



Progetto esecutivo Adeguamento sismico  
Municipio di Guidizzolo (MN)

**INGEA34**

Studio associato di ingegneria ed  
architettura  
Via Imre Nagy 58, 46100 – Mantova (MN)

## **COMMITTENTE**



### **COMUNE DI GUIDIZZOLO**

PIAZZALE MARCONI, 1

46040 – GUIDIZZOLO (MN)

**INGEA34**

VIA IMRE NAGY, 58

46100 – MANTOVA (MN)

## **PROGETTO ESECUTIVO ADEGUAMENTO SISMICO** **MUNICIPIO DI GUIDIZZOLO (MN)**

### **R04 - RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE** **PROGETTO ESECUTIVO**



<b>Emissione</b>	<b>Data</b>	<b>Redatto</b>	<b>Controllato</b>	<b>Approvato</b>
Emissione	09/02/2023	Mari	Mari	Mari





## 1. INDICE

<b>1. INDICE .....</b>	<b>2</b>
<b>2. INDICE DELLE FIGURE .....</b>	<b>4</b>
<b>3. PERCORSO LOGICO DI VERIFICA.....</b>	<b>6</b>
3.1. Analisi struttura stato di fatto – modello 1.....	7
3.2. Analisi struttura stato di progetto – meccanismi locali.....	7
3.3. Analisi struttura stato di progetto – analisi globale non lineare .....	8
3.1. Analisi struttura stato di progetto – analisi statica.....	8
3.2. Analisi struttura stato di progetto – analisi globale lineare .....	8
<b>4. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>9</b>
<b>5. MATERIALI.....</b>	<b>9</b>
<b>5.1. CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI ESISTENTI .....</b>	<b>9</b>
5.1.1. MURATURA.....	9
5.1.2. CALCESTRUZZO .....	10
5.1.3. ACCIAIO DA C.A. ....	11
<b>5.2. CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI DI PROGETTO .....</b>	<b>11</b>
5.2.1. Riconfigurazioni .....	12
5.2.2. Ristilatura dei giunti.....	12
5.2.3. Rinforzo con tecnica dell'intonaco armato CRM.....	14
5.2.4. Cordoli in FRM in copertura .....	17
5.2.5. Nuovi muri in muratura armata .....	17
<b>6. AZIONI DI PROGETTO SULLA COSTRUZIONE.....</b>	<b>18</b>
<b>6.1. Analisi dei carichi solai .....</b>	<b>18</b>
6.1.1. Solaio tipo "1" – laterocemento H20+4cm – quota +5.85 e +9.28.....	22
6.1.2. Solaio tipo "2" – laterocemento H20+4cm – quota +1.06.....	22
6.1.3. Solaio tipo "3" – laterocemento H20+4cm – quota +9.28.....	23
6.1.4. Solaio tipo "4" – laterocemento H20+4cm – quota +5.85 e +9.28.....	24
6.1.5. Solaio tipo "5" – laterocemento H20+4cm – sottotetto .....	25
6.1.6. Solaio tipo "6" – laterocemento H20+4cm – copertura muricci e tavelloni .....	26
6.1.7. Solaio tipo "7" – Travi in c.a. + laterizio – copertura inclinata.....	27
6.1.8. Solaio tipo "8" – Scala.....	27
<b>6.2. Sisma .....</b>	<b>28</b>
<b>7. MODELLO NUMERICO NON LINEARE .....</b>	<b>34</b>
<b>7.1. Analisi non lineare (Pushover).....</b>	<b>34</b>
7.1.1. Distribuzione forze statiche orizzontali .....	34
7.1.2. Curva Fb-dc .....	35
7.1.3. Metodo telaio equivalente .....	36
<b>7.2. Modellazione struttura .....</b>	<b>38</b>





<b>7.3.</b>	<b>Modellazione delle azioni.....</b>	<b>44</b>
<b>7.3.1.</b>	<b>Peso proprio strutture (c.d.c. 1).....</b>	<b>45</b>
<b>7.3.2.</b>	<b>Carico impalcati (c.d.c. 2 – 3 – 4– 5 ).....</b>	<b>46</b>
<b>7.3.3.</b>	<b>Sisma non lineare (c.d.c. 6 – 21).....</b>	<b>48</b>
<b>7.4.</b>	<b>Combinazioni di carico .....</b>	<b>50</b>
<b>7.5.</b>	<b>Modellazione dei vincoli .....</b>	<b>52</b>
<b>7.6.</b>	<b>ANALISI STATICA - RISULTATI.....</b>	<b>53</b>
7.6.1.	MODELLO DI CALCOLO.....	53
7.6.1.1.	Combinazioni di carico.....	54
7.6.2.	RISULTATI E VERIFICHE PRINCIPALI.....	55
7.6.2.1.	Sollecitazioni Pareti.....	55
<b>7.7.</b>	<b>ANALISI NON LINEARE - RISULTATI .....</b>	<b>64</b>
7.7.1.	Parametri azione sismica.....	64
7.7.2.	Parametri curve di capacità .....	72
7.7.3.	Report diagrammi e analisi .....	73
7.7.4.	Risultati SLV.....	75
7.7.5.	Risultati SLD .....	76
<b>7.8.</b>	<b>VERIFICHE CAPACITA'-DOMANDA .....</b>	<b>81</b>
7.8.1.	Combinazione SLV .....	81
<b>8.</b>	<b>MODELLO NUMERICO LINEARE.....</b>	<b>84</b>
<b>8.1.</b>	<b>Analisi dinamica lineare.....</b>	<b>84</b>
8.1.1.	Modellazione delle azioni.....	84
8.1.1.	Peso proprio strutture (c.d.c. 1) .....	85
8.1.2.	Carico impalcati (c.d.c. 2 – 3 – 4– 5) .....	86
8.1.3.	Sisma (c.d.c. 6 – 13).....	88
<b>8.2.</b>	<b>Combinazioni di carico .....</b>	<b>91</b>
<b>8.3.</b>	<b>Modellazione dei vincoli .....</b>	<b>95</b>
<b>8.4.</b>	<b>Principali risultati.....</b>	<b>96</b>
8.4.1.	Intero edificio in muratura .....	96
8.4.2.	Nuove travi di fondazione .....	99
8.4.3.	Setti in c.a. ....	101
8.4.1.	Nuovi muri in muratura armata .....	103
<b>8.5.</b>	<b>Verifiche agli SLU .....</b>	<b>105</b>
8.5.1.	Travi di fondazione.....	105
8.5.2.	Setti in c.a. ....	107
8.5.3.	Muratura armata .....	112
<b>8.6.</b>	<b>Verifiche agli SLO .....</b>	<b>127</b>
<b>9.</b>	<b>ANALISI CINEMATISMI .....</b>	<b>129</b>
<b>9.1.</b>	<b>Parete 1 .....</b>	<b>133</b>
<b>9.2.</b>	<b>Parete 2 .....</b>	<b>144</b>





<b>9.3.</b>	<b>Parete 3 .....</b>	<b>150</b>
<b>10.</b>	<b>SISTEMA FRM IN COPERTURA .....</b>	<b>155</b>
<b>11.</b>	<b>VULNERABILITA' NON QUANTIFICABILI .....</b>	<b>157</b>
<b>12.</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>158</b>

## **2. INDICE DELLE FIGURE**

Figura 1: estratto normativa .....	6
Figura 2: pianta schemi solai - impalcato I - quota +1.06 .....	19
Figura 3: pianta schema solai - impalcato II - quota +5.85 .....	19
Figura 4: pianta schema solai - impalcato III + sottotetto - quota +9.28/+10.59 .....	20
Figura 5: pianta schema solai - copertura .....	20
Figura 6: indicazioni solai - sezione AA .....	21
Figura 7: indicazioni solai - sezione BB .....	21
Figura 8: archivio di carico n° 1 .....	22
Figura 9: archivio di carico n° 2 .....	23
Figura 10: archivio di carico n° 3 .....	24
Figura 11: archivio di carico n° 4 .....	25
Figura 12: archivio di carico n° 5 .....	26
Figura 13: archivio di carico n° 6 .....	26
Figura 14: archivio di carico n° 7 .....	27
Figura 15: archivio di carico n° 8 .....	28
Figura 16: estratto par. 2.4.2 NTC 2018 .....	29
Figura 17: estratto risposta sismica locale .....	29
Figura 18: controllo spettro RSL - Ord. 55/2018 .....	30
Figura 19: controllo spettro RSL - NTC 7.2.6 .....	31
Figura 20: Definizione curva di capacità sistema equivalente .....	36
Figura 21: esempio implementazione parete .....	39
Figura 22: proprietà elementi D2 parete PRO SAM .....	40
Figura 23: dettaglio modellazione vincoli .....	40
Figura 24: particolare modellazione copertura .....	41
Figura 25: particolare modellazione travi interne - Primo Piano .....	41
Figura 26: modello solido .....	42
Figura 27: modello solido (elementi pannello nascosti) .....	43
Figura 28: Modello unifilare .....	43
Figura 29: c.d.c. 1 peso proprio elementi strutturali .....	46
Figura 30: c.d.c. 2 - applicazione dei carichi da peso permanente solai .....	46
Figura 31: c.d.c. 3 - applicazione dei carichi da peso non strutturale solai .....	47
Figura 32: c.d.c. 4 - applicazione dei carichi variabili solai .....	47
Figura 33: c.d.c. 5 - applicazione dei carichi variabili solai (NEVE) .....	48
Figura 34: Modello unifilare - statica .....	54
Figura 35: Max sforzo normale - CC4 - maschi e fasce prospetto Sud .....	55
Figura 36: Verifica pressoflessione (4.5.5 NTC2018) maschi prospetto Sud .....	56
Figura 37: Max sforzo normale - CC4 - maschi e fasce Muro interno 1 direzione X .....	57
Figura 38: Verifica pressoflessione (4.5.5 NTC2018) maschi Muro interno 1 direzione X .....	57
Figura 39: Max sforzo normale - CC4 - maschi e fasce Muro interno 2 direzione X .....	58
Figura 40: Verifica pressoflessione (4.5.5 NTC2018) maschi Muro interno 2 direzione X .....	58
Figura 41: Max sforzo normale - CC4 - maschi e fasce prospetto Nord (retro) .....	59
Figura 42: Verifica pressoflessione (4.5.5 NTC2018) maschi prospetto Nord .....	59
Figura 43: Max sforzo normale - CC4 - maschi e fasce prospetto Ovest .....	60
Figura 44: Verifica pressoflessione (4.5.5 NTC2018) maschi prospetto Ovest .....	60
Figura 45: Max sforzo normale - CC4 - maschi e fasce prospetto Est .....	61
Figura 46: Verifica pressoflessione (4.5.5 NTC2018) maschi prospetto Est .....	61





Figura 47: Max sforzo normale - CC4 - maschi e fasce laterali - retro edificio .....	62
Figura 48: Verifica pressoflessione (4.5.5 NTC2018) maschi laterali - retro edificio .....	62
Figura 49: Max sforzo normale - CC4 - maschi e fasce laterali interni .....	63
Figura 50: Verifica pressoflessione (4.5.5 NTC2018) maschi laterali interni .....	63
Figura 51 Curva Fb-dc e curva ADSR - SLV – CC07 .....	75
Figura 52 CC07 Stato SAM - verifiche - modello solida .....	76
Figura 53 CC07 Stato SAM - verifiche - modello unifilare .....	76
Figura 54 Curva Fb-dc e curva ADSR – SLD – CC08 .....	78
Figura 55 CC07 Stato SAM – verifiche SLD - modello solido .....	79
Figura 56 CC08 Stato SAM – verifiche SLD - modello unifilare .....	79
Figura 57: c.d.c. 1 peso proprio elementi strutturali .....	86
Figura 58: c.d.c. 2 - applicazione dei carichi da peso permanente solai .....	86
Figura 59: c.d.c. 3 - applicazione dei carichi da peso non strutturale solai .....	87
Figura 60: c.d.c. 4 - applicazione dei carichi variabili solai .....	87
Figura 61: c.d.c. 5 - applicazione dei carichi variabili solai (NEVE) .....	88
Figura 62: c.d.c. 6 - carico sismico SLV: direzione X+, ecc pos .....	91
Figura 63: modo 4 .....	96
Figura 64: modo 4 .....	97
Figura 65: modo 3 .....	97
Figura 66: modo 3 .....	98
Figura 67: tabella riepilogativa modi di vibrare .....	98
Figura 68: Pressione minima travi fondazione – SLU statico – CC4 .....	99
Figura 69: Pressione minima travi fondazione - SLV - CC39 .....	99
Figura 70: Pressione minima travi fondazione - SLE rara - CC82 .....	100
Figura 71: Involuppo momento flettente M3 .....	100
Figura 72: Involuppo taglio V2 .....	101
Figura 73: Involuppo Sforzo Normale .....	101
Figura 74: Involuppo taglio membranale .....	102
Figura 75: Involuppo taglio ortogonale al piano .....	102
Figura 76: Involuppo momento membranale .....	103
Figura 77: Involuppo momento ortogonale al piano .....	103
Figura 78: Max Momento nel piano - Comb. SLV CC46 .....	104
Figura 79: Max Sforzo Normale compressione - Comb. SLU 4 .....	104
Figura 80: Max Taglio membranale - Comb. SLV CC34 .....	105
Figura 81: verifica a pressoflessione N/M .....	105
Figura 82: verifica a taglio lato calcestruzzo .....	106
Figura 83: verifica a taglio lato acciaio .....	106
Figura 84: diagramma armatura longitudinale .....	107
Figura 85: Rapporto As/Ac .....	107
Figura 86: verifica a pressoflessione N/M .....	108
Figura 87: Verifica a pressoflessione N/M - pareti estese debolmente armate .....	108
Figura 88: verifica N sismica .....	109
Figura 89: verifica snellezza .....	109
Figura 90: verifica a taglio compressione .....	110
Figura 91: verifica a taglio trazione (7.4.16 NTC 2018) .....	110
Figura 92: verifica a scorrimento (7.4.18 NTC2018) .....	111
Figura 93: Diagramma rapporto % Af verticale .....	111
Figura 94: Diagramma rapporto %Af orizzontale .....	112
Figura 95: Indicazione numerazione setti piano interrato .....	112
Figura 96: Indicazione numerazione setti piano terra .....	113
Figura 97: Indicazione numerazioni setti piano primo .....	113
Figura 98 Pianta cinematismi .....	129
Figura 99 Parete 1 valutata per analisi cinematismi .....	130
Figura 100 Parete 2 valutata per analisi cinematismi .....	130
Figura 101 Parete 3 valutata per analisi cinematismi .....	131





### 3. PERCORSO LOGICO DI VERIFICA

In questa relazione verranno esplicitati i risultati delle modellazioni condotte e quindi riportate le verifiche degli elementi strutturali primari (murature) al fine di dimostrare il livello di sicurezza ottenibile con l'intervento in progetto.

Si precisa che le valutazioni e modellazioni condotte sono direttamente derivate dalle medesime analisi svolte per la valutazione della sicurezza, che viene quindi in questa sede richiamata in toto, come base relativa allo stato ante-opera.

Alcuni paragrafi seguenti quindi riporteranno alcuni dei risultati e delle informazioni già inserite nella relazione di valutazione della sicurezza, quando ritenute utili all'esposizione del calcolo di progetto.

Tuttavia, per quanto riguarda l'esposizione completa dei risultati dello stato ante-intervento, si rimanda alla relazione *"R03 – Relazione di valutazione della sicurezza"*.

L'obiettivo del progetto è quello di pervenire all'adeguamento sismico del manufatto oggetto di studio, sede dell'amministrazione Comunale di Guidizzolo, sito in Piazzale G. Marconi 1.

Si precisa, come anche richiamato dal par. C8.4.3 della circolare illustrativa n. 7/2019, che per edifici di classe d'uso IV, poiché l'adeguamento è deciso dal proprietario del manufatto (e non deriva da altre condizioni che impongono normativamente l'adeguamento sismico), il parametro  $\zeta_E$  può assumersi pari a 0.80. Ne consegue che il livello di sicurezza di progetto impostato per la seguente valutazione è pari quindi all'80% della richiesta prevista da normativa.

#### **C8.4.3 INTERVENTO DI ADEGUAMENTO**

L'intervento di adeguamento ha l'obiettivo di raggiungere i livelli di sicurezza richiesti per gli edifici di nuova costruzione così come specificati nel § 8.4.3 delle NTC.

Per questa categoria di interventi la valutazione della sicurezza è obbligatoria e finalizzata a stabilire se la struttura, a seguito dell'intervento, è in grado di resistere alle combinazioni delle azioni di progetto con il grado di sicurezza richiesto dalle NTC. Non è necessario il soddisfacimento delle prescrizioni sui dettagli costruttivi (per esempio armatura minima, passo delle staffe, dimensioni minime di travi e pilastri, ecc.) previste per le costruzioni nuove.

Negli interventi di adeguamento delle costruzioni nei confronti delle azioni sismiche è richiesto, generalmente, il raggiungimento del valore unitario del parametro  $\zeta_E$ ; nel caso di semplici variazioni di classe e/o destinazione d'uso che comportino incrementi dei carichi verticali in fondazione superiori al 10% (caso c) del § 8.4.3 delle NTC è ammesso un valore minimo di  $\zeta_E$  pari a 0,8. È assimilabile a tale situazione anche l'adeguamento sismico deciso dal proprietario a seguito di inadeguatezza riscontrata attraverso la valutazione di sicurezza di cui al § 8.3 delle NTC, ma non ricadente nei casi a), b) o d).

Per gli edifici esistenti in muratura, particolarmente quelli storici, in cui il regime delle sollecitazioni è frutto della sovrapposizione delle vicende statiche subite dalla costruzione nel tempo, la previsione degli effetti degli interventi sul comportamento strutturale risulta estremamente difficile. Per questo motivo, è conveniente limitare l'alterazione dello stato di fatto per non creare situazioni di esito incerto; particolare cautela deve pertanto essere adottata nel caso di interventi di tipo a), b) e d).

In merito all'ultimo capoverso del § 8.4.3 delle NTC, esso stabilisce che non è necessario procedere all'adeguamento, salvo che non ricorrano una o più delle condizioni b), c), d) od e) di cui allo stesso § 8.4.3, solo nel caso di "variazione dell'altezza dell'edificio" causata dalla realizzazione di cordoli sommitali oppure causata da variazioni della copertura, che non comportino incrementi di superficie abitabile significativi dal punto di vista strutturale. Infatti, la ratio di tale disposizione è di permettere nelle situazioni citate, ferme restando le norme urbanistiche ed i regolamenti edilizi locali, la realizzazione di interventi di possibile beneficio strutturale, senza dover necessariamente adeguare l'intera costruzione.

**Figura 1: estratto normativa**





Richiamando il valore dell'indicatore di rischio risultante dall'analisi dello stato di fatto, pari a  $\zeta_{E\_SDF}=0.42$ , il miglioramento target di progetto è pari a circa 38 punti percentuali, per arrivare quindi ad uno  $\zeta_{E\_SDP} = 0.80$ .

### **3.1. Analisi struttura stato di fatto – modello 1**

La modellazione prevede la schematizzazione della struttura, senza elementi di fondazione e pertanto vincolata rigidamente al suolo, con l'applicazione di tutti i carichi di progetto e verificata secondo le richieste della normativa di calcolo attuale, ovvero D.M. 17.01.2018.

I parametri dei materiali, con particolare riferimento alla muratura e al calcestruzzo, sono modificati inserendo i valori ottenuti dalle prove effettuate sui materiali o secondo le indicazioni proposte rispettivamente nella circolare applicativa n. 7/2019 relativa al D.M. 17.01.2018 e nella Circolare Applicativa n. 617/2009 relativa al D.M. 14.01.2008. Per maggiori informazioni sui parametri scelti per i materiali si rimanda alla relazione “R02 – Relazione sui risultati di indagine e i materiali impiegati”.

Considerando la documentazione bibliografica acquisita e confermata sulla base del sopralluogo eseguito e considerando le indagini e le prove estese effettuate, si può considerare un livello di conoscenza LC2; a tale livello di conoscenza compete un determinato fattore di confidenza, denominato FC, il cui valore è  $FC = 1,2$ .

Per gli elementi in c.a., quali cordoli e travi interne, nel modello di calcolo sono state assegnate le armature longitudinali e trasversali sulla base di schemi che consentano la verifica secondo le normative vigenti all'epoca della costruzione.

L'analisi svolta è di tipo statico non lineare (Analisi Pushover).

Il risultato ottenuto è quindi un livello di sicurezza definito dal rapporto tra lo spostamento massimo nei confronti dell'azione sismica corrispondente al limite di capacità della struttura e lo spostamento massimo per l'azione corrispondente alla domanda della struttura.

I risultati dell'analisi ante-intervento sono riportati nella relazione “R03 – Relazione di valutazione della sicurezza”.

### **3.2. Analisi struttura stato di progetto – meccanismi locali**

Eseguita l'analisi globale della struttura, secondo le modalità di cui al par. C8.7.1.3.1 del D.M. 17.01.2018 si procederà alla verifica dei cinatismi locali che potrebbero instaurarsi sotto l'azione sismica. Tali meccanismi verranno valutati considerando i fattori di comportamento  $q$  ottenuti nell'analisi globale, ossia il rapporto tra la forza di risposta elastica e la forza di snervamento del sistema equivalente adottato per l'analisi non lineare.





### **3.3. Analisi struttura stato di progetto – analisi globale non lineare**

---

Come per il modello utilizzato per la valutazione della sicurezza, anche per la valutazione degli interventi di progetto è stato prodotto un modello di calcolo agli elementi finiti a cui è stata applicata un'analisi statica non lineare. Agli elementi costituenti le murature primarie (maschi murari) sono stati assegnati una serie di interventi di consolidamento e rinforzo, al fine di pervenire al soddisfacimento delle verifiche previste da normativa.

In considerazione del fatto che il fabbricato presenta una struttura portante in muratura ordinaria e che il fabbricato, ospitante la sede Municipale di Guidizzolo, non può subire modifiche sostanziali in termini di planimetria, elementi resistenti interni ed esterni, variazioni di configurazione delle murature portanti, si è optato per un intervento di consolidamento mediante realizzazione di betoncino armato tipo CRM con compositi fibrorinforzati, allo scopo di incrementare la sezione resistente del muro e le caratteristiche di resistenza dello stesso.

Inoltre, è prevista la costruzione di tre nuovi muri in muratura armata, con lo scopo di regolarizzare il comportamento dinamico del fabbricato, i muri saranno realizzati in modo da non interferire con le attuali funzioni e distribuzioni interne dell'edificio. L'inserimento dei nuovi muri di controventamento in direzione Y del modello, permette di migliorare la risposta all'azione sismica, in quanto il fabbricato presentava significative lacune lungo tale direzione principale.

Contestualmente sono stati previsti alcuni interventi di regolarizzazione della tessitura muraria con chiusura di nicchie esistenti ed aperture non necessarie. Sono state previste anche alcune chiusure o riduzioni di finestre esistenti, allo scopo di incrementare la sezione resistente dei maschi murari interessati.

### **3.1. Analisi struttura stato di progetto – analisi statica**

---

Partendo dal modello utilizzato per l'analisi globale non lineare dello stato di progetto, è stato creato un modello con le medesime caratteristiche ma a cui sono state applicate solamente le combinazioni di carico statiche. Con questa modellazione si è proceduto all'esecuzione delle verifiche in campo statico delle murature.

### **3.2. Analisi struttura stato di progetto – analisi globale lineare**

---

Per la valutazione dei nuovi elementi di progetto è stato prodotto un modello di calcolo lineare, costituito da elementi finiti bidimensionali e monodimensionali. In questo modello è stato modellato anche il piano interrato e sono state ipotizzate le travi di fondazione esistenti. Sono stati modellati i tre muri in muratura armata con le rispettive fondazioni e i muri in c.a.





## 4. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa di riferimento per il calcolo, dimensionamento e verifica delle strutture è la seguente:

[1] D.M. 17/01/2018 "Aggiornamento norme tecniche per le costruzioni".

[2] Circolare 21/01/2019, n. 7: Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018".

[3] CNR DT 215/2018: Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo di interventi di consolidamento statico mediante l'utilizzo di compositi fibrorinforzati a Matrice Inorganica.

## 5. MATERIALI

### 5.1. CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI ESISTENTI

Nel presente capitolo si procede alla valutazione delle caratteristiche dei materiali esistenti.

Come esplicitato nel documento "*R01 - Relazione tecnica generale*" considerando la documentazione bibliografica acquisita e confermata sulla base del sopralluogo eseguito e considerando le prove effettuate, si considera raggiunto un livello di conoscenza LC2; a tale livello di conoscenza compete un determinato fattore di confidenza, denominato FC, il cui valore è  $FC = 1,2$ .

#### 5.1.1. MURATURA

Per le murature esistenti sono state eseguite prove dirette sui materiali. Pertanto i valori di riferimenti sono assunti considerando i risultati delle prove e seguendo le indicazioni riportate nella tabella C8.5.I della circolare n. 7/2019. Per una più dettagliata illustrazione delle scelte dei valori utilizzati per la definizione dei materiali si rimanda alla relazione "*R02\_Relazione sui risultati delle indagini e dei materiali impiegati*".

Dai risultati dei saggi sono state identificate 3 tipologie di murature in laterizio:

- Muratura in mattoni pieni;
- Muratura in blocchi semipieni (pareti delle porzioni in ampliamento);
- Muratura in mattoni semipieni e malta tipo doppio UNI (muri sottotetto);

Si riportano i valori medi dei parametri delle 3 tipologie di murature:

N°	TIPOLOGIA ELEMENTO	f <sub>m</sub> (MPa)	f <sub>hm</sub> (MPa)	f <sub>v0</sub> (MPa)	τ <sub>0</sub> (MPa)	E (MPa)	G (MPa)	γ (kg/mc)
1	Muro in mattoni pieni e malta di calce	3.03	1.50	0.2	0.09	1800	600	1900
2	Muro in blocchi semipieni	4.70	2,35	0.20	0.20	4700	1880	1100





3	Muro in blocchi Doppio UNI	5.00	2.50	0.20	0.08	4550	1137.5	1500
---	----------------------------	------	------	------	------	------	--------	------

**Tabella 1: parametri murature**

Con:

- $f_m$ : resistenza media a compressione;
- $f_{hm}$ : resistenza media a compressione orizzontale;
- $f_{v0m}$ : resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali;
- $\tau_{0m}$ : resistenza a taglio per fessurazione diagonale;
- $E$ : modulo elastico di Young;
- $G$ : modulo elastico tangenziale;
- $\gamma$ : peso specifico del materiale;

Per quanto riguarda la muratura in mattoni pieni e malta di calce e la muratura in blocchi semipieni è stato raggiunto un livello di conoscenza LC2, a cui corrisponde un fattore di confidenza  $FC=1,2$ . Per quanto invece riguarda la muratura in blocchi Doppio UNI, cautelativamente si è assegnato un livello di conoscenza LC1, a cui corrisponde un fattore di confidenza  $FC=1,35$ .

### 5.1.2. CALCESTRUZZO

Per la determinazione della classe di resistenza del calcestruzzo si è partiti dai risultati ottenuti delle prove sclerometriche. Da tali prove è stato possibile assumere un calcestruzzo classificato Rck250 per le strutture in elevazione.

I parametri di calcolo medi assunti per le analisi numeriche, relativamente al calcestruzzo, sono i seguenti:

#### CALCESTRUZZO IN SITO

Resistenza caratteristica a compressione  $R_{ck} = 25 \text{ MPa}$

Parametri di calcolo:





Rck	25.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
fck	20.75	[N/mm <sup>2</sup> ]
fcd	11.76	[N/mm <sup>2</sup> ]
sigma c	12.45	[N/mm <sup>2</sup> ]
fctm	2.27	[N/mm <sup>2</sup> ]
fcfm	2.72	[N/mm <sup>2</sup> ]
fctk	1.59	[N/mm <sup>2</sup> ]
fbd ader	2.38	[N/mm <sup>2</sup> ]
fctd	1.06	[N/mm <sup>2</sup> ]
sigma c	12.45	[N/mm <sup>2</sup> ]
sigma c	9.34	[N/mm <sup>2</sup> ]
fcm	28.75	[N/mm <sup>2</sup> ]
E	30200.49	[N/mm <sup>2</sup> ]

I dati di interesse sono la resistenza a compressione, il modulo elastico ed il valore medio della resistenza a trazione per flessione. Per quanto riguarda il calcestruzzo, si considera di avere raggiunto un livello di conoscenza bsso, LC1, cui compete l'assunzione di un fattore di confidenza pari a FC=1.35.

### 5.1.3. ACCIAIO DA C.A.

Per quanto riguarda l'acciaio da c.a. non è stato ritenuto significativo effettuare delle prove sul materiale, i dati a disposizione sono dunque le informazioni ricavabili dagli Stati di avanzamento lavori dei progetti esistenti.

Si ipotizza la seguente classificazione dei ferri:

- Strutture di fondazione: Acciaio Fe32k
- Struttura del sovrizzo: Acciaio FeB44k

Per l'acciaio da c.a. si assume un livello di conoscenza intermedio, pari a LC1, cui compete un fattore di confidenza pari a FC=1.35.

## 5.2. CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI DI PROGETTO

Nel presente capitolo sono elencati i materiali da utilizzare per la realizzazione degli interventi esposti nella relazione "R01\_Relazione tecnica generale".





### 5.2.1. Riconfigurazioni

Per realizzare le nuove pareti ammorsate alle pareti esistenti, utilizzare i medesimi materiali delle pareti esistenti, quindi i materiali riportati nel capitolo precedente. Nel modello di calcolo le porzioni di muratura riconfigurata sono state considerate con gli stessi parametri della muratura esistente.

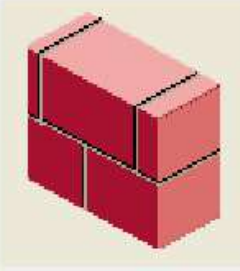
### 5.2.2. Ristilatura dei giunti

- Malta di classe minima M10

Nel modello di calcolo l'applicazione dell'intonaco armato alla muratura in mattoni pieni e malta di calce è stata implementata attraverso la creazione di un materiale con le medesime caratteristiche del materiale originale, ma a cui sono stati applicati dei coefficienti per incrementarne la resistenza.

Definizione proprietà materiale tipo muratura

Stringa identificativa	Muratura in mattoni pieni e ...
<b>Generalità</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> Materiale esistente	
Fattore di confidenza FC m	1.2
<b>Resistenze</b>	
Resistenza fm	30.3 [daN/cm <sup>2</sup> ]
Resistenza fhm	15.0 [daN/cm <sup>2</sup> ]
Resistenza fv0m	0.9 [daN/cm <sup>2</sup> ]
Resistenza fv0hm	0.9 [daN/cm <sup>2</sup> ]
Resistenza tau0m	0.9 [daN/cm <sup>2</sup> ]
Resistenza fvlmm	3.38 [daN/cm <sup>2</sup> ]
<input type="checkbox"/> Elasto-plastico per aste ...	
<input checked="" type="checkbox"/> Muratura consolidata	
Tecnica di intervento	Imposta
<b>Proprietà</b>	
Peso specifico	2.0000e-03 [daN/cm <sup>3</sup> ]
Dilatazione termica	1.0000e-05 [1/C]
Dilatazione termica 2	1.0000e-05 [1/C]
Dilatazione termica 3	1.0000e-05 [1/C]
Smorzamento	5.0
<b>Costanti elastiche</b>	
Modulo E	18000.0 [daN/cm <sup>2</sup> ]
Poisson	0.0
Modulo G	6000.0 [daN/cm <sup>2</sup> ]
<input checked="" type="checkbox"/> Ortotropo	



OK Annulla





Intervento di consolidamento

Tipologia di muratura originale

- ☐ Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)
- ☐ Muratura a conci sbazzati, con paramenti di spessore disomogeneo
- ☐ Muratura in pietre a spacco con buona tessitura
- ☐ Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)
- ☐ Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)
- ☐ Muratura a blocchi lapidei squadriati
- ☒ Muratura in mattoni pieni e malta di calce
- ☐ Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es: doppio UNI foratura <= 40%)

Tipologia di interventi

- ☒ Iniezioni di miscele leganti
- ☐ Intonaco armato
- ☐ Ristilatura armata con connessione dei paramenti
- ☐ Consolidamento con diaframi artificiali
- ☐ Consolidamento con tirantini antispulsione
- ☐ Applica incremento v,t anche a resistenza blocchi

Nota per intonaco armato:

- ☐ Muratura originale dotata di scarsa o nulla connessione trasversale.

Altri interventi (per analisi lineari)

- ☐ Compositi fibrorinforzati (FRP)
- ☐ Compositi fibrorinforzati (FRCM)
- ☐ Tirantature metalliche diffuse

Schema applicazione:

Non previsto

Incremento conseguibile

Resistenza f: 1.30      Resistenza: 1.30      Rigidezza: 1.00

OK      Annulla

Per determinare il coefficiente migliorativo da applicare alle resistenze si è partiti dai coefficienti indicati nella tabella C8.5.II della Circolare 21/01/2019, n. 7 relativi alla buona malta.

**Tabella C8.5.II** -Coefficienti correttivi massimi da applicarsi in presenza di: malta di caratteristiche buone; ricorsi o listature; sistematiche connessioni trasversali; consolidamento con iniezioni di malta; consolidamento con intonaco armato; ristilatura armata con connessione dei paramenti.

Tipologia di muratura	Stato di fatto			Interventi di consolidamento			
	Malta buona	Ricorsi o listature	Connessione trasversale	Iniezione di miscele leganti (*)	Intonaco armato (**)	Ristilatura armata con connessione dei paramenti (**)	Massimo coefficiente complessivo
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,5	1,3	1,5	2	2,5	1,6	3,5
Muratura a conci sbazzati, con paramenti di spessore disomogeneo	1,4	1,2	1,5	1,7	2,0	1,5	3,0
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	1,3	1,1	1,3	1,5	1,5	1,4	2,4
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,5	1,2	1,3	1,4	1,7	1,1	2,0
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,6	-	1,2	1,2	1,5	1,2	1,8
Muratura a blocchi lapidei squadriati	1,2	-	1,2	1,2	1,2	-	1,4
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	(***)	-	1,3 (****)	1,2	1,5	1,2	1,8
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es: doppio UNI foratura ≤40%)	1,2	-	-	-	1,3	-	1,3

(\*) I coefficienti correttivi relativi alle iniezioni di miscele leganti devono essere commisurati all'effettivo beneficio apportato alla muratura, riscontrabile con verifiche sia nella fase di esecuzione (iniettabilità) sia a-posteriori (riscontri sperimentali attraverso prove soniche o similari).

(\*\*) Valori da ridurre convenientemente nel caso di pareti di notevole spessore (p.es. > 70 cm).

(\*\*\*) Nel caso di muratura di mattoni si intende come "malta buona" una malta con resistenza media a compressione  $f_m$  superiore a 2 N/mm<sup>2</sup>. In tal caso il coefficiente correttivo può essere posto pari a  $f_m^{0.25}$  ( $f_m$  in N/mm<sup>2</sup>).

(\*\*\*\*) Nel caso di muratura di mattoni si intende come muratura trasversalmente connessa quella apparecchiata a regola d'arte.

Essendo la ristilatura prevista per uno spessore di 7 cm per lato, è stata calcolata una media pesata del coefficiente migliorativo da applicare considerando un muro di spessore 38 cm.

Spessore di muro a cui è applicato l'intervento di ristilatura: 7cm+7cm=14 cm

Spessore di muro a cui non è applicata la ristilatura dei giunti: 38 – 14=24 cm





Coefficiente migliorativo partendo da una malta con resistenza media a compressione  $f_m$  superiore a  $10 \text{ N/mm}^2$ :  $10^{0,35}=2,24$ . Considerando che il massimo coefficiente complessivo da applicarsi alla muratura in mattoni pieni e malta di calce è 1,8, si considera 1,8 il coefficiente migliorativo da applicare allo spessore di muro in cui è effettuata la ristilatura.

Coefficiente migliorativo calcolato facendo la media pesata sullo spessore del muro:  
 $(1,8 \cdot 14 + 1 \cdot 24) / 38 = 1,3$

A tutti i muri in cui sarà effettuata la ristilatura dei giunti è stata incrementata la resistenza del 30%.

### 5.2.3. Rinforzo con tecnica dell'intonaco armato CRM

- Rete in fibra di vetro alcali resistente
  - Resistenza a trazione media (trama)  $\geq 921 \text{ MPa}$
  - Resistenza a trazione caratteristica (trama)  $\geq 822 \text{ MPa}$
  - Modulo elastico medio (trama)  $\geq 51,37 \text{ GPa}$
  - Deformazione a rottura, valore caratteristico (trama)  $\geq 1,58\%$
- Bio-malta fibrorinforzata strutturale a base di calce idraulica naturale NHL 3,5
  - Resistenza a compressione (28 gg)  $\geq 10 \text{ MPa}$
  - Resistenza a trazione (28 gg)  $\geq 3 \text{ MPa}$
  - Modulo elastico, valore medio (28 gg)  $\geq 7 \text{ GPa}$
  - Percentuale in peso delle componenti organiche  $\leq 10\%$

Nel modello di calcolo l'applicazione dell'intonaco armato alla muratura in mattoni pieni e malta di calce è stata implementata attraverso la creazione di un materiale con le medesime caratteristiche del materiale originale, ma a cui sono stati applicati dei coefficienti per incrementarne la resistenza e la rigidezza.





Definizione proprietà materiale tipo muratura

Stringa identificativa Muratura in mattoni pieni e ...

**Generalità**

☒ Materiale esistente

Fattore di confidenza FC m 1.2

**Resistenze**

Resistenza fm	30.3 [daN/cm <sup>2</sup> ]
Resistenza fhm	15.0 [daN/cm <sup>2</sup> ]
Resistenza fv0m	0.9 [daN/cm <sup>2</sup> ]
Resistenza fv0hm	0.9 [daN/cm <sup>2</sup> ]
Resistenza tau0m	0.9 [daN/cm <sup>2</sup> ]
Resistenza fvlmm	3.38 [daN/cm <sup>2</sup> ]

☐ Elasto-plastico per aste ...

☒ Muratura consolidata

Tecnica di intervento **Imposta**

**Proprietà**

Peso specifico	2.0000e-03 [daN/cm <sup>3</sup> ]
Dilatazione termica	1.0000e-05 [1/C]
Dilatazione termica 2	1.0000e-05 [1/C]
Dilatazione termica 3	1.0000e-05 [1/C]
Smorzamento	5.0

**Costanti elastiche**

Modulo E	18000.0 [daN/cm <sup>2</sup> ]
Poisson	0.0
Modulo G	6000.0 [daN/cm <sup>2</sup> ]

☒ Ortotropo

OK Annulla

Intervento di consolidamento

**Tipologia di muratura originale**

- ☐ Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)
- ☐ Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo
- ☐ Muratura in pietre a spacco con buona tessitura
- ☐ Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)
- ☐ Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)
- ☐ Muratura a blocchi lapidei squadriati
- ☒ Muratura in mattoni pieni e malta di calce
- ☐ Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es: doppio UNI foratura <= 40%)

**Tipologia di interventi**

- ☐ Iniezioni di miscele leganti
- ☒ Intonaco armato
- ☐ Ristilatura armata con connessione dei paramenti
- ☐ Consolidamento con diatoni artificiali
- ☐ Consolidamento con tirantini antiespulsione
- ☐ Applica incremento v,t anche a resistenza blocchi

Nota per intonaco armato:

- ☐ Muratura originale dotata di scarsa o nulla connessione trasversale

**Altri interventi (per analisi lineari)**

- ☐ Compositi fibrorinforzati (FRP)
- ☐ Compositi fibrorinforzati (FRCM)
- ☐ Tirantature metalliche diffuse

Schema applicazione: Non previsto

**Incremento conseguibile**

Resistenza f: 1.50      Resistenza 1.50      Rigidezza: 1.70

OK Annulla

I coefficienti di incremento legati alla resistenza sono stati assunti come indicato nella tabella C8.5.II della Circolare 21/01/2019, n. 7.





**Tabella C8.5.II** -Coefficienti correttivi massimi da applicarsi in presenza di: malta di caratteristiche buone; ricorsi o listature; sistematiche connessioni trasversali; consolidamento con iniezioni di malta; consolidamento con intonaco armato; ristilatura armata con connessione dei paramenti.

Tipologia di muratura	Stato di fatto			Interventi di consolidamento			
	Malta buona	Ricorsi o listature	Connessione trasversale	Iniezione di miscele leganti (*)	Intonaco armato (**)	Ristilatura armata con connessione dei paramenti (**)	Massimo coefficiente complessivo
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,5	1,3	1,5	2	2,5	1,6	3,5
Muratura a conci sbazzati, con paramenti di spessore disomogeneo	1,4	1,2	1,5	1,7	2,0	1,5	3,0
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	1,3	1,1	1,3	1,5	1,5	1,4	2,4
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1,5	1,2	1,3	1,4	1,7	1,1	2,0
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1,6	-	1,2	1,2	1,5	1,2	1,8
Muratura a blocchi lapidei squadriati	1,2	-	1,2	1,2	1,2	-	1,4
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	(***)	-	1,3 (****)	1,2	1,5	1,2	1,8
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	1,2	-	-	-	1,3	-	1,3

Per quanto riguarda il coefficiente per incrementare la rigidezza:

- è stata stimata la rigidezza dei maschi di diversi spessori, considerando anche la presenza dei due strati di intonaco armato;
- è stata calcolata la media delle rigidezze dei maschi consolidati;
- è stato calcolato il rapporto tra la media delle rigidezze dei muri consolidati e la rigidezza del materiale originario.

Sulla base di tali valutazioni si è deciso di adottare un coefficiente amplificativo di 1.70.





#### 5.2.4. Cordoli in FRCM in copertura

- Tessuto in acciaio inox
  - Spessore equivalente del tessuto  $\geq 0,091$  mm
  - Modulo elastico medio  $\geq 228,52$  GPa
  - Deformazione ultima media  $\geq 0,76\%$
- Malta a base di calce idraulica
  - Resistenza a compressione caratteristica  $> 15$  MPa
  - Percentuale in peso delle componenti organiche  $\leq 10\%$

Caratteristiche del sistema composito su supporto in laterizio

- Spessore nominale  $\geq 10$  mm
- Deformazione limite convenzionale  $\geq 0,76\%$

Lo scopo di questi elementi è quello di collegare, a livello della copertura, i corpi aggiunti negli anni '80 con il nucleo pre-esistente.

#### 5.2.5. Nuovi muri in muratura armata

- Blocchi in laterizio per strutture di elevazione in muratura armata:
  - resistenza del blocco caratteristica verticale 15 MPa
  - resistenza del blocco caratteristica orizzontale 4 MPa
  - percentuale di foratura  $< 45\%$
- Malta per muratura armata:
  - resistenza a compressione a 28 gg  $> 10$  MPa
  - modulo elastico a 28 gg 9000 MPa classe (secondo UNI EN 998-2)

- Acciaio per muratura armata:

Proprietà	Requisito
Limite di snervamento $f_y$	$\geq 450$ MPa
Limite di rottura $f_t$	$\geq 540$ MPa
Allungamento totale al carico massimo $A_{gt}$	$\geq 7,5\%$
Rapporto $f_t/f_y$	$1,15 \leq R_m/R_e \leq 1,35$
Rapporto $f_y$ misurato/ $f_y$ nom	$\leq 1,25$

Tensione di snervamento caratteristica  $f_{yk} \geq 450$  N/mm<sup>2</sup>

Tensione caratteristica a rottura  $f_{tk} \geq 540$  N/mm<sup>2</sup>

Tensione in condizione di esercizio (comb. Rara)  $\sigma_c = 0,80 \cdot f_{yk} = 360,00$  N/mm<sup>2</sup>



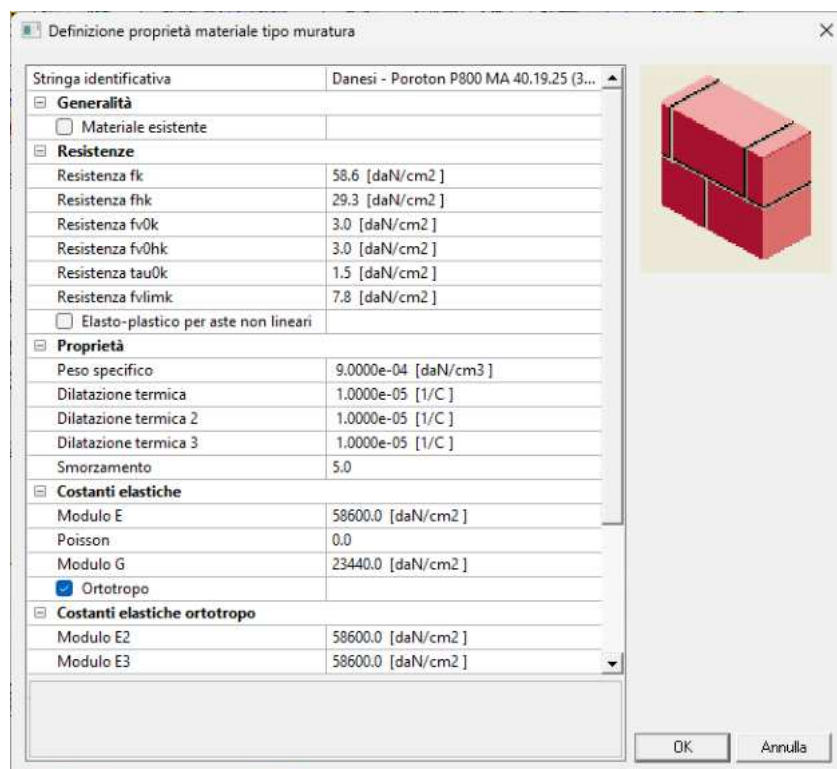
Fattore di sicurezza acciaio

$$\gamma_s = 1.15$$

Resistenza a trazione di calcolo

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391.30 \text{ N/mm}^2$$

L'immagine seguente mostra l'implementazione del materiale negli archivi del software di calcolo:



## 6. AZIONI DI PROGETTO SULLA COSTRUZIONE

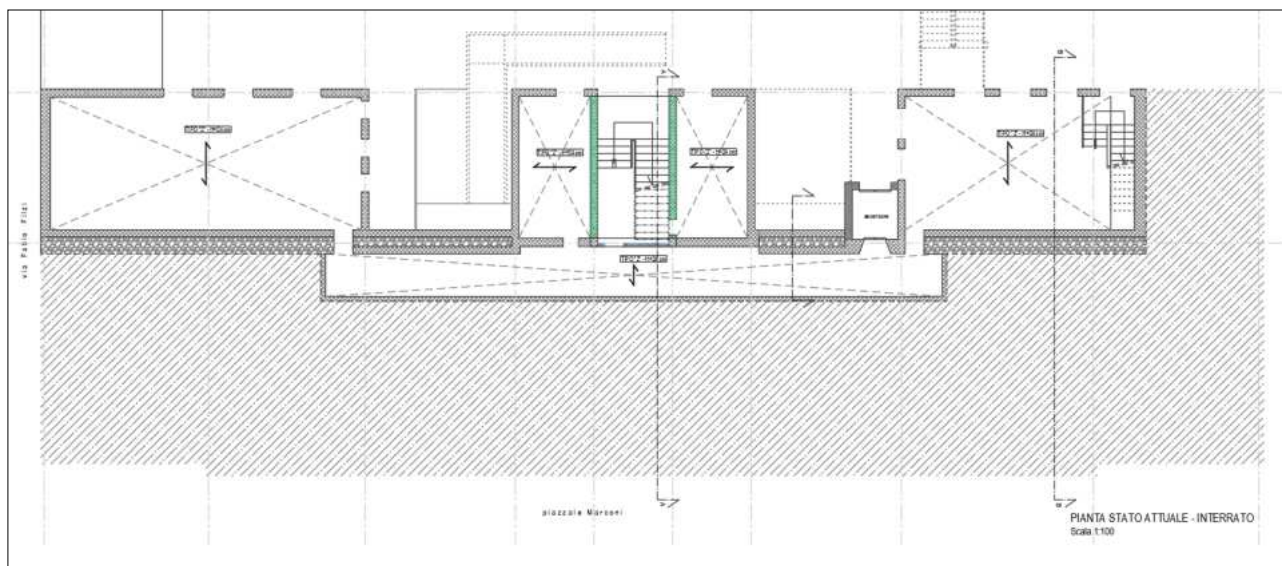
Le azioni di progetto agenti sulla costruzione sono relative ai carichi da solaio (permanenti e di esercizio), i carichi dei muri perimetrali e di spina e le azioni sismiche.

L'azione da vento non viene considerata nel calcolo in quanto risulta palesemente inferiore come intensità all'azione sismica che quindi risulta dimensionante.

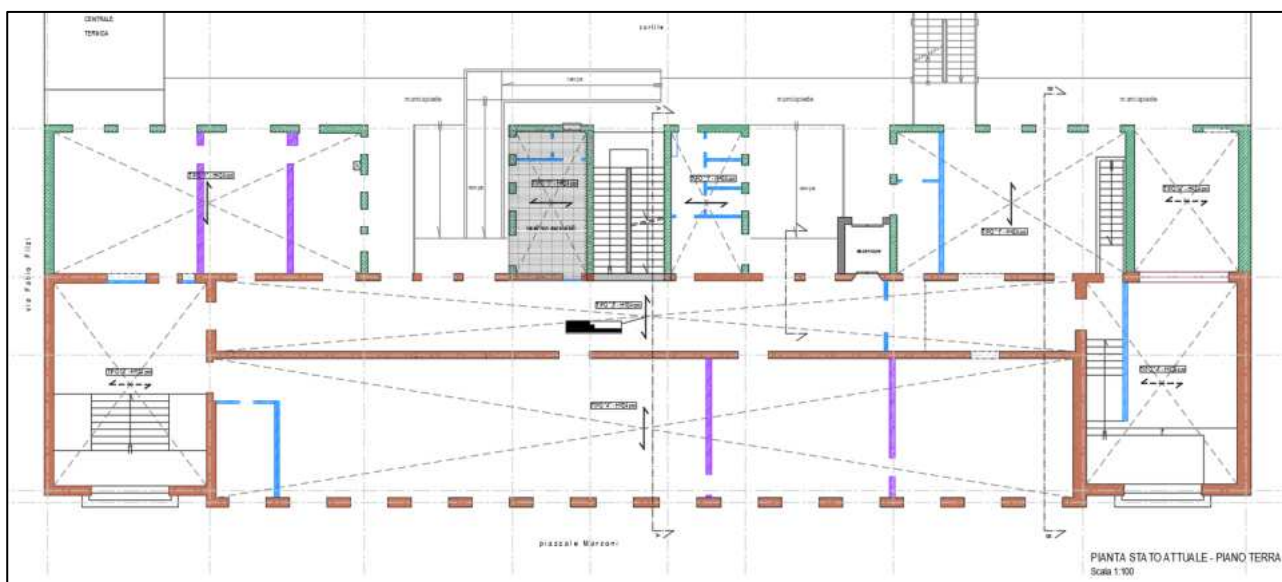
### 6.1. Analisi dei carichi solai

Per ogni orizzontamento e per la copertura sono state definite diverse tipologie di solaio, ciascuna delle quali è caratterizzata da una specifica stratigrafia e carico di esercizio. Nel seguito si riportano le indicazioni delle tipologie di solaio su piante e sezioni per poi descrivere i singoli carichi agenti.



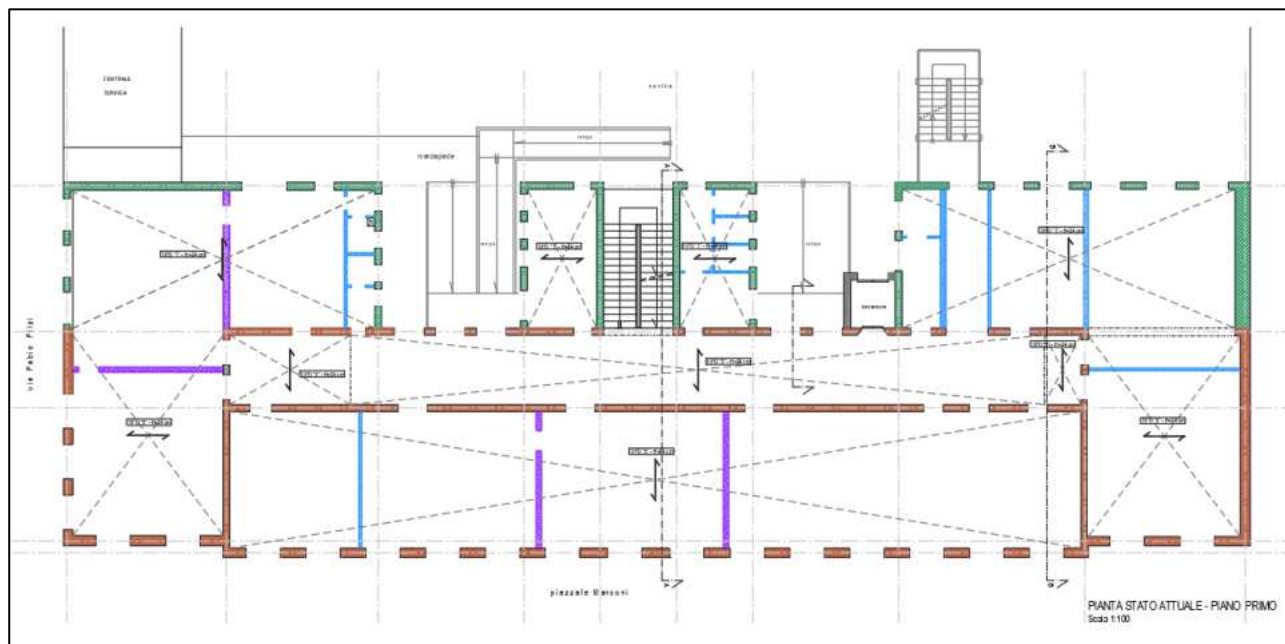


**Figura 2: pianta schemi solai - impalcato I - quota +1.06**

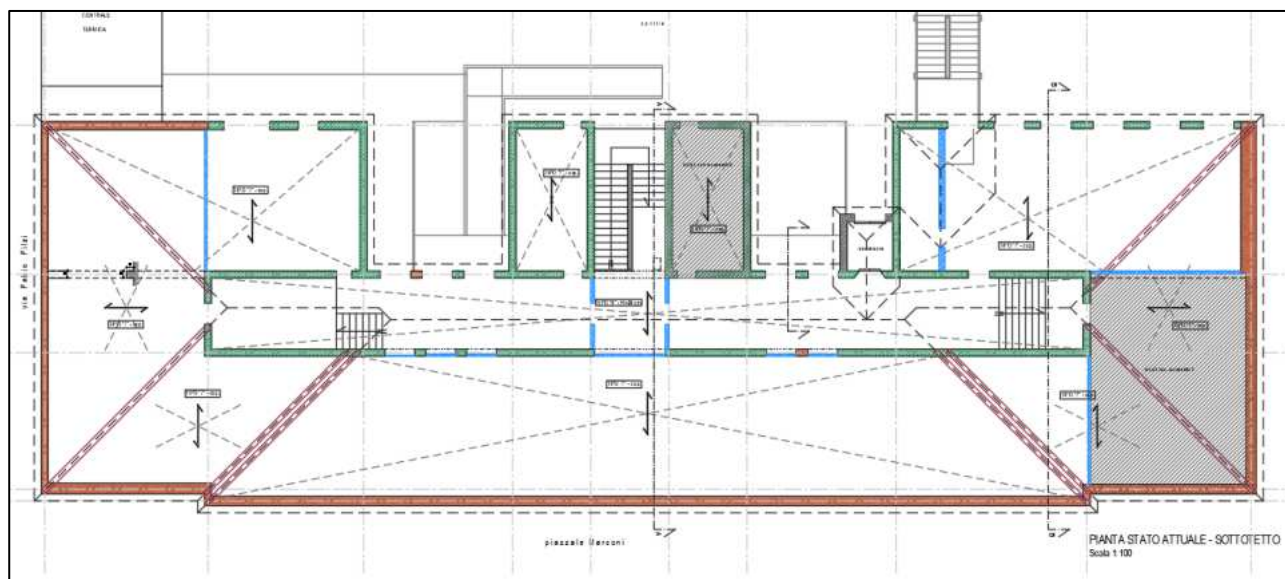


**Figura 3: pianta schema solai - impalcato II - quota +5.85**



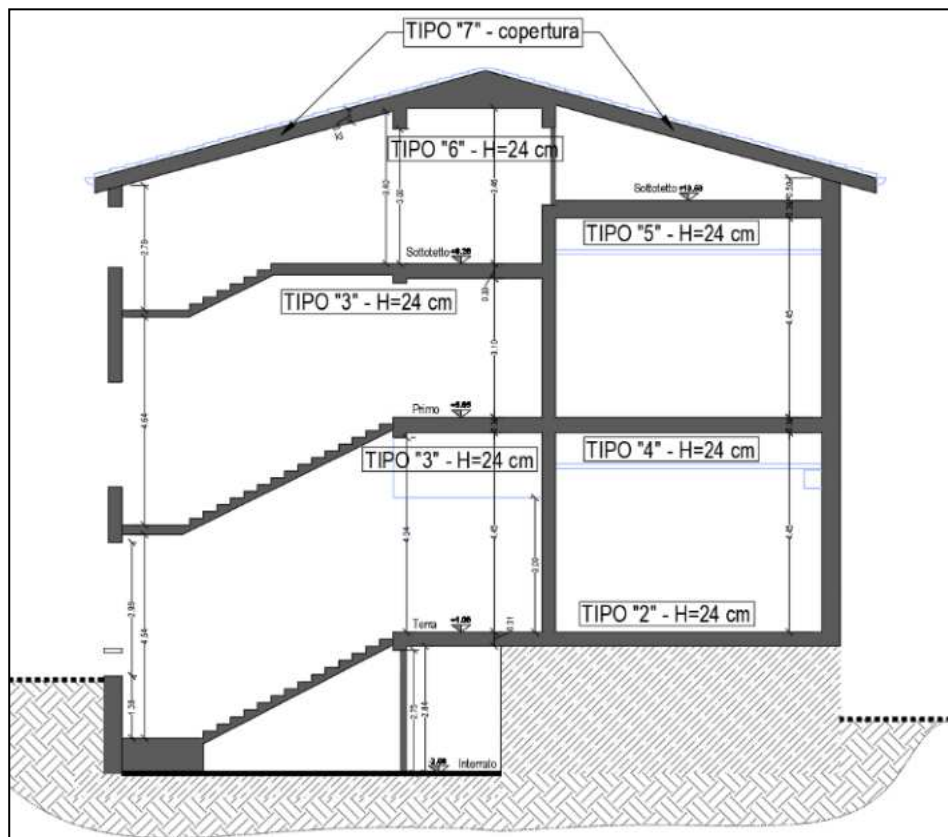


**Figura 4: pianta schema solai - impalcato III + sottotetto - quota +9.28/+10.59**

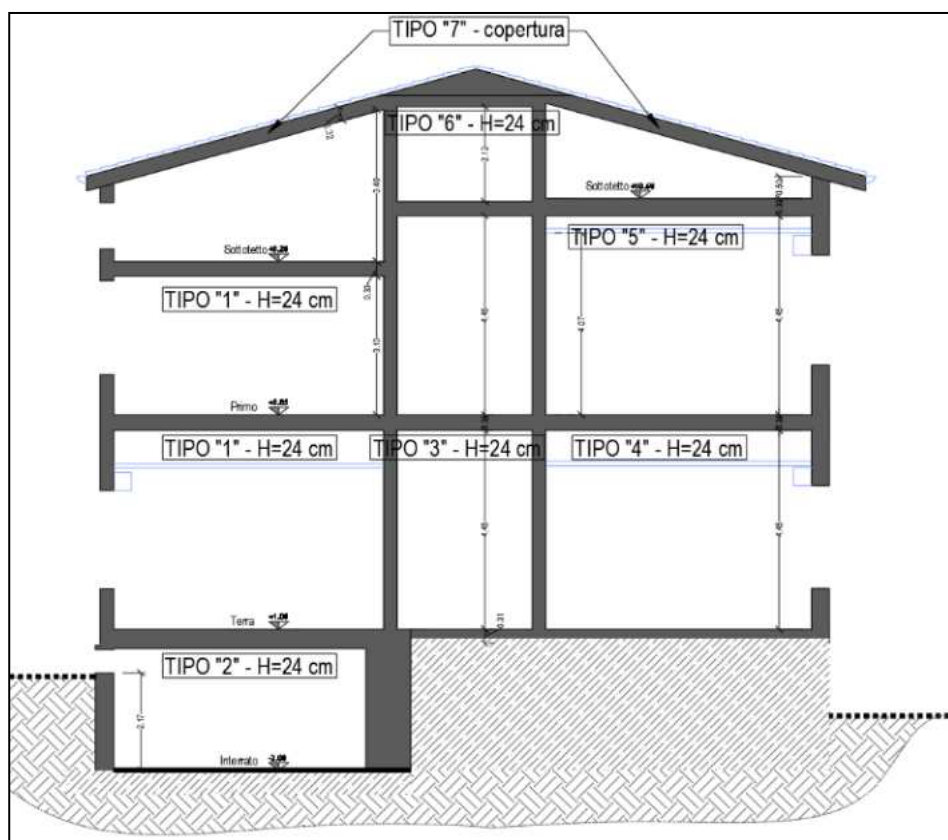


**Figura 5: pianta schema solai - copertura**





**Figura 6: indicazioni solai - sezione AA**



**Figura 7: indicazioni solai - sezione BB**



### 6.1.1. Solaio tipo "1" – laterocemento H20+4cm – quota +5.85 e +9.28

Il solaio in questione realizza il piano di calpestio del primo e secondo piano nelle zone delle 3 appendici realizzate come ampliamento delle opere di riattamento del '79. Dalle informazioni a disposizione questo solaio presenta cappa superiore in calcestruzzo.

- Peso proprio strutturale solaio: **315 daN/mq**
- Carichi permanenti portati:
  - intonaco inferiore 30 daN/mq
  - sottofondo calce e sabbia per impianti (0,09\*1800) 165 daN/mq
  - pavimento 40 daN/mq
  - controsoffitto 15 daN/mq
  - tramezzature pesanti (NTC 2018) 120 daN/mq
  - Totale parziale **370 daN/mq**
- Sovraccarico VARIABILE UFFICI APERTI AL PUBBLICO (cat. B2): **300 daN/mq**

Il solaio in questione è implementato nel calcolo con l'archivio di carico n° 1.

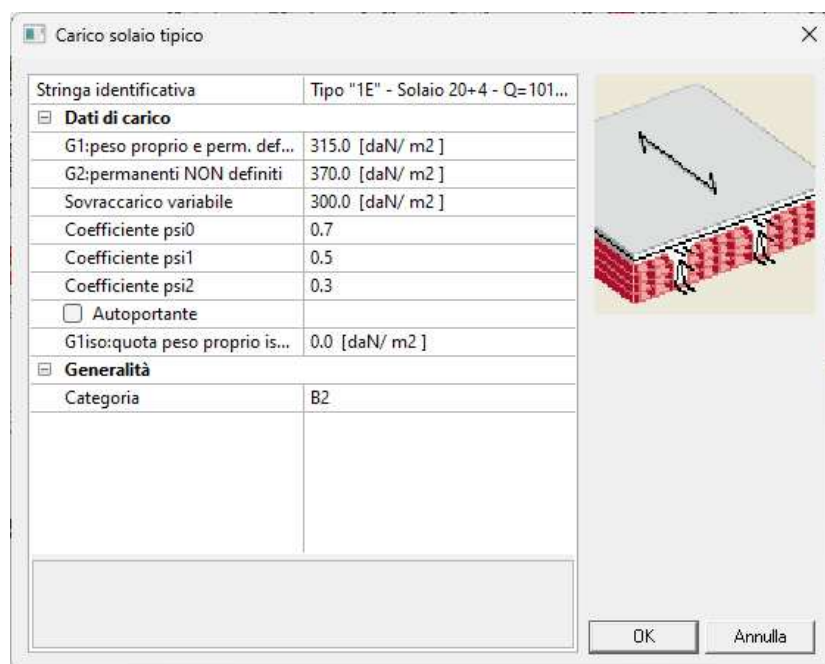


Figura 8: archivio di carico n° 1

### 6.1.2. Solaio tipo "2" – laterocemento H20+4cm – quota +1.06

Il solaio in questione realizza la copertura del piano interrato nelle zone delle 3 appendici realizzate come ampliamento delle opere di riattamento del '79. Dalle informazioni a disposizione questo solaio presenta cappa superiore in calcestruzzo.

- Peso proprio strutturale solaio: **315 daN/mq**



- Carichi permanenti portati:
  - intonaco inferiore 30 daN/mq
  - sottofondo calce e sabbia per impianti (0,09\*1800) 165 daN/mq
  - pavimento 40 daN/mq
  - controsoffitto 15 daN/mq
  - tramezzature interne assenti (valore minimo) 40 daN/mq
  - Totale parziale **290 daN/mq**
- Sovraccarico VARIABILE Biblioteche (cat. C3): **500 daN/mq**

Il solaio in questione nell'attuale modellazione non è stato implementato in quanto le masse collocate sotto il piano rialzato non sono state considerate.

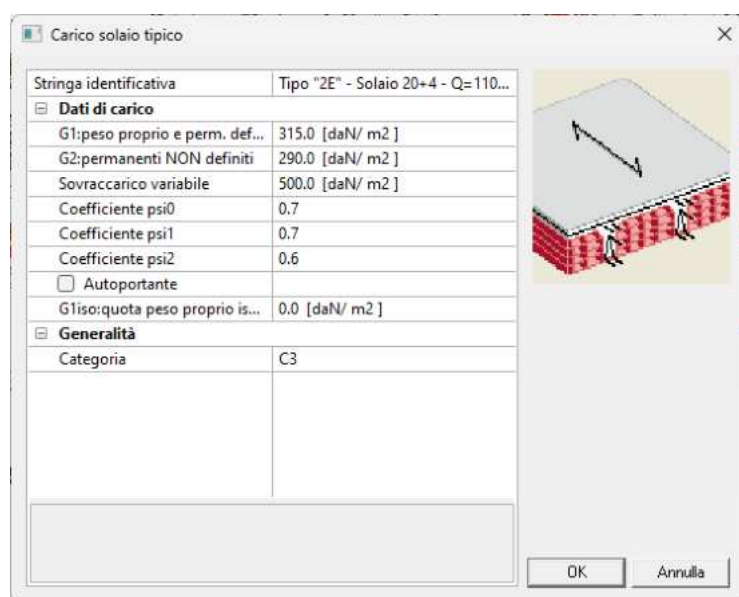


Figura 9: archivio di carico n° 2

### 6.1.3. Solaio tipo "3" – laterocemento H20+4cm – quota +9.28

Il solaio in questione realizza il piano di calpestio del secondo piano, nello specifico si tratta del solaio del corridoio centrale che porta l'accesso alle zone di sottotetto. Dalle informazioni a disposizione questo solaio presenta cappa superiore in calcestruzzo.

- Peso proprio strutturale solaio: **315 daN/mq**
- Carichi permanenti portati:
  - intonaco inferiore 30 daN/mq
  - sottofondo calce e sabbia per impianti (0,09\*1800) 165 daN/mq
  - pavimento 40 daN/mq
  - controsoffitto 15 daN/mq
  - tramezzature interne assenti (valore minimo) 40 daN/mq
  - Totale parziale **290 daN/mq**



- Sovraccarico **VARIABILE** zona comune, ballatoi (cat. B2): **400 daN/mq**

In questa zona di solaio non sono presenti tramezze, in via cautelativa è stato valutato un carico ridotto come indicato dell'analisi.

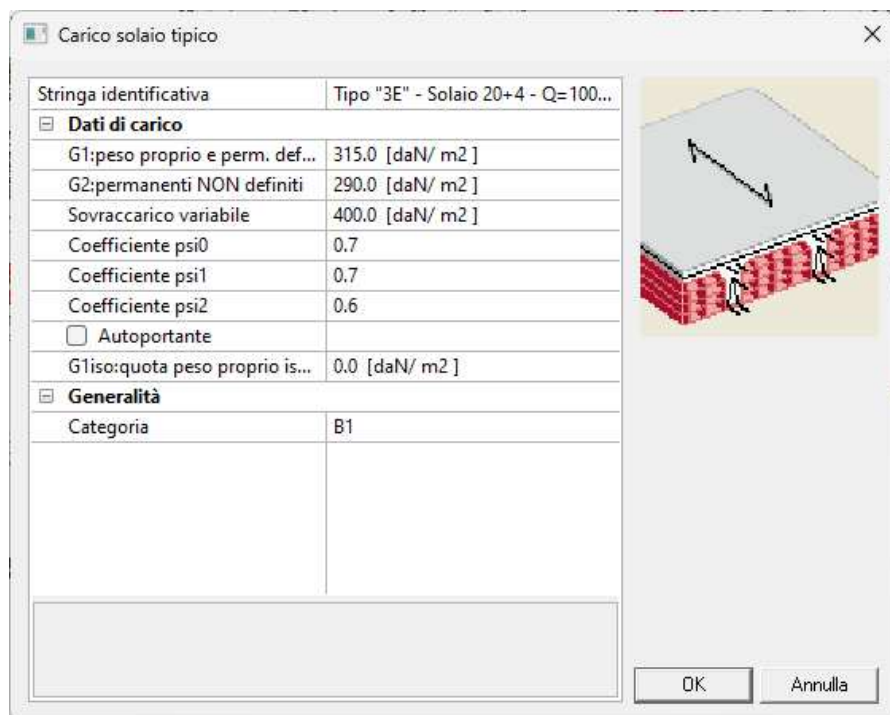


Figura 10: archivio di carico n° 3

#### 6.1.4. Solaio tipo "4" – laterocemento H20+4cm – – quota +5.85 e +9.28

Il solaio in questione realizza il piano di calpestio del piano rialzato e del primo piano della zona di prima costruzione, sostituita dal primordiale solaio realizzato in legno e ferro (secondo le indicazioni del progetto esecutivo del riattamento a scuole medie).

- Peso proprio strutturale solaio: **315 daN/mq**
- Carichi permanenti portati:
  - intonaco inferiore 30 daN/mq
  - sottofondo calce e sabbia per impianti (0,09\*1800) 165 daN/mq
  - pavimento 40 daN/mq
  - controsoffitto 15 daN/mq
  - tramezzature pesanti (NTC 2018) 120 daN/mq
  - Totale parziale **370 daN/mq**
- Sovraccarico **VARIABILE** UFFICI APERTI AL PUBBLICO (cat. B2): **300 daN/mq**





Stringa identificativa	Tipo "4E" - Solaio 20+4 - Q=985...
<b>Dati di carico</b>	
G1: peso proprio e perm. def...	315.0 [daN/ m2 ]
G2: permanenti NON definiti	370.0 [daN/ m2 ]
Sovraccarico variabile	300.0 [daN/ m2 ]
Coefficiente psi0	0.7
Coefficiente psi1	0.5
Coefficiente psi2	0.3
<input type="checkbox"/> Autoportante	
G1iso: quota peso proprio is...	0.0 [daN/ m2 ]
<b>Generalità</b>	
Categoria	B2

OK Annulla

**Figura 11: archivio di carico n° 4**

#### 6.1.5. Solaio tipo "5" – laterocemento H20+4cm – sottotetto

Il solaio in questione realizza il piano di calpestio della zona di sottotetto. Tale solaio, come già descritto nella relazione metodologica, risulta grezzo all'estradosso.

- Peso proprio strutturale solaio: **315 daN/mq**
- Carichi permanenti portati:
  - intonaco inferiore 30 daN/mq
  - controsoffitto 30 daN/mq
  - Totale parziale **60 daN/mq**
- Sovraccarico VARIABILE Copertura non praticabile (cat. H2): **50 daN/mq**





Stringa identificativa	Tipo "5" - Solaio 20+4 - Q=425k...
<b>Dati di carico</b>	
G1: peso proprio e perm. def...	315.0 [daN/ m2 ]
G2: permanenti NON definiti	60.0 [daN/ m2 ]
Sovraccarico variabile	50.0 [daN/ m2 ]
Coefficiente psi0	0.0
Coefficiente psi1	0.0
Coefficiente psi2	0.0
<input type="checkbox"/> Autoportante	
G1iso: quota peso proprio is...	0.0 [daN/ m2 ]
<b>Generalità</b>	
Categoria	H

Figura 12: archivio di carico n° 5

#### 6.1.6. Solaio tipo "6" – laterocemento H20+4cm – copertura muricci e tavelloni

Il solaio in questione realizza la zona di copertura in muricci e tavelloni posta in corrispondenza del colmo, nella porzione sopra il corridoio del secondo piano (sopra il solaio tipo "3").

- Peso proprio strutturale solaio: **315 daN/mq**
- Carichi permanenti portati:
  - intonaco inferiore 30 daN/mq
  - muricci e tavelloni 240 daN/mq
- Totale parziale **270 daN/mq**
- Sovraccarico VARIABILE NEVE (quota <1000m slm): **80 daN/mq**

Stringa identificativa	Tipo "6" - Solaio 20+4 - Q=665 ...
<b>Dati di carico</b>	
G1: peso proprio e perm. def...	315.0 [daN/ m2 ]
G2: permanenti NON definiti	270.0 [daN/ m2 ]
Sovraccarico neve	80.0 [daN/ m2 ]
Coefficiente psi0	0.5
Coefficiente psi1	0.2
Coefficiente psi2	0.0
<input type="checkbox"/> Autoportante	
G1iso: quota peso proprio is...	0.0 [daN/ m2 ]
<b>Generalità</b>	
Categoria	ND

Figura 13: archivio di carico n° 6



### 6.1.7. Solaio tipo "7" – Travi in c.a. + laterizio – copertura inclinata

Il solaio in questione realizza la copertura a falde dell'intero corpo strutturale, comprese le appendici realizzate successivamente al '79.

Si tratta di un solaio in travi Varese posti ad interasse di 1m circa e doppio strato di tavelloni sp.6cm

- Peso proprio strutturale solaio: **285 daN/mq**
- Carichi permanenti portati:
  - pacchetto copertura 30 daN/mq
  - coppi 80 daN/mq
  - Totale parziale **110 daN/mq**
- Sovraccarico VARIABILE NEVE (quota <1000m slm): **80 daN/mq**

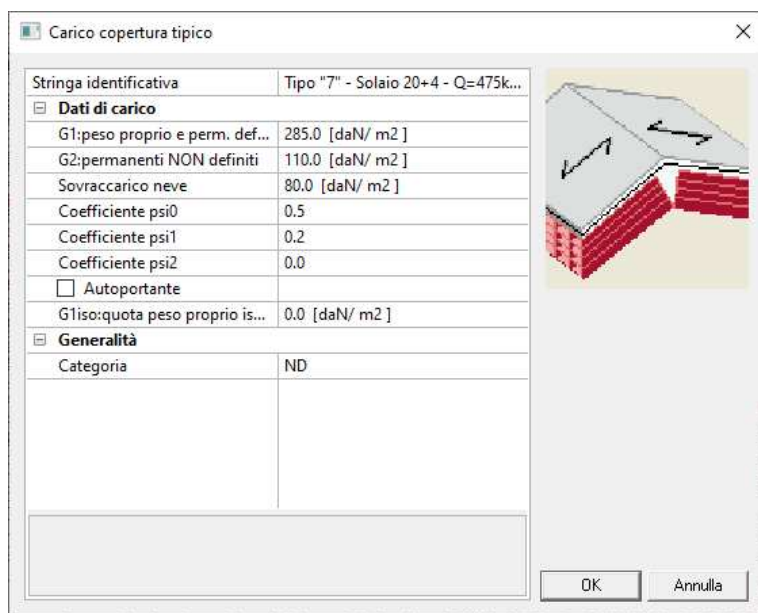


Figura 14: archivio di carico n° 7

### 6.1.8. Solaio tipo "8" – Scala

Il solaio in questione non rappresenta alcuna struttura di orizzontamento. Serve a simulare la struttura della scala assegnando una determinata massa sismica ai piani rigidi modellati alle quote dei solai.

- Peso proprio strutturale solaio (soletta sp.10cm): **250 daN/mq**
- Carichi permanenti portati:
  - intonaco 30 daN/mq
  - gradini: 200 daN/mq
  - marmo sp.3cm 96 daN/mq





- Totale parziale **330 daN/mq**
- Sovraccarico VARIABILE C1 scale: **400 daN/mq**

Stringa identificativa	Tipo "8" - Scale - Q=980kg/mq
<b>Dati di carico</b>	
G1: peso proprio e perm. def...	250.0 [daN/ m2 ]
G2: permanenti NON definiti	330.0 [daN/ m2 ]
Sovraccarico variabile	400.0 [daN/ m2 ]
Coefficiente psi0	0.7
Coefficiente psi1	0.6
Coefficiente psi2	0.6
<input type="checkbox"/> Autoportante	
G1iso: quota peso proprio is...	0.0 [daN/ m2 ]
<b>Generalità</b>	
Categoria	C1

OK Annulla

**Figura 15: archivio di carico n° 8**

## 6.2. Sisma

Il carico dovuto al sisma è stato tenuto in considerazione secondo le richieste della normativa di riferimento. In particolare, ai sensi del D.M. 17.01.2018, sono stati assunti i seguenti parametri caratterizzanti il sito, per la microzonazione sismica:

- Comune di ubicazione dell'opera: Piazza Marconi 1, Guidizzolo (MN)
- Coordinate geografiche sito:
  - Latitudine = 45°,318696
  - Longitudine = 10°,582566
- Categoria di suolo di fondazione: "C" (vedi relazione geologica)
- Categoria topografica: "T1";
- Vita nominale 50 anni – Opera ordinaria;
- Classe d'uso IV: costruzione il cui uso preveda affollamenti significativi
- Coefficiente d'uso  $C_u = 2.0$

I parametri sismici per la definizione degli spettri sono quindi:

La circolare n. 7/2019 al par. C.2.4.1 indica che:

Con riferimento alle costruzioni non temporanee, ferma restando la facoltà di garantire una maggiore durabilità adottando valori della Vita nominale maggiori di 50 anni nella progettazione di nuove costruzioni o di interventi sulle costruzioni esistenti, quando si valuta la sicurezza di un'opera esistente rispetto alle azioni sismiche si farà riferimento alla vita nominale di 50 anni. Tale valore, infatti, è rappresentativo del livello di sicurezza minimo richiesto dalla norma nei confronti delle azioni sismiche e assicura la confrontabilità dei risultati ottenuti per diverse costruzioni, indipendentemente dal livello di durabilità che si sarà inteso adottare sulla specifica costruzione.





Pertanto si è assunta una vita nominale di 50 anni.

La classe d'uso del manufatto è pari a IV:

#### 2.4.2. CLASSI D'USO

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

*Classe I:* Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

*Classe II:* Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

*Classe III:* Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

*Classe IV:* Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

**Figura 16: estratto par. 2.4.2 NTC 2018**

In considerazione dell'importanza del manufatto, della funzione strategica ospitata, oltre che della classe d'uso prevista, si è proceduto all'esecuzione di uno studio di risposta sismica locale, i cui risultati globali sono esplicitati nella specifica relazione geologica e richiamati anche nella relazione sulle indagini condotte.

La risposta sismica locale fornisce in output i valori dello spettro di risposta allo stato limite ultimo, già scalato per il periodo di riferimento previsto dalla normativa.

Nello specifico il periodo di ritorno dell'azione sismica allo SLV è pari a  $T_r = 949$  ani, e per tale valore il tecnico ha fornito i parametri dello spettro di risposta normalizzato, che si riportano nel seguito:

II

#### PARAMETRI DIPENDENTI (Spettro Normalizzato)

SLO <sub>II</sub>		II	SLD <sub>II</sub>		II	SLV <sub>II</sub>		II	SLC <sub>II</sub>	
$T_B$	$0,202 \cdot s$		$T_B$	$0,210 \cdot s$		$T_B$	$0,216 \cdot s$		$T_B$	$0,228 \cdot s$
$T_C$	$0,607 \cdot s$	II	$T_C$	$0,629 \cdot s$	II	$T_C$	$0,647 \cdot s$	II	$T_C$	$0,685 \cdot s$
$T_D$	$1,895 \cdot s$	II	$T_D$	$1,993 \cdot s$	II	$T_D$	$2,467 \cdot s$	II	$T_D$	$2,679 \cdot s$
$S_e$ ( $a_{max} \cdot T=0$ )	$0,074 g$	II	$S_e$ ( $a_{max} \cdot T=0$ )	$0,098 g$	II	$S_e$ ( $a_{max} \cdot T=0$ )	$0,217 g$	II	$S_e$ ( $a_{max} \cdot T=0$ )	$0,270 g$
$S_{e,max}$ (plateau-norm.)	$0,183 g$	II	$S_{e,max}$ (plateau-norm.)	$0,237 g$	II	$S_{e,max}$ (plateau-norm.)	$0,545 g$	II	$S_{e,max}$ (plateau-norm.)	$0,691 g$

in cui:

$T_B$  = periodo di inizio del tratto dello spettro di accelerazione orizzontale

$T_C$  = periodo inizio tratto a velocità costante dello spettro di accelerazione orizzontale

$T_D$  = periodo di inizio tratto a spostamento costante dello spettro di accelerazione orizzontale

$S_e$  = accelerazione spettrale orizzontale a  $T=0$

$S_{e,max}$  = accelerazione spettrale orizzontale massima

**Figura 17: estratto risposta sismica locale**





La norma di riferimento (NTC al par. 7.2.6) e anche l'ord. 55 del 24/04/2018 (ordinanza che fornisce indicazioni in merito alla normalizzazione dello spettro) prevedono un controllo di accettazione dello spettro normalizzato. Tralasciando i dettagli tecnici, demandati alla fase teorica, si riporta la verifica richiesta:

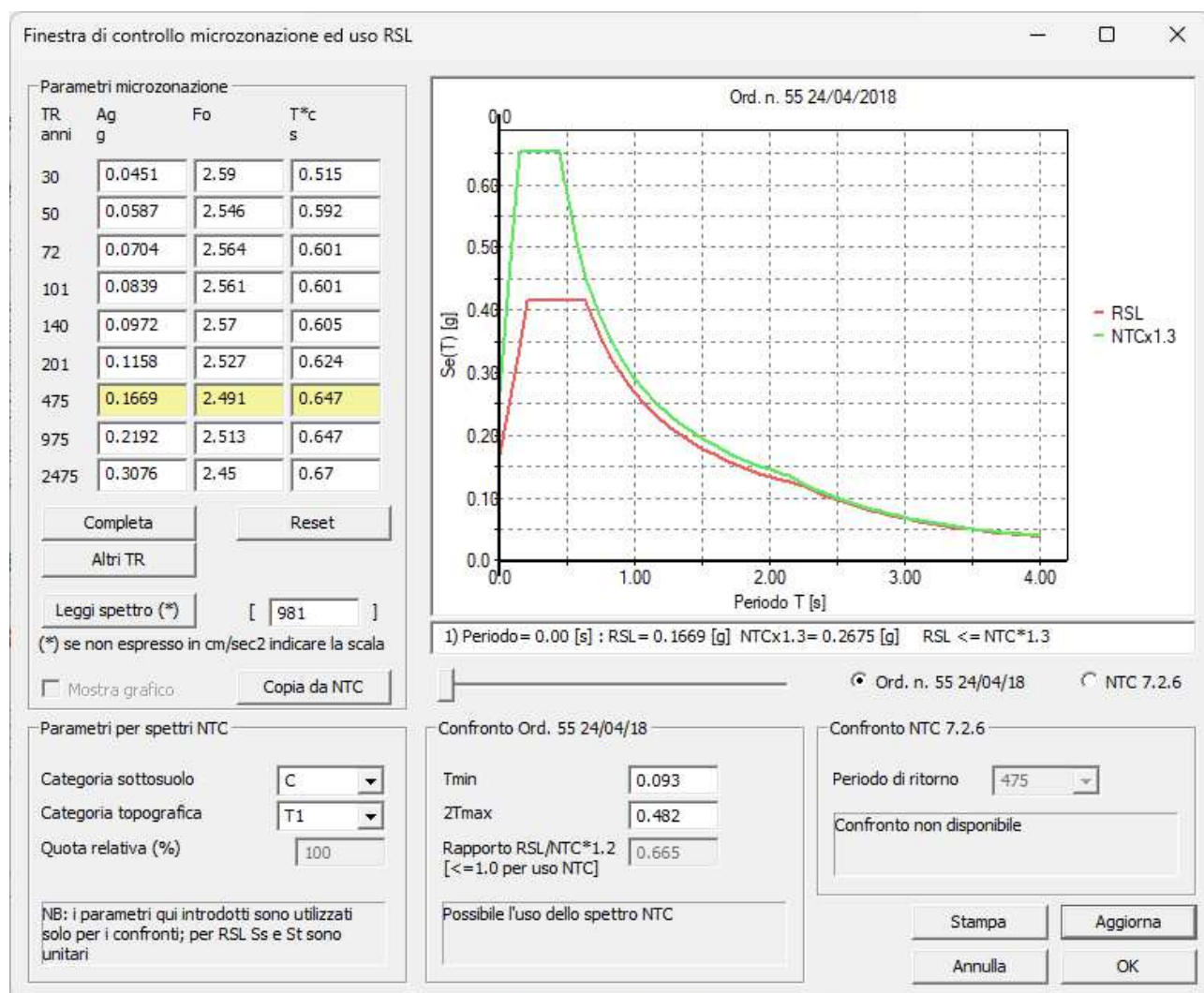
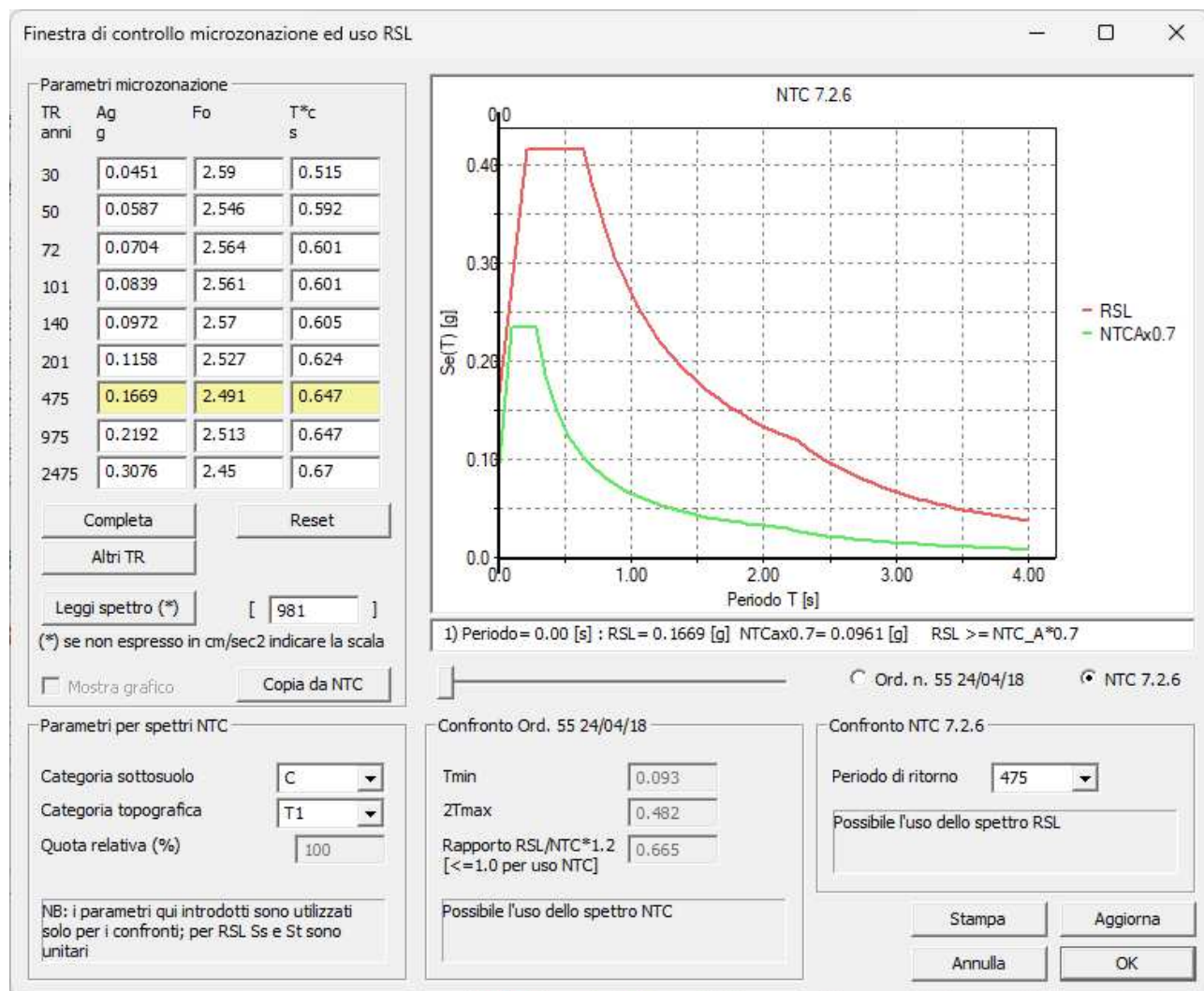


Figura 18: controllo spettro RSL - Ord. 55/2018





**Figura 19: controllo spettro RSL - NTC 7.2.6**

Il risultato permette di evidenziare come sia possibile l'uso dello spettro da risposta sismica locale. L'immagine seguente mostra il confronto tra lo spettro di RSL e lo spettro di normativa, oltre che il tracciato dello spettro RSL non normalizzato:

Si precisa che è stata comunque condotta una analisi della struttura anche utilizzando lo spettro semplificato da normativa, riscontrando generalmente risultati meno penalizzanti, a conferma che lo spettro di risposta sismica locale risulta globalmente maggiormente penalizzante per la struttura in esame.





**Valutazione della pericolosità sismica**

**ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA**

**Vertici della maglia elementare INGV [riferimento ED50]**

Id nodo	Longitudine	Latitudine	Distanza [km]
13168	10.579	45.300	1.899
13169	10.650	45.301	5.589
12947	10.647	45.351	6.312
12946	10.576	45.350	3.687

**Coordinate geografiche [riferimento WGS84]**

Località:

Longitudine:  Latitudine:

**Applica la Risposta Sismica Locale** ☒

**Parametri per le forme spettrali**

	Pver	Tr	ag [g]	Fo	T*c
SLO	92.37	38.87	0.0515	2.568	0.553
SLD	78.48	65.1	0.0670	2.559	0.598
SLV	17.29	526.65	0.1736	2.494	0.647
SLC	9.04	1055.53	0.2256	2.508	0.649

**Periodo di riferimento per l'azione sismica**

Vita Vn [anni]	Coefficiente uso Cu	Periodo Vr [anni]	Livello di sicurezza
<input type="text" value="50"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="100"/>	<input type="text" value="80"/>

☐ Rimuovi limiti Vr e Tr (di norma NO)

Nota: per il calcolo dei parametri sismici  
1) inserire le coordinate geografiche 2) introdurre Vn e Cu  
Per le isole è possibile utilizzare come località: gruppo isole N [con N = 1,2,3,4,5]

p.e. 10% in 50 anni

È stato inserito come livello di sicurezza 80 in quanto il progetto consiste nell'adeguamento sismico dell'edificio in oggetto, raggiungendo almeno l'80% del livello di sicurezza richiesto per un edificio di nuova costruzione.

**Passo 1**

**Classe d'uso**

☐ I edifici di minor importanza per la sicurezza pubblica [edifici agricoli...]

☐ II edifici ordinari

☐ III edifici importanti in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso (scuole, teatri...)

☒ IV edifici la cui funzionalità ha importanza fondamentale per la protezione civile (ospedali, municipi...)

**Pericolosità e zonazione**

**pericolosità sismica**

agS per SLV:

Modalità di progettazione semplificata per agS < 0.075 ☐

**Strutture esistenti**

☒ LC1: conoscenza limitata

☐ LC2: conoscenza adeguata

☐ LC3: conoscenza accurata

Fattore di confidenza FC:

**S (oriz.)**

**Sv (vert.)**

Nelle impostazioni generali è stato inserito come livello di conoscenza LC1 poiché sono presenti dei materiali con livello di conoscenza limitato (es. calcestruzzo). Nel modello di calcolo ad ogni materiale è stato assegnato il livello di conoscenza corrispondente; per il calcolo viene considerato il livello di conoscenza applicato al





singolo materiale, quando non viene assegnato nessun livello di conoscenza specifico al materiale viene utilizzato quello esplicitato nelle impostazioni generali.

Passo 3

Parametri e fattori spettrali

S.L.	ag	S	Fo	Fv	TB	TC	TD
SLO	0.051	1.000	2.568	0.787	0.184	0.553	1.806
SLD	0.067	1.000	2.559	0.894	0.199	0.598	1.868
SLV	0.174	1.000	2.494	1.403	0.216	0.647	2.294
SLC	0.226	1.000	2.508	1.608	0.216	0.649	2.502

Verticale per tutti: 1.000

eta SLO q SLD x q SLD y q SLD z q SLU x q SLU y q SLU z

1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	Aiuto...
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----------

Smorzamento...

Verifiche

☐ q=1 per ND

☒ q >= 1

Regolarità

☒ in pianta

☒ in altezza

Edifici isolati

2.0 T is

10.0 s esi

Info...

S (oriz.)

Sv (vert.)

< Indietro Avanti > Annulla Aggiorna

Accelerazioni spettrali per i periodi notevoli

S(T) per sisma dir x-x

	T=0	T=TB-TC	T=TD
SLO	0.052	0.132	0.040
SLD	0.067	0.171	0.055
SLV	0.174	0.433	0.122
SLC	0.226	0.566	0.147

S(T) per sisma dir y-y

	T=0	T=TB-TC	T=TD
SLO	0.052	0.132	0.040
SLD	0.067	0.171	0.055
SLV	0.174	0.433	0.122
SLC	0.226	0.566	0.147

S(T) per sisma dir z-z

	T=0	T=TB-TC	T=TD
SLO	0.016	0.041	0.006
SLD	0.023	0.060	0.009
SLV	0.098	0.244	0.037
SLC	0.145	0.363	0.054

I tre valori notevoli dello spettro simbolicamente sono: <ag\*S>, <ag\*S\*eta\*F> e <ag\*S\*eta\*F\*Tc/Td> [eta pari a 1/q ove previsto]

Passo 4

Dati comuni per le analisi

Quota spiccato [cm] 0.0

Contributo carichi in fondazione ☐

Eccentricità aggiuntiva X: 5 Y: 5

ex. muratura

Spost. relativo rapp. SLC/SLD 5

Dati per analisi dinamica

N. modi 9 N. modi rigidi 0

Dati per analisi statica lineare e non lineare

Altezza edificio [cm] 475.0

Fatt. Lambda [0.85 - 1] 1.0

Calcola periodi T1

Periodo T1 [primo modo] 0.241

Sd (T1) - SLU 0.433

Se (T1) - SLD 0.171

Rapp T1/TrZ 1.324

dir. x-x 0.22

dir. y-y 0.433

dir. z-z 0.061

0.433

0.171

1.205

suggerito:

Accelerazione uniforme [Fi=Fh] ☐ NO

Eccentricità convenzionale con momenti Mz ☐ NO

Usa spostamenti medi di piano per pushover ☐ SI

S (oriz.)

Sv (vert.)

< Indietro Avanti > Annulla Aggiorna





Trattandosi di un'analisi non lineare il fattore di comportamento è assunto unitario, così da valutare il comportamento della struttura nei confronti dello spettro elastico. Sarà la stessa analisi non lineare, in fase di output risultati a fornire indicazioni sul fattore di struttura attribuibile all'edificio.

## 7. MODELLO NUMERICO NON LINEARE

---

Il calcolo della struttura è stato condotto mediante ausilio di un software di calcolo agli elementi finiti, tramite il quale è stata implementata la geometria delle strutture con i carichi derivanti dalle analisi dei carichi riportate al precedente paragrafo, verificando tutti gli elementi strutturali presenti, sempre relativamente alle sole parti in opera.

Sono stati realizzati due diversi modelli non lineari, uno per le verifiche statiche e uno per le verifiche sismiche i cui risultati saranno mostrati rispettivamente nei capitoli 8.6 e 8.7.

I due modelli sono geometricamente identici, sia con riferimento alla configurazione geometrica che con riferimento a carichi e materiali, ciò che cambia è solamente l'involuppo delle combinazioni di carico, dove nel modello per le verifiche statiche ovviamente non sono state inseriti i carichi sismici. In questo modo il modello numerico diventa un modello a telaio equivalente, utilizzabile anche per semplici analisi lineari, come per le verifiche di seguito riportate (§7.6).

### 7.1. Analisi non lineare (Pushover)

---

Dato un sistema strutturale soggetto ai soli carichi gravitazionali e in cui si ha un comportamento non lineare dei materiali, l'analisi Pushover consiste nell'applicare a tale modello in maniera incrementale una serie di distribuzioni di forze statiche orizzontali, le quali hanno il compito di 'spingere' in campo non lineare la struttura fino a portarla al collasso. L'output dell'analisi è un diagramma dove è rappresentata la curva del taglio alla base dell'intera struttura, ottenuta sommando le singole forze orizzontali dei singoli elementi e lo spostamento di un punto di controllo ritenuto significativo del comportamento globale).

La curva di capacità Forza alla base - spostamento punto di controllo così ottenuta viene confrontata con la domanda di spostamento prevista dalla normativa.

#### 7.1.1. Distribuzione forze statiche orizzontali

---

Secondo le richieste normative di cui al §7.3.4.2. delle NTC 2018, l'analisi statica non lineare viene svolta valutando la risposta della struttura di interesse sottoposta ad un *sistema di forze verticali*, associate ai pesi propri ed ai sovraccarichi, e ad almeno due distinte distribuzioni di *forze orizzontali crescenti*.





Si devono considerare almeno due distribuzioni di forze d'inerzia, ricadenti l'una nelle distribuzioni principali (Gruppo 1) e l'altra nelle distribuzioni secondarie (Gruppo 2) appresso illustrate.

**Gruppo 1 - Distribuzioni principali:**

- se il modo di vibrare fondamentale nella direzione considerata ha una partecipazione di massa non inferiore al 75% si applica una delle due distribuzioni seguenti:
  - distribuzione proporzionale alle forze statiche di cui al § 7.3.3.2, utilizzando come seconda distribuzione la a) del Gruppo 2,
  - distribuzione corrispondente a un andamento di accelerazioni proporzionale alla forma del modo fondamentale di vibrare nella direzione considerata;
- in tutti i casi può essere utilizzata la distribuzione corrispondente all'andamento delle forze di piano agenti su ciascun orizzontamento calcolate in un'analisi dinamica lineare, includendo nella direzione considerata un numero di modi con partecipazione di massa complessiva non inferiore allo 85%. L'utilizzo di questa distribuzione è obbligatorio se il periodo fondamentale della struttura è superiore a  $1,3 T_C$ .

**Gruppo 2 - Distribuzioni secondarie:**

- a) distribuzione di forze, desunta da un andamento uniforme di accelerazioni lungo l'altezza della costruzione;
- b) distribuzione adattiva, che cambia al crescere dello spostamento del punto di controllo in funzione della plasticizzazione della struttura;
- c) distribuzione multimodale, considerando almeno sei modi significativi.

Le distribuzioni di forze scelte per la struttura in esame, da applicare alle quote dei solai di piano, sono:

- Distribuzione principale: proporzionale alle forze statiche di cui al §7.3.3.2. delle NTC 2018 (triangolare);
- Distribuzione secondaria: desunta da un andamento uniforme delle accelerazioni lungo l'altezza della costruzione (uniforme);

Le forze statiche orizzontali vengono opportunamente spostate rispetto ai baricentri di massa dei solai per tener conto dei valori di eccentricità accidentale, che si assumono pari, per ciascuna direzione di applicazione della azione sismica e per ciascun piano, al 5% della dimensione massima del piano stesso in direzione perpendicolare, nel rispetto di quanto prescritto dalle NTC2018.

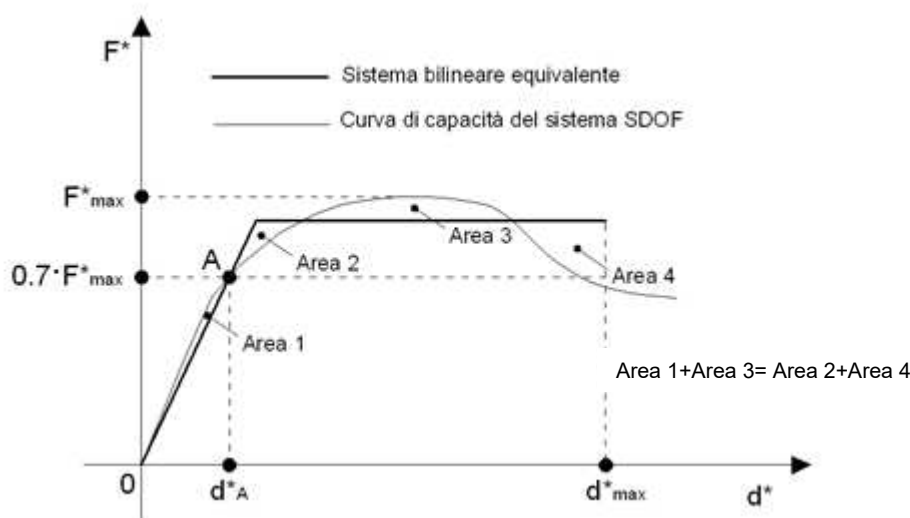
Si riporta nel paragrafo specifico la definizione dei casi di carico.

### 7.1.2. Curva $F_b-d_c$

La normativa richiede il tracciamento di una curva di capacità di un sistema bilineare equivalente (SDOF). Il tracciamento del primo tratto di curva bilineare, che individua la rigidezza elastica del sistema, avviene con la retta secante la curva del sistema reale in corrispondenza del 70% del valore massimo del taglio alla base; il secondo tratto della curva, parallelo all'asse degli spostamenti, viene tracciato in maniera tale da generare l'equivalenza delle aree sottese tra i diagrammi del sistema reale e quello equivalente sino allo spostamento ultimo. Per determinare il valore dello spostamento ultimo dell'edificio l'analisi viene interrotta fino ad un decadimento del taglio del 20% rispetto al suo valore di picco, così da individuare tale punto sulla curva reale.



La determinazione della curva relativa al sistema equivalente permette di determinare il periodo con cui ricavare lo spostamento massimo richiesto dal sisma, secondo gli spettri riportati sulla normativa, per lo SLU.



**Figura 20: Definizione curva di capacità sistema equivalente**

### 7.1.3. Metodo telaio equivalente

Il metodo proposto per la verifica della struttura mira alla valutazione della risposta globale degli edifici, in cui il meccanismo resistente è governato dalla risposta nel piano delle pareti, senza considerare eventuali meccanismi di collasso associati alla risposta dinamica fuori dal piano.

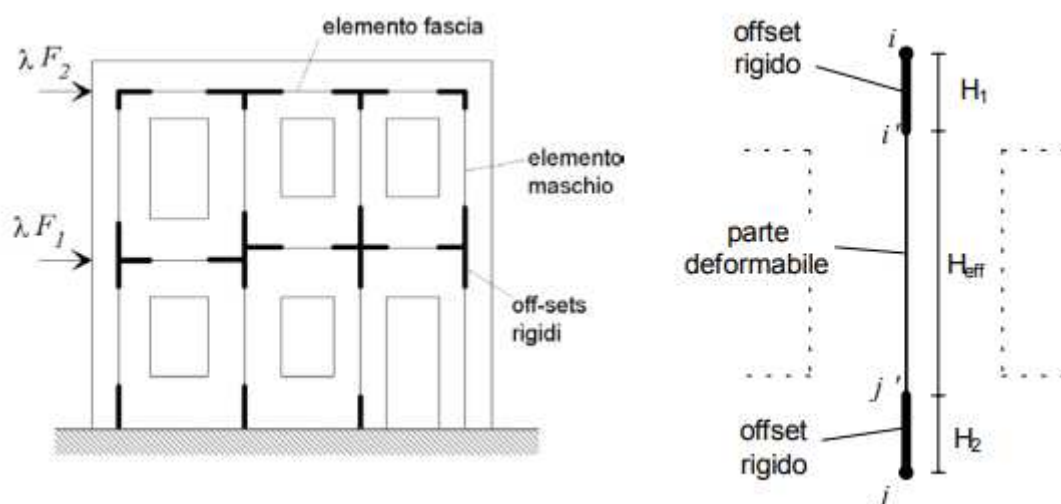
Il metodo si basa su una formulazione a telaio equivalente, formulazione semplificata che tuttavia si è rivelata molto efficace nel conseguire una serie di risultati di interesse applicativo per edifici esistenti in muratura.

Nello specifico il metodo a telaio equivalente adottato per il calcolo della struttura è denominato S.A.M. (Seismic Analysis of Masonry walls) [Magenes e Calvi, 1996]; tale metodo, pensato originariamente per l'analisi di pareti piane, è stato in seguito riformulato e implementato in un programma di calcolo strutturale non lineare per estenderne l'applicazione all'analisi di strutture tridimensionali di una certa dimensione e complessità [Magenes e Della Fontana, 1998].

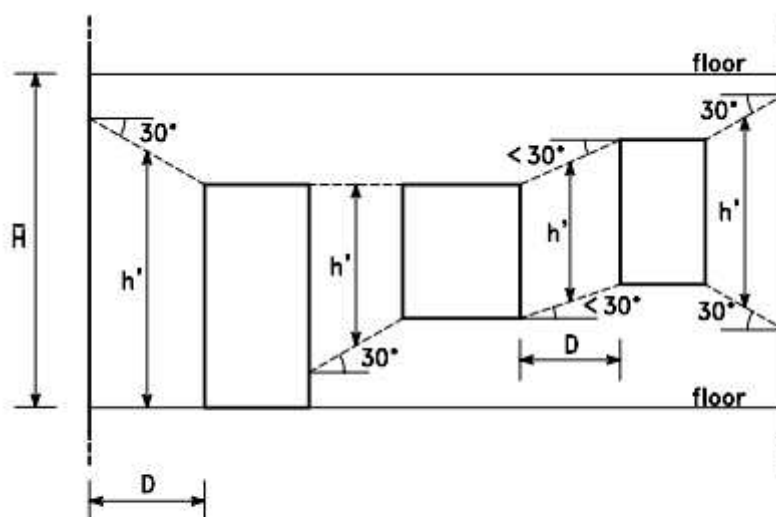
Nel software di calcolo PRO\_SAP (2si) è presente il plug-in PRO\_SAM che dispone come motore di calcolo di un codice denominato SAM II, basato sul modello sopra descritto e da cui prende il nome.

PRO\_SAM prevede una modellazione tridimensionale a macroelementi degli edifici, nella quale la struttura portante, costituita da elementi ad asse verticale (pannelli in muratura ordinaria e/o armata, pilastri e/o pareti in cemento armato, elementi strutturali a sezione personalizzata, in acciaio, legno o altro materiale) ed elementi ad asse orizzontale (travi di accoppiamento in muratura ordinaria e/o armata, cordoli e/o travi in cemento armato, elementi strutturali a sezione personalizzata in acciaio, legno o altro materiale), viene schematizzata mediante un telaio equivalente, costituito da elementi monodimensionali ad asse verticale e da elementi monodimensionali ad asse orizzontale, posizionati spazialmente in corrispondenza dell'asse baricentrico dei corrispondenti elementi strutturali.





Per le definizioni delle altezze efficaci delle pareti e degli offset rigidi si fa riferimento alla rappresentazione di un pannello con diverse aperture riportato figura sottostante, secondo le formulazioni di Dolce (1989)



$$H_{eff} = h' + \frac{1}{3} D (\bar{H} - h') / h' \quad \bar{H} = \text{altezza interpiano}$$

Gli orizzontamenti per questo tipo di modellazione possono essere gestiti sia come diaframmi deformabili, sia come diaframmi rigidi o infinitamente rigidi nel proprio piano. L'introduzione di bracci infinitamente rigidi di opportune dimensioni alle estremità degli elementi consente, limitando l'estensione della lunghezza efficace (porzione deformabile) degli stessi, di modellare la ridotta deformabilità dei nodi strutturali secondo quanto proposto dal Prof. Dolce (Dolce, 1989).





## 7.2. Modellazione struttura

Per quanto riguarda la modellazione della geometria si fa riferimento agli elaborati grafici disponibili nella documentazione fornita dal committente e al rilievo architettonico-strutturale delle opere. Nel seguito sono riportate alcune immagini delle modellazioni eseguite per il calcolo delle strutture.

Le informazioni di seguito riportate sono valide per tutte le modellazioni condotte e quindi si intendono come generali.

In riferimento ai punti principali evidenziati nella relazione metodologica, si riporta la corrispondente scelta di modellazione operata, nello specifico:

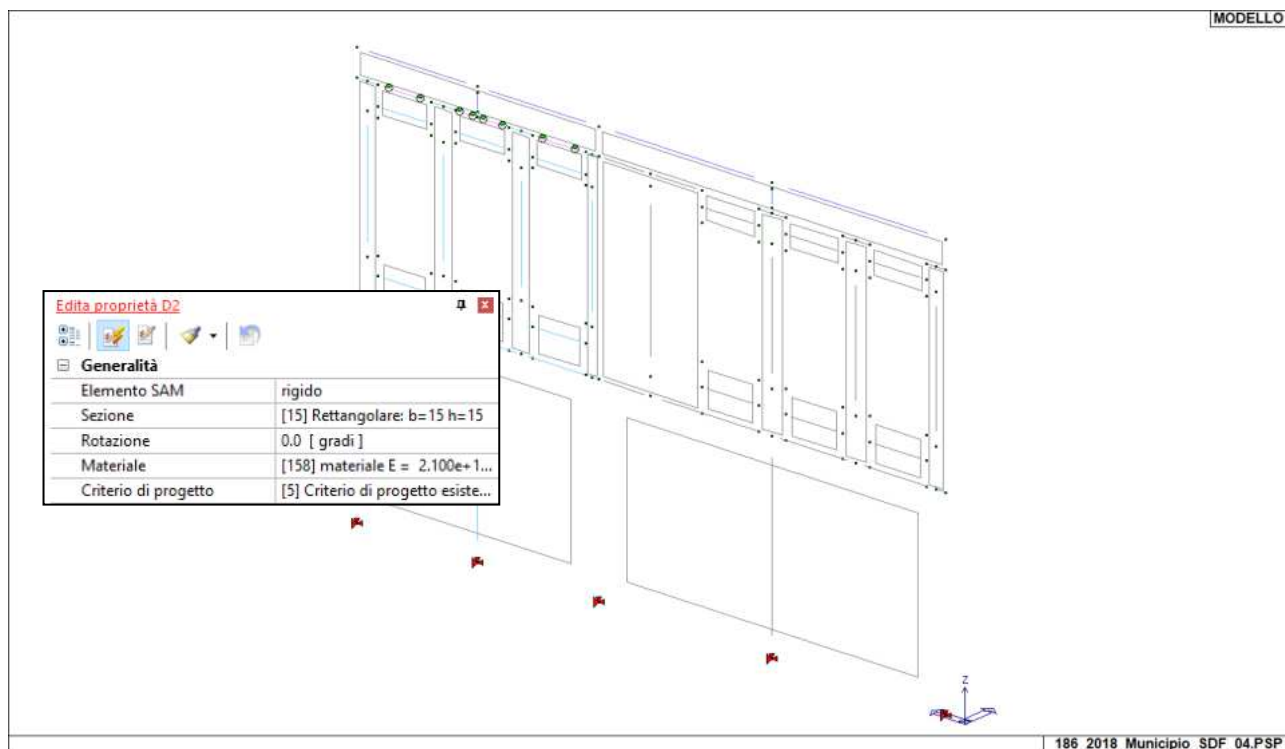
- **Generazione Pareti SAM:** l'implementazione delle singole pareti avviene tramite un generatore apposito, dove l'utente definisce queste informazioni: inizio della parete, le coordinate di fine della parete, la posizione di inizio e di fine della generica apertura e dell'altezza della fascia superiore ed inferiore dell'apertura. La posizione dell'apertura ha come origine di riferimento le coordinate iniziali della parete (es. se inserisco Inizio apertura = 0.00 la mia apertura ha come origine l'inizio della parete). Nella finestra per la generazione delle pareti è selezionata l'opzione di inserimento di cordolo in c.a., personalizzandone le opportune dimensioni geometriche. Nel caso la parete venga considerata priva di cordolo in c.a. l'elemento deformabile sopra le aperture viene implementato come elemento non-rigido

Generatore Parete con aperture	
Numero piani	1
<input checked="" type="checkbox"/> Presenza cordolo c.a.	
<input type="checkbox"/> Cordolo-Trave fuori spessore	
H solaio	24.0
H cordolo	24.0
B cordolo	25.0
<input type="checkbox"/> Inizio parete	
X	0.0
Y	959.85
Z	475.0
H parete	475.0
<input type="checkbox"/> Fine parete	
X	0.0
Y	1593.0
Z	475.0
H parete	475.0

Aperture	
<input type="checkbox"/> Apertura	
Inizio apertura	34.512
Fine apertura	172.079
H fascia inferiore	110.0
H fascia superiore	70.0
<input type="checkbox"/> Apertura	
Inizio apertura	234.924
Fine apertura	374.765
H fascia inferiore	110.0
H fascia superiore	70.0
<input type="checkbox"/> Apertura	
Inizio apertura	437.727
Fine apertura	577.672
H fascia inferiore	110.0
H fascia superiore	70.0

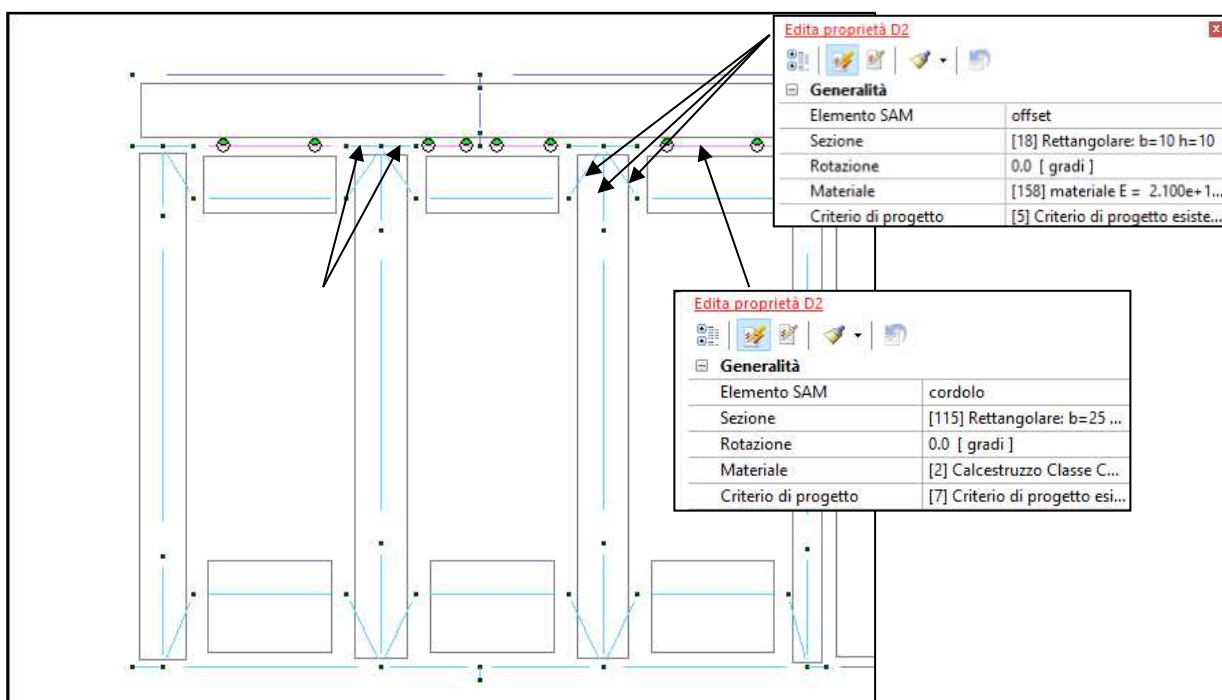




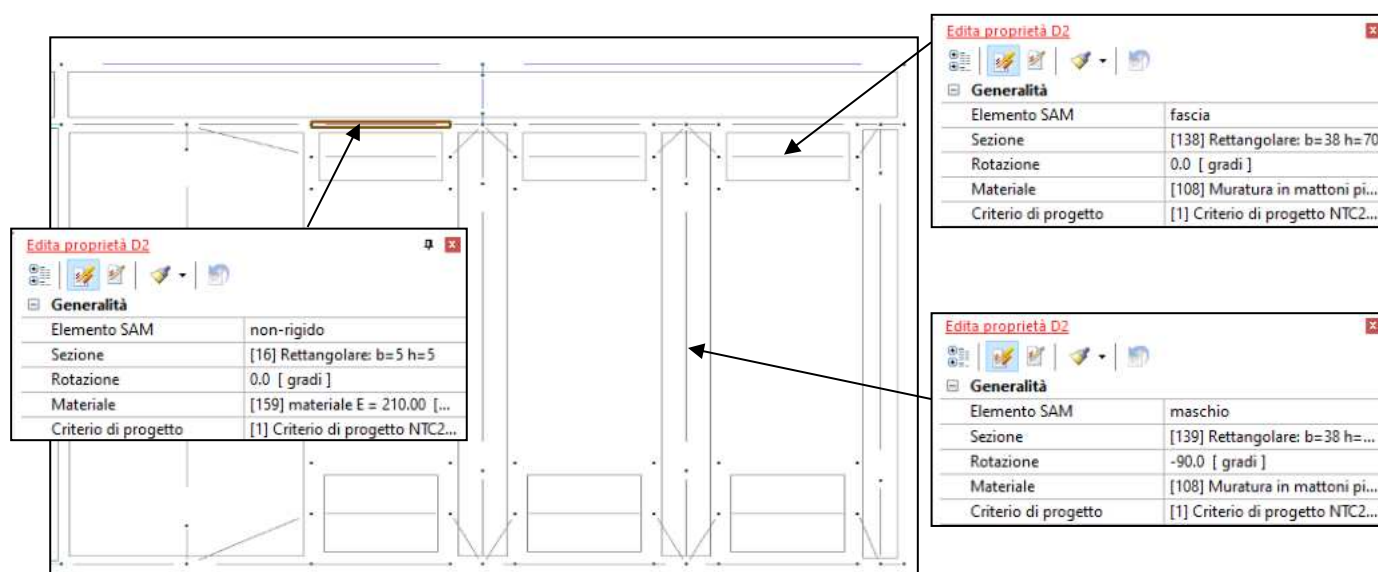
**Figura 21: esempio implementazione parete**

Il programma definisce le informazioni generali in modo automatico gli elementi bidimensionali del telaio equivalente, sia rigidi (offset verticali ed orizzontali) che deformabili (maschi, fasce di piani, cordoli sopra le aperture, elementi non rigidi dove non presente il cordolo)

Per meglio inquadrare le tipologie di elementi definiti, si procede mostrando la parete lato Ovest dell'edificio (lato corto che si affaccia sulla strada)

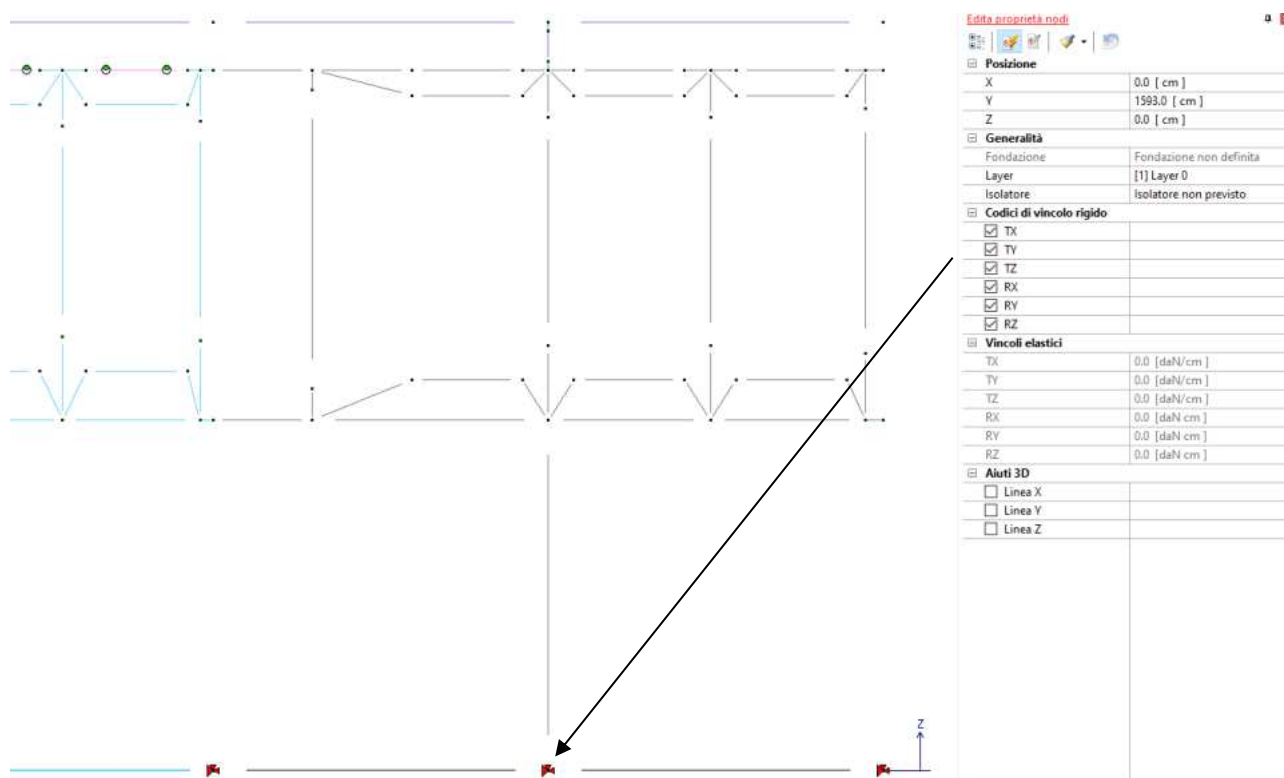






**Figura 22: proprietà elementi D2 parete PRO SAM**

- Tutta la zona del piano seminterrato non è stata modellata nell'analisi in esame, prendendo come quota di riferimento dello +0.00 sismico il pavimento finito del piano rialzato. Vista anche l'analisi di tipo non lineare adottata per il calcolo, le fondazioni non sono state modellate e i nodi di base del piano rialzato sono stati implementati come vincoli ad incastro



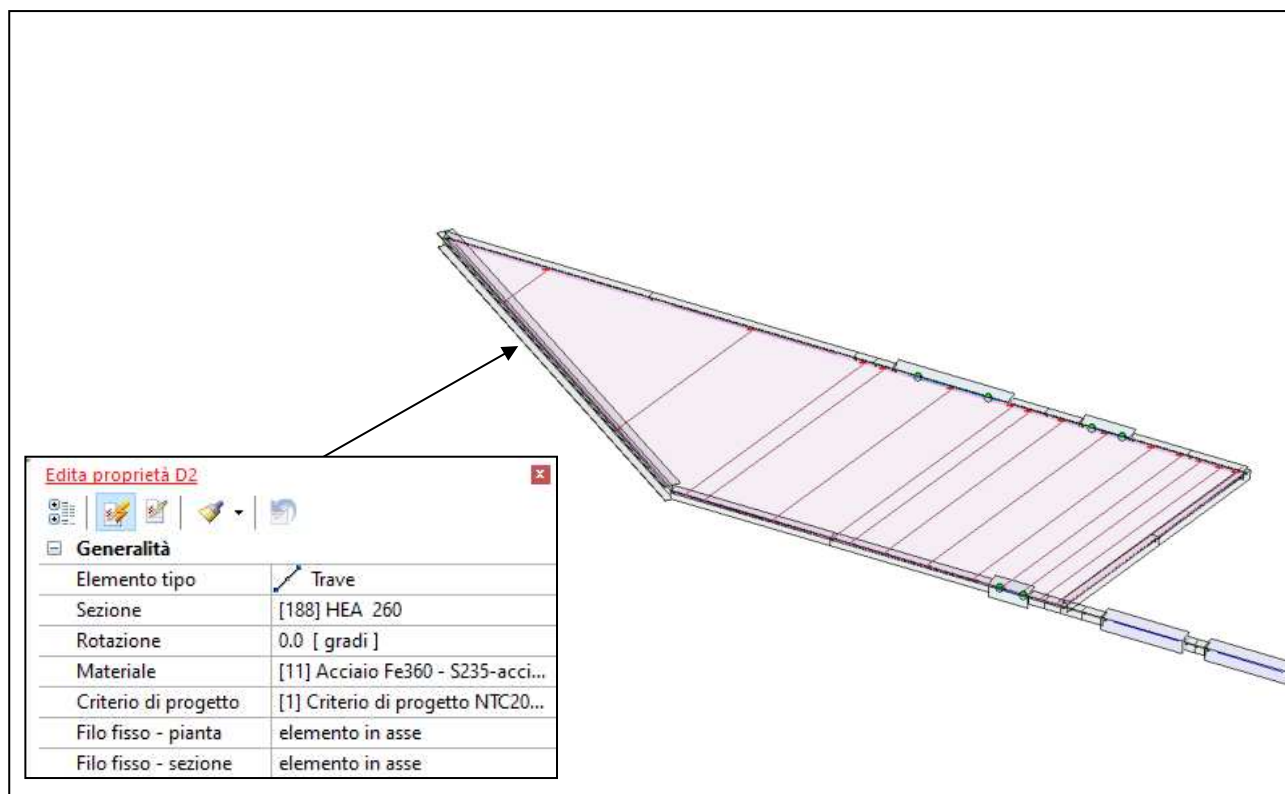
**Figura 23: dettaglio modellazione vincoli**

- Generazione elementi interni: oltre agli elementi SAM implementati in automatico dal software mediante la definizione della parete come riportato al punto precedente, si hanno elementi quali travi interne in c.a. e travi in acciaio (copertura e profili accoppiati Il solaio - lato Est

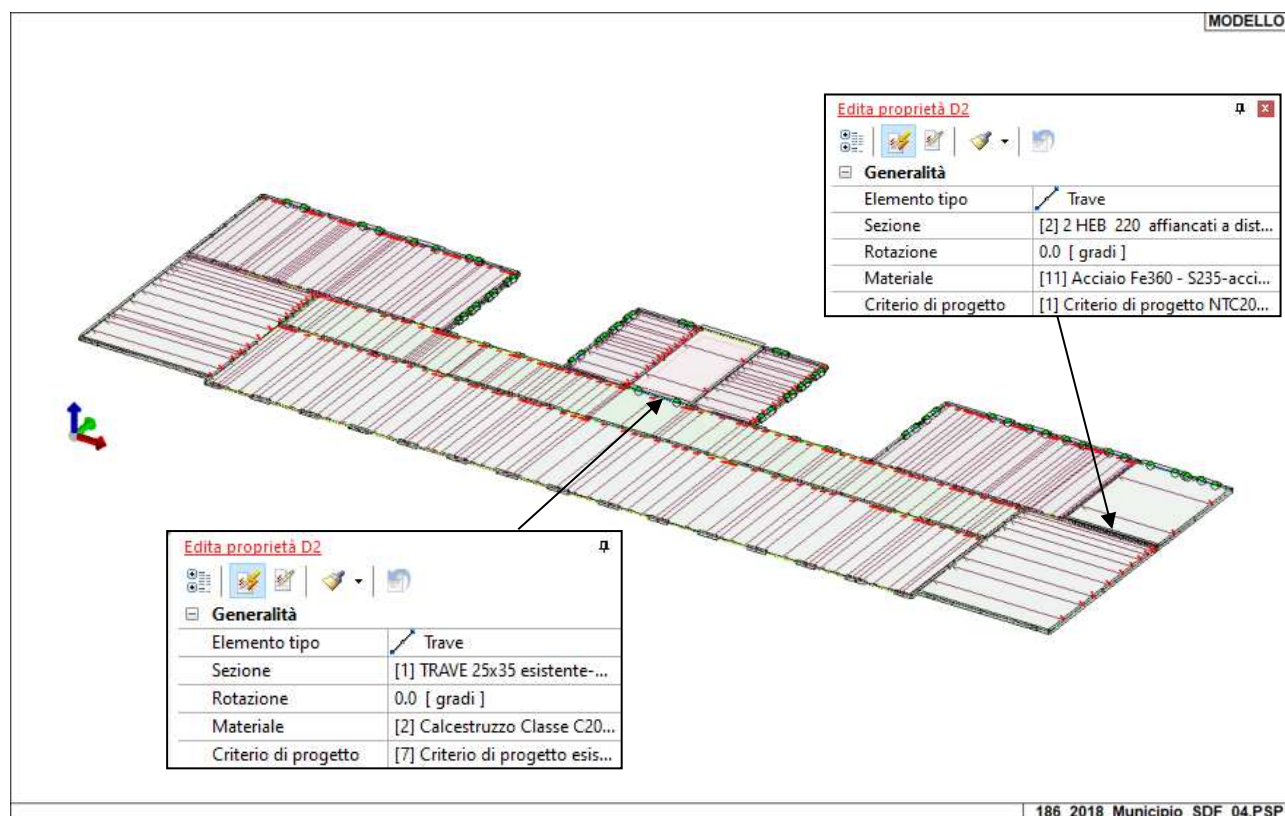




dell'edificio) che sono modellati al di fuori dell'implementazione del telaio equivalente. Attraverso l'inserimento di questi elementi, modellati come monodimensionali è possibile completare la struttura con la generazione degli elementi di tipo solaio



**Figura 24: particolare modellazione copertura**

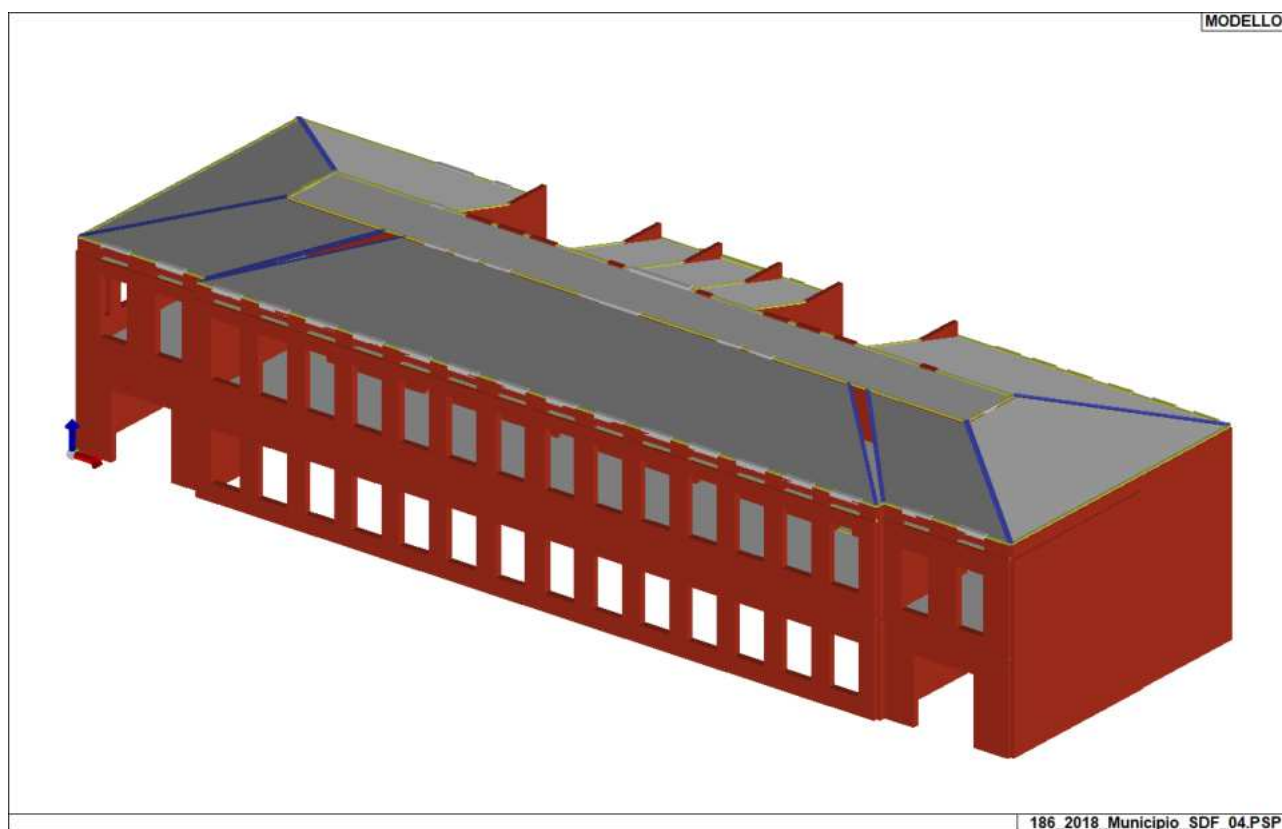


**Figura 25: particolare modellazione travi interne - Primo Piano**



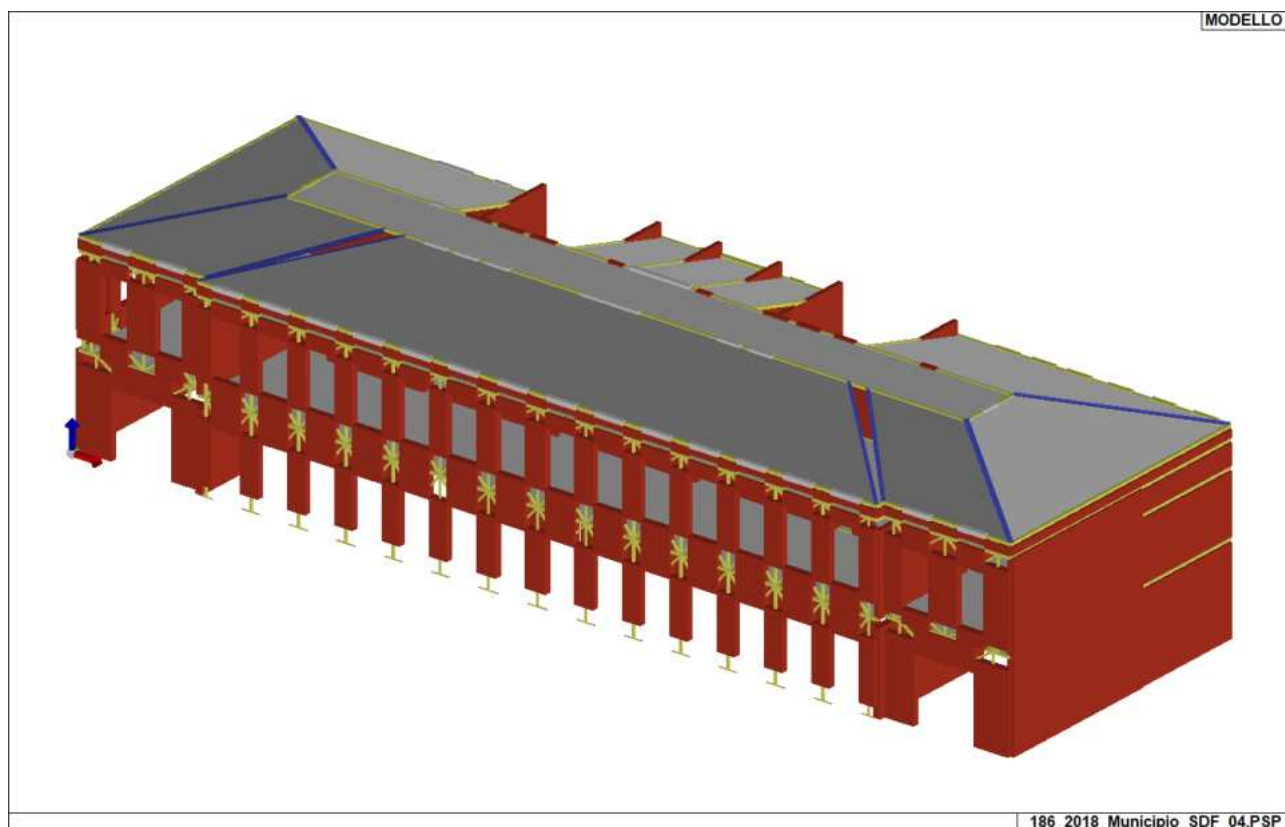


Si riporta l'assonometria generale del modello dell'edificio.

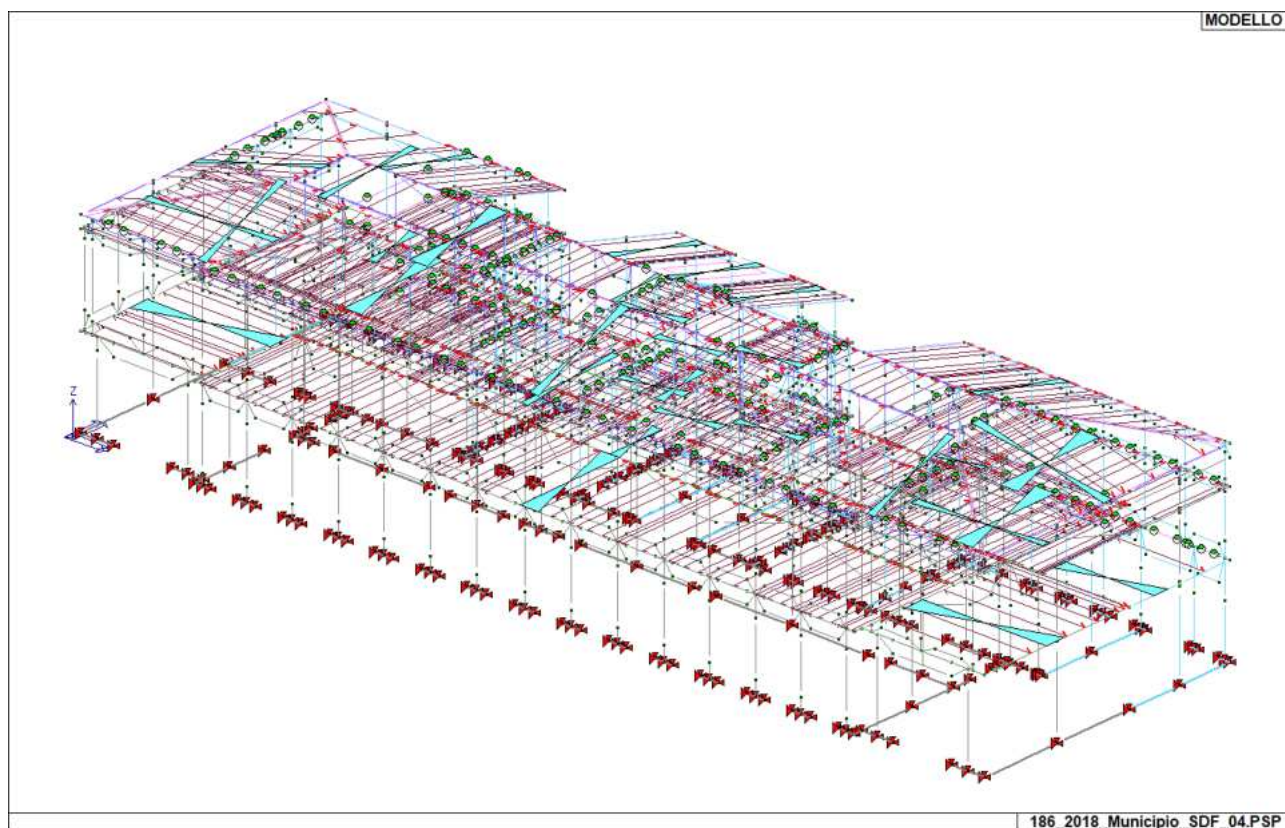


**Figura 26: modello solido**





**Figura 27: modello solido (elementi pannello nascosti)**



**Figura 28: Modello unifilare**





### 7.3. Modellazione delle azioni

Per la struttura in esame, le azioni sono applicate ai vari elementi strutturali in varie condizioni di carico elementari, a loro volta combinate per formare l'involuppo delle combinazioni di carico. Si procede alla descrizione delle c.d.c. elementari, con l'applicazione dei carichi alla struttura.

La tabella seguente mostra i tipi di c.d.c. implementati e la loro numerazione.

Il programma consente l'applicazione di diverse tipologie di casi di carico.

Sono previsti i seguenti 11 tipi di casi di carico:

	<b>Sigla</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descrizione</b>
<b>1</b>	<b>Ggk</b>	A	caso di carico comprensivo del peso proprio struttura
<b>2</b>	<b>Gk</b>	NA	caso di carico con azioni permanenti
<b>3</b>	<b>Qk</b>	NA	caso di carico con azioni variabili
<b>4</b>	<b>Gsk</b>	A	caso di carico comprensivo dei carichi permanenti sui solai e sulle coperture
<b>5</b>	<b>Qsk</b>	A	caso di carico comprensivo dei carichi variabili sui solai
<b>6</b>	<b>Qnk</b>	A	caso di carico comprensivo dei carichi di neve sulle coperture
<b>7</b>	<b>Qtk</b>	SA	caso di carico comprensivo di una variazione termica agente sulla struttura
<b>8</b>	<b>Qvk</b>	NA	caso di carico comprensivo di azioni da vento sulla struttura
<b>9</b>	<b>Esk</b>	SA	caso di carico sismico con analisi statica equivalente
<b>10</b>	<b>Edk</b>	SA	caso di carico sismico con analisi dinamica
<b>11</b>	<b>Etk</b>	NA	caso di carico comprensivo di azioni derivanti dall' incremento di spinta delle terre in condizione sismica
<b>12</b>	<b>Pk</b>	NA	caso di carico comprensivo di azioni derivanti da coazioni, cedimenti e precompressioni

Sono di tipo automatico A (ossia non prevedono introduzione dati da parte dell'utente) i seguenti casi di carico: 1-Ggk; 4-Gsk; 5-Qsk; 6-Qnk.

Sono di tipo semi-automatico SA (ossia prevedono una minima introduzione dati da parte dell'utente) i seguenti casi di carico:

7-Qtk, in quanto richiede solo il valore della variazione termica;

9-Esk e 10-Edk, in quanto richiedono il valore dell'angolo di ingresso del sisma e l'individuazione dei casi di carico partecipanti alla definizione delle masse.

Sono di tipo non automatico NA ossia prevedono la diretta applicazione di carichi generici agli elementi strutturali (si veda il precedente punto Modellazione delle Azioni) i restanti casi di carico.

Nella tabella successiva vengono riportati i casi di carico agenti sulla struttura, con l'indicazione dei dati relativi al caso di carico stesso:

Numero Tipo e Sigla identificativa, Valore di riferimento del caso di carico (se previsto).





In successione, per i casi di carico non automatici, viene riportato l'elenco di nodi ed elementi direttamente caricati con la sigla identificativa del carico.

Per i casi di carico di tipo sismico (9-Esk e 10-Edk), viene riportata la tabella di definizione delle masse: per ogni caso di carico partecipante alla definizione delle masse viene indicata la relativa aliquota (partecipazione) considerata. Si precisa che per i caso di carico 5-Qsk e 6-Qnk la partecipazione è prevista localmente per ogni elemento solaio o copertura presente nel modello (si confronti il valore Sksol nel capitolo relativo agli elementi solaio) e pertanto la loro partecipazione è di norma pari a uno.

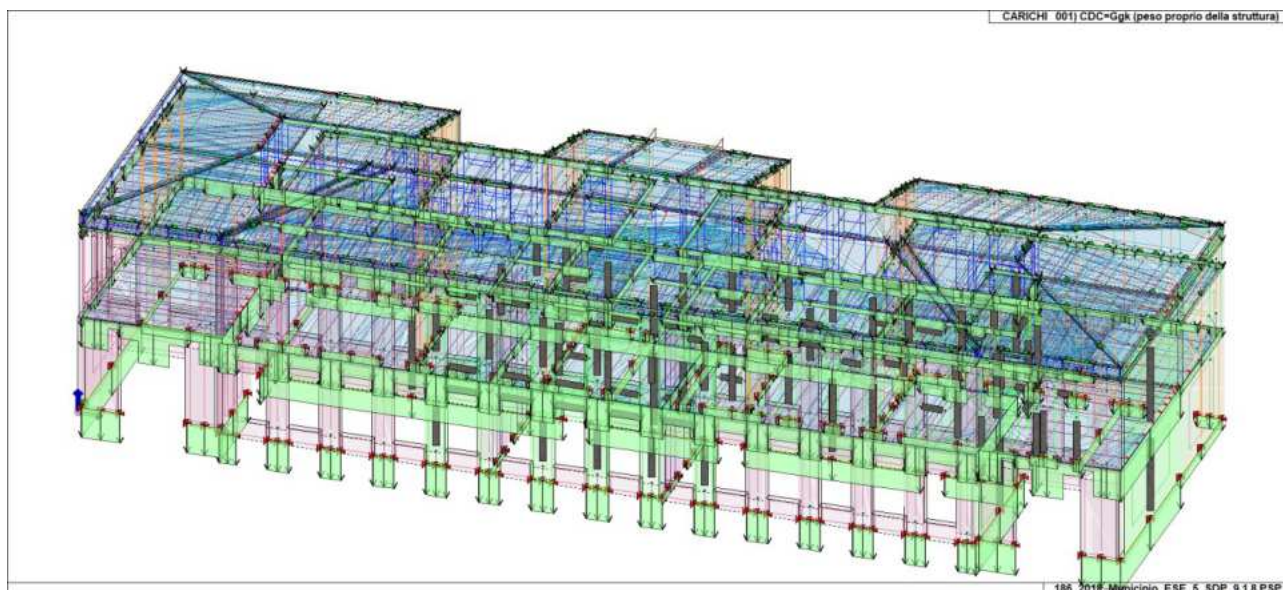
CDC	Tipo	Sigla Id	Note
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	
2	Gsk	CDC=G1sk (permanente solai-coperture)	
3	Gsk	CDC=G2sk (permanente solai-coperture n.c.d.)	
4	Qsk	CDC=Qsk (variabile solai)	
5	Qnk	CDC=Qnk (carico da neve)	
6	Esk	nlin_tria_dir0_epos	partecipazione:1.00 per 1 CDC=Ggk (peso proprio della struttura)
			partecipazione:1.00 per 2 CDC=G1sk (permanente solai-coperture)
			partecipazione:1.00 per 3 CDC=G2sk (permanente solai-coperture n.c.d.)
			partecipazione:1.00 per 4 CDC=Qsk (variabile solai)
			partecipazione:1.00 per 5 CDC=Qnk (carico da neve)
7	Esk	nlin_tria_dir0_eneq	come precedente CDC sismico
8	Esk	nlin_tria_dir180_epos	come precedente CDC sismico
9	Esk	nlin_tria_dir180_eneq	come precedente CDC sismico
10	Esk	nlin_tria_dir90_epos	come precedente CDC sismico
11	Esk	nlin_tria_dir90_eneq	come precedente CDC sismico
12	Esk	nlin_tria_dir270_epos	come precedente CDC sismico
13	Esk	nlin_tria_dir270_eneq	come precedente CDC sismico
14	Esk	nlin_unif_dir0_epos	come precedente CDC sismico
15	Esk	nlin_unif_dir0_eneq	come precedente CDC sismico
16	Esk	nlin_unif_dir180_epos	come precedente CDC sismico
17	Esk	nlin_unif_dir180_eneq	come precedente CDC sismico
18	Esk	nlin_unif_dir90_epos	come precedente CDC sismico
19	Esk	nlin_unif_dir90_eneq	come precedente CDC sismico
20	Esk	nlin_unif_dir270_epos	come precedente CDC sismico
21	Esk	nlin_unif_dir270_eneq	come precedente CDC sismico

### 7.3.1. Peso proprio strutture (c.d.c. 1)

Il peso proprio della struttura è determinato automaticamente dal programma di calcolo, mediante applicazione, ai vari elementi, delle proprietà geometriche e del materiale.

La figura seguente mostra l'applicazione dei carichi agli elementi finiti che compongono la struttura.





**Figura 29: c.d.c. 1 peso proprio elementi strutturali**

### 7.3.2. Carico impalcati (c.d.c. 2 – 3 – 4– 5)

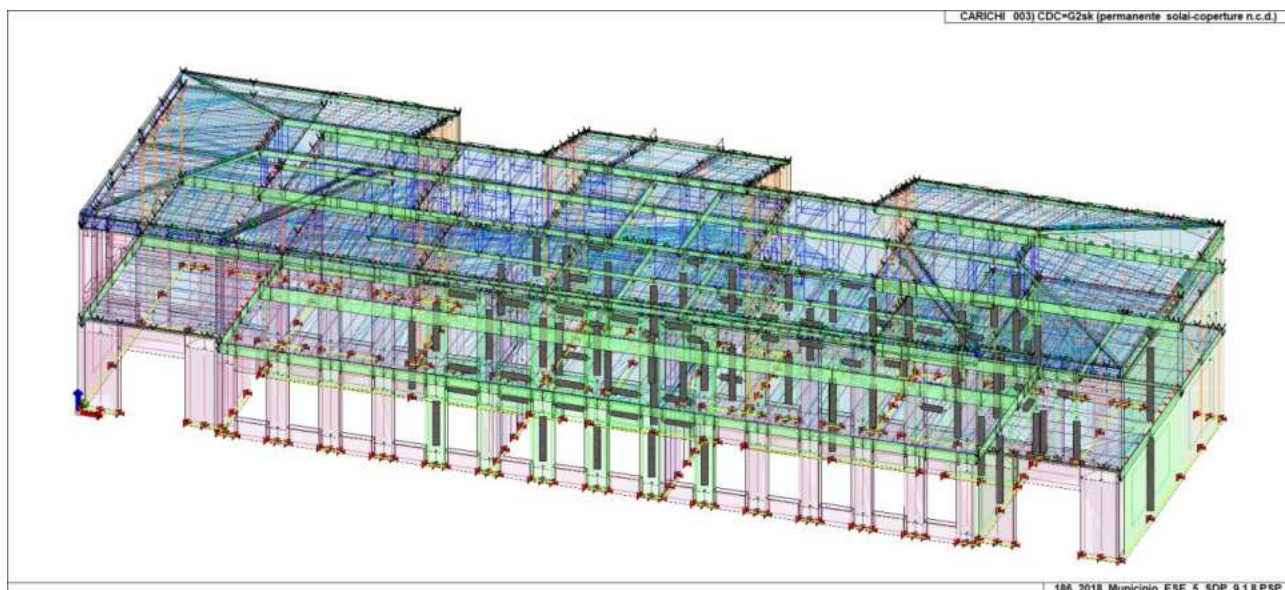
Il peso proprio degli impalcati (c.d.c. 2) è una c.d.c. di tipo semiautomatico, come anche le successive c.d.c. 3, 4 e 5, mediante la quale il programma di calcolo attribuisce il carico dovuto ai solai ai vari elementi strutturali di contorno, tramite la relativa area di influenza. In precedenza è stata riepilogata l'analisi dei carichi dei solai, tramite cui il programma assegna i carichi ai vari elementi strutturali al contorno.

Le figure seguenti mostrano l'applicazione dei carichi nelle c.d.c..

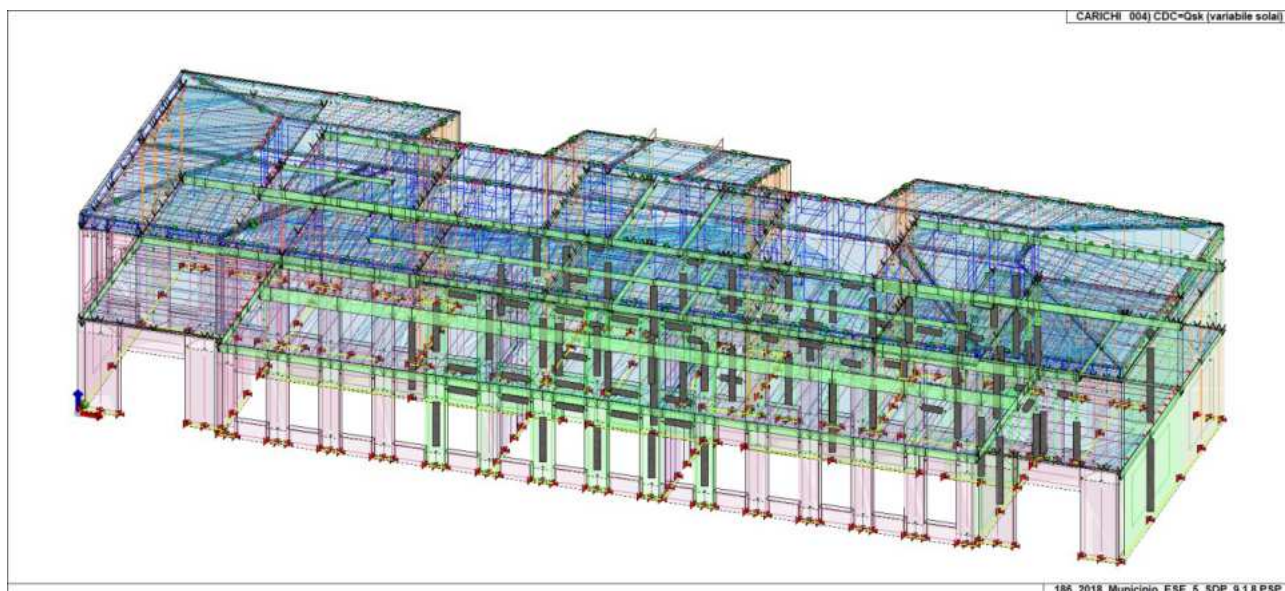


**Figura 30: c.d.c. 2 - applicazione dei carichi da peso permanente solai**



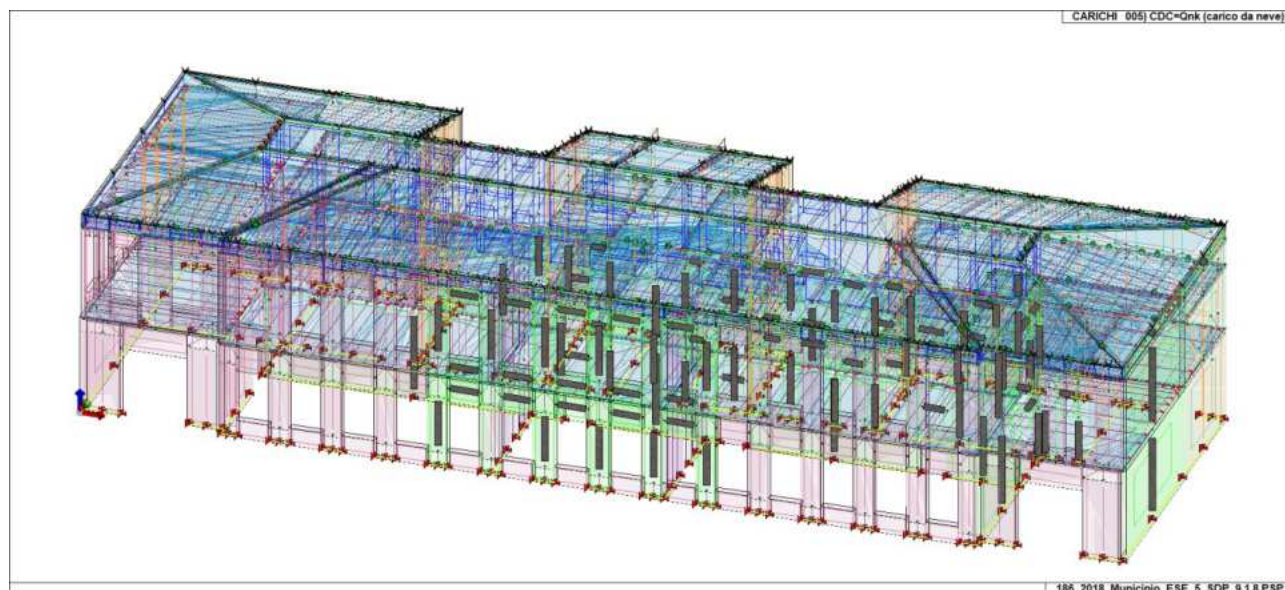


**Figura 31: c.d.c. 3 - applicazione dei carichi da peso non strutturale solai**



**Figura 32: c.d.c. 4 - applicazione dei carichi variabili solai**





**Figura 33: c.d.c. 5 - applicazione dei carichi variabili solai (NEVE)**

### **7.3.3. Sisma non lineare (c.d.c. 6 – 21)**

In queste cdc si considerano le azioni sismiche di tipo non lineare, calcolate in automatico dal software.

Considerate le 2 distribuzioni di cui al §7.1.1 della presente relazione, si ha un totale di 16 cdc statiche non lineari, combinazioni di 2 distribuzioni di forze sismiche (principale/secondaria), 2 direzioni (X/Y), 2 versi di carico (positivo/negativo), 2 valori di eccentricità (positiva/negativa). Si riporta di seguito in forma tabellare lo schema dei 16 casi di carico di tipo statico non lineare secondo le diverse caratteristiche dell'azione, riportante i nomi dei casi di carico che saranno utilizzati per definire i casi inseriti nel programma di calcolo.





**Pannello di controllo generale PRO\_SAM**

**Parametri di analisi**

☐ Escludi non li...

Direzione princip... 0.0 [gradi]

Massimo numer... 10000

Intervallo output 5

**Verifiche SL**

☒ SLO

☒ SLD

☒ SLV

☒ SLC

**Avanzate**

☒ Piano infinita...

Residuo Forze 0.8

Fattore Forze 0.7

Incremento Forze 0.05

Metodo Gamma Modale

Numero iterazioni 10

Tolleranza energia 0.0001

Tolleranza forze 0.001

Tolleranza sposta... 0.001

Fattore Jt per rigidi 0.0001

☐ Privilegia offset

☐ Imposta dati ...

☒ Mostra esecu...

Analisi in parallelo 8

Reset valori avan... **reset**

Distribuzioni di forze e schemi di analisi pushover

☒ G1) triangolare - proporzionale alle forze statiche di cui al § 7.3.3.2

☐ G1) corrispondente a un andamento di accelerazioni proporzionale alla forma del modo fondamentale

☐ G1) corrispondente all'andamento delle forze di piano agenti su ciascun orizzontamento

☒ G2) desunta da un andamento uniforme di accelerazioni

☐ G2) adattiva

☐ G2) multimodale, considerando almeno sei modi significativi

☐ Dir. alfa    ☐ Dir. alfa + 90    ☒ Entrambe  
☐ Verso pos.    ☐ Verso neg.    ☒ Entrambi  
☐ Ecc. pos.    ☐ Ecc. neg.    ☐ Ecc. 0    ☒ Ecc. pos. e neg.

1) Carichi statici    2) Distribuzioni sisma    3) Pericolosità sismica  
4) Esecuzione analisi

**OK**    **Annulla**

C.d.C.	Nome carico	Distribuzione F orizzontali	Direzione Forza	Verso	eccentricità
6	nlin_tria_dir0_epos	triangolare	X	Pos	+
7	nlin_tria_dir0_neg	triangolare	X	Pos	-
8	nlin_tria_dir180_epos	triangolare	X	Neg	+
9	nlin_tria_dir180_neg	triangolare	X	Neg	-
10	nlin_tria_dir90_epos	triangolare	Y	Pos	+
11	nlin_tria_dir90_neg	triangolare	Y	Pos	-
12	nlin_tria_dir270_epos	triangolare	Y	Neg	+
13	nlin_tria_dir270_neg	triangolare	Y	Neg	-
14	nlin_unif_dir0_epos	uniforme	X	Pos	+
15	nlin_unif_dir0_neg	uniforme	X	Pos	-
16	nlin_unif_dir180_epos	uniforme	X	Neg	+
17	nlin_unif_dir180_neg	uniforme	X	Neg	-
18	nlin_unif_dir90_epos	uniforme	Y	Pos	+
19	nlin_unif_dir90_neg	uniforme	Y	Pos	-





20	nlin_unif_dir270_epos	uniforme	Y	Neg	+
21	nlin_unif_dir270_eneg	uniforme	Y	Neg	-

## 7.4. Combinazioni di carico

Si riportano le combinazioni di carico relative al modello implementato per la verifica di vulnerabilità sismica.

Le varie c.d.c. precedentemente descritte sono combinate secondo quanto richiesto dal DM 17.01.2018, per formare l'involuppo delle combinazioni, utilizzato nel seguito per la determinazione delle sollecitazioni di progetto e verifica dei vari elementi strutturali.

Le combinazioni sismiche non lineari sono definite in maniera automatica dal programma in base ai paragrafi 2.5.3 e 7.3.5 del DM 17 Gennaio 2018: l'analisi è svolta considerando l'azione sismica (di segno positivo e negativo) applicata separatamente secondo ciascuna delle due direzioni orizzontali.

Le combinazioni previste sono destinate al controllo di sicurezza della struttura ed alla verifica degli spostamenti e delle sollecitazioni.

La prima tabella delle combinazioni riportata di seguito comprende le seguenti informazioni: Numero, Tipo, Sigla identificativa. Una seconda tabella riporta il peso nella combinazione, assunto per ogni caso di carico.

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

**Combinazione fondamentale** SLU

$G1 + G2 + P + Qk1 + y02 \times Qk2 + y03 \times Qk3 + \dots$

**Combinazione caratteristica** (rara) SLE

$G1 + G2 + P + Qk1 + y02 \times Qk2 + y03 \times Qk3 + \dots$

**Combinazione frequente** SLE

$G1 + G2 + P + y11 \times Qk1 + y22 \times Qk2 + y23 \times Qk3 + \dots$

**Combinazione quasi permanente** SLE

$G1 + G2 + P + y21 \times Qk1 + y22 \times Qk2 + y23 \times Qk3 + \dots$

**Combinazione sismica**, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E

$E + G1 + G2 + P + y21 \times Qk1 + y22 \times Qk2 + \dots$

**Combinazione eccezionale**, impiegata per gli stati limite connessi alle azioni eccezionali

$G1 + G2 + P + y21 \times Qk1 + y22 \times Qk2 + \dots$

Dove:

NTC 2018 Tabella 2.5.I

Destinazione d'uso/azione	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Categoria A residenziali	0,70	0,50	0,30
Categoria B uffici	0,70	0,50	0,30
Categoria C ambienti suscettibili di affollamento	0,70	0,70	0,60
Categoria D ambienti ad uso commerciale	0,70	0,70	0,60
Categoria E biblioteche, archivi, magazzini,...	1,00	0,90	0,80
Categoria F Rimesse e parcheggi (autoveicoli $\leq 30$ kN)	0,70	0,70	0,60
Categoria G Rimesse e parcheggi (autoveicoli $> 30$ kN)	0,70	0,50	0,30
Categoria H Coperture	0,00	0,00	0,00
Vento	0,60	0,20	0,00
Neve a quota $\leq 1000$ m	0,50	0,20	0,00





Neve a quota > 1000 m	0,70	0,50	0,20
Variazioni Termiche	0,60	0,50	0,00

Nelle verifiche possono essere adottati in alternativa, due diversi approcci progettuali:

- per l'approccio 1 si considerano due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti di sicurezza parziali per le azioni, per i materiali e per la resistenza globale (combinazione 1 con coefficienti A1 e combinazione 2 con coefficienti A2),
- per l'approccio 2 si definisce un'unica combinazione per le azioni, per la resistenza dei materiali e per la resistenza globale (con coefficienti A1).

NTC 2018 Tabella 2.6.I

		Coefficiente $\gamma_f$	EQU	A1	A2
Carichi permanenti	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali (Non compiutamente definiti)	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	Favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

Cmb	Tipo	Sigla Id	effetto P-delta
1	SLU	Comb. SLU A1 1	
2	SLU	Comb. SLU A1 2	
3	SLU	Comb. SLU A1 3	
4	SLU	Comb. SLU A1 4	
5	SL (pushover)	CMB_005_nlin_tria_dir0_epos_1	
6	SL (pushover)	CMB_006_nlin_tria_dir0_eneg_2	
7	SL (pushover)	CMB_007_nlin_tria_dir180_epos_4	
8	SL (pushover)	CMB_008_nlin_tria_dir180_eneg_5	
9	SL (pushover)	CMB_009_nlin_tria_dir90_epos_7	
10	SL (pushover)	CMB_010_nlin_tria_dir90_eneg_8	
11	SL (pushover)	CMB_011_nlin_tria_dir270_epos_10	
12	SL (pushover)	CMB_012_nlin_tria_dir270_eneg_11	
13	SL (pushover)	CMB_013_nlin_unif_dir0_epos_37	
14	SL (pushover)	CMB_014_nlin_unif_dir0_eneg_38	
15	SL (pushover)	CMB_015_nlin_unif_dir180_epos_40	
16	SL (pushover)	CMB_016_nlin_unif_dir180_eneg_41	
17	SL (pushover)	CMB_017_nlin_unif_dir90_epos_43	
18	SL (pushover)	CMB_018_nlin_unif_dir90_eneg_44	
19	SL (pushover)	CMB_019_nlin_unif_dir270_epos_46	
20	SL (pushover)	CMB_020_nlin_unif_dir270_eneg_47	

Cmb	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...	CDC 9/23...	CDC 10/24...	CDC 11/25...	CDC 12/26...	CDC 13/27...	CDC 14/28...
1	1.30	1.30	1.50	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	1.30	1.30	1.50	0.0	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	1.00	1.00	0.80	0.0	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0





Cmb	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...	CDC 9/23...	CDC 10/24...	CDC 11/25...	CDC 12/26...	CDC 13/27...	CDC 14/28...
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0							
10	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0							
11	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0							
12	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0							
13	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0							
14	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0							
15	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0							
16	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0							
17	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0							
18	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0							
19	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0							
20	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00							

## 7.5. Modellazione dei vincoli

Gli elementi di tipo cordolo in c.a. sono svincolati a rotazione alle estremità.

Sono inoltre presenti degli svincoli a rotazione in corrispondenza delle intersezioni tra pareti.

Per quanto riguarda gli elementi di fondazione, questi come già citato nei paragrafi precedenti non sono modellati e la struttura risulta vincolata mediante nodi ad incastro.





## 7.6. ANALISI STATICA - RISULTATI

Nel presente capitolo si riportano i risultati e le verifiche strutturali relativamente alle combinazioni di carico statiche.

Si premette che, come indicato nel paragrafo C2.1 della Circolare 21/01/2019, n. 7, in caso di costruzioni soddisfacenti i livelli di sicurezza previsti da norme previgenti per azioni ambientali non sismiche, se il livello di sicurezza attuale è considerato accettabile non è necessario intervenire.

Per le opere esistenti, rimandando per maggiori dettagli al Capitolo 8, si precisa che è possibile fare riferimento a livelli di sicurezza diversi da quelli delle nuove opere ed è anche possibile considerare solo gli stati limite ultimi, prescindendo dagli stati limite di servizio.

Al proposito, è necessario osservare che in pratica possono presentarsi casistiche molto diverse, e che occorre distinguere gli effetti delle azioni sismiche da quelli delle azioni non sismiche. Le diverse casistiche che possono presentarsi nella pratica sono sostanzialmente riconducibili alle seguenti:

- a) costruzioni soddisfacenti i livelli di sicurezza previsti da norme previgenti per azioni ambientali non sismiche, nelle quali i livelli di sicurezza si riducano al disotto dei limiti ammessi per effetto di modifiche normative dei valori delle azioni (quali, ad esempio, aumento del carico neve, modifica dell'azione del vento ecc.) o delle modalità di verifica (es: valutazione del taglio resistente negli elementi strutturali di c.a., ecc.);
- b) costruzioni non soddisfacenti i livelli di sicurezza previsti da norme, sia previgenti, sia in vigore, per azioni non sismiche di origine gravitazionale;
- c) costruzioni non soddisfacenti i livelli di sicurezza previsti da norme, sia previgenti, sia in vigore, per azioni non sismiche agenti in direzione orizzontale;
- d) costruzioni non soddisfacenti i livelli di sicurezza previsti da norme, sia previgenti, sia in vigore, per azioni sismiche.

Nel caso a) se il livello di sicurezza attuale può essere considerato accettabile, non è necessario intervenire; nel caso b) è necessario intervenire, conformando i carichi gravitazionali nelle zone oggetto di intervento a quelli previsti dalle NTC, con le modalità indicate nel Capitolo 8; nei casi c) e d) si deve operare, in accordo con quanto previsto nel Capitolo 8, in funzione della classificazione dell'intervento. Si segnala che nei casi c) e d) l'intervento è necessario soltanto quando si ricada in una delle tre categorie d'intervento previste nel Capitolo 8 delle norme: intervento locale o riparazione, miglioramento, adeguamento.

Nel caso in oggetto, l'edificio è stato costruito nei primi anni del '900 e in fase di ampliamento è stato redatto un collaudo statico nel 1983 dall'ing. Luigi Pedrazzini che ne attesta l'idoneità statica. Ad oggi non sono state riscontrate problematiche statiche nell'edificio. Si considera quindi il livello di sicurezza attuale accettabile per quanto riguarda le azioni statiche.

Nel seguito verranno comunque per completezza mostrate le sollecitazioni massime sugli elementi in muratura e le relative verifiche. Le verifiche sono condotte secondo il par. 4.5.6. delle NTC2018 per gli elementi in muratura e si espongono sotto forma di immagini a mappe di colore.

### 7.6.1. MODELLO DI CALCOLO

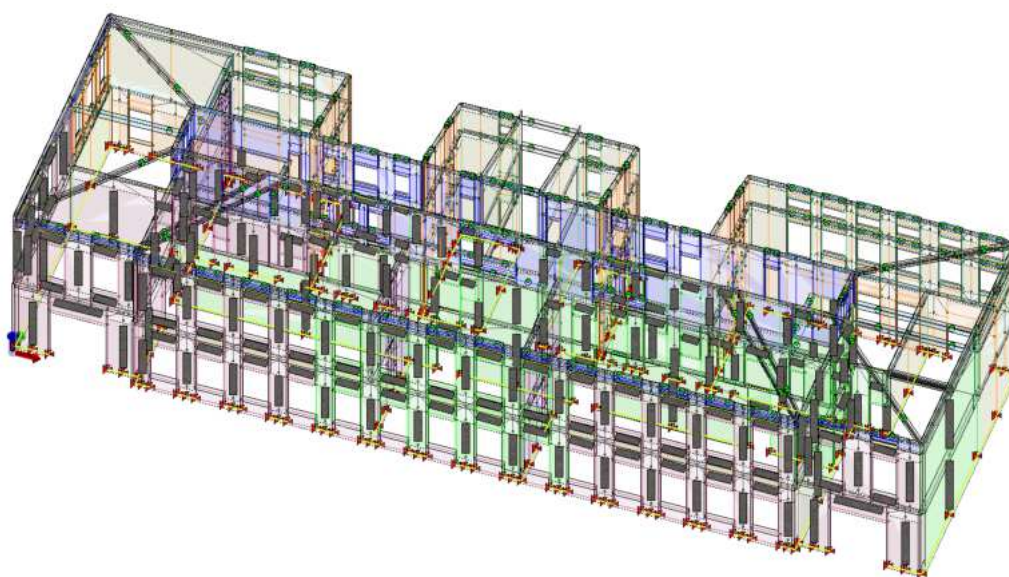
Il modello utilizzato per l'analisi statica è il medesimo modello utilizzato per l'analisi non lineare (Pushover), nel quale sono state inserite solamente le combinazioni di carico statiche. L'analisi condotta è solamente una analisi lineare elastica.

Di seguito si riporta un'immagine del modello di riferimento dell'analisi statica.





PROGETTO



186\_2018\_Municipio\_ESE\_5\_SDP\_9.1.8\_statico.PSP

Figura 34: Modello unifilare - statica

### 7.6.1.1. Combinazioni di carico

Cmb	Tipo	Sigla Id	effetto P-delta
1	SLU	Comb. SLU A1 1	
2	SLU	Comb. SLU A1 2	
3	SLU	Comb. SLU A1 3	
4	SLU	Comb. SLU A1 4	
5	SLU	Comb. SLU A1 5	
6	SLU	Comb. SLU A1 6	
7	SLU	Comb. SLU A1 7	
8	SLU	Comb. SLU A1 8	
9	SLU	Comb. SLU A1 9	
10	SLU	Comb. SLU A1 10	
11	SLU	Comb. SLU A1 11	
12	SLU	Comb. SLU A1 12	
13	SLU	Comb. SLU A1 13	
14	SLU	Comb. SLU A1 14	

Cmb	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...	CDC 9/23...	CDC 10/24...	CDC 11/25...	CDC 12/26...	CDC 13/27...	CDC 14/28...
1	1.30	1.30	1.50	0.0	0.0									
2	1.30	1.30	1.50	0.0	0.75									
3	1.30	1.30	1.50	1.50	0.0									
4	1.30	1.30	1.50	1.50	0.75									
5	1.00	1.00	0.80	0.0	0.0									
6	1.00	1.00	0.80	0.0	0.75									
7	1.00	1.00	0.80	1.50	0.0									
8	1.00	1.00	0.80	1.50	0.75									
9	1.30	1.30	1.50	0.0	1.50									
10	1.30	1.30	1.50	1.05	0.0									
11	1.30	1.30	1.50	1.05	1.50									
12	1.00	1.00	0.80	0.0	1.50									
13	1.00	1.00	0.80	1.05	0.0									
14	1.00	1.00	0.80	1.05	1.50									





## 7.6.2. RISULTATI E VERIFICHE PRINCIPALI

In questo paragrafo sono riportati i risultati e le verifiche strutturali per le combinazioni di carico statiche dei vari elementi facenti parte della struttura e modellati nel programma di calcolo, trattasi dei maschi e delle fasce murarie in laterizio.

### 7.6.2.1. Sollecitazioni Pareti

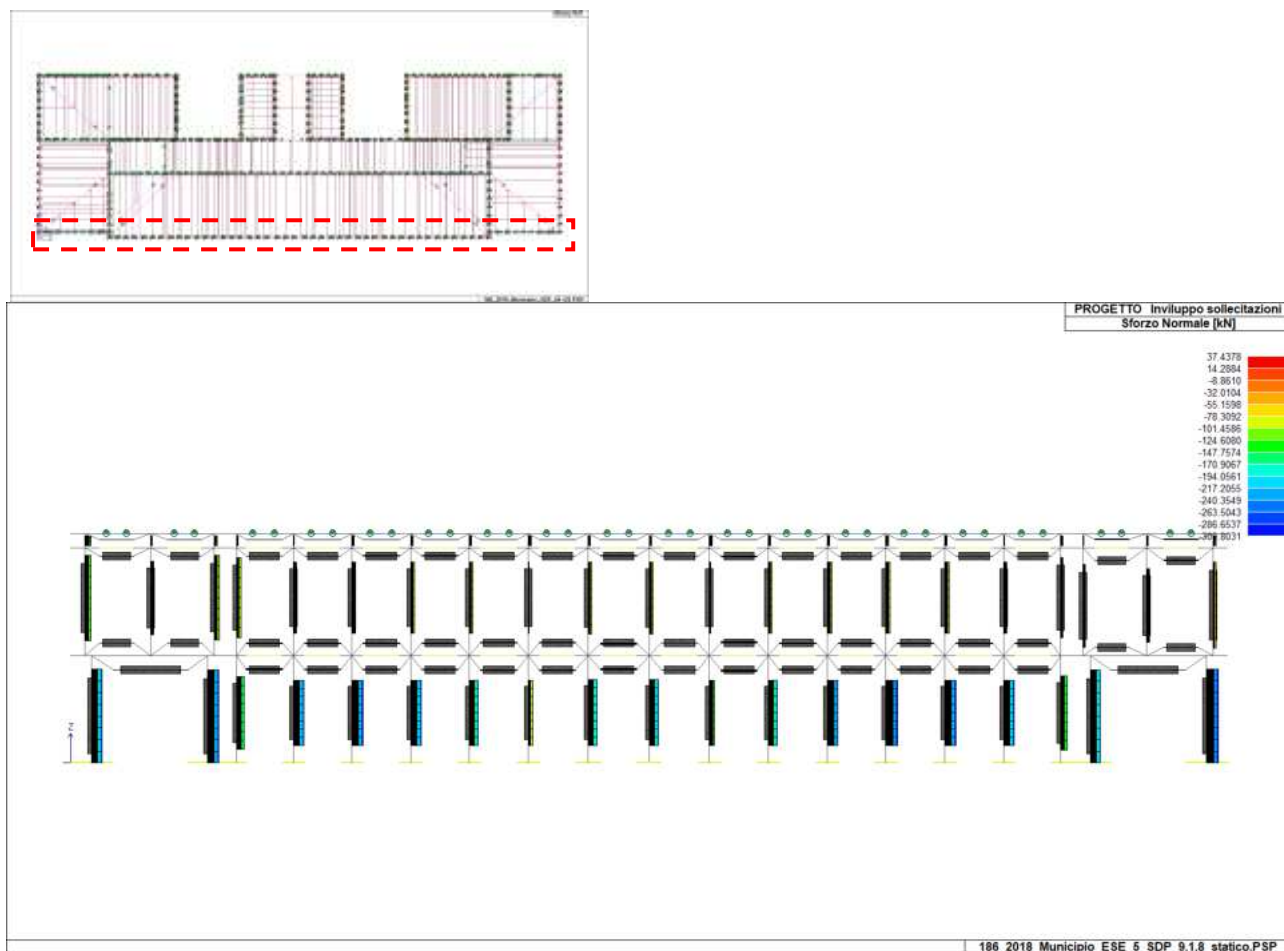


Figura 35: Max sforzo normale - CC4 - maschi e fasce prospetto Sud



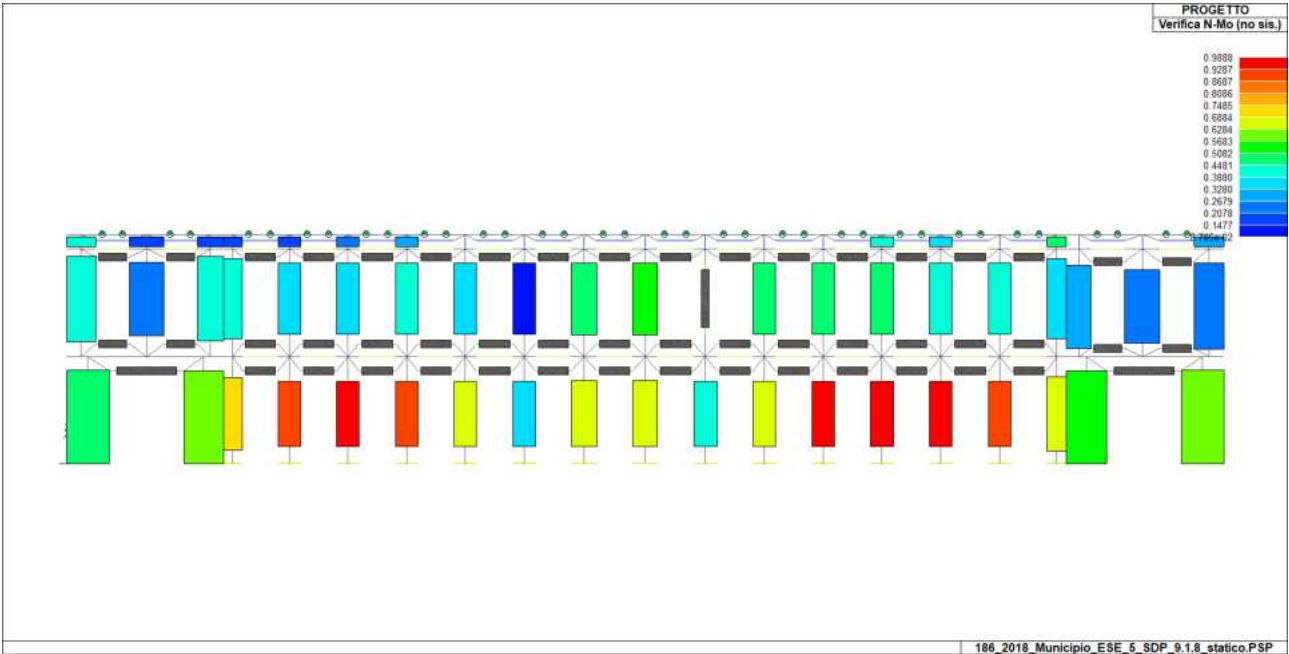


Figura 36: Verifica pressoflessione (4.5.5 NTC2018) maschi prospetto Sud



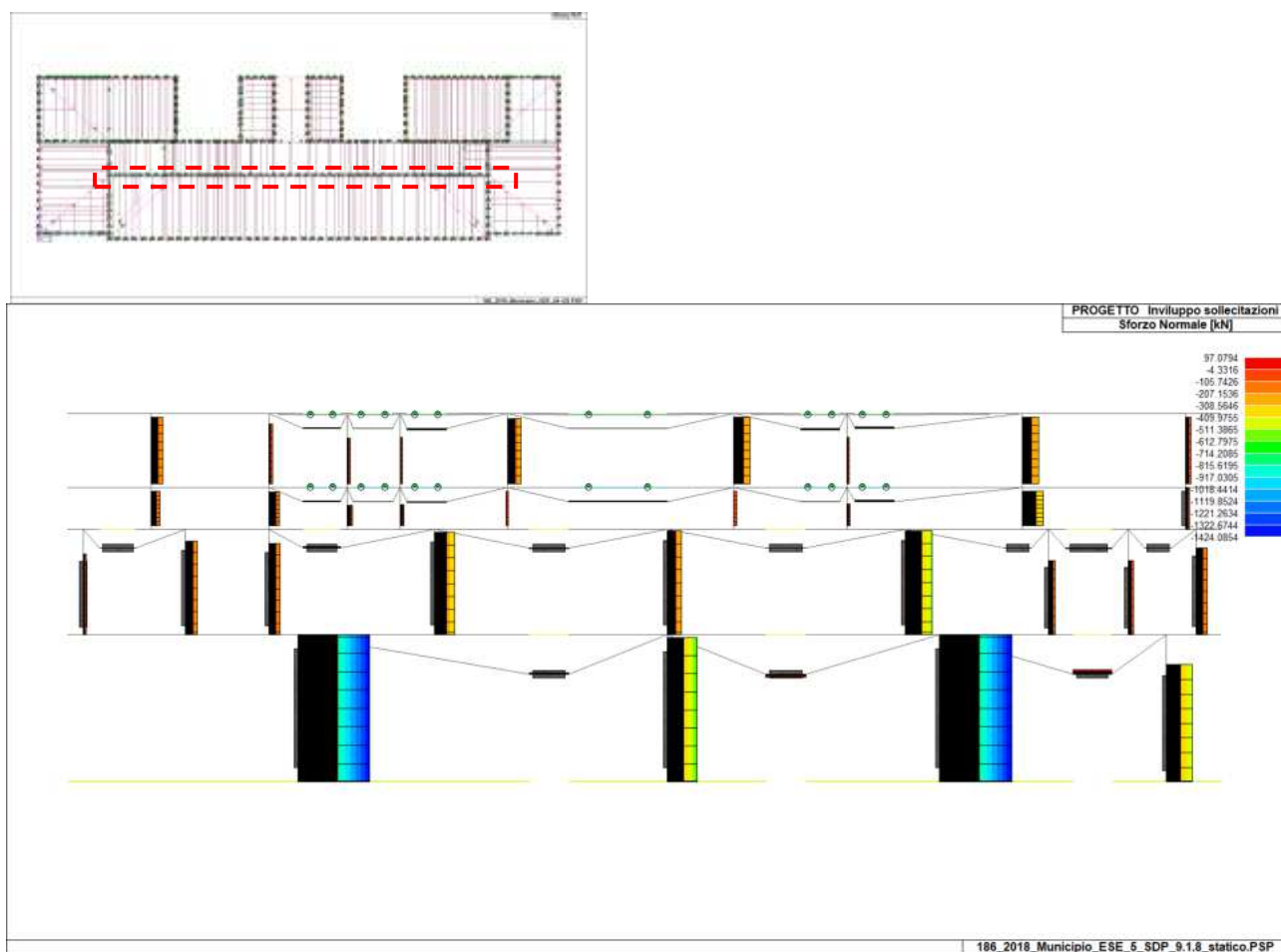


Figura 37: Max sforzo normale - CC4 - maschi e fasce Muro interno 1 direzione X

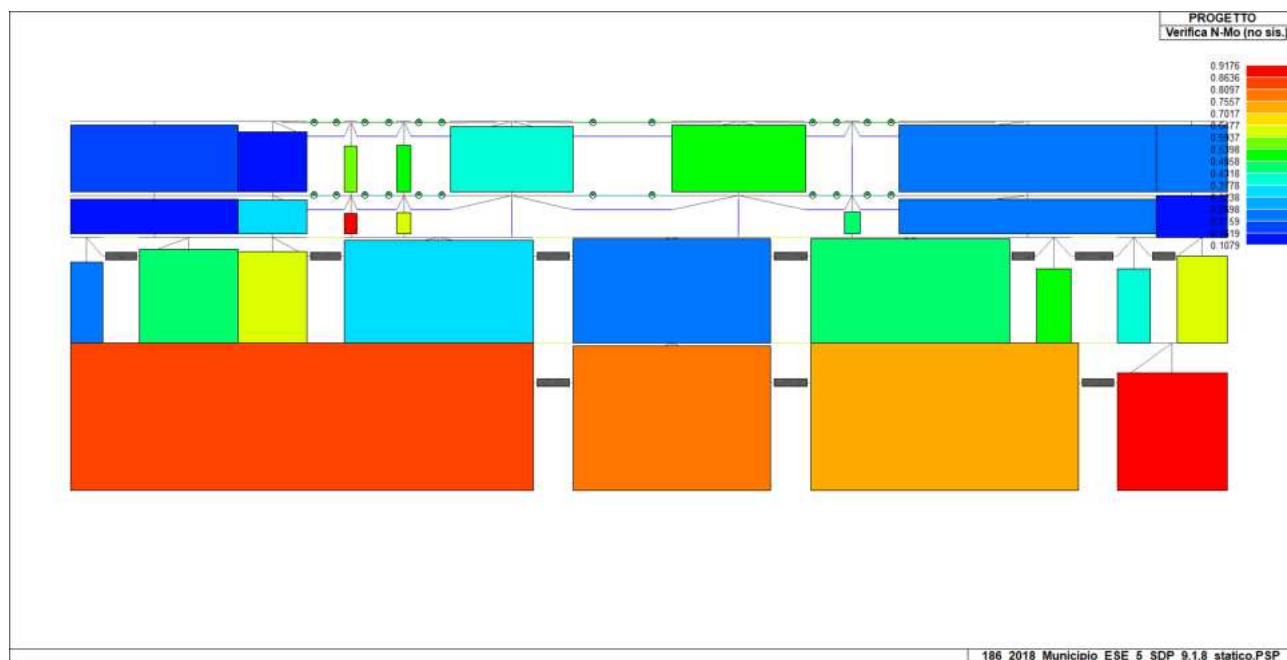


Figura 38: Verifica pressoflessione (4.5.5 NTC2018) maschi Muro interno 1 direzione X





Figura 39: Max sforzo normale - CC4 - maschi e fasce Muro interno 2 direzione X

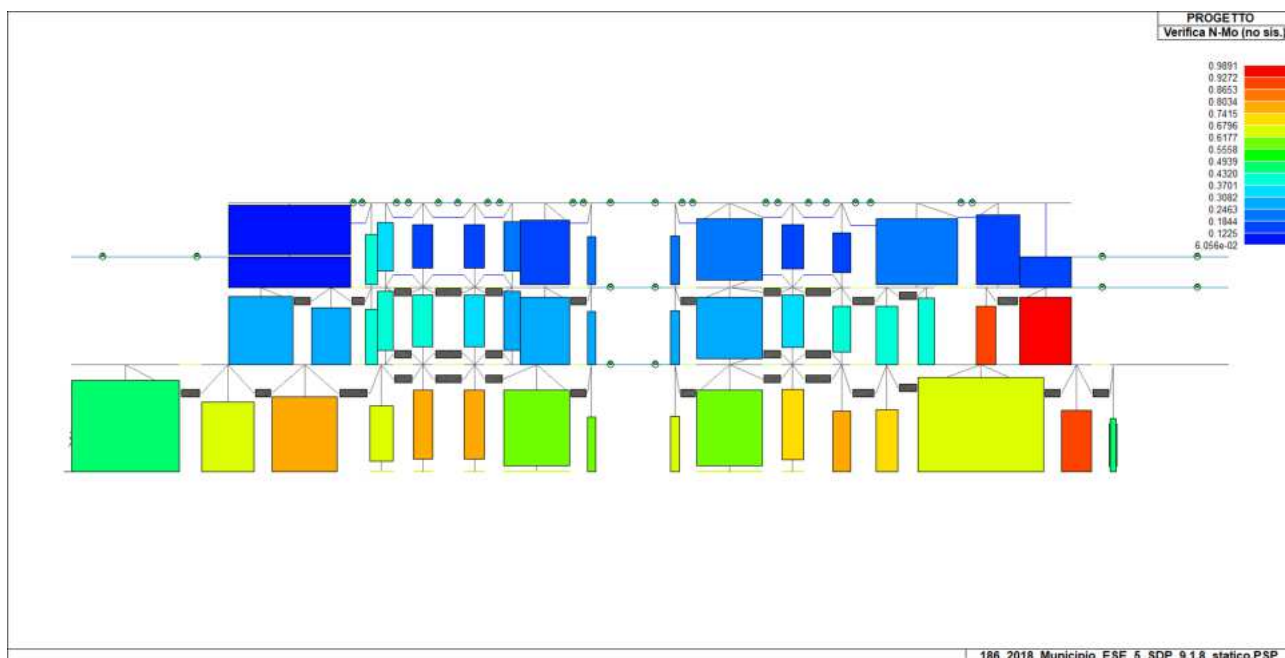


Figura 40: Verifica pressoflessione (4.5.5 NTC2018) maschi Muro interno 2 direzione X



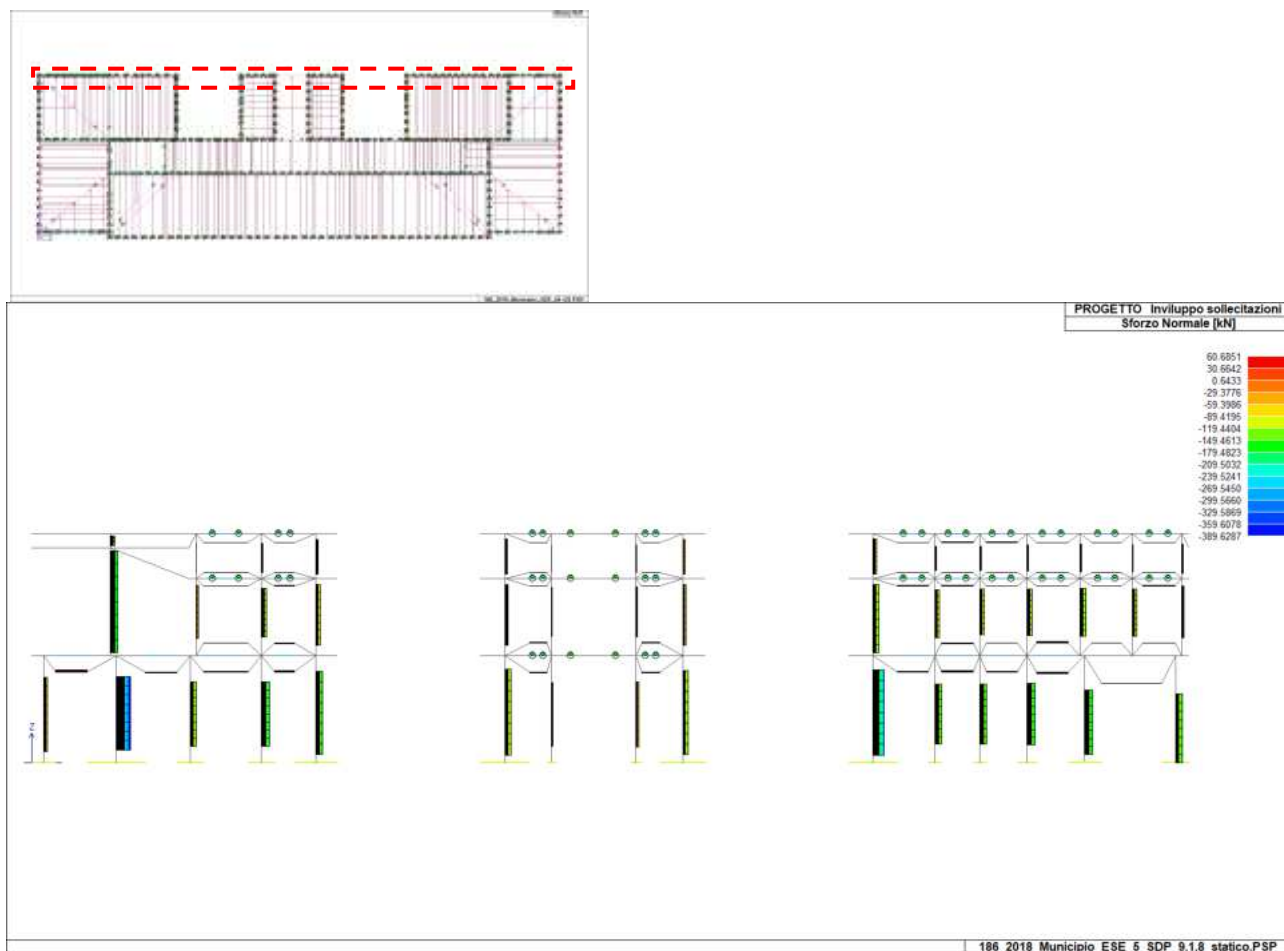


Figura 41: Max sforzo normale - CC4 - maschi e fasce prospetto Nord (retro)

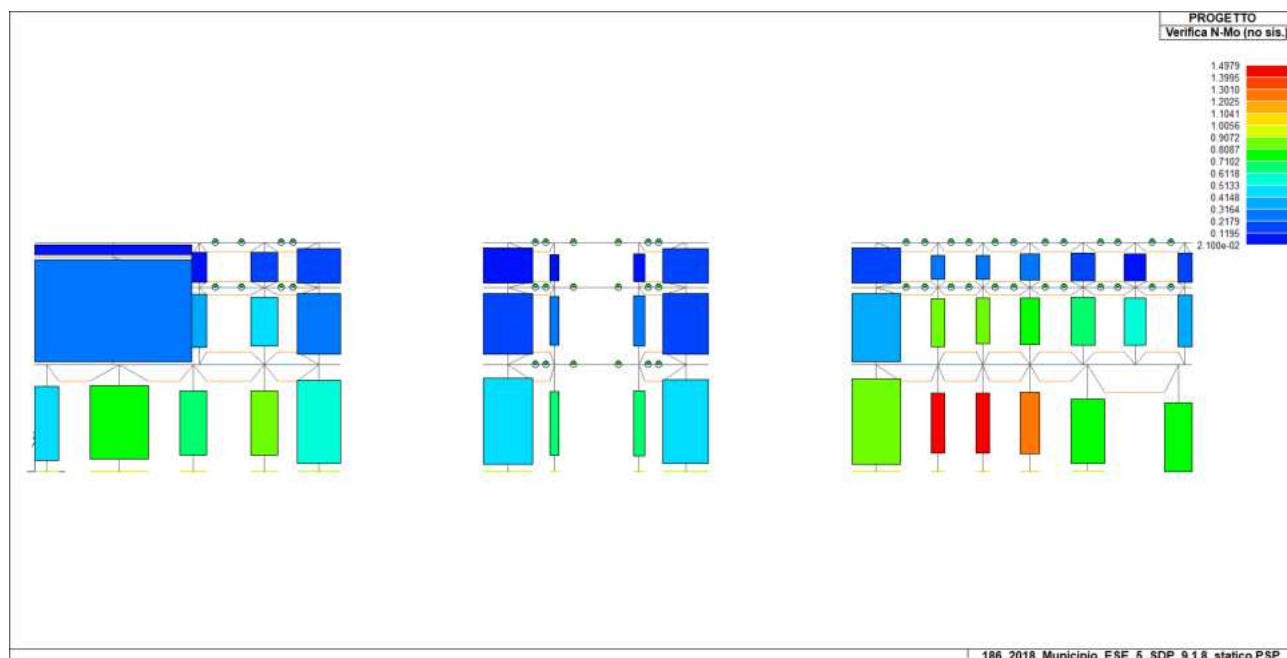


Figura 42: Verifica pressoflessione (4.5.5 NTC2018) maschi prospetto Nord



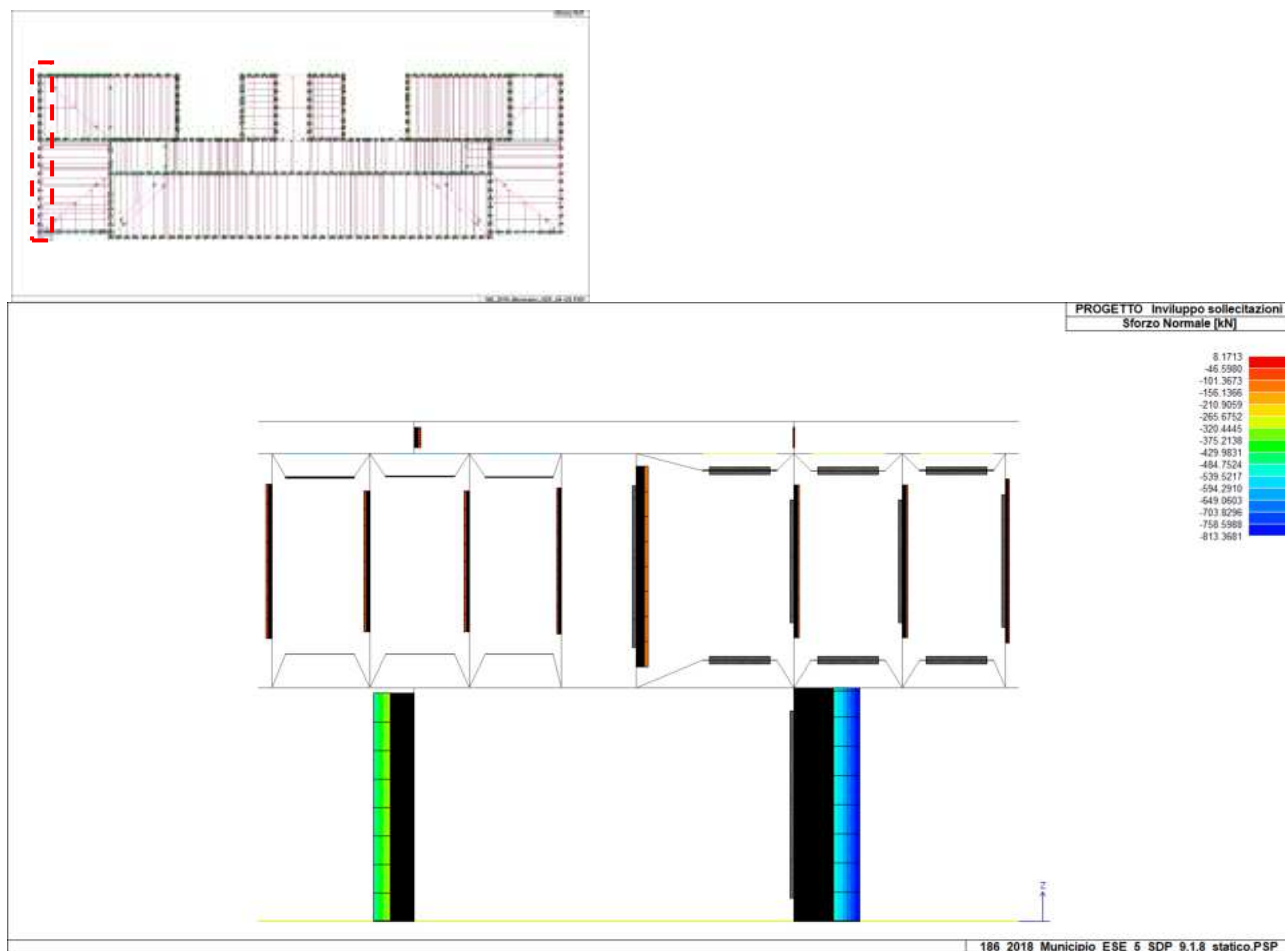


Figura 43: Max sforzo normale - CC4 - maschi e fasce prospetto Ovest

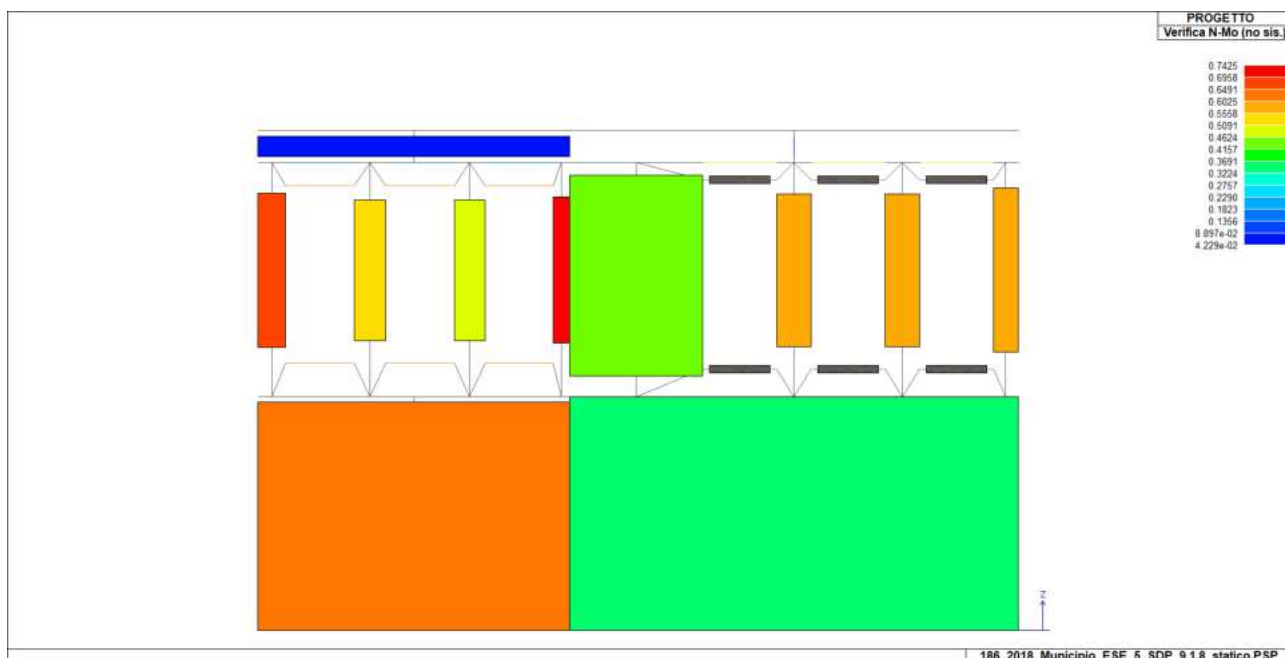


Figura 44: Verifica pressoflessione (4.5.5 NTC2018) maschi prospetto Ovest



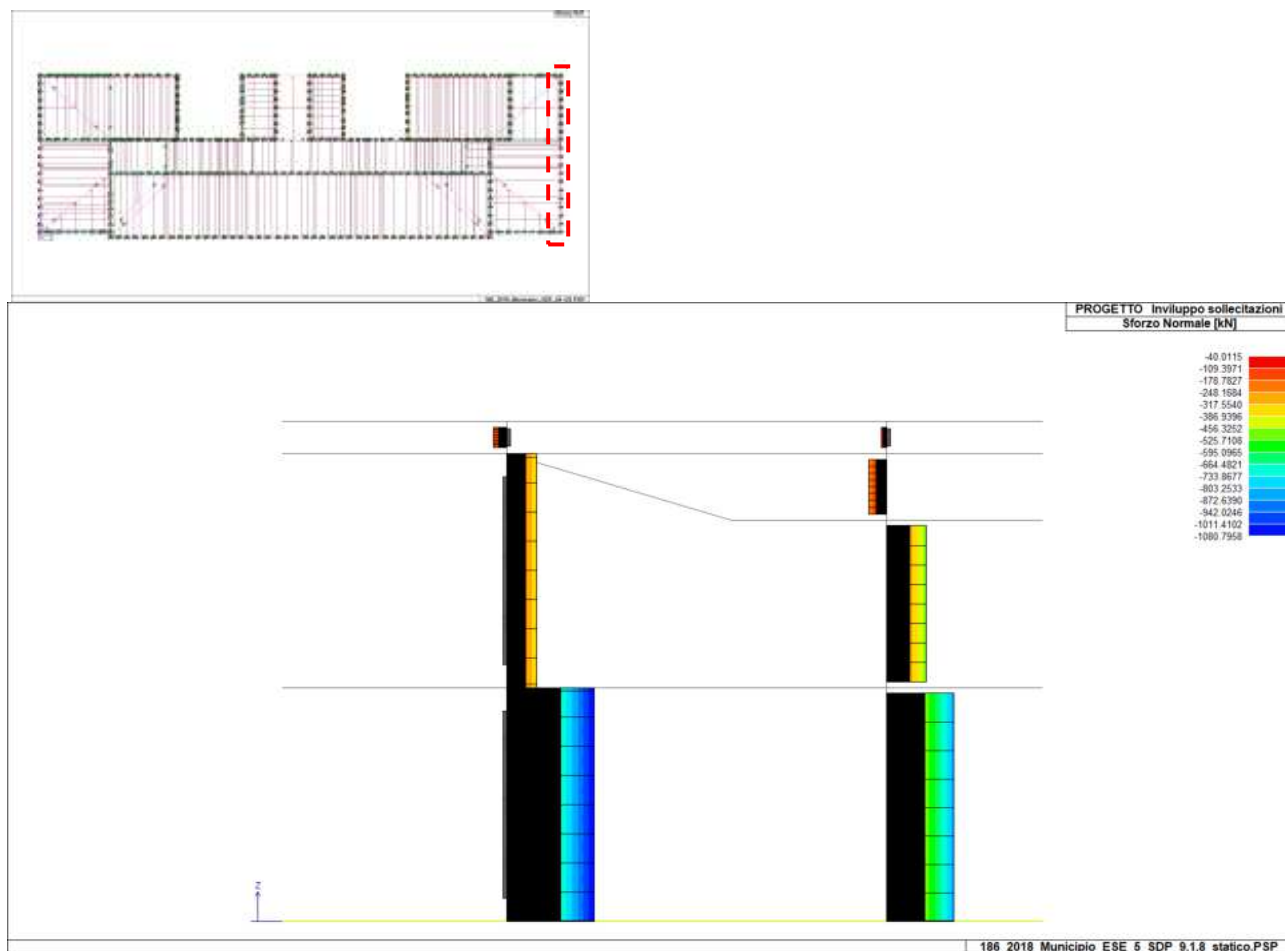


Figura 45: Max sforzo normale - CC4 - maschi e fasce prospetto Est

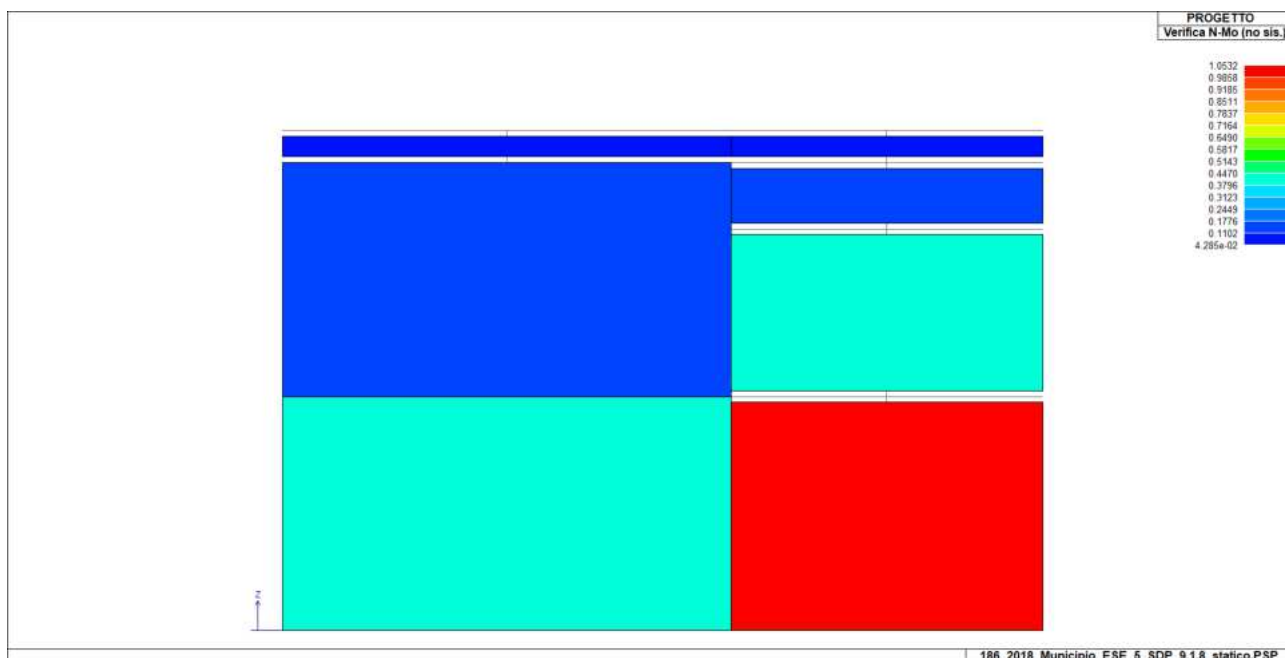


Figura 46: Verifica pressoflessione (4.5.5 NTC2018) maschi prospetto Est



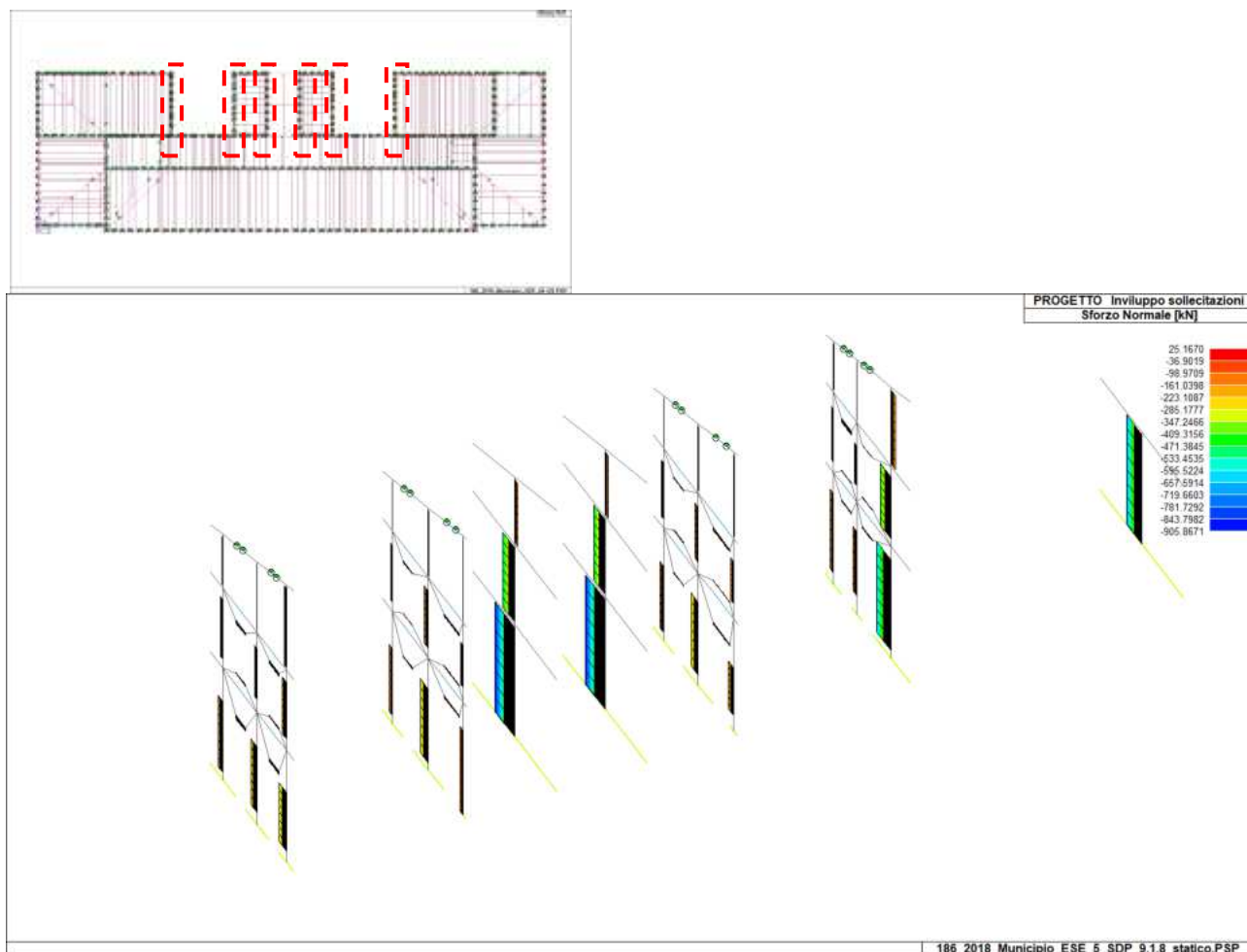


Figura 47: Max sforzo normale - CC4 - maschi e fasce laterali - retro edificio

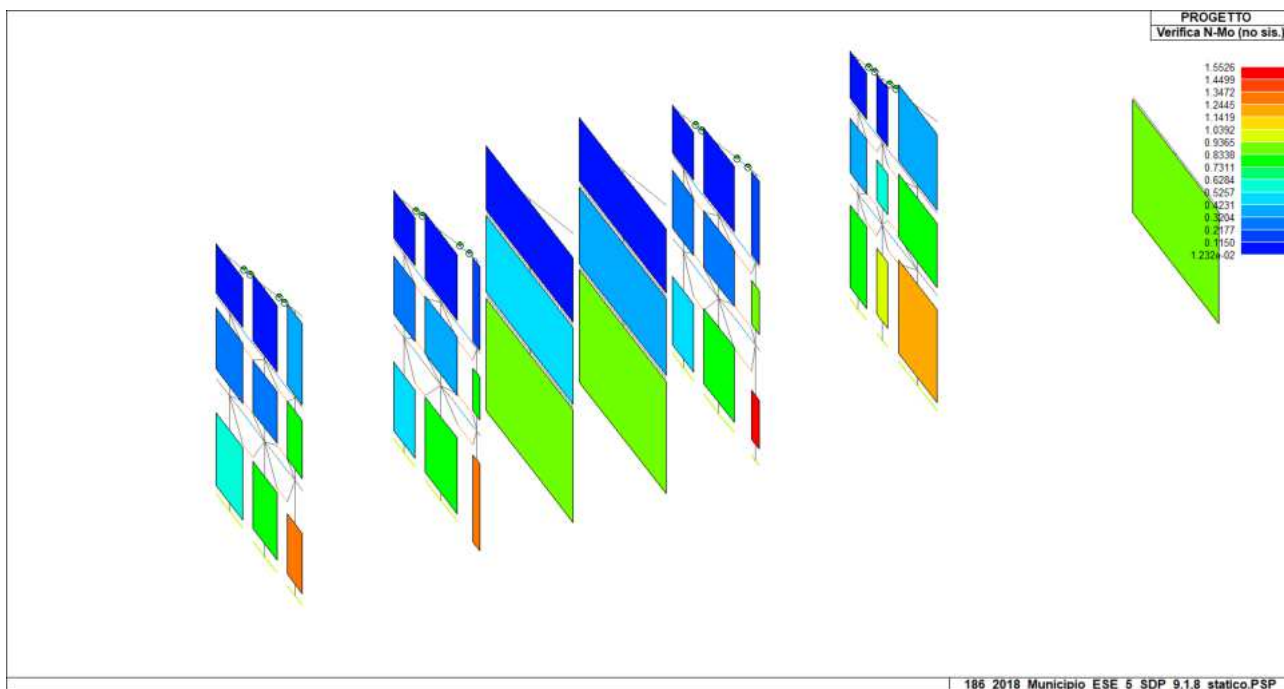


Figura 48: Verifica pressoflessione (4.5.5 NTC2018) maschi laterali - retro edificio



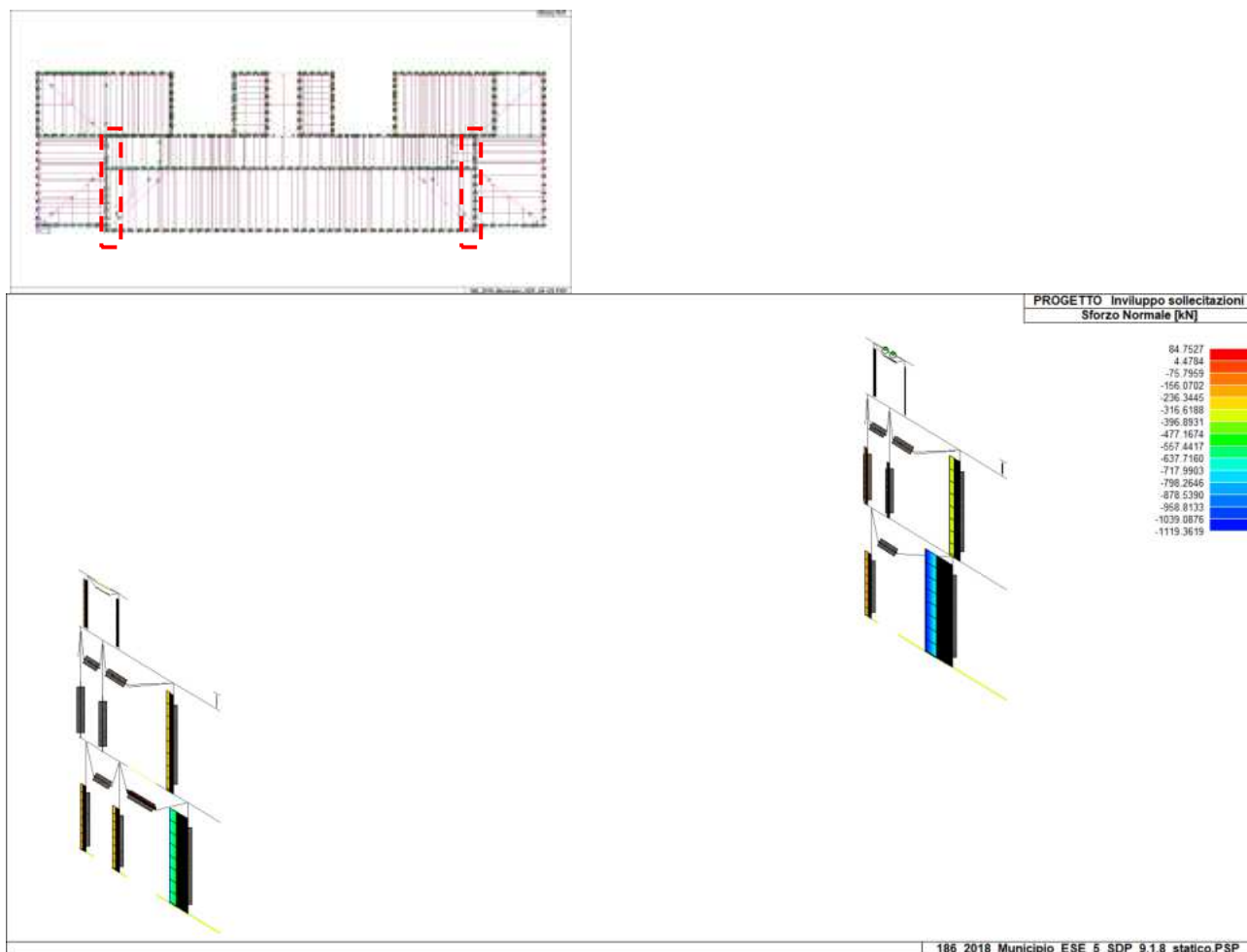


Figura 49: Max sforzo normale - CC4 - maschi e fasce laterali interni

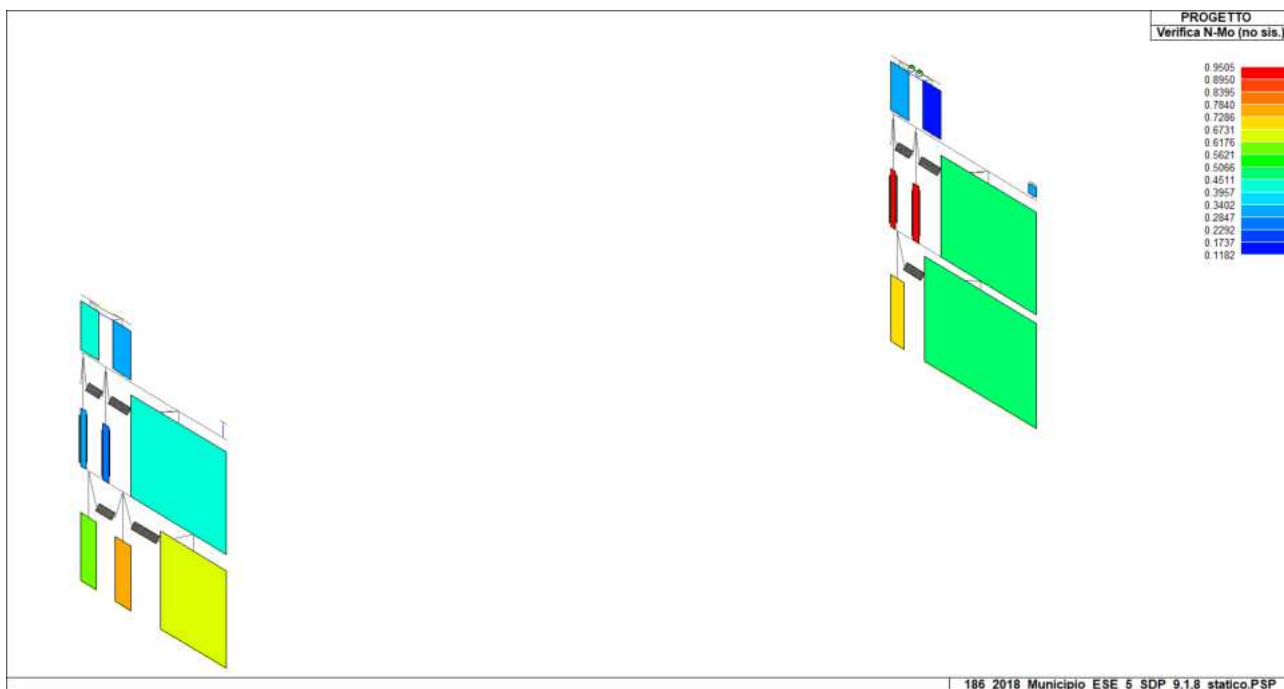


Figura 50: Verifica pressoflessione (4.5.5 NTC2018) maschi laterali interni





Nello stato di fatto erano stati evidenziati un numero significativo di maschi non verificati a pressoflessione per le combinazioni statiche, dove si adotta una resistenza di progetto a compressione fattorizzata di un valore  $\phi$  funzione della snellezza convenzionale.

Nello stato di progetto, solamente un numero molto ridotto di maschi murari risulta non pienamente verificato, ma come esplicitato in premessa, il livello di sicurezza attuale è considerato accettabile trattandosi di una costruzione esistente soddisfacente i livelli di sicurezza previsti da norme previgenti per azioni ambientali non sismiche. Peraltro queste verifiche sono condotte adottando un livello di conoscenza intermedio cui compete un valore di  $FC=1.20$  che riduce la resistenza finale del materiale.

## 7.7. ANALISI NON LINEARE - RISULTATI

Il calcolo è stato eseguito mediante l'ausilio di un software agli elementi finiti. E' stata condotta una analisi statica non lineare, con riferimento al Capitolo 7.3.4.2 del D.M. 17 Gennaio 2018, secondo le modalità di distribuzione delle forze e di calcolo dello spostamento del punto di controllo indicata al §7.1 del presente documento.

Per ogni singolo caso di carico sismico si individuano 4 stati limite di interesse: (SL CO collasso, SL V salvaguardia della vita, SL D danno e SL O operatività)

Il punto di prestazione viene calcolato con il metodo A descritto al §C7.3.4.2 della circolare 7/2019 C.S.LL.PP.

I risultati delle analisi di seguito riportati sono pertanto:

- parametri di calcolo dell'azione sismica
- parametri di calcolo del sistema bilineare equivalente e domanda di spostamento effettivo della struttura
- curva forza complessiva applicata / spostamento del punto di controllo

I risultati sono esplicitati sottoforma di tabella riassuntiva dove nella prima colonna sono indicate le 16 combinazioni e in ogni colonna successiva è riportato il valore i-esimo riferito all'i-esima combinazione.

### 7.7.1. Parametri azione sismica

Per ciascuna c.d.c. vengono elencate in forma tabellare le caratteristiche dell'azione sismica.

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
6	Esk	nlin tria_dir0_epos	
			verifica esistenti: fattore FC 1.350
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.000
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.433 g
			angolo di ingresso: 0.0
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			forze: come statica lineare





Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
m	daN	daN	daN	m	m	m	m	m	m			
11.90	3.674e+05	3.674e+05	2.239e+05	25.79	7.86	0.0	-0.17	23.84	8.30	1.193	0.165	0.037
11.83	964.67	3.683e+05	591.37	19.86	9.85	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.82	990.01	3.693e+05	607.27	29.81	9.87	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.75	1269.77	3.706e+05	783.90	13.53	10.15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.51	2298.69	3.729e+05	1448.25	36.14	11.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.14	1594.23	3.745e+05	1037.55	13.53	12.33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.11	1645.39	3.761e+05	1073.98	19.86	12.45	0.0	0.0	19.86	12.45	20.806	7.4510e-04	0.007
11.09	1596.95	3.777e+05	1044.43	29.81	12.53	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.03	1.023e+04	3.880e+05	6726.95	24.83	12.76	0.0	0.0	24.83	12.76	3.000	4.8215e-06	0.0
10.80	1307.64	3.893e+05	878.07	36.14	13.58	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.42	1364.22	3.906e+05	949.49	13.53	14.95	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.37	2108.79	3.927e+05	1475.58	24.78	15.15	0.0	0.0	24.83	15.15	3.000	0.011	0.0
10.32	864.92	3.936e+05	608.08	36.14	15.33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.15	2.205e+05	6.141e+05	1.575e+05	26.04	7.21	0.0	-0.80	26.96	6.62	1.419	0.050	0.032
9.50	4.373e+05	1.051e+06	3.339e+05	24.45	4.91	0.0	-0.80	20.95	4.15	1.215	0.205	0.045
8.15	4.136e+05	1.465e+06	3.681e+05	28.54	10.82	0.0	-0.48	26.46	11.59	1.038	0.159	0.059
4.75	6.916e+05	2.157e+06	1.056e+06	25.81	7.08	0.0	-0.80	25.17	8.65	0.984	0.041	0.103
Risulta	2.157e+06		2.157e+06									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
7	Esk	nlm_tria_dir0_eneq	
			verifica esistenti: fattore FC 1.350
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.000
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.433 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			forze: come statica lineare

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
m	daN	daN	daN	m	m	m	m	m	m			
11.90	3.674e+05	3.674e+05	2.239e+05	25.79	7.86	0.0	0.17	23.84	8.30	1.193	0.165	0.037
11.83	964.67	3.683e+05	591.37	19.86	9.85	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.82	990.01	3.693e+05	607.27	29.81	9.87	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.75	1269.77	3.706e+05	783.90	13.53	10.15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.51	2298.69	3.729e+05	1448.25	36.14	11.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.14	1594.23	3.745e+05	1037.55	13.53	12.33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.11	1645.39	3.761e+05	1073.98	19.86	12.45	0.0	0.0	19.86	12.45	20.806	7.4510e-04	0.007
11.09	1596.95	3.777e+05	1044.43	29.81	12.53	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.03	1.023e+04	3.880e+05	6726.95	24.83	12.76	0.0	0.0	24.83	12.76	3.000	4.8215e-06	0.0
10.80	1307.64	3.893e+05	878.07	36.14	13.58	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.42	1364.22	3.906e+05	949.49	13.53	14.95	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.37	2108.79	3.927e+05	1475.58	24.78	15.15	0.0	0.0	24.83	15.15	3.000	0.011	0.0
10.32	864.92	3.936e+05	608.08	36.14	15.33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.15	2.205e+05	6.141e+05	1.575e+05	26.04	7.21	0.0	0.80	26.96	6.62	1.419	0.050	0.032
9.50	4.373e+05	1.051e+06	3.339e+05	24.45	4.91	0.0	0.80	20.95	4.15	1.215	0.205	0.045
8.15	4.136e+05	1.465e+06	3.681e+05	28.54	10.82	0.0	0.48	26.46	11.59	1.038	0.159	0.059
4.75	6.916e+05	2.157e+06	1.056e+06	25.81	7.08	0.0	0.80	25.17	8.65	0.984	0.041	0.103
Risulta	2.157e+06		2.157e+06									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
8	Esk	nlm_tria_dir180_epos	
			verifica esistenti: fattore FC 1.350
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.000
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.433 g
			angolo di ingresso:180.00
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			forze: come statica lineare

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
m	daN	daN	daN	m	m	m	m	m	m			





Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
11.90	3.674e+05	3.674e+05	2.239e+05	25.79	7.86	0.0	0.17	23.84	8.30	1.193	0.165	0.037
11.83	964.67	3.683e+05	591.37	19.86	9.85	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.82	990.01	3.693e+05	607.27	29.81	9.87	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.75	1269.77	3.706e+05	783.90	13.53	10.15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.51	2298.69	3.729e+05	1448.25	36.14	11.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.14	1594.23	3.745e+05	1037.55	13.53	12.33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.11	1645.39	3.761e+05	1073.98	19.86	12.45	0.0	0.0	19.86	12.45	20.806	7.4510e-04	0.007
11.09	1596.95	3.777e+05	1044.43	29.81	12.53	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.03	1.023e+04	3.880e+05	6726.95	24.83	12.76	0.0	0.0	24.83	12.76	3.000	4.8215e-06	0.0
10.80	1307.64	3.893e+05	878.07	36.14	13.58	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.42	1364.22	3.906e+05	949.49	13.53	14.95	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.37	2108.79	3.927e+05	1475.58	24.78	15.15	0.0	0.0	24.83	15.15	3.000	0.011	0.0
10.32	864.92	3.936e+05	608.08	36.14	15.33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.15	2.205e+05	6.141e+05	1.575e+05	26.04	7.21	0.0	0.80	26.96	6.62	1.419	0.050	0.032
9.50	4.373e+05	1.051e+06	3.339e+05	24.45	4.91	0.0	0.80	20.95	4.15	1.215	0.205	0.045
8.15	4.136e+05	1.465e+06	3.681e+05	28.54	10.82	0.0	0.48	26.46	11.59	1.038	0.159	0.059
4.75	6.916e+05	2.157e+06	1.056e+06	25.81	7.08	0.0	0.80	25.17	8.65	0.984	0.041	0.103
Risulta	2.157e+06		2.157e+06									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
9	Esk	nlin tria_dir180_eneg	
			verifica esistenti: fattore FC 1.350
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.000
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.433 g
			angolo di ingresso:180.00
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			forze: come statica lineare

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
m	daN	daN	daN	m	m	m	m	m	m			
11.90	3.674e+05	3.674e+05	2.239e+05	25.79	7.86	0.0	-0.17	23.84	8.30	1.193	0.165	0.037
11.83	964.67	3.683e+05	591.37	19.86	9.85	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.82	990.01	3.693e+05	607.27	29.81	9.87	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.75	1269.77	3.706e+05	783.90	13.53	10.15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.51	2298.69	3.729e+05	1448.25	36.14	11.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.14	1594.23	3.745e+05	1037.55	13.53	12.33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.11	1645.39	3.761e+05	1073.98	19.86	12.45	0.0	0.0	19.86	12.45	20.806	7.4510e-04	0.007
11.09	1596.95	3.777e+05	1044.43	29.81	12.53	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.03	1.023e+04	3.880e+05	6726.95	24.83	12.76	0.0	0.0	24.83	12.76	3.000	4.8215e-06	0.0
10.80	1307.64	3.893e+05	878.07	36.14	13.58	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.42	1364.22	3.906e+05	949.49	13.53	14.95	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.37	2108.79	3.927e+05	1475.58	24.78	15.15	0.0	0.0	24.83	15.15	3.000	0.011	0.0
10.32	864.92	3.936e+05	608.08	36.14	15.33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.15	2.205e+05	6.141e+05	1.575e+05	26.04	7.21	0.0	-0.80	26.96	6.62	1.419	0.050	0.032
9.50	4.373e+05	1.051e+06	3.339e+05	24.45	4.91	0.0	-0.80	20.95	4.15	1.215	0.205	0.045
8.15	4.136e+05	1.465e+06	3.681e+05	28.54	10.82	0.0	-0.48	26.46	11.59	1.038	0.159	0.059
4.75	6.916e+05	2.157e+06	1.056e+06	25.81	7.08	0.0	-0.80	25.17	8.65	0.984	0.041	0.103
Risulta	2.157e+06		2.157e+06									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
10	Esk	nlin tria_dir90_epos	
			verifica esistenti: fattore FC 1.350
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.000
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.433 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			forze: come statica lineare

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
m	daN	daN	daN	m	m	m	m	m	m			
11.90	3.674e+05	3.674e+05	2.239e+05	25.79	7.86	1.86	0.0	23.84	8.30	1.193	0.165	0.037





Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
11.83	964.67	3.683e+05	591.37	19.86	9.85	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.82	990.01	3.693e+05	607.27	29.81	9.87	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.75	1269.77	3.706e+05	783.90	13.53	10.15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.51	2298.69	3.729e+05	1448.25	36.14	11.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.14	1594.23	3.745e+05	1037.55	13.53	12.33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.11	1645.39	3.761e+05	1073.98	19.86	12.45	0.0	0.0	19.86	12.45	20.806	7.4510e-04	0.007
11.09	1596.95	3.777e+05	1044.43	29.81	12.53	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.03	1.023e+04	3.880e+05	6726.95	24.83	12.76	0.17	0.0	24.83	12.76	3.000	4.8215e-06	0.0
10.80	1307.64	3.893e+05	878.07	36.14	13.58	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.42	1364.22	3.906e+05	949.49	13.53	14.95	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.37	2108.79	3.927e+05	1475.58	24.78	15.15	0.50	0.0	24.83	15.15	3.000	0.011	0.0
10.32	864.92	3.936e+05	608.08	36.14	15.33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.15	2.205e+05	6.141e+05	1.575e+05	26.04	7.21	2.56	0.0	26.96	6.62	1.419	0.050	0.032
9.50	4.373e+05	1.051e+06	3.339e+05	24.45	4.91	2.56	0.0	20.95	4.15	1.215	0.205	0.045
8.15	4.136e+05	1.465e+06	3.681e+05	28.54	10.82	2.21	0.0	26.46	11.59	1.038	0.159	0.059
4.75	6.916e+05	2.157e+06	1.056e+06	25.81	7.08	2.56	0.0	25.17	8.65	0.984	0.041	0.103
Risulta	2.157e+06		2.157e+06									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
11	Esk	nlm tria_dir90_eneg	
			verifica esistenti: fattore FC 1.350
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.000
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.433 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			forze: come statica lineare

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
m	daN	daN	daN	m	m	m	m	m	m			
11.90	3.674e+05	3.674e+05	2.239e+05	25.79	7.86	-1.86	0.0	23.84	8.30	1.193	0.165	0.037
11.83	964.67	3.683e+05	591.37	19.86	9.85	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.82	990.01	3.693e+05	607.27	29.81	9.87	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.75	1269.77	3.706e+05	783.90	13.53	10.15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.51	2298.69	3.729e+05	1448.25	36.14	11.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.14	1594.23	3.745e+05	1037.55	13.53	12.33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.11	1645.39	3.761e+05	1073.98	19.86	12.45	0.0	0.0	19.86	12.45	20.806	7.4510e-04	0.007
11.09	1596.95	3.777e+05	1044.43	29.81	12.53	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.03	1.023e+04	3.880e+05	6726.95	24.83	12.76	-0.17	0.0	24.83	12.76	3.000	4.8215e-06	0.0
10.80	1307.64	3.893e+05	878.07	36.14	13.58	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.42	1364.22	3.906e+05	949.49	13.53	14.95	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.37	2108.79	3.927e+05	1475.58	24.78	15.15	-0.50	0.0	24.83	15.15	3.000	0.011	0.0
10.32	864.92	3.936e+05	608.08	36.14	15.33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.15	2.205e+05	6.141e+05	1.575e+05	26.04	7.21	-2.56	0.0	26.96	6.62	1.419	0.050	0.032
9.50	4.373e+05	1.051e+06	3.339e+05	24.45	4.91	-2.56	0.0	20.95	4.15	1.215	0.205	0.045
8.15	4.136e+05	1.465e+06	3.681e+05	28.54	10.82	-2.21	0.0	26.46	11.59	1.038	0.159	0.059
4.75	6.916e+05	2.157e+06	1.056e+06	25.81	7.08	-2.56	0.0	25.17	8.65	0.984	0.041	0.103
Risulta	2.157e+06		2.157e+06									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
12	Esk	nlm tria_dir270_epos	
			verifica esistenti: fattore FC 1.350
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.000
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.433 g
			angolo di ingresso:270.00
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			forze: come statica lineare

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
m	daN	daN	daN	m	m	m	m	m	m			
11.90	3.674e+05	3.674e+05	2.239e+05	25.79	7.86	-1.86	0.0	23.84	8.30	1.193	0.165	0.037
11.83	964.67	3.683e+05	591.37	19.86	9.85	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0





Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
11.82	990.01	3.693e+05	607.27	29.81	9.87	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.75	1269.77	3.706e+05	783.90	13.53	10.15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.51	2298.69	3.729e+05	1448.25	36.14	11.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.14	1594.23	3.745e+05	1037.55	13.53	12.33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.11	1645.39	3.761e+05	1073.98	19.86	12.45	0.0	0.0	19.86	12.45	20.806	7.4510e-04	0.007
11.09	1596.95	3.777e+05	1044.43	29.81	12.53	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.03	1.023e+04	3.880e+05	6726.95	24.83	12.76	-0.17	0.0	24.83	12.76	3.000	4.8215e-06	0.0
10.80	1307.64	3.893e+05	878.07	36.14	13.58	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.42	1364.22	3.906e+05	949.49	13.53	14.95	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.37	2108.79	3.927e+05	1475.58	24.78	15.15	-0.50	0.0	24.83	15.15	3.000	0.011	0.0
10.32	864.92	3.936e+05	608.08	36.14	15.33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.15	2.205e+05	6.141e+05	1.575e+05	26.04	7.21	-2.56	0.0	26.96	6.62	1.419	0.050	0.032
9.50	4.373e+05	1.051e+06	3.339e+05	24.45	4.91	-2.56	0.0	20.95	4.15	1.215	0.205	0.045
8.15	4.136e+05	1.465e+06	3.681e+05	28.54	10.82	-2.21	0.0	26.46	11.59	1.038	0.159	0.059
4.75	6.916e+05	2.157e+06	1.056e+06	25.81	7.08	-2.56	0.0	25.17	8.65	0.984	0.041	0.103
Risulta	2.157e+06		2.157e+06									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
13	Esk	nlin_tria_dir270_eneg	
			verifica esistenti: fattore FC 1.350
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.000
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.433 g
			angolo di ingresso: 270.00
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			forze: come statica lineare

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
m	daN	daN	daN	m	m	m	m	m	m			
11.90	3.674e+05	3.674e+05	2.239e+05	25.79	7.86	1.86	0.0	23.84	8.30	1.193	0.165	0.037
11.83	964.67	3.683e+05	591.37	19.86	9.85	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.82	990.01	3.693e+05	607.27	29.81	9.87	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.75	1269.77	3.706e+05	783.90	13.53	10.15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.51	2298.69	3.729e+05	1448.25	36.14	11.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.14	1594.23	3.745e+05	1037.55	13.53	12.33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.11	1645.39	3.761e+05	1073.98	19.86	12.45	0.0	0.0	19.86	12.45	20.806	7.4510e-04	0.007
11.09	1596.95	3.777e+05	1044.43	29.81	12.53	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.03	1.023e+04	3.880e+05	6726.95	24.83	12.76	0.17	0.0	24.83	12.76	3.000	4.8215e-06	0.0
10.80	1307.64	3.893e+05	878.07	36.14	13.58	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.42	1364.22	3.906e+05	949.49	13.53	14.95	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.37	2108.79	3.927e+05	1475.58	24.78	15.15	0.50	0.0	24.83	15.15	3.000	0.011	0.0
10.32	864.92	3.936e+05	608.08	36.14	15.33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.15	2.205e+05	6.141e+05	1.575e+05	26.04	7.21	2.56	0.0	26.96	6.62	1.419	0.050	0.032
9.50	4.373e+05	1.051e+06	3.339e+05	24.45	4.91	2.56	0.0	20.95	4.15	1.215	0.205	0.045
8.15	4.136e+05	1.465e+06	3.681e+05	28.54	10.82	2.21	0.0	26.46	11.59	1.038	0.159	0.059
4.75	6.916e+05	2.157e+06	1.056e+06	25.81	7.08	2.56	0.0	25.17	8.65	0.984	0.041	0.103
Risulta	2.157e+06		2.157e+06									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
14	Esk	nlin_unif_dir0_epos	
			verifica esistenti: fattore FC 1.350
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.000
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.433 g
			angolo di ingresso: 0.0
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			forze: proporzionali alla massa

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
m	daN	daN	daN	m	m	m	m	m	m			
11.90	2.239e+05	2.239e+05	2.239e+05	25.79	7.86	0.0	-0.17	23.84	8.30	1.193	0.165	0.037
11.83	591.37	2.245e+05	591.37	19.86	9.85	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.82	607.27	2.251e+05	607.27	29.81	9.87	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0





Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
11.75	783.90	2.259e+05	783.90	13.53	10.15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.51	1448.25	2.273e+05	1448.25	36.14	11.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.14	1037.55	2.284e+05	1037.55	13.53	12.33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.11	1073.98	2.294e+05	1073.98	19.86	12.45	0.0	0.0	19.86	12.45	20.806	7.4510e-04	0.007
11.09	1044.43	2.305e+05	1044.43	29.81	12.53	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.03	6726.95	2.372e+05	6726.95	24.83	12.76	0.0	0.0	24.83	12.76	3.000	4.8215e-06	0.0
10.80	878.07	2.381e+05	878.07	36.14	13.58	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.42	949.49	2.390e+05	949.49	13.53	14.95	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.37	1475.58	2.405e+05	1475.58	24.78	15.15	0.0	0.0	24.83	15.15	3.000	0.011	0.0
10.32	608.08	2.411e+05	608.08	36.14	15.33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.15	1.575e+05	3.987e+05	1.575e+05	26.04	7.21	0.0	-0.80	26.96	6.62	1.419	0.050	0.032
9.50	3.339e+05	7.325e+05	3.339e+05	24.45	4.91	0.0	-0.80	20.95	4.15	1.215	0.205	0.045
8.15	3.681e+05	1.101e+06	3.681e+05	28.54	10.82	0.0	-0.48	26.46	11.59	1.038	0.159	0.059
4.75	1.056e+06	2.157e+06	1.056e+06	25.81	7.08	0.0	-0.80	25.17	8.65	0.984	0.041	0.103
Risulta	2.157e+06		2.157e+06									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
15	Esk	nlin_unif_dir0_eneq	
			verifica esistenti: fattore FC 1.350
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.000
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.433 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			forze: proporzionali alla massa

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
m	daN	daN	daN	m	m	m	m	m	m			
11.90	2.239e+05	2.239e+05	2.239e+05	25.79	7.86	0.0	0.17	23.84	8.30	1.193	0.165	0.037
11.83	591.37	2.245e+05	591.37	19.86	9.85	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.82	607.27	2.251e+05	607.27	29.81	9.87	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.75	783.90	2.259e+05	783.90	13.53	10.15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.51	1448.25	2.273e+05	1448.25	36.14	11.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.14	1037.55	2.284e+05	1037.55	13.53	12.33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.11	1073.98	2.294e+05	1073.98	19.86	12.45	0.0	0.0	19.86	12.45	20.806	7.4510e-04	0.007
11.09	1044.43	2.305e+05	1044.43	29.81	12.53	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.03	6726.95	2.372e+05	6726.95	24.83	12.76	0.0	0.0	24.83	12.76	3.000	4.8215e-06	0.0
10.80	878.07	2.381e+05	878.07	36.14	13.58	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.42	949.49	2.390e+05	949.49	13.53	14.95	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.37	1475.58	2.405e+05	1475.58	24.78	15.15	0.0	0.0	24.83	15.15	3.000	0.011	0.0
10.32	608.08	2.411e+05	608.08	36.14	15.33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.15	1.575e+05	3.987e+05	1.575e+05	26.04	7.21	0.0	0.80	26.96	6.62	1.419	0.050	0.032
9.50	3.339e+05	7.325e+05	3.339e+05	24.45	4.91	0.0	0.80	20.95	4.15	1.215	0.205	0.045
8.15	3.681e+05	1.101e+06	3.681e+05	28.54	10.82	0.0	0.48	26.46	11.59	1.038	0.159	0.059
4.75	1.056e+06	2.157e+06	1.056e+06	25.81	7.08	0.0	0.80	25.17	8.65	0.984	0.041	0.103
Risulta	2.157e+06		2.157e+06									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
16	Esk	nlin_unif_dir180_epos	
			verifica esistenti: fattore FC 1.350
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.000
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.433 g
			angolo di ingresso:180.00
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			forze: proporzionali alla massa

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
m	daN	daN	daN	m	m	m	m	m	m			
11.90	2.239e+05	2.239e+05	2.239e+05	25.79	7.86	0.0	0.17	23.84	8.30	1.193	0.165	0.037
11.83	591.37	2.245e+05	591.37	19.86	9.85	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.82	607.27	2.251e+05	607.27	29.81	9.87	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.75	783.90	2.259e+05	783.90	13.53	10.15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0





Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
11.51	1448.25	2.273e+05	1448.25	36.14	11.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.14	1037.55	2.284e+05	1037.55	13.53	12.33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.11	1073.98	2.294e+05	1073.98	19.86	12.45	0.0	0.0	19.86	12.45	20.806	7.4510e-04	0.007
11.09	1044.43	2.305e+05	1044.43	29.81	12.53	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.03	6726.95	2.372e+05	6726.95	24.83	12.76	0.0	0.0	24.83	12.76	3.000	4.8215e-06	0.0
10.80	878.07	2.381e+05	878.07	36.14	13.58	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.42	949.49	2.390e+05	949.49	13.53	14.95	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.37	1475.58	2.405e+05	1475.58	24.78	15.15	0.0	0.0	24.83	15.15	3.000	0.011	0.0
10.32	608.08	2.411e+05	608.08	36.14	15.33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.15	1.575e+05	3.987e+05	1.575e+05	26.04	7.21	0.0	0.80	26.96	6.62	1.419	0.050	0.032
9.50	3.339e+05	7.325e+05	3.339e+05	24.45	4.91	0.0	0.80	20.95	4.15	1.215	0.205	0.045
8.15	3.681e+05	1.101e+06	3.681e+05	28.54	10.82	0.0	0.48	26.46	11.59	1.038	0.159	0.059
4.75	1.056e+06	2.157e+06	1.056e+06	25.81	7.08	0.0	0.80	25.17	8.65	0.984	0.041	0.103
Risulta	2.157e+06		2.157e+06									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
17	Esk	nlin_unif_dir180_eneg	
			verifica esistenti: fattore FC 1.350
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.000
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.433 g
			angolo di ingresso:180.00
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			forze: proporzionali alla massa

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
m	daN	daN	daN	m	m	m	m	m	m			
11.90	2.239e+05	2.239e+05	2.239e+05	25.79	7.86	0.0	-0.17	23.84	8.30	1.193	0.165	0.037
11.83	591.37	2.245e+05	591.37	19.86	9.85	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.82	607.27	2.251e+05	607.27	29.81	9.87	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.75	783.90	2.259e+05	783.90	13.53	10.15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.51	1448.25	2.273e+05	1448.25	36.14	11.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.14	1037.55	2.284e+05	1037.55	13.53	12.33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.11	1073.98	2.294e+05	1073.98	19.86	12.45	0.0	0.0	19.86	12.45	20.806	7.4510e-04	0.007
11.09	1044.43	2.305e+05	1044.43	29.81	12.53	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.03	6726.95	2.372e+05	6726.95	24.83	12.76	0.0	0.0	24.83	12.76	3.000	4.8215e-06	0.0
10.80	878.07	2.381e+05	878.07	36.14	13.58	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.42	949.49	2.390e+05	949.49	13.53	14.95	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.37	1475.58	2.405e+05	1475.58	24.78	15.15	0.0	0.0	24.83	15.15	3.000	0.011	0.0
10.32	608.08	2.411e+05	608.08	36.14	15.33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.15	1.575e+05	3.987e+05	1.575e+05	26.04	7.21	0.0	-0.80	26.96	6.62	1.419	0.050	0.032
9.50	3.339e+05	7.325e+05	3.339e+05	24.45	4.91	0.0	-0.80	20.95	4.15	1.215	0.205	0.045
8.15	3.681e+05	1.101e+06	3.681e+05	28.54	10.82	0.0	-0.48	26.46	11.59	1.038	0.159	0.059
4.75	1.056e+06	2.157e+06	1.056e+06	25.81	7.08	0.0	-0.80	25.17	8.65	0.984	0.041	0.103
Risulta	2.157e+06		2.157e+06									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
18	Esk	nlin_unif_dir90_epos	
			verifica esistenti: fattore FC 1.350
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.000
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.433 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			forze: proporzionali alla massa

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
m	daN	daN	daN	m	m	m	m	m	m			
11.90	2.239e+05	2.239e+05	2.239e+05	25.79	7.86	1.86	0.0	23.84	8.30	1.193	0.165	0.037
11.83	591.37	2.245e+05	591.37	19.86	9.85	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.82	607.27	2.251e+05	607.27	29.81	9.87	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.75	783.90	2.259e+05	783.90	13.53	10.15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.51	1448.25	2.273e+05	1448.25	36.14	11.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0





Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
11.14	1037.55	2.284e+05	1037.55	13.53	12.33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.11	1073.98	2.294e+05	1073.98	19.86	12.45	0.0	0.0	19.86	12.45	20.806	7.4510e-04	0.007
11.09	1044.43	2.305e+05	1044.43	29.81	12.53	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.03	6726.95	2.372e+05	6726.95	24.83	12.76	0.17	0.0	24.83	12.76	3.000	4.8215e-06	0.0
10.80	878.07	2.381e+05	878.07	36.14	13.58	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.42	949.49	2.390e+05	949.49	13.53	14.95	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.37	1475.58	2.405e+05	1475.58	24.78	15.15	0.50	0.0	24.83	15.15	3.000	0.011	0.0
10.32	608.08	2.411e+05	608.08	36.14	15.33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.15	1.575e+05	3.987e+05	1.575e+05	26.04	7.21	2.56	0.0	26.96	6.62	1.419	0.050	0.032
9.50	3.339e+05	7.325e+05	3.339e+05	24.45	4.91	2.56	0.0	20.95	4.15	1.215	0.205	0.045
8.15	3.681e+05	1.101e+06	3.681e+05	28.54	10.82	2.21	0.0	26.46	11.59	1.038	0.159	0.059
4.75	1.056e+06	2.157e+06	1.056e+06	25.81	7.08	2.56	0.0	25.17	8.65	0.984	0.041	0.103
Risulta	2.157e+06		2.157e+06									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
19	Esk	nlunif_dir90_eneg	
			verifica esistenti: fattore FC 1.350
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.000
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.433 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			forze: proporzionali alla massa

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
m	daN	daN	daN	m	m	m	m	m	m			
11.90	2.239e+05	2.239e+05	2.239e+05	25.79	7.86	-1.86	0.0	23.84	8.30	1.193	0.165	0.037
11.83	591.37	2.245e+05	591.37	19.86	9.85	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.82	607.27	2.251e+05	607.27	29.81	9.87	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.75	783.90	2.259e+05	783.90	13.53	10.15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.51	1448.25	2.273e+05	1448.25	36.14	11.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.14	1037.55	2.284e+05	1037.55	13.53	12.33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.11	1073.98	2.294e+05	1073.98	19.86	12.45	0.0	0.0	19.86	12.45	20.806	7.4510e-04	0.007
11.09	1044.43	2.305e+05	1044.43	29.81	12.53	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.03	6726.95	2.372e+05	6726.95	24.83	12.76	-0.17	0.0	24.83	12.76	3.000	4.8215e-06	0.0
10.80	878.07	2.381e+05	878.07	36.14	13.58	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.42	949.49	2.390e+05	949.49	13.53	14.95	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.37	1475.58	2.405e+05	1475.58	24.78	15.15	-0.50	0.0	24.83	15.15	3.000	0.011	0.0
10.32	608.08	2.411e+05	608.08	36.14	15.33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.15	1.575e+05	3.987e+05	1.575e+05	26.04	7.21	-2.56	0.0	26.96	6.62	1.419	0.050	0.032
9.50	3.339e+05	7.325e+05	3.339e+05	24.45	4.91	-2.56	0.0	20.95	4.15	1.215	0.205	0.045
8.15	3.681e+05	1.101e+06	3.681e+05	28.54	10.82	-2.21	0.0	26.46	11.59	1.038	0.159	0.059
4.75	1.056e+06	2.157e+06	1.056e+06	25.81	7.08	-2.56	0.0	25.17	8.65	0.984	0.041	0.103
Risulta	2.157e+06		2.157e+06									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
20	Esk	nlunif_dir270_epos	
			verifica esistenti: fattore FC 1.350
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.000
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.433 g
			angolo di ingresso:270.00
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			forze: proporzionali alla massa

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
m	daN	daN	daN	m	m	m	m	m	m			
11.90	2.239e+05	2.239e+05	2.239e+05	25.79	7.86	-1.86	0.0	23.84	8.30	1.193	0.165	0.037
11.83	591.37	2.245e+05	591.37	19.86	9.85	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.82	607.27	2.251e+05	607.27	29.81	9.87	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.75	783.90	2.259e+05	783.90	13.53	10.15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.51	1448.25	2.273e+05	1448.25	36.14	11.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.14	1037.55	2.284e+05	1037.55	13.53	12.33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0





Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
11.11	1073.98	2.294e+05	1073.98	19.86	12.45	0.0	0.0	19.86	12.45	20.806	7.4510e-04	0.007
11.09	1044.43	2.305e+05	1044.43	29.81	12.53	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.03	6726.95	2.372e+05	6726.95	24.83	12.76	-0.17	0.0	24.83	12.76	3.000	4.8215e-06	0.0
10.80	878.07	2.381e+05	878.07	36.14	13.58	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.42	949.49	2.390e+05	949.49	13.53	14.95	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.37	1475.58	2.405e+05	1475.58	24.78	15.15	-0.50	0.0	24.83	15.15	3.000	0.011	0.0
10.32	608.08	2.411e+05	608.08	36.14	15.33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.15	1.575e+05	3.987e+05	1.575e+05	26.04	7.21	-2.56	0.0	26.96	6.62	1.419	0.050	0.032
9.50	3.339e+05	7.325e+05	3.339e+05	24.45	4.91	-2.56	0.0	20.95	4.15	1.215	0.205	0.045
8.15	3.681e+05	1.101e+06	3.681e+05	28.54	10.82	-2.21	0.0	26.46	11.59	1.038	0.159	0.059
4.75	1.056e+06	2.157e+06	1.056e+06	25.81	7.08	-2.56	0.0	25.17	8.65	0.984	0.041	0.103
Risulta	2.157e+06		2.157e+06									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
21	Esk	nlun unif_dir270_neg	
			verifica esistenti: fattore FC 1.350
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.000
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.433 g
			angolo di ingresso: 270.00
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			forze: proporzionali alla massa

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
m	daN	daN	daN	m	m	m	m	m	m			
11.90	2.239e+05	2.239e+05	2.239e+05	25.79	7.86	1.86	0.0	23.84	8.30	1.193	0.165	0.037
11.83	591.37	2.245e+05	591.37	19.86	9.85	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.82	607.27	2.251e+05	607.27	29.81	9.87	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.75	783.90	2.259e+05	783.90	13.53	10.15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.51	1448.25	2.273e+05	1448.25	36.14	11.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.14	1037.55	2.284e+05	1037.55	13.53	12.33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.11	1073.98	2.294e+05	1073.98	19.86	12.45	0.0	0.0	19.86	12.45	20.806	7.4510e-04	0.007
11.09	1044.43	2.305e+05	1044.43	29.81	12.53	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.03	6726.95	2.372e+05	6726.95	24.83	12.76	0.17	0.0	24.83	12.76	3.000	4.8215e-06	0.0
10.80	878.07	2.381e+05	878.07	36.14	13.58	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.42	949.49	2.390e+05	949.49	13.53	14.95	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.37	1475.58	2.405e+05	1475.58	24.78	15.15	0.50	0.0	24.83	15.15	3.000	0.011	0.0
10.32	608.08	2.411e+05	608.08	36.14	15.33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.15	1.575e+05	3.987e+05	1.575e+05	26.04	7.21	2.56	0.0	26.96	6.62	1.419	0.050	0.032
9.50	3.339e+05	7.325e+05	3.339e+05	24.45	4.91	2.56	0.0	20.95	4.15	1.215	0.205	0.045
8.15	3.681e+05	1.101e+06	3.681e+05	28.54	10.82	2.21	0.0	26.46	11.59	1.038	0.159	0.059
4.75	1.056e+06	2.157e+06	1.056e+06	25.81	7.08	2.56	0.0	25.17	8.65	0.984	0.041	0.103
Risulta	2.157e+06		2.157e+06									

### 7.7.2. Parametri curve di capacità

In questo paragrafo si riportano in forma tabellare per ciascuna combinazione dell'analisi non lineare le caratteristiche dell'oscillatore equivalente e del sistema strutturale reale,

Le colonne che costituiscono la tabella e che contengono le informazioni utili per il tracciamento delle curve di capacità sono le seguenti:

<b>CMB</b>	Indice della combinazione Pushover
<b>Stato</b>	V: verificato NV: non verificato
<b>Angolo ing.</b>	Direzione di ingresso del sisma
<b>Distribuzione F</b>	Modalità di applicazione delle forze sismiche (proporzionale, modale, statica approssimata)





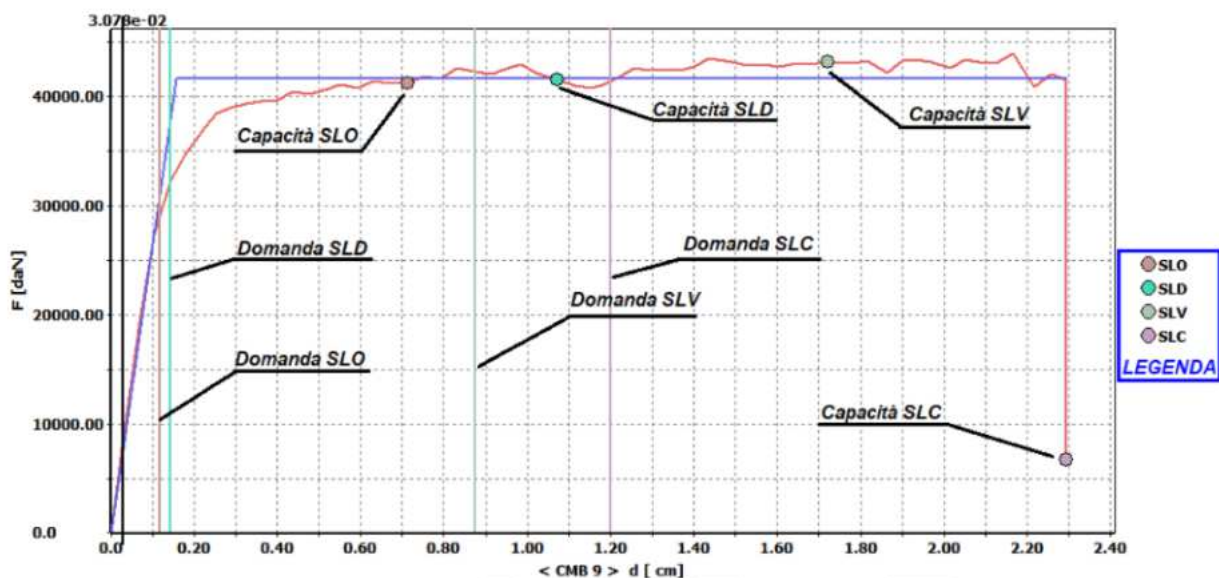
<b>m* x g</b>	Massa del sistema equivalente (circolare 21 gennaio 2019 paragrafo C7.3.4.2)
<b>K*</b>	Rigidezza del sistema equivalente (circolare 21 gennaio 2019 paragrafo C7.3.4.2)
<b>T*</b>	Periodo del sistema equivalente (circolare 21 gennaio 2019 paragrafo C7.3.4.2)
<b>Gamma</b>	Fattore di partecipazione (circolare 21 gennaio 2019 paragrafo C7.3.4.2)
<b>dy*</b>	Spostamento limite elastico del sistema equivalente (circolare 21 gennaio 2019 paragrafo C7.3.4.2)
<b>Fy*</b>	Forza di plasticizzazione del sistema equivalente (circolare 21 gennaio 2019 paragrafo C7.3.4.2)
<b>dmax</b>	Spostamento massimo del sistema reale MDOF
<b>Fmax</b>	Taglio massimo alla base del sistema reale MDOF
<b>au/a1</b>	rapporto tra il moltiplicatore di collasso ultimo e il moltiplicatore relativo alla prima plasticizzazione;

CMB-SLV	Stato	Dom: d cm	Cap: d cm	Dom: PGA g	Cap: PGA g	Dom: Tr anni	Cap: Tr anni	Dom: Pr %	Cap: Pr %	Rapp: PGA	Rapp: Tr	Rapp: Pr	q* SLV
5	ok	1.40	1.47	0.17	0.18	526.6	580.2	17.29	15.83	1.04	1.10	0.92	2.55
6	ok	1.39	1.44	0.17	0.18	526.6	560.9	17.29	16.33	1.02	1.06	0.94	2.53
7	ok	1.38	1.39	0.17	0.17	526.6	531.4	17.29	17.15	1.00	1.01	0.99	2.54
8	ok	1.38	1.39	0.17	0.17	526.6	532.2	17.29	17.13	1.00	1.01	0.99	2.54
9	ok	0.77	1.51	0.17	0.27	526.6	1653.9	17.29	5.87	1.53	3.14	0.34	1.48
10	ok	0.73	1.90	0.17	0.31	526.6	2475.0	17.29	3.96	1.77	4.70	0.23	1.28
11	ok	0.95	1.36	0.17	0.21	526.6	921.4	17.29	10.29	1.24	1.75	0.59	1.54
12	ok	0.77	1.60	0.17	0.26	526.6	1536.8	17.29	6.30	1.49	2.92	0.36	1.22
13	ok	1.22	1.49	0.17	0.20	526.6	758.0	17.29	12.36	1.15	1.44	0.71	2.22
14	ok	1.22	1.50	0.17	0.20	526.6	769.1	17.29	12.19	1.15	1.46	0.71	2.22
15	ok	1.23	1.65	0.17	0.21	526.6	909.0	17.29	10.42	1.23	1.73	0.60	2.17
16	ok	1.23	1.63	0.17	0.21	526.6	884.5	17.29	10.69	1.22	1.68	0.62	2.18
17	ok	0.55	1.41	0.17	0.29	526.6	2166.3	17.29	4.51	1.69	4.11	0.26	1.26
18	ok	0.54	1.74	0.17	0.31	526.6	2475.0	17.29	3.96	1.77	4.70	0.23	1.13
19	ok	0.70	1.44	0.17	0.26	526.6	1556.5	17.29	6.22	1.50	2.96	0.36	1.29
20	ok	0.58	1.40	0.17	0.27	526.6	1747.9	17.29	5.56	1.56	3.32	0.32	1.11
CMB-SLV												Rapp: Pr 0.23	

### 7.7.3. Report diagrammi e analisi

Nel presente paragrafo si riportano le curve taglio alla base  $F_b$  - spostamento  $d_c$  e le immagini relative ai danni dei singoli elementi strutturali nelle condizioni peggiori riscontrate per ciascuno stato limite di verifica.

Sulle curve dell'analisi Pushover gli spostamenti in termini di capacità per ogni Stato limite sono individuati da indicatori circolari, mentre in termini di domanda i limiti sono individuati da rette verticali.







I danneggiamenti strutturali degli elementi nel modello a vista unifilare sono indicati mediante una serie di simboli colorati di cui si riporta la legenda:

id danno	Simbolo Danno	Tipologia Danneggiamento
drO		superamento drift interpiano (in entrambe le direzioni) allo SLO
drOo		superamento drift interpiano in direzione longitudinale (sinistra), oppure ortogonale (destra) alla parete allo SLO
drD		superamento drift interpiano (in entrambe le direzioni)allo SLD
drDo		superamento drift interpiano in direzione longitudinale (sinistra), oppure ortogonale (destra) alla parete allo SLD
drV		superamento drift interpiano (in entrambe le direzioni) allo SLV
drVo		superamento drift interpiano in direzione longitudinale (sinistra), oppure ortogonale (destra) alla parete allo SLV
drC		superamento drift interpiano (in entrambe le direzioni) allo SLC
drCo		superamento drift interpiano in direzione longitudinale (sinistra), oppure ortogonale (destra) alla parete allo SLC
NM		superamento resistenza a presso-flessione (in entrambe le direzioni) della parete
NMo		superamento resistenza a presso-flessione in direzione longitudinale (sinistra), oppure ortogonale (destra) alla parete
V		superamento resistenza a taglio in direzione longitudinale alla parete
Vo		superamento resistenza a taglio in direzione ortogonale alla parete
N		superamento resistenza a sforzo normale (trazione)
N		superamento resistenza a sforzo normale (compressione)





#### 7.7.4. Risultati SLV

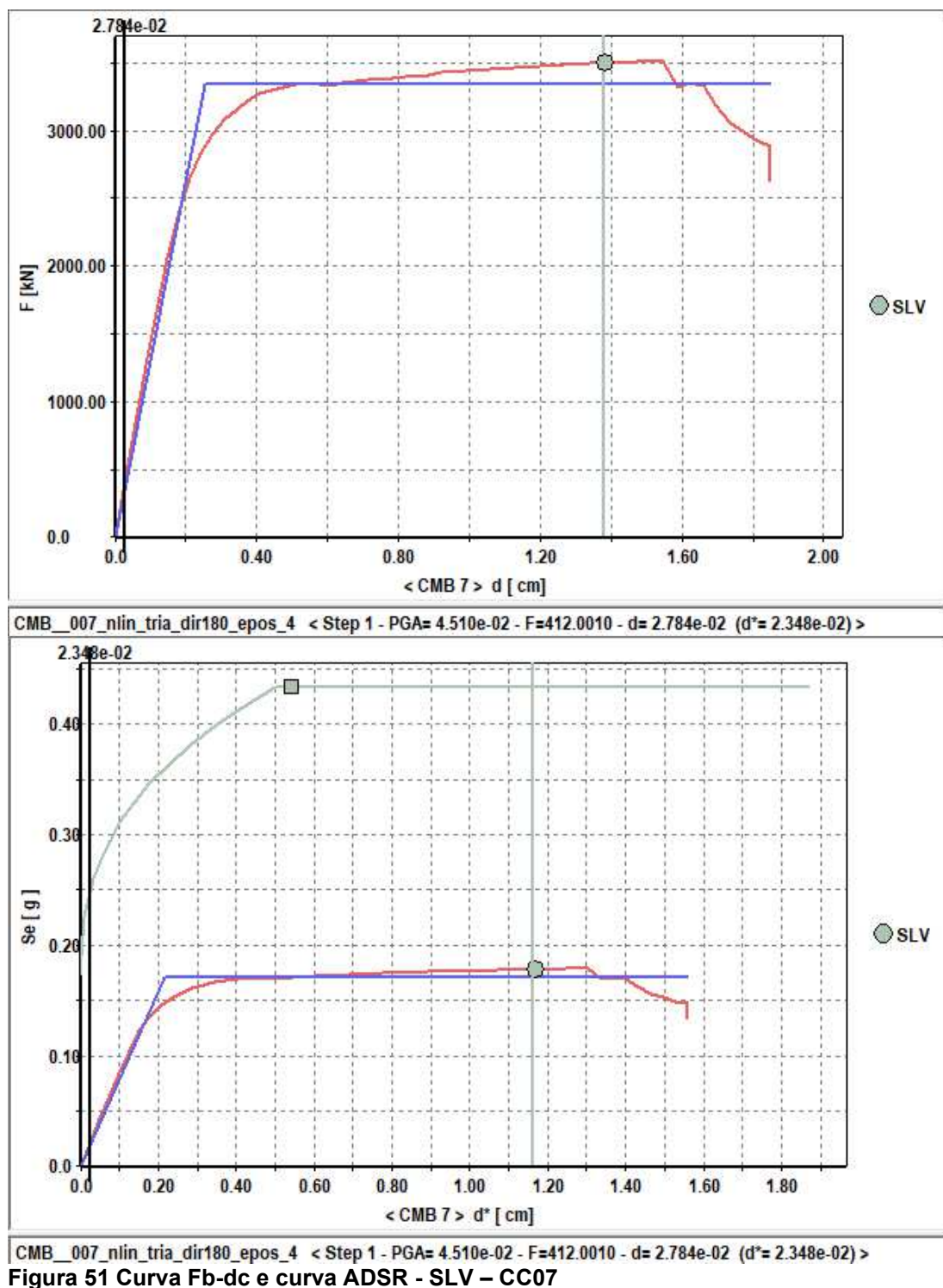


Figura 51 Curva Fb-dc e curva ADSR - SLV – CC07



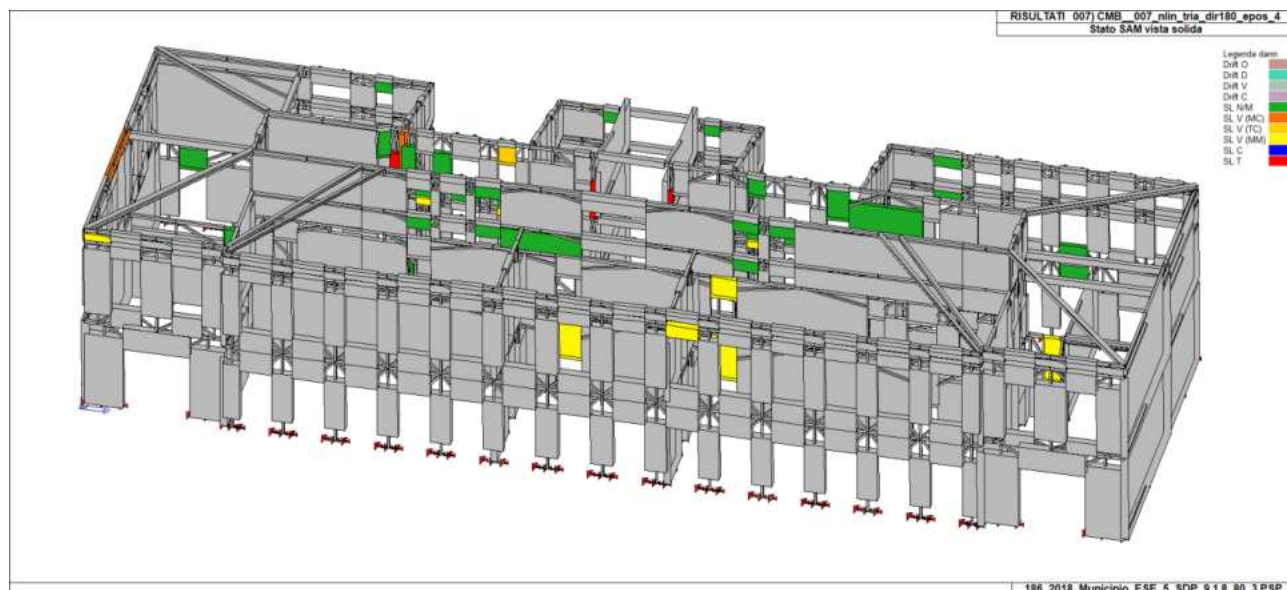


Figura 52 CC07 Stato SAM - verifiche - modello solida

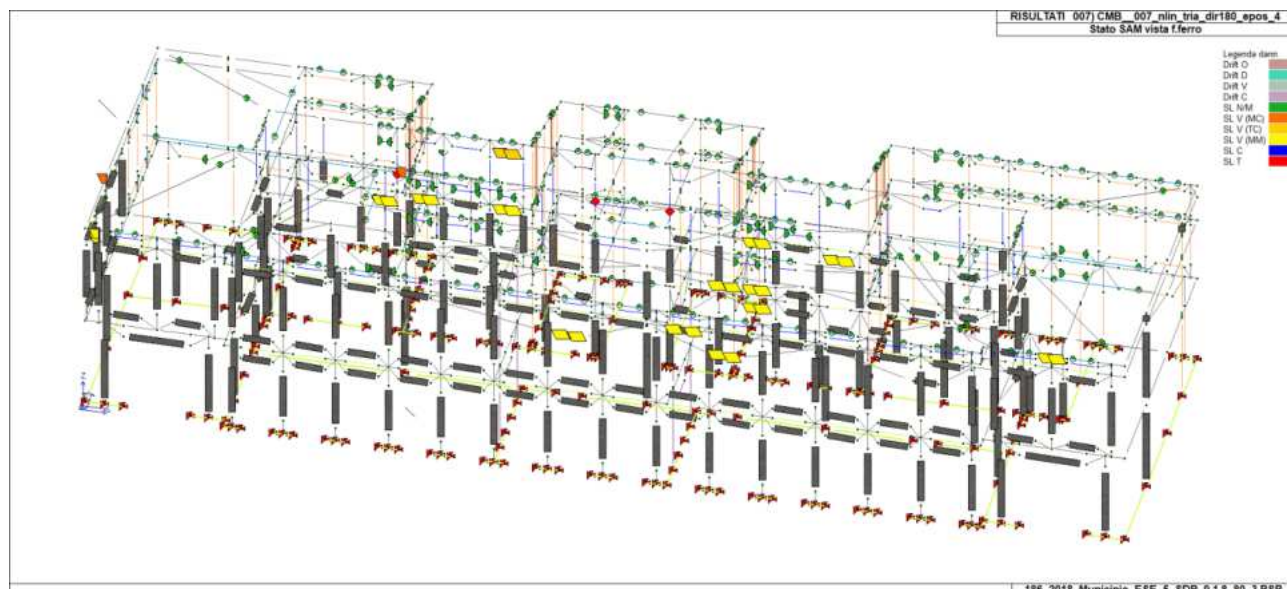


Figura 53 CC07 Stato SAM - verifiche - modello unifilare

### 7.7.5. Risultati SLD

Essendo l'edificio classificato in classe d'uso IV, sono necessarie anche le verifiche strutturali agli SLE, come indicato al capitolo 8.3 delle NTC 2018, di cui si riporta uno stralcio.

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

Al paragrafo 7.3.6 viene esplicitato che tipologia di verifiche effettuare per ogni stato limite in funzione della classe d'uso dell'edificio.





Tab. 7.3.III – Stati limite di elementi strutturali primari, elementi non strutturali e impianti

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

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

<sup>(\*\*)</sup> Nei casi esplicitamente indicati dalle presenti norme.

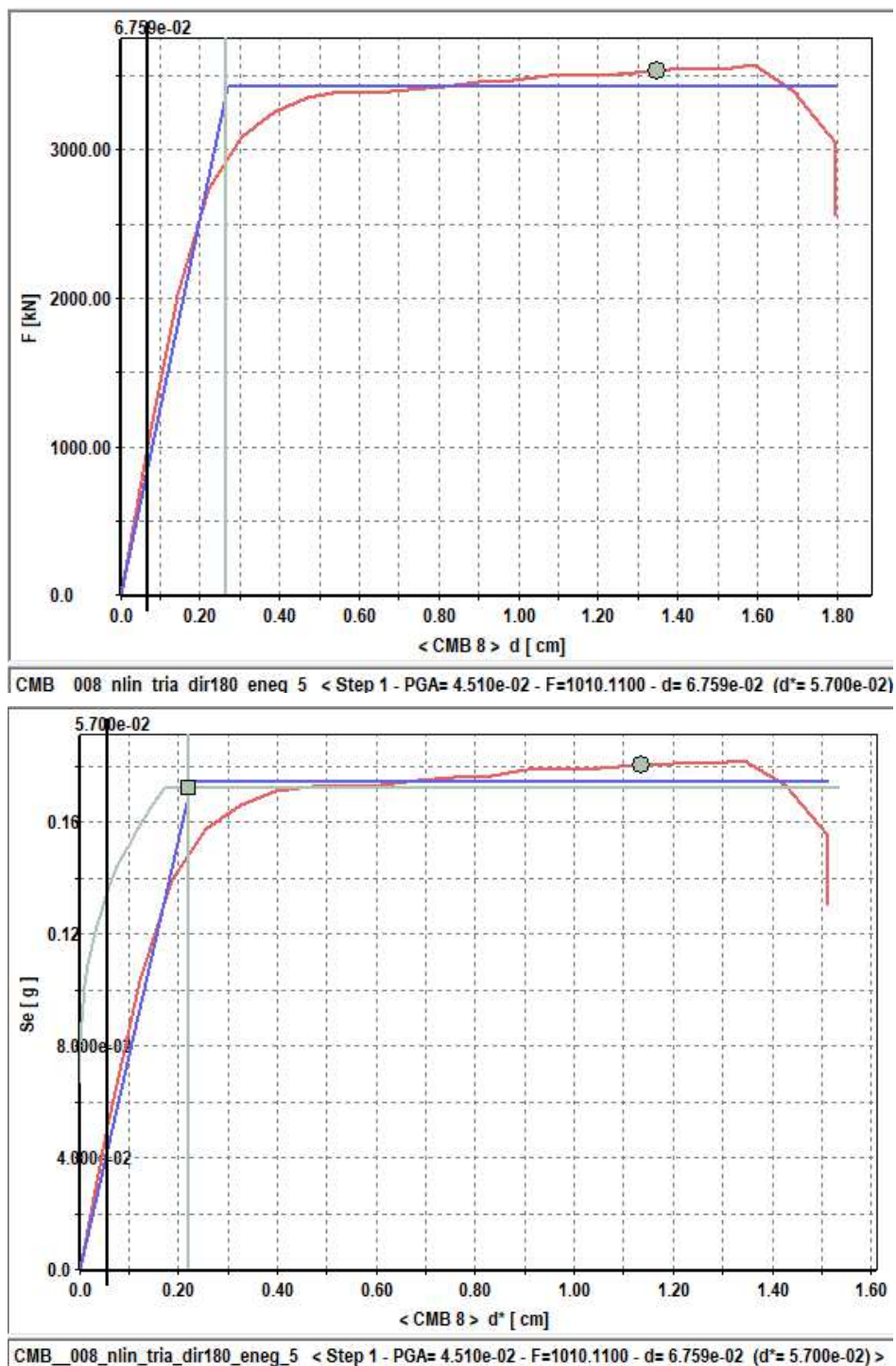
Tabella C7.3.I - Stati Limite di elementi strutturali primari, elementi non strutturali e impianti: descrizione delle prestazioni e corrispondenti verifiche

STATI LIMITE		Descrizione della prestazione		ST			NS	IM		Classe d'uso		
				RIG	RES	DUT (SPO)	STA	FUN	STA	I	II	III IV
SLE	SLO	NS	Limitazione del danno degli elementi non strutturali, o delle pareti per le costruzioni di muratura	§ 7.3.6.1								x
		IM	Funzionamento degli impianti					§ 7.3.6.3				x
	SLD	ST	Controllo del danno degli elementi strutturali		§ 7.3.1							x
		NS	Controllo del danno degli elementi non strutturali, o delle pareti per le costruzioni di muratura	§ 7.3.6.1						x	x	
SLU	SLV	ST	Livello di danno degli elementi strutturali coerente con il fattore di comportamento adottato, assenza di rotture fragili e meccanismi locali/globali instabili		§ 7.3.6.1					x	x	x
		NS	Assenza di crolli degli elementi non strutturali pericolosi per l'incolumità, pur in presenza di danni diffusi				§ 7.3.6.3				x	x
		IM	Capacità ultima degli impianti e dei collegamenti					§ 7.3.6.3			x	x
	SLC	ST	Margine di sicurezza sufficiente per azioni verticali ed esiguo per azioni orizzontali			§ 7.3.6.1 (DUT)					x	x
		ST	Capacità di spostamento dei dispositivi nelle costruzioni con isolamento sismico			§ 7.10.6.2.2 (SPO)					x	x

Per quanto riguarda gli SLD, devono essere effettuate delle verifiche di resistenza, mentre per gli SLO sono necessarie delle verifiche di rigidezza per controllare il danneggiamento degli elementi non strutturali, le verifiche agli SLO verranno mostrate nel modello lineare.

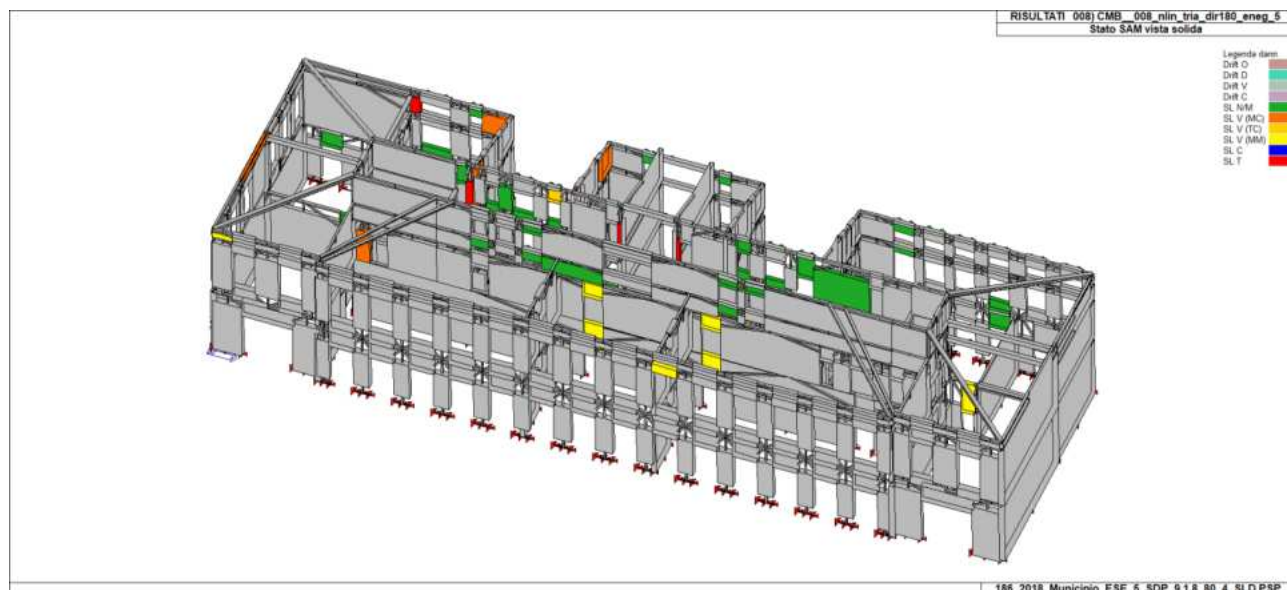
Per effettuare l'analisi strutturale agli SLD, è stato creato un modello di calcolo non lineare identico al precedente, dove lo spettro di verifica impostato per le verifiche strutturali è quello all'SLD.



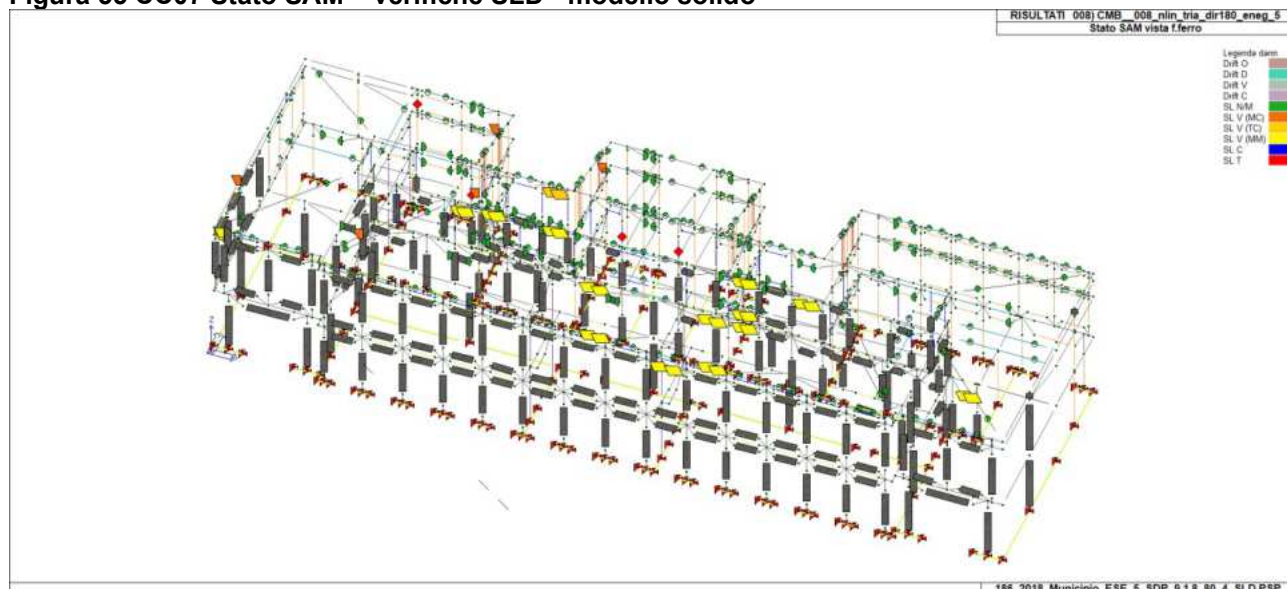


**Figura 54 Curva Fb-dc e curva ADSR – SLD – CC08**



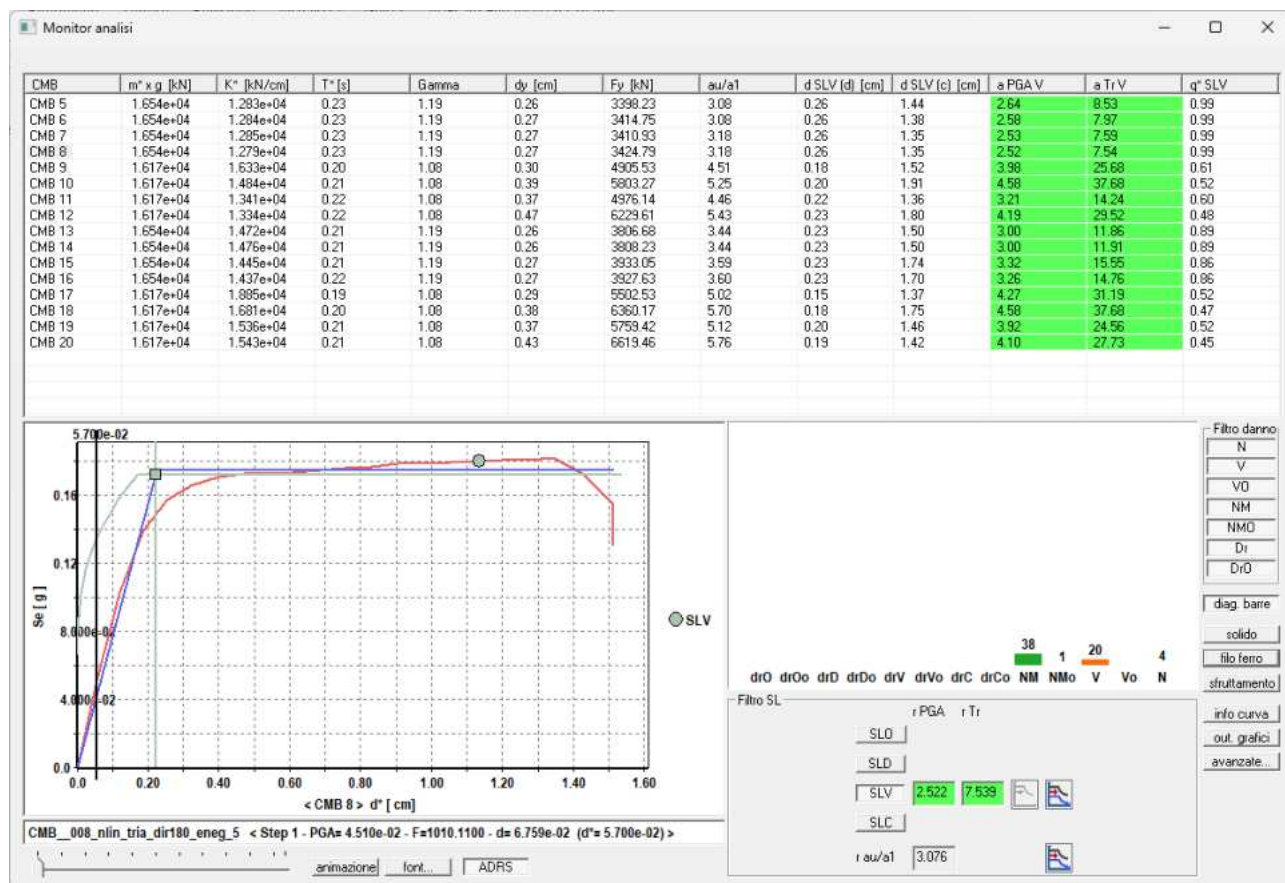


**Figura 55 CC07 Stato SAM – verifiche SLD - modello solido**



**Figura 56 CC08 Stato SAM – verifiche SLD - modello unifilare**





CMB-SLV	Stato	Dom: d	Cap: d	Dom: PGA	Cap: PGA	Dom: Tr	Cap: Tr	Dom: Pr	Cap: Pr	Rapp: PGA	Rapp: Tr	Rapp: Pr	q* SLV
		cm	cm	g	g	anni	anni	%	%				
5	ok	0.26	1.44	0.07	0.18	65.7	560.0	78.18	16.35	2.64	8.53	0.21	0.99
6	ok	0.26	1.38	0.07	0.17	65.7	523.4	78.18	17.39	2.58	7.97	0.22	0.99
7	ok	0.26	1.35	0.07	0.17	65.7	498.2	78.18	18.18	2.53	7.59	0.23	0.99
8	ok	0.26	1.35	0.07	0.17	65.7	495.2	78.18	18.29	2.52	7.54	0.23	0.99
9	ok	0.18	1.52	0.07	0.27	65.7	1686.6	78.18	5.76	3.98	25.68	0.07	0.61
10	ok	0.20	1.91	0.07	0.31	65.7	2475.0	78.18	3.96	4.58	37.68	0.05	0.52
11	ok	0.22	1.36	0.07	0.22	65.7	935.0	78.18	10.14	3.21	14.24	0.13	0.60
12	ok	0.23	1.80	0.07	0.28	65.7	1938.6	78.18	5.03	4.19	29.52	0.06	0.48
13	ok	0.23	1.50	0.07	0.20	65.7	779.3	78.18	12.04	3.00	11.86	0.15	0.89
14	ok	0.23	1.50	0.07	0.20	65.7	782.3	78.18	12.00	3.00	11.91	0.15	0.89
15	ok	0.23	1.74	0.07	0.22	65.7	1021.6	78.18	9.33	3.32	15.55	0.12	0.86
16	ok	0.23	1.70	0.07	0.22	65.7	969.7	78.18	9.80	3.26	14.76	0.13	0.86
17	ok	0.15	1.37	0.07	0.29	65.7	2048.5	78.18	4.76	4.27	31.19	0.06	0.52
18	ok	0.18	1.75	0.07	0.31	65.7	2475.0	78.18	3.96	4.58	37.68	0.05	0.47
19	ok	0.20	1.46	0.07	0.26	65.7	1613.1	78.18	6.01	3.92	24.56	0.08	0.52
20	ok	0.19	1.42	0.07	0.28	65.7	1821.6	78.18	5.34	4.10	27.73	0.07	0.45
CMB-SLV												Rapp: Pr	
												0.05	





## 7.8. VERIFICHE CAPACITA'-DOMANDA

In questo paragrafo si riportano in forma tabellare le verifiche dell'analisi Pushover confrontando i dati relativi alla domanda e alla capacità in termini di spostamento, di accelerazioni di picco al suolo e di periodo di ritorno per ciascuna delle combinazioni sismiche. Si differenziano le tabelle in funzione degli stati limite considerati.

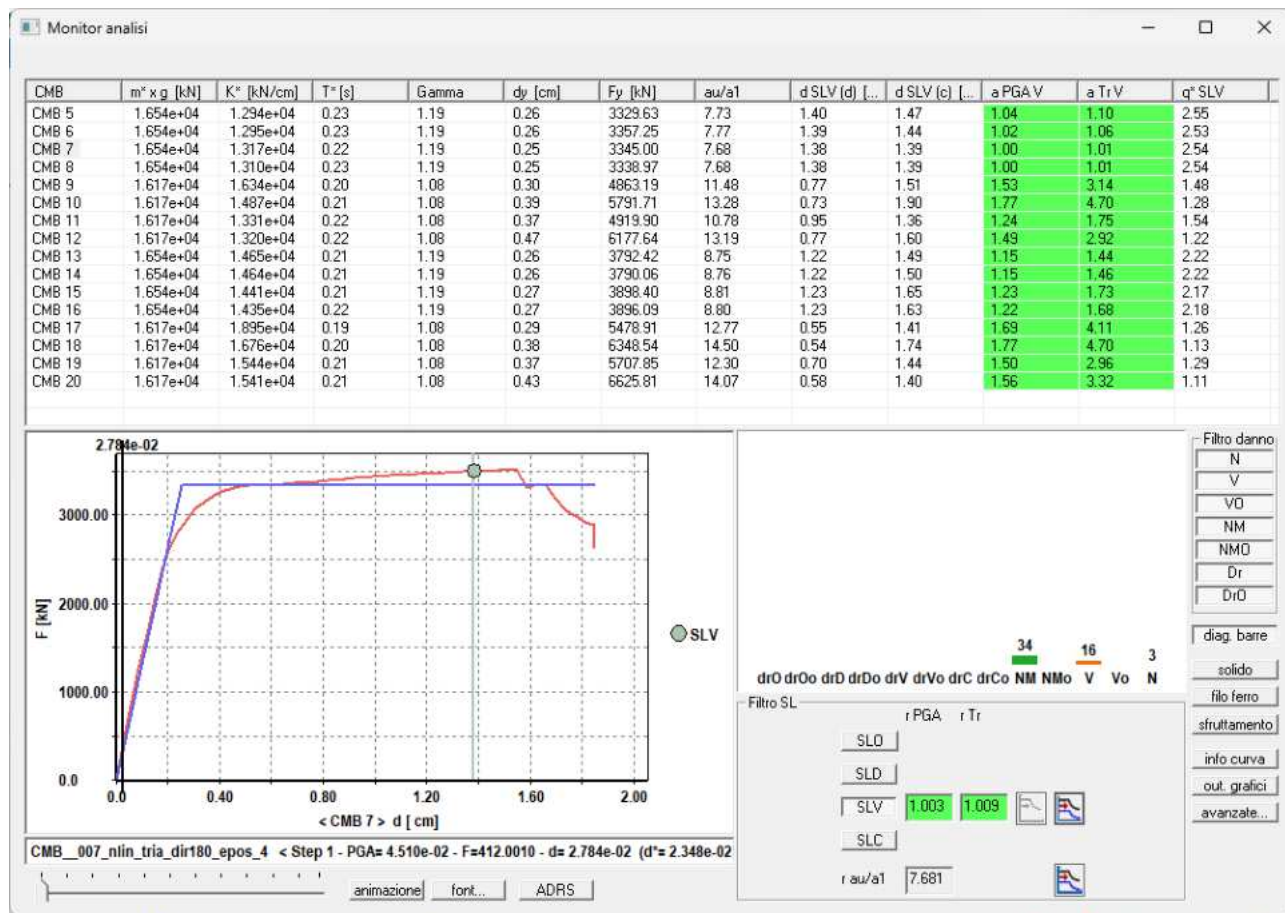
Le colonne che costituiscono la tabella sono le seguenti:

<b>CMB</b>	Indice della combinazione
<b>Stato</b>	<b>Ok</b> : combinazione verificata ( $D(d) < C(d)$ ); <b>NV</b> : non verificato ( $D(d) > C(d)$ )
<b>Dom (d)</b>	domanda in termini di spostamento dell'i-esima combinazione
<b>Cap (d)</b>	Capacità in termini di spostamento dell'i-esima combinazione
<b>Dom (PGA)</b>	domanda in termini di PGA dell'i-esima combinazione
<b>Cap (PGA)</b>	Capacità in termini di PGA dell'i-esima combinazione
<b>Dom (Tr)</b>	domanda in termini di tempo di ritorno dell'i-esima combinazione
<b>Cap (Tr)</b>	Capacità in termini di tempo di ritorno dell'i-esima combinazione
<b>Rapp: PGA</b>	Rapporto tra la capacità e la domanda in termini di PGA dell'i-esima combinazione ( $>1$ per la validità della verifica)
<b>Rapp: Tr</b>	Rapporto tra la capacità e la domanda in termini di Tempo di Ritorno dell'i-esima combinazione ( $>1$ per la validità della verifica)
<b>q*</b>	(solo per combinazioni SLV e SLC) rapporto tra la forza di risposta elastica e la forza di snervamento del sistema equivalente allo SLV/SLC dell'i-esima combinazione

### 7.8.1. Combinazione SLV

CMB-SLV	Stato	Dom: d	Cap: d	Dom: PGA	Cap: PGA	Dom: Tr	Cap: Tr	Dom: Pr	Cap: Pr	Rapp: PGA	Rapp: Tr	Rapp: Pr	q* SLV
		cm	cm	g	g	anni	anni	%	%				
5	ok	1.40	1.47	0.17	0.18	526.6	580.2	17.29	15.83	1.04	1.10	0.92	2.55
6	ok	1.39	1.44	0.17	0.18	526.6	560.9	17.29	16.33	1.02	1.06	0.94	2.53
7	ok	1.38	1.39	0.17	0.17	526.6	531.4	17.29	17.15	1.00	1.01	0.99	2.54
8	ok	1.38	1.39	0.17	0.17	526.6	532.2	17.29	17.13	1.00	1.01	0.99	2.54
9	ok	0.77	1.51	0.17	0.27	526.6	1653.9	17.29	5.87	1.53	3.14	0.34	1.48
10	ok	0.73	1.90	0.17	0.31	526.6	2475.0	17.29	3.96	1.77	4.70	0.23	1.28
11	ok	0.95	1.36	0.17	0.21	526.6	921.4	17.29	10.29	1.24	1.75	0.59	1.54
12	ok	0.77	1.60	0.17	0.26	526.6	1536.8	17.29	6.30	1.49	2.92	0.36	1.22
13	ok	1.22	1.49	0.17	0.20	526.6	758.0	17.29	12.36	1.15	1.44	0.71	2.22
14	ok	1.22	1.50	0.17	0.20	526.6	769.1	17.29	12.19	1.15	1.46	0.71	2.22
15	ok	1.23	1.65	0.17	0.21	526.6	909.0	17.29	10.42	1.23	1.73	0.60	2.17
16	ok	1.23	1.63	0.17	0.21	526.6	884.5	17.29	10.69	1.22	1.68	0.62	2.18
17	ok	0.55	1.41	0.17	0.29	526.6	2166.3	17.29	4.51	1.69	4.11	0.26	1.26
18	ok	0.54	1.74	0.17	0.31	526.6	2475.0	17.29	3.96	1.77	4.70	0.23	1.13
19	ok	0.70	1.44	0.17	0.26	526.6	1556.5	17.29	6.22	1.50	2.96	0.36	1.29
20	ok	0.58	1.40	0.17	0.27	526.6	1747.9	17.29	5.56	1.56	3.32	0.32	1.11
CMB-SLV												Rapp: Pr	
												0.23	





Valutando la struttura di progetto nei confronti dell'azione sismica di riferimento agente all'80% le verifiche SLV risultano tutte soddisfatte.

Analisi pushover - quadro complessivo per la combinazione									
Sito struttura									
	Domanda d [cm]	Capacità d [cm]	Domanda PGA [g]	Capacità PGA [g]	Domanda Tr [anni]	Capacità Tr [anni]	Domanda Pr [%]	Capacità Pr [%]	Rapporto C/D PGA
SLV	1.379	1.385	0.174	0.174	526.65	531.388	17.29	17.154	1.003

Il dato di maggiore rilievo per la definizione del livello di sicurezza minimo viene valutato come il minore rapporto capacità/domanda in termini di accelerazione di picco al suolo tra tutte le combinazioni sismiche allo SLV. Come si evince dalla tabella sopra riportata, il rapporto inferiore lo si ha in CC07.

Si riportano i dati in forma sintetica:

#### CC07

- Livello di sicurezza stimato (PGA): 100,3%
- Livello di sicurezza stimato (Tr): 100,9%
- PGA (g): 0.174
- Tr SLV: 531 anni

Con:





- 
- |                                    |                                |
|------------------------------------|--------------------------------|
| ○ Livello di sicurezza stimato PGA | PGA (capacità)/ PGA (domanda)  |
| ○ Livello di sicurezza stimato Tr  | $(Tr(cap.)/Tr(dom.))^{1/2.46}$ |

L'obiettivo minimo richiesto per il progetto è quello di raggiungere un livello minimo di sicurezza pari all'80%. Come è stato possibile vedere con le analisi effettuate, con gli interventi progettuali previsti è possibile raggiungere il livello di sicurezza richiesto.





## 8. MODELLO NUMERICO LINEARE

### 8.1. Analisi dinamica lineare

Il calcolo è stato eseguito mediante l'ausilio di un software agli elementi finiti. E' stata condotta una analisi dinamica modale a spettro di risposta, con riferimento al Capitolo 7.3.3.1 del D.M. 17 Gennaio 2018.

Vengono individuati 4 casi di carico allo SLV e n. 4 casi di carico allo SLD.

I risultati delle analisi di seguito riportati sono pertanto:

- parametri di calcolo dell'azione sismica
- sollecitazioni negli elementi principali (setti in m.a., travi di fondazione in c.a., rialzi di fondazione in c.a.)
- Tassi di sfruttamento delle varie verifiche previste dalla normativa.

I risultati sono esplicitati sottoforma di immagini riassuntive dei risultati (tassi di sfruttamento degli elementi strutturali).

#### 8.1.1. Modellazione delle azioni

Per la struttura in esame, le azioni sono applicate ai vari elementi strutturali in varie condizioni di carico elementari, a loro volta combinate per formare l'involuppo delle combinazioni di carico. Si procede alla descrizione delle c.d.c. elementari, con l'applicazione dei carichi alla struttura.

La tabella seguente mostra i tipi di c.d.c. implementati e la loro numerazione.

Il programma consente l'applicazione di diverse tipologie di casi di carico.

Sono previsti i seguenti 11 tipi di casi di carico:

	<b>Sigla</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descrizione</b>
1	<b>Ggk</b>	A	caso di carico comprensivo del peso proprio struttura
2	<b>Gk</b>	NA	caso di carico con azioni permanenti
3	<b>Qk</b>	NA	caso di carico con azioni variabili
4	<b>Gsk</b>	A	caso di carico comprensivo dei carichi permanenti sui solai e sulle coperture
5	<b>Qsk</b>	A	caso di carico comprensivo dei carichi variabili sui solai
6	<b>Qnk</b>	A	caso di carico comprensivo dei carichi di neve sulle coperture
7	<b>Qtk</b>	SA	caso di carico comprensivo di una variazione termica agente sulla struttura
8	<b>Qvk</b>	NA	caso di carico comprensivo di azioni da vento sulla struttura
9	<b>Esk</b>	SA	caso di carico sismico con analisi statica equivalente
10	<b>Edk</b>	SA	caso di carico sismico con analisi dinamica
11	<b>Etk</b>	NA	caso di carico comprensivo di azioni derivanti dall' incremento di spinta delle terre in condizione sismica
12	<b>Pk</b>	NA	caso di carico comprensivo di azioni derivanti da coazioni, cedimenti e precompressioni





Sono di tipo automatico A (ossia non prevedono introduzione dati da parte dell'utente) i seguenti casi di carico: 1-Ggk; 4-Gsk; 5-Qsk; 6-Qnk.

Sono di tipo semi-automatico SA (ossia prevedono una minima introduzione dati da parte dell'utente) i seguenti casi di carico:

7-Qtk, in quanto richiede solo il valore della variazione termica;

9-Esk e 10-Edk, in quanto richiedono il valore dell'angolo di ingresso del sisma e l'individuazione dei casi di carico partecipanti alla definizione delle masse.

Sono di tipo non automatico NA ossia prevedono la diretta applicazione di carichi generici agli elementi strutturali (si veda il precedente punto Modellazione delle Azioni) i restanti casi di carico.

Nella tabella successiva vengono riportati i casi di carico agenti sulla struttura, con l'indicazione dei dati relativi al caso di carico stesso:

Numero Tipo e Sigla identificativa, Valore di riferimento del caso di carico (se previsto).

In successione, per i casi di carico non automatici, viene riportato l'elenco di nodi ed elementi direttamente caricati con la sigla identificativa del carico.

Per i casi di carico di tipo sismico (9-Esk e 10-Edk), viene riportata la tabella di definizione delle masse: per ogni caso di carico partecipante alla definizione delle masse viene indicata la relativa aliquota (partecipazione) considerata. Si precisa che per i caso di carico 5-Qsk e 6-Qnk la partecipazione è prevista localmente per ogni elemento solaio o copertura presente nel modello (si confronti il valore Sksol nel capitolo relativo agli elementi solaio) e pertanto la loro partecipazione è di norma pari a uno.

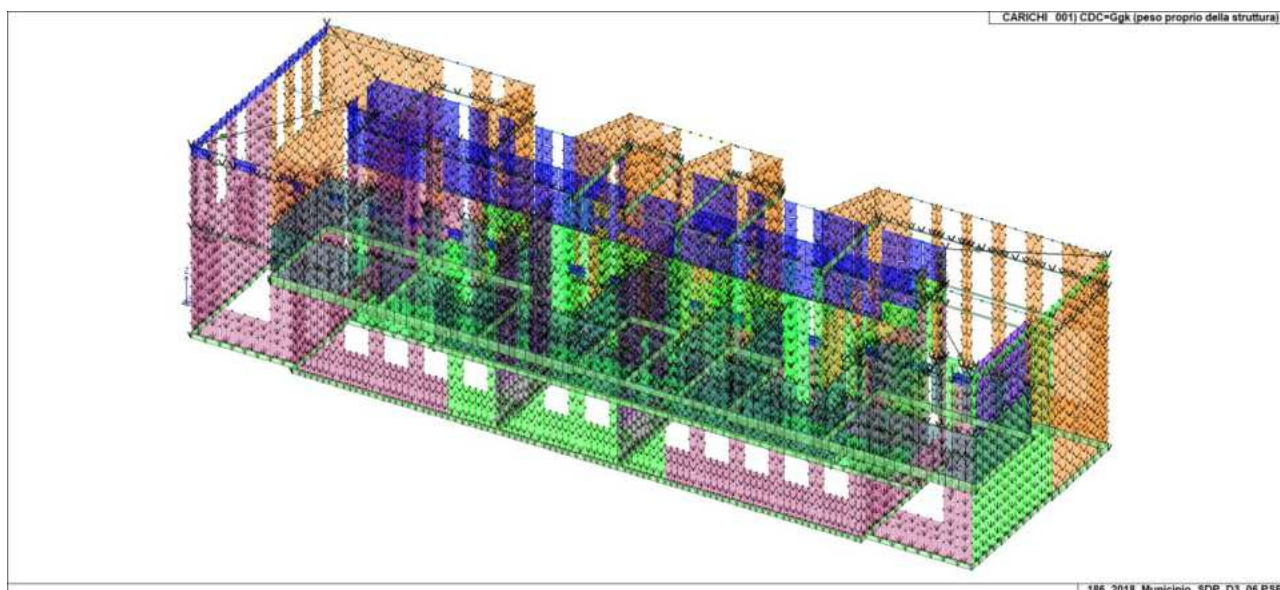
CDC	Tipo	Sigla Id	Note
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	
2	Gsk	CDC=G1sk (permanente solai-coperture)	
3	Gsk	CDC=G2sk (permanente solai-coperture n.c.d.)	
4	Qsk	CDC=Qsk (variabile solai)	
5	Qnk	CDC=Qnk (carico da neve)	
6	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. +)	partecipazione: 1.00 per 1 CDC=Ggk (peso proprio della struttura)
			partecipazione: 1.00 per 2 CDC=G1sk (permanente solai-coperture)
			partecipazione: 1.00 per 3 CDC=G2sk (permanente solai-coperture n.c.d.)
			partecipazione: 1.00 per 4 CDC=Qsk (variabile solai)
			partecipazione: 1.00 per 5 CDC=Qnk (carico da neve)
7	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. -)	come precedente CDC sismico
8	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. +)	come precedente CDC sismico
9	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. -)	come precedente CDC sismico
10	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. +)	come precedente CDC sismico
11	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. -)	come precedente CDC sismico
12	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. +)	come precedente CDC sismico
13	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. -)	come precedente CDC sismico

### 8.1.1. Peso proprio strutture (c.d.c. 1)

Il peso proprio della struttura è determinato automaticamente dal programma di calcolo, mediante applicazione, ai vari elementi, delle proprietà geometriche e del materiale.



La figura seguente mostra l'applicazione dei carichi agli elementi finiti che compongono la struttura.

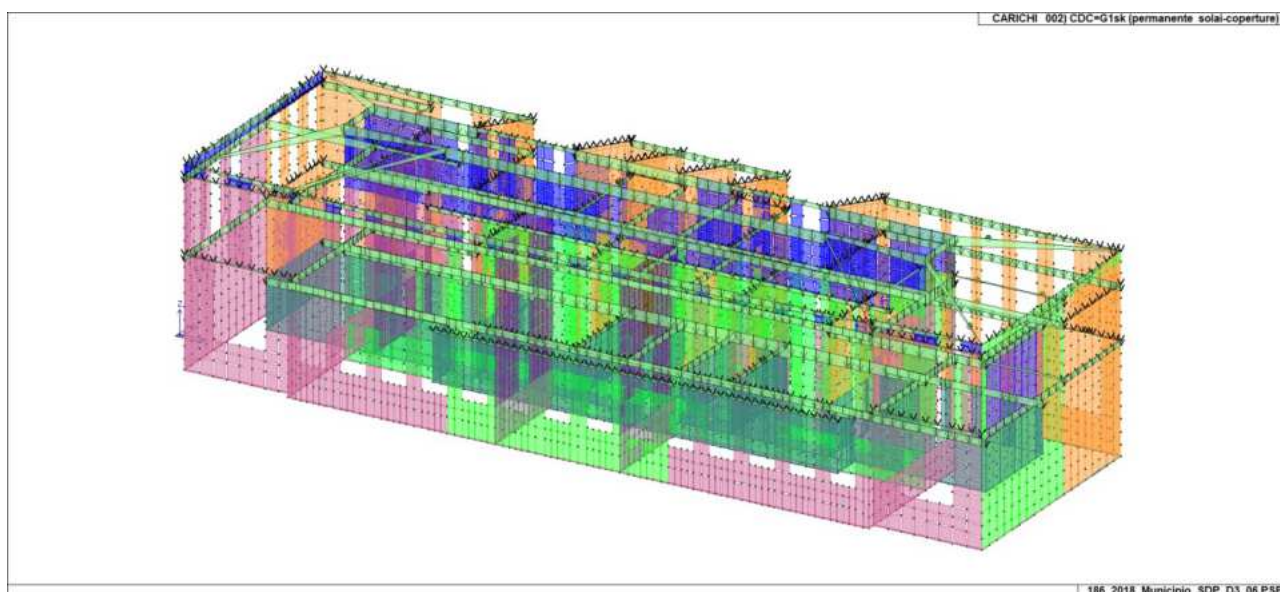


**Figura 57: c.d.c. 1 peso proprio elementi strutturali**

### 8.1.2. Carico impalcati (c.d.c. 2 – 3 – 4 – 5)

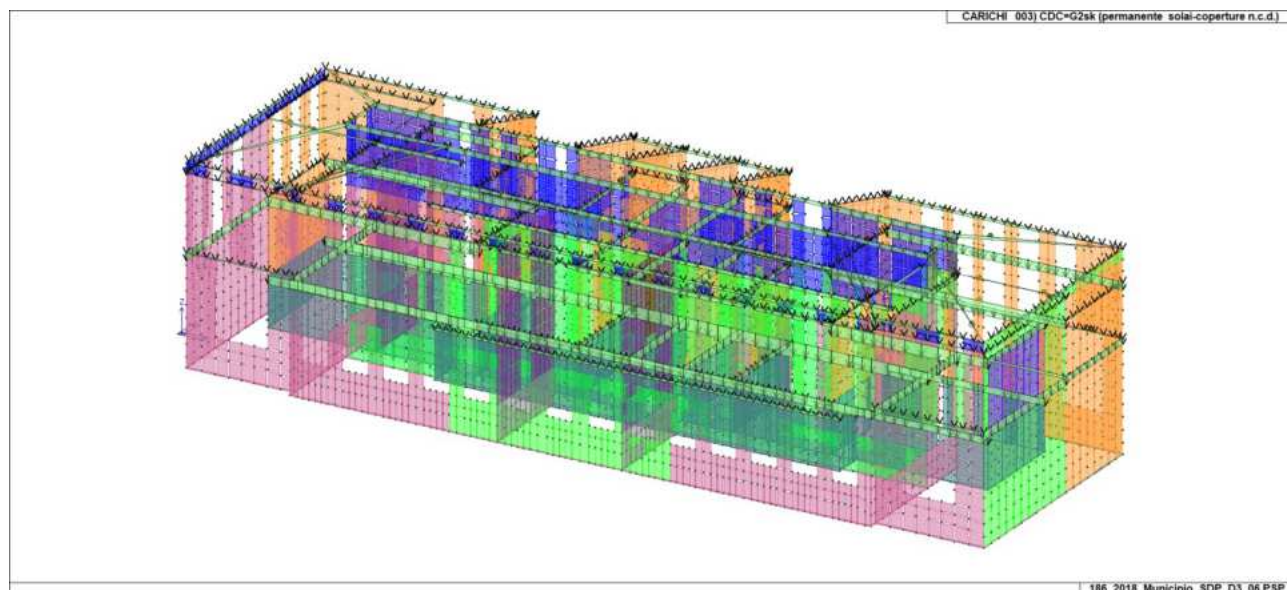
Il peso proprio degli impalcati (c.d.c. 2) è una c.d.c. di tipo semiautomatico, come anche le successive c.d.c. 3, 4 e 5, mediante la quale il programma di calcolo attribuisce il carico dovuto ai solai ai vari elementi strutturali di contorno, tramite la relativa area di influenza. In precedenza è stata riepilogata l'analisi dei carichi dei solai, tramite cui il programma assegna i carichi ai vari elementi strutturali al contorno.

Le figure seguenti mostrano l'applicazione dei carichi nelle c.d.c..

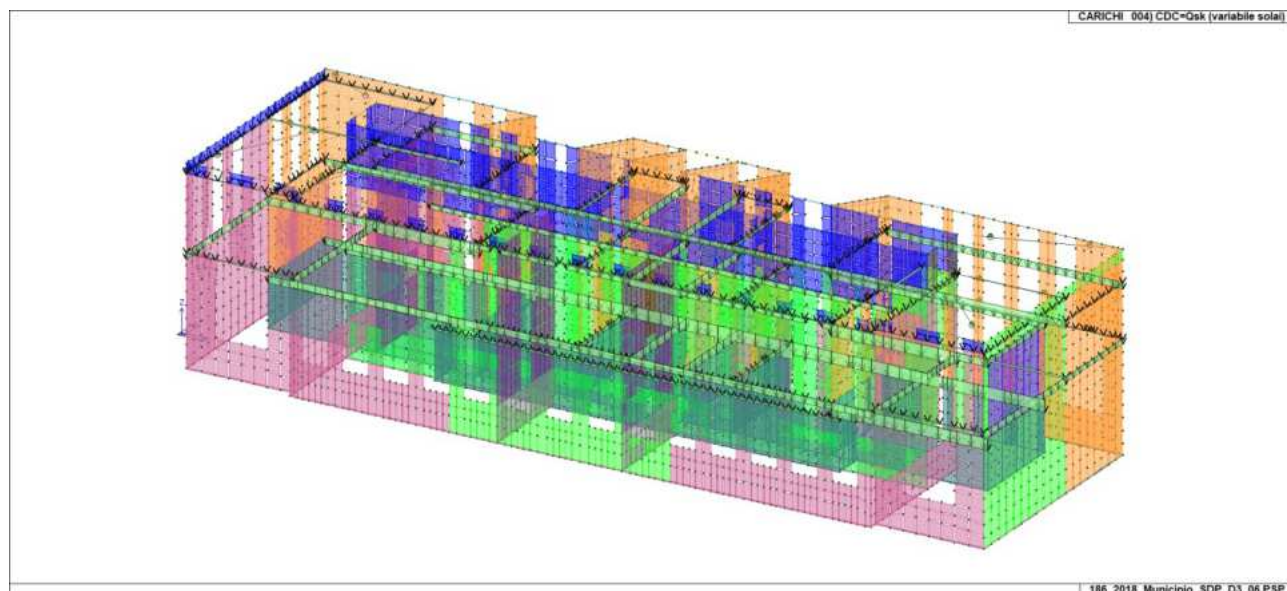


**Figura 58: c.d.c. 2 - applicazione dei carichi da peso permanente solai**



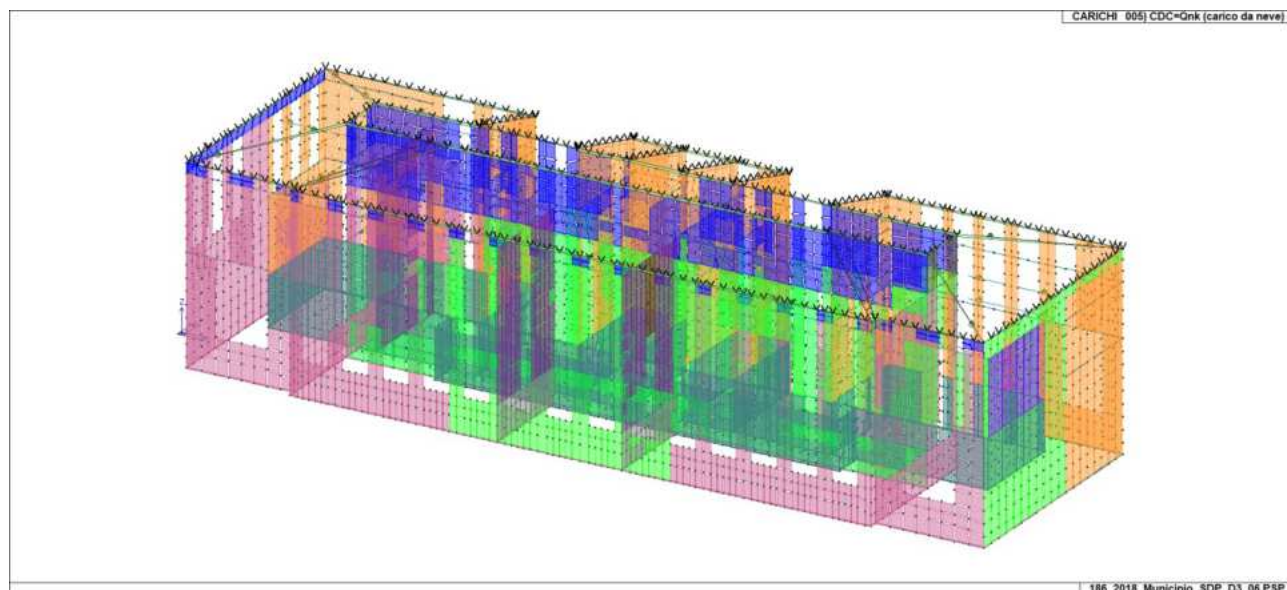


**Figura 59: c.d.c. 3 - applicazione dei carichi da peso non strutturale solai**



**Figura 60: c.d.c. 4 - applicazione dei carichi variabili solai**





**Figura 61: c.d.c. 5 - applicazione dei carichi variabili solai (NEVE)**

### 8.1.3. Sisma (c.d.c. 6 – 13)

A differenza che nel modello di calcolo non lineare, qui il sisma viene considerato al 100% dovendo essere verificati elementi di nuova costruzione.

Passo 1

Classe d'uso

- ☐ I edifici di minor importanza per la sicurezza pubblica [edifici agricoli...]
- ☐ II edifici ordinari
- ☐ III edifici importanti in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso (scuole, teatri...)
- ☒ IV edifici la cui funzionalità ha importanza fondamentale per la protezione civile (ospedali, municipi...)

Pericolosità e zonazione

pericolosità sismica

agS per SLV: 0.217

Modalità di progettazione semplificata per  $agS < 0.075$  ☐

Strutture esistenti

- ☐ LC1: conoscenza limitata
- ☒ LC2: conoscenza adeguata
- ☐ LC3: conoscenza accurata

Fattore di confidenza FC: 1.2

S (oriz.)

Sv (vert.)

< Indietro Avanti > Annulla Aggiorna



Passo 3

Parametri e fattori spettrali

S.L.	ag	S	Fo	Fv	TB	TC	TD
SLO	0.064	1.000	2.555	0.875	0.199	0.597	1.858
SLD	0.084	1.000	2.561	1.000	0.200	0.601	1.935
SLV	0.217	1.000	2.512	1.580	0.216	0.647	2.468
SLC	0.282	1.000	2.466	1.768	0.221	0.664	2.728

Verticale per tutti:

eta SLO  q SLD x  q SLD y  q SLD z  q SLU x  q SLU y  q SLU z

Verifiche

☐ q=1 per ND

☒ q >= 1

Regolarità

☐ in pianta

☐ in altezza

Edifici isolati

T is

s esi

< Indietro **Avanti >** Annulla Aggiorna





Accelerazioni spettrali per i periodi notevoli

S(T) per sisma dir x-x				S(T) per sisma dir y-y				S(T) per sisma dir z-z			
	T=0	T=TB-TC	T=TD		T=0	T=TB-TC	T=TD		T=0	T=TB-TC	T=TD
SLD	0.064	0.165	0.053	SLD	0.064	0.165	0.053	SLD	0.022	0.056	0.008
SLD	0.084	0.214	0.067	SLD	0.084	0.214	0.067	SLD	0.033	0.084	0.013
SLV	0.217	0.218	0.057	SLV	0.217	0.218	0.057	SLV	0.136	0.343	0.051
SLC	0.282	0.278	0.068	SLC	0.282	0.278	0.068	SLC	0.202	0.499	0.075

I tre valori notevoli dello spettro simbolicamente sono:  $\langle ag^*S \rangle$ ,  $\langle ag^*S^*eta^*F \rangle$  e  $\langle ag^*S^*eta^*F^*T_c/T_d \rangle$  [eta pari a 1/q ove previsto]

Passo 4

Dati comuni per le analisi

Quota spiccato [cm]

Contributo carichi in fondazione ☐

Eccentricità aggiuntiva X:  Y:

Spost. relativo rapp. SLC/SLD  ex. muratura

Dati per analisi statica lineare e non lineare

Altezza edificio [cm]

Fatt. Lambda [0.85 - 1]

Periodo T1 [primo modo]

Sd (T1) - SLU

Se (T1) - SLD

Rapp T1/TrZ

Calcola periodi T1

Dati per analisi dinamica

N. modi  N. modi rigidi

Accelerazione uniforme [Fi=Ph] ☐ NO

Eccentricità convenzionale con momenti Mz ☐ NO

Usa spostamenti medi di piano per pushover ☒ SI

S (oriz.)

Sv (vert.)

< Indietro Avanti > Annulla Aggiorna

Passo 5

C.D.C. sismico  Nodo cont.  (\*\*)

C.D.C.

Analisi modale di riferimento  Stoglia... Modo rifer.  (\*\*)

Sisma	LC 1	LC 2	LC 3	LC 4 [°]	LC 5 [°]
LC U 6	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
LC U 7	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
LC U 8	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
LC U 9	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
LC D 10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
LC D 11	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
LC D 12	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

NOTA: (\*) coefficienti per carichi variabili Q  
cdc Qk : utilizzare psi 2  
cdc Qsk/Qnk : utilizzare di regola 1 (psi 2 da archivio carico)

(\*\*) 0 per default in pushover

Definizione masse automatica

S (oriz.)

Sv (vert.)

< Indietro Fine Annulla Stampa spettri

Al passo n. 3 è esplicitato il valore del fattore di struttura assunto nel calcolo, pari a  $q = 2.50$ . la scelta di tale valore deriva in parte dalle analisi di tipo statico non lineare condotte nello stato di progetto. In fase di progetto si era infatti condotta una analisi push-over del fabbricato con il sisma al 100%, determinando che, per la combinazione peggiore, il valore di  $\alpha_u/\alpha_1 = 3.05$ .



Il valore del fattore di struttura, è determinato secondo quanto riportato al par. C8.5.5.1, assumendo la relazione più penalizzante, per muratura in blocchi artificiali semipieni:

$$q = 1.75 \times \alpha_u/\alpha_1$$

Considerando il fabbricato NON regolare in pianta e NON regolare in elevazione (scelta cautelativa), si può assumere che

- $\alpha_u/\alpha_1 = (3.05+1)/2 = 2.025$
- Riduzione per non regolarità in elevazione = -25%
- $q = 1.75 \times 2.025 \times 0.75 = 2.66$

Pur avendo ottenuto un valore ammissibile di  $q = 2.66$ , si è scelto progettualmente di limitare il valore a  $q = 2.50$  in considerazione della tipologia di murature presenti, del loro stato di sollecitazione ed in generale per garantire un certo grado di sicurezza aggiuntivo.

In queste cdc si considerano le azioni sismiche di tipo lineare, calcolate in automatico dal software. Vengono considerati i quattro casi di carico relativi all'SLV e i 4 casi di carico relativi all'SLD.

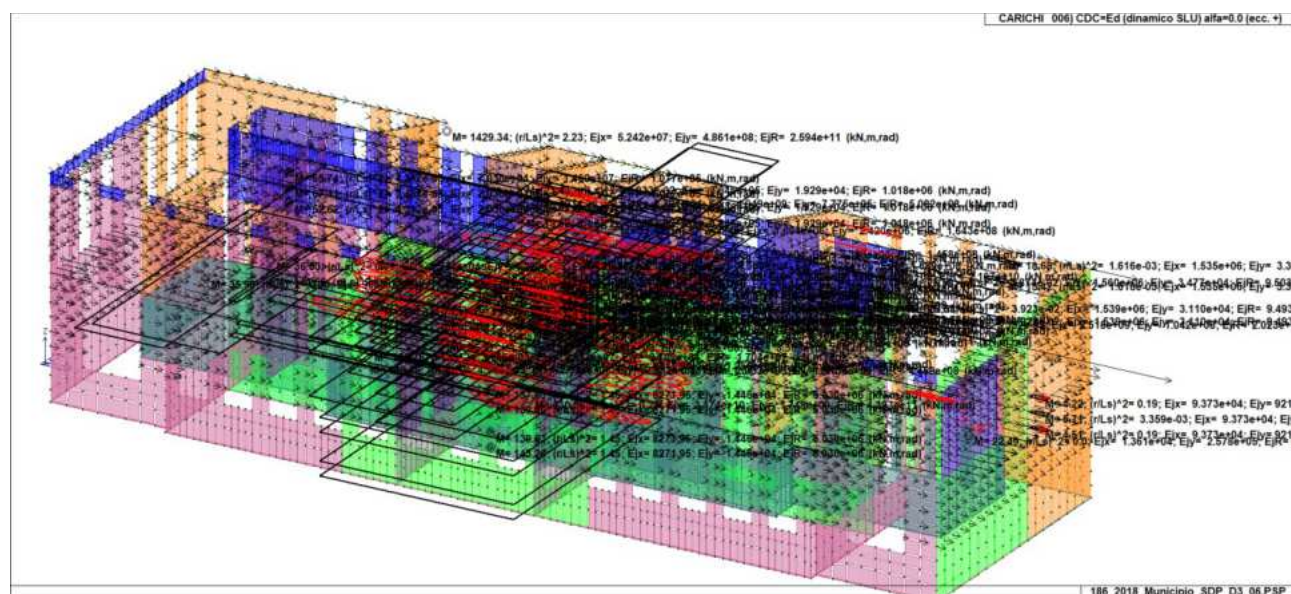


Figura 62: c.d.c. 6 - carico sismico SLV: direzione X+, ecc pos

## 8.2. Combinazioni di carico

Si riportano le combinazioni di carico relative al modello implementato per la verifica di vulnerabilità sismica.

Le varie c.d.c. precedentemente descritte sono combinate secondo quanto richiesto dal DM 17.01.2018, per formare l'involuppo delle combinazioni, utilizzato nel seguito per la determinazione delle sollecitazioni di progetto e verifica dei vari elementi strutturali.





Le combinazioni sismiche non lineari sono definite in maniera automatica dal programma in base ai paragrafi 2.5.3 e 7.3.5 del DM 17 Gennaio 2018: l'analisi è svolta considerando l'azione sismica (di segno positivo e negativo) applicata separatamente secondo ciascuna delle due direzioni orizzontali.

Le combinazioni previste sono destinate al controllo di sicurezza della struttura ed alla verifica degli spostamenti e delle sollecitazioni.

La prima tabella delle combinazioni riportata di seguito comprende le seguenti informazioni: Numero, Tipo, Sigla identificativa. Una seconda tabella riporta il peso nella combinazione, assunto per ogni caso di carico.

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

**Combinazione fondamentale SLU**

$$gG1 \times G1 + gG2 \times G2 + gP \times P + gQ1 \times Qk1 + gQ2 \times y02 \times Qk2 + gQ3 \times y03 \times Qk3 + \dots$$

**Combinazione caratteristica (rara) SLE**

$$G1 + G2 + P + Qk1 + y02 \times Qk2 + y03 \times Qk3 + \dots$$

**Combinazione frequente SLE**

$$G1 + G2 + P + y11 \times Qk1 + y22 \times Qk2 + y23 \times Qk3 + \dots$$

**Combinazione quasi permanente SLE**

$$G1 + G2 + P + y21 \times Qk1 + y22 \times Qk2 + y23 \times Qk3 + \dots$$

**Combinazione sismica**, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E  
 $E + G1 + G2 + P + y21 \times Qk1 + y22 \times Qk2 + \dots$

**Combinazione eccezionale**, impiegata per gli stati limite connessi alle azioni eccezionali

$$G1 + G2 + P + y21 \times Qk1 + y22 \times Qk2 + \dots$$

Dove:

NTC 2018 Tabella 2.5.I

Destinazione d'uso/azione	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Categoria A residenziali	0,70	0,50	0,30
Categoria B uffici	0,70	0,50	0,30
Categoria C ambienti suscettibili di affollamento	0,70	0,70	0,60
Categoria D ambienti ad uso commerciale	0,70	0,70	0,60
Categoria E biblioteche, archivi, magazzini,...	1,00	0,90	0,80
Categoria F Rimesse e parcheggi (autoveicoli $\leq 30$ kN)	0,70	0,70	0,60
Categoria G Rimesse e parcheggi (autoveicoli $> 30$ kN)	0,70	0,50	0,30
Categoria H Coperture	0,00	0,00	0,00
Vento	0,60	0,20	0,00
Neve a quota $\leq 1000$ m	0,50	0,20	0,00
Neve a quota $> 1000$ m	0,70	0,50	0,20
Variazioni Termiche	0,60	0,50	0,00

Nelle verifiche possono essere adottati in alternativa, due diversi approcci progettuali:

- per l'approccio 1 si considerano due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti di sicurezza parziali per le azioni, per i materiali e per la resistenza globale (combinazione 1 con coefficienti A1 e combinazione 2 con coefficienti A2),

- per l'approccio 2 si definisce un'unica combinazione per le azioni, per la resistenza dei materiali e per la resistenza globale (con coefficienti A1).

NTC 2018 Tabella 2.6.I





		Coefficiente $\gamma_f$	EQU	A1	A2
Carichi permanenti	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali (Non compiutamente definiti)	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	Favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

Cmb	Tipo	Sigla Id	effetto P-delta
1	SLU	Comb. SLU A1 1	
2	SLU	Comb. SLU A1 2	
3	SLU	Comb. SLU A1 3	
4	SLU	Comb. SLU A1 4	
5	SLU	Comb. SLU A1 5	
6	SLU	Comb. SLU A1 6	
7	SLU	Comb. SLU A1 7	
8	SLU	Comb. SLU A1 8	
9	SLU	Comb. SLU A1 9	
10	SLU	Comb. SLU A1 10	
11	SLU	Comb. SLU A1 11	
12	SLU	Comb. SLU A1 12	
13	SLU	Comb. SLU A1 13	
14	SLU	Comb. SLU A1 14	
15	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 15	
16	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 16	
17	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 17	
18	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 18	
19	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 19	
20	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 20	
21	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 21	
22	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 22	
23	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 23	
24	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 24	
25	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 25	
26	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 26	
27	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 27	
28	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 28	
29	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 29	
30	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 30	
31	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 31	
32	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 32	
33	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 33	
34	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 34	
35	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 35	
36	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 36	
37	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 37	
38	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 38	
39	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 39	
40	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 40	
41	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 41	
42	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 42	
43	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 43	
44	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 44	
45	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 45	
46	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 46	
47	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 47	
48	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 48	
49	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 49	
50	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 50	
51	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 51	
52	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 52	
53	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 53	
54	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 54	
55	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 55	
56	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 56	





Cmb	Tipo	Sigla Id	effetto P-delta
57	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 57	
58	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 58	
59	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 59	
60	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 60	
61	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 61	
62	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 62	
63	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 63	
64	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 64	
65	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 65	
66	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 66	
67	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 67	
68	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 68	
69	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 69	
70	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 70	
71	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 71	
72	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 72	
73	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 73	
74	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 74	
75	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 75	
76	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 76	
77	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 77	
78	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 78	
79	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 79	
80	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 80	
81	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 81	
82	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 82	
83	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 83	
84	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 84	
85	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 85	
86	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 86	
87	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 87	
88	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 88	
89	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 89	
90	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 90	
91	SLE(p)	Comb. SLE(perm.) 91	
92	SLE(p)	Comb. SLE(perm.) 92	

Cmb	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...	CDC 9/23...	CDC 10/24...	CDC 11/25...	CDC 12/26...	CDC 13/27...	CDC 14/28...
1	1.30	1.30	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
2	1.30	1.30	1.50	0.0	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
3	1.30	1.30	1.50	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
4	1.30	1.30	1.50	1.50	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
5	1.00	1.00	0.80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
6	1.00	1.00	0.80	0.0	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
7	1.00	1.00	0.80	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
8	1.00	1.00	0.80	1.50	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
9	1.30	1.30	1.50	0.0	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
10	1.30	1.30	1.50	1.05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
11	1.30	1.30	1.50	1.05	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
12	1.00	1.00	0.80	0.0	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
13	1.00	1.00	0.80	1.05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
14	1.00	1.00	0.80	1.05	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
15	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	-1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
16	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	-1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
17	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
18	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
19	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	-1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	
20	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	
21	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	
22	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	
23	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	-1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
24	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	-1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
25	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
26	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
27	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	-1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	
28	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	
29	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	
30	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	
31	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	-0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
32	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	-0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
33	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
34	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	





Cmb	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...	CDC 9/23...	CDC 10/24...	CDC 11/25...	CDC 12/26...	CDC 13/27...	CDC 14/28...
35	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	-0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
36	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	-0.30	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
37	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
38	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.30	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
39	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	-0.30	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
40	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	-0.30	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
41	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.30	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
42	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.30	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
43	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	-0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
44	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	-0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
45	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
46	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
47	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	-0.30	0.0	
48	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.30	0.0	
49	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	-0.30	0.0	
50	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.30	0.0	
51	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	-0.30	
52	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.30	
53	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	-0.30	
54	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.30	
55	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	-0.30	0.0	
56	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.30	0.0	
57	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	-0.30	0.0	
58	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.0	
59	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	-0.30	
60	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.30	
61	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	-0.30	
62	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.30	
63	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	-1.00	0.0	
64	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	1.00	0.0	
65	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	-1.00	0.0	
66	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	1.00	0.0	
67	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	-1.00	0.0	
68	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	1.00	0.0	
69	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	-1.00	0.0	
70	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	1.00	0.0	
71	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	-1.00	
72	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	1.00	
73	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	-1.00	
74	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	1.00	
75	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	-1.00	
76	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	1.00	
77	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	-1.00	
78	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	1.00	
79	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
80	1.00	1.00	1.00	0.0	0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
81	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
82	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
83	1.00	1.00	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
84	1.00	1.00	1.00	0.70	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
85	1.00	1.00	1.00	0.70	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
86	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
87	1.00	1.00	1.00	0.70	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
88	1.00	1.00	1.00	0.0	0.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
89	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
90	1.00	1.00	1.00	0.60	0.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
91	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
92	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

### 8.3. Modellazione dei vincoli

Sono presenti degli svincoli a rotazione in corrispondenza degli appoggi delle travi sui muri laterali.

Gli elementi costituenti le murature sono tra loro incastrati.

Per quanto riguarda gli elementi di fondazione, si tratta di elementi su suolo elastico alla winkler.



Ogni elemento di fondazione è stato studiato determinando uno specifico valore di costante elastica, determinata tramite l'ausilio del modulo aggiuntivo di calcolo delle opere geotecniche del software utilizzato per il calcolo agli elementi finiti. Si rimanda alla specifica relazione geotecnica in merito ai risultati della modellazione.

## 8.4. Principali risultati

Come precedentemente detto, il calcolo è stato condotto mediante l'ausilio di un software agli elementi finiti, per la determinazione delle sollecitazioni massime negli elementi, al fine della redazione delle necessarie verifiche.

È stata condotta una analisi dinamica modale a spettro di risposta (spettro descritto in precedenza).

I risultati di maggior interesse sono le deformate modali, le sollecitazioni massime sui vari elementi strutturali e la determinazione delle aree minime di armatura da normativa.

Per semplicità espositiva i risultati sono esplicitati in termini di immagini a mappe di colore, suddivise per struttura analizzata.

### 8.4.1. Intero edificio in muratura

Per la struttura completa si espongono i risultati relativi a deformate.

I modi principali sono quindi il 4° per quanto riguarda il sisma in direzione X (parallela al lato lungo dell'edificio), il 3° per il sisma in direzione Y (parallela al lato corto dell'edificio). Si mostrano quindi le deformate modali più significative.

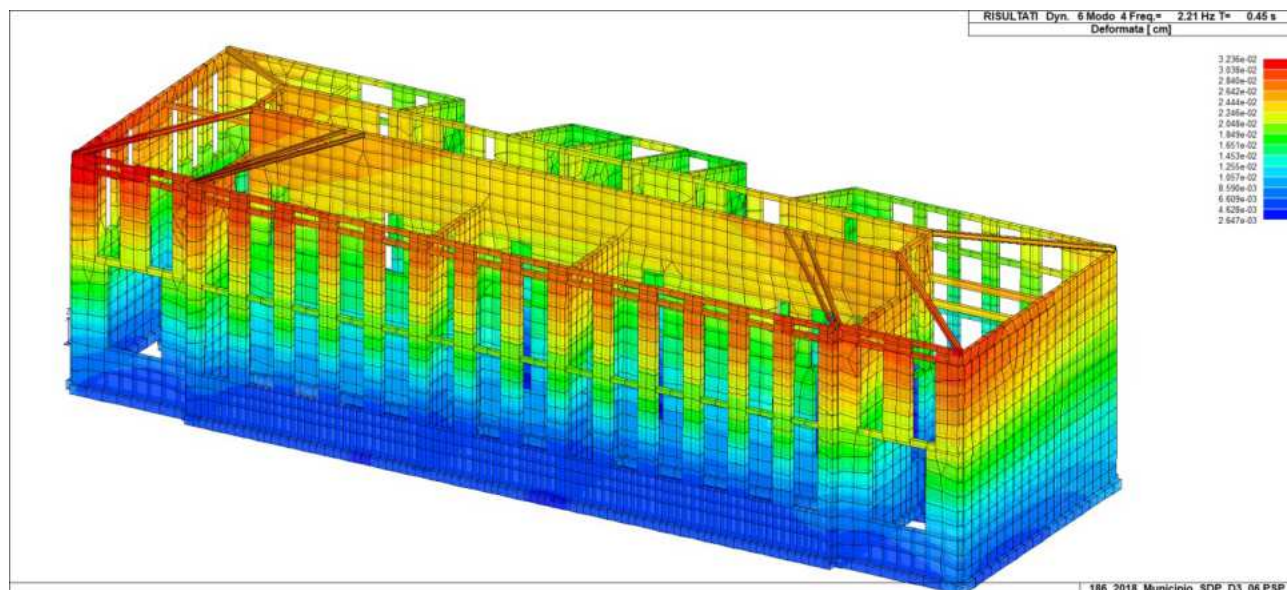
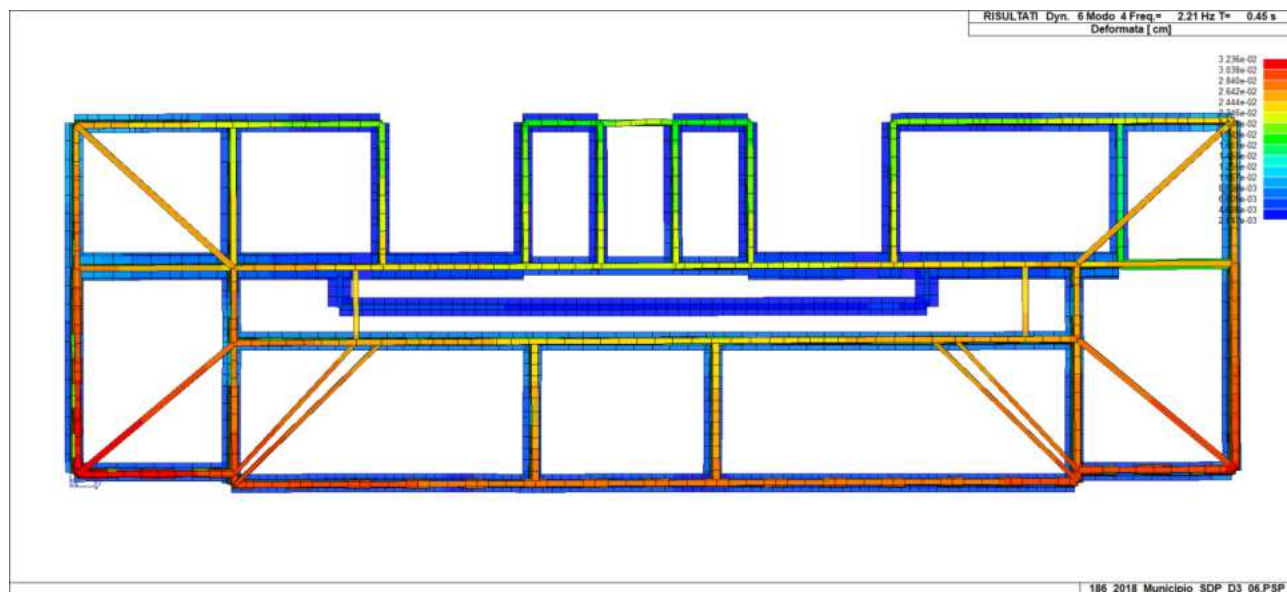
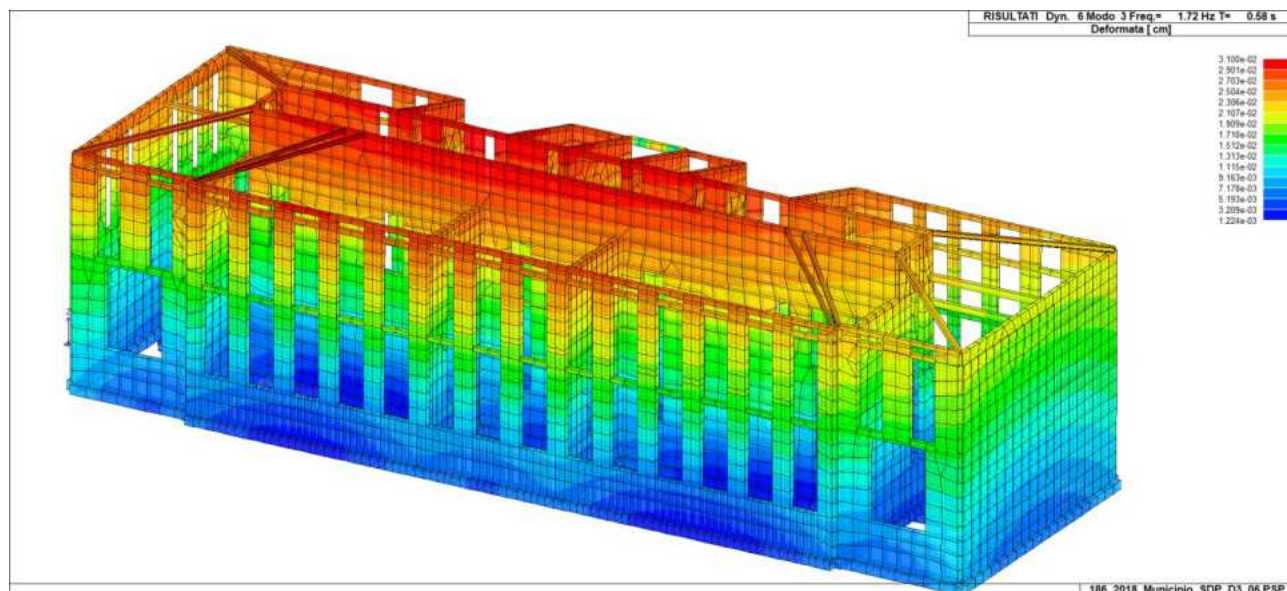


Figura 63: modo 4



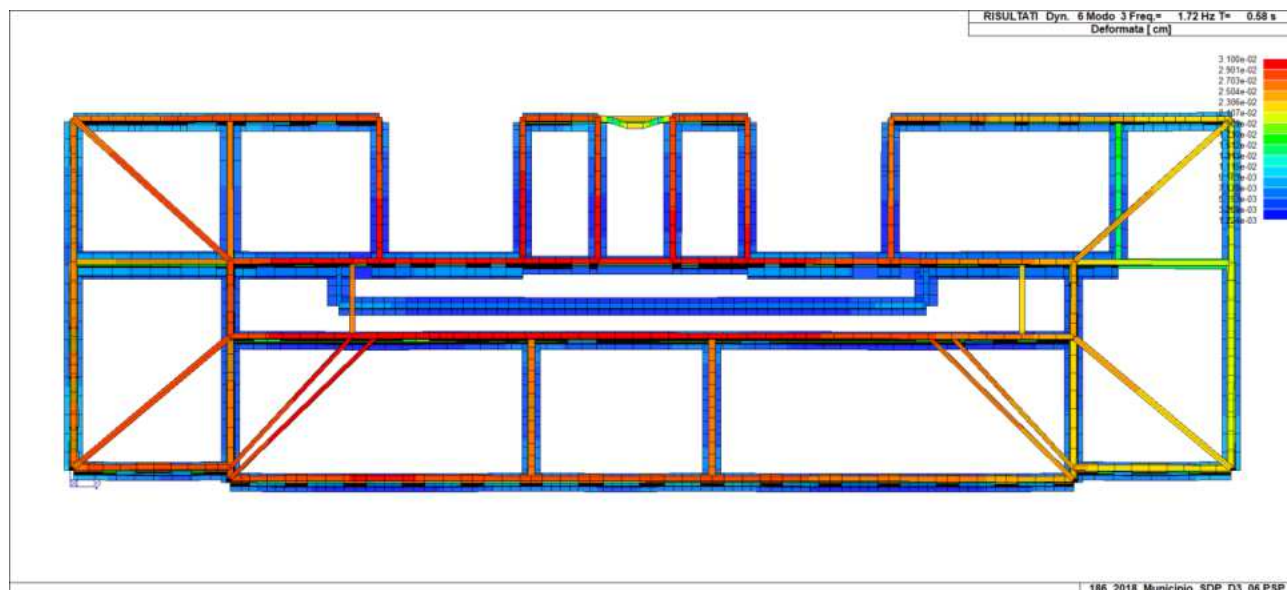


**Figura 64: modo 4**



**Figura 65: modo 3**





**Figura 66: modo 3**

Tabella analisi dinamica

CDC	Modo	Frequen...	Periodo	X M eff...	%	Y M eff...	%	Z M eff...	%	RZ M ...	%	Energi...	Fatt. eta
6	1	0.89	1.12	0.33	0	5618.62	0	0.01	0	2194.42	0	0.00	1.00
6	2	1.22	0.82	0.07	0	266.36	0	2907.66	0	91.12	0	0.00	1.00
6	3	1.72	0.58	3875.27	0	20379...	87	11.95	0	23643...	0	0.00	1.00
6	4	2.21	0.45	18184...	78	725.90	0	168.77	0	10527...	17	0.00	1.00
6	5	2.36	0.42	32073...	1	1004.80	0	1.54	0	35893...	6	0.00	1.00
6	6	2.37	0.42	28702...	12	10245...	0	12.94	0	38488...	64	0.00	1.00
6	7	3.15	0.32	130.92	0	18.43	0	0.06	0	56.82	0	0.00	1.00
6	8	3.31	0.30	34.01	0	4191.80	0	0.52	0	20732...	0	0.00	1.00
6	9	3.84	0.26	3.98	0	18482...	0	24.03	0	32738...	0	0.00	1.00
6	10	4.81	0.21	931.32	0	11604...	0	97801...	4	8203.12	0	0.00	1.00
6	11	5.07	0.20	149.53	0	4776.57	0	44938...	19	46248...	0	0.00	1.00
6	12	5.35	0.19	6044.37	0	6743.51	0	87948...	37	81963...	0	0.00	1.00
6	13	5.82	0.17	42865...	1	4171.01	0	26790...	1	15626...	0	0.00	1.00
6	14	5.88	0.17	5652.56	0	2613.05	0	29448...	12	64792...	0	0.00	1.00
6	15	6.63	0.15	635.96	0	17449...	0	49099...	21	38423...	0	0.00	1.00
6	16	7.41	0.13	7950.73	0	13349...	5	49941...	2	21758...	0	0.00	1.00
6	17	7.89	0.13	71593...	3	25061...	1	221.25	0	23808...	0	0.00	1.00
6	18	11.03	0.09	3466.31	0	29429...	1	4745.43	0	70594...	0	0.00	1.00
6	19	13.59	0.07	451.41	0	2348.96	0	20398...	0	69474...	0	0.00	1.00
6	20	17.17	0.06	37518...	1	672.78	0	29.60	0	0.00	0	0.00	1.00
7	1	0.89	1.12	0.46	0	5619.55	0	0.01	0	4054.11	0	0.00	1.00
7	2	1.22	0.82	0.14	0	266.66	0	2907.71	0	197.53	0	0.00	1.00

Massa efficace rotazionale  
Posizione del centro di rotazione istantaneo:

Pos. X:  [cm]  
Pos. Y:  [cm]

**Figura 67: tabella riepilogativa modi di vibrare**

Si procede all'illustrazione sintetica delle sollecitazioni massime risultanti sui vari elementi strutturali. Le unità di misura sono:

- [kN] e [m] per le sollecitazioni;
- [daN] e [cm] per le pressioni e tensioni

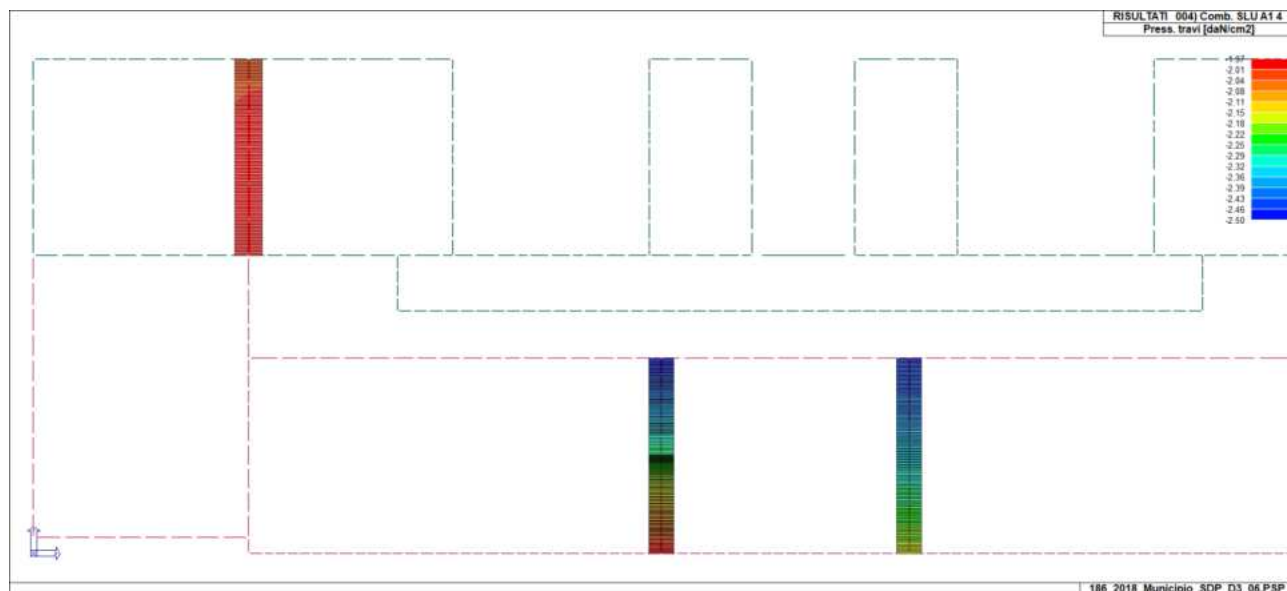




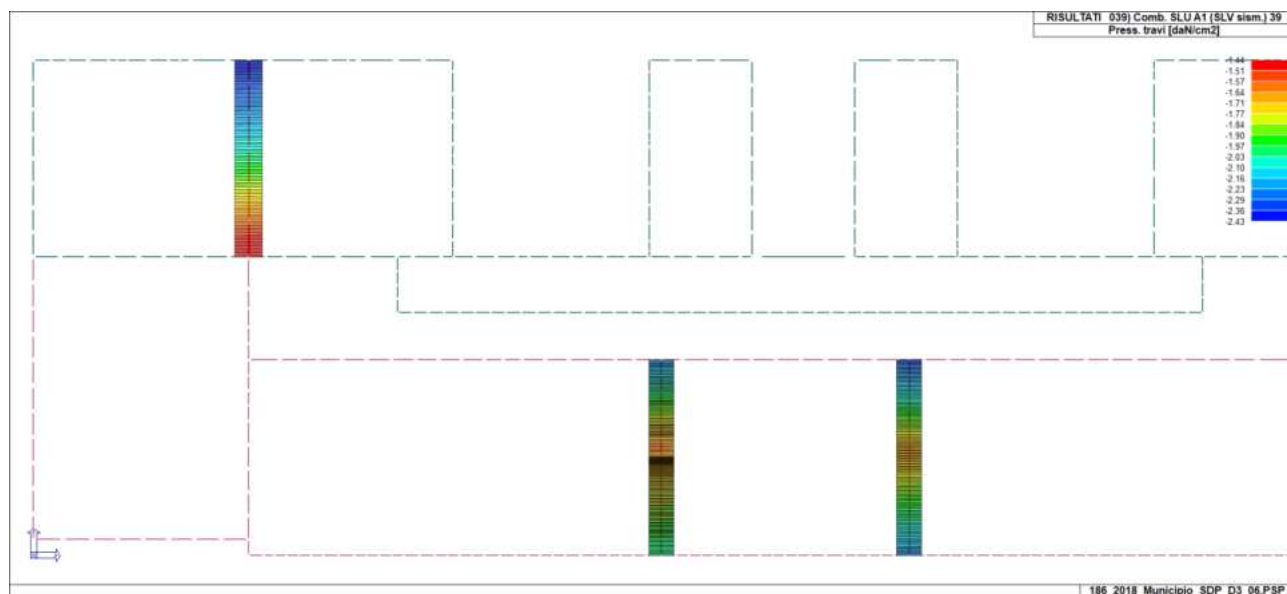
### 8.4.2. Nuove travi di fondazione

Le pressioni al suolo trasmesse dalla struttura sono utilizzate nella relazione geotecnica per la verifica di capacità portante del terreno.

Le immagini seguenti mostrano le massime pressioni al suolo per le nuove travi di fondazione.

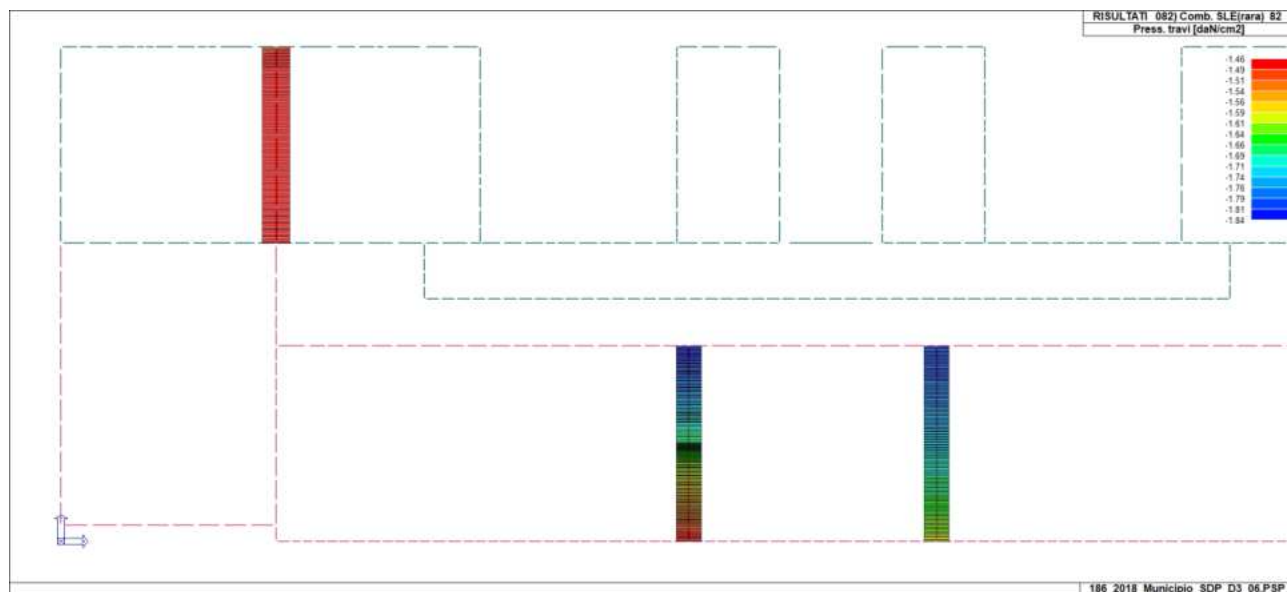


**Figura 68: Pressione minima travi fondazione – SLU statico – CC4**

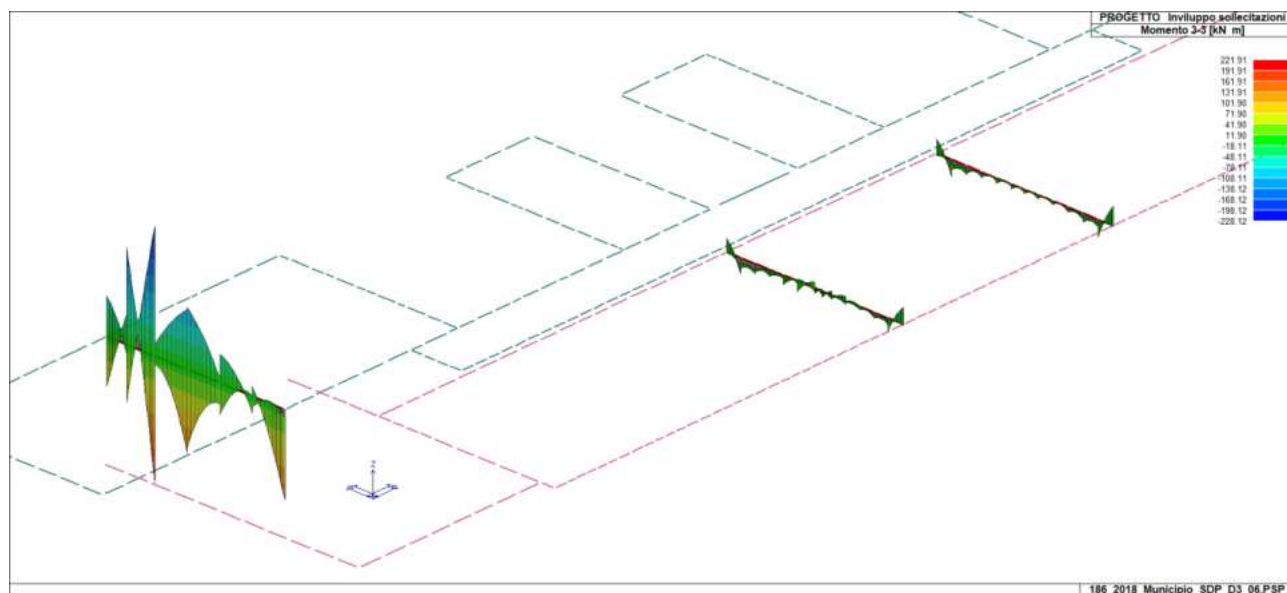


**Figura 69: Pressione minima travi fondazione - SLV - CC39**



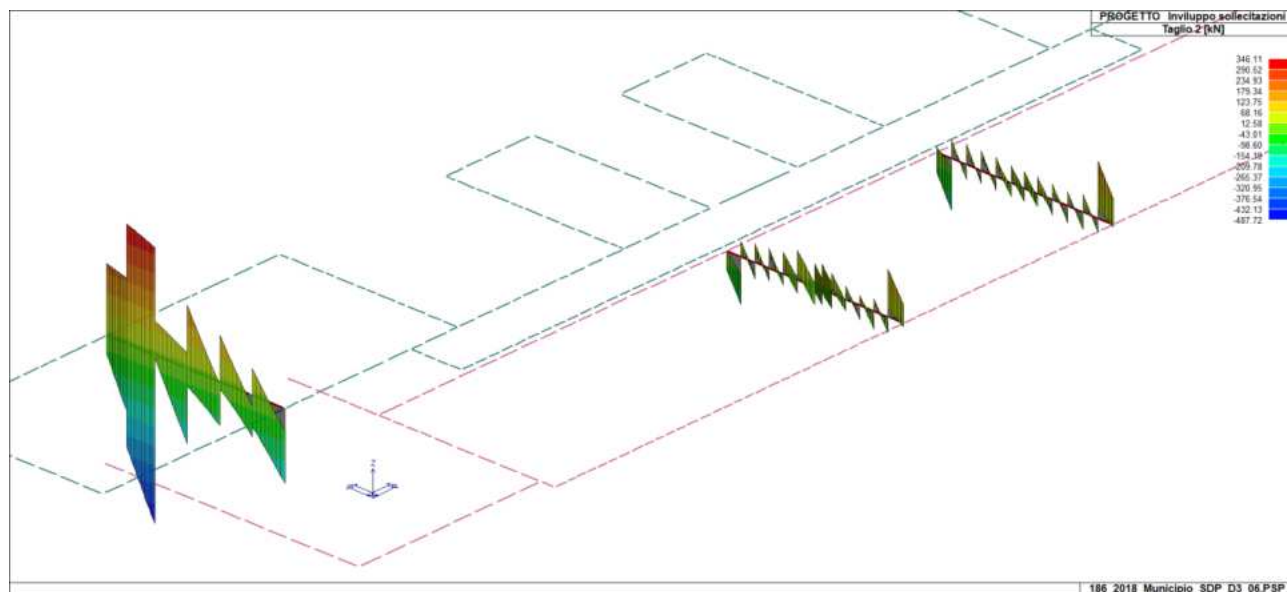


**Figura 70: Pressione minima travi fondazione - SLE rara - CC82**



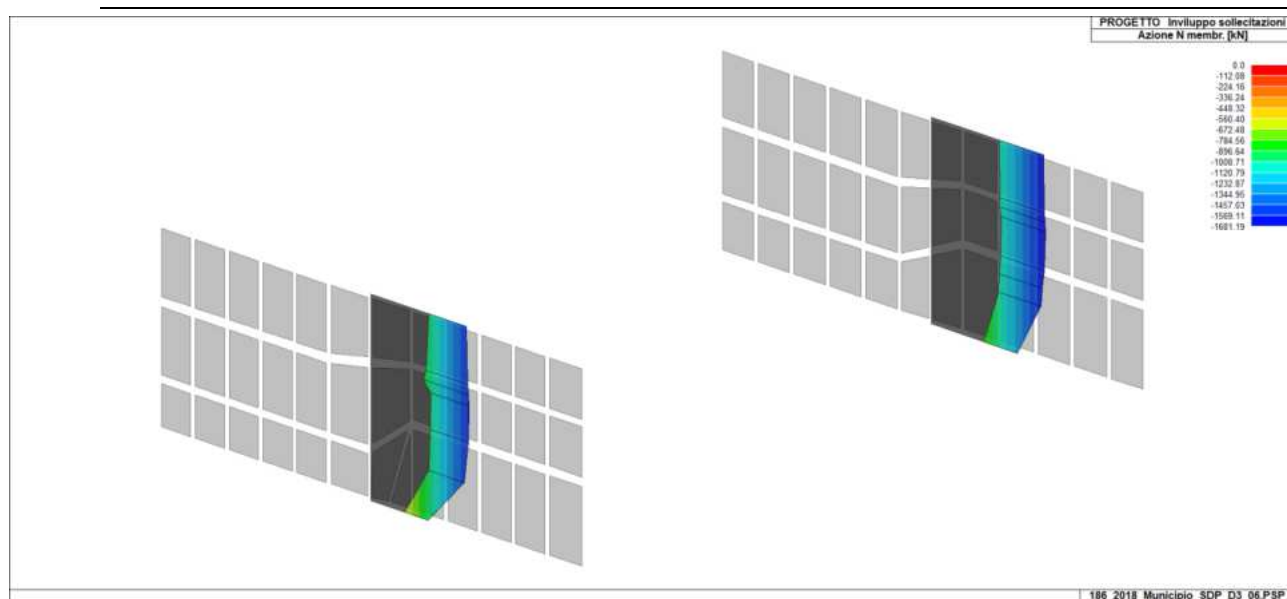
**Figura 71: Involuppo momento flettente M3**





**Figura 72: Inviluppo taglio V2**

#### 8.4.3. Setti in c.a.



**Figura 73: Inviluppo Sforzo Normale**



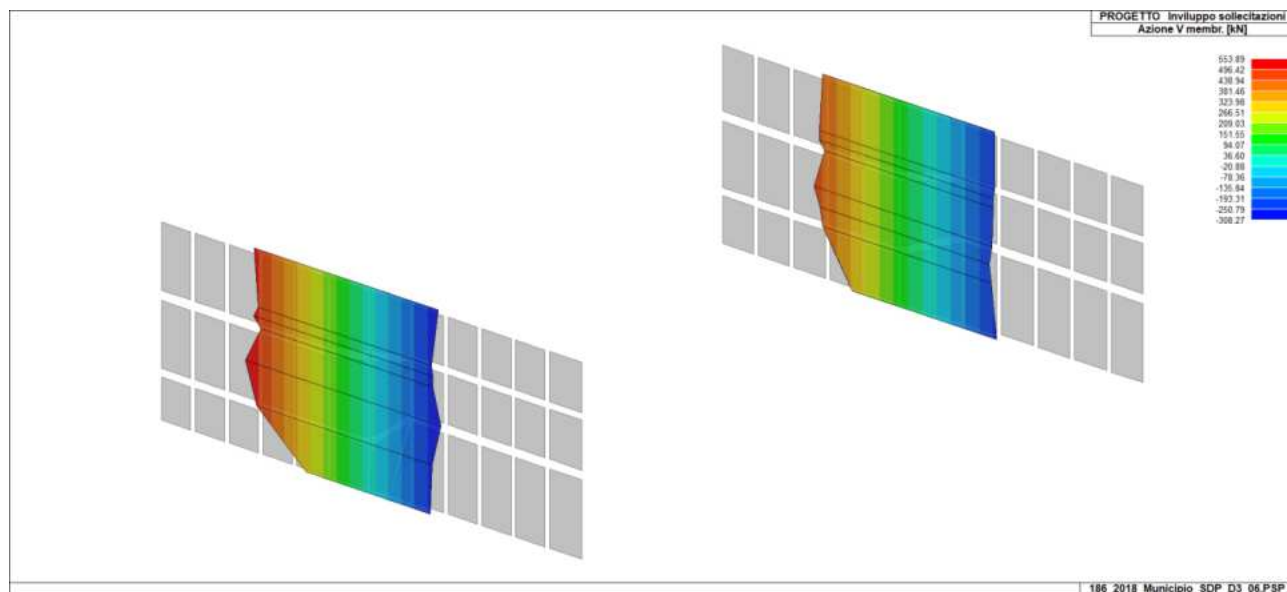


Figura 74: Involuppo taglio membranale

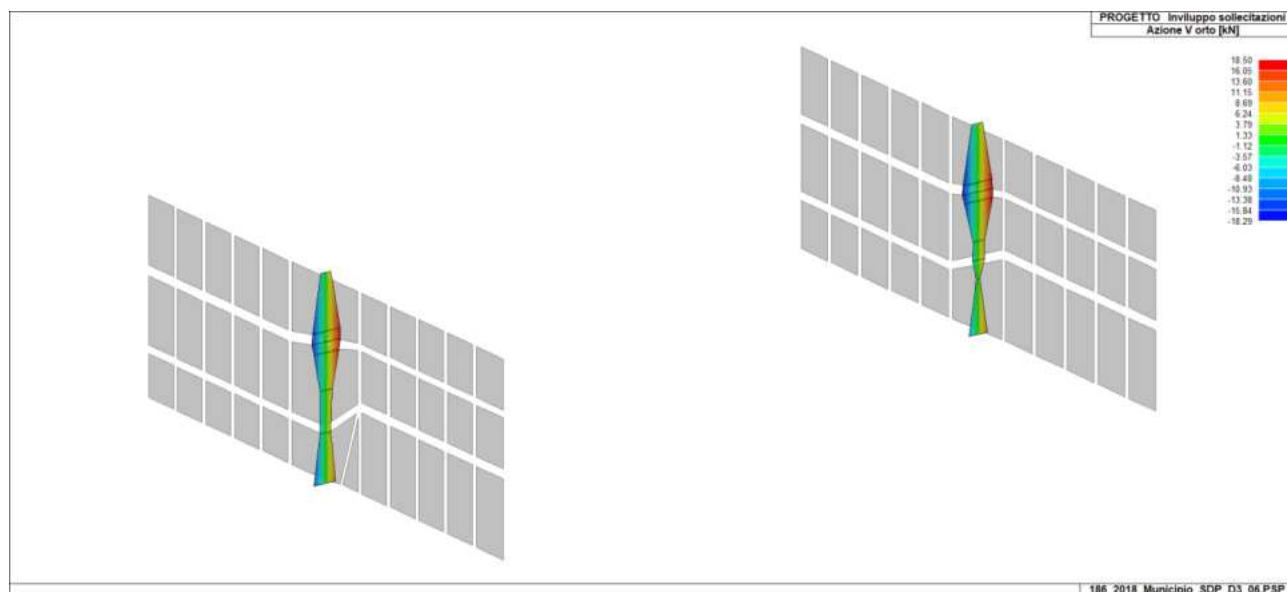
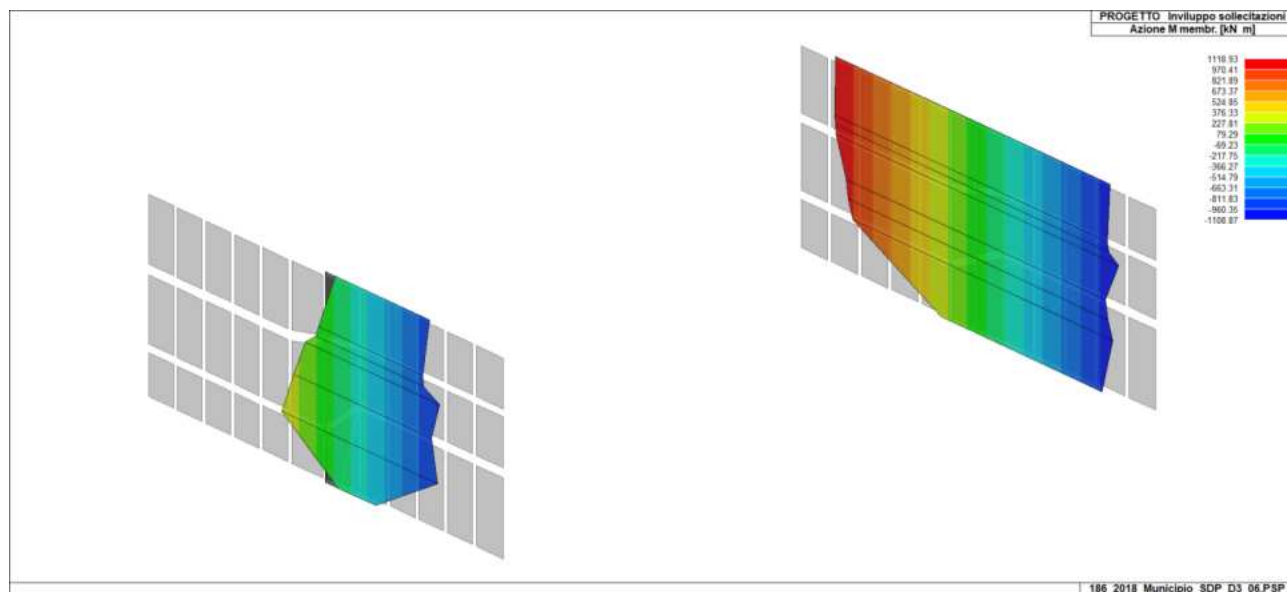
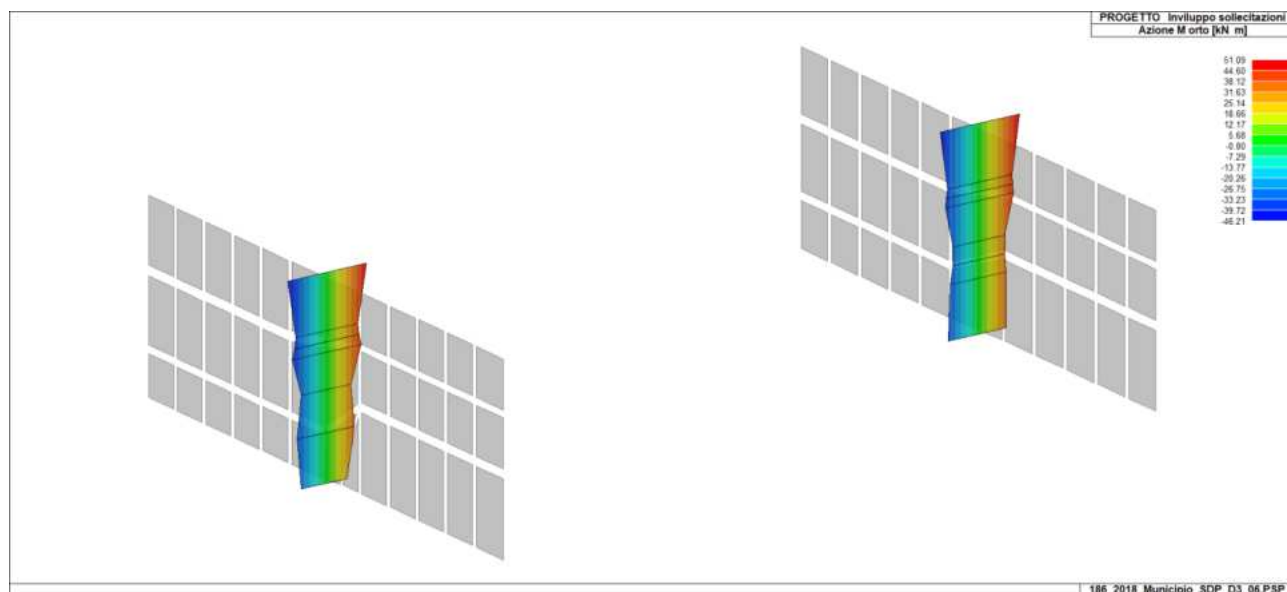


Figura 75: Involuppo taglio ortogonale al piano





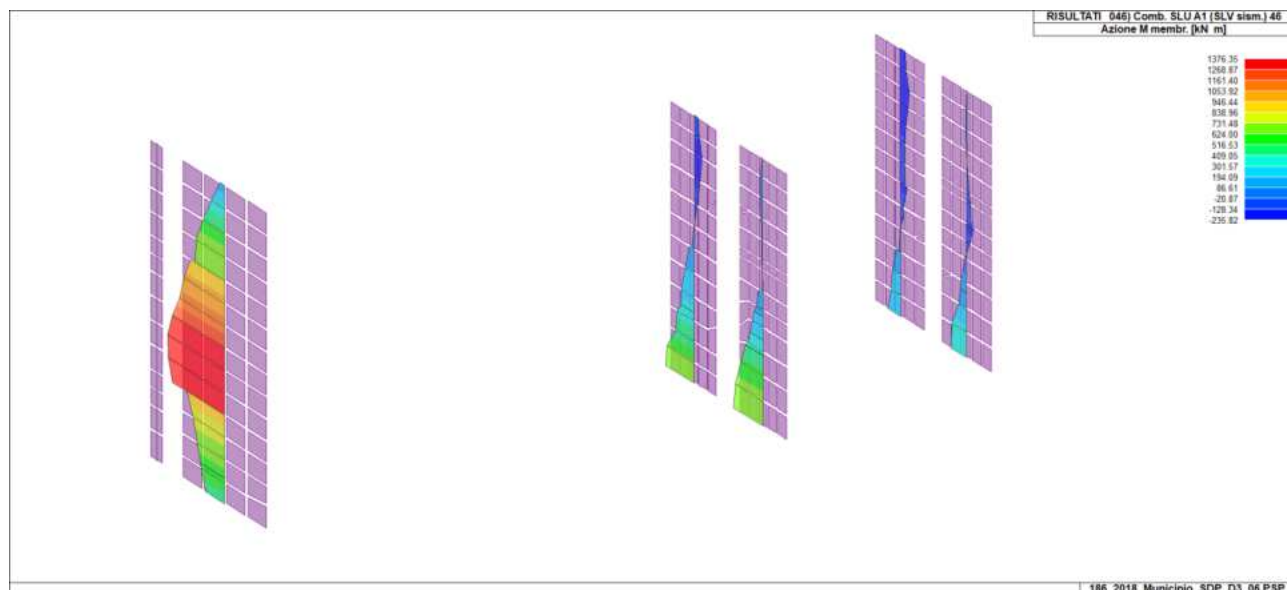
**Figura 76: Involuppo momento membranale**



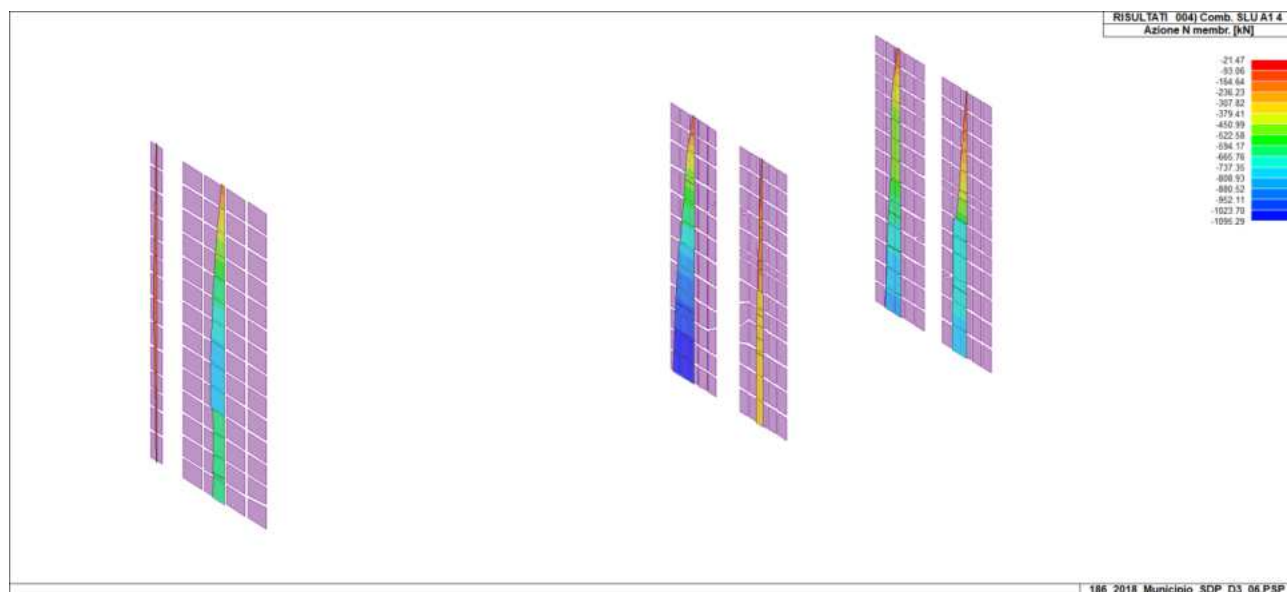
**Figura 77: Involuppo momento ortogonale al piano**

#### 8.4.1. Nuovi muri in muratura armata



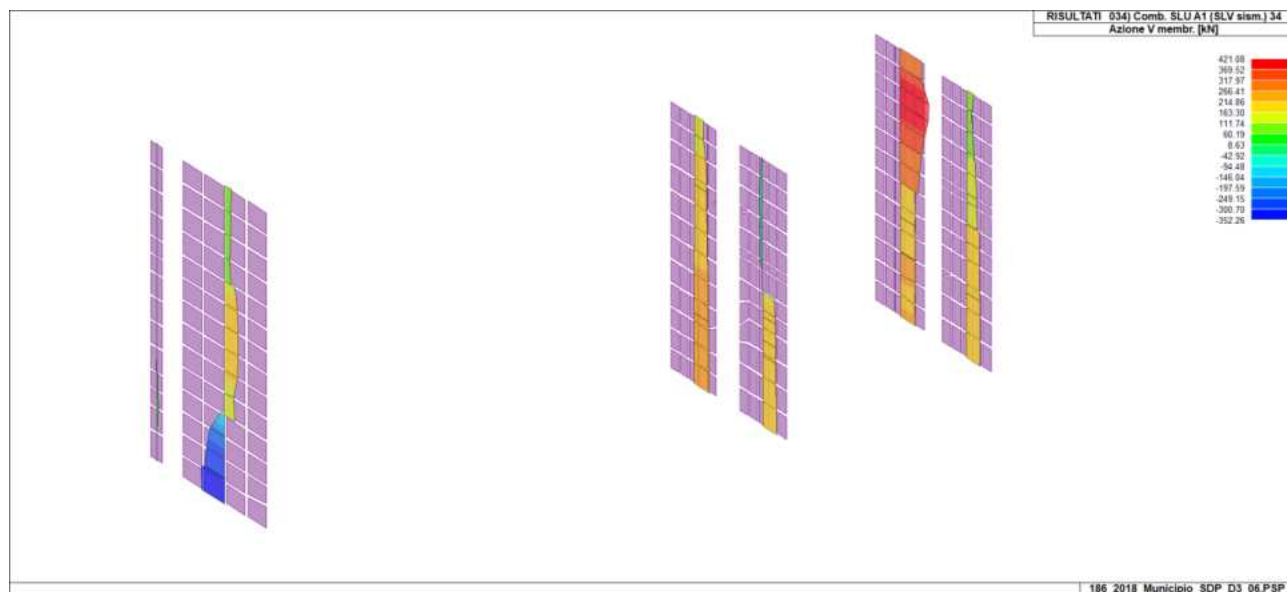


**Figura 78: Max Momento nel piano - Comb. SLV CC46**



**Figura 79: Max Sforzo Normale compressione - Comb. SLU 4**



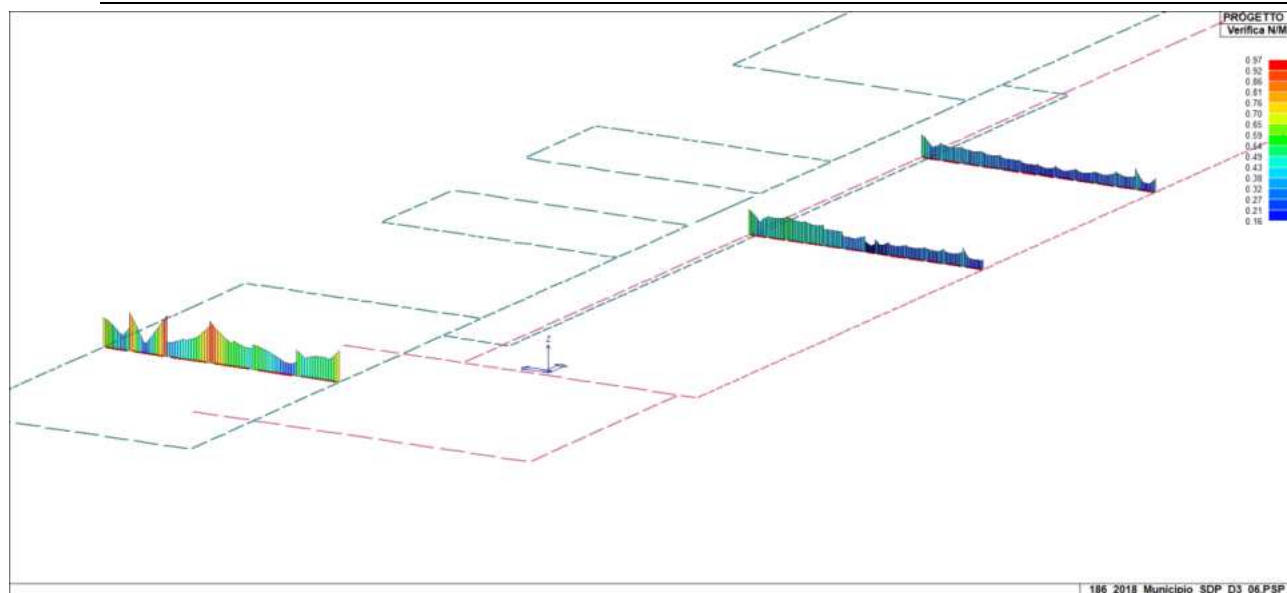


**Figura 80: Max Taglio membranale - Comb. SLV CC34**

## 8.5. Verifiche agli SLU

In questo capitolo sono riportate le verifiche strutturali dei vari nuovi elementi in opera facenti parte della struttura, tutti direttamente modellati nel programma di calcolo.

### 8.5.1. Travi di fondazione



**Figura 81: verifica a pressoflessione N/M**



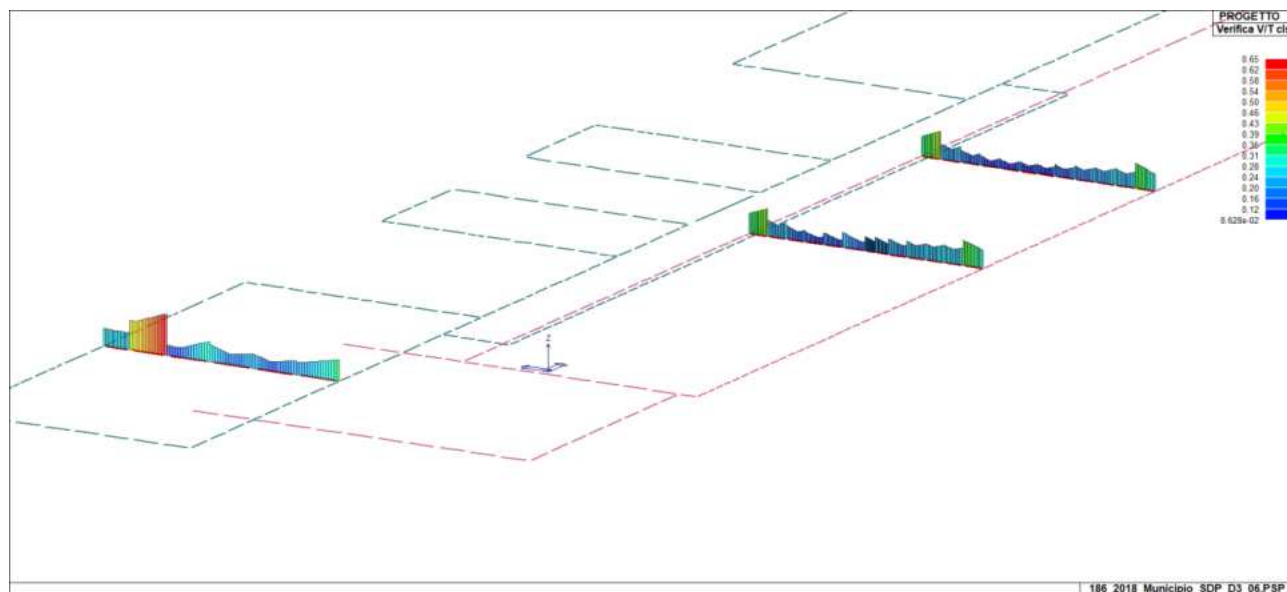


Figura 82: verifica a taglio lato calcestruzzo

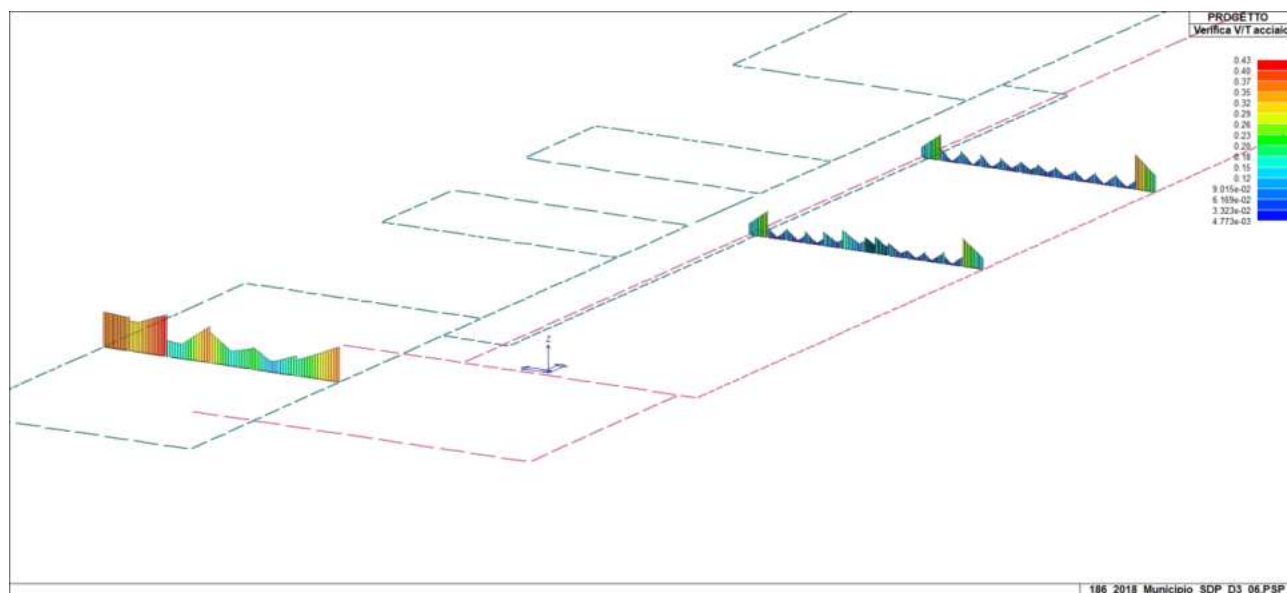
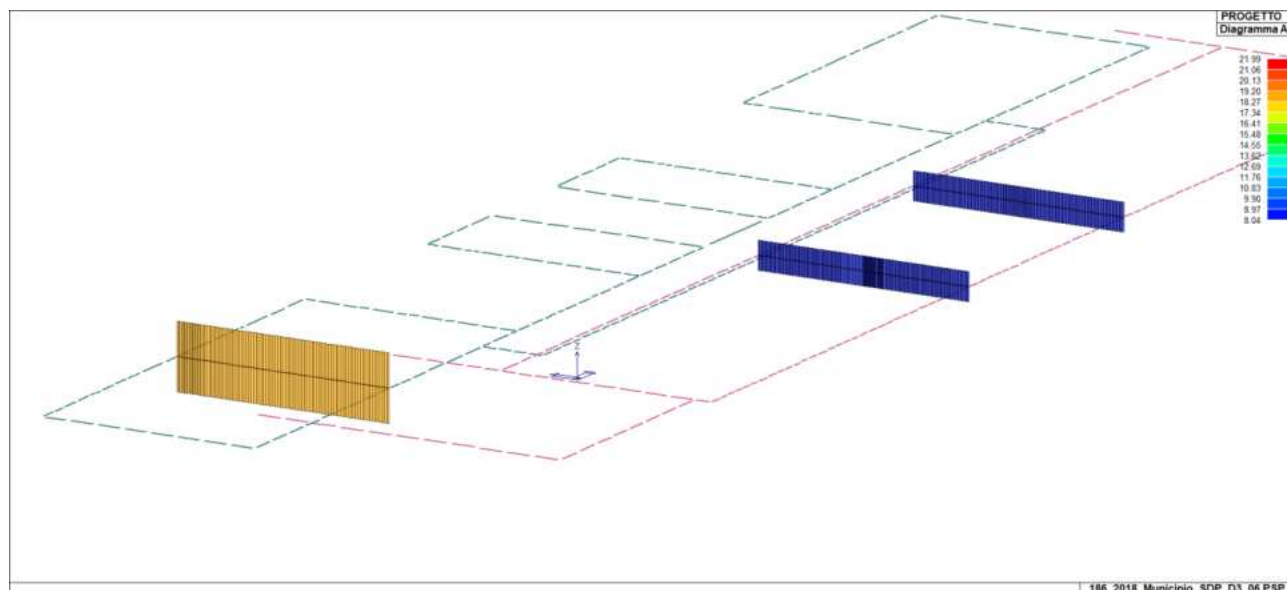
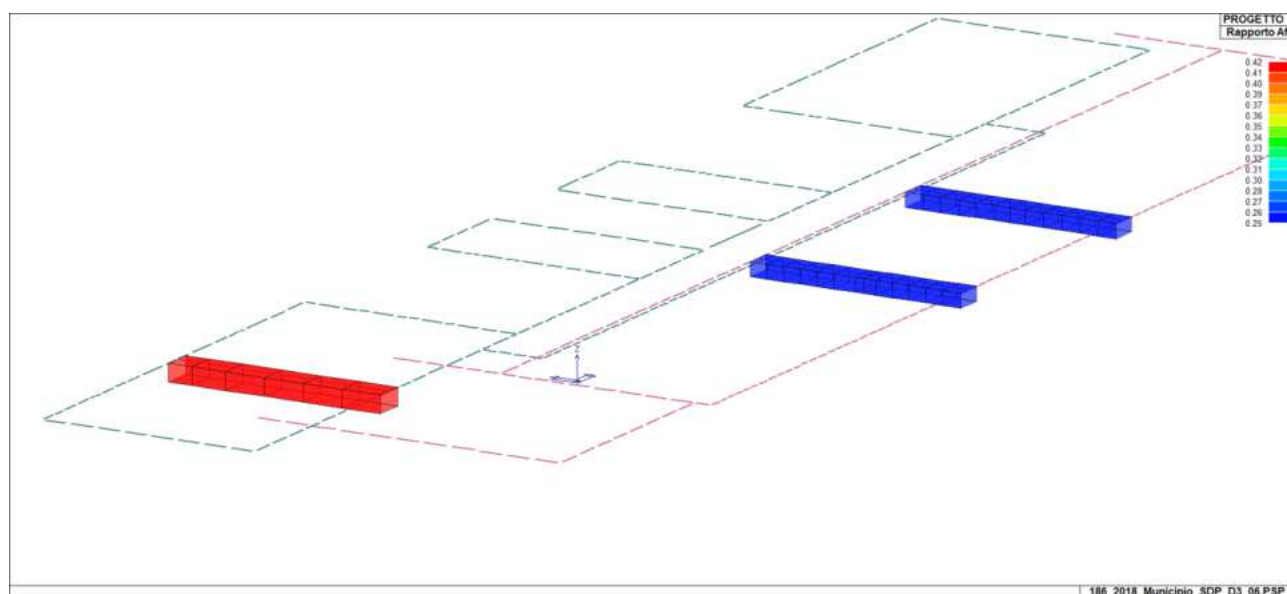


Figura 83: verifica a taglio lato acciaio





**Figura 84: diagramma armatura longitudinale**

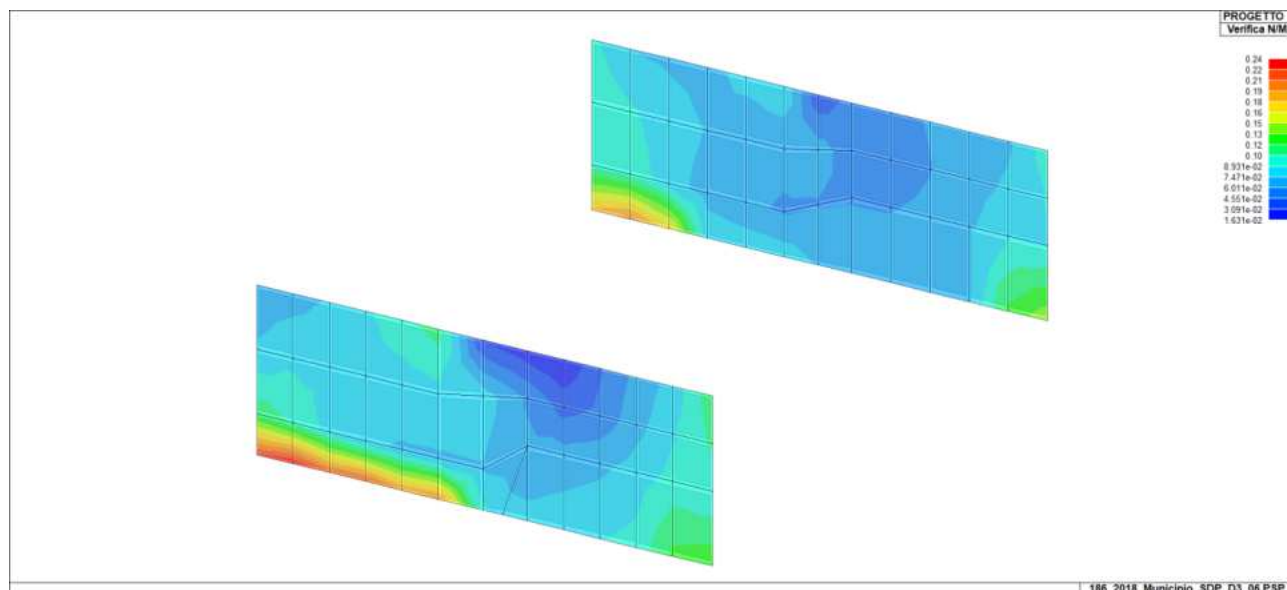


**Figura 85: Rapporto As/Ac**

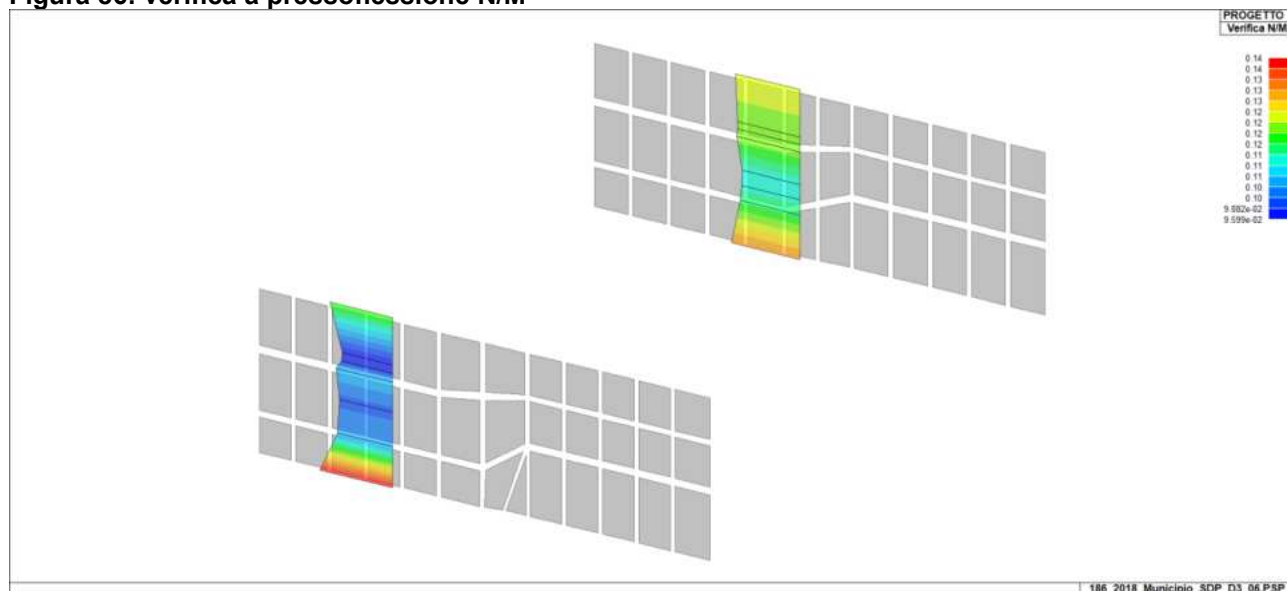
### 8.5.2. Setti in c.a.

Di seguito sono riportate le verifiche dei rialzi in c.a. da realizzarsi in corrispondenza delle travi di fondazione della zona senza interrato.



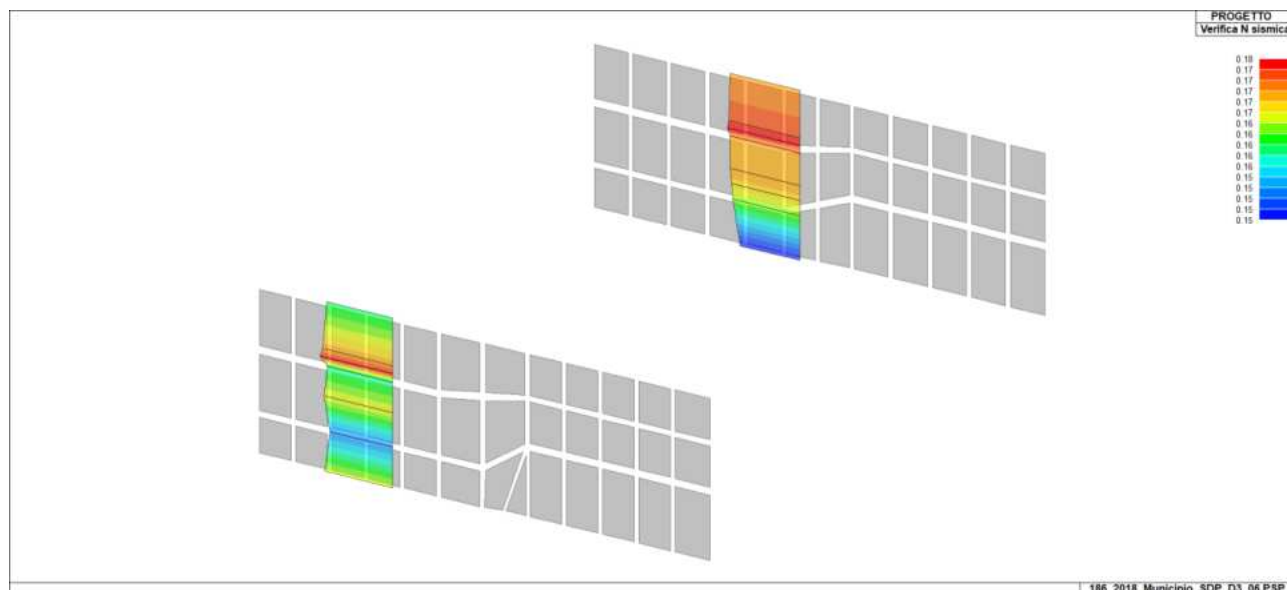


**Figura 86: verifica a pressoflessione N/M**

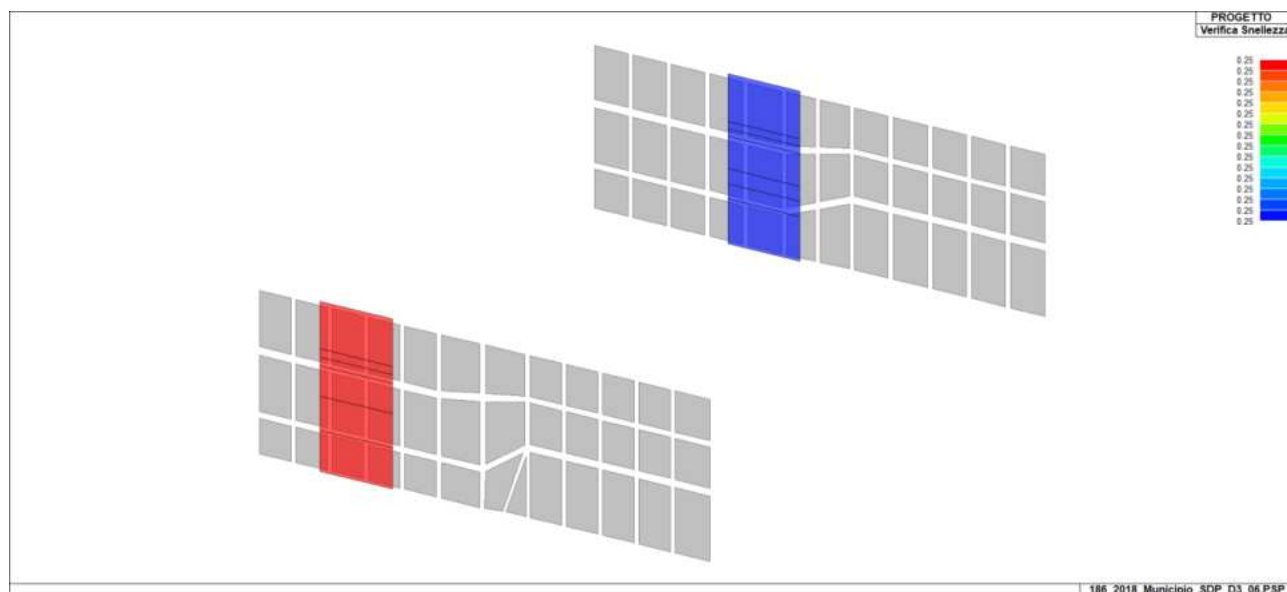


**Figura 87: Verifica a pressoflessione N/M - pareti estese debolmente armate**



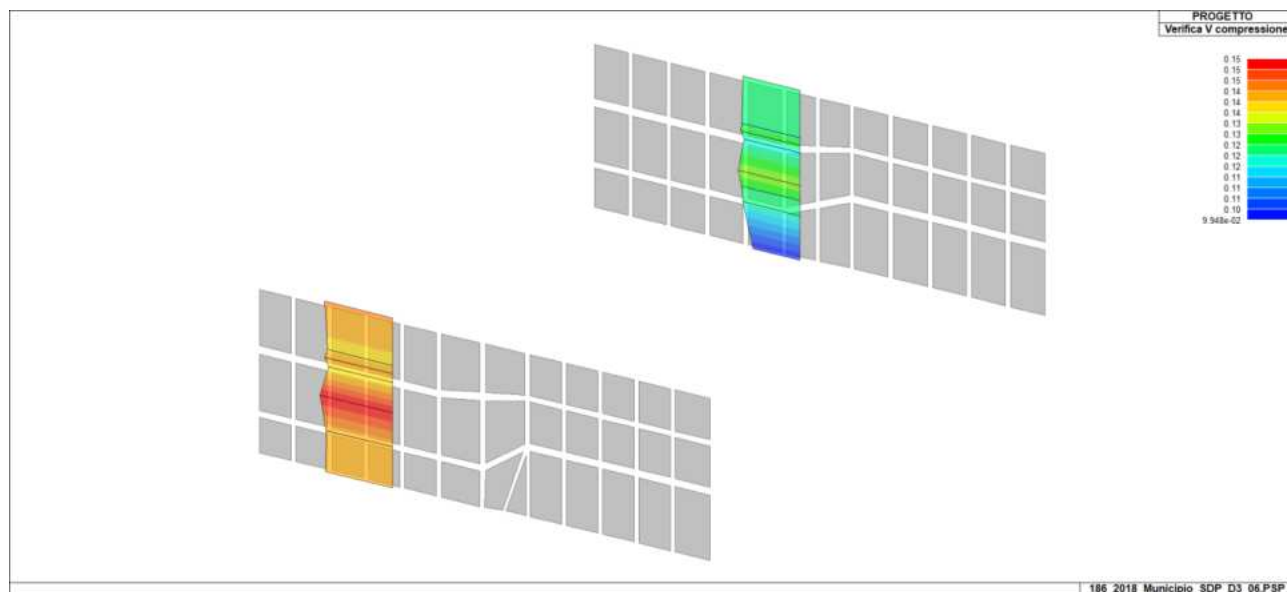


**Figura 88: verifica N sismica**

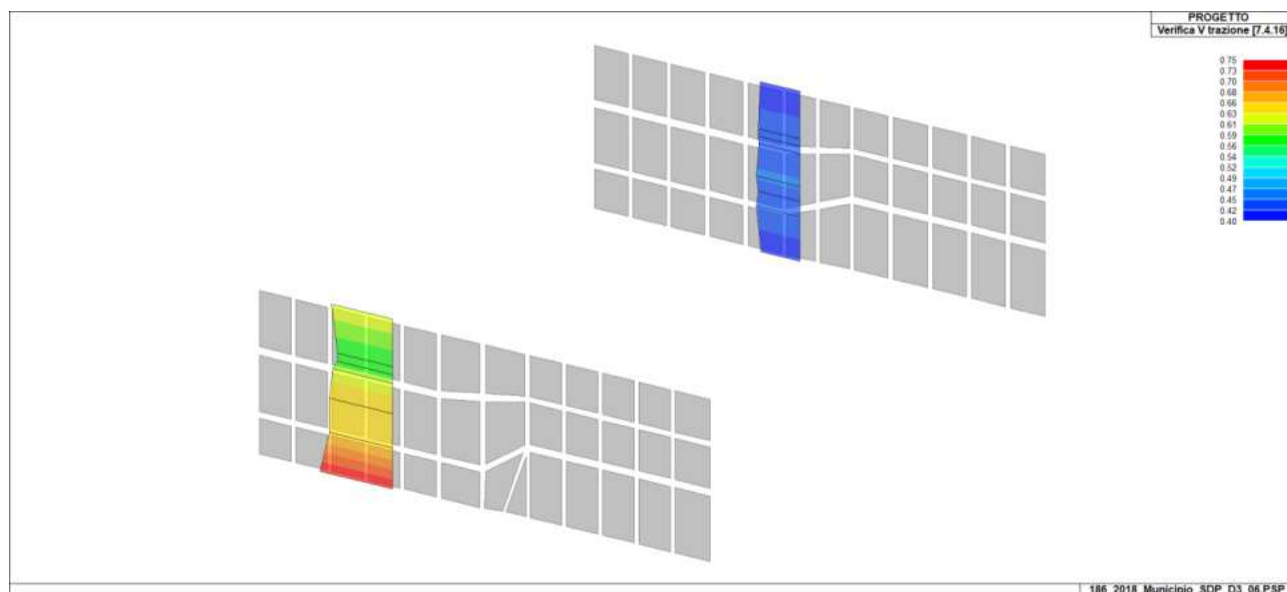


**Figura 89: verifica snellezza**



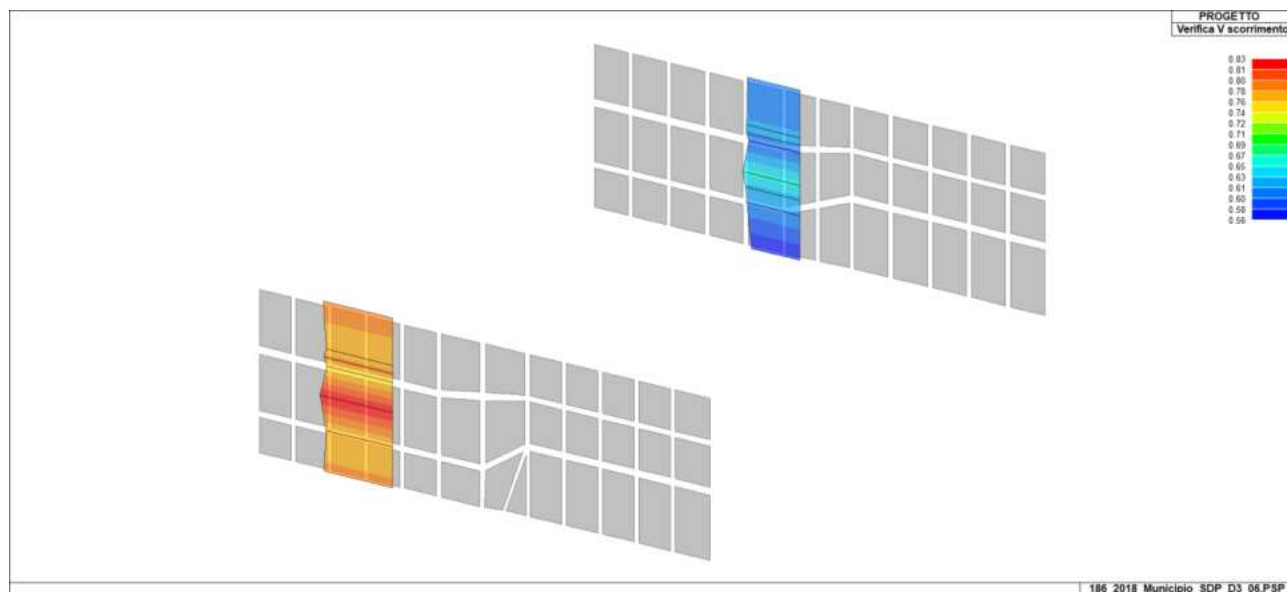


**Figura 90: verifica a taglio compressione**

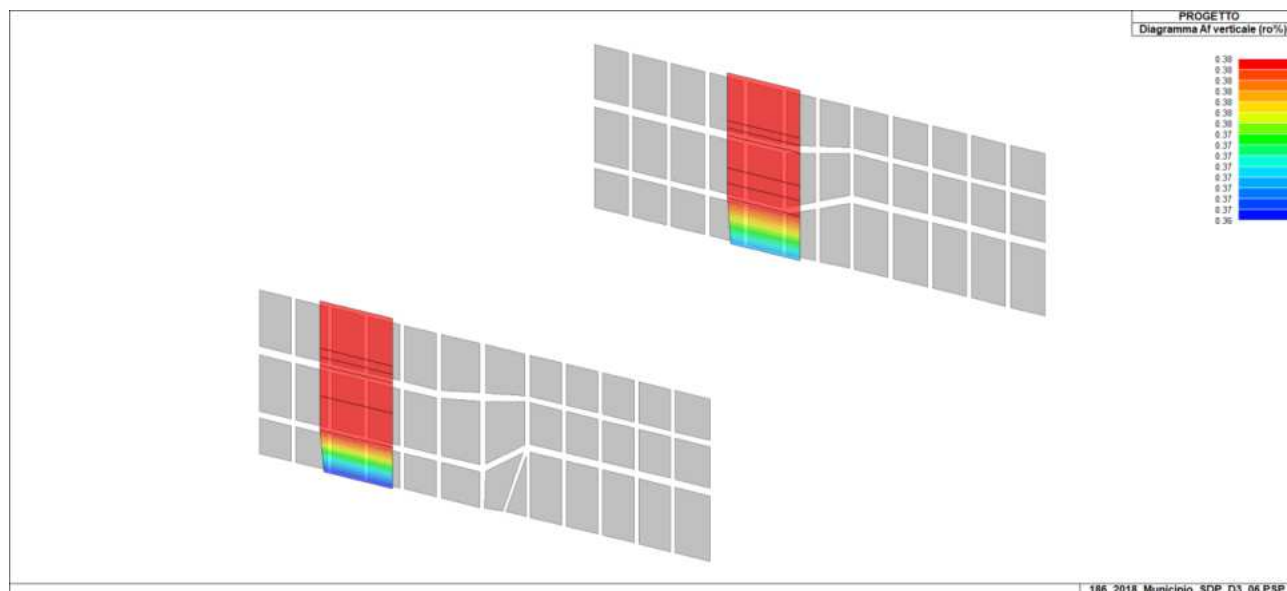


**Figura 91: verifica a taglio trazione (7.4.16 NTC 2018)**



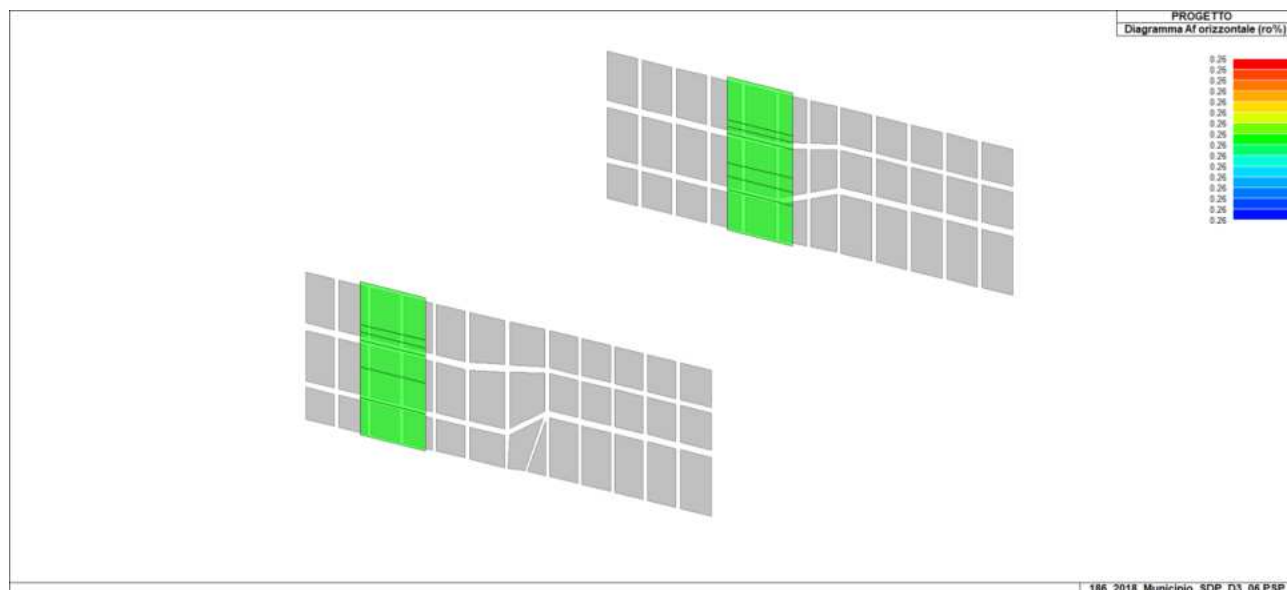


**Figura 92: verifica a scorrimento (7.4.18 NTC2018)**



**Figura 93: Diagramma rapporto % Af verticale**





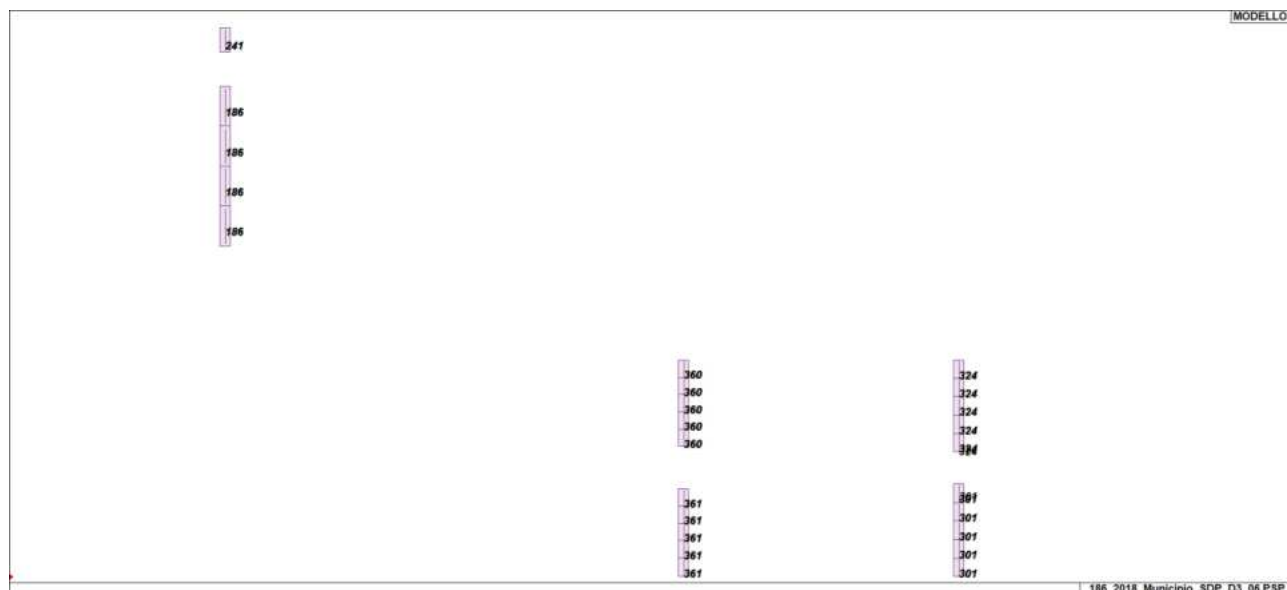
**Figura 94: Diagramma rapporto %Af orizzontale**

### 8.5.3. Muratura armata

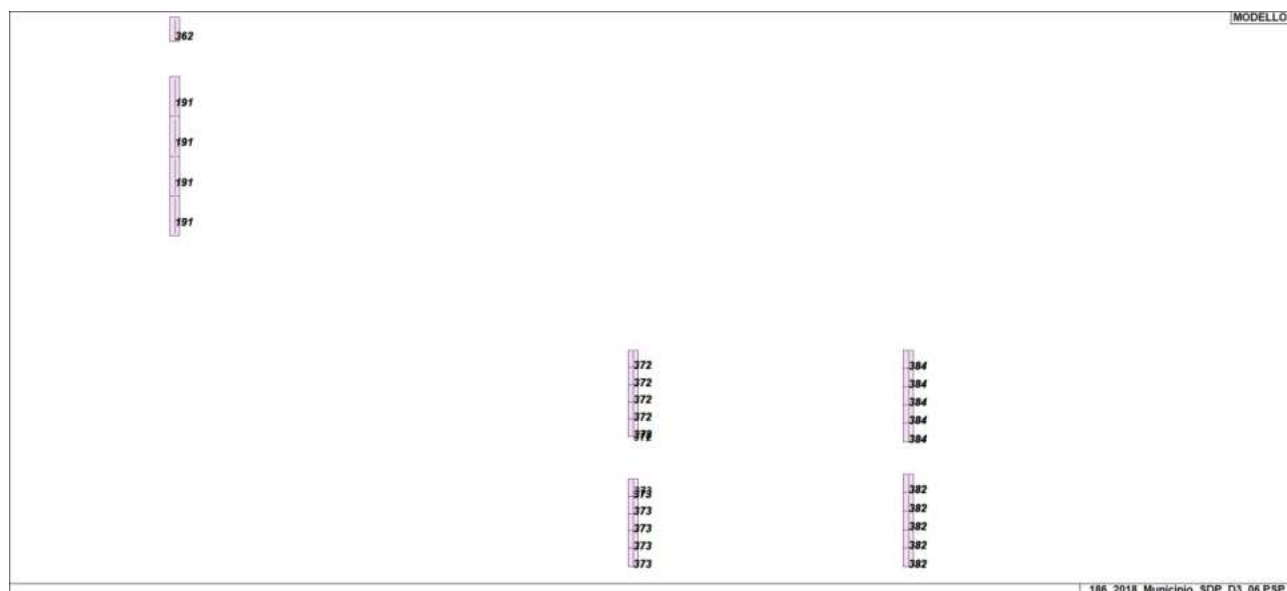


**Figura 95: Indicazione numerazione setti piano interrato**





**Figura 96: Indicazione numerazione setti piano terra**



**Figura 97: Indicazione numerazioni setti piano primo**





Verifiche muratura armata - [ file: MARM0186\_0384.marm ]

File Relazione Impostazioni Informazioni

Parete n.	Lunghezza	Altezza	Spessore	L blocco	H blocco	Ferri Ø	Ferri V/pos	Architrave	Tipo Blocco	Elemento
186	463.2	475.0	30.0	21.0	19.0	2 Ø 8/40	1 Ø 20/74	---	POR PMA30	Parete
191	463.2	340.0	30.0	21.0	19.0	2 Ø 8/40	1 Ø 16/147	---	POR PMA30	Parete
241	70.0	475.0	30.0	21.0	19.0	2 Ø 8/40	2 Ø 16	---	POR PMA30	Parete
301	270.0	475.0	30.0	21.0	19.0	2 Ø 8/40	2 Ø 16	---	POR PMA30	Parete
324	265.0	475.0	30.0	21.0	19.0	2 Ø 8/40	2 Ø 16	---	POR PMA30	Parete
334	70.0	315.0	30.0	21.0	19.0	2 Ø 8/40	2 Ø 16	---	POR PMA30	Parete
349	463.2	315.0	30.0	21.0	19.0	2 Ø 8/40	1 Ø 20/74	---	POR PMA30	Parete
360	250.0	475.0	30.0	21.0	19.0	2 Ø 8/40	1 Ø 20/63	---	POR PMA30	Parete
361	255.0	475.0	30.0	21.0	19.0	2 Ø 8/40	1 Ø 20/52	---	POR PMA30	Parete
362	70.0	340.0	30.0	21.0	19.0	2 Ø 8/40	2 Ø 16	---	POR PMA30	Parete
372	250.0	475.0	30.0	21.0	19.0	2 Ø 8/40	2 Ø 16	---	POR PMA30	Parete
373	255.0	475.0	30.0	21.0	19.0	2 Ø 8/40	2 Ø 16	---	POR PMA30	Parete
382	270.0	475.0	30.0	21.0	19.0	2 Ø 8/40	2 Ø 16	---	POR PMA30	Parete
384	265.0	475.0	30.0	21.0	19.0	2 Ø 8/20	2 Ø 16	---	POR PMA30	Parete

**Verifiche parete n. 361**  
 Verifica taglio = OK  
 Verifica pressoflessione (ortogonale) = OK  
 Verifica pressoflessione (nel piano) = OK  
 Af vert.= OK Af horiz.= OK

**Dimensioni parete**  
 Altezza parete (cm) 475.0  
 Lunghezza parete (cm) 255.0

**Tipo muratura**  
 Tipo di blocco POR PMA30  
 Spessore blocco (cm) 30.0  
 Altezza blocco (cm) 19.0  
 Lunghezza blocco (cm) 21.0

**Armature verticali**  
 Diametro barre (mm) 20  
 Numero barre per posizione 1  
 Passo 52  
 Diametro barre estremità (mm) 20  
 Area minima (%) 0.0500

**Armature orizzontali**  
 Diametro barre (mm) 8  
 Numero barre per posizione 2  
 Passo in numero di blocchi 2  
 Area minima (%) 0.0400

**Armature architravi**  
 Diametro barre (mm) 10  
 Numero barre 4

**Materiale**  
**Assegnazione**  
 Applica ai setti ☒  
 Applica alle fasce ☒  
 Dimensioni parete ☐  
 Tipo muratura ☒  
 Armature orizzontali ☒  
 Armature verticali ☒

Assegna a tutte le pareti Assegna alla singola parete

**Relazione di calcolo sulla struttura impostata e redatta secondo le modalità previste dal DM 17/01/2018 NTC cap. 10 'Redazione dei progetti strutturali esecutivi e delle relazioni di calcolo'.**

Di seguito si indicano l'origine e le caratteristiche dei codici di calcolo utilizzati riportando titolo, produttore e distributore, versione, estremi della licenza d'uso:

Nome del software:

PRO\_MARM verifica pareti in muratura armata

Versione del software:

v. 2022.04.0012

Produttore del software:

2 S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l., Ferrara

Distributore del software:

2 S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l., Ferrara

#### CRITERI DI VERIFICA:

Le verifiche sulle strutture in muratura armata sono indicate nelle NTC nel paragrafo 7.8.3 e successivi.

Per ogni parete verranno riportati i seguenti dati:

Dimensioni della parete, tipologia di blocco utilizzata e armatura.

Carichi agenti sulla parete riportati per combinazioni di carico:

Cmb. = numero della combinazione di carico

Sez = inf per le sollecitazioni al piede della parete, sup per le sollecitazioni in sommità

N = Sforzo normale

Mo = Momento in direzione ortogonale alla parete

Mp = Momento in direzione parallela alla parete

Vo = Sforzo di taglio in direzione ortogonale alla parete





$V_p$  = Sforzo di taglio in direzione parallela alla parete

Per ogni parete verranno riportati i risultati delle seguenti verifiche:

#### VERIFICA A PRESSOFLESSIONE:

Per tutte le pareti vengono effettuate le verifiche a pressoflessione retta della sezione orizzontale per le sollecitazioni ( $M_o$ ,  $M_p$ ,  $N$  sez sup) e ( $M_o$ ,  $M_p$ ,  $N$  sez inf).

Le verifiche si intendono soddisfatte per  $S_d/S_u < 1$

#### VERIFICA A TAGLIO:

La verifica a taglio (par 7.8.3.2.2) è condotta secondo la seguente modalità:

- 1) Valutazione di  $\sigma_n$  e determinazione di  $f_{vk}$ ;
  - 2) Determinazione del parametro  $V_{t,M}$  (resistenza a taglio della muratura) secondo la formula 7.8.8
  - 3) Determinazione del parametro  $V_{t,S}$  (resistenza a taglio armatura) secondo la formula 7.8.9
- La resistenza a taglio sarà la somma di  $V_{t,m}$  e  $V_{t,s}$  (formula 7.8.7).

#### VERIFICA MINIMI DI ARMATURA:

La verifica relativa ai minimi di armatura è condotta confrontando l'armatura longitudinale e trasversale con i minimi previsti dal paragrafo 4.5.7:

Nella fattispecie l'armatura longitudinale dovrà essere compresa tra lo 0.05% e l'1% dell'area longitudinale del setto;

l'armatura trasversale dovrà essere compresa tra lo 0.04% e lo 0.5% dell'area trasversale del setto

#### COMPUTO INDICATIVO DEI MATERIALI

Il computo dei materiali è indicativo, e non include ad esempio sovrapposizioni, spezzoni ecc.

Totale blocchi: 3979, corrispondenti a 47.7 mc di muratura

Totale barre verticali: 409.7 daN

Totale barre orizzontali: 328.2 daN

#### MATERIALI:

Valori in daN/cm<sup>2</sup>

Caratteristiche meccaniche delle murature:

$f_k = 58.6$ ,  $f_{vk0} = 3.0$  daN/cm<sup>2</sup>,  $f_d = 29.3$  (cmb. sism.  $\gamma = 2.0$ ),  $f_d = 19.5$  (cmb. non sism.  $\gamma = 3.0$ )

$f_k = 58.6$ ,  $f_{vk0} = 3.0$  daN/cm<sup>2</sup>,  $f_d = 24.4$  (cmb. sism.  $\gamma = 2.4$ ),  $f_d = 19.5$  (cmb. non sism.  $\gamma = 3.0$ )

Acciaio barre B450C:  $f_{yk} = 4500$ ,  $f_{yd} = 3913$

Calcestruzzo di riempimento classe C25/30:  $R_{ck} = 300$ ,  $f_{cd} = 141.1$ ,  $f_{c,90} = 3.0$

#### ELENCO DEI BLOCCHI:

1 - POR PMA30;  $t = 30.0$ ,  $l = 21.0$ ,  $h = 19.0$  cm

#### TABELLA RIASSUNTIVA DELLE VERIFICHE:

La tabella riporta i seguenti dati:

Num. - numero della parete

BL - numero che indica il tipo di blocco, come riportato nell'elenco dei blocchi

L - lunghezza della parete

H - altezza della parete

Fe O - armatura orizzontale

Fe V - armatura verticale

#### Verifiche dei setti:

V - verifica a taglio, par 7.8.3.2.2 NTC

NMo - verifica a pressoflessione con sollecitazione ortogonale alla parete

NMp - verifica a pressoflessione con sollecitazione parallela alla parete

Af V - rispetto dei valori minimi di armatura verticale

Af O - rispetto dei valori minimi di armatura orizzontale

Num.	BL	L cm	H cm	Fe O	Fe V	V	MNo	MNp	AfV	AfO
------	----	------	------	------	------	---	-----	-----	-----	-----

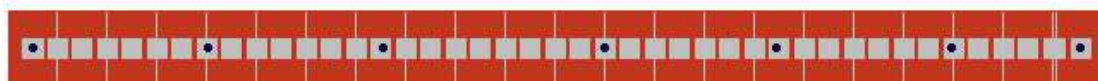




186	1	463.2	475.0	2 Ø 8/40	1 Ø 20/74	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
191	1	463.2	340.0	2 Ø 8/40	1 Ø 16/147	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
241	1	70.0	475.0	2 Ø 8/40	2 Ø 16	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
301	1	270.0	475.0	2 Ø 8/40	2 Ø 16	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
324	1	265.0	475.0	2 Ø 8/40	2 Ø 16	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
334	1	70.0	315.0	2 Ø 8/40	2 Ø 16	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
349	1	463.2	315.0	2 Ø 8/40	1 Ø 20/74	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
360	1	250.0	475.0	2 Ø 8/40	1 Ø 20/63	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
361	1	255.0	475.0	2 Ø 8/40	1 Ø 20/52	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
362	1	70.0	340.0	2 Ø 8/40	2 Ø 16	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
372	1	250.0	475.0	2 Ø 8/40	2 Ø 16	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
373	1	255.0	475.0	2 Ø 8/40	2 Ø 16	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
382	1	270.0	475.0	2 Ø 8/40	2 Ø 16	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
384	1	265.0	475.0	2 Ø 8/20	2 Ø 16	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

## VERIFICHE:

### Parete n. 186



Dimensioni:

Blocco tipo	L [cm]	H [cm]	d utile [cm]	Spess. [cm]
1 POR PMA30	463.2	475.0	452.7	30.0

Armatura verticale: 1 Ø 20 / 74 ( 7 ferri totali,  $A_{sv} = 3.14 \text{ cm}^2$  ogni 74.0 cm )

Armatura orizzontale: 2 Ø 8 / 40 cm (  $A_s = 1.01 \text{ cm}^2$  ogni 40 cm )

#### Verifiche a pressoflessione nel piano della parete:

Sollecitazione maggiormente gravosa in cmb n. 40 ( $\gamma = 2$ )

Cmb.	Sez.	Sism.	N [daN]	Mo [daNcm]	Mp [daNcm]	Vo [daN]	Vp [daN]	Mu [daNcm]	Mp / Mu
40	inf.	sì	-19897.4	-37845.4	12570530.0	359.7	25980.0	13919690.0	0.903

Verif.SLU (N cost.) =  $M_p / M_u = 12570530.0 / 13919690.0 = 0.903$  OK

#### Verifiche a pressoflessione fuori dal piano della parete:

Sollecitazione maggiormente gravosa in cmb n. 27 ( $\gamma = 2$ )

Cmb.	Sez.	Sism.	N [daN]	Mo [daNcm]	Mp [daNcm]	Vo [daN]	Vp [daN]	Mu [daNcm]	Mo / Mu
27	inf.	sì	45808.8	-262912.9	-306201.3	2065.1	-10268.6	-1068870.0	0.246

Verif.SLU (N cost.) =  $M_o / M_u = -262912.9 / -1068870.0 = 0.246$  OK

#### Verifiche a taglio

Sollecitazione maggiormente gravosa in Cmb n. 40 ( $\gamma = 2$ )

Cmb.	Sez.	Sism.	N [daN]	Mo [daNcm]	Mp [daNcm]	Vo [daN]	Vp [daN]	Ver. 7.8.7	Ver. 7.8.10
40	inf.	sì	-19897.4	-37845.4	12570530.0	359.7	25980.0	0.552	0.296

$V_{ed} = 25980.0 \text{ daN}$  in cmb n. 40 sism.

$f_{vd} = (f_{vk0} + 0.4 \sigma_m) / \gamma = (3.0 + 0.4 \cdot 0.0) / 2.0 = 1.50 \text{ daN/cm}^2$

Res. a taglio della muratura  $V_{t,M} = f_{vd} b d = 1.50 \cdot 30.0 \cdot 452.7 = 20369.25 \text{ daN}$

Res. a taglio dell'armatura  $V_{t,S} = (0.6 d A_s f_{yd}) / s = 0.6 \cdot 452.7 \cdot 1.01 \cdot 3913 / 40.0 = 26709.66 \text{ daN}$

Verifica a taglio 7.8.7 =  $V_{ed} / (V_{t,M} + V_{t,S}) = 25980.02 / 47078.91 = 0.552$  OK

$V_{tc} = 0.3 f_{vd} b d = 0.3 \cdot 29.30 \cdot 30.00 \cdot 452.7 = 119363.80 \text{ daN}$

Verifica a taglio 7.8.10 =  $V_{ed} / V_{tc} = 0.296$  OK

#### Verifiche percentuali minime e massime di armatura:

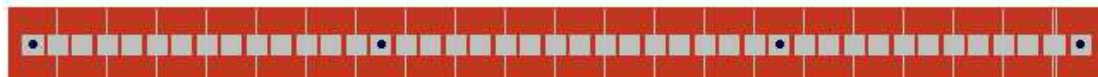
$A_{f,vert} / A_{setto} = 0.158\%$  Ok

$A_{f,oriz} / A_{setto} = 0.081\%$  Ok





## Parete n. 191



Dimensioni:

Blocco tipo	L [cm]	H [cm]	d utile [cm]	Spess. [cm]
1 POR PMA30	463.2	340.0	452.7	30.0

Armatura verticale:  $1\phi 16 / 147$  ( 4 ferri totali,  $A_{sv} = 2.01 \text{ cm}^2$  ogni 147.0 cm )

Armatura orizzontale:  $2\phi 8 / 40 \text{ cm}$  (  $A_s = 1.01 \text{ cm}^2$  ogni 40 cm )

### Verifiche a pressoflessione nel piano della parete:

Sollecitazione maggiormente gravosa in cmb n. 40 ( $\gamma = 2$ )

Cmb.	Sez.	Sism.	N [daN]	Mo [daNcm]	Mp [daNcm]	Vo [daN]	Vp [daN]	Mu [daNcm]	Mp / Mu
40	inf.	sì	10608.9	49382.5	7040468.0	-284.2	20098.1	8957399.0	0.786

Verif.SLU (N cost.) =  $M_p / M_u = 7040468.0 / 8957399.0 = 0.786$  OK

### Verifiche a pressoflessione fuori dal piano della parete:

Sollecitazione maggiormente gravosa in cmb n. 30 ( $\gamma = 2$ )

Cmb.	Sez.	Sism.	N [daN]	Mo [daNcm]	Mp [daNcm]	Vo [daN]	Vp [daN]	Mu [daNcm]	Mo / Mu
30	sup.	sì	12009.7	-100401.2	2042934.0	-650.9	-7904.9	-568017.9	0.177

Verif.SLU (N cost.) =  $M_o / M_u = -100401.2 / -568017.9 = 0.177$  OK

### Verifiche a taglio

Sollecitazione maggiormente gravosa in Cmb n. 41 ( $\gamma = 2$ )

Cmb.	Sez.	Sism.	N [daN]	Mo [daNcm]	Mp [daNcm]	Vo [daN]	Vp [daN]	Ver. 7.8.7	Ver. 7.8.10
41	sup.	sì	24256.3	-53619.5	3057383.0	-224.1	-42275.7	0.754	0.354

$V_{ed} = 42275.7 \text{ daN}$  in cmb n. 41 sism.

$f_{vd} = (f_{vk0} + 0.4 \sigma_m) / \gamma = (3.0 + 0.4 \cdot 3.3) / 2.0 = 2.16 \text{ daN/cm}^2$

Res. a taglio della muratura  $V_{t,M} = f_{vd} b d = 2.16 \cdot 30.0 \cdot 452.7 = 29338.06 \text{ daN}$

Res. a taglio dell'armatura  $V_{t,S} = (0.6 d A_s f_{yd}) / s = 0.6 \cdot 452.7 \cdot 1.01 \cdot 3913 / 40.0 = 26709.66 \text{ daN}$

Verifica a taglio 7.8.7 =  $V_{ed} / (V_{t,M} + V_{t,S}) = 42275.66 / 56047.72 = 0.754$  OK

$V_{tc} = 0.3 f_{vd} b d = 0.3 \cdot 29.30 \cdot 30.00 \cdot 452.7 = 119363.80 \text{ daN}$

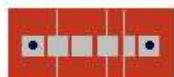
Verifica a taglio 7.8.10 =  $V_{ed} / V_{tc} = 0.354$  OK

### Verifiche percentuali minime e massime di armatura:

$A_{f,vert} / A_{setto} = 0.058\%$  Ok

$A_{f,oriz} / A_{setto} = 0.078\%$  Ok

## Parete n. 241



Dimensioni:

Blocco tipo	L [cm]	H [cm]	d utile [cm]	Spess. [cm]
1 POR PMA30	70.0	475.0	59.5	30.0

Armatura verticale:  $1\phi 16 / 49$  ( 2 ferri totali,  $A_{sv} = 2.01 \text{ cm}^2$  ogni 49.0 cm )

Armatura orizzontale:  $2\phi 8 / 40 \text{ cm}$  (  $A_s = 1.01 \text{ cm}^2$  ogni 40 cm )

### Verifiche a pressoflessione nel piano della parete:

Sollecitazione maggiormente gravosa in cmb n. 30 ( $\gamma = 2$ )

Cmb.	Sez.	Sism.	N [daN]	Mo [daNcm]	Mp [daNcm]	Vo [daN]	Vp [daN]	Mu [daNcm]	Mp / Mu
------	------	-------	---------	------------	------------	----------	----------	------------	---------





30	sup.	sì	-209.6	-34897.0	27743.1	383.5	474.1	388858.7	0.071
----	------	----	--------	----------	---------	-------	-------	----------	-------

Verif.SLU (N cost.) =  $M_p / M_u = 27743.1 / 388858.7 = 0.071$  OK

#### Verifiche a pressoflessione fuori dal piano della parete:

Sollecitazione maggiormente gravosa in cmb n. 25 ( $\gamma = 2$ )

Cmb.	Sez.	Sism.	N [daN]	Mo [daNcm]	Mp [daNcm]	Vo [daN]	Vp [daN]	Mu [daNcm]	Mo / Mu
25	sup.	sì	1646.2	-36238.4	27743.1	384.7	302.8	-155691.3	0.233

Verif.SLU (N cost.) =  $M_o / M_u = -36238.4 / -155691.3 = 0.233$  OK

#### Verifiche a taglio

Sollecitazione maggiormente gravosa in Cmb n. 25 ( $\gamma = 2$ )

Cmb.	Sez.	Sism.	N [daN]	Mo [daNcm]	Mp [daNcm]	Vo [daN]	Vp [daN]	Ver. 7.8.7	Ver. 7.8.10
25	sup.	sì	1646.2	-36238.4	27743.1	384.7	302.8	0.103	0.059

Ved = 683.3 daN in cmb n. 25 sism.

$f_{vd} = (f_{vk0} + 0.4 \sigma_m) / \gamma = (3.0 + 0.4 \cdot 1.3) / 2.0 = 1.77$  daN/cm<sup>2</sup>

Res. a taglio della muratura  $V_{t,M} = f_{vd} b d = 1.77 \cdot 30.0 \cdot 59.5 = 3154.95$  daN

Res. a taglio dell'armatura  $V_{t,S} = (0.6 d A_s f_{yd}) / s = 0.6 \cdot 59.5 \cdot 1.01 \cdot 3913 / 40.0 = 3510.94$  daN

Verifica a taglio 7.8.7 =  $V_{ed} / (V_{t,M} + V_{t,S}) = 683.26 / 6665.89 = 0.103$  OK

$V_{tc} = 0.3 f_{vd} b d = 0.3 \cdot 19.53 \cdot 30.00 \cdot 59.5 = 10460.10$  daN

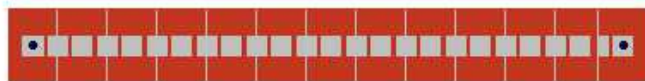
Verifica a taglio 7.8.10 =  $V_{ed} / V_{tc} = 0.059$  OK

#### Verifiche percentuali minime e massime di armatura:

$A_{f,vert} / A_{setto} = 0.191\%$  Ok

$A_{f,oriz} / A_{setto} = 0.081\%$  Ok

### Parete n. 301



Dimensioni:

Blocco tipo	L [cm]	H [cm]	d utile [cm]	Spess. [cm]
1 POR PMA30	270.0	475.0	259.5	30.0

Armatura verticale:  $1 \phi 16 / 249$  ( 2 ferri totali,  $A_{sv} = 2.01$  cm<sup>2</sup> ogni 249.0 cm )

Armatura orizzontale:  $2 \phi 8 / 40$  cm (  $A_s = 1.01$  cm<sup>2</sup> ogni 40 cm )

#### Verifiche a pressoflessione nel piano della parete:

Sollecitazione maggiormente gravosa in cmb n. 34 ( $\gamma = 2.4$ )

Cmb.	Sez.	Sism.	N [daN]	Mo [daNcm]	Mp [daNcm]	Vo [daN]	Vp [daN]	Mu [daNcm]	Mp / Mu
34	inf.	sì	62551.9	87060.8	3920663.0	-745.0	20015.9	6846042.0	0.573

Verif.SLU (N cost.) =  $M_p / M_u = 3920663.0 / 6846042.0 = 0.573$  OK

#### Verifiche a pressoflessione fuori dal piano della parete:

Sollecitazione maggiormente gravosa in cmb n. 21 ( $\gamma = 2.4$ )

Cmb.	Sez.	Sism.	N [daN]	Mo [daNcm]	Mp [daNcm]	Vo [daN]	Vp [daN]	Mu [daNcm]	Mo / Mu
21	inf.	sì	48286.5	285757.1	447272.0	-1718.3	-619.7	547508.0	0.522

Verif.SLU (N cost.) =  $M_o / M_u = 285757.1 / 547508.0 = 0.522$  OK

#### Verifiche a taglio

Sollecitazione maggiormente gravosa in Cmb n. 34 ( $\gamma = 2.4$ )

Cmb.	Sez.	Sism.	N [daN]	Mo [daNcm]	Mp [daNcm]	Vo [daN]	Vp [daN]	Ver. 7.8.7	Ver. 7.8.10
34	inf.	sì	62551.9	87060.8	3920663.0	-745.0	20015.9	0.554	0.351





Ved = 20015.9 daN in cmb n. 34 sism.

$$fvd = (fvk0 + 0.4 \sigma_m) / \gamma = (3.0 + 0.4 \cdot 8.5) / 2.4 = 2.67 \text{ daN/cm}^2$$

$$\text{Res. a taglio della muratura } V_{t,M} = fvd \cdot b \cdot d = 2.67 \cdot 30.0 \cdot 259.5 = 20798.42 \text{ daN}$$

$$\text{Res. a taglio dell'armatura } V_{t,S} = (0.6 \cdot d \cdot A_s \cdot f_{yd}) / s = 0.6 \cdot 259.5 \cdot 1.01 \cdot 3913 / 40.0 = 15312.40 \text{ daN}$$

$$\text{Verifica a taglio } 7.8.7 = Ved / (V_{t,M} + V_{t,S}) = 20015.87 / 36110.82 = 0.554 \text{ OK}$$

$$V_{tc} = 0.3 \cdot fvd \cdot b \cdot d = 0.3 \cdot 24.42 \cdot 30.00 \cdot 259.5 = 57025.13 \text{ daN}$$

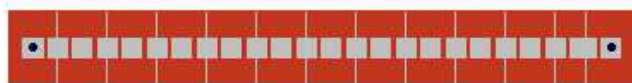
$$\text{Verifica a taglio } 7.8.10 = Ved / V_{tc} = 0.351 \text{ OK}$$

#### Verifiche percentuali minime e massime di armatura:

$$A_{f,vert} / A_{setto} = 0.050\% \text{ OK}$$

$$A_{f,oriz} / A_{setto} = 0.081\% \text{ OK}$$

### Parete n. 324



Dimensioni:

Blocco tipo	L [cm]	H [cm]	d utile [cm]	Spess. [cm]
1 POR PMA30	265.0	475.0	254.5	30.0

Armatura verticale:  $1 \phi 16 / 244$  ( 2 ferri totali,  $A_{sv} = 2.01 \text{ cm}^2$  ogni 244.0 cm )

Armatura orizzontale:  $2 \phi 8 / 40 \text{ cm}$  (  $A_s = 1.01 \text{ cm}^2$  ogni 40 cm )

#### Verifiche a pressoflessione nel piano della parete:

Sollecitazione maggiormente gravosa in cmb n. 34 ( $\gamma = 2.4$ )

Cmb.	Sez.	Sism.	N [daN]	Mo [daNcm]	Mp [daNcm]	Vo [daN]	Vp [daN]	Mu [daNcm]	Mp / Mu
34	inf.	sì	52985.0	88050.9	3227497.0	-308.1	21970.2	6345189.0	0.509

$$\text{Verif.SLU (N cost.)} = M_p / M_u = 3227497.0 / 6345189.0 = 0.509 \text{ OK}$$

#### Verifiche a pressoflessione fuori dal piano della parete:

Sollecitazione maggiormente gravosa in cmb n. 18 ( $\gamma = 2.4$ )

Cmb.	Sez.	Sism.	N [daN]	Mo [daNcm]	Mp [daNcm]	Vo [daN]	Vp [daN]	Mu [daNcm]	Mo / Mu
18	inf.	sì	49106.9	150250.1	1388465.0	-1060.1	9239.6	542778.3	0.277

$$\text{Verif.SLU (N cost.)} = M_o / M_u = 150250.1 / 542778.3 = 0.277 \text{ OK}$$

#### Verifiche a taglio

Sollecitazione maggiormente gravosa in Cmb n. 36 ( $\gamma = 2.4$ )

Cmb.	Sez.	Sism.	N [daN]	Mo [daNcm]	Mp [daNcm]	Vo [daN]	Vp [daN]	Ver. 7.8.7	Ver. 7.8.10
36	inf.	sì	57549.7	13196.5	3157076.0	294.7	23268.7	0.742	0.416

Ved = 23268.7 daN in cmb n. 36 sism.

$$fvd = (fvk0 + 0.4 \sigma_m) / \gamma = (3.0 + 0.4 \cdot 5.4) / 2.4 = 2.14 \text{ daN/cm}^2$$

$$\text{Res. a taglio della muratura } V_{t,M} = fvd \cdot b \cdot d = 2.14 \cdot 30.0 \cdot 254.5 = 16353.32 \text{ daN}$$

$$\text{Res. a taglio dell'armatura } V_{t,S} = (0.6 \cdot d \cdot A_s \cdot f_{yd}) / s = 0.6 \cdot 254.5 \cdot 1.01 \cdot 3913 / 40.0 = 15017.36 \text{ daN}$$

$$\text{Verifica a taglio } 7.8.7 = Ved / (V_{t,M} + V_{t,S}) = 23268.72 / 31370.68 = 0.742 \text{ OK}$$

$$V_{tc} = 0.3 \cdot fvd \cdot b \cdot d = 0.3 \cdot 24.42 \cdot 30.00 \cdot 254.5 = 55926.38 \text{ daN}$$

$$\text{Verifica a taglio } 7.8.10 = Ved / V_{tc} = 0.416 \text{ OK}$$

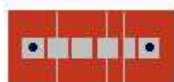
#### Verifiche percentuali minime e massime di armatura:

$$A_{f,vert} / A_{setto} = 0.051\% \text{ OK}$$

$$A_{f,oriz} / A_{setto} = 0.081\% \text{ OK}$$

### Parete n. 334





Dimensioni:

Blocco tipo	L [cm]	H [cm]	d utile [cm]	Spess. [cm]
1 POR PMA30	70.0	315.0	59.5	30.0

Armatura verticale:  $1\phi 16 / 49$  ( 2 ferri totali,  $A_{sv} = 2.01 \text{ cmq}$  ogni 49.0 cm )

Armatura orizzontale:  $2\phi 8 / 40 \text{ cm}$  (  $A_s = 1.01 \text{ cmq}$  ogni 40 cm )

#### Verifiche a pressoflessione nel piano della parete:

Sollecitazione maggiormente gravosa in cmb n. 41 ( $\gamma = 2$ )

Cmb.	Sez.	Sism.	N [daN]	Mo [daNcm]	Mp [daNcm]	Vo [daN]	Vp [daN]	Mu [daNcm]	Mp / Mu
41	sup.	sì	4748.1	-1920.7	21848.0	208.9	-4307.0	18891.2	0.947

Verif.SLU (N cost.) =  $M_p / M_u = 17895.4 / 18891.2 = 0.947$  OK

#### Verifiche a pressoflessione fuori dal piano della parete:

Sollecitazione maggiormente gravosa in cmb n. 41 ( $\gamma = 2$ )

Cmb.	Sez.	Sism.	N [daN]	Mo [daNcm]	Mp [daNcm]	Vo [daN]	Vp [daN]	Mu [daNcm]	Mo / Mu
41	sup.	sì	4748.1	-1920.7	21848.0	208.9	-4307.0	22194.7	0.150

Verif.SLU (N cost.) =  $M_o / M_u = 3337.7 / 22194.7 = 0.150$  OK

#### Verifiche a taglio

Sollecitazione maggiormente gravosa in Cmb n. 39 ( $\gamma = 2$ )

Cmb.	Sez.	Sism.	N [daN]	Mo [daNcm]	Mp [daNcm]	Vo [daN]	Vp [daN]	Ver. 7.8.7	Ver. 7.8.10
39	sup.	sì	6832.0	-5328.5	21848.0	8.8	-4752.6	0.768	0.303

$V_{ed} = 4752.6 \text{ daN}$  in cmb n. 39 sism.

$f_{vd} = (f_{vk0} + 0.4 \sigma_m) / \gamma = (3.0 + 0.4 \cdot 0.0) / 2.0 = 1.50 \text{ daN/cm}$

Res. a taglio della muratura  $V_{t,M} = f_{vd} b d = 1.50 \cdot 30.0 \cdot 59.5 = 2677.50 \text{ daN}$

Res. a taglio dell'armatura  $V_{t,S} = (0.6 d A_s f_{yd}) / s = 0.6 \cdot 59.5 \cdot 1.01 \cdot 3913 / 40.0 = 3510.94 \text{ daN}$

Verifica a taglio 7.8.7 =  $V_{ed} / (V_{t,M} + V_{t,S}) = 4752.61 / 6188.44 = 0.768$  OK

$V_{tc} = 0.3 f_{vd} b d = 0.3 \cdot 29.30 \cdot 30.00 \cdot 59.5 = 15690.15 \text{ daN}$

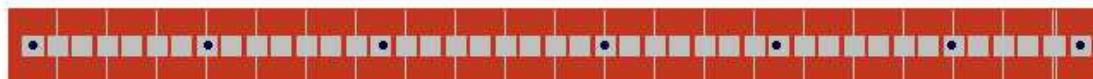
Verifica a taglio 7.8.10 =  $V_{ed} / V_{tc} = 0.303$  OK

#### Verifiche percentuali minime e massime di armatura:

$A_{f,vert} / A_{setto} = 0.191\%$  Ok

$A_{f,oriz} / A_{setto} = 0.078\%$  Ok

#### Parete n. 349



Dimensioni:

Blocco tipo	L [cm]	H [cm]	d utile [cm]	Spess. [cm]
1 POR PMA30	463.2	315.0	452.7	30.0

Armatura verticale:  $1\phi 20 / 74$  ( 7 ferri totali,  $A_{sv} = 3.14 \text{ cmq}$  ogni 74.0 cm )

Armatura orizzontale:  $2\phi 8 / 40 \text{ cm}$  (  $A_s = 1.01 \text{ cmq}$  ogni 40 cm )

#### Verifiche a pressoflessione nel piano della parete:

Sollecitazione maggiormente gravosa in cmb n. 40 ( $\gamma = 2$ )

Cmb.	Sez.	Sism.	N [daN]	Mo [daNcm]	Mp [daNcm]	Vo [daN]	Vp [daN]	Mu [daNcm]	Mp / Mu
40	sup.	sì	-36690.8	-32261.0	9805843.0	-237.3	-5876.7	10748740.0	0.912





Verif.SLU (N cost.) =  $M_p / \mu_u = 9805843.0 / 10748740.0 = 0.912$  OK

#### Verifiche a pressoflessione fuori dal piano della parete:

Sollecitazione maggiormente gravosa in cmb n. 24 ( $\gamma = 2$ )

Cmb.	Sez.	Sism.	N [daN]	Mo [daNcm]	Mp [daNcm]	Vo [daN]	Vp [daN]	Mu [daNcm]	Mo / Mu
24	sup.	sì	9449.5	-165597.3	3718219.0	-1746.1	-4749.4	-998961.6	0.166

Verif.SLU (N cost.) =  $M_o / \mu_u = -165597.3 / -998961.6 = 0.166$  OK

#### Verifiche a taglio

Sollecitazione maggiormente gravosa in Cmb n. 40 ( $\gamma = 2$ )

Cmb.	Sez.	Sism.	N [daN]	Mo [daNcm]	Mp [daNcm]	Vo [daN]	Vp [daN]	Ver. 7.8.7	Ver. 7.8.10
40	inf.	sì	-21740.1	9375.4	5945517.0	-391.3	-38006.0	0.807	0.318

Ved = 38006.0 daN in cmb n. 40 sism.

$f_{vd} = (f_{vk0} + 0.4 \sigma_m) / \gamma = (3.0 + 0.4 \cdot 0.0) / 2.0 = 1.50$  daN/cm<sup>2</sup>

Res. a taglio della muratura  $V_{t,M} = f_{vd} b d = 1.50 \cdot 30.0 \cdot 452.7 = 20369.25$  daN

Res. a taglio dell'armatura  $V_{t,S} = (0.6 d A_s f_{yd}) / s = 0.6 \cdot 452.7 \cdot 1.01 \cdot 3913 / 40.0 = 26709.66$  daN

Verifica a taglio 7.8.7 =  $V_{ed} / (V_{t,M} + V_{t,S}) = 38005.98 / 47078.91 = 0.807$  OK

$V_{tc} = 0.3 f_{vd} b d = 0.3 \cdot 29.30 \cdot 30.00 \cdot 452.7 = 119363.80$  daN

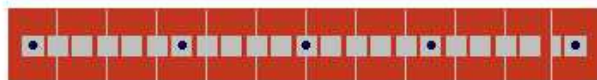
Verifica a taglio 7.8.10 =  $V_{ed} / V_{tc} = 0.318$  OK

#### Verifiche percentuali minime e massime di armatura:

$A_{f,vert} / A_{setto} = 0.158\%$  OK

$A_{f,oriz} / A_{setto} = 0.078\%$  OK

#### Parete n. 360



Dimensioni:

Blocco tipo	L [cm]	H [cm]	d utile [cm]	Spess. [cm]
1 POR PMA30	250.0	475.0	239.5	30.0

Armatura verticale:  $1 \phi 20 / 63$  ( 5 ferri totali,  $A_{sv} = 3.14$  cm<sup>2</sup> ogni 63.0 cm )

Armatura orizzontale:  $2 \phi 8 / 40$  cm (  $A_s = 1.01$  cm<sup>2</sup> ogni 40 cm )

#### Verifiche a pressoflessione nel piano della parete:

Sollecitazione maggiormente gravosa in cmb n. 40 ( $\gamma = 2.4$ )

Cmb.	Sez.	Sism.	N [daN]	Mo [daNcm]	Mp [daNcm]	Vo [daN]	Vp [daN]	Mu [daNcm]	Mp / Mu
40	inf.	sì	108984.0	-14816.1	6843667.0	325.9	27092.7	7164379.0	0.955

Verif.SLU (N cost.) =  $M_p / \mu_u = 6843667.0 / 7164379.0 = 0.955$  OK

#### Verifiche a pressoflessione fuori dal piano della parete:

Sollecitazione maggiormente gravosa in cmb n. 15 ( $\gamma = 2.4$ )

Cmb.	Sez.	Sism.	N [daN]	Mo [daNcm]	Mp [daNcm]	Vo [daN]	Vp [daN]	Mu [daNcm]	Mo / Mu
15	inf.	sì	74641.2	-114461.5	860148.0	958.8	5665.0	-561150.8	0.204

Verif.SLU (N cost.) =  $M_o / \mu_u = -114461.5 / -561150.8 = 0.204$  OK

#### Verifiche a taglio

Sollecitazione maggiormente gravosa in Cmb n. 40 ( $\gamma = 2.4$ )

Cmb.	Sez.	Sism.	N [daN]	Mo [daNcm]	Mp [daNcm]	Vo [daN]	Vp [daN]	Ver. 7.8.7	Ver. 7.8.10
40	inf.	sì	108984.0	-14816.1	6843667.0	325.9	27092.7	0.718	0.515





Ved = 27092.7 daN in cmb n. 40 sism.

$$fvd = (fvk0 + 0.4 \sigma_m) / \gamma = (3.0 + 0.4 \cdot 12.2) / 2.4 = 3.29 \text{ daN/cm}^2$$

$$\text{Res. a taglio della muratura } V_{t,M} = fvd \cdot b \cdot d = 3.29 \cdot 30.0 \cdot 239.5 = 23603.42 \text{ daN}$$

$$\text{Res. a taglio dell'armatura } V_{t,S} = (0.6 \cdot d \cdot A_s \cdot f_{yd}) / s = 0.6 \cdot 239.5 \cdot 1.01 \cdot 3913 / 40.0 = 14132.25 \text{ daN}$$

$$\text{Verifica a taglio } 7.8.7 = Ved / (V_{t,M} + V_{t,S}) = 27092.69 / 37735.67 = 0.718 \text{ OK}$$

$$V_{tc} = 0.3 \cdot fvd \cdot b \cdot d = 0.3 \cdot 24.42 \cdot 30.00 \cdot 239.5 = 52630.13 \text{ daN}$$

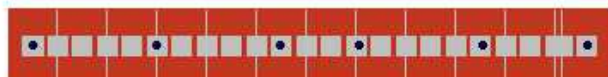
$$\text{Verifica a taglio } 7.8.10 = Ved / V_{tc} = 0.515 \text{ OK}$$

#### Verifiche percentuali minime e massime di armatura:

$$A_{f,vert} / A_{setto} = 0.209\% \text{ OK}$$

$$A_{f,oriz} / A_{setto} = 0.081\% \text{ OK}$$

### Parete n. 361



Dimensioni:

Blocco tipo	L [cm]	H [cm]	d utile [cm]	Spess. [cm]
1 POR PMA30	255.0	475.0	244.5	30.0

Armatura verticale:  $1\phi 20 / 52$  (6 ferri totali,  $A_{sv} = 3.14 \text{ cm}^2$  ogni 52.0 cm)

Armatura orizzontale:  $2\phi 8 / 40 \text{ cm}$  ( $A_s = 1.01 \text{ cm}^2$  ogni 40 cm)

#### Verifiche a pressoflessione nel piano della parete:

Sollecitazione maggiormente gravosa in cmb n. 40 ( $\gamma = 2.4$ )

Cmb.	Sez.	Sism.	N [daN]	Mo [daNcm]	Mp [daNcm]	Vo [daN]	Vp [daN]	Mu [daNcm]	Mp / Mu
40	inf.	sì	2085.6	-27289.8	7344416.0	215.8	22390.2	7385887.0	0.994

$$\text{Verif.SLU (N cost.)} = M_p / M_u = 7344416.0 / 7385887.0 = 0.994 \text{ OK}$$

#### Verifiche a pressoflessione fuori dal piano della parete:

Sollecitazione maggiormente gravosa in cmb n. 18 ( $\gamma = 2.4$ )

Cmb.	Sez.	Sism.	N [daN]	Mo [daNcm]	Mp [daNcm]	Vo [daN]	Vp [daN]	Mu [daNcm]	Mo / Mu
18	inf.	sì	23548.9	300028.4	2984408.0	-1672.2	6257.0	520639.1	0.576

$$\text{Verif.SLU (N cost.)} = M_o / M_u = 300028.4 / 520639.1 = 0.576 \text{ OK}$$

#### Verifiche a taglio

Sollecitazione maggiormente gravosa in Cmb n. 40 ( $\gamma = 2.4$ )

Cmb.	Sez.	Sism.	N [daN]	Mo [daNcm]	Mp [daNcm]	Vo [daN]	Vp [daN]	Ver. 7.8.7	Ver. 7.8.10
40	inf.	sì	2085.6	-27289.8	7344416.0	215.8	22390.2	0.898	0.417

Ved = 22390.2 daN in cmb n. 40 sism.

$$fvd = (fvk0 + 0.4 \sigma_m) / \gamma = (3.0 + 0.4 \cdot 1.1) / 2.4 = 1.43 \text{ daN/cm}^2$$

$$\text{Res. a taglio della muratura } V_{t,M} = fvd \cdot b \cdot d = 1.43 \cdot 30.0 \cdot 244.5 = 10493.72 \text{ daN}$$

$$\text{Res. a taglio dell'armatura } V_{t,S} = (0.6 \cdot d \cdot A_s \cdot f_{yd}) / s = 0.6 \cdot 244.5 \cdot 1.01 \cdot 3913 / 40.0 = 14427.29 \text{ daN}$$

$$\text{Verifica a taglio } 7.8.7 = Ved / (V_{t,M} + V_{t,S}) = 22390.16 / 24921.01 = 0.898 \text{ OK}$$

$$V_{tc} = 0.3 \cdot fvd \cdot b \cdot d = 0.3 \cdot 24.42 \cdot 30.00 \cdot 244.5 = 53728.88 \text{ daN}$$

$$\text{Verifica a taglio } 7.8.10 = Ved / V_{tc} = 0.417 \text{ OK}$$

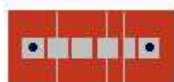
#### Verifiche percentuali minime e massime di armatura:

$$A_{f,vert} / A_{setto} = 0.246\% \text{ OK}$$

$$A_{f,oriz} / A_{setto} = 0.081\% \text{ OK}$$

### Parete n. 362





Dimensioni:

Blocco tipo	L [cm]	H [cm]	d utile [cm]	Spess. [cm]
1 POR PMA30	70.0	340.0	59.5	30.0

Armatura verticale:  $1\phi 16 / 49$  ( 2 ferri totali,  $A_{sv} = 2.01 \text{ cmq}$  ogni 49.0 cm )

Armatura orizzontale:  $2\phi 8 / 40 \text{ cm}$  (  $A_s = 1.01 \text{ cmq}$  ogni 40 cm )

#### Verifiche a pressoflessione nel piano della parete:

Sollecitazione maggiormente gravosa in cmb n. 4 ( $\gamma = 3$ )

Cmb.	Sez.	Sism.	N [daN]	Mo [daNcm]	Mp [daNcm]	Vo [daN]	Vp [daN]	Mu [daNcm]	Mp / Mu
4	inf.	no	12491.5	-588.2	32536.8	-3.0	757.6	596166.9	0.055

Verif.SLU (N cost.) =  $M_p / \mu = 32536.8 / 596166.9 = 0.055$  OK

#### Verifiche a pressoflessione fuori dal piano della parete:

Sollecitazione maggiormente gravosa in cmb n. 25 ( $\gamma = 2$ )

Cmb.	Sez.	Sism.	N [daN]	Mo [daNcm]	Mp [daNcm]	Vo [daN]	Vp [daN]	Mu [daNcm]	Mo / Mu
25	sup.	sì	1896.5	-25338.3	-10919.2	-473.6	-353.8	-156110.0	0.162

Verif.SLU (N cost.) =  $M_o / \mu = -25338.3 / -156110.0 = 0.162$  OK

#### Verifiche a taglio

Sollecitazione maggiormente gravosa in Cmb n. 27 ( $\gamma = 2$ )

Cmb.	Sez.	Sism.	N [daN]	Mo [daNcm]	Mp [daNcm]	Vo [daN]	Vp [daN]	Ver. 7.8.7	Ver. 7.8.10
27	sup.	sì	3102.2	7027.0	-10919.2	377.1	1223.8	0.170	0.089

$V_{ed} = 1395.2 \text{ daN}$  in cmb n. 27 sism.

$f_{vd} = (f_{vk0} + 0.4 \sigma_m) / \gamma = (3.0 + 0.4 \cdot 5.6) / 2.0 = 2.62 \text{ daN/cm}$

Res. a taglio della muratura  $V_{t,M} = f_{vd} b d = 2.62 \cdot 30.0 \cdot 59.5 = 4684.28 \text{ daN}$

Res. a taglio dell'armatura  $V_{t,S} = (0.6 d A_s f_{yd}) / s = 0.6 \cdot 59.5 \cdot 1.01 \cdot 3913 / 40.0 = 3510.94 \text{ daN}$

Verifica a taglio 7.8.7 =  $V_{ed} / (V_{t,M} + V_{t,S}) = 1395.21 / 8195.22 = 0.170$  OK

$V_{tc} = 0.3 f_{vd} b d = 0.3 \cdot 29.30 \cdot 30.00 \cdot 59.5 = 15690.15 \text{ daN}$

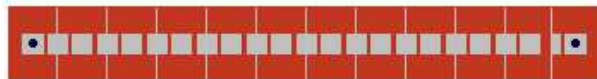
Verifica a taglio 7.8.10 =  $V_{ed} / V_{tc} = 0.089$  OK

#### Verifiche percentuali minime e massime di armatura:

$A_{f,vert} / A_{setto} = 0.191\%$  Ok

$A_{f,oriz} / A_{setto} = 0.078\%$  Ok

### Parete n. 372



Dimensioni:

Blocco tipo	L [cm]	H [cm]	d utile [cm]	Spess. [cm]
1 POR PMA30	250.0	475.0	239.5	30.0

Armatura verticale:  $1\phi 16 / 229$  ( 2 ferri totali,  $A_{sv} = 2.01 \text{ cmq}$  ogni 229.0 cm )

Armatura orizzontale:  $2\phi 8 / 40 \text{ cm}$  (  $A_s = 1.01 \text{ cmq}$  ogni 40 cm )

#### Verifiche a pressoflessione nel piano della parete:

Sollecitazione maggiormente gravosa in cmb n. 46 ( $\gamma = 2.4$ )

Cmb.	Sez.	Sism.	N [daN]	Mo [daNcm]	Mp [daNcm]	Vo [daN]	Vp [daN]	Mu [daNcm]	Mp / Mu
46	sup.	sì	9423.0	3350.4	-939387.8	181.4	12209.2	-2802833.0	0.335





Verif.SLU (N cost.) =  $M_p / \mu_u = -939387.8 / -2802833.0 = 0.335$  OK

#### Verifiche a pressoflessione fuori dal piano della parete:

Sollecitazione maggiormente gravosa in cmb n. 28 ( $\gamma = 2.4$ )

Cmb.	Sez.	Sism.	N [daN]	Mo [daNcm]	Mp [daNcm]	Vo [daN]	Vp [daN]	Mu [daNcm]	Mo / Mu
28	inf.	sì	48984.9	-30598.2	860035.1	363.0	14990.0	265478.7	0.189

Verif.SLU (N cost.) =  $M_o / \mu_u = 50043.7 / 265478.7 = 0.189$  OK

#### Verifiche a taglio

Sollecitazione maggiormente gravosa in Cmb n. 4 ( $\gamma = 3$ )

Cmb.	Sez.	Sism.	N [daN]	Mo [daNcm]	Mp [daNcm]	Vo [daN]	Vp [daN]	Ver. 7.8.7	Ver. 7.8.10
4	inf.	no	72970.1	4820.4	1131581.0	37.1	20592.7	0.768	0.489

Ved = 20592.7 daN in cmb n. 4 non sism.

$f_{vd} = (f_{vk0} + 0.4 \sigma_m) / \gamma = (3.0 + 0.4 \cdot 5.7) / 3.0 = 1.76$  daN/cm<sup>2</sup>

Res. a taglio della muratura  $V_{t,M} = f_{vd} b d = 1.76 \cdot 30.0 \cdot 239.5 = 12667.56$  daN

Res. a taglio dell'armatura  $V_{t,S} = (0.6 d A_s f_{yd}) / s = 0.6 \cdot 239.5 \cdot 1.01 \cdot 3913 / 40.0 = 14132.25$  daN

Verifica a taglio 7.8.7 =  $V_{ed} / (V_{t,M} + V_{t,S}) = 20592.68 / 26799.81 = 0.768$  OK

$V_{tc} = 0.3 f_{vd} b d = 0.3 \cdot 19.53 \cdot 30.00 \cdot 239.5 = 42104.10$  daN

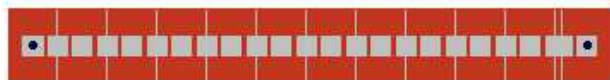
Verifica a taglio 7.8.10 =  $V_{ed} / V_{tc} = 0.489$  OK

#### Verifiche percentuali minime e massime di armatura:

$A_{f,vert} / A_{setto} = 0.054\%$  OK

$A_{f,oriz} / A_{setto} = 0.081\%$  OK

#### Parete n. 373



Dimensioni:

Blocco tipo	L [cm]	H [cm]	d utile [cm]	Spess. [cm]
1 POR PMA30	255.0	475.0	244.5	30.0

Armatura verticale:  $1 \phi 16 / 234$  (2 ferri totali,  $A_{sv} = 2.01$  cm<sup>2</sup> ogni 234.0 cm)

Armatura orizzontale:  $2 \phi 8 / 40$  cm ( $A_s = 1.01$  cm<sup>2</sup> ogni 40 cm)

#### Verifiche a pressoflessione nel piano della parete:

Sollecitazione maggiormente gravosa in cmb n. 41 ( $\gamma = 2.4$ )

Cmb.	Sez.	Sism.	N [daN]	Mo [daNcm]	Mp [daNcm]	Vo [daN]	Vp [daN]	Mu [daNcm]	Mp / Mu
41	sup.	sì	4621.5	-11912.2	562959.9	206.7	-561.6	2345354.0	0.240

Verif.SLU (N cost.) =  $M_p / \mu_u = 562959.9 / 2345354.0 = 0.240$  OK

#### Verifiche a pressoflessione fuori dal piano della parete:

Sollecitazione maggiormente gravosa in cmb n. 18 ( $\gamma = 2.4$ )

Cmb.	Sez.	Sism.	N [daN]	Mo [daNcm]	Mp [daNcm]	Vo [daN]	Vp [daN]	Mu [daNcm]	Mo / Mu
18	inf.	sì	17548.8	-37113.4	39847.4	857.5	-3221.2	-242143.4	0.212

Verif.SLU (N cost.) =  $M_o / \mu_u = -51329.7 / -242143.4 = 0.212$  OK

#### Verifiche a taglio

Sollecitazione maggiormente gravosa in Cmb n. 41 ( $\gamma = 2.4$ )

Cmb.	Sez.	Sism.	N [daN]	Mo [daNcm]	Mp [daNcm]	Vo [daN]	Vp [daN]	Ver. 7.8.7	Ver. 7.8.10
41	sup.	sì	4621.5	-11912.2	562959.9	206.7	-561.6	0.288	0.138





Ved = 7418.6 daN in cmb n. 41 sism.

$$fvd = (fvk0 + 0.4 \sigma_m) / \gamma = (3.0 + 0.4 \cdot 1.7) / 2.4 = 1.54 \text{ daN/cm}^2$$

$$\text{Res. a taglio della muratura } V_{t,M} = fvd \cdot b \cdot d = 1.54 \cdot 30.0 \cdot 244.5 = 11299.32 \text{ daN}$$

$$\text{Res. a taglio dell'armatura } V_{t,S} = (0.6 \cdot d \cdot A_s \cdot f_{yd}) / s = 0.6 \cdot 244.5 \cdot 1.01 \cdot 3913 / 40.0 = 14427.29 \text{ daN}$$

$$\text{Verifica a taglio } 7.8.7 = Ved / (V_{t,M} + V_{t,S}) = 7418.57 / 25726.60 = 0.288 \text{ OK}$$

$$V_{tc} = 0.3 \cdot fvd \cdot b \cdot d = 0.3 \cdot 24.42 \cdot 30.00 \cdot 244.5 = 53728.88 \text{ daN}$$

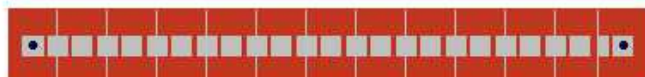
$$\text{Verifica a taglio } 7.8.10 = Ved / V_{tc} = 0.138 \text{ OK}$$

#### Verifiche percentuali minime e massime di armatura:

$$A_{f,vert} / A_{setto} = 0.053\% \text{ OK}$$

$$A_{f,oriz} / A_{setto} = 0.081\% \text{ OK}$$

### Parete n. 382



Dimensioni:

Blocco tipo	L [cm]	H [cm]	d utile [cm]	Spess. [cm]
1 POR PMA30	270.0	475.0	259.5	30.0

Armatura verticale:  $1 \phi 16 / 249$  ( 2 ferri totali,  $A_{sv} = 2.01 \text{ cm}^2$  ogni 249.0 cm )

Armatura orizzontale:  $2 \phi 8 / 40 \text{ cm}$  (  $A_s = 1.01 \text{ cm}^2$  ogni 40 cm )

#### Verifiche a pressoflessione nel piano della parete:

Sollecitazione maggiormente gravosa in cmb n. 38 ( $\gamma = 2.4$ )

Cmb.	Sez.	Sism.	N [daN]	Mo [daNcm]	Mp [daNcm]	Vo [daN]	Vp [daN]	Mu [daNcm]	Mp / Mu
38	inf.	sì	55470.6	-24589.9	-1547912.0	136.3	14407.4	-6616924.0	0.234

$$\text{Verif.SLU (N cost.)} = M_p / M_u = -1547912.0 / -6616924.0 = 0.234 \text{ OK}$$

#### Verifiche a pressoflessione fuori dal piano della parete:

Sollecitazione maggiormente gravosa in cmb n. 21 ( $\gamma = 2.4$ )

Cmb.	Sez.	Sism.	N [daN]	Mo [daNcm]	Mp [daNcm]	Vo [daN]	Vp [daN]	Mu [daNcm]	Mo / Mu
21	inf.	sì	35279.0	-29162.8	-332840.8	715.4	4649.0	-232253.6	0.231

$$\text{Verif.SLU (N cost.)} = M_o / M_u = -53657.4 / -232253.6 = 0.231 \text{ OK}$$

#### Verifiche a taglio

Sollecitazione maggiormente gravosa in Cmb n. 34 ( $\gamma = 2.4$ )

Cmb.	Sez.	Sism.	N [daN]	Mo [daNcm]	Mp [daNcm]	Vo [daN]	Vp [daN]	Ver. 7.8.7	Ver. 7.8.10
34	inf.	sì	55975.7	-23469.5	-1550518.0	145.6	14457.8	0.487	0.254

Ved = 14457.8 daN in cmb n. 34 sism.

$$fvd = (fvk0 + 0.4 \sigma_m) / \gamma = (3.0 + 0.4 \cdot 3.6) / 2.4 = 1.85 \text{ daN/cm}^2$$

$$\text{Res. a taglio della muratura } V_{t,M} = fvd \cdot b \cdot d = 1.85 \cdot 30.0 \cdot 259.5 = 14380.84 \text{ daN}$$

$$\text{Res. a taglio dell'armatura } V_{t,S} = (0.6 \cdot d \cdot A_s \cdot f_{yd}) / s = 0.6 \cdot 259.5 \cdot 1.01 \cdot 3913 / 40.0 = 15312.40 \text{ daN}$$

$$\text{Verifica a taglio } 7.8.7 = Ved / (V_{t,M} + V_{t,S}) = 14457.76 / 29693.23 = 0.487 \text{ OK}$$

$$V_{tc} = 0.3 \cdot fvd \cdot b \cdot d = 0.3 \cdot 24.42 \cdot 30.00 \cdot 259.5 = 57025.13 \text{ daN}$$

$$\text{Verifica a taglio } 7.8.10 = Ved / V_{tc} = 0.254 \text{ OK}$$

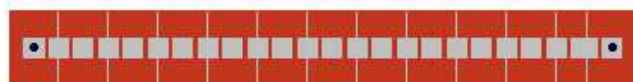
#### Verifiche percentuali minime e massime di armatura:

$$A_{f,vert} / A_{setto} = 0.050\% \text{ OK}$$

$$A_{f,oriz} / A_{setto} = 0.081\% \text{ OK}$$

### Parete n. 384





Dimensioni:

Blocco tipo	L [cm]	H [cm]	d utile [cm]	Spess. [cm]
1 POR PMA30	265.0	475.0	254.5	30.0

Armatura verticale:  $1\phi 16 / 244$  ( 2 ferri totali,  $A_{sv} = 2.01 \text{ cmq}$  ogni 244.0 cm )

Armatura orizzontale:  $2\phi 8 / 20 \text{ cm}$  (  $A_s = 1.01 \text{ cmq}$  ogni 20 cm )

#### Verifiche a pressoflessione nel piano della parete:

Sollecitazione maggiormente gravosa in cmb n. 34 ( $\gamma = 2.4$ )

Cmb.	Sez.	Sism.	N [daN]	Mo [daNcm]	Mp [daNcm]	Vo [daN]	Vp [daN]	Mu [daNcm]	Mp / Mu
34	sup.	sì	12849.2	-28369.0	-1397020.0	173.6	31091.8	-3362044.0	0.416

Verif.SLU (N cost.) =  $M_p / \mu = -1397020.0 / -3362044.0 = 0.416$  OK

#### Verifiche a pressoflessione fuori dal piano della parete:

Sollecitazione maggiormente gravosa in cmb n. 26 ( $\gamma = 2.4$ )

Cmb.	Sez.	Sism.	N [daN]	Mo [daNcm]	Mp [daNcm]	Vo [daN]	Vp [daN]	Mu [daNcm]	Mo / Mu
26	sup.	sì	11425.2	-51624.1	-1199069.0	239.8	25980.6	-338456.8	0.153

Verif.SLU (N cost.) =  $M_o / \mu = -51624.1 / -338456.8 = 0.153$  OK

#### Verifiche a taglio

Sollecitazione maggiormente gravosa in Cmb n. 4 ( $\gamma = 3$ )

Cmb.	Sez.	Sism.	N [daN]	Mo [daNcm]	Mp [daNcm]	Vo [daN]	Vp [daN]	Ver. 7.8.7	Ver. 7.8.10
4	sup.	no	12495.9	-12710.3	-1351870.0	-68.3	32731.3	0.784	0.732

$V_{ed} = 32731.3 \text{ daN}$  in cmb n. 4 non sism.

$f_{vd} = (f_{vk0} + 0.4 \sigma_m) / \gamma = (3.0 + 0.4 \cdot 4.0) / 3.0 = 1.54 \text{ daN/cm}$

Res. a taglio della muratura  $V_{t,M} = f_{vd} b d = 1.54 \cdot 30.0 \cdot 254.5 = 11719.99 \text{ daN}$

Res. a taglio dell'armatura  $V_{t,S} = (0.6 d A_s f_{yd}) / s = 0.6 \cdot 254.5 \cdot 1.01 \cdot 3913 / 20.0 = 30034.72 \text{ daN}$

Verifica a taglio 7.8.7 =  $V_{ed} / (V_{t,M} + V_{t,S}) = 32731.32 / 41754.71 = 0.784$  OK

$V_{tc} = 0.3 f_{vd} b d = 0.3 \cdot 19.53 \cdot 30.00 \cdot 254.5 = 44741.10 \text{ daN}$

Verifica a taglio 7.8.10 =  $V_{ed} / V_{tc} = 0.732$  OK

#### Verifiche percentuali minime e massime di armatura:

$A_{f_{vert}} / A_{setto} = 0.051\%$  Ok

$A_{f_{oriz}} / A_{setto} = 0.169\%$  Ok





## 8.6. Verifiche agli SLO

Nel presente paragrafo viene riportata la verifica allo spostamento di interpiano, sotto azione sismica SLO.

La verifica consiste nel controllo che il rapporto tra lo spostamento orizzontale sotto sisma e l'altezza di interpiano, si mantenga sempre inferiore al valore limite imposto da normativa.

Tale valore limite viene assunto dal par. 7.3.6.1 delle NTC2018, ovvero:

<b>VERIFICHE DI RIGIDEZZA (RIG)</b>		
La condizione in termini di rigidezza sulla struttura si ritiene soddisfatta qualora la conseguente deformazione degli elementi strutturali non produca sugli elementi non strutturali danni tali da rendere la costruzione temporaneamente inagibile.		
Nel caso delle costruzioni civili e industriali, qualora la temporanea inagibilità sia dovuta a spostamenti di interpiano eccessivi, questa condizione si può ritenere soddisfatta quando gli spostamenti di interpiano ottenuti dall'analisi in presenza dell'azione sismica di progetto corrispondente allo <i>SL</i> e alla <i>CU</i> considerati siano inferiori ai limiti indicati nel seguito.		
Per le <i>CU</i> I e II ci si riferisce allo <i>SLD</i> (v. Tab. 7.3.III) e deve essere:		
a) per tamponature collegate rigidamente alla struttura, che interferiscono con la deformabilità della stessa:		
	$qd_r \leq 0,0050 \cdot h$	per tamponature fragili [7.3.11a]
	$qd_r \leq 0,0075 \cdot h$	per tamponature duttili [7.3.11b]
b) per tamponature progettate in modo da non subire danni a seguito di spostamenti d'interpiano $d_{rp}$ per effetto della loro deformabilità intrinseca oppure dei collegamenti alla struttura:		
	$qd_r \leq d_{rp} \leq 0,0100 \cdot h$	[7.3.12]
c) per costruzioni con struttura portante di muratura ordinaria	$qd_r \leq 0,0020 \cdot h$	[7.3.13]
d) per costruzioni con struttura portante di muratura armata	$qd_r \leq 0,0030 \cdot h$	[7.3.14]
e) per costruzioni con struttura portante di muratura confinata	$qd_r < 0,0025 \cdot h$	[7.3.15]

dove:

$d_r$  è lo spostamento di interpiano, cioè la differenza tra gli spostamenti del solaio superiore e del solaio inferiore, calcolati, nel caso di analisi lineare, secondo il § 7.3.3.3 o, nel caso di analisi non lineare, secondo il § 7.3.4, sul modello di calcolo non comprensivo delle tamponature,

$h$  è l'altezza del piano.

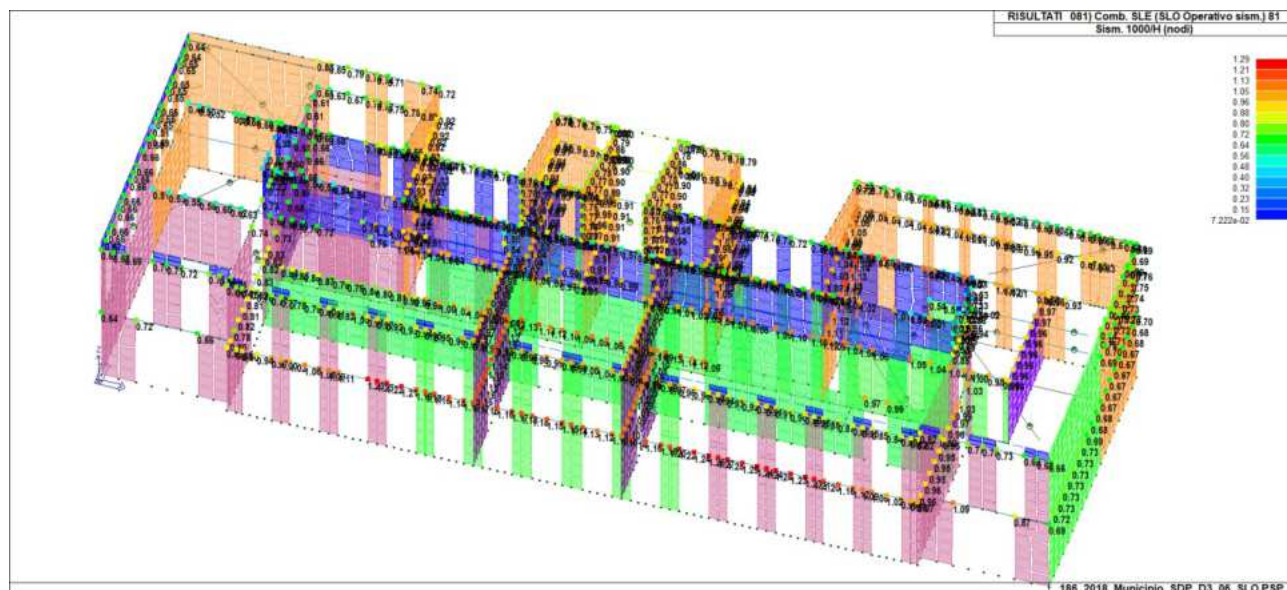
Per le *CU* III e IV ci si riferisce allo *SLO* (v. Tab. 7.3.III) e gli spostamenti d'interpiano devono essere inferiori ai 2/3 dei limiti in precedenza indicati.

Essendo l'edificio in oggetto in Classe d'uso IV, ci si riferisce allo SLO e il limite indicato deve essere ridotto ai 2/3.

$$qd_r \leq \frac{2}{3} 0,0020 \cdot h$$
$$qd_r \leq 0,0013 \cdot h$$

Il programma di calcolo mostra lo spostamento di interpiano moltiplicato per 1000 e diviso per l'altezza di interpiano, il valore riportato è dunque verificato se inferiore a 1,3.





La verifica risulta soddisfatta.



## 9. ANALISI CINEMATISMI

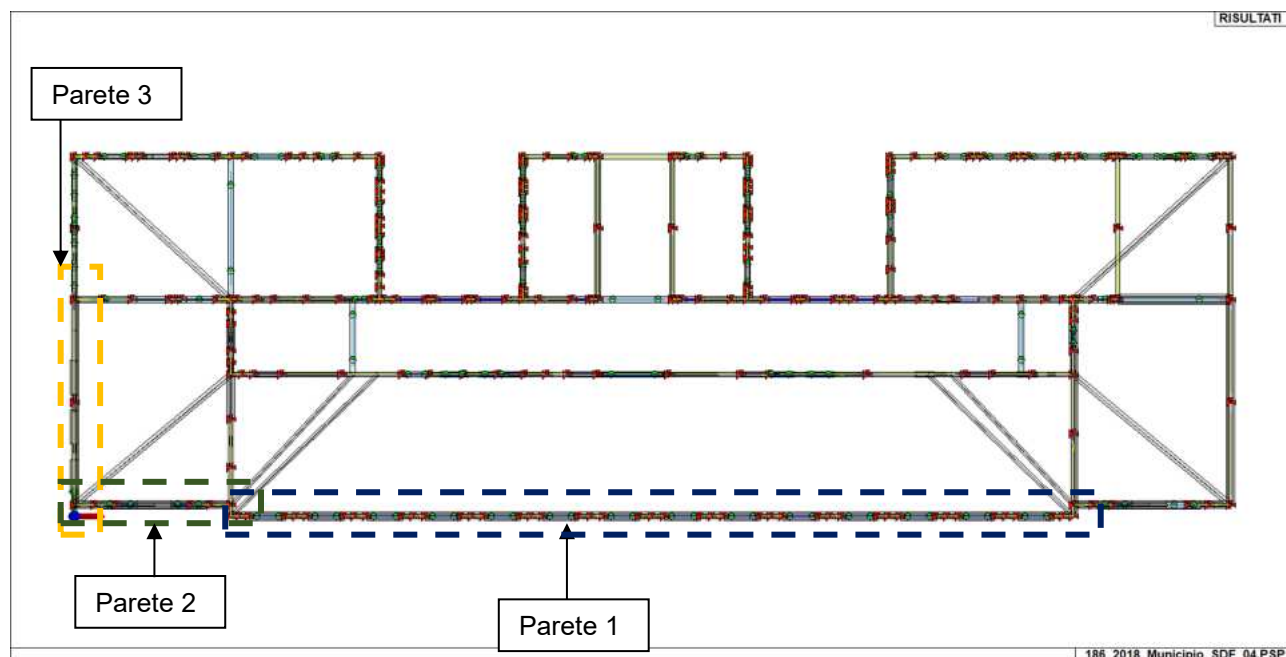
La conoscenza storica del manufatto e le indagini di rilievo hanno permesso di escludere l'insorgenza di possibili meccanismi di rottura per quelle pareti dove si è rilevata la presenza di cordoli alle quote d'imposta dei solai. La zona in questione riguarda i 3 blocchi in ampliamento posti sul retro dell'edificio (Prospetto Nord). Per le parti strutturali dove non è stato possibile approfondire la presenza di elementi in grado di contrastare l'insorgenza di rottura locali si è provveduto ad un'analisi dei cinematismi di corpo rigido fuori piano.

I meccanismi locali di corpo rigido possono essere descritti da un insieme di blocchi murari, che possono essere considerati indeformabili, tra loro collegati attraverso vincoli interni (sconnessioni, quali ad esempio cerniere o bielle, che lasciano liberi uno o più gradi di libertà relativi) ed elementi di connessione (rigidi o elastici, lisci o attritivi), che simulano l'eventuale presenza di catene metalliche, travi o ammorsamenti murari.

Sono inoltre presenti vincoli esterni che simulano il collegamento della porzione interessata dal meccanismo con il resto della costruzione; l'insieme di tali vincoli deve essere tale da costituire una catena cinematica a un grado di libertà, il cui atto di moto può essere descritto da un parametro di spostamento (o rotazione) virtuale infinitesimo. La rappresentazione della struttura come catena cinematica di corpi rigidi è attendibile solo se la parete non è vulnerabile nei riguardi di fenomeni di disgregazione.

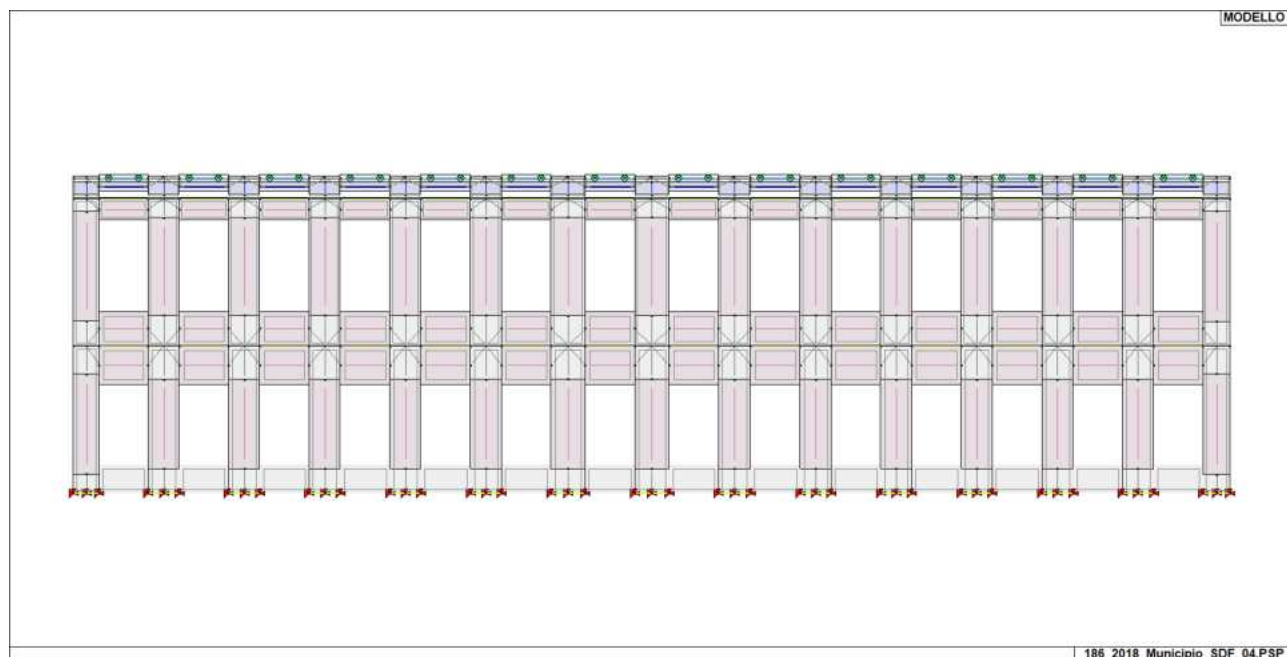
L'analisi che segue è eseguita su 3 pareti individuate come elementi vulnerabili. Si procede alla verifica mediante un applicativo del software del programma utilizzato per la modellazione dell'intera struttura secondo le valutazioni riportate sopra.

Le pareti analizzate sono illustrate nell'immagine seguente:

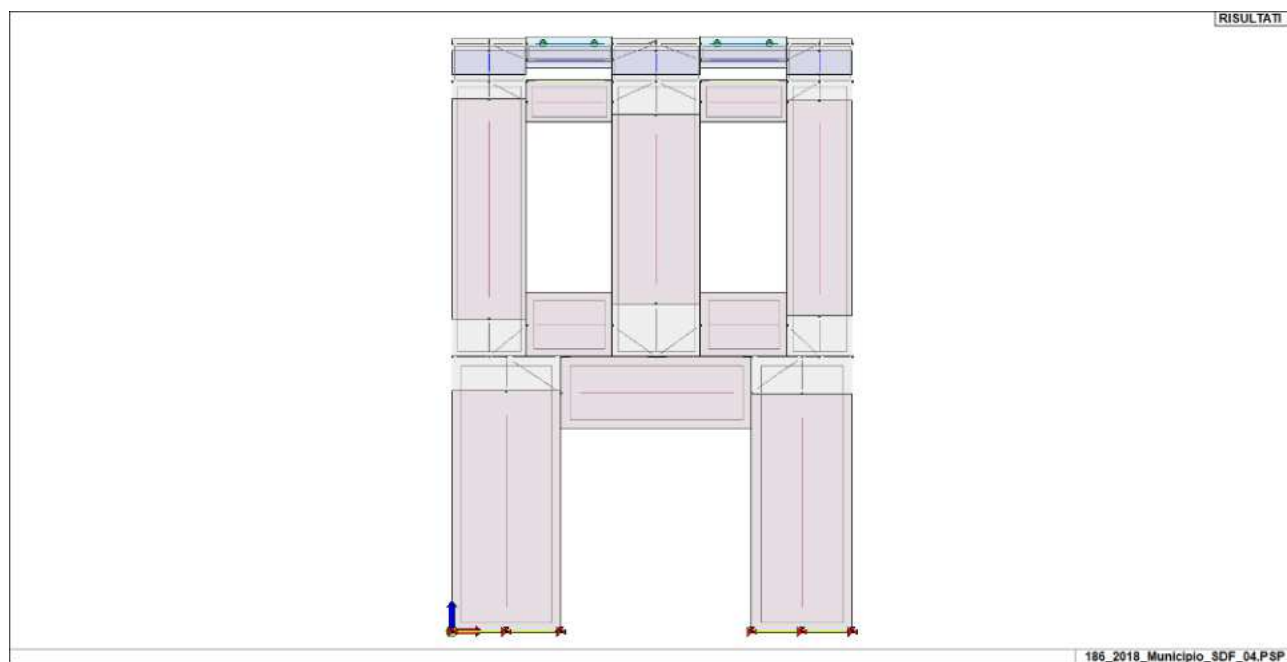


**Figura 98 Pianta cinematismi**



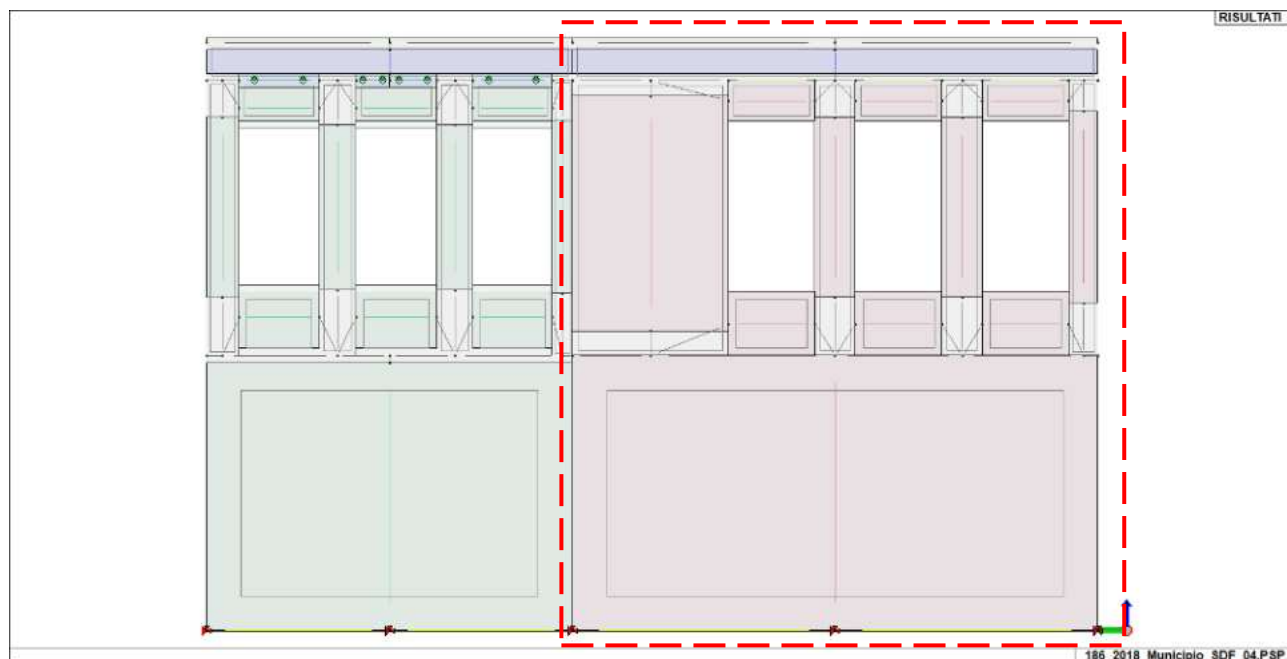


**Figura 99 Parete 1 valutata per analisi cinematici**



**Figura 100 Parete 2 valutata per analisi cinematici**





**Figura 101 Parete 3 valutata per analisi cinematici**

Per ciascuna parete si procede ad un'analisi con approccio cinematico lineare, con i parametri sismici di seguito riportati, considerando un livello di sicurezza pari all'80%, uguale a quello target per l'analisi globale.

Località: GUIDIZZOLO (MN)

Altezza totale dell'edificio: .....	10,15 [m]
Vita nominale dell'edificio: .....	50 [anni]
Coefficiente di struttura: .....	2,50 [-]
Periodo del modo principale di vibrare (T1): .....	0,284 [sec]
Coefficiente di partecipazione modale $\gamma$ : .....	1,29 [-]
Categoria di sottosuolo: .....	Tipo C

#### Spettro di Risposta allo SLC

Periodo di ritorno per lo SLC (Tr): .....	1056 [anni]
Probabilità di superamento per lo SLC (Pver): .....	9 [%]
Periodo di inizio del tratto a velocità costante per lo SLC (Tc*): .....	0,649 [sec]
Accelerazione orizzontale massima al sito per lo SLC (ag): .....	0,226 [g]
Fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale per lo SLC (Fo): .....	2,51 [-]
Periodo dello spettro Tb: .....	0,22 [sec]
Periodo dello spettro Tc: .....	0,65 [sec]
Periodo dello spettro Td: .....	2,50 [sec]
Coefficiente di sottosuolo S: .....	1,00 [-]

#### Spettro di Risposta allo SLV

Periodo di ritorno per lo SLV (Tr): .....	527 [anni]
Probabilità di superamento per lo SLV (Pver): .....	17 [%]
Periodo di inizio del tratto a velocità costante per lo SLV (Tc*): .....	0,647 [sec]
Accelerazione orizzontale massima al sito per lo SLV (ag): .....	0,174 [g]
Fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale per lo SLV (Fo): .....	2,49 [-]
Periodo dello spettro Tb: .....	0,22 [sec]
Periodo dello spettro Tc: .....	0,65 [sec]
Periodo dello spettro Td: .....	2,29 [sec]
Coefficiente di sottosuolo S: .....	1,00 [-]

#### Spettro di Risposta allo SLD

Periodo di ritorno per lo SLD (Tr): .....	65 [anni]
---	-----------





Probabilità di superamento per lo SLD (P <sub>ver</sub> ): .....	78 [%]
Periodo di inizio del tratto a velocità costante per lo SLD (T <sub>c</sub> <sup>*</sup> ): .....	0,598 [sec]
Accelerazione orizzontale massima al sito per lo SLD (a <sub>g</sub> ): .....	0,067 [g]
Fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale per lo SLD (F <sub>o</sub> ): .....	2,56 [-]
Periodo dello spettro T <sub>b</sub> : .....	0,20 [sec]
Periodo dello spettro T <sub>c</sub> : .....	0,60 [sec]
Periodo dello spettro T <sub>d</sub> : .....	1,87 [sec]
Coefficiente di sottosuolo S: .....	1,00 [-]



Nel calcolo dei cinematismi viene considerato l'arretramento del punto di contatto tra i blocchi nei seguenti casi:

- Cinematismi di ribaltamento fuori piano
- Cinematismi di flessione verticale
- Cinematismi di flessione orizzontale





## 9.1. Parete 1

### Geometria delle pareti:



Figura: 2 - Modello 3D della parete

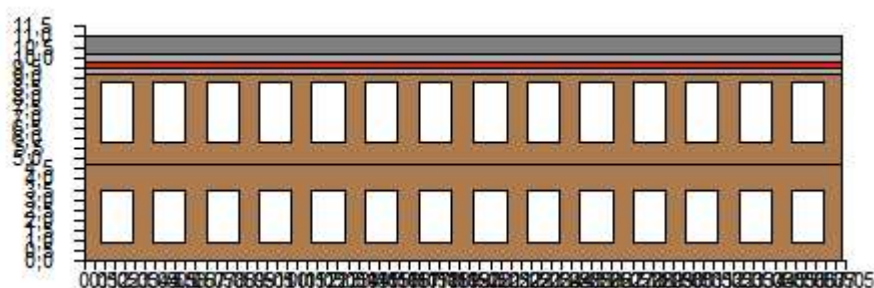


Figura: 3 - Prospetto della parete

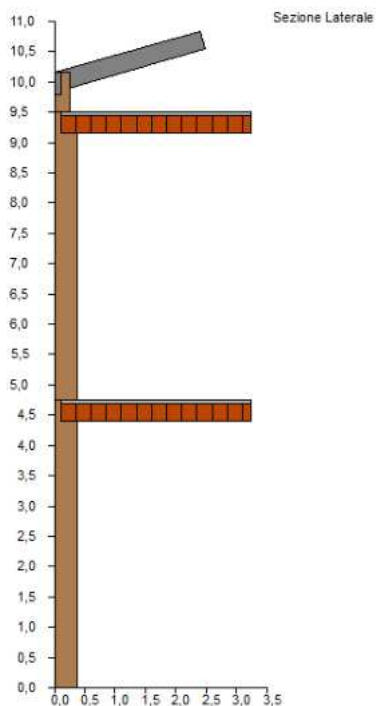


Figura: 4 - Sezione della parete

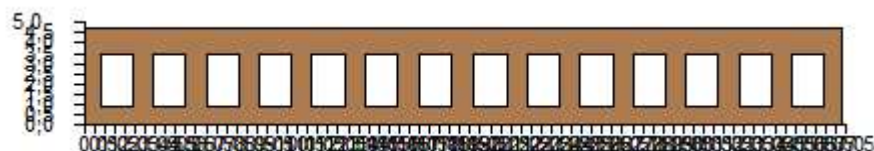


Figura: 5 - Prospetto della parete n° 1





Altezza della parete n° 1: .....	4,75 [m]
Larghezza della parete n° 1: .....	37,30 [m]
Spessore della parete n° 1: .....	0,38 [m]
Rientro della parete n° 1: .....	0,00 [m]
Peso della parete n° 1: .....	858,90 [kN]
Caratteristiche delle Aperture:	
Apertura n° 1: piano <0> finestra n. 1	
Altezza dell'apertura: .....	2,60 [m]
Base dell'apertura: .....	1,58 [m]
Altezza inferiore dell'apertura: .....	0,90 [m]
Posizione dell'apertura: .....	0,83 [m]
Apertura n° 2: piano <0> finestra n. 2	
Altezza dell'apertura: .....	2,60 [m]
Base dell'apertura: .....	1,60 [m]
Altezza inferiore dell'apertura: .....	0,90 [m]
Posizione dell'apertura: .....	3,41 [m]
Apertura n° 3: piano <0> finestra n. 3	
Altezza dell'apertura: .....	2,60 [m]
Base dell'apertura: .....	1,60 [m]
Altezza inferiore dell'apertura: .....	0,90 [m]
Posizione dell'apertura: .....	6,01 [m]
Apertura n° 4: piano <0> finestra n. 4	
Altezza dell'apertura: .....	2,60 [m]
Base dell'apertura: .....	1,60 [m]
Altezza inferiore dell'apertura: .....	0,90 [m]
Posizione dell'apertura: .....	8,61 [m]
Apertura n° 5: piano <0> finestra n. 5	
Altezza dell'apertura: .....	2,60 [m]
Base dell'apertura: .....	1,60 [m]
Altezza inferiore dell'apertura: .....	0,90 [m]
Posizione dell'apertura: .....	11,21 [m]
Apertura n° 6: piano <0> finestra n. 6	
Altezza dell'apertura: .....	2,60 [m]
Base dell'apertura: .....	1,60 [m]
Altezza inferiore dell'apertura: .....	0,90 [m]
Posizione dell'apertura: .....	13,80 [m]
Apertura n° 7: piano <0> finestra n. 7	
Altezza dell'apertura: .....	2,60 [m]
Base dell'apertura: .....	1,60 [m]
Altezza inferiore dell'apertura: .....	0,90 [m]
Posizione dell'apertura: .....	16,50 [m]
Apertura n° 8: piano <0> finestra n. 8	
Altezza dell'apertura: .....	2,60 [m]
Base dell'apertura: .....	1,60 [m]
Altezza inferiore dell'apertura: .....	0,90 [m]
Posizione dell'apertura: .....	19,20 [m]
Apertura n° 9: piano <0> finestra n. 9	
Altezza dell'apertura: .....	2,60 [m]
Base dell'apertura: .....	1,60 [m]
Altezza inferiore dell'apertura: .....	0,90 [m]
Posizione dell'apertura: .....	21,84 [m]





Apertura n° 10: piano <0> finestra n. 10

Altezza dell'apertura: .....	2,60 [m]
Base dell'apertura: .....	1,60 [m]
Altezza inferiore dell'apertura: .....	0,90 [m]
Posizione dell'apertura: .....	24,44 [m]

Apertura n° 11: piano <0> finestra n. 11

Altezza dell'apertura: .....	2,60 [m]
Base dell'apertura: .....	1,60 [m]
Altezza inferiore dell'apertura: .....	0,90 [m]
Posizione dell'apertura: .....	27,04 [m]

Apertura n° 12: piano <0> finestra n. 12

Altezza dell'apertura: .....	2,60 [m]
Base dell'apertura: .....	1,60 [m]
Altezza inferiore dell'apertura: .....	0,90 [m]
Posizione dell'apertura: .....	29,64 [m]

Apertura n° 13: piano <0> finestra n. 13

Altezza dell'apertura: .....	2,60 [m]
Base dell'apertura: .....	1,60 [m]
Altezza inferiore dell'apertura: .....	0,90 [m]
Posizione dell'apertura: .....	32,24 [m]

Apertura n° 14: piano <0> finestra n. 14

Altezza dell'apertura: .....	2,60 [m]
Base dell'apertura: .....	1,60 [m]
Altezza inferiore dell'apertura: .....	0,90 [m]
Posizione dell'apertura: .....	34,84 [m]

Caratteristiche parete di ammorsamento:

Posizione orizzontale della parete di Ammorsamento: .....	0,00 [m]
Larghezza Inferiore della parete di Ammorsamento: .....	1,00 [m]
Larghezza Superiore della parete di Ammorsamento: .....	1,00 [m]
Inclinazione della parete di Ammorsamento: .....	0,00 [°]
Spessore della parete di Ammorsamento: .....	0,38 [m]

Caratteristiche parete di ammorsamento:

Posizione orizzontale della parete di Ammorsamento: .....	13,31 [m]
Larghezza Inferiore della parete di Ammorsamento: .....	2,00 [m]
Larghezza Superiore della parete di Ammorsamento: .....	3,27 [m]
Inclinazione della parete di Ammorsamento: .....	15,00 [°]
Spessore della parete di Ammorsamento: .....	0,30 [m]

Caratteristiche parete di ammorsamento:

Posizione orizzontale della parete di Ammorsamento: .....	21,32 [m]
Larghezza Inferiore della parete di Ammorsamento: .....	2,00 [m]
Larghezza Superiore della parete di Ammorsamento: .....	3,27 [m]
Inclinazione della parete di Ammorsamento: .....	15,00 [°]
Spessore della parete di Ammorsamento: .....	0,30 [m]

Caratteristiche parete di ammorsamento:

Posizione orizzontale della parete di Ammorsamento: .....	37,30 [m]
Larghezza Inferiore della parete di Ammorsamento: .....	1,00 [m]
Larghezza Superiore della parete di Ammorsamento: .....	1,00 [m]
Inclinazione della parete di Ammorsamento: .....	0,00 [°]
Spessore della parete di Ammorsamento: .....	0,38 [m]

Descrizione Tipologia di Solaio:

[4] Tipo "4E" - Solaio 20+4 - Q=985kg/mq-Qsol = 985.00





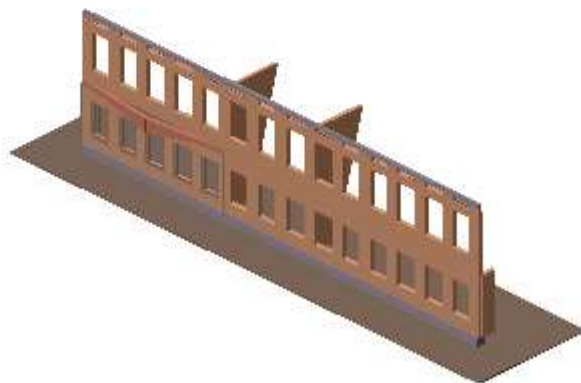
$G_{1k}$ carico permanente strutturale del solaio: .....	3,15 [kN/mq]
$G_{2k}$ carico permanente non strutturale del solaio: .....	3,70 [kN/mq]
$\varphi_2$ coefficiente carico variabile del solaio: .....	0,30 [-]
$Q_k$ carico variabile del solaio: .....	3,00 [kN/mq]
is: semi-lunghezza del solaio: .....	3,14 [m]
es: eccentricità delle reazioni di appoggio del solaio: .....	0,00 [m]
$p_{vd}$ carico di calcolo verticale del solaio della parete: .....	7,75 [kN/mq]
$p_{hd}$ carico di calcolo orizzontale del solaio della parete: .....	7,75 [kN/mq]

#### **Sforzo assorbito dai cordoli o vincoli in testa alle pareti**

Reazione cordolo/vincolo della parete n°3: ..... 2711,62 [kN]

#### **Risultati Meccanismi Locali tramite Analisi Cinematica Lineare e/o Analisi Cinematica Non Lineare:**

##### **Cinematismo n° 1: Espulsione Flessionale Orizzontale a quota sopra elevata**



Quota di attivazione del cinematismo: .....	0,00 [m]
Primo modo di vibrare normalizzato ad 1 in sommità dell'edificio $\Psi_{(z)}$ : .....	0,369 [-]
Momento Ribaltante $M_{rib}$ : .....	1274,440 [kN*m]
Momento Stabilizzante $M_{st}$ : .....	186,718 [kN*m]





Moltiplicatore di collasso dei carichi orizzontali  $\alpha_0$ : ..... 0,147 [-]  
accelerazione spettrale di attivazione del cinematismo  $a_0^*$ : ..... 0,123 [g]  
Massa partecipante al cinematismo  $M^*$ : ..... 37,427 [kN/g]  
Frazione di massa partecipante della struttura  $e^*$ : ..... 0,990 [-]

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLD

Accelerazione orizzontale massima in sito allo SLD  $a_{g,SLD}$ : ..... 0,067 [g]  
Accelerazione di riferimento al suolo allo SLD ( $a_{g,SLD} S$ )/ $q_{SLD}$ : ..... 0,067 [g]  
Accelerazione di riferimento in elevazione allo SLD:  $a_z(z)_{SLD}$ : ..... 0,082 [g]  
Fattore di verifica a quota zero allo SLD: ..... 0,544 [-]  
Fattore di verifica in elevazione allo SLD: ..... 0,664 [-]

Esito verifica meccanismo a quota zero allo SLD: ..... VERIFICATO  
Esito verifica meccanismo in elevazione allo SLD: ..... VERIFICATO

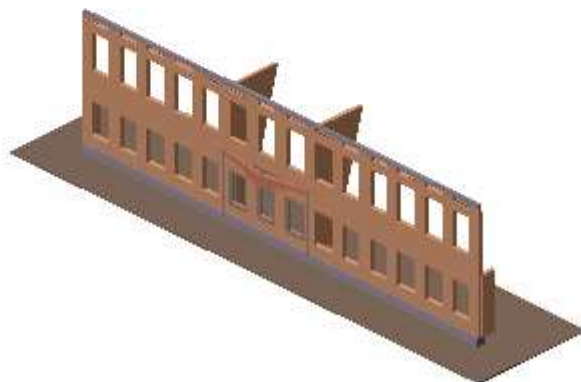
Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLV

Accelerazione orizzontale massima in sito allo SLV  $a_{g,SLV}$ : ..... 0,174 [g]  
Accelerazione di riferimento al suolo allo SLV ( $a_{g,SLV} S$ )/ $q_{SLV}$ : ..... 0,069 [g]  
Accelerazione di riferimento in elevazione allo SLV:  $a_z(z)_{SLV}$ : ..... 0,083 [g]  
Fattore di verifica a quota zero allo SLV: ..... 0,563 [-]  
Fattore di verifica in elevazione allo SLV: ..... 0,671 [-]

Esito verifica meccanismo a quota zero allo SLV: ..... VERIFICATO  
Esito verifica meccanismo in elevazione allo SLV: ..... VERIFICATO

**Cinematismo n° 2: Espulsione Flessionale Orizzontale a quota sopra elevata**





Quota di attivazione del cinematisimo: .....	0,00 [m]
Primo modo di vibrare normalizzato ad 1 in sommità dell'edificio $\Psi_{(z)}$ : .....	0,369 [-]
Momento Ribaltante $M_{rib}$ : .....	461,333 [kN*m]
Momento Stabilizzante $M_{st}$ : .....	180,115 [kN*m]
Moltiplicatore di collasso dei carichi orizzontali $\alpha_0$ : .....	0,390 [-]
accelerazione spettrale di attivazione del cinematisimo $a_0^*$ : .....	0,328 [g]
Massa partecipante al cinematisimo $M^*$ : .....	22,524 [kN/g]
Frazione di massa partecipante della struttura $e^*$ : .....	0,990 [-]

#### Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLD

Accelerazione orizzontale massima in sito allo SLD $a_{g,SLD}$ : .....	0,067 [g]
Accelerazione di riferimento al suolo allo SLD $(a_{g,SLD} S)/q_{SLD}$ : .....	0,067 [g]
Accelerazione di riferimento in elevazione allo SLD: $a_z(z)_{SLD}$ : .....	0,082 [g]
Fattore di verifica a quota zero allo SLD: .....	0,204 [-]
Fattore di verifica in elevazione allo SLD: .....	0,249 [-]

Esito verifica meccanismo a quota zero allo SLD: .....	VERIFICATO
Esito verifica meccanismo in elevazione allo SLD: .....	VERIFICATO

#### Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLV

Accelerazione orizzontale massima in sito allo SLV $a_{g,SLV}$ : .....	0,174 [g]
Accelerazione di riferimento al suolo allo SLV $(a_{g,SLV} S)/q_{SLV}$ : .....	0,069 [g]

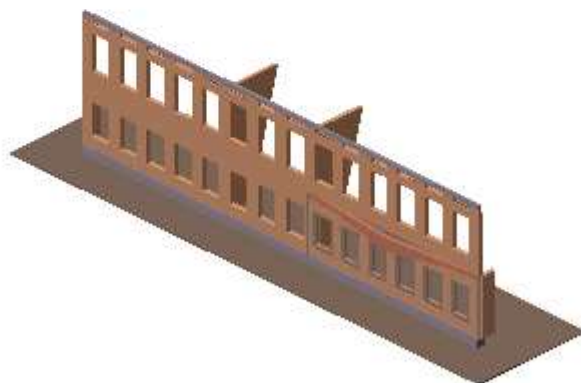




Accelerazione di riferimento in elevazione allo SLV:  $a_z(z)_{SLV}$ : ..... 0,083 [g]  
Fattore di verifica a quota zero allo SLV: ..... 0,211 [-]  
Fattore di verifica in elevazione allo SLV: ..... 0,252 [-]

Esito verifica meccanismo a quota zero allo SLV: ..... VERIFICATO  
Esito verifica meccanismo in elevazione allo SLV: ..... VERIFICATO

### Cinematismo n° 3: Espulsione Flessionale Orizzontale a quota sopra elevata



Quota di attivazione del cinematismo: ..... 0,00 [m]  
Primo modo di vibrare normalizzato ad 1 in sommità dell'edificio  $\Psi(z)$ : ..... 0,369 [-]  
Momento Ribaltante  $M_{rib}$ : ..... 1863,073 [kN\*m]  
Momento Stabilizzante  $M_{st}$ : ..... 189,552 [kN\*m]  
Moltiplicatore di collasso dei carichi orizzontali  $\alpha_0$ : ..... 0,102 [-]  
accelerazione spettrale di attivazione del cinematismo  $a_0^*$ : ..... 0,086 [g]  
Massa partecipante al cinematismo  $M^*$ : ..... 45,021 [kN/g]  
Frazione di massa partecipante della struttura  $e^*$ : ..... 0,989 [-]

#### Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLD

Accelerazione orizzontale massima in sito allo SLD  $a_{g,SLD}$ : ..... 0,067 [g]  
Accelerazione di riferimento al suolo allo SLD ( $a_{g,SLD} S$ )/ $q_{SLD}$ : ..... 0,067 [g]  
Accelerazione di riferimento in elevazione allo SLD:  $a_z(z)_{SLD}$ : ..... 0,082 [g]





Fattore di verifica a quota zero allo SLD: ..... 0,781 [-]  
Fattore di verifica in elevazione allo SLD: ..... 0,955 [-]

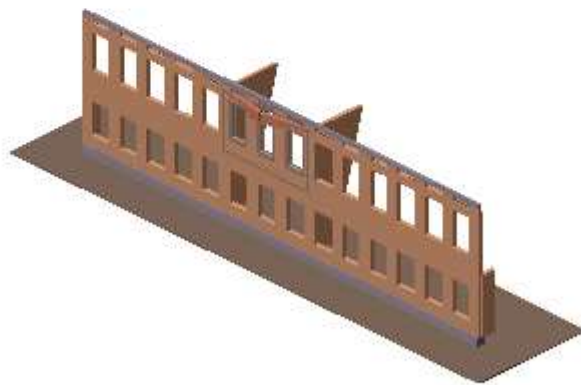
Esito verifica meccanismo a quota zero allo SLD: ..... VERIFICATO  
Esito verifica meccanismo in elevazione allo SLD: ..... VERIFICATO

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLV

Accelerazione orizzontale massima in sito allo SLV  $a_{g,SLV}$ : ..... 0,174 [g]  
Accelerazione di riferimento al suolo allo SLV ( $a_{g,SLV} S$ )/ $q_{SLV}$ : ..... 0,069 [g]  
Accelerazione di riferimento in elevazione allo SLV:  $a_z(z)_{SLV}$ : ..... 0,083 [g]  
Fattore di verifica a quota zero allo SLV: ..... 0,810 [-]  
Fattore di verifica in elevazione allo SLV: ..... 0,964 [-]

Esito verifica meccanismo a quota zero allo SLV: ..... VERIFICATO  
Esito verifica meccanismo in elevazione allo SLV: ..... VERIFICATO

**Cinematismo n° 4: Espulsione Flessionale Orizzontale a quota sopra elevata**



Quota di attivazione del cinematismo: ..... 0,00 [m]  
Primo modo di vibrare normalizzato ad 1 in sommità dell'edificio  $\Psi_{(z)}$ : ..... 0,837 [-]  
Momento Ribaltante  $M_{rib}$ : ..... 265,805 [kN\*m]  
Momento Stabilizzante  $M_{st}$ : ..... 130,031 [kN\*m]





Moltiplicatore di collasso dei carichi orizzontali $\alpha_0$ :	0,489 [-]
accelerazione spettrale di attivazione del cinematisimo $a_0^*$ :	0,415 [g]
Massa partecipante al cinematisimo $M^*$ :	12,358 [kN/g]
Frazione di massa partecipante della struttura $e^*$ :	0,983 [-]

#### Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLD

Accelerazione orizzontale massima in sito allo SLD $a_{g,SLD}$ :	0,067 [g]
Accelerazione di riferimento al suolo allo SLD $(a_{g,SLD} S)/q_{SLD}$ :	0,067 [g]
Accelerazione di riferimento in elevazione allo SLD: $a_z(z)_{SLD}$ :	0,186 [g]
Fattore di verifica a quota zero allo SLD:	0,162 [-]
Fattore di verifica in elevazione allo SLD:	0,448 [-]

Esito verifica meccanismo a quota zero allo SLD: ..... VERIFICATO  
Esito verifica meccanismo in elevazione allo SLD: ..... VERIFICATO

#### Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLV

Accelerazione orizzontale massima in sito allo SLV $a_{g,SLV}$ :	0,174 [g]
Accelerazione di riferimento al suolo allo SLV $(a_{g,SLV} S)/q_{SLV}$ :	0,069 [g]
Accelerazione di riferimento in elevazione allo SLV: $a_z(z)_{SLV}$ :	0,187 [g]
Fattore di verifica a quota zero allo SLV:	0,167 [-]
Fattore di verifica in elevazione allo SLV:	0,452 [-]

Esito verifica meccanismo a quota zero allo SLV: ..... VERIFICATO  
Esito verifica meccanismo in elevazione allo SLV: ..... VERIFICATO

#### Confronto PGA in sito e PGA meccanismi di collasso locali

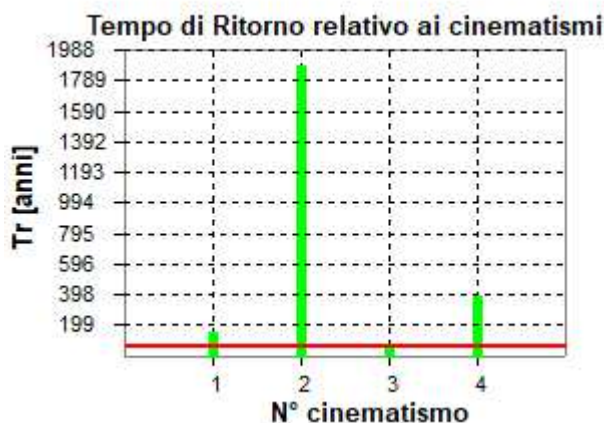
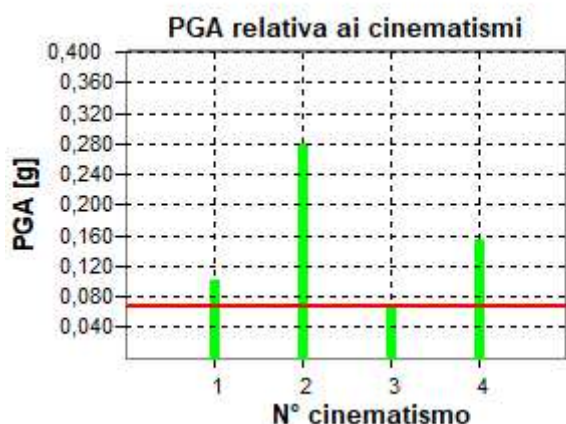


Figura: 6 - Confronto PGA SLD

Figura: 7 - Confronto TR SLD





### Cinematismo n° 1: Espulsione Flessionale Orizzontale a quota sopra elevata

Accelerazione del suolo $PGA_D$ allo SLD: .....	0,0670 [g]
Tempo di Ritorno $TR_D$ allo SLD: .....	65 [anni]
Accelerazione del suolo nel caso di analisi cinematica lineare $PGA_{C,Lin}$ allo SLD: .....	0,1013 [g]
Tempo di Ritorno nel caso di analisi cinematica lineare $TR_{C,Lin}$ allo SLD: .....	152 [anni]
Rapporto PGA nel caso di analisi cinematica lineare $\alpha_{PGA} = PGA_{C,Lin}/PGA_D$ : .....	1,5119 [-]
Rapporto TR nel caso di analisi cinematica lineare $I_S = TR_{C,Lin}/TR_D$ : .....	2,3398 [-]

### Cinematismo n° 2: Espulsione Flessionale Orizzontale a quota sopra elevata

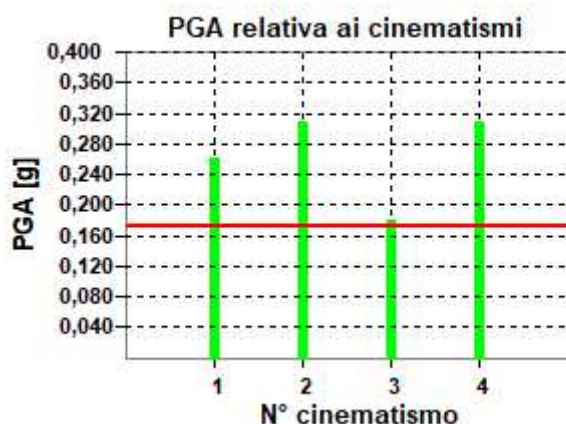
Accelerazione del suolo $PGA_D$ allo SLD: .....	0,0670 [g]
Tempo di Ritorno $TR_D$ allo SLD: .....	65 [anni]
Accelerazione del suolo nel caso di analisi cinematica lineare $PGA_{C,Lin}$ allo SLD: .....	0,2788 [g]
Tempo di Ritorno nel caso di analisi cinematica lineare $TR_{C,Lin}$ allo SLD: .....	1888 [anni]
Rapporto PGA nel caso di analisi cinematica lineare $\alpha_{PGA} = PGA_{C,Lin}/PGA_D$ : .....	4,1612 [-]
Rapporto TR nel caso di analisi cinematica lineare $I_S = TR_{C,Lin}/TR_D$ : .....	29,0003 [-]

### Cinematismo n° 3: Espulsione Flessionale Orizzontale a quota sopra elevata

Accelerazione del suolo $PGA_D$ allo SLD: .....	0,0670 [g]
Tempo di Ritorno $TR_D$ allo SLD: .....	65 [anni]
Accelerazione del suolo nel caso di analisi cinematica lineare $PGA_{C,Lin}$ allo SLD: .....	0,0704 [g]
Tempo di Ritorno nel caso di analisi cinematica lineare $TR_{C,Lin}$ allo SLD: .....	72 [anni]
Rapporto PGA nel caso di analisi cinematica lineare $\alpha_{PGA} = PGA_{C,Lin}/PGA_D$ : .....	1,0507 [-]
Rapporto TR nel caso di analisi cinematica lineare $I_S = TR_{C,Lin}/TR_D$ : .....	1,1045 [-]

### Cinematismo n° 4: Espulsione Flessionale Orizzontale a quota sopra elevata

Accelerazione del suolo $PGA_D$ allo SLD: .....	0,0670 [g]
Tempo di Ritorno $TR_D$ allo SLD: .....	65 [anni]
Accelerazione del suolo nel caso di analisi cinematica lineare $PGA_{C,Lin}$ allo SLD: .....	0,1541 [g]
Tempo di Ritorno nel caso di analisi cinematica lineare $TR_{C,Lin}$ allo SLD: .....	393 [anni]
Rapporto PGA nel caso di analisi cinematica lineare $\alpha_{PGA} = PGA_{C,Lin}/PGA_D$ : .....	2,3000 [-]
Rapporto TR nel caso di analisi cinematica lineare $I_S = TR_{C,Lin}/TR_D$ : .....	6,0430 [-]





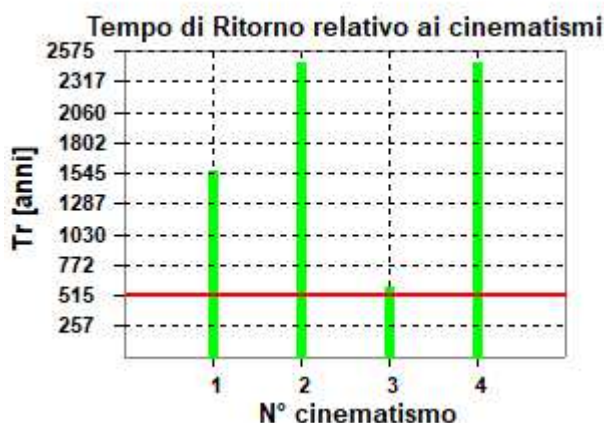


Figura: 8 - Confronto PGA SLV

Figura: 9 - Confronto TR SLV

### Cinematismo n° 1: Espulsione Flessionale Orizzontale a quota sopra elevata

Accelerazione del suolo $PGA_D$ allo SLV: .....	0,1736 [g]
Tempo di Ritorno $TR_D$ allo SLV: .....	527 [anni]
Accelerazione del suolo nel caso di analisi cinematica lineare $PGA_{C,Lin}$ allo SLV: .....	0,2604 [g]
Tempo di Ritorno nel caso di analisi cinematica lineare $TR_{C,Lin}$ allo SLV: .....	1566 [anni]
Rapporto PGA nel caso di analisi cinematica lineare $\alpha_{PGA} = PGA_{C,Lin}/PGA_D$ : .....	1,5000 [-]
Rapporto TR nel caso di analisi cinematica lineare $I_s = TR_{C,Lin}/TR_D$ : .....	2,9726 [-]

### Cinematismo n° 2: Espulsione Flessionale Orizzontale a quota sopra elevata

Accelerazione del suolo $PGA_D$ allo SLV: .....	0,1736 [g]
Tempo di Ritorno $TR_D$ allo SLV: .....	527 [anni]
Accelerazione del suolo nel caso di analisi cinematica lineare $PGA_{C,Lin}$ allo SLV: .....	0,3076 [g]
Tempo di Ritorno nel caso di analisi cinematica lineare $TR_{C,Lin}$ allo SLV: .....	2475 [anni]
Rapporto PGA nel caso di analisi cinematica lineare $\alpha_{PGA} = PGA_{C,Lin}/PGA_D$ : .....	1,7719 [-]
Rapporto TR nel caso di analisi cinematica lineare $I_s = TR_{C,Lin}/TR_D$ : .....	4,6994 [-]

### Cinematismo n° 3: Espulsione Flessionale Orizzontale a quota sopra elevata

Accelerazione del suolo $PGA_D$ allo SLV: .....	0,1736 [g]
Tempo di Ritorno $TR_D$ allo SLV: .....	527 [anni]
Accelerazione del suolo nel caso di analisi cinematica lineare $PGA_{C,Lin}$ allo SLV: .....	0,1802 [g]
Tempo di Ritorno nel caso di analisi cinematica lineare $TR_{C,Lin}$ allo SLV: .....	581 [anni]
Rapporto PGA nel caso di analisi cinematica lineare $\alpha_{PGA} = PGA_{C,Lin}/PGA_D$ : .....	1,0380 [-]
Rapporto TR nel caso di analisi cinematica lineare $I_s = TR_{C,Lin}/TR_D$ : .....	1,1034 [-]

### Cinematismo n° 4: Espulsione Flessionale Orizzontale a quota sopra elevata

Accelerazione del suolo $PGA_D$ allo SLV: .....	0,1736 [g]
Tempo di Ritorno $TR_D$ allo SLV: .....	527 [anni]
Accelerazione del suolo nel caso di analisi cinematica lineare $PGA_{C,Lin}$ allo SLV: .....	0,3076 [g]
Tempo di Ritorno nel caso di analisi cinematica lineare $TR_{C,Lin}$ allo SLV: .....	2475 [anni]
Rapporto PGA nel caso di analisi cinematica lineare $\alpha_{PGA} = PGA_{C,Lin}/PGA_D$ : .....	1,7719 [-]
Rapporto TR nel caso di analisi cinematica lineare $I_s = TR_{C,Lin}/TR_D$ : .....	4,6994 [-]

La verifica risulta soddisfatta.





## 9.2. Parete 2

### Geometria delle pareti:

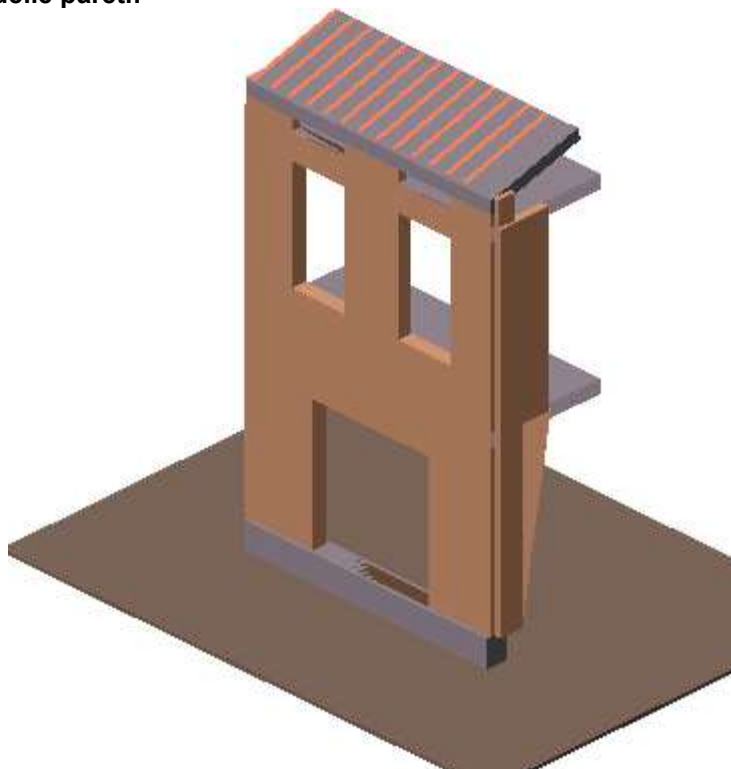
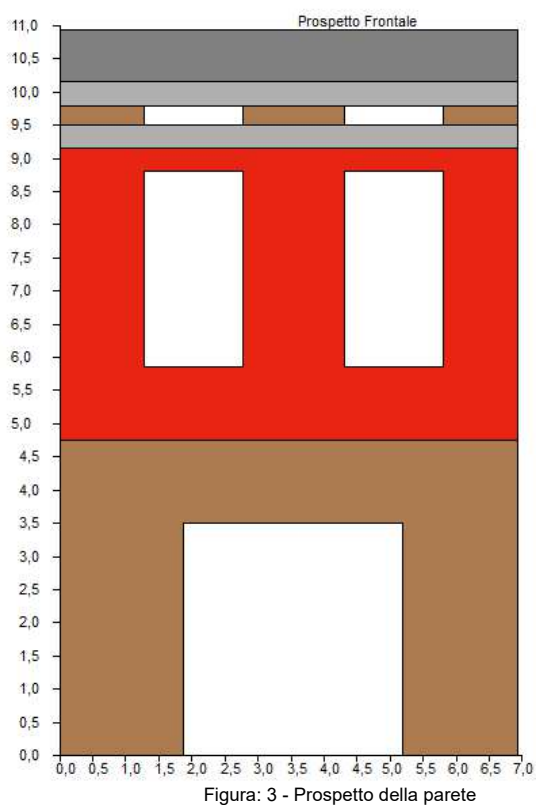


Figura: 2 - Modello 3D della parete





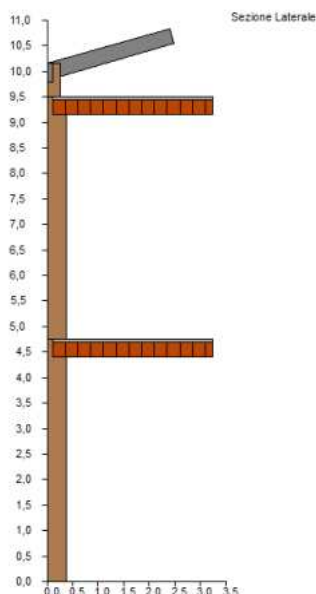


Figura: 4 - Sezione della parete

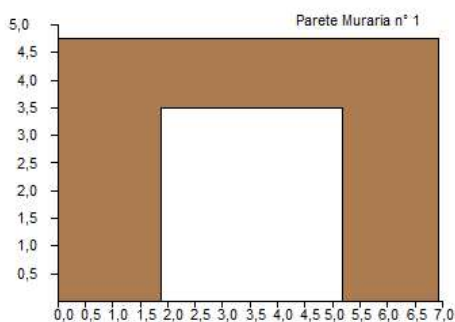


Figura: 5 - Prospetto della parete n° 1

Altezza della parete n° 1:	4,75 [m]
Larghezza della parete n° 1:	6,93 [m]
Spessore della parete n° 1:	0,38 [m]
Rientro della parete n° 1:	0,00 [m]
Peso della parete n° 1:	154,16 [kN]

Caratteristiche delle Aperture:

Apertura n° 1: piano <0> apertura n. 1

Altezza dell'apertura:	3,50 [m]
Base dell'apertura:	3,31 [m]
Altezza inferiore dell'apertura:	0,00 [m]
Posizione dell'apertura:	1,88 [m]

Caratteristiche parete di ammorsamento:

Posizione orizzontale della parete di Ammorsamento:	0,00 [m]
Larghezza Inferiore della parete di Ammorsamento:	0,33 [m]
Larghezza Superiore della parete di Ammorsamento:	1,16 [m]
Inclinazione della parete di Ammorsamento:	10,00 [°]
Spessore della parete di Ammorsamento:	0,38 [m]

Caratteristiche parete di ammorsamento:

Posizione orizzontale della parete di Ammorsamento:	6,93 [m]
Larghezza Inferiore della parete di Ammorsamento:	0,33 [m]
Larghezza Superiore della parete di Ammorsamento:	1,16 [m]
Inclinazione della parete di Ammorsamento:	10,00 [°]
Spessore della parete di Ammorsamento:	0,38 [m]

Descrizione Tipologia di Solaio:





[4] Tipo "4E" - Solaio 20+4 -  $Q=985\text{kg/mq}$ - $Q_{\text{sol}} = 985.00$

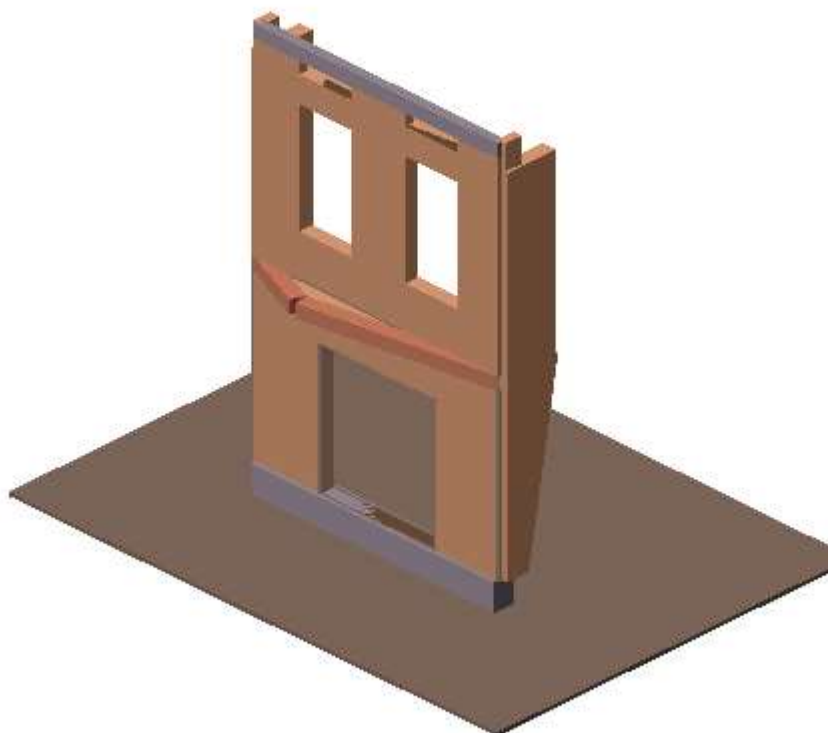
$G_{1k}$ carico permanente strutturale del solaio: .....	3,15 [kN/mq]
$G_{2k}$ carico permanente non strutturale del solaio: .....	3,70 [kN/mq]
$\varphi_2$ coefficiente carico variabile del solaio:.....	0,30 [-]
$Q_k$ carico variabile del solaio: .....	3,00 [kN/mq]
is: semi-lunghezza del solaio: .....	3,14 [m]
es: eccentricità delle reazioni di appoggio del solaio: .....	0,00 [m]
$p_{vd}$ carico di calcolo verticale del solaio della parete: .....	7,75 [kN/mq]
$p_{hd}$ carico di calcolo orizzontale del solaio della parete: .....	7,75 [kN/mq]

#### **Sforzo assorbito dai cordoli o vincoli in testa alle pareti**

Reazione cordolo/vincolo della parete n°3: ..... 372,01 [kN]

#### **Risultati Meccanismi Locali tramite Analisi Cinematica Lineare e/o Analisi Cinematica Non Lineare:**

**Cinematismo n° 1: Espulsione Flessionale Orizzontale a quota sopra elevata**



Quota di attivazione del cinematismo: .....	0,00 [m]
Primo modo di vibrare normalizzato ad 1 in sommità dell'edificio $\Psi_{(z)}$ :.....	0,447 [-]
Momento Ribaltante $M_{rib}$ : .....	165,165 [kN*m]





Momento Stabilizzante  $M_{st}$ : ..... 122,371 [kN\*m]  
Moltiplicatore di collasso dei carichi orizzontali  $\alpha_0$ : ..... 0,741 [-]  
accelerazione spettrale di attivazione del cinematisimo  $a_0^*$ : ..... 0,619 [g]  
Massa partecipante al cinematisimo  $M^*$ : ..... 17,709 [kN/g]  
Frazione di massa partecipante della struttura  $e^*$ : ..... 0,997 [-]

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLD

Accelerazione orizzontale massima in sito allo SLD  $a_{g,SLD}$ : ..... 0,067 [g]  
Accelerazione di riferimento al suolo allo SLD ( $a_{g,SLD} S$ )/ $q_{SLD}$ : ..... 0,067 [g]  
Accelerazione di riferimento in elevazione allo SLD:  $a_z(z)_{SLD}$ : ..... 0,099 [g]  
Fattore di verifica a quota zero allo SLD: ..... 0,108 [-]  
Fattore di verifica in elevazione allo SLD: ..... 0,160 [-]

Esito verifica meccanismo a quota zero allo SLD: ..... VERIFICATO  
Esito verifica meccanismo in elevazione allo SLD: ..... VERIFICATO

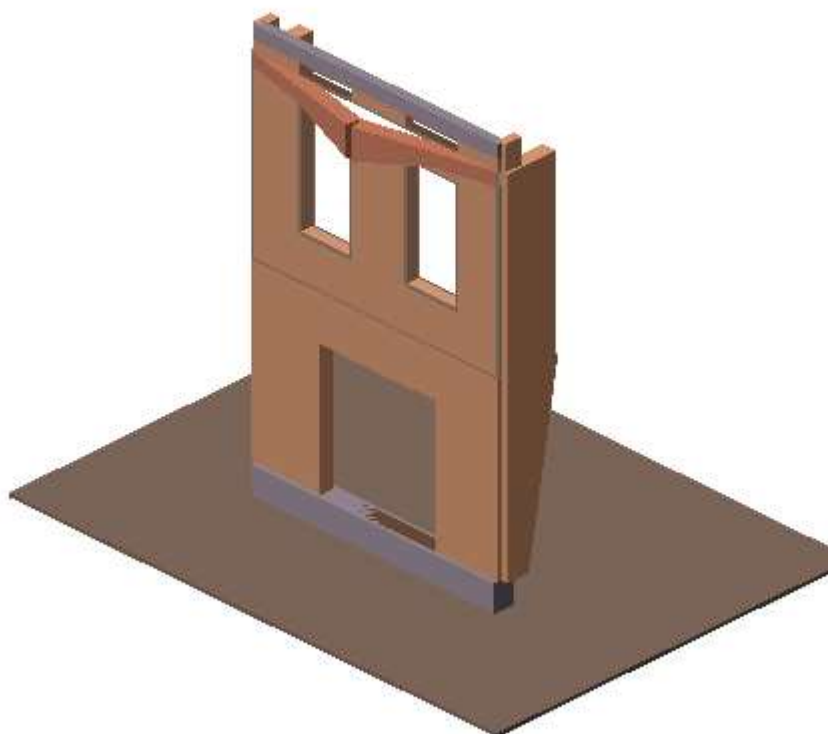
Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLV

Accelerazione orizzontale massima in sito allo SLV  $a_{g,SLV}$ : ..... 0,174 [g]  
Accelerazione di riferimento al suolo allo SLV ( $a_{g,SLV} S$ )/ $q_{SLV}$ : ..... 0,069 [g]  
Accelerazione di riferimento in elevazione allo SLV:  $a_z(z)_{SLV}$ : ..... 0,100 [g]  
Fattore di verifica a quota zero allo SLV: ..... 0,112 [-]  
Fattore di verifica in elevazione allo SLV: ..... 0,161 [-]

Esito verifica meccanismo a quota zero allo SLV: ..... VERIFICATO  
Esito verifica meccanismo in elevazione allo SLV: ..... VERIFICATO

**Cinematisimo n° 2: Espulsione Flessionale Orizzontale a quota sopra elevata**





Quota di attivazione del cinematisimo: .....	0,00 [m]
Primo modo di vibrare normalizzato ad 1 in sommità dell'edificio $\Psi_{(z)}$ : .....	0,857 [-]
Momento Ribaltante $M_{rib}$ : .....	187,547 [kN*m]
Momento Stabilizzante $M_{st}$ : .....	128,725 [kN*m]
Moltiplicatore di collasso dei carichi orizzontali $\alpha_0$ : .....	0,686 [-]
accelerazione spettrale di attivazione del cinematisimo $a_0^*$ : .....	0,581 [g]
Massa partecipante al cinematisimo $M^*$ : .....	10,213 [kN/g]
Frazione di massa partecipante della struttura $e^*$ : .....	0,985 [-]

#### Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLD

Accelerazione orizzontale massima in sito allo SLD $a_{g,SLD}$ : .....	0,067 [g]
Accelerazione di riferimento al suolo allo SLD $(a_{g,SLD} S)/q_{SLD}$ : .....	0,067 [g]
Accelerazione di riferimento in elevazione allo SLD: $a_z(z)_{SLD}$ : .....	0,190 [g]
Fattore di verifica a quota zero allo SLD: .....	0,115 [-]
Fattore di verifica in elevazione allo SLD: .....	0,327 [-]

Esito verifica meccanismo a quota zero allo SLD: .....	VERIFICATO
Esito verifica meccanismo in elevazione allo SLD: .....	VERIFICATO

#### Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLV

Accelerazione orizzontale massima in sito allo SLV $a_{g,SLV}$ : .....	0,174 [g]
Accelerazione di riferimento al suolo allo SLV $(a_{g,SLV} S)/q_{SLV}$ : .....	0,069 [g]





Accelerazione di riferimento in elevazione allo SLV:  $a_z(z)_{SLV}$ : ..... 0,192 [g]  
Fattore di verifica a quota zero allo SLV: ..... 0,120 [-]  
Fattore di verifica in elevazione allo SLV: ..... 0,330 [-]

Esito verifica meccanismo a quota zero allo SLV: ..... VERIFICATO  
Esito verifica meccanismo in elevazione allo SLV: ..... VERIFICATO

### Confronto PGA in sito e PGA meccanismi di collasso locali

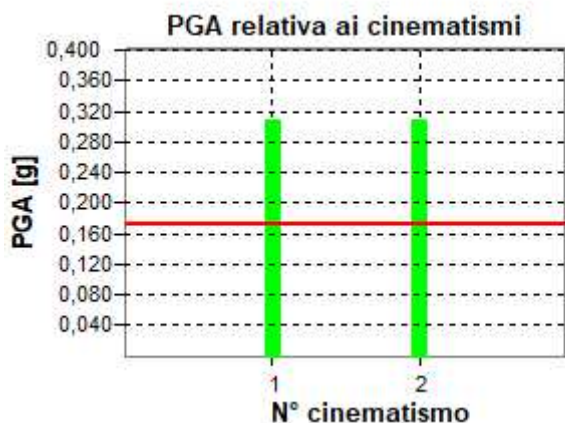


Figura: 6 - Confronto PGA SLV

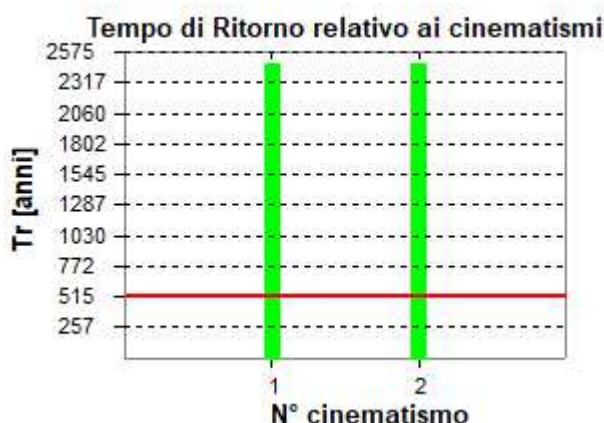


Figura: 7 - Confronto TR SLV

### Cinematismo n° 1: Espulsione Flessionale Orizzontale a quota sopra elevata

Accelerazione del suolo  $PGA_D$  allo SLV: ..... 0,1736 [g]  
Tempo di Ritorno  $TR_D$  allo SLV: ..... 527 [anni]  
Accelerazione del suolo nel caso di analisi cinematica lineare  $PGA_{C,Lin}$  allo SLV: ..... 0,3076 [g]  
Tempo di Ritorno nel caso di analisi cinematica lineare  $TR_{C,Lin}$  allo SLV: ..... 2475 [anni]  
Rapporto PGA nel caso di analisi cinematica lineare  $\alpha_{PGA} = PGA_{C,Lin}/PGA_D$ : ..... 1,7719 [-]  
Rapporto TR nel caso di analisi cinematica lineare  $I_s = TR_{C,Lin}/TR_D$ : ..... 4,6994 [-]

### Cinematismo n° 2: Espulsione Flessionale Orizzontale a quota sopra elevata

Accelerazione del suolo  $PGA_D$  allo SLV: ..... 0,1736 [g]  
Tempo di Ritorno  $TR_D$  allo SLV: ..... 527 [anni]  
Accelerazione del suolo nel caso di analisi cinematica lineare  $PGA_{C,Lin}$  allo SLV: ..... 0,3076 [g]  
Tempo di Ritorno nel caso di analisi cinematica lineare  $TR_{C,Lin}$  allo SLV: ..... 2475 [anni]  
Rapporto PGA nel caso di analisi cinematica lineare  $\alpha_{PGA} = PGA_{C,Lin}/PGA_D$ : ..... 1,7719 [-]  
Rapporto TR nel caso di analisi cinematica lineare  $I_s = TR_{C,Lin}/TR_D$ : ..... 4,6994 [-]





### 9.3. Parete 3

#### Geometria delle pareti:

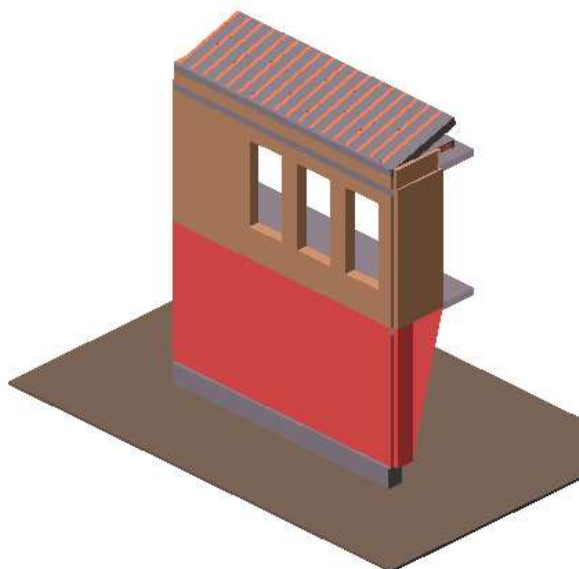


Figura: 2 - Modello 3D della parete

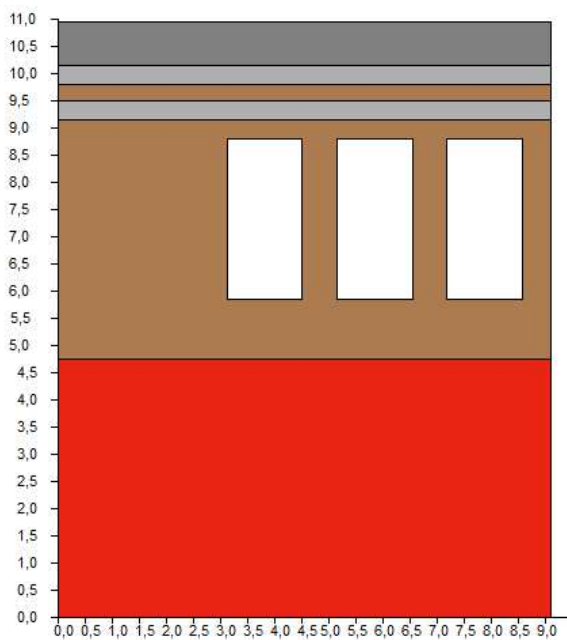


Figura: 3 - Prospetto della parete



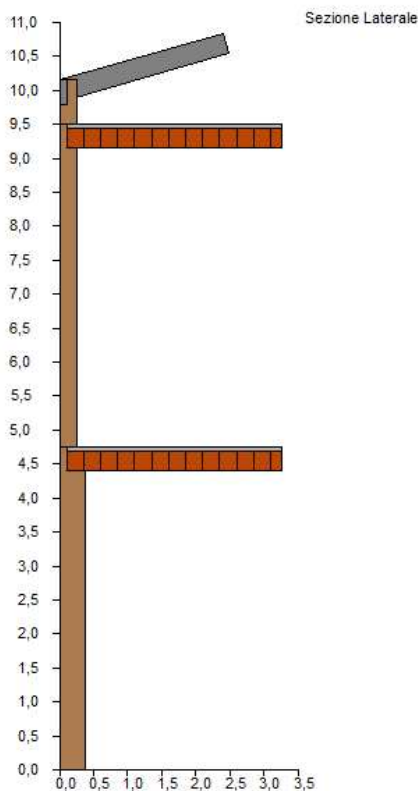


Figura: 4 - Sezione della parete

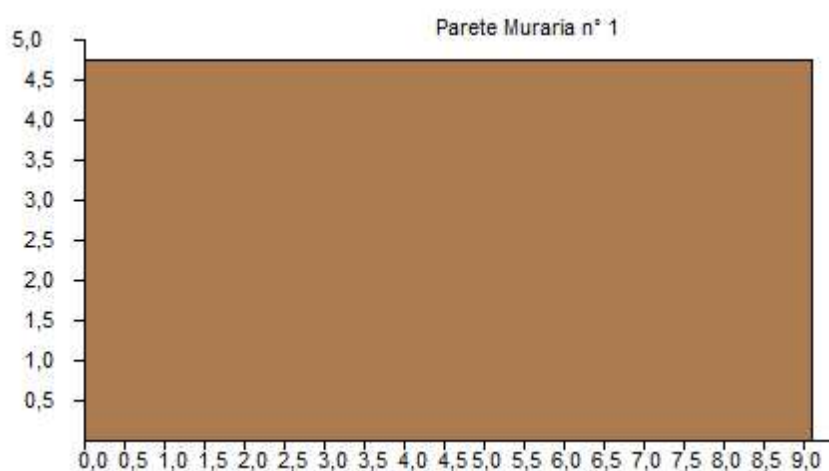


Figura: 5 - Prospetto della parete n° 1

Altezza della parete n° 1: .....	4,75 [m]
Larghezza della parete n° 1: .....	9,10 [m]
Spessore della parete n° 1: .....	0,38 [m]
Rientro della parete n° 1: .....	0,00 [m]
Peso della parete n° 1: .....	311,95 [kN]
Caratteristiche parete di ammorsamento:	
Posizione orizzontale della parete di Ammorsamento: .....	0,00 [m]
Larghezza Inferiore della parete di Ammorsamento: .....	0,33 [m]
Larghezza Superiore della parete di Ammorsamento: .....	2,05 [m]
Inclinazione della parete di Ammorsamento: .....	20,00 [°]
Spessore della parete di Ammorsamento: .....	0,38 [m]
Caratteristiche parete di ammorsamento:	
Posizione orizzontale della parete di Ammorsamento: .....	9,10 [m]
Larghezza Inferiore della parete di Ammorsamento: .....	0,33 [m]
Larghezza Superiore della parete di Ammorsamento: .....	1,60 [m]





Inclinazione della parete di Ammorsamento: ..... 15,00 [°]  
Spessore della parete di Ammorsamento: ..... 0,38 [m]

Descrizione Tipologia di Solaio:

[1] Tipo "1E" - Solaio 20+4 -  $Q=1015\text{kg/mq}$ - $Q_{\text{sol}} = 985.00$

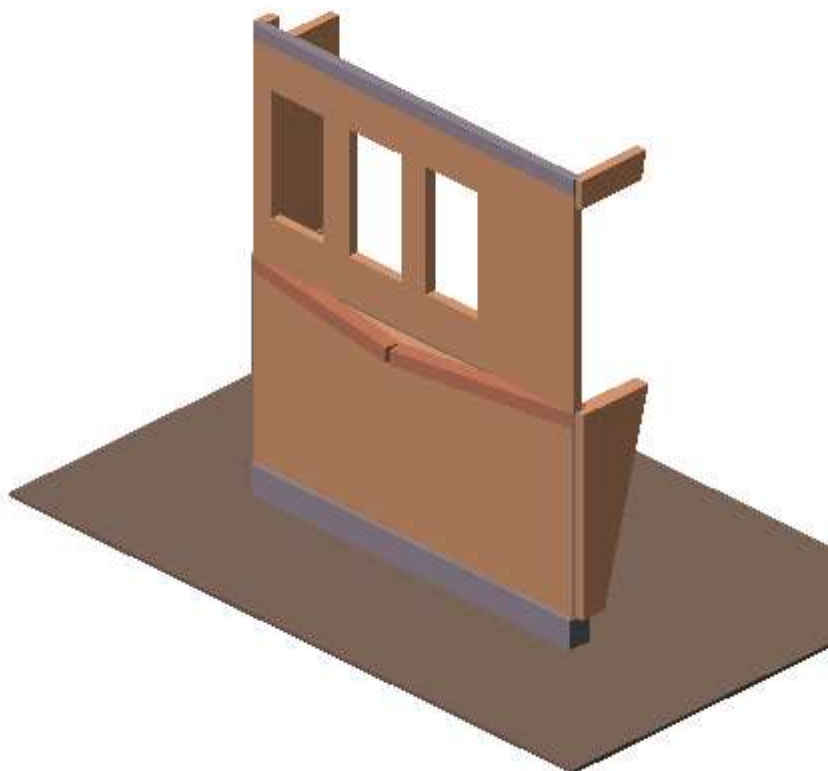
$G_{1k}$ carico permanente strutturale del solaio: .....	3,15 [kN/mq]
$G_{2k}$ carico permanente non strutturale del solaio: .....	3,70 [kN/mq]
$\varphi_2$ coefficiente carico variabile del solaio: .....	0,30 [-]
$Q_k$ carico variabile del solaio: .....	3,00 [kN/mq]
is: semi-lunghezza del solaio: .....	3,17 [m]
es: eccentricità delle reazioni di appoggio del solaio: .....	0,00 [m]
$p_{vd}$ carico di calcolo verticale del solaio della parete: .....	7,75 [kN/mq]
$p_{hd}$ carico di calcolo orizzontale del solaio della parete: .....	7,75 [kN/mq]

**Sforzo assorbito dai cordoli o vincoli in testa alle pareti**

Reazione cordolo/vincolo della parete n°3: ..... 336,14 [kN]

**Risultati Meccanismi Locali tramite Analisi Cinematica Lineare e/o Analisi Cinematica Non Lineare:**

**Cinematismo n° 1: Espulsione Flessionale Orizzontale a quota sopra elevata**







Quota di attivazione del cinematismo: .....	0,00 [m]
Primo modo di vibrare normalizzato ad 1 in sommità dell'edificio $\Psi(z)$ : .....	0,446 [-]
Momento Ribaltante $M_{rib}$ : .....	529,657 [kN*m]
Momento Stabilizzante $M_{st}$ : .....	197,584 [kN*m]
Moltiplicatore di collasso dei carichi orizzontali $\alpha_0$ : .....	0,373 [-]
accelerazione spettrale di attivazione del cinematismo $a_0^*$ : .....	0,312 [g]
Massa partecipante al cinematismo $M^*$ : .....	23,419 [kN/g]
Frazione di massa partecipante della struttura $e^*$ : .....	0,997 [-]

#### Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLD

Accelerazione orizzontale massima in sito allo SLD $a_{g,SLD}$ : .....	0,067 [g]
Accelerazione di riferimento al suolo allo SLD ( $a_{g,SLD} S$ )/ $q_{SLD}$ : .....	0,067 [g]
Accelerazione di riferimento in elevazione allo SLD: $a_z(z)_{SLD}$ : .....	0,099 [g]
Fattore di verifica a quota zero allo SLD: .....	0,215 [-]
Fattore di verifica in elevazione allo SLD: .....	0,317 [-]

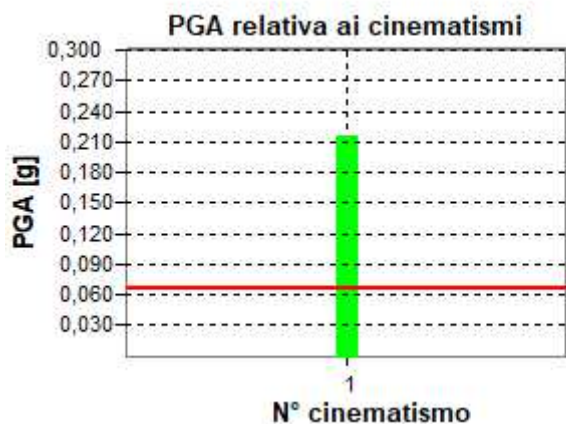
Esito verifica meccanismo a quota zero allo SLD: .....	VERIFICATO
Esito verifica meccanismo in elevazione allo SLD: .....	VERIFICATO

#### Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLV

Accelerazione orizzontale massima in sito allo SLV $a_{g,SLV}$ : .....	0,174 [g]
Accelerazione di riferimento al suolo allo SLV ( $a_{g,SLV} S$ )/ $q_{SLV}$ : .....	0,069 [g]
Accelerazione di riferimento in elevazione allo SLV: $a_z(z)_{SLV}$ : .....	0,100 [g]
Fattore di verifica a quota zero allo SLV: .....	0,223 [-]
Fattore di verifica in elevazione allo SLV: .....	0,320 [-]

Esito verifica meccanismo a quota zero allo SLV: .....	VERIFICATO
Esito verifica meccanismo in elevazione allo SLV: .....	VERIFICATO

#### Confronto PGA in sito e PGA meccanismi di collasso locali





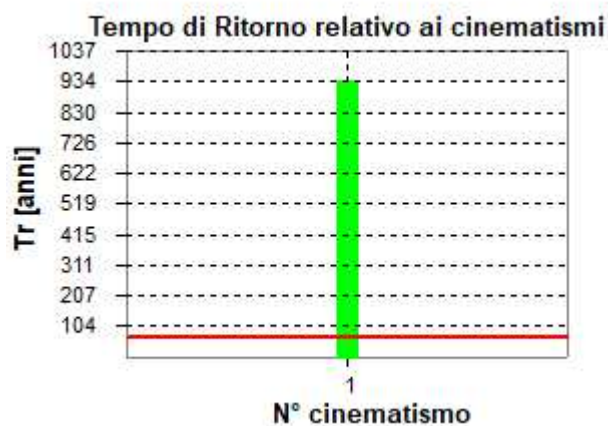


Figura: 6 - Confronto PGA SLD

Figura: 7 - Confronto TR SLD

### Cinematismo n° 1: Espulsione Flessionale Orizzontale a quota sopra elevata

Accelerazione del suolo $PGA_D$ allo SLD: .....	0,0670 [g]
Tempo di Ritorno $TR_D$ allo SLD: .....	65 [anni]
Accelerazione del suolo nel caso di analisi cinematica lineare $PGA_{C, Lin}$ allo SLD: .....	0,2160 [g]
Tempo di Ritorno nel caso di analisi cinematica lineare $TR_{C, Lin}$ allo SLD: .....	937 [anni]
Rapporto PGA nel caso di analisi cinematica lineare $\alpha_{PGA} = PGA_{C, Lin}/PGA_D$ : .....	3,2239 [-]
Rapporto TR nel caso di analisi cinematica lineare $I_s = TR_{C, Lin}/TR_D$ : .....	14,3986 [-]

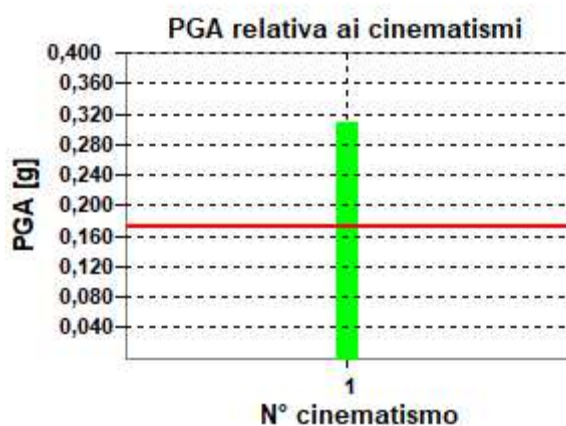


Figura: 8 - Confronto PGA SLV

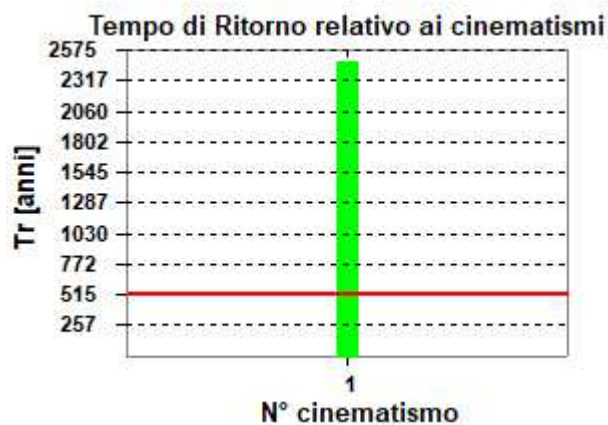


Figura: 9 - Confronto TR SLV

### Cinematismo n° 1: Espulsione Flessionale Orizzontale a quota sopra elevata





Accelerazione del suolo $PGA_D$ allo SLV: .....	0,1736 [g]
Tempo di Ritorno $TR_D$ allo SLV: .....	527 [anni]
Accelerazione del suolo nel caso di analisi cinematica lineare $PGA_{C, Lin}$ allo SLV: .....	0,3076 [g]
Tempo di Ritorno nel caso di analisi cinematica lineare $TR_{C, Lin}$ allo SLV: .....	2475 [anni]
Rapporto PGA nel caso di analisi cinematica lineare $\alpha_{PGA} = PGA_{C, Lin}/PGA_D$ : .....	1,7719 [-]
Rapporto TR nel caso di analisi cinematica lineare $I_S = TR_{C, Lin}/TR_D$ : .....	4,6994 [-]

Il cinematismo si ritiene verificato.

## 10. SISTEMA FRCM IN COPERTURA

L'intervento con sistema FRCM in copertura mostrato nella tavola S05, ha lo scopo di fornire un presidio ulteriore all'eventuale distacco tra i corpi aggiunti in epoca più recente (anni '80 sul lato nord del manufatto) rispetto al nucleo originario pre-esistente.

Fermo restando che a tali elementi non viene affidata l'intera azione di ritenuta in caso di distacco tra i corpi, ma facendo comunque affidamento su un adeguato ingranamento tra le varie porzioni della struttura. In sede di sopralluoghi e saggi non si sono riscontrati segni di distacco tra i vari corpi di fabbrica, inoltre i solai sono tutti stati oggetto di rifacimento in occasione dell'ampliamento degli anni '80, e pertanto è immaginabile un significativo collegamento anche a livello di solai.

La valutazione che segue vuole comunque proporre una metodologia di verifica dell'elemento, andando a determinare la massima azione resistente affidabile al rinforzo nel caso si manifestasse un distacco.

La valutazione della resistenza a trazione del rinforzo viene condotta secondo quanto previsto al par. 4.3 delle norme DT215/2018 rev2020, di cui si riporta un estratto:



### 4.3 REALIZZAZIONE DI CORDOLI SOMMITALI

Tra le tecniche di rinforzo delle strutture murarie sono da annoverare i cordoli sommitali realizzati con muratura armata mediante sistemi FRCM. Essi sono applicati sulla superficie orizzontale in corrispondenza dei giunti di malta tra i filari degli elementi lapidei o di laterizio (Figure 2.7 e 2.8). Il tessuto FRCM è disposto in più strati allo scopo di fornire resistenza a trazione e a flessione del cordolo, senza variazione significativa della rigidezza della muratura. Il cordolo, in generale, è realizzato per tutto lo spessore della muratura e il sistema di rinforzo FRCM è applicato per il medesimo spessore.

La resistenza a trazione del cordolo di altezza  $H$  e larghezza  $b$  può essere stimata come segue:

$$N_{t,Rd} = n_f \cdot t_f \cdot b_f \cdot \alpha \cdot \varepsilon_{fd} \cdot E_f \quad (4.5)$$

dove:

- $n_f$  : è il numero degli strati di rinforzo disposti nel cordolo;
- $b_f$  : è la larghezza della sistema FRCM disposto nel giunto di malta, pari alla larghezza del cordolo;
- $\varepsilon_{fd} \cdot E_f = \sigma_{fd}$ .

Il prodotto:  $n_f \cdot t_f \cdot b_f$  è l'area della sezione equivalente del rinforzo disposto nel cordolo. Il valore della  $\varepsilon_{fd}$  è ricavato dalla  $\varepsilon_{lim,conv}^{(\alpha)}$  per il tramite della (3.1), tenendo bene in conto le prescrizioni sullo ancoraggio (§6), già evidenziate nei precedenti paragrafi.

#### Figura 102: estratto DT215/2018

Infatti si ritiene che la soluzione proposta possa essere assimilata alla realizzazione di un nuovo cordolo, anche se in effetti l'azione resistente offerta dal nuovo elemento si somma a quella del cordolo esistente.

Considerando di adottare un materiale avente le caratteristiche indicate negli elaborati grafici e nella relazione sui materiali, si può ottenere che:

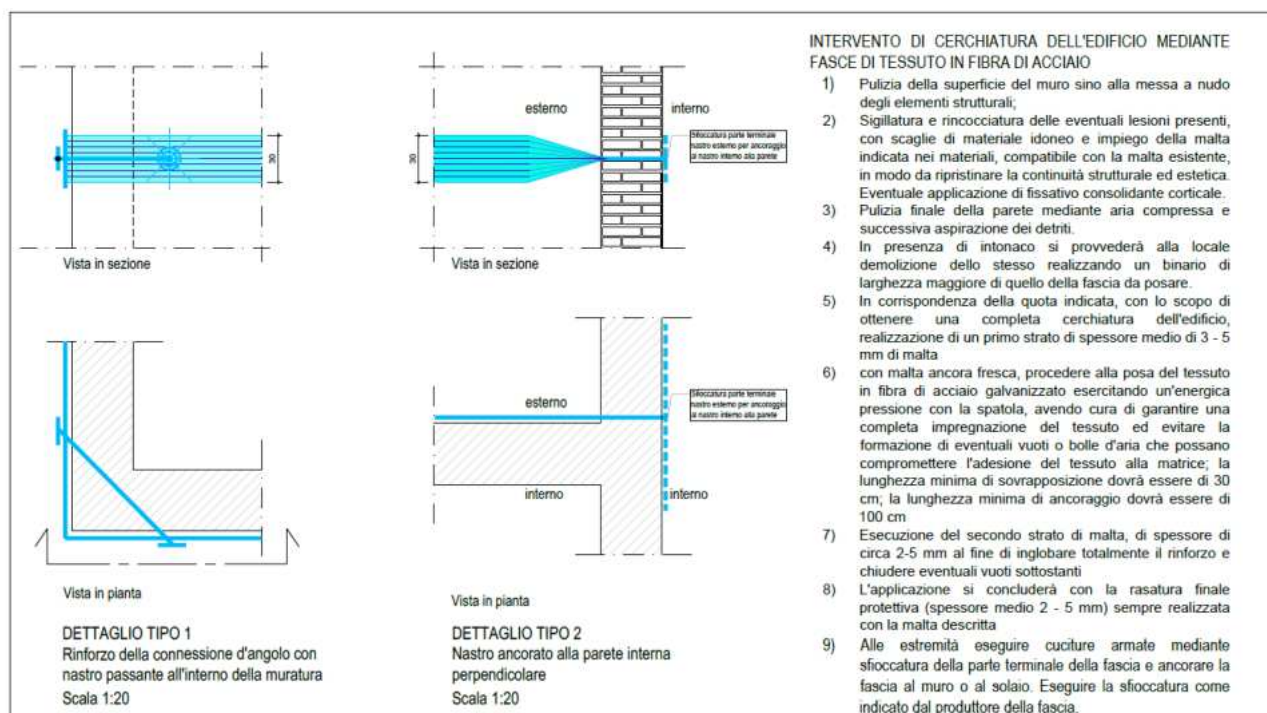
- $n_f = 1$
- $t_f = 0.091 \text{ mm}$
- $b_f = 300 \text{ mm}$
- $\alpha = 1.5$
- $\varepsilon_{fd} = \frac{\varepsilon_{lim,conv} \cdot \eta}{\gamma_M} = 0.76\% \cdot \frac{0.80}{1.50} = 0.4053\%$
- $E_f = 228522 \text{ MPa}$

Si determina pertanto che  $N_{t,Rd} = 37.93 \text{ KN}$

Il valore sopra determinato, è valutato come valore minimo secondo le varie modalità di rottura previste per il singolo sistema FRCM che sarà adottato. Dovranno quindi essere adottati i parametri di calcolo tali per garantire che la modalità di collasso avvenga per rottura a trazione del tessuto.

L'ancoraggio del tessuto avviene secondo diverse modalità. Prescrivendo comunque una sovrapposizione minima dei tessuti di 30cm, in fase di ancoraggio interno al fabbricato è previsto di adottare degli schemi come mostrato nella tavola S05 e di seguito proposti per semplicità espositiva:





L'ancoraggio interno avviene mediante inserimento di connettori passanti per gli angoli del manufatto, mentre negli incroci a T si prevede la sfioccatura del tessuto, il passaggio all'interno del fabbricato e il risvolto per almeno 1 mt a contrasto sulla parete ortogonale.

Si ritiene l'ancoraggio sufficiente a garantire lo sviluppo della massima trazione nel tessuto precedentemente esposto.

Tale azione resistente chiaramente si svilupperà solamente nel caso in cui il collegamento attualmente esistente (per effetto della presenza del cordolo in c.a. sommitale, dei solai in laterocemento e dell'ingranamento tra le murature della parte aggiunta e della parte pre-esistente) iniziasse a risultare non sufficiente, chiaramente sotto effetto di azione sismica.

## 11. VULNERABILITA' NON QUANTIFICABILI

L'ultimo capitolo della relazione riporta una serie di considerazioni, peraltro già esposte anche nelle premesse e nella relazione relativa allo stato di fatto oltre che nei risultati delle indagini, relative ad una serie di vulnerabilità presenti, il cui impatto sul risultato in termini di vulnerabilità della struttura non sono al momento correttamente valutabili sia per la mancanza di sufficienti informazioni dagli elaborati grafici ma anche per la non possibilità di eseguire un rilievo completo di tutti gli elementi.

Il primo punto da evidenziare è legato alla presenza dell'edificio adiacente al lato Est del municipio. Come specificato in "R02 Relazione sui risultati di indagine" è stato eseguito un saggio con rimozione di intonaco esterno con cui si è verificata l'assenza di ammorsamento tra il muro della facciata esterna su Piazzale Marconi ed il muro esistente ortogonale dell'altro edificio.





In questa fase si è considerato il muro come “accostato” a quello del municipio, è possibile pertanto che si configuri la possibile presenza di un giunto non adeguato agli spostamenti indotti dal sisma.

## 12. CONCLUSIONI

Le verifiche espone in precedenza riportano i risultati analitici relativi al progetto definitivo di adeguamento sismico (al livello di sicurezza dell'80%) dell'edificio sede dell'Amministrazione Comunale di Guidizzolo, sito in Piazza Marconi 1, Guidizzolo (MN).

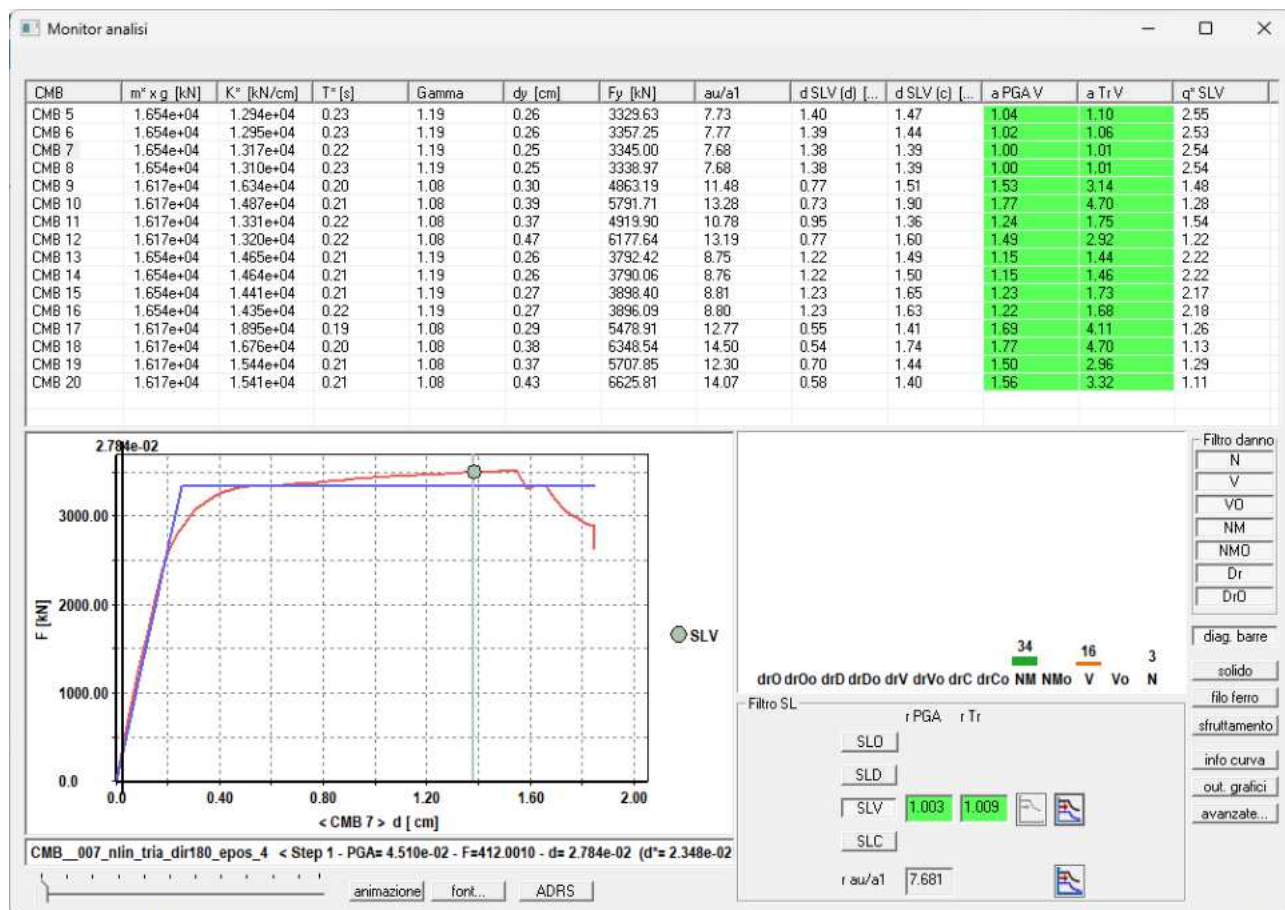
In termini sintetici si è riscontrato che

- l'edificio non è concepito per resistere ad azioni sismiche in quanto progettato in prima fase agli inizi del '900 e successive ristrutturazioni eseguite tutte in un periodo in cui il Comune di Guidizzolo era “non classificato” in termini di sismicità dell'area;
- L'edificio è stato oggetto di sopralzo in una fase ascrivibile al periodo intercorso tra la prima costruzione e la fine degli anni '70
- Tra la fine degli anni '70 e metà degli anni '80 l'edificio è stato oggetto di riattamento con cambio di destinazione d'uso ad edificio scolastico, con l'esecuzione di 3 blocchi in ampliamento adiacenti alla struttura esistente e la sopraelevazione dell'intero fabbricato di un piano;
- Il calcolo condotto allo stato di fatto per l'analisi statica del fabbricato ha evidenziato la presenza di elementi in muratura non verificati, pertanto occorrerà valutare interventi volti a migliorare anche le condizioni statiche degli elementi;
- Il calcolo condotto evidenzia la scarsa resistenza della struttura, e quindi dei suoi elementi primari sismo-resistenti, nei confronti delle azioni sismiche, come valutate secondo il D.M. 17.01.2018;
- Per il calcolo condotto è stato assunto un livello di conoscenza limitato (LC2) di concerto con la committenza sulla base del grado di approfondimento di indagine raggiunto. A tale livello di conoscenza si associa un fattore di confidenza pari a  $FC=1,20$  per tutte le murature indagate, mentre per gli altri materiali esistenti (calcestruzzo, acciaio da c.a.) si è mantenuto un livello di conoscenza limitato (LC1);
- Le analisi condotte allo stato di progetto per valutare la prestazione del fabbricato in termini globali sono di tipo non lineare, pertanto nella determinazione del livello di sicurezza strutturale nei confronti del sisma  $\zeta$  tiene conto delle non linearità di materiale e geometriche.
- Il livello minimo di sicurezza  $\zeta_E$  si esprime come il rapporto tra azione sismica massima sopportabile dalla struttura e azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione. Il livello minimo da raggiungere allo scopo di adeguare il fabbricato per la costruzione in esame data la natura degli interventi è pari a 0.8 (80%).





- Il livello di sicurezza  $\zeta_{E\_SDF}$  determinato nello stato di fatto è riportato nella relazione "R03\_Relazione di valutazione della sicurezza" ed assume il valore 0.42 (42%).
- Nel seguito si riassumono i dati relativi al livello di sicurezza in termini di rapporto tra capacità e domanda per le accelerazioni di picco e i tempi di ritorno degli eventi sismici, calcolati per la combinazione maggiormente penalizzante, in configurazione di progetto:



Valutando la struttura di progetto nei confronti dell'azione sismica di riferimento agente all'80% le verifiche SLV risultano tutte soddisfatte.

Analisi pushover - quadro complessivo per la combinazione									
Sito struttura									
	Domanda d [cm]	Capacità d [cm]	Domanda PGA [g]	Capacità PGA [g]	Domanda Tr [anni]	Capacità Tr [anni]	Domanda Pr [%]	Capacità Pr [%]	Rapporto C/D PGA
SLV	1.379	1.385	0.174	0.174	526.65	531.388	17.29	17.154	1.003

Il dato di maggiore rilievo per la definizione del livello di sicurezza minimo viene valutato come il minore rapporto capacità/domanda in termini di accelerazione di picco al suolo tra tutte le combinazioni sismiche allo SLV. Come si evince dalla tabella sopra riportata, il rapporto inferiore lo si ha in CC07.

- Le verifiche di tipo statico delle murature consolidate risultano soddisfatte.





- Le verifiche in campo sismico delle murature consolidate risultano ora soddisfatte per il livello di sicurezza dichiarato.
- I principali risultati ottenuti in termini post- intervento sono:
  - Livello di sicurezza stimato (PGA):** 80.0%
  - PGA (g): 0.174
  - Tr SLV: 531 anni

Al tempo di ritorno  $T_{SLV}$  è legato il concetto del “Tempo di intervento”, come esplicitato da un parere del comitato tecnico scientifico della Regione Emilia Romagna e richiamato anche in documenti esplicativi del dipartimento di protezione civile.



**COMITATO TECNICO SCIENTIFICO**  
(L.R. n. 19/2008 e D.G.R. n. 1430/2009)

Riunione del 27 luglio 2010

Seduta n. 4

Oggetto: Parere in merito alle verifiche tecniche, problematiche correlate e decisioni conseguenti. (Rif. Prot. int. n. 6)

Essenzialmente il tempo di intervento rappresenta il lasso temporale a disposizione del proprietario per poter eventualmente intervenire o quantomeno programmare interventi sull'immobile per aumentarne ulteriormente la capacità e quindi la resistenza nei confronti dell'azione sismica.

Ciò premesso e ferma restando la necessità di considerare anche gli altri elementi di valutazione (tra cui quelli di seguito precisati), si può adottare quale periodo entro il quale attivare il rimedio ad una data inadeguatezza sismica, il tempo  $T_{INT}$  (tempo di intervento) tale per cui:

$$(T_{INT} C_U) / T_{SLV} = -\ln(1 - 0,1) = 0.105 \quad \text{oppure} \quad (T_{INT} C_U) / T_{SLC} = -\ln(1 - 0,05) = 0.051$$

essendo  $C_U$  il coefficiente d'uso e  $T_{SLV}$  (oppure  $T_{SLC}$ ) il periodo di ritorno dell'azione sismica corrispondente all'attivazione del meccanismo di rottura in esame allo SLV – *Stato Limite di salvaguardia della Vita* (oppure SLC – *Stato Limite di Collasso*).

Il CTS ritiene che sia ipotizzabile rinviare a tempi successivi, in occasione di interventi generali e comunque senza la necessità di una immediata programmazione, gli interventi su quegli edifici per i quali  $T_{INT}$  risulti maggiore di 30 anni (accettando, con ciò, che una modesta “inadeguatezza” possa caratterizzare le costruzioni esistenti a tempo indeterminato, anche tenendo conto della convenzionalità delle analisi).

Sul fronte opposto, si intende che nel caso in cui la valutazione della sicurezza evidenzi “particolari elementi di rischio”, i provvedimenti necessari alla riduzione di quest'ultimo a valori accettabili debbano essere adottati nel minor tempo possibile. Oltre ad elementi specifici che il tecnico incaricato potrà individuare, per gli aspetti sismici è ragionevole ritenere (anche sulla base dei risultati delle verifiche finora condotte) “particolari elementi di rischio” i meccanismi caratterizzati da  $T_{INT} \leq 2$  anni.

Il tempo di intervento è definito come:





$$T_{int} = - \frac{\ln(1 - 0.1) * T_{SLV}}{C_U} = 28 \text{ anni}$$

Il valore determinato può essere assimilato alla vita utile residua del fabbricato. Considerando che il medesimo valore, relativo allo stato di fatto, era pari a circa 6 anni (si veda relazione di valutazione della sicurezza), con l'intervento in progetto si è incrementata la vita nominale residua di circa 20 anni, consentendo quindi all'Amministrazione la programmazione di interventi futuri sul fabbricato.

**Il livello di sicurezza stimato attribuibile al fabbricato è quindi derivato dalla modellazione globale ed assume il valore di  $\zeta_E = 0.80$ .**