



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)**

R03 - RELAZIONE DI VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA **PROGETTO ESECUTIVO**



Emissione	Data	Redatto	Controllato	Approvato
Prima emissione – VT	15/04/2021	Mari	Mari	Mari
Emissione – PE	09/02/2023	Mari	Mari	Mari



1. INDICE

1. INDICE	2
2. INDICE DELLE FIGURE	3
3. PERCORSO LOGICO DI VERIFICA.....	5
3.1. Analisi struttura stato di fatto – modello 1.....	5
3.2. Analisi struttura stato di fatto – meccanismi locali	5
4. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	6
5. MATERIALI.....	6
5.1. MURATURA	6
5.2. CALCESTRUZZO	8
5.3. ACCIAIO DA C.A.	9
6. AZIONI DI PROGETTO SULLA COSTRUZIONE.....	10
6.1. Analisi dei carichi solai.....	10
6.1.1. Solaio tipo "1" – laterocemento H20+4cm – quota +5.85 e +9.28.....	13
6.1.2. Solaio tipo "2" – laterocemento H20+4cm – quota +1.06	14
6.1.3. Solaio tipo "3" – laterocemento H20+4cm – quota +9.28.....	15
6.1.4. Solaio tipo "4" – laterocemento H20+4cm – quota +5.85 e +9.28.....	16
6.1.5. Solaio tipo "5" – laterocemento H20+4cm – sottotetto	17
6.1.6. Solaio tipo "6" – laterocemento H20+4cm – copertura muricci e tavelloni	18
6.1.7. Solaio tipo "7" – Travi in c.a. + laterizio – copertura inclinata.....	19
6.1.8. Solaio tipo "8" – Scala.....	19
6.2. Sisma	20
7. MAPPA SISMICITA'	28
7.1. Sisma 2012	30
8. MODELLO NUMERICO	32
8.1. Analisi non lineare (Pushover).....	32
8.1.1. Distribuzione forze statiche orizzontali	32
8.1.2. Curva Fb-dc	33
8.1.3. Metodo telaio equivalente	33
8.2. Modellazione struttura	36
8.3. Modellazione delle azioni.....	41
8.3.1. Peso proprio strutture (c.d.c. 1).....	42
8.3.2. Carico impalcati (c.d.c. 2 – 3 – 4– 5)	43



8.3.3.	Sisma non lineare (c.d.c. 6 – 21)	45
8.4.	Combinazioni di carico	47
8.5.	Modellazione dei vincoli	49
9.	ANALISI STATICA	50
10.	ANALISI NON LINEARE	51
10.1.	Parametri azione sismica	51
10.2.	Parametri curve di capacità	57
10.3.	Report diagrammi e analisi	57
10.3.1.	Risultati SLD	59
10.3.1.	Risultati SLV.....	61
10.4.	VERIFICHE CAPACITA'-DOMANDA	64
10.4.1.	Combinazione SLO	64
10.4.2.	Combinazione SLD	64
10.4.3.	Combinazione SLV	65
10.4.4.	Combinazione SLC	65
11.	ANALISI CINEMATISMI	68
12.	VULNERABILITA' NON QUANTIFICABILI	68
13.	CONCLUSIONI	68

2. INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Implementazione caratteristiche materiali	8
Figura 2: Implementazione caratteristiche materiali	9
Figura 3: pianta schemi solai - impalcato I - quota +1.06	10
Figura 4: pianta schema solai - impalcato II - quota +5.85	11
Figura 5: pianta schema solai - impalcato III + sottotetto - quota +9.28/+10.59	11
Figura 6: pianta schema solai - copertura	12
Figura 7: indicazioni solai - sezione AA.....	12
Figura 8: indicazioni solai - sezione BB.....	13
Figura 9: archivio di carico n° 1	14
Figura 10: archivio di carico n° 2	15
Figura 11: archivio di carico n° 3	16
Figura 12: archivio di carico n° 4	17
Figura 13: archivio di carico n° 5	18
Figura 14: archivio di carico n° 6	19
Figura 15: archivio di carico n° 7	19
Figura 16: archivio di carico n° 8	20
Figura 17: estratto par. 2.4.2 NTC 2018	21
Figura 18: estratto risposta sismica locale	21
Figura 19: controllo spettro RSL - Ord. 55/2018	22
Figura 20: controllo spettro RSL - NTC 7.2.6	23
Figura 21: Mappa PGA localizzata - sisma Emilia 2012	30
Figura 22: Definizione curva di capacità sistema equivalente.....	33
Figura 23: esempio implementazione parete	37



Figura 24: proprietà elementi D2 parete PRO SAM	38
Figura 25: dettaglio modellazione vincoli.....	38
Figura 26: particolare modellazione copertura	39
Figura 27: particolare modellazione travi interne - Primo Piano	39
Figura 28: modello solido.....	40
Figura 29: modello solido (elementi pannello nascosti)	40
Figura 30: Modello unifilare	41
Figura 31: c.d.c. 1 peso proprio elementi strutturali	43
Figura 32: c.d.c. 2 - applicazione dei carichi da peso permanente solai.....	43
Figura 33: c.d.c. 3 - applicazione dei carichi da peso non strutturale solai.....	44
Figura 34: c.d.c. 4 - applicazione dei carichi variabili solai (Cat. A)	44
Figura 35: c.d.c. 5 - applicazione dei carichi variabili solai (NEVE)	45
Figura 36: c.d.c. 6 - carico sismico 1: distribuzione principale, X+, ecc pos	47
Figura 37 Curva Fb-dc e curva ADSR SLD - comb. CC10	60
Figura 38 CC10 Stato SAM - verifiche - modello solido	60
Figura 39 CC10 Stato SAM - verifiche - modello unifilare.....	61
Figura 40 Curva Fb-dc e curva ADSR - SLV - CC10	62
Figura 41 CC12 Stato SAM - verifiche - modello solida	62
Figura 42 CC12 Stato SAM - verifiche - modello unifilare.....	63



3. PERCORSO LOGICO DI VERIFICA

In questa relazione verranno esplicitati i risultati delle modellazioni condotte e quindi espresso il giudizio di merito relativo alla verifica di vulnerabilità sismica del fabbricato oggetto di valutazione, nella configurazione corrispondente allo stato di fatto.

Propedeutico all'analisi, si ritiene utile riepilogare il percorso che sarà seguito per l'esecuzione delle varie analisi prodotte.

Il presente documento viene emesso in revisione 01 a seguito dell'esecuzione di saggi esplorativi e prove sui materiali. Tali indagini suppletive e successive rispetto alla prima stesura del documento hanno portato alla necessità di revisione del presente documento, anche allo scopo di uniformare il livello di conoscenza acquisito per poi procedere con l'analisi dello stato di progetto.

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 la capacità della struttura in termini di accelerazione spettrale e l'accelerazione massima prevista per il sito di ubicazione dell'opera.

3.2. Analisi struttura stato di fatto – meccanismi locali

L'analisi dei cinematismi è stata riportata nella prima emissione del documento. Saranno riproposte le verifiche dei cinematismi in sede di progetto.



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".

5. MATERIALI

I materiali impiegati nel calcolo sono riassumibili come segue, trattasi sempre di materiali "esistenti", pertanto i parametri di interesse sono essenzialmente la resistenza a compressione e a taglio per i blocchi/mattoni in laterizio delle murature, la resistenza a compressione per il calcestruzzo e lo snervamento per l'acciaio da c.a..

Si rimanda alla relazione "*R02 – Relazione sui risultati di indagine e i materiali impiegati*" per la trattazione completa sulla caratterizzazione dei materiali per uso strutturale, nel seguito sarà quindi riportato un riassunto di quanto ottenuto.

5.1. MURATURA

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, definiti partendo dai risultati delle indagini eseguite e dalle indicazioni di normativa:

N°	TIPOLOGIA ELEMENTO	f _m (MPa)	f _{hm} (MPa)	f _{v0} (MPa)	τ ₀ (MPa)	E (MPa)	G (MPa)	γ (kg/mc)
1	Muro in mattoni pieni e malta di calce	3.03	1.50	0.09	0.09	1800	600	1900
	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;
- τ_{0m}: resistenza a taglio per fessurazione diagonale;



- E: modulo elastico di Young;
- G: modulo elastico tangenziale;
- γ : peso specifico del materiale;

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

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 ²]
Resistenza fhm	15.0 [daN/cm ²]
Resistenza fv0m	0.9 [daN/cm ²]
Resistenza fv0hm	0.9 [daN/cm ²]
Resistenza tau0m	0.9 [daN/cm ²]
Resistenza fvlimm	3.38 [daN/cm ²]

☐ Elasto-plastico per aste n...

☐ Muratura consolidata

Proprietà

Peso specifico	1.9000e-03 [daN/cm ³]
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 ²]
Poisson	0.0
Modulo G	6000.0 [daN/cm ²]

Definizione proprietà materiale tipo muratura

Stringa identificativa: Muratura in blocchi laterizi semipieni ...

Generalità

☒ Materiale esistente

Fattore di confidenza FC m: 1.2

Resistenze

Resistenza fm	47.0 [daN/cm ²]
Resistenza fhm	23.5 [daN/cm ²]
Resistenza fv0m	2.0 [daN/cm ²]
Resistenza fv0hm	2.0 [daN/cm ²]
Resistenza tau0m	2.0 [daN/cm ²]
Resistenza fvlimm	6.5 [daN/cm ²]

☐ Elasto-plastico per aste non lineari

☐ Muratura consolidata

Proprietà

Peso specifico	1.1000e-03 [daN/cm ³]
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	47000.0 [daN/cm ²]
Poisson	0.0
Modulo G	18800.0 [daN/cm ²]

☒ Ortotropo



Definizione proprietà materiale tipo muratura

Stringa identificativa Muratura in mattoni semipieni con...

Generalità	
<input checked="" type="checkbox"/> Materiale esistente	
Fattore di confidenza FC m	1.35
Resistenze	
Resistenza fm	50.0 [daN/cm ²]
Resistenza fhm	25.0 [daN/cm ²]
Resistenza fv0m	2.0 [daN/cm ²]
Resistenza fv0hm	2.0 [daN/cm ²]
Resistenza tau0m	0.8 [daN/cm ²]
Resistenza fvlimm	6.5 [daN/cm ²]
<input type="checkbox"/> Elasto-plastico per aste non lin...	
<input type="checkbox"/> Muratura consolidata	
Proprietà	
Peso specifico	1.5000e-03 [daN/cm ³]
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	45500.0 [daN/cm ²]
Poisson	0.0
Modulo G	11375.0 [daN/cm ²]
<input checked="" type="checkbox"/> Ortotropo	

Figura 1: Implementazione caratteristiche materiali

Per quanto riguarda le fasce murarie della muratura in mattoni pieni, sono state modellate partendo dallo stesso materiale dei maschi murari ma considerando 2/3 della resistenza e 1/3 della rigidezza per tener conto del fatto che non si è riscontrata la presenza di architravi ed elementi resistenti a trazione adeguati a supportare la fascia stessa. In sede di progetto si provvederà alla realizzazione di nuove architravi adeguatamente ammortate.

Durante il rilievo è stata riscontrata la presenza di nicchie e cavedi per impianti in alcuni maschi murari della facciata sud. Per tener conto dell'indebolimento dei maschi è stata considerata solamente i 2/3 della rigidezza del materiale utilizzato per la muratura in mattoni pieni.

5.2. CALCESTRUZZO

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

I vari parametri di calcolo sono i seguenti:



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

Per il calcestruzzo si assume un livello di conoscenza limitato, pari a LC1, cui compete un fattore di confidenza pari a FC=1.35.

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

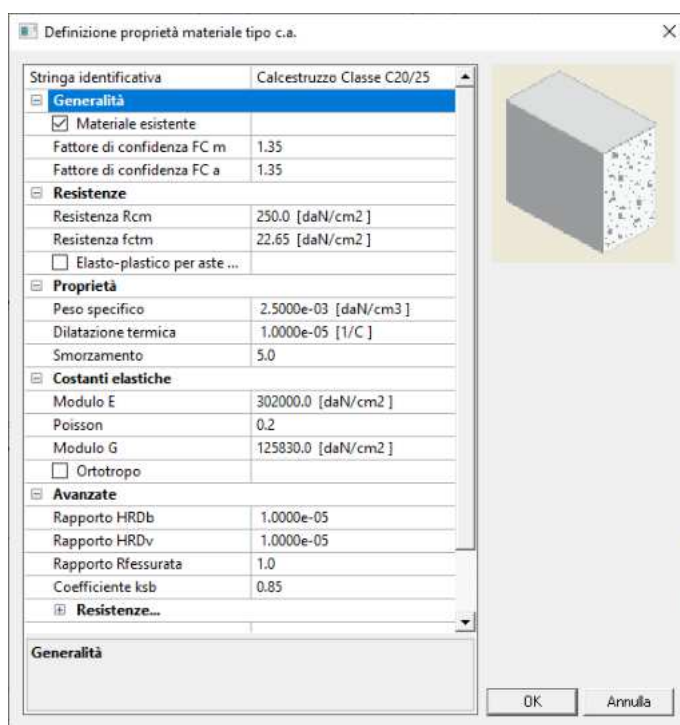


Figura 2: Implementazione caratteristiche materiali

5.3. ACCIAIO DA C.A.

L'acciaio impiegato per la realizzazione dell'opera, dai progetti originali, risulta essere qualificato come segue:

- Strutture di fondazione: Acciaio FeB32k



- Strutture del sovralzato: Acciaio FeB44k

I valori di calcolo di acciaio tipo FeB44 sono:

- $f_y = 450 \text{ N/mm}^2$
- $f_t = 540 \text{ N/mm}^2$

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

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 sovraccarico variabile. Nel seguito si riportano le indicazioni delle tipologie di solaio su piante e sezioni per poi descrivere i singoli carichi agenti.

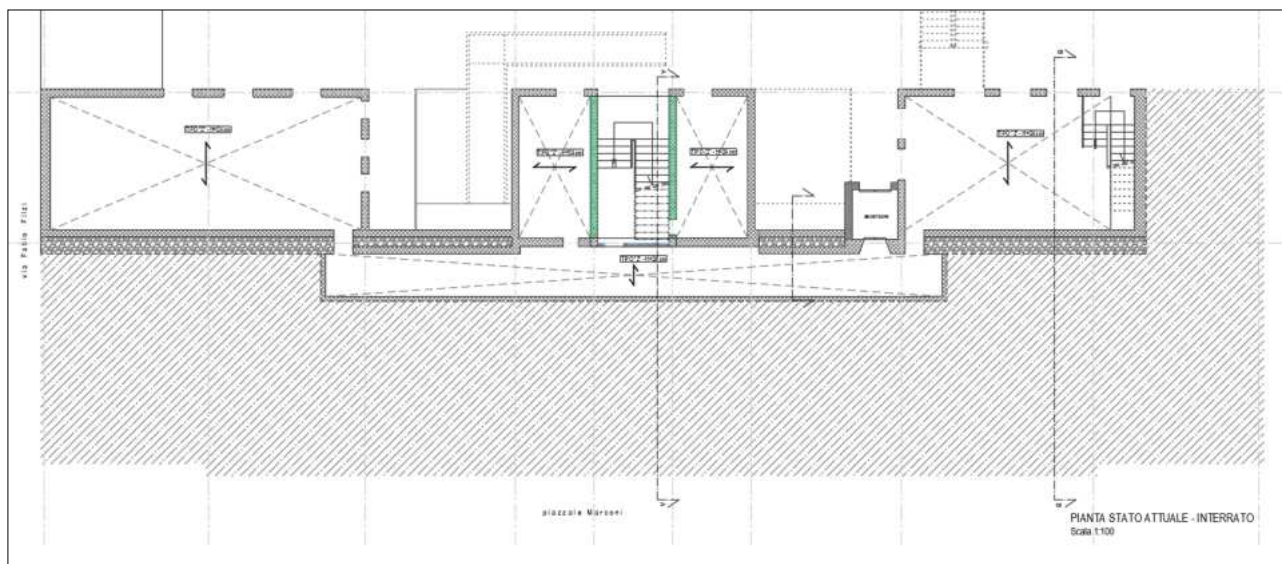


Figura 3: pianta schemi solai - impalcato I - quota +1.06

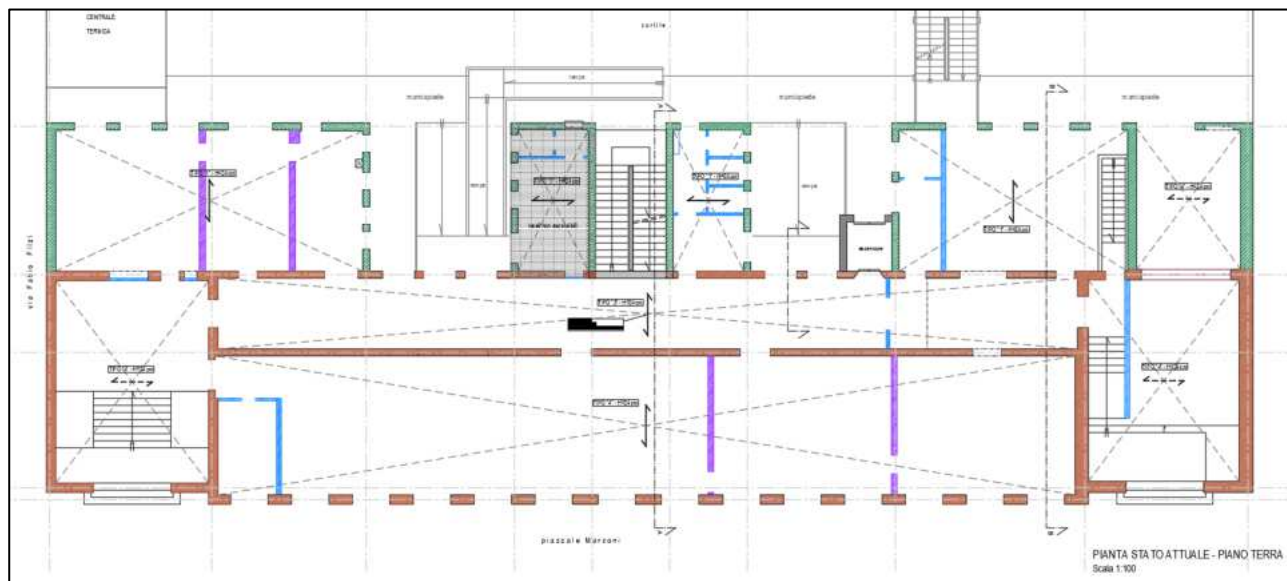


Figura 4: pianta schema solai - impalcato II - quota +5.85

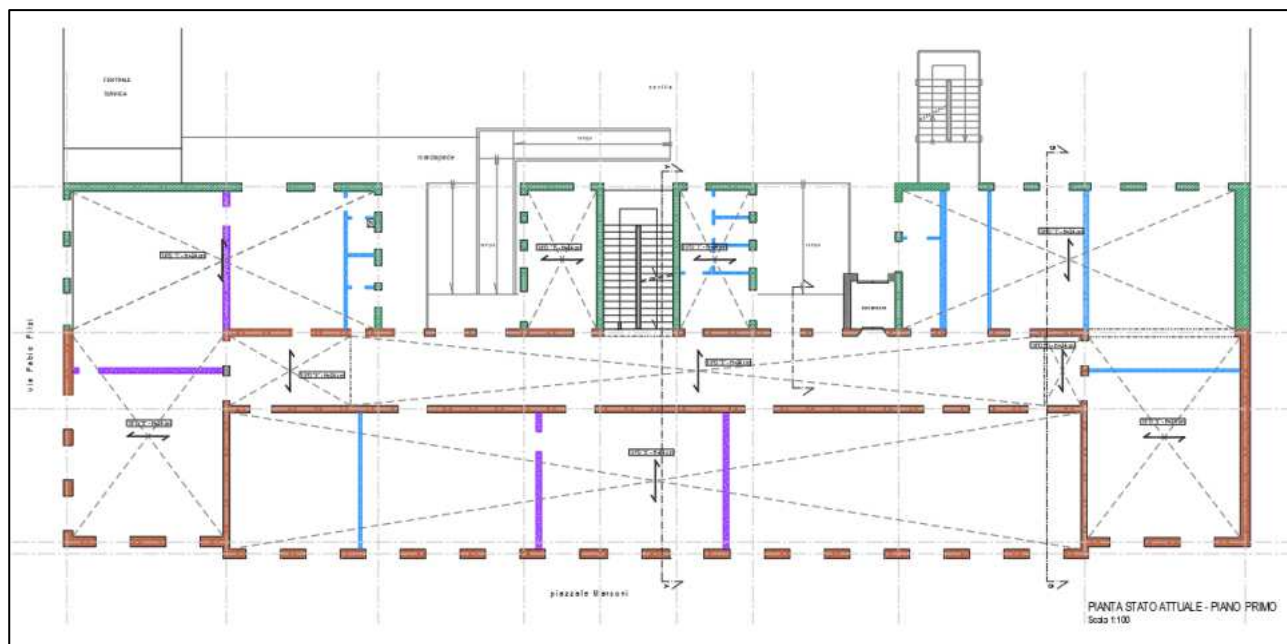


Figura 5: pianta schema solai - impalcato III + sottotetto - quota +9.28/+10.59

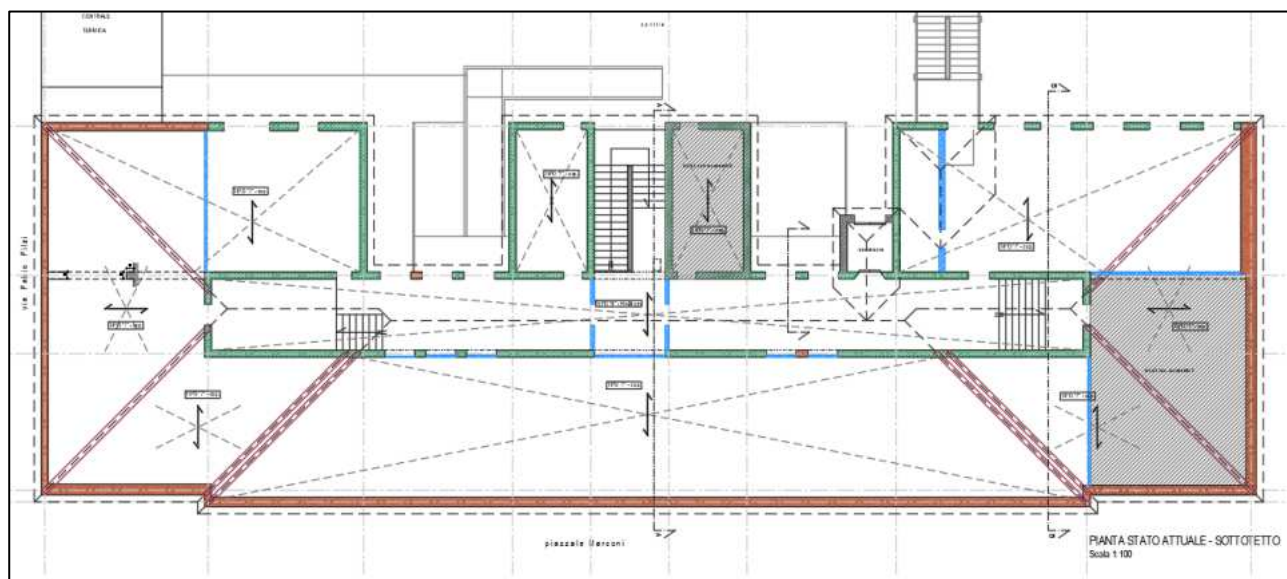


Figura 6: pianta schema solai - copertura

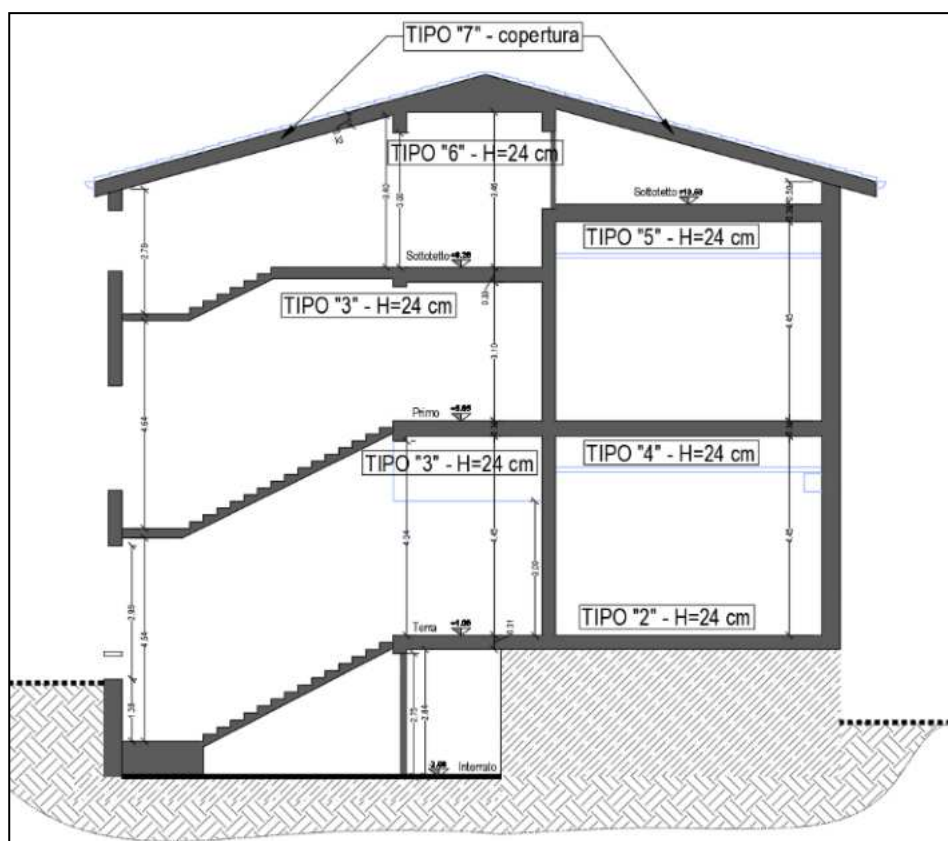


Figura 7: indicazioni solai - sezione AA

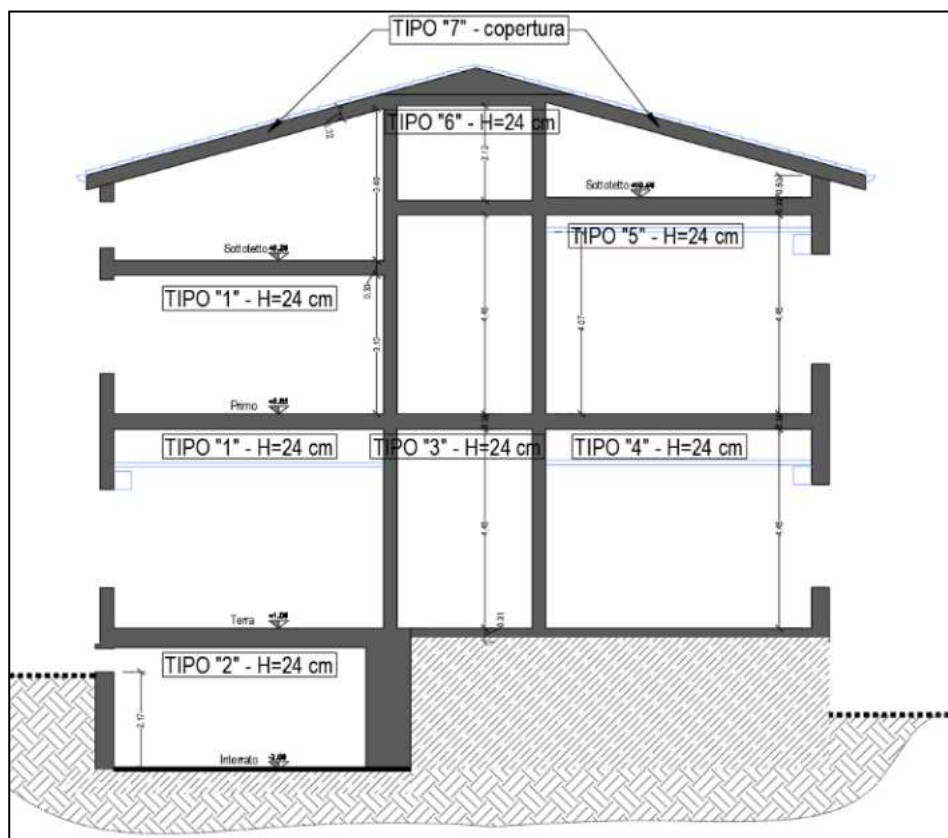


Figura 8: indicazioni solai - sezione BB

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. Dai saggi eseguiti si conferma che questo solaio presenta cappa superiore in calcestruzzo.

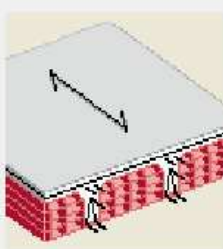
- Peso proprio strutturale solaio: **315 daN/mq**
- Carichi permanenti portati:
 - intonaco inferiore 30 daN/mq
 - sottofondo calce e sabbia per impianti (0,09*1800) 165 daN/mq
 - pavimento 40 daN/mq
 - controsoffitto 15 daN/mq
 - tramezzature pesanti (NTC 2018) 120 daN/mq
 - Totale parziale **370 daN/mq**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



Carico solaio tipico

Stringa identificativa	Tipo "1E" - Solaio 20+4 - Q=101...
Dati di carico	
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]
Generalità	
Categoria	B2



OK Annulla

Figura 9: 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. Dai saggi eseguiti si conferma che 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.



Stringa identificativa	Tipo "2E" - Solaio 20+4 - Q=110...
Dati di carico	
G1: peso proprio e perm. def...	315.0 [daN/ m2]
G2: permanenti NON definiti	290.0 [daN/ m2]
Sovraccarico variabile	500.0 [daN/ m2]
Coefficiente psi0	0.7
Coefficiente psi1	0.7
Coefficiente psi2	0.6
<input type="checkbox"/> Autoportante	
G1iso: quota peso proprio is...	0.0 [daN/ m2]
Generalità	
Categoria	C3

OK Annulla

Figura 10: 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. Dai saggi eseguiti si conferma che questo solaio presenta cappa superiore in calcestruzzo.

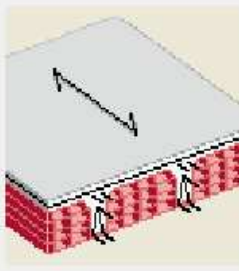
- Peso proprio strutturale solaio: **315 daN/mq**
- Carichi permanenti portati:
 - intonaco inferiore 30 daN/mq
 - sottofondo calce e sabbia per impianti (0,09*1800) 165 daN/mq
 - pavimento 40 daN/mq
 - controsoffitto 15 daN/mq
 - tramezzature interne assenti (valore minimo) 40 daN/mq
 - Totale parziale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



Carico solaio tipico

Stringa identificativa	Tipo "3E" - Solaio 20+4 - Q=100...
Dati di carico	
G1:peso proprio e perm. def...	315.0 [daN/ m2]
G2:permanenti NON definiti	290.0 [daN/ m2]
Sovraccarico variabile	400.0 [daN/ m2]
Coefficiente psi0	0.7
Coefficiente psi1	0.7
Coefficiente psi2	0.6
<input type="checkbox"/> Autoportante	
G1iso:quota peso proprio is...	0.0 [daN/ m2]
Generalità	
Categoria	B1



OK Annulla

Figura 11: archivio di carico n° 3

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

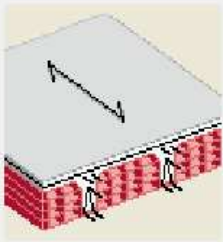
Il solaio in questione realizza il piano di calpestio del piano rialzato e del primo piano della zona di prima costruzione, sostituita al primordiale solaio realizzato in legno e ferro (secondo le indicazioni del progetto esecutivo del riattamento a scuole medie).

- 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**



Carico solaio tipico

Stringa identificativa	Tipo "4E" - Solaio 20+4 - Q=985...
Dati di carico	
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]
Generalità	
Categoria	B2



OK Annulla

Figura 12: 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**



Carico solaio tipico

Stringa identificativa	Tipo "5" - Solaio 20+4 - Q=425k...
Dati di carico	
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]
Generalità	
Categoria	H

OK Annulla

Figura 13: 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**

Carico copertura tipico

Stringa identificativa	Tipo "6" - Solaio 20+4 - Q=665 ...
Dati di carico	
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]
Generalità	
Categoria	ND

OK Annulla



Figura 14: 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 15: 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
Dati di carico	
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]
Generalità	
Categoria	C1

OK Annulla

Figura 16: 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" (si veda rel. Geologica geol. Rosario Spagnolo)
- 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 17: 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 $T_r = 949$ anni, 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 ^{II}		α	SLD ^{II}		α	SLV ^{II}		α	SLC ^{II}	
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	$0,607 \cdot s$	α	T_C	$0,629 \cdot s$	α	T_C	$0,647 \cdot s$	α	T_C	$0,685 \cdot s$
T_D	$1,895 \cdot s$	α	T_D	$1,993 \cdot s$	α	T_D	$2,467 \cdot s$	α	T_D	$2,679 \cdot s$
S_e ($a_{max} \cdot T=0$)	$0,074 g$	α	S_e ($a_{max} \cdot T=0$)	$0,098 \cdot g$	α	S_e ($a_{max} \cdot T=0$)	$0,217 \cdot g$	α	S_e ($a_{max} \cdot T=0$)	$0,270 g$
$S_{e,max}$ (plateau-norm.)	$0,183 \cdot g$	α	$S_{e,max}$ (plateau-norm.)	$0,237 \cdot g$	α	$S_{e,max}$ (plateau-norm.)	$0,545 \cdot g$	α	$S_{e,max}$ (plateau-norm.)	$0,691 \cdot g$

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 18: 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:

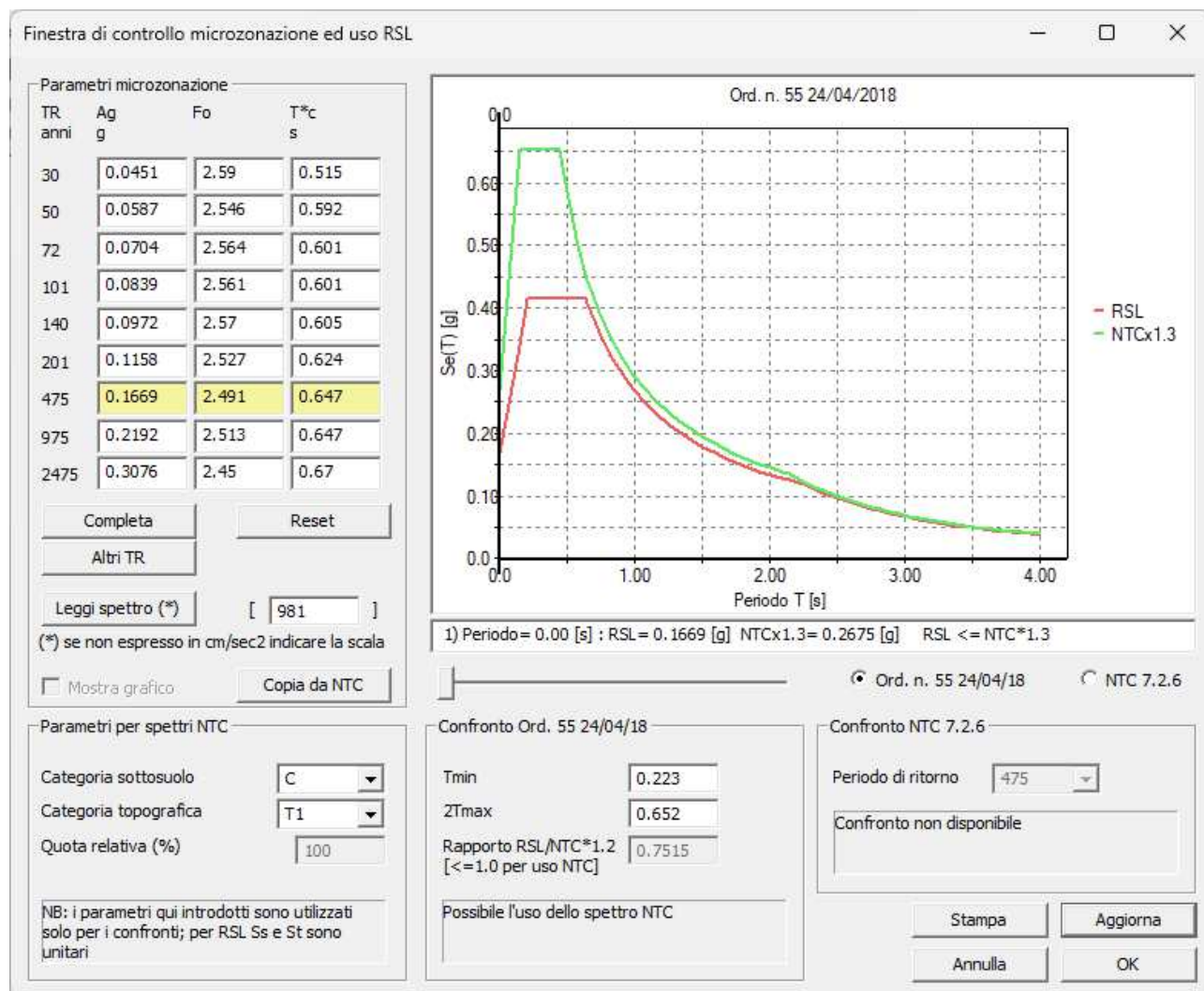


Figura 19: controllo spettro RSL - Ord. 55/2018

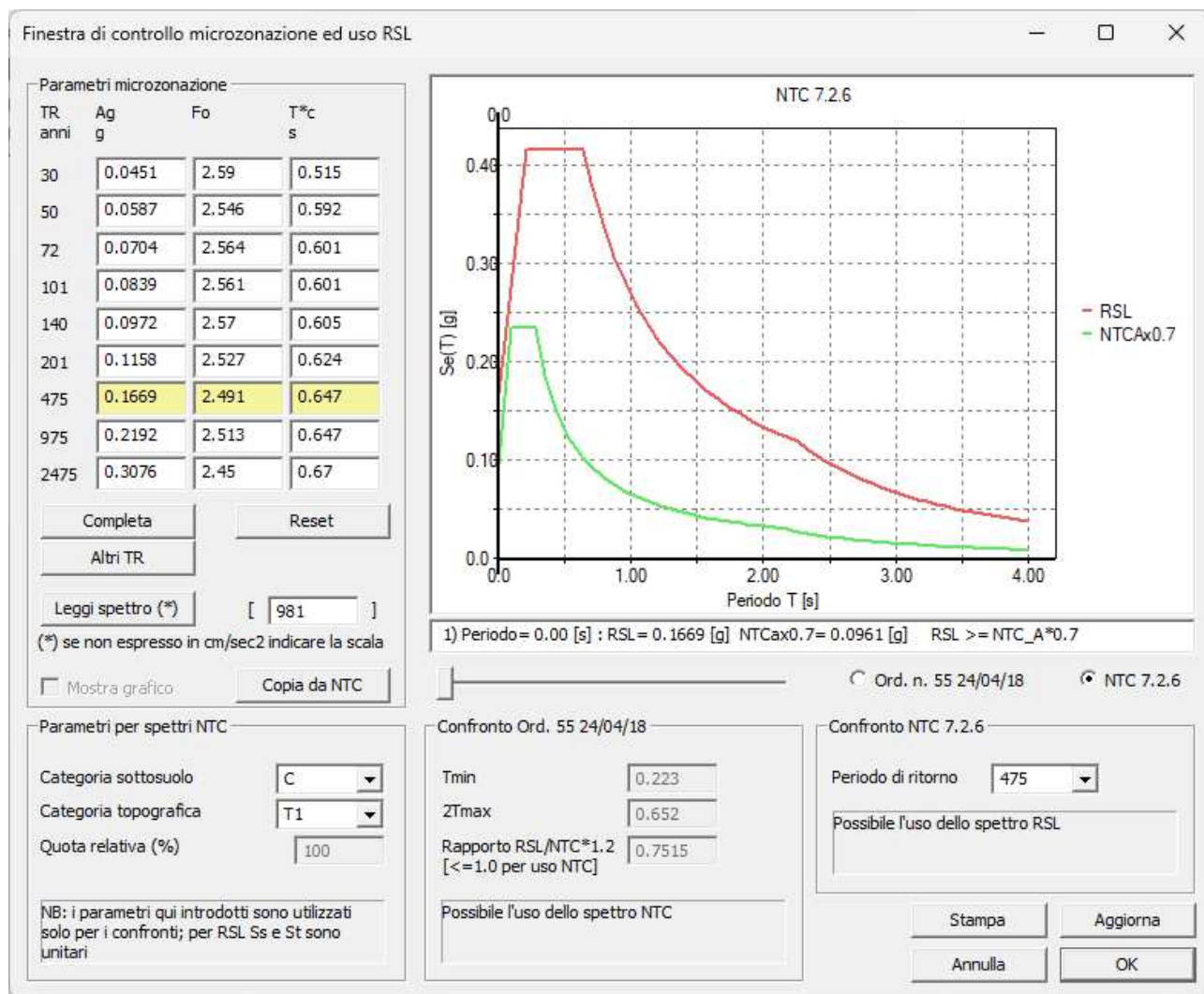
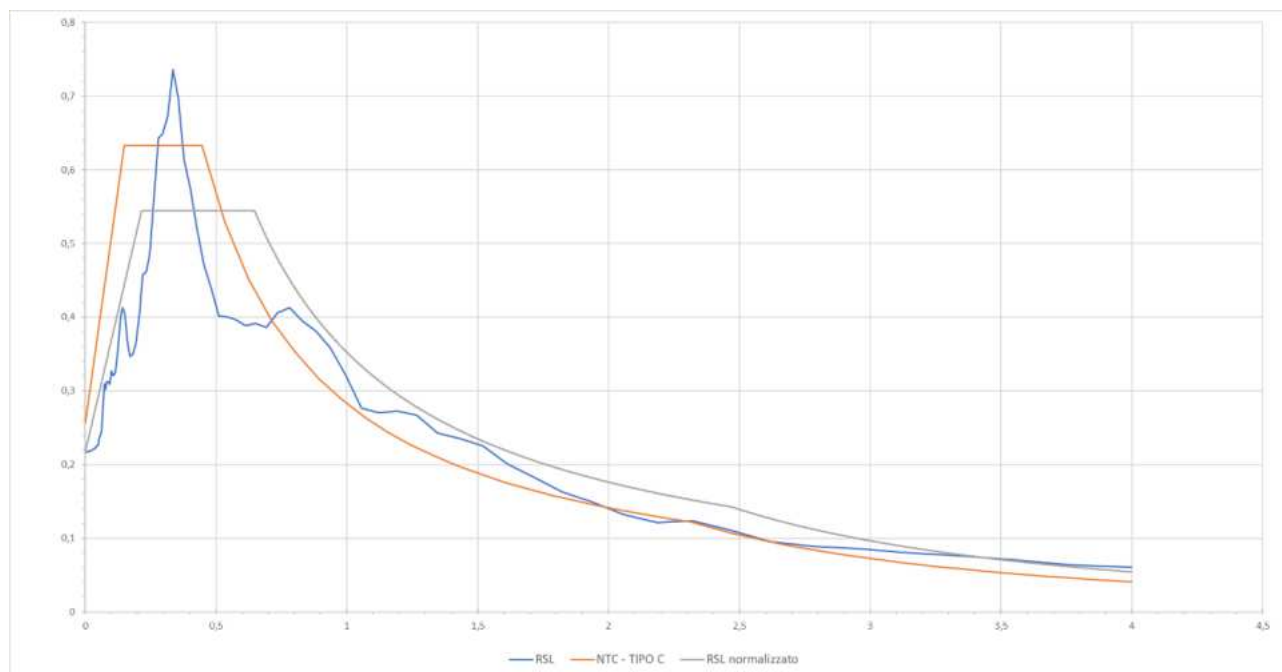


Figura 20: controllo spettro RSL - NTC 7.2.6

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 evidenzia la presenza di un picco significativo per un periodo di circa $T=0.30\text{sec}$, tuttavia già per un periodo di 0.4 sec si riscontra come la curva della RSL sia sostanzialmente pari a quella dello spettro normalizzato. Poiché, come si vedrà nel seguito i periodi principali di vibrazione della struttura si trovano nell'ordine di 0,4 sec, peraltro su vincolo rigido, si è ritenuto corretto procedere mediante l'adozione dello spettro di risposta sismica locale normalizzato.

La tabella seguente mostra i periodi di vibrazione principali della struttura nello stato di fatto:

Modo	Frequenza Hz	Periodo sec	M efficace X x g daN	%	M efficace Y x g daN	%	M efficace Z x g daN	%
1	3.059	0.327	1.856e+06	87.5	6.366e+04	3.0	36.12	1.70e-03
2	3.258	0.307	1.088e+05	5.1	1.487e+06	70.1	205.04	9.66e-03
3	4.494	0.223	1.149e+04	0.5	2.904e+05	13.7	48.26	2.27e-03
4	7.899	0.127	8079.09	0.4	10.11	4.76e-04	3869.25	0.2
5	8.670	0.115	1.327e+05	6.3	3440.50	0.2	1.25	5.90e-05
6	8.896	0.112	1244.01	5.86e-02	2.626e+05	12.4	565.82	2.67e-02
7	12.174	0.082	180.33	8.50e-03	137.66	6.49e-03	8.779e+05	41.4
8	13.942	0.072	2550.57	0.1	5498.78	0.3	1.263e+05	6.0
9	20.169	0.050	27.17	1.28e-03	53.00	2.50e-03	9.937e+05	46.8
Risulta			2.121e+06		2.113e+06		2.003e+06	
In percentuale			99.95		99.57		94.37	

Peraltro occorre considerare il fatto che se si fosse modellata la struttura su suolo elastico (ad esempio con fondazioni su suolo alla Winkler), avremmo sicuramente ottenuto una struttura maggiormente deformabile, con periodi di vibrazione maggiori e quindi, con riferimento all'immagine precedente, più spostati verso destra nella curva di spettro. Questo determina un valore di ordinata dello spettro inferiore allo spettro normalizzato.

A titolo esemplificativo si riportano i valori dei periodi di vibrazione della struttura, modellata su suolo elastico nello stato di progetto:



Tabella analisi dinamiche

CDC	Modo	Frequ...	Periodo	X M eff...	%	Y M eff...	%	Z M eff...	%	RZ M...	%	Energ...	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	87	11.95	0	23643.0	0	0.00	1.00
6	4	2.21	0.45	18184.78	78	725.90	0	168.77	0	10527.17	0	0.00	1.00
6	5	2.36	0.42	32073.1	1	1004.80	0	1.54	0	35093.6	6	0.00	1.00
6	6	2.37	0.42	28702.12	12	10245.0	0	12.94	0	38488.64	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	0.00	1.00
6	9	3.84	0.26	3.98	0	18482.0	0	24.03	0	32738.0	0	0.00	1.00
6	10	4.81	0.21	931.32	0	11604.0	0	97801.4	4	8203.12	0	0.00	1.00
6	11	5.07	0.20	143.53	0	4776.57	0	44938.19	19	46248.0	0	0.00	1.00
6	12	5.35	0.19	6044.37	0	6743.51	0	87948.37	37	81963.0	0	0.00	1.00
6	13	5.82	0.17	42865.1	1	4171.01	0	26790.1	1	15626.0	0	0.00	1.00
6	14	5.88	0.17	5652.56	0	2613.05	0	29448.12	12	64792.0	0	0.00	1.00
6	15	6.63	0.15	635.96	0	17449.0	0	49099.21	21	38423.0	0	0.00	1.00
6	16	7.41	0.13	7950.73	0	13349.5	5	49941.2	2	21758.0	0	0.00	1.00
6	17	7.89	0.13	71593.3	3	25061.1	1	221.25	0	23808.0	0	0.00	1.00
6	18	11.03	0.09	3466.31	0	29429.1	1	4745.43	0	70594.0	0	0.00	1.00
6	19	13.59	0.07	451.41	0	2348.96	0	20398.0	0	69474.0	0	0.00	1.00
6	20	17.17	0.06	37518.1	1	672.78	0	23.60	0	0.00	0	0.00	1.00

Massa efficace rotazionale

Posizione del centro di rotazione istantaneo:

Automatico

Pos. X2560.068Icm

Pos. Y796.5Icm

Aggiorna

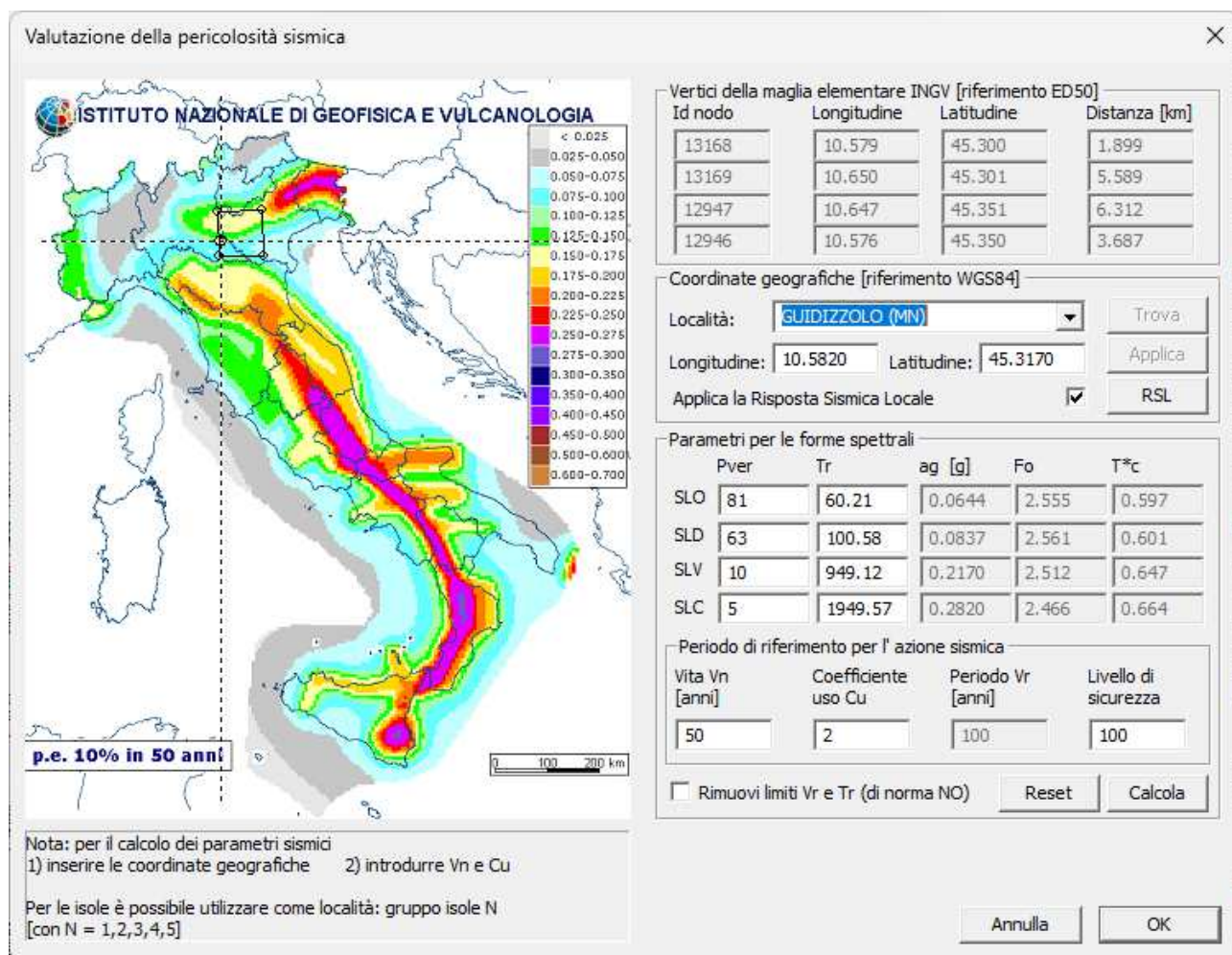
Esporta

Esci

Si nota che il periodo di vibrazione $T_{1x} = 0.45\text{sec}$, mentre il $T_{1y} = 0.58\text{sec}$, a conferma di quanto sopra riportato.

Concludendo quindi si è proceduto nel seguito con l'assunzione dello spettro da risposta sismica locale per l'esecuzione delle verifiche richieste.

Tutti i parametri riportati nel seguito sono quindi relativi allo spettro normalizzato da RSL, ricordando che il livello di sicurezza previsto dal progetto è assunto pari all'80% del livello previsto da normativa.





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: 1.35

S (oriz.)

Sv (vert.)

< Indietro Avanti > Annulla Aggiorna

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	0.064	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: 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...				1.5	1.5	<= Esistenti v. fragili	

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



Passo 4

Dati comuni per le analisi

Quota spiccato [cm]

Contributo carichi in fondazione ☐

Eccentricità aggiuntiva X: Y:

ex. muratura

Spost. relativo rapp. SLC/SLD

Dati per analisi dinamica

N. modi N. modi rigidi

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

dir. x-x

dir. y-y

dir. z-z

suggesto:

Accelerazione uniforme [R=Fh] ☐ 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

C.D.C.

Analisi modale di riferimento

Sfoggia...

Modo rifer. (**)

Nodo cont. (**)

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 U 10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
LC U 11	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
LC U 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

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. MAPPA SISMICITA'

Nel presente capitolo si procede all'analisi degli eventi sismici che hanno caratterizzato la vita dell'edificio oggetto di valutazione. Lo scopo dello studio è di quantificare le azioni cui è stata sottoposta la struttura, così da avere un riferimento dell'azione minima resistente in grado di sopportare l'edificio, dal momento che non risultano particolari danneggiamenti legati ad eventi sismici.

Per determinare questi eventi si fa riferimento alla "Mappe di Scuotimento" (SM) messe a disposizione dell'*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia* (INGV).

Le mappe sono basate sulle registrazioni strumentali che forniscono i parametri rappresentativi dello scuotimento sismico nei siti stazione. Successivamente questi valori vengono interpolati spazialmente utilizzando relazioni empiriche (leggi di attenuazione) che legano lo scuotimento alla magnitudo dell'evento sismico e alla distanza epicentrale dei punti considerati, passando così da valori puntuali a una mappa. La variazione del moto sismico dovuto alle condizioni geologiche locali è tenuto in conto nella preparazione delle SM tramite il parametro VS30, ovvero la velocità media delle onde di taglio negli ultimi 30 metri. Le SM sono calcolate, terremoto per terremoto, su un'area rettangolare di 200 Km x 200 Km centrata sull'epicentro. Lo scuotimento è rappresentato in termini di MM (grado della scala macrosismica Mercalli Modificata), PGV (velocità massima orizzontale), PGA (accelerazione massima orizzontale) e con le ordinate spettrali dello spettro di risposta in accelerazione (con smorzamento 5%) per i periodi 0.3, 1.0, 3.0 s.

L'INGV mette a disposizione una serie di mappe accessibili attraverso il sito <http://shakemap.rm.ingv.it/> in file contenenti la griglia di valori di scuotimento oppure in file utilizzabili direttamente in ambiente GIS.

Per la selezione delle mappe di interesse della costruzione in esame, sono stati definiti alcuni criteri di interesse, di seguito specificati:

- Periodo di riferimento: gennaio 1985 - oggi (non sono presenti mappe per periodi antecedenti)
- Epicentri valutati su un'area circolare di 80 km rispetto al sito di interesse (Guidizzolo)
- Magnitudo min: 4.5;
- Magnitudo massima: 10;



Personalizza Ricerca

Quando

Data inizio

1985-01-01

Data fine

2021-03-23

Magnitudo

Magnitudo minima

- 4,5 +

Magnitudo massima

- 10 +

Dove

Area tipo: ☐ Rettangolare ☒ Circolare

Punto e Raggio

Ottieni coordinate dal nome del Municipio

Guidizzolo

Latitudine

- 45,32 +

Longitudine

- 10,58 +

Raggio (km)

- 30 +

Profondità (km)

Profondità minima

- -10 +

Profondità massima

- 1000 +

Tramite la selezione imposta sono stati identificati i seguenti eventi:

Fuso Orario: Italia Dal 1985-01-01 Magnitudo maggiore di 4.5 Punto: (45.32, 10.58) - Raggio: 80 km

Personalizza Ricerca Mappa

Visualizzati 20 terremoti (Ordinamento Tempo Decrescente)

Esporta lista (UTC) ▼

Data e Ora (Italia) ⚙	Magnitudo ⚙	Zona ⚙	Profondità ⚙	Latitudine	Longitudine
2012-06-03 21:20:43	Mw 4.7	4 km W San Possidonio (MO)	9	44.89	10.95
2012-05-29 13:00:22	ML 5.1	3 km SW San Possidonio (MO)	7	44.87	10.98
2012-05-29 13:00:01	ML 5.0	5 km SE Novi di Modena (MO)	9	44.86	10.94
2012-05-29 12:55:56	Mw 5.3	3 km SW San Possidonio (MO)	4	44.87	10.98
2012-05-29 10:27:22	ML 4.6	2 km W Mirandola (MO)	6	44.88	11.04
2012-05-29 10:25:51	ML 5.0	5 km SE Novi di Modena (MO)	8	44.87	10.95
2012-05-29 09:00:02	Mw 5.6	1 km SW Medolla (MO)	8	44.84	11.07
2012-05-20 19:38:14	ML 4.6	6 km NW Finale Emilia (MO)	4	44.88	11.25
2012-05-20 05:02:47	ML 5.0	2 km NE San Felice sul Panaro (MO)	9	44.86	11.15
2012-05-20 04:07:28	ML 5.0	5 km NW Finale Emilia (MO)	6	44.87	11.27
2012-05-20 04:06:26	ML 4.8	7 km N San Felice sul Panaro (MO)	4	44.91	11.17
2012-05-20 04:06:12	ML 4.8	4 km E Mirandola (MO)	5	44.88	11.12
2012-05-20 04:03:50	Mw 5.8	7 km NW Finale Emilia (MO)	10	44.90	11.26
2012-01-25 09:06:37	Mw 4.9	4 km S Brescello (RE)	29	44.87	10.51
2011-07-17 20:30:27	Mw 4.5	1 km SW Cenese (RO)	2	45.01	11.37
2004-11-24 23:59:38	Mw 4.8	5 km NE Vobarno (BS)	5	45.69	10.52
2000-06-18 09:42:07	Md 4.5	5 km SW Novellara (RE)	5	44.81	10.70
1996-10-15 11:56:00	Md 4.6	4 km N Bagnolo in Piano (RE)	5	44.80	10.66
1989-09-13 23:54:01	Md 4.7	6 km NE Vallarsa (TN)	10	45.82	11.17
1987-05-02 22:43:54	Md 4.5	4 km S Novellara (RE)	3	44.81	10.72

Degli eveneti sismici riportati nell'immagine soprastante se ne analizzano 2 mediante la rappresentazione delle mappe di scuotimento



7.1. Sisma 2012

Gli eventi sismici di maggior rilievo avvenuti negli ultimi anni nell'area di interesse sono indubbiamente quelli rilevati tra maggio e giugno del 2012 e identificati come "Terremoto in Emilia del 2012"

La scossa di maggior rilievo di tutte quelle accadute nel periodo in questione è il sisma di Magnitudo 5.8 delle ore 04:03 con epicentro a Finale Emilia (MO).

Si riportano le mappe di interesse del sisma in questione

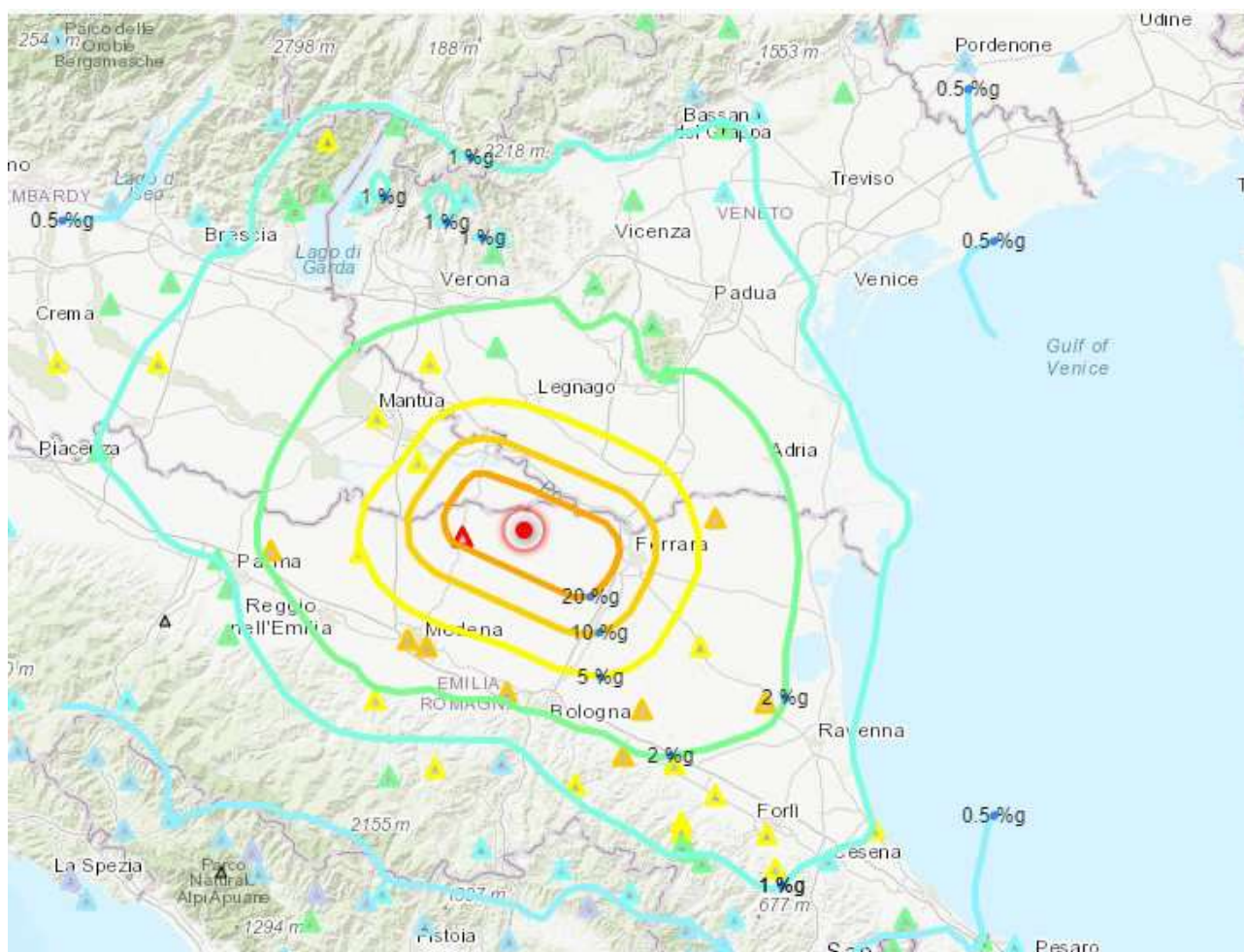
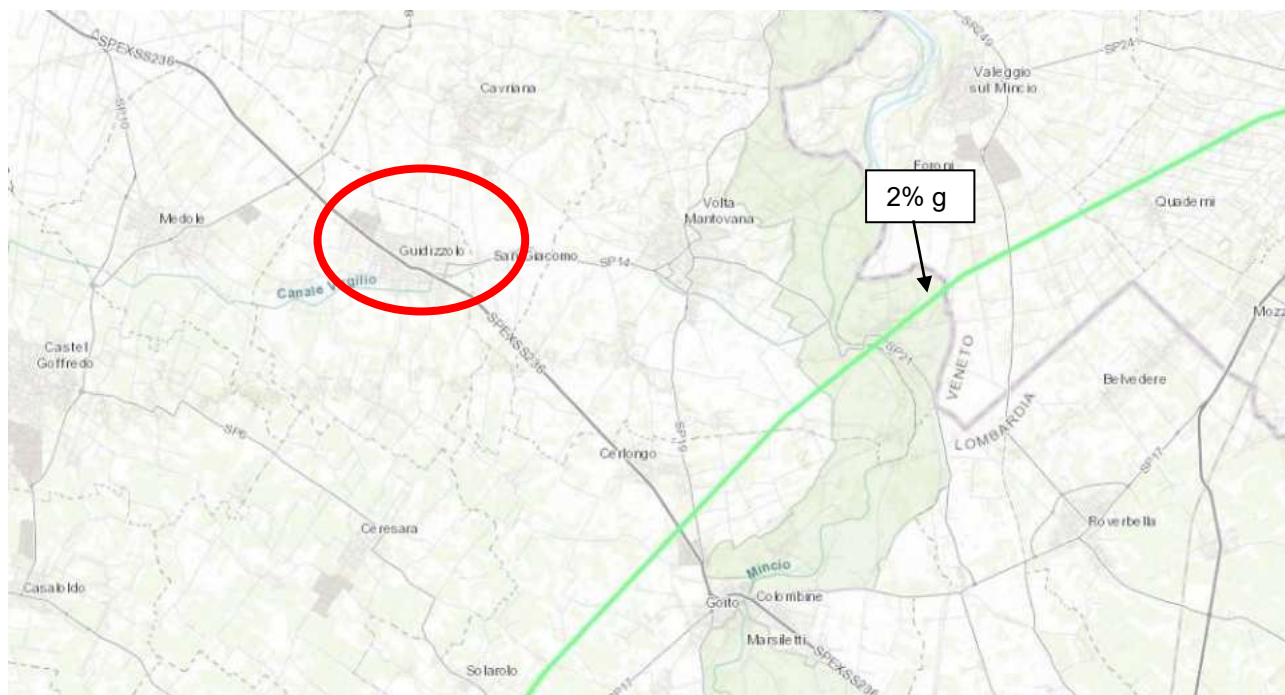


Figura 21: Mapa PGA localizzata - sisma Emilia 2012

Si riporta uno zoom dell'area del Municipio.



Dall'immagine precedenti si nota come il Comune di Guidizzolo sia distante circa 10 km dall'area dove è stata rilevata un'accelerazione al suolo del moto sismico pari a 0.02g. Pertanto si può considerare che il 20 maggio 2012 il fabbricato abbia subito un'azione sismica di quell'intensità.



8. MODELLO NUMERICO

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.

8.1. 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.

8.1.1. 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.

8.1.2. 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 rigidità 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.

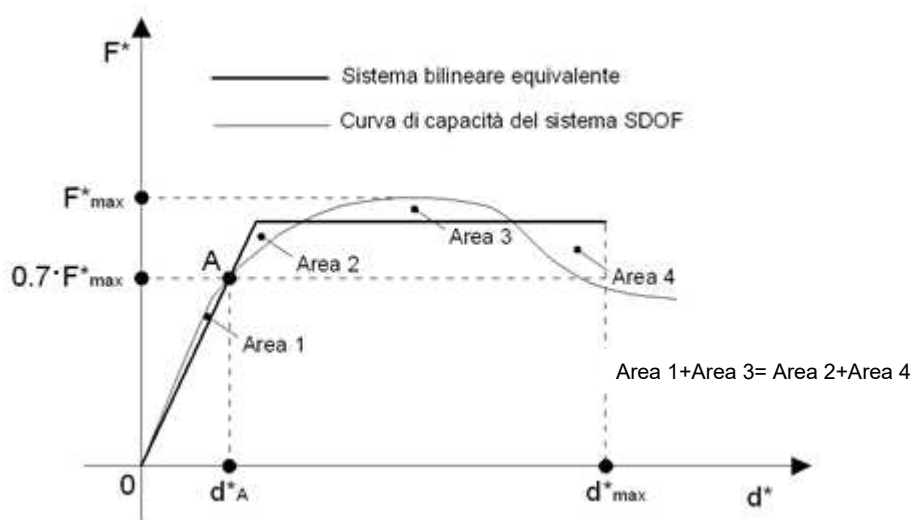


Figura 22: Definizione curva di capacità sistema equivalente

8.1.3. Metodo telaio equivalente



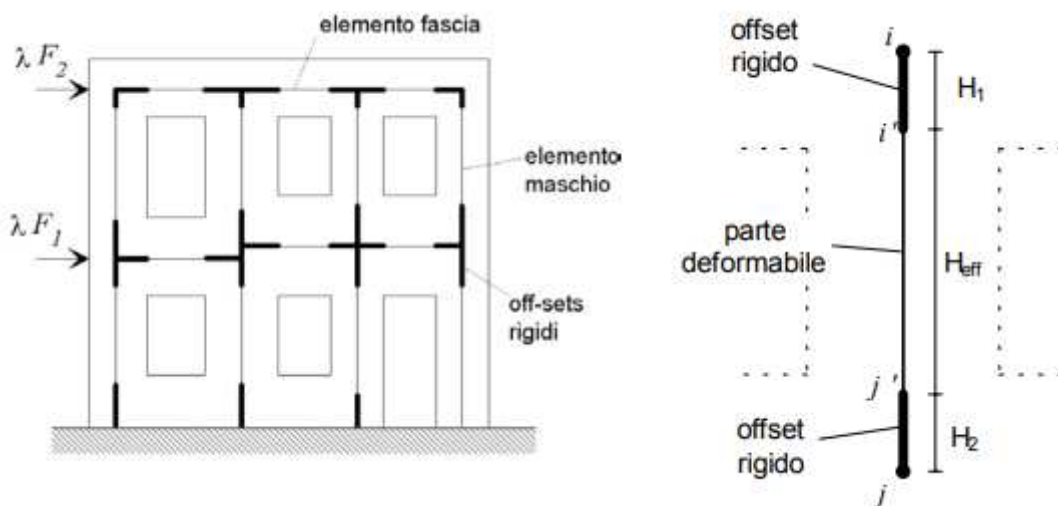
Il metodo proposto per la verifica della struttura mira alla valutazione della risposta globale degli edifici, in cui il meccanismo resistente è governato dalla risposta nel piano delle pareti, senza considerare eventuali meccanismi di collasso associati alla risposta dinamica fuori dal piano.

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.

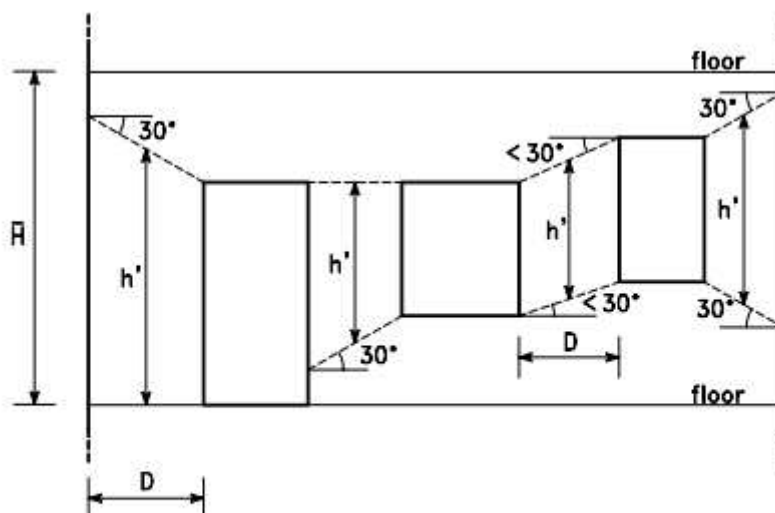
Nello specifico il metodo a telaio equivalente adottato per il calcolo della struttura è denominato S.A.M. (Seismic Analysis of Masonry walls) [Magenes e Calvi, 1996]; tale metodo, pensato originariamente per l'analisi di pareti piane, è stato in seguito riformulato e implementato in un programma di 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 la definizione 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)



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

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).



8.2. 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

Apertura	
Inizio apertura	34.512
Fine apertura	172.079
H fascia inferiore	110.0
H fascia superiore	70.0
Apertura	
Inizio apertura	234.924
Fine apertura	374.765
H fascia inferiore	110.0
H fascia superiore	70.0
Apertura	
Inizio apertura	437.727
Fine apertura	577.672
H fascia inferiore	110.0
H fascia superiore	70.0

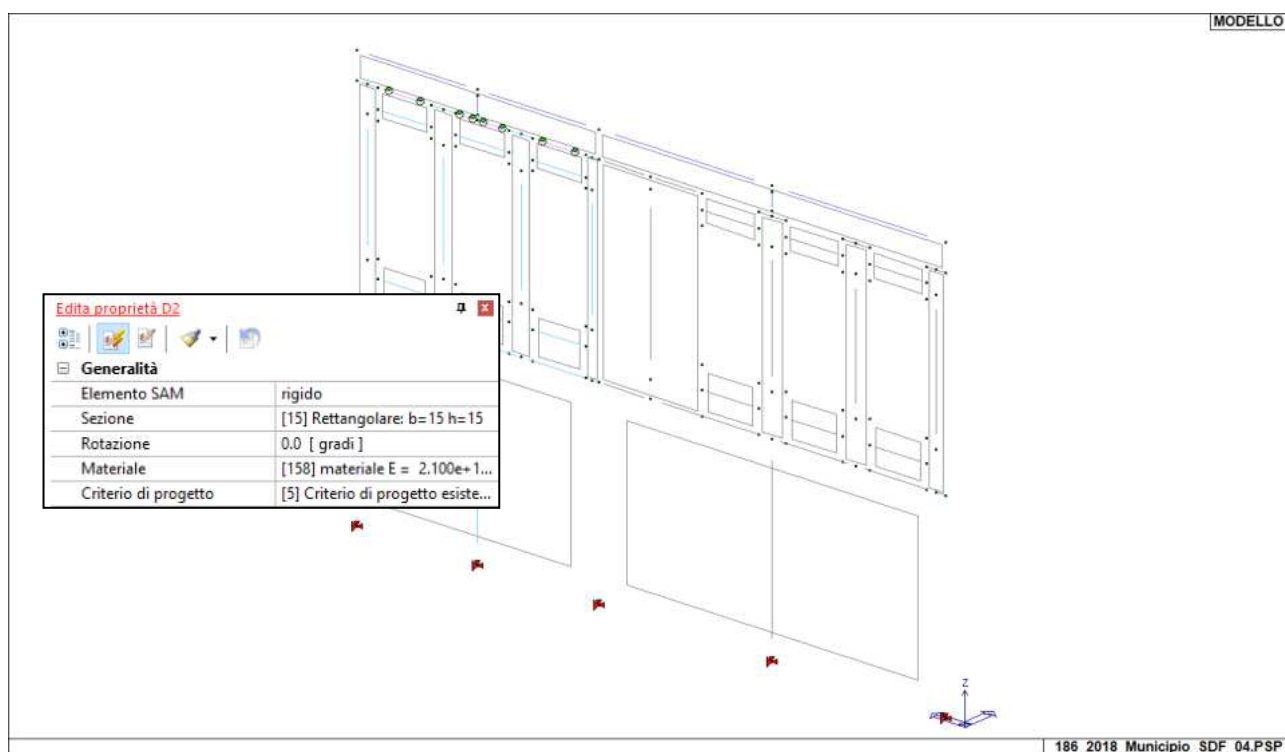
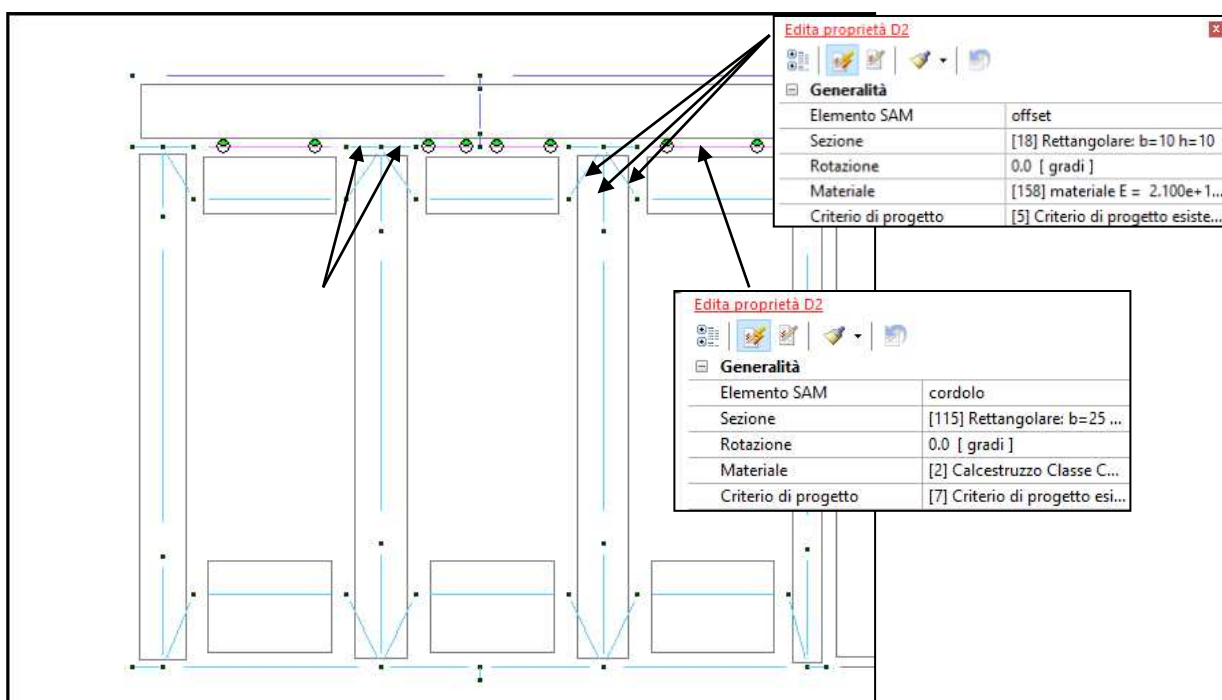


Figura 23: esempio implementazione parete

Il programma definisce le informazioni genera 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)



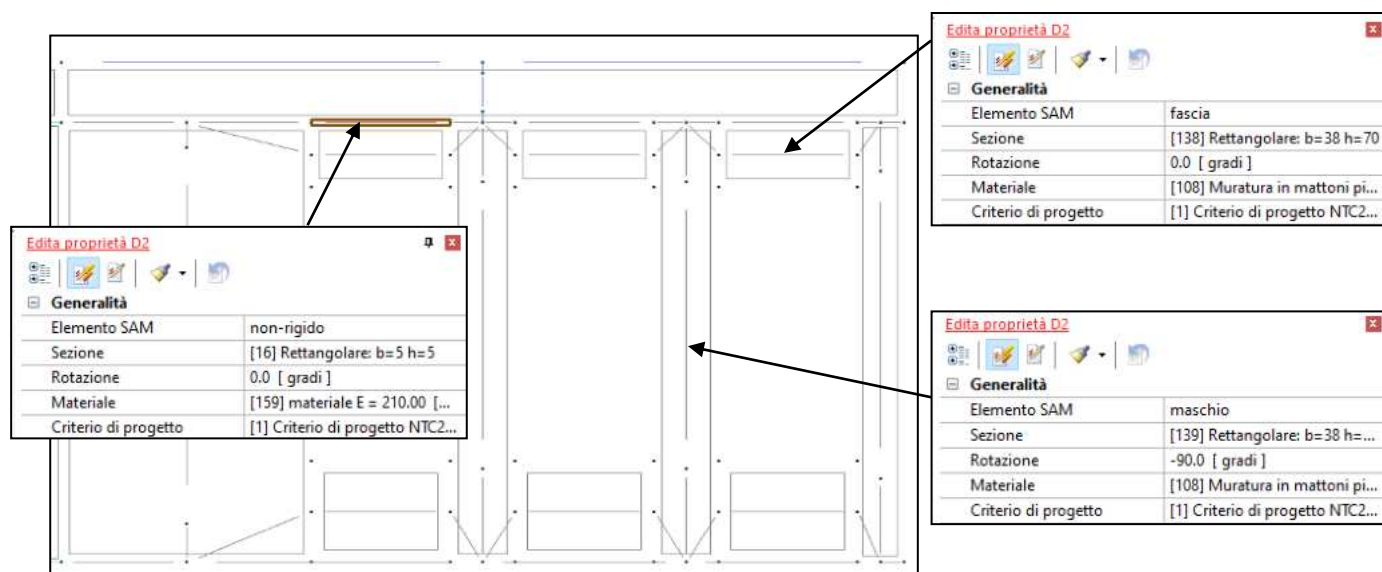


Figura 24: proprietà elementi D2 parete PRO SAM

- 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

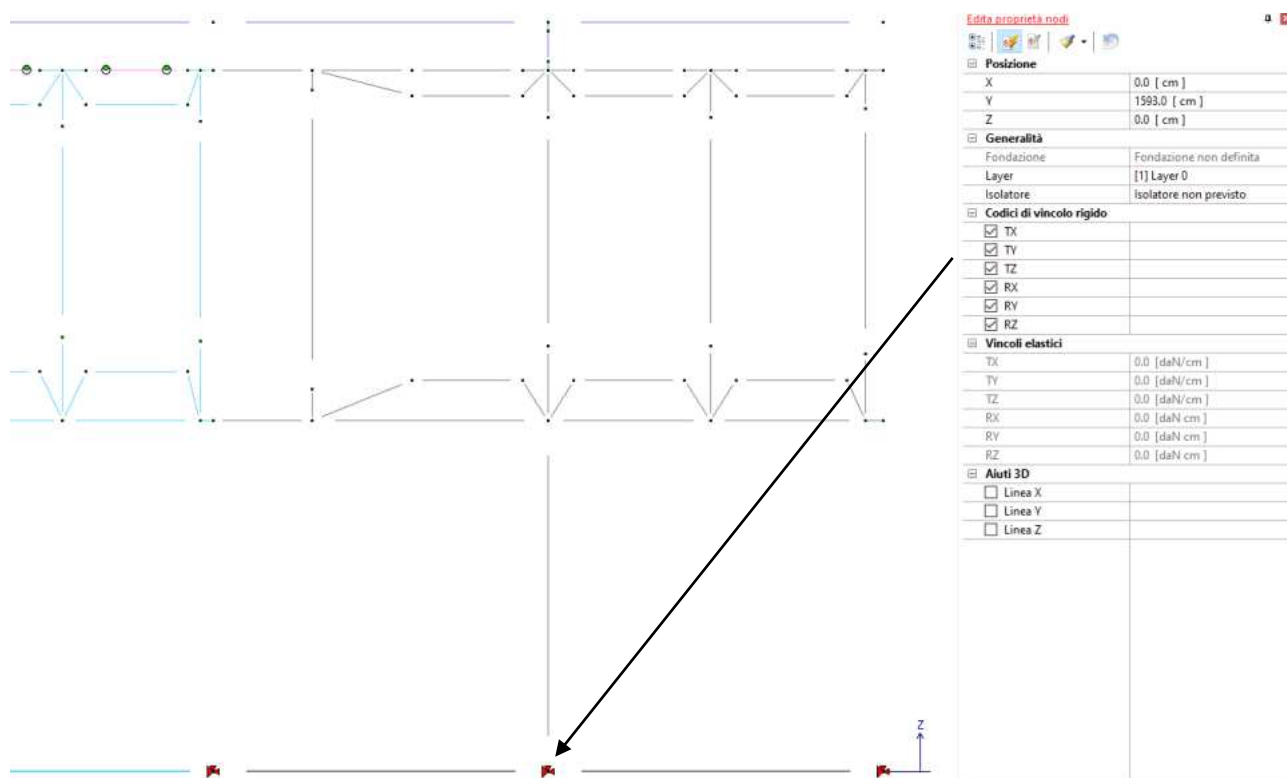


Figura 25: dettaglio modellazione vincoli

- 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

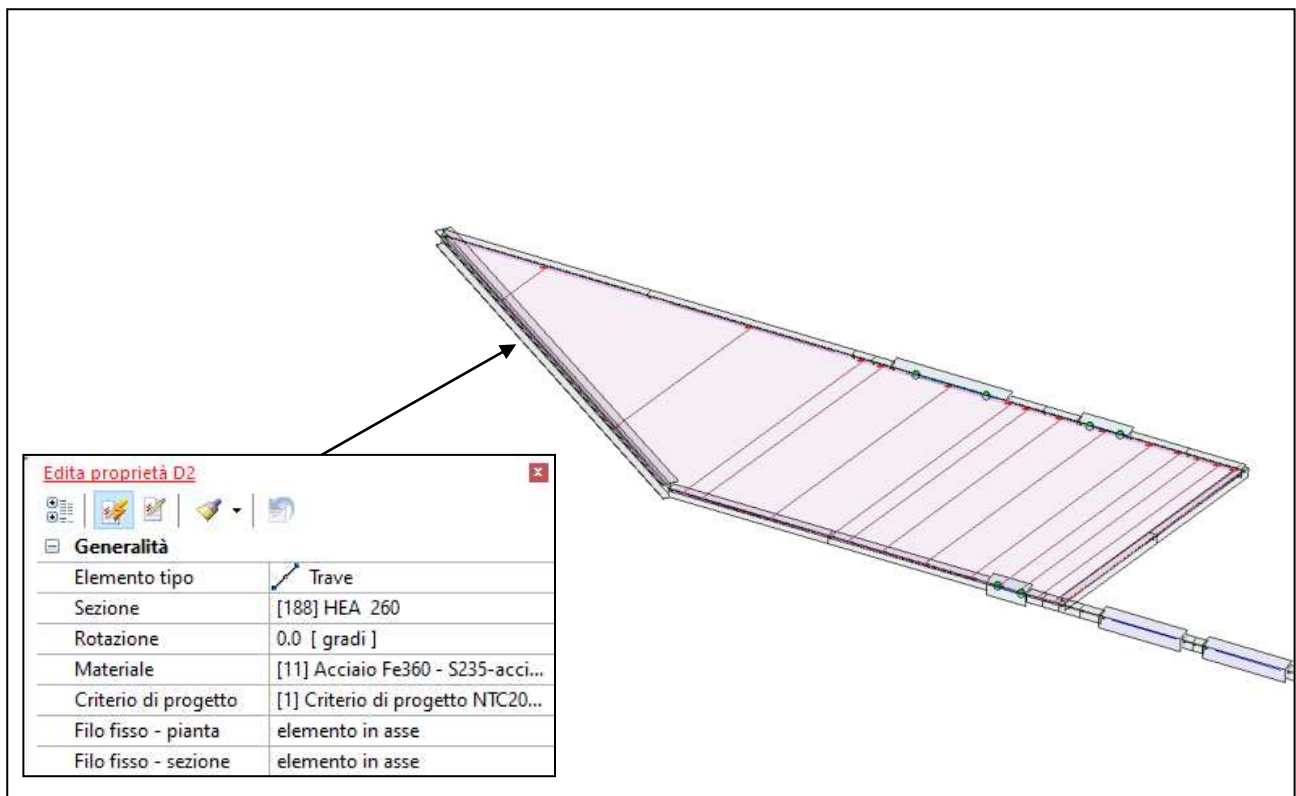


Figura 26: particolare modellazione copertura

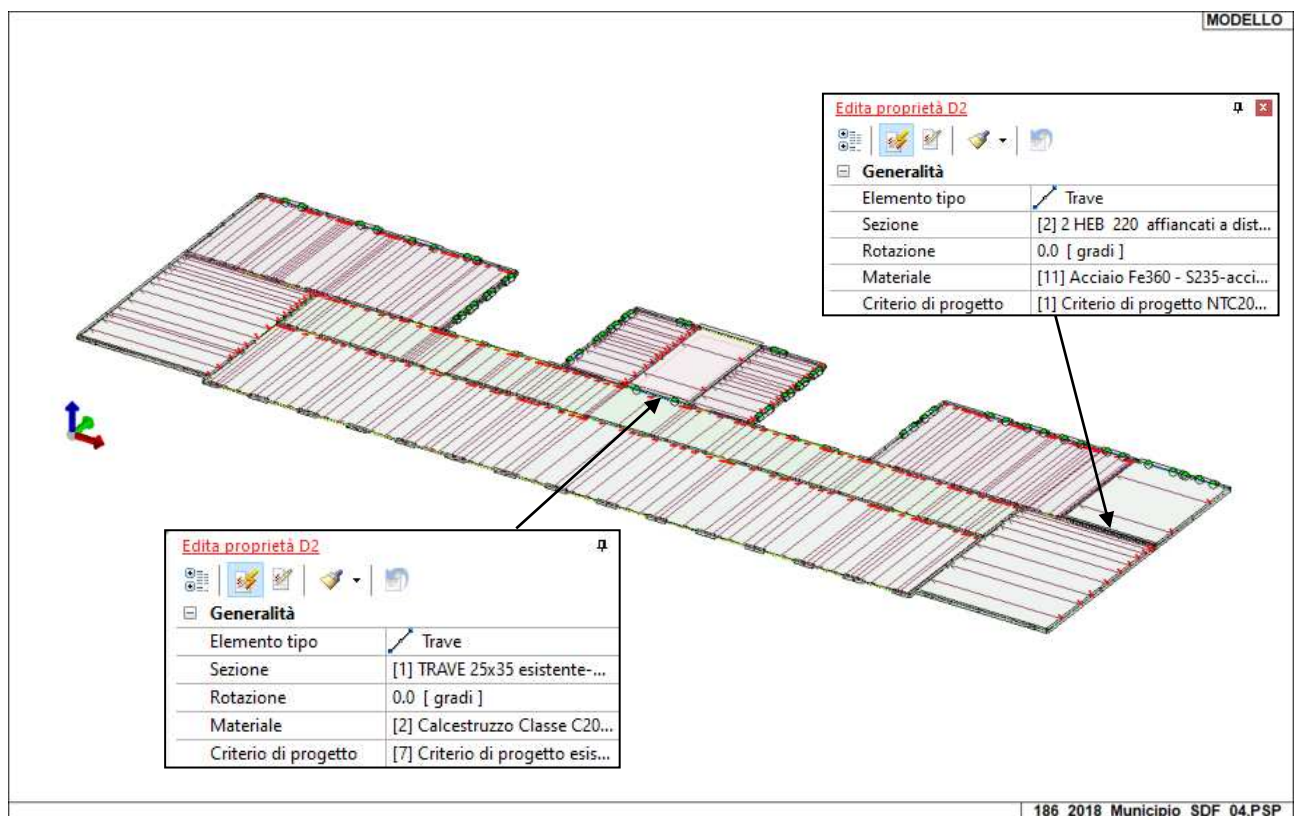


Figura 27: particolare modellazione travi interne - Primo Piano



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

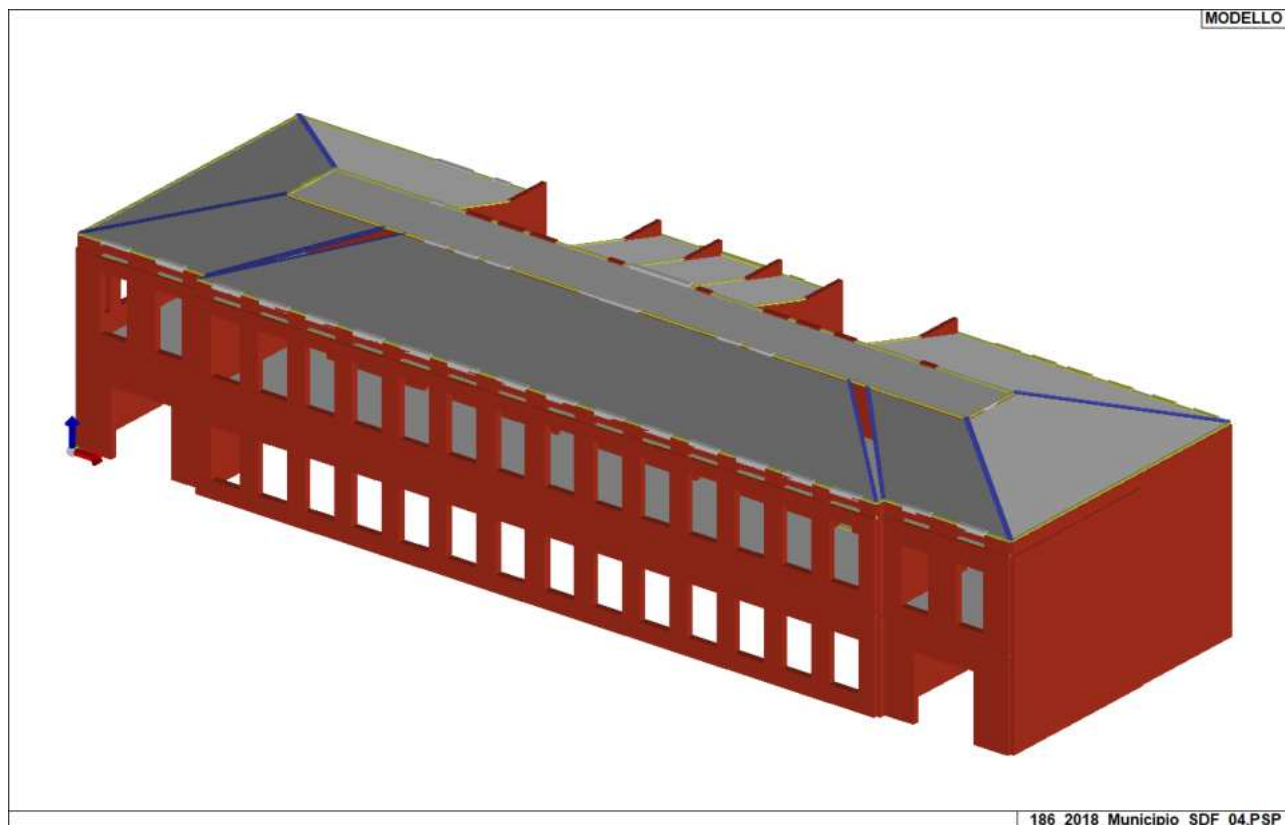


Figura 28: modello solido

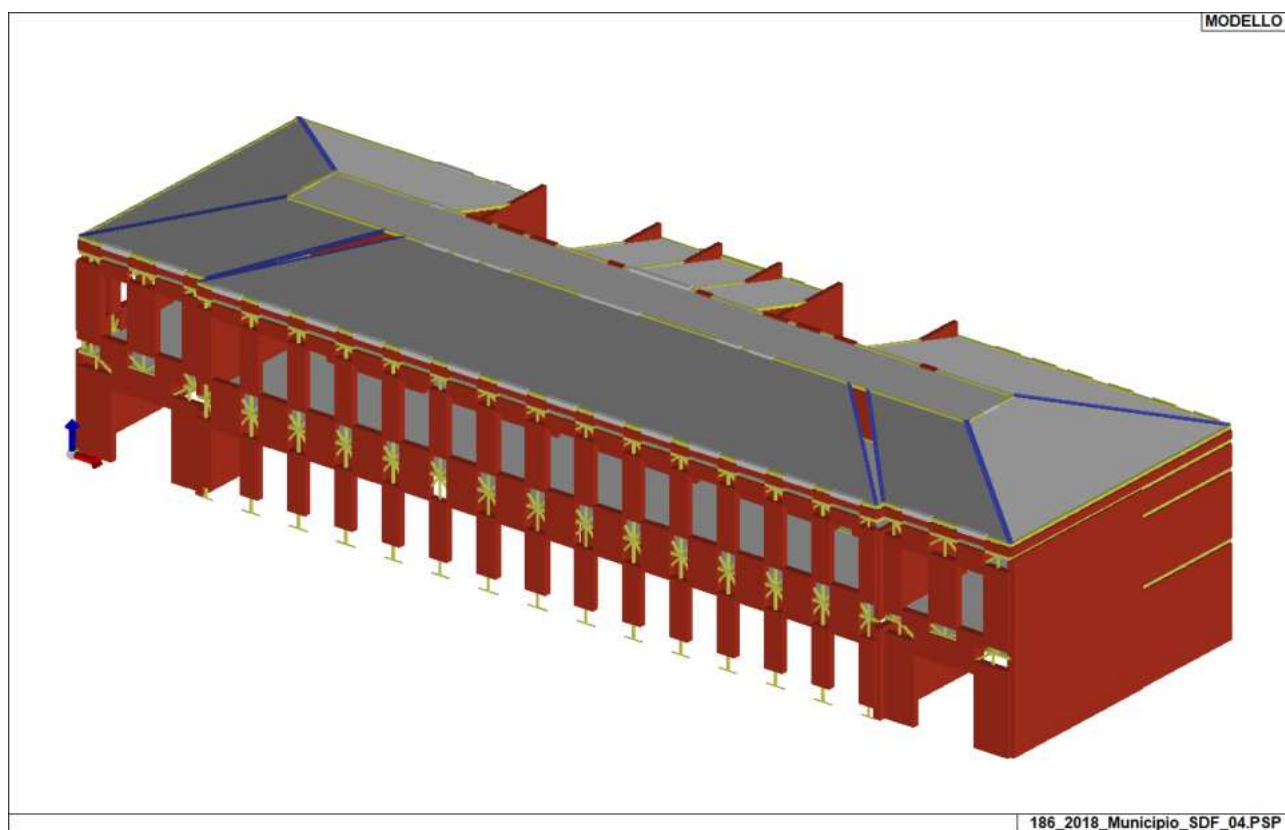


Figura 29: modello solido (elementi pannello nascosti)

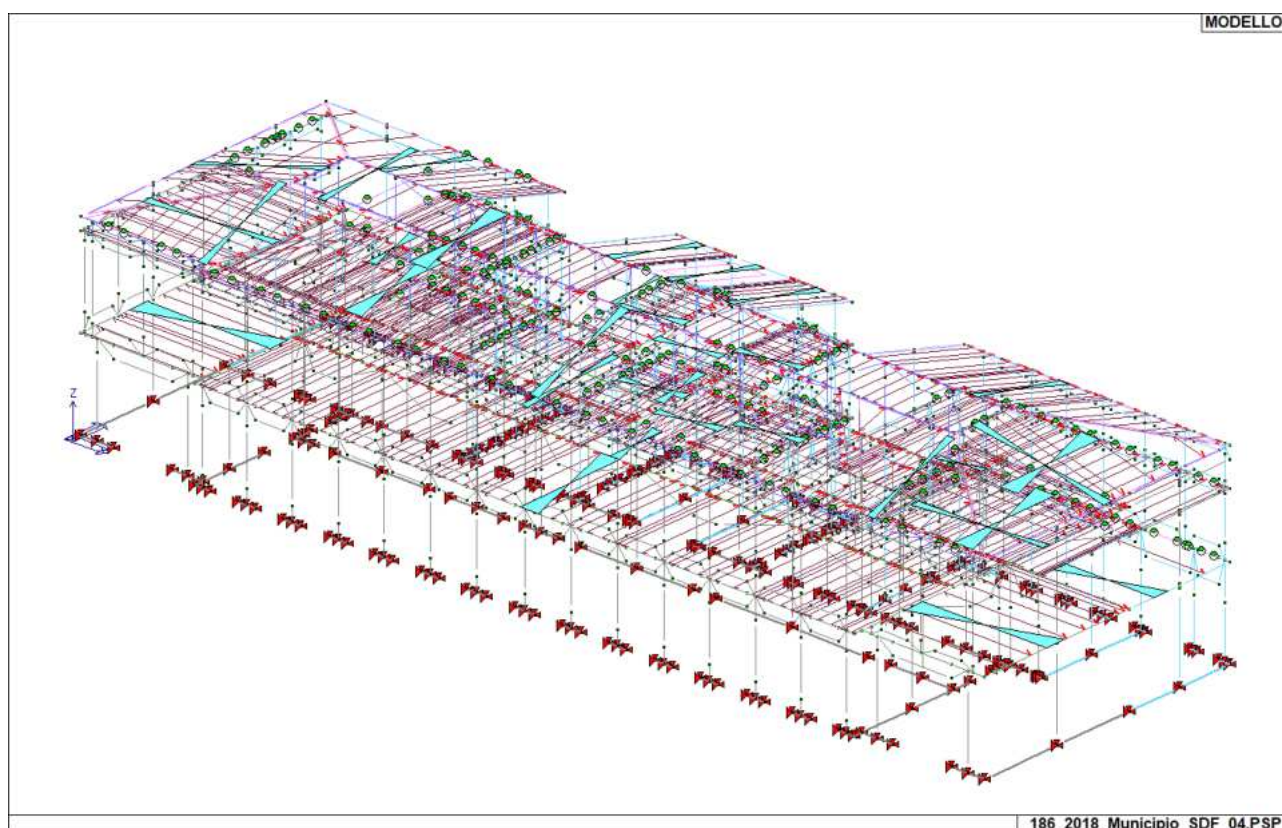


Figura 30: Modello unifilare

8.3. 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:

	Sigla	Tipo	Descrizione
1	Ggk	A	caso di carico comprensivo del peso proprio struttura
2	Gk	NA	caso di carico con azioni permanenti
3	Qk	NA	caso di carico con azioni variabili
4	Gsk	A	caso di carico comprensivo dei carichi permanenti sui solai e sulle coperture
5	Qsk	A	caso di carico comprensivo dei carichi variabili sui solai
6	Qnk	A	caso di carico comprensivo dei carichi di neve sulle coperture
7	Qtk	SA	caso di carico comprensivo di una variazione termica agente sulla struttura
8	Qvk	NA	caso di carico comprensivo di azioni da vento sulla struttura
9	Esk	SA	caso di carico sismico con analisi statica equivalente
10	Edk	SA	caso di carico sismico con analisi dinamica
11	Pk	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_egeg	come precedente CDC sismico
8	Esk	nlin tria_dir180_epos	come precedente CDC sismico
9	Esk	nlin tria_dir180_egeg	come precedente CDC sismico
10	Esk	nlin tria_dir90_epos	come precedente CDC sismico
11	Esk	nlin tria_dir90_egeg	come precedente CDC sismico
12	Esk	nlin tria_dir270_epos	come precedente CDC sismico
13	Esk	nlin tria_dir270_egeg	come precedente CDC sismico
14	Esk	nlin unif_dir0_epos	come precedente CDC sismico
15	Esk	nlin unif_dir0_egeg	come precedente CDC sismico
16	Esk	nlin unif_dir180_epos	come precedente CDC sismico
17	Esk	nlin unif_dir180_egeg	come precedente CDC sismico
18	Esk	nlin unif_dir90_epos	come precedente CDC sismico
19	Esk	nlin unif_dir90_egeg	come precedente CDC sismico
20	Esk	nlin unif_dir270_epos	come precedente CDC sismico
21	Esk	nlin unif_dir270_egeg	come precedente CDC sismico

8.3.1. 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.

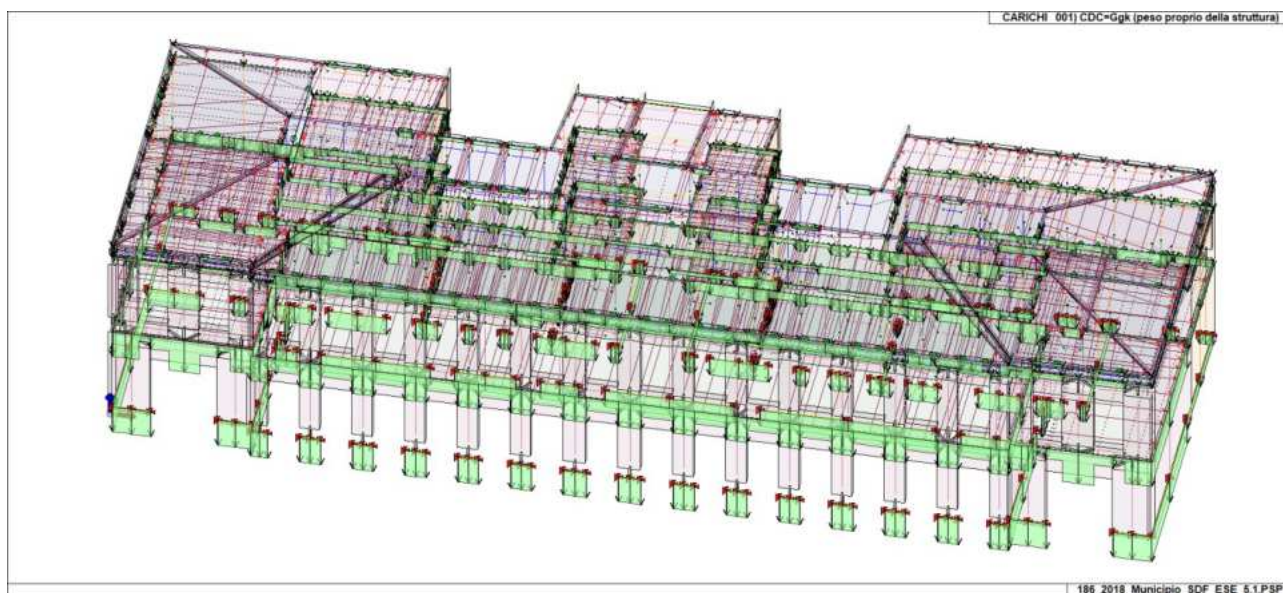


Figura 31: c.d.c. 1 peso proprio elementi strutturali

8.3.2. 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..

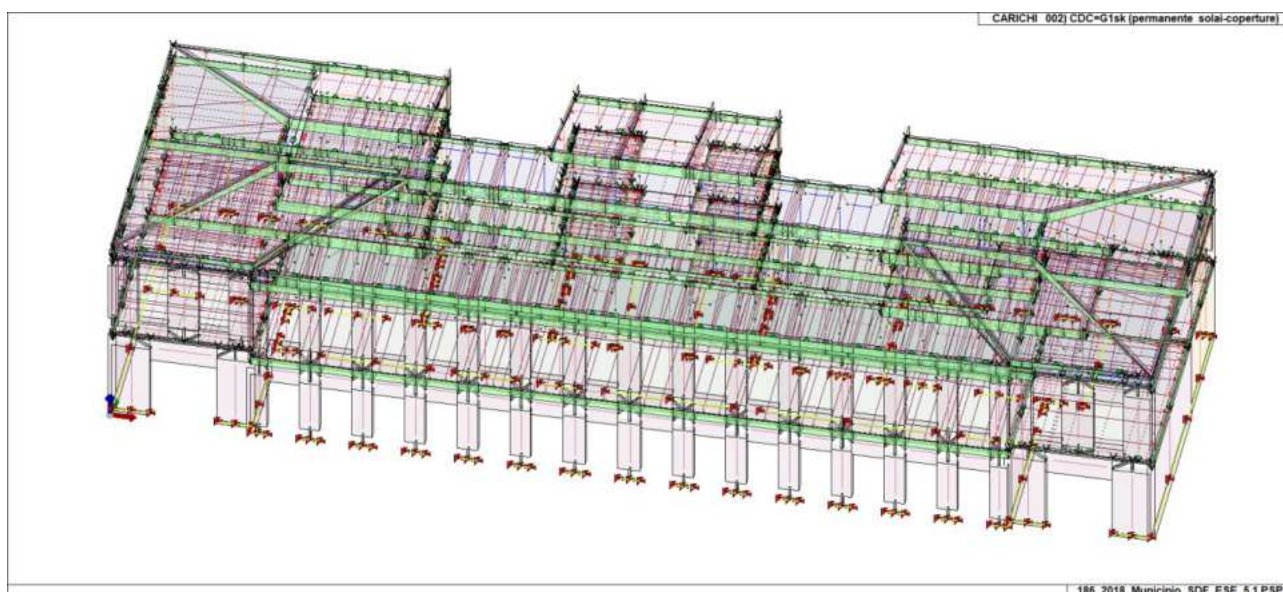


Figura 32: c.d.c. 2 - applicazione dei carichi da peso permanente solai

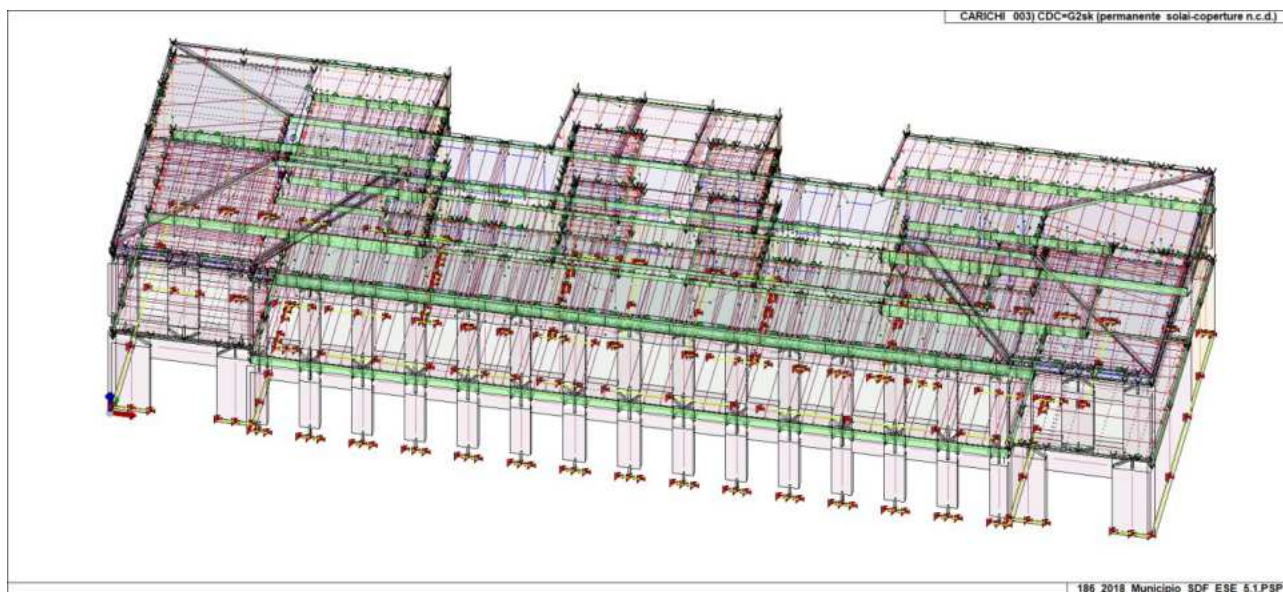


Figura 33: c.d.c. 3 - applicazione dei carichi da peso non strutturale solai

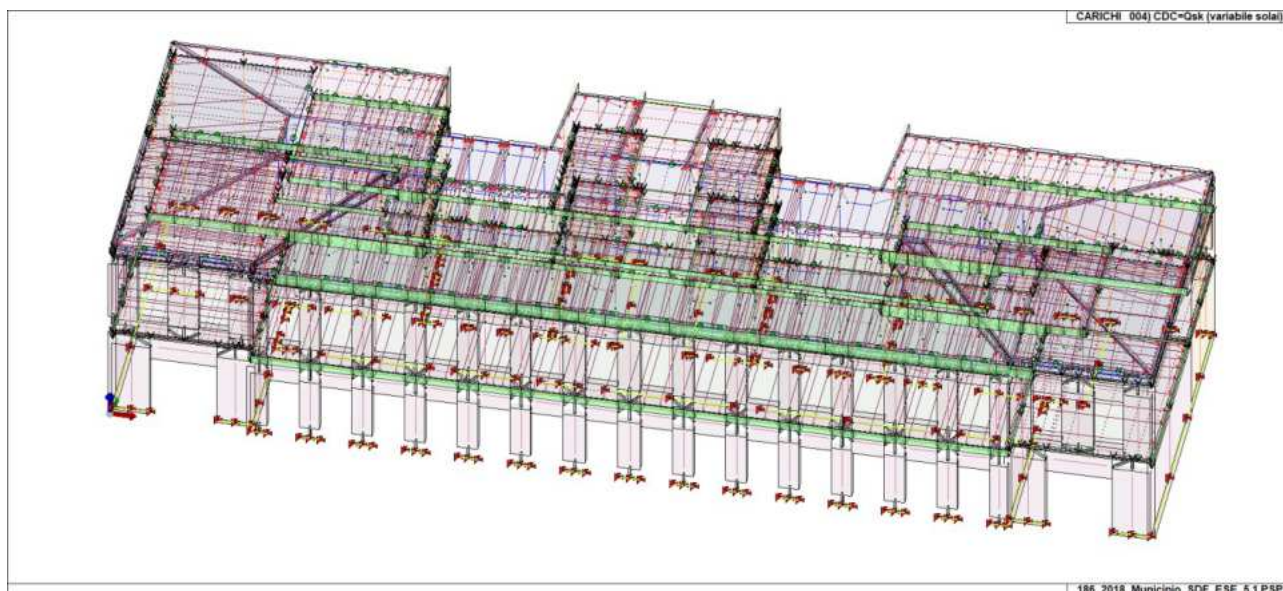


Figura 34: c.d.c. 4 - applicazione dei carichi variabili solai (Cat. A)

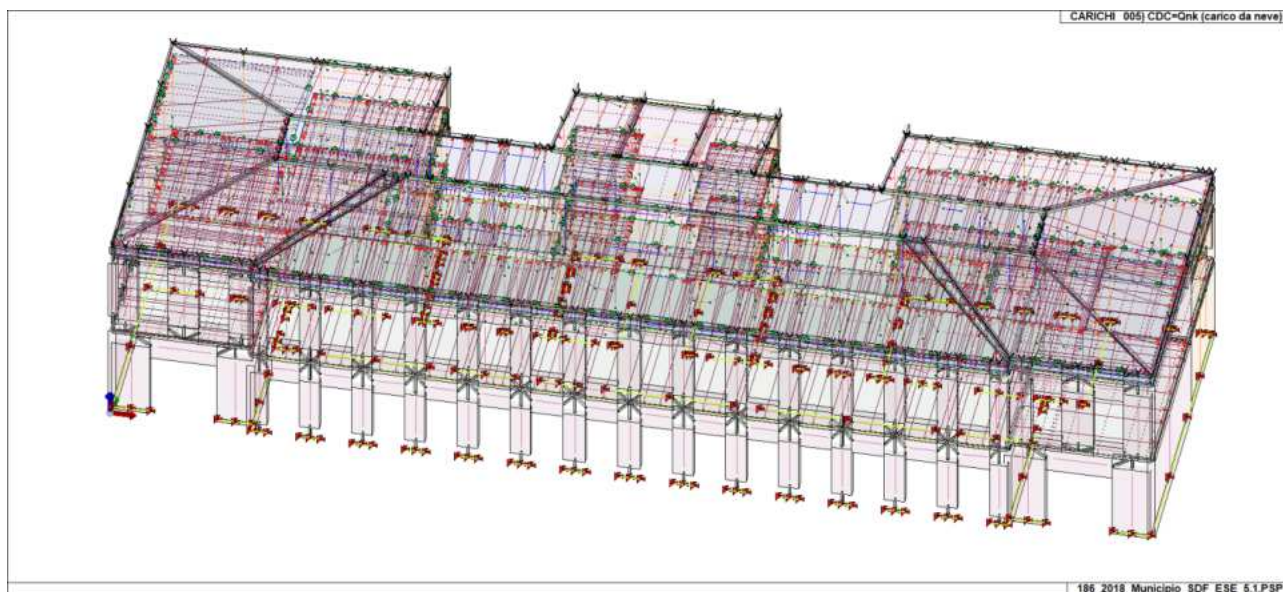


Figura 35: c.d.c. 5 - applicazione dei carichi variabili solai (NEVE)

8.3.3. 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 §8.1.1 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 1
Verifiche SL
☒ SLO
☒ SLD
☒ SLV
☒ SLC
Avanzate
☒ Piano infinita...
 Residuo Forze 0.8
 Fattore Forze 0.7
 Incremento Forze 0.02
 Metodo Gamma Modale
 Numero iterazioni 20
 Tolleranza energia 0.0001
 Tolleranza forze 0.001
 Tolleranza sposta... 0.001
 Fattore Jt per rigidi 0.0001
☐ Privilegia offset
☒ Mostra esecu...
 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_neg	uniforme	Y	Neg	-

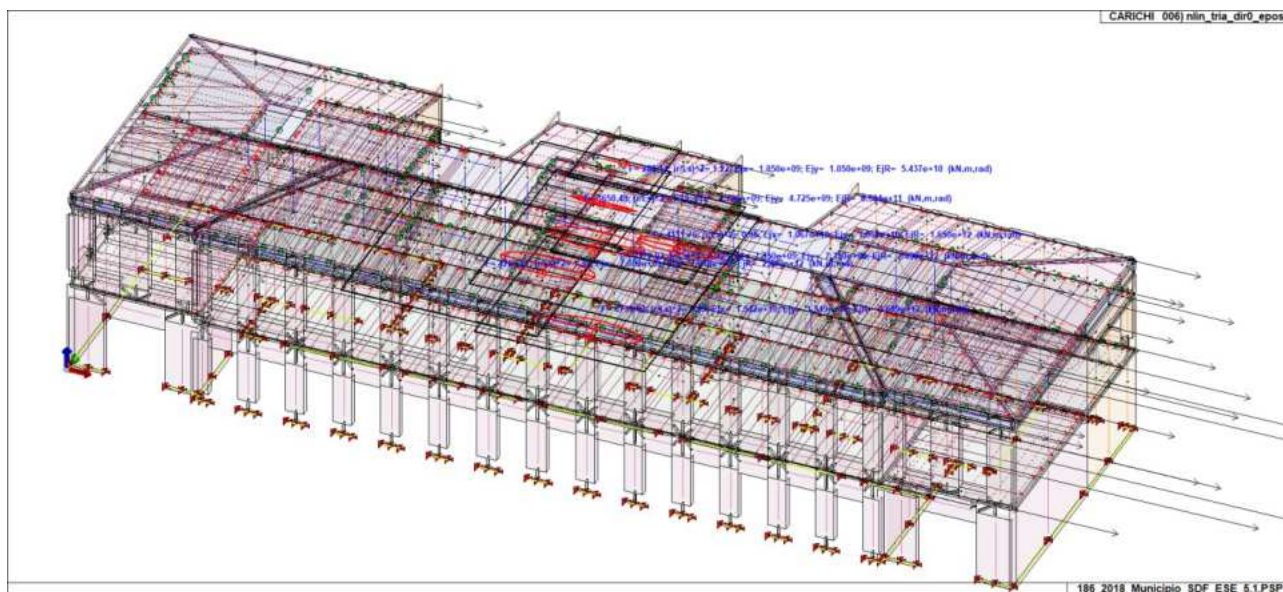


Figura 36: c.d.c. 6 - carico sismico 1: distribuzione principale, X+, ecc pos

8.4. 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

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

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

$$G_1 + G_2 + P + y_{21} \times Q_{k1} + y_{22} \times Q_{k2} + \dots$$

Dove:

NTC 2018 Tabella 2.5.I

Destinazione d'uso/azione	ψ_0	ψ_1	ψ_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 $\leq 30\text{kN}$)	0,70	0,70	0,60
Categoria G Rimesse e parcheggi (autoveicoli $> 30\text{kN}$)	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 $\leq 1000\text{ m}$	0,50	0,20	0,00
Neve a quota $> 1000\text{ m}$	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 γ_f	EQU	A1	A2
Carichi permanenti	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali (Non compiutamente definiti)	Favorevoli	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	Favorevoli	γ_{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
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0							
2	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	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
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0							
4	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
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0							
5	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
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0							
6	1.00	1.00	1.00	0.60	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	0.0	0.0	0.0	0.0							
7	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
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0							
8	1.00	1.00	1.00	0.60	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	0.0	0.0							
9	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
	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							

8.5. 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.



9. ANALISI STATICA

Questo capitolo, originariamente presente nella valutazione della sicurezza originariamente prodotta per il manufatto, viene ora omessa in quanto la verifica statica delle murature viene riportata nella relazione relativa allo stato di progetto.

Si ritiene infatti superfluo mostrare nuovamente le verifiche che già erano state mostrate in sede di valutazione della sicurezza originale, ma prima dell'esecuzione di saggi, prove ed in genere con un livello di sicurezza limitato.

In fase di progetto si è condotta una nuova verifica statica delle murature, allo scopo di verificare gli elementi eventualmente non conformi. Tali verifiche sono riportate nella relazione di calcolo di progetto.



10. ANALISI NON LINEARE

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 §8.1 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.

10.1. 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) = 0.545 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	3.650e+05	3.650e+05	2.230e+05	25.80	7.86	0.0	-0.17	24.28	8.25	1.194	0.128	0.033
11.03	2.881e+04	3.939e+05	1.900e+04	24.89	12.76	0.0	0.0	24.83	12.76	1.215	0.008	0.0
10.15	2.170e+05	6.109e+05	1.554e+05	25.80	7.13	0.0	-0.80	26.96	6.62	1.419	0.063	0.027
9.50	4.260e+05	1.037e+06	3.261e+05	24.03	4.97	0.0	-0.80	20.64	4.24	1.309	0.191	0.041
8.15	4.112e+05	1.448e+06	3.668e+05	28.62	10.84	0.0	-0.48	26.57	11.76	0.951	0.164	0.074
4.75	6.740e+05	2.122e+06	1.032e+06	25.62	7.12	0.0	-0.80	24.80	9.25	0.994	0.053	0.138
Risulta	2.122e+06		2.122e+06									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
7	Esk	nlin_tria_dir0eneg	
			verifica esistenti: fattore FC 1.350
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.000
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.545 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: negativa



CDC	Tipo	Sigla Id	Note
			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	3.650e+05	3.650e+05	2.230e+05	25.80	7.86	0.0	0.17	24.28	8.25	1.194	0.128	0.033
11.03	2.881e+04	3.939e+05	1.900e+04	24.89	12.76	0.0	0.0	24.83	12.76	1.215	0.008	0.0
10.15	2.170e+05	6.109e+05	1.554e+05	25.80	7.13	0.0	0.80	26.96	6.62	1.419	0.063	0.027
9.50	4.260e+05	1.037e+06	3.261e+05	24.03	4.97	0.0	0.80	20.64	4.24	1.309	0.191	0.041
8.15	4.112e+05	1.448e+06	3.668e+05	28.62	10.84	0.0	0.48	26.57	11.76	0.951	0.164	0.074
4.75	6.740e+05	2.122e+06	1.032e+06	25.62	7.12	0.0	0.80	24.80	9.25	0.994	0.053	0.138
Risulta	2.122e+06		2.122e+06									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
8	Esk	nlin_tria_dir180_epos	
			verifica esistenti: fattore FC 1.350
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.000
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.545 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			
11.90	3.650e+05	3.650e+05	2.230e+05	25.80	7.86	0.0	0.17	24.28	8.25	1.194	0.128	0.033
11.03	2.881e+04	3.939e+05	1.900e+04	24.89	12.76	0.0	0.0	24.83	12.76	1.215	0.008	0.0
10.15	2.170e+05	6.109e+05	1.554e+05	25.80	7.13	0.0	0.80	26.96	6.62	1.419	0.063	0.027
9.50	4.260e+05	1.037e+06	3.261e+05	24.03	4.97	0.0	0.80	20.64	4.24	1.309	0.191	0.041
8.15	4.112e+05	1.448e+06	3.668e+05	28.62	10.84	0.0	0.48	26.57	11.76	0.951	0.164	0.074
4.75	6.740e+05	2.122e+06	1.032e+06	25.62	7.12	0.0	0.80	24.80	9.25	0.994	0.053	0.138
Risulta	2.122e+06		2.122e+06									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
9	Esk	nlin_tria_dir180_neg	
			verifica esistenti: fattore FC 1.350
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.000
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.545 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	3.650e+05	3.650e+05	2.230e+05	25.80	7.86	0.0	-0.17	24.28	8.25	1.194	0.128	0.033
11.03	2.881e+04	3.939e+05	1.900e+04	24.89	12.76	0.0	0.0	24.83	12.76	1.215	0.008	0.0
10.15	2.170e+05	6.109e+05	1.554e+05	25.80	7.13	0.0	-0.80	26.96	6.62	1.419	0.063	0.027
9.50	4.260e+05	1.037e+06	3.261e+05	24.03	4.97	0.0	-0.80	20.64	4.24	1.309	0.191	0.041
8.15	4.112e+05	1.448e+06	3.668e+05	28.62	10.84	0.0	-0.48	26.57	11.76	0.951	0.164	0.074
4.75	6.740e+05	2.122e+06	1.032e+06	25.62	7.12	0.0	-0.80	24.80	9.25	0.994	0.053	0.138
Risulta	2.122e+06		2.122e+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) = 0.545 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: positiva



CDC	Tipo	Sigla Id	Note
			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	3.650e+05	3.650e+05	2.230e+05	25.80	7.86	1.86	0.0	24.28	8.25	1.194	0.128	0.033
11.03	2.881e+04	3.939e+05	1.900e+04	24.89	12.76	1.13	0.0	24.83	12.76	1.215	0.008	0.0
10.15	2.170e+05	6.109e+05	1.554e+05	25.80	7.13	2.56	0.0	26.96	6.62	1.419	0.063	0.027
9.50	4.260e+05	1.037e+06	3.261e+05	24.03	4.97	2.56	0.0	20.64	4.24	1.309	0.191	0.041
8.15	4.112e+05	1.448e+06	3.668e+05	28.62	10.84	2.21	0.0	26.57	11.76	0.951	0.164	0.074
4.75	6.740e+05	2.122e+06	1.032e+06	25.62	7.12	2.56	0.0	24.80	9.25	0.994	0.053	0.138
Risulta	2.122e+06		2.122e+06									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
11	Esk	nlin_tria_dir90_neg	
			verifica esistenti: fattore FC 1.350
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.000
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.545 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	3.650e+05	3.650e+05	2.230e+05	25.80	7.86	-1.86	0.0	24.28	8.25	1.194	0.128	0.033
11.03	2.881e+04	3.939e+05	1.900e+04	24.89	12.76	-1.13	0.0	24.83	12.76	1.215	0.008	0.0
10.15	2.170e+05	6.109e+05	1.554e+05	25.80	7.13	-2.56	0.0	26.96	6.62	1.419	0.063	0.027
9.50	4.260e+05	1.037e+06	3.261e+05	24.03	4.97	-2.56	0.0	20.64	4.24	1.309	0.191	0.041
8.15	4.112e+05	1.448e+06	3.668e+05	28.62	10.84	-2.21	0.0	26.57	11.76	0.951	0.164	0.074
4.75	6.740e+05	2.122e+06	1.032e+06	25.62	7.12	-2.56	0.0	24.80	9.25	0.994	0.053	0.138
Risulta	2.122e+06		2.122e+06									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
12	Esk	nlin_tria_dir270_epos	
			verifica esistenti: fattore FC 1.350
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.000
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.545 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	3.650e+05	3.650e+05	2.230e+05	25.80	7.86	-1.86	0.0	24.28	8.25	1.194	0.128	0.033
11.03	2.881e+04	3.939e+05	1.900e+04	24.89	12.76	-1.13	0.0	24.83	12.76	1.215	0.008	0.0
10.15	2.170e+05	6.109e+05	1.554e+05	25.80	7.13	-2.56	0.0	26.96	6.62	1.419	0.063	0.027
9.50	4.260e+05	1.037e+06	3.261e+05	24.03	4.97	-2.56	0.0	20.64	4.24	1.309	0.191	0.041
8.15	4.112e+05	1.448e+06	3.668e+05	28.62	10.84	-2.21	0.0	26.57	11.76	0.951	0.164	0.074
4.75	6.740e+05	2.122e+06	1.032e+06	25.62	7.12	-2.56	0.0	24.80	9.25	0.994	0.053	0.138
Risulta	2.122e+06		2.122e+06									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
13	Esk	nlin_tria_dir270_neg	
			verifica esistenti: fattore FC 1.350
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.000
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.545 g
			angolo di ingresso:270.00
			eccentricità aggiuntiva: negativa



CDC	Tipo	Sigla Id	Note
			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	3.650e+05	3.650e+05	2.230e+05	25.80	7.86	1.86	0.0	24.28	8.25	1.194	0.128	0.033
11.03	2.881e+04	3.939e+05	1.900e+04	24.89	12.76	1.13	0.0	24.83	12.76	1.215	0.008	0.0
10.15	2.170e+05	6.109e+05	1.554e+05	25.80	7.13	2.56	0.0	26.96	6.62	1.419	0.063	0.027
9.50	4.260e+05	1.037e+06	3.261e+05	24.03	4.97	2.56	0.0	20.64	4.24	1.309	0.191	0.041
8.15	4.112e+05	1.448e+06	3.668e+05	28.62	10.84	2.21	0.0	26.57	11.76	0.951	0.164	0.074
4.75	6.740e+05	2.122e+06	1.032e+06	25.62	7.12	2.56	0.0	24.80	9.25	0.994	0.053	0.138
Risulta	2.122e+06		2.122e+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) = 0.545 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	2.230e+05	2.230e+05	2.230e+05	25.80	7.86	0.0	-0.17	24.28	8.25	1.194	0.128	0.033
11.03	1.900e+04	2.420e+05	1.900e+04	24.89	12.76	0.0	0.0	24.83	12.76	1.215	0.008	0.0
10.15	1.554e+05	3.975e+05	1.554e+05	25.80	7.13	0.0	-0.80	26.96	6.62	1.419	0.063	0.027
9.50	3.261e+05	7.235e+05	3.261e+05	24.03	4.97	0.0	-0.80	20.64	4.24	1.309	0.191	0.041
8.15	3.668e+05	1.090e+06	3.668e+05	28.62	10.84	0.0	-0.48	26.57	11.76	0.951	0.164	0.074
4.75	1.032e+06	2.122e+06	1.032e+06	25.62	7.12	0.0	-0.80	24.80	9.25	0.994	0.053	0.138
Risulta	2.122e+06		2.122e+06									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
15	Esk	nlin_unif_dir0_neg	
			verifica esistenti: fattore FC 1.350
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.000
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.545 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	2.230e+05	2.230e+05	2.230e+05	25.80	7.86	0.0	0.17	24.28	8.25	1.194	0.128	0.033
11.03	1.900e+04	2.420e+05	1.900e+04	24.89	12.76	0.0	0.0	24.83	12.76	1.215	0.008	0.0
10.15	1.554e+05	3.975e+05	1.554e+05	25.80	7.13	0.0	0.80	26.96	6.62	1.419	0.063	0.027
9.50	3.261e+05	7.235e+05	3.261e+05	24.03	4.97	0.0	0.80	20.64	4.24	1.309	0.191	0.041
8.15	3.668e+05	1.090e+06	3.668e+05	28.62	10.84	0.0	0.48	26.57	11.76	0.951	0.164	0.074
4.75	1.032e+06	2.122e+06	1.032e+06	25.62	7.12	0.0	0.80	24.80	9.25	0.994	0.053	0.138
Risulta	2.122e+06		2.122e+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) = 0.545 g
			angolo di ingresso: 180.00
			eccentricità aggiuntiva: positiva



CDC	Tipo	Sigla Id	Note
			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	2.230e+05	2.230e+05	2.230e+05	25.80	7.86	0.0	0.17	24.28	8.25	1.194	0.128	0.033
11.03	1.900e+04	2.420e+05	1.900e+04	24.89	12.76	0.0	0.0	24.83	12.76	1.215	0.008	0.0
10.15	1.554e+05	3.975e+05	1.554e+05	25.80	7.13	0.0	0.80	26.96	6.62	1.419	0.063	0.027
9.50	3.261e+05	7.235e+05	3.261e+05	24.03	4.97	0.0	0.80	20.64	4.24	1.309	0.191	0.041
8.15	3.668e+05	1.090e+06	3.668e+05	28.62	10.84	0.0	0.48	26.57	11.76	0.951	0.164	0.074
4.75	1.032e+06	2.122e+06	1.032e+06	25.62	7.12	0.0	0.80	24.80	9.25	0.994	0.053	0.138
Risulta	2.122e+06		2.122e+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) = 0.545 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	2.230e+05	2.230e+05	2.230e+05	25.80	7.86	0.0	-0.17	24.28	8.25	1.194	0.128	0.033
11.03	1.900e+04	2.420e+05	1.900e+04	24.89	12.76	0.0	0.0	24.83	12.76	1.215	0.008	0.0
10.15	1.554e+05	3.975e+05	1.554e+05	25.80	7.13	0.0	-0.80	26.96	6.62	1.419	0.063	0.027
9.50	3.261e+05	7.235e+05	3.261e+05	24.03	4.97	0.0	-0.80	20.64	4.24	1.309	0.191	0.041
8.15	3.668e+05	1.090e+06	3.668e+05	28.62	10.84	0.0	-0.48	26.57	11.76	0.951	0.164	0.074
4.75	1.032e+06	2.122e+06	1.032e+06	25.62	7.12	0.0	-0.80	24.80	9.25	0.994	0.053	0.138
Risulta	2.122e+06		2.122e+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) = 0.545 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	2.230e+05	2.230e+05	2.230e+05	25.80	7.86	1.86	0.0	24.28	8.25	1.194	0.128	0.033
11.03	1.900e+04	2.420e+05	1.900e+04	24.89	12.76	1.13	0.0	24.83	12.76	1.215	0.008	0.0
10.15	1.554e+05	3.975e+05	1.554e+05	25.80	7.13	2.56	0.0	26.96	6.62	1.419	0.063	0.027
9.50	3.261e+05	7.235e+05	3.261e+05	24.03	4.97	2.56	0.0	20.64	4.24	1.309	0.191	0.041
8.15	3.668e+05	1.090e+06	3.668e+05	28.62	10.84	2.21	0.0	26.57	11.76	0.951	0.164	0.074
4.75	1.032e+06	2.122e+06	1.032e+06	25.62	7.12	2.56	0.0	24.80	9.25	0.994	0.053	0.138
Risulta	2.122e+06		2.122e+06									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
19	Esk	nlin_unif_dir90_eneg	
			verifica esistenti: fattore FC 1.350
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.000
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.545 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: negativa



CDC	Tipo	Sigla Id	Note
			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	2.230e+05	2.230e+05	2.230e+05	25.80	7.86	-1.86	0.0	24.28	8.25	1.194	0.128	0.033
11.03	1.900e+04	2.420e+05	1.900e+04	24.89	12.76	-1.13	0.0	24.83	12.76	1.215	0.008	0.0
10.15	1.554e+05	3.975e+05	1.554e+05	25.80	7.13	-2.56	0.0	26.96	6.62	1.419	0.063	0.027
9.50	3.261e+05	7.235e+05	3.261e+05	24.03	4.97	-2.56	0.0	20.64	4.24	1.309	0.191	0.041
8.15	3.668e+05	1.090e+06	3.668e+05	28.62	10.84	-2.21	0.0	26.57	11.76	0.951	0.164	0.074
4.75	1.032e+06	2.122e+06	1.032e+06	25.62	7.12	-2.56	0.0	24.80	9.25	0.994	0.053	0.138
Risulta	2.122e+06		2.122e+06									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
20	Esk	nlin_unif_dir270_epos	
			verifica esistenti: fattore FC 1.350
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.000
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.545 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	2.230e+05	2.230e+05	2.230e+05	25.80	7.86	-1.86	0.0	24.28	8.25	1.194	0.128	0.033
11.03	1.900e+04	2.420e+05	1.900e+04	24.89	12.76	-1.13	0.0	24.83	12.76	1.215	0.008	0.0
10.15	1.554e+05	3.975e+05	1.554e+05	25.80	7.13	-2.56	0.0	26.96	6.62	1.419	0.063	0.027
9.50	3.261e+05	7.235e+05	3.261e+05	24.03	4.97	-2.56	0.0	20.64	4.24	1.309	0.191	0.041
8.15	3.668e+05	1.090e+06	3.668e+05	28.62	10.84	-2.21	0.0	26.57	11.76	0.951	0.164	0.074
4.75	1.032e+06	2.122e+06	1.032e+06	25.62	7.12	-2.56	0.0	24.80	9.25	0.994	0.053	0.138
Risulta	2.122e+06		2.122e+06									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
21	Esk	nlin_unif_dir270_neg	
			verifica esistenti: fattore FC 1.350
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.000
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.545 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	2.230e+05	2.230e+05	2.230e+05	25.80	7.86	1.86	0.0	24.28	8.25	1.194	0.128	0.033
11.03	1.900e+04	2.420e+05	1.900e+04	24.89	12.76	1.13	0.0	24.83	12.76	1.215	0.008	0.0
10.15	1.554e+05	3.975e+05	1.554e+05	25.80	7.13	2.56	0.0	26.96	6.62	1.419	0.063	0.027
9.50	3.261e+05	7.235e+05	3.261e+05	24.03	4.97	2.56	0.0	20.64	4.24	1.309	0.191	0.041
8.15	3.668e+05	1.090e+06	3.668e+05	28.62	10.84	2.21	0.0	26.57	11.76	0.951	0.164	0.074
4.75	1.032e+06	2.122e+06	1.032e+06	25.62	7.12	2.56	0.0	24.80	9.25	0.994	0.053	0.138
Risulta	2.122e+06		2.122e+06									



10.2. 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:

CMB	Indice della combinazione Pushover
Stato	V: verificato NV: non verificato
Angolo ing.	Direzione di ingresso del sisma
Distribuzione F	Modalità di applicazione delle forze sismiche (proporzionale, modale, statica approssimata)
m* x g	Massa del sistema equivalente (circolare 21 gennaio 2019 paragrafo C7.3.4.2)
K*	Rigidezza del sistema equivalente (circolare 21 gennaio 2019 paragrafo C7.3.4.2)
T*	Periodo del sistema equivalente (circolare 21 gennaio 2019 paragrafo C7.3.4.2)
Gamma	Fattore di partecipazione (circolare 21 gennaio 2019 paragrafo C7.3.4.2)
dy*	Spostamento limite elastico del sistema equivalente (circolare 21 gennaio 2019 paragrafo C7.3.4.2)
Fy*	Forza di plasticizzazione del sistema equivalente (circolare 21 gennaio 2019 paragrafo C7.3.4.2)
dmax	Spostamento massimo del sistema reale MDOF
Fmax	Taglio massimo alla base del sistema reale MDOF
au/a1	rapporto tra il moltiplicatore di collasso ultimo e il moltiplicatore relativo alla prima plasticizzazione;

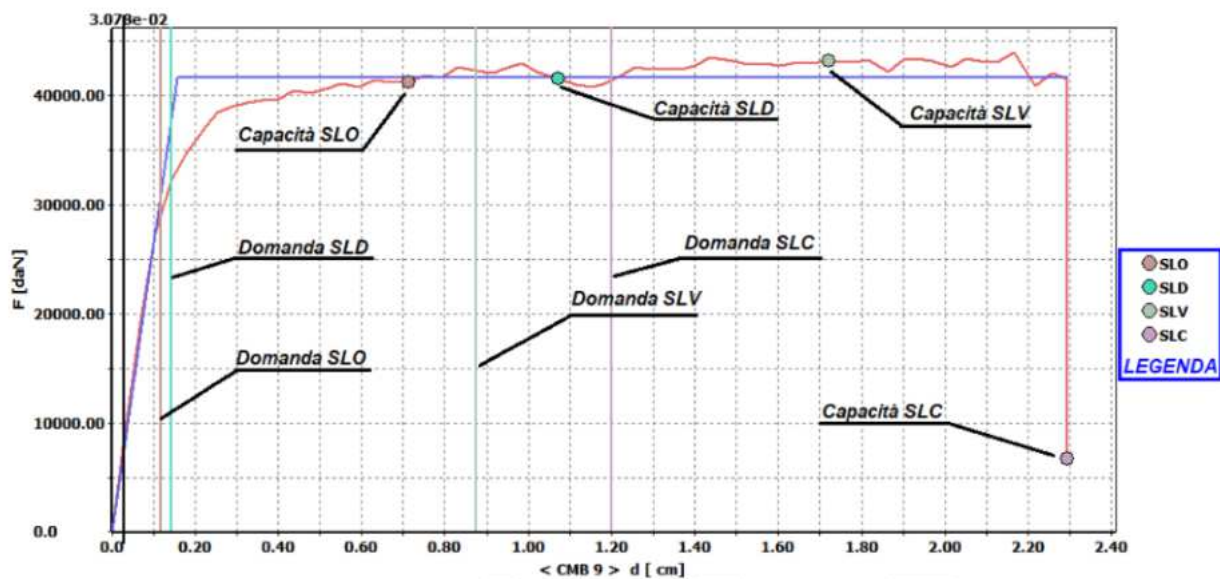
CMB-SLV	Stato	Dom: d	Cap: d	Dom: PGA	Cap: PGA	Dom: Tr	Cap: Tr	Dom: Pr	Cap: Pr	Rapp: PGA	Rapp: Tr	Rapp: Pr	q* SLV
		cm	cm	g	g	anni	anni	%	%				
5	NV	3.68	2.39	0.22	0.15	949.1	372.1	10.00	23.57	0.69	0.39	2.36	3.77
6	NV	3.67	2.11	0.22	0.14	949.1	290.6	10.00	29.11	0.62	0.31	2.91	3.77
7	NV	3.49	1.96	0.22	0.13	949.1	283.1	10.00	29.76	0.62	0.30	2.98	3.72
8	NV	3.49	1.95	0.22	0.13	949.1	278.7	10.00	30.15	0.61	0.29	3.02	3.72
9	NV	2.04	0.93	0.22	0.12	949.1	214.5	10.00	37.26	0.55	0.23	3.73	3.56
10	NV	2.29	0.75	0.22	0.09	949.1	121.4	10.00	56.12	0.42	0.13	5.61	4.08
11	NV	2.07	1.08	0.22	0.13	949.1	274.7	10.00	30.51	0.61	0.29	3.05	3.46
12	NV	2.33	1.07	0.22	0.12	949.1	207.0	10.00	38.32	0.54	0.22	3.83	3.80
13	NV	3.37	1.61	0.22	0.12	949.1	212.8	10.00	37.49	0.55	0.22	3.75	3.50
14	NV	3.37	1.60	0.22	0.12	949.1	210.3	10.00	37.84	0.54	0.22	3.78	3.50
15	NV	3.24	1.67	0.22	0.13	949.1	247.6	10.00	33.23	0.58	0.26	3.32	3.46
16	NV	3.24	1.65	0.22	0.13	949.1	244.0	10.00	33.62	0.58	0.26	3.36	3.46
17	NV	1.80	1.26	0.22	0.17	949.1	480.7	10.00	18.78	0.77	0.51	1.88	2.78
18	NV	1.94	1.12	0.22	0.14	949.1	325.1	10.00	26.48	0.65	0.34	2.65	3.53
19	NV	1.89	1.67	0.22	0.20	949.1	747.0	10.00	12.53	0.91	0.79	1.25	2.64
20	NV	2.11	1.56	0.22	0.17	949.1	515.4	10.00	17.63	0.79	0.54	1.76	2.99
CMB-SLV												Rapp: Pr	
												1.25	

10.3. Report diagrammi e analisi

Nel presente paragrafo si riportano le curve taglio alla base F_b - spostamento dc 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.



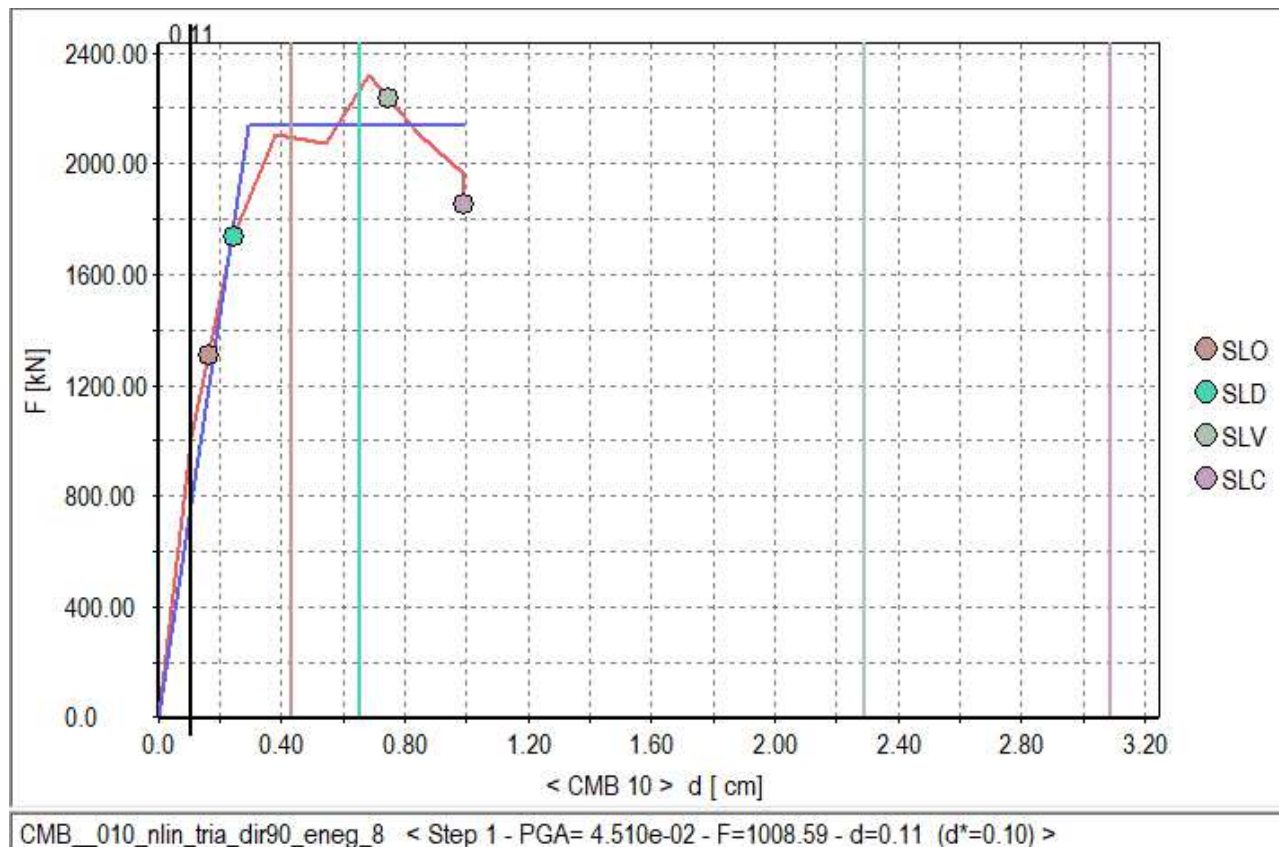
I danneggiamenti strutturali degli elementi nel modello a vista unifilare sono indicati mediante una serie di simboli colorati di cui si riporta la legenda:

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)

10.3.1. Risultati SLD



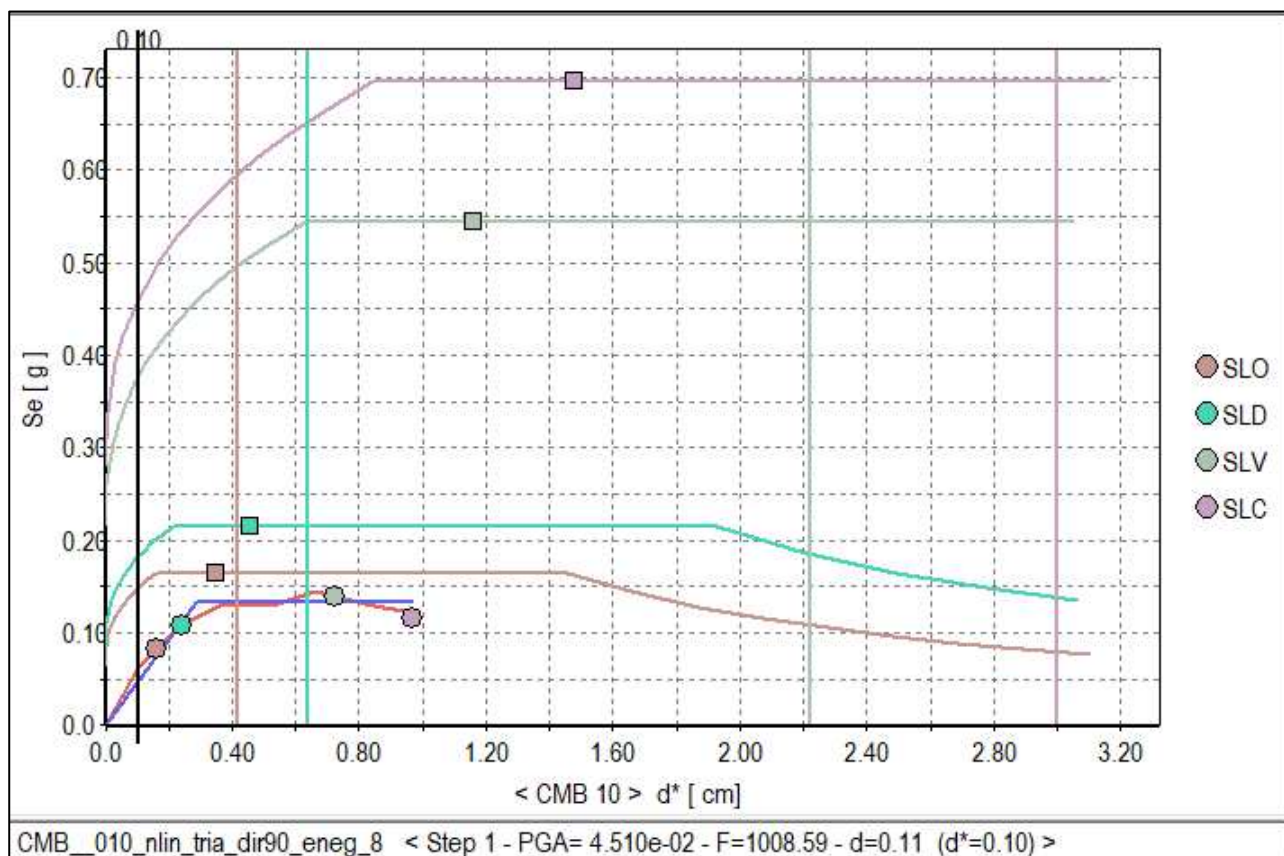


Figura 37 Curva Fb-dc e curva ADSR SLD - comb. CC10

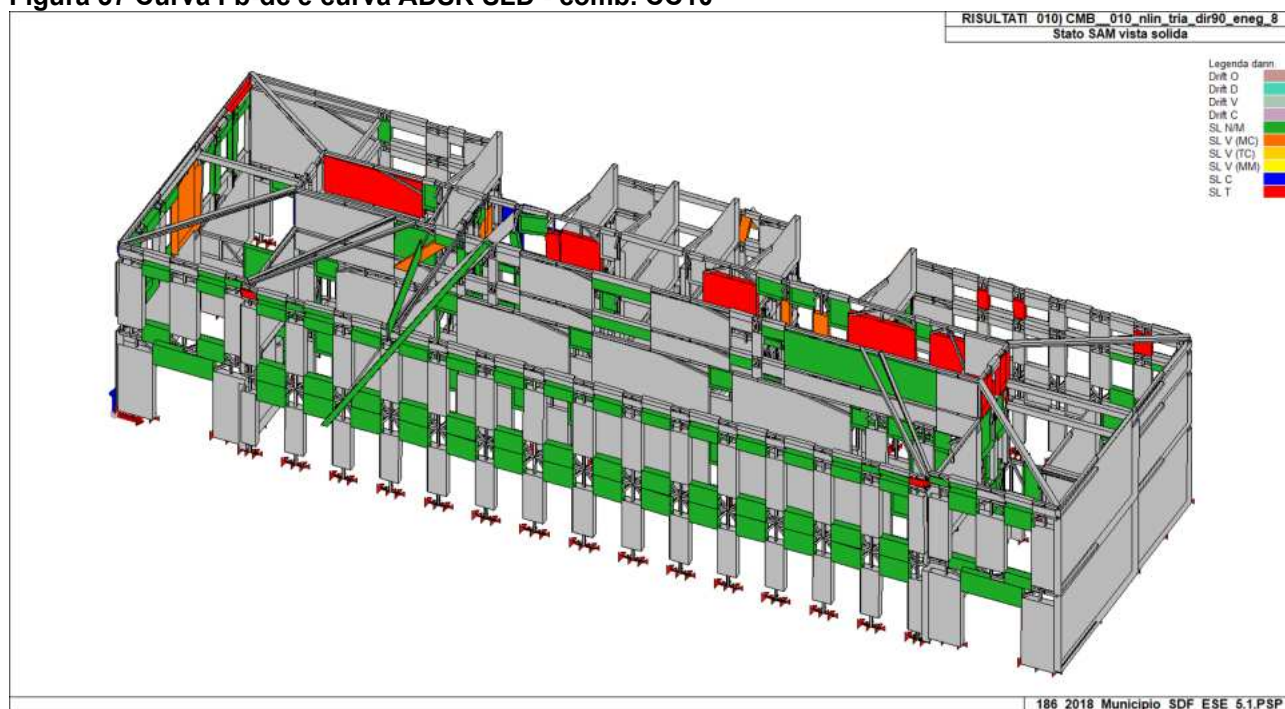


Figura 38 CC10 Stato SAM - verifiche - modello solido

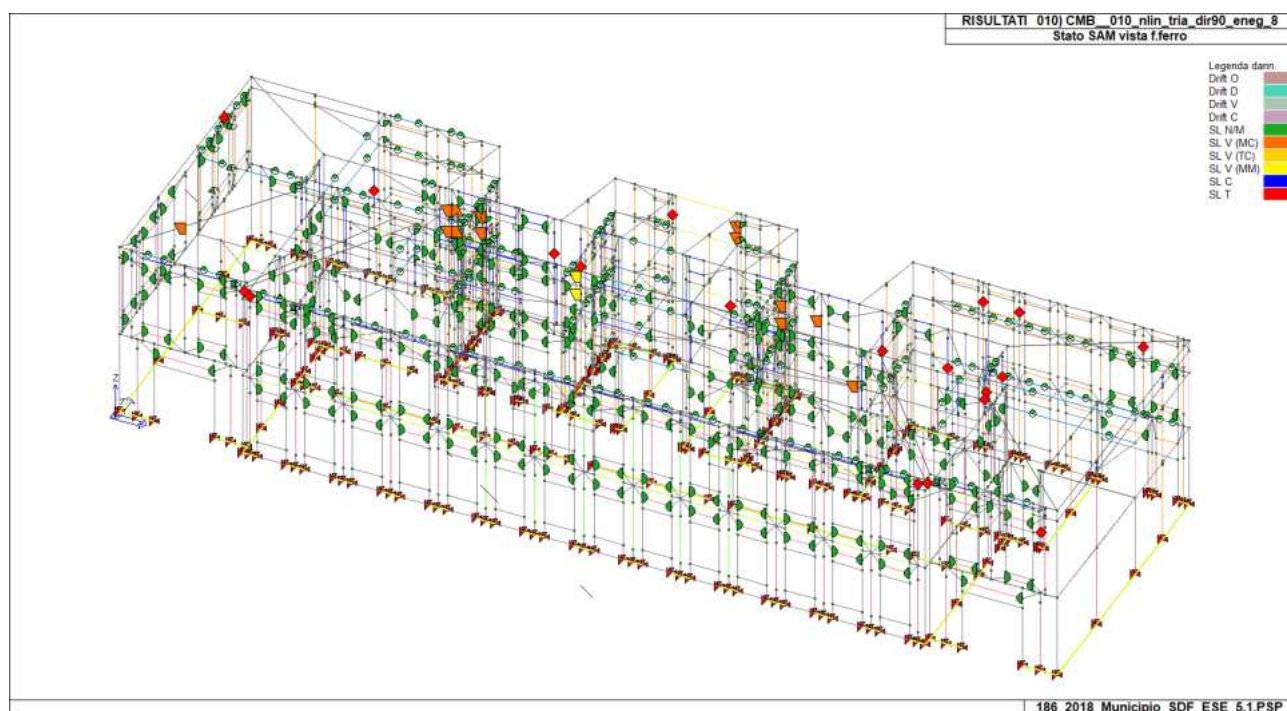
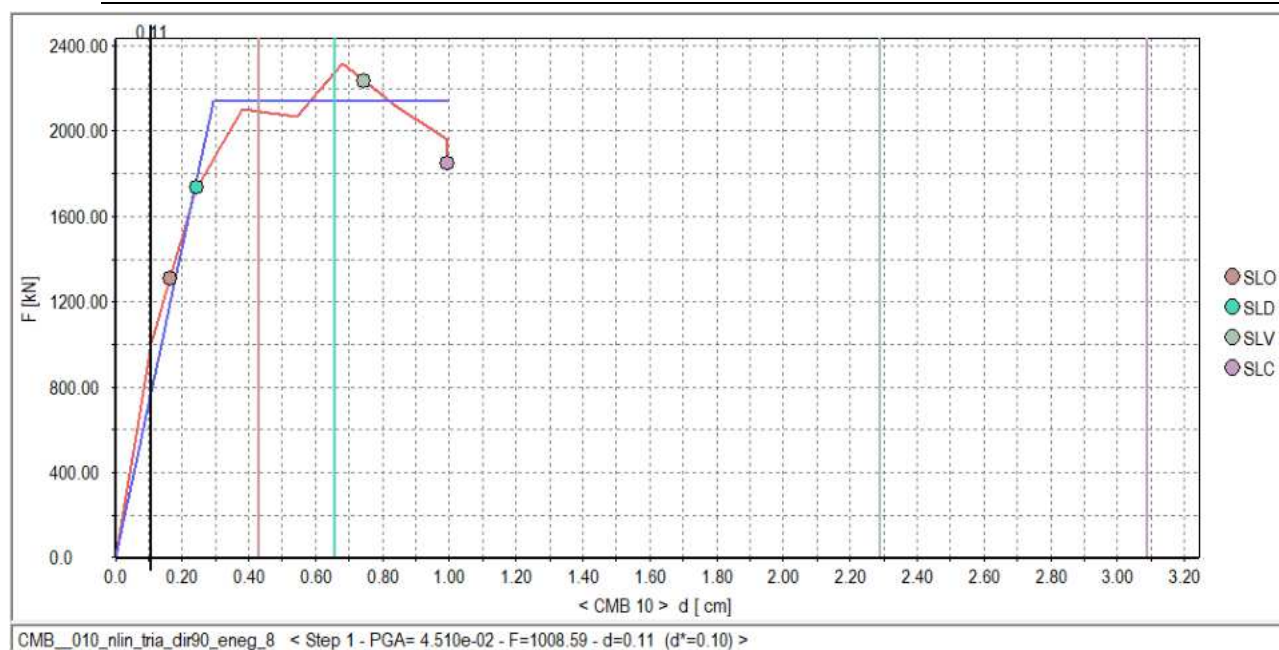


Figura 39 CC10 Stato SAM - verifiche - modello unifilare

10.3.1. Risultati SLV



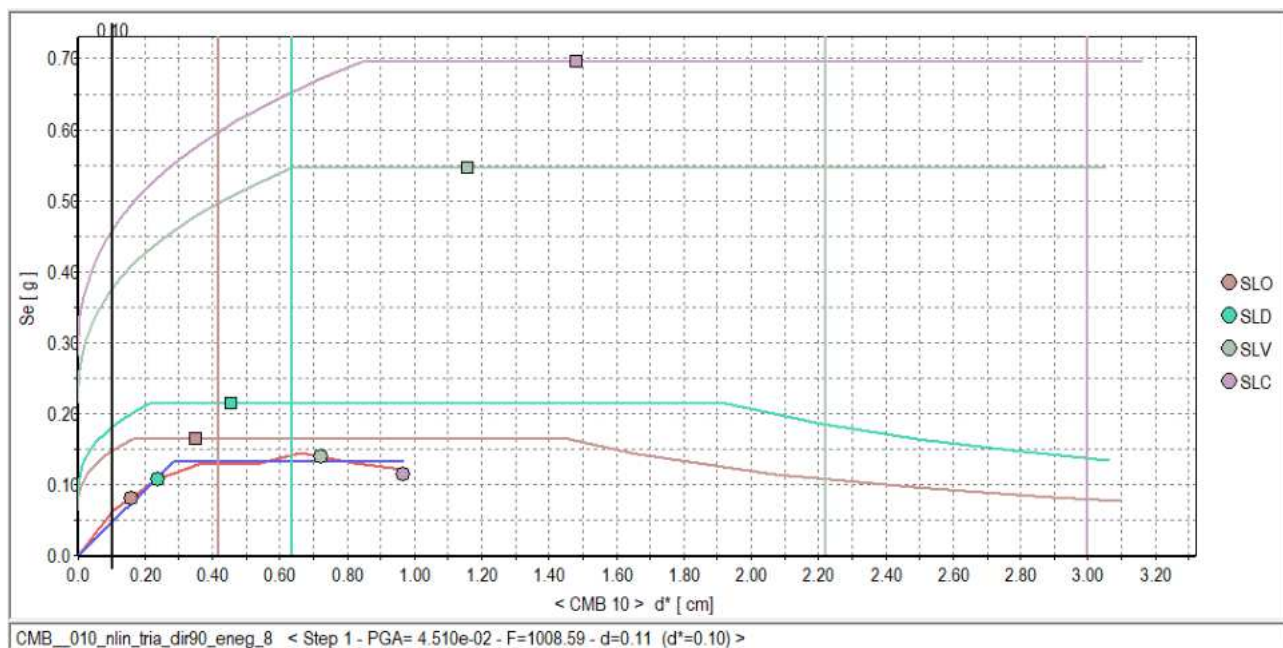


Figura 40 Curva Fb-dc e curva ADSR - SLV - CC10

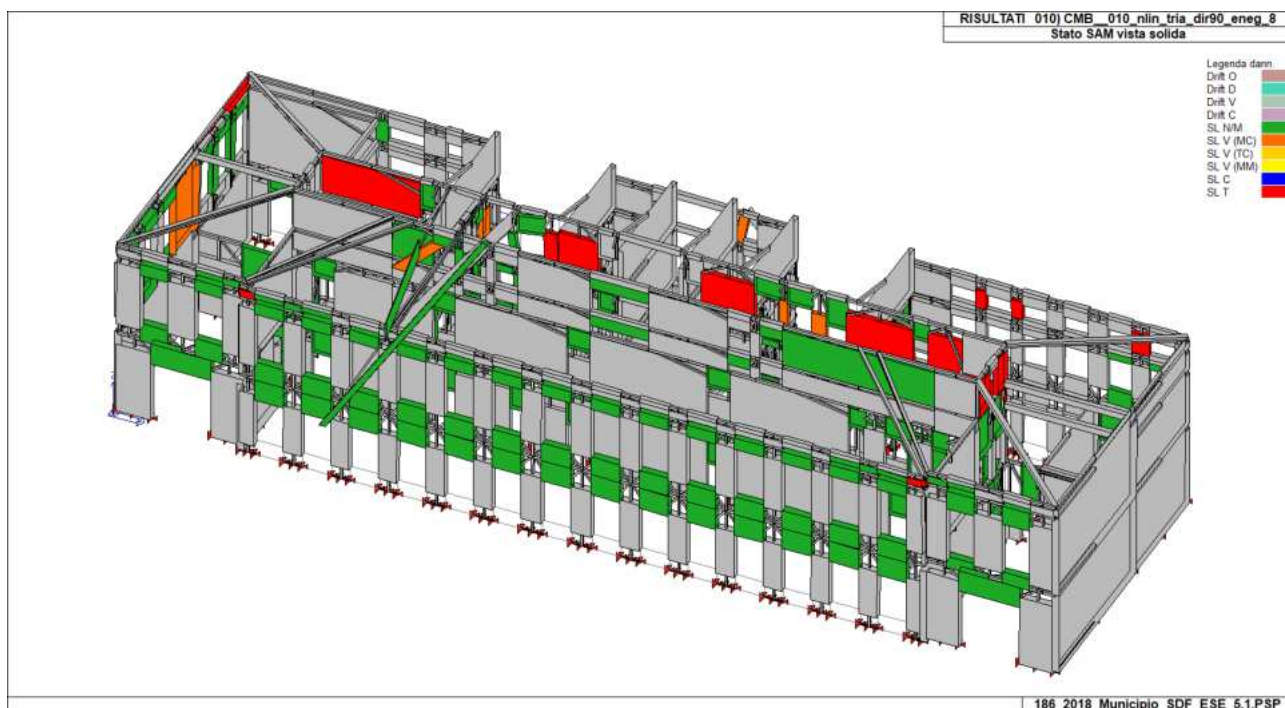


Figura 41 CC12 Stato SAM - verifiche - modello solida

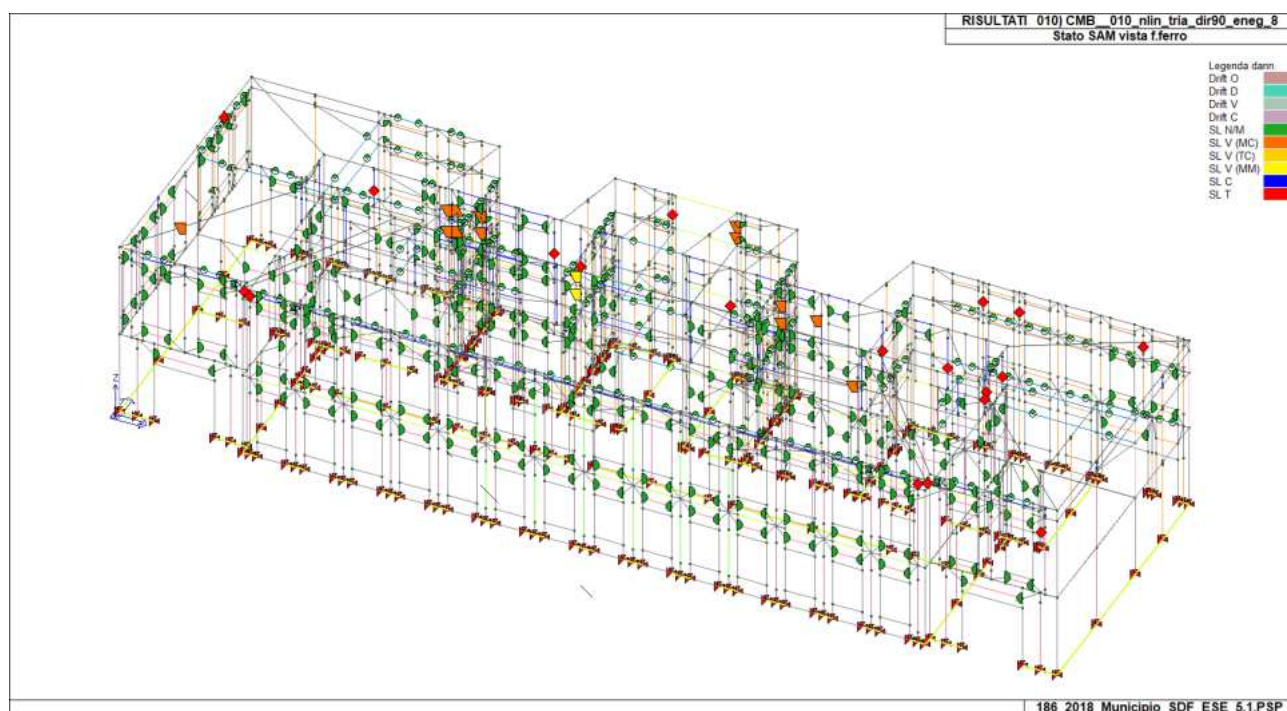


Figura 42 CC12 Stato SAM - verifiche - modello unifilare



10.4. 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:

CMB	Indice della combinazione
Stato	Ok : combinazione verificata ($D(d) < C(d)$); NV : non verificato ($D(d) > C(d)$)
Dom (d)	domanda in termini di spostamento dell'i-esima combinazione
Cap (d)	Capacità in termini di spostamento dell'i-esima combinazione
Dom (PGA)	domanda in termini di PGA dell'i-esima combinazione
Cap (PGA)	Capacità in termini di PGA dell'i-esima combinazione
Dom (Tr)	domanda in termini di tempo di ritorno dell'i-esima combinazione
Cap (Tr)	Capacità in termini di tempo di ritorno dell'i-esima combinazione
Rapp: PGA	Rapporto tra la capacità e la domanda in termini di PGA dell'i-esima combinazione (>1 per la validità della verifica)
Rapp: Tr	Rapporto tra la capacità e la domanda in termini di Tempo di Ritorno dell'i-esima combinazione (>1 per la validità della verifica)
q*	(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

10.4.1. Combinazione SLO

CMB-SLO	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
5	NV	0.81	0.36	0.06	0.03	60.2	13.0	81.00	99.96	0.46	0.22	1.23
6	NV	0.81	0.36	0.06	0.03	60.2	13.1	81.00	99.95	0.46	0.22	1.23
7	NV	0.74	0.33	0.06	0.03	60.2	13.1	81.00	99.95	0.46	0.22	1.23
8	NV	0.74	0.33	0.06	0.03	60.2	13.1	81.00	99.95	0.46	0.22	1.23
9	NV	0.33	0.17	0.06	0.04	60.2	19.0	81.00	99.49	0.56	0.32	1.23
10	NV	0.43	0.16	0.06	0.03	60.2	12.3	81.00	99.97	0.44	0.20	1.23
11	NV	0.33	0.17	0.06	0.03	60.2	17.4	81.00	99.68	0.53	0.29	1.23
12	NV	0.43	0.19	0.06	0.03	60.2	15.0	81.00	99.87	0.49	0.25	1.23
13	NV	0.69	0.34	0.06	0.03	60.2	15.1	81.00	99.87	0.50	0.25	1.23
14	NV	0.69	0.34	0.06	0.03	60.2	15.2	81.00	99.86	0.50	0.25	1.23
15	NV	0.64	0.32	0.06	0.03	60.2	15.4	81.00	99.85	0.50	0.26	1.23
16	NV	0.64	0.32	0.06	0.03	60.2	15.4	81.00	99.85	0.50	0.26	1.23
17	NV	0.27	0.18	0.06	0.04	60.2	25.5	81.00	98.02	0.64	0.42	1.21
18	NV	0.31	0.15	0.06	0.03	60.2	17.9	81.00	99.62	0.54	0.30	1.23
19	NV	0.30	0.20	0.06	0.04	60.2	26.6	81.00	97.68	0.66	0.44	1.21
20	NV	0.35	0.20	0.06	0.04	60.2	20.6	81.00	99.23	0.58	0.34	1.23
CMB-SLO												Rapp: Pr 1.21

10.4.2. Combinazione SLD

CMB-SLD	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
5	NV	1.16	0.53	0.08	0.04	100.6	29.4	63.00	96.68	0.53	0.29	1.53
6	NV	1.16	0.54	0.08	0.04	100.6	29.7	63.00	96.53	0.54	0.30	1.53
7	NV	1.08	0.49	0.08	0.04	100.6	29.7	63.00	96.53	0.54	0.30	1.53
8	NV	1.08	0.49	0.08	0.04	100.6	29.7	63.00	96.53	0.54	0.30	1.53
9	NV	0.54	0.26	0.08	0.05	100.6	43.2	63.00	90.11	0.65	0.43	1.43
10	NV	0.66	0.25	0.08	0.04	100.6	27.7	63.00	97.29	0.52	0.28	1.54
11	NV	0.54	0.26	0.08	0.05	100.6	39.8	63.00	91.92	0.62	0.40	1.46
12	NV	0.66	0.29	0.08	0.05	100.6	33.9	63.00	94.76	0.57	0.34	1.50
13	NV	1.02	0.51	0.08	0.05	100.6	34.2	63.00	94.63	0.58	0.34	1.50
14	NV	1.02	0.51	0.08	0.05	100.6	34.3	63.00	94.57	0.58	0.34	1.50



CMB-SLD	Stato	Dom: d	Cap: d	Dom: PGA	Cap: PGA	Dom: Tr	Cap: Tr	Dom: Pr	Cap: Pr	Rapp: PGA	Rapp: Tr	Rapp: Pr
15	NV	0.96	0.48	0.08	0.05	100.6	34.9	63.00	94.31	0.58	0.35	1.50
16	NV	0.96	0.48	0.08	0.05	100.6	34.9	63.00	94.31	0.58	0.35	1.50
17	NV	0.40	0.27	0.08	0.06	100.6	58.1	63.00	82.13	0.76	0.58	1.30
18	NV	0.50	0.23	0.08	0.05	100.6	40.8	63.00	91.38	0.63	0.41	1.45
19	NV	0.41	0.30	0.08	0.06	100.6	60.3	63.00	80.95	0.77	0.60	1.28
20	NV	0.53	0.31	0.08	0.06	100.6	47.0	63.00	88.09	0.68	0.47	1.40
CMB-SLD												Rapp: Pr
												1.28

10.4.3. 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	NV	3.68	2.39	0.22	0.15	949.1	372.1	10.00	23.57	0.69	0.39	2.36	3.77
6	NV	3.67	2.11	0.22	0.14	949.1	290.6	10.00	29.11	0.62	0.31	2.91	3.77
7	NV	3.49	1.96	0.22	0.13	949.1	283.1	10.00	29.76	0.62	0.30	2.98	3.72
8	NV	3.49	1.95	0.22	0.13	949.1	278.7	10.00	30.15	0.61	0.29	3.02	3.72
9	NV	2.04	0.93	0.22	0.12	949.1	214.5	10.00	37.26	0.55	0.23	3.73	3.56
10	NV	2.29	0.75	0.22	0.09	949.1	121.4	10.00	56.12	0.42	0.13	5.61	4.08
11	NV	2.07	1.08	0.22	0.13	949.1	274.7	10.00	30.51	0.61	0.29	3.05	3.46
12	NV	2.33	1.07	0.22	0.12	949.1	207.0	10.00	38.32	0.54	0.22	3.83	3.80
13	NV	3.37	1.61	0.22	0.12	949.1	212.8	10.00	37.49	0.55	0.22	3.75	3.50
14	NV	3.37	1.60	0.22	0.12	949.1	210.3	10.00	37.84	0.54	0.22	3.78	3.50
15	NV	3.24	1.67	0.22	0.13	949.1	247.6	10.00	33.23	0.58	0.26	3.32	3.46
16	NV	3.24	1.65	0.22	0.13	949.1	244.0	10.00	33.62	0.58	0.26	3.36	3.46
17	NV	1.80	1.26	0.22	0.17	949.1	480.7	10.00	18.78	0.77	0.51	1.88	2.78
18	NV	1.94	1.12	0.22	0.14	949.1	325.1	10.00	26.48	0.65	0.34	2.65	3.53
19	NV	1.89	1.67	0.22	0.20	949.1	747.0	10.00	12.53	0.91	0.79	1.25	2.64
20	NV	2.11	1.56	0.22	0.17	949.1	515.4	10.00	17.63	0.79	0.54	1.76	2.99
CMB-SLV												Rapp: Pr	
												1.25	

10.4.4. Combinazione SLC

CMB-SLC	Stato	Dom: d	Cap: d	Dom: PGA	Cap: PGA	Dom: Tr	Cap: Tr	Dom: Pr	Cap: Pr	Rapp: PGA	Rapp: Tr	Rapp: Pr	q* SLC
		cm	cm	g	g	anni	anni	%	%				
5	NV	4.91	3.19	0.28	0.19	1949.6	685.0	5.00	13.58	0.68	0.35	2.72	4.81
6	NV	4.91	2.81	0.28	0.17	1949.6	517.0	5.00	17.59	0.61	0.27	3.52	4.81
7	NV	4.68	2.61	0.28	0.17	1949.6	497.5	5.00	18.21	0.60	0.26	3.64	4.74
8	NV	4.68	2.59	0.28	0.17	1949.6	489.0	5.00	18.49	0.60	0.25	3.70	4.74
9	NV	2.78	1.23	0.28	0.15	1949.6	350.4	5.00	24.83	0.52	0.18	4.97	4.55
10	NV	3.09	0.99	0.28	0.11	1949.6	188.2	5.00	41.22	0.40	0.10	8.24	5.21
11	NV	2.82	1.44	0.28	0.16	1949.6	453.5	5.00	19.79	0.58	0.23	3.96	4.41
12	NV	3.16	1.42	0.28	0.15	1949.6	346.9	5.00	25.04	0.52	0.18	5.01	4.85
13	NV	4.53	2.15	0.28	0.15	1949.6	365.7	5.00	23.92	0.53	0.19	4.78	4.47
14	NV	4.53	2.13	0.28	0.15	1949.6	360.1	5.00	24.25	0.53	0.18	4.85	4.47
15	NV	4.36	2.22	0.28	0.16	1949.6	424.1	5.00	21.01	0.56	0.22	4.20	4.42
16	NV	4.36	2.21	0.28	0.16	1949.6	417.6	5.00	21.30	0.56	0.21	4.26	4.41
17	NV	2.49	1.68	0.28	0.21	1949.6	830.3	5.00	11.35	0.73	0.43	2.27	3.55
18	NV	2.65	1.49	0.28	0.18	1949.6	548.5	5.00	16.67	0.62	0.28	3.33	4.51
19	NV	2.61	2.23	0.28	0.25	1949.6	1363.7	5.00	7.07	0.88	0.70	1.41	3.37
20	NV	2.89	2.08	0.28	0.21	1949.6	920.2	5.00	10.30	0.76	0.47	2.06	3.81
CMB-SLC												Rapp: Pr	
												1.41	

Come previsto, valutando la struttura nei confronti dell'azione sismica di riferimento agente al 100% le verifiche non sono soddisfatte. Infatti 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.



I dati 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 dalle tabelle sopra riportate, il rapporto inferiore lo si ha in CC10.

Si riportano i dati in forma sintetica:

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	Rapporto C/D Tr
SLD	0.432	0.164	0.064	0.029	60.21	12.28	81.0	99.971	0.444	0.204
SLD	0.657	0.246	0.084	0.043	100.58	27.701	63.0	97.295	0.519	0.275
SLV	2.288	0.746	0.217	0.091	949.12	121.393	10.0	56.122	0.42	0.128
SLC	3.089	0.995	0.282	0.112	1949.57	188.202	5.0	41.218	0.398	0.097
Terreno tipo A										
	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	Rapporto C/D Tr
SLD	0.432	0.164	0.064	0.029	60.21	12.28	81.0	99.971	0.444	0.204
SLD	0.657	0.246	0.084	0.043	100.58	27.701	63.0	97.295	0.519	0.275
SLV	2.288	0.746	0.217	0.091	949.12	121.393	10.0	56.122	0.42	0.128
SLC	3.089	0.995	0.282	0.112	1949.57	188.202	5.0	41.218	0.398	0.097

CC10

- **Livello di sicurezza stimato (PGA):** **42.0%**
- Livello di sicurezza stimato (Tr): **43.3%**
- PGA (g): **0.091**
- Tr SLV: **121 anni**

Con:

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

L'obiettivo del progetto è quello di migliorare le prestazioni in campo sismico per il fabbricato.

La circolare n. 7/2019 al par. C8.4.3 evidenzia quanto sotto riportato:



CS.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 ζ_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 ζ_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.

Poiché l'intervento è deciso dal committente, proprio a seguito della inadeguatezza riscontrata attraverso la valutazione della sicurezza, non ricadendo tra i casi a), b) o d), per un intervento di adeguamento sismico è necessario raggiungere un livello minimo di sicurezza pari all'80%. Pertanto sarà necessario procedere alla progettazione di interventi al fine di soddisfare le richieste normative.



11. ANALISI CINEMATISMI

Questo capitolo, originariamente presente nella valutazione della sicurezza originariamente prodotta per il manufatto, viene ora omessa in quanto la verifica dei cinematismi viene riportata nella relazione relativa allo stato di progetto.

Si ritiene infatti superfluo mostrare nuovamente le verifiche che già erano state mostrate in sede di valutazione della sicurezza originale, ma prima dell'esecuzione di saggi, prove ed in genere con un livello di sicurezza limitato.

In fase di progetto si è condotta una nuova verifica dei cinematismi delle murature, allo scopo di verificare gli elementi eventualmente non conformi. Tali verifiche sono riportate nella relazione di calcolo di progetto.

12. VULNERABILITA' NON QUANTIFICABILI

L'ultimo capitolo della relazione riporta una serie di considerazioni, peraltro già esposte anche nelle premesse e nella relazione metodologica allegata alla valutazione della sicurezza, 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 originali 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 per verificare l'assenza di ammorsamento tra il muro della facciata esterna su Piazzale Marconi ed il muro esistente ortogonale dell'altro edificio.

In merito ai muri adiacenti non si hanno invece informazioni, né se si tratti di un unico paramento ammorsato o se si tratti di 2 muri separati.

Per questo nella fase successiva di indagine sarà necessario approfondire con indagini più approfondite la composizione del muro e il collegamento con il muro adiacente in questione.

13. CONCLUSIONI

Le verifiche esposte in precedenza riportano i risultati analitici relativi alla valutazione della vulnerabilità sismica 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 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 sono di tipo non lineare, pertanto nella determinazione del livello di sicurezza strutturale nei confronti del sisma ζ_E tiene conto delle non linearità di materiale e geometriche.
- L'analisi in questione è propedeutica alla determinazione degli interventi finalizzati all'adeguamento sismico dell'immobile, pertanto la tipologia di intervento successivo è associabile al caso d) del par. 8.4.3 del D.M. 17/01/2018.
- Il livello minimo di sicurezza ζ_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%).
- 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 ciascuna combinazione:

La combinazione maggiormente penalizzante per la struttura è la n. 10, Distribuzione triangolare, direzione 90° (Y di modello) eccentricità negativa, i cui risultati riassunti sono i seguenti:



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	Rapporto C/D Tr
SLD	0.432	0.164	0.064	0.029	60.21	12.28	81.0	99.971	0.444	0.204
SLD	0.657	0.246	0.084	0.043	100.58	27.701	63.0	97.295	0.519	0.275
SLV	2.288	0.746	0.217	0.091	949.12	121.393	10.0	56.122	0.42	0.128
SLC	3.089	0.995	0.282	0.112	1949.57	188.202	5.0	41.218	0.398	0.097

Terreno tipo A										
	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	Rapporto C/D Tr
SLD	0.432	0.164	0.064	0.029	60.21	12.28	81.0	99.971	0.444	0.204
SLD	0.657	0.246	0.084	0.043	100.58	27.701	63.0	97.295	0.519	0.275
SLV	2.288	0.746	0.217	0.091	949.12	121.393	10.0	56.122	0.42	0.128
SLC	3.089	0.995	0.282	0.112	1949.57	188.202	5.0	41.218	0.398	0.097

CC10

- **Livello di sicurezza stimato (PGA):** **42.0%**
- Livello di sicurezza stimato (Tr): **43.3%**
- PGA (g): **0.091**
- Tr SLV: **121 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 evidenzii “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:

$$T_{int} = - \frac{\ln(1 - 0.1) * T_{SLV}}{C_U} = 6.4 \text{ anni}$$

Il valore determinato pone l'attenzione sul fatto che il fabbricato presenta una vulnerabilità significativa, in particolare per alcuni elementi primari (maschi murari).