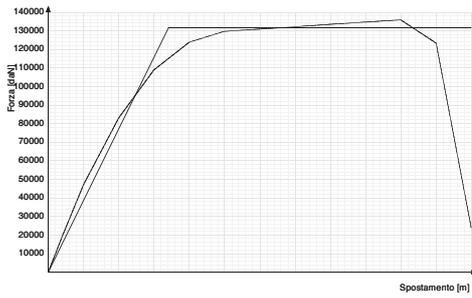
(TR,SLO/TR,SLO,RIF)^.41 5.163

PGA,SLD 0.001

TR,SLD 1 anni

(TR,SLD/TR,SLD,RIF)^.41 0.17

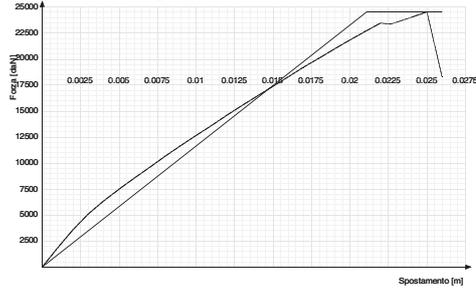
Combinazione n. 2 gruppo 2



step	forza X	forza Y	spostamento imposto	spostamento imposto	spostamento	pendenza curva
1	0	0	0	0	0	0
2	-62.52	0	0.00013	0	0.00013	7.014
3	-200.35	0	0.00041	0	0.00041	6.956
4	-473.63	0	0.001	0	0.001	6.563
5	-830.61	0	0.002	0	0.002	5.073
6	-1089.02	0	0.003	0	0.003	3.672
7	-1237.78	0	0.004	0	0.004	2.114
8	-1295.81	0	0.005	0	0.005	0.825
9	-1308.14	0	0.006	0	0.006	0.175
10	-1321.11	0	0.007	0	0.007	0.184
11	-1334.1	0	0.008	0	0.008	0.185
12	-1346.36	0	0.009	0	0.009	0.174
13	-1357.45	0	0.01	0	0.01	0.158
14	-1232.53	0	0.011	0	0.011	-1.775
15	-239.59	0	0.012	0	0.012	-14.11

Somma(Mi\*Fi) 261.9  
 Fattore di partecipazione modale 0.166  
 Periodo di vibrazione dell'oscillatore bilineare equivalente 0.164  
 K\* (rigidezza dell'oscillatore bilineare) 385816.844  
 Fy 1316.72734  
 Fy\* 79510798.6  
 dy\* \* Fattore di partecipazione modale 0.00341  
 dy\* (Fy\*/K\*) 0.02061  
 Q\* SLV 0.12  
 Spostamento di risposta SLV 0.00041  
 Capacita' di spostamento SLV 0.002  
 Q\* SLO 0.037  
 Spostamento di risposta SLO 0.00013  
 Capacita' di spostamento SLO 0.002  
 Q\* SLD 0.048  
 Spostamento di risposta SLD 0.00016  
 Capacita' di spostamento SLD 0  
 PGA,SLV 0.221  
 TR,SLV 2475 anni  
 (TR,SLV/TR,SLV,RIF)^.41 1.667  
 PGA,SLO 0.221  
 TR,SLO 2475 anni  
 (TR,SLO/TR,SLO,RIF)^.41 5.163  
 PGA,SLD 0.001  
 TR,SLD 1 anni  
 (TR,SLD/TR,SLD,RIF)^.41 0.17

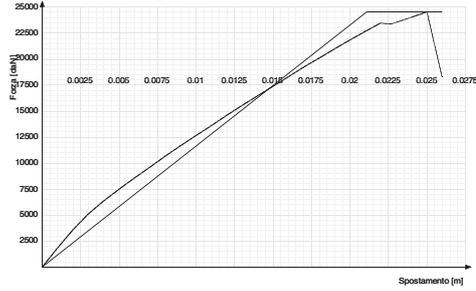
Combinazione n. 3 gruppo 2



step	forza X	forza Y	spostamento imposto	spostamento imposto	spostamento	pendenza curva
1	0	0	0	0	0	0
2	0	-18.29	0	0.001	0.001	0.529
3	0	-35.75	0	0.002	0.002	0.505
4	0	-50.86	0	0.003	0.003	0.437
5	0	-63.57	0	0.004	0.004	0.368
6	0	-74.76	0	0.00498	0.00498	0.329
7	0	-74.93	0	0.005	0.005	0.317
8	0	-85.68	0	0.006	0.006	0.311
9	0	-96.14	0	0.007	0.007	0.303
10	0	-106.42	0	0.008	0.008	0.297
11	0	-116.53	0	0.009	0.009	0.293
12	0	-126.46	0	0.01	0.01	0.287
13	0	-136.22	0	0.011	0.011	0.282
14	0	-145.84	0	0.012	0.012	0.278
15	0	-155.32	0	0.013	0.013	0.274
16	0	-164.68	0	0.014	0.014	0.271
17	0	-173.91	0	0.015	0.015	0.267
18	0	-183.03	0	0.016	0.016	0.264
19	0	-192.04	0	0.017	0.017	0.261
20	0	-200.92	0	0.018	0.018	0.257
21	0	-209.69	0	0.019	0.019	0.254
22	0	-218.27	0	0.02	0.02	0.248
23	0	-226.58	0	0.021	0.021	0.241
24	0	-234.52	0	0.022	0.022	0.23
25	0	-233.41	0	0.02264	0.02264	-0.051
26	0	-235.28	0	0.023	0.023	0.149
27	0	-240.08	0	0.024	0.024	0.139
28	0	-245.38	0	0.025	0.025	0.153
29	0	-183.1	0	0.026	0.026	-1.802

Somma(Mi\*Fi) 192  
 Fattore di partecipazione modale 0.921  
 Periodo di vibrazione dell'oscillatore bilineare equivalente 0.807  
 K\* (rigidezza dell'oscillatore bilineare) 11631.353  
 Fy 245.38096  
 Fy\* 2663732.3  
 dy\* \* Fattore di partecipazione modale 0.0211  
 dy\* (Fy\*/K\*) 0.0229  
 Q\* SLV 1.073  
 Spostamento di risposta SLV 0.02264  
 Capacita' di spostamento SLV 0.01  
 Q\* SLO 0.236  
 Spostamento di risposta SLO 0.00498  
 Capacita' di spostamento SLO 0.01  
 Q\* SLD 0.337  
 Spostamento di risposta SLD 0.00711  
 Capacita' di spostamento SLD 0.01  
 PGA,SLV 0.076  
 TR,SLV 135 anni  
 (TR,SLV/TR,SLV,RIF)^.41 0.506  
 PGA,SLO 0.076  
 TR,SLO 135 anni  
 (TR,SLO/TR,SLO,RIF)^.41 1.567  
 PGA,SLD 0.076  
 TR,SLD 135 anni  
 (TR,SLD/TR,SLD,RIF)^.41 1.27

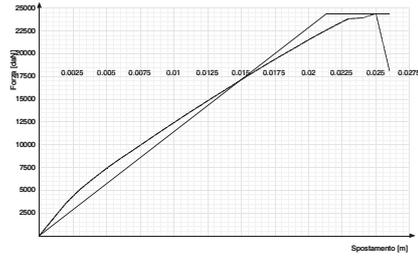
Combinazione n. 4 gruppo 2



step	forza X	forza Y	spostamento imposto	spostamento imposto	spostamento	pendenza curva
1	0	0	0	0	0	0
2	0	-18.29	0	0.001	0.001	0.529
3	0	-35.75	0	0.002	0.002	0.505
4	0	-50.86	0	0.003	0.003	0.437
5	0	-63.57	0	0.004	0.004	0.368
6	0	-74.76	0	0.00498	0.00498	0.329
7	0	-74.93	0	0.005	0.005	0.317
8	0	-85.68	0	0.006	0.006	0.311
9	0	-96.14	0	0.007	0.007	0.303
10	0	-106.42	0	0.008	0.008	0.297
11	0	-116.53	0	0.009	0.009	0.293
12	0	-126.46	0	0.01	0.01	0.287
13	0	-136.22	0	0.011	0.011	0.282
14	0	-145.84	0	0.012	0.012	0.278
15	0	-155.32	0	0.013	0.013	0.274
16	0	-164.68	0	0.014	0.014	0.271
17	0	-173.91	0	0.015	0.015	0.267
18	0	-183.03	0	0.016	0.016	0.264
19	0	-192.04	0	0.017	0.017	0.261
20	0	-200.92	0	0.018	0.018	0.257
21	0	-209.69	0	0.019	0.019	0.254
22	0	-218.27	0	0.02	0.02	0.248
23	0	-226.58	0	0.021	0.021	0.241
24	0	-234.52	0	0.022	0.022	0.23
25	0	-233.41	0	0.02264	0.02264	-0.051
26	0	-235.28	0	0.023	0.023	0.149
27	0	-240.08	0	0.024	0.024	0.139
28	0	-245.38	0	0.025	0.025	0.153
29	0	-183.1	0	0.026	0.026	-1.802

Somma(Mi\*Fi) 192  
 Fattore di partecipazione modale 0.921  
 Periodo di vibrazione dell'oscillatore bilineare equivalente 0.807  
 K\* (rigidezza dell'oscillatore bilineare) 11631.353  
 Fy 245.38096  
 Fy\* 2663732.3  
 dy\* \* Fattore di partecipazione modale 0.0211  
 dy\* (Fy\*/K\*) 0.0229  
 Q\* SLV 1.073  
 Spostamento di risposta SLV 0.02264  
 Capacita' di spostamento SLV 0.01  
 Q\* SLO 0.236  
 Spostamento di risposta SLO 0.00498  
 Capacita' di spostamento SLO 0.01  
 Q\* SLD 0.337  
 Spostamento di risposta SLD 0.00711  
 Capacita' di spostamento SLD 0.01  
 PGA,SLV 0.076  
 TR,SLV 135 anni  
 (TR,SLV/TR,SLV,RIF)^.41 0.506  
 PGA,SLO 0.076  
 TR,SLO 135 anni  
 (TR,SLO/TR,SLO,RIF)^.41 1.567  
 PGA,SLD 0.076  
 TR,SLD 135 anni  
 (TR,SLD/TR,SLD,RIF)^.41 1.27

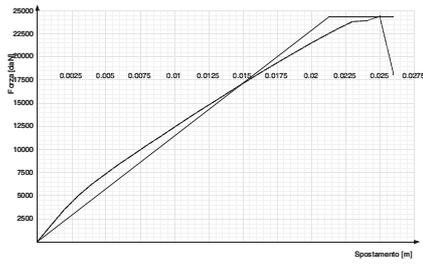
Combinazione n. 5 gruppo 2



step	forza X	forza Y	spostamento imposto	spostamento imposto	spostamento	pendenza curva
1	0	0	0	0	0	0
2	0	18.3	0	0.001	0.001	0.529
3	0	35.61	0	0.002	0.002	0.501
4	0	50.34	0	0.003	0.003	0.426
5	0	62.75	0	0.004	0.004	0.359
6	0	73.81	0	0.005	0.005	0.32
7	0	74.11	0	0.00503	0.00503	0.308
8	0	84.24	0	0.006	0.006	0.301
9	0	94.36	0	0.007	0.007	0.293
10	0	104.32	0	0.008	0.008	0.288
11	0	114.18	0	0.009	0.009	0.285
12	0	123.96	0	0.01	0.01	0.283
13	0	133.65	0	0.011	0.011	0.28
14	0	143.25	0	0.012	0.012	0.278
15	0	152.73	0	0.013	0.013	0.274
16	0	162.08	0	0.014	0.014	0.271
17	0	171.28	0	0.015	0.015	0.266
18	0	180.33	0	0.016	0.016	0.262
19	0	189.24	0	0.017	0.017	0.258
20	0	197.99	0	0.018	0.018	0.253
21	0	206.59	0	0.019	0.019	0.249
22	0	215.02	0	0.02	0.02	0.244
23	0	223.21	0	0.021	0.021	0.237
24	0	231.04	0	0.022	0.022	0.226
25	0	236.96	0	0.02284	0.02284	0.205
26	0	238.22	0	0.023	0.023	0.223
27	0	238.8	0	0.024	0.024	0.017
28	0	243.79	0	0.025	0.025	0.144
29	0	181.16	0	0.026	0.026	-1.812

Somma(Mi\*Fi) 192  
 Fattore di partecipazione modale 0.921  
 Periodo di vibrazione dell'oscillatore bilineare equivalente 0.814  
 K\* (rigidezza dell'oscillatore bilineare) 11428.891  
 Fy 243.79426  
 Fy\* 2646507.9  
 dy\* \* Fattore di partecipazione modale 0.02133  
 dy\* (Fy\*/K\*) 0.02316  
 Q\* SLV 1.071  
 Spostamento di risposta SLV 0.02284  
 Capacita' di spostamento SLV 0.019  
 Q\* SLO 0.236  
 Spostamento di risposta SLO 0.00503  
 Capacita' di spostamento SLO 0.019  
 Q\* SLD 0.336  
 Spostamento di risposta SLD 0.00718  
 Capacita' di spostamento SLD 0.011  
 PGA,SLV 0.127  
 TR,SLV 465 anni  
 (TR,SLV/TR,SLV,RIF)^.41 0.84  
 PGA,SLO 0.127  
 TR,SLO 465 anni  
 (TR,SLO/TR,SLO,RIF)^.41 2.601  
 PGA,SLD 0.082  
 TR,SLD 160 anni  
 (TR,SLD/TR,SLD,RIF)^.41 1.361

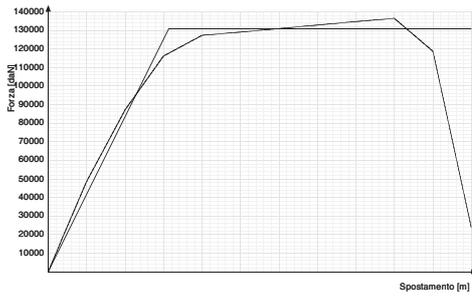
Combinazione n. 6 gruppo 2



step	forza X	forza Y	spostamento imposto	spostamento imposto	spostamento	pendenza curva
1	0	0	0	0	0	0
2	0	18.3	0	0.001	0.001	0.529
3	0	35.61	0	0.002	0.002	0.501
4	0	50.34	0	0.003	0.003	0.426
5	0	62.75	0	0.004	0.004	0.359
6	0	73.81	0	0.005	0.005	0.32
7	0	74.11	0	0.00503	0.00503	0.308
8	0	84.24	0	0.006	0.006	0.301
9	0	94.36	0	0.007	0.007	0.293
10	0	104.32	0	0.008	0.008	0.288
11	0	114.18	0	0.009	0.009	0.285
12	0	123.96	0	0.01	0.01	0.283
13	0	133.65	0	0.011	0.011	0.28
14	0	143.25	0	0.012	0.012	0.278
15	0	152.73	0	0.013	0.013	0.274
16	0	162.08	0	0.014	0.014	0.271
17	0	171.28	0	0.015	0.015	0.266
18	0	180.33	0	0.016	0.016	0.262
19	0	189.24	0	0.017	0.017	0.258
20	0	197.99	0	0.018	0.018	0.253
21	0	206.59	0	0.019	0.019	0.249
22	0	215.02	0	0.02	0.02	0.244
23	0	223.21	0	0.021	0.021	0.237
24	0	231.04	0	0.022	0.022	0.226
25	0	236.96	0	0.02284	0.02284	0.205
26	0	238.22	0	0.023	0.023	0.223
27	0	238.8	0	0.024	0.024	0.017
28	0	243.79	0	0.025	0.025	0.144
29	0	181.16	0	0.026	0.026	-1.812

Somma(Mi\*Pi) 192  
 Fattore di partecipazione modale 0.921  
 Periodo di vibrazione dell'oscillatore bilineare equivalente 0.814  
 K\* (rigidezza dell'oscillatore bilineare) 11428.891  
 Fy 243.79426  
 Fy\* 2646507.9  
 dy\* \* Fattore di partecipazione modale 0.02133  
 dy\* (Fy\*/K\*) 0.02316  
 Q\* SLV 1.071  
 Spostamento di risposta SLV 0.02284  
 Capacita' di spostamento SLV 0.019  
 Q\* SLO 0.236  
 Spostamento di risposta SLO 0.00503  
 Capacita' di spostamento SLO 0.019  
 Q\* SLD 0.336  
 Spostamento di risposta SLD 0.00718  
 Capacita' di spostamento SLD 0.011  
 PGA,SLV 0.127  
 TR,SLV 465 anni  
 (TR,SLV/TR,SLV,RIF)^.41 0.84  
 PGA,SLO 0.127  
 TR,SLO 465 anni  
 (TR,SLO/TR,SLO,RIF)^.41 2.601  
 PGA,SLD 0.082  
 TR,SLD 160 anni  
 (TR,SLD/TR,SLD,RIF)^.41 1.361

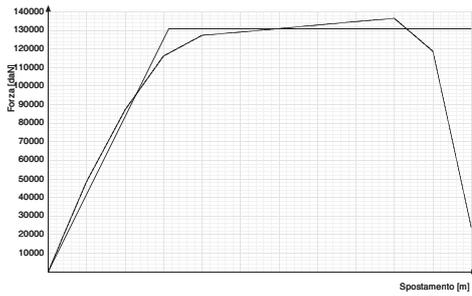
Combinazione n. 7 gruppo 2



step	forza X	forza Y	spostamento imposto	spostamento imposto	spostamento	pendenza curva
1	0	0	0	0	0	0
2	57.74	0	0.00012	0	0.00012	7.006
3	185.61	0	0.00038	0	0.00038	6.98
4	484.14	0	0.001	0	0.001	6.814
5	871.92	0	0.002	0	0.002	5.51
6	1159.61	0	0.003	0	0.003	4.088
7	1271.45	0	0.004	0	0.004	1.589
8	1289.86	0	0.005	0	0.005	0.262
9	1308.41	0	0.006	0	0.006	0.264
10	1327.3	0	0.007	0	0.007	0.268
11	1346.02	0	0.008	0	0.008	0.266
12	1363.98	0	0.009	0	0.009	0.255
13	1186.73	0	0.01	0	0.01	-2.519
14	239.34	0	0.011	0	0.011	-13.463

Somma(Mi\*Fi) 261.9  
 Fattore di partecipazione modale 0.166  
 Periodo di vibrazione dell'oscillatore bilineare equivalente 0.157  
 K\* (rigidezza dell'oscillatore bilineare) 417293.844  
 Fy 1306.69281  
 Fy\* 78904861.8  
 dy\* \* Fattore di partecipazione modale 0.00313  
 dy\* (Fy\*/K\*) 0.01891  
 Q\* SLV 0.121  
 Spostamento di risposta SLV 0.00038  
 Capacita' di spostamento SLV 0.00038  
 Q\* SLO 0.037  
 Spostamento di risposta SLO 0.00012  
 Capacita' di spostamento SLO 0.00038  
 Q\* SLD 0.048  
 Spostamento di risposta SLD 0.00015  
 Capacita' di spostamento SLD 0  
 PGA,SLV 0.147  
 TR,SLV 712 anni  
 (TR,SLV/TR,SLV,RIF)^.41 1  
 PGA,SLO 0.147  
 TR,SLO 712 anni  
 (TR,SLO/TR,SLO,RIF)^.41 3.098  
 PGA,SLD 0.001  
 TR,SLD 1 anni  
 (TR,SLD/TR,SLD,RIF)^.41 0.17

Combinazione n. 8 gruppo 2



step	forza X	forza Y	spostamento imposto	spostamento imposto	spostamento	pendenza curva
1	0	0	0	0	0	0
2	57.74	0	0.00012	0	0.00012	7.006
3	185.61	0	0.00038	0	0.00038	6.98
4	484.14	0	0.001	0	0.001	6.814
5	871.92	0	0.002	0	0.002	5.51
6	1159.61	0	0.003	0	0.003	4.088
7	1271.45	0	0.004	0	0.004	1.589
8	1289.86	0	0.005	0	0.005	0.262
9	1308.41	0	0.006	0	0.006	0.264
10	1327.3	0	0.007	0	0.007	0.268
11	1346.02	0	0.008	0	0.008	0.266
12	1363.98	0	0.009	0	0.009	0.255
13	1186.73	0	0.01	0	0.01	-2.519
14	239.34	0	0.011	0	0.011	-13.463

Somma(Mi\*Fi) 261.9

Fattore di partecipazione modale 0.166

Periodo di vibrazione dell'oscillatore bilineare equivalente 0.157

K\* (rigidezza dell'oscillatore bilineare) 417293.844

Fy 1306.69281

Fy\* 78904861.8

dy\* \* Fattore di partecipazione modale 0.00313

dy\* (Fy\*/K\*) 0.01891

Q\* SLV 0.121

Spostamento di risposta SLV 0.00038

Capacita' di spostamento SLV 0.00038

Q\* SLO 0.037

Spostamento di risposta SLO 0.00012

Capacita' di spostamento SLO 0.00038

Q\* SLD 0.048

Spostamento di risposta SLD 0.00015

Capacita' di spostamento SLD 0

PGA,SLV 0.147

TR,SLV 712 anni

(TR,SLV/TR,SLV,RIF)^.41 1

PGA,SLO 0.147

TR,SLO 712 anni

(TR,SLO/TR,SLO,RIF)^.41 3.098

PGA,SLD 0.001

TR,SLD 1 anni

(TR,SLD/TR,SLD,RIF)^.41 0.17

## Riepilogo dei risultati

Riepilogo dei risultati

comb.	forze	domanda S	capacit?	q* SLV	Verifica	domanda S	capacit?	q* SLD	Verifica	domanda S	capacit?	q* SLO	Verifica
1	Gruppo2	0.00041	0.002	0.12	Si	0.00016	0	0.05	No	0.00013	0.002	0.04	Si
2	Gruppo2	0.00041	0.002	0.12	Si	0.00016	0	0.05	No	0.00013	0.002	0.04	Si
3	Gruppo2	0.02264	0.01	1.07	No	0.00711	0.01	0.34	Si	0.00498	0.01	0.24	Si
4	Gruppo2	0.02264	0.01	1.07	No	0.00711	0.01	0.34	Si	0.00498	0.01	0.24	Si
5	Gruppo2	0.02284	0.019	1.07	No	0.00718	0.011	0.34	Si	0.00503	0.019	0.24	Si
6	Gruppo2	0.02284	0.019	1.07	No	0.00718	0.011	0.34	Si	0.00503	0.019	0.24	Si
7	Gruppo2	0.00038	0.00038	0.12	Si	0.00015	0	0.05	No	0.00012	0.00038	0.04	Si
8	Gruppo2	0.00038	0.00038	0.12	Si	0.00015	0	0.05	No	0.00012	0.00038	0.04	Si
1	Gruppo1	0.00042	0.002	0.12	Si	0.00017	0	0.05	No	0.00013	0.002	0.04	Si
2	Gruppo1	0.00042	0.002	0.12	Si	0.00017	0	0.05	No	0.00013	0.002	0.04	Si
3	Gruppo1	0.02343	0.009	1.04	No	0.00736	0.009	0.33	Si	0.00516	0.009	0.23	Si
4	Gruppo1	0.02343	0.009	1.04	No	0.00736	0.009	0.33	Si	0.00516	0.009	0.23	Si
5	Gruppo1	0.02361	0.02	1.04	No	0.00742	0.01	0.33	Si	0.0052	0.02	0.23	Si
6	Gruppo1	0.02361	0.02	1.04	No	0.00742	0.01	0.33	Si	0.0052	0.02	0.23	Si
7	Gruppo1	0.00037	0.00037	0.12	Si	0.00015	0	0.05	No	0.00011	0.00037	0.04	Si
8	Gruppo1	0.00037	0.00037	0.12	Si	0.00015	0	0.05	No	0.00011	0.00037	0.04	Si

Periodi di ritorno e livelli di accelerazione al suolo (in rapporto a g) minimi per ogni curva di capacita'

Il tabulato tiene conto delle esclusioni operate con il comando 'Preferenze curva'.

Comb.	TR, SLV	IR, TR, SLV	PGA, SLV	IR, PGA, SLV	TR, SLD	IR, TR, SLD	PGA, SLD	IR, PGA, SLD	TR, SLO	IR, TR, SLO	PGA, SLO	IR, PGA, SLO
1 gruppo1	2475	1.667	0.221	1.504	1	0.17	0.001	0.021	2475	5.163	0.221	4.883
1 gruppo2	2475	1.667	0.221	1.504	1	0.17	0.001	0.021	2475	5.163	0.221	4.883
2 gruppo1	2475	1.667	0.221	1.504	1	0.17	0.001	0.021	2475	5.163	0.221	4.883
2 gruppo2	2475	1.667	0.221	1.504	1	0.17	0.001	0.021	2475	5.163	0.221	4.883
3 gruppo1	105	0.456	0.068	0.461	105	1.145	0.068	1.161	105	1.413	0.068	1.495
3 gruppo2	135	0.506	0.076	0.516	135	1.27	0.076	1.301	135	1.567	0.076	1.676
4 gruppo1	105	0.456	0.068	0.461	105	1.145	0.068	1.161	105	1.413	0.068	1.495
4 gruppo2	135	0.506	0.076	0.516	135	1.27	0.076	1.301	135	1.567	0.076	1.676
5 gruppo1	484	0.854	0.129	0.874	126	1.234	0.074	1.261	484	2.644	0.129	2.838
5 gruppo2	465	0.84	0.127	0.862	160	1.361	0.082	1.413	465	2.601	0.127	2.797
6 gruppo1	484	0.854	0.129	0.874	126	1.234	0.074	1.261	484	2.644	0.129	2.838
6 gruppo2	465	0.84	0.127	0.862	160	1.361	0.082	1.413	465	2.601	0.127	2.797
7 gruppo1	712	1	0.147	1	1	0.17	0.001	0.021	712	3.098	0.147	3.246
7 gruppo2	712	1	0.147	1	1	0.17	0.001	0.021	712	3.098	0.147	3.246
8 gruppo1	712	1	0.147	1	1	0.17	0.001	0.021	712	3.098	0.147	3.246
8 gruppo2	712	1	0.147	1	1	0.17	0.001	0.021	712	3.098	0.147	3.246

Periodi di ritorno e livelli di accelerazione al suolo (in rapporto a g) per diversi stati limite

Il tabulato non tiene conto delle esclusioni operate con il comando 'Preferenze curva'.

Stato limite	Comb.	Forze	PGA	PGA (q*=3)	PGA (20%)	PGA (15%)	Tr	Tr (q*=3)	Tr (20%)	Tr (15%)	IR, PGA	IR, Tr
Spostamento di interpiano SLO	1	Gruppo1	0.001	0.221			1	2475			0.027	0.21
Spostamento di interpiano SLD	1	Gruppo1	0.001	0.221			1	2475			0.021	0.17
Rottura a taglio della muratu	3	Gruppo1	0.068	0.169			105	1074			0.461	0.456
Rottura a pressoflessione del	5	Gruppo2	0.158	0.162			879	945			1.076	1.09
Superamento drift ultimo per	5	Gruppo2	0.158	0.162			879	945			1.076	1.09
Superamento drift ultimo pres	5	Gruppo2	0.163	0.162			964	945			1.111	1.132
Rottura fuori piano della mur	5	Gruppo1	0.05	0.167			55	1026			0.34	0.35
Riduzione taglio del 20%	5	Gruppo2	0.162	0.162			945	945			1.104	1.123

## 11. SINTESI DEI MINIMI INDICATORI DI RISCHIO

Si riporta il riepilogo dei minimi indicatori di rischio per la struttura derivanti dall'analisi dei meccanismi di collasso locali e globali.

Gli indicatori di rischio globali sono stati determinati mediante analisi statica non lineare dell'intero manufatto, mentre gli indicatori locali derivano dall'analisi cinematica lineare dei meccanismi di collasso ritenuti maggiormente significativi per il caso in esame.

A livello locale invece verranno considerati solamente gli indicatori di rischio derivanti da un'analisi cinematica lineare.

### Legenda meccanismi globali

SLO: Superamento dello spostamento limite di interpiano SLO;

SLD: Superamento dello spostamento limite di interpiano SLD.

SLV\_20: Riduzione del taglio del 20% nella curva di capacità [SLV];

Analisi per meccanismi globali				
Stato limite	Indicatori di rischio stato di fatto		Indicatori di rischio stato di progetto	
	IR,PGA	IR,Tr	IR,PGA	IR,Tr
SLO	0,027	0,210	0,027	0,210
SLD	0,021	0,170	0,021	0,170
SLV_20	1,068	1,081	1,104	1,123

### Legenda meccanismi locali

- meccanismo locale 1: ribaltamento semplice fuori piano della torre campanaria per la parte non solidale alla facciata della chiesa;
- meccanismo locale 2: ribaltamento semplice fuori piano della parete laterale della navata;
- meccanismo locale 3: flessione fuori piano orizzontale della parete laterale della navata non efficacemente confinata;

Analisi per meccanismi locali		
Meccanismo di collasso locale	Indicatore di rischio stato di fatto	Indicatore di rischio stato di progetto
1	2,005	2,005
2	1,135	5,659
3	0,033	1,307

In accordo con la Sezione C della "Scheda sinottica dell'intervento" di cui alla circ. n. 15 d.d. 30/4/2015 del MiBACT vengono proposte le tabelle conclusive sugli interventi di miglioramento sismico.

Valutazione del livello di sicurezza ante e post operam (analisi globale)

Indicatori di sicurezza ante operam		
		valore assunto per il coefficiente $\alpha$ : 0,41
Stato limite	Rapporto tra le accelerazioni	Rapporto fra i periodi di ritorno
di salvaguardia della vita ( $\alpha_{SLV}$ )	$(PGA_{CLV} / PGA_{DLV}) = 1,068$	$(TR_{CLV} / TR_{DLV})^\alpha = 1,081$
di danno ( $\alpha_{SLD}$ )	$(PGA_{CLD} / PGA_{DLD}) = 0,021$	$(TR_{CLD} / TR_{DLD})^\alpha = 0,170$
di operatività ( $\alpha_{SLO}$ )	$(PGA_{CLO} / PGA_{DLO}) = 0,027$	$(TR_{CLO} / TR_{DLO})^\alpha = 0,210$

Indicatori di sicurezza post operam		
		valore assunto per il coefficiente $\alpha$ : 0,41
Stato limite	Rapporto tra le accelerazioni	Rapporto fra i periodi di ritorno
di salvaguardia della vita ( $\alpha_{SLV}$ )	$(PGA_{CLV} / PGA_{DLV}) = 1,104$	$(TR_{CLV} / TR_{DLV})^\alpha = 1,123$
di danno ( $\alpha_{SLD}$ )	$(PGA_{CLD} / PGA_{DLD}) = 0,027$	$(TR_{CLD} / TR_{DLD})^\alpha = 0,210$
di operatività ( $\alpha_{SLO}$ )	$(PGA_{CLO} / PGA_{DLO}) = 0,027$	$(TR_{CLO} / TR_{DLO})^\alpha = 0,210$

Minimo moltiplicatore di collasso ante e post operam (analisi per meccanismi locali)

ante operam $\lambda = 0,033$	post operam $\lambda = 1,307$
-------------------------------	-------------------------------

## 12. GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

I principali elementi strutturali sono stati predimensionati a carichi verticali prima della modellazione e del calcolo mediante il codice agli elementi finiti.

I risultati scaturiti dall'elaborazione sono stati tutti ricontrrollati e oggetto di riflessione critica.

Le sollecitazioni prodotte da alcune combinazioni di carico di prova hanno prodotto valori prossimi a quelli ricavabili adottando consolidate formulazioni ricavate dalla Scienza delle Costruzioni. Anche le deformazioni risultano prossime ai valori attesi. Il dimensionamento e le verifiche di sicurezza hanno determinato risultati che sono in linea con casi di comprovata validità e confortati anche dall'esperienza.

A titolo esemplificativo per l'analisi statica lineare si riporta la stima del momento flettente sollecitante della combinazione sismica SLV per la capriata di interasse massimo.

La forza d'inerzia sismica attribuita alla capriata mediante una forza distribuita orizzontalmente sul puntone, è stimata moltiplicando i carichi permanenti strutturali (0,84 kN/m) e portati (8,7 kN/m) che competono alla larghezza tributaria della capriata (1,5 m) per l'ordinata spettrale dello spettro di progetto:  $S_D(T_1) = 0,372$  g.

Azione pseudostatica orizzontale:  $9,54 \text{ [kN/m]} * 0,372 \text{ [g]} = 3,54 \text{ kN/m}$ .

Nella combinazione SLV sono considerati anche i carichi permanenti strutturali e portati applicati verticalmente sul puntone.

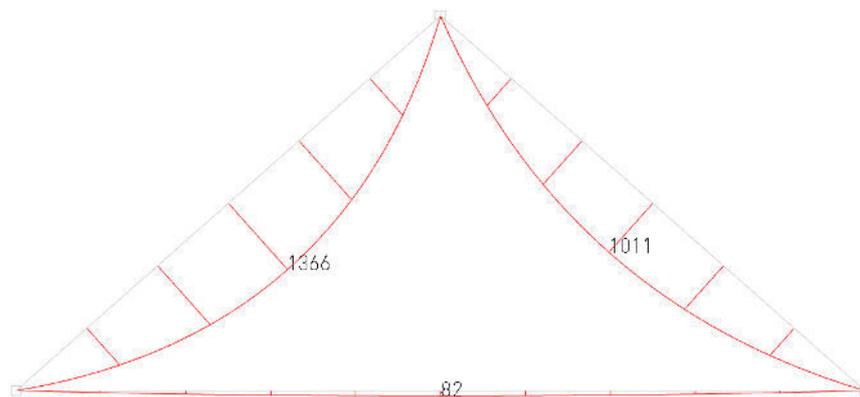
Carichi verticali sismici competenti al puntone: 8,94 kN/m.

Per determinare il momento massimo agente sul puntone si calcolano le componenti dei carichi orizzontali e verticali che lo generano:

Componente dell'azione pseudostatica:  $3,54 * \sin(42) = 2,36 \text{ kN/m}$

Componente dei carichi verticali sismici:  $8,94 * \cos(42) = 6,64 \text{ kN/m}$

Il carico totale sul puntone è dunque pari a 9,00 kN/m, che su una luce di 3,5 m crea un momento pari a 13,78 kNm confrontabile con quelle del programma di calcolo pari a 13,66 kNm.



*Involucro sollecitazioni aste M3 per la combinazione SLV (valori in kNm)*

## 13. PIANO DI MANUTENZIONE DELLA PARTE STRUTTURALE DELL'OPERA

### 13.1 ELEMENTI IN LEGNO

#### **Prestazioni da verificare**

##### Estetica

Descrizione: Capacità del materiale o del componente di mantenere inalterato l'aspetto esteriore.

##### Funzionalità

Capacità del materiale o del componente di garantire il funzionamento e l'efficienza previsti in fase di progetto.

##### Resistenza meccanica e stabilità

Capacità dell'opera di sopportare i carichi prevedibili senza dar luogo a crollo totale o parziale, deformazioni inammissibili, deterioramenti di sue parti o degli impianti fissi, danneggiamenti anche conseguenti ad eventi accidentali ma comunque prevedibili.

##### Durabilità

Capacità di materiali e strutture di conservare le caratteristiche fisiche e meccaniche dei materiali e delle strutture.

#### **Anomalie riscontrabili**

##### Attacco biologico

Descrizione: Attacco di funghi, muffe e carie (di tipo bruna o bianca), con relativa formazione di macchie, depositi o putrefazione sugli strati superficiali del legno visibili anche con alterazioni cromatiche; degrado delle parti in legno, dovuto ad insetti xilofagi, che si può manifestare con la formazione di alveoli o piccole cavità

Cause: Esposizione prolungata all'azione diretta degli agenti atmosferici e a fattori ambientali esterni; infiltrazioni di acqua e/o umidità in microfessure o cavità presenti sulla superficie dell'elemento; attacco fungino dovuto al distacco e alla perdita della vernice protettiva; scarsa ventilazione

Effetto: Putrefazione e disgregazione del legno che nel caso di carie bruna diventa friabile e inconsistente, mentre nel caso di carie bianca il materiale mantiene la sua struttura fibrosa ma perde peso, diventa molle e si spezza facilmente senza però essere friabile; diminuzione della sezione resistente.

Risorse necessarie: Trattamenti specifici, attrezzature manuali e speciali, vernici, sostanze fungicide, antitarlo e/o antimuffa.

##### Deformazioni eccessive

Descrizione: Presenza di evidenti ed eccessive deformazioni geometriche e/o morfologiche dell'elemento strutturale.

Cause: Mutamenti di carico e/o eccessivi carichi permanenti; eventuali modifiche dell'assetto geometrico della struttura.

Effetto: Perdita della stabilità e della resistenza dell'elemento strutturale.

Risorse necessarie: Nuovi elementi, componenti di rinforzo, attrezzature speciali, opere provvisoriale.

##### Deterioramento

Descrizione: Deterioramento e degrado dell'elemento strutturale in legno con la formazione di microfessure, screpolature, sfogliamenti e distacchi di materiale.

Cause: Esposizione agli agenti atmosferici; invecchiamento; minime sollecitazioni meccaniche esterne; cause esterne.

Effetto: Esposizione agli agenti atmosferici e/o biologici; riduzione, nel tempo, delle sezioni resistenti

con conseguente perdita di stabilità dell'elemento strutturale

Risorse necessarie: Applicazione di prodotti protettivi impregnanti, trattamenti specifici, resine, vernici, attrezzature manuali.

#### Lesioni

Descrizione: Rotture che si manifestano con l'interruzione del tessuto strutturale dell'elemento, le cui caratteristiche e andamento ne definiscono l'importanza e il tipo

Cause: Le lesioni e le rotture si manifestano quando lo sforzo a cui è sottoposto l'elemento strutturale supera la resistenza corrispondente del materiale.

Effetto: Perdita della stabilità e della resistenza dell'elemento strutturale.

Risorse necessarie: Attrezzature manuali, nuovi elementi, rinforzi, sottofondazioni locali, opere provvisoriale.

#### Umidità

Descrizione: Presenza di chiazze o zone di umidità sull'elemento, dovute all'assorbimento di acqua.

Cause: Presenza di microfratture, screpolature o cavità sulla superficie dell'elemento in legno; esposizione prolungata all'azione diretta degli agenti atmosferici e a fattori ambientali esterni.

Effetto: Variazione di volume dell'elemento e conseguente disgregazione con perdita di resistenza e stabilità.

### **Controlli**

#### Controllo a cura di personale specializzato

Descrizione: Controllo della consistenza dell'elemento strutturale, della presenza di lesioni o distacchi di materiale. Controllo della compattezza interna del materiale per evidenziare eventuali attacchi da funghi o da insetti che si sviluppano sotto la superficie dell'elemento. Verifica dell'integrità e perpendicolarità della struttura e delle possibili zone di terreno direttamente interessate dalla stessa.

Modalità d'uso: A vista e/o con l'ausilio di strumentazione idonea.

Frequenza: Anni

Esecutore: Ditta specializzata

#### Controllo a vista

Descrizione: Controllo dell'aspetto, del degrado e dell'integrità delle superfici dell'elemento strutturale e dei giunti, controllo della presenza di eventuali macchie, di umidità, di attacco biologico, rigonfiamenti o di alterazioni cromatiche della superficie.

Modalità d'uso: A vista

Frequenza: Anni

Esecutore: Utente

### **Interventi**

#### Applicazione trattamenti protettivi

Descrizione: Trattamenti protettivi della superficie lignea con prodotti antitarlo, fungicidi, antimuffa o anche prodotti di carattere ignifugo o idrorepellente. I trattamenti vanno eseguiti su superfici precedentemente pulite.

#### Pulizia delle superfici in legno

Descrizione: Pulizia e asportazione delle parti degradate e marcite della superficie dell'elemento di legno, attraverso pulizia meccanica, manuale o ad aria compressa in funzione del tipo e dell'entità del

degrado.

#### Ricostruzione parti mancanti

Descrizione: Ripristino o ricostruzione di parti mancanti o degradate dell'elemento strutturale attraverso sistemi misti con utilizzo di armature metalliche e prodotti a base di resine o con elementi in vetroresina.

#### Ricostruzione testata trave

Descrizione: Rifacimento della testata di una trave danneggiata o fatiscente attraverso l'impiego di un getto di betoncino utilizzando apposite resine e armature metalliche opportunamente dimensionate.

#### Rinforzo elemento

Descrizione: Trattamenti di rinforzo e consolidamento localizzati o estesi da eseguirsi dopo una approfondita valutazione delle cause del difetto accertato e considerando che le lesioni, eventualmente presenti, siano stabilizzate o meno: - fissaggio di barre in acciaio in appositi incavi realizzati nelle zone lesionate, attraverso l'impiego di resine epossidiche o altri prodotti specifici; - placcaggio esterno delle zone lesionate con l'uso di lamiere in acciaio o altro materiale; - applicazione di prodotti consolidanti di vario tipo come resine epossidiche, acriliche, poliuretatiche, ecc..

## 13.2 ELEMENTI LINEARI IN ACCIAIO (TRAVI, COLONNE, CONTROVENTI)

### **Prestazioni da verificare**

#### Estetica

Capacità del materiale o del componente di mantenere inalterato l'aspetto esteriore.

#### Funzionalità

Capacità del materiale o del componente di garantire il funzionamento e l'efficienza previsti in fase di progetto.

#### Resistenza meccanica

Capacità del materiale di rimanere integro e non mostrare deformazioni rilevanti sotto l'azione di sollecitazioni superiori a quelle di progetto.

### **Anomalie riscontrabili**

#### Corrosione

Decadimento dei materiali metallici a causa della combinazione con sostanze presenti nell'ambiente (ossigeno, acqua, anidride carbonica, ecc.). Formazione di striature di ruggine, con successiva possibile macchiatura del profilato per colature, aspetto degradato.

#### Deformazione

Alterazione duratura dell'aspetto e della configurazione, misurabile dalla variazione delle distanze tra i suoi punti o reso evidente da rigonfiamenti, distacchi, lesioni.

#### Imbozzamento

Deformazione dell'elemento localizzata in prossimità dell'ala e/o dell'anima

### **Controlli eseguibili da personale specializzato**

Controllare, con cadenza annuale, l'assenza di deformazioni eccessive o un grado di ossidazione superiore all'1% della superficie.

### **Manutenzioni eseguibili da personale specializzato**

Gli interventi riparativi e/o di sostituzione dei singoli elementi dovranno effettuarsi a seconda del tipo di anomalia riscontrata e previa diagnosi delle cause del difetto accertato.

## 13.3 UNIONI BULLONATE E SALDATE

### **Prestazioni da verificare**

#### Resistenza alla corrosione

Gli elementi metallici utilizzati per le unioni non devono decadere in processi di corrosione se sottoposti all'azione dell'acqua e del gelo.

#### Funzionalità

Capacità del materiale o del componente di garantire il funzionamento e l'efficienza previsti in fase di progetto.

#### Resistenza meccanica

Capacità del materiale di rimanere integro e non mostrare deformazioni rilevanti sotto l'azione di

sollecitazioni superiori a quelle di progetto.

### **Anomalie riscontrabili**

#### Allentamento

Allentamento dei giunti rispetto alle tenute di serraggio.

#### Corrosione

Decadimento dei materiali metallici a causa della combinazione con sostanze presenti nell'ambiente (ossigeno, acqua, anidride carbonica, ecc.).

#### Cricca

Fenditura sottile e profonda del materiale costituente alla saldatura dovuta ad errori di esecuzione.

#### Interruzione

Interruzione dei cordoni di saldatura e mancanza di continuità tra le parti.

#### Rifollamento

Deformazione dei fori delle lamiere, predisposti per le unioni, dovute alla variazione delle azioni esterne sulla struttura e/o ad errori progettuali e/o costruttivi.

#### Rottura

Rottura dei cordoni di saldatura e mancanza di continuità tra le parti.

#### Strappamento

Rottura dell'elemento dovute a sollecitazioni assiali che superano la capacità di resistenza del materiale.

#### Tranciamento

Rottura dell'elemento dovute a sollecitazioni taglienti che superano la capacità di resistenza del materiale.

### **Controlli eseguibili da personale specializzato**

Controllare, con cadenza annuale, gli elementi di giunzione tra le parti e verificare la giusta tenuta di serraggio. Controllare la continuità delle parti saldate e l'assenza di anomalie evidenti.

### **Manutenzioni eseguibili da personale specializzato**

Gli interventi riparativi dovranno effettuarsi a seconda del tipo di anomalia riscontrata e previa diagnosi delle cause del difetto accertato. Potranno riguardare il ripristino delle tenute di serraggio tra gli elementi, la sostituzione di eventuali elementi corrosi o degradati con altri di analoghe caratteristiche, la rimozione delle saldature difettose e la loro sostituzione con nuove saldature.

Trieste, giugno 2017

dott. ing. Silverio Pipolo

Il progettista strutturale