



**I CHIOSTRI DEL CORREGGIO  
RISTRUTTURAZIONE DEL PARCO DI S. PAOLO E  
COMPLETAMENTO DEI LAVORI DEL CHIOSTRO DELLA  
FONTANA E PARTI ADIACENTI  
CUP: I94E20002040004 - CIG: 8883768D42**



**PROGETTO ESECUTIVO**

titolo elaborato:

Relazione di calcolo strutturale  
edificio servizi e piano  
manutenzione delle strutture

TAVOLA:

serie	numero
<b>S</b>	<b>01</b>
formato	A4
scala	
file:	

# RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

<b>1</b>	<b>ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE .....</b>	<b>7</b>
<b>1.1</b>	<b>PREMESSA. ....</b>	<b>7</b>
	• DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DI PROGETTO.....	7
	• CARATTERISTICHE E RILIEVO TOPOGRAFICO DEL SITO .....	8
<b>1.2</b>	<b>ES ANALISI STORICO-CRITICA ED ESITO DEL RILIEVO GEOMETRICO-STRUTTURALE. ....</b>	<b>8</b>
<b>1.3</b>	<b>DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA E CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE, ANALISI E VERIFICA. ....</b>	<b>8</b>
1.3.1	Descrizione generale della struttura e dell'intervento.....	8
1.3.2	Criteri generali di analisi e verifica .....	9
<b>1.4</b>	<b>QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO ADOTTATO. ....</b>	<b>9</b>
<b>1.5</b>	<b>ES LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA.....</b>	<b>9</b>
<b>1.6</b>	<b>AZIONI DI PROGETTO SULLA COSTRUZIONE.....</b>	<b>11</b>
<b>1.7</b>	<b>STATO DI FATTO - CARATTERISTICHE GENERALI DEL MODELLO DI CALCOLO .....</b>	<b>12</b>
1.7.1	Risultati delle analisi.....	15
	• RISULTATI DELL'ANALISI MODALE .....	15
	• RISULTATI DELL'ANALISI STATICA NON SISMICA .....	15
	• RISULTATI DELL'ANALISI SISMICA STATICA LINEARE PER PRESSOFLESSIONE ORTOGONALE.....	17
	• RISULTATI DELL'ANALISI SISMICA STATICA NON LINEARE .....	18
<b>1.8</b>	<b>STATO DI PROGETTO - CARATTERISTICHE GENERALI DEL MODELLO DI CALCOLO .....</b>	<b>20</b>
1.8.1	Risultati delle analisi.....	21
	• RISULTATI DELL'ANALISI MODALE .....	21
	• RISULTATI DELL'ANALISI STATICA NON SISMICA .....	21
	• RISULTATI DELL'ANALISI SISMICA STATICA LINEARE PER PRESSOFLESSIONE ORTOGONALE.....	23
	• RISULTATI DELL'ANALISI SISMICA STATICA NON LINEARE .....	24
<b>1.9</b>	<b>VERIFICHE LOCALI.....</b>	<b>25</b>
1.9.1	Verifica elementi di copertura .....	26
1.9.2	Verifica nuova trave di colmo altana.....	26
1.9.3	Verifica nuovo portale in acciaio zona servizi igienici .....	26
1.9.4	Verifica collegamento colonna HEA140 – soletta in cls.....	26

1.9.5	Verifica trave in acciaio locale cabina elettrica .....	26
1.9.6	Verifica croci di controvento in copertura .....	26
<b>2</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE .....</b>	<b>26</b>
<b>2.1</b>	<b>PREMESSA. ....</b>	<b>27</b>
	• CLASSE D'USO E VITA NOMINALE .....	27
	• CARATTERISTICHE E RILIEVO TOPOGRAFICO DEL SITO .....	27
	• PARAMETRI DI PROGETTO .....	29
<b>2.2</b>	<b>ES ANALISI STORICO-CRITICA ED ESITO DEL RILIEVO GEOMETRICO-STRUTTURALE. ....</b>	<b>29</b>
<b>2.3</b>	<b>DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA E CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE, ANALISI E VERIFICA. ....</b>	<b>29</b>
2.3.1	Descrizione generale della struttura e dell'intervento.....	29
2.3.2	Criteri generali di analisi e verifica .....	30
<b>2.4</b>	<b>QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO ADOTTATO. ....</b>	<b>34</b>
<b>2.5</b>	<b>ES LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA.....</b>	<b>34</b>
<b>2.6</b>	<b>AZIONI DI PROGETTO SULLA COSTRUZIONE.....</b>	<b>36</b>
	• NEVE .....	37
	• VENTO .....	38
<b>2.7</b>	<b>MODELLI NUMERICI.....</b>	<b>39</b>
<b>2.8</b>	<b>INFORMAZIONI SUL CODICE DI CALCOLO. ....</b>	<b>40</b>
	• LICENZA D'USO .....	41
<b>2.9</b>	<b>STATO DI FATTO - CARATTERISTICHE GENERALI DEL MODELLO DI CALCOLO .....</b>	<b>42</b>
	• MODELLAZIONE DEI MASCHI MURARI .....	43
	• MODELLAZIONE DELLE FASCE DI PIANO E DEI SOTTOFINESTRA.....	44
	• MODELLAZIONE DEI SOLAI .....	45
	• MODELLAZIONE DELLE AZIONI .....	45
	• COMBINAZIONI DI CARICO .....	47
	• MODELLAZIONE DEI VINCOLI ESTERNI ED INTERNI.....	50
2.9.2	Risultati delle analisi.....	50
	• RISULTATI DELL'ANALISI MODALE .....	50
	• RISULTATI DELL'ANALISI STATICA NON SISMICA .....	51
	• RISULTATI DELL'ANALISI SISMICA STATICA LINEARE PER PRESSOFLESSIONE ORTOGONALE.....	53
	• RISULTATI DELL'ANALISI SISMICA STATICA NON LINEARE .....	54

2.9.3	Valutazione della sicurezza .....	56
<b>2.10</b>	<b>STATO DI PROGETTO - CARATTERISTICHE GENERALI DEL MODELLO DI CALCOLO .....</b>	<b>61</b>
	• MODELLAZIONE DEI MASCHI MURARI .....	63
	• MODELLAZIONE DEI SOLAI .....	63
	• MODELLAZIONE DELLE AZIONI .....	64
	• MODELLAZIONE DEI VINCOLI ESTERNI ED INTERNI.....	64
2.10.2	Risultati delle analisi.....	64
	• RISULTATI DELL'ANALISI MODALE .....	64
	• RISULTATI DELL'ANALISI STATICA NON SISMICA .....	65
	• RISULTATI DELL'ANALISI SISMICA STATICA LINEARE PER PRESSOFLESSIONE ORTOGONALE.....	67
	• RISULTATI DELL'ANALISI SISMICA STATICA NON LINEARE .....	68
2.10.3	Valutazione della sicurezza .....	69
<b>2.11</b>	<b>VERIFICHE LOCALI .....</b>	<b>76</b>
2.11.1	Verifica elementi di copertura .....	76
2.11.2	Verifica nuova trave di colmo altana.....	78
2.11.3	Verifica nuovo portale in acciaio zona servizi igienici .....	80
2.11.4	Verifica collegamento colonna HEA140 – soletta in cls.....	86
2.11.5	Verifica trave in acciaio locale cabina elettrica .....	90
2.11.6	Verifica croci di controvento in copertura .....	92
<b>2.12</b>	<b>GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI .....</b>	<b>93</b>
<b>3</b>	<b>RELAZIONE SUI MATERIALI .....</b>	<b>95</b>
<b>3.1.</b>	<b>ES RELAZIONE SULLA CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI ESISTENTI .....</b>	<b>95</b>
<b>3.2.</b>	<b>RELAZIONE SULLA CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI NUOVI.....</b>	<b>96</b>
	• CALCESTRUZZO PER PLATEA DI FONDAZIONE INTERNA .....	96
	• ACCIAIO PER C.A. ....	99
	• ACCIAIO PER PROFILI ED ANGOLARI S275JR .....	99
	• BULLONI E TASSELLI CLASSE 8.8 .....	100
	• NUOVE MURATURE IN ELEMENTI DI LATERIZIO SEMIPIENI E MALTA M10.....	100
<b>4</b>	<b>PIANO DI MANUTENZIONE DELLA PARTE STRUTTURALE DELL'OPERA.....</b>	<b>103</b>

<b>5</b>	<b>RELAZIONE SUI RISULTATI SPERIMENTALI – INDAGINI SPECIALISTICHE .....</b>	<b>130</b>
<b>5.1</b>	<b>RELAZIONE GEOLOGICA: INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO .....</b>	<b>130</b>
<b>5.2</b>	<b>RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA CONCERNENTE ALLA "PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE" .....</b>	<b>130</b>
<b>6</b>	<b>VALUTAZIONE DI SICUREZZA .....</b>	<b>133</b>
<b>6.1</b>	<b>CONFRONTO TRA CLASSE DI RISCHIO SISMICO PRE E POST INTERVENTO .....</b>	<b>138</b>
<b>7</b>	<b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA .....</b>	<b>139</b>



# 1 ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

## 1.1 PREMESSA.

La presente relazione attiene il calcolo delle opere strutturali all'interno dell'intervento di miglioramento sismico riguardante l'edificio servizi sito all'interno del Parco di San Paolo, Borgo pietro Giordani 5/A, Comune di Parma (PR).



*Individuazione dell'edificio oggetto d'intervento*

### • Definizione dei parametri di progetto

Sulla base di quanto appena sopra esposto i principali parametri di progetto sono i seguenti:

- Vita nominale ( $V_N$ ): 50 anni
- Classe d'uso della costruzione: II
- Periodo di riferimento ( $V_R$ ): 50 anni
- Categoria del sottosuolo: C
- Categoria topografica ( $T_i$ ): T1
- Amplificazione topografica ( $S_T$ ): 1.0
- Zona sismica del sito: III
- Latitudine: 44.805200
- Longitudine: 10.330370
- Quota: 60 m.s.l.m.

- **Caratteristiche e rilievo topografico del sito**

Per gli aspetti geologici si è fatto riferimento alla relazione geologica redatta dal Dott. Geol. Alberto Trivioli. Da tale relazione allegata alla presente, viene classificato il terreno su cui sorge l'edificio appartenente alla classe C con topografia di tipo T1.

## **1.2 ES ANALISI STORICO-CRITICA ED ESITO DEL RILIEVO GEOMETRICO-STRUTTURALE.**

Per quanto riguarda l'analisi storico-critica dell'edificio servizi interno al Parco di San Paolo si rimanda alla relazione tecnica allegata alla presente.

Sulla base del rilievo geometrico-strutturale eseguito è stato possibile determinare la tipologia degli elementi strutturali caratterizzanti il fabbricato. Si segnala inoltre che il fabbricato si trova in uno stato di degrado materico rilevante, specialmente per quanto riguarda gli elementi di copertura che risultano in alcune parti decadenti. Si rimanda agli elaborati grafici per maggiori dettagli del rilievo geometrico strutturale.

## **1.3 DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA E CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE, ANALISI E VERIFICA.**

### **1.3.1 Descrizione generale della struttura e dell'intervento**

Il fabbricato ha una forma regolare in pianta di dimensioni 25,70m x 2,77m, mentre in altezza è caratterizzato dalla presenza di un'altana che raggiunge l'altezza complessiva di 6m. Le fondazioni sono costituite da un ingrossamento delle murature in mattoni pieni, che costituiscono la struttura portante dell'edificio. Le murature trasversali esterne e quelle a supporto dell'altana sono realizzate in mattoni pieni, mentre quelle che separano i bagni pubblici dagli altri ambienti sono state realizzate in mattone semipieno del tipo Doppio UNI. Tutte le murature trasversali risultano ad oggi prive di un idoneo ammorsamento alla parete di cinta del Parco di San Paolo. Per quanto riguarda la copertura, essa è realizzata in travetti di legno e tavelloni, ed è a due falde sull'altana e monofalda su tutti gli altri locali.

A supporto di quanto descritto per lo stato di fatto, si rimanda agli elaborati grafici di rilievo allegati alla presente.

Le principali modifiche introdotte in fase progettuale riguardano l'inserimento di un portale in acciaio a sostegno dell'altana, la realizzazione di un nuovo muro trasversale nel locale servizi igienici, la chiusura delle aperture finestrate sui due muri trasversali esterni, la demolizione di parete trasversale per far posto alla cabina elettrica ed infine il vincolamento mediante angolari metallici dei muri trasversali al muro di cinta esistente. Inoltre è previsto il rifacimento della copertura esistente in legno lamellare GL24H con inserimento di croci metalliche in falda per scongiurare l'attivazione di cinatismi di ribaltamento fuori dal piano.



A supporto di quanto descritto si rimanda agli elaborati grafici progettuali allegati alla presente.

### **1.3.2 Criteri generali di analisi e verifica**

Il progetto prevede interventi su alcuni componenti strutturali dell'edificio. Per il dettaglio di quest'ultimi si rimanda a quanto contenuto all'interno dei paragrafi successivi ed anche all'interno degli elaborati grafici di progetto allegati alla presente. L'intervento si configura così come descritto all'interno della normativa tecnica di riferimento come intervento di miglioramento sismico.

### **1.4 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO ADOTTATO.**

- D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento Nuove Norme tecniche per le costruzioni";
- Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019, pubblicata in Gazzetta Ufficiale n. 35/2019, con oggetto: "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018"

### **1.5 ES LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA.**

Come si può evincere dalla descrizione della struttura, i materiali esistenti che caratterizzano la struttura oggetto di intervento sono la muratura in mattoni pieni e malta di calce e in minor parte la muratura in mattoni semipieni. Poiché sugli elementi in muratura si sono svolti solamente saggi visivi per consentire di individuare le differenti tipologie di murature e valutare il grado di ammorsamento tra i vari maschi murari, si è scelto in accordo con quanto indicato all'interno della normativa tecnica di riferimento di adottare un livello di conoscenza pari ad 1 a cui corrisponde un fattore di confidenza pari ad 1,35. Inoltre, come da indicazioni della normativa tecnica di riferimento, per questo livello di conoscenza si devono adottare i valori minimi per quanto riguarda le resistenze dei materiali ed i valori medi dei moduli elastici; valori medi tra quelli indicati all'interno della tabella di riferimento tab. C8.5.I. In accordo al livello di conoscenza raggiunto, i parametri meccanici adottati all'interno delle elaborazioni numeriche sono di seguito riportati:

Muratura in mattoni pieni	
<b>Generale</b>	
Nome	Muratura in mattoni pieni
Riferimento	NTC 2018, Tab. C8.5.I
Tipologia	Mattoni pieni e malta di calce
Condizioni	Standard
Fattore di Confidenza	1.35
<b>Moduli elastici</b>	
Valori	Medi
E	1500
G	500
<b>Resistenze</b>	
Valori	Minimi
$f_m$	2.600
$f_{tm}$	0.260
$f_{hm}$	1.300
$\tau_0$	0.050
$f_{vm0}$	0.130
<b>Altre proprietà meccaniche</b>	
w	18.00
$\alpha$	0.000010
$f_b$	10.000
$\mu$	0.577
$\phi$	1.000

***Parametri di calcolo muratura esistente in mattoni pieni***

Generale	
Nome	Muratura esistente Doppio UNI
Riferimento	NTC 2018, Tab. C8.5.I
Tipologia	Mattoni semipieni con malta cementizia
Condizioni	Standard
Fattore di Confidenza	1.35
<b>Moduli elastici</b>	
Valori	Medi
E	4550
G	1138
<b>Resistenze</b>	
Valori	Minimi
$f_m$	5.000
$f_{tm}$	0.500
$f_{hm}$	2.500
$\tau_0$	0.080
$f_{vm0}$	0.200
<b>Altre proprietà meccaniche</b>	
w	15.00
$\alpha$	0.000010
$f_b$	10.000
$\mu$	0.577
$\phi$	1.000

***Parametri di calcolo muratura esistente in Doppio UNI***

Le porzioni di muratura nuova previste allo stato di progetto saranno realizzate mediante mattoni semipieni e malta di calce. Si riportano di seguito i relativi parametri meccanici:

Muratura nuova	
<b>Generale</b>	
Nome	Muratura nuova
Tipologia	Elementi di laterizio semipieni
<b>Moduli elastici</b>	
E	5300
G	2120
<b>Resistenze</b>	
f,k	5.300
f,tm	0.757
f,hk	2.650
$\tau,0$	
f,vk0	0.300
<b>Altre proprietà meccaniche</b>	
w	18.00
$\alpha$	0.000010
f,b	10.000
$\mu$	0.577
$\phi$	1.000
<b>Blocchi e malta</b>	
f,bk	10
f,bk	2
f <sub>m,m</sub>	10

***Parametri nuova muratura SDP***

## 1.6 AZIONI DI PROGETTO SULLA COSTRUZIONE.

Si riportano di seguito i carichi inseriti all'interno del software di calcolo per lo stato di fatto e di progetto, l'unica variazione nei carichi agenti è dovuto al rifacimento del solaio di copertura, come si evince dal confronto sotto riportato:

Solaio di copertura SDF:

**G1:**0.10kN/m<sup>2</sup>

**G2:**1.15kN/m<sup>2</sup>

**Q (Neve):**1.20kN/m<sup>2</sup>

Solaio di copertura SDP:

**G1:**0.15kN/m<sup>2</sup>

**G2:**1.25kN/m<sup>2</sup>

**Q (Neve):**1.20kN/m<sup>2</sup>

Solaio servizi igienici SDF:

**G1:**0.10kN/m<sup>2</sup>

**G2:**0.50kN/m<sup>2</sup>

**Q (Cat.H):**0.50kN/m<sup>2</sup>

Solaio servizi igienici SDP:

**G1:**0.15kN/m<sup>2</sup>

**G2:**0.50kN/m<sup>2</sup>

**Q (Cat.H):**0.50kN/m<sup>2</sup>

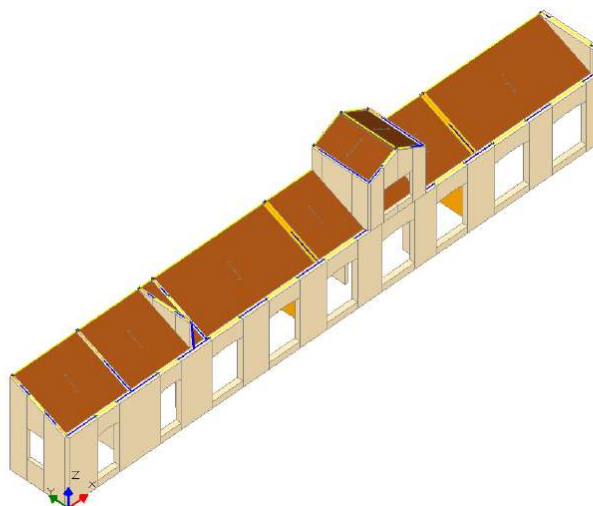
Si riportano di seguito i carichi del vento inseriti all'interno del software di calcolo:

<b>Vento</b>	
Vento +X	Si
Vento +Y	Si
Vento -X	Si
Vento -Y	Si
<b>Pressione del vento</b>	
Pressione X	0.64
Pressione Y	0.64
Depressione X	0.38
Depressione Y	0.00

## 1.7 STATO DI FATTO - CARATTERISTICHE GENERALI DEL MODELLO DI CALCOLO

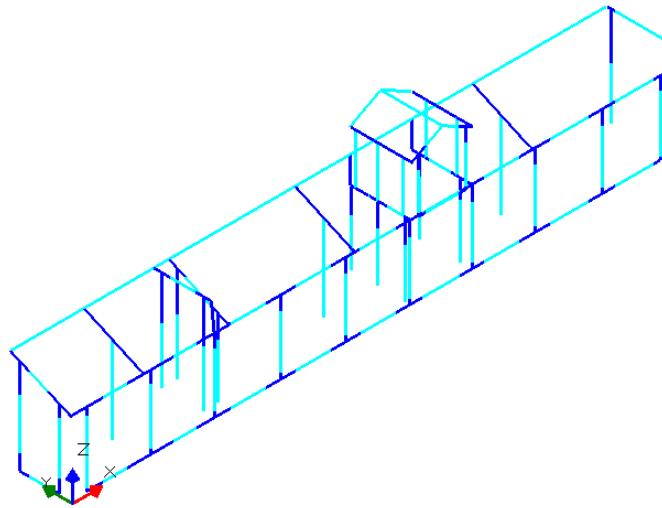
Sulla base delle piante architettoniche e strutturali ricavate dalla documentazione esistente e dal rilievo effettuato è stato realizzato il modello degli elementi architettonici che costituiscono il fabbricato. A questo livello di modellazione sono già state assegnate le corrette sezioni agli elementi resistenti ed i relativi materiali. I materiali che caratterizzano la struttura sono quelli descritti in precedenza nel relativo paragrafo a cui si rimanda.

Di seguito si riportano le immagini del modello di calcolo:

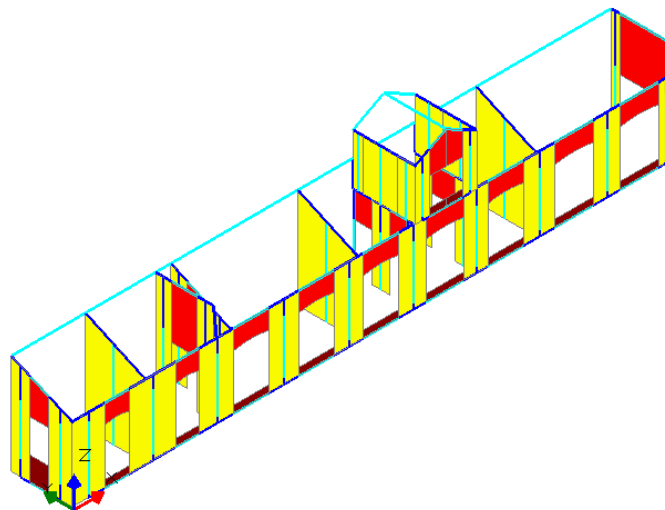


**Vista del modello di calcolo, si può notare la muratura in mattoni pieni in beige ed in mattoni semipieni in arancione.**

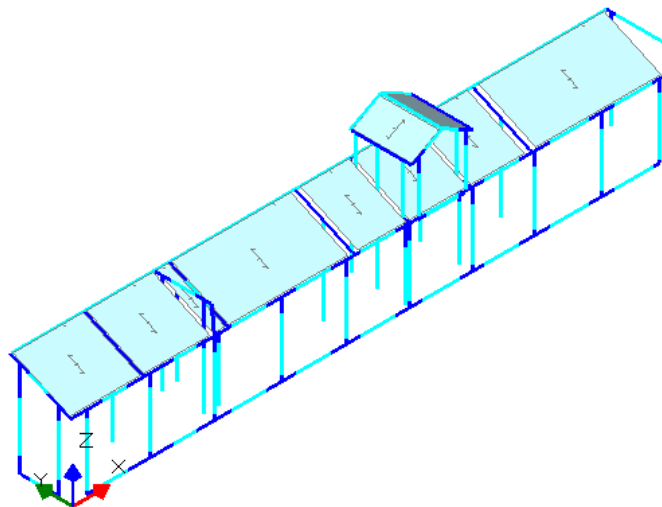
Si è affidato al software l'incombenza di generare il telaio equivalente mediante elementi tipo "beam", allo stesso tempo il software ha provveduto a creare i collegamenti tra i telai mediante link rigidi.



**Vista del modello a telaio equivalente**

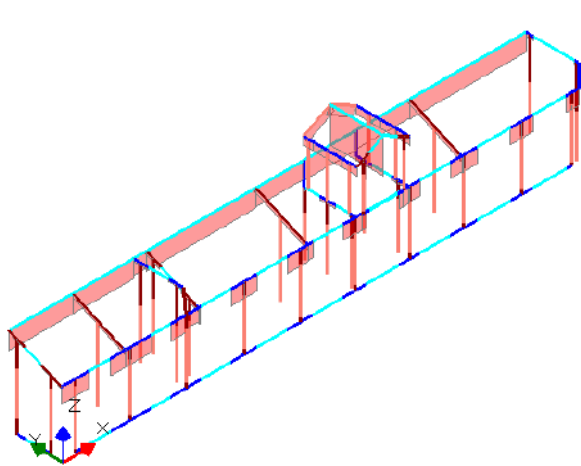


**Vista per tipologia dei modelli di calcolo, in giallo i maschi murari, in rosso le strisce soprafinestra ed in marrone gli elementi sottofinestra.**

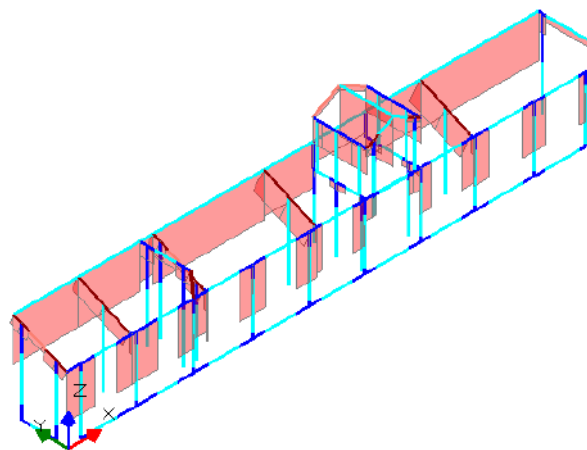


**Vista dei solai della struttura, in azzurro i solai flessibili**

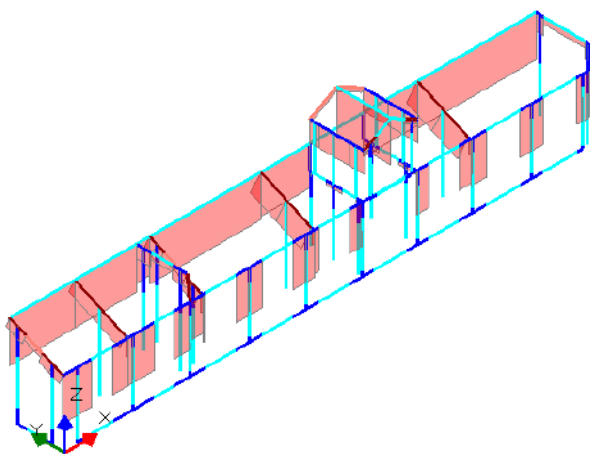
I carichi così come descritti in precedenza sono stati inseriti all'interno del modello di calcolo.



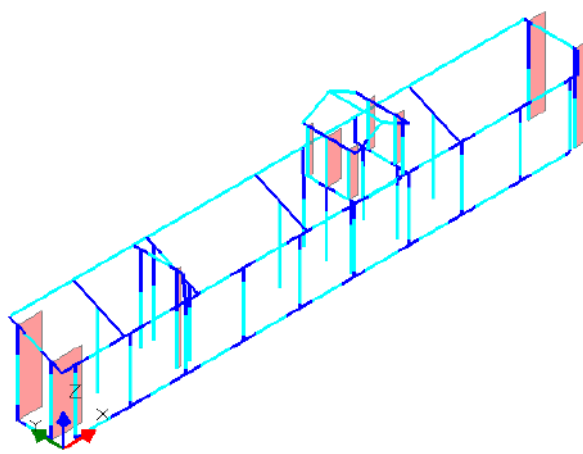
**Carichi dovuti ai pesi propri**



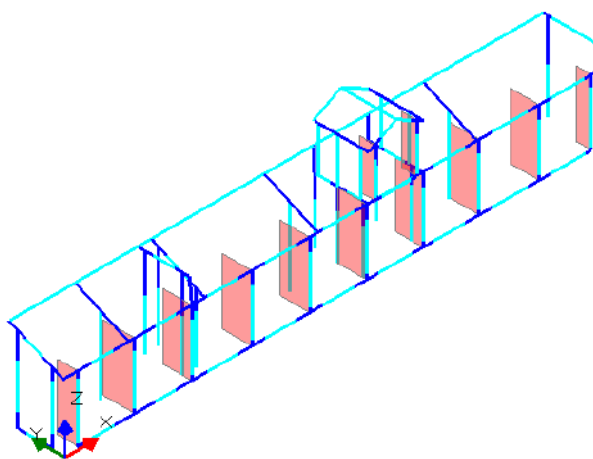
**Carichi dovuti ai pesi permanenti portati**



**Carichi dovuti al carico variabile da neve**



**Carichi dovuti al vento in direzione +X**



**Carichi dovuti al vento in direzione +Y**

Le combinazioni di carico sono state costruite in accordo con quanto indicato all'interno della normativa tecnica di riferimento.

### 1.7.1 Risultati delle analisi

L'obiettivo principale di questa analisi è verificare l'efficacia dell'intervento di miglioramento sismico, per ottenere ciò si è scelto di verificare la struttura in elevazione mediante analisi di tipi sismico non lineare.

- **Risultati dell'analisi modale**

L'analisi dei modi di vibrare ha individuato 75 modi di vibrare che eccitano in totale una massa pari al 98.8% in direzione X ed il 99.8% in direzione Y.

- **Risultati dell'analisi statica NON sismica**

Nelle analisi Lineari, gli elementi in muratura vengono valutati (come detto in precedenza) nei confronti di:

-Pressoflessione Complanare

-Taglio per scorrimento e per fessurazione diagonale

per quanto riguarda le verifiche da condurre nel piano di appartenenza del singolo elemento strutturale,

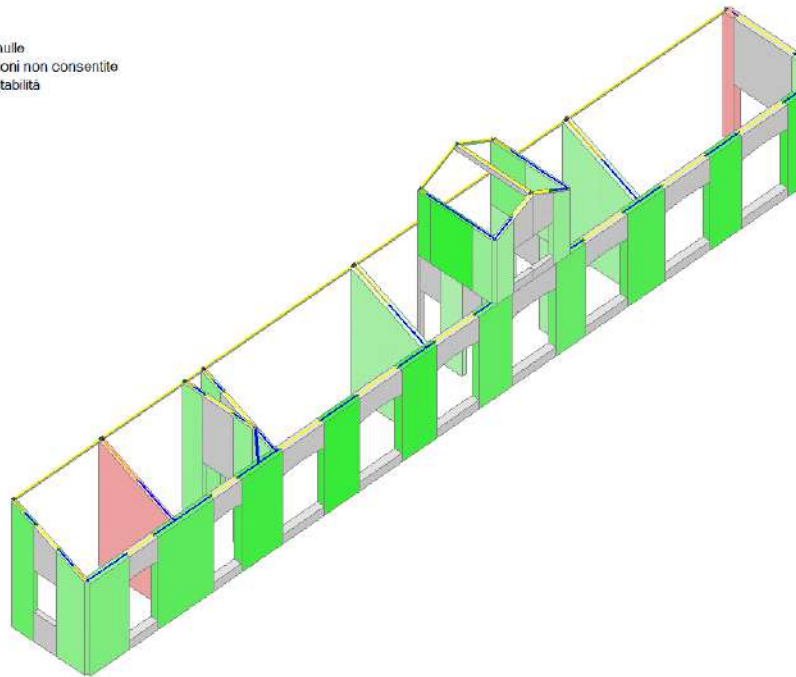
-Pressoflessione ortogonale

per quanto riguarda le verifiche fuori dal piano.

Il software offre una modalità di visualizzazione grafica dei risultati immediata ed efficiente in cui nei confronti della verifica in oggetto il singolo elemento strutturale, assume una colorazione che va dal verde al rosso. Il colore dell'elemento è strettamente correlato al indice di sicurezza, che a sua volta viene calcolato come il rapporto tra la Resistenza offerta dalla sezione e la Sollecitazione agente su di essa, avremo quindi che:

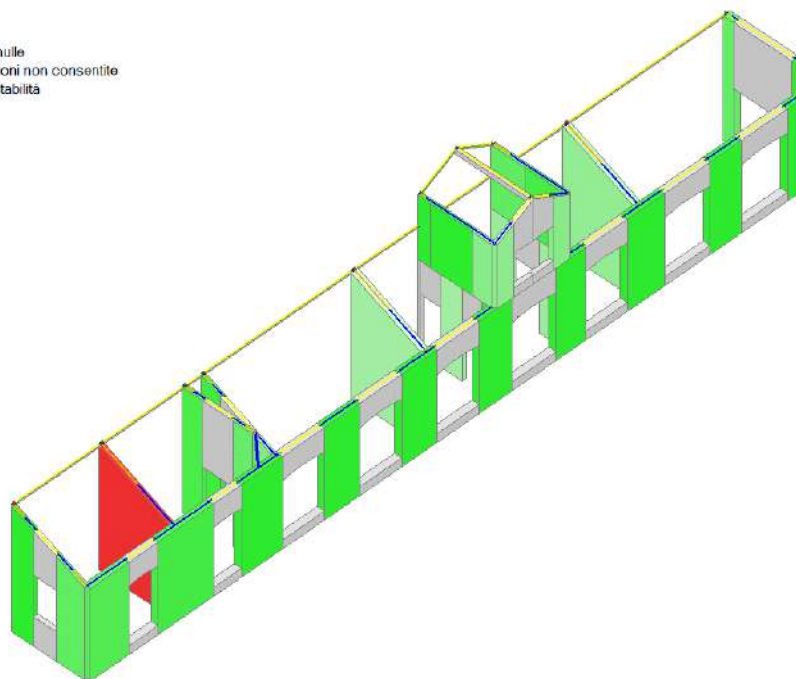
- $S/R < 1$  la sezione sarà verificata ed assumerà una gradazione di colore tendente al verde
  - $S/R > 1$  la sezione NON sarà verificata ed assumerà una gradazione di colore tendente al rosso.
- Più grande sarà il coefficiente di sicurezza (inteso come valore assoluto) più intensa sarà la gradazione cromatica.

- Verifica soddisfatta
- Verifica non soddisfatta
- Verifica soddisfatta per azioni nulle
- Verifica non soddisfatta per azioni non consentite
- Verifica non soddisfatta per instabilità
- Asta non sottoposta a verifica



### Verifica a pressoflessione complanare

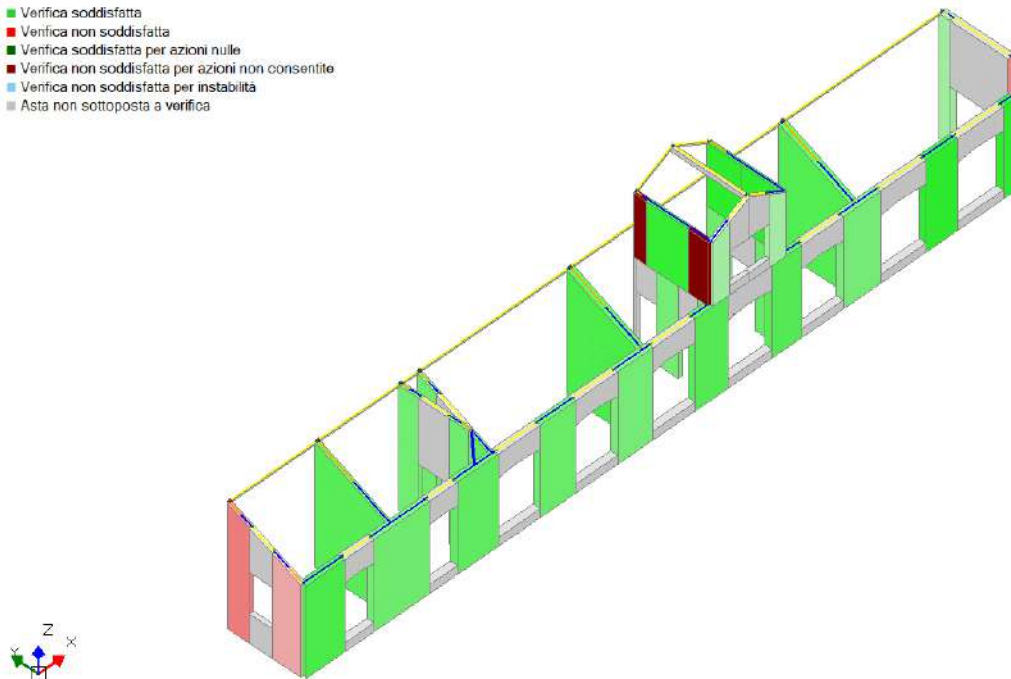
- Verifica soddisfatta
- Verifica non soddisfatta
- Verifica soddisfatta per azioni nulle
- Verifica non soddisfatta per azioni non consentite
- Verifica non soddisfatta per instabilità
- Asta non sottoposta a verifica



### Verifica a taglio



■ Verifica soddisfatta  
 ■ Verifica non soddisfatta  
 ■ Verifica soddisfatta per azioni nulle  
 ■ Verifica non soddisfatta per azioni non consentite  
 ■ Verifica non soddisfatta per instabilità  
 ■ Asta non sottoposta a verifica



### Verifica a pressoflessione ortogonale

Come si può evincere dalle immagini sopra riportate le verifiche non risultano soddisfatte per alcuni maschi trasversali. Tale risultato dipende principalmente dai coefficienti riduttivi introdotti per considerare il livello di conoscenza dei materiali, oltre alla vicinanza alle aperture, per le quali non è stato considerato il contributo resistente di strisce e fasce di piano. Infatti, allo stato rilevato tali maschi non presentano significativi problemi strutturali.

- **Risultati dell'analisi Sismica statica lineare per pressoflessione ortogonale**

Nelle analisi sismiche non si è considerata, ponendosi a favore di sicurezza, la resistenza dei maschi murari fuori dal proprio piano. Occorre però svolgere opportuna verifica a pressoflessione ortogonale per valutare la resistenza degli stessi e valutare il relativo indice di rischio. In particolare l'approccio seguito è riassunto da quanto descritto nel seguito; paragrafo tratto dal manuale di PCM:

**Ipotesi b).** Non si eseguono verifiche in direzione ortogonale. La rigidità trasversale delle pareti è considerata trascurabile, e quindi le pareti sono non reagenti a sollecitazioni flessionali e taglianti in direzione ortogonale.

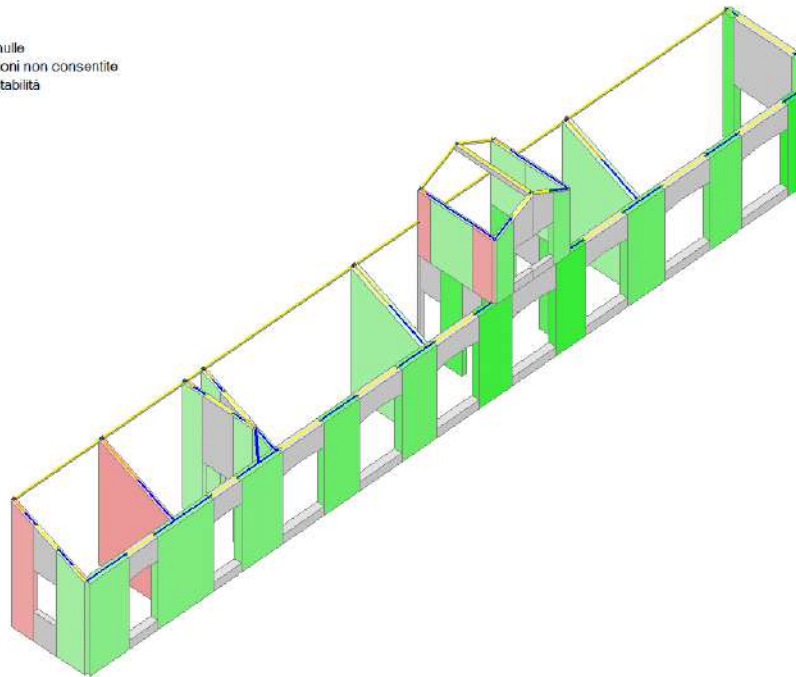
**Conseguenze:** il risultato agisce a favore di sicurezza, ma potrebbe sottostimare troppo le capacità della struttura, in quanto gli svincolamenti interni automaticamente considerati in direzione ortogonale possono influire su una labilità complessiva prematura.

**Giudizio operativo:** questa procedura può essere considerata valida, tranne i casi dove la stima più precisa della capacità suggerisca l'adozione di un modello resistente anche in direzione ortogonale.

In ogni caso, vanno comunque svolte le verifiche cinematiche e/o lineari in direzione ortogonale.

Pertanto si sono svolte le verifiche fuori dal piano ed i risultati ottenuti sono i seguenti:

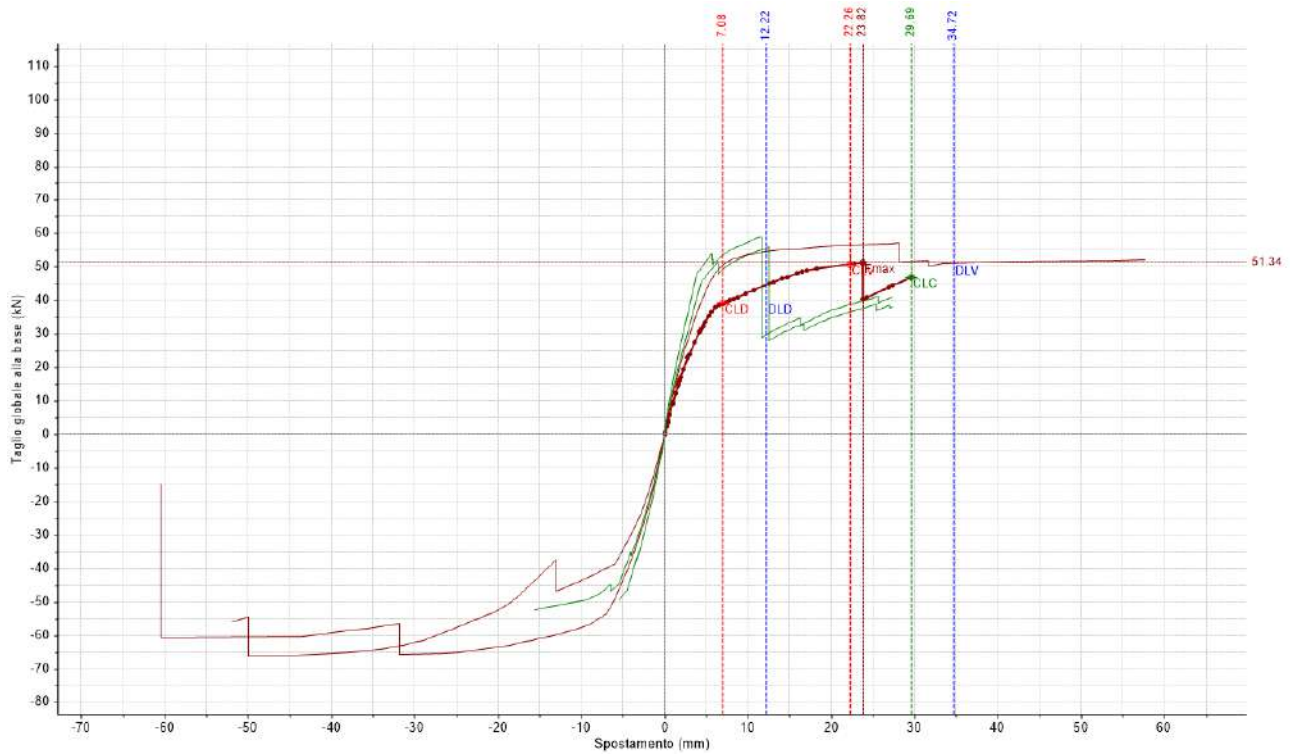
- Verifica soddisfatta
- Verifica non soddisfatta
- Verifica soddisfatta per azioni nulle
- Verifica non soddisfatta per azioni non consentite
- Verifica non soddisfatta per instabilità
- Asta non sottoposta a verifica



<b>Analisi Sismica Statica Lineare [§7.8.1.5.2]</b> <b>Verifiche di sicurezza per Edifici in Muratura</b>		<b>Confronto fra Capacita' e Domanda - Indicatori di rischio</b> <b>Valore obiettivo di (zeta,E) = 0.800</b>													
<b>SLU di salvaguardia della Vita (SLV)</b> <b>Verifica di Resistenza (RES)</b> <b>Ed.esistente, CU II: obbligatoria</b>		VN = 50 anni, PGA,DLV = 0.138 g - TR,DLV = 475 anni - P,VR, DLV = 10 % Indicatori di rischio (zeta,E),SLV													
Pressofless. ortog. (da modello 3D) [§7.8.2.2.3]	<input style="width: 40px; height: 20px;" type="text"/> <span style="color: red; font-weight: bold;">0.843</span> <span style="color: green; font-weight: bold;">87.5%</span>	Verifica di Resistenza fuori piano													
Pressofless. ortog. [§7.2.3, §7.8.2.2.3]		<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="padding: 2px;">PGA,CLV (g)</th> <th style="padding: 2px;">TR,CLV (anni)</th> <th style="padding: 2px;">PVR,CLV (%)</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">0.174</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">297</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">15.496</td> </tr> </table>	PGA,CLV (g)	TR,CLV (anni)	PVR,CLV (%)	0.174	297	15.496	<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="padding: 2px;">PGA,CLV / PGA,DLV</th> <th style="padding: 2px;">TR,CLV / TR,DLV</th> <th style="padding: 2px;">VN,CLV (anni)</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">0.833</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">0.625</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">31</td> </tr> </table>	PGA,CLV / PGA,DLV	TR,CLV / TR,DLV	VN,CLV (anni)	0.833	0.625	31
PGA,CLV (g)	TR,CLV (anni)	PVR,CLV (%)													
0.174	297	15.496													
PGA,CLV / PGA,DLV	TR,CLV / TR,DLV	VN,CLV (anni)													
0.833	0.625	31													

- **Risultati dell'analisi Sismica statica non lineare**

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi sismica statica non lineare "Pushover" per lo stato di fatto:



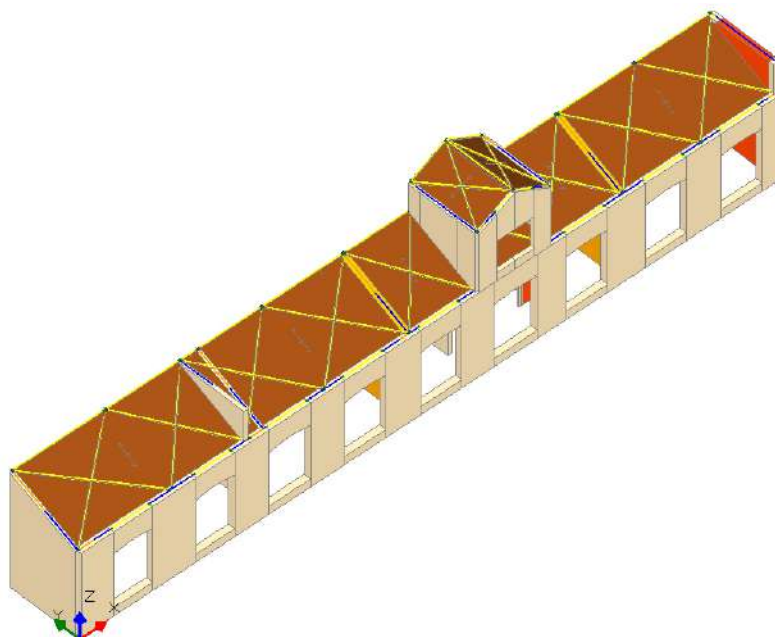
N° curva	Corrente	Vista	Distr.	Direz.	Direz.2	Mt	Ez	Control	$\zeta,PGA(SLV)$	$\zeta,TR(SLV)$	VN,CLV	$\zeta,PGA(SLD)$	$\zeta,TR(SLD)$
1	●	<input checked="" type="checkbox"/>	A	+X'				L2	0.670	0.360	18	0.643	0.360
2	●	<input checked="" type="checkbox"/>	A	+Y'				L2	0.899	0.741	37	1.679	3.420
3	●	<input checked="" type="checkbox"/>	A	-X'				L2	0.794	0.558	28	0.893	0.780
4	●	<input checked="" type="checkbox"/>	A	-Y'				L2	0.904	0.773	39	1.607	3.080
5	●	<input checked="" type="checkbox"/>	E	+X'				L2	0.775	0.522	26	0.667	0.400
6	●	<input checked="" type="checkbox"/>	E	+Y'				L2	0.488	0.166	8	0.667	0.400
7	●	<input checked="" type="checkbox"/>	E	-X'				L2	0.904	0.756	38	0.798	0.580
8	●	<input checked="" type="checkbox"/>	E	-Y'				L2	<b>0.230</b>	0.029	2	<b>0.583</b>	0.280

Come si può evincere dai risultati sopra riportati, la struttura, non è in grado di resistere alle sollecitazioni sismiche di progetto, presentando un coefficiente di rischio sismico pari a **0.230**.

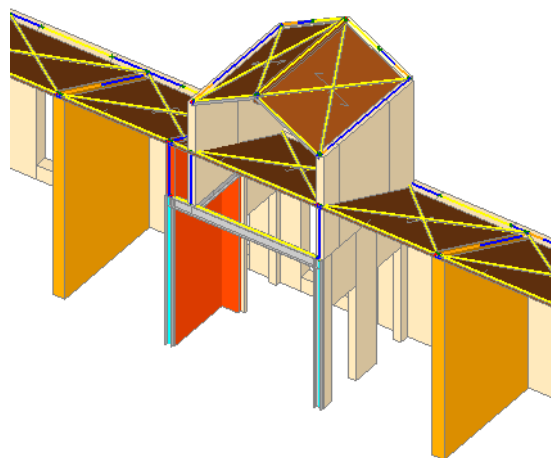
## 1.8 STATO DI PROGETTO - CARATTERISTICHE GENERALI DEL MODELLO DI CALCOLO

Il modello dello stato di fatto è stato aggiornato introducendo le modifiche introdotte per ottenere il modello dello stato di progetto. Le principali modifiche riguardano l'inserimento di un portale in acciaio a sostegno dell'altana, la realizzazione di un nuovo muro trasversale nel locale servizi igienici, la chiusura delle aperture finestrate sui due lati corti ed infine il vincolamento mediante angolari metallici dei muri trasversali al muro di cinta esistente. Il rifacimento del solaio di copertura comporterà l'inserimento di piatti metallici di controvento ancorati alle murature perimetrali per scongiurare fenomeni di ribaltamento fuori dal piano.

Di seguito si riportano le immagini del modello di calcolo dello stato di progetto.



**Vista del modello del progetto dal quale è possibile evincere la nuova muratura in mattoni semipieni in rosso, il nuovo portale in acciaio, le modifiche sulle aperture e le croci in copertura.**



**Vista del modello del nuovo portale in acciaio realizzato con colonne HEA140 e travi IPE200 in acciaio S275JR**

### 1.8.1 Risultati delle analisi

L'obiettivo principale di questa analisi è verificare l'efficacia dell'intervento di miglioramento sismico, per ottenere ciò si è scelto di verificare la struttura in elevazione mediante analisi di tipi sismico non lineare.

- **Risultati dell'analisi modale**

L'analisi dei modi di vibrare ha individuato 104 modi di vibrare che eccitano in totale una massa pari al 99.2% in direzione X ed il 99.7% in direzione Y.

- **Risultati dell'analisi statica NON sismica**

Nelle analisi Lineari, gli elementi in muratura vengono valutati (come detto in precedenza) nei confronti di:

-Pressoflessione Complanare

-Taglio per scorrimento e per fessurazione diagonale

per quanto riguarda le verifiche da condurre nel piano di appartenenza del singolo elemento strutturale,

-Pressoflessione ortogonale

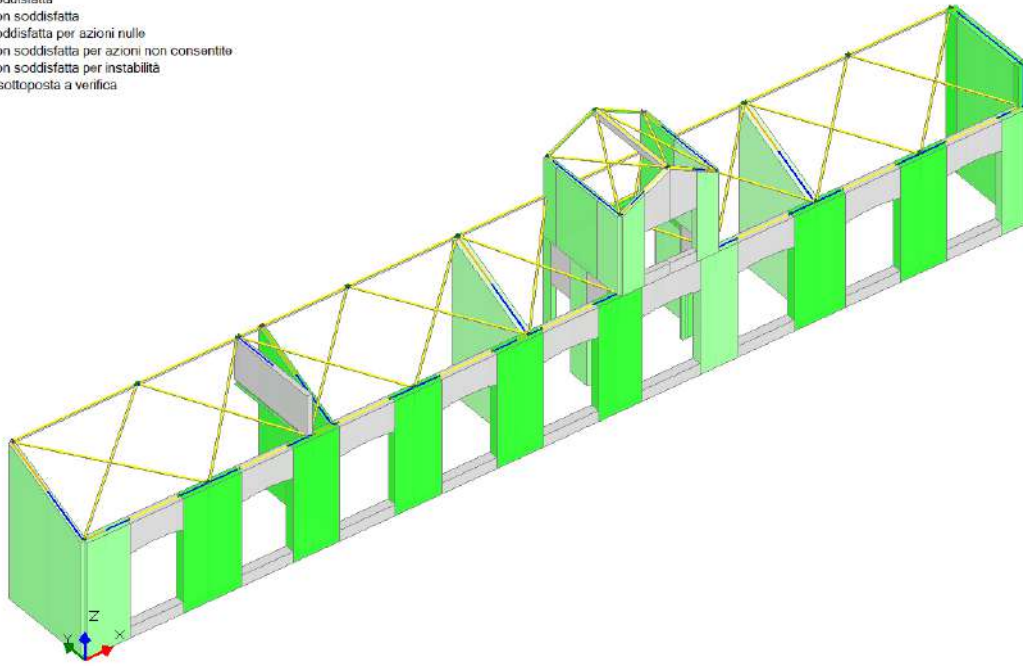
per quanto riguarda le verifiche fuori dal piano.

Il software offre una modalità di visualizzazione grafica dei risultati immediata ed efficiente in cui nei confronti della verifica in oggetto il singolo elemento strutturale, assume una colorazione che va dal verde al rosso. Il colore dell'elemento è strettamente correlato al indice di sicurezza, che a sua volta viene calcolato come il rapporto tra la Resistenza offerta dalla sezione e la Sollecitazione agente su di essa, avremo quindi che:

- $S/R < 1$  la sezione sarà verificata ed assumerà una gradazione di colore tendente al verde
- $S/R > 1$  la sezione NON sarà verificata ed assumerà una gradazione di colore tendente al rosso.

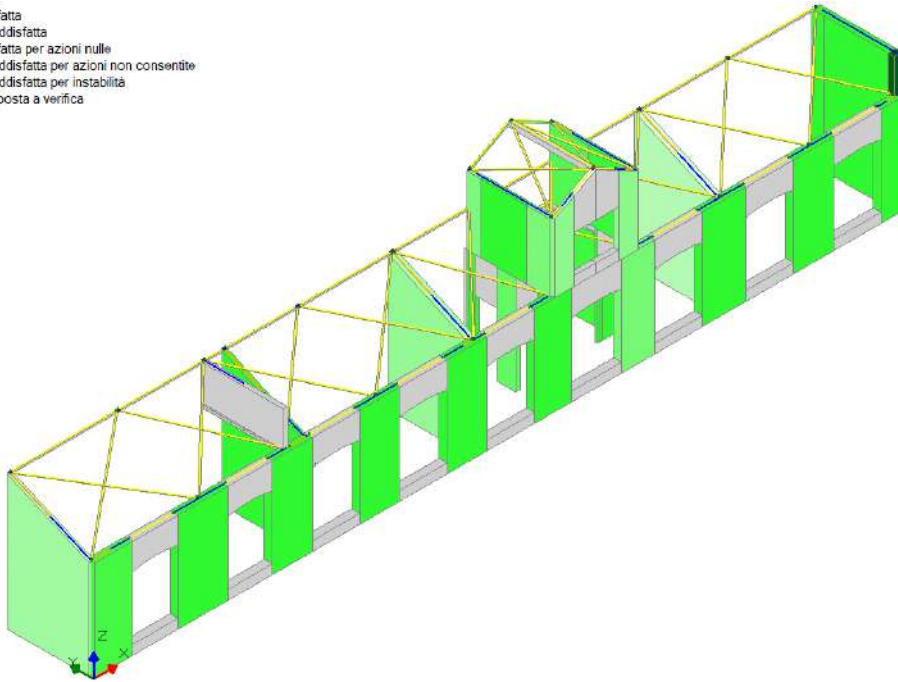
Più grande sarà il coefficiente di sicurezza (inteso come valore assoluto) più intensa sarà la gradazione cromatica.

- Verifica soddisfatta
- Verifica non soddisfatta
- Verifica soddisfatta per azioni nulle
- Verifica non soddisfatta per azioni non consentite
- Verifica non soddisfatta per instabilità
- Asta non sottoposta a verifica



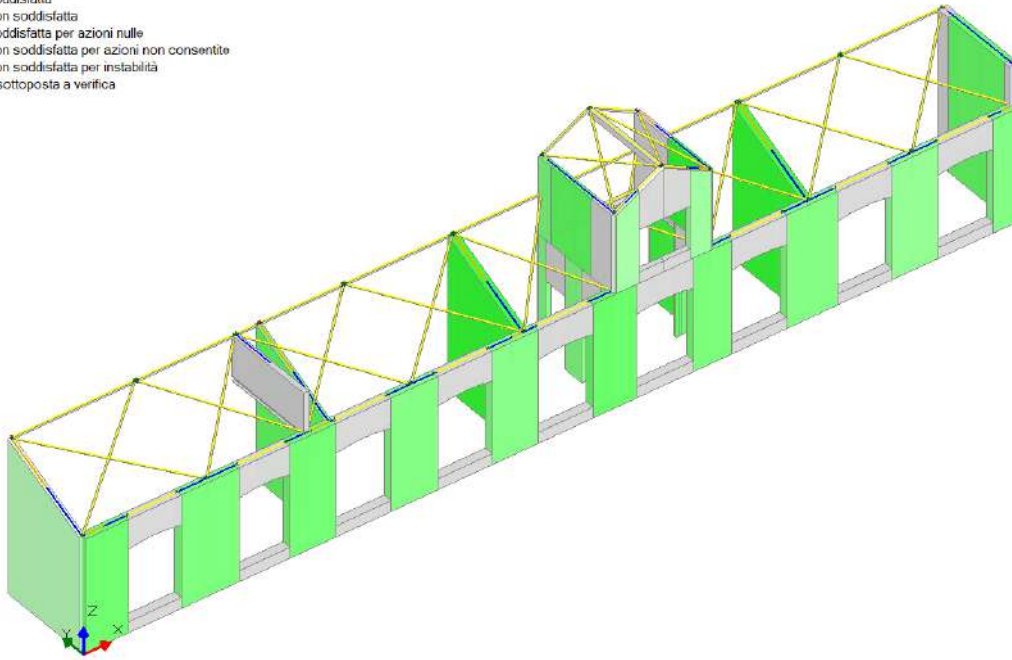
### Verifica a pressoflessione complanare

- Verifica soddisfatta
- Verifica non soddisfatta
- Verifica soddisfatta per azioni nulle
- Verifica non soddisfatta per azioni non consentite
- Verifica non soddisfatta per instabilità
- Asta non sottoposta a verifica



### Verifica a taglio

- Verifica soddisfatta
- Verifica non soddisfatta
- Verifica soddisfatta per azioni nulle
- Verifica non soddisfatta per azioni non consentite
- Verifica non soddisfatta per instabilità
- Asta non sottoposta a verifica



### Verifica a pressoflessione ortogonale

- **Risultati dell'analisi Sismica statica lineare per pressoflessione ortogonale**

Nelle analisi sismiche non si è considerata, ponendosi a favore di sicurezza, la resistenza dei maschi murari fuori dal proprio piano. Occorre però svolgere opportuna verifica a pressoflessione ortogonale per valutare la resistenza degli stessi e valutare il relativo indice di rischio. In particolare l'approccio seguito è riassunto da quanto descritto nel seguito; paragrafo tratto dal manuale di PCM:

**Ipotesi b).** Non si eseguono verifiche in direzione ortogonale. La rigidità trasversale delle pareti è considerata trascurabile, e quindi le pareti sono non reagenti a sollecitazioni flessionali e taglianti in direzione ortogonale.

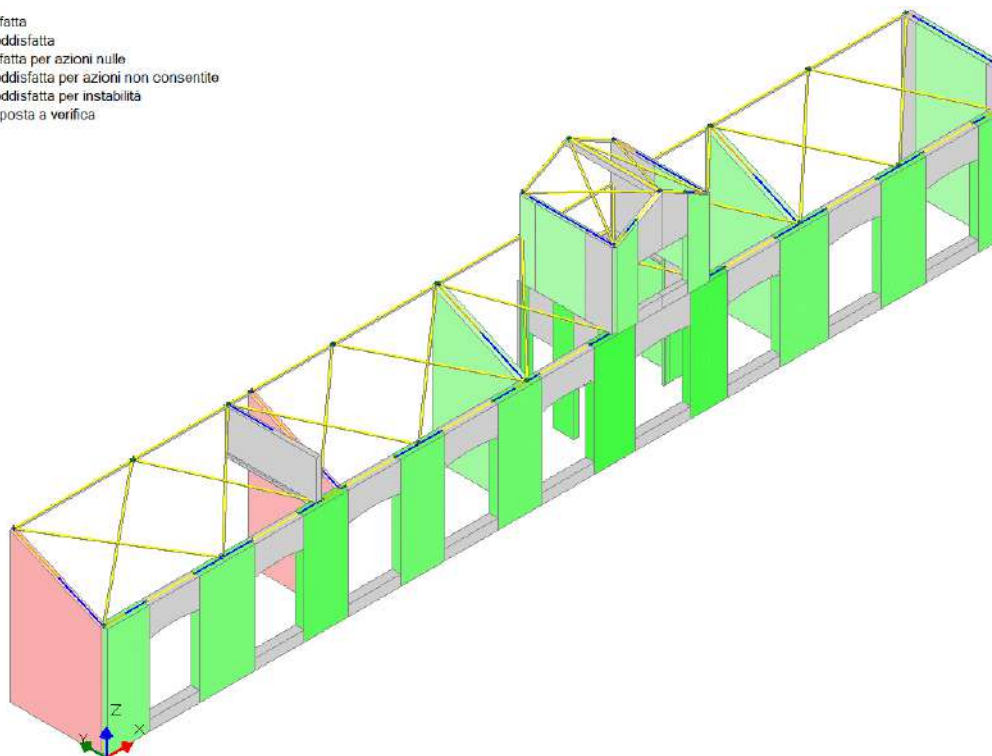
**Conseguenze:** il risultato agisce a favore di sicurezza, ma potrebbe sottostimare troppo le capacità della struttura, in quanto gli svincolamenti interni automaticamente considerati in direzione ortogonale possono influire su una labilità complessiva prematura.

**Giudizio operativo:** questa procedura può essere considerata valida, tranne i casi dove la stima più precisa della capacità suggerisca l'adozione di un modello resistente anche in direzione ortogonale.

In ogni caso, vanno comunque svolte le verifiche cinematiche e/o lineari in direzione ortogonale.

Pertanto si sono svolte le verifiche fuori dal piano ed i risultati ottenuti sono i seguenti:

- Verifica soddisfatta
- Verifica non soddisfatta
- Verifica soddisfatta per azioni nulle
- Verifica non soddisfatta per azioni non consentite
- Verifica non soddisfatta per instabilità
- Asta non sottoposta a verifica

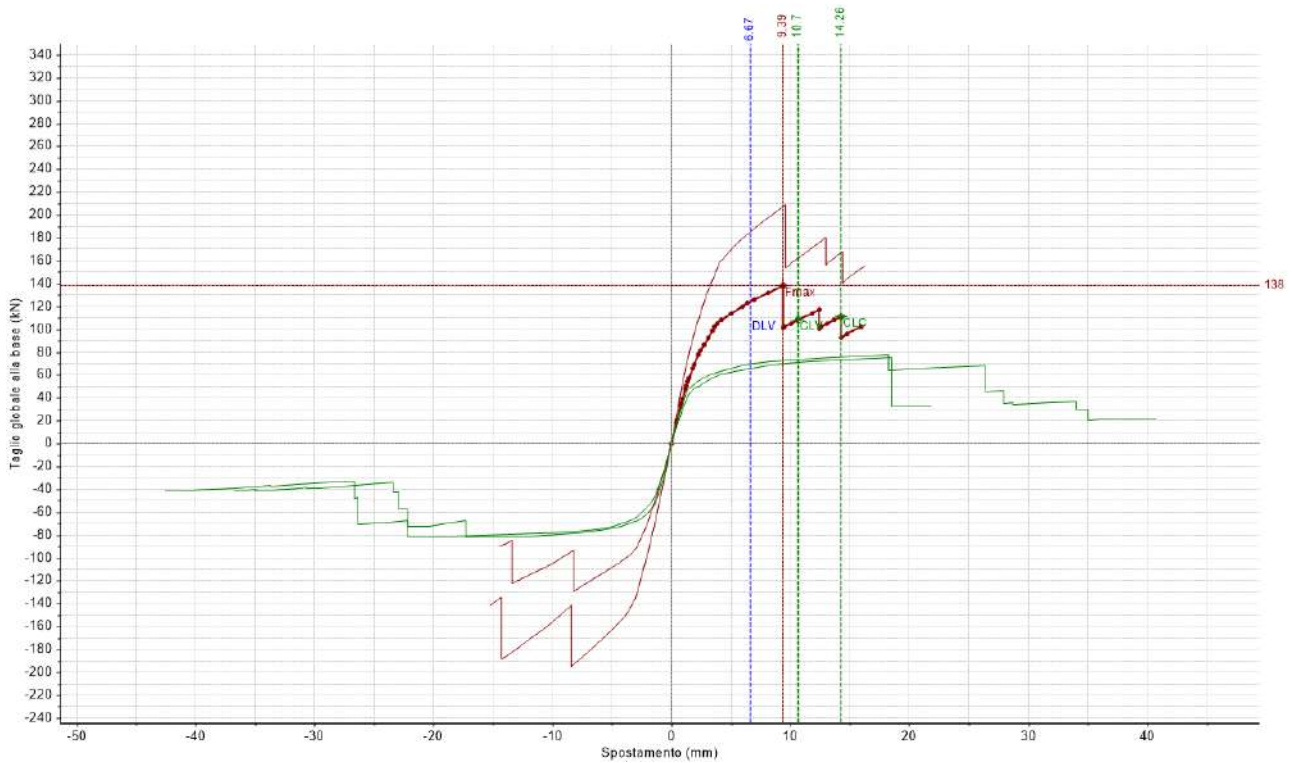


Analisi Sismica Statica Lineare [§7.8.1.5.2] Verifiche di sicurezza per Edifici in Muratura		Confronto fra Capacita' e Domanda - Indicatori di rischio Valore obiettivo di (zeta,E) = 0.800					
<b>SLU di salvaguardia della Vita (SLV)</b> <b>Verifica di Resistenza (RES)</b> <b>Ed.esistente, CU II: obbligatoria</b>		VN = 50 anni, PGA,DLV = 0.138 g - TR,DLV = 475 anni - P,VR, DLV = 10 % Indicatori di rischio (zeta,E),SLV					
		PGA,CLV (g)	TR,CLV (anni)	PVR,CLV (%)	PGA,CLV / PGA,DLV	TR,CLV / TR,DLV	VN,CLV (anni)
Pressofless. ortog. (da modello 3D) [§7.8.2.2.3]		} = Verifica di Resistenza fuori piano					
Pressofless. ortog. [§7.2.3, §7.8.2.2.3]		0.930	92.6%	0.189	389	12.057	0.926
				0.819		41	

- **Risultati dell'analisi Sismica statica non lineare**

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi sismica statica non lineare "Pushover" per lo stato di progetto:





N°curva	Corrente	Vista	Distr.	Direz.	Direz.2	Mt	Ez	Control	$\zeta$ ,PGA(SLV)	$\zeta$ ,TR(SLV)	VN,CLV
1	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A	+X'				L2	1.422	3.836	192
2	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	+Y'				L2	1.181	1.781	89
3	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	-X'				L2	1.392	3.488	175
4	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	-Y'				L2	1.275	2.400	120
5	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	+X'				L2	1.520	5.211	261
6	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	+Y'				L2	<b>1.172</b>	1.749	88
7	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	-X'				L2	1.520	5.211	261
8	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	-Y'				L2	1.270	2.358	118

Come si può evincere dai risultati sopra riportati, la struttura allo stato di progetto ha migliorato notevolmente la capacità nei confronti delle azioni sismiche, presentando un coefficiente di rischio sismico pari a **1.17**.

## 1.9 VERIFICHE LOCALI

Le verifiche locali svolte sono le seguenti, si rimanda per il dettaglio a quanto contenuto all'interno della relazione di calcolo.

- 1.9.1 Verifica elementi di copertura**
- 1.9.2 Verifica nuova trave di colmo altana**
- 1.9.3 Verifica nuovo portale in acciaio zona servizi igienici**
- 1.9.4 Verifica collegamento colonna HEA140 – soletta in cls**
- 1.9.5 Verifica trave in acciaio locale cabina elettrica**
- 1.9.6 Verifica croci di controvento in copertura**

## **2 RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE**

## 2.1 PREMESSA.

La presente relazione attiene il calcolo delle opere strutturali all'interno dell'intervento di miglioramento sismico riguardante l'edificio servizi sito all'interno del Parco di San Paolo, Borgo Pietro Giordani 5/A, Comune di Parma (PR).



***Individuazione dell'edificio oggetto d'intervento***

- **Classe d'uso e vita nominale**

La struttura oggetto di intervento è attualmente adibita a locale servizi e a bagno pubblico a servizio dei frequentatori del Parco, si ritiene pertanto di associare all'edificio una classe d'uso II: *"Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali"*. Si assume in fase di verifica una vita nominale uguale a 50 anni ottenendo così un periodo di riferimento  $V_R$  di  $50 \times 1.0 = 50$  anni.

- **Caratteristiche e rilievo topografico del sito**

Per gli aspetti geologici si è fatto riferimento alla relazione geologica redatta dal Dott. Geol. Alberto Trivioli. Da tale relazione allegata alla presente, viene classificato il terreno su cui sorge l'edificio appartenente alla classe C con topografia di tipo T1. Si riportano di seguito in modo sintetico gli aspetti principali e le conclusioni della relazione geologica:

*"Per quanto concerne la stratigrafia di dettaglio dell'area, il terreno di fondazione è caratterizzato dalla presenza di terreni fini coesivi argilloso-limosi consistenti sino a 3,4 m di profondità, più in profondità si hanno terreni fini granulari sabbiosi e semigranulari sabbiosi limosi da poco a moderatamente addensati/consistenti sino a 6,2 m. Oltre si ha la presenza di terreni granulari grossolani costituiti da ghiaie e ciottoli in matrice limoso-sabbiosa sabbiose, da molto addensate ad estremamente addensate, in corrispondenza delle quali è andata a rifiuto la prova penetrometrica statica; lo strato ghiaioso-ciottoloso si estende sino a 13,4 m circa dal p.c.. Ancora più in profondità sono presenti terreni fini argilloso-limosi e limosoargillosi sino a 22 m e oltre terreni argillosi alternati a lenti di ghiaia sin a 30 m di profondità. I terreni di cui sopra presentano caratteristiche geotecniche e geomeccaniche che rientrano nella media per depositi alluvionali di questo tipo, forniscono cioè sufficienti garanzie di capacità portante nei confronti dell'applicazione di carichi statici verticali uniformemente distribuiti; diventano tuttavia spingenti (instabili), soprattutto se saturi, in fase di scavo. Nel corso dell'indagine geognostica svolta nel agosto 2022, a seguito di una stagione siccitosa, la falda è stata rinvenuta ad una profondità minima di 9 m dal p.c..La falda si attesta ad una quota media di 47,5 m s.l.m. Tuttavia, sebbene le oscillazioni della superficie freatica possano raggiungere valori piuttosto ampi, in relazione alle altezze idrometriche del torrente, si ritiene che solo in concomitanza di situazioni di piena fluviale e/o di prolungati eventi meteorici, la falda freatica possa raggiungere valori prossimi al p.c. originario (< 5 m dal p.c.).*

*Il territorio oggetto di intervento ricade nel Comune di Parma, classificato a mediabassa sismicità (Zona 3) ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (n. 3274 – 20 marzo 2003 – G.U. n. 105 dell'8-5-2003) "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica". Ai fini della definizione della azione sismica di progetto, i terreni di fondazione presenti lungo la verticale dell'area d'intervento, da quanto si è potuto sino ad ora stimare nei primi 30 m di profondità, appartengono alla categoria "C".*

*L'area in esame si presenta pianeggiante per cui non sono previsti effetti di amplificazione legati alla topografia. Il fattore ST (coefficiente di amplificazione topografica) è valutato quindi pari a 1. Sono da escludere, in via preliminare, fenomeni significativi d'amplificazione sismica per effetti di doppia risonanza (frequenza naturale edificio = frequenza naturale terreni di fondazione).*

*Per il caso in esame è stata eseguito uno studio di Risposta Sismica Locale a partire dalla quota del piano campagna i cui risultati hanno portato ad un valore medio di PGAMAX pari a 0,185 g con un fattore di amplificazione (PGA/PGA0) medio pari a 1,36. Tale fattore risulta inferiore a quello previsto nello spettro semplificato della normativa dalla Categoria C al piano campagna che prevede per l'area un fattore di amplificazione medio pari a 1,50 ed è inferiore e/o coincidente rispetto ai fattori di amplificazione previsti nelle due macrozone indicate nello studio di microzonazione sismica comunale di terzo livello che sono pari a 1.3-1.4 e 1.5-1.6 situate nelle*

*vicinanze dell'area di studio. Le verifiche in ordine alla stabilità del sito nei confronti del fenomeno della liquefazione, eseguite in accordo alla normativa vigente, hanno consentito di considerare per i depositi presenti un potenziale di liquefazione "basso".*

### • Parametri di progetto

Sulla base di quanto appena sopra esposto i principali parametri di progetto sono i seguenti:

- |                                             |                                             |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------|
| – Vita nominale ( $V_N$ ): 50 anni          | – Amplificazione topografica ( $S_T$ ): 1.0 |
| – Classe d'uso della costruzione: II        | – Zona sismica del sito: III                |
| – Periodo di riferimento ( $V_R$ ): 50 anni | – Latitudine: 44.805200                     |
| – Categoria del sottosuolo: C               | – Longitudine: 10.330370                    |
| – Categoria topografica ( $T_i$ ): T1       | – Quota: 60 m.s.l.m.                        |

## 2.2 **ES** ANALISI STORICO-CRITICA ED ESITO DEL RILIEVO GEOMETRICO-STRUTTURALE.

Per quanto riguarda l'analisi storico-critica dell'edificio servizi interno al Parco di San Paolo si rimanda alla relazione tecnica allegata alla presente.

Sulla base del rilievo geometrico-strutturale eseguito è stato possibile determinare la tipologia degli elementi strutturali caratterizzanti il fabbricato. Si segnala inoltre che il fabbricato si trova in uno stato di degrado materico rilevante, specialmente per quanto riguarda gli elementi di copertura che risultano in alcune parti decadenti. Si rimanda agli elaborati grafici per maggiori dettagli del rilievo geometrico strutturale.

## 2.3 DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA E CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE, ANALISI E VERIFICA.

### 2.3.1 Descrizione generale della struttura e dell'intervento

Il fabbricato ha una forma regolare in pianta di dimensioni 25,70m x 2,77m, mentre in altezza è caratterizzato dalla presenza di un'altana che raggiunge l'altezza complessiva di 6m. Le fondazioni sono costituite da un ingrossamento delle murature in mattoni pieni, che costituiscono la struttura portante dell'edificio. Le murature trasversali esterne e quelle a supporto dell'altana sono realizzate in mattoni pieni, mentre quelle che separano i bagni pubblici dagli altri ambienti sono state realizzate in mattone semipieno del tipo Doppio UNI. Tutte le murature trasversali risultano ad oggi prive di un idoneo ammorsamento alla parete di cinta del Parco di San Paolo. Per quanto riguarda la copertura, essa è realizzata in travetti di legno e tavelloni, ed è a due falde sull'altana e monofalda su tutti gli altri locali.

A supporto di quanto descritto per lo stato di fatto, si rimanda agli elaborati grafici di rilievo allegati alla presente.

Le principali modifiche introdotte in fase progettuale riguardano l'inserimento di un portale in acciaio a sostegno dell'altana, la realizzazione di un nuovo muro trasversale nel locale servizi igienici, la chiusura delle aperture finestrate sui due muri trasversali esterni, la demolizione di parete trasversale per far posto alla cabina elettrica ed infine il vincolamento mediante angolari metallici dei muri trasversali al muro di cinta esistente. Inoltre è previsto il rifacimento della copertura esistente in legno lamellare GL24H con inserimento di croci metalliche in falda per scongiurare l'attivazione di cinematismi di ribaltamento fuori dal piano.

A supporto di quanto descritto si rimanda agli elaborati grafici progettuali allegati alla presente.

### **2.3.2 Criteri generali di analisi e verifica**

L'edificio si configura come una struttura in muratura ordinaria di mattoni pieni e malta di calce, con alcune pareti trasversali in mattone semipieno del tipo Doppio UNI. In accordo con la normativa vigente l'intervento in progetto si configura come intervento di miglioramento sismico su edificio esistente.

#### Metodo di calcolo agli stati limite

In generale ai fini della sicurezza sono stati adottati i criteri contemplati dal metodo semiprobabilistico agli stati limite. In particolare sono stati soddisfatti i requisiti per la sicurezza allo stato limite ultimo per l'edificio esistente in muratura. Si è utilizzata la modellazione a telaio equivalente.

#### Criteri generali di verifica per l'edificio in muratura:

Per la valutazione dello stato di fatto e dello stato di progetto, e per la valutazione dell'entità del miglioramento verranno analizzati e confrontati i risultati di più modelli 3D, uno rappresentativo dello stato di fatto ed uno relativo allo stato di progetto. Le analisi sismiche saranno svolte mediante analisi sismiche di tipo statico non lineare.

#### Verifica struttura in elevazione:

L'obiettivo principale di questa analisi è valutare l'entità del miglioramento ottenuto in seguito all'intervento in progetto nonché al progetto dello stesso. In particolare la bontà del progetto ed anche la valutazione del miglioramento sarà ottenuto valutando le diverse verifiche da effettuare sulle strutture in muratura:

- Nel piano (considerando un comportamento di tipo Elasto-Plastico)
  - o Presso Flessione Complanare
  - o Taglio

- Fuori dal Piano (considerando un comportamento di tipo Elasto-Fragile)
  - o Presso Flessione Ortogonale

### Verifiche di resistenza negli Stati Limite Ultimi (SLV) per l'edificio in muratura

#### ANALISI SISMICA STATICA NON LINEARE (Pushover)

In analisi non lineare si prescinde da  $\gamma_M$  (non viene quindi operata alcuna riduzione delle resistenze medie).

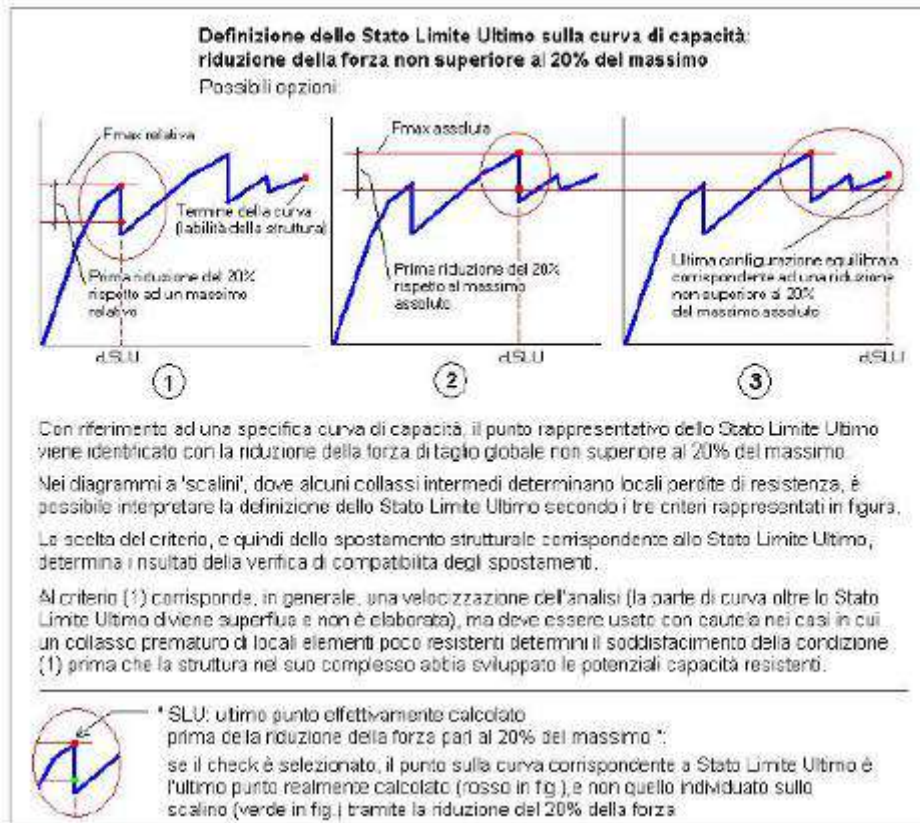
Muratura nuova:  $f_d = f_m$  (§7.8.2.2.1).

Muratura esistente:  $f_d = f_m / FC$  (§C8.7.1.5)

### Parametri di calcolo per l'analisi sismica statica non lineare

Di seguito si riportano i parametri di calcolo adottati all'interno del software in accordo con quanto descritto in precedenza.

Nel dettaglio quindi lo SLU sarà individuato nel punto in cui si ha una riduzione di resistenza al passo successivo superiore al 20% come descritto in modo più chiaro nella figura riportata di seguito:



Le distribuzioni adottate per l'analisi pushover sono le seguenti:

**Distribuzioni di forze**

<p><b>Gruppo 1: distribuzioni principali</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> (A) <b>Lineare:</b> proporzionale alle forze statiche</p> <p><input type="checkbox"/> (B) <b>Unimodale:</b> forze corrispondenti al primo modo di vibrare</p> <p><input type="checkbox"/> (C) <b>Dinamica:</b> corrispondente alle forze in analisi dinamica lineare</p> <p>[57.3.4.2]</p>	<p><b>Gruppo 2: distribuzioni secondarie</b></p> <p><input type="checkbox"/> (D) <b>Multimodale:</b> corrispondente ad una forma modale equivalente</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> (E) <b>Uniforme:</b> forze proporzionali alle masse</p> <p><input type="checkbox"/> (F) <b>Unimodale adattiva</b></p> <p><input type="checkbox"/> (G) <b>Dinamica adattiva</b></p> <p><input type="checkbox"/> (H) <b>Multimodale adattiva</b></p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Nelle distribuzioni Dinamiche (C, G) considerare le forze da:  spettro elastico  **spettro di progetto**

**Fattore di partecipazione modale**

▶   $\Gamma = \frac{\phi^T M \tau}{\phi^T M \phi}$    $\Gamma = \frac{\sum m_i \phi_i}{\sum m_i \phi_i^2}$    $\Gamma = 1.00$  nella distribuzione di forze Uniforme (E)

[5C7.3.4.2]

### Considerazioni sulla valutazione fuori piano della resistenza dei maschi murari

Prima di procedere oltre è opportuno altresì chiarire la filosofia con la quale si sono svolte le verifiche sismiche nei confronti della pressoflessione fuori dal piano. Secondo quanto indicato all'interno del manuale di calcolo la scelta effettuata è la seguente:

**Ipotesi a).** Non si eseguono verifiche in direzione ortogonale. La rigidità trasversale delle pareti è normalmente considerata.

**Conseguenze:** è possibile che il risultato mostri capacità elevate della struttura, in quanto la pushover chiama in causa il solo comportamento complanare delle pareti, supponendo che ogni presidio sia stato già messo in atto nei confronti dei collassi ortogonali.



**Giudizio operativo:** questa procedura può essere considerata valida, a patto che siano state eseguite verifiche in direzione ortogonale condotte con:

- i) analisi cinematica (meccanismi di collasso) (fondamentale, per edifici esistenti);
- ii) analisi lineari (per azioni convenzionali secondo §7.2.3).

Se la capacità da pushover era troppo elevata, sarà l'analisi ortogonale che ridimensiona la PGA sostenibile.

In pratica, il problema complanare - ortogonale è stato disaccoppiato.

Nel caso in cui queste verifiche dovessero fornire un coefficiente di sicurezza inferiore a quello ottenuto con le analisi pushover sarà quello minore a limitare la capacità globale della struttura.

### Considerazioni sulla eccentricità accidentale

Si riporta di seguito quanto descritto all'interno del manuale di calcolo relativamente alla eccentricità applicata in fase di verifica a pressoflessione ortogonale.

Per la pressoflessione ortogonale eseguita secondo il metodo semplificato, le verifiche nelle sezioni della parete vengono svolte secondo i seguenti criteri:

**a) in sommità:** si applica il valore di eccentricità  $e_1$  definito dalla (4.5.11); nell'ipotesi di articolazione, l'azione del vento è ivi nulla;

**b) in mezzera:** si applica il valore di eccentricità  $e_2$  definito dalla (4.5.11); essa corrisponde al parziale ricentraggio del carico verticale agente in sommità; in tale sezione è calcolata anche l'eccentricità dovuta al vento agente in direzione ortogonale alla parete, secondo lo schema di trave appoggiata:  $M=qh^2/8$ , essendo  $h$  l'altezza completa della parete (in (4.5.6)  $h$  è definita come altezza interna di piano). Il fattore laterale di vincolo  $\rho$  viene per semplicità assunto sempre pari a 1. E' comunque possibile tener conto dell'interasse di irrigidimento, definibile nei Dati Aste, per ridurre il momento flettente con un effetto 'piastra': se infatti tale interasse è non nullo e minore di 6.00 m. è possibile supporre il muro incernierato non solo al livello dei piani ma anche in corrispondenza dei muri trasversali (occorre che fra i muri ortogonali di irrigidimento non siano presenti aperture, che ovviamente annullerebbero l'effetto di vincolamento fra parete e muro ad essa ortogonale). In caso di interasse di irrigidimento valido ( $=a$ ), il momento scende al valore:

$$M = qh^2/8 \cdot [1 / (1+\lambda^4)], \text{ con: } \lambda = h/a$$

(formulazione del momento per piastra appoggiata sui 4 lati, secondo la teoria di Grashov);

**c) alla base:** il carico verticale eccentrico di sommità si è ricentrato (e a sua volta costituirà carico eccentrico per un eventuale muro sottostante in caso di variazione di spessore della parete); l'eccentricità strutturale è quindi data dalla sola eccentricità accidentale (il momento dovuto al vento è nullo come in sommità a causa del vincolamento a cerniera).

PCM rende possibile la limitazione delle verifiche a pressoflessione ortogonale, condotte secondo il metodo semplificato, alla sola sezione di mezzera, generalmente la più significativa in quanto sede di massimo momento dovuto al vento agente ortogonalmente alla parete.

In generale l'eccentricità è automaticamente considerata, comprensiva anche di quella accidentale pari ad  $h/200$  così come si può evincere dai parametri di calcolo di seguito descritti:

#### **- Considerare eccentricità minima ( $h/200$ )**

E' possibile considerare un'eccentricità minima ( $h/200$ ) [(4.5.9) in §4.5.6.2] anche per verifiche con azioni da modello di calcolo (3D) e per verifiche sismiche con azioni convenzionali.

L'eccentricità accidentale corrisponde infatti ad un aspetto costruttivo della parete e sembra opportuno considerarla in tutte le diverse verifiche a pressoflessione ortogonale. Ai fini dello svolgimento della verifica di resistenza, ciò si traduce nel controllare che l'eccentricità di calcolo non sia inferiore a  $h/200$  ( $=ecc.acc.$ ).

In pratica, quando il momento di calcolo è inferiore a ( $N \cdot ecc.acc.$ ), dove  $N$  è lo sforzo normale, esso viene sostituito da  $N \cdot ecc.acc.$

## 2.4 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO ADOTTATO.

- D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento Nuove Norme tecniche per le costruzioni";
- Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019, pubblicata in Gazzetta Ufficiale n. 35/2019, con oggetto: "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018"

## 2.5 **ES** LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA.

Come si può evincere dalla descrizione della struttura, i materiali esistenti che caratterizzano la struttura oggetto di intervento sono la muratura in mattoni pieni e malta di calce e in minor parte la muratura in mattoni semipieni. Poiché sugli elementi in muratura si sono svolti solamente saggi visivi per consentire di individuare le differenti tipologie di murature e valutare il grado di ammorsamento tra i vari maschi murari, si è scelto in accordo con quanto indicato all'interno della normativa tecnica di riferimento di adottare un livello di conoscenza pari ad 1 a cui corrisponde un fattore di confidenza pari ad 1,35. Inoltre, come da indicazioni della normativa tecnica di riferimento, per questo livello di conoscenza si devono adottare i valori minimi per quanto riguarda le resistenze dei materiali ed i valori medi dei moduli elastici; valori medi tra quelli indicati all'interno della tabella di riferimento tab. C8.5.I. In accordo al livello di conoscenza raggiunto, i parametri meccanici adottati all'interno delle elaborazioni numeriche sono di seguito riportati:

Muratura in mattoni pieni	
<b>Generale</b>	
Nome	Muratura in mattoni pieni
Riferimento	NTC 2018, Tab. C8.5.I
Tipologia	Mattoni pieni e malta di calce
Condizioni	Standard
Fattore di Confidenza	1.35
<b>Moduli elastici</b>	
Valori	Medi
E	1500
G	500
<b>Resistenze</b>	
Valori	Minimi
f,m	2.600
f,tm	0.260
f,hm	1.300
$\tau,0$	0.050
f,vm0	0.130
<b>Altre proprietà meccaniche</b>	
w	18.00
$\alpha$	0.000010
f,b	10.000
$\mu$	0.577
$\phi$	1.000

***Parametri di calcolo muratura esistente in mattoni pieni***

<b>Generale</b>	
Nome	Muratura esistente Doppio UNI
Riferimento	NTC 2018, Tab. C8.5.I
Tipologia	Mattoni semipieni con malta cementizia
Condizioni	Standard
Fattore di Confidenza	1.35
<b>Moduli elastici</b>	
Valori	Medi
E	4550
G	1138
<b>Resistenze</b>	
Valori	Minimi
f,m	5.000
f,tm	0.500
f,hm	2.500
$\tau,0$	0.080
f,vm0	0.200
<b>Altre proprietà meccaniche</b>	
w	15.00
$\alpha$	0.000010
f,b	10.000
$\mu$	0.577
$\varphi$	1.000

***Parametri di calcolo muratura esistente in Doppio UNI***

Le porzioni di muratura nuova previste allo stato di progetto saranno realizzate mediante mattoni semipieni e malta di calce. Si riportano di seguito i relativi parametri meccanici:

<b>Generale</b>	
Nome	Muratura nuova
Tipologia	Elementi di laterizio semipieni
<b>Moduli elastici</b>	
E	5300
G	2120
<b>Resistenze</b>	
f,k	5.300
f,tm	0.757
f,hk	2.650
$\tau,0$	
f,vk0	0.300
<b>Altre proprietà meccaniche</b>	
w	18.00
$\alpha$	0.000010
f,b	10.000
$\mu$	0.577
$\varphi$	1.000
<b>Blocchi e malta</b>	
f,bk	10
f,bk	2
f <sub>m,m</sub>	10

***Parametri nuova muratura SDP***

## 2.6 AZIONI DI PROGETTO SULLA COSTRUZIONE.

Si riportano di seguito i carichi inseriti all'interno del software di calcolo per lo stato di fatto e di progetto, l'unica variazione nei carichi agenti è dovuto al rifacimento del solaio di copertura, come si evince dal confronto sotto riportato:

### Solaio di copertura SDF:

**G1:**0.10kN/m<sup>2</sup>

**G2:**1.15kN/m<sup>2</sup>

**Q (Neve):**1.20kN/m<sup>2</sup>

### Solaio di copertura SDP:

**G1:**0.15kN/m<sup>2</sup>

**G2:**1.25kN/m<sup>2</sup>

**Q (Neve):**1.20kN/m<sup>2</sup>

### Solaio servizi igienici SDF:

**G1:**0.10kN/m<sup>2</sup>

**G2:**0.50kN/m<sup>2</sup>

**Q (Cat.H):**0.50kN/m<sup>2</sup>

### Solaio servizi igienici SDP:

**G1:**0.15kN/m<sup>2</sup>

**G2:**0.50kN/m<sup>2</sup>

**Q (Cat.H):**0.50kN/m<sup>2</sup>

Si riportano di seguito i calcoli dei carichi variabili neve e vento.

• **Neve**

<input type="radio"/>	<b>Zona I - Alpina</b> Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbano-Cusio-Ossola, Vercelli, Vicenza.	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $a_s \leq 200 \text{ m}$ $q_{sk} = 1,39 [1+(a_s/728)^2] \text{ kN/mq}$ $a_s > 200 \text{ m}$
<input checked="" type="radio"/>	<b>Zona I - Mediterranea</b> Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Monza Brianza, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese.	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $a_s \leq 200 \text{ m}$ $q_{sk} = 1,35 [1+(a_s/602)^2] \text{ kN/mq}$ $a_s > 200 \text{ m}$
<input type="radio"/>	<b>Zona II</b> Arezzo, Ascoli Piceno, Avellino, Bari, Barletta-Andria-Trani, Benevento, Campobasso, Chieti, Fermo, Ferrara, Firenze, Foggia, Frosinone, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, L'Aquila, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rieti, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona.	$q_{sk} = 1,00 \text{ kN/mq}$ $a_s \leq 200 \text{ m}$ $q_{sk} = 0,85 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$ $a_s > 200 \text{ m}$
<input type="radio"/>	<b>Zona III</b> Agrigento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Grosseto, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastra, Olbia Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo.	$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/mq}$ $a_s \leq 200 \text{ m}$ $q_{sk} = 0,51 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$ $a_s > 200 \text{ m}$

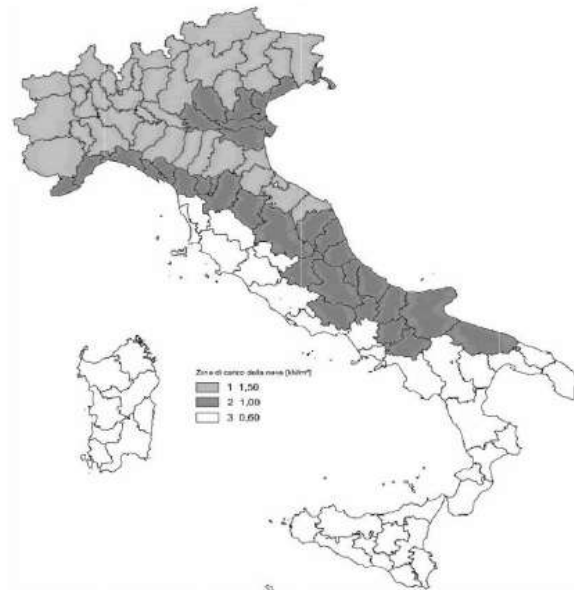
$q_s$  (carico neve sulla copertura [N/mq]) =  $q_{sk} \mu_i C_E C_t$   
 $q_{sk}$  (valore caratteristico della neve al suolo [kN/mq])  
 $\mu_i$  (coefficiente di forma)  
 $C_E$  (coefficiente di esposizione)  
 $C_t$  (coefficiente termico)

**Valore caratteristico della neve al suolo**

$a_s$ (altitudine sul livello del mare [m])	60
$q_{sk}$ (val. caratt. della neve al suolo [kN/mq])	1.50

**Coefficiente termico**

Il coefficiente termico tiene conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente dipende dalle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato  $C_t = 1$ .



**Coefficiente di esposizione**

Topografia	Descrizione	$C_E$
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi.	1

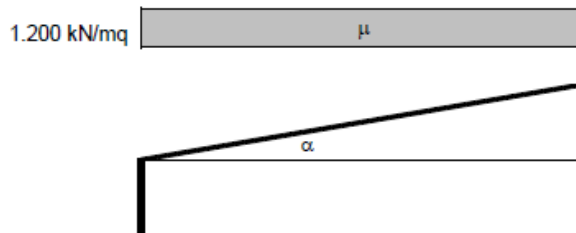
**Valore del carico della neve al suolo**

$q_s$ (carico della neve al suolo [kN/mq])	1.50
--------------------------------------------	------

**Coefficiente di forma (copertura ad una falda)**

$\alpha$ (inclinazione falda [°])	17
-----------------------------------	----

$\mu$	0.8
-------	-----



• **Vento**

2) Emilia Romagna

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_s$
2	25	750	0.45
$a_s$ (altitudine sul livello del mare [m])			60
$T_R$ (Tempo di ritorno)			50
$v_b = v_{b,0} \cdot c_a \quad c_a = 1 \text{ per } a_s \leq a_0$			
$c_a = 1 + k_s (a_s/a_0 - 1) \text{ per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$			
$c_a = 1$		$v_b$ [m/s] = 25.000	
$v_r = v_b \cdot c_r \quad c_r = 0,75 \cdot \{1 - 0,2 \cdot \ln[-\ln(1 - 1/T_r)]\}^{0,5}$			
$c_r = 1,00000$		$v_r$ [m/s] = 25.000	

$p$  (pressione del vento [N/mq]) =  $q_r \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$   
 $q_r$  (pressione cinetica di riferimento [N/mq])  
 $c_e$  (coefficiente di esposizione)  
 $c_p$  (coefficiente di pressione)  
 $c_d$  (coefficiente dinamico)



Pressione cinetica di riferimento

$q_r = 1/2 \cdot \rho \cdot v_r^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/mc})$

$q_r$ [N/mq]	390.63
--------------	--------

Coefficiente di pressione

Esso dipende dalla tipologia e dalla geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.

Coefficiente dinamico

Esso può essere assunto autelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

Coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno

B) Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive

Categoria di esposizione

ZONE 1,2,3,4,5						
	costa		500m		750m	
	mare					
	2 km	10 km	30 km			
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	III	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

ZONA 6					
	costa		500m		
	mare				
	2 km	10 km	30 km		
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8			
	mare	costa	
	1,5 km	0,5 km	
A	--	--	IV
B	--	--	IV
C	--	--	III
D	I	II	*
* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7			

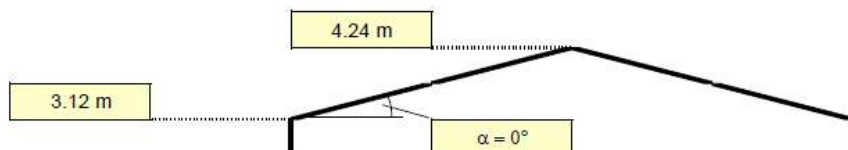
ZONA 9		
	mare	costa
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

Zona	Classe di rugosità	$a_s$ [m]
2	B	60

$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)]$  per  $z \geq z_{min}$   
 $c_e(z) = c_e(z_{min})$  per  $z < z_{min}$

Cat. Esposiz.	$k_r$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]	$c_t$
IV	0.22	0.3	8	1

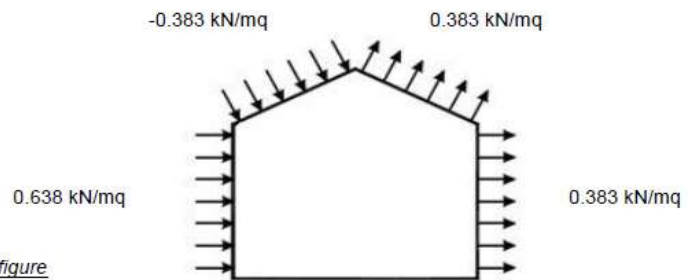
$z$ [m]	$c_e$
$z \leq 8$	1.634
$z = 3.12$	1.634
$z = 4.24$	1.634



Combinazione più sfavorevole:

	p [kN/mq]
(1)	0.638
(2)	-0.383
(3)	0.383
(4)	0.383

*N.B.* Se  $p$  (o  $c_{pe}$ ) è  $> 0$  il verso è concorde con le frecce delle figure



Si riportano di seguito i carichi del vento inseriti all'interno del software di calcolo:

Vento	
Vento +X	Si
Vento +Y	Si
Vento -X	Si
Vento -Y	Si
Pressione del vento	
Pressione X	0.64
Pressione Y	0.64
Depressione X	0.38
Depressione Y	0.00

Come si evince dalla tabella relativa ai carichi da vento agenti non è stato considerato l'effetto del vento in depressione lungo Y per la presenza di muro perimetrale di cinta del Parco in aderenza all'edificio servizi.

## 2.7 MODELLI NUMERICI.

In funzione di quanto descritto in precedenza si è scelto di valutare la vulnerabilità sismica della struttura mediante l'analisi di modelli di calcolo tridimensionali. Si è scelto di utilizzare una modellazione a telaio spaziale tridimensionale, in cui le parti di intersezione tra elementi verticali e orizzontali sono state considerate infinitamente rigide. La modellazione è stata realizzata mediante la tipologia a "telaio equivalente", che permette una schematizzazione tridimensionale della struttura. Il telaio equivalente è costituito da:

- Elementi ad asse verticale (maschi murari);
- Elementi ad asse orizzontale (fasce di piano e sottofinestra in muratura, travi.).

Ciascun elemento di telaio, a sviluppo verticale od orizzontale, è rappresentato mediante un elemento "monodimensionale" passante per l'asse baricentrico e caratterizzato dalla sua sezione trasversale; l'asta è delimitata da nodi posizionati alle intersezioni con gli assi baricentrici degli elementi a cui è collegata. Da studi sperimentali si è visto come i nodi d'incrocio dei maschi con le fasce di piano sono molto rigidi e non soggetti a collasso; per questo risultato, nel piano della parete, i tratti degli elementi monodimensionali interni ai nodi d'incrocio vengono considerati infinitamente resistenti e indeformabili. Di conseguenza, i maschi murari, sono rappresentati con un elemento di telaio in cui il nodo inferiore è posizionato alla quota dell'estradosso del solaio di piano portante, e il nodo superiore è posizionato alla quota dell'estradosso del solaio di piano

portato. Nel piano della parete questi elementi verticali sono caratterizzati da una altezza libera d'inflessione corrispondente alle aperture adiacenti (vengono irrigiditi i tratti alle estremità in corrispondenza delle fasce di piano e dei sottofinestra adiacenti). Invece, nel piano ortogonale al paramento, l'altezza libera d'inflessione viene ridotta dell'altezza del solaio portato. Le strisce di piano e i sottofinestra in muratura invece, sono rappresentati con elementi di telaio ad asse orizzontale posti alla quota dell'estradosso del solaio di piano, in cui si ipotizza che la parte deformabile, presente nel piano della parete, corrisponda approssimativamente alla luce libera dell'apertura, delimitata dal filo degli elementi verticali. Inoltre, il telaio equivalente dei modelli tridimensionali è caratterizzato da collegamenti d'angolo negli incroci dei paramenti murari, realizzati mediante aste orizzontali infinitamente rigide.

## **2.8 INFORMAZIONI SUL CODICE DI CALCOLO.**

Per la risoluzione completa della strutture in muratura si è utilizzata la versione 2022 del programma agli elementi finiti PCM prodotto AEDES, software per ingegneria civile, Via F.Aporti n°32 56028 SAN MINIATO (PI).



- Licenza d'uso

**AEDES Software per Ingegneria Civile s.n.c. © dal 1997**  
**LICENZA D'USO DEL SOFTWARE AEDES - Numero di serie: 11873**  
**Intestatario: AR.TEC Ingegneria e Architettura s.r.l.**

Questo contratto (o "accordo di licenza d'uso") intercorre tra l'Utente finale, o acquirente (nel seguito "Utente") e AEDES Software per Ingegneria Civile s.n.c. (nel seguito "AEDES"). LEGGERE ATTENTAMENTE QUESTO DOCUMENTO PRIMA DI INSTALLARE IL SOFTWARE DEL PACCHETTO "AEDES 2000" (nel seguito "software"). L'INSTALLAZIONE COMPORTA L'ACQUISTO DEFINITIVO DEL SOFTWARE E L'ACCETTAZIONE INCONDIZIONATA DEI TERMINI DI QUESTO CONTRATTO. SE NON VOLETE SOTTOSTARE A TALI TERMINI, NON INSTALLATE IL SOFTWARE E RESTITUIRE IMMEDIATAMENTE LA CONFEZIONE INTATTA (con ogni tipo di materiale allegato) AL PRODUTTORE (AEDES s.n.c.) DA CUI VI VERRA' INTERAMENTE RIMBORSATA.

**DIRITTI DELL'UTENTE.** AEDES concede all'Utente finale il diritto di usare N°1 (una) copia di N°1 (uno) o più software del Pacchetto "AEDES" come indicato al paragrafo "SOFTWARE LICENZIATO", su un proprio computer singolo dove il software viene installato tramite download da [www.aedes.it](http://www.aedes.it). Per esercitare tale diritto l'Utente accetta che la licenza d'uso corrisponde alla chiave hardware Aedes abilitata con password univoca.

**COPYRIGHT.** Il software è di proprietà di AEDES ed è tutelato dalle leggi sul copyright vigenti, dalle disposizioni dei trattati internazionali e da tutte le altre leggi nazionali applicabili. Di conseguenza, l'Utente è tenuto a trattare il software come ogni altro materiale coperto da copyright. L'Utente non può in ogni caso riprodurre in nessuna parte e con nessun mezzo il materiale scritto di accompagnamento al software, eccetto le normali condizioni d'uso (ad esempio, stampa dei manuali operativi), né cedere a terzi tutto quanto sia di proprietà di AEDES e coperto da copyright, inclusa la chiave hardware dove risiede l'abilitazione del software.

**SERVIZI DI AGGIORNAMENTO, ASSISTENZA, CONSULENZA PROFESSIONALE.** Si intende per "Aggiornamento" l'acquisto di una versione successiva del software. Si intende per "Assistenza" il servizio di risposta a quesiti di natura tecnica inerenti l'uso del software. Si intende per "Consulenza Professionale" la prestazione di specifiche consulenze professionali riguardanti le materie trattate dal software. I servizi di Aggiornamento, di Assistenza e di Consulenza Professionale, incluso ogni tipo di supporto tecnico per l'uso del software, non sono in alcun modo inclusi in questo contratto: AEDES fornisce il software corredato delle istruzioni per l'installazione e l'avviamento all'uso, riportate con evidenza sul materiale scritto allegato e/o all'interno del software stesso. In ogni caso si presuppone che l'Utente possieda la conoscenza di base sia della materia professionale trattata dal software, sia delle fondamentali tecniche di utilizzo del sistema operativo per il quale è stata predisposta la presente versione del software. AEDES ha la facoltà di svolgere i servizi di Aggiornamento e di Assistenza, per i quali è necessario sostenere un costo aggiuntivo con modalità di svolgimento illustrate nel materiale allegato al software e/o tramite contatto diretto. Tali servizi sono opzionali ed indipendenti, anche se subordinati, rispetto alla sottoscrizione di questo accordo di licenza d'uso. Il servizio di Consulenza Professionale verrà svolto dai professionisti consulenti della AEDES tramite accordi direttamente stipulati con essi.

**FORNITURA DI COPIE AGGIUNTIVE.** Ulteriori copie del software, rispetto alla singola copia il cui uso è regolato da questo contratto, possono essere fornite da AEDES in base alle condizioni commerciali rese note in altra sede. In ogni caso l'Utente dovrà disporre di un numero di accordi di licenza d'uso (come il presente) pari al numero delle singole copie installate sul proprio hardware. Questa licenza d'uso si riferisce esplicitamente, come già sopra specificato, a N°1 copia del software.

**ALTRE RESTRIZIONI.** Con il presente Contratto, l'Utente finale consegue la licenza d'uso non esclusiva ed in generale non cedibile del software. La licenza d'uso potrà essere ceduta soltanto nel caso di trasformazione della ragione sociale dell'Intestatario, previa comunicazione alla AEDES ed autorizzazione da parte della AEDES stessa. In caso di cessione di tale tipo, il nuovo intestatario dovrà conservare tutta la documentazione relativa al precedente intestatario ed allegarla alla comunicazione suddetta. L'Utente non può dare in locazione o in leasing il software; la licenza d'uso non potrà in nessun caso essere sublicenziata dall'Utente a terzi. L'Utente inoltre non potrà convertire, decodificare, decompilare o disassemblare il software. La licenza d'uso del software non comprende la facoltà di ottenerlo in formato sorgente, né di disporre della relativa documentazione logica e/o di progetto.

**Gestione versioni aggiornate per nuova annualità, corrispondenti ad uno stesso software di uno specifico numero di serie:** le versioni di nuova annualità corrispondenti ad uno stesso software di uno specifico numero di serie, ottenute tramite aggiornamento, possono essere tutte operative per sessioni di utilizzo non contemporanee: la licenza d'uso consente infatti l'utilizzo di una sola versione per volta.

**LIMITI DI GARANZIA. Limiti di garanzia sul software:** il software viene fornito "tale e quale" senza garanzie di alcun tipo. La verifica dell'idoneità del software ad ottenere certi risultati, la sua installazione, il suo uso e la sua gestione sono onere e responsabilità esclusivi dell'Utente. AEDES non garantisce che le funzioni contenute nel prodotto soddisfino le esigenze dell'Utente o funzionino in tutte le combinazioni hardware e software, ed in particolare per tutti i tipi di configurazione dei sistemi operativi, che possono essere scelte per l'uso da parte dell'Utente. AEDES non garantisce le prestazioni del software se utilizzato su un sistema di rete, poiché la configurazione e il tipo di rete possono influenzare tali prestazioni. **Limiti di garanzia sul supporto:** AEDES garantisce che i dispositivi forniti, quali chiavi hardware, sono privi di difetti di materiale e di fabbricazione sotto uso e servizio normali, per un periodo di 30 (trenta) giorni dalla data di consegna. AEDES potrà sostituire i supporti danneggiati che non rientrano nella garanzia di cui al punto precedente, purché siano stati regolarmente acquistati e siano restituiti ad AEDES. AEDES non ha alcuna responsabilità per quanto riguarda la sostituzione di supporti danneggiati per incidente od uso improprio.

**FURTO O SMARRIMENTO della chiave hardware di abilitazione.** AEDES non si assume alcuna responsabilità sulla gestione dei supporti informatici da essa forniti (quali: chiave hardware), che resta a completo carico dell'Utente. In caso di smarrimento o furto di dispositivi strettamente connessi alla licenza d'uso (quali: chiave hardware) occorre una denuncia presso le Autorità competenti, dove dovrà essere dichiarato il valore del software abilitato sul dispositivo oggetto di denuncia (in base alla fattura di acquisto), che dovrà essere trasmessa anche alla AEDES, ed in seguito alla quale sarà valutata, a discrezione della AEDES, la fornitura di un supporto sostitutivo ad un costo non inferiore al 50% del prezzo di listino del software abilitato (in tutti i casi viene fatto riferimento al prezzo di listino corrente senza alcun tipo di offerta o riduzioni per seconde licenze e successive).

**LIMITE DI RESPONSABILITA'.** In nessun caso AEDES sarà responsabile per i danni (inclusi, senza limitazioni, il danno per perdita o mancato guadagno, interruzione dell'attività, perdita di informazioni od altre perdite economiche) derivanti dall'uso o dall'incapacità dell'utilizzo del software, anche nel caso che AEDES sia stato avvertita della possibilità di tali danni. In ogni caso, la responsabilità di AEDES ai sensi del presente accordo sarà limitata ad un importo corrispondente a quello effettivamente pagato per il software. Tutte le spese sostenute da AEDES saranno conteggiate ai fini di raggiungere l'importo corrispondente al limite di responsabilità sopra indicato.

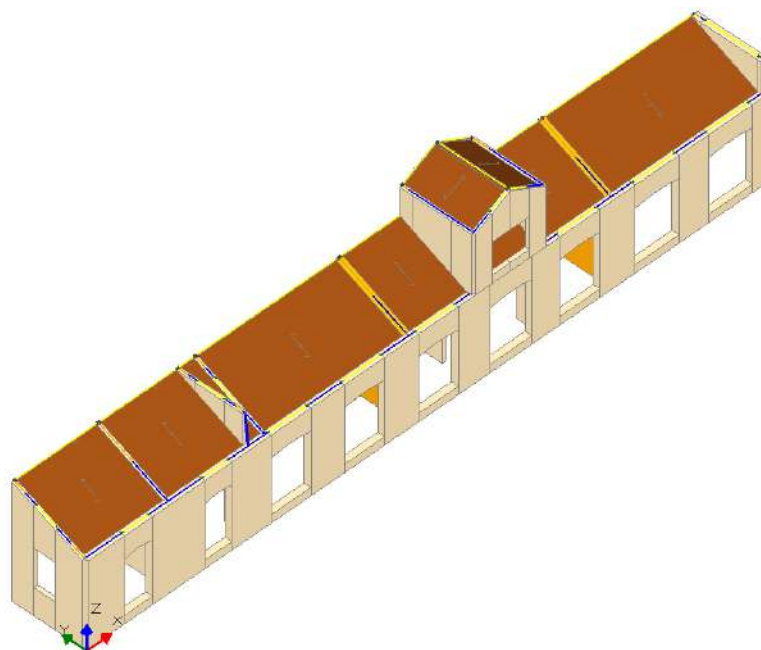
**QUESTO ACCORDO DI LICENZA D'USO E' DISCIPLINATO DALLE LEGGI ITALIANE.** In particolare dalla Legge 22 Aprile 1941, n.633 modificata dal Decreto Legislativo 29 dicembre 1992 n.518 ("Attuazione della direttiva 91/250/CEE relativa alla tutela giuridica dei programmi per elaboratore") e dalla Convenzione di Berna sulla tutela delle opere letterarie ed artistiche ratificata con legge 20 giugno 1978, n.399. Chiunque desideri porre domande in ordine a questo Accordo, può scrivere a: AEDES Software per Ingegneria Civile s.n.c., Via Aporti, 32, 56028 San Miniato Basso (PI). In caso di controversia circa l'interpretazione e l'esecuzione del presente contratto, Foro esclusivamente competente è quello di Pisa.

**VALIDITA' DELL'ACCORDO DI LICENZA D'USO.** La Fattura di acquisto di seguito indicata costituisce il documento che convalida univocamente la presente licenza d'uso:

## 2.9 STATO DI FATTO - CARATTERISTICHE GENERALI DEL MODELLO DI CALCOLO

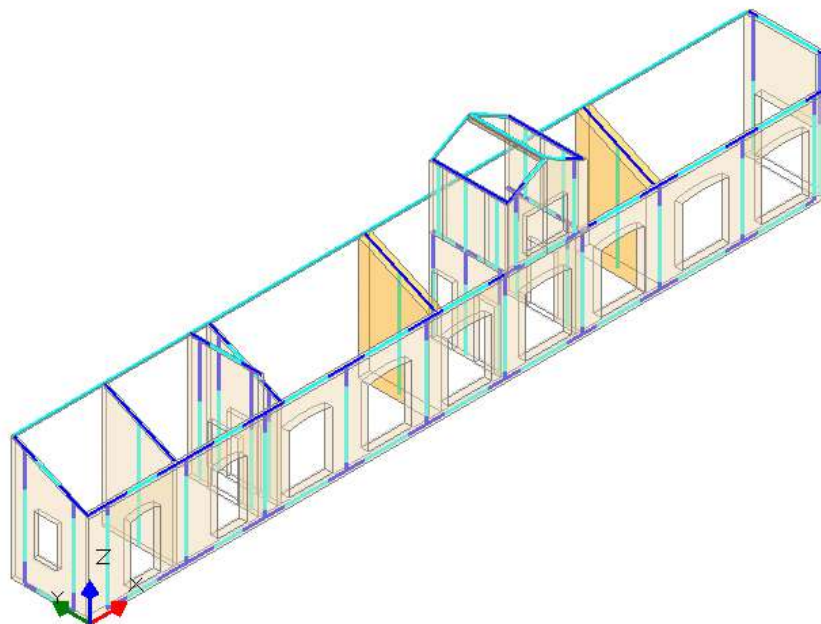
Sulla base delle piante architettoniche e strutturali ricavate dalla documentazione esistente e dal rilievo effettuato è stato realizzato il modello degli elementi architettonici che costituiscono il fabbricato. A questo livello di modellazione sono già state assegnate le corrette sezioni agli elementi resistenti ed i relativi materiali. I materiali che caratterizzano la struttura sono quelli descritti in precedenza nel relativo paragrafo a cui si rimanda.

Di seguito si riportano le immagini del modello di calcolo:

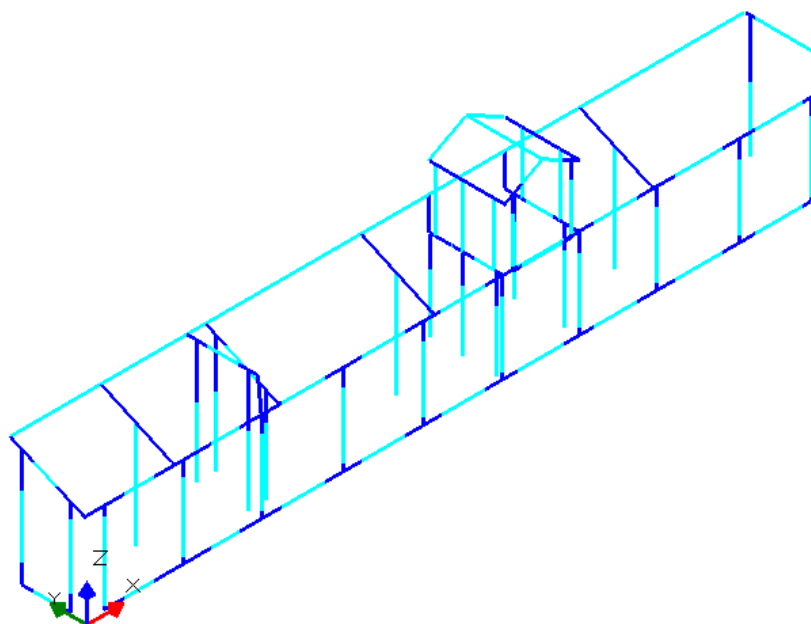


**Vista del modello di calcolo, si può notare la muratura in mattoni pieni in beige ed in mattoni semipieni in arancione.**

Si è affidato al software l'incombenza di generare il telaio equivalente mediante elementi tipo "beam", allo stesso tempo il software ha provveduto a creare i collegamenti tra i telai mediante link rigidi.



**Vista del modello in trasparenza, si può notare la schematizzazione a telaio equivalente.**

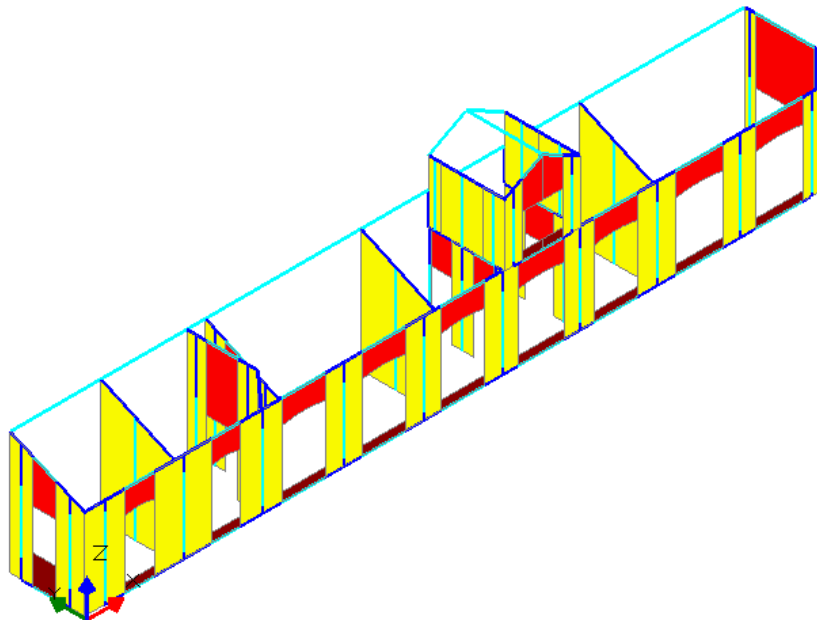


**Vista del modello a telaio equivalente**

- **Modellazione dei maschi murari**

I maschi murari sono stati modellati con elementi finiti "beam" verticali a 2 nodi con 6 gradi di libertà per nodo (3 traslazioni e 3 rotazioni) e sono dotati di deformabilità a flessione e a taglio. Nel caso in cui l'elemento "beam" abbia uno o due tratti rigidi, esso è costituito da, rispettivamente, 3 o 4 nodi e i suoi vincolamenti interni sono riferiti agli estremi della luce deformabile. I maschi murari seguono leggi di comportamento bilineare elastico perfettamente plastico, che prevedono meccanismi di taglio per scorrimento, per fessurazione diagonale, e di presso-flessione complanare e fuori dal piano, con duttilità corrispondente alla capacità di spostamento comparata all'altezza

della parete. Nell'analisi sismica statica non lineare (pushover), viene valutato il comportamento progressivo dei maschi al progressivo incremento di azioni orizzontali. Il raggiungimento al passo *i*-esimo, della forza resistente per taglio o per presso-flessione determina una plasticizzazione, cui corrisponde una variazione del vincolamento interno della struttura, nella quale il taglio e/o il momento non possono più crescere. La deformazione è possibile sino a un valore massimo pari ad un drift determinato dall'altezza deformabile *H* e dal tipo di crisi (0,5%*H* per crisi a taglio, 1.0%*H* per crisi a presso-flessione). Raggiunto lo spostamento massimo, la parete esce dall'insieme di strutture reagenti, e non è più in grado di sopportare le azioni orizzontali (permane invece la capacità di sostenere il carico statico verticale, presente sin dall'inizio dell'applicazione della distribuzione di forze orizzontali). Il taglio che la parete sopportava viene ridistribuito alle altre strutture resistenti. Viene effettuato anche un controllo di trazione: qualora insorga uno sforzo normale di trazione, la parete perde rigidità e resistenza. Sia nell'analisi statica che durante l'analisi pushover, i maschi murari vengono verificati nei confronti delle azioni di presso-flessione nel piano, di taglio e di presso-flessione fuori dal piano.



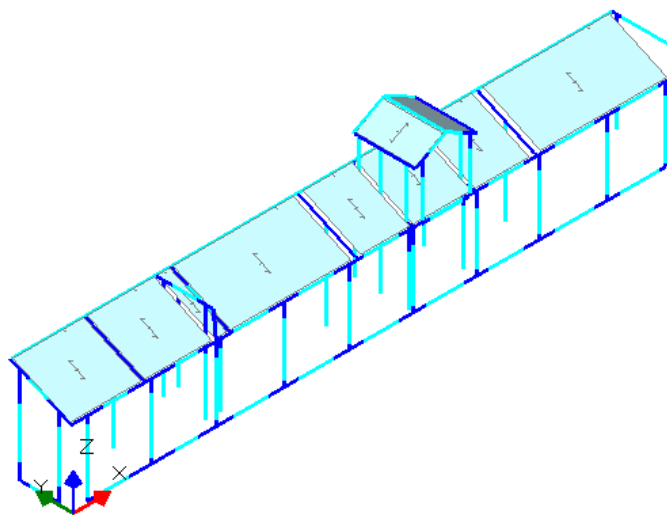
**Vista per tipologia dei modelli di calcolo, in giallo i maschi murari, in rosso le strisce soprafinestra ed in marrone gli elementi sottofinestra.**

- **Modellazione delle fasce di piano e dei sottofinestra**

Come permette la Circ n. 617/09 al Paragrafo C8.7.1.4, nella modellazione degli edifici sono state inserite anche le travi di accoppiamento in muratura. Tuttavia, non essendo presente cordolo di piano resistente a trazione, si è scelto di non considerare il contributo di tali elementi andando a svincolare le rotazioni all'estremità di sottofinestra e fasce di piano, escludendole dalla verifica.

- **Modellazione dei solai**

Il programma di calcolo PCM non permette di definire la rigidezza del campo di solaio in funzione del suo pacchetto strutturale, ma schematizza i piani in flessibili o rigidi: nel primo caso tutti i nodi di piano hanno i gradi di libertà indipendenti l'uno dall'altro; nel caso di piano rigido, invece, i nodi sono vincolati rigidamente al nodo master (nodo del baricentro del piano) secondo lo schema master/slave, per cui hanno tutti la stessa rotazione e le stesse traslazioni nel piano orizzontale. Nel modello di calcolo della struttura i solai sono stati considerati flessibili, in accordo con la tipologia di copertura in legno e tavelloni presente.



**Vista dei solai della struttura, in azzurro i solai flessibili**

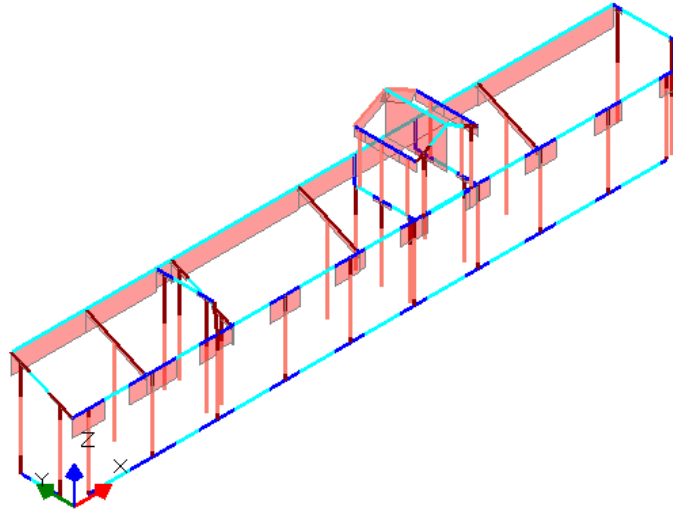
- **Modellazione delle azioni**

Per effettuare la verifica statica delle due strutture allo SLU sono state valutate le massime sollecitazioni agenti sulle strutture ottenute dalle azioni non sismiche (carichi permanenti, vento, neve, ecc.) agenti sui solai e sulle murature verticali e successivamente combinate come indicato nella seguente formula in accordo ai Paragrafi 2.5.3 e 2.6.1 del D.M. 17/01/18:

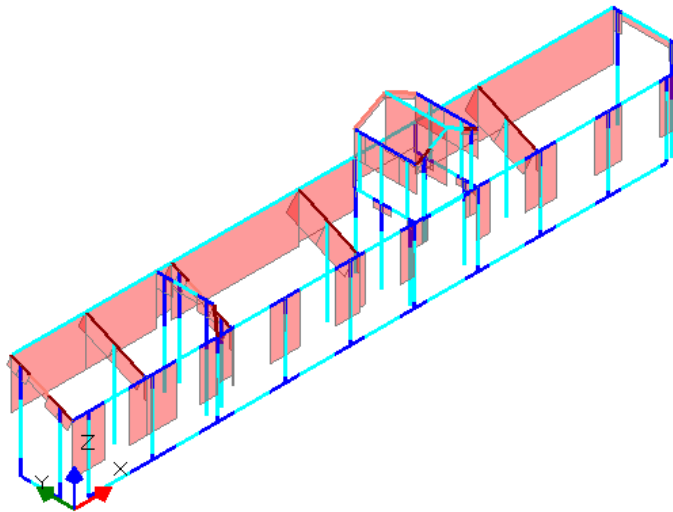
$$\gamma_{G1} \times G1 + \gamma_{G2} \times G2 + \gamma_P \times P + \gamma_{Q1} \times Qk1 + \gamma_{Q2} \times \psi_{02} \times Qk2 + \gamma_{Q3} \times \psi_{03} \times Qk3 + \dots$$

G1 sono i carichi permanenti strutturali, G2 sono i carichi permanenti non strutturali, Qk i carichi variabili,  $\gamma_{i}$  coefficienti parziali di sicurezza.

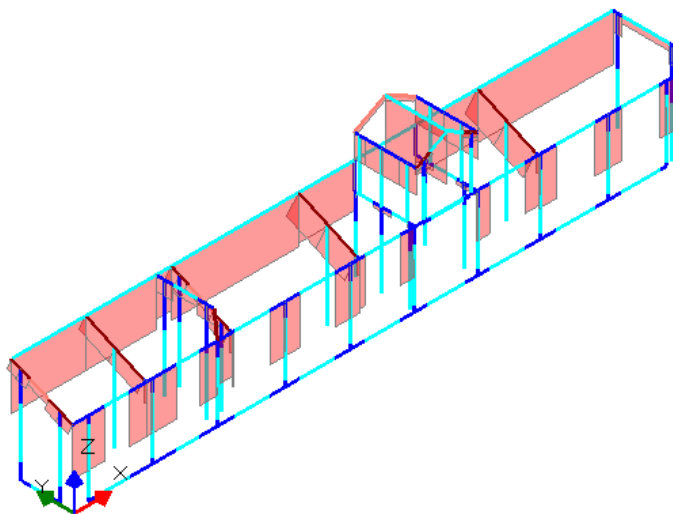
I carichi così come descritti in precedenza sono stati inseriti all'interno del modello di calcolo, si riportano di seguito alcune immagini rappresentative dei carichi applicati:



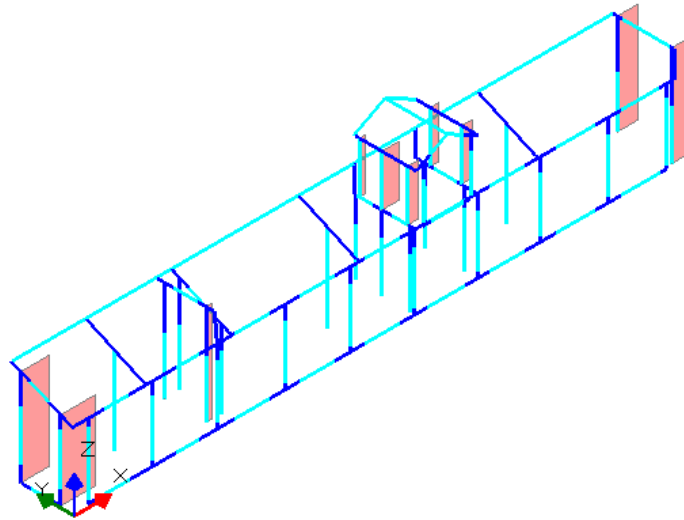
**Vista globale della distribuzione dei carichi dovuti ai pesi propri**



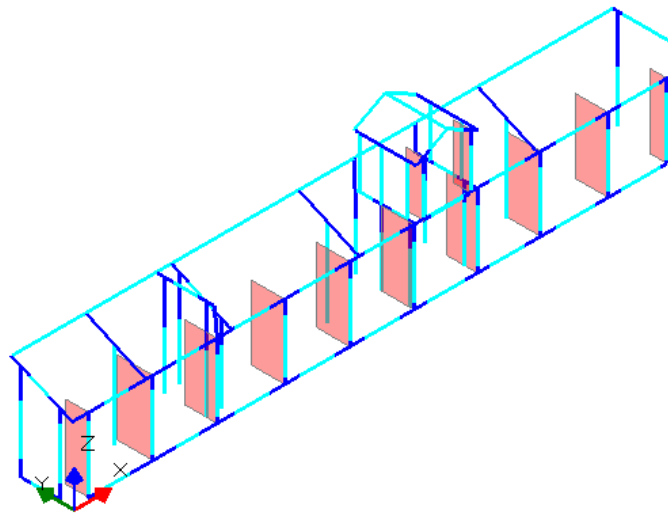
**Vista globale della distribuzione dei carichi dovuti ai pesi permanenti portati**



**Vista globale della distribuzione dei carichi dovuti al carico variabile da neve**



**Vista globale della distribuzione dei carichi dovuti al vento in direzione +X**



**Vista globale della distribuzione dei carichi dovuti al vento in direzione +Y**

- **Combinazioni di carico**

I carichi agenti sui solai ed i relativi pesi propri sono definiti dalle CCE (Condizioni di Carico Elementari) valutate nel paragrafo precedente. Le CCC (Combinazioni di Condizioni di Carico) consentono la generazione di caratteristiche di sollecitazione e deformazione per le combinazioni delle Condizioni di Carico Elementari. Di seguito è visualizzata l'elenco di tutte le CCC:

Segue: elenco delle CCC (Combinazioni di Condizioni di Carico), utilizzate in Analisi Statica Lineare (non Sismica), in accordo con §2.5 D.M.14.1.2008.  
 Per quanto riguarda l'Analisi Sismica, PCM considera automaticamente l'unica combinazione di carichi prevista (§3.2.4): si intende che l'analisi sismica viene quindi svolta tenendo conto degli eventuali effetti torsionali aggiuntivi (§7.2.6) e combinando i risultati corrispondenti alle diverse direzioni di analisi (§7.3.5), secondo le opzioni scelte nei Parametri di Calcolo.

Elenco delle CCC. Per ogni CCC vengono indicati:

- la numerazione progressiva;

per CCC non generiche:

- lo Stato Limite di riferimento (SLU o SLE);

- il codice identificativo della CCC in ambiente software PCM;

- la Tipologia (Fondamentale, Frequente, QuasiPermanente) / l'Azione Dominante / l'eventuale altra azione che caratterizza la CCC;

- per CCC SLU (di tipo Fondamentale): i coefficienti gamma (moltiplicatori) per le CCE (coefficienti parziali di sicurezza, Tab. 2.6.I in §2.6.1);  
- i coefficienti (psi) (coefficienti di combinazione, Tab. 2.5.I in §2.5.3):  
per la tipologia Fondamentale:  $(\psi_i) = (\psi_i)_0$ ;  
per la tipologia Frequente:  $(\psi_i) = (\psi_i)_1$  per l'Azione Dominante, e:  $(\psi_i) = (\psi_i)_2$  per le altre azioni variabili che possono agire contemporaneamente all'azione dominante;  
per la tipologia QuasiPermanente:  $(\psi_i) = (\psi_i)_2$ ;  
- per CCC SLU (di tipo Fondamentale): i moltiplicatori di calcolo per le CCE, pari a: (gamma) per l'Azione Dominante,  $(\gamma) \cdot (\psi_i)_0$  per le altre azioni variabili che possono agire contemporaneamente all'azione dominante;  
per eventuali CCC generiche:  
- i coefficienti gamma (moltiplicatori) per le CCE.

#### Combinazione di Condizioni di Carico n°1

SLU: Combinazione 29 (Fondamentale/Variabile Cat.H/Vento +X)  
CCC fondamentale (SLU)  
Coefficienti gamma (moltiplicatori) per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.50, 4) 1.50, 5) 1.50, 6) 0.00, 7) 0.00, 8) 1.00  
 $(\psi_i)_0$  per le CCE = 1) 1.00, 2) 1.00, 3) -, 4) 0.50, 5) 0.60, 6) 0.60, 7) 0.60, 8) 1.00  
Moltiplicatori di calcolo per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.50, 4) 0.75, 5) 0.90, 6) 0.00, 7) 0.00, 8) 1.00

#### Combinazione di Condizioni di Carico n°2

SLU: Combinazione 30 (Fondamentale/Variabile Cat.H/Vento +Y)  
CCC fondamentale (SLU)  
Coefficienti gamma (moltiplicatori) per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.50, 4) 1.50, 5) 0.00, 6) 1.50, 7) 0.00, 8) 1.00  
 $(\psi_i)_0$  per le CCE = 1) 1.00, 2) 1.00, 3) -, 4) 0.50, 5) 0.60, 6) 0.60, 7) 0.60, 8) 1.00  
Moltiplicatori di calcolo per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.50, 4) 0.75, 5) 0.00, 6) 0.90, 7) 0.00, 8) 1.00

#### Combinazione di Condizioni di Carico n°3

SLU: Combinazione 31 (Fondamentale/Variabile Cat.H/Vento -X)  
CCC fondamentale (SLU)  
Coefficienti gamma (moltiplicatori) per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.50, 4) 1.50, 5) 0.00, 6) 0.00, 7) 1.50, 8) 1.00  
 $(\psi_i)_0$  per le CCE = 1) 1.00, 2) 1.00, 3) -, 4) 0.50, 5) 0.60, 6) 0.60, 7) 0.60, 8) 1.00  
Moltiplicatori di calcolo per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.50, 4) 0.75, 5) 0.00, 6) 0.00, 7) 0.90, 8) 1.00

#### Combinazione di Condizioni di Carico n°4

SLU: Combinazione 37 (Fondamentale/Neve/Vento +X)  
CCC fondamentale (SLU)  
Coefficienti gamma (moltiplicatori) per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.50, 4) 1.50, 5) 1.50, 6) 0.00, 7) 0.00, 8) 1.00  
 $(\psi_i)_0$  per le CCE = 1) 1.00, 2) 1.00, 3) 0.00, 4) -, 5) 0.60, 6) 0.60, 7) 0.60, 8) 1.00  
Moltiplicatori di calcolo per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 0.00, 4) 1.50, 5) 0.90, 6) 0.00, 7) 0.00, 8) 1.00

#### Combinazione di Condizioni di Carico n°5

SLU: Combinazione 38 (Fondamentale/Neve/Vento +Y)  
CCC fondamentale (SLU)  
Coefficienti gamma (moltiplicatori) per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.50, 4) 1.50, 5) 0.00, 6) 1.50, 7) 0.00, 8) 1.00  
 $(\psi_i)_0$  per le CCE = 1) 1.00, 2) 1.00, 3) 0.00, 4) -, 5) 0.60, 6) 0.60, 7) 0.60, 8) 1.00  
Moltiplicatori di calcolo per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 0.00, 4) 1.50, 5) 0.00, 6) 0.90, 7) 0.00, 8) 1.00

#### Combinazione di Condizioni di Carico n°6

SLU: Combinazione 39 (Fondamentale/Neve/Vento -X)  
CCC fondamentale (SLU)  
Coefficienti gamma (moltiplicatori) per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.50, 4) 1.50, 5) 0.00, 6) 0.00, 7) 1.50, 8) 1.00  
 $(\psi_i)_0$  per le CCE = 1) 1.00, 2) 1.00, 3) 0.00, 4) -, 5) 0.60, 6) 0.60, 7) 0.60, 8) 1.00  
Moltiplicatori di calcolo per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 0.00, 4) 1.50, 5) 0.00, 6) 0.00, 7) 0.90, 8) 1.00

#### Combinazione di Condizioni di Carico n°7

SLU: Combinazione 41 (Fondamentale/Vento +X)  
CCC fondamentale (SLU)  
Coefficienti gamma (moltiplicatori) per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.50, 4) 1.50, 5) 1.50, 6) 0.00, 7) 0.00, 8) 1.00  
 $(\psi_i)_0$  per le CCE = 1) 1.00, 2) 1.00, 3) 0.00, 4) 0.50, 5) -, 6) 0.60, 7) 0.60, 8) 1.00  
Moltiplicatori di calcolo per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 0.00, 4) 0.75, 5) 1.50, 6) 0.00, 7) 0.00, 8) 1.00

#### Combinazione di Condizioni di Carico n°8

SLU: Combinazione 42 (Fondamentale/Vento +Y)  
CCC fondamentale (SLU)  
Coefficienti gamma (moltiplicatori) per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.50, 4) 1.50, 5) 0.00, 6) 1.50, 7) 0.00, 8) 1.00  
 $(\psi_i)_0$  per le CCE = 1) 1.00, 2) 1.00, 3) 0.00, 4) 0.50, 5) 0.60, 6) -, 7) 0.60, 8) 1.00  
Moltiplicatori di calcolo per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 0.00, 4) 0.75, 5) 0.00, 6) 1.50, 7) 0.00, 8) 1.00

#### Combinazione di Condizioni di Carico n°9

SLU: Combinazione 43 (Fondamentale/Vento -X)



CCC fondamentale (SLU)  
 Coefficienti gamma (moltiplicatori) per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.50, 4) 1.50, 5) 0.00, 6) 0.00, 7) 1.50, 8) 1.00  
 (psi,0) per le CCE = 1) 1.00, 2) 1.00, 3) 0.00, 4) 0.50, 5) 0.60, 6) 0.60, 7) -, 8) 1.00  
 Moltiplicatori di calcolo per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 0.00, 4) 0.75, 5) 0.00, 6) 0.00, 7) 1.50, 8) 1.00

**Combinazione di Condizioni di Carico n°10**

SLE: Combinazione 29 (Frequente/Variabile Cat.H/Vento +X)  
 CCC frequente (SLE)  
 (psi) per le CCE = 1) 1.0, 2) 1.0, 3) 0.0, 4) 0.0, 5) 0.0, 6) 0.0, 7) 0.0, 8) 1.0

**Combinazione di Condizioni di Carico n°11**

SLE: Combinazione 30 (Frequente/Variabile Cat.H/Vento +Y)  
 CCC frequente (SLE)  
 (psi) per le CCE = 1) 1.0, 2) 1.0, 3) 0.0, 4) 0.0, 5) 0.0, 6) 0.0, 7) 0.0, 8) 1.0

**Combinazione di Condizioni di Carico n°12**

SLE: Combinazione 31 (Frequente/Variabile Cat.H/Vento -X)  
 CCC frequente (SLE)  
 (psi) per le CCE = 1) 1.0, 2) 1.0, 3) 0.0, 4) 0.0, 5) 0.0, 6) 0.0, 7) 0.0, 8) 1.0

**Combinazione di Condizioni di Carico n°13**

SLE: Combinazione 37 (Frequente/Neve/Vento +X)  
 CCC frequente (SLE)  
 (psi) per le CCE = 1) 1.0, 2) 1.0, 3) 0.0, 4) 0.2, 5) 0.0, 6) 0.0, 7) 0.0, 8) 1.0

**Combinazione di Condizioni di Carico n°14**

SLE: Combinazione 38 (Frequente/Neve/Vento +Y)  
 CCC frequente (SLE)  
 (psi) per le CCE = 1) 1.0, 2) 1.0, 3) 0.0, 4) 0.2, 5) 0.0, 6) 0.0, 7) 0.0, 8) 1.0

**Combinazione di Condizioni di Carico n°15**

SLE: Combinazione 39 (Frequente/Neve/Vento -X)  
 CCC frequente (SLE)  
 (psi) per le CCE = 1) 1.0, 2) 1.0, 3) 0.0, 4) 0.2, 5) 0.0, 6) 0.0, 7) 0.0, 8) 1.0

**Combinazione di Condizioni di Carico n°16**

SLE: Combinazione 41 (Frequente/Vento +X)  
 CCC frequente (SLE)  
 (psi) per le CCE = 1) 1.0, 2) 1.0, 3) 0.0, 4) 0.0, 5) 0.2, 6) 0.0, 7) 0.0, 8) 1.0

**Combinazione di Condizioni di Carico n°17**

SLE: Combinazione 42 (Frequente/Vento +Y)  
 CCC frequente (SLE)  
 (psi) per le CCE = 1) 1.0, 2) 1.0, 3) 0.0, 4) 0.0, 5) 0.0, 6) 0.2, 7) 0.0, 8) 1.0

**Combinazione di Condizioni di Carico n°18**

SLE: Combinazione 43 (Frequente/Vento -X)  
 CCC frequente (SLE)  
 (psi) per le CCE = 1) 1.0, 2) 1.0, 3) 0.0, 4) 0.0, 5) 0.0, 6) 0.0, 7) 0.2, 8) 1.0

**Combinazione di Condizioni di Carico n°19**

SLE: Combinazione 45 (QuasiPermanente)  
 CCC quasi permanente (SLE)  
 (psi,2) per le CCE = 1) 1.0, 2) 1.0, 3) 0.0, 4) 0.0, 5) 0.0, 6) 0.0, 7) 0.0, 8) 1.0

**Combinazione di Condizioni di Carico n°20**

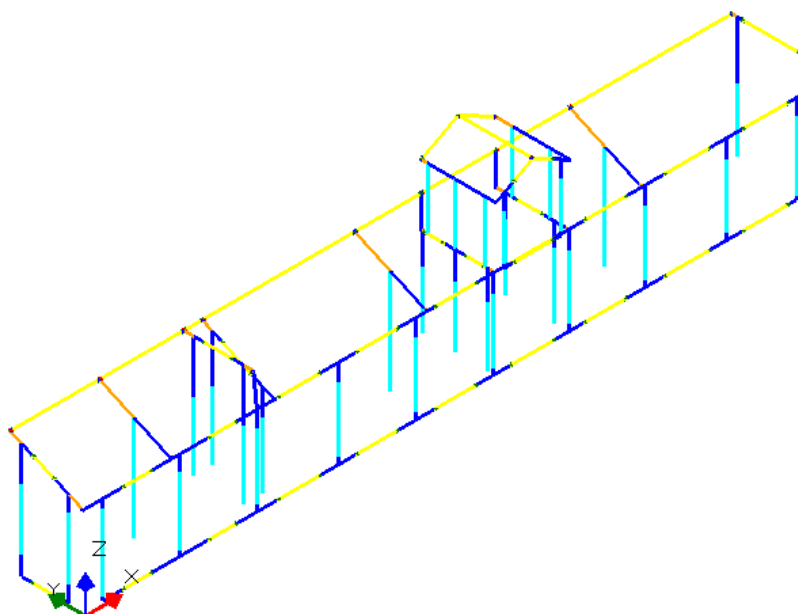
Combinazione sismica (QuasiPermanente)  
 CCC quasi permanente (SLE)  
 (psi,2) per le CCE = 1) 1.0, 2) 1.0, 3) 0.0, 4) 0.0, 5) 0.0, 6) 0.0, 7) 0.0, 8) 1.0

**Combinazione di Condizioni di Carico n°21**

Combinazione 1  
 Coefficienti gamma (moltiplicatori) per le CCE = 1) 1.00, 2) 1.00, 3) 1.00, 4) 1.00, 5) 0.00, 6) 0.00, 7) 0.00, 8) 1.00

- **Modellazione dei vincoli esterni ed interni**

In generale, come si vede in figura, il vincolamento interno dei nodi di estremità della luce deformabile delle aste è di tipo incastro – incastro (gli elementi strutturali sono rappresentati in azzurro, i link rigidi in blu). Un'ulteriore specifica riguarda i sottofinestra e le strisce di piano che, come spiegato in precedenza, sono stati svincolati secondo lo schema cerniera-cerniera. Questa tipologia di vincolamento è evidenziata nelle immagini con il colore giallo. Le aste colorate in arancione presentano invece uno svincolo alla traslazione verticale, inserito per una corretta e fedele ripartizione dei carichi di solaio. Per quanto riguarda i vincoli esterni i maschi murari sono stati considerati incastrati alla base. Come si evince dalle immagini del modello, non è stato modellato il muro perimetrale di cinta del Parco, in quanto l'edificio servizi risulta ad esso solamente accostato, senza ammorsamento. L'unico collegamento tra la struttura dell'edificio servizi ed il muro perimetrale è rappresentato dai travetti di copertura che si appoggiano su di esso. Per simulare il contributo del muro di cinta è stata modellata una trave fittizia che fornisce appoggio al solaio di copertura, appoggiata su carrelli esterni liberi di traslare in direzione X ed Y.



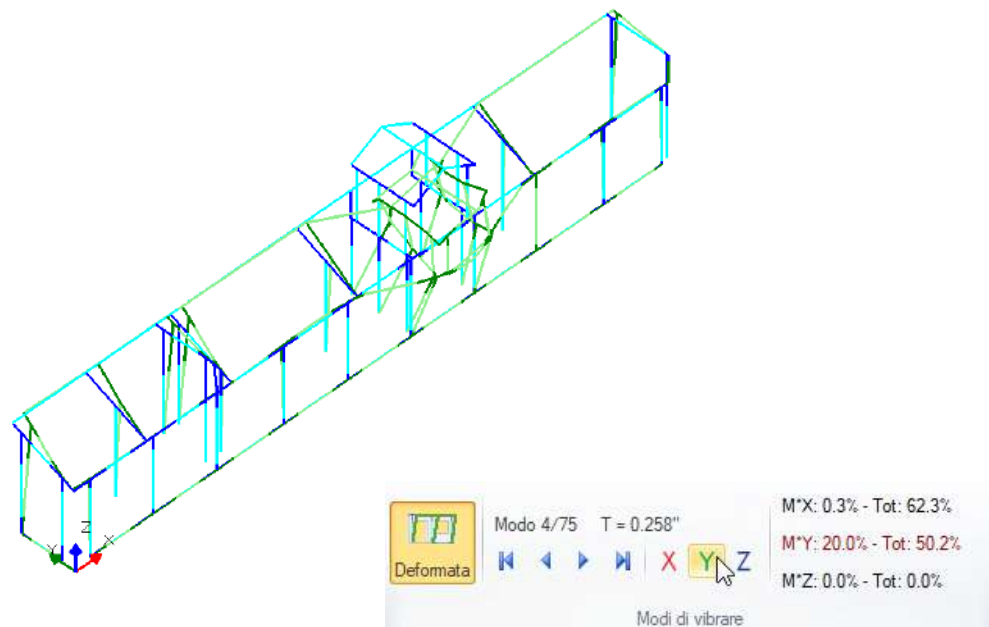
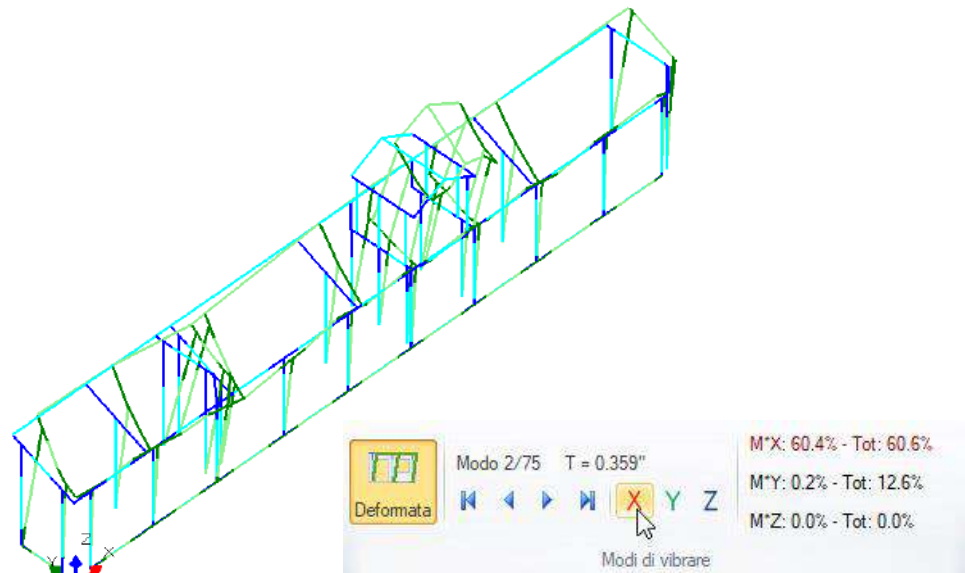
**Vista del vincolamento del modello**

## 2.9.2 Risultati delle analisi

L'obiettivo principale di questa analisi è verificare l'efficacia dell'intervento di miglioramento sismico, per ottenere ciò si è scelto di verificare la struttura in elevazione mediante analisi di tipo sismico non lineare.

- **Risultati dell'analisi modale**

L'analisi dei modi di vibrare ha individuato 75 modi di vibrare che eccitano in totale una massa pari al 98.8% in direzione X ed il 99.8% in direzione Y. Di seguito si riportano le rappresentazioni grafiche dei principali modi di vibrare:



- **Risultati dell'analisi statica NON sismica**

Nelle analisi Lineari, gli elementi in muratura vengono valutati (come detto in precedenza) nei confronti di:

- Pressoflessione Complanare

- Taglio per scorrimento e per fessurazione diagonale

per quanto riguarda le verifiche da condurre nel piano di appartenenza del singolo elemento strutturale,

- Pressoflessione ortogonale

per quanto riguarda le verifiche fuori dal piano.

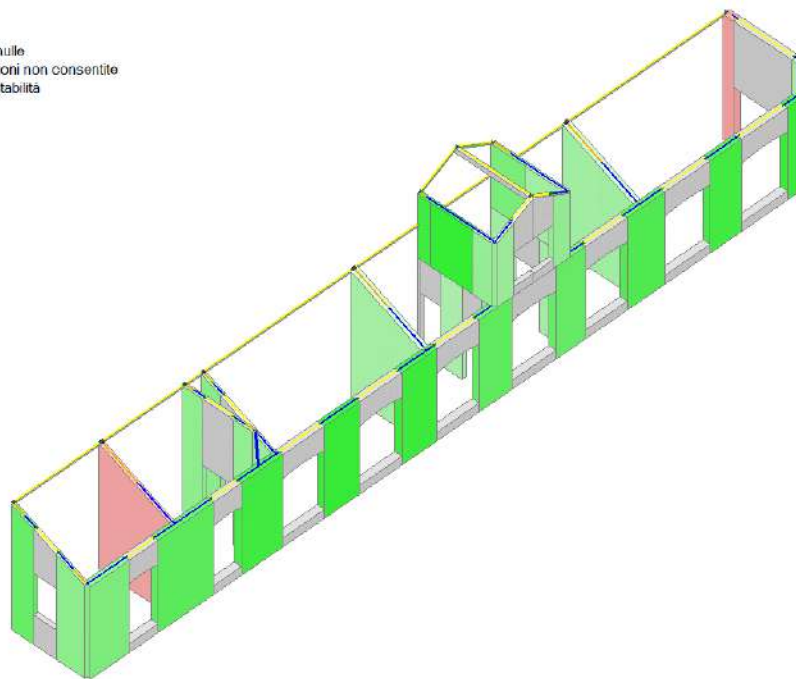
Il software offre una modalità di visualizzazione grafica dei risultati immediata ed efficiente in cui nei confronti della verifica in oggetto il singolo elemento strutturale, assume una colorazione che

va dal verde al rosso. Il colore dell'elemento è strettamente correlato all'indice di sicurezza, che a sua volta viene calcolato come il rapporto tra la Resistenza offerta dalla sezione e la Sollecitazione agente su di essa, avremo quindi che:

- $S/R < 1$  la sezione sarà verificata ed assumerà una gradazione di colore tendente al verde
- $S/R > 1$  la sezione NON sarà verificata ed assumerà una gradazione di colore tendente al rosso.

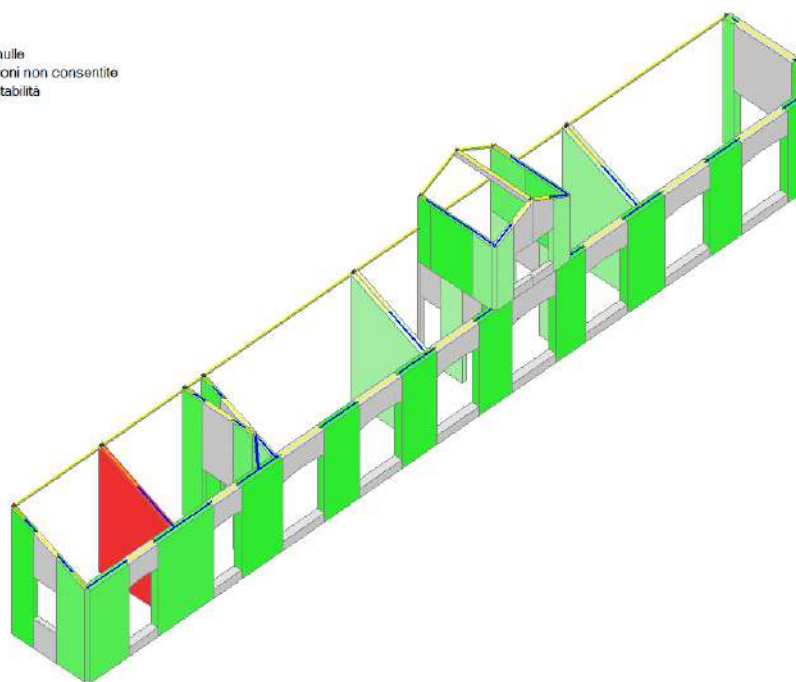
Più grande sarà il coefficiente di sicurezza (inteso come valore assoluto) più intensa sarà la gradazione cromatica.

- Verifica soddisfatta
- Verifica non soddisfatta
- Verifica soddisfatta per azioni nulle
- Verifica non soddisfatta per azioni non consentite
- Verifica non soddisfatta per instabilità
- Asta non sottoposta a verifica



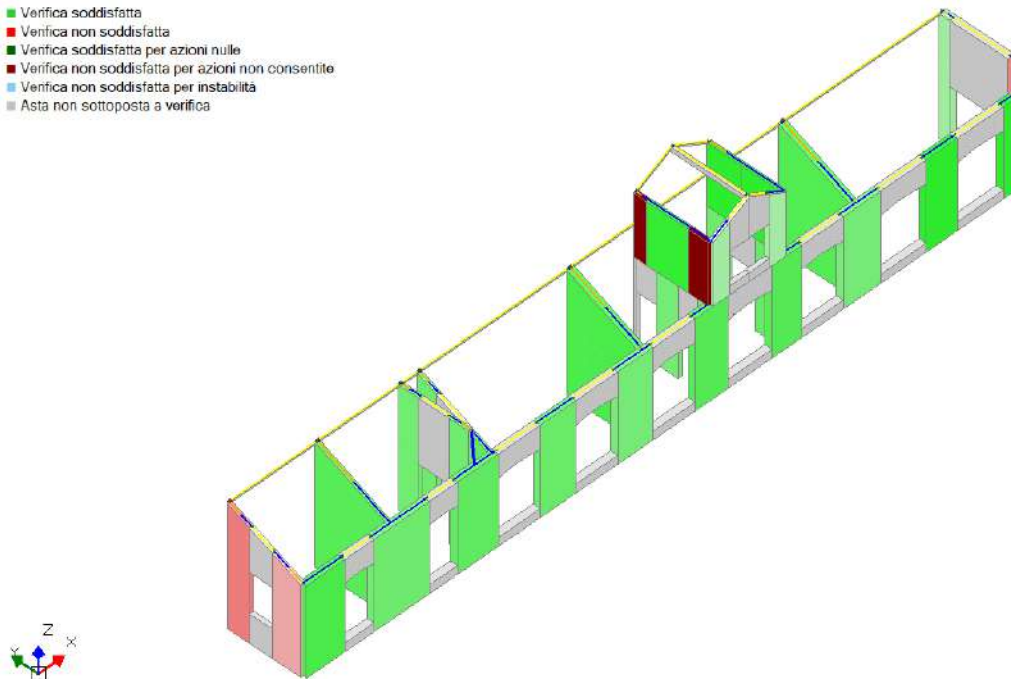
### Verifica a pressoflessione planare

- Verifica soddisfatta
- Verifica non soddisfatta
- Verifica soddisfatta per azioni nulle
- Verifica non soddisfatta per azioni non consentite
- Verifica non soddisfatta per instabilità
- Asta non sottoposta a verifica



### Verifica a taglio

■ Verifica soddisfatta  
 ■ Verifica non soddisfatta  
 ■ Verifica soddisfatta per azioni nulle  
 ■ Verifica non soddisfatta per azioni non consentite  
 ■ Verifica non soddisfatta per instabilità  
 ■ Asta non sottoposta a verifica



### Verifica a pressoflessione ortogonale

Come si può evincere dalle immagini sopra riportate le verifiche non risultano soddisfatte per alcuni maschi trasversali. Tale risultato dipende principalmente dai coefficienti riduttivi introdotti per considerare il livello di conoscenza dei materiali, oltre alla vicinanza alle aperture, per le quali non è stato considerato il contributo resistente di strisce e fasce di piano. Infatti, allo stato rilevato tali maschi non presentano significativi problemi strutturali.

- Risultati dell'analisi Sismica statica lineare per pressoflessione ortogonale**

Nelle analisi sismiche non si è considerata, ponendosi a favore di sicurezza, la resistenza dei maschi murari fuori dal proprio piano. Occorre però svolgere opportuna verifica a pressoflessione ortogonale per valutare la resistenza degli stessi e valutare il relativo indice di rischio. In particolare l'approccio seguito è riassunto da quanto descritto nel seguito; paragrafo tratto dal manuale di PCM:

**Ipotesi b).** Non si eseguono verifiche in direzione ortogonale. La rigidità trasversale delle pareti è considerata trascurabile, e quindi le pareti sono non reagenti a sollecitazioni flessionali e taglianti in direzione ortogonale.

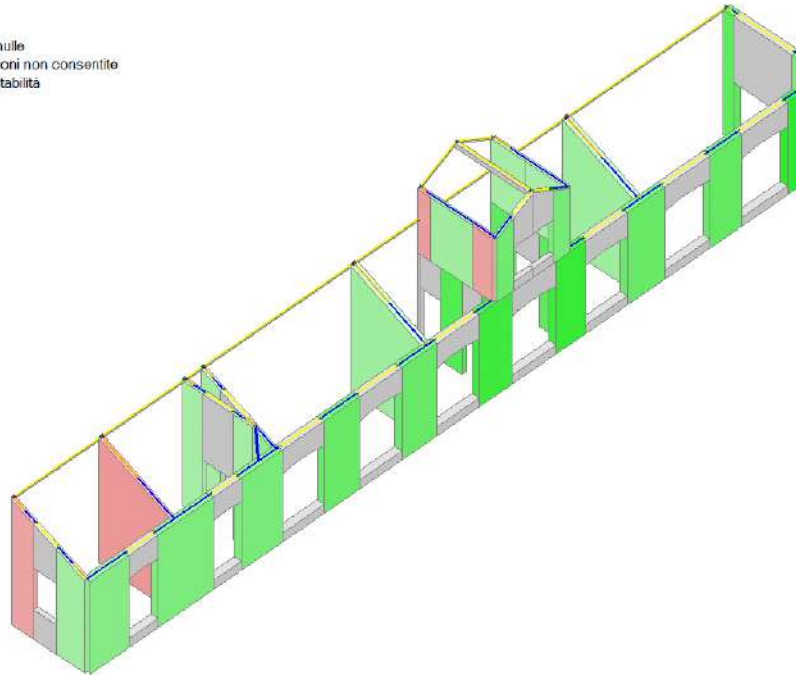
**Conseguenze:** il risultato agisce a favore di sicurezza, ma potrebbe sottostimare troppo le capacità della struttura, in quanto gli svincolamenti interni automaticamente considerati in direzione ortogonale possono influire su una labilità complessiva prematura.

**Giudizio operativo:** questa procedura può essere considerata valida, tranne i casi dove la stima più precisa della capacità suggerisca l'adozione di un modello resistente anche in direzione ortogonale.

In ogni caso, vanno comunque svolte le verifiche cinematiche e/o lineari in direzione ortogonale.

Pertanto si sono svolte le verifiche fuori dal piano ed i risultati ottenuti sono i seguenti:

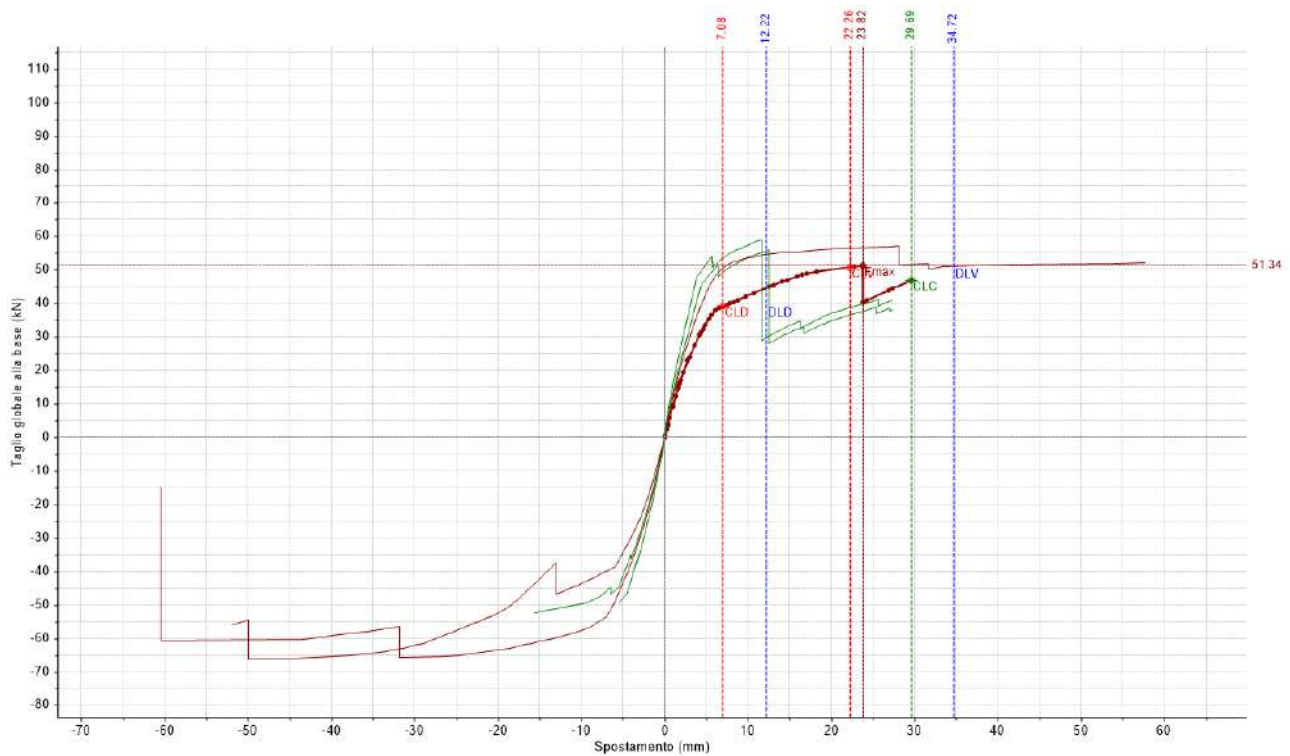
- Verifica soddisfatta
- Verifica non soddisfatta
- Verifica soddisfatta per azioni nulle
- Verifica non soddisfatta per azioni non consentite
- Verifica non soddisfatta per instabilità
- Asta non sottoposta a verifica



<p><b>Analisi Sismica Statica Lineare [§7.8.1.5.2]</b>  <b>Verifiche di sicurezza per Edifici in Muratura</b></p> <hr/> <p><b>SLU di salvaguardia della Vita (SLV)</b>  <b>Verifica di Resistenza (RES)</b>  <b>Ed.esistente, CU II: obbligatoria</b></p>		<p><b>Confronto fra Capacita' e Domanda - Indicatori di rischio</b>  <b>Valore obiettivo di (zeta,E) = 0.800</b></p> <p>VN = 50 anni, PGA,DLV = 0.138 g - TR,DLV = 475 anni - P,VR, DLV = 10 %  <small>Indicatori di rischio (zeta,E),SLV</small></p>													
<p>Pressofless. ortog. (da modello 3D)          [§7.8.2.2.3]</p>	<p style="text-align: center;"> <input style="width: 50px; height: 20px; border: 1px solid black;" type="text"/>  <span style="color: red; font-weight: bold;">0.843</span>    <span style="color: green; font-weight: bold;">87.5%</span> </p>	<p>Verifica di Resistenza fuori piano</p> <table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="padding: 5px;">PGA,CLV (g)</th> <th style="padding: 5px;">TR,CLV (anni)</th> <th style="padding: 5px;">PVR,CLV (%)</th> <th style="padding: 5px;">PGA,CLV / PGA,DLV</th> <th style="padding: 5px;">TR,CLV / TR,DLV</th> <th style="padding: 5px;">VN,CLV (anni)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; color: green; font-weight: bold;">0.174</td> <td style="text-align: center; color: green; font-weight: bold;">297</td> <td style="text-align: center; color: green; font-weight: bold;">15.496</td> <td style="text-align: center; color: green; font-weight: bold;">0.833</td> <td style="text-align: center; color: green; font-weight: bold;">0.625</td> <td style="text-align: center; color: green; font-weight: bold;">31</td> </tr> </tbody> </table>		PGA,CLV (g)	TR,CLV (anni)	PVR,CLV (%)	PGA,CLV / PGA,DLV	TR,CLV / TR,DLV	VN,CLV (anni)	0.174	297	15.496	0.833	0.625	31
PGA,CLV (g)	TR,CLV (anni)	PVR,CLV (%)	PGA,CLV / PGA,DLV	TR,CLV / TR,DLV	VN,CLV (anni)										
0.174	297	15.496	0.833	0.625	31										

- **Risultati dell'analisi Sismica statica non lineare**

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi sismica statica non lineare "Pushover" per lo stato di fatto:



N° curva	Corrente	Vista	Distr.	Direz.	Direz.2	Mt	Ez	Control	$\zeta,PGA(SLV)$	$\zeta,TR(SLV)$	VN,CLV	$\zeta,PGA(SLD)$	$\zeta,TR(SLD)$
1	●	<input checked="" type="checkbox"/>	A	+X'				L2	0.670	0.360	18	0.643	0.360
2	●	<input checked="" type="checkbox"/>	A	+Y'				L2	0.899	0.741	37	1.679	3.420
3	●	<input checked="" type="checkbox"/>	A	-X'				L2	0.794	0.558	28	0.893	0.780
4	●	<input checked="" type="checkbox"/>	A	-Y'				L2	0.904	0.773	39	1.607	3.080
5	●	<input checked="" type="checkbox"/>	E	+X'				L2	0.775	0.522	26	0.667	0.400
6	●	<input checked="" type="checkbox"/>	E	+Y'				L2	0.488	0.166	8	0.667	0.400
7	●	<input checked="" type="checkbox"/>	E	-X'				L2	0.904	0.756	38	0.798	0.580
8	●	<input checked="" type="checkbox"/>	E	-Y'				L2	0.230	0.029	2	0.583	0.280

Come si può evincere dai risultati sopra riportati, la struttura, non è in grado di resistere alle sollecitazioni sismiche di progetto, presentando un coefficiente di rischio sismico pari a **0.230**.

### 2.9.3 Valutazione della sicurezza

Si riportano di seguito gli indicatori del rischio sismico per lo stato di fatto:

#### Edificio Esistente in muratura - Intervento di Adeguamento <sup>(1)</sup>

##### Risultati dell'analisi strutturale

Normativa di riferimento: D.M. 17.1.2018 (parametri di spettro conformi a reticolo D.M. 14.1.2008)

Questo documento è una scheda di sintesi, contenente i risultati dell'elaborazione in termini di confronto fra capacità e domanda e compilata con riferimento alla terminologia proposta dal D.M.17.1.2018.

Per la verifica di sicurezza di un intervento di adeguamento (§8.4.3) si richiede che l'indicatore di rischio sismico  $\zeta_E$  sia  $\geq 0.800$  per i casi c) e), e  $\zeta_E \geq 1.000$  per gli altri casi.

Per l'edificio in oggetto, nel modello di Aedes.PCM si richiede:  $\zeta_E \geq 0.800$

#### Sintesi risultati: Indicatori di Rischio sismico $\zeta_E$ in termini di PGA

#### Verifica non soddisfatta

Stato Limite	$\zeta_E$ (PGA <sub>C</sub> /PGA <sub>D</sub> )
SLO	
SLD	
SLV	<b>0.230</b>

<sup>(1)</sup> Questa scheda di sintesi costituisce il risultato completo nel caso dell'Intervento di Adeguamento.

In alternativa, la scheda può riferirsi allo **Stato Attuale** (pre-intervento) **di un Intervento di Miglioramento**: in tal caso, il risultato complessivo dell'Intervento di Miglioramento è costituito dalla scheda di sintesi del file dell'edificio allo Stato di Progetto (post-intervento), dove i risultati dello Stato di Progetto vengono confrontati con quelli dello Stato Attuale.

#### Gerarchia dei comportamenti strutturali

Indicatore di rischio sismico obiettivo:  $\zeta_E \geq 0.800$

Edificio esistente, Classe d'uso (§2.4.2): II

Verifiche obbligatorie secondo Normativa (§7.3.6, §8.3): SLV: RES

In grigio: comportamenti non analizzati, o da non considerare (cfr. §7.3.6, Tab.7.3.III)

Comportamento	$\zeta_E$ (PGA <sub>C</sub> /PGA <sub>D</sub> )
SLV: Resistenza fuori piano	<b>0.230</b>
SLV: Resistenza nel piano	<b>0.230</b>

#### Domanda

Stato Limite	PGA <sub>D</sub> (g)	TR <sub>D</sub> (anni)
SLO	0.068	30
SLD	0.084	50
SLV	0.209	475

Analisi eseguite:

- Analisi statica non lineare (pushover)
- Analisi statica lineare con fattore di comportamento:  $q(\text{SLD}) = 1.500$ ,  $q(\text{SLV}) = 2.250$

Riferimenti per fattore di comportamento  $q$  (SLV):

- da Normativa (D.M.17.1.2018): posto in input  $(\alpha, U/\alpha, 1) = 1.50$ :  $q = 1.969$
- da analisi pushover:  $q = 1.872$
- secondo §7.3.1 [ $Se(\text{SLV}) \geq Se(\text{SLD})$ ]:  $q \geq 3.670$



## Verifiche di resistenza (RES)

SLV	PGA <sub>C</sub> (g)	ζ <sub>E</sub> (PGA <sub>C</sub> /PGA <sub>D</sub> )	TR <sub>C</sub> (anni)	ζ <sub>E</sub> (TR <sub>C</sub> /TR <sub>D</sub> )
Resistenza nel piano del pannello	0.048	0.230	14	0.029
Resistenza fuori piano del pannello	0.048	0.230	14	0.029
Capacità limite in fondazione				
Cinematismo				

**Indicatori di Rischio** (rapporto fra capacità e domanda).

I valori evidenziati si riferiscono al parametro ζ<sub>E</sub> definito in termini di PGA.

Stato Limite	ζ <sub>E</sub> (PGA <sub>C</sub> /PGA <sub>D</sub> )	ζ <sub>E</sub> (TR <sub>C</sub> /TR <sub>D</sub> )
<b>SLO</b>		
<b>SLD</b>		
<b>SLV</b>	<b>0.230</b>	0.029

Il valore di PGA specificato in input è pari ad ag\*S, accelerazione al suolo.

## Capacità della struttura in termini di Vita Nominale; Tempo di intervento

Dati in input (domanda):

Classe d'uso della costruzione (§2.4.2): II

Coefficiente d'uso della costruzione (§2.4.2, 2.4.3) C<sub>U</sub>: 1

Vita Nominale V<sub>N</sub> (§2.4.1): 50 anni

Vita di Riferimento (§2.4.3) V<sub>R</sub> = V<sub>N</sub> \* C<sub>U</sub>: 50 anni

PV<sub>R</sub> per SLV (definita in input): 10 %

Risultati dell'analisi (capacità):

TR<sub>CLV</sub> (anni) = 14 anni

Dalla relazione:  $TR = -V_R / \ln(1 - PV_R)$ , ponendo  $TR = TR_{CLV}$  e assumendo PV<sub>R</sub> per SLV definita in input, segue la capacità della struttura in termini di Vita di Riferimento (V<sub>RC</sub>) e quindi di Vita Nominale, ossia il Tempo di intervento T<sub>INT</sub> = (TR<sub>CLV</sub>/C<sub>U</sub>) \* ln(1-PV<sub>R</sub>):

V<sub>RC</sub> (anni) = 1.5 anni

T<sub>INT</sub> (anni) = 1.5 anni

## Edifici in muratura e verifiche di sicurezza: descrizione della metodologia

Il D.M.17.1.2018 organizza le verifiche competenti ai vari Stati Limite in dipendenza dalla Classe d'Uso dell'edificio (Tab.7.3.III in §7.3.6), distinguendole in verifiche di rigidezza (RIG: consistono in verifiche di deformazione) e in verifiche di resistenza (RES, che coinvolgono i comportamenti dei pannelli murari nel piano e fuori piano e la capacità limite in fondazione).

Piu' precisamente:

**SLO: Stato Limite di Operatività:**

**RIG:** verifica obbligatoria per edifici nuovi e classe d'uso III o IV (§7.3.6), o per edifici esistenti e classe IV (§8.3).

In analisi lineare consiste nel controllo della deformazione di interpiano, con riferimento ai limiti indicati in §7.3.6.1.

In analisi statica non lineare la verifica per SLO è definita dal confronto fra capacità (definita dallo spostamento del punto di controllo pari a (2/3) di quello allo SLD) e domanda per SLO (determinata attraverso l'oscillatore monodimensionale calcolato con la bilineare equivalente allo SLV).

### **SLD: Stato Limite di Danno:**

a) **RIG**: verifica obbligatoria per edifici nuovi e classe d'uso I e II (§7.3.6).

In analisi lineare consiste nel controllo della deformazione di interpiano, con riferimento ai limiti indicati in §7.3.6.1.

In analisi statica non lineare la verifica per SLD è definita dal confronto fra capacità e domanda. La capacità è definita dallo spostamento del punto di controllo minore fra le seguenti due condizioni:

- quello corrispondente al limite elastico della bilineare equivalente allo SLV;
- quello corrispondente al raggiungimento della resistenza massima a taglio in tutti i maschi murari in un qualunque livello di una qualunque parete ritenuta significativa ai fini dell'uso della costruzione, e comunque non prima dello spostamento per il quale si raggiunge un taglio di base pari a 3/4 del taglio di base massimo.

La domanda per SLD è determinata attraverso l'oscillatore monodimensionale calcolato con la bilineare equivalente allo SLV.

b) **RES**: verifica obbligatoria per edifici nuovi e classe d'uso III o IV (§7.3.6), o per edifici esistenti e classe IV (§8.3).

In analisi lineare consiste nelle verifiche di resistenza, con analisi condotta con fattore di comportamento  $q$  per SLD ( $q \leq 1.5$ , cfr. Tab.7.3.I §7.3).

In analisi statica non lineare, la verifica per SLD coincide con quanto descritto per RIG.

### **SLV: Stato Limite di salvaguardia della Vita:**

**RES**: verifiche richieste per tutti gli edifici. Per gli edifici esistenti, include le verifiche dei cinematismi condotte in termini di resistenza (con fattore di comportamento  $q$  posto in genere pari a 2).

In analisi lineare consiste nelle verifiche di resistenza, con analisi condotta con fattore di comportamento  $q$ .

In analisi statica non lineare la verifica per SLV è definita dal confronto fra capacità e domanda. La capacità è definita dallo spostamento del punto di controllo pari a (3/4) di quello allo SLC. SLC è definito dallo spostamento minore fra le seguenti condizioni:

- quello corrispondente ad un taglio alla base residuo pari all'80% del massimo;
- quello corrispondente al raggiungimento della soglia limite di deformazione angolare per SLC in tutti i maschi di un qualunque livello in una qualunque parete ritenuta significativa ai fini della sicurezza.

La domanda per SLV è determinata attraverso l'oscillatore monodimensionale calcolato con la bilineare equivalente allo SLV.

### **Analisi sismiche eseguite e risultati per i vari comportamenti strutturali**

Per ogni modello analizzato come unica struttura globale o per ogni sottostruttura di un modello calcolato come assemblaggio di sottostrutture, la scheda di sintesi indica i tipi di analisi eseguite le cui verifiche confluiscono nei risultati degli indicatori di rischio, con distinzione fra Stato Attuale e Stato di Progetto.

Le possibili analisi ed i corrispondenti comportamenti strutturali sono i seguenti:

- **Analisi cinematica**: meccanismi di collasso (cinematismi)

- **Analisi statica non lineare (pushover)**:

a) comportamento dei pannelli nel piano (per pressoflessione e/o taglio);

b) se considerato in pushover: comportamento dei pannelli fuori piano per azioni di calcolo da modello;

c) se vi sono fondazioni nello schema statico e sono considerate in pushover: capacità limite delle fondazioni.

- **Analisi sismica lineare** (con priorità per la dinamica modale rispetto alla statica lineare):

a) comportamento dei pannelli nel piano (per pressoflessione e/o taglio), se non è eseguita la pushover;

b) se la verifica è richiesta: comportamento dei pannelli fuori piano per azioni di calcolo da modello (considerato anche se è eseguita la pushover) e/o per azioni equivalenti secondo §7.2.3 e §7.8.1.5.2;

c) se vi sono fondazioni nello schema statico: capacità limite delle fondazioni, se non si considera in pushover.

Per garantire coerenza fra le verifiche eseguite in analisi lineare ed i risultati dell'analisi pushover, il fattore di comportamento  $q$  utilizzato in analisi lineare deve coincidere con  $q$  calcolato in pushover (rispettando comunque, nel caso del D.M.17.1.2018, secondo §7.3.1, il valore massimo di  $q$  tale che:  $S_{e,SLV} \geq S_{e,SLD}$ ).

### **Valutazione della sicurezza**

Per gli edifici esistenti, seguendo §8.3, è possibile che la valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi possano essere eseguiti con riferimento ai soli stati limite ultimi (SLV), salvo che per le costruzioni

in classe d'uso IV: per esse sono richieste le verifiche anche agli stati limite di esercizio SLE (SLO e SLD), per i quali potranno essere adottati livelli prestazionali ridotti.

L'**indicatore di rischio**  $\zeta_E$ , consistente nel rapporto tra Capacità e Domanda, costituisce il risultato in sintesi dell'analisi sismica dell'edificio.

Il calcolo dell'indicatore di rischio sismico viene effettuato attraverso un procedimento iterativo sulla domanda. Questa viene fatta variare fino a trovare il massimo valore sostenibile, tale cioè da garantire il soddisfacimento contemporaneo delle due seguenti condizioni: a) capacità  $\geq$  domanda (in termini di spostamento); b)  $q^*$  (rapporto tra la forza di risposta elastica e la forza di snervamento del sistema equivalente)  $\leq 3.0$ , con riferimento a SLV (la relazione  $q^* \leq 4.0$  indicata in D.M. 17.1.2018 per SLC viene ricondotta a  $q^* \leq 3.0$  per SLV, dato il rapporto di (3/4) esistente fra le capacità per SLC e per SLV (EuroCodice 8, UNI EN 1998-3:2005, §C4.1.2).

Per tutti gli stati limite di riferimento (SLO, SLD e SLV)  $\zeta_E$  può essere espresso sia in termini di PGA che di TR; i due valori non sono uguali data la non linearità del legame fra PGA e TR, ma in ogni caso sono contemporaneamente maggiori o minori di 1.

Per quanto riguarda la **pericolosità sismica**, la verifica di sicurezza e l'elaborazione dell'indicatore di rischio vengono eseguite in modo analogo sia nel caso di approccio semplificato (con riferimento al reticolo sismico italiano, pubblicato nel D.M.14.1.2008), sia nel caso di approccio rigoroso secondo **analisi della Risposta Sismica Locale (da microzonazione)**.

La procedura subisce invece alcune modifiche in altri casi di **parametri di spettro non conformi** al reticolo sismico, secondo le seguenti modalità.

**(a)** Se la difformità riguarda **ag**, il legame diretto tra TR e ag espresso dal reticolo non è più valido. Per tutti gli stati limite, il calcolo dell'indicatore di rischio si esegue attraverso una procedura iterativa direttamente su ag; il risultato in termini di TR si calcola in seguito facendo riferimento all'espressione proposta dal D.M. 65 del 07.03.2017:  $TR_C = TR_D * (PGA_C/PGA_D)^\eta$

dove:  $\eta = 1/0.49$  per  $ag \geq 0.25g$ ;  $\eta = 1/0.43$  per  $0.25g \geq ag \geq 0.15g$ ;  $\eta = 1/0.356$  per  $0.15g \geq ag \geq 0.05g$ ;  $\eta = 1/0.34$  per  $0.05g \geq ag$  (ag = accelerazione massima su roccia, che viene assunta con riferimento a SLV).

Per gli altri parametri di spettro, il valore viene unificato, per tutti i periodi di ritorno.

**(b)** Se la difformità riguarda **non ag ma altri parametri di spettro** (ad es. il coefficiente di suolo  $S_S$ ): i valori di ogni parametro difforme sono impostati costanti per tutti i periodi di ritorno, e la procedura iterativa viene eseguita su TR, sostituendo il valore previsto dalla Normativa con quello difforme.

**(c)** In caso di **spettro personalizzato definito per punti**, non è possibile risalire ai singoli parametri di spettro, tuttavia il valore di ancoraggio (spettro per  $T=0$ ), pari ad  $(ag*S)$ , consente una procedura iterativa basata sull'accelerazione mediante la quale è possibile definire, per ogni stato limite, il valore degli indicatori di rischio. La procedura assume per ipotesi che la forma spettrale sia proporzionale ad  $(ag*S)$  e che la definizione per punti dello spettro riguardi entrambe le direzioni sismiche X' e Y' (in assenza di una delle due definizioni, questa viene assunta uguale all'altra) ed un eventuale spettro in direzione Z; durante la procedura iterativa, tutti gli spettri vengono 'scalati' con il medesimo fattore di proporzionalità.

**(d)** Se la Normativa di riferimento è l'**EuroCodice**, il calcolo si limita agli indicatori di rischio in termini di PGA, con procedura iterativa analoga al punto (a) senza tuttavia valutare risultati in termini di TR.

La verifica di sicurezza per i **nuovi edifici** richiede che  $\zeta_E$  sia  $\geq 1.000$ .

Il D.M.17.1.2018 introduce livelli di sicurezza specifici per gli **edifici esistenti**, ed a tal fine è possibile fare riferimento all'indicatore  $\zeta_E$  **espresso in termini di accelerazione al suolo PGA**, preferibilmente espresso considerando gli effetti di suolo: **ag\*S** (la scelta di definizione di PGA come accelerazione su roccia ag o contenente anche gli effetti di suolo: ag\*S è definita in input nel file di Aedes.PCM).

Per gli **interventi di Miglioramento** (§8.4.2)  $\zeta_E$  può essere minore di 1.0: per le costruzioni di classe III ad uso scolastico e di classe IV a seguito degli interventi di miglioramento deve essere:  $\zeta_E \geq 0.600$ ; per tutti gli altri edifici,  $\zeta_E$  deve essere incrementato di almeno 0.1:  $\Delta\zeta_E \geq 0.100$ .

Per gli **interventi di Adeguamento** (§8.4.3) in alcuni casi (c) e in §8.4.3) è sufficiente che  $\zeta_E$  sia  $\geq 0.800$ , mentre negli altri casi il livello di sicurezza uguaglia quello richiesto alle nuove costruzioni:  $\zeta_E \geq 1.000$ .

Per quanto riguarda l'**intervallo di calcolo dei periodi di ritorno**: il D.M. 14.1.2008 definisce un periodo di ritorno compreso tra 30 e 2475 anni. Se dal calcolo risulta una capacità in termini di TR superiore a 2475 anni,

si pone  $TR = 2475$  come limite superiore. Per quanto riguarda il limite inferiore, è possibile considerare valori di  $TR$  minori di 30 anni con riferimento al Programma di ricerca DPC-ReLUIIS (Unità di Ricerca CNR-ITC): viene adottata un'estrapolazione mediante una regressione sui tre valori di hazard  $ag(30)$ ,  $ag(50)$  e  $ag(75)$ , effettuata con la funzione di potenza:  $ag(TR) = k TR^\alpha$ . L'intervallo di calcolo di  $TR$  è quindi  $[1, 2475]$ ; ne consegue che la capacità in termini di PGA può assumere anche valori minori di quello corrispondente a  $TR = 30$  anni.

La **capacità della struttura in termini di Vita Nominale ( $V_{NC}$ ), definita anche come Tempo di intervento  $T_{INT}$** , si identifica con la Vita Nominale che è possibile assegnare alla struttura, in conseguenza del periodo di ritorno sostenibile  $TR_{CLV}$ , mantenendo nel corrispondente periodo di riferimento  $V_{RC} (= V_{NC} * C_U)$  la probabilità di superamento  $PV_R$  definita in input per lo Stato Limite ultimo SLV.

Per una valutazione del valore ottenuto per  $V_{NC}$  relativa a beni monumentali, si tenga presente che valori della vita nominale maggiori di 20 anni possono considerarsi ammissibili per un manufatto tutelato (§2.4 Direttiva P.C.M 9.2.2011). Se risulta:  $TR_{CLV} \geq 2475$  anni, si potrà considerare un valore della vita nominale  $\geq$  del limite  $V_{NC}$  riportato nella scheda (corrispondente a  $TR = 2475$  anni:  $V_{NC} \geq 2475 * -\ln(1-PV_R) / C_U$ ).

*Informazioni sulla generazione di questa scheda:*

*data di creazione: 20/11/2023 , 11:15:28*

*Nome del file di progetto di Aedes.PCM:*

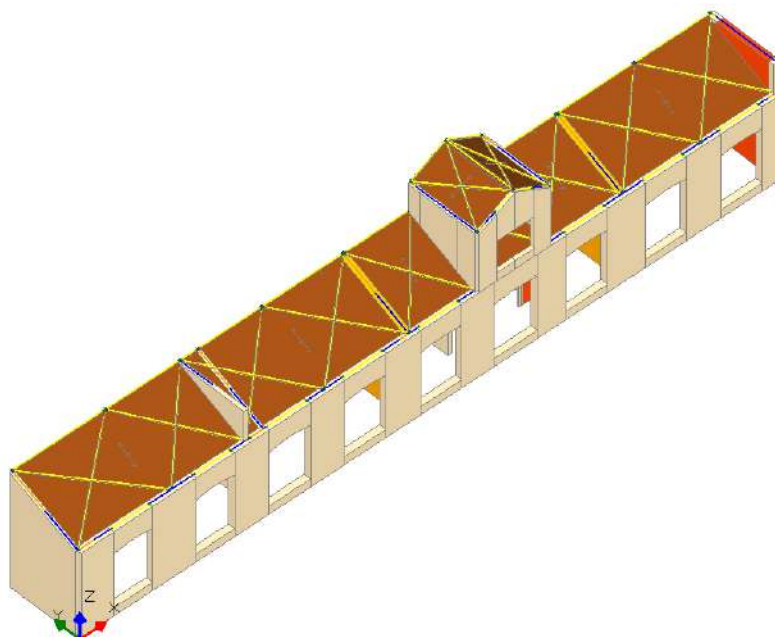
*per Analisi globale: Edificio\_servizi\_SDF\_esecutivo*

*eventuale file distinto per Analisi cinematica: -*

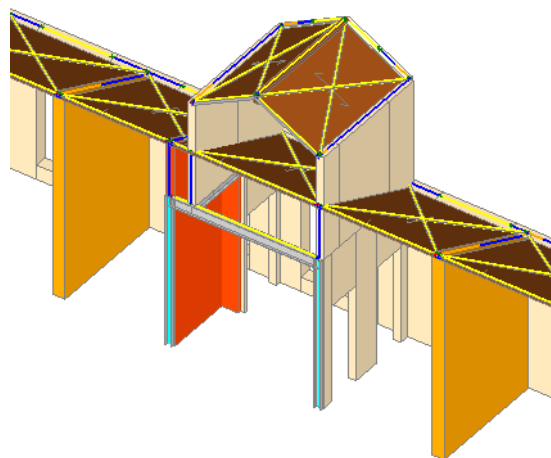
## 2.10 STATO DI PROGETTO - CARATTERISTICHE GENERALI DEL MODELLO DI CALCOLO

Il modello dello stato di fatto è stato aggiornato introducendo le modifiche introdotte per ottenere il modello dello stato di progetto. Le principali modifiche riguardano l'inserimento di un portale in acciaio a sostegno dell'altana, la realizzazione di un nuovo muro trasversale nel locale servizi igienici, la chiusura delle aperture finestrate sui due lati corti ed infine il vincolamento mediante angolari metallici dei muri trasversali al muro di cinta esistente. Il rifacimento del solaio di copertura ha prodotto modifiche nella sola quantificazione dei carichi gravanti sui maschi murari sottostanti.

Di seguito si riportano le immagini del modello di calcolo dello stato di progetto.

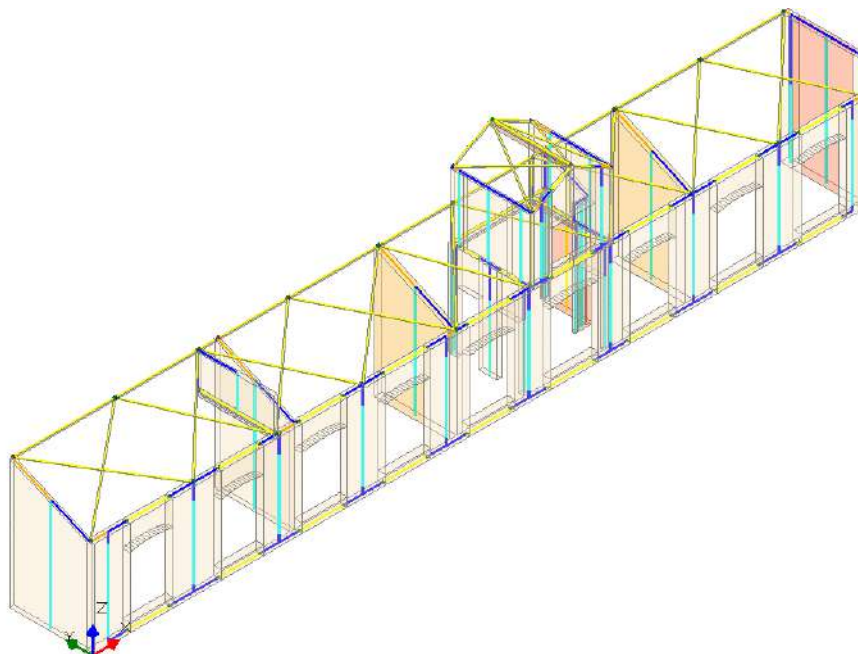


**Vista del modello del progetto dal quale è possibile evincere la nuova muratura in mattoni semipieni in rosso, il nuovo portale in acciaio, le modifiche sulle aperture e le croci in copertura.**

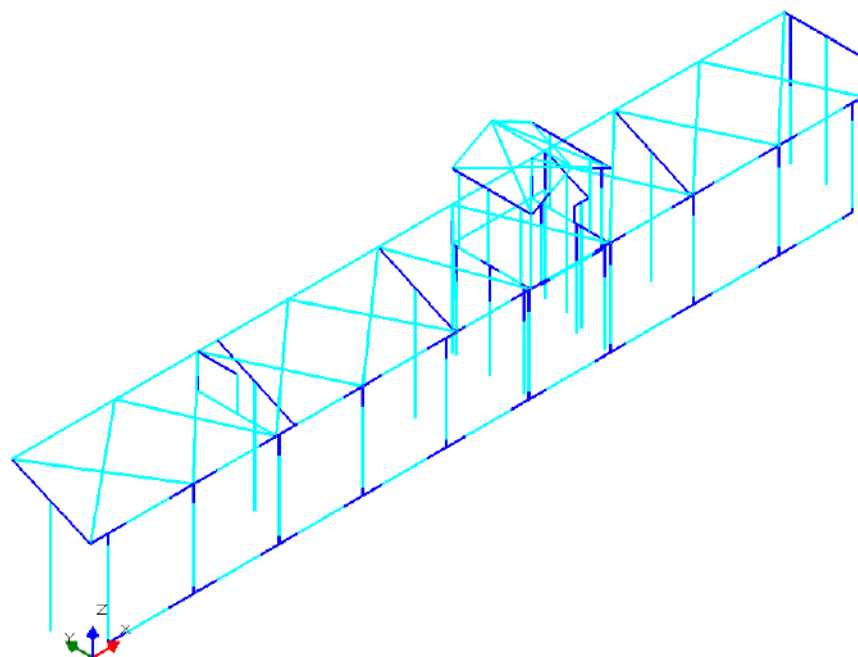


**Vista del modello del nuovo portale in acciaio realizzato con colonne HEA140 e travi IPE200 in acciaio S275JR**

Si è affidato al software l'incombenza di generare il telaio equivalente mediante elementi tipo "beam", allo stesso tempo il software ha provveduto a creare i collegamenti tra i telai mediante link rigidi.

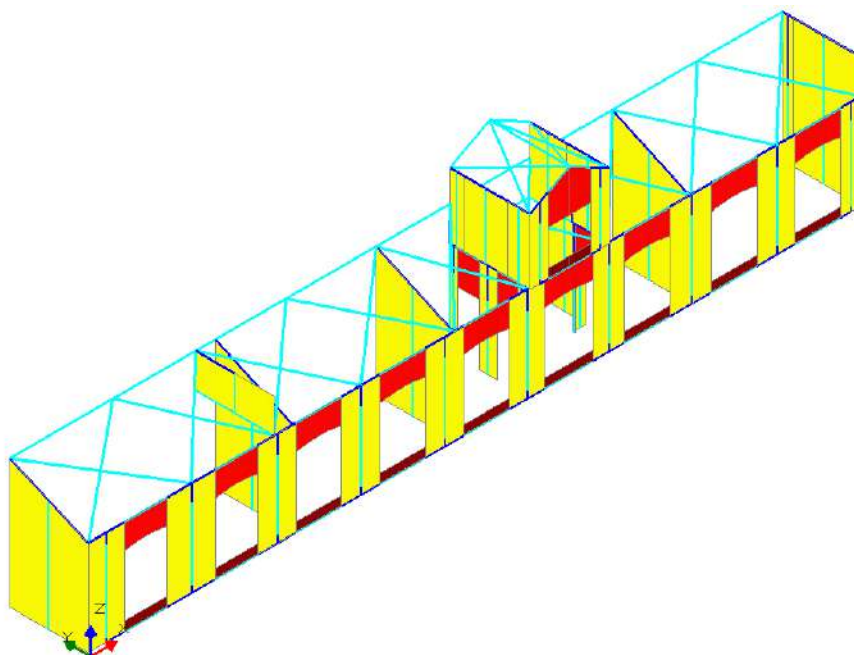


**Vista del modello in trasparenza, si può notare la schematizzazione a telaio equivalente.**



**Vista del modello a telaio equivalente**

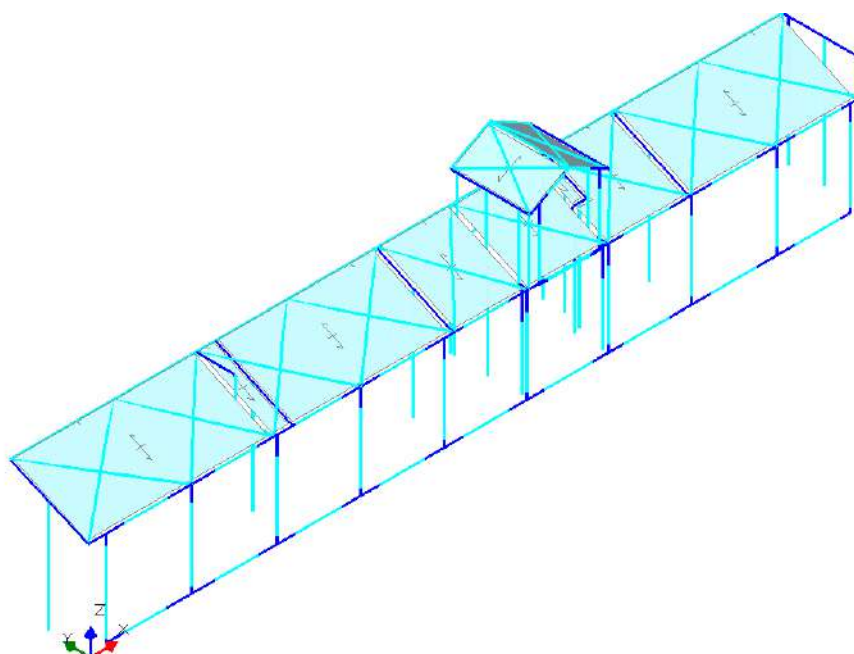
- **Modellazione dei maschi murari**



**Vista per tipologia dei modelli di calcolo, in giallo i maschi murari, in rosso le strisce soprafinestra ed in marrone gli elementi sottofinestra.**

- **Modellazione dei solai**

Il solaio di copertura interessato dal rifacimento rimarrà schematizzato come flessibile, come si mostra nell'immagine seguente.



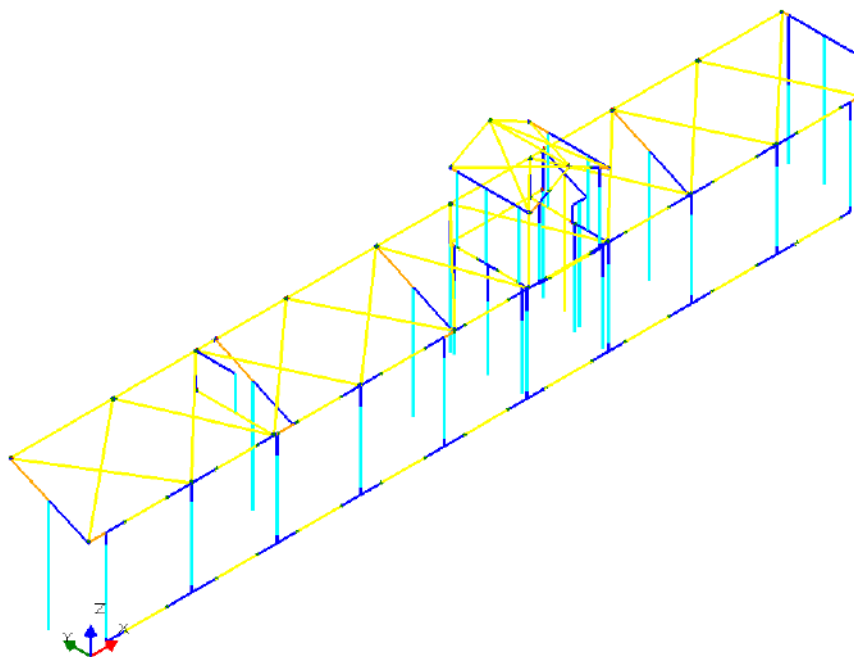
**Vista dei solai della struttura, in azzurro i solai flessibili**

- **Modellazione delle azioni**

Le azioni di calcolo sono state inserite all'interno del modello con le medesime modalità illustrate per lo stato di fatto, aggiornando i valori dei carichi gravanti sul solaio di copertura per effetto del rifacimento dello stesso.

- **Modellazione dei vincoli esterni ed interni**

In generale, come si vede in figura, il vincolamento dei nodi non è cambiato rispetto allo stato di fatto. L'unica modifica introdotta è dovuta all'intervento previsto di inserimento degli angolari tassellati al muro di cinta per creare un collegamento che vincoli la traslazione in direzione X dei muri trasversali. In accordo con quanto sopra esposto, al carrello è stata bloccata la traslazione in direzione X. Le croci di controvento sono state considerate incernierate agli estremi.



**Vista del vincolamento del modello**

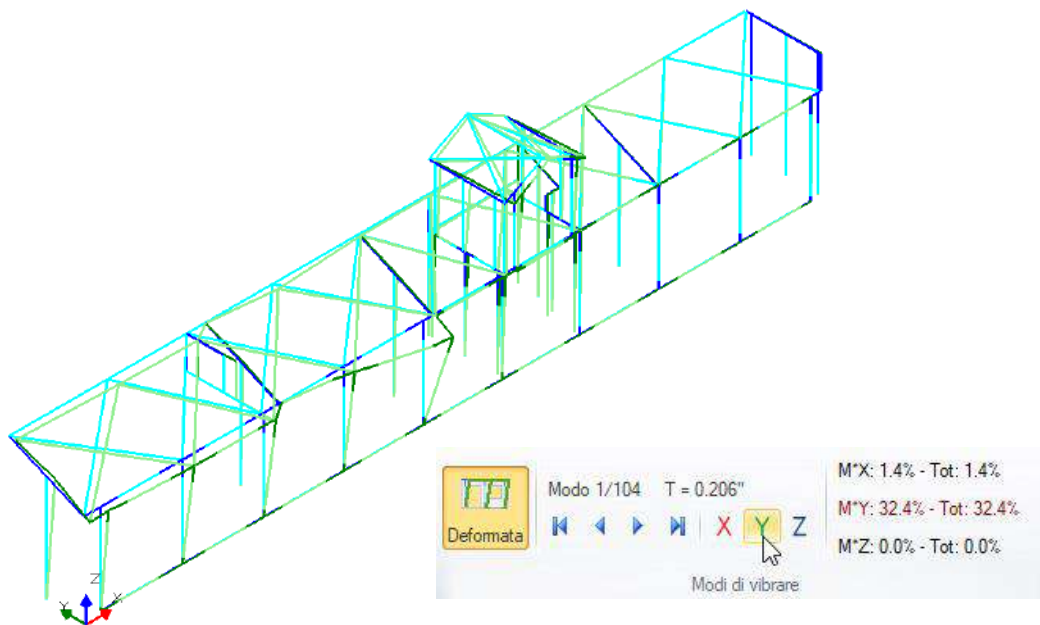
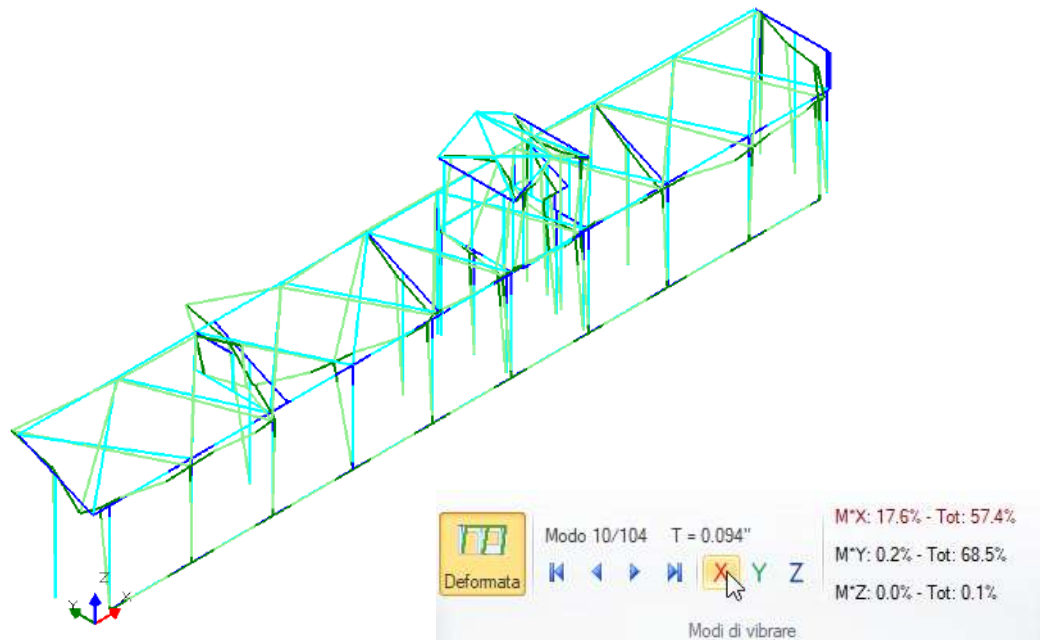
### 2.10.2 Risultati delle analisi

L'obiettivo principale di questa analisi è verificare l'efficacia dell'intervento di miglioramento sismico, per ottenere ciò si è scelto di verificare la struttura in elevazione mediante analisi di tipo sismico non lineare.

- **Risultati dell'analisi modale**

L'analisi dei modi di vibrare ha individuato 104 modi di vibrare che eccitano in totale una massa pari al 99.2% in direzione X ed il 99.7% in direzione Y. Di seguito si riportano le rappresentazioni grafiche dei principali modi di vibrare:





- **Risultati dell'analisi statica NON sismica**

Nelle analisi Lineari, gli elementi in muratura vengono valutati (come detto in precedenza) nei confronti di:

- Pressoflessione Complanare

- Taglio per scorrimento e per fessurazione diagonale

per quanto riguarda le verifiche da condurre nel piano di appartenenza del singolo elemento strutturale,

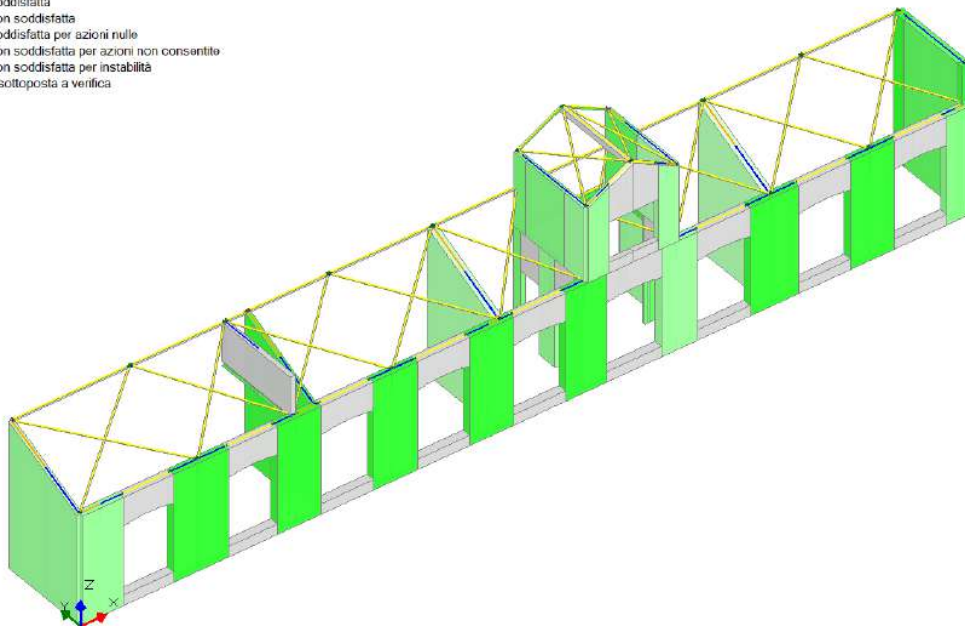
- Pressoflessione ortogonale

per quanto riguarda le verifiche fuori dal piano.

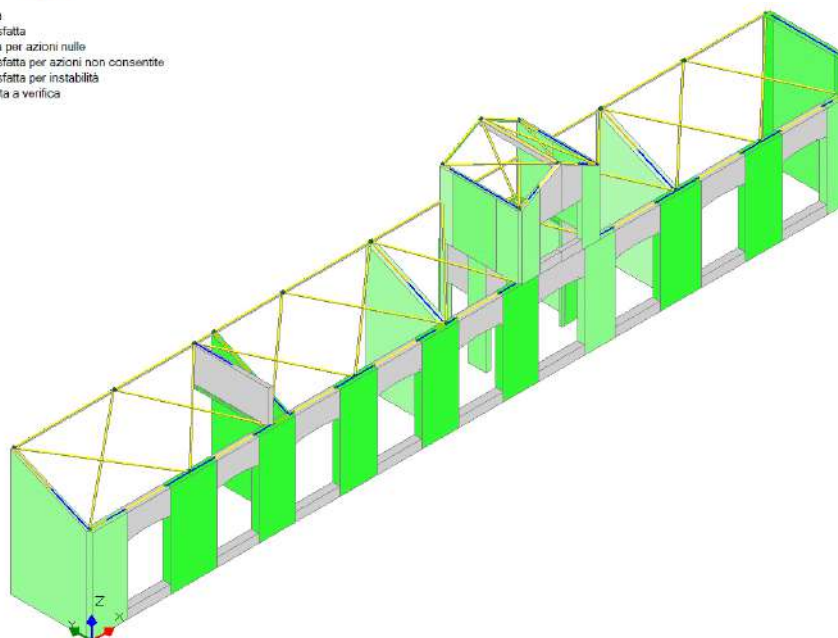
Il software offre una modalità di visualizzazione grafica dei risultati immediata ed efficiente in cui nei confronti della verifica in oggetto il singolo elemento strutturale, assume una colorazione che va dal verde al rosso. Il colore dell'elemento è strettamente correlato al indice di sicurezza, che a sua volta viene calcolato come il rapporto tra la Resistenza offerta dalla sezione e la Sollecitazione agente su di essa, avremo quindi che:

- $S/R < 1$  la sezione sarà verificata ed assumerà una gradazione di colore tendente al verde
  - $S/R > 1$  la sezione NON sarà verificata ed assumerà una gradazione di colore tendente al rosso.
- Più grande sarà il coefficiente di sicurezza (inteso come valore assoluto) più intensa sarà la gradazione cromatica.

■ Verifica soddisfatta  
 ■ Verifica non soddisfatta  
 ■ Verifica soddisfatta per azioni nulle  
 ■ Verifica non soddisfatta per azioni non consentite  
 ■ Verifica non soddisfatta per instabilità  
 ■ Asta non sottoposta a verifica

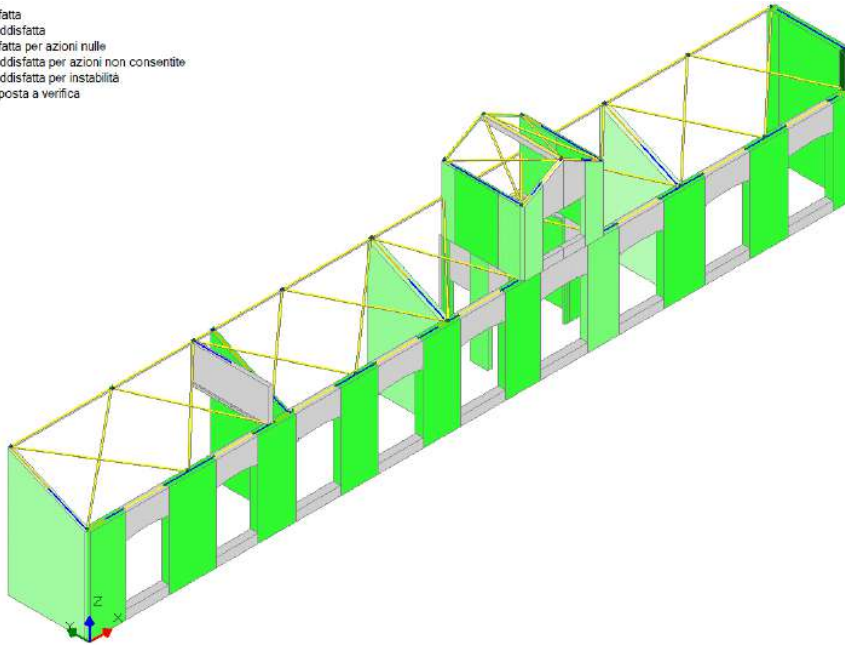


■ Verifica soddisfatta  
 ■ Verifica non soddisfatta  
 ■ Verifica soddisfatta per azioni nulle  
 ■ Verifica non soddisfatta per azioni non consentite  
 ■ Verifica non soddisfatta per instabilità  
 ■ Asta non sottoposta a verifica



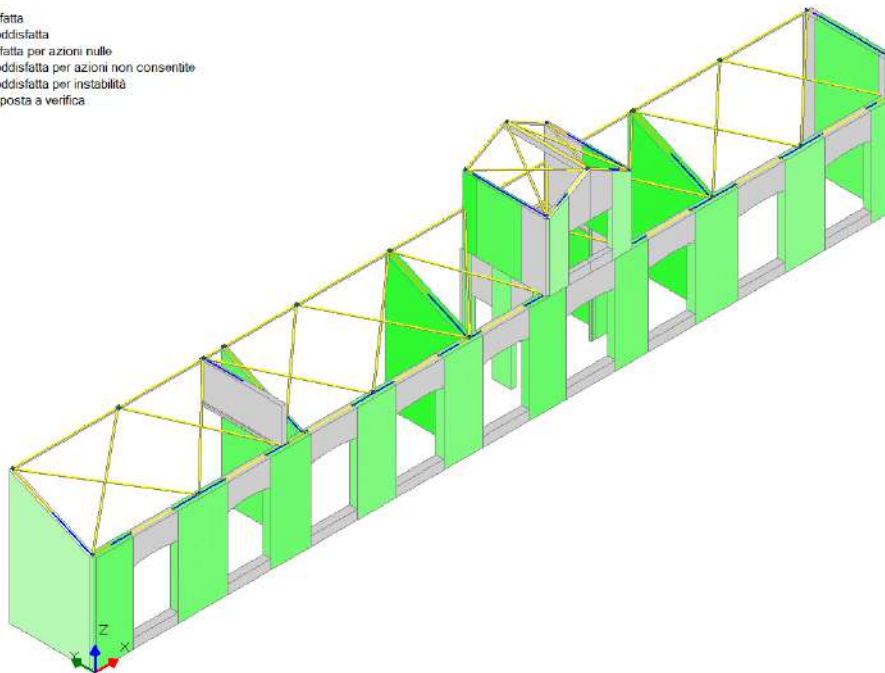
### Verifica a pressoflessione complanare

- Verifica soddisfatta
- Verifica non soddisfatta
- Verifica soddisfatta per azioni nulle
- Verifica non soddisfatta per azioni non consentite
- Verifica non soddisfatta per instabilità
- Asta non sottoposta a verifica



### Verifica a taglio

- Verifica soddisfatta
- Verifica non soddisfatta
- Verifica soddisfatta per azioni nulle
- Verifica non soddisfatta per azioni non consentite
- Verifica non soddisfatta per instabilità
- Asta non sottoposta a verifica



### Verifica a pressoflessione ortogonale

- **Risultati dell'analisi Sismica statica lineare per pressoflessione ortogonale**

Nelle analisi sismiche non si è considerata, ponendosi a favore di sicurezza, la resistenza dei maschi murari fuori dal proprio piano. Occorre però svolgere opportuna verifica a pressoflessione ortogonale per valutare la resistenza degli stessi e valutare il relativo indice di rischio. In particolare l'approccio seguito è riassunto da quanto descritto nel seguito; paragrafo tratto dal manuale di PCM:

**Ipotesi b).** Non si eseguono verifiche in direzione ortogonale. La rigidità trasversale delle pareti è considerata trascurabile, e quindi le pareti sono non reagenti a sollecitazioni flessionali e taglianti in direzione ortogonale.

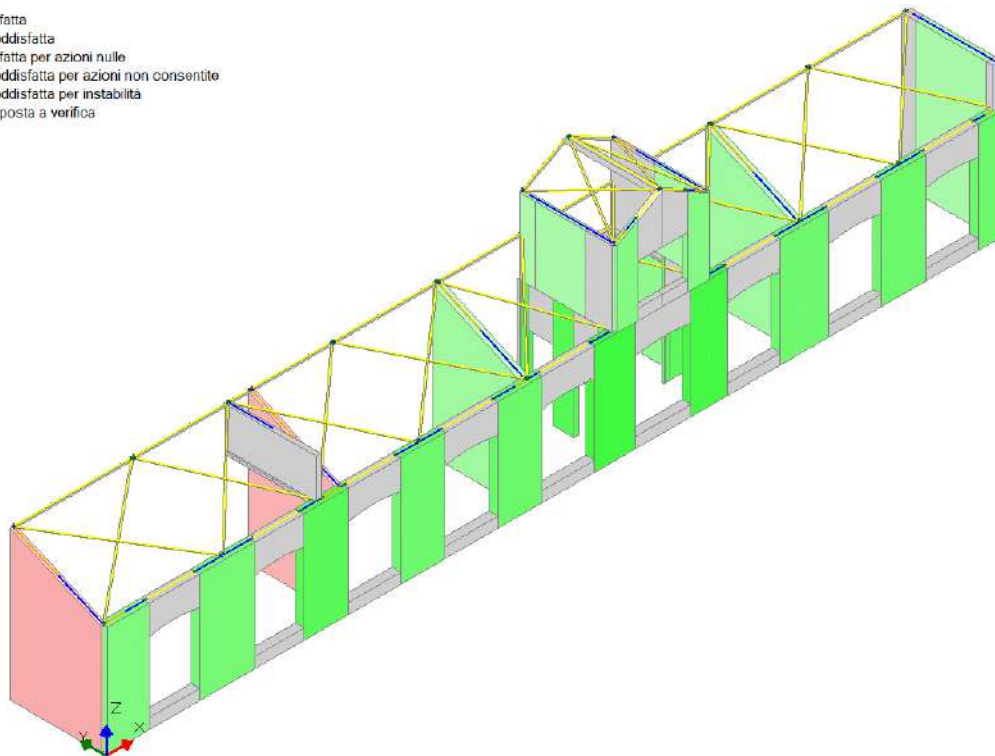
**Conseguenze:** il risultato agisce a favore di sicurezza, ma potrebbe sottostimare troppo le capacità della struttura, in quanto gli svincolamenti interni automaticamente considerati in direzione ortogonale possono influire su una labilità complessiva prematura.

**Giudizio operativo:** questa procedura può essere considerata valida, tranne i casi dove la stima più precisa della capacità suggerisca l'adozione di un modello resistente anche in direzione ortogonale.

In ogni caso, vanno comunque svolte le verifiche cinematiche e/o lineari in direzione ortogonale.

Pertanto si sono svolte le verifiche fuori dal piano ed i risultati ottenuti sono i seguenti:

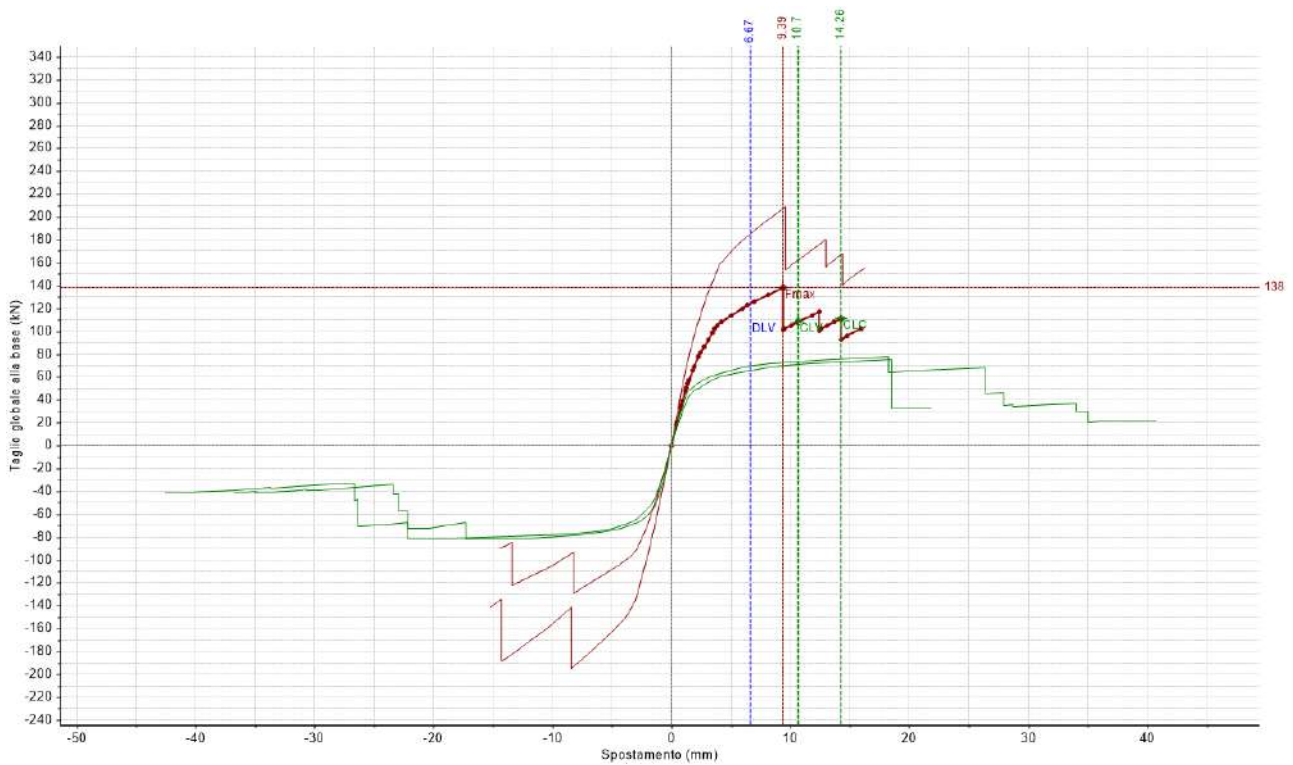
- Verifica soddisfatta
- Verifica non soddisfatta
- Verifica soddisfatta per azioni nulle
- Verifica non soddisfatta per azioni non consentite
- Verifica non soddisfatta per instabilità
- Asta non sottoposta a verifica



<b>Analisi Sismica Statica Lineare [§7.8.1.5.2]</b> <b>Verifiche di sicurezza per Edifici in Muratura</b>		<b>Confronto fra Capacità e Domanda - Indicatori di rischio</b> <b>Valore obiettivo di (zeta,E) = 0.800</b>						
<b>SLU di salvaguardia della Vita (SLV)</b> <b>Verifica di Resistenza (RES)</b> <b>Ed.esistente, CU II: obbligatoria</b>		VN = 50 anni, PGA,DLV = 0.138 g - TR,DLV = 475 anni - P,VR, DLV = 10 % Indicatori di rischio (zeta,E),SLV						
		PGA,CLV (g)	TR,CLV (anni)	PVR,CLV (%)	PGA,CLV / PGA,DLV	TR,CLV / TR,DLV	VN,CLV (anni)	
Pressofless. ortog. (da modello 3D) [§7.8.2.2.3]	<input type="text"/>	} =>	0.189	389	12.057	0.926	0.819	41
Pressofless. ortog. [§7.2.3, §7.8.2.2.3]	<b>0.930</b> <b>92.6%</b>							

• **Risultati dell'analisi Sismica statica non lineare**

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi sismica statica non lineare "Pushover" per lo stato di progetto:



N° curva	Corrente	Vista	Distr.	Direz.	Direz.2	Mt	Ez	Control	$\zeta_{PGA}(SLV)$	$\zeta_{TR}(SLV)$	VN,CLV
1	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A	+X'				L2	1.422	3.836	192
2	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	+Y'				L2	1.181	1.781	89
3	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	-X'				L2	1.392	3.488	175
4	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	-Y'				L2	1.275	2.400	120
5	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	+X'				L2	1.520	5.211	261
6	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	+Y'				L2	<b>1.172</b>	1.749	88
7	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	-X'				L2	1.520	5.211	261
8	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	-Y'				L2	1.270	2.358	118

Come si può evincere dai risultati sopra riportati, la struttura allo stato di progetto ha migliorato notevolmente la capacità nei confronti delle azioni sismiche, presentando un coefficiente di rischio sismico pari a **1.17**.

### 2.10.3 Valutazione della sicurezza

#### Edificio Esistente in muratura - Intervento di Miglioramento

##### Risultati dell'analisi strutturale

Normativa di riferimento: D.M. 17.1.2018 (parametri di spettro conformi a reticolo D.M. 14.1.2008)

Questo documento è una scheda di sintesi, contenente i risultati dell'elaborazione in termini di confronto fra capacità e domanda e compilata con riferimento alla terminologia proposta dal D.M.17.1.2018.

Per la verifica di sicurezza di un intervento di miglioramento (§8.4.2) si richiede come obiettivo che l'indicatore di rischio sismico allo Stato di Progetto  $\zeta_E$  sia  $\geq 0.600$  per gli edifici di classe III ad uso scolastico e di classe IV, mentre per tutti gli altri casi si richiede che l'incremento  $\Delta\zeta_E$  sia  $\geq 0.100$ .

Per l'edificio in oggetto, nel modello di Aedes.PCM si è scelto il seguente obiettivo d'intervento: valore massimo di  $\zeta_E$  fra 0.600 e  $\zeta_E$  (Stato Attuale) = 0.230

Pertanto:  $\zeta_E \geq 0.600$

##### Sintesi dei risultati: Indicatori di Rischio sismico $\zeta_E$ in termini di PGA

## Verifica soddisfatta

### Stato di Progetto (dopo l'intervento)

Stato Limite	$\zeta_E$ (PGA <sub>C</sub> /PGA <sub>D</sub> )
SLO	
SLD	
SLV	<b>0.926</b>

### Livello di Miglioramento sismico

Stato Limite	$\zeta_E$ Stato Attuale	$\zeta_E$ Stato di Progetto	Variazione $\Delta\zeta_E$
SLO			
SLD			
SLV		0.926	

### Gerarchia dei comportamenti strutturali

Indicatore di rischio sismico obiettivo:  $\zeta_E \geq 0.600$

Edificio esistente, Classe d'uso (§2.4.2): II

Verifiche obbligatorie secondo Normativa (§7.3.6, §8.3): SLV: RES

In grigio: comportamenti non analizzati, o da non considerare (cfr. §7.3.6, Tab.7.3.III)

Comportamento	$\zeta_E$ (PGA <sub>C</sub> /PGA <sub>D</sub> )
SLV: Resistenza fuori piano	<b>0.926</b>
SLV: Resistenza nel piano	<b>1.172</b>

### Domanda

Stato di Progetto (dopo l'intervento)		
Stato Limite	PGA <sub>D</sub> (g)	TR <sub>D</sub> (anni)
SLO	0.066	30
SLD	0.082	50
SLV	0.204	475

Analisi eseguite:

- Analisi statica non lineare (pushover)
- Analisi statica lineare con fattore di comportamento:  $q(\text{SLD}) = 1.500$ ,  $q(\text{SLV}) = 2.250$

Riferimenti per fattore di comportamento  $q$  (SLV):

- da Normativa (D.M.17.1.2018): posto in input  $(\alpha, U/\alpha, 1) = 1.50$ :  $q = 1.969$
- da analisi pushover:  $q = 2.040$
- secondo §7.3.1 [ $Se(\text{SLV}) \geq Se(\text{SLD})$ ]:  $q \geq 3.670$

<b>Stato di Progetto (dopo l'intervento)</b>				
SLD	PGA <sub>C</sub> (g)	ζ <sub>E</sub> (PGA <sub>C</sub> /PGA <sub>D</sub> )	TR <sub>C</sub> (anni)	ζ <sub>E</sub> (TR <sub>C</sub> /TR <sub>D</sub> )
Resistenza nel piano del pannello				
Resistenza fuori piano del pannello				
Capacità limite in fondazione				
Cinematismo				

SLV	PGA <sub>C</sub> (g)	ζ <sub>E</sub> (PGA <sub>C</sub> /PGA <sub>D</sub> )	TR <sub>C</sub> (anni)	ζ <sub>E</sub> (TR <sub>C</sub> /TR <sub>D</sub> )
Resistenza nel piano del pannello	0.239	1.172	831	1.749
Resistenza fuori piano del pannello	0.189	0.926	389	0.819
Capacità limite in fondazione				
Cinematismo				

**Indicatori di Rischio** (rapporto fra capacità e domanda).

I valori evidenziati si riferiscono al parametro ζ<sub>E</sub> definito in termini di PGA.

<b>Stato di Progetto (dopo l'intervento)</b>		
Stato Limite	ζ <sub>E</sub> (PGA <sub>C</sub> /PGA <sub>D</sub> )	ζ <sub>E</sub> (TR <sub>C</sub> /TR <sub>D</sub> )
<b>SLO</b>		
<b>SLD</b>		
<b>SLV</b>	<b>0.926</b>	0.819

Il valore di PGA specificato in input è pari ad ag\*S, accelerazione al suolo.

**Livello di Miglioramento sismico: ζ<sub>E</sub> (PGA<sub>C</sub>/PGA<sub>D</sub>)**

I valori evidenziati si riferiscono alla variazione del parametro ζ<sub>E</sub> definito in termini di PGA (+ = incremento).

Stato Limite	ζ <sub>E</sub> Stato Attuale	ζ <sub>E</sub> Stato di Progetto	Variazione Δζ <sub>E</sub>
<b>SLO</b>			
<b>SLD</b>			
<b>SLV</b>		0.926	

**Capacità della struttura in termini di Vita Nominale; Tempo di intervento**

**Stato Attuale (prima dell'intervento)**

Dati in input (domanda):

Classe d'uso della costruzione (§2.4.2): non disp.

Coefficiente d'uso della costruzione (§2.4.2, 2.4.3) C<sub>U</sub>: non disp.

Vita Nominale V<sub>N</sub> (§2.4.1): non disp.

Vita di Riferimento (§2.4.3) V<sub>R</sub> = V<sub>N</sub> \* C<sub>U</sub>: ###1202

PV<sub>R</sub> per SLV (definita in input): non disp.

Risultati dell'analisi (capacità):

TR<sub>CLV</sub> = non disp.

Dalla relazione:  $TR = -V_R / \ln(1-PV_R)$ , ponendo TR=TR<sub>CLV</sub> e assumendo PV<sub>R</sub> per SLV definita in input, segue la capacità della struttura in termini di Vita di Riferimento (V<sub>RC</sub>) e quindi di Vita Nominale, ossia il Tempo di intervento T<sub>INT</sub> = (TR<sub>CLV</sub>/C<sub>U</sub>) \* ln(1-PV<sub>R</sub>):

V<sub>RC</sub> = non disp.

$T_{INT}$  = non disp.

### **Stato di Progetto (dopo l'intervento)**

Dati in input (domanda):

Classe d'uso della costruzione (§2.4.2): II

Coefficiente d'uso della costruzione (§2.4.2, 2.4.3)  $C_U$ : 1

Vita Nominale  $V_N$  (§2.4.1): 50 anni

Vita di Riferimento (§2.4.3)  $V_R = V_N * C_U$ : 50 anni

$PV_R$  per SLV (definita in input): 10 %

Risultati dell'analisi (capacità):

$TR_{CLV} = 389$  anni

Dalla relazione:  $TR = -V_R / \ln(1-PV_R)$ , ponendo  $TR = TR_{CLV}$  e assumendo  $PV_R$  per SLV definita in input, segue la capacità della struttura in termini di Vita di Riferimento ( $V_{RC}$ ) e quindi di Vita Nominale, ossia il Tempo di intervento  $T_{INT} = (TR_{CLV}/C_U) * \ln(1-PV_R)$ :

$V_{RC} = 41$  anni

$T_{INT} = 41$  anni

(\*) **Controllo di miglioramento per i singoli comportamenti:** l'indicatore di rischio  $\zeta_E$ , per un determinato stato di riferimento (Attuale o di Progetto), consiste nel valore minimo degli indicatori calcolati per i singoli comportamenti (spostamenti e resistenze, nel piano, fuori piano, fondazioni, cinematicismi).

Nelle tabelle dove sono evidenziati i valori dei singoli comportamenti allo Stato di Progetto, ognuno di questi viene contrassegnato da un simbolo (\*) qualora segni una diminuzione rispetto al corrispondente valore allo Stato Attuale. Ciò permette il controllo sul fatto che il miglioramento riguardi non solo il comportamento dell'edificio nel suo complesso come minimo risultato fra tutti i comportamenti esaminati, ma anche i singoli comportamenti stessi.

### **Edifici in muratura e verifiche di sicurezza: descrizione della metodologia**

Il D.M.17.1.2018 organizza le verifiche competenti ai vari Stati Limite in dipendenza dalla Classe d'Uso dell'edificio (Tab.7.3.III in §7.3.6), distinguendole in verifiche di rigidezza (RIG: consistono in verifiche di deformazione) e in verifiche di resistenza (RES, che coinvolgono i comportamenti dei pannelli murari nel piano e fuori piano e la capacità limite in fondazione).

Piu' precisamente:

#### **SLO: Stato Limite di Operatività:**

**RIG:** verifica obbligatoria per edifici nuovi e classe d'uso III o IV (§7.3.6), o per edifici esistenti e classe IV (§8.3).

In analisi lineare consiste nel controllo della deformazione di interpiano, con riferimento ai limiti indicati in §7.3.6.1.

In analisi statica non lineare la verifica per SLO è definita dal confronto fra capacità (definita dallo spostamento del punto di controllo pari a (2/3) di quello allo SLD) e domanda per SLO (determinata attraverso l'oscillatore monodimensionale calcolato con la bilineare equivalente allo SLV).

#### **SLD: Stato Limite di Danno:**

a) **RIG:** verifica obbligatoria per edifici nuovi e classe d'uso I e II (§7.3.6).

In analisi lineare consiste nel controllo della deformazione di interpiano, con riferimento ai limiti indicati in §7.3.6.1.

In analisi statica non lineare la verifica per SLD è definita dal confronto fra capacità e domanda. La capacità è definita dallo spostamento del punto di controllo minore fra le seguenti due condizioni:

- quello corrispondente al limite elastico della bilineare equivalente allo SLV;
- quello corrispondente al raggiungimento della resistenza massima a taglio in tutti i maschi murari in un qualunque livello di una qualunque parete ritenuta significativa ai fini dell'uso della costruzione, e comunque non prima dello spostamento per il quale si raggiunge un taglio di base pari a 3/4 del taglio di base massimo.

La domanda per SLD è determinata attraverso l'oscillatore monodimensionale calcolato con la bilineare equivalente allo SLV.



b) **RES**: verifica obbligatoria per edifici nuovi e classe d'uso III o IV (§7.3.6), o per edifici esistenti e classe IV (§8.3).

In analisi lineare consiste nelle verifiche di resistenza, con analisi condotta con fattore di comportamento  $q$  per SLD ( $q \leq 1.5$ , cfr. Tab.7.3.I §7.3).

In analisi statica non lineare, la verifica per SLD coincide con quanto descritto per RIG.

#### **SLV: Stato Limite di salvaguardia della Vita:**

**RES**: verifiche richieste per tutti gli edifici. Per gli edifici esistenti, include le verifiche dei cinematicismi condotte in termini di resistenza (con fattore di comportamento  $q$  posto in genere pari a 2).

In analisi lineare consiste nelle verifiche di resistenza, con analisi condotta con fattore di comportamento  $q$ . In analisi statica non lineare la verifica per SLV è definita dal confronto fra capacità e domanda. La capacità è definita dallo spostamento del punto di controllo pari a (3/4) di quello allo SLC. SLC è definito dallo spostamento minore fra le seguenti condizioni:

- quello corrispondente ad un taglio alla base residuo pari all'80% del massimo;
- quello corrispondente al raggiungimento della soglia limite di deformazione angolare per SLC in tutti i maschi di un qualunque livello in una qualunque parete ritenuta significativa ai fini della sicurezza.

La domanda per SLV è determinata attraverso l'oscillatore monodimensionale calcolato con la bilineare equivalente allo SLV.

#### **Analisi sismiche eseguite e risultati per i vari comportamenti strutturali**

Per ogni modello analizzato come unica struttura globale o per ogni sottostruttura di un modello calcolato come assemblaggio di sottostrutture, la scheda di sintesi indica i tipi di analisi eseguite le cui verifiche confluiscono nei risultati degli indicatori di rischio, con distinzione fra Stato Attuale e Stato di Progetto.

Le possibili analisi ed i corrispondenti comportamenti strutturali sono i seguenti:

• **Analisi cinematica**: meccanismi di collasso (cinematicismi)

• **Analisi statica non lineare (pushover)**:

a) comportamento dei pannelli nel piano (per pressoflessione e/o taglio);

b) se considerato in pushover: comportamento dei pannelli fuori piano per azioni di calcolo da modello;

c) se vi sono fondazioni nello schema statico e sono considerate in pushover: capacità limite delle fondazioni.

• **Analisi sismica lineare** (con priorità per la dinamica modale rispetto alla statica lineare):

a) comportamento dei pannelli nel piano (per pressoflessione e/o taglio), se non è eseguita la pushover;

b) se la verifica è richiesta: comportamento dei pannelli fuori piano per azioni di calcolo da modello (considerato anche se è eseguita la pushover) e/o per azioni equivalenti secondo §7.2.3 e §7.8.1.5.2;

c) se vi sono fondazioni nello schema statico: capacità limite delle fondazioni, se non si considera in pushover.

Per garantire coerenza fra le verifiche eseguite in analisi lineare ed i risultati dell'analisi pushover, il fattore di comportamento  $q$  utilizzato in analisi lineare deve coincidere con  $q$  calcolato in pushover (rispettando comunque, nel caso del D.M.17.1.2018, secondo §7.3.1, il valore massimo di  $q$  tale che:  $S_{e,SLV} \geq S_{e,SLD}$ ).

#### **Valutazione della sicurezza**

Per gli edifici esistenti, seguendo §8.3, è possibile che la valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi possano essere eseguiti con riferimento ai soli stati limite ultimi (SLV), salvo che per le costruzioni in classe d'uso IV: per esse quali sono richieste le verifiche anche agli stati limite di esercizio SLE (SLO e SLD), per i quali potranno essere adottati livelli prestazionali ridotti.

L'**indicatore di rischio**  $\zeta_E$ , consistente nel rapporto tra Capacità e Domanda, costituisce il risultato in sintesi dell'analisi sismica dell'edificio.

Il calcolo dell'indicatore di rischio sismico viene effettuato attraverso un procedimento iterativo sulla domanda. Questa viene fatta variare fino a trovare il massimo valore sostenibile, tale cioè da garantire il soddisfacimento contemporaneo delle due seguenti condizioni: a) capacità  $\geq$  domanda (in termini di spostamento); b)  $q^*$  (rapporto tra la forza di risposta elastica e la forza di snervamento del sistema equivalente)  $\leq 3.0$ , con riferimento a SLV (la relazione  $q^* \leq 4.0$  indicata in D.M. 17.1.2018 per SLC viene ricondotta a  $q^* \leq 3.0$  per SLV, dato il rapporto di (3/4) esistente fra le capacità per SLC e per SLV (EuroCodice 8, UNI EN 1998-3:2005, §C4.1.2).

Per tutti gli stati limite di riferimento (SLO, SLD e SLV)  $\zeta_E$  può essere espresso sia in termini di  $PGA$  che di  $TR$ ; i

due valori non sono uguali data la non linearità del legame fra PGA e TR, ma in ogni caso sono contemporaneamente maggiori o minori di 1.

Per quanto riguarda la **pericolosità sismica**, la verifica di sicurezza e l'elaborazione dell'indicatore di rischio vengono eseguite in modo analogo sia nel caso di approccio semplificato (con riferimento al reticolo sismico italiano, pubblicato nel D.M.14.1.2008), sia nel caso di approccio rigoroso secondo **analisi della Risposta Sismica Locale (da microzonazione)**.

La procedura subisce invece alcune modifiche in altri casi di **parametri di spettro non conformi** al reticolo sismico, secondo le seguenti modalità.

**(a)** Se la difformità riguarda **ag**, il legame diretto tra TR e ag espresso dal reticolo non è più valido. Per tutti gli stati limite, il calcolo dell'indicatore di rischio si esegue attraverso una procedura iterativa direttamente su ag; il risultato in termini di TR si calcola in seguito facendo riferimento all'espressione proposta dal D.M. 65 del 07.03.2017:  $TR_C = TR_D * (PGA_C/PGA_D)^{\eta}$

dove:  $\eta = 1/0.49$  per  $ag \geq 0.25g$ ;  $\eta = 1/0.43$  per  $0.25g \geq ag \geq 0.15g$ ;  $\eta = 1/0.356$  per  $0.15g \geq ag \geq 0.05g$ ;  $\eta = 1/0.34$  per  $0.05g \geq ag$  (ag = accelerazione massima su roccia, che viene assunta con riferimento a SLV).

Per gli altri parametri di spettro, il valore viene unificato, per tutti i periodi di ritorno.

**(b)** Se la difformità riguarda **non ag ma altri parametri di spettro** (ad es. il coefficiente di suolo  $S_S$ ): i valori di ogni parametro difforme sono impostati costanti per tutti i periodi di ritorno, e la procedura iterativa viene eseguita su TR, sostituendo il valore previsto dalla Normativa con quello difforme.

**(c)** In caso di **spettro personalizzato definito per punti**, non è possibile risalire ai singoli parametri di spettro, tuttavia il valore di ancoraggio (spettro per  $T=0$ ), pari ad ( $ag*S$ ), consente una procedura iterativa basata sull'accelerazione mediante la quale è possibile definire, per ogni stato limite, il valore degli indicatori di rischio. La procedura assume per ipotesi che la forma spettrale sia proporzionale ad ( $ag*S$ ) e che la definizione per punti dello spettro riguardi entrambe le direzioni sismiche X' e Y' (in assenza di una delle due definizioni, questa viene assunta uguale all'altra) ed un eventuale spettro in direzione Z; durante la procedura iterativa, tutti gli spettri vengono 'scalati' con il medesimo fattore di proporzionalità.

**(d)** Se la Normativa di riferimento è l'**EuroCodice**, il calcolo si limita agli indicatori di rischio in termini di PGA, con procedura iterativa analoga al punto (a) senza tuttavia valutare risultati in termini di TR.

La verifica di sicurezza per i **nuovi edifici** richiede che  $\zeta_E$  sia  $\geq 1.000$ .

Il D.M.17.1.2018 introduce livelli di sicurezza specifici per gli **edifici esistenti**, ed a tal fine è possibile fare riferimento all'indicatore  $\zeta_E$  **espresso in termini di accelerazione al suolo PGA**, preferibilmente espresso considerando gli effetti di suolo: **ag\*S** (la scelta di definizione di PGA come accelerazione su roccia ag o contenente anche gli effetti di suolo: ag\*S è definita in input nel file di Aedes.PCM).

Per gli **interventi di Miglioramento** (§8.4.2)  $\zeta_E$  può essere minore di 1.0: per le costruzioni di classe III ad uso scolastico e di classe IV a seguito degli interventi di miglioramento deve essere:  $\zeta_E \geq 0.600$ ; per tutti gli altri edifici,  $\zeta_E$  deve essere incrementato di almeno 0.1:  $\Delta\zeta_E \geq 0.100$ .

Per gli **interventi di Adeguamento** (§8.4.3) in alcuni casi (c) e in §8.4.3) è sufficiente che  $\zeta_E$  sia  $\geq 0.800$ , mentre negli altri casi il livello di sicurezza uguaglia quello richiesto alle nuove costruzioni:  $\zeta_E \geq 1.000$ .

Per quanto riguarda l'**intervallo di calcolo dei periodi di ritorno**: il D.M. 14.1.2008 definisce un periodo di ritorno compreso tra 30 e 2475 anni. Se dal calcolo risulta una capacità in termini di TR superiore a 2475 anni, si pone  $TR = 2475$  come limite superiore. Per quanto riguarda il limite inferiore, è possibile considerare valori di TR minori di 30 anni con riferimento al Programma di ricerca DPC-ReLUIIS (Unità di Ricerca CNR-ITC): viene adottata un'estrapolazione mediante una regressione sui tre valori di hazard  $ag(30)$ ,  $ag(50)$  e  $ag(75)$ , effettuata con la funzione di potenza:  $ag(TR) = k TR^{\alpha}$ . L'intervallo di calcolo di TR è quindi [1,2475]; ne consegue che la capacità in termini di PGA può assumere anche valori minori di quello corrispondente a  $TR = 30$  anni.

La **capacità della struttura in termini di Vita Nominale ( $V_{NC}$ )**, definita anche come **Tempo di intervento  $T_{INT}$** , si identifica con la Vita Nominale che è possibile assegnare alla struttura, in conseguenza del periodo di ritorno sostenibile  $TR_{CLV}$ , mantenendo nel corrispondente periodo di riferimento  $V_{RC} (= V_{NC} * C_U)$  la probabilità di superamento  $PV_R$  definita in input per lo Stato Limite ultimo SLV.

Per una valutazione del valore ottenuto per  $V_{NC}$  relativa a beni monumentali, si tenga presente che valori della vita nominale maggiori di 20 anni possono considerarsi ammissibili per un manufatto tutelato (§2.4

Direttiva P.C.M 9.2.2011). Se risulta:  $TR_{CLV} \geq 2475$  anni, si potrà considerare un valore della vita nominale  $\geq$  del limite  $V_{NC}$  riportato nella scheda (corrispondente a  $TR = 2475$  anni:  $V_{NC} \geq 2475 * -\ln(1-PV_R) / C_U$ ).

*Informazioni sulla generazione di questa scheda:*

*data di creazione: 20/11/2023 , 16:43:11*

*Nome dei file di progetto di Aedes.PCM:*

*Stato di Progetto (dopo l'intervento):*

*per Analisi globale: Edificio\_servizi\_SDP*

*eventuale file distinto per Analisi cinematica: -*

## 2.11 VERIFICHE LOCALI

### 2.11.1 Verifica elementi di copertura

Si riporta di seguito la verifica dei nuovi travetti in legno lamellare GL24H aventi sezione 10x12 e luce 2.75m.

#### Verifica trave in legno secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni 2018

##### CLASSE DI RESISTENZA – INFORMAZIONI SUL LEGNAME

Tipologia del legname: Lamellare omogeneo - GL 24h - UNI EN 14080:2013

$$f_{m,g,k} = 24.0 \text{ MPa}$$

$$E_{0,g,\text{mean}} = 11,500.0 \text{ MPa}$$

$$G_{g,\text{mean}} = 650.0 \text{ MPa}$$

$$f_{v,g,k} = 3.5 \text{ MPa}$$

$$E_{0,g,05} = 9,600.0 \text{ MPa}$$

$$G_{g,05} = 540.0 \text{ MPa}$$

$$\rho_{g,k} = 385.0 \text{ kg/mc}$$

$$E_{90,g,\text{mean}} = 300.0 \text{ MPa}$$

$$\rho_{g,\text{mean}} = 420.0 \text{ kg/mc}$$

##### CLASSE DI SERVIZIO E DI DURATA – COEFFICIENTE DI SICUREZZA

Classe di servizio: Classe di servizio 1 (ambiente protetto)

$$k_{\text{def}} = 0.6$$

Classe di durata del carico permanente: Permanente (più di 10 anni)

$$k_{\text{mod,G}} = 0.6$$

Classe di durata del carico variabile: Breve durata (meno di 1 settimana)

$$k_{\text{mod,Q}} = 0.9$$

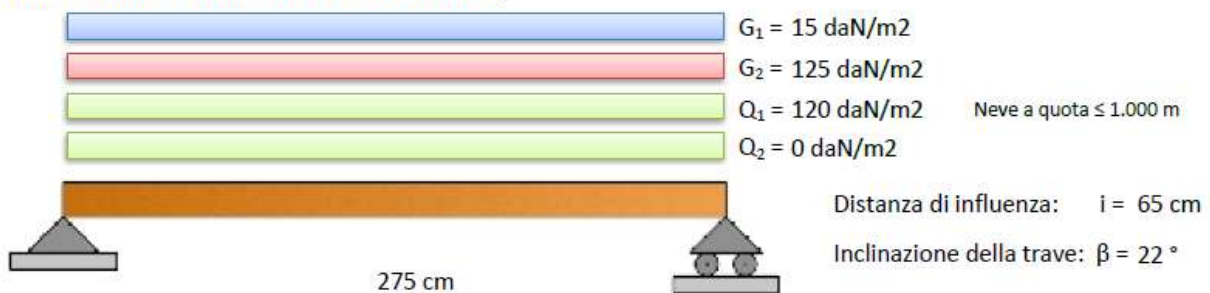
Coefficiente moltiplicativo del carico permanente G2:

$$\gamma_{G2} = 0,8 \div 1,5$$

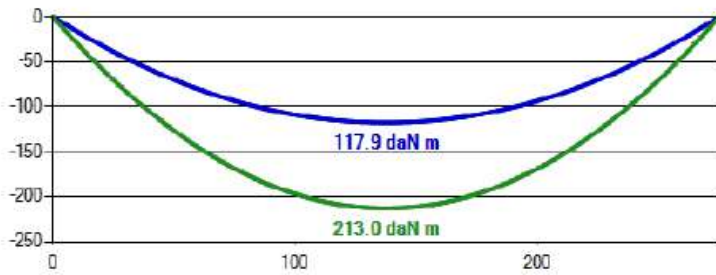
Coefficiente di sicurezza del materiale: no produzioni continuative

$$\gamma_M = 1.45$$

##### COMBINAZIONE DEI CARICHI – SOLLECITAZIONI



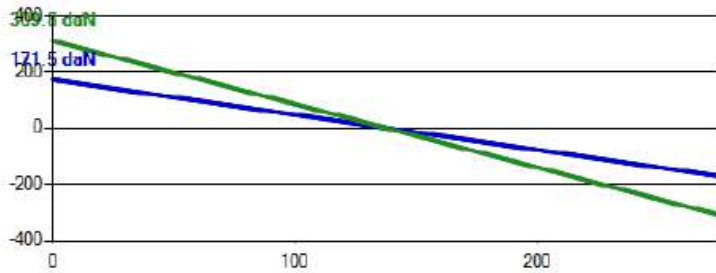
**SOLLECITAZIONI IN CONDIZIONE I**



Carico momento max = 124.8 daN/m  
 Momento max = 117.9 daN m  
 Posizione momento max = 137.5 cm

Carico taglio max = 124.8 daN/m  
 Taglio max = 171.5 daN  
 Posizione taglio max = 0.0 cm

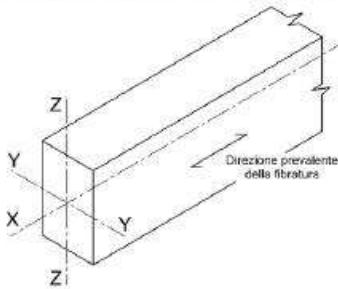
**SOLLECITAZIONI IN CONDIZIONE II**



Carico momento max = 225.3 daN/m  
 Momento max = 213.0 daN m  
 Posizione momento max = 137.5 cm

Carico taglio max = 225.3 daN/m  
 Taglio max = 309.8 daN  
 Posizione taglio max = 0.0 cm

**SEZIONE TRAVE – DEFORMAZIONI**

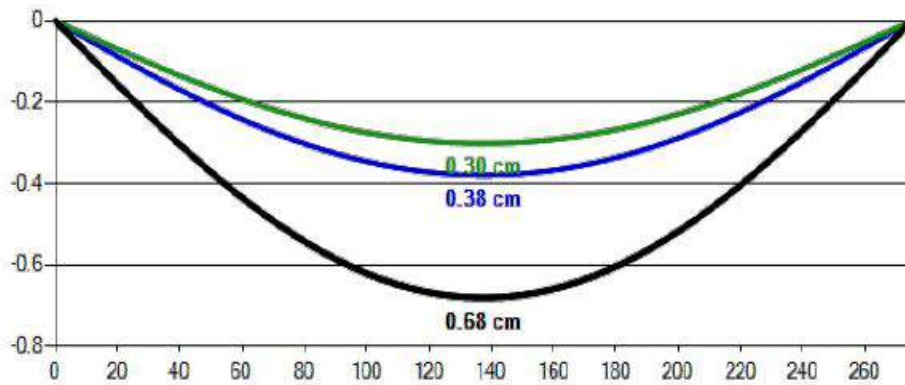


Area della sezione:  $A = 120.0 \text{ cm}^2$   
 Modulo di resistenza, YY:  $W_{yy} = 240.0 \text{ cm}^3$   
 Modulo di resistenza, ZZ:  $W_{zz} = 200.0 \text{ cm}^3$   
 Momento di inerzia, YY:  $J_{yy} = 1,440.0 \text{ cm}^4$   
 Momento di inerzia, ZZ:  $J_{zz} = 1,000.0 \text{ cm}^4$   
 Rotazione della sezione:  $\alpha = 0^\circ$



H=12 cm

B=10 cm



$w_{ist,G} = 0.38 \text{ cm}$   
 $w_{ist,Q} = 0.30 \text{ cm}$   
 $w_{ist} = 0.68 \text{ cm}$   
 $w_{in,Q} = 0.00 \text{ cm}$   
 $w_{in} = 0.38 \text{ cm}$   
 $w_{creep} = 0.23 \text{ cm}$   
 $w_c = 0.00 \text{ cm}$   
 $w_{net,fin} = 0.91 \text{ cm}$   
 $w_{fin} = 0.91 \text{ cm}$

**Verifiche allo Stato Limite Ultimo [S.L.U.]**

**- CALCOLO DEL MOMENTO SOLLECITANTE**  
 $M_{ed,I} + k_{mod,G} = 196.6$   
 $M_{ed,II} + k_{mod,Q} = 236.7$   
 Condizione più gravosa: II  
 $M_{ed} = 213.0 \text{ daNm}$

**- TENSIONI DI PROGETTO**  
 $\sigma_{m,y,d} = 88.75 \text{ daN/cm}^2$   
 $\sigma_{m,z,d} = 0.00 \text{ daN/cm}^2$

**- RESISTENZE DI PROGETTO**  
 $k_h$  lungo l'altezza = 1.100  
 $k_h$  lungo la base = 1.100  
 $f_{m,y,d} = 163.86 \text{ daN/cm}^2$   
 $f_{m,z,d} = 163.86 \text{ daN/cm}^2$

**- ALTRI DATI**  
 $k_m = 0.7$   
 $k_{crit,m} = 1.000$

---

**- CALCOLO DEL TAGLIO SOLLECITANTE**  
 $V_{ed,I} + k_{mod,G} = 285.9$   
 $V_{ed,II} + k_{mod,Q} = 344.3$   
 Condizione più gravosa: II  
 $V_{ed} = 309.8 \text{ daN}$

**- TENSIONE DI PROGETTO**  
 $\tau_d = 5.78 \text{ daN/cm}^2$

**- RESISTENZA DI PROGETTO**  
 $f_{v,d} = 21.72 \text{ daN/cm}^2$

**Verifiche allo Stato Limite di Esercizio [S.L.E.]**

Controfreccia  $w_c$   cm

Freccia istantanea  $w_{ist} = 0.68 \text{ cm} - L/403$

Freccia iniziale  $w_{in} = 0.38 \text{ cm} - L/724$

Freccia viscosa  $w_{creep} = 0.23 \text{ cm} - L/1207$

Freccia finale netta  $w_{net,fin} = 0.91 \text{ cm} - L/302$

Freccia finale  $w_{fin} = 0.91 \text{ cm} - L/302$

$w_{ist} \leq L / 300$   
0.68 cm < 0.92 cm *Tabella 7-3 CNR*

$w_{net,fin} \leq L / 250$   
0.91 cm < 1.10 cm *Tabella 7-3 CNR*

$w_{fin} \leq L / 150$   
0.91 cm < 1.83 cm *Tabella 7-3 CNR*

Le verifiche a SLU e SLE risultano soddisfatte.

### 2.11.2 Verifica nuova trave di colmo altana

La nuova trave di colmo dell'altana sarà realizzata in legno lamellare GL24H con luce 275cm e influenza pari a 170cm. Si riportano di seguito le verifiche a SLE e SLU dell'elemento avente sezione 16x20cm.

**CLASSE DI RESISTENZA – INFORMAZIONI SUL LEGNAME**

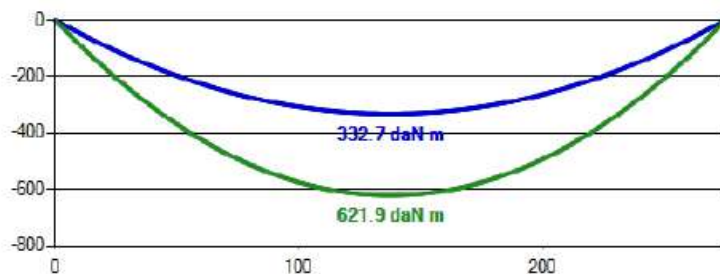
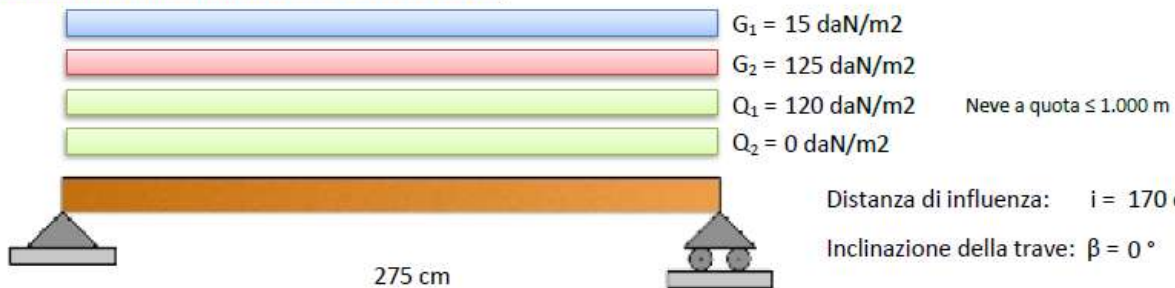
Tipologia del legname: Lamellare omogeneo - GL 24h - UNI EN 14080:2013

$f_{m,g,k} = 24.0 \text{ MPa}$	$E_{0,g,mean} = 11,500.0 \text{ MPa}$	$G_{g,mean} = 650.0 \text{ MPa}$
$f_{v,g,k} = 3.5 \text{ MPa}$	$E_{0,g,05} = 9,600.0 \text{ MPa}$	$G_{g,05} = 540.0 \text{ MPa}$
$\rho_{g,k} = 385.0 \text{ kg/mc}$	$E_{90,g,mean} = 300.0 \text{ MPa}$	$\rho_{g,mean} = 420.0 \text{ kg/mc}$

**CLASSE DI SERVIZIO E DI DURATA – COEFFICIENTE DI SICUREZZA**

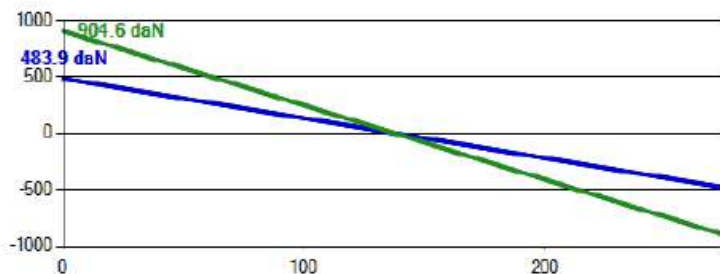
Classe di servizio: Classe di servizio 1 (ambiente protetto)	$k_{def} = 0.6$
Classe di durata del carico permanente: Permanente (più di 10 anni)	$k_{mod,G} = 0.6$
Classe di durata del carico variabile: Breve durata (meno di 1 settimana)	$k_{mod,Q} = 0.9$
Coefficiente moltiplicativo del carico permanente G2:	$\gamma_{G2} = 0,8 \div 1,5$
Coefficiente di sicurezza del materiale: no produzioni continuative	$\gamma_M = 1.45$

**COMBINAZIONE DEI CARICHI – SOLLECITAZIONI**



**SOLLECITAZIONI IN CONDIZIONE I**

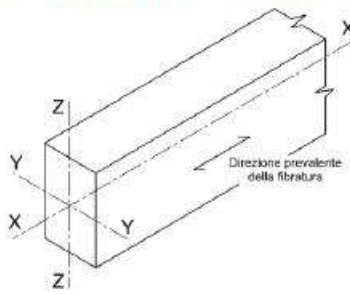
Carico momento max = 351.9 daN/m  
 Momento max = 332.7 daN m  
 Posizione momento max = 137.5 cm  
 Carico taglio max = 351.9 daN/m  
 Taglio max = 483.9 daN  
 Posizione taglio max = 0.0 cm



**SOLLECITAZIONI IN CONDIZIONE II**

Carico momento max = 657.9 daN/m  
 Momento max = 621.9 daN m  
 Posizione momento max = 137.5 cm  
 Carico taglio max = 657.9 daN/m  
 Taglio max = 904.6 daN  
 Posizione taglio max = 0.0 cm

## SEZIONE TRAVE – DEFORMAZIONI

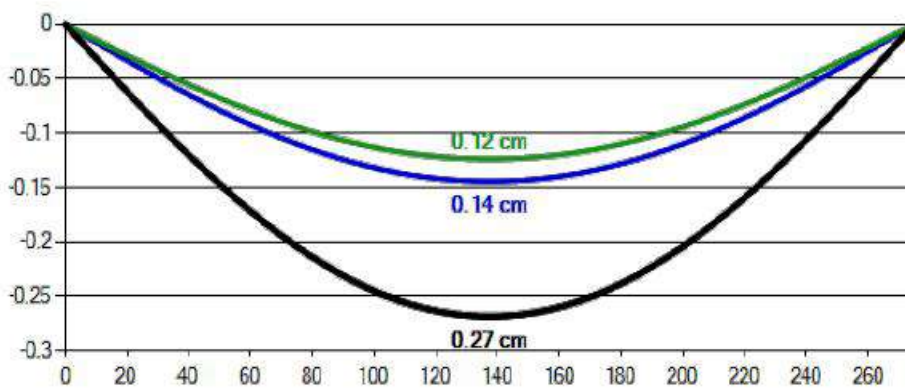


Area della sezione:  $A = 320.0 \text{ cm}^2$   
 Modulo di resistenza, YY:  $W_{yy} = 1,066.7 \text{ cm}^3$   
 Modulo di resistenza, ZZ:  $W_{zz} = 853.3 \text{ cm}^3$   
 Momento di inerzia, YY:  $J_{yy} = 10,666.7 \text{ cm}^4$   
 Momento di inerzia, ZZ:  $J_{zz} = 6,826.7 \text{ cm}^4$   
 Rotazione della sezione:  $\alpha = 0^\circ$



H=20 cm

B=16 cm



$w_{ist,G} = 0.14 \text{ cm}$   
 $w_{ist,Q} = 0.12 \text{ cm}$   
 $w_{ist} = 0.27 \text{ cm}$   
 $w_{in,Q} = 0.00 \text{ cm}$   
 $w_{in} = 0.14 \text{ cm}$   
 $w_{creep} = 0.09 \text{ cm}$   
 $w_c = 0.00 \text{ cm}$   
 $w_{net,fin} = 0.36 \text{ cm}$   
 $w_{fin} = 0.36 \text{ cm}$

**Verifiche allo Stato Limite Ultimo [S.L.U.]**

- CALCOLO DEL MOMENTO SOLLECITANTE  
 $M_{ed,I} + k_{mod} G = 554.4$   
 $M_{ed,II} + k_{mod} Q = 691.0$   
 Condizione piú gravosa: II  
 $M_{ed} = 621.9 \text{ daN m}$

- TENSIONI DI PROGETTO  
 $\sigma_{m,y,d} = 58.31 \text{ daN/cm}^2$   
 $\sigma_{m,z,d} = 0.00 \text{ daN/cm}^2$

- RESISTENZE DI PROGETTO  
 $k_{fi}$  lungo l'altezza = 1.100  
 $k_{fi}$  lungo la base = 1.100  
 $f_{m,y,d} = 163.85 \text{ daN/cm}^2$   
 $f_{m,z,d} = 163.86 \text{ daN/cm}^2$

- ALTRI DATI  
 $k_{m} = 0.7$   
 $k_{crit,m} = 1.000$

- CALCOLO DEL TAGLIO SOLLECITANTE  
 $V_{ed,I} + k_{mod} G = 806.4$   
 $V_{ed,II} + k_{mod} Q = 1.005.1$   
 Condizione piú gravosa: II  
 $V_{ed} = 904.6 \text{ daN}$

- TENSIONE DI PROGETTO  
 $\tau_d = 6.33 \text{ daN/cm}^2$

- RESISTENZA DI PROGETTO  
 $f_{v,d} = 21.72 \text{ daN/cm}^2$

**Verifiche allo Stato Limite di Esercizio [S.L.E.]**

Controfreccia  $w_c$   cm

Freccia istantanea  $w_{ist} = 0.27 \text{ cm} = L/1024$

Freccia iniziale  $w_{in} = 0.14 \text{ cm} = L/1903$

Freccia viscosa  $w_{creep} = 0.09 \text{ cm} = L/3172$

Freccia finale netta  $w_{net,fin} = 0.36 \text{ cm} = L/774$

Freccia finale  $w_{fin} = 0.36 \text{ cm} = L/774$

$0.36 < 1.00$  *Formula 4.4.5.a*

$0.25 < 1.00$  *Formula 4.4.5.b*

$0.36 < 1.00$  *Formula 4.4.11*

$6.33 < 21.72$  *Formula 4.4.8*

$0.27 \text{ cm} < 0.92 \text{ cm}$  *Tabella 7-3 CNR*

$0.36 \text{ cm} < 1.10 \text{ cm}$  *Tabella 7-3 CNR*

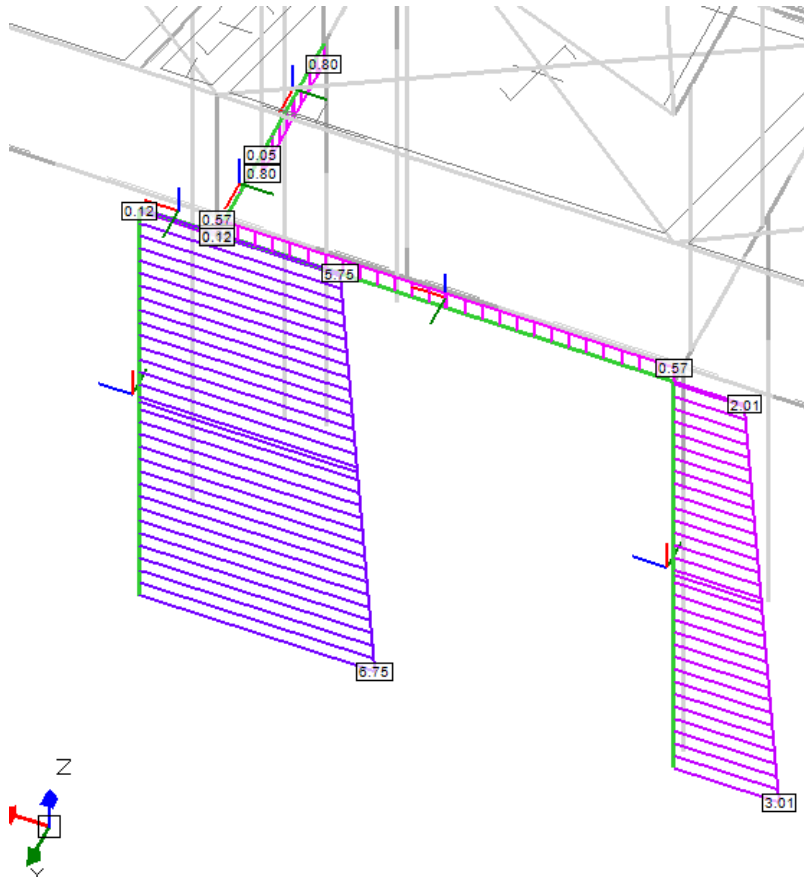
$0.36 \text{ cm} < 1.83 \text{ cm}$  *Tabella 7-3 CNR*

Tutte le verifiche a SLU e SLE risultano soddisfatte.

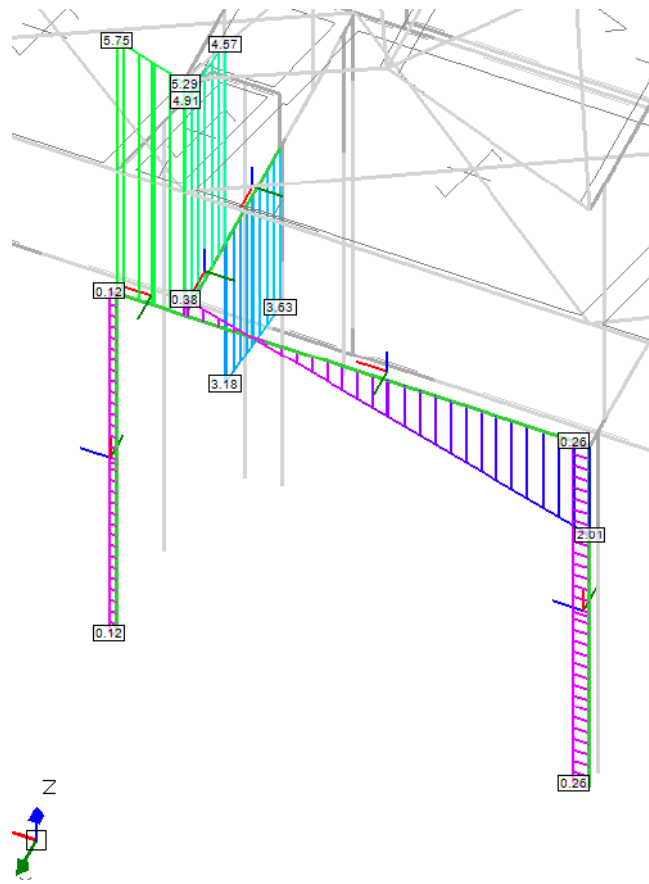
### 2.11.3 Verifica nuovo portale in acciaio zona servizi igienici

Si riportano di seguito le sollecitazioni di involucro agenti sul nuovo portale in acciaio S275 del locale servizi igienici, determinate in analisi statica e in analisi sismica statica lineare. Il portale sarà realizzato con colonne HEA140 e travi IPE200.

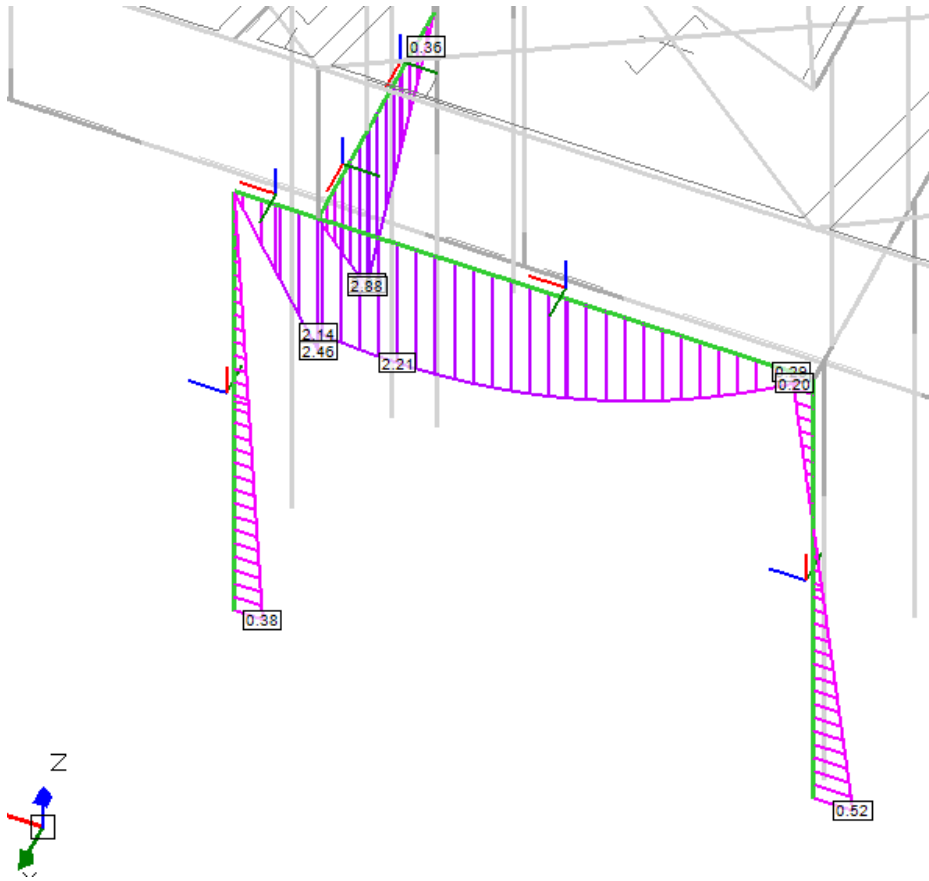




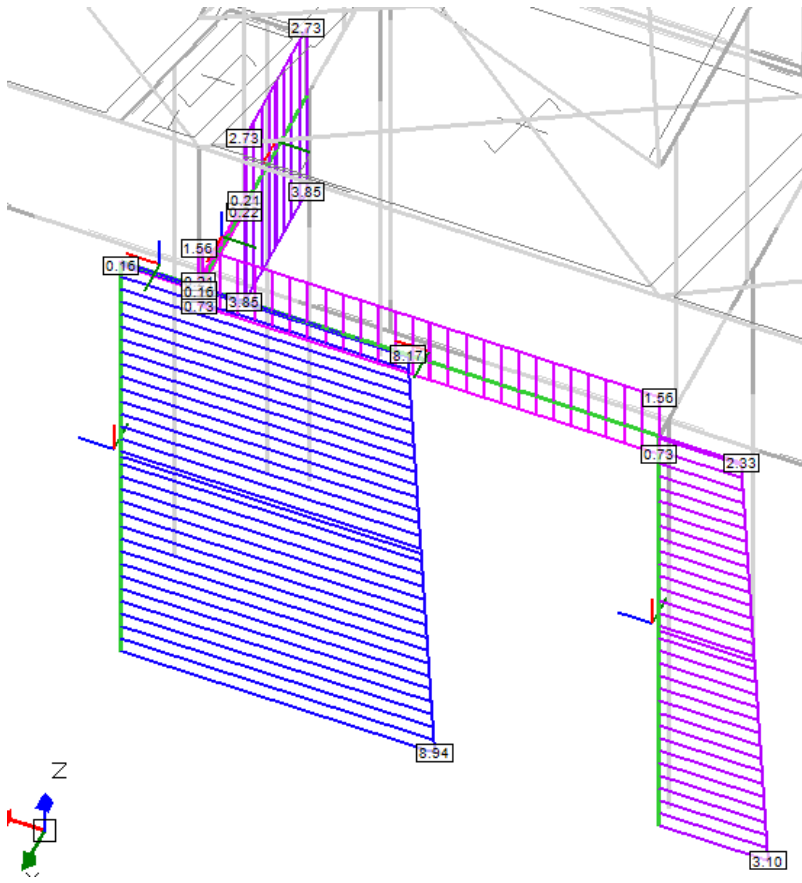
**Azione assiale N – Analisi statica**



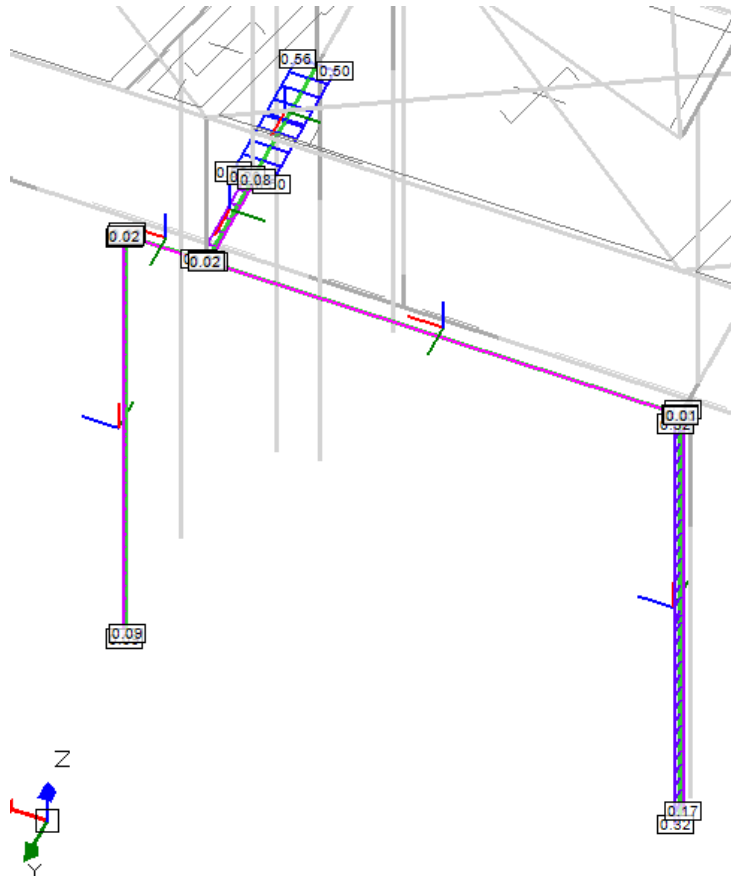
**Azione taglio Tz – Analisi statica**



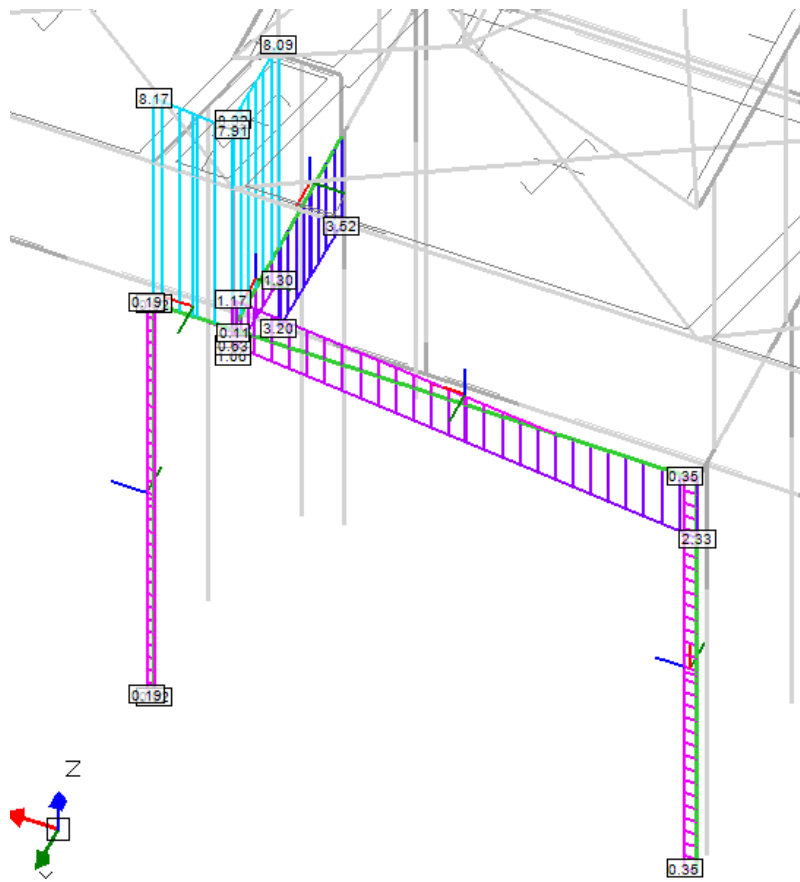
**Momento flettente My – Analisi statica**



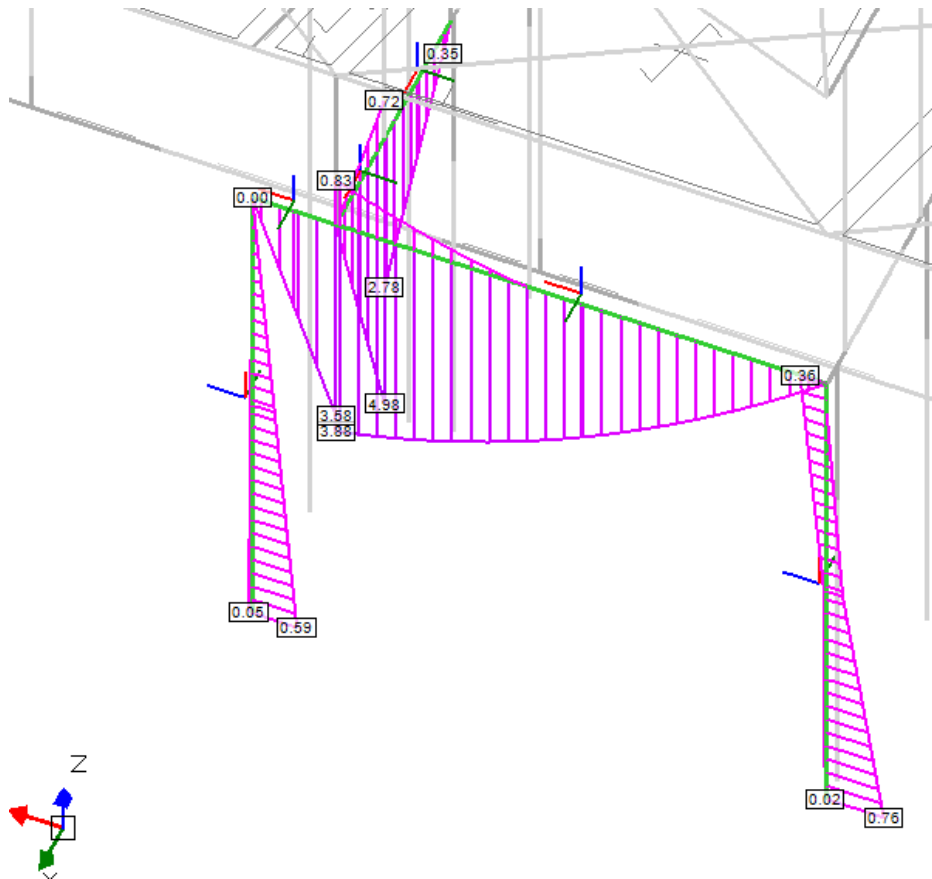
**Azione assiale N – Analisi sismica lineare**



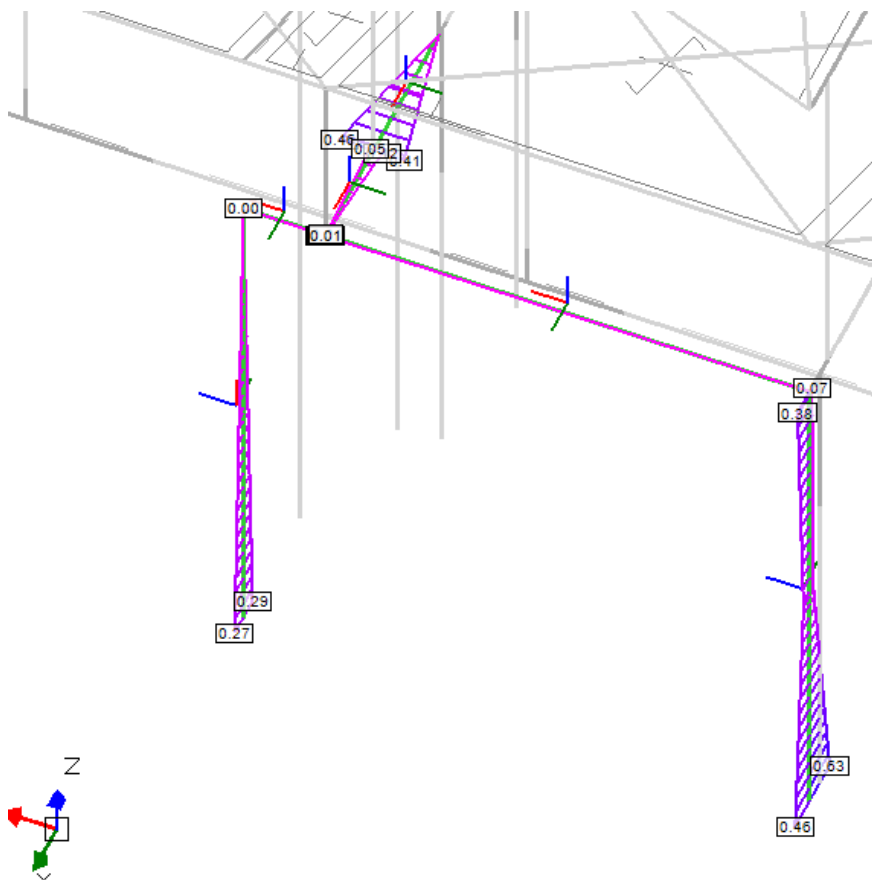
**Azione taglio Ty – Analisi sismica lineare**



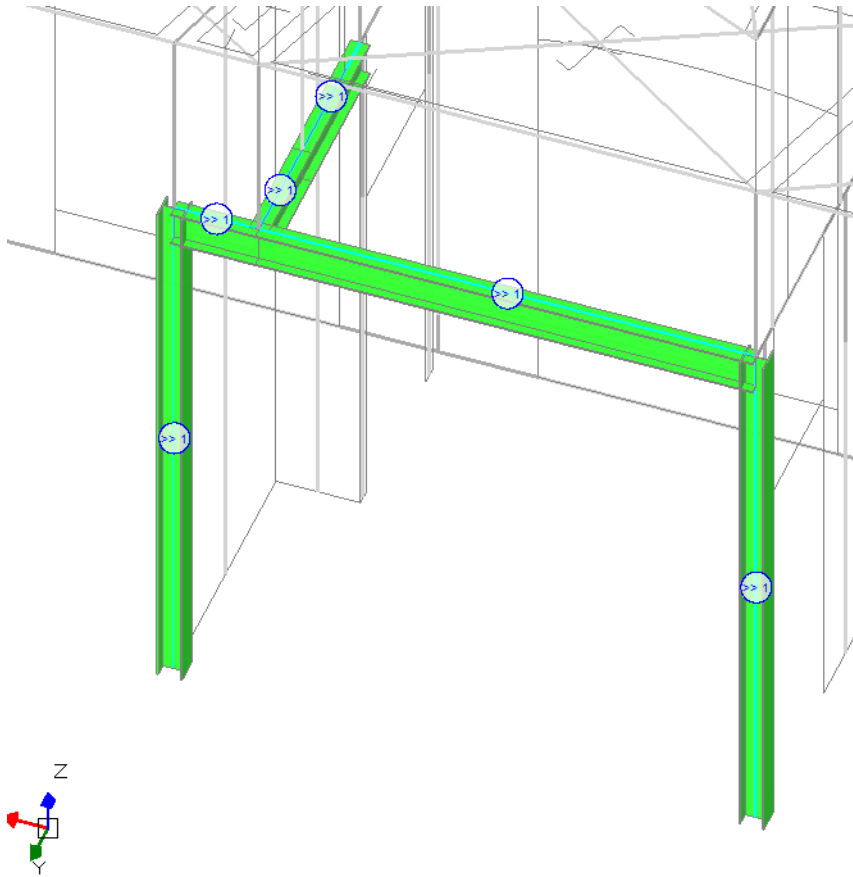
**Azione taglio Tz – Analisi sismica lineare**



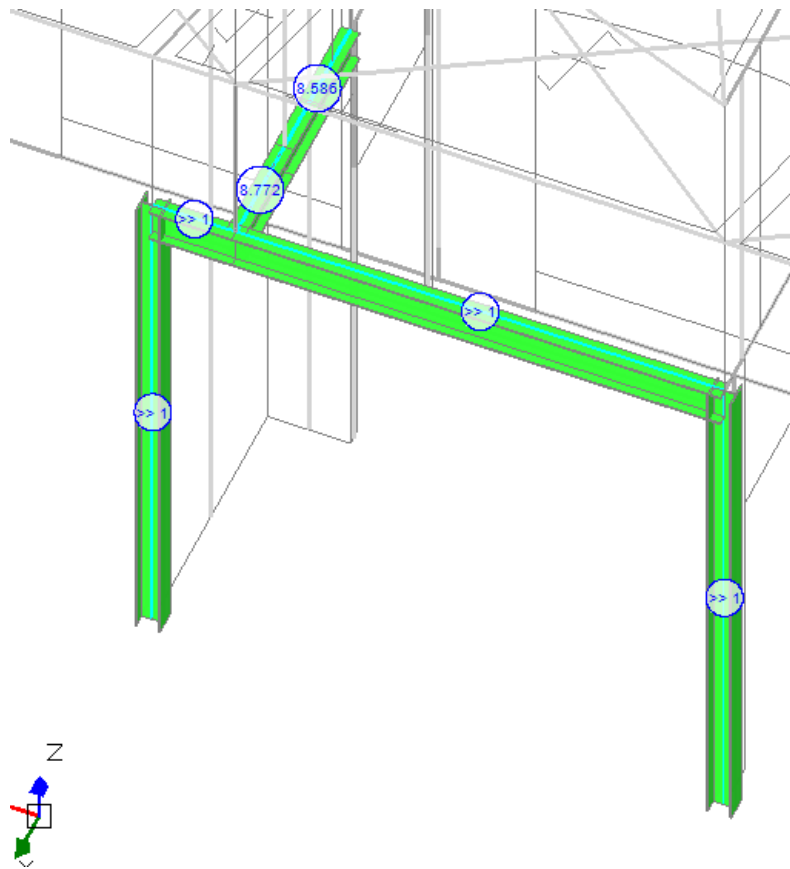
**Momento flettente  $M_y$  – Analisi sismica lineare**



**Momento flettente  $M_z$  – Analisi sismica lineare**



**Indici di sicurezza verifiche statiche**



**Indici di sicurezza verifiche sismiche**

## 2.11.4 Verifica collegamento colonna HEA140 – soletta in cls

Sulla base delle sollecitazioni sopra riportate si è proceduto alla verifica della piastra di base e dei relativi ancoraggi.



Hilti PROFIS Engineering 3.0.89

www.hilti.it

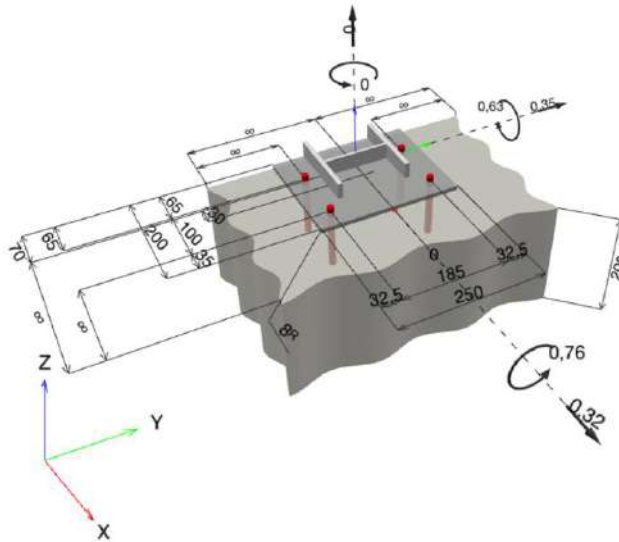
Impresa:		Pagina:	1
Indirizzo:		Progettista:	
Telefono   Fax:		E-mail:	
Design:	calcestruzzo - 20 nov 2023	Data:	20/11/2023
Contratto N°:			

Commenti del progettista:

### 1 Dati da inserire

<b>Tipo e dimensione dell'ancorante:</b>	<b>HIT-HY 200-A V3 + HIT-Z 100 Years M12</b>	
Vita utile (durata in anni):	100	
Codice articolo:	2018412 HIT-Z M12x140 (inserire) / 2377669 HIT-HY 200-A V3 (resina)	
Profondità di posa effettiva:	$h_{ef,opt} = 102,0$ mm ( $h_{ef,lim} = 140,0$ mm)	
Materiale:	DIN EN ISO 4042	
Certificazione No.:	ETA 19/0632	
Emesso   Valido:	08/06/2023   -	
Prova:	metodo di calcolo EN 1992-4, meccanica+ Sismica (sezione 9, allegato C)	
Categoria di performance sismica:	C2	
Tipologia di verifica sismica:	9.2 (3) a2) progettazione elastica	
Percentuale di carico sismico $\leq 20\%$ :	no	
Spostamenti massimi richiesti per l'SLD:	Carico di trazione $\delta_{N,req(DLS)} = 1,300$ mm, Carico di taglio $\delta_{V,req(DLS)} = 3,400$ mm	
Fissaggio distanziato:	$e_o = 0,0$ mm (Senza distanziamento); $t = 8,0$ mm	
Piastra d'ancoraggio <sup>R</sup> :	$l_x \times l_y \times t = 200,0$ mm x $250,0$ mm x $8,0$ mm; (Spessore della piastra raccomandato: non calcolato)	
Profilo:	IPBi/HEA, IPBi 140 / HE 140 A; (L x W x T x FT) = $133,0$ mm x $140,0$ mm x $5,5$ mm x $8,5$ mm	
Materiale base:	fessurato calcestruzzo, C25/30, $f_{c,oyf} = 25,00$ N/mm <sup>2</sup> ; $h = 200,0$ mm, Temp. Breve/Lunga: 0/0 °C, Coefficiente parziale di sicurezza materiale definito dall'utente $\gamma_c = 1,500$	
<b>Installazione:</b>	<b>Foro eseguito con perforatore, Condizioni di installazione: asciutto</b>	
Armatura:	nessuna armatura o interasse tra le armature $\geq 150$ mm (qualunque $\varnothing$ ) o $\geq 100$ mm ( $\varnothing \leq 10$ mm) senza armatura di bordo longitudinale Armatura per controllare la fessurazione in conformità a N 1992-4, 7.2.1.7 (2) b) 2) presente	

<sup>R</sup> - Il calcolo dell'ancoraggio presuppone la presenza di una piastra di ancoraggio rigida.



### 1.1 Combinazione carichi

Caso	Descrizione	Forze [kN] / Momenti [kNm]	Sismico	Fuoco	Util. max. Tassello [%]
1	Combinazione 1	$N = 0,000; V_x = 0,320; V_y = 0,350;$ $M_x = 0,760; M_y = 0,630; M_z = 0,000;$	C2	no	34

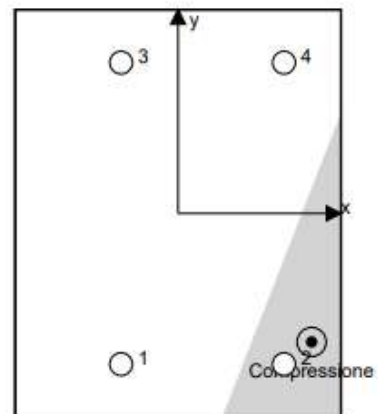
### 2 Condizione di carico/Carichi risultanti sull'ancorante

#### Carichi sull'ancorante [kN]

Trazione: (+ Trazione, - Compressione)

Ancorante	Trazione	Taglio	Taglio in dir. x	Taglio in dir. y
1	1,767	0,115	0,047	0,105
2	0,000	0,084	0,047	0,070
3	3,457	0,154	0,113	0,105
4	1,119	0,133	0,113	0,070

Compressione max. nel calcestruzzo: 0,10 [%]  
 Max. sforzo di compressione nel calcestruzzo: 2,86 [N/mm<sup>2</sup>]  
 risultante delle forze di trazione nel (x/y)=(0,0/0,0): 0,000 [kN]  
 risultante delle forze di compressione (x/y)=(182,0/46,1): 6,343 [kN]



Le forze di ancoraggio vengono calcolate presupponendo una piastra di ancoraggio rigida.

### 3 Carico di trazione (EN 1992-4, sezione 7.2.1, Allegato C, sezione C.5)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo $\beta_N$ [%]	Stato
Rottura dell'acciaio*	3,457	36,667	10	OK
Rottura per sfilamento*	3,457	12,467	28	OK
Rottura conica del calcestruzzo**	6,343	20,517	31	OK
Fessurazione**	N/A	N/A	N/A	N/A

\*ancorante più sollecitato \*\*gruppo di ancoranti (ancoranti sollecitati)

#### 3.1 Rottura dell'acciaio

$N_{Rk,s,eq}^0$ [kN]	$\alpha_{gap}$	$\alpha_{eq}$	$N_{Rk,s,eq}$ [kN]			
55,000	1,000	1,000	55,000			
$\gamma_{M,s,eq}$	$N_{Rd,s,eq}$ [kN]	$N_{Ed,eq}$ [kN]	$\delta_{N,req(DLS)}$ [mm]	$\delta_{N,eq(DLS)}$ [mm]	$N_{Rd,s,eq, reduced}$ [kN]	
1,500	36,667	3,457	1,300	1,300	36,667	

#### 3.2 Rottura per sfilamento

$N_{Rk,p,eq}^0$ [kN]	$\alpha_{gap}$	$\alpha_{eq}$	$N_{Rk,p,eq}$ [kN]	$\psi_{c,eq}$	$\gamma_{M,p,eq}$	
22,000	1,000	0,850	18,700	1,000	1,500	
$N_{Rd,p,eq}$ [kN]	$N_{Ed,eq}$ [kN]	$\delta_{N,req(DLS)}$ [mm]	$\delta_{N,eq(DLS)}$ [mm]	$N_{Rd,p,eq, reduced}$ [kN]		
12,467	3,457	1,300	1,300	12,467		

#### 3.3 Rottura conica del calcestruzzo

$A_{c,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]	$f_{c,eq}$ [N/mm <sup>2</sup> ]			
137,638	93,636	153,0	306,0	25,00			
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$		
15,7	0,907	10,1	0,938	0,827	1,000		
$z$ [mm]	$\psi_{M,N}$	$k_1$	$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\alpha_{gap}$	$\alpha_{eq}$	$N_{Rk,c,eq}$ [kN]	
155,6	1,000	7,700	39,661	1,000	0,750	30,775	
$\gamma_{M,c,eq}$	$N_{Rd,c,eq}$ [kN]	$N_{Ed,eq}$ [kN]	$\delta_{N,req(DLS)}$ [mm]	$\delta_{N,eq(DLS)}$ [mm]	$N_{Rd,c,eq, reduced}$ [kN]		
1,500	20,517	6,343	1,300	1,300	20,517		

ID gruppo ancoranti

1, 3, 4



#### 4 Carico di taglio (EN 1992-4, sezione 7.2.2, Allegato C, sezione C.5)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo $\beta_v$ [%]	Stato
Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)*	0,154	7,140	3	OK
Rottura dell'acciaio (con braccio di leva)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rottura per pryout**	0,474	30,033	2	OK
Rottura del bordo del calcestruzzo in direzione x-**	0,211	9,339	3	OK

\*ancorante più sollecitato \*\*gruppo di ancoranti (ancoranti specifici)

##### 4.1 Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)\*\*\*

$V_{Rk,s,eq}^0$ [kN]	$k_T$	$\alpha_{gap}$	$\alpha_{eq}$	$V_{Rk,s,eq}$ [kN]	
21,000	1,000	0,500	0,850	8,925	
$\gamma_{M,s,eq}$	$V_{Rd,s,eq}$ [kN]	$V_{Ed,eq}$ [kN]	$\delta_{V,req(DLS)}$ [mm]	$\delta_{V,eq(DLS)}$ [mm]	$V_{Rd,s,eq, reduced}$ [kN]
1,250	7,140	0,154	3,400	3,400	7,140

\*\*\*IL calcolo è valido solo per HIT-HY 200-A V3 + HIT-Z 100 Years M12 con lunghezza totale dell'ancoraggio  $\leq 250,0$  [mm] (es. HIT-HY 200-A V3 + HIT-Z 100 Years M12x250)

##### 4.2 Rottura per pryout

$A_{c,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$c_{or,N}$ [mm]	$s_{or,N}$ [mm]	$k_g$	$f_{c,cr}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
156,138	93,636	153,0	306,0	2,920	25,00	
$e_{c1,V}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,V}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	$\psi_{M,N}$
24,5	0,862	22,4	0,872	0,827	1,000	1,000
$k_1$	$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\alpha_{gap}$	$\alpha_{eq}$	$V_{Rk,cp,eq}^0$ [kN]	$V_{Rk,cp,eq}$ [kN]	
7,700	39,661	0,500	0,750	120,131	45,049	
$\gamma_{M,c,p,eq}$	$V_{Rd,cp,eq}$ [kN]	$V_{Ed,eq}$ [kN]	$\delta_{V,req(DLS)}$ [mm]	$\delta_{V,eq(DLS)}$ [mm]	$V_{Rd,cp,eq, reduced}$ [kN]	
1,500	30,033	0,474	3,400	3,400	30,033	

ID gruppo ancoranti

1-4

##### 4.3 Rottura del bordo del calcestruzzo in direzione x-

$l_i$ [mm]	$d_{nom}$ [mm]	$k_g$	$\alpha$	$\beta$	$f_{c,cr}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
102,0	12,00	1,700	0,125	0,071	25,00	
$c_i$ [mm]	$A_{c,v}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,v}^0$ [mm <sup>2</sup> ]				
65,0	37,050	19,012				
$\psi_{s,v}$	$\psi_{h,v}$	$\alpha_v$ [°]	$\psi_{a,v}$	$e_{c,v}$ [mm]	$\psi_{ec,v}$	$\psi_{re,v}$
1,000	1,000	90,00	2,000	0,0	1,000	1,000
$V_{Rk,c}^0$ [kN]	$k_T$	$\alpha_{gap}$	$\alpha_{eq}$	$V_{Rk,c,eq}$ [kN]		
8,458	1,0	0,500	0,850	14,009		
$\gamma_{M,c,eq}$	$V_{Rd,c,eq}$ [kN]	$V_{Ed,eq}$ [kN]	$\delta_{V,req(DLS)}$ [mm]	$\delta_{V,eq(DLS)}$ [mm]	$V_{Rd,c,eq, reduced}$ [kN]	
1,500	9,339	0,211	3,400	3,400	9,339	

## 5 Carichi combinati di trazione e di taglio (EN 1992-4, sezione 7.2.3 Allegato C, sezione C.5 (3))

Rottura dell'acciaio

$\beta_N$	$\beta_V$	$k_{15}$	Utilizzo $\beta_{N,V}$ [%]	Stato
0,094	0,022	1,000	12	OK

$$\beta_N^{k_{15}} + \beta_V^{k_{15}} \leq 1,0$$

Rottura del calcestruzzo

$\beta_N$	$\beta_V$	$k_{15}$	Utilizzo $\beta_{N,V}$ [%]	Stato
0,309	0,023	1,000	34	OK

$$\beta_N^{k_{15}} + \beta_V^{k_{15}} \leq 1,0$$

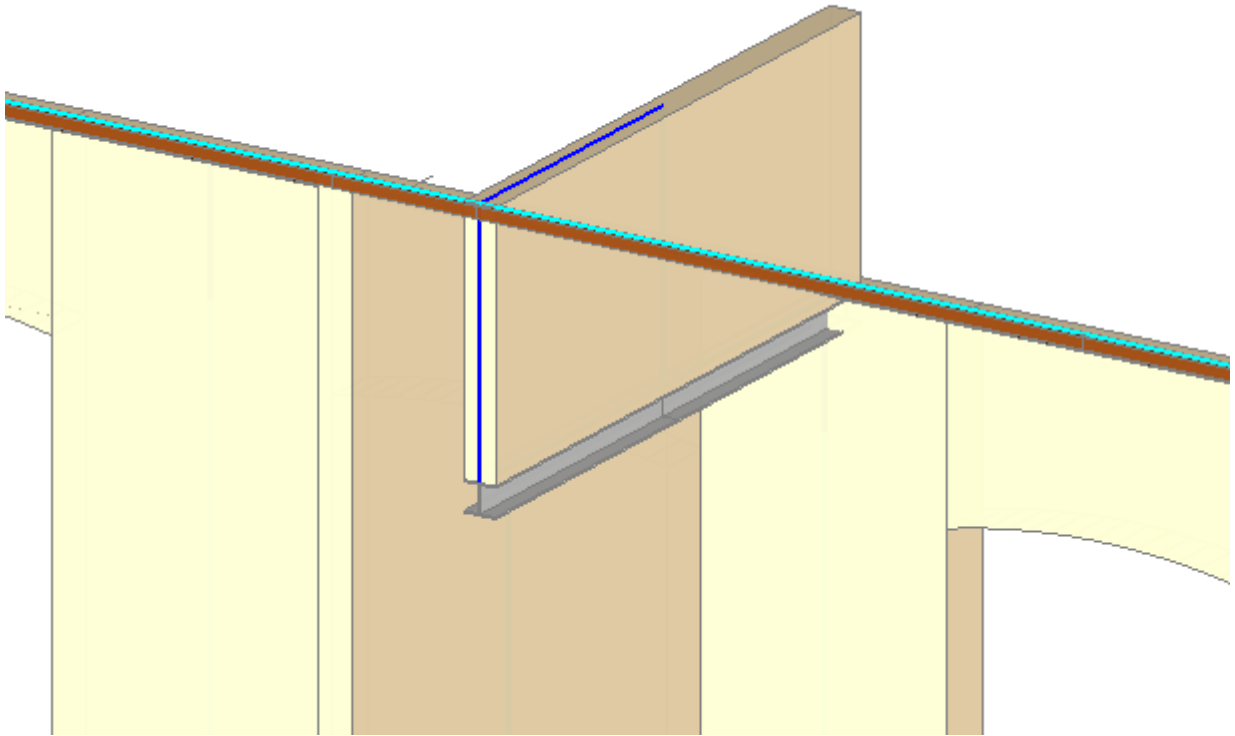
## 6 Attenzione

- Fenomeni di redistribuzione dei carichi sugli ancoranti derivanti da eventuali deformazioni elastiche della piastra non sono presi in considerazione. Si assume una piastra di ancoraggio sufficientemente rigida in modo che non risulti deformabile sotto l'azione di carichi!
- Per la corretta scelta della categoria di performance sismica si controlli la normativa nazionale di riferimento.
- La verifica del trasferimento dei carichi nel materiale base è necessaria conformemente a EN 1992-A, allegato A!
- La progettazione è valida solamente se il foro passante non è più largo rispetto al valore riportato nella tabella 6.1 of EN 1992-4! Per diametri maggiori del foro passante vedere paragrafo 6.2.2 di EN 1992-4!
- La lista accessori inclusa in questo report di calcolo è da ritenersi solo come informativa dell'utente. In ogni caso, le istruzioni d'uso fornite con il prodotto dovranno essere rispettate per garantire una corretta installazione.
- Per la determinazione del  $\psi_{re,V}$  (rottura del bordo di calcestruzzo) è utilizzato il minimo copriferro definito nei parametri di calcolo come copriferro del rinforzo del bordo.
- IL calcolo è valido solo per HIT-HY 200-A V3 + HIT-Z 100 Years M12 con lunghezza totale dell'ancoraggio  $\leq 250,0$  [mm] (es. HIT-HY 200-A V3 + HIT-Z 100 Years M12x250)
- Il trasferimento del carico dal rinforzo supplementare al membro strutturale andrà verificato da un progettista strutturale responsabile.
- Con il rinforzo supplementare e gli ancoranti installati a posteriori, accertarsi che nella sede di lavoro le barre di rinforzo non vengano perforate.
- L'adesione chimica caratteristica dipende dal periodo di ritorno (durata in anni): 100

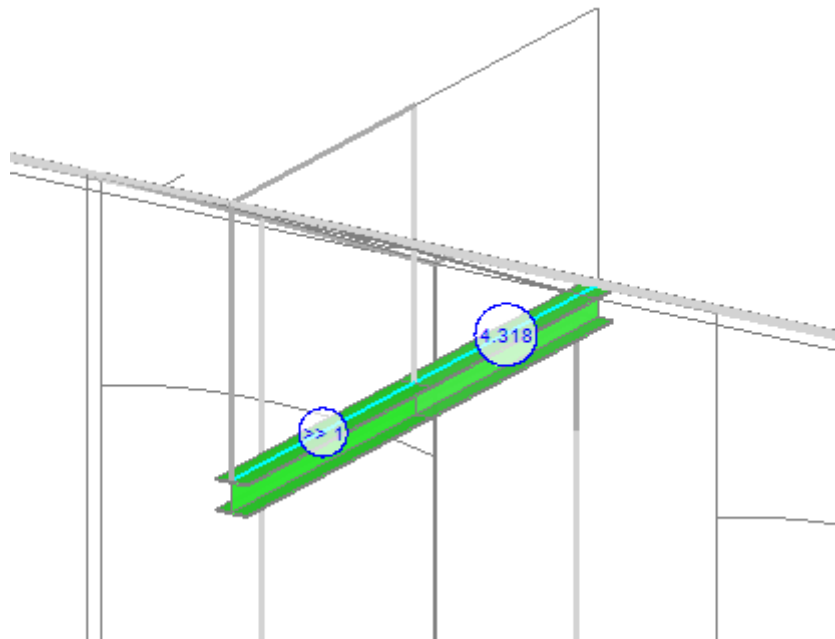
**L'ancoraggio risulta verificato!**

### 2.11.5 Verifica trave in acciaio locale cabina elettrica

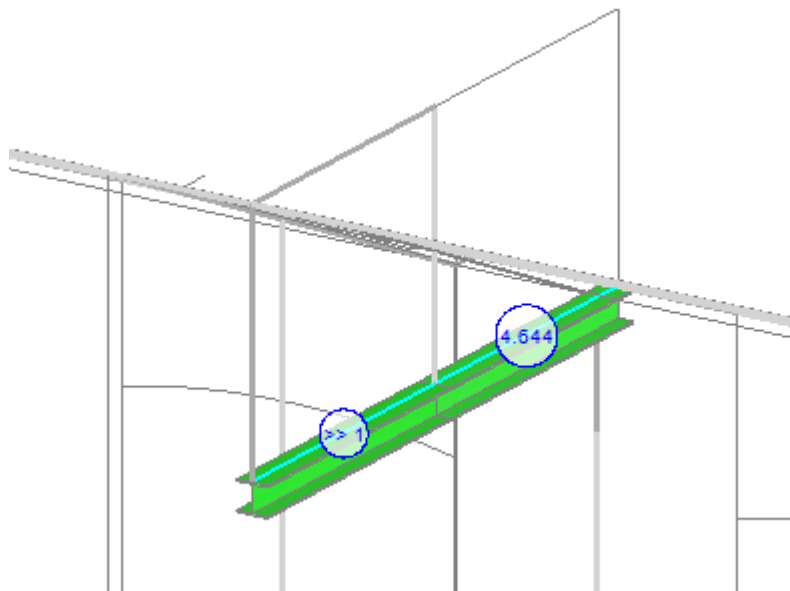
Al fine di mantenere la porzione di muratura che emerge dal piano di copertura in corrispondenza del locale cabina elettrica, si è scelto di posizionare una trave HEA140, come mostrato nell'immagine seguente.



Si riportano di seguito gli esiti delle verifiche statiche e sismiche condotte per la trave HEA140.



**Indici di sicurezza verifiche statiche**

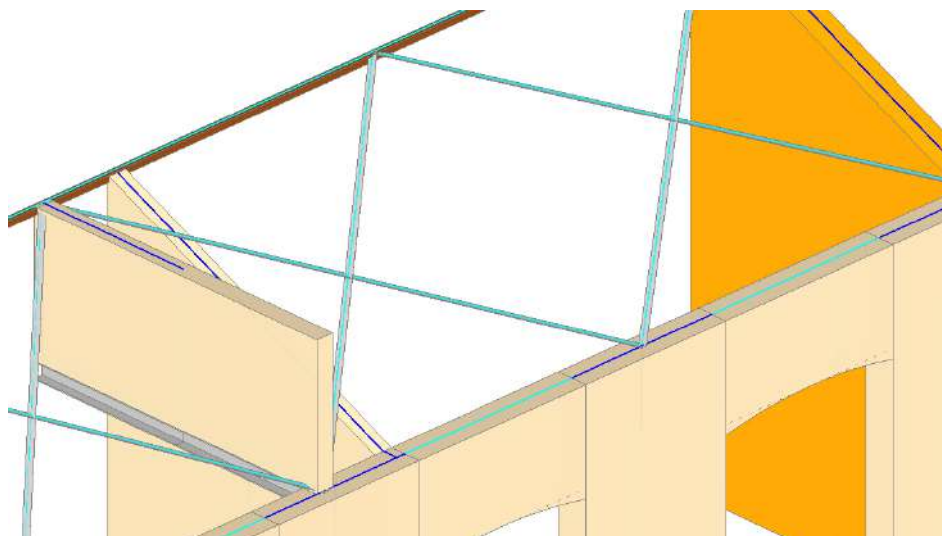


### Indici di sicurezza verifiche sismiche

Le verifiche risultano soddisfatte.

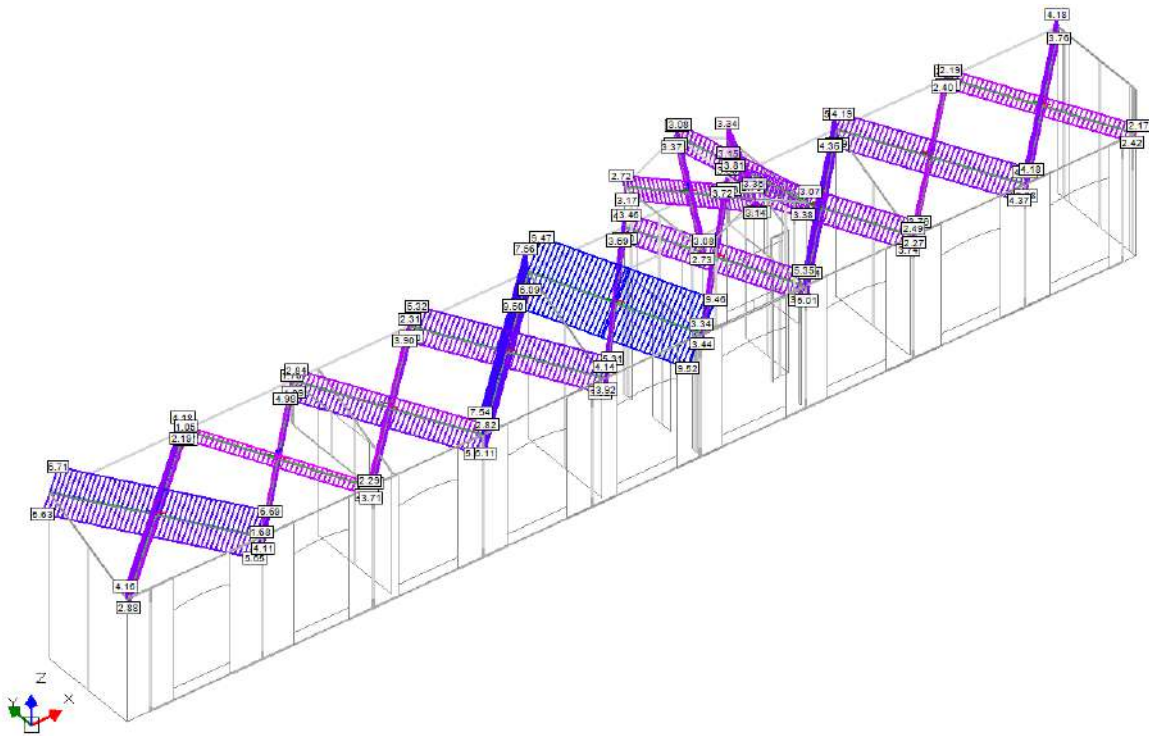
#### 2.11.6 Verifica croci di controvento in copertura

All'interno del modello di calcolo relativo allo stato di progetto si sono modellate le croci di controvento che verranno inserite in copertura, così come mostrato nell'immagine seguente.



Tali croci avranno sezione 50x5mm in acciaio S275 e saranno ancorate alle murature perimetrali (attraverso il travetto ligneo in legno lamellare). In corrispondenza del muro di cinta del giardino l'ancoraggio delle croci sarà caratterizzato da connessione ai travetti lignei.

Si riportano di seguito le sollecitazioni d'involuppo agenti su tali elementi e gli esiti della relativa verifica.



### Azione assiale N – Inviluppo analisi sismica lineare

Come si evince da quanto sopra la massima sollecitazione agente sugli elementi di controvento vale 9.46kN.

Essendo la massima resistenza a trazione dell'elemento pari a  $N_{rd}=65.47\text{kN}$ , la verifica di resistenza delle croci di controvento risulta soddisfatta.

### 2.12 GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

Il programma di calcolo utilizzato PCM della AEDES è idoneo a riprodurre nel modello matematico il comportamento della struttura ed utilizzato è rappresentativo della realtà costruttiva. Le funzioni di controllo disponibili, innanzitutto quelle grafiche, consentono di verificare la riproduzione della realtà costruttiva ed accertare la corrispondenza del modello con la geometria strutturale e con le condizioni di carico ipotizzate. Si evidenzia che il modello viene generato direttamente dal disegno architettonico riproducendone così fedelmente le proporzioni geometriche. Sono state sfruttate le funzioni di autodiagnostica presenti nel software che hanno accertato che non sussistono difetti formali di impostazione. E' stato accertato che le risultanti delle azioni verticali sono in equilibrio con i carichi applicati. Sono state controllate le azioni taglianti di piano ed accertata la loro congruenza con quella ricavabile da semplici ed agevoli elaborazioni. 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, confortati anche dalla propria esperienza.



### 3 RELAZIONE SUI MATERIALI

#### 3.1. **ES** RELAZIONE SULLA CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI ESISTENTI

Come si può evincere dalla descrizione della struttura, i materiali esistenti che caratterizzano la struttura oggetto di intervento sono la muratura in mattoni pieni e malta di calce e in minor parte la muratura in mattoni semipieni. Poiché sugli elementi in muratura si sono svolti solamente saggi visivi per consentire di individuare le differenti tipologie di murature e valutare il grado di ammassamento tra i vari maschi murari, si è scelto in accordo con quanto indicato all'interno della normativa tecnica di riferimento di adottare un livello di conoscenza pari ad 1 a cui corrisponde un fattore di confidenza pari ad 1,35. Inoltre, come da indicazioni della normativa tecnica di riferimento, per questo livello di conoscenza si devono adottare i valori minimi per quanto riguarda le resistenze dei materiali ed i valori medi dei moduli elastici; valori medi tra quelli indicati all'interno della tabella di riferimento tab. C8.5.I. In accordo al livello di conoscenza raggiunto, i parametri meccanici adottati all'interno delle elaborazioni numeriche sono di seguito riportati:

Muratura in mattoni pieni	
<b>▼ Generale</b>	
Nome	Muratura in mattoni pieni
Riferimento	NTC 2018, Tab. C8.5.I
Tipologia	Mattoni pieni e malta di calce
Condizioni	Standard
Fattore di Confidenza	1.35
<b>▼ Moduli elastici</b>	
Valori	Medi
E	1500
G	500
<b>▼ Resistenze</b>	
Valori	Minimi
$f_{,m}$	2.600
$f_{,tm}$	0.260
$f_{,hm}$	1.300
$\tau_{,0}$	0.050
$f_{,vm0}$	0.130
<b>▼ Altre proprietà meccaniche</b>	
w	18.00
$\alpha$	0.000010
$f_{,b}$	10.000
$\mu$	0.577
$\phi$	1.000

***Parametri di calcolo muratura esistente in mattoni pieni***

<b>Generale</b>	
Nome	Muratura esistente Doppio UNI
Riferimento	NTC 2018, Tab. C8.5.I
Tipologia	Mattoni semipieni con malta cementizia
Condizioni	Standard
Fattore di Confidenza	1.35
<b>Moduli elastici</b>	
Valori	Medi
E	4550
G	1138
<b>Resistenze</b>	
Valori	Minimi
$f_{,m}$	5.000
$f_{,tm}$	0.500
$f_{,hm}$	2.500
$\tau_{,0}$	0.080
$f_{,vm0}$	0.200
<b>Altre proprietà meccaniche</b>	
w	15.00
$\alpha$	0.000010
$f_{,b}$	10.000
$\mu$	0.577
$\phi$	1.000

***Parametri di calcolo muratura esistente in Doppio UNI***

**3.2. RELAZIONE SULLA CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI NUOVI**

I materiali nuovi utilizzati nell'intervento in progetto sono i seguenti:

- Calcestruzzo per platea di fondazione interna  $R_{ck} > 30$  MPa (C25/30)
- Acciaio per calcestruzzo armato in B450C
- Acciaio per profili e angolari S275JR
- Bulloneria e tasselli classe 8.8
- Muratura in mattoni di laterizio semipieni e malta a prestazione garantita M10

Si riportano di seguito le caratteristiche dei materiali considerate nei calcoli precedentemente esposti:

• **Calcestruzzo per platea di fondazione interna**

Riferimenti: D.M. 17.01.2018, par. 11.2;  
 Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale;  
 UNI EN 206-1/2006;  
 UNI 11104.

<b>Tipologia strutturale:</b>	<b>Fondazioni</b>
Classe di resistenza necessaria ai fini statici:	30 N/mm <sup>2</sup> (300 daN/cm <sup>2</sup> )
Condizioni ambientali:	Strutture completamente interrato in



Classe di esposizione:	terreno permeabile. XC2
Rapporto acqua/cemento max:	0.60
Classe di consistenza:	S3 (Plastica)
Diametro massimo aggregati:	16 mm

<b>Tipologia strutturale:</b>	<b>Elevazione</b>
Classe di resistenza necessaria ai fini statici:	30 N/mm <sup>2</sup> (300 daN/cm <sup>2</sup> )
Condizioni ambientali:	Strutture interne di edifici non industriali con umidità bassa.
Classe di esposizione:	XC1
Rapporto acqua/cemento max:	0.60
Classe di consistenza:	S4 (Fluida)
Diametro massimo aggregati:	16 mm

### Dosatura dei materiali

La dosatura dei materiali per ottenere Rck 300 (30) è orientativamente la seguente (per m<sup>3</sup> d'impasto).

sabbia	0.4 m <sup>3</sup>
ghiaia	0.8 m <sup>3</sup>
acqua	150 litri
cemento tipo 325	350 kg/m <sup>3</sup>

### Qualità dei componenti

La sabbia deve essere viva, con grani assortiti in grossezza da 0 a 3 mm, non proveniente da rocce in decomposizione, scricchiolante alla mano, pulita, priva di materie organiche, melmose, terrose e di salsedine.

La ghiaia deve contenere elementi assortiti, di dimensioni fino a 16 mm, resistenti e non gelivi, non friabili, scevri di sostanze estranee, terra e salsedine. Le ghiaie sporche vanno accuratamente lavate. Anche il pietrisco proveniente da rocce compatte, non gessose né gelive, dovrà essere privo di impurità od elementi in decomposizione.

In definitiva gli inerti dovranno essere lavati ed esenti da corpi terrosi ed organici. Non sarà consentito assolutamente il misto di fiume. L'acqua da utilizzare per gli impasti dovrà essere potabile, priva di sali (cloruri e solfuri).

Potranno essere impiegati additivi fluidificanti o superfluidificanti per contenere il rapporto acqua/cemento mantenendo la lavorabilità necessaria.

### Prescrizione per inerti

Sabbia viva 0-7 mm, pulita, priva di materie organiche e terrose; sabbia fino a 30 mm (70mm per fondazioni), non geliva, lavata; pietrisco di roccia compatta.

Assortimento granulometrico in composizione compresa tra le curve granulometriche sperimentali:

- passante al vaglio di mm 16 = 100%
- passante al vaglio di mm 8 = 88-60%
- passante al vaglio di mm 4 = 78-36%
- passante al vaglio di mm 2 = 62-21%
- passante al vaglio di mm 1 = 49-12%
- passante al vaglio di mm 0.25 = 18-3%

### Prescrizione per il disarmo

Indicativamente: pilastri 3-4 giorni; solette modeste 10-12 giorni; travi, archi 24-25 giorni, mensole 28 giorni.

Per ogni porzione di struttura, il disarmo non può essere eseguito se non previa autorizzazione della Direzione Lavori.

### Provini da prelevarsi in cantiere

n° 2cubi di lato 15 cm;

un prelievo ogni 100 mc

$$\sigma_{c28} \geq 3 \cdot \sigma_{c \text{ adm}};$$

$$R_{ck} 28 = R_m - 35 \text{ kg/cm}^2;$$

$$R_{min} > R_{ck} - 35 \text{ kg/cm}^2$$

### Parametri caratteristici e tensioni limite per il metodo degli stati limite

<b>R<sub>ck</sub></b>	<b>f<sub>ck</sub></b>	<b>f<sub>cd</sub></b>	<b>f<sub>ctm</sub></b>	<b>u.m.</b>
250	207.5	117.6	10.5	[kg/cm <sup>2</sup> ]
300	249.0	141.1	11.9	[kg/cm <sup>2</sup> ]
350	290.5	164.6	13.3	[kg/cm <sup>2</sup> ]
400	332.0	188.1	14.5	[kg/cm <sup>2</sup> ]
450	373.5	211.6	15.7	[kg/cm <sup>2</sup> ]

500	415.0	235.2	16.8	[kg/cm <sup>2</sup> ]
-----	-------	-------	------	-----------------------

legenda:

- $f_{ck}$  (resistenza cilindrica a compressione);  

$$f_{ck} = 0.83 R_{ck};$$
- $f_{cd}$  (resistenza di calcolo a compressione);  

$$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c$$
- $f_{ctd}$  (resistenza di calcolo a trazione);  

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c;$$

$$f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm};$$

$$f_{ctm} = 0.30 * f_{ck}^{2/3} \quad \text{per classi } \leq C50/60$$

$$f_{ctm} = 2.12 * \ln[1 + f_{cm}/10] \quad \text{per classi } > C50/60$$

Valori indicativi di alcune caratteristiche meccaniche dei calcestruzzi impiegati:

Ritiro (valori stimati): 0.25 mm/m (dopo 5 anni, strutture non armate);  
0.10mm/m (strutture armate).

Rigonfiamento in acqua (valori stimati): 0.20 mm/m (dopo 5 anni in strutture armate).

Dilatazione termica:  $10 * 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ .

Viscosità  $\varphi = 1.70$ .

• **Acciaio per C.A.**

ACCIAIO PER C.A. B450C	
$f_{yk}$ tensione nominale di snervamento:	$\geq 4580 \text{ kg/cm}^2 (\geq 450 \text{ N/mm}^2)$
$f_{tk}$ tensione nominale di rottura:	$\geq 5500 \text{ kg/cm}^2 (\geq 540 \text{ N/mm}^2)$
$f_{td}$ tensione di progetto a rottura:	$f_{yk} / \gamma_s = f_{yk} / 1.15 = 3980 \text{ kg/cm}^2 (= 391 \text{ N/mm}^2)$

L'acciaio dovrà rispettare i seguenti rapporti:

$$f_y / f_{yk} < 1.35 \quad f_t / f_y \geq 1.15$$

Diametro delle barre:  $6 \leq \phi \leq 40 \text{ mm}$ .

E' ammesso l'uso di acciai forniti in rotoli per diametri  $\leq 16 \text{ mm}$ .

Reti e tralicci con elementi base di diametro  $6 \leq \phi \leq 16 \text{ mm}$ .

Rapporto tra i diametri delle barre componenti reti e tralicci:  $\phi_{\min} / \phi_{\max} \geq 0.6$

• **Acciaio per profili ed angolari S275JR**

- **Proprietà dei materiali per la fase di analisi strutturale**

Modulo Elastico:  $E = 2.100.000 \text{ kg/cm}^2 (210.000 \text{ N/mm}^2)$

Coefficiente di Poisson:  $\nu = 0.3$

Modulo di elasticità trasversale:  $G = E / [2 * (1 + \nu)] \text{ (N/mm}^2)$

Coefficiente di espansione termica lineare:  $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$  per  $^{\circ}\text{C}^{-1}$  (per  $T < 100^{\circ}\text{C}$ )

Densità:  $\rho = 7850$  kg/m<sup>3</sup>

- **Caratteristiche minime dei materiali**

	<b>S235</b>	<b>S275</b>	<b>S355</b>	<b>S355</b>
<b>tensione di rottura</b>	360 N/mm <sup>2</sup>	430 N/mm <sup>2</sup>	510 N/mm <sup>2</sup>	550 N/mm <sup>2</sup>
<b>tensione di snervamento</b>	235 N/mm <sup>2</sup>	275 N/mm <sup>2</sup>	355 N/mm <sup>2</sup>	440 N/mm <sup>2</sup>

- **Bulloni e tasselli classe 8.8**

Nelle unioni con bulloni si assumono le seguenti resistenze di calcolo:

<b>STATO DI TENSIONE</b>					
CLASSE VITE	$f_{tb}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{yb}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{k,N}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{d,N}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{d,v}$ (N/mm <sup>2</sup> )
4.6	400	240	240	240	170
5.6	500	300	300	300	212
6.8	600	480	360	360	255
<b>8.8</b>	<b>800</b>	<b>640</b>	<b>560</b>	<b>560</b>	<b>396</b>
10.9	1000	900	700	700	495

legenda:

$f_{k,N}$  è assunto pari al minore dei due valori  $f_{k,N} = 0.7 f_t$  ( $f_{k,N} = 0.6 f_t$  per viti di classe 6.8)

$f_{k,N} = f_y$  essendo  $f_{tb}$  ed  $f_{yb}$  le tensioni di rottura e di snervamento

$f_{d,N} = f_{k,N}$  = resistenza di calcolo a trazione

$f_{d,v} = f_{k,N} / \sqrt{2}$  = resistenza di calcolo a taglio

- **Nuove murature in elementi di laterizio semipieni e malta M10**

Le nuove murature saranno realizzate in mattoni semipieni e malta di calce. Di seguito si riportano le caratteristiche dei materiali inserite all'interno delle elaborazioni numeriche:

Muratura nuova											
<div style="border: 1px solid gray; padding: 2px;"> <div style="background-color: #f0f0f0; padding: 2px;"><b>Generale</b></div> <div style="padding: 2px;"> <table border="1"> <tr> <td>Nome</td> <td>Muratura nuova</td> </tr> <tr> <td>Tipologia</td> <td>Elementi di laterizio semipieni</td> </tr> </table> </div> </div>		Nome	Muratura nuova	Tipologia	Elementi di laterizio semipieni						
Nome	Muratura nuova										
Tipologia	Elementi di laterizio semipieni										
<div style="border: 1px solid gray; padding: 2px;"> <div style="background-color: #f0f0f0; padding: 2px;"><b>Moduli elastici</b></div> <div style="padding: 2px;"> <table border="1"> <tr> <td>E</td> <td>5300</td> </tr> <tr> <td>G</td> <td>2120</td> </tr> </table> </div> </div>		E	5300	G	2120						
E	5300										
G	2120										
<div style="border: 1px solid gray; padding: 2px;"> <div style="background-color: #f0f0f0; padding: 2px;"><b>Resistenze</b></div> <div style="padding: 2px;"> <table border="1"> <tr> <td>f,k</td> <td>5.300</td> </tr> <tr> <td>f,tm</td> <td>0.757</td> </tr> <tr> <td>f,hk</td> <td>2.650</td> </tr> <tr> <td><math>\tau_0</math></td> <td></td> </tr> <tr> <td>f,vk0</td> <td>0.300</td> </tr> </table> </div> </div>		f,k	5.300	f,tm	0.757	f,hk	2.650	$\tau_0$		f,vk0	0.300
f,k	5.300										
f,tm	0.757										
f,hk	2.650										
$\tau_0$											
f,vk0	0.300										
<div style="border: 1px solid gray; padding: 2px;"> <div style="background-color: #f0f0f0; padding: 2px;"><b>Altre proprietà meccaniche</b></div> <div style="padding: 2px;"> <table border="1"> <tr> <td>w</td> <td>18.00</td> </tr> <tr> <td><math>\alpha</math></td> <td>0.000010</td> </tr> <tr> <td>f,b</td> <td>10.000</td> </tr> <tr> <td><math>\mu</math></td> <td>0.577</td> </tr> <tr> <td><math>\phi</math></td> <td>1.000</td> </tr> </table> </div> </div>		w	18.00	$\alpha$	0.000010	f,b	10.000	$\mu$	0.577	$\phi$	1.000
w	18.00										
$\alpha$	0.000010										
f,b	10.000										
$\mu$	0.577										
$\phi$	1.000										
<div style="border: 1px solid gray; padding: 2px;"> <div style="background-color: #f0f0f0; padding: 2px;"><b>Blocchi e malta</b></div> <div style="padding: 2px;"> <table border="1"> <tr> <td>f,bk</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>f<sub>0</sub>,bk</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>f<sub>m</sub>,m</td> <td>10</td> </tr> </table> </div> </div>		f,bk	10	f <sub>0</sub> ,bk	2	f <sub>m</sub> ,m	10				
f,bk	10										
f <sub>0</sub> ,bk	2										
f <sub>m</sub> ,m	10										

***Parametri nuova muratura SDP***



## 4 PIANO DI MANUTENZIONE DELLA PARTE STRUTTURALE DELL'OPERA

Corpo d'Opera: 01

### Edificio servizi San Paolo - Intervento di miglioramento sismico

#### UNITÀ TECNOLOGICHE:

---

- 01.01 Coperture
- 01.02 Opere di fondazioni superficiali
- 01.03 Unioni
- 01.04 Strutture in elevazione in muratura portante
- 01.05 Strutture in elevazione in acciaio
- 01.06 Interventi su strutture esistenti

## Coperture

Insieme degli elementi tecnici orizzontali o suborizzontali del sistema edilizio aventi funzione di separare gli spazi interni del sistema edilizio stesso dallo spazio esterno sovrastante. Esse si distinguono in base alla loro geometria e al tipo di struttura.

### ELEMENTI MANUTENIBILI DELL'UNITÀ TECNOLOGICA:

- ° 01.01.01 Strutture in legno lamellare

#### REQUISITI E PRESTAZIONI (UT)

##### 01.01.R01 Utilizzo di materiali, elementi e componenti caratterizzati da un'elevata durabilità

*Classe di Requisiti: Utilizzo razionale delle risorse*

*Classe di Esigenza: Salvaguardia ambiente*

Utilizzo razionale delle risorse attraverso l'impiego di materiali con una elevata durabilità.

##### **Prestazioni:**

Nelle fasi progettuali dell'opera individuare e scegliere elementi e componenti caratterizzati da una durabilità elevata.

##### **Livello minimo della prestazione:**

Nella fase progettuale bisogna garantire una adeguata percentuale di elementi costruttivi caratterizzati da una durabilità elevata.

##### 01.01.R02 Utilizzo di materiali, elementi e componenti ad elevato potenziale di riciclabilità

*Classe di Requisiti: Utilizzo razionale delle risorse*

*Classe di Esigenza: Salvaguardia ambiente*

Utilizzo di materiali, elementi e componenti con un elevato grado di riciclabilità

##### **Prestazioni:**

Nelle scelte progettuali di materiali, elementi e componenti si dovrà tener conto del loro grado di riciclabilità in funzione dell'ubicazione del cantiere, del loro ciclo di vita, degli elementi di recupero, ecc.

##### **Livello minimo della prestazione:**

Calcolare la percentuale di materiali da avviare ai processi di riciclaggio. Determinare la percentuale in termini di quantità (kg) o di superficie (mq) di materiale impiegato nell'elemento tecnico in relazione all'unità funzionale assunta.

#### Elemento Manutenibile: 01.01.01

## Strutture in legno lamellare

Unità Tecnologica: 01.01

Coperture

E' in genere costituita da travi ed elementi in legno lamellare formate da tavole o assi in legno di conifera incollate con la fibra parallela sotto pressione con adesivi ad alta resistenza fino a dare origine a elementi di forma e dimensione prestabilita. Le lamelle costituenti gli elementi incollati possono essere di essenze diverse: abete, pino, larice, rovere, faggio, ciliegio, bahia, sadelli, iroko, niangon, toulipie, hemlockabete, ecc.. In particolare tale scelta spesso ricade per coprire sezioni e luci di grandi dimensioni o per esigenze particolari. Le travi possono, inoltre, essere realizzate con asse incurvato, per ottenere composizioni architettoniche di grande impatto estetico e funzionale.

#### REQUISITI E PRESTAZIONI (EM)

##### 01.01.01.R01 Resistenza meccanica per struttura in legno lamellare

*Classe di Requisiti: Di stabilità*

*Classe di Esigenza: Sicurezza*

I materiali costituenti la struttura devono garantire una resistenza meccanica rispetto alle condizioni di carico (carichi concentrati e distribuiti) di progetto in modo da garantire la stabilità e la stabilità degli strati costituenti. Inoltre vanno considerate le caratteristiche e la densità dello strato di supporto che dovranno essere adeguate alle sollecitazioni e alla resistenza degli elementi di tenuta.

##### **Prestazioni:**



I materiali costituenti le strutture devono essere idonei a contrastare efficacemente il prodursi di rotture o deformazioni gravi sotto l'azione di sollecitazioni meccaniche in modo da assicurare la durata e la funzionalità nel tempo senza pregiudicare la sicurezza degli utenti. A tal fine si considerano le seguenti azioni: carichi dovuti al peso proprio e di esercizio (compreso quello di eventuali carichi sospesi), carichi presenti per operazioni di manutenzione quali pedonamento di addetti, sollecitazioni sismiche, carichi dovuti a dilatazioni termiche, assestamenti e deformazioni di strutture portanti. Eventuali cedimenti e deformazioni devono essere compensati da sistemi di giunzione e connessione anche tra elementi costituenti lo strato di protezione e tenuta.

**Livello minimo della prestazione:**

In relazione alla funzione strutturale, le caratteristiche delle coperture devono corrispondere a quelle prescritte dalle leggi e normative vigenti.

Le essenze legnose vengono suddivise, per il legno lamellare, in due categorie o classi, che ne individuano la qualità e le caratteristiche fisico-meccaniche e che condizionano i valori delle corrispondenti tensioni massime ammissibili. Tali classi o categorie sono (secondo le DIN 1052):

- I Categoria: legno scelto senza traccia di putredine o danni di insetti, inclinazione massima della direzione delle fibre rispetto alla direzione della tavola non superiore al 10%, nodi sani, non raggruppati, con diametro massimo pari a 30 mm, peso specifico non superiore a 500 Kg/m<sup>3</sup> (al 20% di umidità) e spessore medio annuo di crescita del tronco non superiore a 3 mm.

- II Categoria: legno scelto con criteri meno rigidi, tuttavia senza traccia di putredine o danni di insetti, ma con tolleranze maggiori di diametro dei nodi (fino a 40 mm), inclinazione di fibre (fino al 12%), pesi specifici non inferiori a 400 Kg/m<sup>3</sup> (al 20% di umidità) e spessore medio annuo di crescita non superiore a 4 mm.

### **01.01.01.R02 Resistenza meccanica per struttura in legno**

*Classe di Requisiti: Di stabilità*

*Classe di Esigenza: Sicurezza*

I materiali costituenti la struttura devono garantire una resistenza meccanica rispetto alle condizioni di carico (carichi concentrati e distribuiti) di progetto in modo da garantire la stabilità e la stabilità degli strati costituenti. Inoltre vanno considerate le caratteristiche e la densità dello strato di supporto che dovranno essere adeguate alle sollecitazioni e alla resistenza degli elementi di tenuta.

**Prestazioni:**

I materiali costituenti le strutture devono essere idonei a contrastare efficacemente il prodursi di rotture o deformazioni gravi sotto l'azione di sollecitazioni meccaniche in modo da assicurare la durata e la funzionalità nel tempo senza pregiudicare la sicurezza degli utenti. A tal fine si considerano le seguenti azioni: carichi dovuti al peso proprio e di esercizio (compreso quello di eventuali carichi sospesi), carichi presenti per operazioni di manutenzione quali pedonamento di addetti, sollecitazioni sismiche, carichi dovuti a dilatazioni termiche, assestamenti e deformazioni di strutture portanti. Eventuali cedimenti e deformazioni devono essere compensati da sistemi di giunzione e connessione anche tra elementi costituenti lo strato di protezione e tenuta.

**Livello minimo della prestazione:**

In relazione alla funzione strutturale, le caratteristiche delle coperture devono corrispondere a quelle prescritte dalle leggi e normative vigenti. In particolare la UNI EN 595 stabilisce i metodi di prova per la determinazione della resistenza del comportamento a deformazione delle capriate in legno.

### **MODALITÀ DI USO CORRETTO:**

Controllo periodico delle parti in vista finalizzato alla ricerca di anomalie (presenza di umidità, marcescenza delle travi, riduzione o perdita delle caratteristiche di resistenza. Verificare la presenza di vernici protettive impregnanti a protezione di insetti, funghi e muffe. I prodotti protettivi potranno essere a base oleosa, a base salina, ecc.. Per elementi esposti alle intemperie utilizzare prodotti impregnanti aventi anche funzione filtrante per limitare l'azione dei raggi ultravioletti.

### **ANOMALIE RISCONTRABILI**

#### **01.01.01.A01 Azzurratura**

Colorazione del legno in seguito ad eccessi di umidità scavo o rigetto degli strati di pittura.

#### **01.01.01.A02 Decolorazione**

Alterazione cromatica della superficie.

#### **01.01.01.A03 Deformazione**

Variazione geometriche e morfologiche dei profili e degli elementi strutturali (travi e travetti in legno) accompagnati spesso dalla perdita delle caratteristiche meccaniche e non pienamente affidabili sul piano statico.

#### **01.01.01.A04 Deformazioni e spostamenti**

Deformazioni e spostamenti dovuti a cause esterne che alterano la normale configurazione dell'elemento.

#### **01.01.01.A05 Deposito superficiale**

Accumulo di pulviscolo atmosferico o di altri materiali estranei, di spessore variabile, poco coerente e poco aderente alla superficie del rivestimento.

#### **01.01.01.A06 Disgregazione**

Decoesione caratterizzata da distacco di granuli o cristalli sotto minime sollecitazioni meccaniche.

#### **01.01.01.A07 Distacco**

Disgregazione e distacco di parti notevoli del materiale che può manifestarsi anche mediante espulsione di elementi prefabbricati dalla loro sede.

#### **01.01.01.A08 Fessurazioni**

Presenza di rotture singole, ramificate, ortogonale o parallele all'armatura che possono interessare l'intero spessore del manufatto.

#### **01.01.01.A09 Macchie**

Imbrattamento della superficie con sostanze macchianti in grado di aderire e penetrare nel materiale.

#### **01.01.01.A10 Marcescenza**

Degradazione che si manifesta con la formazione di masse scure polverulente dovuta ad umidità e alla scarsa ventilazione.

#### **01.01.01.A11 Muffa**

Si tratta di un fungo che tende a crescere sul legno in condizioni di messa in opera recente.

#### **01.01.01.A12 Penetrazione di umidità**

Comparsa di macchie di umidità dovute all'assorbimento di acqua.

#### **01.01.01.A13 Perdita di materiale**

Mancanza di parti e di piccoli elementi in seguito ad eventi traumatici.

#### **01.01.01.A14 Polverizzazione**

Decoesione che si manifesta con la caduta spontanea dei materiali sotto forma di polvere o granuli.

#### **01.01.01.A15 Rigonfiamento**

Variatione della sagoma che interessa l'intero spessore del materiale e che si manifesta soprattutto in elementi lastriformi. Ben riconoscibile essendo dato dal tipico andamento "a bolla" combinato all'azione della gravità.

#### **01.01.01.A16 Impiego di materiali non durevoli**

Impiego di materiali non durevoli nelle fasi manutentive degli elementi.

#### **01.01.01.A17 Basso grado di riciclabilità**

Utilizzo nelle fasi manutentive di materiali, elementi e componenti con un basso grado di riciclabilità.

### **CONTROLLI ESEGUIBILI DALL'UTENTE**

#### **01.01.01.C01 Controllo struttura**

*Cadenza: ogni 12 mesi*

*Tipologia: Controllo a vista*

Controllo del grado di usura delle parti in vista finalizzato alla ricerca di anomalie (presenza di umidità, marcescenza delle travi, riduzione o perdita delle caratteristiche di resistenza).

- Requisiti da verificare: 1) *Resistenza meccanica per struttura in legno.*
- Anomalie riscontrabili: 1) *Azzurratura;* 2) *Decolorazione;* 3) *Deformazione;* 4) *Deposito superficiale;* 5) *Disgregazione;* 6) *Distacco;* 7) *Fessurazioni;* 8) *Marcescenza;* 9) *Macchie;* 10) *Muffa;* 11) *Penetrazione di umidità;* 12) *Perdita di materiale;* 13) *Polverizzazione;* 14) *Rigonfiamento.*

### **CONTROLLI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO**

#### **01.01.01.C01 Controllo impiego di materiali durevoli**

*Cadenza: quando occorre*

*Tipologia: Verifica*

Verificare che nelle fasi manutentive degli elementi vengano utilizzati componenti caratterizzati da una durabilità elevata.

- Requisiti da verificare: 1) *Utilizzo di materiali, elementi e componenti caratterizzati da un'elevata durabilità.*
- Anomalie riscontrabili: 1) *Impiego di materiali non durevoli.*
- Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore.*

#### **01.01.01.C02 Controllo del grado di riciclabilità**

*Cadenza: quando occorre*

*Tipologia: Controllo*

Controllare che nelle fasi manutentive vengano impiegati materiali, elementi e componenti con un elevato grado di riciclabilità.

- Requisiti da verificare: 1) *Utilizzo di materiali, elementi e componenti ad elevato potenziale di riciclabilità.*
- Anomalie riscontrabili: 1) *Basso grado di riciclabilità.*
- Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore.*

### **MANUTENZIONI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO**

#### **01.01.01.I01 Ripristino protezione**

*Cadenza: ogni 2 anni*

Ripristino delle parti in vista della protezione previa pulizia del legno, mediante rimozione della polvere e di altri depositi.

Trattamento antitarlo ed antimuffa sulle parti in legno con applicazione a spruzzo o a pennello di protezione fungicida e resina sintetica.

• Ditte specializzate: *Pittore, Specializzati vari.*

### **01.01.01.I02 Ripristino serraggi bulloni e connessioni metalliche**

*Cadenza: ogni 2 anni*

Ripristino e/o sostituzione degli elementi di connessione e verifica del corretto serraggio degli stessi e sostituzioni di quelli mancanti. Riparazione della protezione antiruggine degli elementi metallici mediante rimozione della ruggine ed applicazione di vernici protettive. Riparazione di eventuali corrosioni o fessurazioni mediante saldature in loco con elementi di raccordo.

• Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore, Specializzati vari.*

### **01.01.01.I03 Sostituzione strutture lignee**

*Cadenza: quando occorre*

Sostituzione parziale o totale degli elementi di struttura degradati per infracidamento e/o riduzione della sezione. Ripristino degli elementi di copertura.

• Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore, Specializzati vari.*

## **Unità Tecnologica: 01.02**

# **Opere di fondazioni superficiali**

Insieme degli elementi tecnici orizzontali del sistema edilizio avente funzione di separare gli spazi interni del sistema edilizio dal terreno sottostante e trasmetterne ad esso il peso della struttura e delle altre forze esterne.

In particolare si definiscono fondazioni superficiali o fondazioni dirette quella classe di fondazioni realizzate a profondità ridotte rispetto al piano campagna ossia l'approfondimento del piano di posa non è elevato.

Prima di realizzare opere di fondazioni superficiali provvedere ad un accurato studio geologico esteso ad una zona significativamente estesa dei luoghi d'intervento, in relazione al tipo di opera e al contesto geologico in cui questa si andrà a collocare.

Nel progetto di fondazioni superficiali si deve tenere conto della presenza di sottoservizi e dell'influenza di questi sul comportamento del manufatto. Nel caso di reti idriche e fognarie occorre particolare attenzione ai possibili inconvenienti derivanti da immissioni o perdite di liquidi nel sottosuolo.

È opportuno che il piano di posa in una fondazione sia tutto allo stesso livello. Ove ciò non sia possibile, le fondazioni adiacenti, appartenenti o non ad un unico manufatto, saranno verificate tenendo conto della reciproca influenza e della configurazione dei piani di posa. Le fondazioni situate nell'alveo o nelle golene di corsi d'acqua possono essere soggette allo scalzamento e perciò vanno adeguatamente difese e approfondite. Analoga precauzione deve essere presa nel caso delle opere marittime.

## **REQUISITI E PRESTAZIONI (UT)**

### **01.02.R01 Resistenza meccanica**

*Classe di Requisiti: Di stabilità*

*Classe di Esigenza: Sicurezza*

Le opere di fondazioni superficiali dovranno essere in grado di contrastare le eventuali manifestazioni di deformazioni e cedimenti rilevanti dovuti all'azione di determinate sollecitazioni (carichi, forze sismiche, ecc.).

#### **Prestazioni:**

Le opere di fondazioni superficiali, sotto l'effetto di carichi statici, dinamici e accidentali devono assicurare stabilità e resistenza.

#### **Livello minimo della prestazione:**

Per i livelli minimi si rimanda alle prescrizioni di legge e di normative vigenti in materia.

### **01.02.R02 Utilizzo di materiali, elementi e componenti caratterizzati da un'elevata durabilità**

*Classe di Requisiti: Utilizzo razionale delle risorse*

*Classe di Esigenza: Salvaguardia ambiente*

Utilizzo razionale delle risorse attraverso l'impiego di materiali con una elevata durabilità.

#### **Prestazioni:**

Nelle fasi progettuali dell'opera individuare e scegliere elementi e componenti caratterizzati da una durabilità elevata.

#### **Livello minimo della prestazione:**

Nella fase progettuale bisogna garantire una adeguata percentuale di elementi costruttivi caratterizzati da una durabilità elevata.

## **ELEMENTI MANUTENIBILI DELL'UNITÀ TECNOLOGICA:**

° 01.02.01 Platee in c.a.

**Platee in c.a.****Unità Tecnologica: 01.02****Opere di fondazioni superficiali**

Sono fondazioni realizzate con un'unica soletta di base, di idoneo spessore, irrigidita da nervature nelle due direzioni principali così da avere una ripartizione dei carichi sul terreno uniforme, in quanto tutto insieme risulta notevolmente rigido. La fondazione a platea può essere realizzata anche con una unica soletta di grande spessore, opportunamente armata, o in alternativa con un solettone armato e provvisto di piastre di appoggio in corrispondenza dei pilastri, per evitare l'effetto di punzonamento dei medesimi sulla soletta.

**MODALITÀ DI USO CORRETTO:**

L'utente dovrà soltanto accertarsi della comparsa di eventuali anomalie che possano anticipare l'insorgenza di fenomeni di dissesto e/o cedimenti strutturali.

**ANOMALIE RISCONTRABILI****01.02.01.A01 Cedimenti**

Dissesti dovuti a cedimenti di natura e causa diverse, talvolta con manifestazioni dell'abbassamento del piano di imposta della fondazione.

**01.02.01.A02 Deformazioni e spostamenti**

Deformazioni e spostamenti dovuti a cause esterne che alterano la normale configurazione dell'elemento.

**01.02.01.A03 Distacchi murari**

Distacchi dei paramenti murari mediante anche manifestazione di lesioni passanti.

**01.02.01.A04 Distacco**

Disgregazione e distacco di parti notevoli del materiale che può manifestarsi anche mediante espulsione di elementi prefabbricati dalla loro sede.

**01.02.01.A05 Esposizione dei ferri di armatura**

Distacchi di parte di calcestruzzo (copriferro) e relativa esposizione dei ferri di armatura a fenomeni di corrosione per l'azione degli agenti atmosferici.

**01.02.01.A06 Fessurazioni**

Degradazione che si manifesta con la formazione di soluzioni di continuità del materiale e che può implicare lo spostamento reciproco delle parti.

**01.02.01.A07 Lesioni**

Si manifestano con l'interruzione del tessuto murario. Le caratteristiche e l'andamento ne caratterizzano l'importanza e il tipo.

**01.02.01.A08 Non perpendicolarità del fabbricato**

Non perpendicolarità dell'edificio a causa di dissesti o eventi di natura diversa.

**01.02.01.A09 Penetrazione di umidità**

Comparsa di macchie di umidità dovute all'assorbimento di acqua.

**01.02.01.A10 Rigonfiamento**

Variatione della sagoma che interessa l'intero spessore del materiale e che si manifesta soprattutto in elementi lastriformi. Ben riconoscibile essendo dato dal tipico andamento "a bolla" combinato all'azione della gravità.

**01.02.01.A11 Umidità**

Presenza di umidità dovuta spesso per risalita capillare.

**01.02.01.A12 Impiego di materiali non durevoli**

Impiego di materiali non durevoli nelle fasi manutentive degli elementi.

**CONTROLLI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO****01.02.01.C01 Controllo struttura**

*Cadenza: ogni 12 mesi*

*Tipologia: Controllo a vista*

Controllare l'integrità delle pareti e dei pilastri verificando l'assenza di eventuali lesioni e/o fessurazioni. Controllare eventuali smottamenti del terreno circostante alla struttura che possano essere indicatori di cedimenti strutturali. Effettuare verifiche e controlli approfonditi particolarmente in corrispondenza di manifestazioni a calamità naturali (sisma, nubifragi, ecc.).

- Requisiti da verificare: 1) *Resistenza meccanica*.
- Anomalie riscontrabili: 1) *Cedimenti*; 2) *Distacchi murari*; 3) *Fessurazioni*; 4) *Lesioni*; 5) *Non perpendicolarità del fabbricato*; 6) *Penetrazione di umidità*; 7) *Deformazioni e spostamenti*.
- Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore*.

### **01.02.01.C02 Controllo impiego di materiali durevoli**

*Cadenza: quando occorre*

*Tipologia: Verifica*

Verificare che nelle fasi manutentive degli elementi vengano utilizzati componenti caratterizzati da una durabilità elevata.

- Requisiti da verificare: 1) *Utilizzo di materiali, elementi e componenti caratterizzati da un'elevata durabilità*.
- Anomalie riscontrabili: 1) *Impiego di materiali non durevoli*.
- Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore*.

## **MANUTENZIONI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO**

### **01.02.01.I01 Interventi sulle strutture**

*Cadenza: quando occorre*

In seguito alla comparsa di segni di cedimenti strutturali (lesioni, fessurazioni, rotture), effettuare accurati accertamenti per la diagnosi e la verifica delle strutture, da parte di tecnici qualificati, che possano individuare la causa/effetto del dissesto ed evidenziare eventuali modificazioni strutturali tali da compromettere la stabilità delle strutture, in particolare verificare la perpendicolarità del fabbricato. Procedere quindi al consolidamento delle stesse a secondo del tipo di dissesti riscontrati.

- Ditte specializzate: *Specializzati vari*.

## **Unità Tecnologica: 01.03**

# **Unioni**

Le unioni sono costituite da elementi che per materiale e tecniche diverse consentono la realizzazione di collegamenti tra elementi delle strutture nel rispetto delle normative vigenti. Le unioni rappresentano una caratteristica fondamentale nelle costruzioni in legno, acciaio, miste, ecc.. Esse hanno lo scopo di unire le parti, definite in sede progettuale, per realizzare strutture complete che devono rispondere a requisiti precisi.

## **REQUISITI E PRESTAZIONI (UT)**

### **01.03.R01 Resistenza alla corrosione**

*Classe di Requisiti: Durabilità tecnologica*

*Classe di Esigenza: Durabilità*

Gli elementi di unione utilizzati non devono decadere in processi di corrosione.

**Prestazioni:**

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

**Livello minimo della prestazione:**

I materiali utilizzati per le unioni devono soddisfare i requisiti indicati dalla norme vigenti.

### **01.03.R02 Resistenza meccanica**

*Classe di Requisiti: Di stabilità*

*Classe di Esigenza: Sicurezza*

Gli elementi utilizzati per realizzare unioni diverse devono garantire resistenza meccanica alle sollecitazioni ad essi trasmessi

**Prestazioni:**

Le unioni devono essere realizzate con materiali idonei a resistere a fenomeni di trazione che potrebbero verificarsi durante il ciclo di vita.

**Livello minimo della prestazione:**

I materiali utilizzati per le unioni devono soddisfare i requisiti indicati dalla norme vigenti.

### **01.03.R03 Utilizzo di materiali, elementi e componenti caratterizzati da un'elevata durabilità**

*Classe di Requisiti: Utilizzo razionale delle risorse*

*Classe di Esigenza: Salvaguardia ambiente*

Utilizzo razionale delle risorse attraverso l'impiego di materiali con una elevata durabilità.

**Prestazioni:**

Nelle fasi progettuali dell'opera individuare e scegliere elementi e componenti caratterizzati da una durabilità elevata.

**Livello minimo della prestazione:**

Nella fase progettuale bisogna garantire una adeguata percentuale di elementi costruttivi caratterizzati da una durabilità elevata.

### **01.03.R04 Utilizzo di materiali, elementi e componenti ad elevato potenziale di riciclabilità**

*Classe di Requisiti: Utilizzo razionale delle risorse*

*Classe di Esigenza: Salvaguardia ambiente*

Utilizzo di materiali, elementi e componenti con un elevato grado di riciclabilità

#### **Prestazioni:**

Nelle scelte progettuali di materiali, elementi e componenti si dovrà tener conto del loro grado di riciclabilità in funzione dell'ubicazione del cantiere, del loro ciclo di vita, degli elementi di recupero, ecc.

#### **Livello minimo della prestazione:**

Calcolare la percentuale di materiali da avviare ai processi di riciclaggio. Determinare la percentuale in termini di quantità (kg) o di superficie (mq) di materiale impiegato nell'elemento tecnico in relazione all'unità funzionale assunta.

## **ELEMENTI MANUTENIBILI DELL'UNITÀ TECNOLOGICA:**

- ° 01.03.01 Bullonature per acciaio
- ° 01.03.02 Saldature per acciaio
- ° 01.03.03 Barre filettate

### **Elemento Manutenibile: 01.03.01**

## **Bullonature per acciaio**

**Unità Tecnologica: 01.03**

**Unioni**

Si tratta di elementi di giunzione tra parti metalliche. Le tipologie e caratteristiche dei prodotti forniti dal mercato variano a secondo dell'impiego.

L'impiego di bulloni è indicato quando vi è la necessità di collegare elementi con spessori notevoli e/o nei casi in cui i collegamenti devono essere realizzati in cantiere. Essi possono essere stampati o torniti. Sono formati da:

- viti, con testa (definita bullone) con forma esagonale e gambo in parte o completamente filettato. generalmente il diametro dei bulloni utilizzati per le carpenterie varia tra i 12-30 mm;
- dadi, sempre di forma esagonale, che svolgono la funzione di serraggio del bullone;
- rondelle, in genere di forma circolare, che svolgono la funzione di rendere agevole il serraggio dei dadi;
- controdadi, si tratta di rosette elastiche, bulloni precaricati, e/o altri sistemi, con funzione di resistenza ad eventuali vibrazioni.

I bulloni sono in genere sottoposti a forze perpendicolari al gambo (a taglio) e/o a forze parallele al gambo (a trazione).

Le unioni bullonate si dividono in due categorie:

- a flangia, usate tipicamente nei casi in cui il bullone è sottoposto prevalentemente a trazione.
- a coprigiunto, usate tipicamente nei casi in cui il bullone è sottoposto a taglio.

## **REQUISITI E PRESTAZIONI (EM)**

### **01.03.01.R01 Durabilità**

*Classe di Requisiti: Durabilità tecnologica*

*Classe di Esigenza: Durabilità*

Le bullonature per acciaio devono garantire adeguata resistenza durante il loro ciclo di vita.

#### **Prestazioni:**

Le bullonature per acciaio dovranno garantire adeguata resistenza secondo i valori tabellati della norma UNI EN 20898.

#### **Livello minimo della prestazione:**

Le bullonature utilizzate in carpenteria tabellati per classi, secondo UNI EN 20898, dovranno rispettare i seguenti parametri:

- Classe 4.6: Resistenza a taglio (fk,V) = 170 MPa, Resistenza a snervamento (fy) = 240 MPa, Res.a trazione/compressione (fk,N) = 240 MPa, Resistenza ultima (ft) = 400 Mpa, Allungamento % (A%) = 22;
- Classe 5.6: Resistenza a taglio (fk,V) = 212 MPa, Resistenza a snervamento (fy) = 300 MPa, Res.a trazione/compressione (fk,N) = 300 MPa, Resistenza ultima (ft) = 500 Mpa, Allungamento % (A%) = 20;
- Classe 6.8: Resistenza a taglio (fk,V) = 255 MPa, Resistenza a snervamento (fy) = 360 MPa, Res.a trazione/compressione (fk,N) = 480 MPa, Resistenza ultima (ft) = 600 Mpa, Allungamento % (A%) = 16;
- Classe 8.8: Resistenza a taglio (fk,V) = 396 MPa, Resistenza a snervamento (fy) = 560 MPa, Res.a trazione/compressione (fk,N) = 640 MPa, Resistenza ultima (ft) = 800 Mpa, Allungamento % (A%) = 12;
- Classe 10.9: Resistenza a taglio (fk,V) = 495 MPa, Resistenza a snervamento (fy) = 700 MPa, Res.a trazione/compressione (fk,N) = 900 MPa, Resistenza ultima (ft) = 1000 Mpa, Allungamento % (A%) = 9;
- Classe 12.9: Resistenza a taglio (fk,V) = 594 MPa, Resistenza a snervamento (fy) = 840 MPa, Res.a trazione/compressione (fk,N) = 1080 MPa, Resistenza ultima (ft) = 1200 Mpa, Allungamento % (A%) = 8.

Questi valori caratteristici andranno divisi per un coefficiente di modello e uno di sicurezza del materiale per i calcoli di progetto. Le classi 8.8, 10.9 e 12.9 sono dette ad alta resistenza e per esse viene effettuata solamente la verifica ad attrito tra le superfici di contatto della lamiera e del bullone, ovvero si verifica che la forza di serraggio dei bulloni renda efficace l'unione. Per tutte le altre classi si considera il tranciamento del bullone, lo strappo e il rifollamento della lamiera. I diametri dei bulloni in genere variano dai 12 ai 30 mm (a due a due fino a 24 mm, poi 27 e 30); nel dimensionamento, a causa della loro filettatura, si considera un'area equivalente e non quella effettiva ricavabile dal diametro.

## MODALITÀ DI USO CORRETTO:

Verificare che i bulloni siano adeguatamente serrati. L'accoppiamento tra bulloni e rosette dovrà essere conforme alla normativa vigente. E' opportuno posizionare i fori per bulloni in modo tale da prevenire eventuali fenomeni di corrosione e di instabilità degli stessi.

## ANOMALIE RISCONTRABILI

### 01.03.01.A01 Allentamento

Allentamento delle bullonature rispetto alle tenute di serraggio.

### 01.03.01.A02 Corrosione

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

### 01.03.01.A03 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.

### 01.03.01.A04 Strappamento

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

### 01.03.01.A05 Tranciamento

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

### 01.03.01.A06 Impiego di materiali non durevoli

Impiego di materiali non durevoli nelle fasi manutentive degli elementi.

## CONTROLLI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO

### 01.03.01.C01 Controllo generale

*Cadenza: ogni 2 anni*

*Tipologia: Revisione*

Controllo degli elementi di giunzione tra parti e verifica della giusta tenuta di serraggio.

Per la corretta messa in opera delle unioni bullonate occorre fare 4 tipi di verifica:

- verifica di resistenza a taglio o a tranciamento;
- verifica della pressione del foro o a rifollamento;
- verifica a rottura per trazione della piastra o a strappamento;
- verifica a rottura per trazione dei fori o a strappamento.

- Requisiti da verificare: 1) Resistenza alla corrosione; 2) Resistenza meccanica.
- Anomalie riscontrabili: 1) Allentamento; 2) Corrosione; 3) Rifollamento; 4) Strappamento; 5) Tranciamento.
- Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore.*

### 01.03.01.C02 Controllo impiego di materiali durevoli

*Cadenza: quando occorre*

*Tipologia: Verifica*

Verificare che nelle fasi manutentive degli elementi vengano utilizzati componenti caratterizzati da una durabilità elevata.

- Requisiti da verificare: 1) Utilizzo di materiali, elementi e componenti caratterizzati da un'elevata durabilità.
- Anomalie riscontrabili: 1) Impiego di materiali non durevoli.
- Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore.*

## MANUTENZIONI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO

### 01.03.01.I01 Ripristino

*Cadenza: ogni 2 anni*

Ripristino delle tenute di serraggio tra elementi. Sostituzione di eventuali elementi corrosi o degradati con altri di analoghe caratteristiche.

- Ditte specializzate: *Specializzati vari.*

## Saldature per acciaio

Unità Tecnologica: 01.03

Unioni

Le saldature sono collegamenti di parti solide che realizzano una continuità del materiale fra le parti che vengono unite. Le saldature, in genere, presuppongono la fusione delle parti che vengono unite. Attraverso le saldature viene garantita anche la continuità delle caratteristiche dei materiali delle parti unite. Esse si basano sul riscaldamento degli elementi da unire (definiti pezzi base) fino al raggiungimento del rammollimento e/o la fusione per ottenere il collegamento delle parti con o senza materiale d'apporto che fondendo forma un cordone di saldatura.

Tra le principali unioni saldate:

- a piena penetrazione;
- a parziale penetrazione;
- unioni realizzate con cordoni d'angolo.

Tra le principali tecniche di saldature si elencano:

- saldatura a filo continuo (mig-mag);
- saldatura per fusione (tig);
- saldatura con elettrodo rivestito;
- saldatura a fiamma ossiacetilenica;
- saldatura in arco sommerso;
- saldatura narrow-gap;
- saldatura a resistenza;
- saldatura a punti;
- saldatura a rilievi;
- saldatura a rulli;
- saldatura per scintillio;
- saldatura a plasma;
- saldatura laser;
- saldatura per attrito.

### REQUISITI E PRESTAZIONI (EM)

#### 01.03.02.R01 Certificazione delle saldature

*Classe di Requisiti: Controllabilità tecnologica*

*Classe di Esigenza: Controllabilità*

Le saldature degli acciai dovrà avvenire mediante i procedimenti codificati previsti dalla normativa vigente.

##### **Prestazioni:**

La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063. È ammesso l'uso di procedimenti diversi purché sostenuti da adeguata documentazione teorica e sperimentale.

I saldatori nei procedimenti semiautomatici e manuali dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN 287-1 da parte di un Ente terzo. A deroga di quanto richiesto nella norma UNI EN 287-1, i saldatori che eseguono giunti a T con cordoni d'angolo dovranno essere specificamente qualificati e non potranno essere qualificati soltanto mediante l'esecuzione di giunti testa-testa.

Gli operatori dei procedimenti automatici o robotizzati dovranno essere certificati secondo la norma UNI EN 1418. Tutti i procedimenti di saldatura dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN ISO 15614-1.

Le durezza eseguite sulle macrografie non dovranno essere superiori a 350 HV30. Per la saldatura ad arco di prigionieri di materiali metallici (saldatura ad innesco mediante sollevamento e saldatura a scarica di condensatori ad innesco sulla punta) si applica la norma UNI EN ISO 14555; valgono perciò i requisiti di qualità di cui al prospetto A1 della appendice A della stessa norma.

Le prove di qualifica dei saldatori, degli operatori e dei procedimenti dovranno essere eseguite da un Ente terzo; in assenza di prescrizioni in proposito l'Ente sarà scelto dal costruttore secondo criteri di competenza e di indipendenza.

Sono richieste caratteristiche di duttilità, snervamento, resistenza e tenacità in zona fusa e in zona termica alterata non inferiori a quelle del materiale base.

Nell'esecuzione delle saldature dovranno inoltre essere rispettate le norme UNI EN 1011 parti 1 e 2 per gli acciai ferritici e della parte 3 per gli acciai inossidabili. Per la preparazione dei lembi si applicherà, salvo casi particolari, la norma UNI EN ISO 9692-1.

Le saldature saranno sottoposte a controlli non distruttivi finali per accertare la corrispondenza ai livelli di qualità stabiliti dal progettista sulla base delle norme applicate per la progettazione.

In assenza di tali dati per strutture non soggette a fatica si adotterà il livello C della norma UNI EN ISO 5817 e il livello B per strutture soggette a fatica.

L'entità ed il tipo di tali controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta a quello visivo al 100%, saranno definiti dal Collaudatore e dal Direttore dei Lavori; per i cordoni ad angolo o giunti a parziale penetrazione si useranno metodi di superficie (ad es. liquidi penetranti o polveri magnetiche), mentre per i giunti a piena penetrazione, oltre a quanto sopra previsto, si useranno metodi volumetrici e cioè raggi X o gamma o ultrasuoni per i giunti testa a testa e solo ultrasuoni per i giunti a T a piena penetrazione.



Per le modalità di esecuzione dei controlli ed i livelli di accettabilità si potrà fare utile riferimento alle prescrizioni della norma UNI EN 12062.

Tutti gli operatori che eseguiranno i controlli dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN 473 almeno di secondo livello.

#### **Livello minimo della prestazione:**

Per i livelli minimi si rimanda alle prescrizioni di legge e di norme vigenti in materia. In particolare: D.M. 14.1.2008 (Norme tecniche per le costruzioni) e C.M. 2.2.2009, n.617 (Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14.1.2008).

### **MODALITÀ DI USO CORRETTO:**

Verificare il grado di saldabilità tra metalli diversi in base alle caratteristiche intrinseche degli stessi. Effettuare controlli visivi per verificare lo stato delle saldature e la presenza di eventuali anomalie.

Nell'ambito del processo produttivo deve essere posta particolare attenzione ai processi di piegatura e di saldatura. In particolare il Direttore Tecnico del centro di trasformazione deve verificare, tramite opportune prove, che le piegature e le saldature, anche nel caso di quelle non resistenti, non alterino le caratteristiche meccaniche originarie del prodotto. Per i processi sia di saldatura che di piegatura, si potrà fare utile riferimento alla normativa europea applicabile.

### **ANOMALIE RISCONTRABILI**

#### **01.03.02.A01 Corrosione**

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

#### **01.03.02.A02 Cricca**

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

#### **01.03.02.A03 Interruzione**

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

#### **01.03.02.A04 Rottura**

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

#### **01.03.02.A05 Impiego di materiali non durevoli**

Impiego di materiali non durevoli nelle fasi manutentive degli elementi.

### **CONTROLLI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO**

#### **01.03.02.C01 Controllo generale**

*Cadenza: ogni anno*

*Tipologia: Revisione*

Controllo della continuità delle parti saldate e l'assenza di anomalie evidenti.

- Requisiti da verificare: 1) *Resistenza alla corrosione*; 2) *Resistenza meccanica*.
- Anomalie riscontrabili: 1) *Corrosione*; 2) *Interruzione*; 3) *Rottura*; 4) *Cricca*.
- Ditte specializzate: *Specializzati vari*.

#### **01.03.02.C02 Controllo impiego di materiali durevoli**

*Cadenza: quando occorre*

*Tipologia: Verifica*

Verificare che nelle fasi manutentive degli elementi vengano utilizzati componenti caratterizzati da una durabilità elevata.

- Requisiti da verificare: 1) *Utilizzo di materiali, elementi e componenti caratterizzati da un'elevata durabilità*.
- Anomalie riscontrabili: 1) *Impiego di materiali non durevoli*.
- Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore*.

### **MANUTENZIONI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO**

#### **01.03.02.I01 Ripristino**

*Cadenza: quando occorre*

Rimozione della saldatura difettosa e realizzazione di una nuova.

- Ditte specializzate: *Specializzati vari*.

#### **01.03.02.I02 Rimozione ossidazioni**

*Cadenza: quando occorre*

Rimozione di eventuali ossidazioni che interessano le saldature.

- Ditte specializzate: *Specializzati vari*.

## Barre filettate

Unità Tecnologica: 01.03

Unioni

Si tratta di sistemi di unioni realizzate mediante barre filettate in acciaio ad alta resistenza con filetto a grande passo per evitare grippature e rendere più veloce l'avvitamento, e/o fino di dimensioni e caratteristiche diverse a secondo degli impieghi. Su richiesta possono essere realizzate barre filettate con filetti speciali.

### MODALITÀ DI USO CORRETTO:

E' opportuno che nella realizzazione di unioni le parti da collegare siano adeguatamente preparate in officina. Nella fase progettuale bisognerà tener conto delle eventuali forze di instabilità che potrebbero sorgere e a problematiche connesse e quindi garantire la resistenza nei confronti esse. Provvedere ad una adeguata pulizia delle parti interessate all'unione anche mediante solventi idonei. Nella fase di preparazione delle miscele di collanti assicurarsi del perfetto e completo riempimento dei fori e del ricoprimento dell'elemento metallico.

### ANOMALIE RISCONTRABILI

#### 01.03.03.A01 Allentamento

Allentamento degli elementi di unioni rispetto alle tenute di serraggio.

#### 01.03.03.A02 Corrosione

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

#### 01.03.03.A03 Group tear out

Strappo lungo il perimetro del gruppo di mezzi di unione.

#### 01.03.03.A04 Plug shear

Espulsione di tasselli di legno in corrispondenza dei singoli connettori.

#### 01.03.03.A05 Splitting

Rotture anticipate da spacco del materiale in prossimità delle connessioni.

#### 01.03.03.A06 Strappamento

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

#### 01.03.03.A07 Tension

Rottura a trazione del legno in corrispondenza delle sezioni ridotte.

#### 01.03.03.A08 Tranciamento

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

#### 01.03.03.A09 Basso grado di riciclabilità

Utilizzo nelle fasi manutentive di materiali, elementi e componenti con un basso grado di riciclabilità.

#### 01.03.03.A10 Impiego di materiali non durevoli

Impiego di materiali non durevoli nelle fasi manutentive degli elementi.

### CONTROLLI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO

#### 01.03.03.C01 Controllo generale

*Cadenza: ogni 2 mesi*

*Tipologia: Revisione*

Controllo degli elementi di giunzione tra parti e verifica della giusta tenuta di serraggio effettuando le seguenti verifiche:

- verifica di resistenza a taglio o a tranciamento;
- verifica della pressione del foro o a rifollamento;
- verifica a rottura per trazione della piastra o a strappamento;
- verifica a rottura per trazione dei fori o a strappamento.

• Requisiti da verificare: 1) *Resistenza alla corrosione*; 2) *Resistenza meccanica*.

• Anomalie riscontrabili: 1) *Allentamento*; 2) *Corrosione*.

• Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore*.

#### 01.03.03.C02 Controllo del grado di riciclabilità

*Cadenza: quando occorre*

*Tipologia: Controllo*

Controllare che nelle fasi manutentive vengano impiegati materiali, elementi e componenti con un elevato grado di riciclabilità.

- Requisiti da verificare: 1) *Utilizzo di materiali, elementi e componenti ad elevato potenziale di riciclabilità.*
- Anomalie riscontrabili: 1) *Basso grado di riciclabilità.*
- Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore.*

### **01.03.03.C03 Controllo impiego di materiali durevoli**

*Cadenza: quando occorre*

*Tipologia: Verifica*

Verificare che nelle fasi manutentive degli elementi vengano utilizzati componenti caratterizzati da una durabilità elevata.

- Requisiti da verificare: 1) *Utilizzo di materiali, elementi e componenti caratterizzati da un'elevata durabilità.*
- Anomalie riscontrabili: 1) *Impiego di materiali non durevoli.*
- Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore.*

## **MANUTENZIONI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO**

### **01.03.03.I01 Ripristino**

*Cadenza: quando occorre*

Ripristino delle tenute di serraggio tra elementi. Sostituzione di eventuali elementi corrosi o degradati con altri di analoghe caratteristiche.

- Ditte specializzate: *Specializzati vari.*

## Strutture in elevazione in muratura portante

Si definiscono strutture in elevazione gli insiemi degli elementi tecnici del sistema edilizio aventi la funzione di resistere alle azioni di varia natura agenti sulla parte di costruzione fuori terra, trasmettendole alle strutture di fondazione e quindi al terreno. In particolare le strutture verticali sono costituite dagli elementi tecnici con funzione di sostenere i carichi agenti, trasmettendoli verticalmente ad altre parti aventi funzione strutturale e ad esse collegate. In particolare le costruzioni in muratura sono strutture realizzate con sistemi di muratura in grado di sopportare azioni verticali ed orizzontali, collegati tra di loro da strutture di impalcato, orizzontali ai piani ed eventualmente inclinate in copertura, e da opere di fondazione.

### REQUISITI E PRESTAZIONI (UT)

#### 01.04.R01 Resistenza meccanica

*Classe di Requisiti: Di stabilità*

*Classe di Esigenza: Sicurezza*

Le murature portanti debbono contrastare in modo efficace la manifestazione di eventuali rotture, o deformazioni rilevanti, causate dall'azione di possibili sollecitazioni.

##### **Prestazioni:**

Le murature portanti devono essere idonee a contrastare in modo concreto il prodursi di eventuali rotture o deformazioni rilevanti in conseguenza dell'azione di sollecitazioni meccaniche che possono in un certo modo comprometterne la durata e la funzionalità nel tempo e costituire pericolo per la sicurezza degli utenti. A tal fine si considerano le seguenti azioni: carichi dovuti al peso proprio, carichi di esercizio, sollecitazioni sismiche, carichi provocati da dilatazioni termiche, eventuali assestamenti e deformazioni di strutturali.

##### **Livello minimo della prestazione:**

Per una analisi più approfondita dei livelli minimi rispetto ai vari componenti e materiali costituenti le murature portanti si rimanda comunque alle prescrizioni di legge e di normative vigenti in materia.

#### 01.04.R02 Utilizzo di materiali, elementi e componenti ad elevato potenziale di riciclabilità

*Classe di Requisiti: Utilizzo razionale delle risorse*

*Classe di Esigenza: Salvaguardia ambiente*

Utilizzo di materiali, elementi e componenti con un elevato grado di riciclabilità

##### **Prestazioni:**

Nelle scelte progettuali di materiali, elementi e componenti si dovrà tener conto del loro grado di riciclabilità in funzione dell'ubicazione del cantiere, del loro ciclo di vita, degli elementi di recupero, ecc.

##### **Livello minimo della prestazione:**

Calcolare la percentuale di materiali da avviare ai processi di riciclaggio. Determinare la percentuale in termini di quantità (kg) o di superficie (mq) di materiale impiegato nell'elemento tecnico in relazione all'unità funzionale assunta.

#### 01.04.R03 Utilizzo di materiali, elementi e componenti caratterizzati da un'elevata durabilità

*Classe di Requisiti: Utilizzo razionale delle risorse*

*Classe di Esigenza: Salvaguardia ambiente*

Utilizzo razionale delle risorse attraverso l'impiego di materiali con una elevata durabilità.

##### **Prestazioni:**

Nelle fasi progettuali dell'opera individuare e scegliere elementi e componenti caratterizzati da una durabilità elevata.

##### **Livello minimo della prestazione:**

Nella fase progettuale bisogna garantire una adeguata percentuale di elementi costruttivi caratterizzati da una durabilità elevata.

### ELEMENTI MANUTENIBILI DELL'UNITÀ TECNOLOGICA:

- ° 01.04.01 Murature in mattoni

## Murature in mattoni

Unità Tecnologica: 01.04

Strutture in elevazione in muratura portante

Le murature sono costituite dall'assemblaggio organizzato ed efficace di elementi e malta e possono essere a singolo paramento, se la parete è senza cavità o giunti verticali continui nel suo piano, o a paramento doppio. In questo ultimo caso, se non è possibile considerare un comportamento monolitico si farà riferimento a normative di riconosciuta validità od a specifiche approvazioni del Servizio Tecnico Centrale su parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. In particolare si tratta di murature composte da mattoni disposti in corsi successivi e collegati mediante strati orizzontali di malta.

### MODALITÀ DI USO CORRETTO:

Non compromettere l'integrità delle pareti. Controllo periodico del grado di usura delle parti in vista. Riscontro di eventuali anomalie.

### ANOMALIE RISCONTRABILI

#### 01.04.01.A01 Deformazioni e spostamenti

Deformazioni e spostamenti dovuti a cause esterne che alterano la normale configurazione dell'elemento.

#### 01.04.01.A02 Disgregazione

Decoesione caratterizzata da distacco di granuli o cristalli sotto minime sollecitazioni meccaniche.

#### 01.04.01.A03 Distacco

Disgregazione e distacco di parti notevoli del materiale che può manifestarsi anche mediante espulsione di elementi prefabbricati dalla loro sede.

#### 01.04.01.A04 Efflorescenze

Formazione di sostanze, generalmente di colore biancastro e di aspetto cristallino o polverulento o filamentoso, sulla superficie del manufatto. Nel caso di efflorescenze saline, la cristallizzazione può talvolta avvenire all'interno del materiale provocando spesso il distacco delle parti più superficiali: il fenomeno prende allora il nome di criptoefflorescenza o subefflorescenza.

#### 01.04.01.A05 Erosione superficiale

Asportazione di materiale dalla superficie dovuta a processi di natura diversa. Quando sono note le cause di degrado, possono essere utilizzati anche termini come erosione per abrasione o erosione per corrasione (cause meccaniche), erosione per corrosione (cause chimiche e biologiche), erosione per usura (cause antropiche).

#### 01.04.01.A06 Esfoliazione

Asportazione di materiale dalla superficie dovuta a processi di natura diversa. Quando sono note le cause di degrado, possono essere utilizzati anche termini come erosione per abrasione o erosione per corrasione (cause meccaniche), erosione per corrosione (cause chimiche e biologiche), erosione per usura (cause antropiche).

#### 01.04.01.A07 Esposizione dei ferri di armatura

Distacchi ed espulsione di parte del calcestruzzo (copriferro) e relativa esposizione dei ferri di armatura dovuta a fenomeni di corrosione delle armature metalliche per l'azione degli agenti atmosferici.

#### 01.04.01.A08 Fessurazioni

Presenza di rotture singole, ramificate, ortogonale o parallele all'armatura che possono interessare l'intero spessore del manufatto dovute a fenomeni diversi.

#### 01.04.01.A09 Lesioni

Si manifestano con l'interruzione delle superfici dell'elemento strutturale. Le caratteristiche, l'andamento, l'ampiezza ne caratterizzano l'importanza e il tipo.

#### 01.04.01.A10 Mancanza

Caduta e perdita di parti del materiale del manufatto.

#### 01.04.01.A11 Penetrazione di umidità

Comparsa di macchie di umidità dovute all'assorbimento di acqua.

#### 01.04.01.A12 Polverizzazione

Decoesione che si manifesta con la caduta spontanea dei materiali sotto forma di polvere o granuli.

#### 01.04.01.A13 Rigonfiamento

Variazione della sagoma che interessa l'intero spessore del materiale e che si manifesta soprattutto in elementi lastriformi. Ben riconoscibile essendo dato dal tipico andamento "a bolla" combinato all'azione della gravità.

#### 01.04.01.A14 Scheggiature

Distacco di piccole parti di materiale lungo i bordi e gli spigoli degli elementi.

#### **01.04.01.A15 Basso grado di riciclabilità**

Utilizzo nelle fasi manutentive di materiali, elementi e componenti con un basso grado di riciclabilità.

#### **01.04.01.A16 Impiego di materiali non durevoli**

Impiego di materiali non durevoli nelle fasi manutentive degli elementi.

### **CONTROLLI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO**

#### **01.04.01.C01 Controllo di eventuale quadro fessurativo**

*Cadenza: ogni 12 mesi*

*Tipologia: Controllo a vista*

Attraverso un esame visivo del quadro fessurativo approfondire ed analizzare eventuali dissesti strutturali anche con l'ausilio di indagini strumentali in situ.

- Requisiti da verificare: 1) *Resistenza meccanica.*
- Anomalie riscontrabili: 1) *Deformazioni e spostamenti;* 2) *Distacco;* 3) *Fessurazioni;* 4) *Lesioni;* 5) *Penetrazione di umidità.*
- Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore.*

#### **01.04.01.C02 Controllo di deformazioni e/o spostamenti**

*Cadenza: ogni 12 mesi*

*Tipologia: Controllo a vista*

Controllare eventuali deformazioni e/o spostamenti dell'elemento strutturale dovuti a cause esterne che ne alterano la normale configurazione.

- Requisiti da verificare: 1) *Resistenza meccanica.*
- Anomalie riscontrabili: 1) *Deformazioni e spostamenti;* 2) *Distacco;* 3) *Fessurazioni;* 4) *Lesioni;* 5) *Penetrazione di umidità.*
- Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore.*

#### **01.04.01.C03 Controllo del grado di riciclabilità**

*Cadenza: quando occorre*

*Tipologia: Controllo*

Controllare che nelle fasi manutentive vengano impiegati materiali, elementi e componenti con un elevato grado di riciclabilità.

- Requisiti da verificare: 1) *Utilizzo di materiali, elementi e componenti ad elevato potenziale di riciclabilità.*
- Anomalie riscontrabili: 1) *Basso grado di riciclabilità.*
- Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore.*

#### **01.04.01.C04 Controllo impiego di materiali durevoli**

*Cadenza: quando occorre*

*Tipologia: Verifica*

Verificare che nelle fasi manutentive degli elementi vengano utilizzati componenti caratterizzati da una durabilità elevata.

- Requisiti da verificare: 1) *Utilizzo di materiali, elementi e componenti caratterizzati da un'elevata durabilità.*
- Anomalie riscontrabili: 1) *Impiego di materiali non durevoli.*
- Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore.*

### **MANUTENZIONI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO**

#### **01.04.01.I01 Interventi sulle strutture**

*Cadenza: quando occorre*

Gli interventi riparativi dovranno effettuarsi a secondo del tipo di anomalia riscontrata e previa diagnosi delle cause del difetto accertato.

- Ditte specializzate: *Specializzati vari.*

## Strutture in elevazione in acciaio

Si definiscono strutture in elevazione gli insiemi degli elementi tecnici del sistema edilizio aventi la funzione di resistere alle azioni di varia natura agenti sulla parte di costruzione fuori terra, trasmettendole alle strutture di fondazione e quindi al terreno. In particolare le strutture verticali sono costituite da aste rettilinee snelle collegate fra loro in punti detti nodi secondo una disposizione geometrica realizzata in modo da formare un sistema rigidamente indeformabile. Le strutture in acciaio si possono distinguere in: strutture in carpenteria metallica e sistemi industrializzati. Le prime, sono caratterizzate dall'impiego di profilati e laminati da produzione siderurgica e successivamente collegati mediante unioni (bullonature, saldature, ecc.); le seconde sono caratterizzate da un numero ridotto di componenti base assemblati successivamente a seconde dei criteri di compatibilità.

### REQUISITI E PRESTAZIONI (UT)

#### 01.05.R01 Resistenza agli agenti aggressivi

*Classe di Requisiti: Protezione dagli agenti chimici ed organici*

*Classe di Esigenza: Sicurezza*

Le strutture di elevazione non debbono subire dissoluzioni o disgregazioni e mutamenti di aspetto a causa dell'azione di agenti aggressivi chimici.

**Prestazioni:**

Le strutture di elevazione dovranno conservare nel tempo, sotto l'azione di agenti chimici (anidride carbonica, solfati, ecc.) presenti in ambiente, le proprie caratteristiche funzionali.

**Livello minimo della prestazione:**

Per i livelli minimi si rimanda alle prescrizioni di legge e di normative vigenti in materia. In particolare: D.M. 14.1.2008 (Norme tecniche per le costruzioni) e Circolare 2.2.2009, n.617 (Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14.1.2008).

#### 01.05.R02 Resistenza meccanica

*Classe di Requisiti: Di stabilità*

*Classe di Esigenza: Sicurezza*

Le strutture di elevazione dovranno essere in grado di contrastare le eventuali manifestazioni di deformazioni e cedimenti rilevanti dovuti all'azione di determinate sollecitazioni (carichi, forze sismiche, ecc.).

**Prestazioni:**

Le strutture di elevazione, sotto l'effetto di carichi statici, dinamici e accidentali devono assicurare stabilità e resistenza.

**Livello minimo della prestazione:**

Per i livelli minimi si rimanda alle prescrizioni di legge e di normative vigenti in materia. In particolare D.M. 14.1.2008 (Norme tecniche per le costruzioni) e la Circolare 2.2.2009, n.617 (Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14.1.2008).

#### 01.05.R03 Utilizzo di materiali, elementi e componenti ad elevato potenziale di riciclabilità

*Classe di Requisiti: Utilizzo razionale delle risorse*

*Classe di Esigenza: Salvaguardia ambiente*

Utilizzo di materiali, elementi e componenti con un elevato grado di riciclabilità

**Prestazioni:**

Nelle scelte progettuali di materiali, elementi e componenti si dovrà tener conto del loro grado di riciclabilità in funzione dell'ubicazione del cantiere, del loro ciclo di vita, degli elementi di recupero, ecc.

**Livello minimo della prestazione:**

Calcolare la percentuale di materiali da avviare ai processi di riciclaggio. Determinare la percentuale in termini di quantità (kg) o di superficie (mq) di materiale impiegato nell'elemento tecnico in relazione all'unità funzionale assunta.

#### 01.05.R04 Utilizzo di materiali, elementi e componenti caratterizzati da un'elevata durabilità

*Classe di Requisiti: Utilizzo razionale delle risorse*

*Classe di Esigenza: Salvaguardia ambiente*

Utilizzo razionale delle risorse attraverso l'impiego di materiali con una elevata durabilità.

**Prestazioni:**

Nelle fasi progettuali dell'opera individuare e scegliere elementi e componenti caratterizzati da una durabilità elevata.

**Livello minimo della prestazione:**

Nella fase progettuale bisogna garantire una adeguata percentuale di elementi costruttivi caratterizzati da una durabilità elevata.

## ELEMENTI MANUTENIBILI DELL'UNITÀ TECNOLOGICA:

- 01.05.01 Controventi non verticali
- 01.05.02 Travi
- 01.05.03 Pilastri

Elemento Manutenibile: **01.05.01**

### Controventi non verticali

Unità Tecnologica: **01.05**

Strutture in elevazione in acciaio

Si tratta di elementi strutturali costituiti da aste progettate per dare una maggiore stabilità a particolari costruzioni. Vi sono tipologie strutturali diverse di controventi:

- di tipo orizzontali, se disposti nel piano degli orizzontamenti e delle coperture per assicurare la indeformabilità nel loro piano;
- di tipo a falda, se disposti sulle testate e/o lungo il perimetro delle strutture di copertura per non permettere lo svergolamento e/o il ribaltamento delle principali strutture di copertura come travi, capriate, ecc..

#### MODALITÀ DI USO CORRETTO:

Non compromettere l'integrità delle strutture. Controllo periodico del grado di usura delle parti in vista. Riscontro di eventuali anomalie.

#### ANOMALIE RISCONTRABILI

##### **01.05.01.A01 Corrosione**

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

##### **01.05.01.A02 Deformazioni e spostamenti**

Deformazioni e spostamenti dovuti a cause esterne che alterano la normale configurazione dell'elemento.

##### **01.05.01.A03 Imbozzamento**

Deformazione dell'elemento che si localizza in prossimità dell'ala e/o dell'anima.

##### **01.05.01.A04 Snervamento**

Deformazione dell'elemento che si può verificare, quando all'aumentare del carico, viene meno il comportamento perfettamente elastico dell'acciaio.

##### **01.05.01.A05 Basso grado di riciclabilità**

Utilizzo nelle fasi manutentive di materiali, elementi e componenti con un basso grado di riciclabilità.

##### **01.05.01.A06 Impiego di materiali non durevoli**

Impiego di materiali non durevoli nelle fasi manutentive degli elementi.

#### CONTROLLI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO

##### **01.05.01.C01 Controllo di deformazioni e/o spostamenti**

*Cadenza: ogni 12 mesi*

*Tipologia: Controllo a vista*

Controllare eventuali deformazioni e/o spostamenti dell'elemento strutturale dovuti a cause esterne che ne alterano la normale configurazione.

- Requisiti da verificare: 1) *Resistenza agli agenti aggressivi*; 2) *Resistenza meccanica*.
- Anomalie riscontrabili: 1) *Corrosione*; 2) *Deformazioni e spostamenti*.
- Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore*.

##### **01.05.01.C02 Controllo del grado di riciclabilità**

*Cadenza: quando occorre*

*Tipologia: Controllo*

Controllare che nelle fasi manutentive vengano impiegati materiali, elementi e componenti con un elevato grado di riciclabilità.

- Requisiti da verificare: 1) *Utilizzo di materiali, elementi e componenti ad elevato potenziale di riciclabilità*.
- Anomalie riscontrabili: 1) *Basso grado di riciclabilità*.
- Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore*.

##### **01.05.01.C03 Controllo impiego di materiali durevoli**



*Cadenza: quando occorre*

*Tipologia: Verifica*

Verificare che nelle fasi manutentive degli elementi vengano utilizzati componenti caratterizzati da una durabilità elevata.

- Requisiti da verificare: 1) *Utilizzo di materiali, elementi e componenti caratterizzati da un'elevata durabilità.*
- Anomalie riscontrabili: 1) *Impiego di materiali non durevoli.*
- Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore.*

## MANUTENZIONI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO

### 01.05.01.I01 Interventi sulle strutture

*Cadenza: quando occorre*

Gli interventi riparativi dovranno effettuarsi a secondo del tipo di anomalia riscontrata e previa diagnosi delle cause del difetto accertato.

- Ditte specializzate: *Specializzati vari.*

## Elemento Manutenibile: 01.05.02

### Travi

#### Unità Tecnologica: 01.05

#### Strutture in elevazione in acciaio

Le travi sono elementi strutturali, che si pongono in opera in posizione orizzontale o inclinata per sostenere il peso delle strutture sovrastanti, con una dimensione predominante che trasferiscono, le sollecitazioni di tipo trasversale al proprio asse geometrico, lungo tale asse, dalle sezioni investite dal carico fino ai vincoli, garantendo l'equilibrio esterno delle travi in modo da assicurare il contesto circostante. Le travi in acciaio sono realizzate mediante profilati (IPE, HE, C, L, ecc.) . Il loro impiego diffuso è dovuto dalla loro maggiore efficienza a carichi flessionali, infatti la concentrazione del materiale sulle ali, le parti più distanti dal punto baricentrico della sezione, ne aumentano la loro rigidità flessionale. Vengono generalmente utilizzate nella realizzazione di telai in acciaio, per edifici, ponti, ecc..

#### MODALITÀ DI USO CORRETTO:

Non compromettere l'integrità delle strutture. Controllo periodico del grado di usura delle parti in vista. Riscontro di eventuali anomalie.

#### ANOMALIE RISCOINTRABILI

##### 01.05.02.A01 Corrosione

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

##### 01.05.02.A02 Deformazioni e spostamenti

Deformazioni e spostamenti dovuti a cause esterne che alterano la normale configurazione dell'elemento.

##### 01.05.02.A03 Imbozzamento

Deformazione dell'elemento che si localizza in prossimità dell'ala e/o dell'anima.

##### 01.05.02.A04 Snervamento

Deformazione dell'elemento che si può verificare, quando all'aumentare del carico, viene meno il comportamento perfettamente elastico dell'acciaio.

##### 01.05.02.A05 Basso grado di riciclabilità

Utilizzo nelle fasi manutentive di materiali, elementi e componenti con un basso grado di riciclabilità.

##### 01.05.02.A06 Impiego di materiali non durevoli

Impiego di materiali non durevoli nelle fasi manutentive degli elementi.

## CONTROLLI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO

### 01.05.02.C01 Controllo di deformazioni e/o spostamenti

*Cadenza: ogni 12 mesi*

*Tipologia: Controllo a vista*

Controllare eventuali deformazioni e/o spostamenti dell'elemento strutturale dovuti a cause esterne che ne alterano la normale configurazione.

- Requisiti da verificare: 1) *Resistenza agli agenti aggressivi;* 2) *Resistenza meccanica.*
- Anomalie riscontrabili: 1) *Corrosione;* 2) *Deformazioni e spostamenti.*

- Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore.*

### **01.05.02.C02 Controllo del grado di riciclabilità**

*Cadenza: quando occorre*

*Tipologia: Controllo*

Controllare che nelle fasi manutentive vengano impiegati materiali,, elementi e componenti con un elevato grado di riciclabilità.

- Requisiti da verificare: *1) Utilizzo di materiali, elementi e componenti ad elevato potenziale di riciclabilità.*
- Anomalie riscontrabili: *1) Basso grado di riciclabilità.*
- Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore.*

### **01.05.02.C03 Controllo impiego di materiali durevoli**

*Cadenza: quando occorre*

*Tipologia: Verifica*

Verificare che nelle fasi manutentive degli elementi vengano utilizzati componenti caratterizzati da una durabilità elevata.

- Requisiti da verificare: *1) Utilizzo di materiali, elementi e componenti caratterizzati da un'elevata durabilità.*
- Anomalie riscontrabili: *1) Impiego di materiali non durevoli.*
- Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore.*

## **MANUTENZIONI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO**

### **01.05.02.I01 Interventi sulle strutture**

*Cadenza: a guasto*

Gli interventi riparativi dovranno effettuarsi a secondo del tipo di anomalia riscontrata e previa diagnosi delle cause del difetto accertato.

- Ditte specializzate: *Specializzati vari.*

## **Elemento Manutenibile: 01.05.03**

# **Pilastri**

**Unità Tecnologica: 01.05**

**Strutture in elevazione in acciaio**

I pilastri in acciaio sono elementi strutturali verticali portanti, in genere profilati e/o profilati cavi , che trasferiscono i carichi della sovrastruttura alle strutture di ricezione delle parti sottostanti indicate a riceverli, posizionate e collegate con piatt di fondazione e tirafondi. Sono generalmente trasportati in cantiere e montati mediante unioni (bullonature, chiodature, saldature, ecc.). Rappresentano una valida alternativa ai pilastri in c.a. realizzati in opera.

### **MODALITÀ DI USO CORRETTO:**

In caso di verifiche strutturali dei pilastri controllare la resistenza alla compressione e la verifica ad instabilità a carico di punta. In zona sismica verificare altresì gli spostamenti.

Non compromettere l'integrità delle strutture. Controllo periodico del grado di usura delle parti in vista. Riscontro di eventuali anomalie.

## **ANOMALIE RISCONTRABILI**

### **01.05.03.A01 Corrosione**

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

### **01.05.03.A02 Deformazioni e spostamenti**

Deformazioni e spostamenti dovuti a cause esterne che alterano la normale configurazione dell'elemento.

### **01.05.03.A03 Imbozzamento**

Deformazione dell'elemento che si localizza in prossimità dell'ala e/o dell'anima.

### **01.05.03.A04 Snervamento**

Deformazione dell'elemento che si può verificare, quando all'aumentare del carico, viene meno il comportamento perfettamente elastico dell'acciaio.

### **01.05.03.A05 Basso grado di riciclabilità**

Utilizzo nelle fasi manutentive di materiali, elementi e componenti con un basso grado di riciclabilità.

### **01.05.03.A06 Impiego di materiali non durevoli**

Impiego di materiali non durevoli nelle fasi manutentive degli elementi.

## **CONTROLLI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO**

### **01.05.03.C01 Controllo di deformazioni e/o spostamenti**

*Cadenza: ogni 12 mesi*

*Tipologia: Controllo a vista*

Controllare eventuali deformazioni e/o spostamenti dell'elemento strutturale dovuti a cause esterne che ne alterano la normale configurazione.

- Requisiti da verificare: 1) *Resistenza meccanica*; 2) *Resistenza agli agenti aggressivi*.
- Anomalie riscontrabili: 1) *Corrosione*; 2) *Deformazioni e spostamenti*.
- Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore*.

### **01.05.03.C02 Controllo del grado di riciclabilità**

*Cadenza: quando occorre*

*Tipologia: Controllo*

Controllare che nelle fasi manutentive vengano impiegati materiali, elementi e componenti con un elevato grado di riciclabilità.

- Requisiti da verificare: 1) *Utilizzo di materiali, elementi e componenti ad elevato potenziale di riciclabilità*.
- Anomalie riscontrabili: 1) *Basso grado di riciclabilità*.
- Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore*.

### **01.05.03.C03 Controllo impiego di materiali durevoli**

*Cadenza: quando occorre*

*Tipologia: Verifica*

Verificare che nelle fasi manutentive degli elementi vengano utilizzati componenti caratterizzati da una durabilità elevata.

- Requisiti da verificare: 1) *Utilizzo di materiali, elementi e componenti caratterizzati da un'elevata durabilità*.
- Anomalie riscontrabili: 1) *Impiego di materiali non durevoli*.
- Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore*.

## **MANUTENZIONI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO**

### **01.05.03.I01 Interventi sulle strutture**

*Cadenza: a guasto*

Gli interventi riparativi dovranno effettuarsi a secondo del tipo di anomalia riscontrata e previa diagnosi delle cause del difetto accertato.

- Ditte specializzate: *Specializzati vari*.

**Unità Tecnologica: 01.06**

## **Interventi su strutture esistenti**

Gli interventi sulle strutture esistenti, rappresentano tutte quelle opere di adeguamento, miglioramento e riparazione, attraverso le quali avviene il ripristino delle condizioni di sicurezza delle stesse nel rispetto della normativa vigente. Tali interventi possono avere come finalità:

- di riportare gli elementi strutturali alla situazione iniziale di capacità resistente;
  - di rafforzare gli elementi strutturali per cambiamento di destinazione d'uso, per adeguamento alle normative sismiche, ecc..
- Prima di ogni intervento è opportuno avere un quadro conoscitivo completo delle strutture. In particolare avviare un processo diagnostico per una valutazione dello stato di salute della struttura. Il grado di approfondimento e le metodologie più adeguate andranno ogni volta misurate sulla base delle destinazioni d'uso dell'organismo strutturale in esame e delle sue tipologie e schemi strutturali-statici.

## **REQUISITI E PRESTAZIONI (UT)**

### **01.06.R01 Resistenza meccanica**

*Classe di Requisiti: Di stabilità*

*Classe di Esigenza: Sicurezza*

Gli interventi sulle strutture esistenti dovranno garantire il ripristino delle condizioni di sicurezza e dovranno contrastare in modo efficace la manifestazione di eventuali rotture, o deformazioni rilevanti, causate dall'azione di possibili sollecitazioni.

#### **Prestazioni:**

Gli interventi sulle strutture esistenti dovranno contrastare in modo concreto il prodursi di eventuali rotture o deformazioni rilevanti in conseguenza dell'azione di sollecitazioni meccaniche che possono in un certo modo comprometterne la durata e la

funzionalità nel tempo e costituire pericolo per la sicurezza degli utenti. A tal fine si considerano le seguenti azioni: carichi dovuti al peso proprio, carichi di esercizio, sollecitazioni sismiche, carichi provocati da dilatazioni termiche, eventuali assestamenti e deformazioni di strutturali.

**Livello minimo della prestazione:**

Per una analisi più approfondita dei livelli minimi rispetto ai vari componenti e materiali costituenti le pareti si rimanda comunque alle prescrizioni di legge e di normative vigenti in materia.

**01.06.R02 Utilizzo di materiali, elementi e componenti ad elevato potenziale di riciclabilità**

*Classe di Requisiti: Utilizzo razionale delle risorse*

*Classe di Esigenza: Salvaguardia ambiente*

Utilizzo di materiali, elementi e componenti con un elevato grado di riciclabilità.

**Prestazioni:**

Nelle scelte progettuali di materiali, elementi e componenti si dovrà tener conto del loro grado di riciclabilità in funzione dell'ubicazione del cantiere, del loro ciclo di vita, degli elementi di recupero, ecc.

**Livello minimo della prestazione:**

Calcolare la percentuale di materiali da avviare ai processi di riciclaggio. Determinare la percentuale in termini di quantità (kg) o di superficie (mq) di materiale impiegato nell'elemento tecnico in relazione all'unità funzionale assunta.

**01.06.R03 Utilizzo di materiali, elementi e componenti caratterizzati da un'elevata durabilità**

*Classe di Requisiti: Utilizzo razionale delle risorse*

*Classe di Esigenza: Salvaguardia ambiente*

Utilizzo razionale delle risorse attraverso l'impiego di materiali con una elevata durabilità.

**Prestazioni:**

Nelle fasi progettuali dell'opera individuare e scegliere elementi e componenti caratterizzati da una durabilità elevata.

**Livello minimo della prestazione:**

Nella fase progettuale bisogna garantire una adeguata percentuale di elementi costruttivi caratterizzati da una durabilità elevata.

**01.06.R04 Riduzione degli impatti negativi nelle operazioni di manutenzione**

*Classe di Requisiti: Di salvaguardia dell'ambiente*

*Classe di Esigenza: Salvaguardia ambiente*

All'interno del piano di manutenzione redatto per l'opera interessata, dovranno essere inserite indicazioni che favoriscano la diminuzione di impatti sull'ambiente attraverso il minore utilizzo di sostanze tossiche, favorendo la riduzione delle risorse.

**Prestazioni:**

Favorire l'impiego di materiali e componenti caratterizzati da un lungo ciclo di vita e da efficiente manutenibilità e riutilizzabilità degli stessi. In fase progettuale optare per la composizione dell'edificio dei sub-sistemi, utilizzando tecnologie e soluzioni mirate a facilitare gli interventi di manutenzione e a ridurre la produzione di rifiuti.

**Livello minimo della prestazione:**

Utilizzo di materiali e componenti con basse percentuali di interventi manutentivi.

**ELEMENTI MANUTENIBILI DELL'UNITÀ TECNOLOGICA:**

---

- ° 01.06.01 Allargamento fondazione
- ° 01.06.02 Rappezzamenti degli elementi murari

## Allargamento fondazione

Unità Tecnologica: 01.06

Interventi su strutture esistenti

Sono interventi realizzati sulle fondazioni superficiali esistenti in c.a (plinti e travi) che devono assolvere alla finalità di distribuire adeguatamente i carichi verticali su una superficie di terreno più ampia rispetto a quella esistente, conferendo un adeguato livello di sicurezza. Infatti aumentando la superficie di appoggio, le tensioni di compressione che agiscono sul terreno tendono a ridursi in modo tale da essere inferiori ai valori limite di portanza del terreno.

### MODALITÀ DI USO CORRETTO:

L'utente dovrà soltanto accertarsi della comparsa di eventuali anomalie che possano anticipare l'insorgenza di fenomeni di dissesto e/o cedimenti strutturali.

### ANOMALIE RISCONTRABILI

#### 01.06.01.A01 Cedimenti

Dissesti dovuti a cedimenti di natura e causa diverse, talvolta con manifestazioni dell'abbassamento del piano di imposta della fondazione.

#### 01.06.01.A02 Deformazioni e spostamenti

Deformazioni e spostamenti dovuti a cause esterne che alterano la normale configurazione dell'elemento.

#### 01.06.01.A03 Distacchi murari

Distacchi dei paramenti murari mediante anche manifestazione di lesioni passanti.

#### 01.06.01.A04 Distacco

Disgregazione e distacco di parti notevoli del materiale che può manifestarsi anche mediante espulsione di elementi prefabbricati dalla loro sede.

#### 01.06.01.A05 Esposizione dei ferri di armatura

Distacchi di parte di calcestruzzo (copriferro) e relativa esposizione dei ferri di armatura a fenomeni di corrosione per l'azione degli agenti atmosferici.

#### 01.06.01.A06 Fessurazioni

Degradazione che si manifesta con la formazione di soluzioni di continuità del materiale e che può implicare lo spostamento reciproco delle parti.

#### 01.06.01.A07 Lesioni

Si manifestano con l'interruzione del tessuto murario. Le caratteristiche e l'andamento ne caratterizzano l'importanza e il tipo.

#### 01.06.01.A08 Non perpendicolarità del fabbricato

Non perpendicolarità dell'edificio a causa di dissesti o eventi di natura diversa.

#### 01.06.01.A09 Penetrazione di umidità

Comparsa di macchie di umidità dovute all'assorbimento di acqua.

#### 01.06.01.A10 Rigonfiamento

Variazione della sagoma che interessa l'intero spessore del materiale e che si manifesta soprattutto in elementi lastriformi. Ben riconoscibile essendo dato dal tipico andamento "a bolla" combinato all'azione della gravità.

#### 01.06.01.A11 Umidità

Presenza di umidità dovuta spesso per risalita capillare.

#### 01.06.01.A12 Basso grado di riciclabilità

Utilizzo nelle fasi manutentive di materiali, elementi e componenti con un basso grado di riciclabilità.

#### 01.06.01.A13 Impiego di materiali non durevoli

Impiego di materiali non durevoli nelle fasi manutentive degli elementi.

#### 01.06.01.A14 Contenuto eccessivo di sostanze tossiche

Contenuto eccessivo di sostanze tossiche all'interno dei prodotti utilizzati nelle fasi manutentive.

### CONTROLLI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO

#### 01.06.01.C01 Controllo struttura

*Cadenza: ogni 12 mesi*

*Tipologia: Controllo a vista*

Controllare l'integrità delle pareti e dei pilastri verificando l'assenza di eventuali lesioni e/o fessurazioni. Controllare eventuali smottamenti del terreno circostante alla struttura che possano essere indicatori di cedimenti strutturali. Effettuare verifiche e controlli approfonditi particolarmente in corrispondenza di manifestazioni a calamità naturali (sisma, nubifragi, ecc.).

- Requisiti da verificare: 1) *Resistenza meccanica.*
- Anomalie riscontrabili: 1) *Cedimenti;* 2) *Distacchi murari;* 3) *Fessurazioni;* 4) *Lesioni;* 5) *Non perpendicolarità del fabbricato;* 6) *Penetrazione di umidità;* 7) *Deformazioni e spostamenti.*
- Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore.*

#### **01.06.01.C02 Controllo del grado di riciclabilità**

*Cadenza: quando occorre*

*Tipologia: Controllo*

Controllare che nelle fasi manutentive vengano impiegati materiali, elementi e componenti con un elevato grado di riciclabilità.

- Requisiti da verificare: 1) *Utilizzo di materiali, elementi e componenti ad elevato potenziale di riciclabilità.*
- Anomalie riscontrabili: 1) *Basso grado di riciclabilità.*
- Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore.*

#### **01.06.01.C03 Controllo impiego di materiali durevoli**

*Cadenza: quando occorre*

*Tipologia: Verifica*

Verificare che nelle fasi manutentive degli elementi vengano utilizzati componenti caratterizzati da una durabilità elevata.

- Requisiti da verificare: 1) *Utilizzo di materiali, elementi e componenti caratterizzati da un'elevata durabilità.*
- Anomalie riscontrabili: 1) *Impiego di materiali non durevoli.*
- Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore.*

#### **01.06.01.C04 Controllo del contenuto di sostanze tossiche**

*Cadenza: quando occorre*

*Tipologia: Controllo*

Nelle fasi di manutenzione dell'opera interessata, utilizzare prodotti e materiali con minore contenuto di sostanze tossiche che favoriscano la diminuzione di impatti sull'ambiente e favorendo la riduzione delle risorse.

- Requisiti da verificare: 1) *Riduzione degli impatti negativi nelle operazioni di manutenzione.*
- Anomalie riscontrabili: 1) *Contenuto eccessivo di sostanze tossiche.*
- Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore.*

### **MANUTENZIONI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO**

#### **01.06.01.I01 Interventi sulle strutture**

*Cadenza: quando occorre*

In seguito alla comparsa di segni di cedimenti strutturali (lesioni, fessurazioni, rotture), effettuare accurati accertamenti per la diagnosi e la verifica delle strutture, da parte di tecnici qualificati, che possano individuare la causa/effetto del dissesto ed evidenziare eventuali modificazioni strutturali tali da compromettere la stabilità delle strutture, in particolare verificare la perpendicolarità del fabbricato. Procedere quindi al consolidamento delle stesse a secondo del tipo di dissesti riscontrati.

- Ditte specializzate: *Specializzati vari.*

### **Elemento Manutenibile: 01.06.02**

## **Rappezzi degli elementi murari**

**Unità Tecnologica: 01.06**

**Interventi su strutture esistenti**

Si tratta di interventi che interessano il ripristino della struttura muraria. In particolare le parti danneggiate dei muri portanti vengono sostituite, con la tecnica dello scuci e cuci, da altri elementi (mattoni pieni, conci di pietra, ecc.) dello stesso materiale del muro o di materiale diverso.

#### **MODALITÀ DI USO CORRETTO:**

Non compromettere l'integrità delle pareti. Controllo periodico del grado di usura delle parti in vista. Riscontro di eventuali anomalie.

### **ANOMALIE RISCONTRABILI**

#### **01.06.02.A01 Disgregazione**

Decoesione caratterizzata da distacco di granuli o cristalli sotto minime sollecitazioni meccaniche.

#### **01.06.02.A02 Distacco**

Disgregazione e distacco di parti notevoli del materiale che può manifestarsi anche mediante espulsione di elementi prefabbricati dalla loro sede.

#### **01.06.02.A03 Efflorescenze**

Formazione di sostanze, generalmente di colore biancastro e di aspetto cristallino o polverulento o filamentoso, sulla superficie del manufatto. Nel caso di efflorescenze saline, la cristallizzazione può talvolta avvenire all'interno del materiale provocando spesso il distacco delle parti più superficiali: il fenomeno prende allora il nome di criptoefflorescenza o subefflorescenza.

#### **01.06.02.A04 Erosione superficiale**

Asportazione di materiale dalla superficie dovuta a processi di natura diversa. Quando sono note le cause di degrado, possono essere utilizzati anche termini come erosione per abrasione o erosione per corrasione (cause meccaniche), erosione per corrosione (cause chimiche e biologiche), erosione per usura (cause antropiche).

#### **01.06.02.A05 Esfoliazione**

Asportazione di materiale dalla superficie dovuta a processi di natura diversa. Quando sono note le cause di degrado, possono essere utilizzati anche termini come erosione per abrasione o erosione per corrasione (cause meccaniche), erosione per corrosione (cause chimiche e biologiche), erosione per usura (cause antropiche).

#### **01.06.02.A06 Fessurazioni**

Presenza di rotture singole, ramificate, ortogonale o parallele all'armatura che possono interessare l'intero spessore del manufatto dovute a fenomeni diversi.

#### **01.06.02.A07 Lesioni**

Si manifestano con l'interruzione delle superfici dell'elemento strutturale. Le caratteristiche, l'andamento, l'ampiezza ne caratterizzano l'importanza e il tipo.

#### **01.06.02.A08 Mancanza**

Caduta e perdita di parti del materiale del manufatto.

#### **01.06.02.A09 Patina biologica**

Strato sottile, morbido e omogeneo, aderente alla superficie e di evidente natura biologica, di colore variabile, per lo più verde. La patina biologica è costituita prevalentemente da microrganismi cui possono aderire polvere, terriccio.

#### **01.06.02.A10 Penetrazione di umidità**

Comparsa di macchie di umidità dovute all'assorbimento di acqua.

#### **01.06.02.A11 Polverizzazione**

Decoesione che si manifesta con la caduta spontanea dei materiali sotto forma di polvere o granuli.

#### **01.06.02.A12 Presenza di vegetazione**

Presenza di vegetazione caratterizzata dalla formazione di licheni, muschi e piante lungo le superficie.

#### **01.06.02.A13 Scheggiature**

Distacco di piccole parti di materiale lungo i bordi e gli spigoli degli elementi.

#### **01.06.02.A14 Deformazioni e spostamenti**

Deformazioni e spostamenti dovuti a cause esterne che alterano la normale configurazione dell'elemento.

#### **01.06.02.A15 Impiego di materiali non durevoli**

Impiego di materiali non durevoli nelle fasi manutentive degli elementi.

#### **01.06.02.A16 Contenuto eccessivo di sostanze tossiche**

Contenuto eccessivo di sostanze tossiche all'interno dei prodotti utilizzati nelle fasi manutentive.

### **CONTROLLI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO**

#### **01.06.02.C01 Controllo di eventuale quadro fessurativo**

*Cadenza: ogni 12 mesi*

*Tipologia: Controllo a vista*

Attraverso un esame visivo del quadro fessurativo approfondire ed analizzare eventuali dissesti strutturali anche con l'ausilio di indagini strumentali in situ.

- Requisiti da verificare: 1) *Resistenza meccanica.*
- Anomalie riscontrabili: 1) *Deformazioni e spostamenti;* 2) *Distacco;* 3) *Fessurazioni;* 4) *Lesioni;* 5) *Penetrazione di umidità.*
- Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore.*

#### **01.06.02.C02 Controllo impiego di materiali durevoli**

*Cadenza: quando occorre*

*Tipologia: Verifica*

Verificare che nelle fasi manutentive degli elementi vengano utilizzati componenti caratterizzati da una durabilità elevata.

- Requisiti da verificare: 1) *Utilizzo di materiali, elementi e componenti caratterizzati da un'elevata durabilità.*

- Anomalie riscontrabili: 1) *Impiego di materiali non durevoli.*
- Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore.*

### **01.06.02.C03 Controllo del contenuto di sostanze tossiche**

*Cadenza: quando occorre*

*Tipologia: Controllo*

Nelle fasi di manutenzione dell'opera interessata, utilizzare prodotti e materiali con minore contenuto di sostanze tossiche che favoriscano la diminuzione di impatti sull'ambiente e favorendo la riduzione delle risorse.

- Requisiti da verificare: 1) *Riduzione degli impatti negativi nelle operazioni di manutenzione.*
- Anomalie riscontrabili: 1) *Contenuto eccessivo di sostanze tossiche.*
- Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore.*

## **MANUTENZIONI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO**

### **01.06.02.I01 Interventi sulle strutture**

*Cadenza: quando occorre*

Gli interventi riparativi dovranno effettuarsi a secondo del tipo di anomalia riscontrata e previa diagnosi delle cause del difetto accertato.

- Ditte specializzate: *Specializzati vari.*





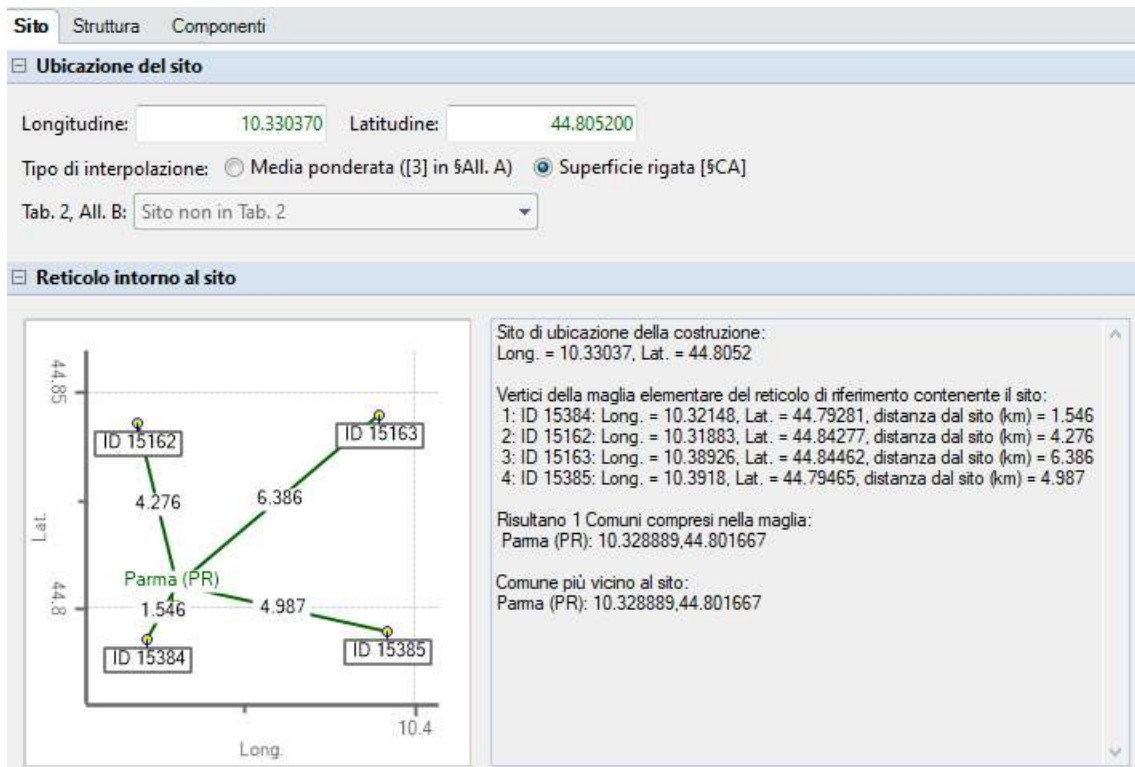
## 5 RELAZIONE SUI RISULTATI SPERIMENTALI – INDAGINI SPECIALISTICHE

### 5.1 RELAZIONE GEOLOGICA: INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

Per quanto concerne gli aspetti geologici del terreno si fa riferimento a quanto contenuto all'interno della relazione a firma del Dott. Geol. Alberto Trivioli allegata alla presente nella quale viene classificato il terreno su cui sorge l'edificio appartenete alla classe C con topografia di tipo T1.

### 5.2 RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA CONCERNENTE ALLA "PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE".

Per quanto concerne la classificazione sismica del terreno su cui sorge l'edificio oggetto di intervento si rimanda a quanto contenuto all'interno della relazione geologica a firma del Dott. Geol. Alberto Trivioli allegata alla presente. In estrema sintesi i principali aspetti da considerare in quest'ottica sono la classificazione all'interno della categoria C con topografia T1. Pertanto lo spettro di riferimento adottato nelle analisi numeriche è il seguente:



☐ Pericolosità sismica di base

T,R (anni)	a,g (g)	F,o	T,C* (sec)
30	0.045	2.493	0.240
50	0.056	2.504	0.258
72	0.065	2.493	0.270
101	0.075	2.488	0.270
140	0.086	2.477	0.273
201	0.100	2.471	0.280
475	0.140	2.462	0.284
975	0.179	2.464	0.291
2475	0.236	2.492	0.304

☐ Risposta sismica locale

Approccio semplificato secondo Normativa

Approccio rigoroso con Analisi RSL

Categoria di sottosuolo

C

Categoria topografica

T1

Quota sito/Altezza rilievo

0.000

$[0 \leq (h/H) \leq 1]$

Amplificazione topografica  $S_T$

1.000

(§3.2.3.2.1:  $S_T = 1.000$ )

T,R (anni)	Orizzontale			Verticale		
	a,max (g)	F,o	T,C (sec)	a,max (g)	F,v	T,C (sec)
30	0.068	2.493	0.404	0.045	0.714	0.150
50	0.084	2.504	0.424	0.056	0.800	0.150
72	0.098	2.493	0.437	0.065	0.858	0.150
101	0.113	2.488	0.437	0.075	0.920	0.150
140	0.129	2.477	0.440	0.086	0.981	0.150
201	0.150	2.471	0.447	0.100	1.055	0.150
475	0.209	2.462	0.452	0.140	1.244	0.150
975	0.257	2.464	0.459	0.179	1.407	0.150
2475	0.318	2.492	0.473	0.236	1.634	0.150

T,R (anni)	Orizzontale			Verticale		
	a,max (g)	F,o	T,C (sec)	a,max (g)	F,v	T,C (sec)
475	0.204	2.245	0.340			

Sito **Struttura** Componenti

☐ Vita nominale, Classe d'uso, Stati limite

Vita nominale (anni):  $V_N =$  50

Probabilità di superamento  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_R$  (Tab. 3.2.I)

Tempo di ritorno  $T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR})$

Classe d'uso: Classe II (normali affollamenti)

Stati Limite	P.VR (%)	T.R (anni)
SLO	81	30
SLD	63	50
SLV	10	475
SLC	5	975

Coefficiente d'uso:  $C_U = 1.0$

Periodo di riferimento per l'azione sismica (anni):  $V_R = V_N * C_U = 50$

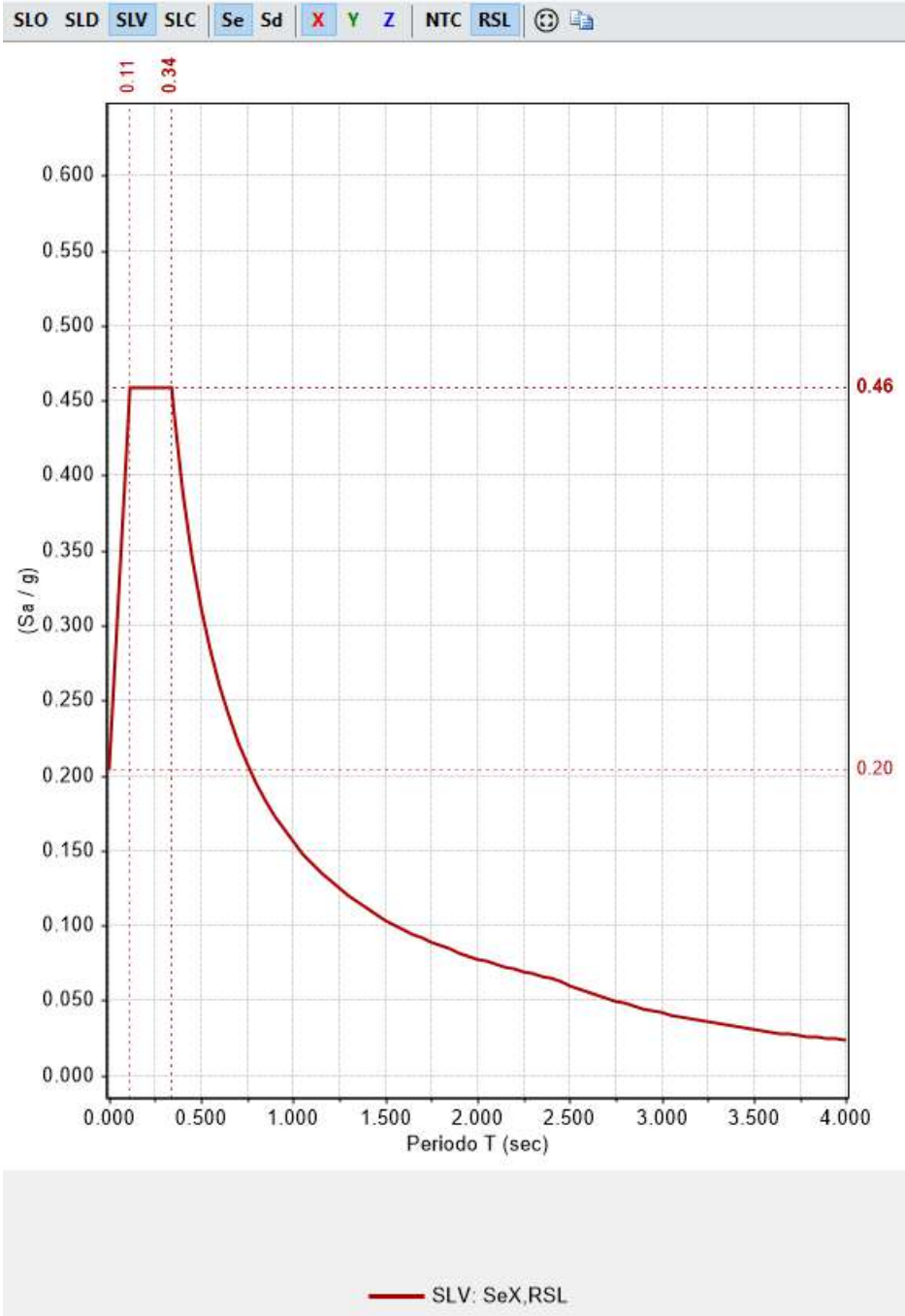
☐ Parametri di Spettro

Approccio semplificato secondo Normativa:

Stati Limite	T,R (anni)	Orizzontale							Verticale					
		a,g (g)	S,S	S	F,o	T,B (sec)	T,C (sec)	T,D (sec)	a,g (g)	S	F,v	T,B (sec)	T,C (sec)	T,D (sec)
SLO	30	0.045	1.500	1.500	2.493	0.135	0.404	1.780	0.045	1.000	0.714	0.050	0.150	1.000
SLD	50	0.056	1.500	1.500	2.504	0.141	0.424	1.824	0.056	1.000	0.800	0.050	0.150	1.000
SLV	475	0.140	1.493	1.493	2.462	0.151	0.452	2.160	0.140	1.000	1.244	0.050	0.150	1.000
SLC	975	0.179	1.435	1.435	2.464	0.153	0.459	2.316	0.179	1.000	1.407	0.050	0.150	1.000

Approccio rigoroso con Analisi RSL:

Stati Limite	T,R (anni)	Orizzontale				
		a,max (g)	F,o	T,B (sec)	T,C (sec)	T,D (sec)
SLO	30	0.066	2.273	0.101	0.304	1.864
SLD	50	0.082	2.283	0.106	0.319	1.928
SLV	475	0.204	2.245	0.113	0.340	2.416
SLC	975	0.251	2.247	0.115	0.345	2.603



**Spettro di progetto elastico**

## 6 VALUTAZIONE DI SICUREZZA

### Edificio Esistente in muratura - Intervento di Miglioramento

#### Risultati dell'analisi strutturale

Normativa di riferimento: D.M. 17.1.2018 (parametri di spettro conformi a reticolo D.M. 14.1.2008)

Questo documento è una scheda di sintesi, contenente i risultati dell'elaborazione in termini di confronto fra capacità e domanda e compilata con riferimento alla terminologia proposta dal D.M.17.1.2018.

Per la verifica di sicurezza di un intervento di miglioramento (§8.4.2) si richiede come obiettivo che l'indicatore di rischio sismico allo Stato di Progetto  $\zeta_E$  sia  $\geq 0.600$  per gli edifici di classe III ad uso scolastico e di classe IV, mentre per tutti gli altri casi si richiede che l'incremento  $\Delta\zeta_E$  sia  $\geq 0.100$ .

Per l'edificio in oggetto, nel modello di Aedes.PCM si è scelto il seguente obiettivo d'intervento: valore massimo di  $\zeta_E$  fra 0.600 e  $\zeta_E$  (Stato Attuale) = 0.230

Pertanto:  $\zeta_E \geq 0.600$

#### Sintesi dei risultati: Indicatori di Rischio sismico $\zeta_E$ in termini di PGA

#### Verifica soddisfatta

#### Stato di Progetto (dopo l'intervento)

Stato Limite	$\zeta_E$ (PGA <sub>C</sub> /PGA <sub>D</sub> )
<b>SLO</b>	
<b>SLD</b>	
<b>SLV</b>	<b>0.926</b>

#### Livello di Miglioramento sismico

Stato Limite	$\zeta_E$ Stato Attuale	$\zeta_E$ Stato di Progetto	Variazione $\Delta\zeta_E$
<b>SLO</b>			
<b>SLD</b>			
<b>SLV</b>		0.926	

#### Gerarchia dei comportamenti strutturali

Indicatore di rischio sismico obiettivo:  $\zeta_E \geq 0.600$

Edificio esistente, Classe d'uso (§2.4.2): II

Verifiche obbligatorie secondo Normativa (§7.3.6, §8.3): SLV: RES

In grigio: comportamenti non analizzati, o da non considerare (cfr. §7.3.6, Tab.7.3.III)

Comportamento	$\zeta_E$ (PGA <sub>C</sub> /PGA <sub>D</sub> )
SLV: Resistenza fuori piano	<b>0.926</b>
SLV: Resistenza nel piano	<b>1.172</b>

#### Domanda

Stato di Progetto (dopo l'intervento)		
Stato Limite	PGA <sub>D</sub> (g)	TR <sub>D</sub> (anni)
SLO	0.066	30

SLD	0.082	50
SLV	0.204	475

Analisi eseguite:

- Analisi statica non lineare (pushover)
- Analisi statica lineare con fattore di comportamento:  $q(\text{SLD}) = 1.500$ ,  $q(\text{SLV}) = 2.250$

Riferimenti per fattore di comportamento  $q$  (SLV):

- da Normativa (D.M.17.1.2018): posto in input  $(\alpha, U/\alpha, 1) = 1.50$ :  $q = 1.969$
- da analisi pushover:  $q = 2.040$
- secondo §7.3.1  $[Se(\text{SLV}) \geq Se(\text{SLD})]$ :  $q \geq 3.670$

Stato di Progetto (dopo l'intervento)				
SLD	$PGA_C$ (g)	$\zeta_E$ ( $PGA_C/PGA_D$ )	$TR_C$ (anni)	$\zeta_E$ ( $TR_C/TR_D$ )
Resistenza nel piano del pannello				
Resistenza fuori piano del pannello				
Capacità limite in fondazione				
Cinematismo				

SLV	$PGA_C$ (g)	$\zeta_E$ ( $PGA_C/PGA_D$ )	$TR_C$ (anni)	$\zeta_E$ ( $TR_C/TR_D$ )
Resistenza nel piano del pannello	0.239	1.172	831	1.749
Resistenza fuori piano del pannello	0.189	0.926	389	0.819
Capacità limite in fondazione				
Cinematismo				

**Indicatori di Rischio** (rapporto fra capacità e domanda).

I valori evidenziati si riferiscono al parametro  $\zeta_E$  definito in termini di PGA.

Stato di Progetto (dopo l'intervento)		
Stato Limite	$\zeta_E$ ( $PGA_C/PGA_D$ )	$\zeta_E$ ( $TR_C/TR_D$ )
<b>SLO</b>		
<b>SLD</b>		
<b>SLV</b>	<b>0.926</b>	0.819

Il valore di PGA specificato in input è pari ad  $ag \cdot S$ , accelerazione al suolo.

**Livello di Miglioramento sismico:**  $\zeta_E$  ( $PGA_C/PGA_D$ )

I valori evidenziati si riferiscono alla variazione del parametro  $\zeta_E$  definito in termini di PGA (+ = incremento).

Stato Limite	$\zeta_E$ Stato Attuale	$\zeta_E$ Stato di Progetto	Variazione $\Delta\zeta_E$
<b>SLO</b>			
<b>SLD</b>			
<b>SLV</b>		0.926	

**Capacità della struttura in termini di Vita Nominale; Tempo di intervento**

**Stato Attuale (prima dell'intervento)**

Dati in input (domanda):

Classe d'uso della costruzione (§2.4.2): non disp.  
Coefficiente d'uso della costruzione (§2.4.2, 2.4.3)  $C_U$ : non disp.  
Vita Nominale  $V_N$  (§2.4.1): non disp.  
Vita di Riferimento (§2.4.3)  $V_R = V_N * C_U$ : ###1202  
 $PV_R$  per SLV (definita in input): non disp.

Risultati dell'analisi (capacità):

$TR_{CLV} =$  non disp.

Dalla relazione:  $TR = -V_R / \ln(1-PV_R)$ , ponendo  $TR=TR_{CLV}$  e assumendo  $PV_R$  per SLV definita in input, segue la capacità della struttura in termini di Vita di Riferimento ( $V_{RC}$ ) e quindi di Vita Nominale, ossia il Tempo di intervento  $T_{INT} = (TR_{CLV}/C_U) * \ln(1-PV_R)$ :

$V_{RC} =$  non disp.

$T_{INT} =$  non disp.

### **Stato di Progetto (dopo l'intervento)**

Dati in input (domanda):

Classe d'uso della costruzione (§2.4.2): II

Coefficiente d'uso della costruzione (§2.4.2, 2.4.3)  $C_U$ : 1

Vita Nominale  $V_N$  (§2.4.1): 50 anni

Vita di Riferimento (§2.4.3)  $V_R = V_N * C_U$ : 50 anni

$PV_R$  per SLV (definita in input): 10 %

Risultati dell'analisi (capacità):

$TR_{CLV} = 389$  anni

Dalla relazione:  $TR = -V_R / \ln(1-PV_R)$ , ponendo  $TR = TR_{CLV}$  e assumendo  $PV_R$  per SLV definita in input, segue la capacità della struttura in termini di Vita di Riferimento ( $V_{RC}$ ) e quindi di Vita Nominale, ossia il Tempo di intervento  $T_{INT} = (TR_{CLV}/C_U) * \ln(1-PV_R)$ :

$V_{RC} = 41$  anni

$T_{INT} = 41$  anni

(\*) **Controllo di miglioramento per i singoli comportamenti:** l'indicatore di rischio  $\zeta_E$ , per un determinato stato di riferimento (Attuale o di Progetto), consiste nel valore minimo degli indicatori calcolati per i singoli comportamenti (spostamenti e resistenze, nel piano, fuori piano, fondazioni, cinematicismi).

Nelle tabelle dove sono evidenziati i valori dei singoli comportamenti allo Stato di Progetto, ognuno di questi viene contrassegnato da un simbolo (\*) qualora segni una diminuzione rispetto al corrispondente valore allo Stato Attuale. Ciò permette il controllo sul fatto che il miglioramento riguardi non solo il comportamento dell'edificio nel suo complesso come minimo risultato fra tutti i comportamenti esaminati, ma anche i singoli comportamenti stessi.

### **Edifici in muratura e verifiche di sicurezza: descrizione della metodologia**

Il D.M.17.1.2018 organizza le verifiche competenti ai vari Stati Limite in dipendenza dalla Classe d'Uso dell'edificio (Tab.7.3.III in §7.3.6), distinguendole in verifiche di rigidezza (RIG: consistono in verifiche di deformazione) e in verifiche di resistenza (RES, che coinvolgono i comportamenti dei pannelli murari nel piano e fuori piano e la capacità limite in fondazione).

Piu' precisamente:

#### **SLO: Stato Limite di Operatività:**

**RIG:** verifica obbligatoria per edifici nuovi e classe d'uso III o IV (§7.3.6), o per edifici esistenti e classe IV (§8.3).

In analisi lineare consiste nel controllo della deformazione di interpiano, con riferimento ai limiti indicati in §7.3.6.1.

In analisi statica non lineare la verifica per SLO è definita dal confronto fra capacità (definita dallo spostamento del punto di controllo pari a (2/3) di quello allo SLD) e domanda per SLO (determinata attraverso l'oscillatore monodimensionale calcolato con la bilineare equivalente allo SLV).

#### **SLD: Stato Limite di Danno:**

a) **RIG**: verifica obbligatoria per edifici nuovi e classe d'uso I e II (§7.3.6).

In analisi lineare consiste nel controllo della deformazione di interpiano, con riferimento ai limiti indicati in §7.3.6.1.

In analisi statica non lineare la verifica per SLD è definita dal confronto fra capacità e domanda. La capacità è definita dallo spostamento del punto di controllo minore fra le seguenti due condizioni:

- quello corrispondente al limite elastico della bilineare equivalente allo SLV;
- quello corrispondente al raggiungimento della resistenza massima a taglio in tutti i maschi murari in un qualunque livello di una qualunque parete ritenuta significativa ai fini dell'uso della costruzione, e comunque non prima dello spostamento per il quale si raggiunge un taglio di base pari a 3/4 del taglio di base massimo.

La domanda per SLD è determinata attraverso l'oscillatore monodimensionale calcolato con la bilineare equivalente allo SLV.

b) **RES**: verifica obbligatoria per edifici nuovi e classe d'uso III o IV (§7.3.6), o per edifici esistenti e classe IV (§8.3).

In analisi lineare consiste nelle verifiche di resistenza, con analisi condotta con fattore di comportamento  $q$  per SLD ( $q \leq 1.5$ , cfr. Tab.7.3.1 §7.3).

In analisi statica non lineare, la verifica per SLD coincide con quanto descritto per RIG.

### **SLV: Stato Limite di salvaguardia della Vita:**

**RES**: verifiche richieste per tutti gli edifici. Per gli edifici esistenti, include le verifiche dei cinematismi condotte in termini di resistenza (con fattore di comportamento  $q$  posto in genere pari a 2).

In analisi lineare consiste nelle verifiche di resistenza, con analisi condotta con fattore di comportamento  $q$ .

In analisi statica non lineare la verifica per SLV è definita dal confronto fra capacità e domanda. La capacità è definita dallo spostamento del punto di controllo pari a (3/4) di quello allo SLC. SLC è definito dallo spostamento minore fra le seguenti condizioni:

- quello corrispondente ad un taglio alla base residuo pari all'80% del massimo;
- quello corrispondente al raggiungimento della soglia limite di deformazione angolare per SLC in tutti i maschi di un qualunque livello in una qualunque parete ritenuta significativa ai fini della sicurezza.

La domanda per SLV è determinata attraverso l'oscillatore monodimensionale calcolato con la bilineare equivalente allo SLV.

### **Analisi sismiche eseguite e risultati per i vari comportamenti strutturali**

Per ogni modello analizzato come unica struttura globale o per ogni sottostruttura di un modello calcolato come assemblaggio di sottostrutture, la scheda di sintesi indica i tipi di analisi eseguite le cui verifiche confluiscono nei risultati degli indicatori di rischio, con distinzione fra Stato Attuale e Stato di Progetto.

Le possibili analisi ed i corrispondenti comportamenti strutturali sono i seguenti:

- **Analisi cinematica**: meccanismi di collasso (cinematismi)

- **Analisi statica non lineare (pushover)**:

a) comportamento dei pannelli nel piano (per pressoflessione e/o taglio);

b) se considerato in pushover: comportamento dei pannelli fuori piano per azioni di calcolo da modello;

c) se vi sono fondazioni nello schema statico e sono considerate in pushover: capacità limite delle fondazioni.

- **Analisi sismica lineare** (con priorità per la dinamica modale rispetto alla statica lineare):

a) comportamento dei pannelli nel piano (per pressoflessione e/o taglio), se non è eseguita la pushover;

b) se la verifica è richiesta: comportamento dei pannelli fuori piano per azioni di calcolo da modello

(considerato anche se è eseguita la pushover) e/o per azioni equivalenti secondo §7.2.3 e §7.8.1.5.2;

c) se vi sono fondazioni nello schema statico: capacità limite delle fondazioni, se non si considera in pushover.

Per garantire coerenza fra le verifiche eseguite in analisi lineare ed i risultati dell'analisi pushover, il fattore di comportamento  $q$  utilizzato in analisi lineare deve coincidere con  $q$  calcolato in pushover (rispettando comunque, nel caso del D.M.17.1.2018, secondo §7.3.1, il valore massimo di  $q$  tale che:  $S_{e,SLV} \geq S_{e,SLD}$ ).

### **Valutazione della sicurezza**

Per gli edifici esistenti, seguendo §8.3, è possibile che la valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi possano essere eseguiti con riferimento ai soli stati limite ultimi (SLV), salvo che per le costruzioni in classe d'uso IV: per esse quali sono richieste le verifiche anche agli stati limite di esercizio SLE (SLO e SLD),



per i quali potranno essere adottati livelli prestazionali ridotti.

L'**indicatore di rischio**  $\zeta_E$ , consistente nel rapporto tra Capacità e Domanda, costituisce il risultato in sintesi dell'analisi sismica dell'edificio.

Il calcolo dell'indicatore di rischio sismico viene effettuato attraverso un procedimento iterativo sulla domanda. Questa viene fatta variare fino a trovare il massimo valore sostenibile, tale cioè da garantire il soddisfacimento contemporaneo delle due seguenti condizioni: a) capacità  $\geq$  domanda (in termini di spostamento); b)  $q^*$  (rapporto tra la forza di risposta elastica e la forza di snervamento del sistema equivalente)  $\leq 3.0$ , con riferimento a SLV (la relazione  $q^* \leq 4.0$  indicata in D.M. 17.1.2018 per SLC viene ricondotta a  $q^* \leq 3.0$  per SLV, dato il rapporto di (3/4) esistente fra le capacità per SLC e per SLV (EuroCodice 8, UNI EN 1998-3:2005, §C4.1.2).

Per tutti gli stati limite di riferimento (SLO, SLD e SLV)  $\zeta_E$  può essere espresso sia in termini di PGA che di TR; i due valori non sono uguali data la non linearità del legame fra PGA e TR, ma in ogni caso sono contemporaneamente maggiori o minori di 1.

Per quanto riguarda la **pericolosità sismica**, la verifica di sicurezza e l'elaborazione dell'indicatore di rischio vengono eseguite in modo analogo sia nel caso di approccio semplificato (con riferimento al reticolo sismico italiano, pubblicato nel D.M.14.1.2008), sia nel caso di approccio rigoroso secondo **analisi della Risposta Sismica Locale (da microzonazione)**.

La procedura subisce invece alcune modifiche in altri casi di **parametri di spettro non conformi** al reticolo sismico, secondo le seguenti modalità.

**(a)** Se la difformità riguarda **ag**, il legame diretto tra TR e ag espresso dal reticolo non è più valido. Per tutti gli stati limite, il calcolo dell'indicatore di rischio si esegue attraverso una procedura iterativa direttamente su ag; il risultato in termini di TR si calcola in seguito facendo riferimento all'espressione proposta dal D.M. 65 del 07.03.2017:  $TR_C = TR_D * (PGA_C/PGA_D)^\eta$

dove:  $\eta = 1/0.49$  per  $ag \geq 0.25g$ ;  $\eta = 1/0.43$  per  $0.25g \geq ag \geq 0.15 g$ ;  $\eta = 1/0.356$  per  $0.15g \geq ag \geq 0.05 g$ ;  $\eta = 1/0.34$  per  $0.05 g \geq ag$  (ag = accelerazione massima su roccia, che viene assunta con riferimento a SLV). Per gli altri parametri di spettro, il valore viene unificato, per tutti i periodi di ritorno.

**(b)** Se la difformità riguarda **non ag ma altri parametri di spettro** (ad es. il coefficiente di suolo  $S_s$ ): i valori di ogni parametro difforme sono impostati costanti per tutti i periodi di ritorno, e la procedura iterativa viene eseguita su TR, sostituendo il valore previsto dalla Normativa con quello difforme.

**(c)** In caso di **spettro personalizzato definito per punti**, non è possibile risalire ai singoli parametri di spettro, tuttavia il valore di ancoraggio (spettro per  $T=0$ ), pari ad  $(ag*S)$ , consente una procedura iterativa basata sull'accelerazione mediante la quale è possibile definire, per ogni stato limite, il valore degli indicatori di rischio. La procedura assume per ipotesi che la forma spettrale sia proporzionale ad  $(ag*S)$  e che la definizione per punti dello spettro riguardi entrambe le direzioni sismiche X' e Y' (in assenza di una delle due definizioni, questa viene assunta uguale all'altra) ed un eventuale spettro in direzione Z; durante la procedura iterativa, tutti gli spettri vengono 'scalati' con il medesimo fattore di proporzionalità.

**(d)** Se la Normativa di riferimento è l'**EuroCodice**, il calcolo si limita agli indicatori di rischio in termini di PGA, con procedura iterativa analoga al punto (a) senza tuttavia valutare risultati in termini di TR.

La verifica di sicurezza per i **nuovi edifici** richiede che  $\zeta_E$  sia  $\geq 1.000$ .

Il D.M.17.1.2018 introduce livelli di sicurezza specifici per gli **edifici esistenti**, ed a tal fine è possibile fare riferimento all'indicatore  $\zeta_E$  **espresso in termini di accelerazione al suolo PGA**, preferibilmente espresso considerando gli effetti di suolo: **ag\*S** (la scelta di definizione di PGA come accelerazione su roccia ag o contenente anche gli effetti di suolo: ag\*S è definita in input nel file di Aedes.PCM).

Per gli **interventi di Miglioramento** (§8.4.2)  $\zeta_E$  può essere minore di 1.0: per le costruzioni di classe III ad uso scolastico e di classe IV a seguito degli interventi di miglioramento deve essere:  $\zeta_E \geq 0.600$ ; per tutti gli altri edifici,  $\zeta_E$  deve essere incrementato di almeno 0.1:  $\Delta\zeta_E \geq 0.100$ .

Per gli **interventi di Adeguamento** (§8.4.3) in alcuni casi (c) e in §8.4.3) è sufficiente che  $\zeta_E$  sia  $\geq 0.800$ , mentre negli altri casi il livello di sicurezza uguaglia quello richiesto alle nuove costruzioni:  $\zeta_E \geq 1.000$ .

Per quanto riguarda l'**intervallo di calcolo dei periodi di ritorno**: il D.M. 14.1.2008 definisce un periodo di ritorno compreso tra 30 e 2475 anni. Se dal calcolo risulta una capacità in termini di TR superiore a 2475 anni, si pone  $TR = 2475$  come limite superiore. Per quanto riguarda il limite inferiore, è possibile considerare valori

di TR minori di 30 anni con riferimento al Programma di ricerca DPC-ReLUIIS (Unità di Ricerca CNR-ITC): viene adottata un'estrapolazione mediante una regressione sui tre valori di hazard  $ag(30)$ ,  $ag(50)$  e  $ag(75)$ , effettuata con la funzione di potenza:  $ag(TR) = k TR^\alpha$ . L'intervallo di calcolo di TR è quindi [1,2475]; ne consegue che la capacità in termini di PGA può assumere anche valori minori di quello corrispondente a TR = 30 anni.

La **capacità della struttura in termini di Vita Nominale ( $V_{NC}$ )**, definita anche come **Tempo di intervento  $T_{INT}$** , si identifica con la Vita Nominale che è possibile assegnare alla struttura, in conseguenza del periodo di ritorno sostenibile  $TR_{CLV}$ , mantenendo nel corrispondente periodo di riferimento  $V_{RC} (= V_{NC} * C_U)$  la probabilità di superamento  $PV_R$  definita in input per lo Stato Limite ultimo SLV.

Per una valutazione del valore ottenuto per  $V_{NC}$  relativa a beni monumentali, si tenga presente che valori della vita nominale maggiori di 20 anni possono considerarsi ammissibili per un manufatto tutelato (§2.4 Direttiva P.C.M 9.2.2011). Se risulta:  $TR_{CLV} \geq 2475$  anni, si potrà considerare un valore della vita nominale  $\geq$  del limite  $V_{NC}$  riportato nella scheda (corrispondente a TR = 2475 anni:  $V_{NC} \geq 2475 * -\ln(1-PV_R) / C_U$ ).

Informazioni sulla generazione di questa scheda:

data di creazione: 20/11/2023 , 16:43:11

Nome dei file di progetto di Aedes.PCM:

Stato di Progetto (dopo l'intervento):

per Analisi globale: Edificio\_servizi\_SDP

eventuale file distinto per Analisi cinematica: -

## 6.1 CONFRONTO TRA CLASSE DI RISCHIO SISMICO PRE E POST INTERVENTO

Si riporta di seguito il confronto tra la classe di rischio sismico pre e post intervento:

<b>Classe di Rischio sismico Stato di fatto</b>		
<i>Si individua la Classe di Rischio della costruzione come la peggiore tra la Classe PAM e la Classe IS-V.</i>		

<b>PAM</b>	6.18%	<b>F</b>
<b>IS-V</b>	22.97%	<b>E</b>

Classe di Rischio sismico	<b>F</b>
---------------------------	----------

<b>Classe di Rischio sismico Stato di progetto</b>		
<i>Si individua la Classe di Rischio della costruzione come la peggiore tra la Classe PAM e la Classe IS-V.</i>		

<b>PAM</b>	1.23%	<b>B</b>
<b>IS-V</b>	92.65%	<b>A</b>

Classe di Rischio sismico	<b>B</b>
---------------------------	----------

## 7 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Si riportano nel seguito alcune riprese fotografiche dell'edificio oggetto di intervento:



**Vista esterna**



**Stato di degrado**



**Vista esterna altana**



**Mancanza di ammorsamento tra murature**



**Murature esterne in mattoni pieni e muratura trasversale in Doppio UNI**



**Tamponamento in forati delle aperture esistenti**



**Vista interna servizi igienici**