

Provincia di Brescia

Settore EDILIZIA SCOLASTICA E DIREZIONALE

Ufficio Progettazione Edilizia Scolastica e Direzione dei Lavori

Edificio scolastico:

I.T.C. "ABBA - BALLINI"

Ubicazione:

Comune di BRESCIA, via Tirandi n. 3

Intervento:

LAVORI DI ADEGUAMENTO SISMICO

PRIMO STRALCIO: Corpo A - Corpo B - Corpo D



Finanziato
dall'Unione europea

NextGenerationEU

Oggetto:

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE

Scala:

Numero:

Fase/Pratica Edilizia:

R_STR

Il Direttore del Settore Edilizia Scolastica e Direzionale:

Dott. Arch. Giovan Maria Mazzoli

R.U.P.:

arch. Daniela Massarelli

Progettista:

ing. Alessandro Gasparini

Direttore Lavori:

Collaboratori:

Progettista Strutture:



via cremona 8 25124 brescia
tel. +39 030 2451210
lavori@gaprogetti.eu
www.gaprogetti.eu

ing. Alessandro Gasparini
Legale rappresentante - DT - Progettista

Coordinatore Sicurezza:

Nome File:

Redatto da:

Verificato da:

Data:

Luglio 2022

Data e Numero Revisione:

Luglio 2022 - 00

AREA
DEL
TERRITORIO



PROVINCIA
DI BRESCIA

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE SPECIALISTICA OPERE STRUTTURALI

ai sensi del D.M. 17-01-2018

INDICE

1. NORMATIVA APPLICATA NEL CALCOLO DELLE STRUTTURE	3
2. PREMESSA	4
3. ANALISI STORICO CRITICA.....	5
3.1. Inquadramento	5
3.2. Documentazione esistente	6
3.3. Caratteristiche della struttura	6
4. TIPOLOGIA DI INTERVENTO AI SENSI DEI CAP. 7 E 8.....	9
5. CAMPAGNA DIAGNOSTICA.....	10
5.1. Calcestruzzo:.....	12
5.2. Acciaio da armatura.....	14
6. RELAZIONE SUI MATERIALI IMPIEGATI	16
7. ANALISI DEI CARICHI.....	18
7.1. Corpo A	18
7.2. Corpo B	18
7.3. Corpo D	19
7.4. Altri carichi	20
7.4.1. Sisma.....	20
8. COMBINAZIONI DI CARICO E METODO DI ANALISI	22
9. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E MODELLAZIONE GEOTECNICA	24
9.1. Caratterizzazione geologica	24
10. MODELLAZIONE STRUTTURALE.....	27
10.1. Geometria della struttura	28
10.1.1. Corpo A	28
10.1.2. Corpo B	31
10.1.3. Corpo D	34
10.2. Schema carichi inseriti nel modello	37
10.2.1. Corpo A	37
10.2.2. Corpo B	41
10.2.3. Corpo D	45
10.3. Azioni/sforzi principali elementi strutturali	49
10.3.1. Corpo A	49
10.3.2. Corpo B	51
10.3.3. Corpo D	53
10.4. Verifiche principali elementi strutturali.....	55
10.4.1. Corpo A	55
10.4.2. Corpo B	60
10.4.3. Corpo D	66
10.5. Modi di vibrare e azioni sismiche	73
10.5.1. Corpo A	73
10.5.2. Corpo B	82
10.5.3. Corpo D	91
11. RELAZIONE SULLE OPERE DI FONDAZIONE	100
11.1. Platee di fondazione – Verifica Struttura	100
11.1.1. Corpo A	100
11.1.2. Corpo B	108
11.1.3. Corpo D	118
11.2. Platee di fondazione – Verifica Capacità portante	128
11.2.1. Corpo A	128
11.2.2. Corpo B	132
11.2.3. Corpo D	135
12. CONCLUSIONI	138

1. NORMATIVA APPLICATA NEL CALCOLO DELLE STRUTTURE

- D.M. 17 gennaio 2018 (G.U. 20-02-2018, n. 42) - Norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare febbraio 2019, n. 7 – Istruzioni per l'applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al DM. 17 gennaio 2018;



• *Figura 1. Vista del prospetto dell'Edificio D - ingresso dell'Istituto*

2. PREMESSA

Nella presente relazione sono riportare le verifiche di vulnerabilità sismica e le opere per l'adeguamento sismico di una porzione del complesso scolastico dell'Istituto Tecnico "Abba Ballini", sito nel comune di Brescia in via Tirandi, 3.

In merito alla vulnerabilità sismica, lo studio ha la finalità di fornire gli indici di rischio sismico calcolati sia come rapporto tra le accelerazioni di picco al suolo, sia come rapporto tra i tempi di ritorno dell'evento sismico.

Sono state analizzate esclusivamente le combinazioni di carico sismiche come proposte dalla legge NTC 17/01/2018 e si sono considerate esclusivamente le caratteristiche strutturali influenti sulla risposta dinamica dell'edificio.

Poiché non si sono rilevati dissesti o segni di degradi significativo e poiché non ricorre alcuna delle condizioni previste dalle NTC 2018, paragrafo 8.3, considerato che i sovraccarichi considerati all'epoca della realizzazione dell'opera sono conformi con i sovraccarichi attualmente vigenti, la presente relazione non fornisce alcuna considerazione aggiuntiva sul livello di sicurezza della struttura rispetto ai carichi statici (verifiche dei solai e delle travi).

In merito all'adeguamento sismico, lo studio fornisce e giustifica l'indice di sicurezza raggiunto a seguito delle opere di intervento.

3. ANALISI STORICO CRITICA

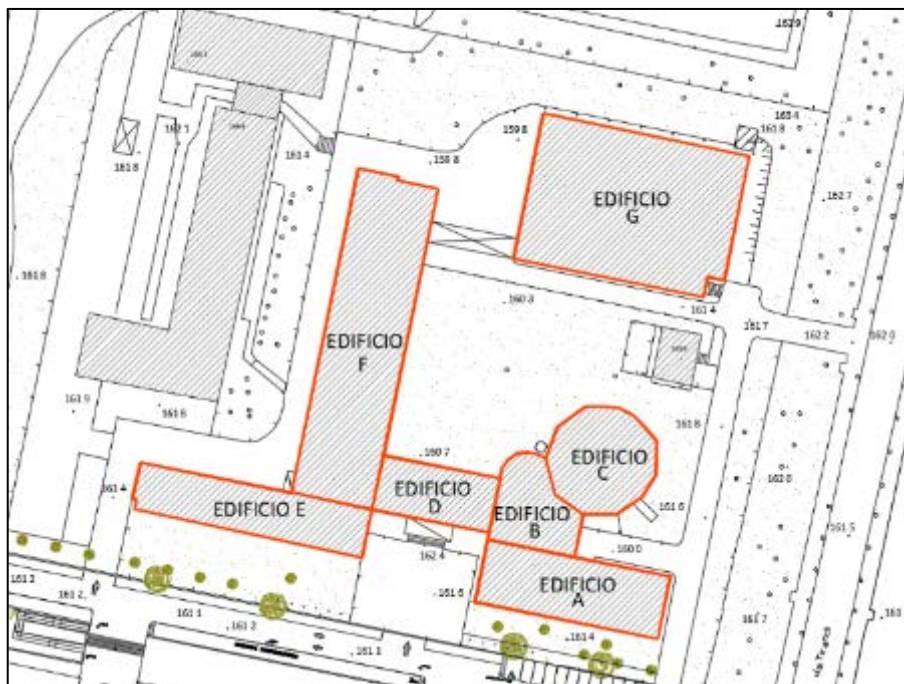
3.1. Inquadramento

La struttura in esame è l'edificio sede dell'Istituto Tecnico "Abba Ballini", sito nel comune di Brescia in via Tirandi, 3.

Il comune di Brescia è attualmente classificato in zona sismica 2 ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003.

L'istituto tecnico è articolato in più corpi di fabbrica, tra loro strutturalmente indipendenti. Nello specifico la presente relazione si concentrerà sull'adeguamento sismico di solo 3 corpi del complesso edilizio:

- Edificio A - Edificio amministrazione ed uffici
- Edificio B - Atrio di collegamento tra la scuola e l'aula magna
- Edificio D - Atrio centrale di ingresso



- *Figura 2. Planimetria generale con indicazione degli edifici che compongono il plesso scolastico*

3.2. Documentazione esistente

L'edificio è stato costruito a partire dal 1971 e terminato nel 1973 circa. In data 18 febbraio 1971 viene infatti depositata presso gli uffici del provveditorato regionale OO. PP. per la Lombardia il progetto strutturale dell'edificio. Il certificato di collaudo agli atti, a firma di ing. Mazzetti Vittorio, è datato 1 settembre 1973. I documenti reperiti sono di carattere urbanistico ed architettonico, di fatto gli elaborati grafici e le relazioni strutturali non sono state reperite presso la sede comunale.

3.3. Caratteristiche della struttura

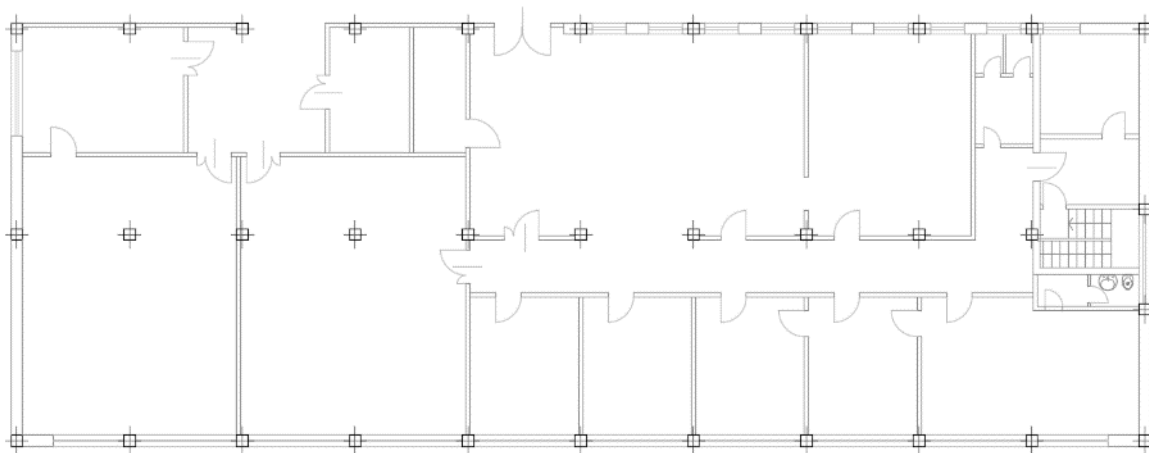
Di seguito verranno elencate le caratteristiche strutturali dei tre 3 fabbricati del complesso edilizio oggetto di intervento:

Edificio A

L'edificio A è inscritto in un rettangolo di dimensioni circa pari a 40 m x 15 m, L'edificio si compone di due piani: il seminterrato adibito ad archivio ed il piano rialzato destinato agli uffici amministrativi. La struttura dell'edificio è realizzata in telai in c.a. (travi e pilastri) poggianti su fondazioni continue perimetrali e plinti isolati centrali. I solai sono realizzati in elementi prefabbricati in laterizio e c.a. gettato in opera completati con una cappa collaborante di 3 cm.



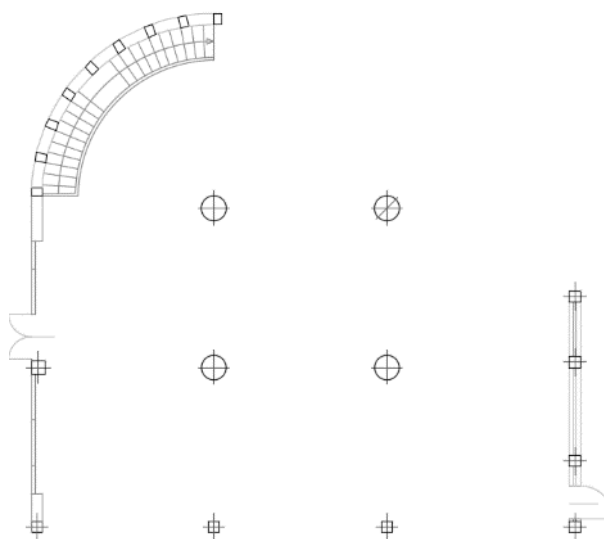
• *Figura 3. Edificio A - Prospetto principale*



• *Figura 4. Pianta dell'Edificio A*

Edificio B

L'edificio è un volume distributivo che collega gli edifici scolastici, le aule didattiche e amministrative, con l'aula magna. La struttura, composta da un piano interrato e da uno fuori terra, si compone di pilastri e travi in c.a. I solai sono realizzati in elementi prefabbricati in laterizio e c.a. gettato in opera completati con una cappa collaborante di 3 cm.

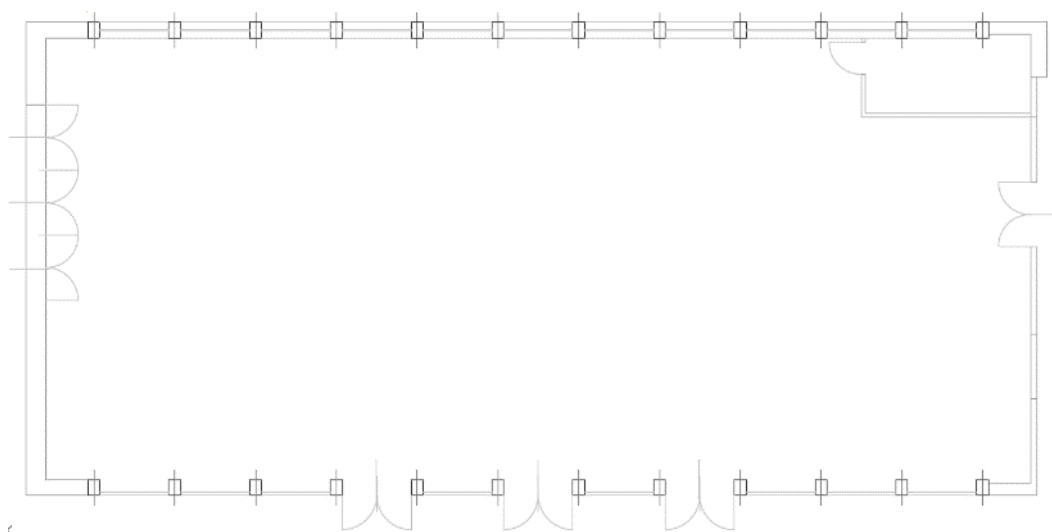


• *Figura 5. Pianta strutturale del dell'Edificio B*

Edificio D

L'Edificio D, ingresso dell'istituto, è inscrivibile in un rettangolo di dimensioni pari a circa 25 m x 14 m. La struttura dell'edificio si compone di pilastri e travi in c.a. che poggiano perimetralmente su fondazioni continue.

Il solaio intermedio è stato realizzato in elementi prefabbricati in latero-cemento, mentre il solaio di copertura è realizzato con travi prefabbricate in c.a.



• *Figura 6. Pianta dell'edificio D*

4. TIPOLOGIA DI INTERVENTO AI SENSI DEI CAP. 7 e 8

L'intervento si configura come intervento di adeguamento sismico atto quindi ad aumentare la sicurezza strutturale preesistente conseguendo livelli di sicurezza fissati dalle NTC18 §8.4.3.

Nel presente lavoro, ci si occuperà di adeguare i blocchi A B e D rimandando ad un successivo intervento l'adeguamento della restante parte di struttura.

L'intervento consiste nell'introduzione di nuovi setti in c.a. in grado di resistere all'azione sismica, in modo da sgravare i pilastri esistenti da tale compito. Per completare l'intervento, i solai verranno rinforzati con fibre di carbonio o con controventi in acciaio, che garantiscono insieme alla cappa in c.a. esistente (non armata) la formazione di un diaframma di piano rigido.

Verrà inoltre demolita la scala a chiocciola del corpo B che permetteva l'accesso alla copertura in modo che venga sostituita da un guscio in cemento armato sismo resistente.

Per quanto riguarda i setti sismo resistenti in c.a. verranno posizionati principalmente esternamente lungo il perimetro dell'edificio e in alcune limitate zone interne. I setti avranno dimensioni variabili pari a 25x175cm e 25x200cm e 30x200cm e poggeranno su delle platee di fondazione di altezza pari a 60 cm e dimensioni variabili in funzione delle sollecitazioni in gioco. I setti collocati all'esterno verranno collegati tra loro da delle solette in calcestruzzo armato in modo da trasferire con maggiore efficacia l'azione degli impalcati ai setti.

5. CAMPAGNA DIAGNOSTICA

Per i materiali delle strutture esistenti si fa riferimento a quanto riportato nella relazione: “Indagine strutturale IIS “Abba Ballini” in Comune di Brescia” a firma del Ing. Andrea Savoldi relativa alle prove eseguite dal Laboratorio tecnologico Lombardo S.R.L.S.

Secondo quanto indicato nella circolare 2019, il numero di indagini svolte permette di raggiungere un **livello di conoscenza LC2** al quale corrisponde un **fattore di confidenza FC = 1,20**.

<p>Di seguito, con riferimento alle specifiche contenute al § 8.5 delle NTC, è riportata una guida alla stima dei <i>Fattori di Confidenza</i> (FC), definiti con riferimento ai tre <i>Livelli di Conoscenza</i> (LC) crescenti, secondo quanto segue.</p> <p>LC1: si intende raggiunto quando siano stati effettuati, come minimo, l'analisi storico-critica commisurata al livello considerato, con riferimento al § C8.5.1, il rilievo geometrico completo e <i>indagini limitate</i> sui dettagli costruttivi, con riferimento al § C8.5.2, <i>prove limitate</i> sulle caratteristiche meccaniche dei materiali, con riferimento al § C8.5.3; il corrispondente fattore di confidenza è $FC=1,35$ (nel caso di costruzioni di acciaio, se il livello di conoscenza non è LC2 solo a causa di una non estesa conoscenza sulle proprietà dei materiali, il fattore di confidenza può essere ridotto, giustificandolo con opportune considerazioni anche sulla base dell'epoca di costruzione);</p> <p>LC2: si intende raggiunto quando siano stati effettuati, come minimo, l'analisi storico-critica commisurata al livello considerato, con riferimento al § C8.5.1, il rilievo geometrico completo e <i>indagini estese</i> sui dettagli costruttivi, con riferimento al § C8.5.2, <i>prove estese</i> sulle caratteristiche meccaniche dei materiali, con riferimento al § C8.5.3; il corrispondente fattore di confidenza è $FC=1,2$ (nel caso di costruzioni di acciaio, se il livello di conoscenza non è LC3 solo a causa di una non esaustiva conoscenza sulle proprietà dei materiali, il fattore di confidenza può essere ridotto, giustificandolo con opportune considerazioni anche sulla base dell'epoca di costruzione);</p> <p>LC3: si intende raggiunto quando siano stati effettuati l'analisi storico-critica commisurata al livello considerato, come descritta al § C8.5.1, il rilievo geometrico, completo ed accurato in ogni sua parte, e <i>indagini esaustive</i> sui dettagli costruttivi, come descritto al § C8.5.2, <i>prove esaustive</i> sulle caratteristiche meccaniche dei materiali, come indicato al § C8.5.3; il corrispondente fattore di confidenza è $FC=1$ (da applicarsi limitatamente ai valori di quei parametri per i quali sono state eseguite le prove e le indagini su citate, mentre per gli altri parametri meccanici il valore di FC è definito coerentemente con le corrispondenti prove limitate o estese eseguite).</p>
--

Il grado di conoscenza LC2 è normalmente sufficiente per l'identificazione delle eventuali carenze distributive in pianta e dei punti deboli della struttura e per fare una valutazione preliminare dell'intervento di miglioramento/adeguamento sismico.

È stata inoltre visionata tutta la documentazione originale, utile a ricostruire l'analisi storico critica.

Tabella C8A.1.1 – Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti valori dei fattori di confidenza per edifici in muratura

Livello di Conoscenza	Geometria	Dettagli costruttivi	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1		verifiche in situ limitate	Indagini in situ limitate Resistenza: valore minimo di Tabella C8A.2.1 Modulo elastico: valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1		1.35
LC2	Rilievo muratura.		Indagini in situ estese Resistenza: valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1 Modulo elastico: media delle prove o valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1		1.20
LC3	volte, solai, scale. Individuazione carichi gravanti su ogni elemento di parete Individuazione tipologia fondazioni. Rilievo eventuale quadro fessurativo e deformativo.	verifiche in situ estese ed esaustive	Indagini in situ esaustive -caso a) (disponibili 3 o più valori sperimentali di resistenza) Resistenza: media dei risultati delle prove Modulo elastico: media delle prove o valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1 -caso b) (disponibili 2 valori sperimentali di resistenza) Resistenza: se valore medio sperimentale compreso in intervallo di Tabella C8A.2.1, valore medio dell'intervallo di Tabella C8A.2.1; se valore medio sperimentale maggiore di estremo superiore intervallo, quest'ultimo; se valore medio sperimentale inferiore al minimo dell'intervallo, valore medio sperimentale. Modulo elastico: come LC3 – caso a). -caso c) (disponibile 1 valore sperimentale di resistenza) Resistenza: se valore sperimentale compreso in intervallo di Tabella C8A.2.1, oppure superiore, valore medio dell'intervallo; se valore sperimentale inferiore al minimo dell'intervallo, valore sperimentale. Modulo elastico: come LC3 – caso a).	Tutti	1.00

Figura 7. Tabella C8A.1.1 della Circolare

5.1. Calcestruzzo:

Durante la campagna di indagine eseguita dalla ditta C.G.G. s.r.l., dalle strutture in calcestruzzo sono state prelevate 23 carote: (8 per il blocco A, 9 per il blocco B ed infine 6 per il Blocco D) per la stima in laboratorio della resistenza del calcestruzzo.

Si riportano per maggiore praticità i risultati dati dalla rottura a compressione dei provini:

ROTTURA A COMPRESSIONE SU CILINDRO/CAROTA												
eseguita in conformità alla norma UNI EN 12390-3												
ID sui provini	Data di prelievo	Verbale prelievo	Data di esecuz.	Dimensioni [mm]		Massa volum. [Kg/m³]	Carico totale [KN]	Resist. [MPa]	Note / descrizione	Parametri		
				d	L					TR*	R**	
C1	25/01/22	20220125	31/01/22	95	90	2.285	270	38,1	PILASTRO CORPO B-D / Rck	SO	RE	
C2	25/01/22	20220126	31/01/22	96	93	2.215	191	26,9	PILASTRO CORPO B-D / Rck	SO	RE	
C3	25/01/22	20220126	31/01/22	96	93	2.267	240	33,9	TRAVE CORPO B-D / Rck	SO	RE	
C4	25/01/22	20220126	31/01/22	95	90	2.207	178	25,1	TRAVE CORPO B-D / Rck	SO	RE	
C5	25/01/22	20220126	31/01/22	95	90	2.307	207	29,2	TRAVE CORPO A / Rck	SO	RE	
C6	25/01/22	20220126	31/01/22	95	92	2.220	217	30,6	PILASTRO CORPO A / Rck	SO	RE	
C7	25/01/22	20220126	31/01/22	95	93	2.373	345	48,7	PILASTRO CORPO A / Rck	SO	RE	
C8	25/01/22	20220126	31/01/22	95	94	2.293	357	50,4	TRAVE CORPO A / Rck	SO	RE	
C9	25/01/22	20220126	31/01/22	95	92	2.380	329	46,4	MURO CORPO B-D / Rck	SO	RE	
C10	25/01/22	20220126	31/01/22	95	88	2.260	290	40,9	MURO CORPO B-D / Rck	SO	RE	
C11	26/01/22	20220126	31/01/22	95	91	2.332	335	47,3	PILASTRO CORPO B-D / Rck	SO	RE	
C12	26/01/22	20220126	31/01/22	95	90	2.386	324	46,7	TRAVE CORPO B-D / Rck	SO	RE	
C13	26/01/22	20220126	31/01/22	95	90	2.229	266	37,5	PILASTRO CORPO B-D / Rck	SO	RE	
C14	26/01/22	20220126	31/01/22	95	91	2.248	184	26,0	PILASTRO CORPO B-D / Rck	SO	RE	
C15	26/01/22	20220126	31/01/22	95	89	2.175	161	22,7	COLONNA COPRO B-D / Rck	SO	RE	
C16	26/01/22	20220126	31/01/22	95	92	2.211	139	19,6	PILASTRO CORPO B-D / Rck	SO	RE	
C17	26/01/22	20220126	31/01/22	95	92	2.205	296	41,8	TRAVE CORPO B-D / Rck	SO	RE	
C18	26/01/22	20220126	31/01/22	95	90	2.264	161	22,7	TRAVE CORPO B-D / Rck	SO	RE	
C19	26/01/22	20220126	31/01/22	95	90	2.220	175	24,7	TRAVE CORPO B-D / Rck	SO	RE	
C20	26/01/22	20220126	31/01/22	95	87	2.261	263	37,1	PILASTRO CORPO A / Rck	SO	RE	
C21	26/01/22	20220126	31/01/22	95	91	2.195	308	43,5	PILASTRO CORPO A / Rck	SO	RE	
C22	26/01/22	20220126	31/01/22	95	89	2.202	165	23,3	TRAVE CORPO A / Rck	SO	RE	
C23	26/01/22	20220126	31/01/22	95	90	2.289	174	24,5	TRAVE CORPO A / Rck	SO	RE	

Risultati prove rottura a compressione su cilindro

Dalle prove svolte è stato possibile determinare i seguenti parametri di calcolo:

Corpo A

resistenza media a compressione	$f_{cm} = 35,91 \text{ N/mm}^2$
coefficiente di sicurezza	$\gamma_c = 1,50$
fattore di confidenza	$FC = 1,20$
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = 19,94 \text{ N/mm}^2$

Corpo B

resistenza media a compressione	$f_{cm} = 28,39 \text{ N/mm}^2$
coefficiente di sicurezza	$\gamma_c = 1,50$
fattore di confidenza	$FC = 1,20$
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = 15,77 \text{ N/mm}^2$

Corpo D

resistenza media a compressione	$f_{cm} = 40,63 \text{ N/mm}^2$
coefficiente di sicurezza	$\gamma_c = 1,50$
fattore di confidenza	$FC = 1,20$
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = 22,57 \text{ N/mm}^2$

5.2. Acciaio da armatura

Durante la campagna di indagine eseguita dalla ditta C.G.G. s.r.l., dalle strutture in calcestruzzo sono stati prelevati 19 spezzoni di armatura (6 per il blocco A, 6 per il blocco B ed infine 7 per il Blocco D).

Si riportano per maggiore praticità i risultati delle prove di trazione sulle barre:

PROVA DI TRAZIONE SU BARRE TONDE, LISCE O NERVATE									
eseguita in conformità alla norma UNI EN ISO 15630-1									
Qualità	Struttura/note/codice campionamento	Data di esecuzione	Diametro effettivo [mm]	Snervamento f_y [MPa]	Rottura f_t [MPa]	f_t / f_y	Allungam. [%]	Lunghezza provino [mm]	Prod. *
	Pilastro Corpo B-D / F1	01/02/2022	16,08	443	710	1,60	12,0	400	7
	Trave Corpo B-D / F2	01/02/2022	19,47	459	660	1,44	14,0	395	7
	Trave Corpo A / F3	01/02/2022	16,58	556	722	1,30	12,0	420	7
	Pilastro Corpo A / F4	01/02/2022	17,73	441	681	1,54	13,0	400	7
	Pilastro corpo B-D / F5	01/02/2022	17,62	442	686	1,55	13,0	410	7
	Pilastro Corpo A / F6	01/02/2022	17,66	450	692	1,54	14,0	420	7
	Muro Corpo B-D / F7	01/02/2022	8,17	487	670	1,38	13,0	430	7
	Pilastro Corpo B-D / F8	01/02/2022	13,87	466	657	1,41	11,0	420	7
	Trave Corpo B-D / F9	01/02/2022	16,42	444	620	1,40	12,0	370	7
	Pilastro Corpo B-D / F10	01/02/2022	19,72	500	784	1,57	12,0	400	7
	Trave Corpo B-D / F11	01/02/2022	19,67	498	765	1,54	13,0	425	7
	Pilastro Corpo B-D / F12	01/02/2022	15,89	507	763	1,50	11,0	410	7
	Colonna Corpo B-D / F13	01/02/2022	18,12	436	666	1,53	14,0	435	7
	Trave Corpo B-D / F14	01/02/2022	18,02	434	668	1,54	12,0	425	7
	Trave Corpo B-D / F15	01/02/2022	19,65	463	711	1,54	11,0	400	7
	Pilastro Corpo A / F16	01/02/2022	16,73	518	731	1,41	11,0	420	7
	Trave Corpo A / F17	01/02/2022	16,73	511	634	1,24	13,0	320	7
	Pilastro Corpo A / F18	01/02/2022	19,82	514	779	1,52	11,0	410	7
	Muro Corpo B-D / F19	01/02/2022	8,22	426	673	1,58	14,0	420	7

Risultati delle prove di trazione delle barre

Dalle prove svolte è stato possibile determinare i seguenti parametri di calcolo:

Corpo A

resistenza media a snervamento	$f_{ym} = 498,33 \text{ MPa}$
coefficiente di sicurezza	$\gamma_s = 1,15$
fattore di confidenza	$FC = 1,20$
resistenza di calcolo a snervamento	$f_{yd} = 361,09 \text{ MPa}$

Corpo B

resistenza media a snervamento	$f_{ym} = 446,17 \text{ MPa}$
coefficiente di sicurezza	$\gamma_s = 1,15$
fattore di confidenza	$FC = 1,20$
resistenza di calcolo a snervamento	$f_{yd} = 323,33 \text{ MPa}$

Corpo D

resistenza media a snervamento	$f_{ym} = 475,43 \text{ MPa}$
coefficiente di sicurezza	$\gamma_s = 1,15$
fattore di confidenza	$FC = 1,20$
resistenza di calcolo a snervamento	$f_{yd} = 344,51 \text{ MPa}$

6. RELAZIONE SUI MATERIALI IMPIEGATI

Per le resistenze dei materiali e dei relativi tassi di lavoro si fa riferimento alle NTC 2018 e alla relativa circolare 2019.

Calcestruzzo: fondazioni

classe di resistenza	C25/30
classe esposizione	XC2
classe di consistenza	S4
dimensioni massime inerti	25 mm
copriferro minimo netto	35 mm
contenuto minimo di cemento	300 kg/m ³
massimo rapporto acqua – cemento	0,60
resistenza caratteristica	$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$
coefficiente di sicurezza	$\alpha_c = 1,5$
resistenza di progetto	$\alpha_{fcd} = 14,1 \text{ N/mm}^2$
resistenza di progetto a trazione	$f_{ctd} = 1,20 \text{ N/mm}^2$

Calcestruzzo: pareti e solette

classe di resistenza	C32/40
classe esposizione	XC4
classe di consistenza	S5
dimensioni massime inerti	25 mm
copriferro minimo netto	35 mm
contenuto minimo di cemento	340 kg/m ³
massimo rapporto acqua – cemento	0,50
resistenza caratteristica	$f_{ck} = 32 \text{ N/mm}^2$
coefficiente di sicurezza	$\alpha_c = 1,5$
resistenza di progetto	$\alpha_{fcd} = 18,8 \text{ N/mm}^2$
resistenza di progetto a trazione	$f_{ctd} = 1,45 \text{ N/mm}^2$

Acciaio per cemento armato:

resistenza caratteristica a snervamento

coefficiente di sicurezza

resistenza di progetto

B450C

$$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$f_{yd} = 391,3 \text{ N/mm}^2$$

Acciaio da carpenteria:

coefficiente di sicurezza

resistenza di progetto

S275 JR

$$\gamma_{M0} = 1,05$$

$$f_{yd} = 261,9 \text{ N/mm}^2$$

7. ANALISI DEI CARICHI

Nel progetto di adeguamento, in accordo con la documentazione originale e i rilievi di sito sono stati considerati i seguenti carichi sugli elementi strutturali:

7.1. Corpo A

1° impalcato

Permanente strutturale G1: Solaio latero cemento Sp. 26 cm (24+2)	4,50 kN/m ²
Permanente non strutturale G2: Pacchetto architettonico	1,00 kN/m ²
Sovraccarico variabile Cat. C1 "Ambienti suscettibili ad affollamento"	3,00 kN/m ²

2° impalcato / Copertura

Permanente strutturale G1: Solaio latero cemento + massetto	4,50 kN/m ²
Permanente non strutturale G2: Pacchetto architettonico	1,00 kN/m ²
Sovraccarico variabile Cat. H "Coperture accessibili per sola manutenzione"	0,50 kN/m ²
Sovraccarico da neve (a quota < 1000 m s.l.m.) Zona I alpina quota ≈ 150 m	1,20 kN/m ²

7.2. Corpo B

1° impalcato

Permanente strutturale G1: Solaio latero cemento Sp. 24 cm (20+4) + massetto	4,50 kN/m ²
Permanente non strutturale G2: Pacchetto architettonico	1,00 kN/m ²
Sovraccarico variabile Cat. C1 "Ambienti suscettibili ad affollamento"	3,00 kN/m ²

2° impalcato / Copertura

Permanente strutturale G1: Solaio latero cemento + massetto	4,50 kN/m ²
Permanente non strutturale G2: Pacchetto architettonico	1,00 kN/m ²
Sovraccarico variabile Cat. H "Coperture accessibili per sola manutenzione"	0,50 kN/m ²
Sovraccarico da neve (a quota < 1000 m s.l.m.) Zona I alpina quota ≈ 150 m	1,20 kN/m ²

7.3. Corpo D

1° impalcato

Permanente strutturale G1: Solaio latero cemento + massetto	4,50 kN/m ²
Permanente non strutturale G2: Pacchetto architettonico	1,00 kN/m ²
Sovraccarico variabile Cat. C1 "Ambienti suscettibili ad affollamento"	3,00 kN/m ²

2° impalcato / Copertura

Permanente strutturale G1: Solaio prefabbricato + massetto	6,50 kN/m ²
Permanente non strutturale G2: Pacchetto architettonico	1,00 kN/m ²
Sovraccarico variabile Cat. H "Coperture accessibili per sola manutenzione"	0,50 kN/m ²
Sovraccarico da neve (a quota < 1000 m s.l.m.) Zona I alpina quota ≈ 150 m	1,20 kN/m ²

7.4. Altri carichi

7.4.1. Sisma

Sollecitazione sismica

Secondo la Delibera Giunta Regionale 11 luglio 2014 - n. X/2129 il comune di Brescia (BS) ricade in zona sismica 2.

La sollecitazione sismica è stata calcolata in accordo con la zonazione sismica riportata in allegato alle NTC 2018

- categoria di sottosuolo: C
- vita nominale dell'opera: 50 anni
- categoria topografica: T1
- classe d'uso: III ($c_u=1,5$)
- stato limite considerato: SLV (tempo di ritorno T_r 712 anni)
- accelerazione di picco al suolo: $a_g=0,171g$
- coefficiente di amplificazione stratigrafica: $S_S=1,45$
- coefficiente di amplificazione topografica: $S_T=1,00$
- accelerazione massima terreno: $a_{max}=0,252g$
- fattore di struttura $q = 2,40$

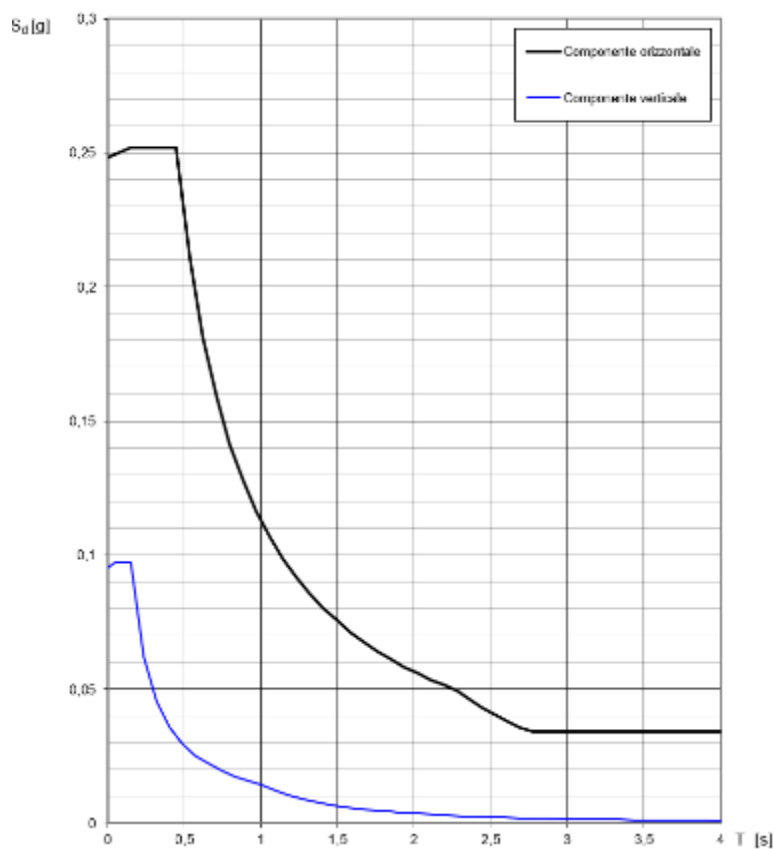
Note:

La struttura di nuova realizzazione è stata verificata e progettata con comportamento dissipativo.

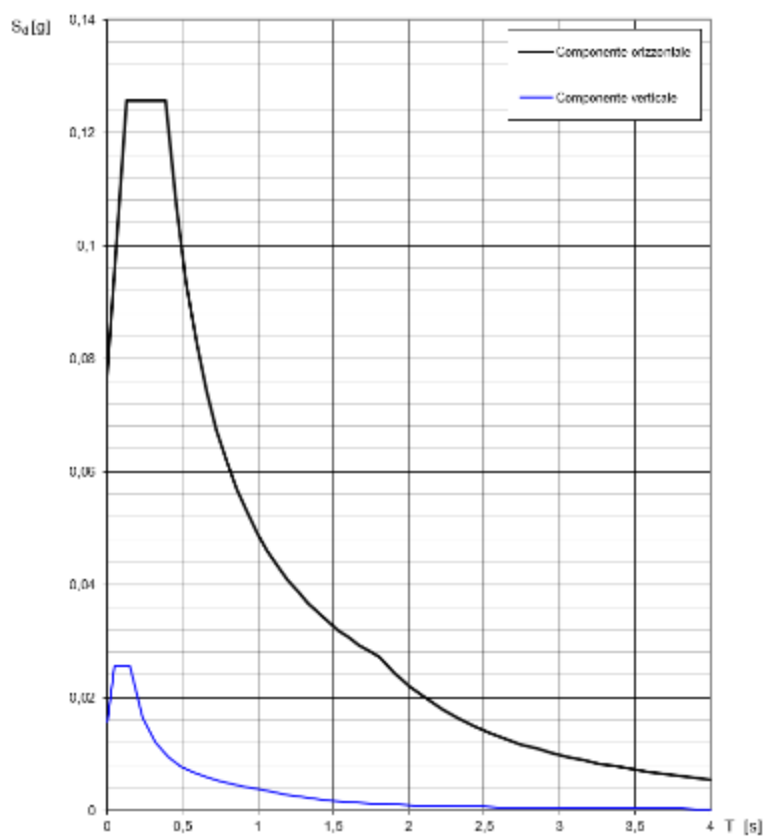
È stata effettuata un'analisi dinamica lineare con fattore di struttura q in accordo con quanto previsto al §C.8.7.2

Si riportano di seguito i relativi spettri di risposta all'SLV e all'SLO (trattandosi di struttura in classe d'uso III)

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite SLV



Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite SLO



8. COMBINAZIONI DI CARICO E METODO DI ANALISI

Per le verifiche agli stati limite, sono state utilizzate le combinazioni di carico previste dalle NTC 2018 nel capitolo 2. In linea generale per ogni stato limite deve essere rispettata la condizione:

$$R_d \geq E_d$$

dove E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione e R_d è il valore di progetto della resistenza di progetto della resistenza dei materiali.

Le azioni sollecitanti si suddividono in:

G1: peso proprio di tutti gli elementi strutturali

G2: peso proprio di tutti gli elementi non strutturali

Q: azioni variabili

E: azioni sismiche

A: azioni eccezionali

Combinazione fondamentale allo stato limite ultimo (SLU)

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

Combinazioni per gli stati limite di esercizio (SLE)

rara:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

frequente:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

quasi permanente:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

Combinazioni sismiche

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

Combinazione per stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.6)$$

I coefficienti parziali per le azioni e i coefficienti di combinazioni sono stati ricavati dalle seguenti tabelle:

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente γ_F	EQU	A1	A2
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_{Q1}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E - Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I - Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K - Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

9. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E MODELLAZIONE GEOTECNICA

Per le verifiche relative al terreno di fondazione si è fatto riferimento all'approccio 2 (NTC paragrafi 2.6.1 - 6.2.4.1 - 6.4.2) utilizzando i coefficienti A1 per le azioni (i medesimi utilizzati per le strutture in elevazione), i coefficienti M1 per i parametri del terreno (pari a 1) e i coefficienti R3 per le resistenze. Per la verifica a ribaltamento si sono utilizzati i coefficienti EQU come indicato in normativa.

9.1. Caratterizzazione geologica

Per la definizione dei parametri geotecnici del terreno, si è fatto riferimento a quanto riportato nella relazione geologica tecnica (di cui di seguito si riporta un estratto).



Ubicazione delle prove svolte

STUDIO TECNICO ASSOCIATO PASQUALI COLUZZI Viale Venezia, 20 - 25123 Brescia Tel. e fax: 030 294 976 email: studio.coluzzi@libero.it	COMMITTENTE: ASSESSORATO ALLA PUBBLICA ISTRUZIONE <i>Formazione professionale ed</i> <i>edilizia scolastica</i> Piazzale Cremona, 20/a 25121 Brescia	SONDAGGIO N°: S2	All. 1216/4
		SCALA VERTICALE: 1:100 QUOTA D'INIZIO: COORDINATE: da m: 0.00 m a m: 12.00 m	
LOCALITA': DATA: METODO DI PERFORAZIONE:	Via Oberden - BRESCIA 20 marzo 2008 carotaggio continuo		

profondità (m)	stratigrafia	livello di falda	S.P.T.		DESCRIZIONE LITOLOGICA
			quota	n° colpi	
					CAMPIONI da quota: a quota:

1,00					limo e argilla ghiaiosi marroni, con ciottoli eterometrici subangolari-subarrotondati e resti lateritici localmente abbondanti
			4,00	40,R	sabbie beige chiare con ghiaia e ciottoli eterometrici, subangolari-subarrotondati (Ø max. 5 cm) livello di limo marrone da 1,20 m a 1,50 m
6,00			6,00	30,R	ghiaia e sabbia con piccoli ciottoli subangolari-subarrotondati e alcuni grossi ciottoli subarrotondati (Ø 8-9 cm)
7,50			8,00	19,39,R	sabbie limose marrone, con ghiaia e ciottoli eterometrici subangolari-subarrotondati livello di sabbia beige con ghiaia e piccoli ciottoli eterometrici tra 8,00-8,20 m un piccolo trovanite di roccia granitoidale verde a 8,50 m
8,50					ghiaia molto grossolana e piccoli ciottoli subangolari-subarrotondati
9,00					sabbie biancastre con ghiaia e ciottoli eterometrici generalmente piccoli da angolari a subarrotondati
9,60			10,00	15,11,12	sabbie limose marrone, con ghiaia localmente abbondante, con ciottoli eterometrici subangolari-subarrotondati
10,80					sabbie beige chiare, con ghiaia e ciottoli eterometrici subangolari-subarrotondati (Ø max. 4 cm)
12,00					

Stratigrafia

tipo	PROFILO STRATIGRAFICO	PARAMETRI		
		VS30 m/s	NSPT	cu kPa
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi	> 800		
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	< 800 > 360	> 50	> 50
C	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza	< 360 > 180	< 50 > 15	< 250 > 70
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti	< 180	< 15	< 70
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di VS30 simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con VS30 > 800m/s			
S1	Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ($PI > 40$) e contenuto di acqua	< 100		< 20 > 10
S2	Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti			

Tipologia di suolo

10. MODELLAZIONE STRUTTURALE

Per la struttura è stato realizzato un modello agli elementi finiti tramite software di calcolo PRO_SAP 2021 (Versione 21.9.4), considerando come carichi quanto riportato nel capitolo 5 della presente relazione.

Sono stati utilizzati:

- elementi “plate D3” per la modellazione degli archi in c.a. esistenti;
- elementi “beam D2” per la modellazione di pilastri, travi;

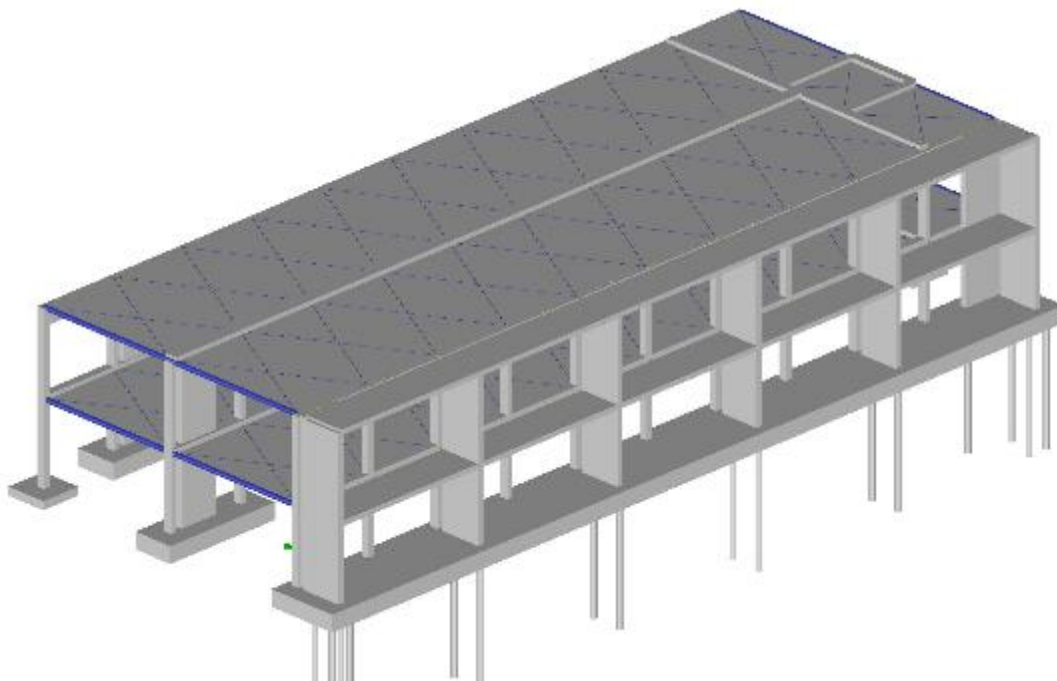
La struttura è stata modellata con vincoli di incastro alla base, in accordo con il punto §C.8.3, che prevede la non obbligatorietà della verifica del sistema di fondazione.

Di seguito si riportano una serie di schermate dal programma utili ad individuare:

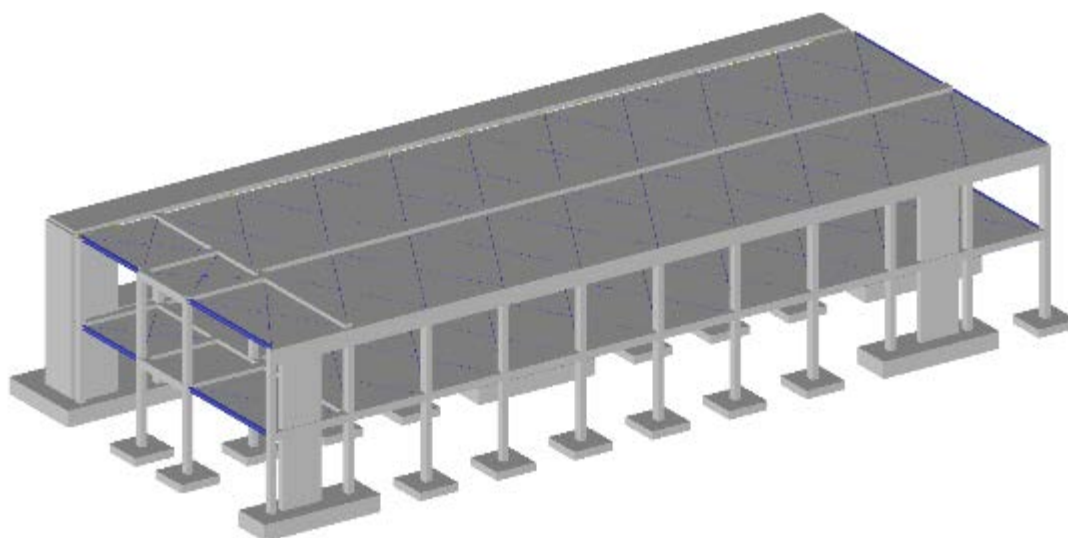
- Geometria della struttura modellata;
- Schema dei carichi inseriti;
- Azioni/Sforzi principali elementi strutturali;
- Verifiche principali elementi strutturali;
- Deformazioni principali elementi strutturali;
- Modi di vibrare e azioni sismiche.

10.1. Geometria della struttura

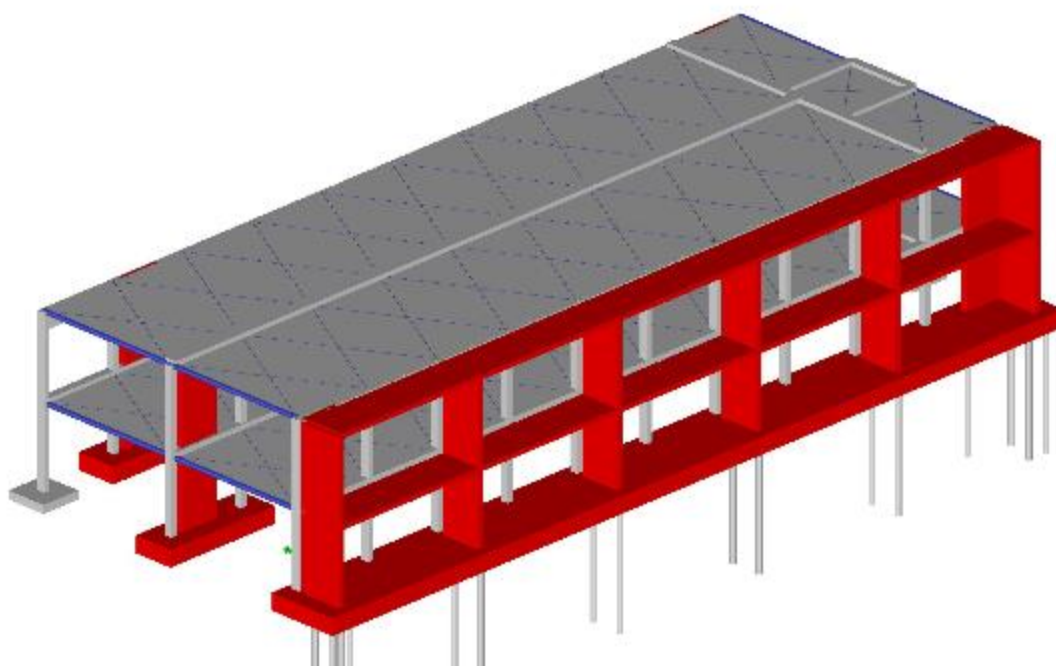
10.1.1. Corpo A



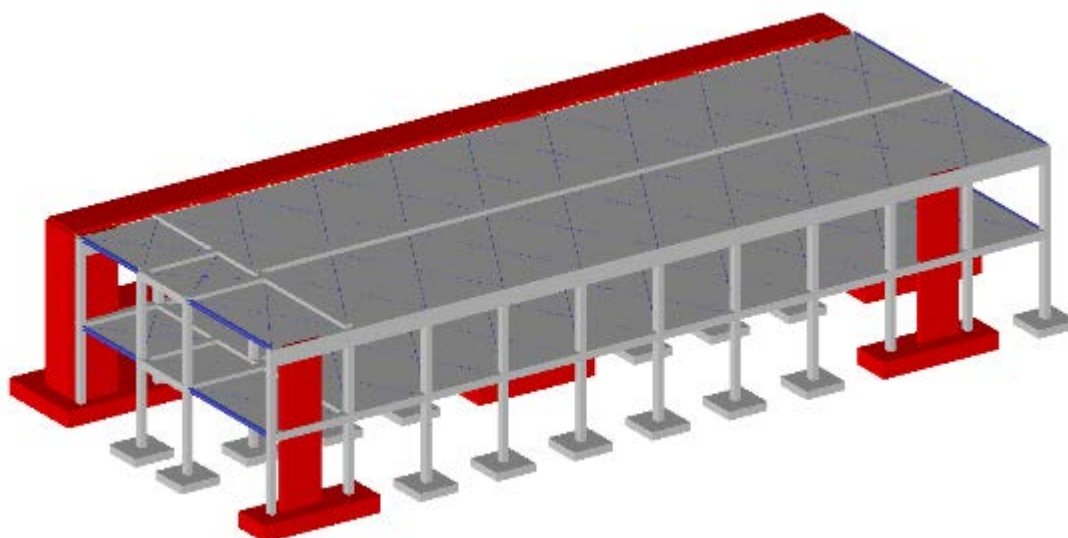
Modello elementi finiti: Edificio, Vista Architettonica 1



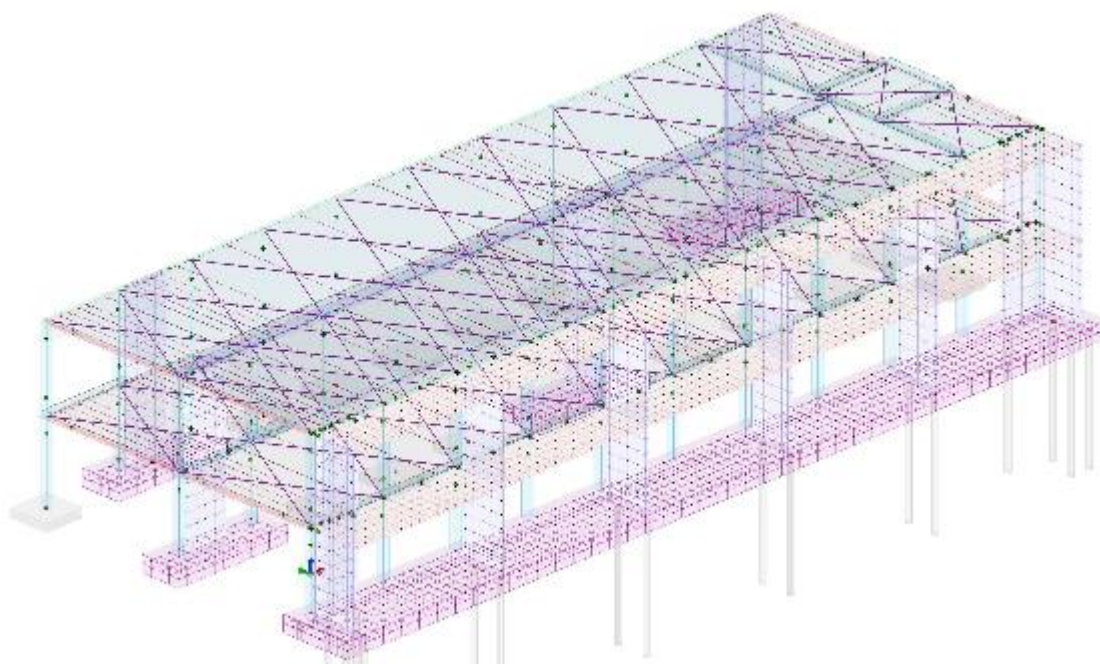
Modello elementi finiti: Edificio, Vista Architettonica 2



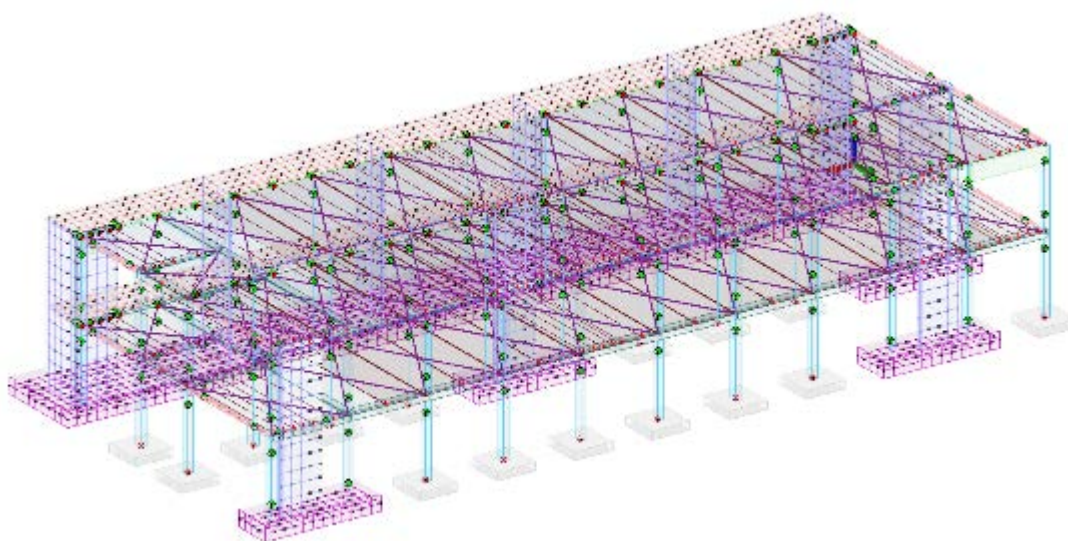
Modello elementi finiti: Edificio, Vista Architettonica intervento 1



Modello elementi finiti: Edificio, Vista Architettonica intervento 2

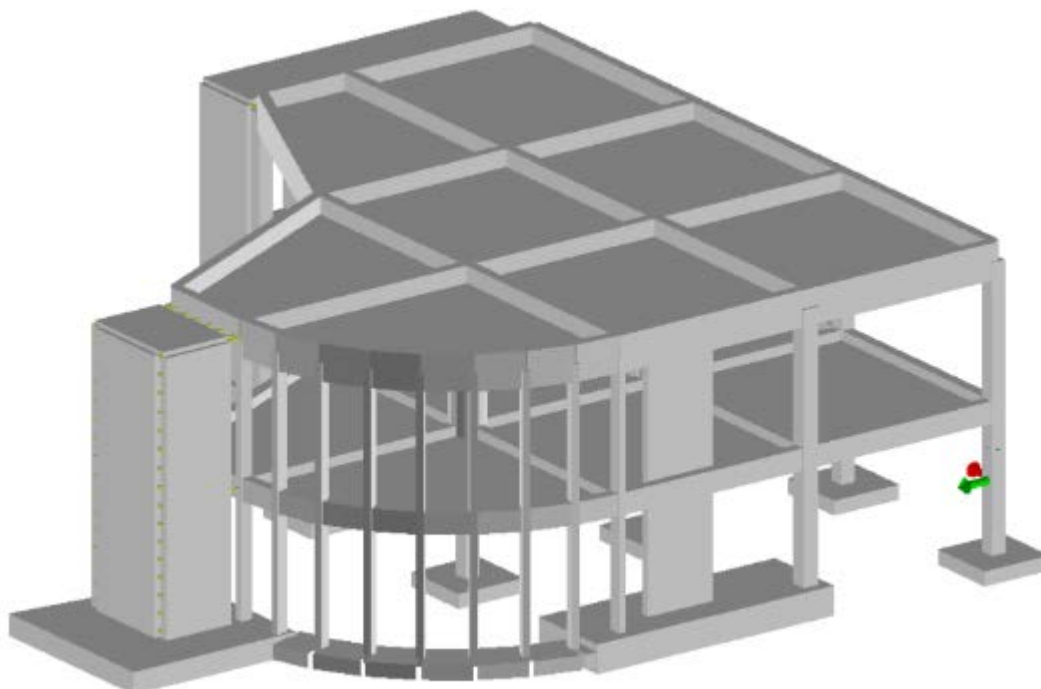


Modello elementi finiti: Edificio, Vista filo di ferro 1

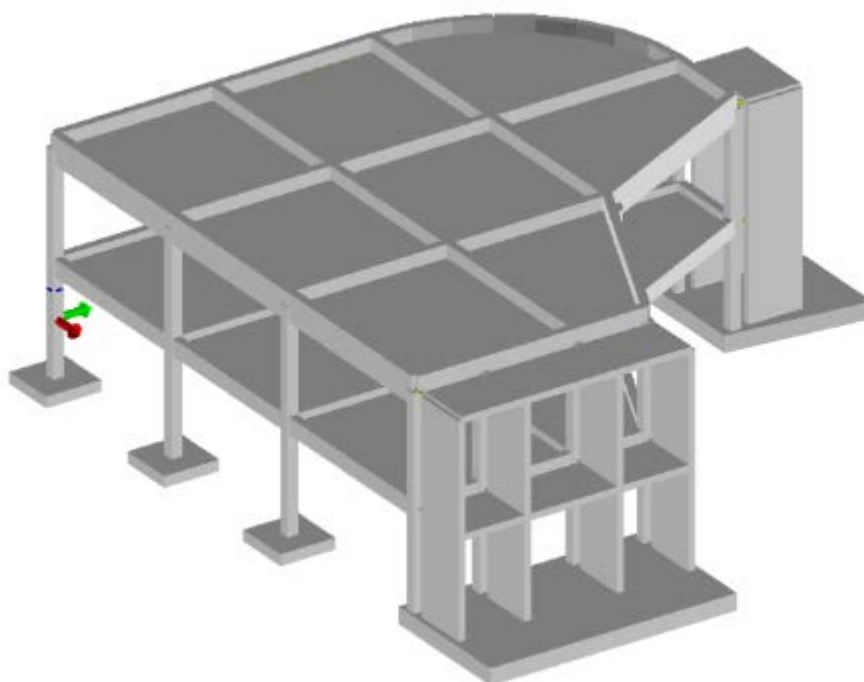


Modello elementi finiti: Edificio, Vista filo di ferro 2

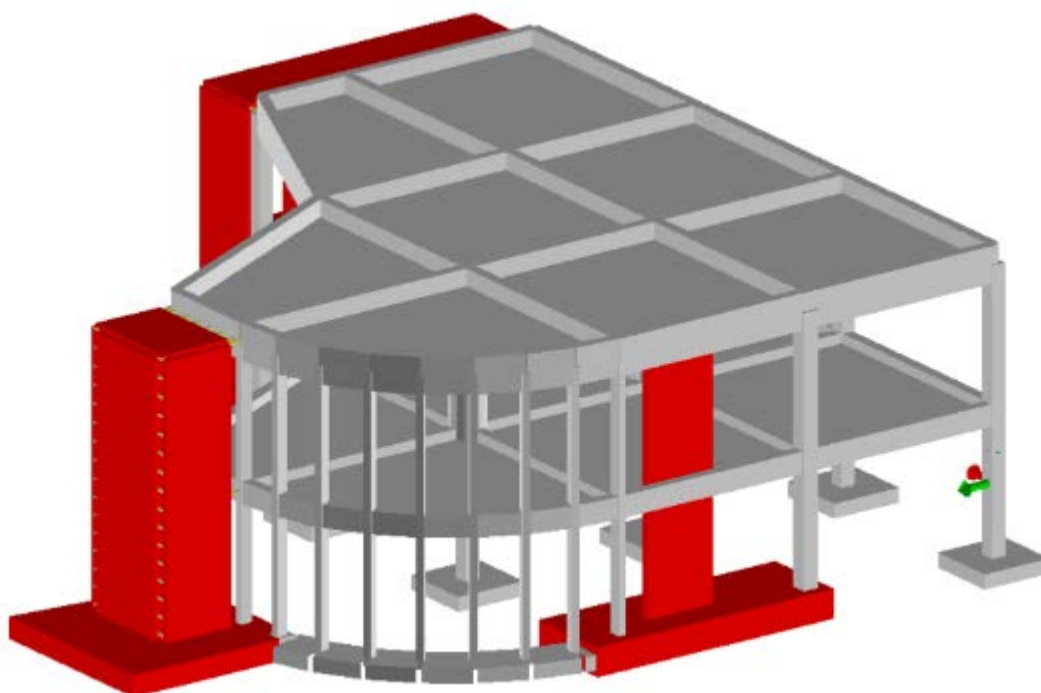
10.1.2. Corpo B



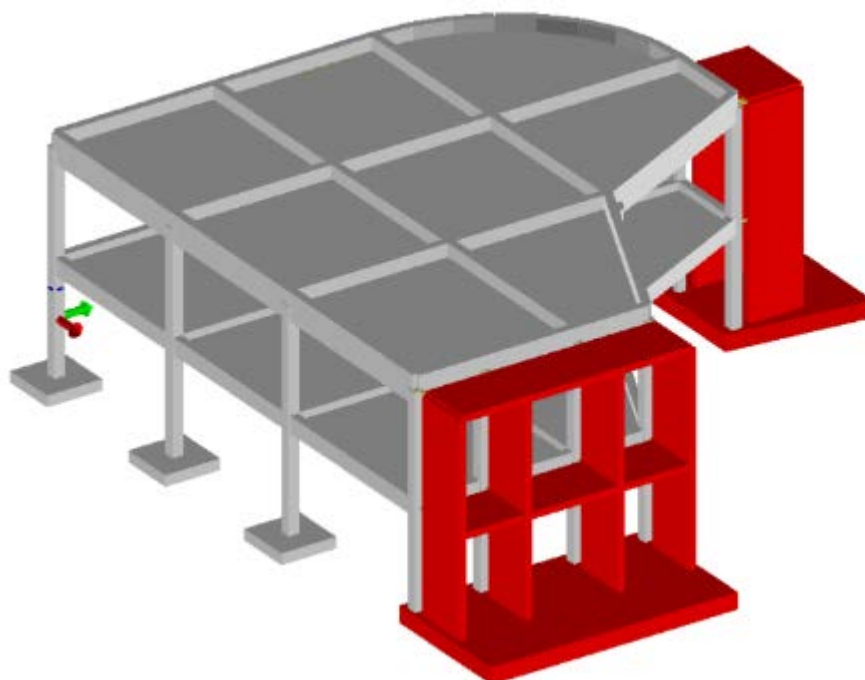
Modello elementi finiti: Edificio, Vista Architettonica 1



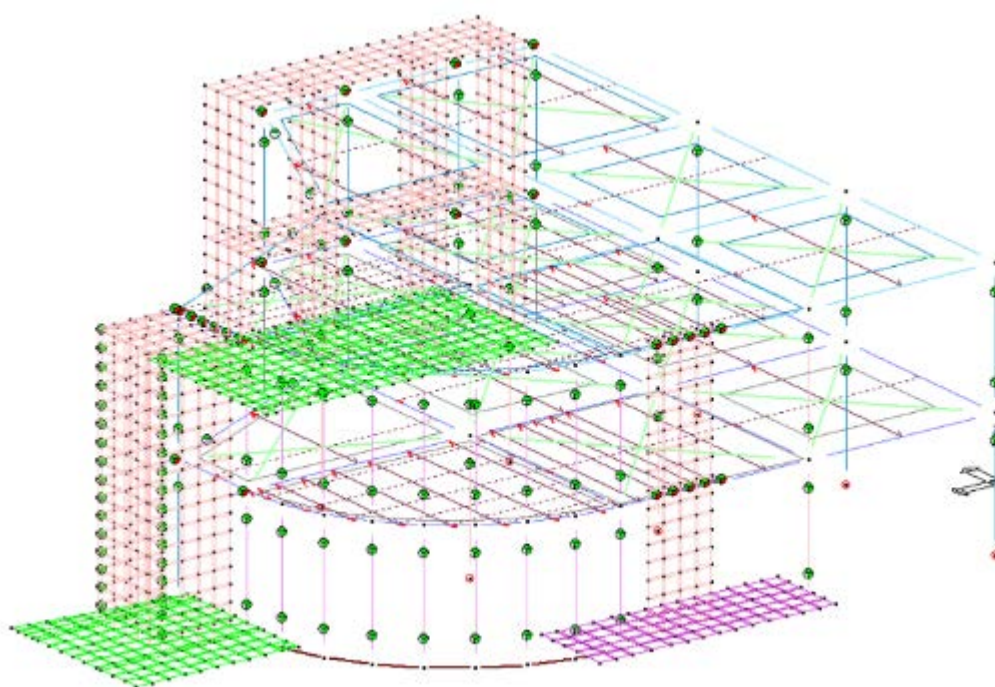
Modello elementi finiti: Edificio, Vista Architettonica 2



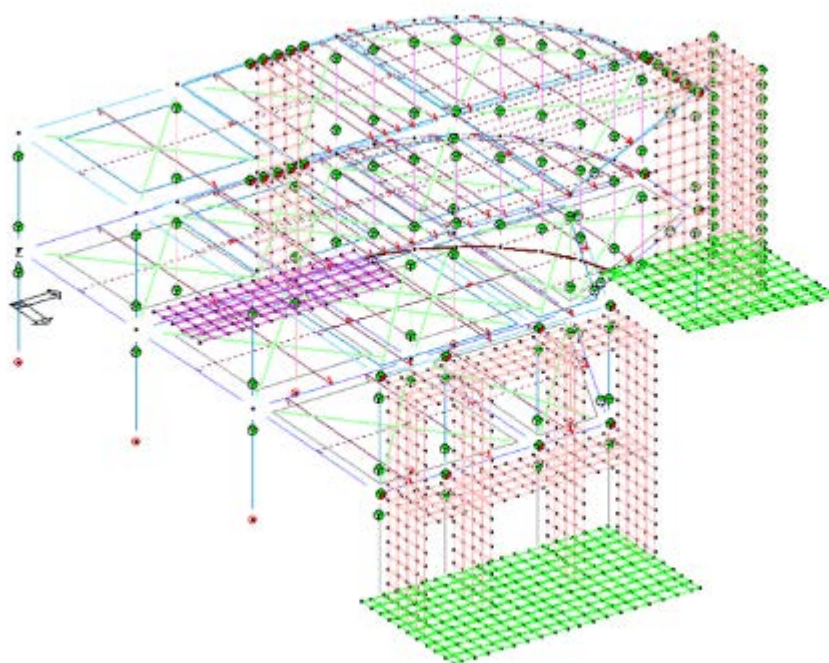
Modello elementi finiti: Edificio, Vista Architettonica intervento 1



Modello elementi finiti: Edificio, Vista Architettonica intervento 2

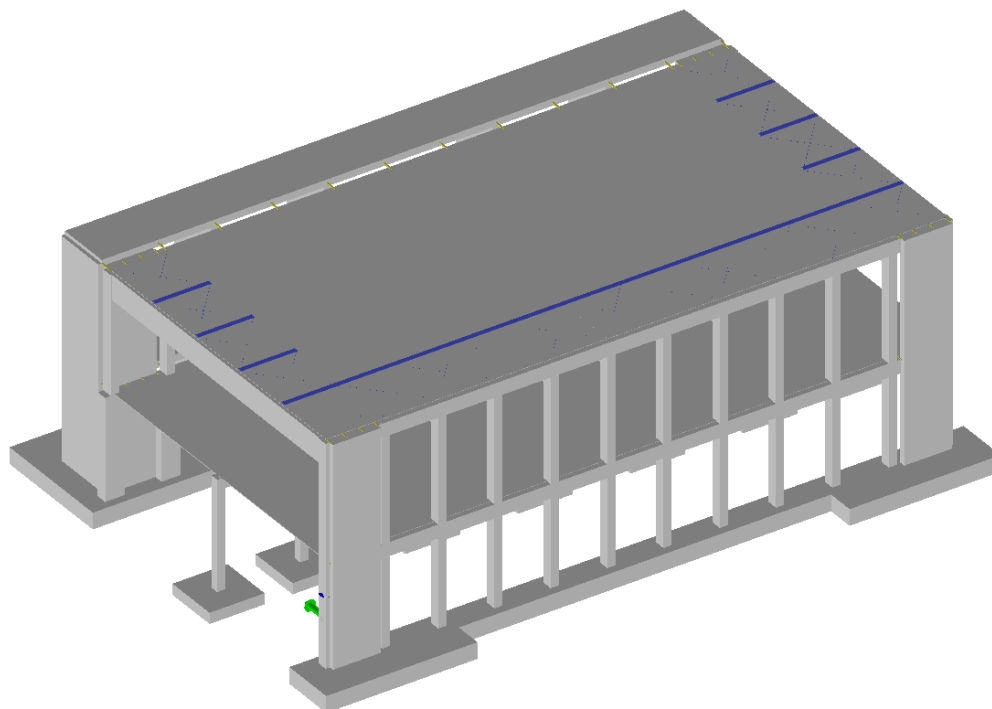


Modello elementi finiti: Edificio, Vista filo di ferro 1

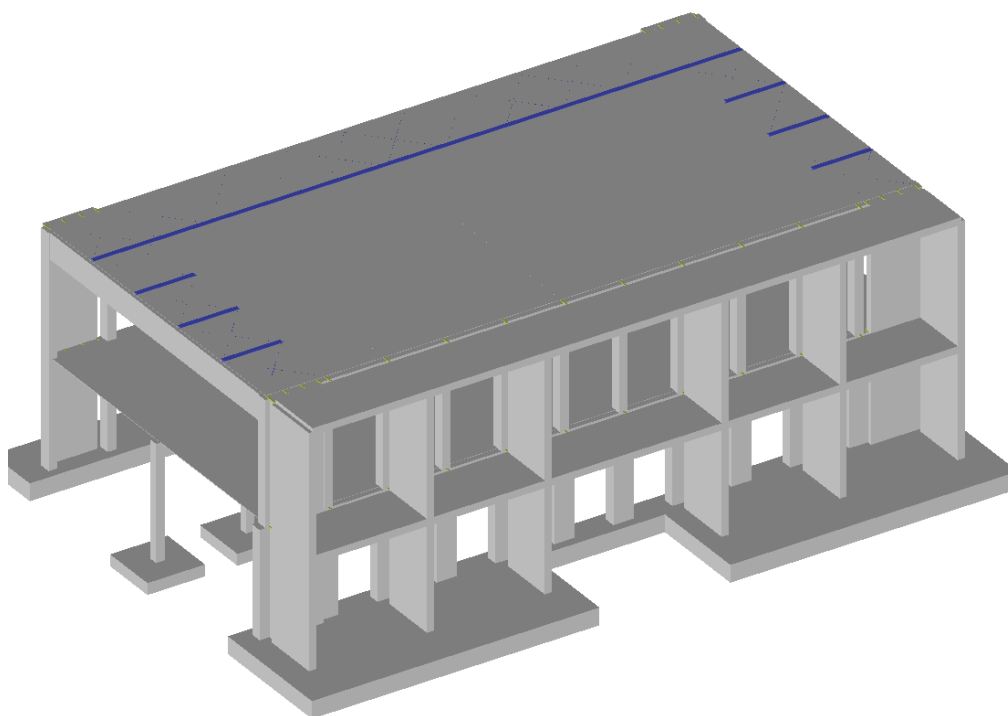


Modello elementi finiti: Edificio, Vista filo di ferro 2

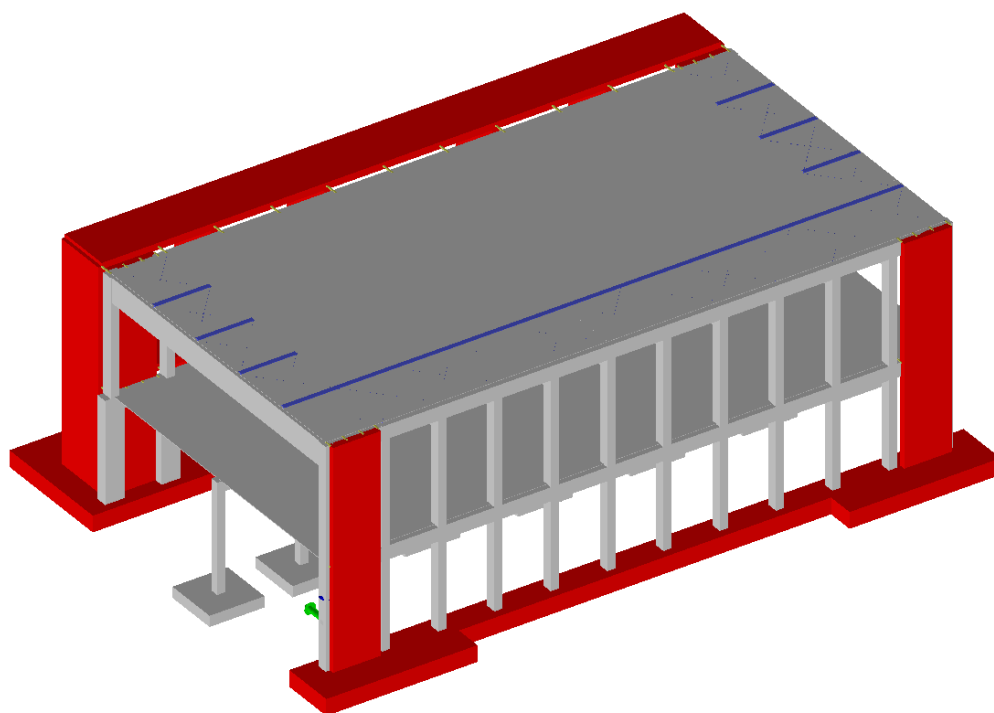
10.1.3. Corpo D



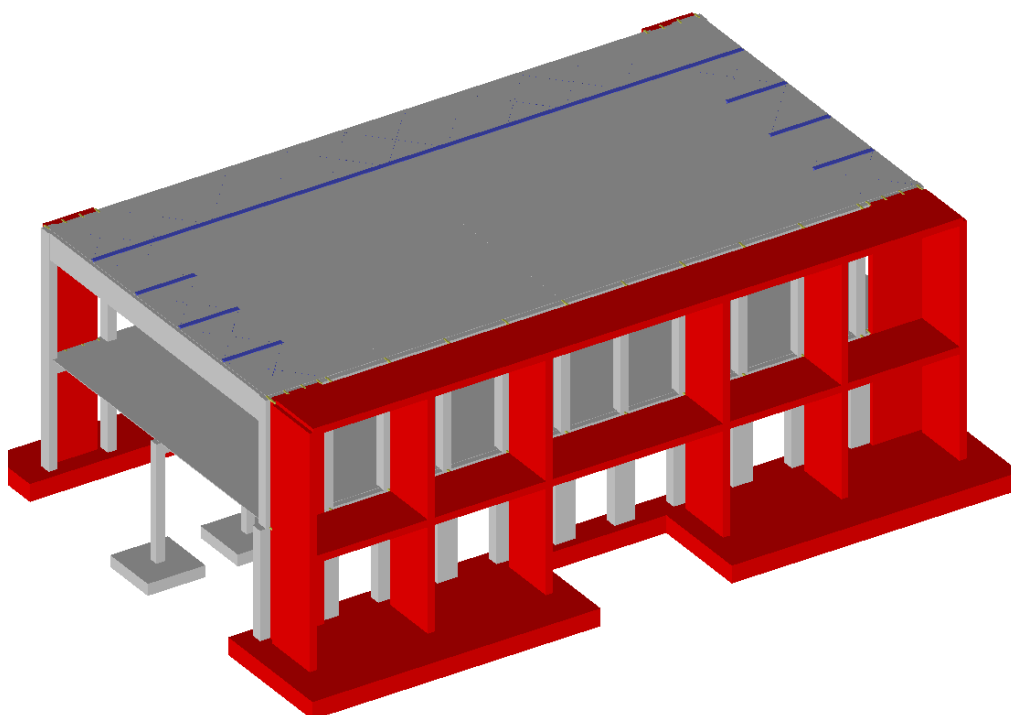
Modello elementi finiti: Edificio, Vista Architettonica 1



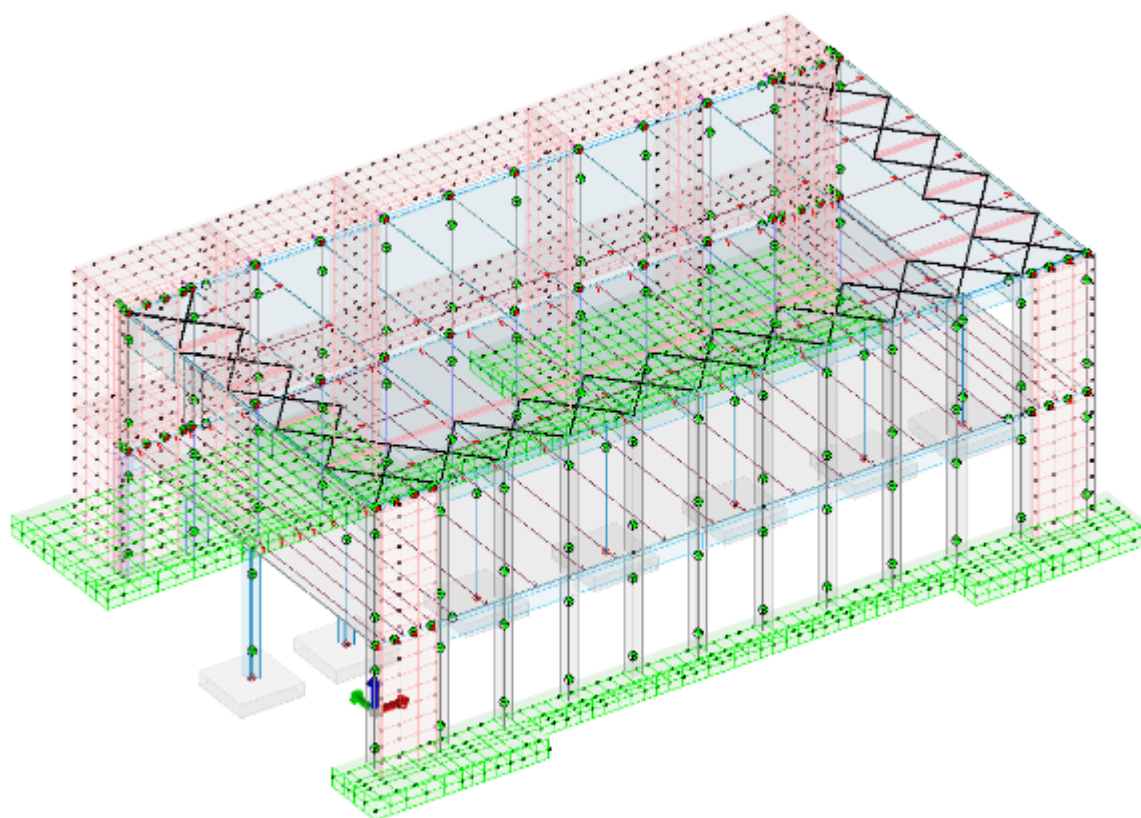
Modello elementi finiti: Edificio, Vista Architettonica 2



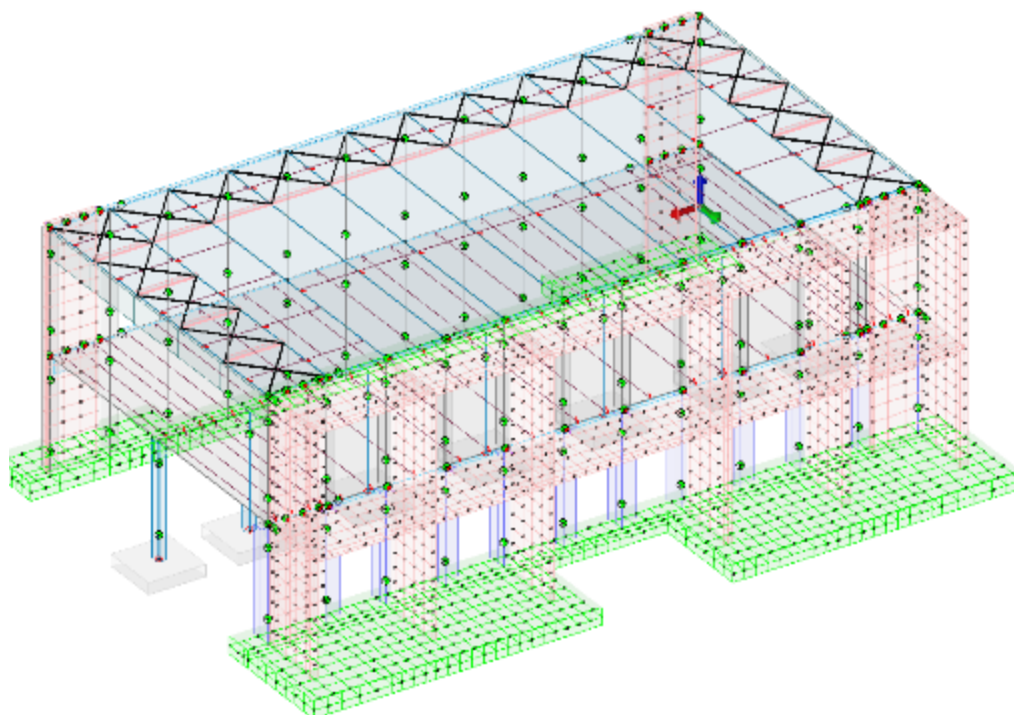
Modello elementi finiti: Edificio, Vista Architettonica intervento 1



Modello elementi finiti: Edificio, Vista Architettonica intervento 2



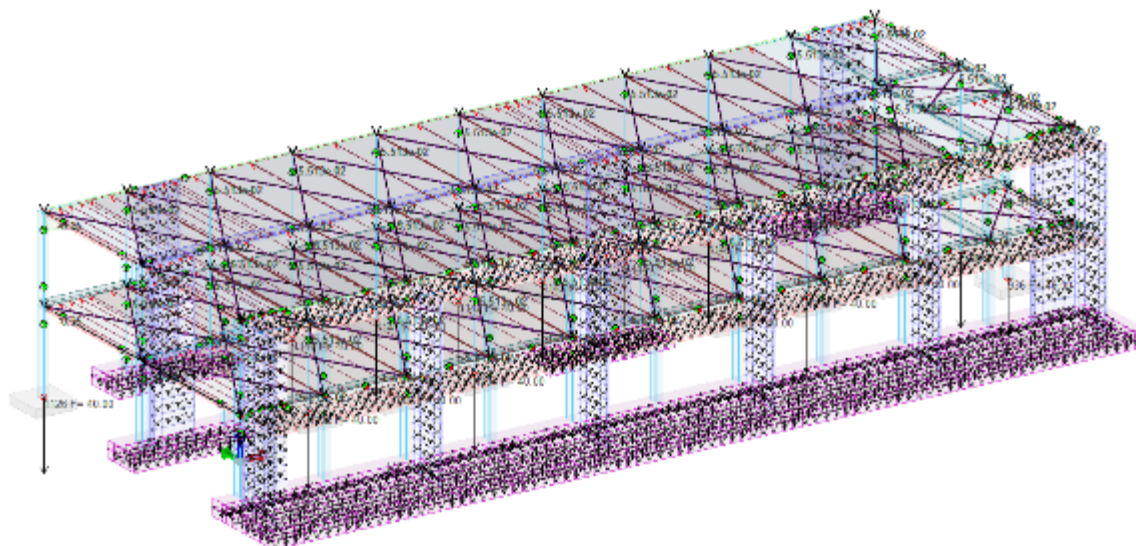
Modello elementi finiti: Edificio, Vista filo di ferro 1



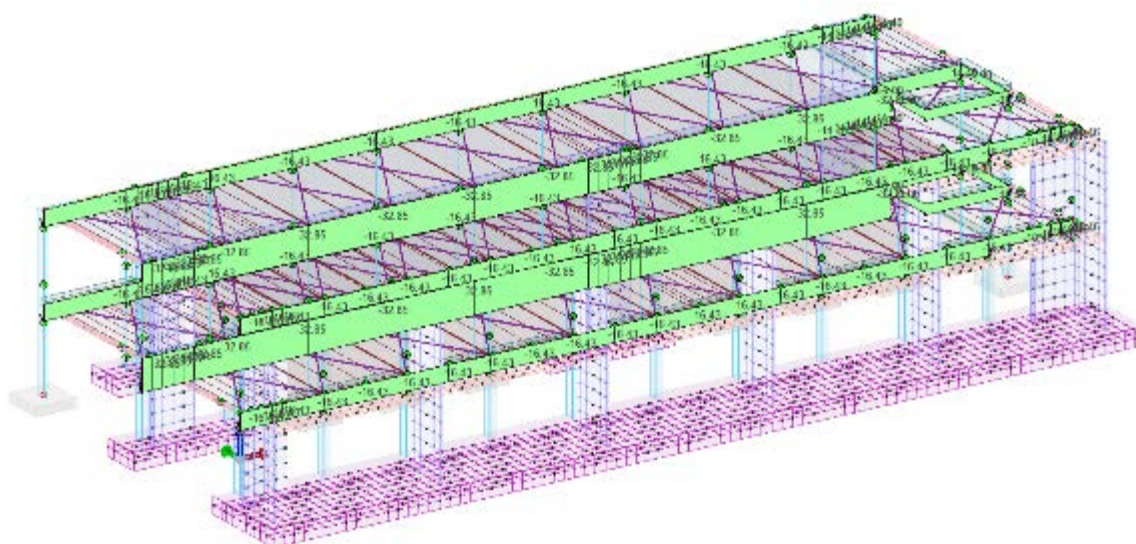
Modello elementi finiti: Edificio, Vista filo di ferro 2

10.2. Schema carichi inseriti nel modello

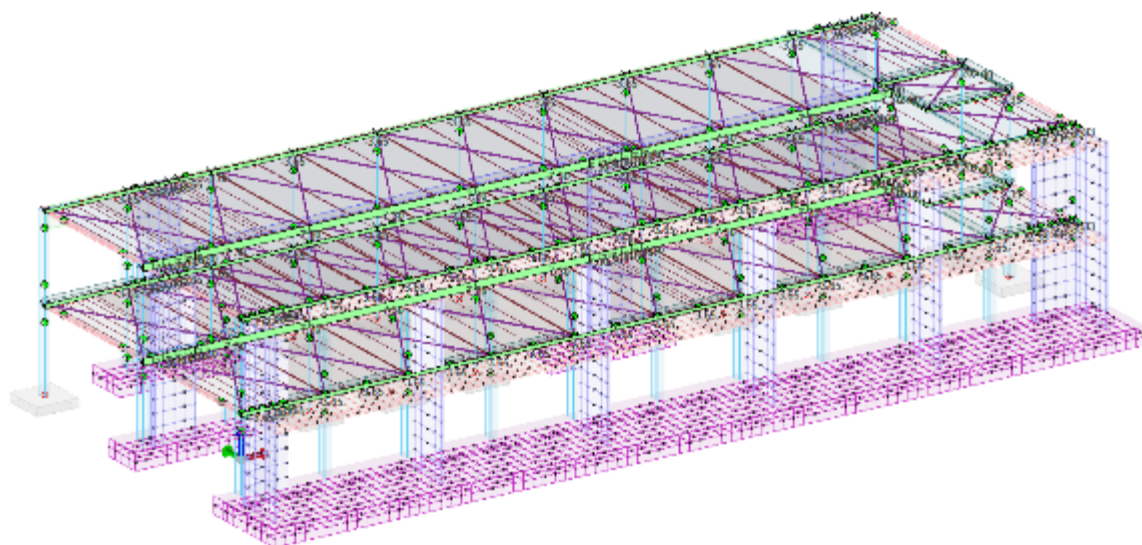
10.2.1. Corpo A



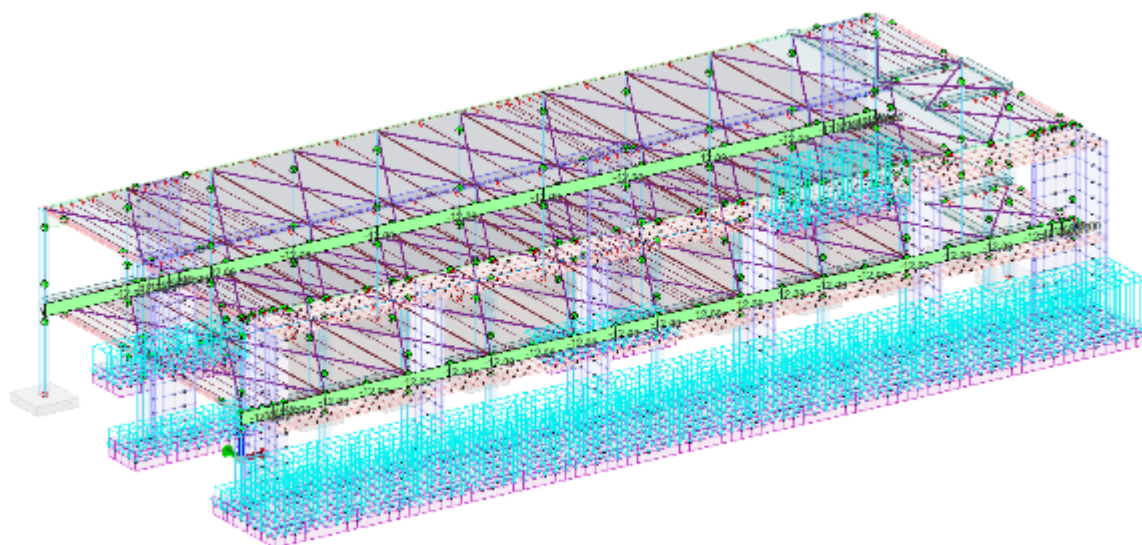
Sovraccarico permanente strutturale G1



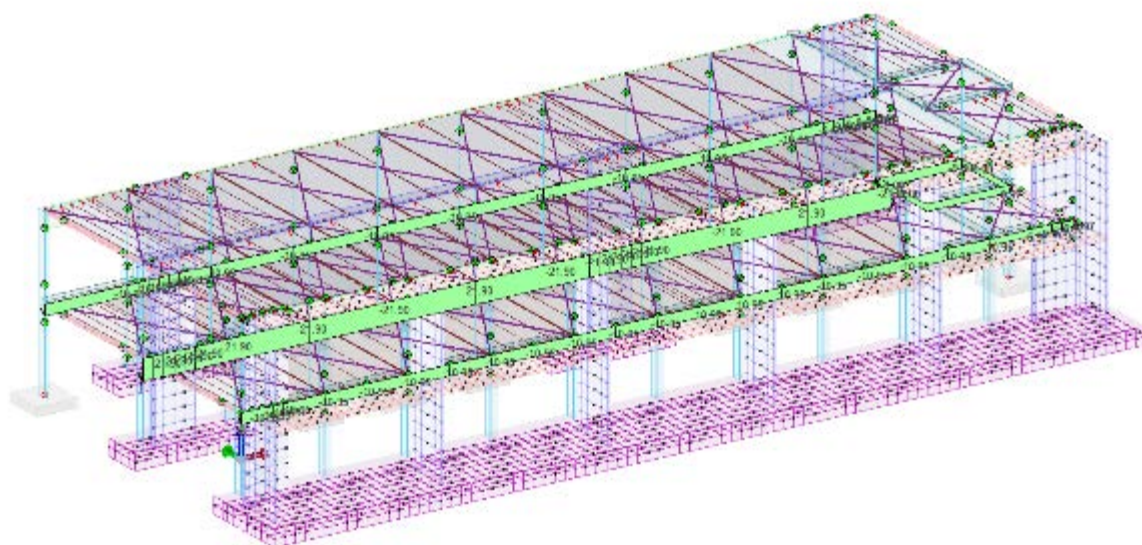
Sovraccarico permanente solai-coperture G1sk



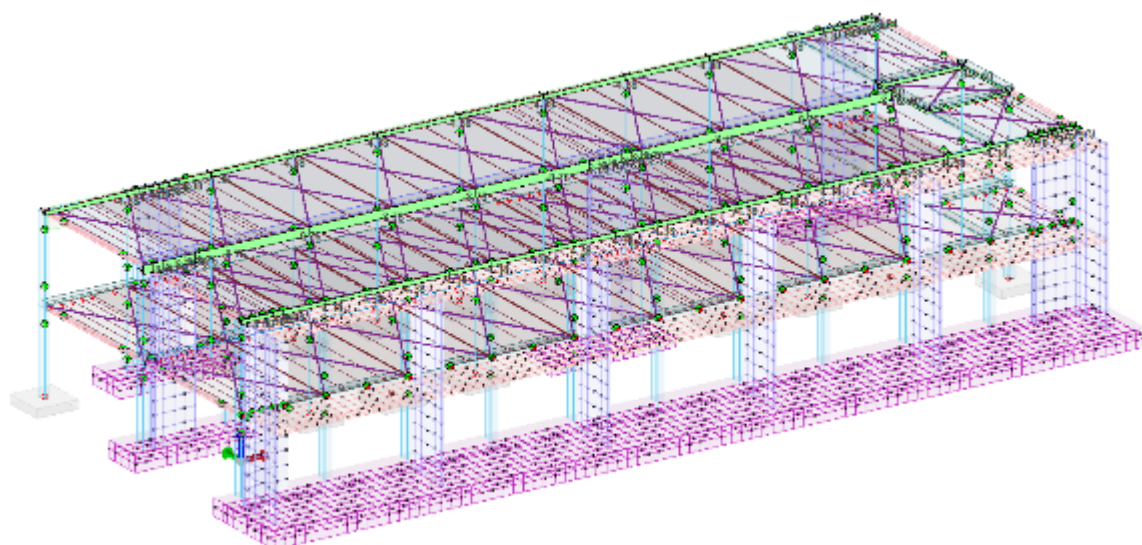
Sovraccarico permanente non strutturale G2sk



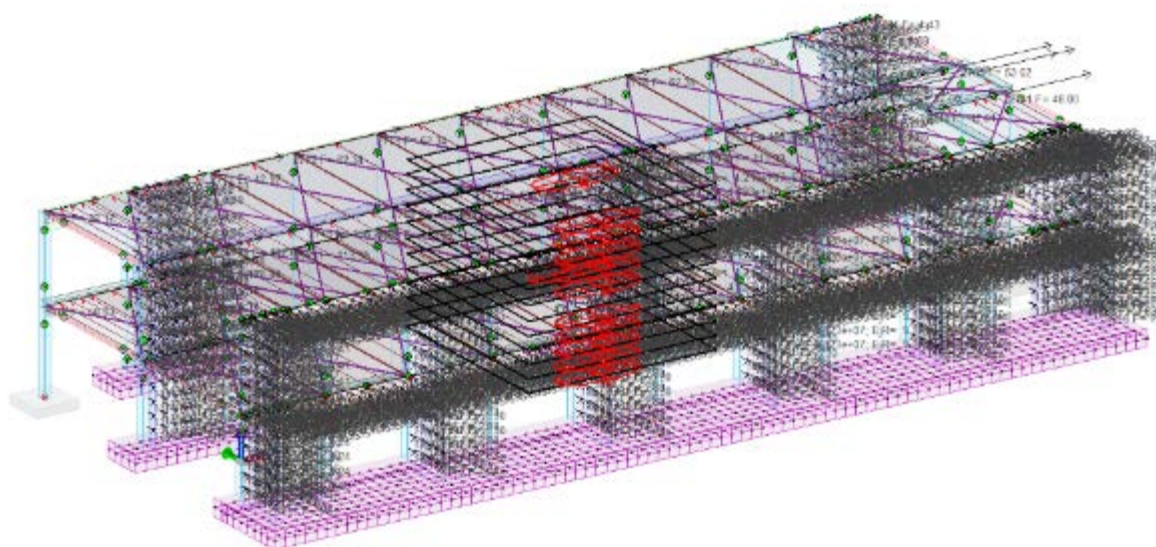
Sovraccarico permanente generico n.c.d. (Tamponamenti)



Sovraccarico variabile - Q (Cat.C1)

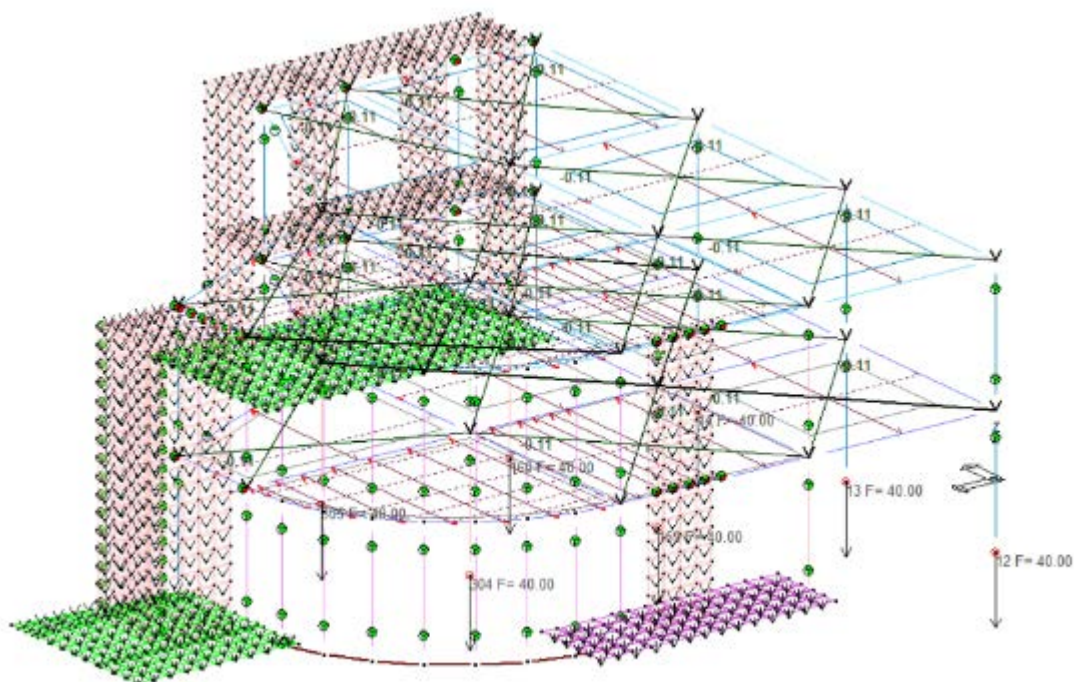


Sovraccarico variabile - Qn (Neve)

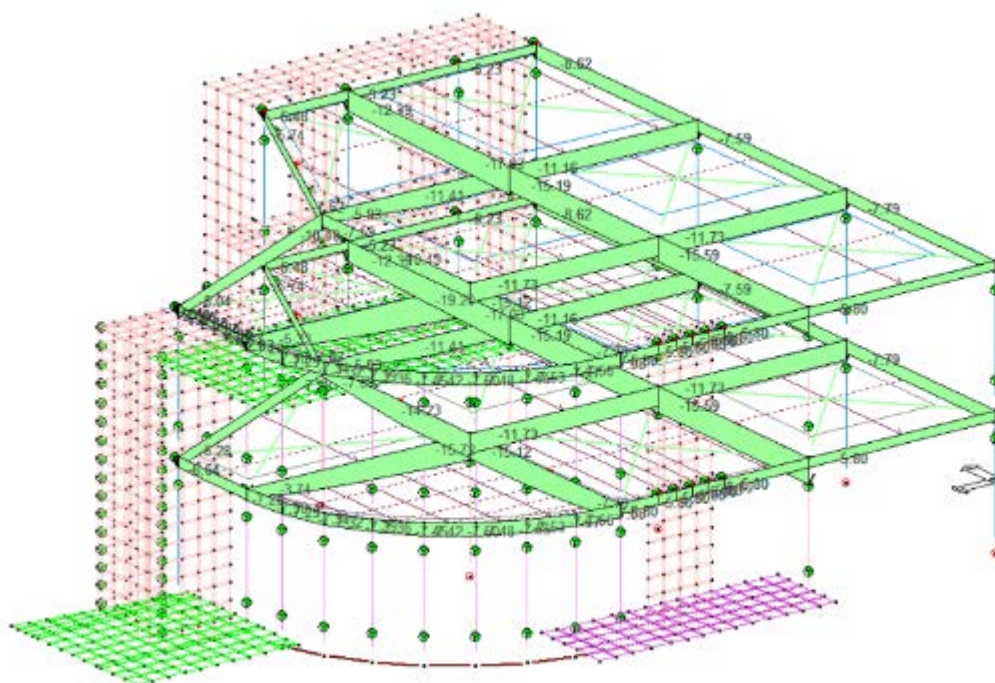


Caso di carico sismico tipo

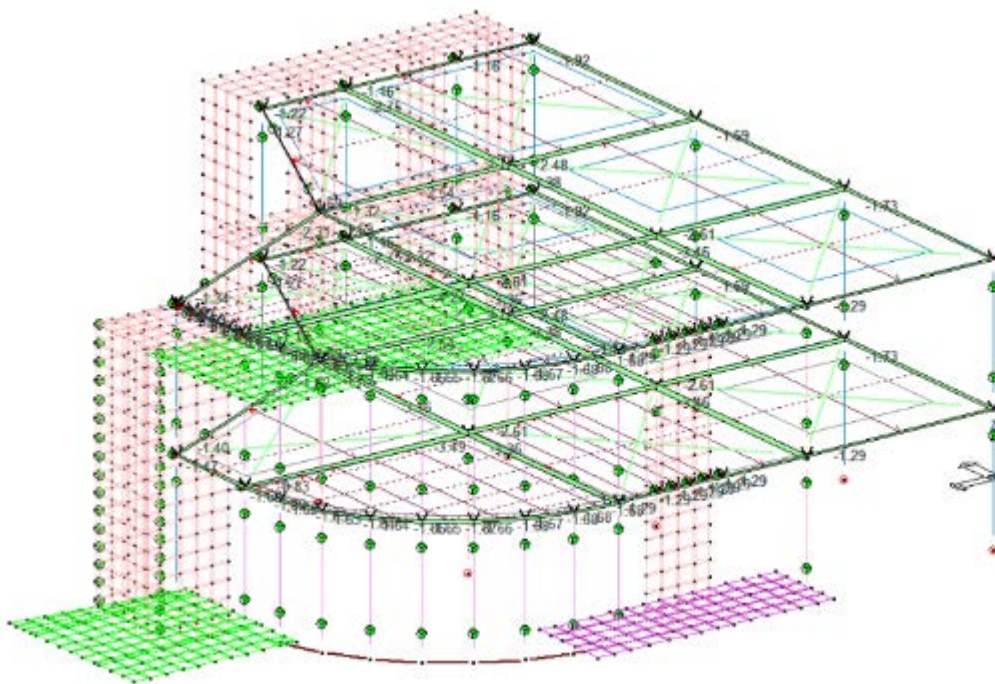
10.2.2. Corpo B



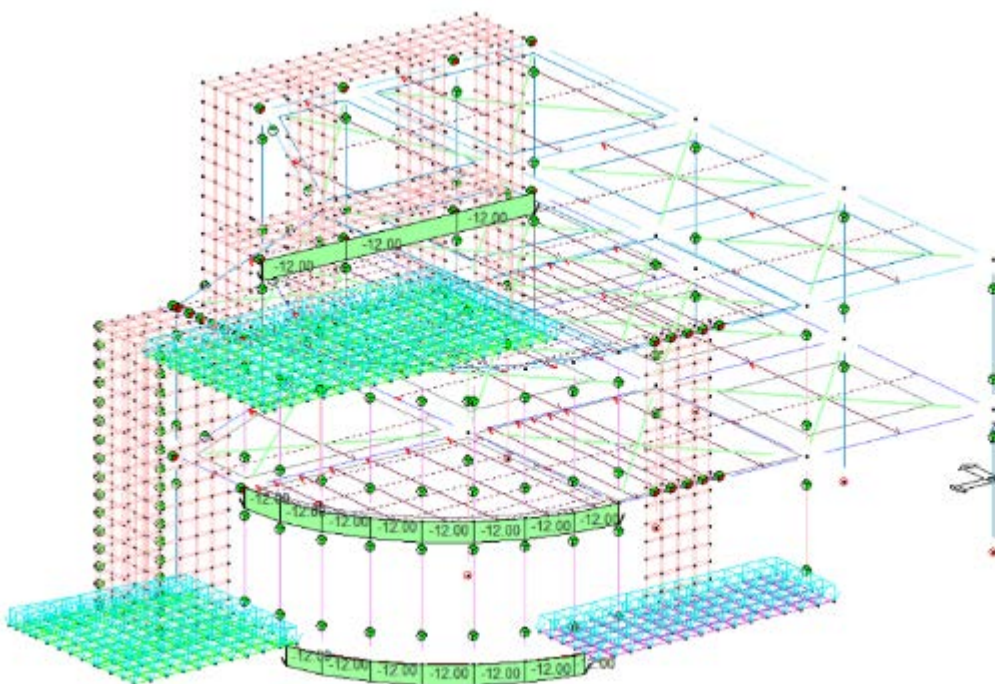
Sovraccarico permanente strutturale G1



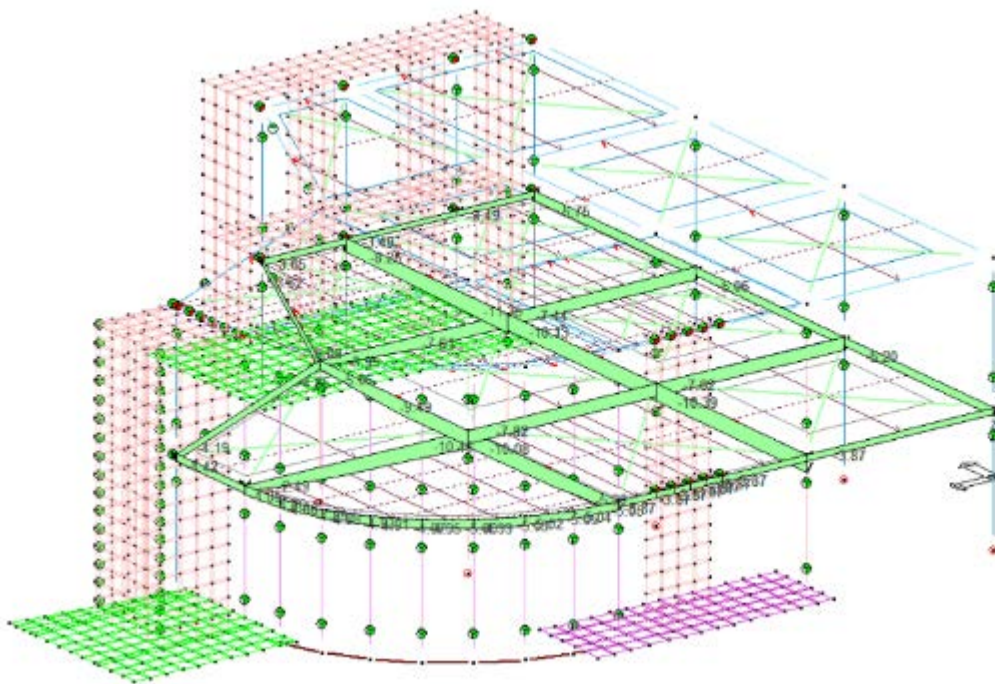
Sovraccarico permanente solai-coperture G1sk



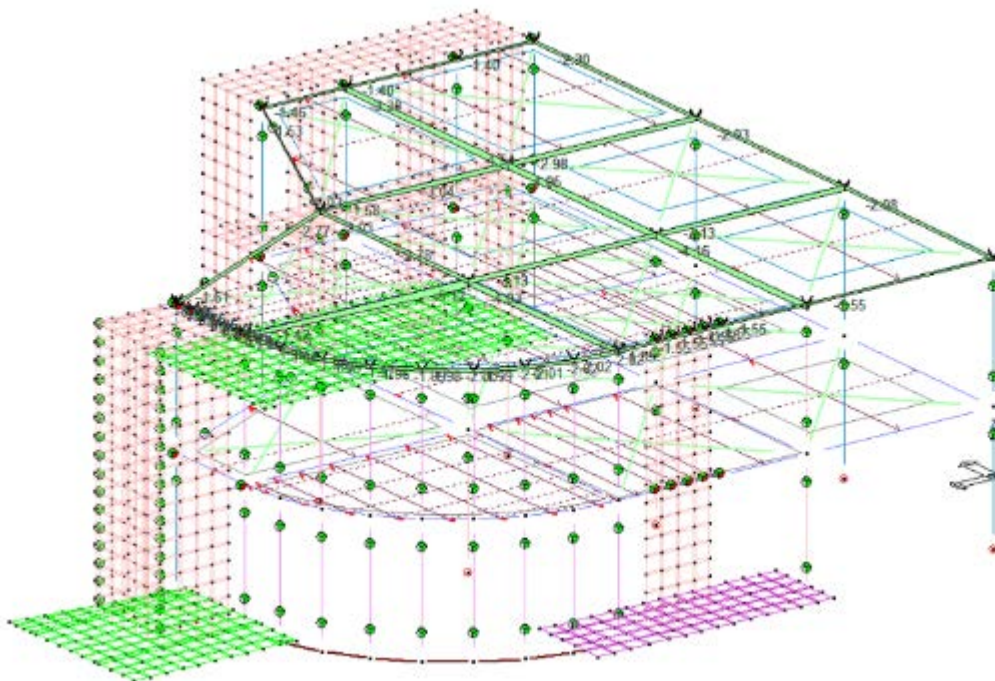
Sovraccarico permanente non strutturale G2sk



Sovraccarico permanente generico n.c.d. (Tamponamenti E Terreno)



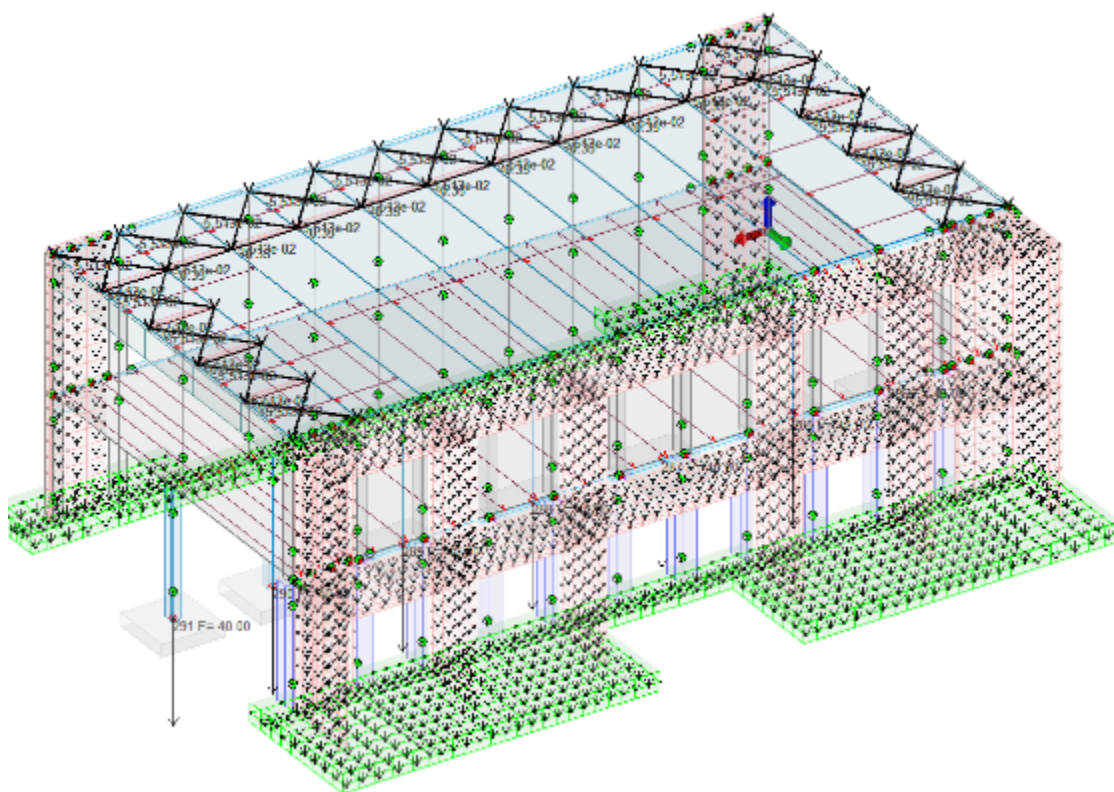
Sovraccarico variabile - Q (Cat.C1)



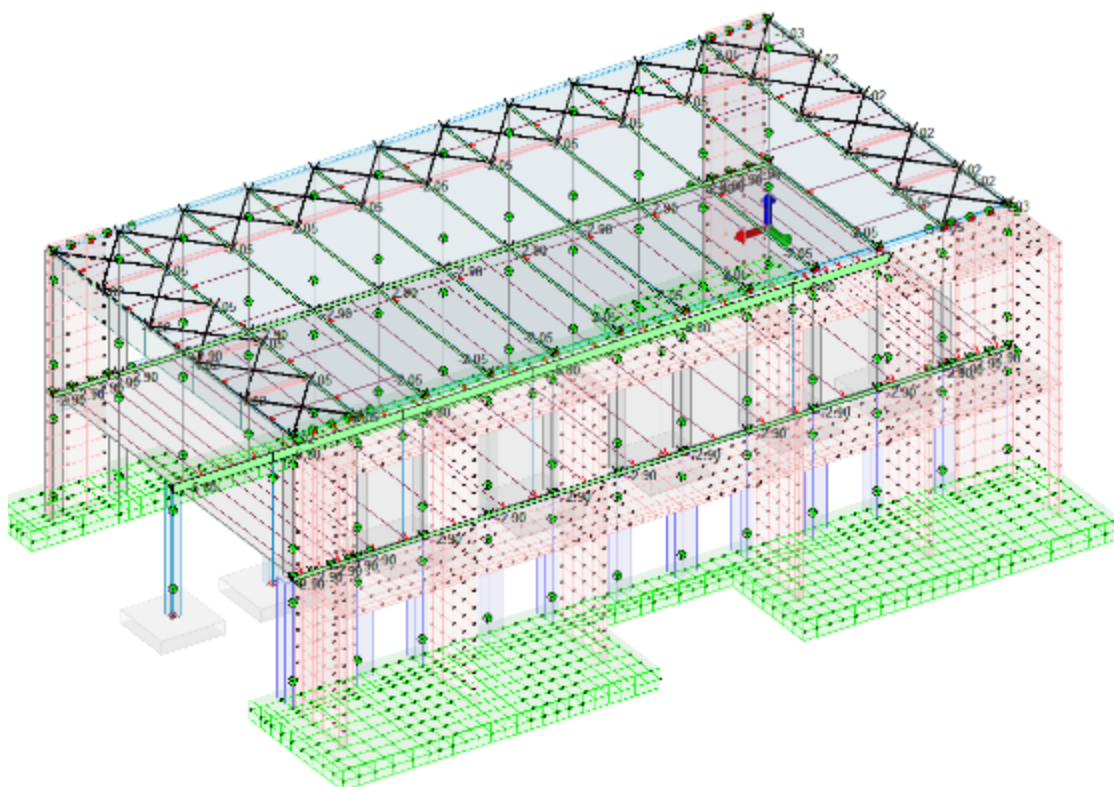
Sovraccarico variabile - Qn (Neve)



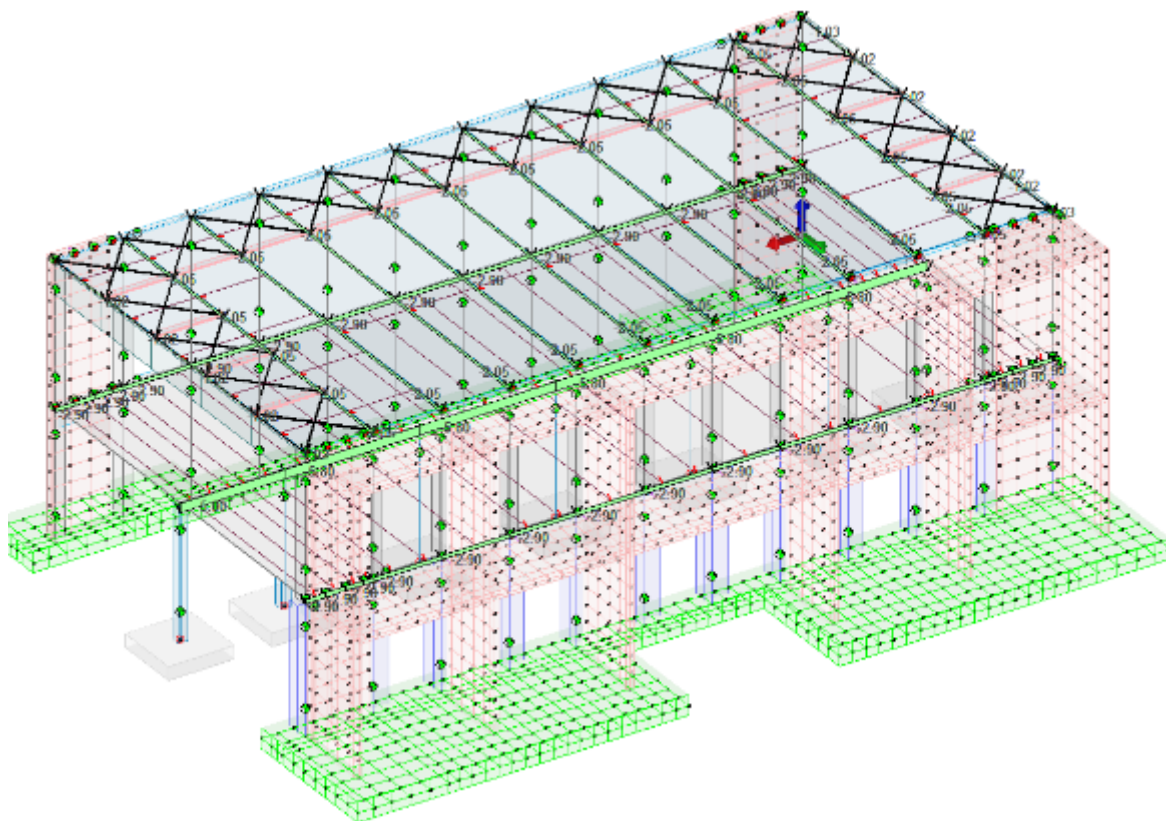
10.2.3. Corpo D



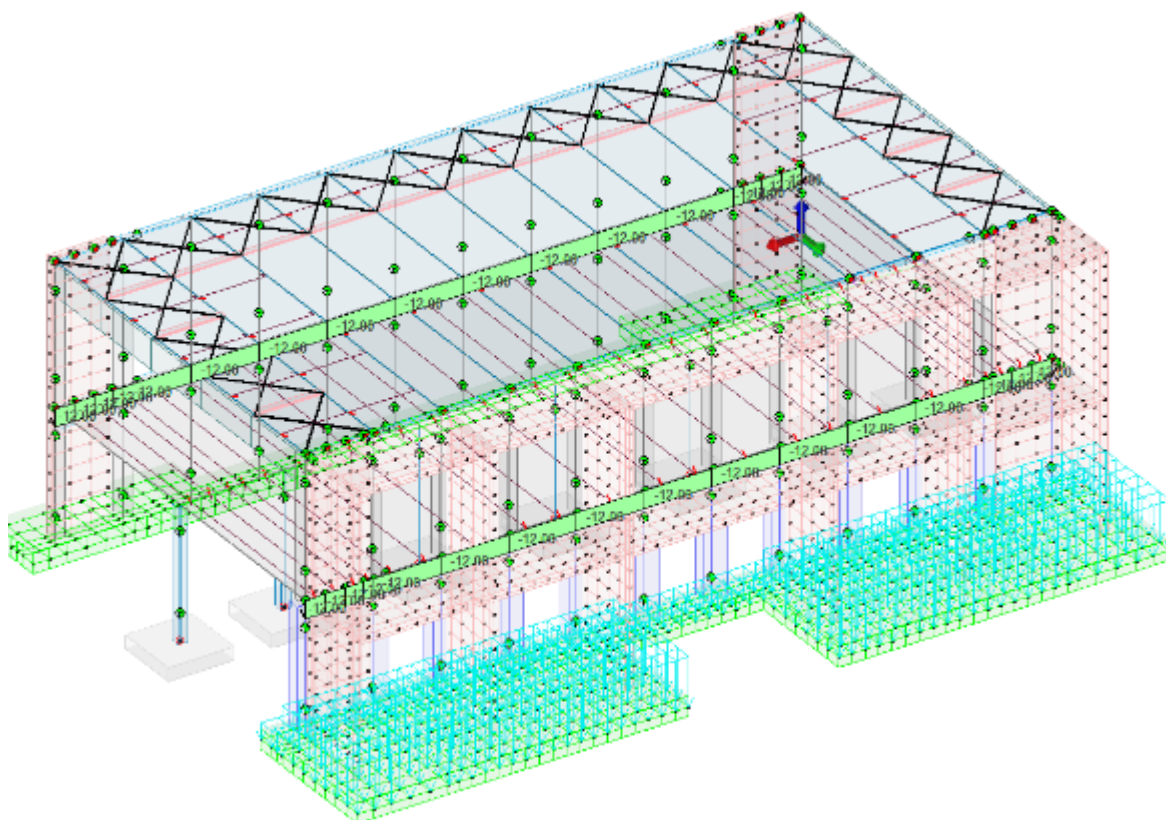
Sovraccarico permanente strutturale G1



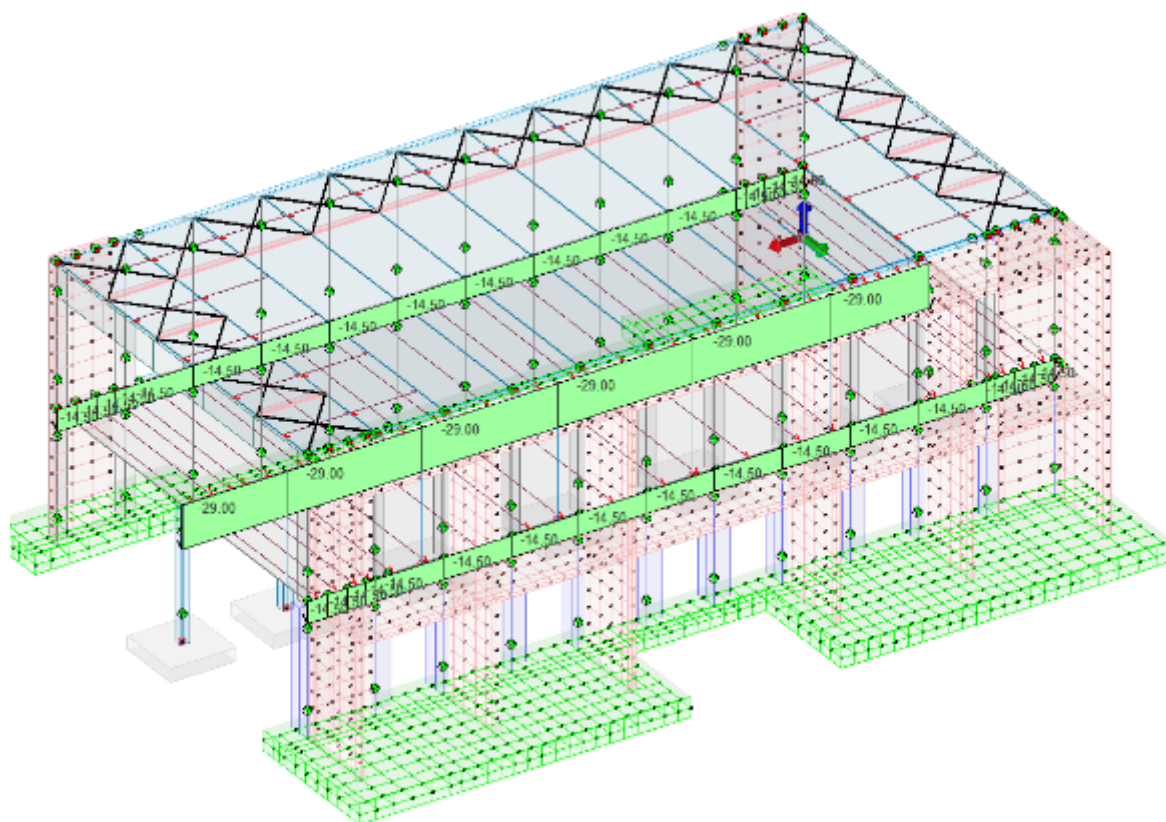
Sovraccarico permanente solai-coperture G1sk



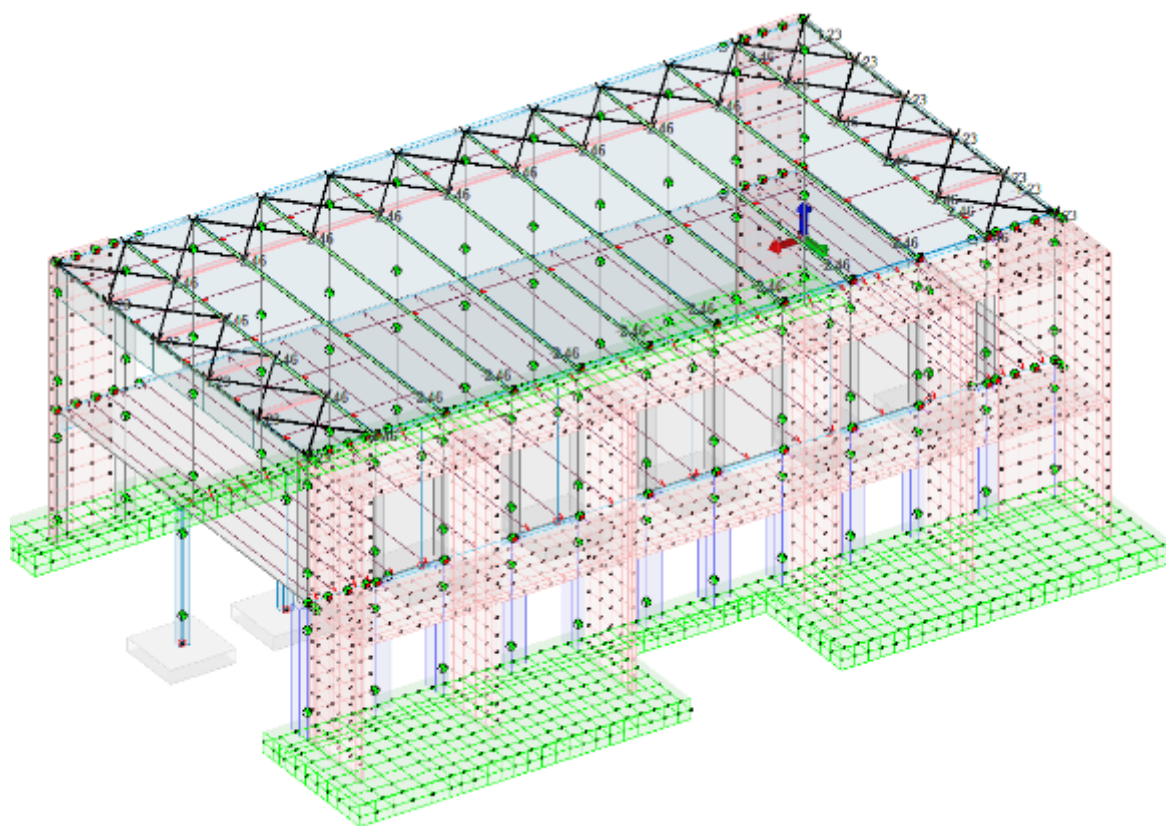
Sovraccarico permanente non strutturale G2sk



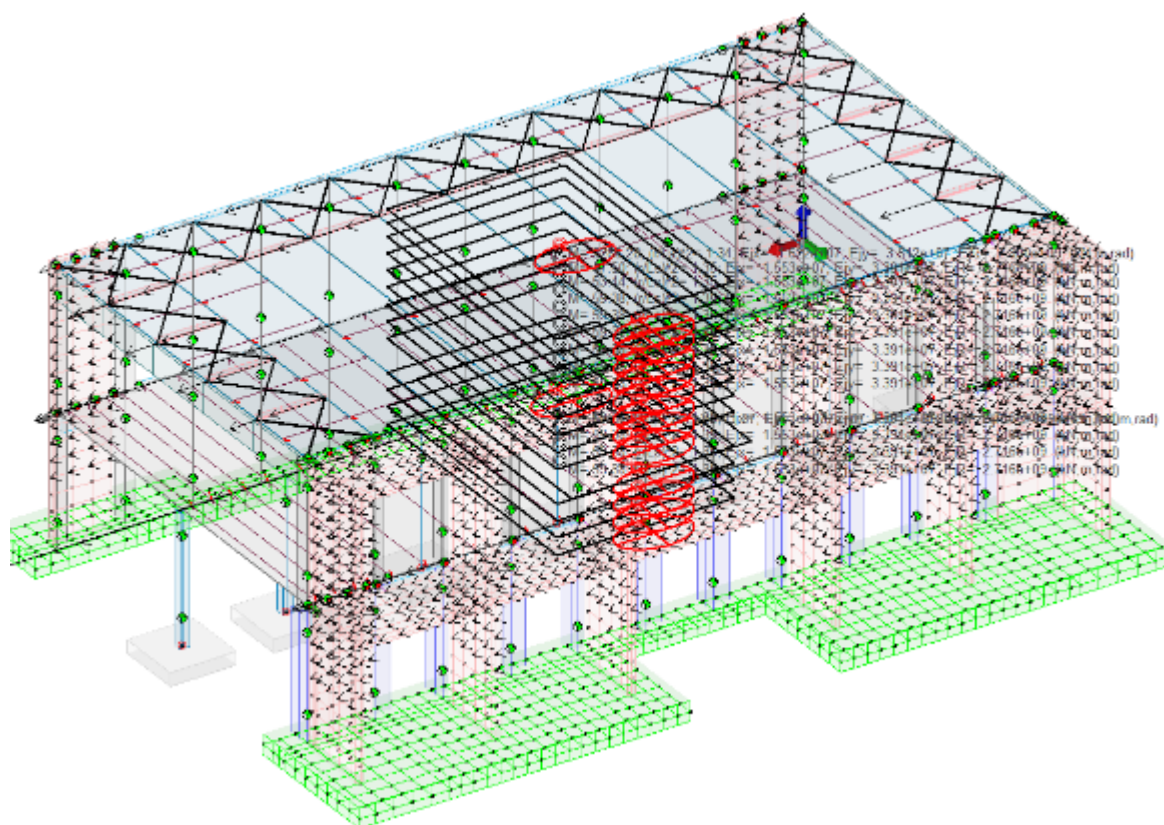
Sovraccarico permanente generico n.c.d. (Tamponamenti e Terreno)



Sovraccarico variabile - Q (Cat.C1)



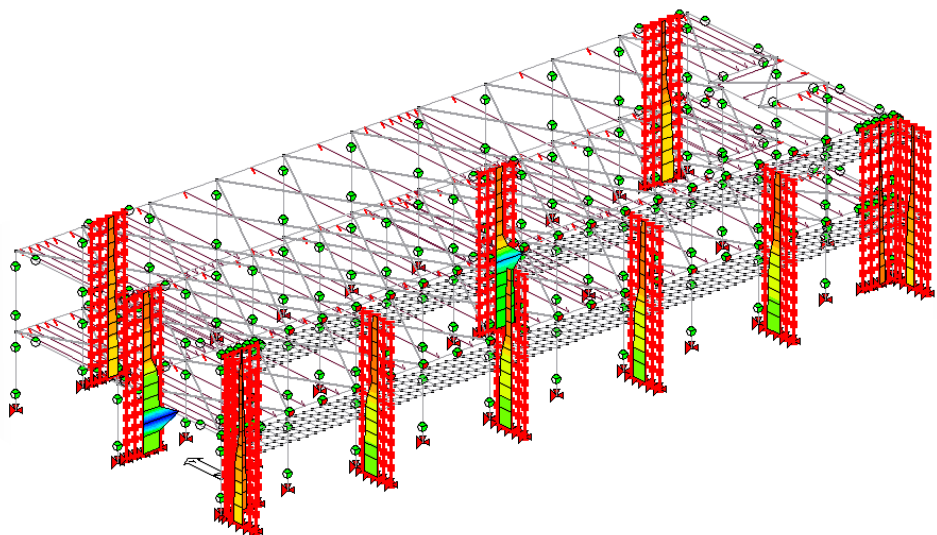
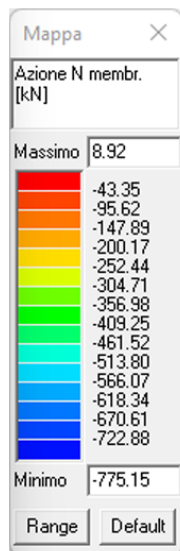
Sovraccarico variabile - Qn (Neve)



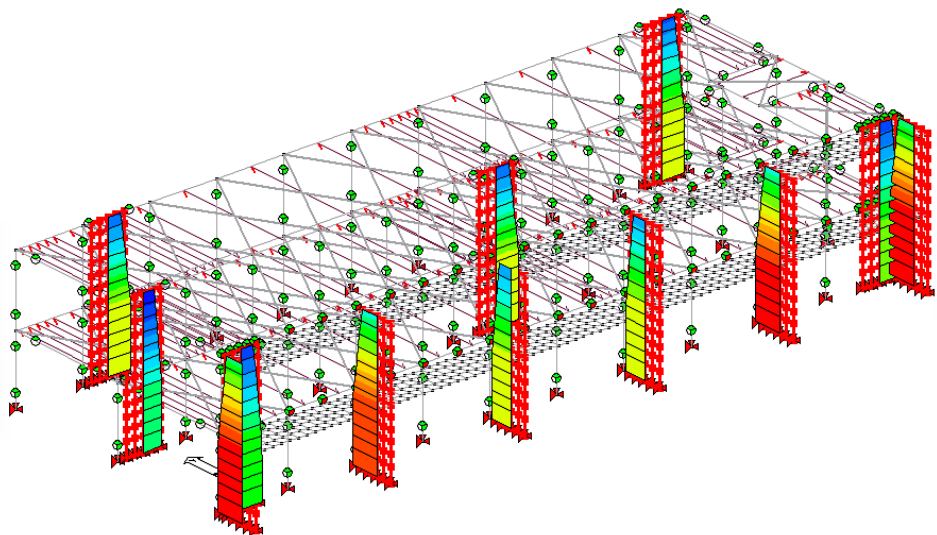
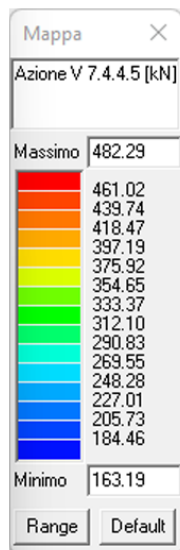
Caso di carico sismico tipo

10.3. Azioni/sforzi principali elementi strutturali

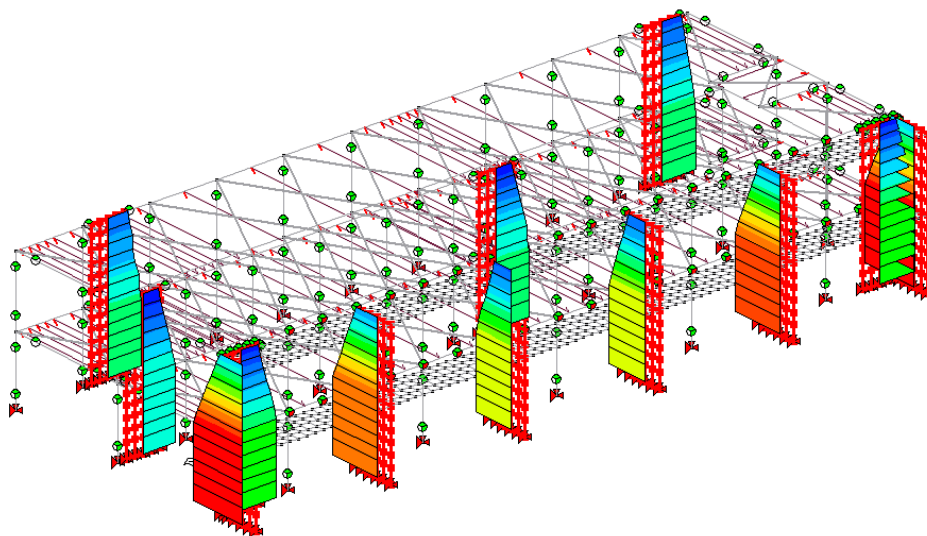
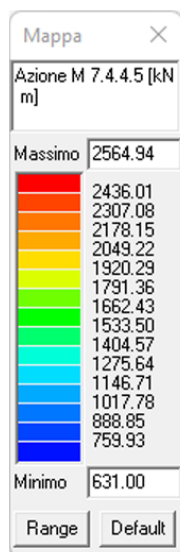
10.3.1. Corpo A



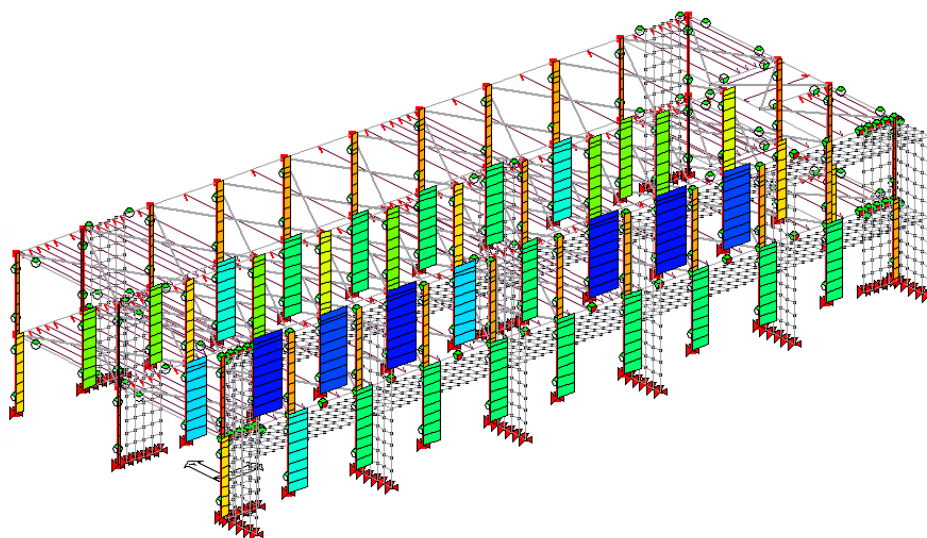
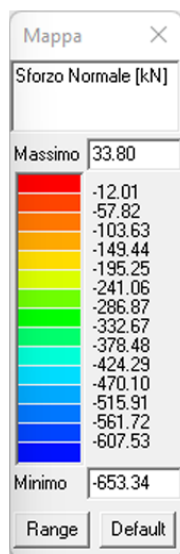
Azione assiale sollecitante Setti - Involuppo SLU, NEd



Azione di taglio sollecitante Setti - Involuppo SLU, V_{Ed}

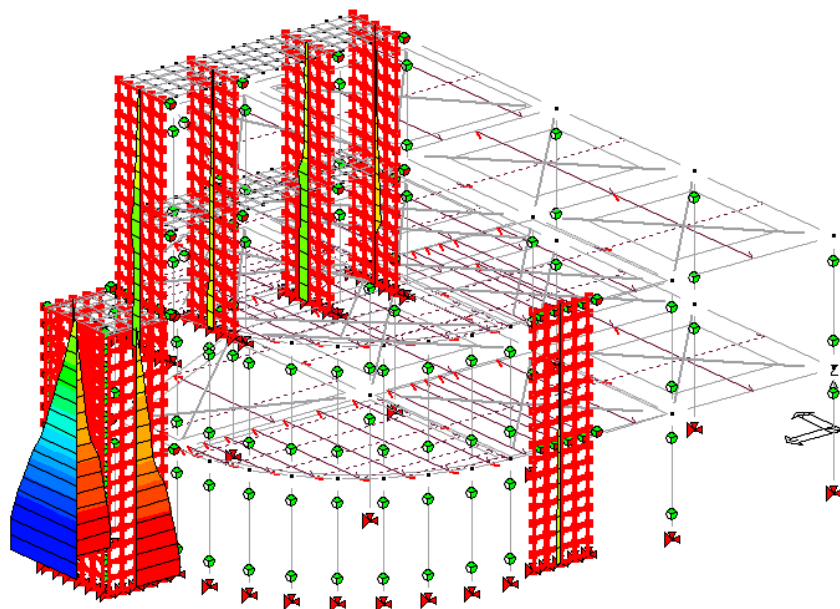
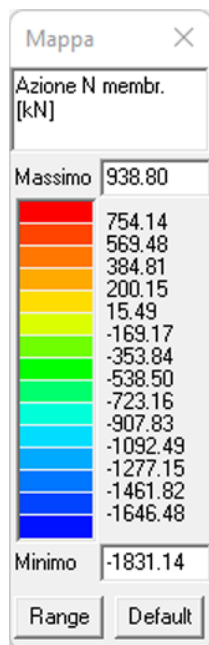


Azione momento flettente sollecitante Setti - Involuppo SLU, M_{Ed}

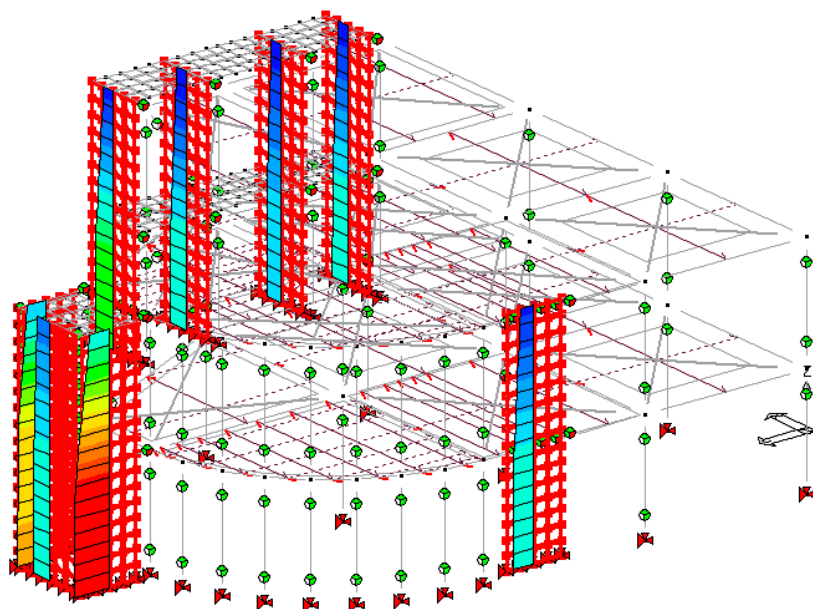
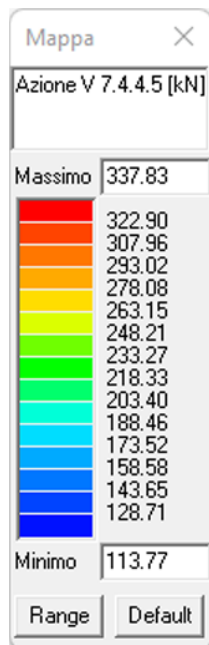


Azione assiale sollecitante Pilastri - Involuppo SLU, N_{Ed}

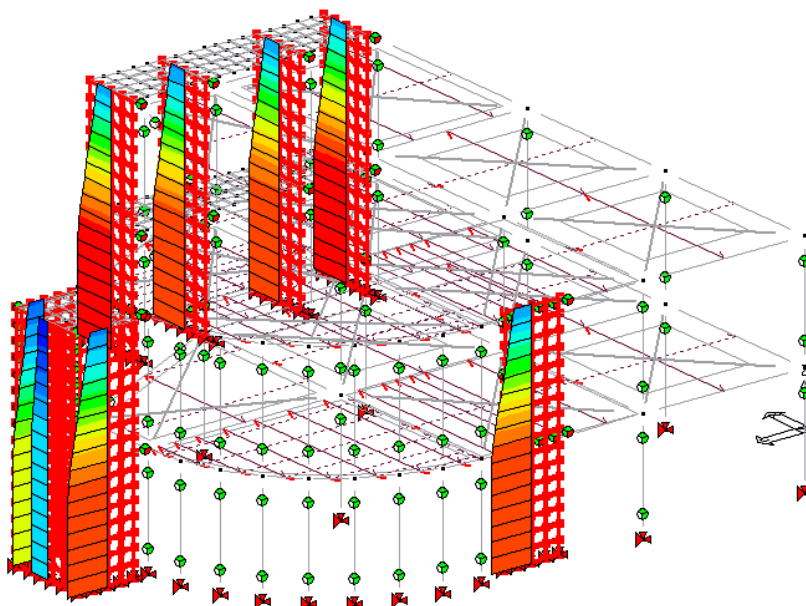
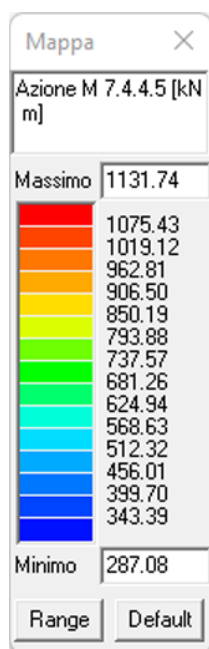
10.3.2. Corpo B



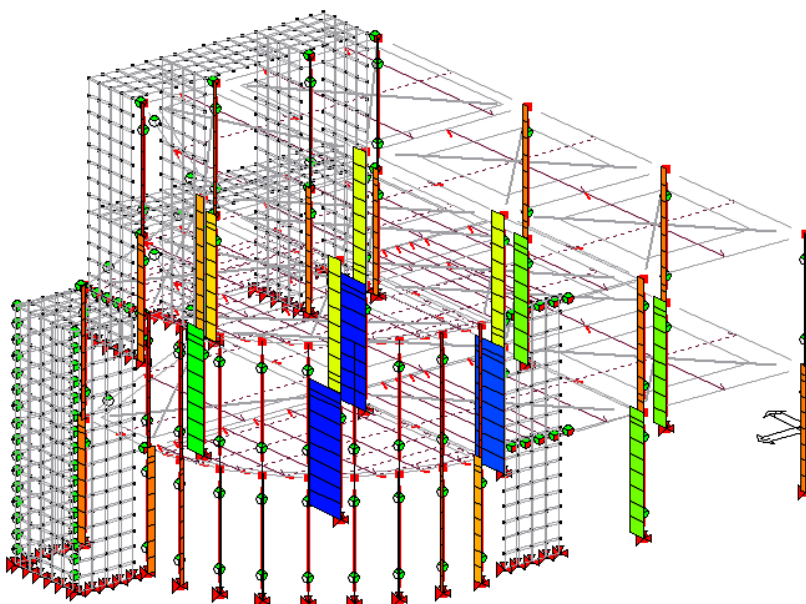
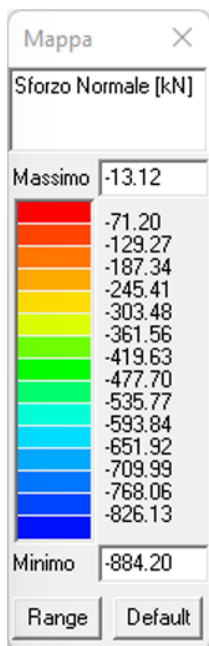
Azione assiale sollecitante Involuppo SLU, N_{Ed}



Azione di taglio sollecitante Involuppo SLU, V_{Ed}

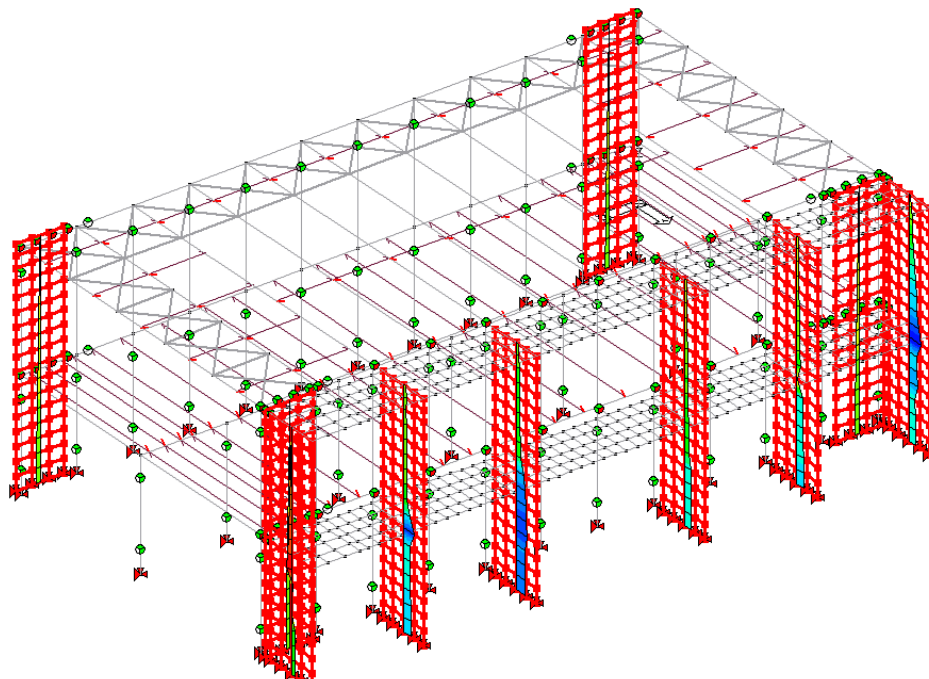
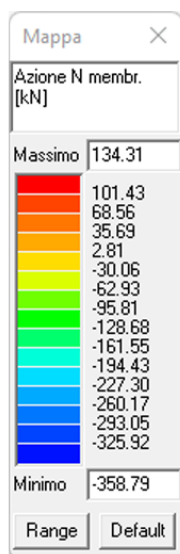


Azione momento flettente sollecitante Involuppo SLU, M_{Ed}

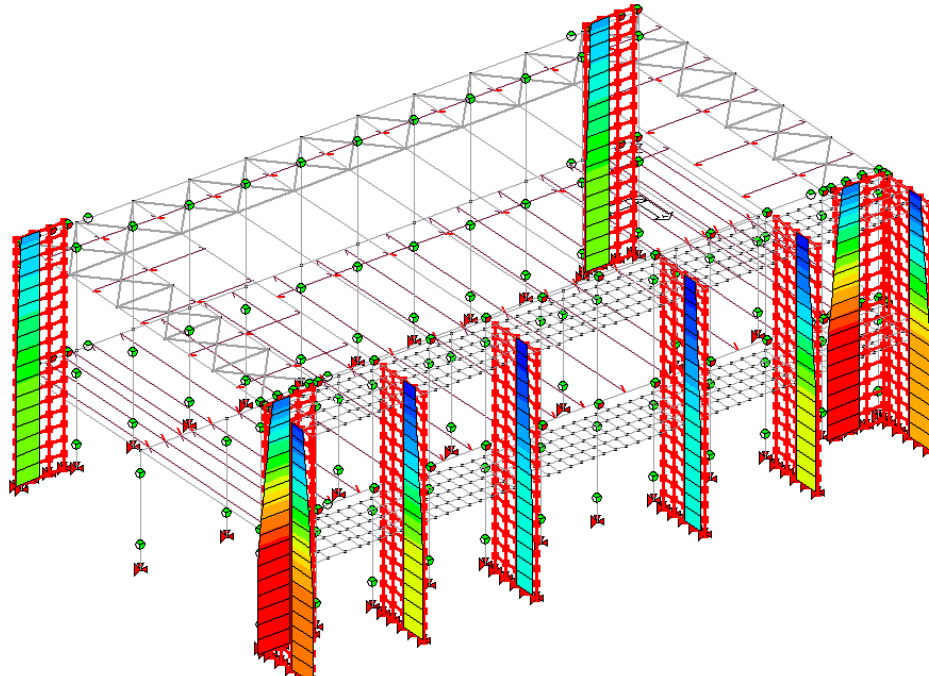
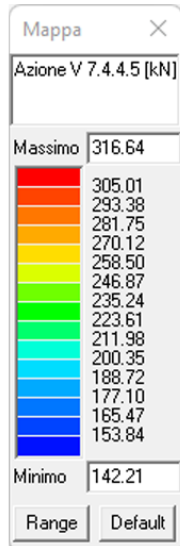


Azione assiale sollecitante Pilastri - Involuppo SLU, N_{Ed}

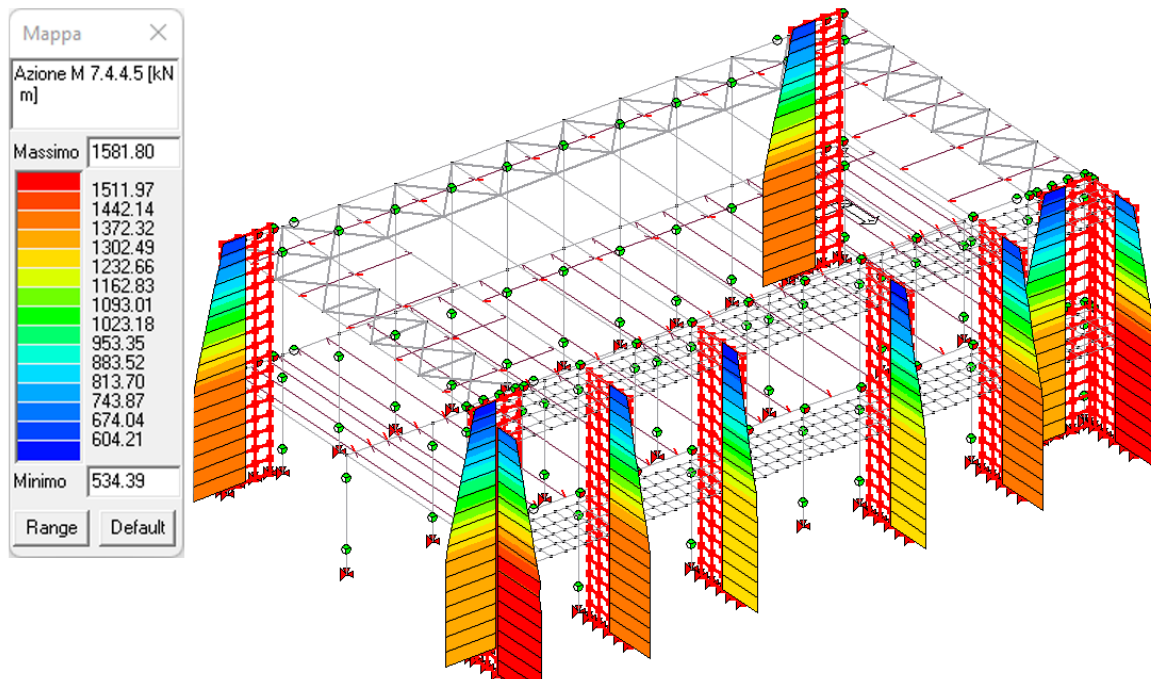
10.3.3. Corpo D



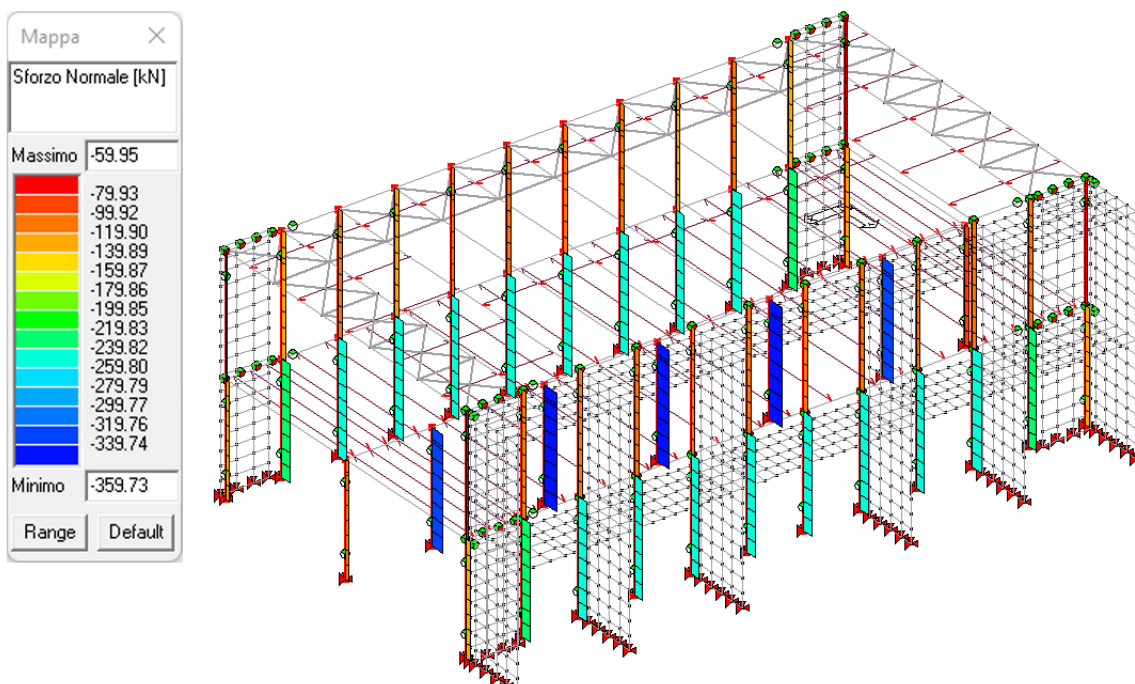
Azione assiale sollecitante Involuppo SLU, N_{Ed}



Azione di taglio sollecitante Involuppo SLU, V_{Ed}



Azione momento flettente sollecitante Involuppo SLU, M_{Ed}



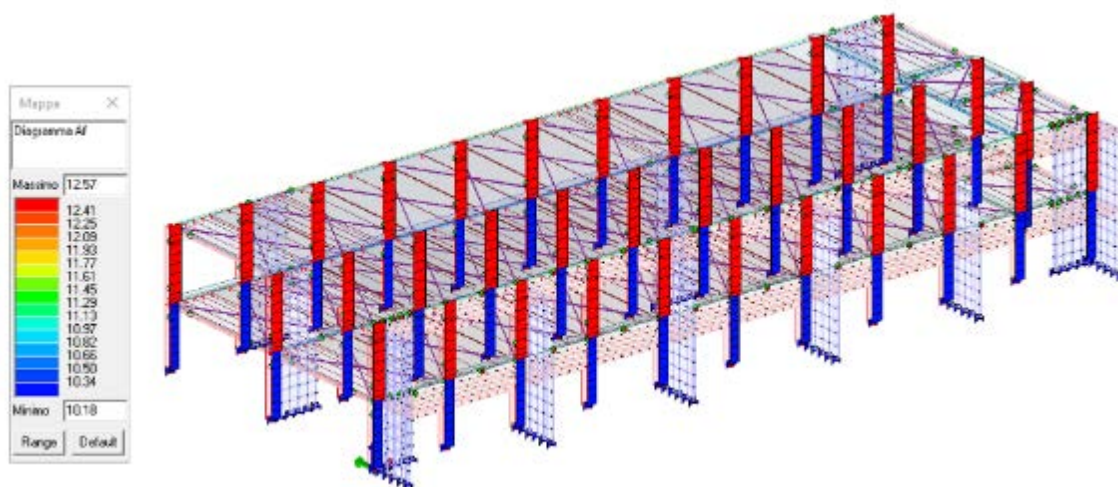
Azione assiale sollecitante Pilastri - Involuppo SLU, N_{Ed}

10.4. Verifiche principali elementi strutturali

10.4.1. Corpo A

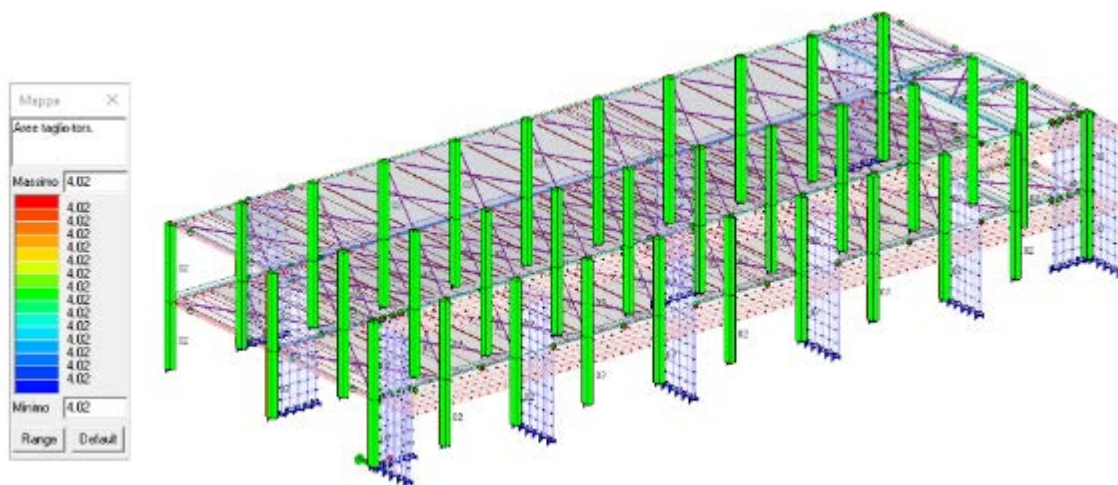
Si riporta di seguito l'armatura dei pilastri esistenti inserita nel modello in accordo con quanto ricavabile dalle tavole originali in possesso e confermato dalla campagna di prova diagnostica. In merito alle staffe si precisa che:

Af. $4\varnothing 18 = 10,18 \text{ cm}^2$ (blu) Af. $4\varnothing 20 = 12,57 \text{ cm}^2$ (rosso)

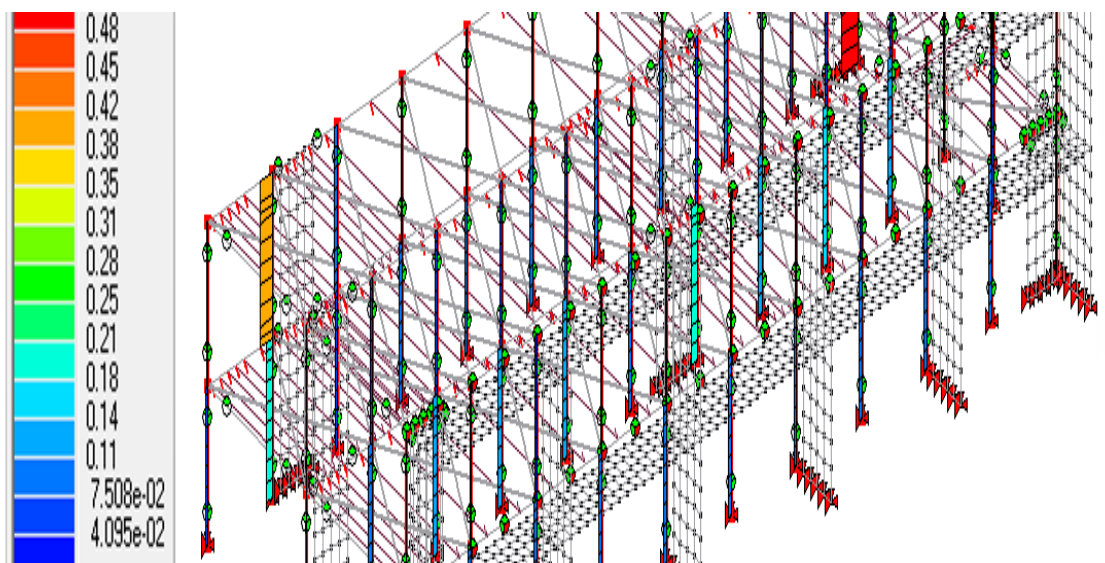


Area armatura longitudinale – Pilastri

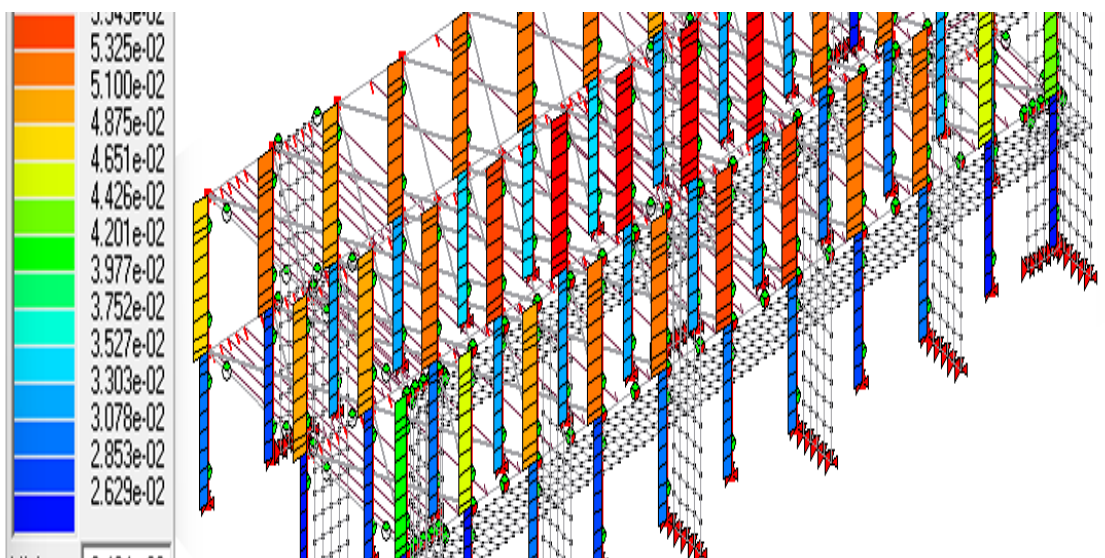
St. $\varnothing 8 \text{ 2br.} / 25 = 4,02 \text{ cm}^2/\text{m}$



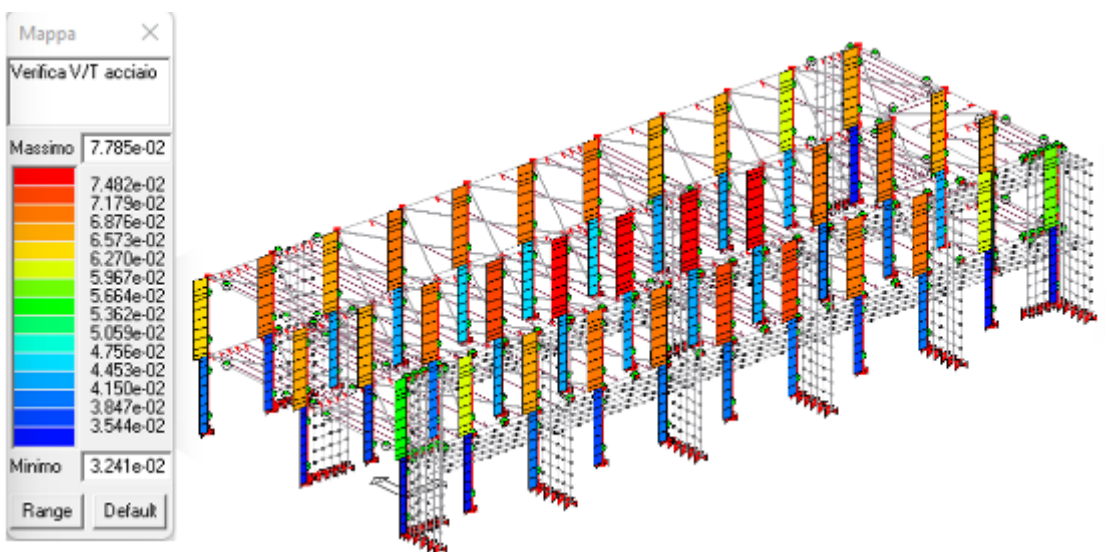
Area armatura trasversale (Staffe) – Pilastri



Verifica N/M – Pilastri



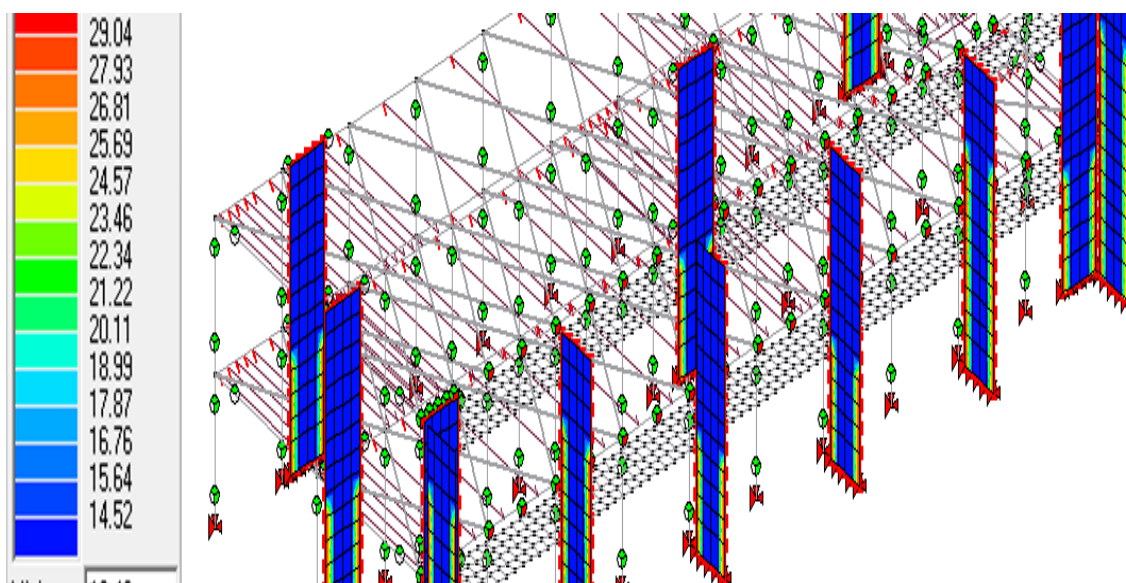
Verifica V/T lato calcestruzzo – Pilastri



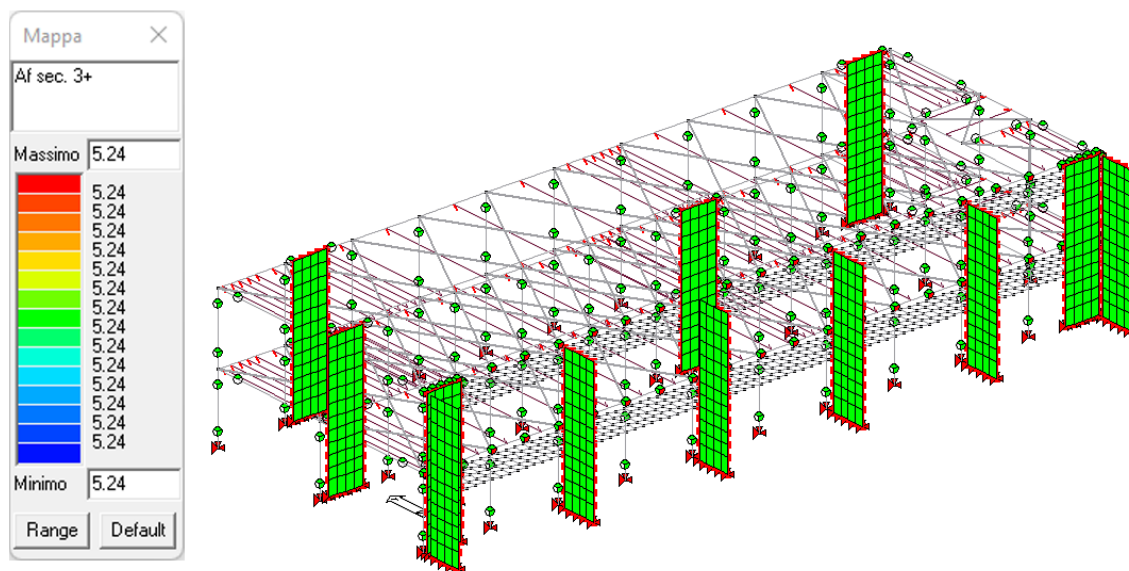
Verifica V/T lato acciaio – Pilastri

Come si può osservare, l'indice di verifica delle strutture esistenti è inferiore a 1,00 e dunque gli elementi sono verificati.

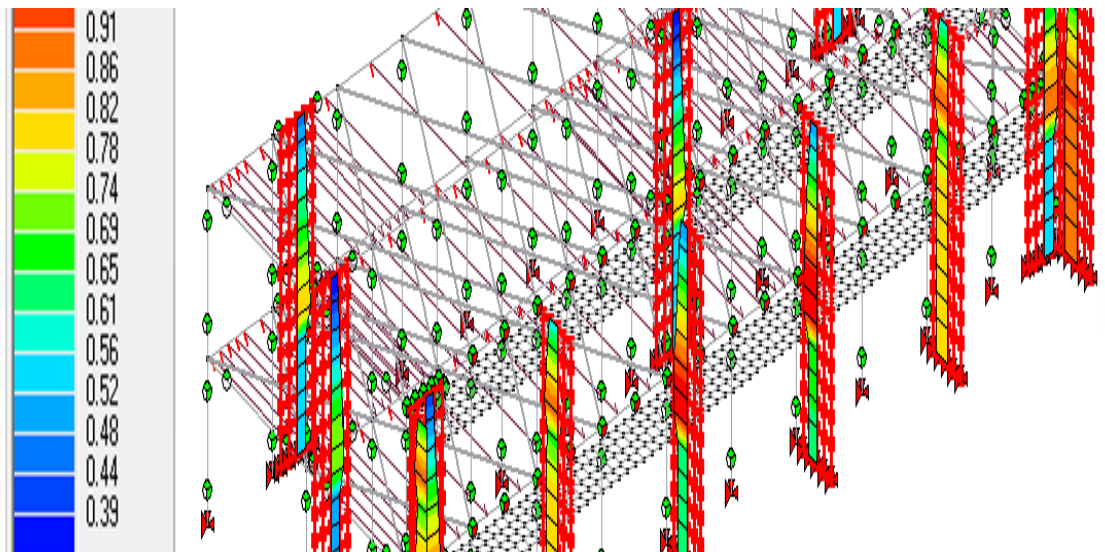
Si riportano di seguito le verifiche relative ai setti di rinforzo. In particolare, verranno riportate alcune immagini relative alle armature di progetto e successivamente le verifiche.



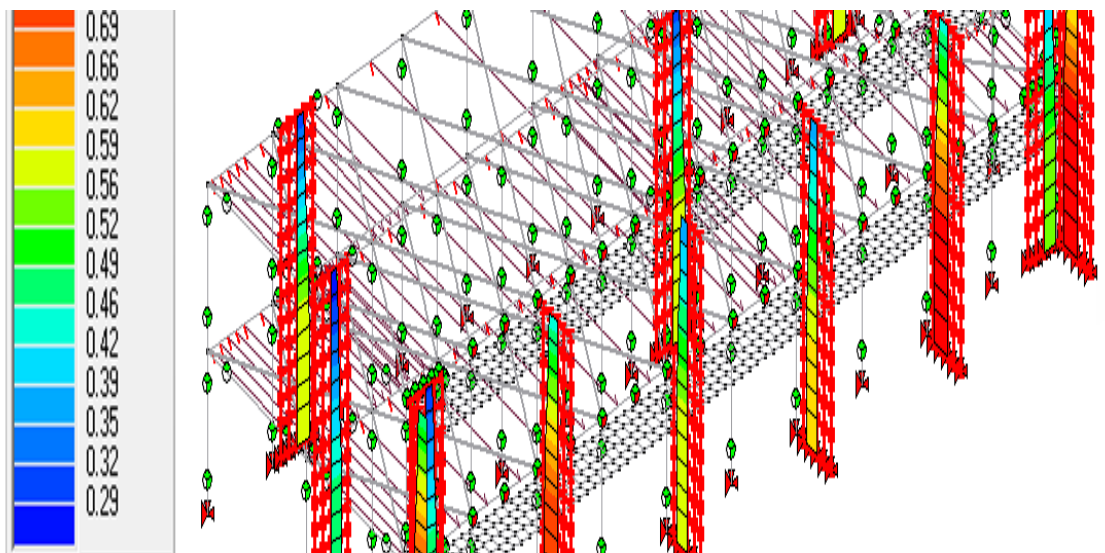
Area armatura longitudinale – Setti



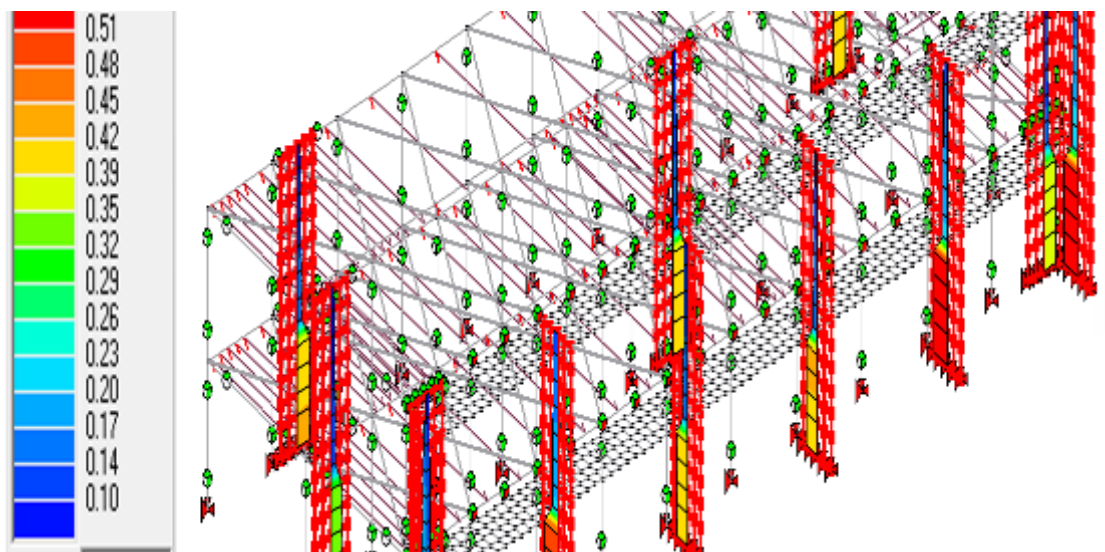
Area armatura trasversale (Staffe) – Setti



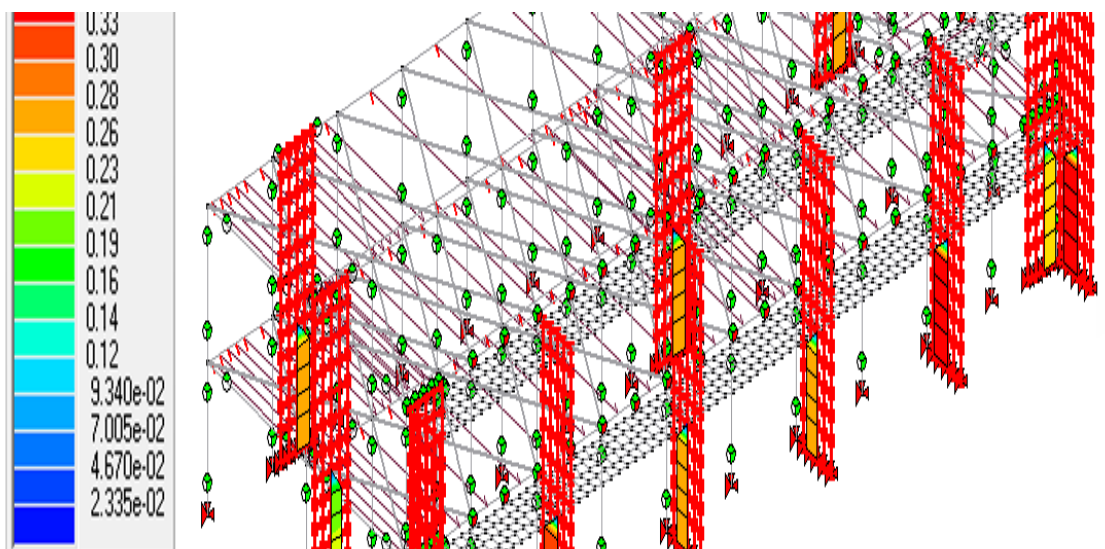
Verifica N/M – Setti



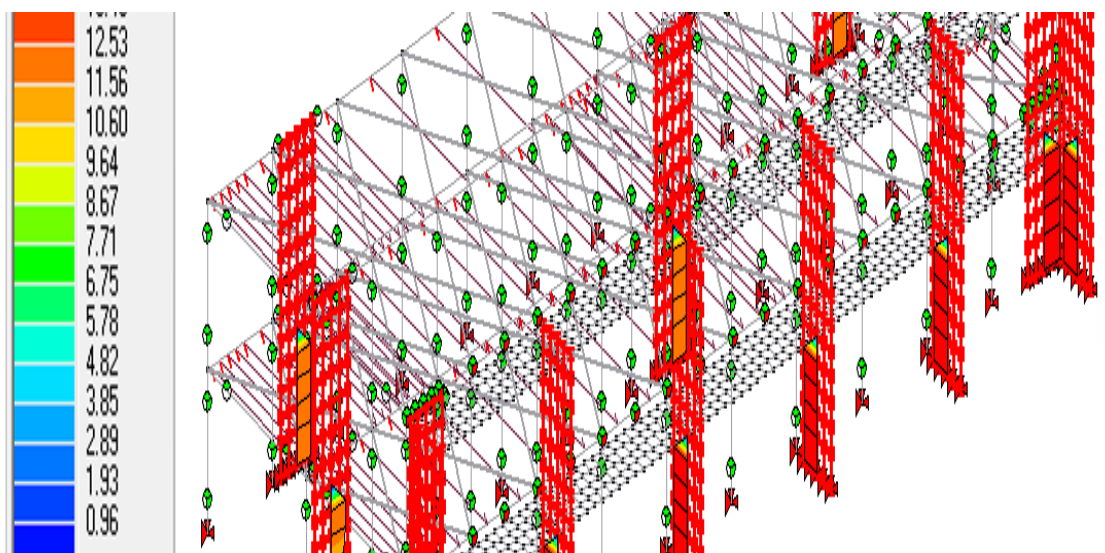
Verifica Taglio - Trazione – Setti



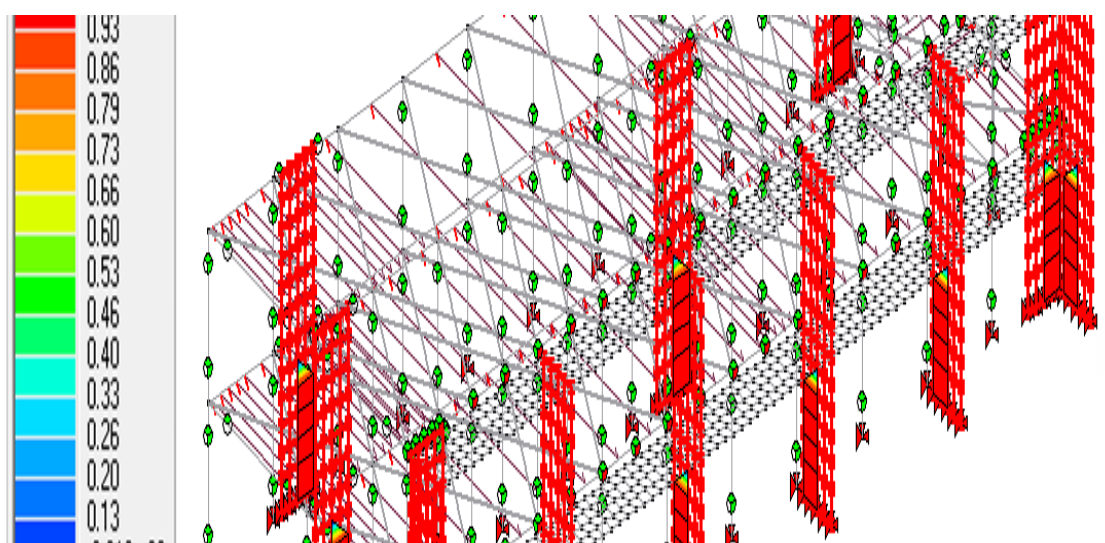
Verifica Taglio - Compressione – Setti



Verifica Taglio - Scorrimento – Setti



Valore ω_d lungo la sezione del setto – Setti

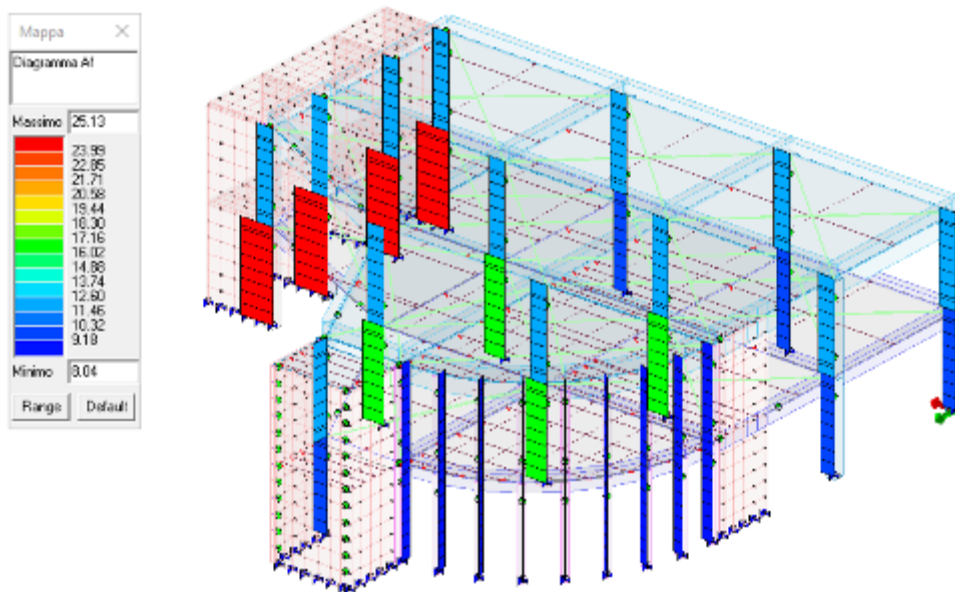


Verifica ω_d – Setti

10.4.2. Corpo B

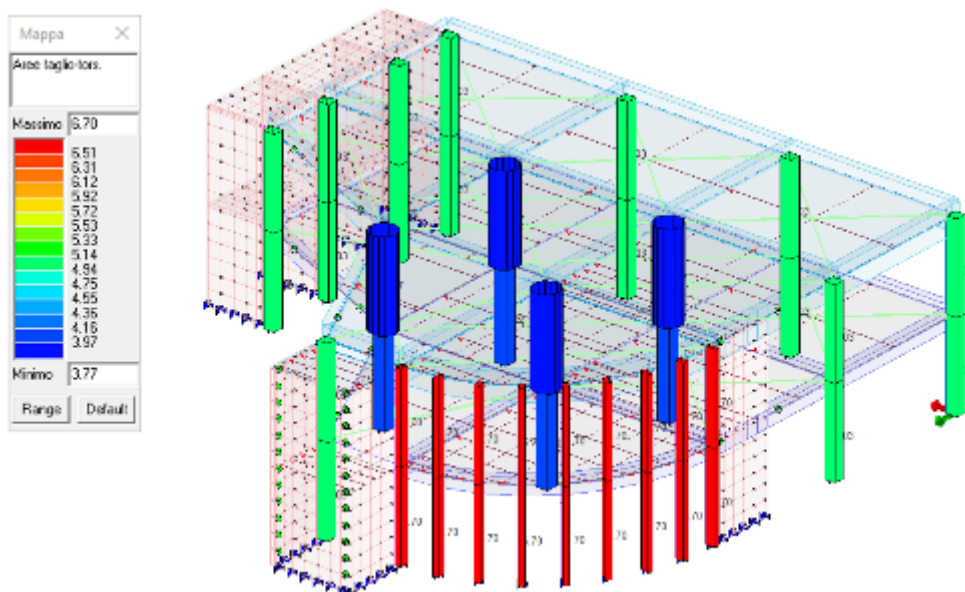
Si riporta di seguito l'armatura dei pilastri esistenti inserita nel modello in accordo con quanto ricavabile dalle tavole originali in possesso e confermato dalla campagna di prova diagnostica. In merito alle staffe si precisa che:

$A_{f_{max.}} 8\varnothing 20 = 25,13 \text{ cm}^2$ (rossi) $A_{f_{min.}} 4\varnothing 16 = 8,04 \text{ cm}^2$ (blu)

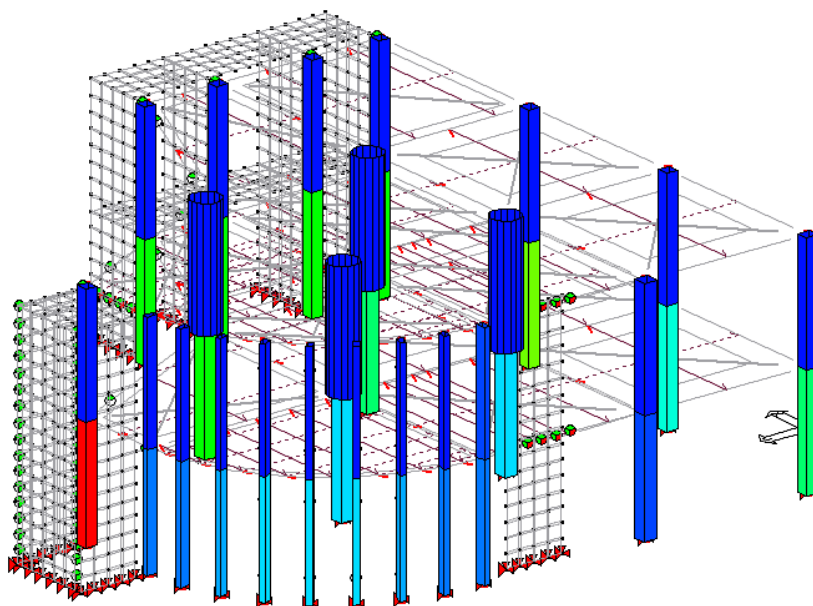
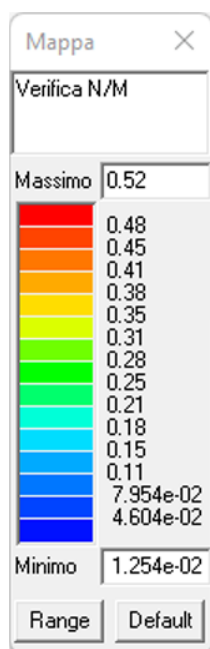


Area armatura longitudinale – Pilastri

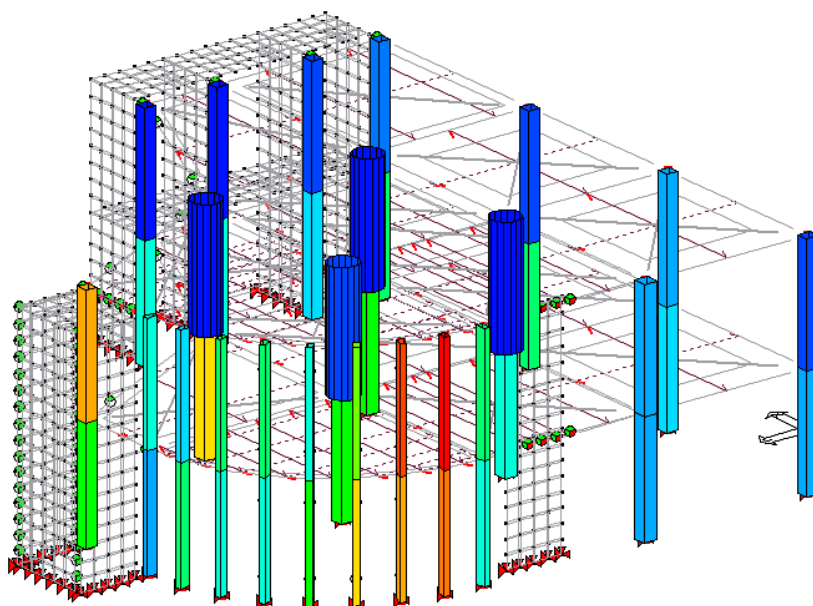
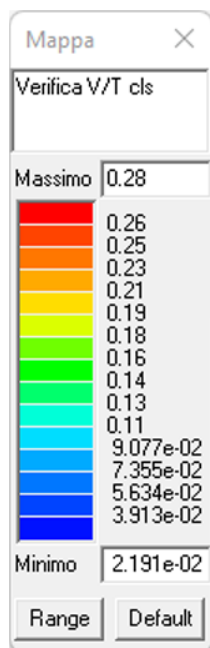
$St_{min} \varnothing 8 \text{ 2br.} / 15 = 6,7 \text{ cm}^2/\text{m}$ $St_{max} \varnothing 6 \text{ 2br.} / 15 = 3,77 \text{ cm}^2/\text{m}$



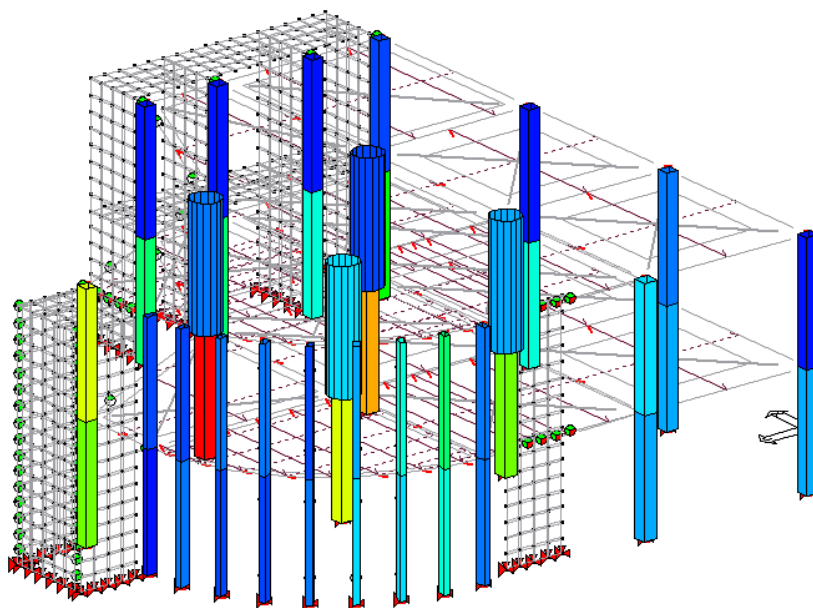
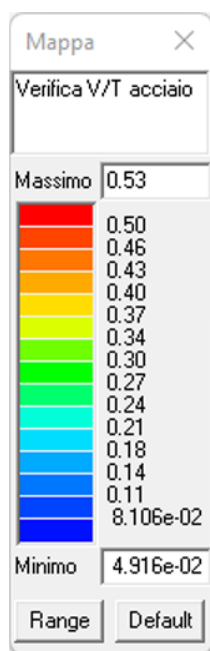
Area armatura trasversale (Staffe) – Pilastri



Verifica N/M – Pilastri



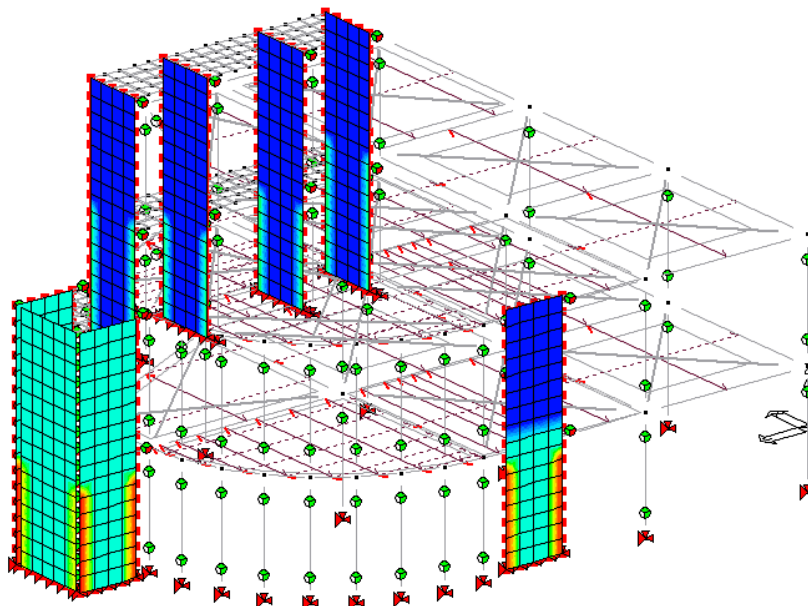
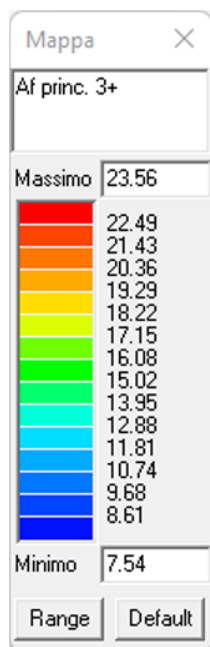
Verifica V/T lato calcestruzzo – Pilastri



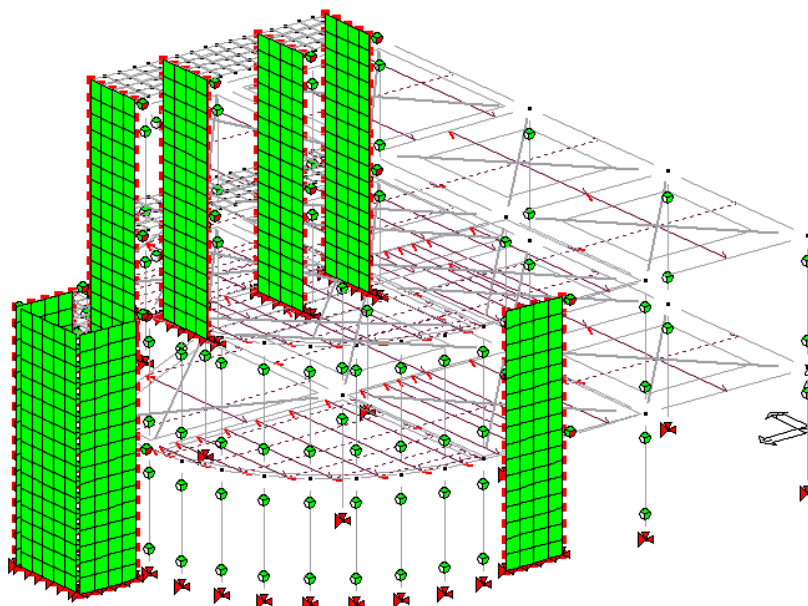
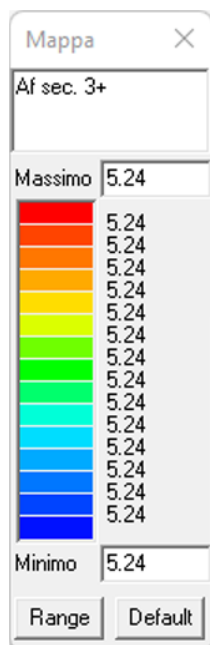
Verifica V/T lato acciaio – Pilastri

Come si può osservare, l'indice di verifica delle strutture esistenti è inferiore a 1,00 e dunque gli elementi sono verificati.

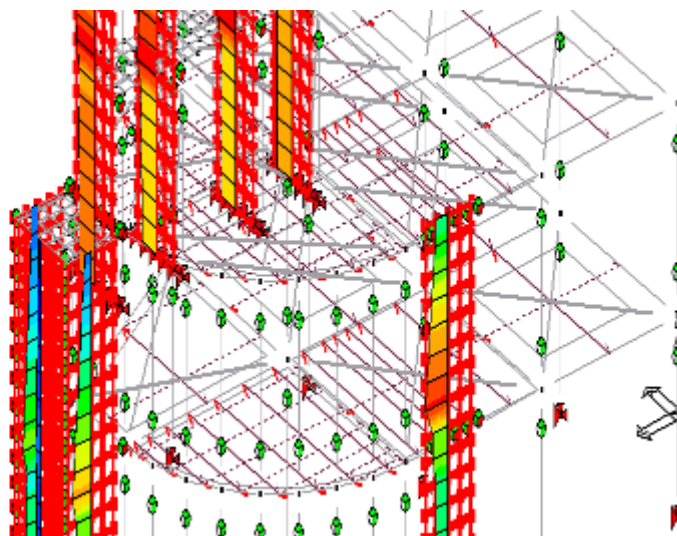
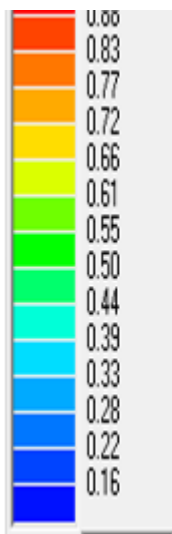
Si riportano di seguito le verifiche relative ai setti di rinforzo. In particolare, verranno riportate alcune immagini relative alle armature di progetto e successivamente le verifiche.



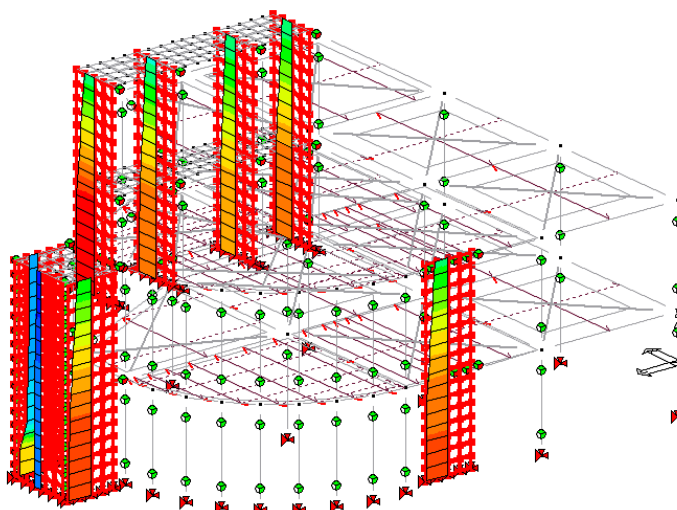
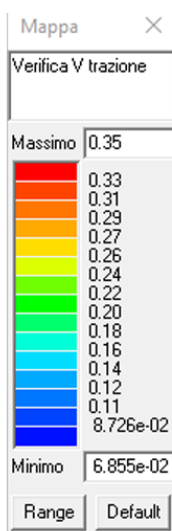
Area armatura longitudinale – Setti



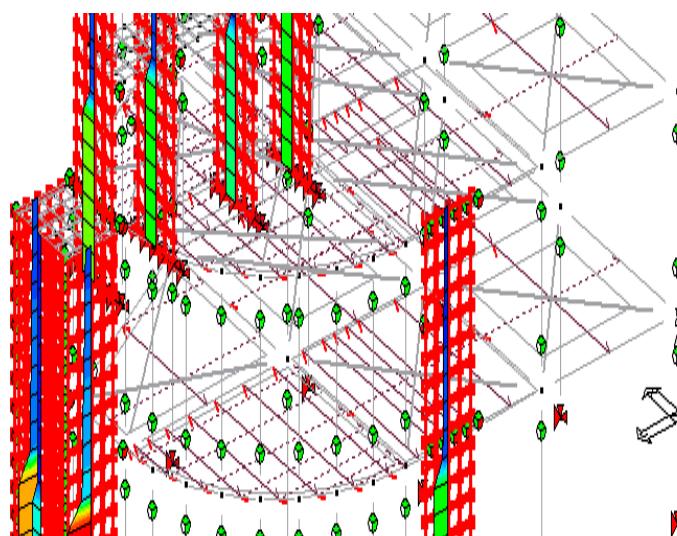
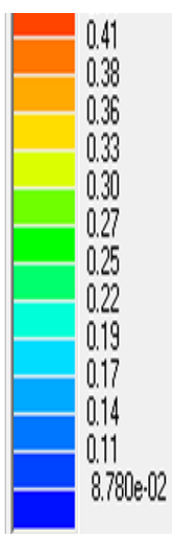
Area armatura trasversale (Staffe) – Setti



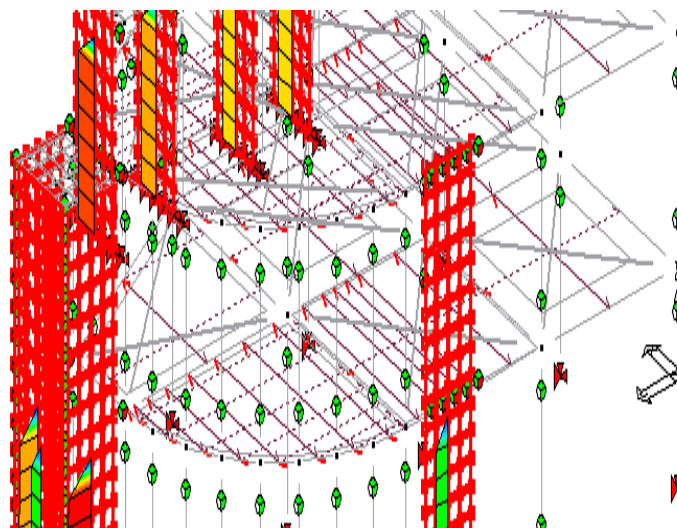
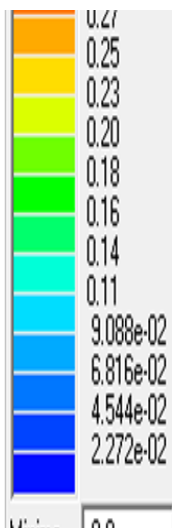
Verifica N/M – Setti



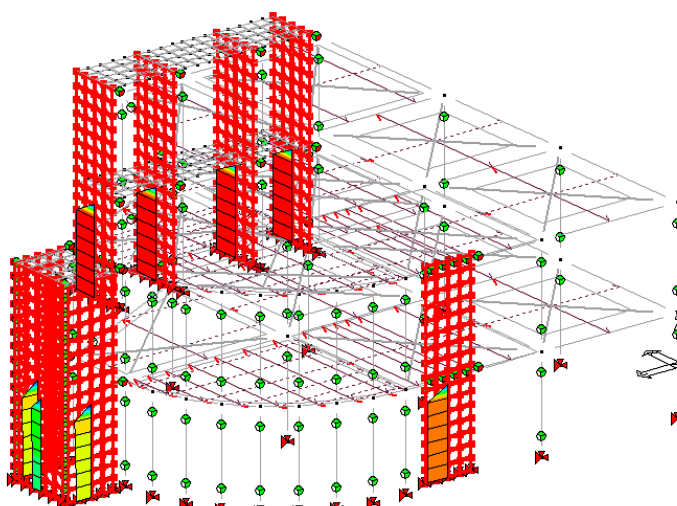
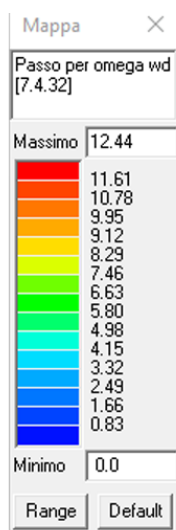
Verifica Taglio - Trazione – Setti



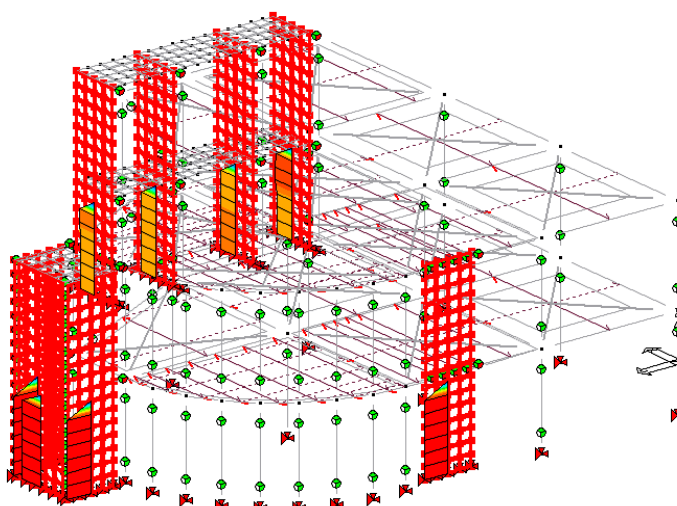
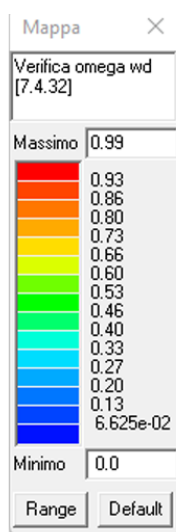
Verifica Taglio - Compressione – Setti



Verifica Taglio - Scorrimento – Setti



Valore ω_d lungo la sezione del setto – Setti

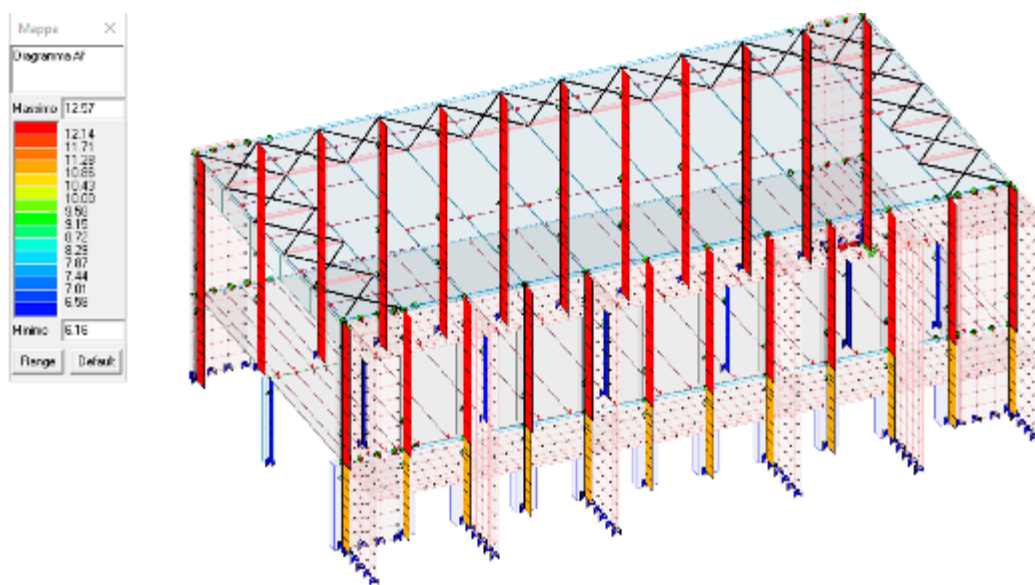


Verifica ω_d – Setti

10.4.3. Corpo D

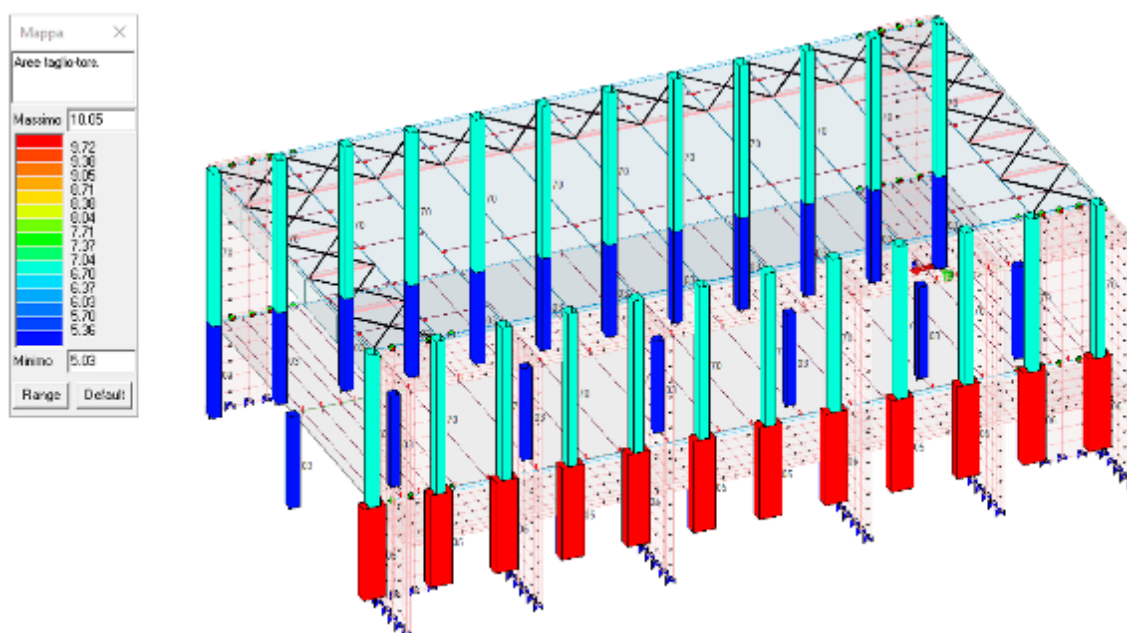
Si riporta di seguito l'armatura dei pilastri esistenti inserita nel modello in accordo con quanto ricavabile dalle tavole originali in possesso e confermato dalla campagna di prova diagnostica. In merito alle staffe si precisa che:

Af. $4\varnothing 14 = 6,16 \text{ cm}^2$ (blu) Af. $4\varnothing 20 = 12,57 \text{ cm}^2$ (rosso)

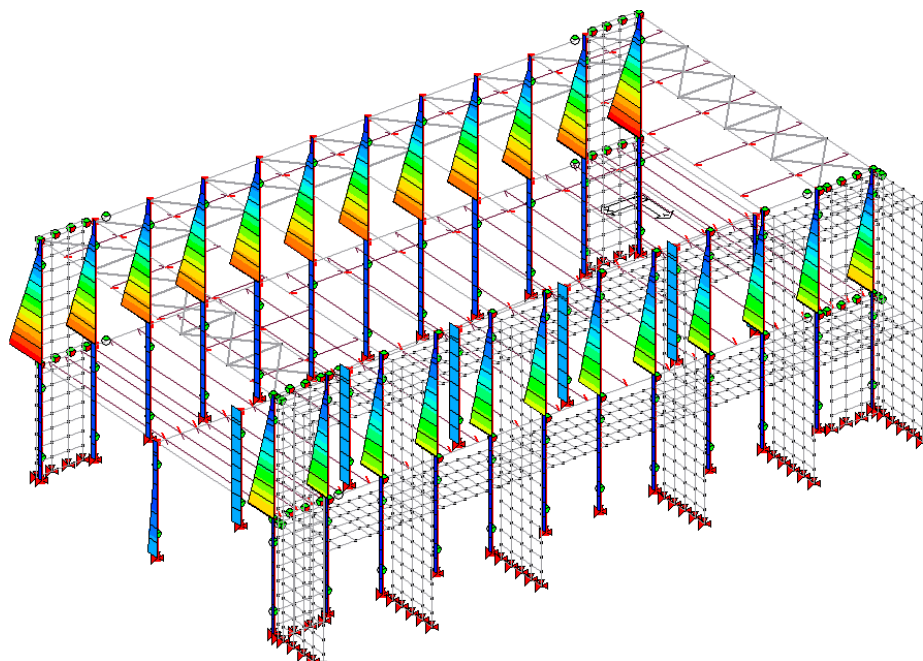
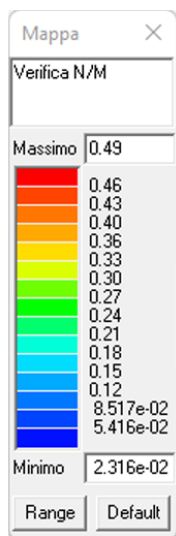


Area armatura longitudinale – Pilastri

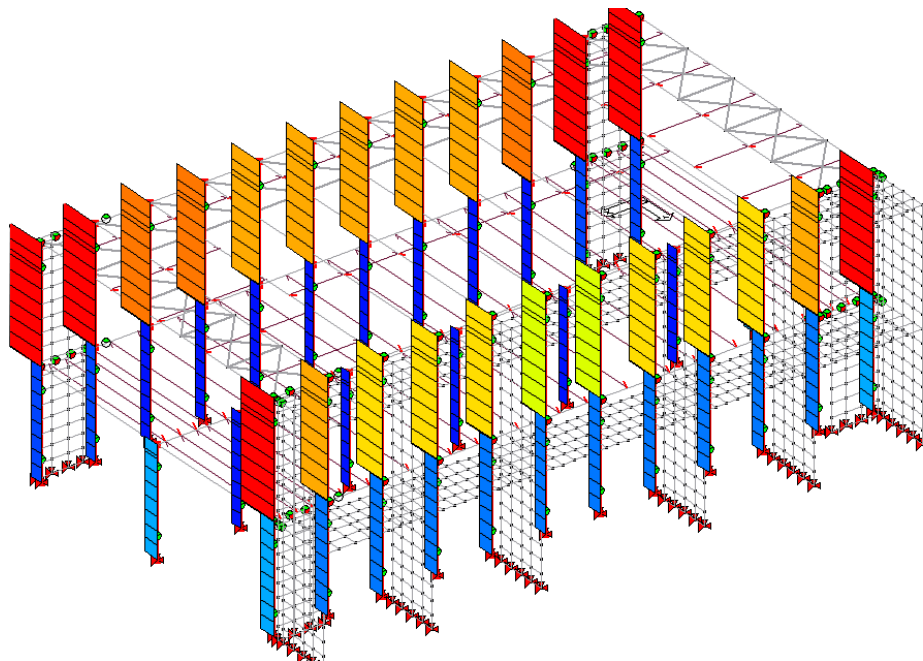
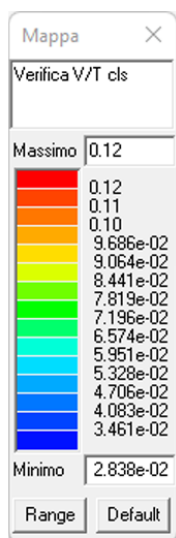
St. $\varnothing 8 \text{ 2br.} / 20 = 5,0 \text{ cm}^2/\text{m}$



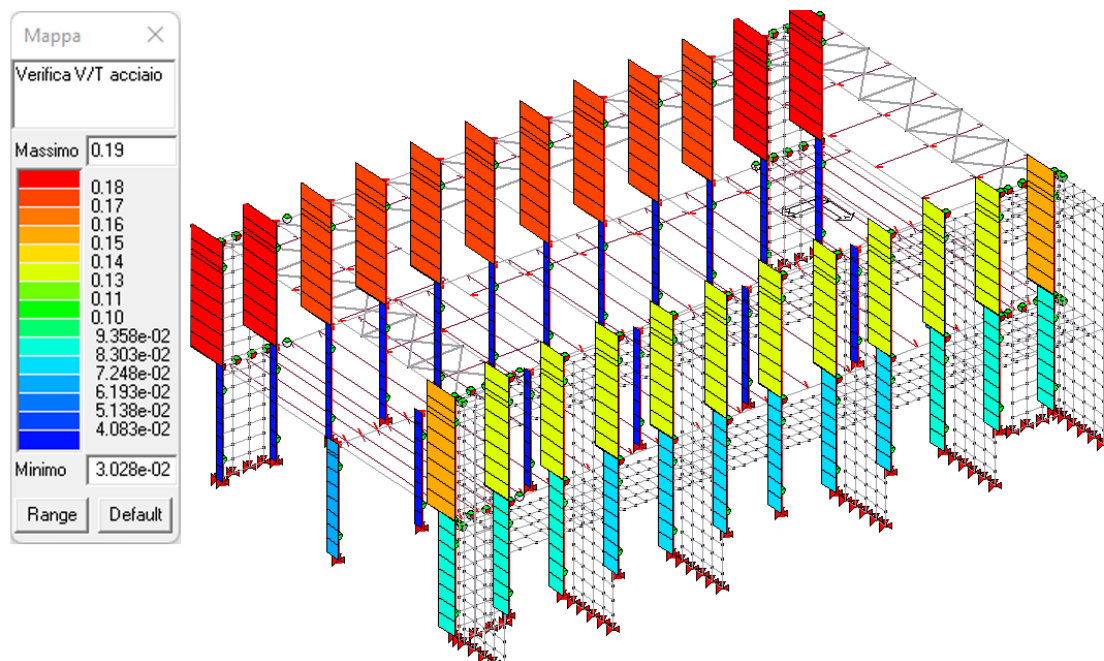
Area armatura trasversale (Staffe) – Pilastri



Verifica N/M – Pilastri

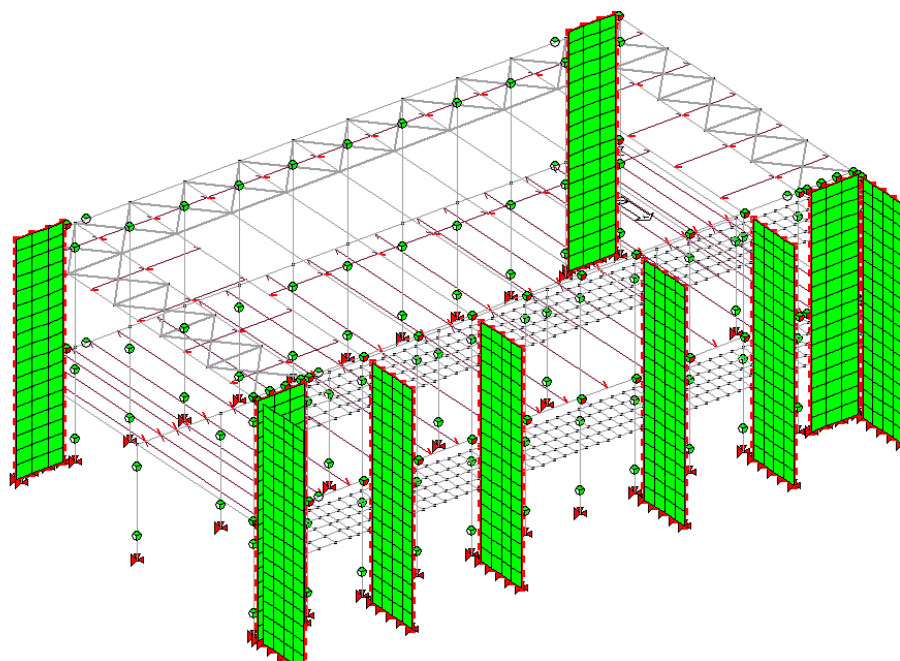
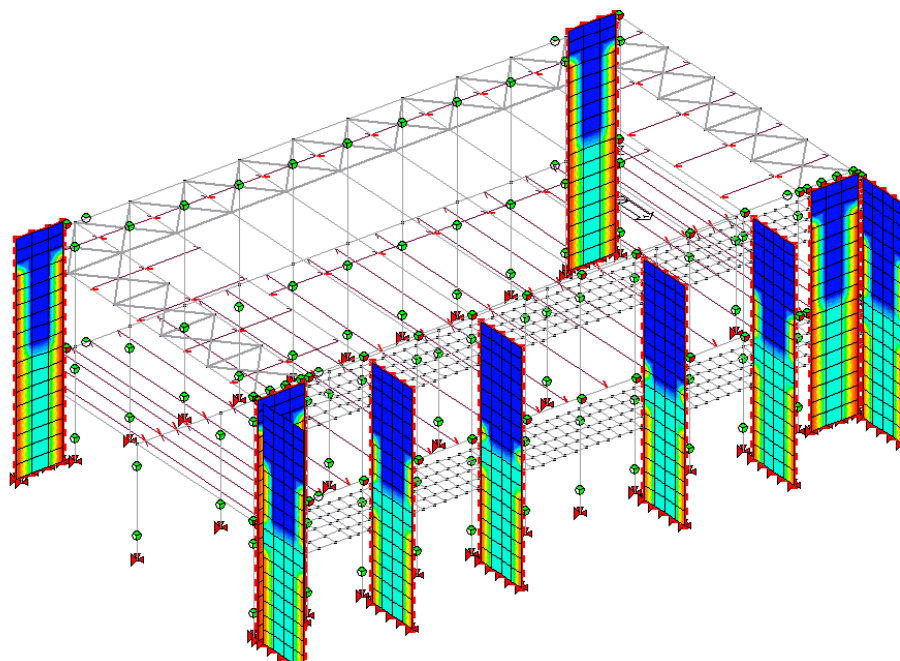


Verifica V/T lato calcestruzzo – Pilastri

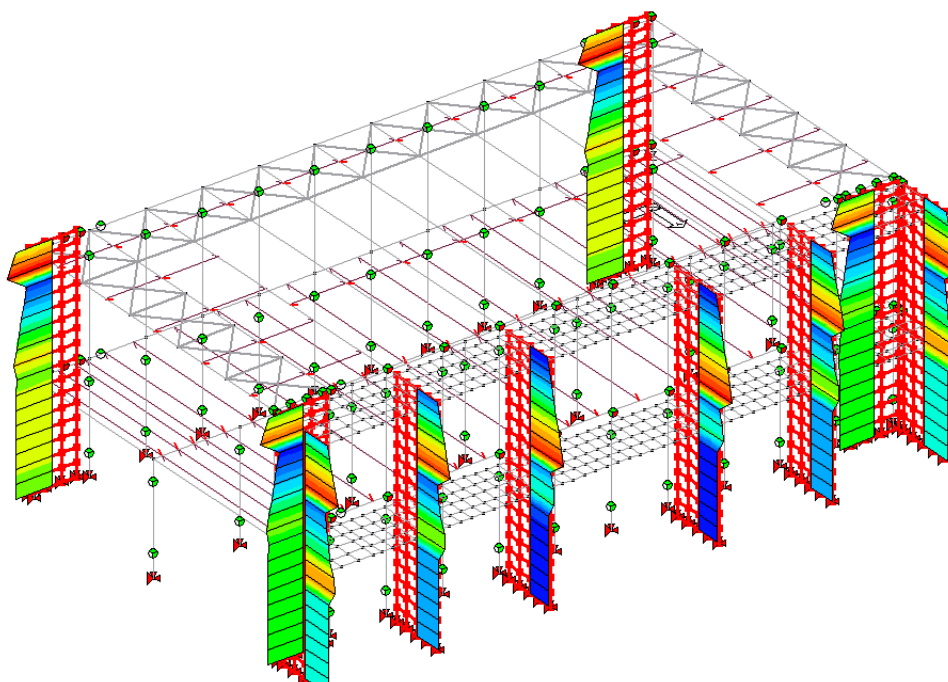
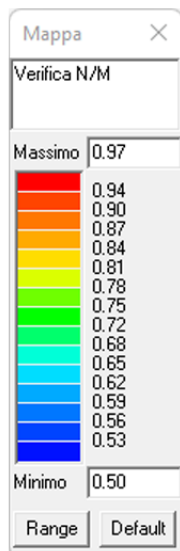


Verifica V/T lato acciaio – Pilastri

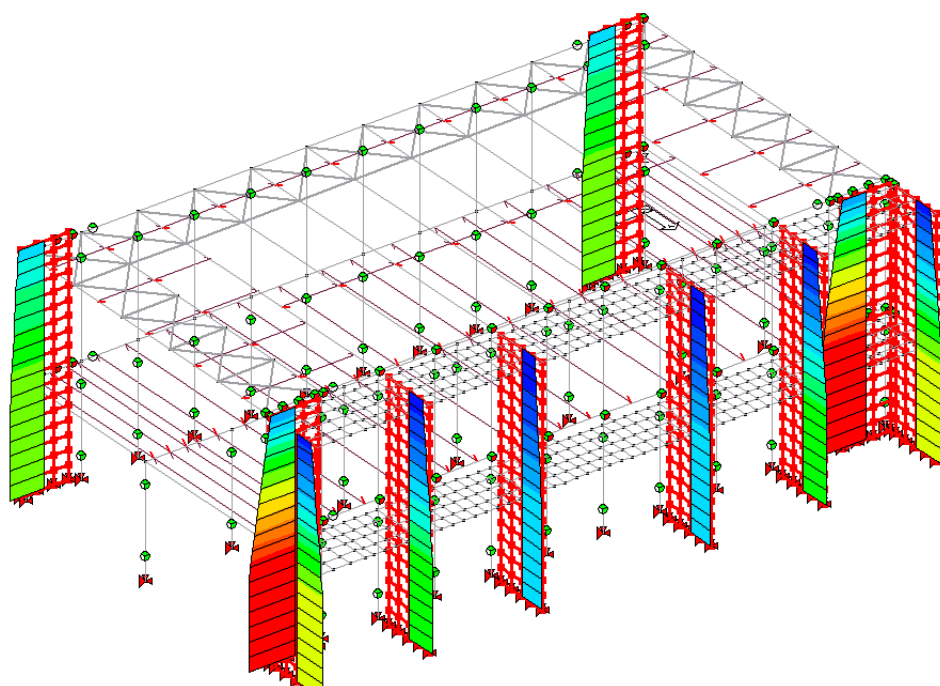
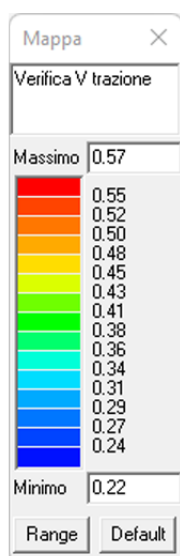
Come si può osservare, l'indice di verifica delle strutture esistenti è inferiore a 1,00 e dunque gli elementi sono verificati.



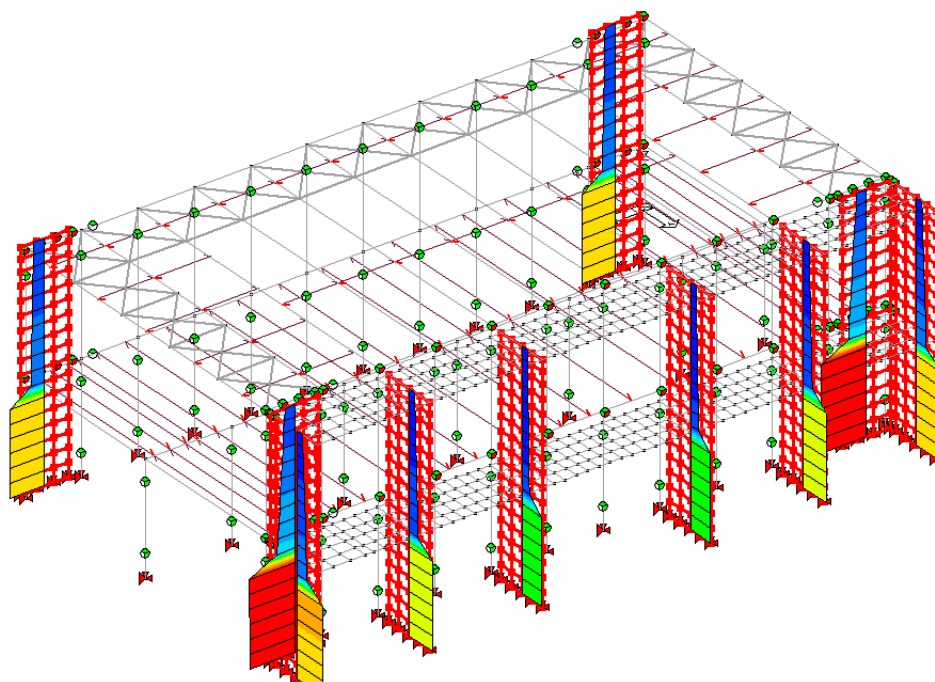
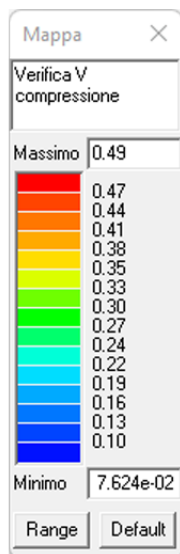
via cremona 8 25124 brescia - tel. 030.2451210 - lavori@gapprogetti.eu - www.gapprogetti.eu



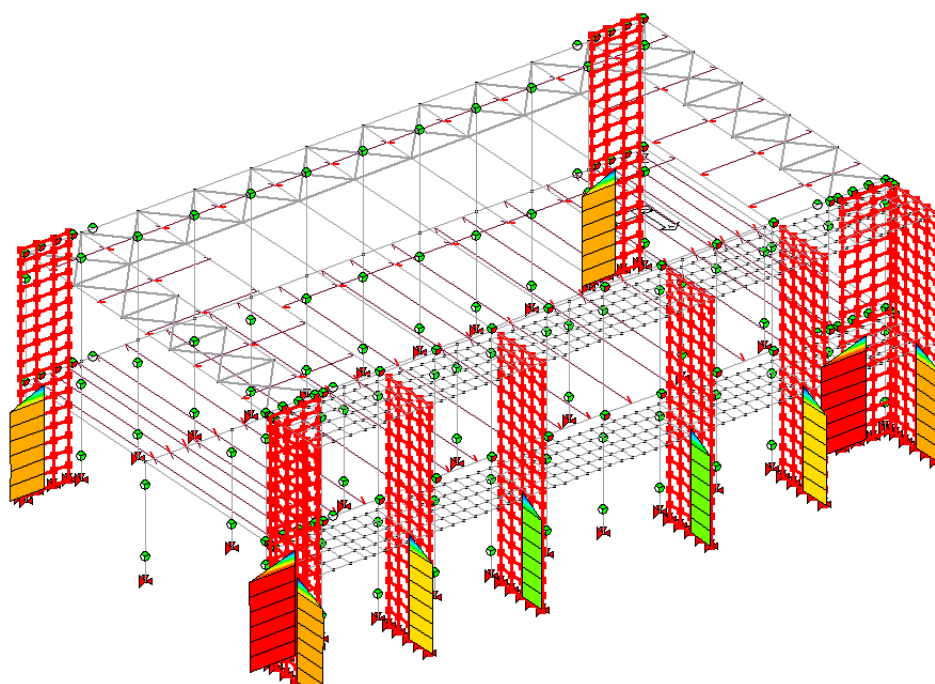
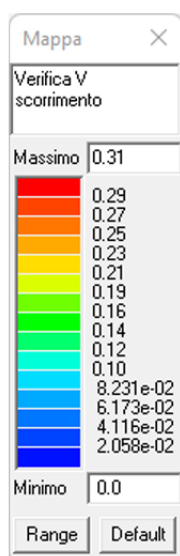
Verifica N/M – Setti



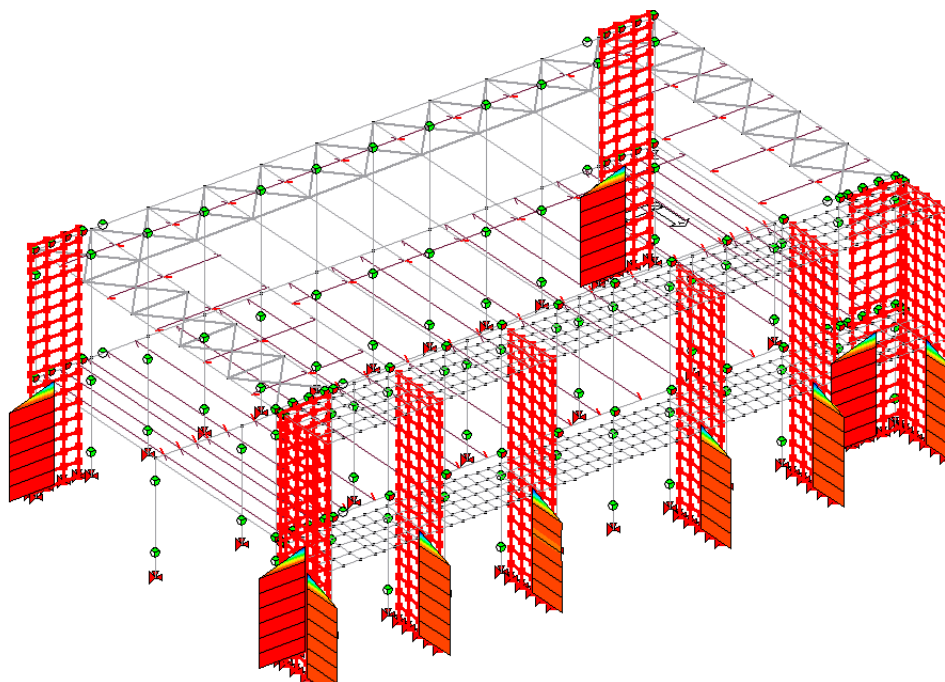
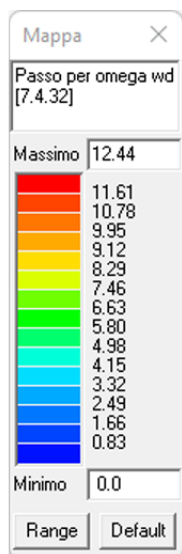
Verifica Taglio - Trazione – Setti



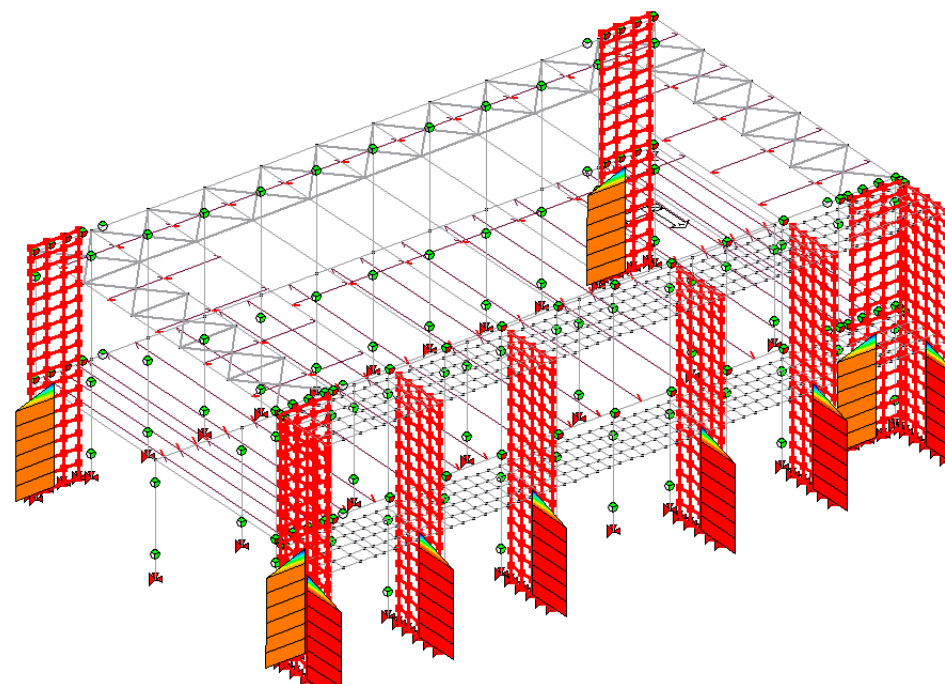
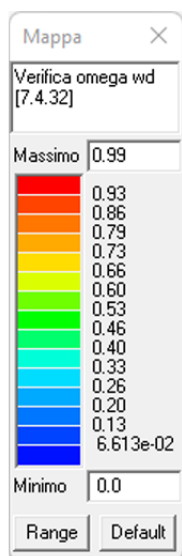
Verifica Taglio - Compressione – Setti



Verifica Taglio - Scorrimento – Setti



Valore ω_d lungo la sezione del setto – Setti



Verifica ω_d – Setti

10.5. Modi di vibrare e azioni sismiche

10.5.1. Corpo A

Di seguito viene riportata la tabella con evidenziati i periodi dei modi di vibrare della struttura, di seguito le immagini dei modi di vibrare principali nelle 2 direzioni.

Tabella analisi dinamiche													
CDC	Modo	Frequen...	Periodo	X M eff...	%	Y M eff...	%	Z M eff...	%	RZ M ...	%	Energi...	Fatt. eta
7	1	3.51	0.28	922.51	0	77470...	74	0.04	0	39947...	0	0.00	1.00
7	2	3.77	0.27	47599...	46	2306.97	0	0.11	0	77200...	40	0.00	1.00
7	3	4.53	0.22	32002...	30	115.73	0	0.12	0	65131...	33	0.00	1.00
7	4	9.58	0.10	0.30	0	0.26	0	3954.28	0	965.63	0	0.00	1.00
7	5	10.35	0.10	59.12	0	6217.13	0	3405.20	0	10098...	0	0.00	1.00
7	6	10.44	0.10	410.78	0	14698...	14	147.45	0	70953...	0	0.00	1.00
7	7	11.39	0.09	1356.09	0	3672.67	0	5.12	0	15395...	0	0.00	1.00
7	8	11.85	0.08	11000...	1	8151.69	0	5.31	0	18426...	9	0.00	1.00
7	9	13.74	0.07	805.84	0	2.71	0	63393...	6	23282...	0	0.00	1.00
7	10	13.89	0.07	14453...	13	247.19	0	504.65	0	10107...	0	0.00	1.00
7	11	15.28	0.07	1871.74	0	13075...	1	272.71	0	11734...	0	0.00	1.00
7	12	17.41	0.06	2178.64	0	186.36	0	46880...	4	26874...	0	0.00	1.00
7	13	18.09	0.06	31655...	3	48.10	0	3800.87	0	43561...	2	0.00	1.00
7	14	22.75	0.04	295.66	0	28967...	2	4716.73	0	72472...	0	0.00	1.00
7	15	23.74	0.04	3.31	0	342.74	0	42683...	41	11906...	0	0.00	1.00
7	16	35.27	0.03	22556...	2	237.00	0	204.33	0	79328...	0	0.00	1.00
7	17	37.78	0.03	82.49	0	30556...	2	512.16	0	61757...	0	0.00	1.00
7	18	45.40	0.02	5.32	0	25.78	0	37729...	36	0.00	0	0.00	1.00
8	1	3.51	0.28	75.75	0	77628...	75	0.04	0	20631...	0	0.00	1.00
8	2	4.01	0.25	46575...	45	609.80	0	0.11	0	61753...	32	0.00	1.00
8	3	4.27	0.23	33422...	32	238.82	0	0.14	0	82490...	43	0.00	1.00
8	4	9.58	0.10	0.29	0	0.29	0	3950.43	0	870.41	0	0.00	1.00

Massa efficace rotazionale

Posizione del centro di rotazione istantaneo:

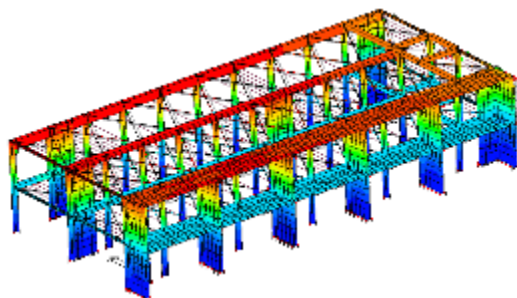
Pos. X: [cm]

Pos. Y: [cm]

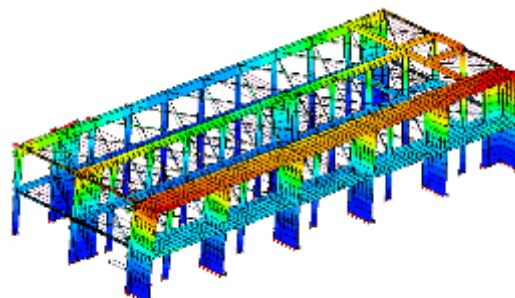
Periodi dei modi di vibrare.

La struttura presenta numerosi modi di vibrare locali, dettati dalla tecnica di modellazione del rinforzo esterno.

I modi significativi risultano essere: 2, 3.



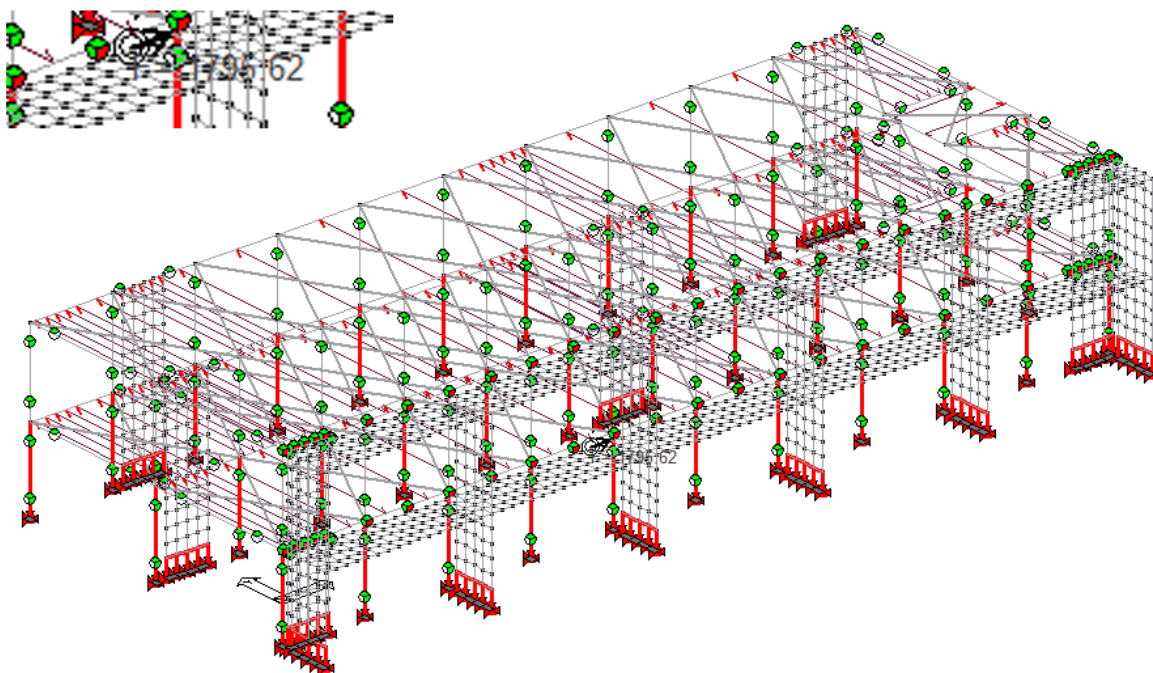
2° modo di vibrare - Principale in X



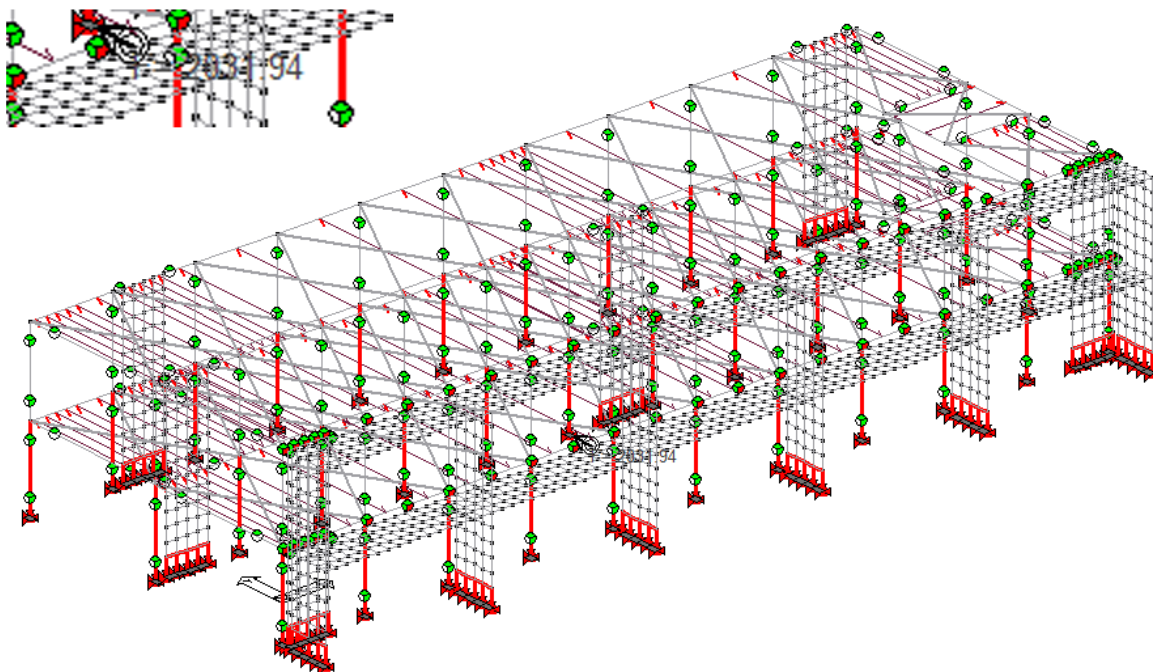
1° modo di vibrare - Principale in Y

Modi di vibrare principali – CDC 7.

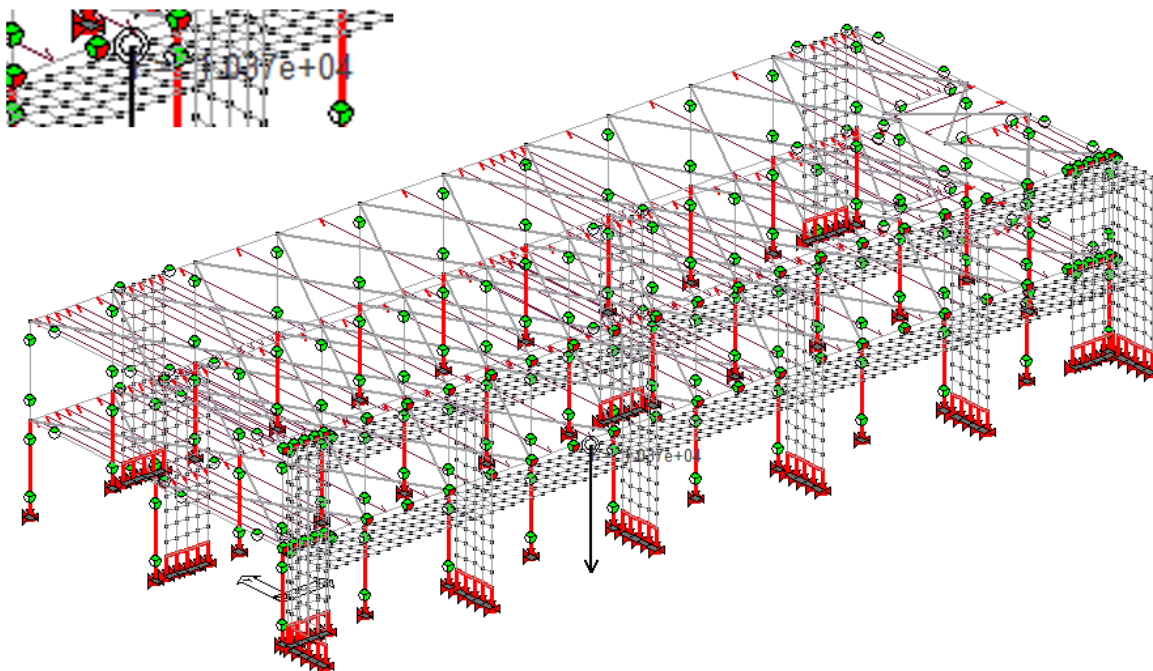
Di seguito si riportano alcune immagini relativamente al peso dell'edificio in combinazione sismica e ai tagli alla base in entrambe le direzioni.



Taglio alla base - Direzione X



Taglio alla base - Direzione Y

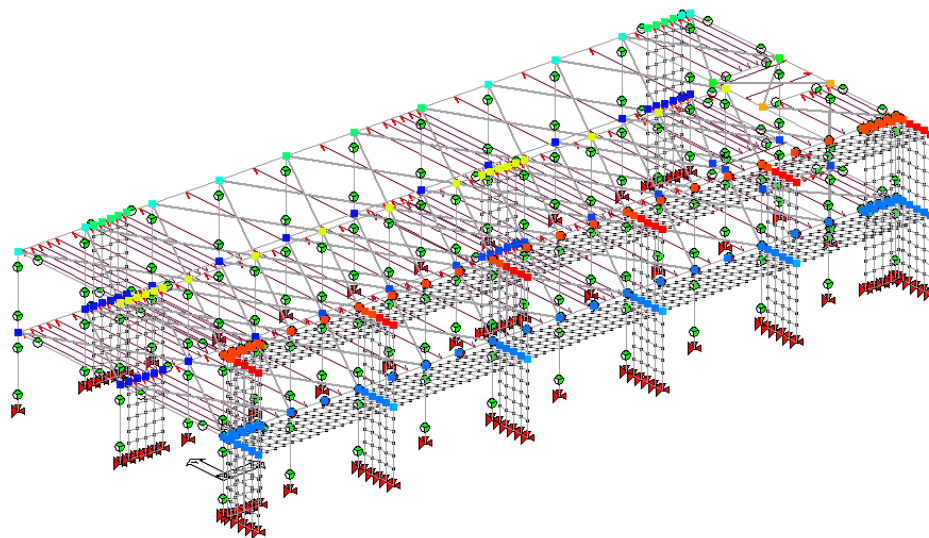
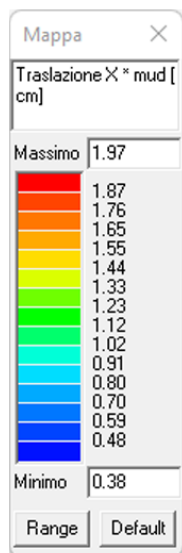


Peso dell'edificio in combinazione sismica - Direzione Z

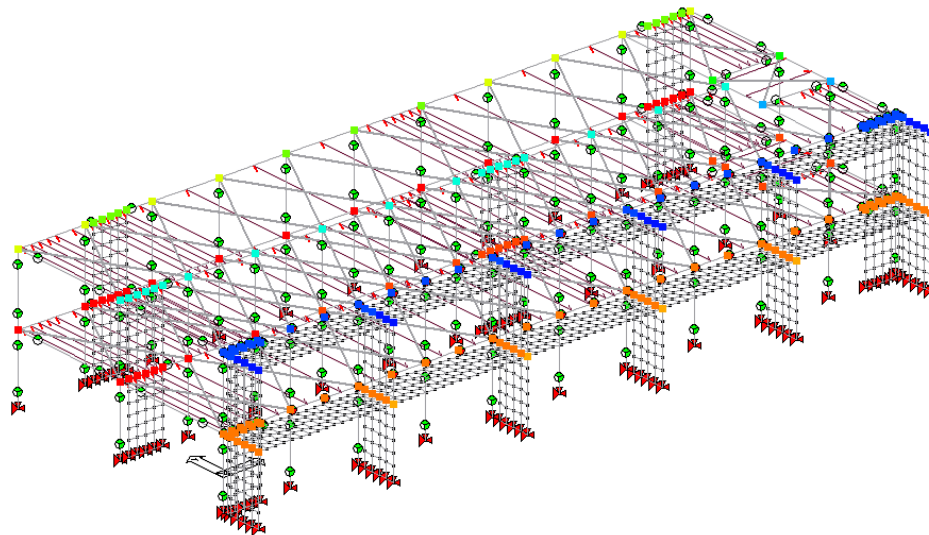
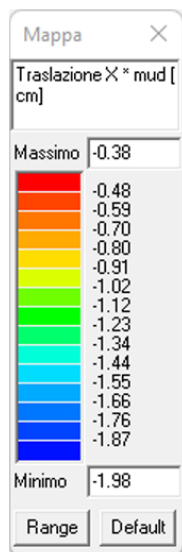
Direzione	Tipo	PRO_SAP
X	Taglio alla base	$F_X = 1.796,62 \text{ kN}$
Y	Taglio alla base	$F_Y = 2.031,94 \text{ kN}$
Z	Peso dell'edificio	$W_Z = 10.370 \text{ kN}$

Tabella riassuntiva modello adeguamento

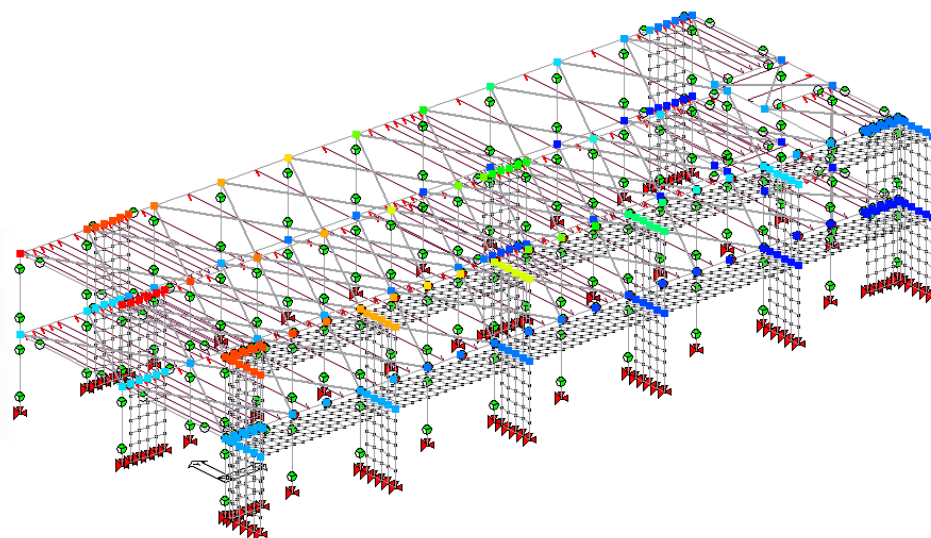
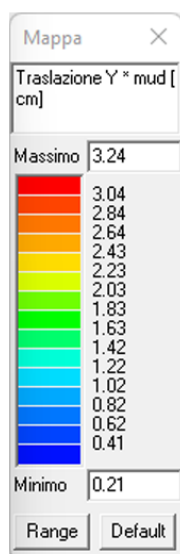
Si riportano di seguito alcune immagini relative agli spostamenti massimi nelle due direzioni e nei due versi in combinazioni SLV.



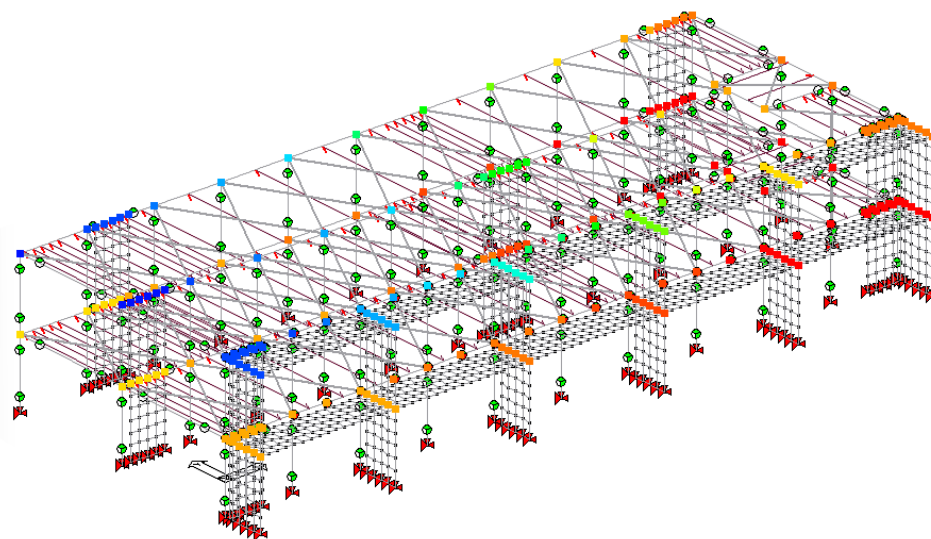
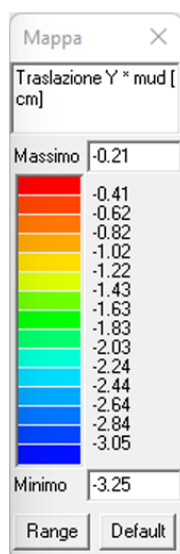
Spostamento sismico SLV – Direzione X Positiva



Spostamento sismico SLV – Direzione X Negativa



Spostamento sismico SLV – Direzione Y Positiva



Spostamento sismico SLV – Direzione Y Negativa

Come si può osservare, gli spostamenti massimi all'SLV sono dell'ordine di 3,24 cm.

Essendo gli spostamenti molto contenuti, si garantisce che anche i limitati giunti strutturali esistenti, siano sufficienti ad evitare fenomeni di martellamento.

Per quanto riguarda gli stati limite di esercizio, viene effettuata una verifica degli spostamenti in caso di azione sismica, in accordo a quanto evidenziato nel paragrafo C8.7.2.1 della Circolare 2019 come prescritto al §7.3.6.1 per gli edifici nuovi.

Per le CU I e II ci si riferisce allo SLD (v. Tab. 7.3.III) e deve essere:

a) per tamponature collegate rigidamente alla struttura, che interferiscono con la deformabilità della stessa:

$$qd_r \leq 0,0050 \cdot h \quad \text{per tamponature fragili} \quad [7.3.11a]$$

$$qd_r \leq 0,0075 \cdot h \quad \text{per tamponature duttili} \quad [7.3.11b]$$

b) per tamponature progettate in modo da non subire danni a seguito di spostamenti d'interpiano d_{ep} , per effetto della loro deformabilità intrinseca oppure dei collegamenti alla struttura:

$$qd_r \leq d_{ep} \leq 0,0100 \cdot h \quad [7.3.12]$$

c) per costruzioni con struttura portante di muratura ordinaria

$$qd_r \leq 0,0020 \cdot h \quad [7.3.13]$$

d) per costruzioni con struttura portante di muratura armata

$$qd_r \leq 0,0030 \cdot h \quad [7.3.14]$$

e) per costruzioni con struttura portante di muratura confinata

$$qd_r \leq 0,0025 \cdot h \quad [7.3.15]$$

dove:

d_r è lo spostamento di interpiano, cioè la differenza tra gli spostamenti del solaio superiore e del solaio inferiore, calcolati, nel caso di analisi lineare, secondo il § 7.3.3.3 o, nel caso di analisi non lineare, secondo il § 7.3.4, sul modello di calcolo non comprensivo delle tamponature,

h è l'altezza del piano.

Per le CU III e IV ci si riferisce allo SLO (v. Tab. 7.3.III) e gli spostamenti d'interpiano devono essere inferiori ai 2/3 dei limiti in precedenza indicati.

In caso di coesistenza di diversi tipi di tamponamento o struttura portante nel medesimo piano della costruzione, deve essere assunto il limite di spostamento più restrittivo. Qualora gli spostamenti di interpiano siano superiori a $0,005 \cdot h$ (caso b), le verifiche della capacità di spostamento degli elementi non strutturali vanno estese a tutte le tamponature, alle tramezzature interne ed agli impianti.

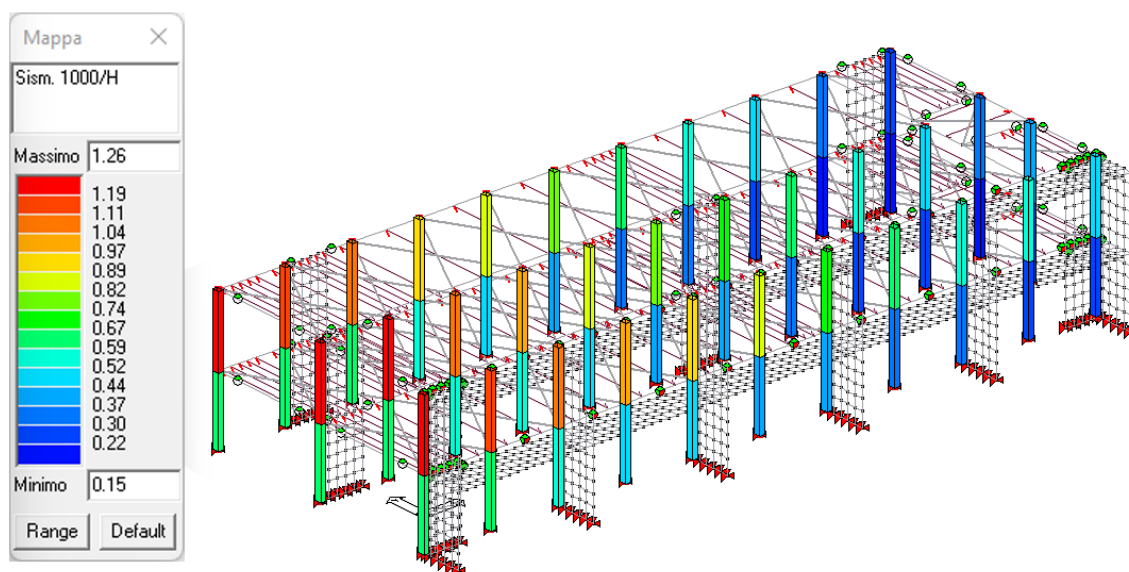
Il limite di spostamento utilizzato nel caso in esame è dunque pari a:

$$qd_r \leq 0,0050 \cdot h \quad SLD$$

da cui:

$$d_r \leq \frac{2}{3} \cdot 0,0050 \cdot \frac{h}{q} \quad SLO \quad \text{ovvero} \quad d_r \leq 0,0033 \cdot \frac{h}{q} \quad SLO$$

Il programma fornisce la verifica normalizzata rispetto ad H degli elementi e moltiplicata di un fattore 1000. La verifica è dunque soddisfatta se il valore massimo è inferiore a 3,33

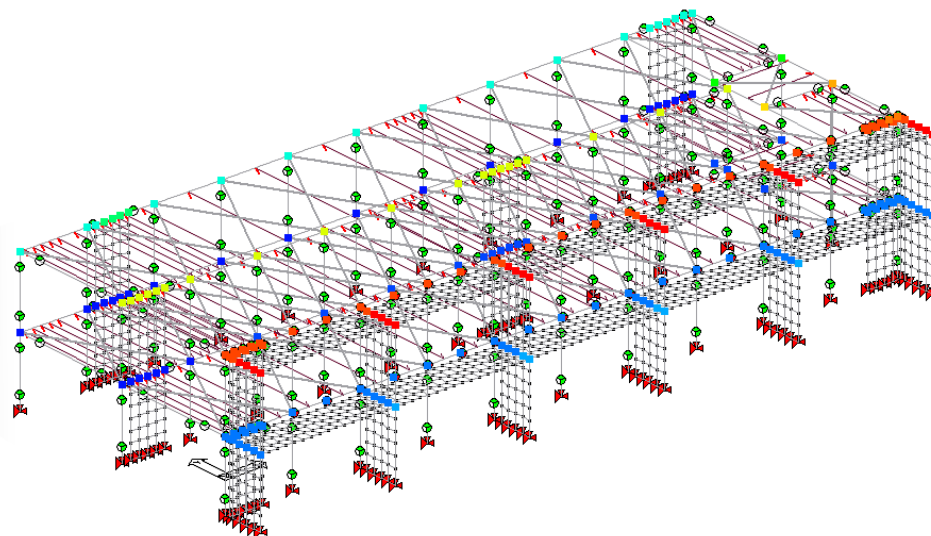
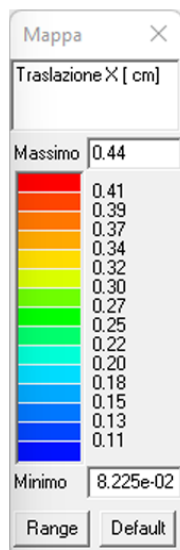


Verifica 1000/H – Pilastri

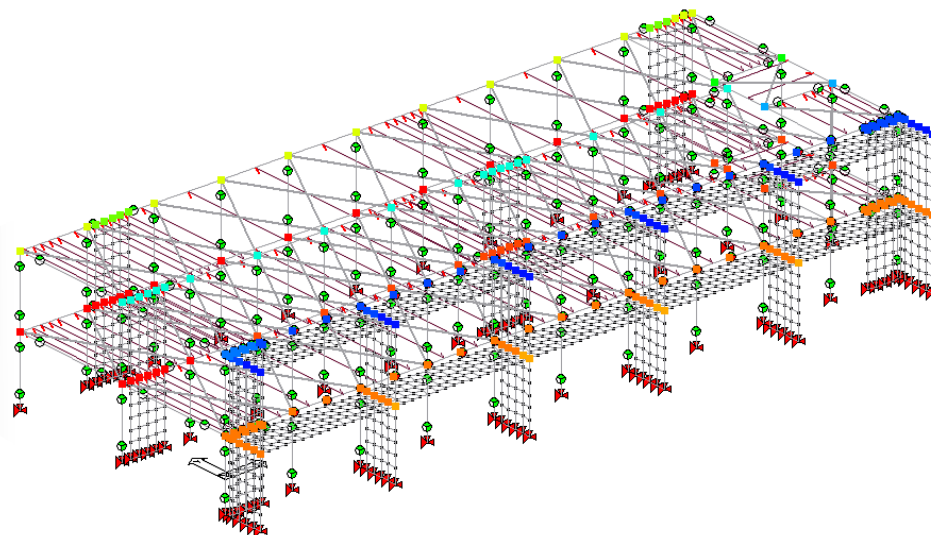
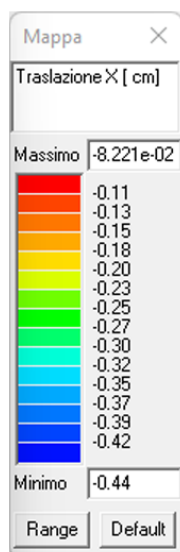
Come si può osservare, l'indice di verifica è inferiore/pari al limite di verifica.

Verifica Drift: $1,26 < 3,33$

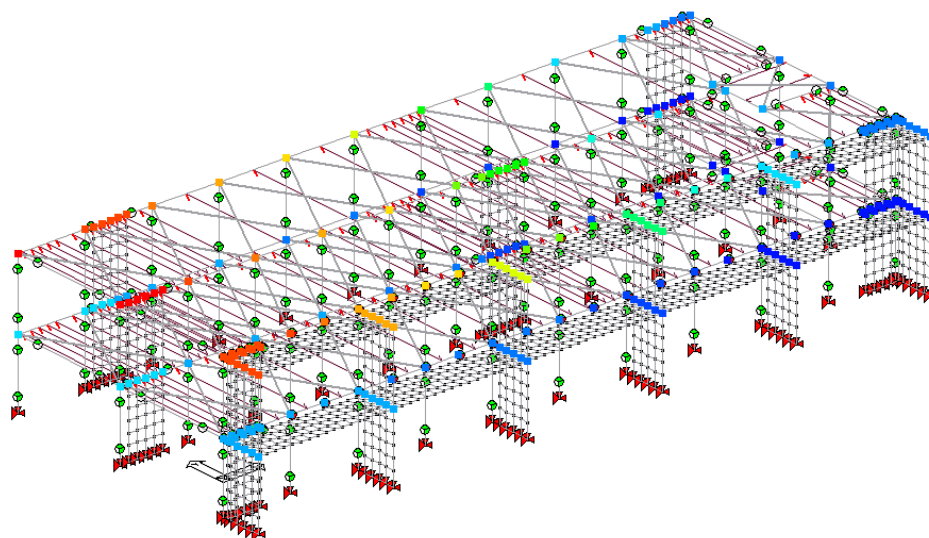
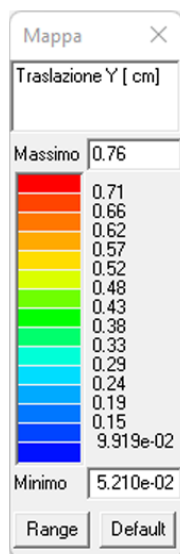
Si riportano inoltre alcune immagini relative agli spostamenti massimi nelle due direzioni e nei due versi in combinazioni SLO.



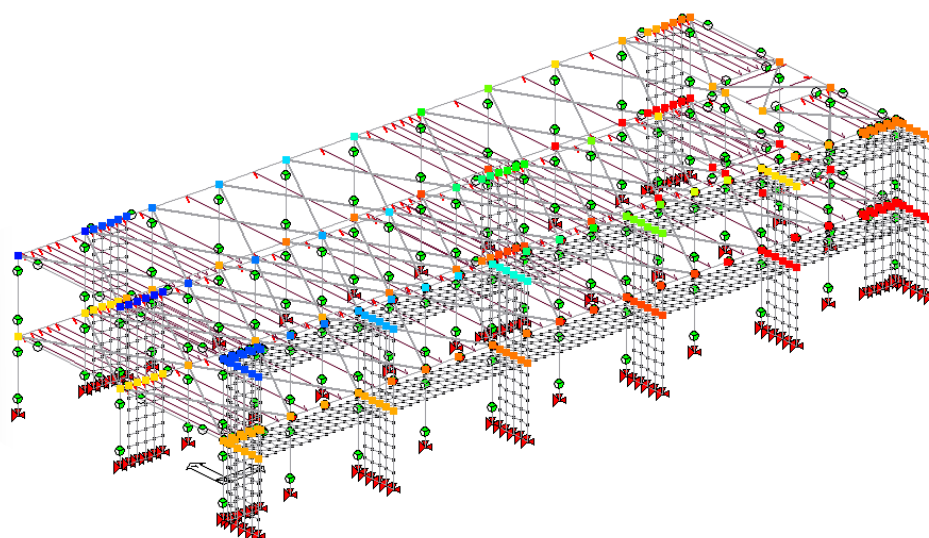
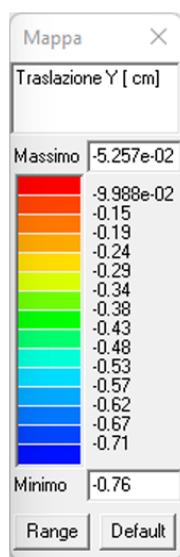
Spostamento sismico SLO – Direzione X Positiva



Spostamento sismico SLO – Direzione X Negativa



Spostamento sismico SLO – Direzione Y Positiva



Spostamento sismico SLO – Direzione Y Negativa

10.5.2. Corpo B

Di seguito viene riportata la tabella con evidenziati i periodi dei modi di vibrare della struttura, di seguito le immagini dei modi di vibrare principali nelle 2 direzioni.

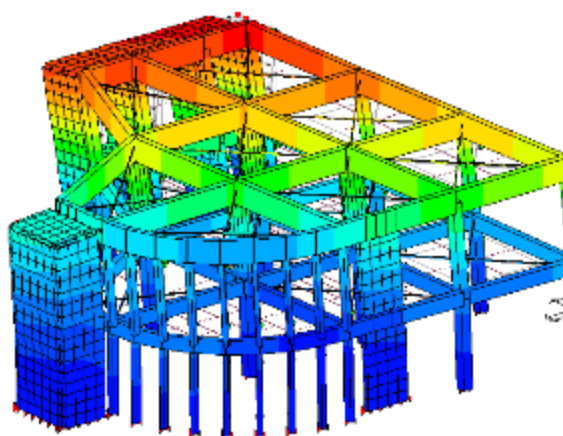
CDC	Modo	Frequen...	Periodo	X M eff...	%	Y M eff...	%	Z M eff...	%	RZ M ...	%	Energi...	Fatt. eta
7	1	4.29	0.23	12550...	25	18014...	36	0.07	0	29642...	54	0.00	1.00
7	2	4.69	0.21	17558...	35	19724...	40	0.13	0	66177...	0	0.00	1.00
7	3	6.17	0.16	52492...	10	5114.93	1	0.07	0	17568...	32	0.00	1.00
7	4	7.67	0.13	906.36	0	11869...	2	0.01	0	5688.24	0	0.00	1.00
7	5	9.28	0.11	7204.72	1	114.26	0	0.00	0	4582.75	0	0.00	1.00
7	6	10.24	0.10	2194.15	0	11550...	2	0.02	0	14741...	0	0.00	1.00
7	7	10.92	0.09	14476...	2	7.37	0	0.01	0	41114...	0	0.00	1.00
7	8	11.93	0.08	1797.98	0	240.41	0	0.01	0	77155...	1	0.00	1.00
7	9	12.62	0.08	34333...	7	19839...	4	0.00	0	12790...	2	0.00	1.00
7	10	13.91	0.07	13497...	2	23427...	4	0.03	0	10720...	1	0.00	1.00
7	11	16.32	0.06	15222...	3	4623.18	0	0.00	0	32393...	0	0.00	1.00
7	12	18.37	0.05	5076.55	1	8702.57	1	1.42	0	2732.09	0	0.00	1.00
7	13	24.39	0.04	7.01	0	230.13	0	10833...	2	8803.15	0	0.00	1.00
7	14	28.62	0.03	1.40	0	186.82	0	15321...	31	5403.00	0	0.00	1.00
7	15	35.81	0.03	4.32	0	1406.53	0	14893...	30	4184.14	0	0.00	1.00
7	16	40.37	0.02	9227.34	1	6752.96	1	10007...	2	1829.57	0	0.00	1.00
7	17	41.38	0.02	16366...	3	5194.78	1	4755.12	0	7654.63	0	0.00	1.00
7	18	69.14	0.01	0.65	0	78.37	0	12909...	26	0.00	0	0.00	1.00
8	1	4.38	0.23	5311.11	1	32719...	66	0.15	0	19267...	40	0.00	1.00
8	2	4.77	0.21	34414...	70	18768...	3	0.01	0	92027...	0	0.00	1.00
8	3	5.63	0.18	8522.60	1	29743...	6	0.12	0	13070...	27	0.00	1.00
8	4	6.74	0.15	3931.74	0	6571.15	1	0.00	0	26421...	5	0.00	1.00

Massa efficace rotazionale:
Posizione del centro di rotazione istantaneo:
Pos. X: [cm]
Pos. Y: [cm]

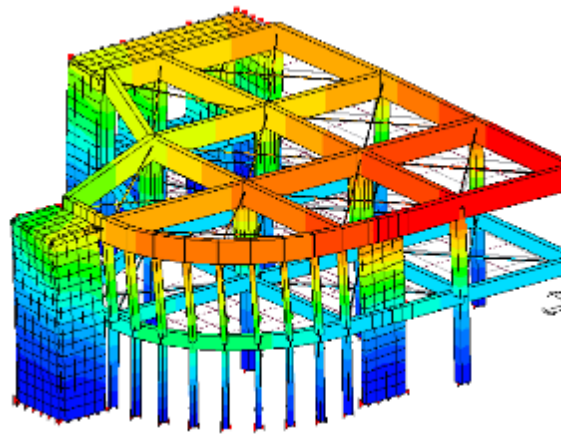
Periodi dei modi di vibrare.

La struttura presenta numerosi modi di vibrare locali, dettati dalla tecnica di modellazione del rinforzo esterno.

I modi significativi risultano essere: 1, 2.



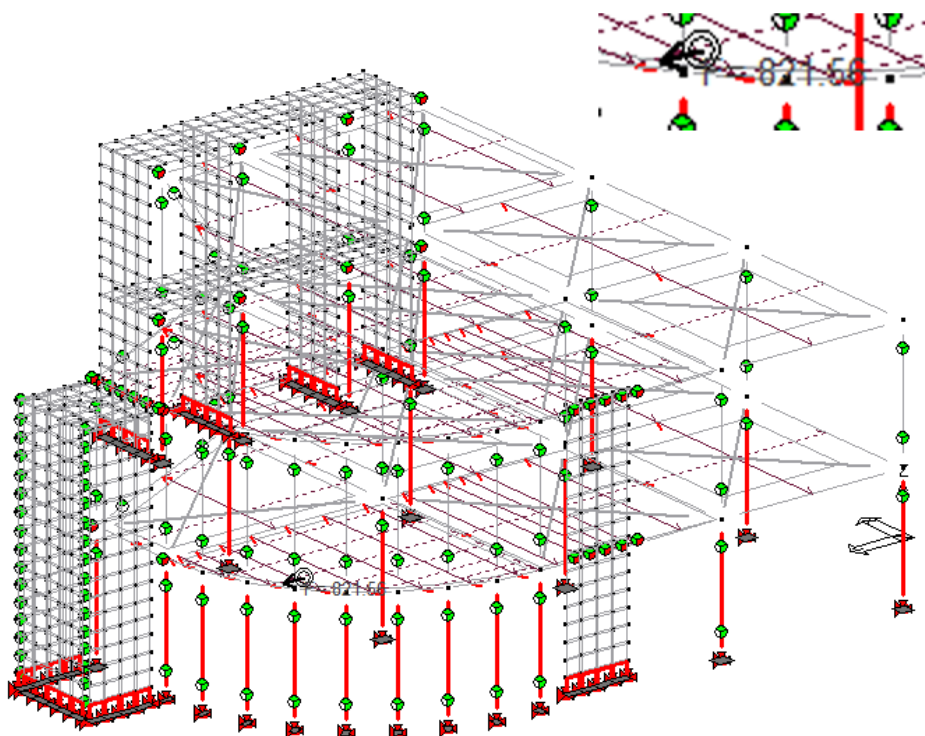
1° modo di vibrare - Principale in X



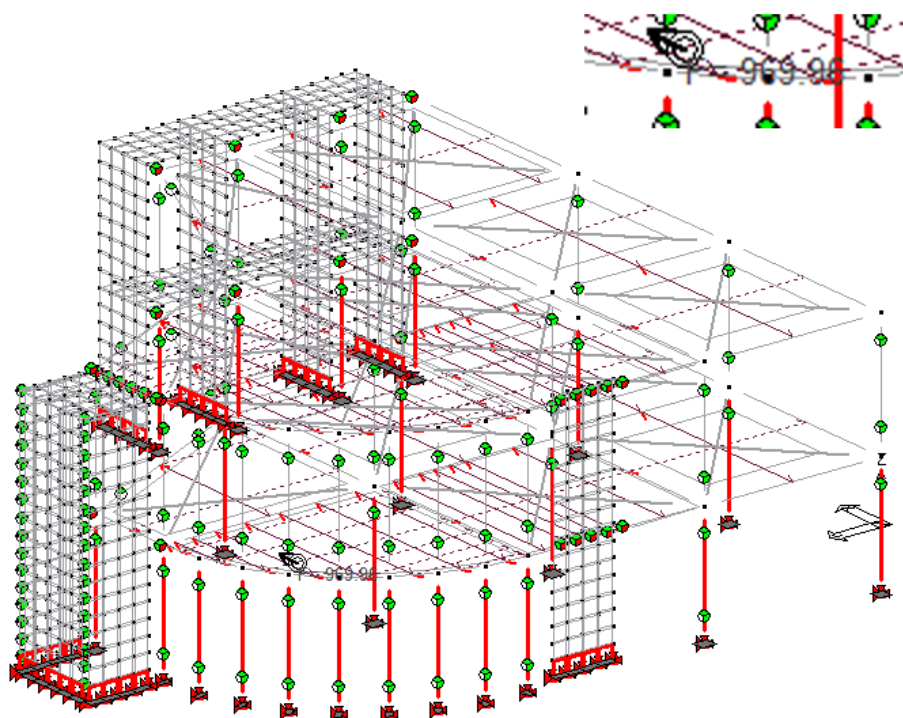
2° modo di vibrare - Principale in Y

Modi di vibrare principali – CDC 7.

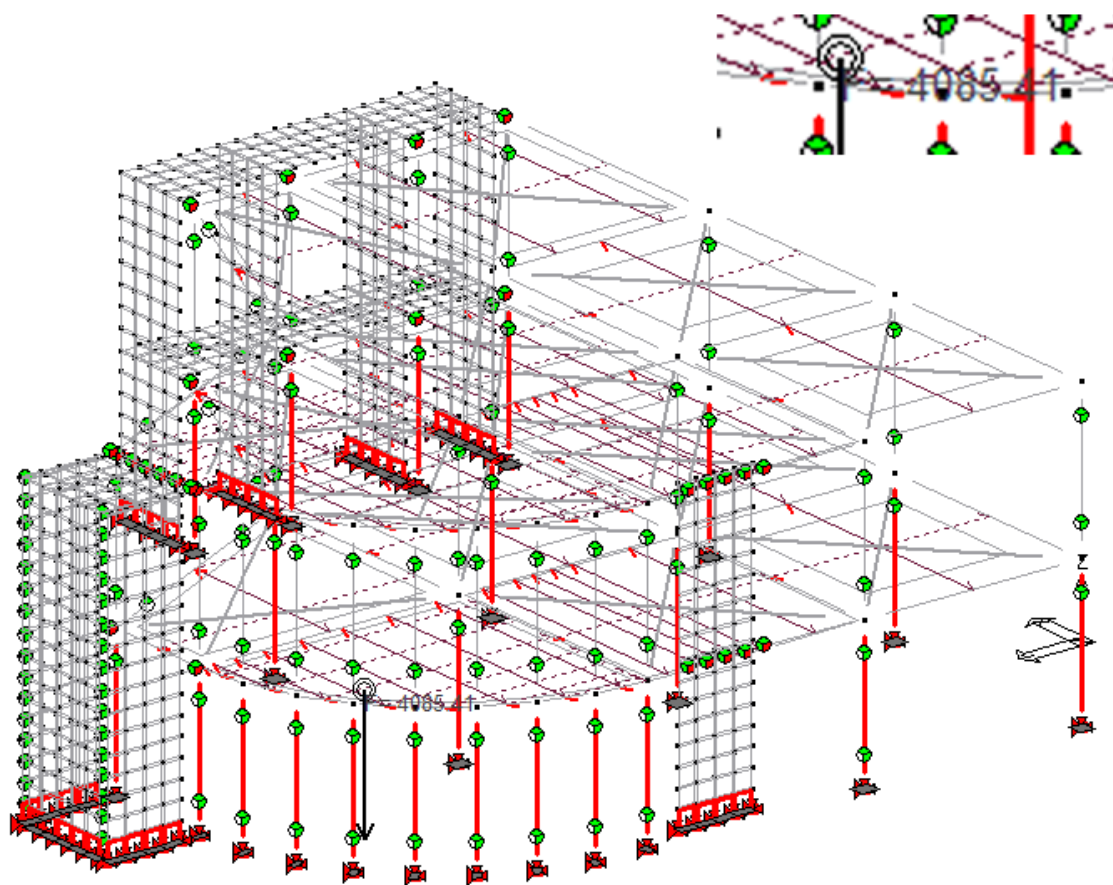
Di seguito si riportano alcune immagini relativamente al peso dell'edificio in combinazione sismica e ai tagli alla base in entrambe le direzioni.



Taglio alla base - Direzione X



Taglio alla base - Direzione Y

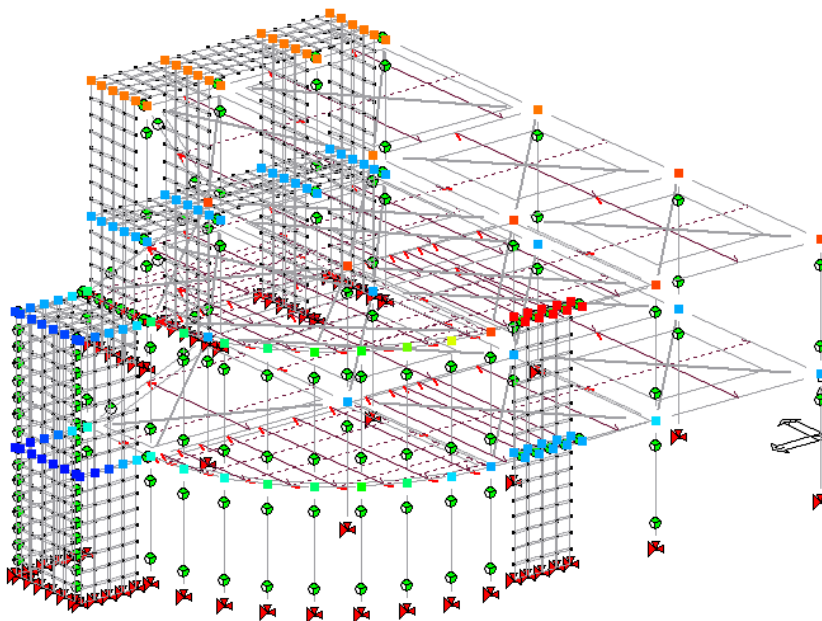
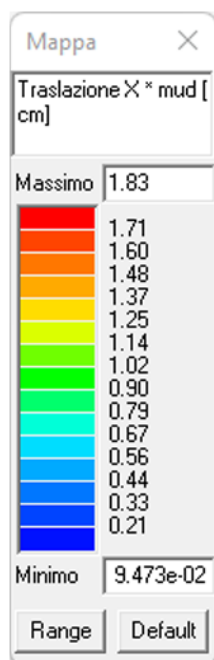


Peso dell'edificio in combinazione sismica - Direzione Z

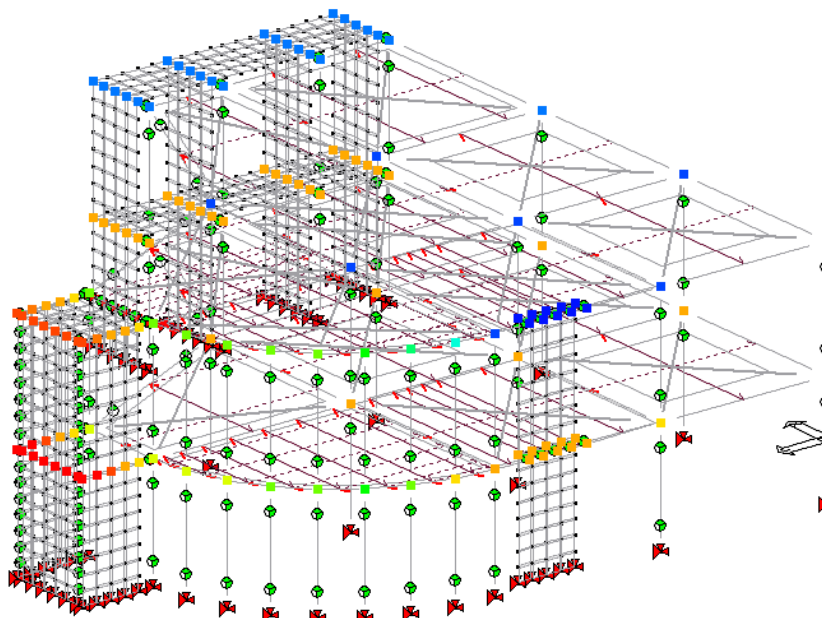
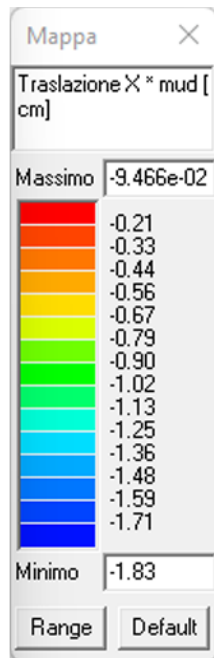
Direzione	Tipo	PRO_SAP
X	Taglio alla base	$F_X = 821,66 \text{ kN}$
Y	Taglio alla base	$F_Y = 969,96 \text{ kN}$
Z	Peso dell'edificio	$W_Z = 4.085,41 \text{ kN}$

Tabella riassuntiva modello adeguamento

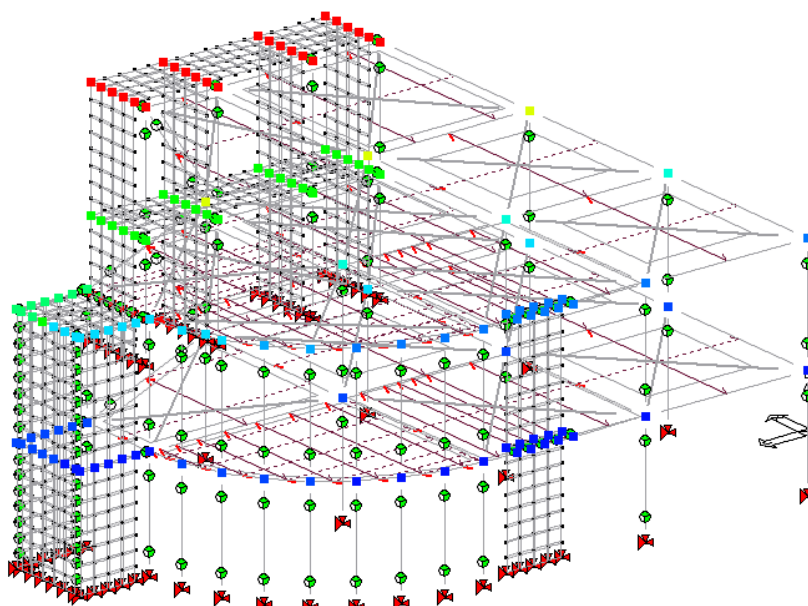
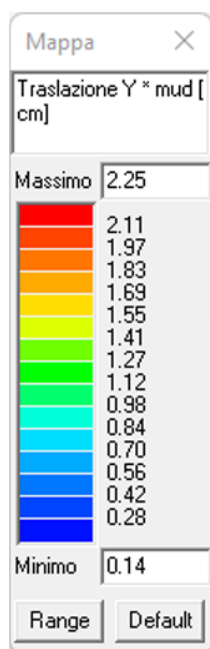
Si riportano di seguito alcune immagini relative agli spostamenti massimi nelle due direzioni e nei due versi in combinazioni SLV.



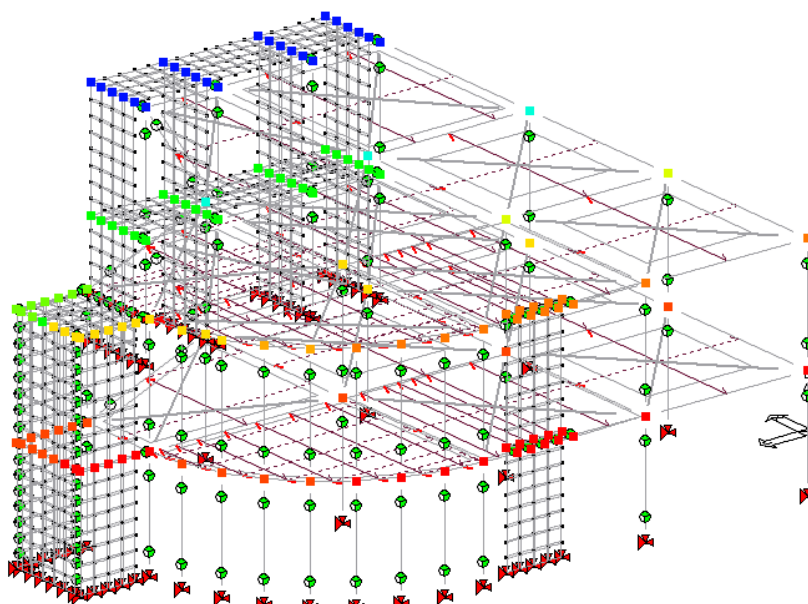
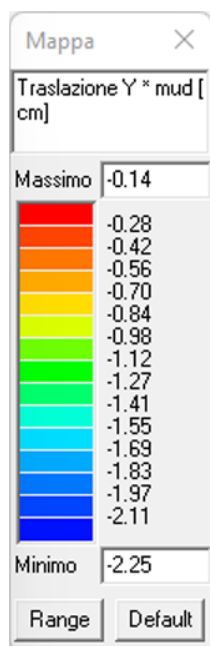
Spostamento sismico SLV – Direzione X Positiva



Spostamento sismico SLV – Direzione X Negativa



Spostamento sismico SLV – Direzione Y Positiva



Spostamento sismico SLV – Direzione Y Negativa

Come si può osservare, gli spostamenti massimi all'SLV sono dell'ordine di 2,25 cm. Essendo gli spostamenti molto contenuti, si garantisce che anche i limitati giunti strutturali esistenti, siano sufficienti ad evitare fenomeni di martellamento

Per quanto riguarda gli stati limite di esercizio, viene effettuata una verifica degli spostamenti in caso di azione sismica, in accordo a quanto evidenziato nel paragrafo C8.7.2.1 della Circolare 2019 come prescritto al §7.3.6.1 per gli edifici nuovi.

Per le CU I e II ci si riferisce allo *SLD* (v. Tab. 7.3.III) e deve essere:

a) per tamponature collegate rigidamente alla struttura, che interferiscono con la deformabilità della stessa:

$$qd_r \leq 0,0050 \cdot h \quad \text{per tamponature fragili} \quad [7.3.11a]$$

$$qd_r \leq 0,0075 \cdot h \quad \text{per tamponature duttili} \quad [7.3.11b]$$

b) per tamponature progettate in modo da non subire danni a seguito di spostamenti d'interpiano d_{rp} , per effetto della loro deformabilità intrinseca oppure dei collegamenti alla struttura:

$$qd_r \leq d_{rp} \leq 0,0100 \cdot h \quad [7.3.12]$$

c) per costruzioni con struttura portante di muratura ordinaria

$$qd_r \leq 0,0020 \cdot h \quad [7.3.13]$$

d) per costruzioni con struttura portante di muratura armata

$$qd_r \leq 0,0030 \cdot h \quad [7.3.14]$$

e) per costruzioni con struttura portante di muratura confinata

$$qd_r \leq 0,0025 \cdot h \quad [7.3.15]$$

dove:

d_r è lo spostamento di interpiano, cioè la differenza tra gli spostamenti del solaio superiore e del solaio inferiore, calcolati, nel caso di analisi lineare, secondo il § 7.3.3.3 o, nel caso di analisi non lineare, secondo il § 7.3.4, sul modello di calcolo non comprensivo delle tamponature,

h è l'altezza del piano.

Per le CU III e IV ci si riferisce allo *SLO* (v. Tab. 7.3.III) e gli spostamenti d'interpiano devono essere inferiori ai 2/3 dei limiti in precedenza indicati.

In caso di coesistenza di diversi tipi di tamponamento o struttura portante nel medesimo piano della costruzione, deve essere assunto il limite di spostamento più restrittivo. Qualora gli spostamenti di interpiano siano superiori a $0,005 \cdot h$ (caso b), le verifiche della capacità di spostamento degli elementi non strutturali vanno estese a tutte le tamponature, alle tramezzature interne ed agli impianti.

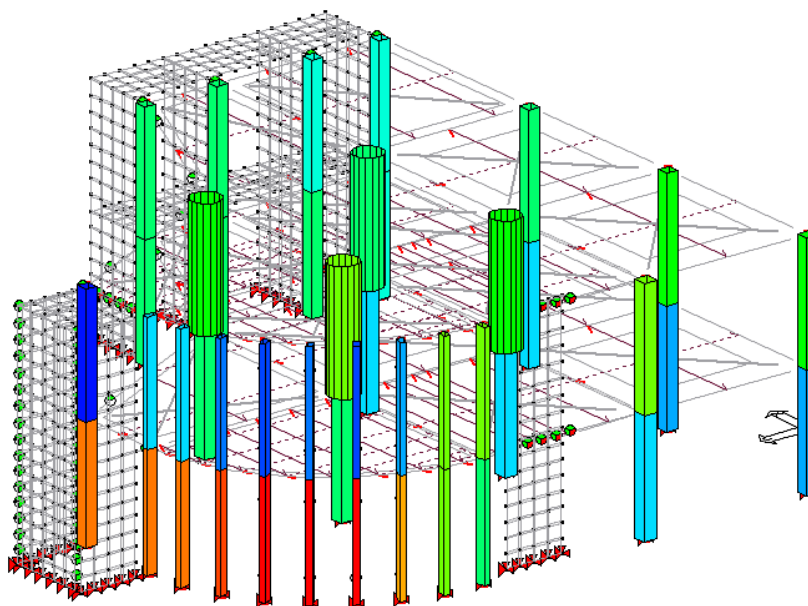
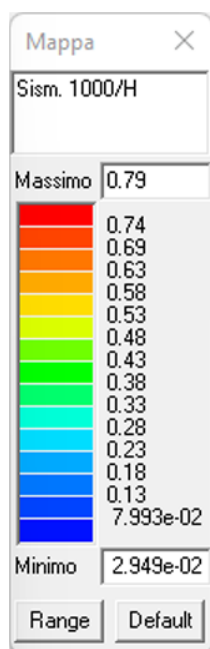
Il limite di spostamento utilizzato nel caso in esame è dunque pari a:

$$qd_r \leq 0,0050 \cdot h \quad SLD$$

da cui:

$$d_r \leq \frac{2}{3} \cdot 0,0050 \cdot \frac{h}{q} \quad SLO \quad \text{ovvero} \quad d_r \leq 0,0033 \cdot \frac{h}{q} \quad SLO$$

Il programma fornisce la verifica normalizzata rispetto ad H degli elementi e moltiplicata di un fattore 1000. La verifica è dunque soddisfatta se il valore massimo è inferiore a 3,33

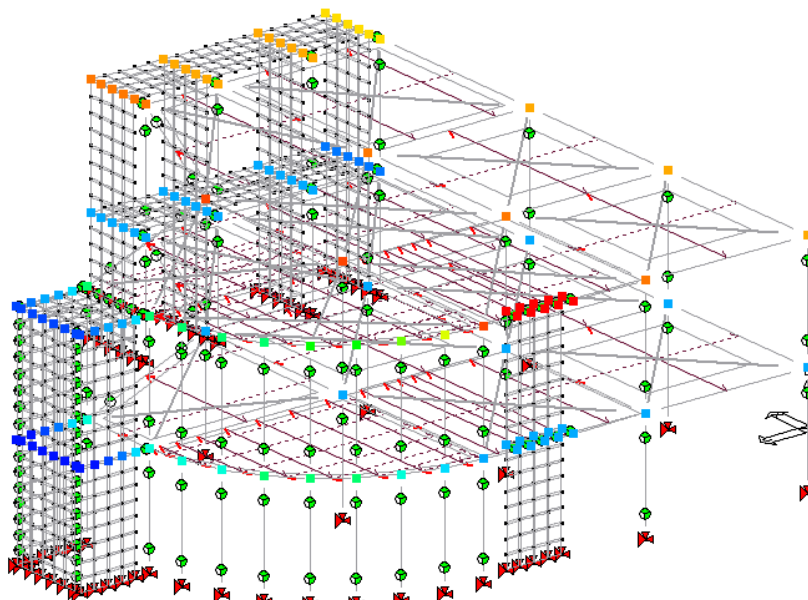
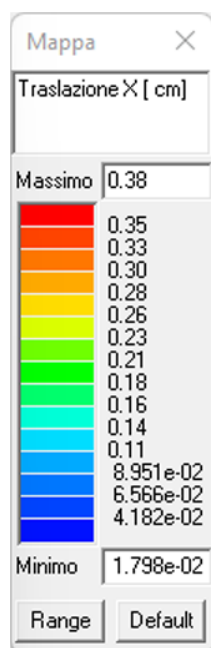


Verifica 1000/H – Pilastri

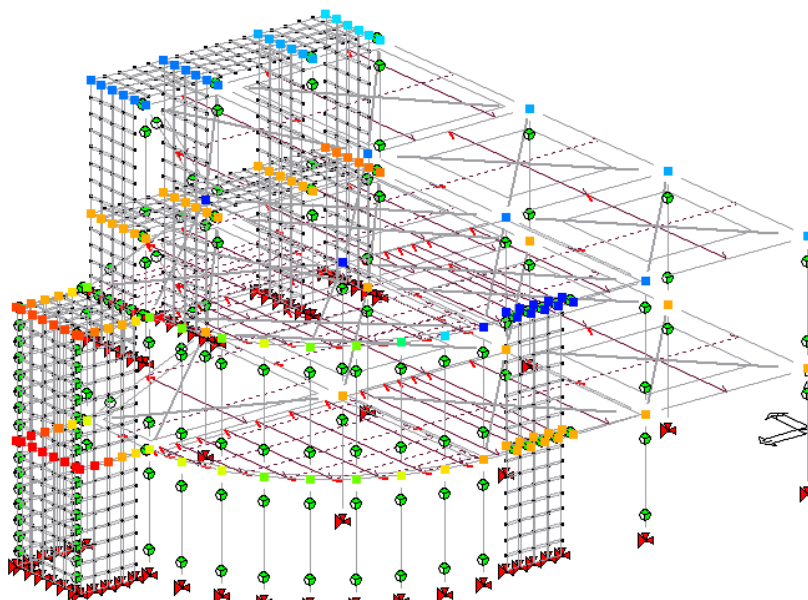
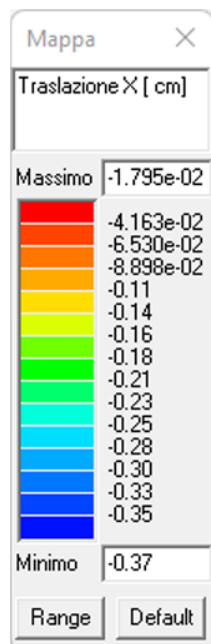
Come si può osservare, l'indice di verifica è inferiore/pari al limite di verifica.

Verifica Drift: $0,79 < 3,33$

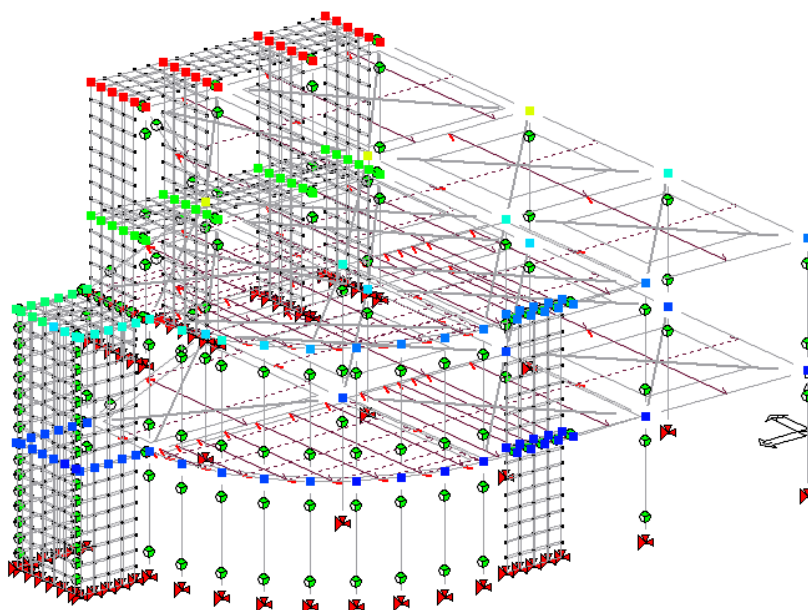
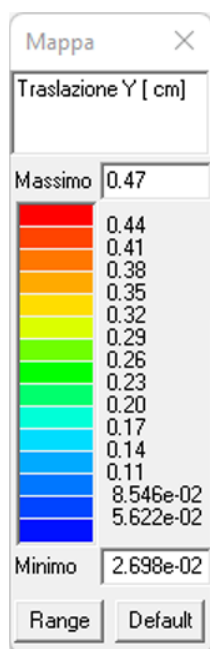
Si riportano inoltre alcune immagini relative agli spostamenti massimi nelle due direzioni e nei due versi in combinazioni SLO.



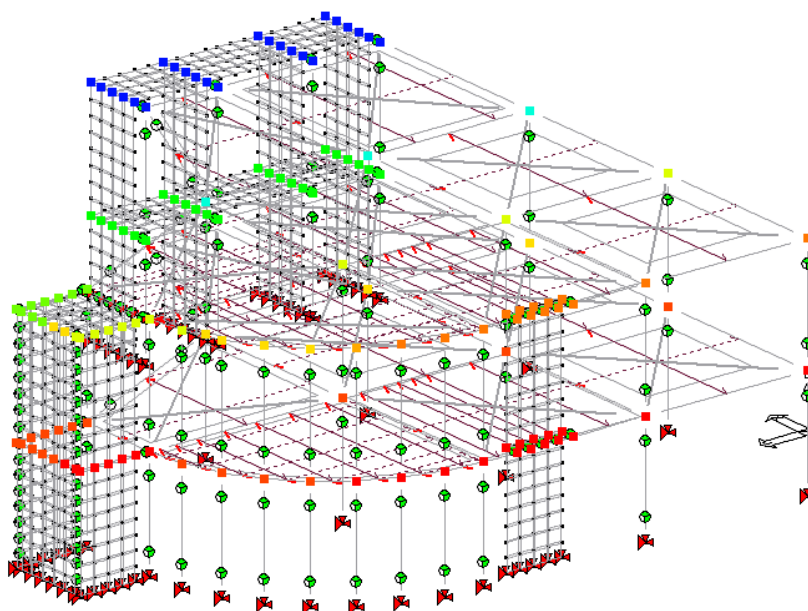
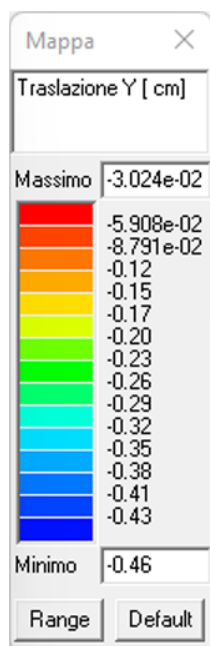
Spostamento sismico SLO – Direzione X Positiva



Spostamento sismico SLO – Direzione X Negativa



Spostamento sismico SLO – Direzione Y Positiva



Spostamento sismico SLO – Direzione Y Negativa

10.5.3. Corpo D

Di seguito viene riportata la tabella con evidenziati i periodi dei modi di vibrare della struttura, di seguito le immagini dei modi di vibrare principali nelle 2 direzioni.

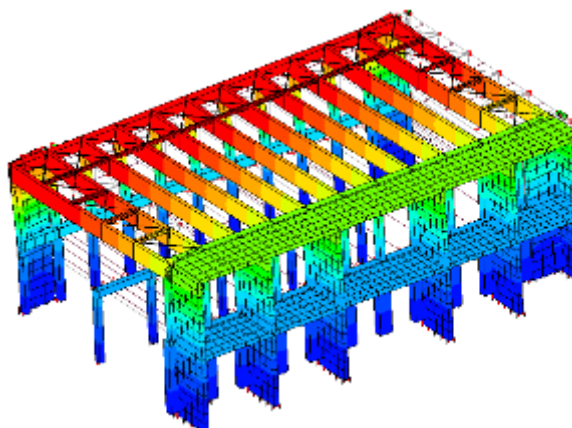
CDC	Modo	Frequen...	Periodo	X M eff...	%	Y M eff...	%	Z M eff...	%	RZ M ...	%	Energi...	Fatt. eta
7	1	3.04	0.33	43360...	71	0.01	0	0.00	0	57720...	1	0.00	1.00
7	2	3.89	0.26	0.01	0	45657...	75	345.09	0	0.56	0	0.00	1.00
7	3	4.43	0.23	19745...	3	0.00	0	0.00	0	32994...	73	0.00	1.00
7	4	6.13	0.16	18206...	2	0.00	0	0.01	0	55345...	1	0.00	1.00
7	5	7.07	0.14	0.00	0	1833.03	0	57265...	9	0.00	0	0.00	1.00
7	6	8.36	0.12	5144.39	0	0.01	0	0.00	0	18754...	0	0.00	1.00
7	7	8.90	0.11	0.01	0	4351.64	0	43209...	7	0.15	0	0.00	1.00
7	8	9.49	0.11	1.69	0	1248.33	0	6832.25	1	12.95	0	0.00	1.00
7	9	10.56	0.09	14.08	0	0.35	0	5541.88	0	74.98	0	0.00	1.00
7	10	11.27	0.09	30.14	0	5140.01	0	816.10	0	49.15	0	0.00	1.00
7	11	11.76	0.09	10494...	17	2.61	0	0.56	0	7714.03	0	0.00	1.00
7	12	13.53	0.07	81.60	0	1083.80	0	1071.19	0	20.29	0	0.00	1.00
7	13	14.92	0.07	2.33	0	11270...	18	1560.57	0	50.48	0	0.00	1.00
7	14	16.54	0.06	21282...	3	11.06	0	1.62	0	97496...	0	0.00	1.00
7	15	24.41	0.04	6.67	0	1185.25	0	24673...	4	7126.70	0	0.00	1.00
7	16	28.15	0.04	8.79	0	3360.66	0	47620...	7	10780...	0	0.00	1.00
7	17	39.87	0.03	2.53	0	17001...	2	22784...	3	5529.92	0	0.00	1.00
7	18	46.92	0.02	1.20	0	569.67	0	32326...	53	0.00	0	0.00	1.00
8	1	3.15	0.32	46547...	76	0.00	0	0.00	0	15499...	3	0.00	1.00
8	2	3.89	0.26	0.00	0	45656...	75	345.09	0	1.57	0	0.00	1.00
8	3	4.36	0.23	250.79	0	0.01	0	0.00	0	31824...	70	0.00	1.00
8	4	6.09	0.16	4118.05	0	0.00	0	0.00	0	82961...	1	0.00	1.00

Massa efficace rotazionale:
Posizione del centro di rotazione istantaneo:
Pos. X: [cm]
Pos. Y: [cm]

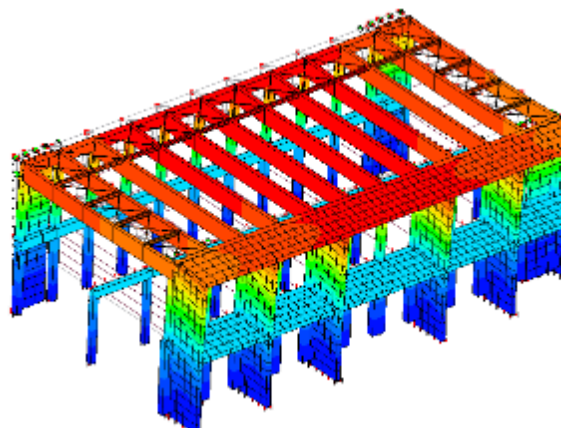
Periodi dei modi di vibrare.

La struttura presenta numerosi modi di vibrare locali, dettati dalla tecnica di modellazione del rinforzo esterno.

I modi significativi risultano essere: 1, 2, 11, 13.



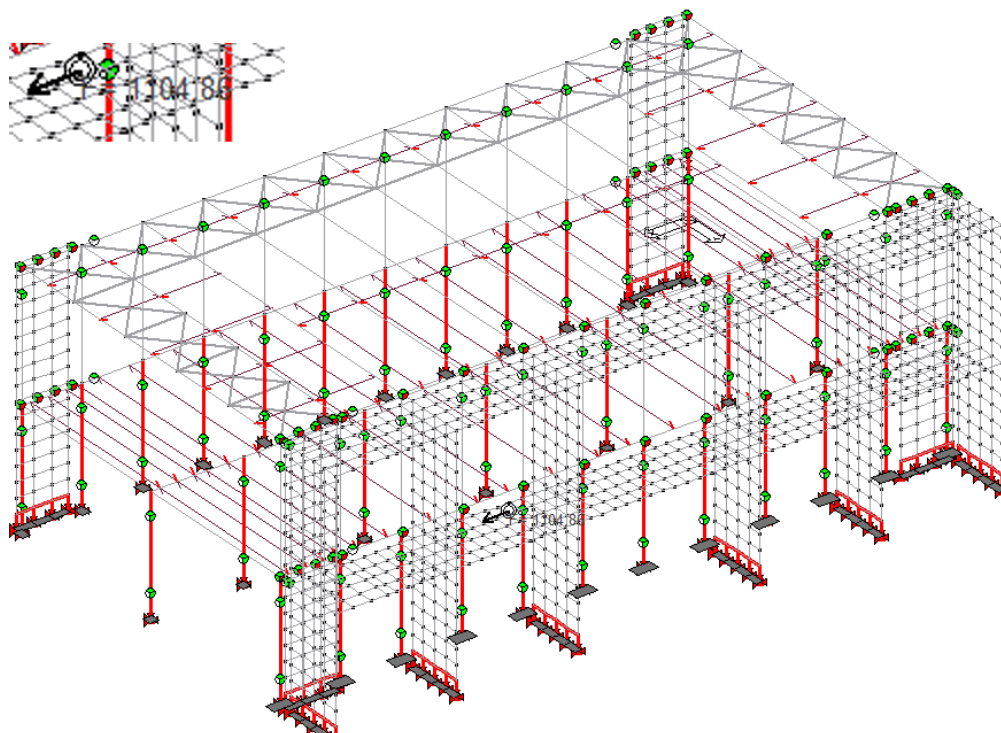
1° modo di vibrare - Principale in X



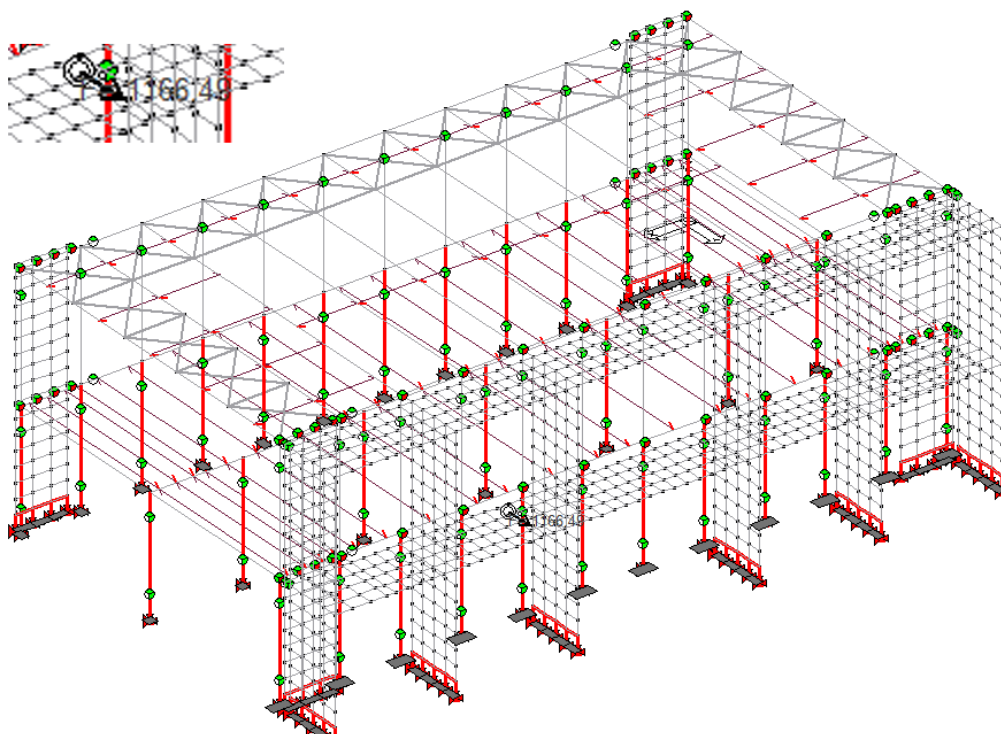
2° modo di vibrare - Principale in Y

Modi di vibrare principali – CDC 7.

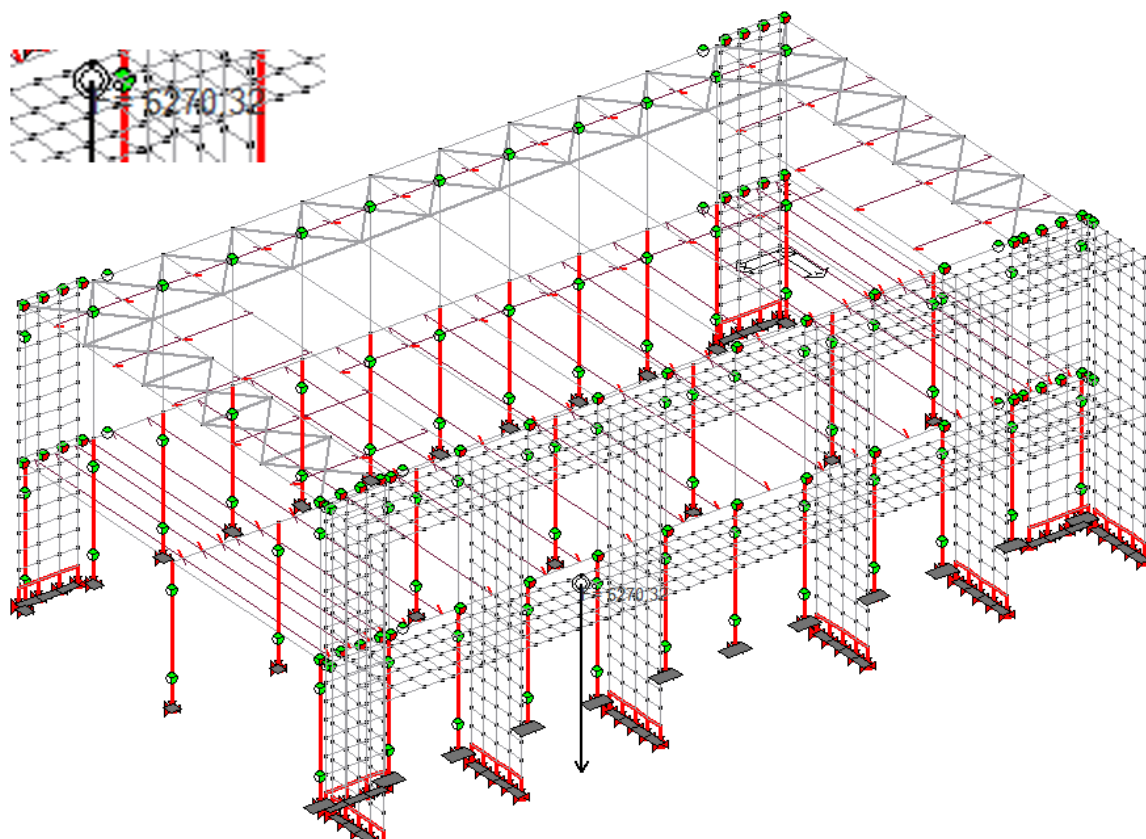
Di seguito si riportano alcune immagini relativamente al peso dell'edificio in combinazione sismica e ai tagli alla base in entrambe le direzioni.



Taglio alla base - Direzione X



Taglio alla base - Direzione Y

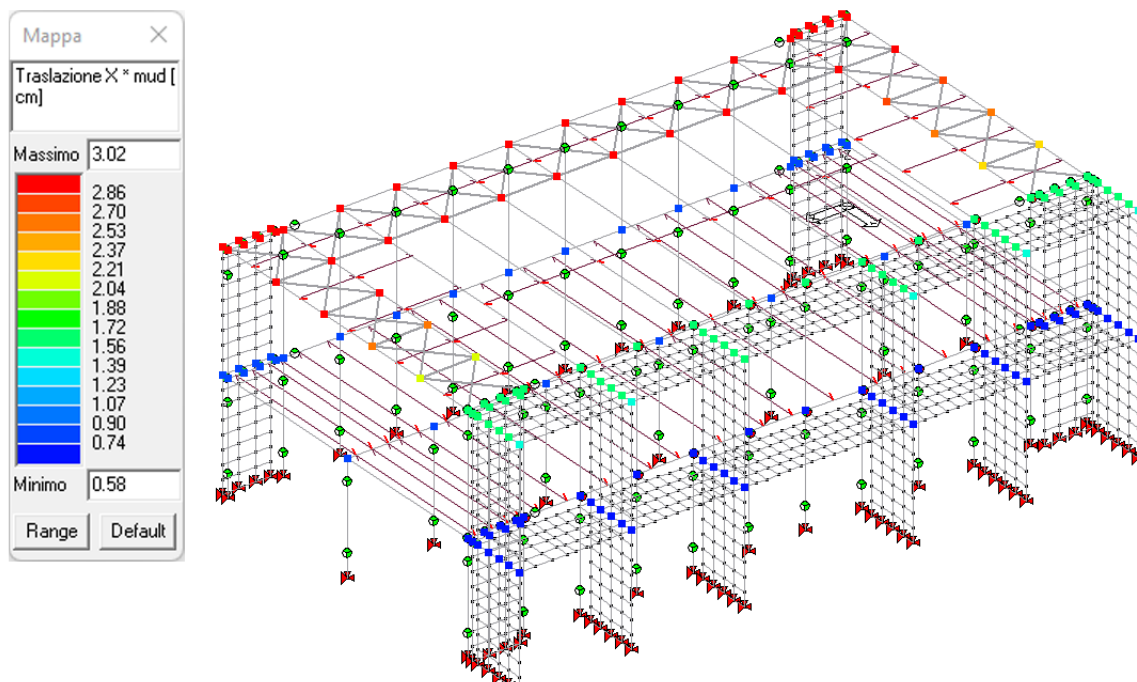


Peso dell'edificio in combinazione sismica - Direzione Z

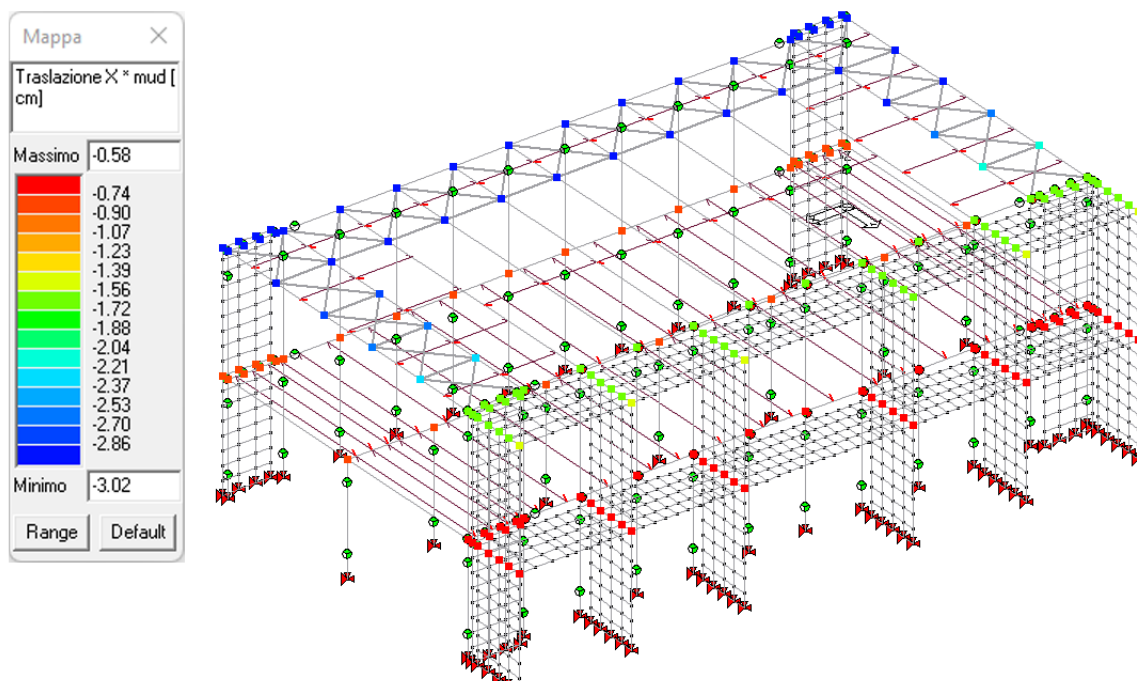
Direzione	Tipo	PRO_SAP
X	Taglio alla base	$F_X = 1.104,86 \text{ kN}$
Y	Taglio alla base	$F_Y = 1.166,49 \text{ kN}$
Z	Peso dell'edificio	$W_Z = 6.270,32 \text{ kN}$

Tabella riassuntiva modello adeguamento

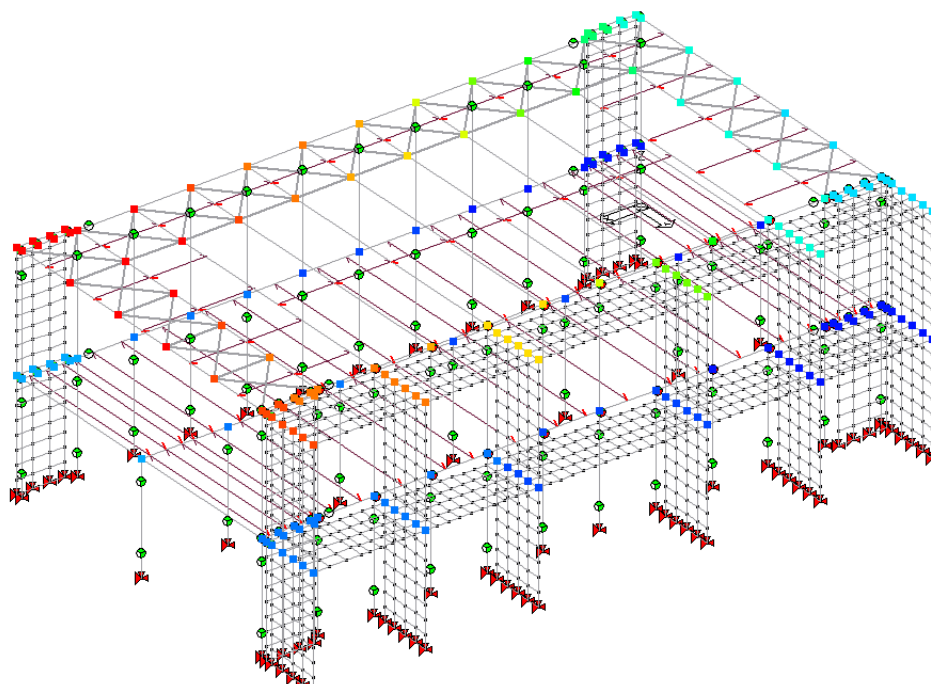
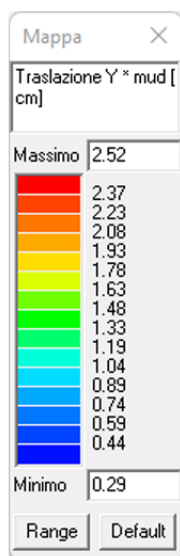
Si riportano di seguito alcune immagini relative agli spostamenti massimi nelle due direzioni e nei due versi in combinazioni SLV.



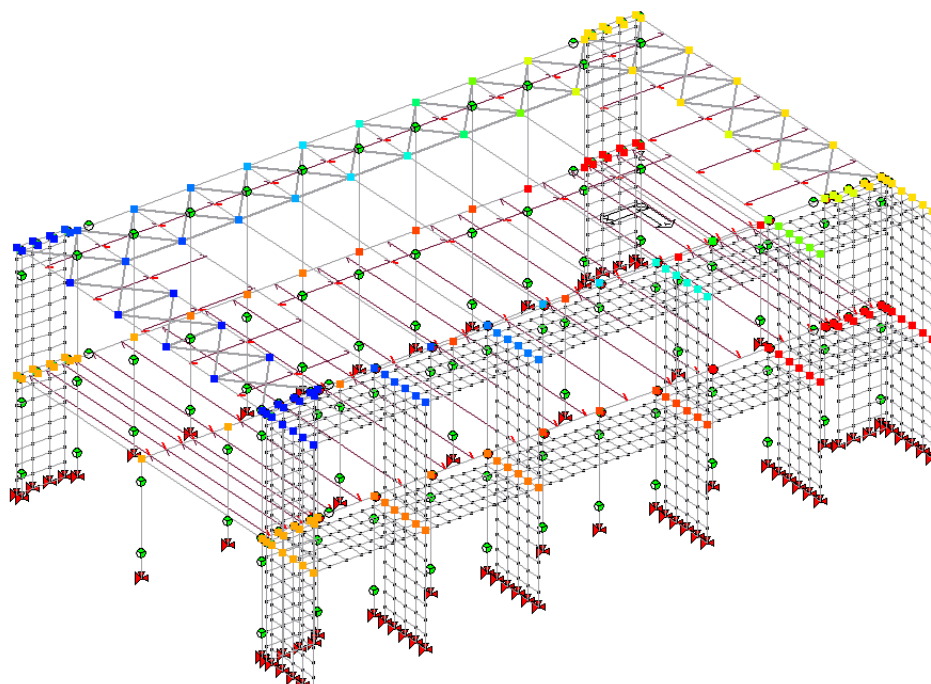
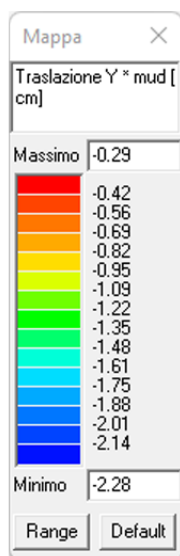
Spostamento sismico SLV – Direzione X Positiva



Spostamento sismico SLV – Direzione X Negativa



Spostamento sismico SLV – Direzione Y Positiva



Spostamento sismico SLV – Direzione Y Negativa

Come si può osservare, gli spostamenti massimi all'SLV sono dell'ordine di 3,02 cm. Essendo gli spostamenti molto contenuti, si garantisce che anche i limitati giunti strutturali esistenti, siano sufficienti ad evitare fenomeni di martellamento.

Per quanto riguarda gli stati limite di esercizio, viene effettuata una verifica degli spostamenti in caso di azione sismica, in accordo a quanto evidenziato nel paragrafo C8.7.2.1 della Circolare 2019 come prescritto al §7.3.6.1 per gli edifici nuovi.

Per le CU I e II ci si riferisce allo *SLD* (v. Tab. 7.3.III) e deve essere:

a) per tamponature collegate rigidamente alla struttura, che interferiscono con la deformabilità della stessa:

$$qd_r \leq 0,0050 \cdot h \quad \text{per tamponature fragili} \quad [7.3.11a]$$

$$qd_r \leq 0,0075 \cdot h \quad \text{per tamponature duttili} \quad [7.3.11b]$$

b) per tamponature progettate in modo da non subire danni a seguito di spostamenti d'interpiano d_{ep} , per effetto della loro deformabilità intrinseca oppure dei collegamenti alla struttura:

$$qd_r \leq d_{ep} \leq 0,0100 \cdot h \quad [7.3.12]$$

c) per costruzioni con struttura portante di muratura ordinaria

$$qd_r \leq 0,0020 \cdot h \quad [7.3.13]$$

d) per costruzioni con struttura portante di muratura armata

$$qd_r \leq 0,0030 \cdot h \quad [7.3.14]$$

e) per costruzioni con struttura portante di muratura confinata

$$qd_r \leq 0,0025 \cdot h \quad [7.3.15]$$

dove:

d_r è lo spostamento di interpiano, cioè la differenza tra gli spostamenti del solaio superiore e del solaio inferiore, calcolati, nel caso di analisi lineare, secondo il § 7.3.3.3 o, nel caso di analisi non lineare, secondo il § 7.3.4, sul modello di calcolo non comprensivo delle tamponature,

h è l'altezza del piano.

Per le CU III e IV ci si riferisce allo *SLO* (v. Tab. 7.3.III) e gli spostamenti d'interpiano devono essere inferiori ai 2/3 dei limiti in precedenza indicati.

In caso di coesistenza di diversi tipi di tamponamento o struttura portante nel medesimo piano della costruzione, deve essere assunto il limite di spostamento più restrittivo. Qualora gli spostamenti di interpiano siano superiori a $0,005 \cdot h$ (caso b), le verifiche della capacità di spostamento degli elementi non strutturali vanno estese a tutte le tamponature, alle tramezzature interne ed agli impianti.

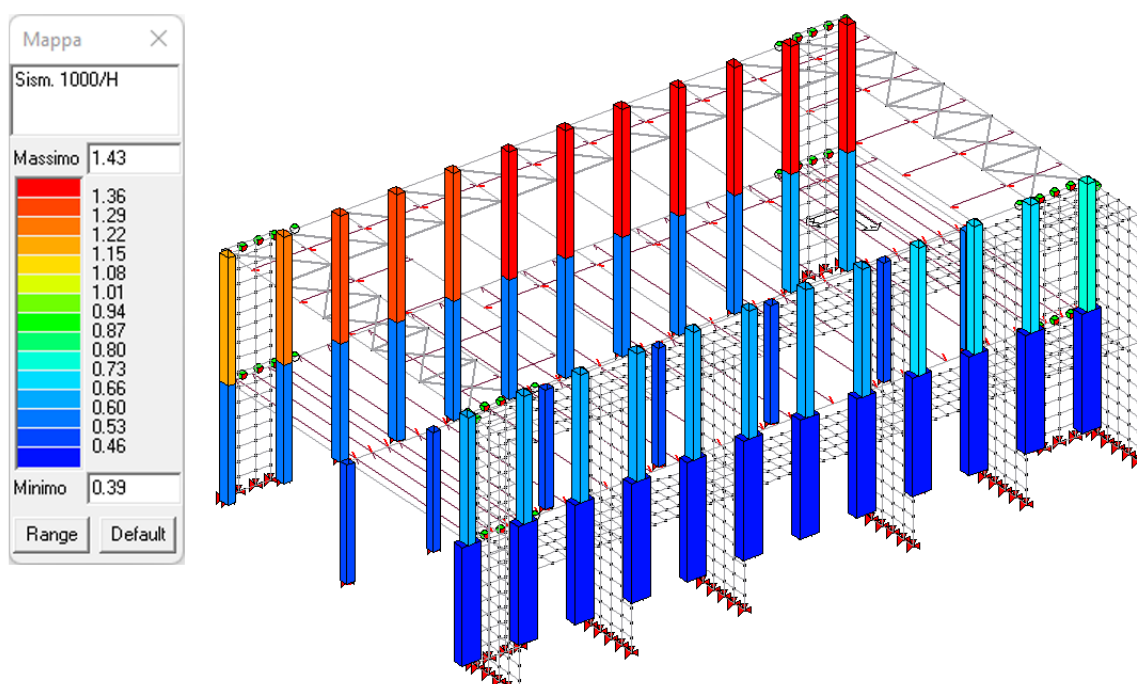
Il limite di spostamento utilizzato nel caso in esame è dunque pari a:

$$qd_r \leq 0,0050 \cdot h \quad SLD$$

da cui:

$$d_r \leq \frac{2}{3} \cdot 0,0050 \cdot \frac{h}{q} \quad SLO \quad \text{ovvero} \quad d_r \leq 0,0033 \cdot \frac{h}{q} \quad SLO$$

Il programma fornisce la verifica normalizzata rispetto ad H degli elementi e moltiplicata di un fattore 1000. La verifica è dunque soddisfatta se il valore massimo è inferiore a 3,33

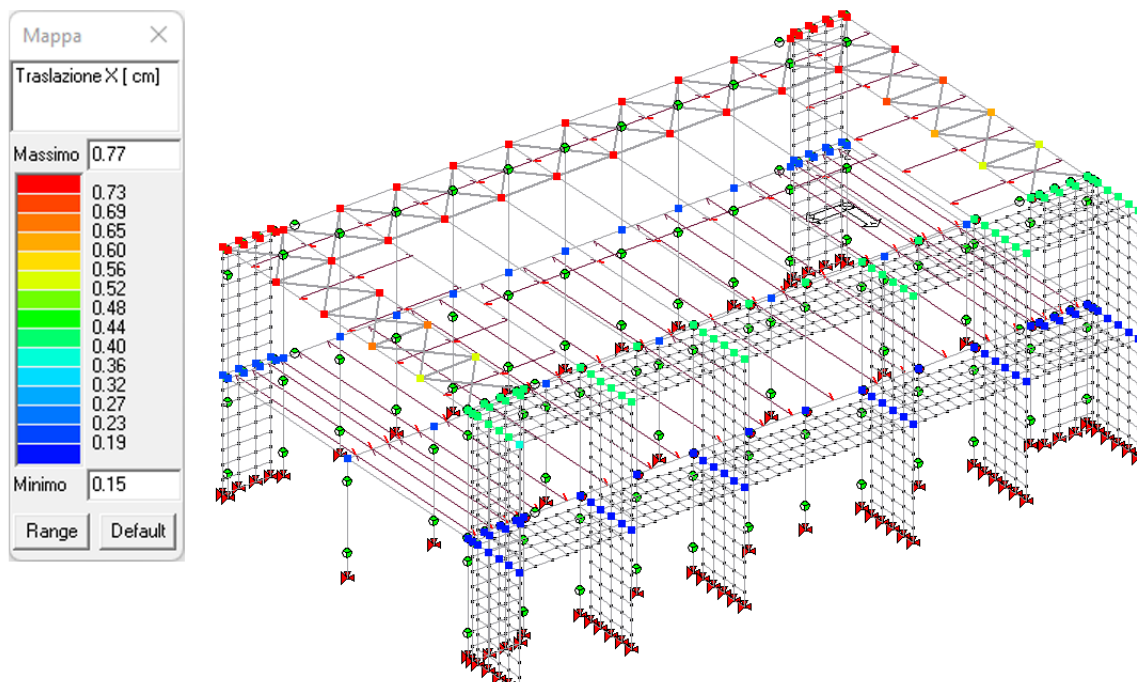


Verifica 1000/H – Pilastri

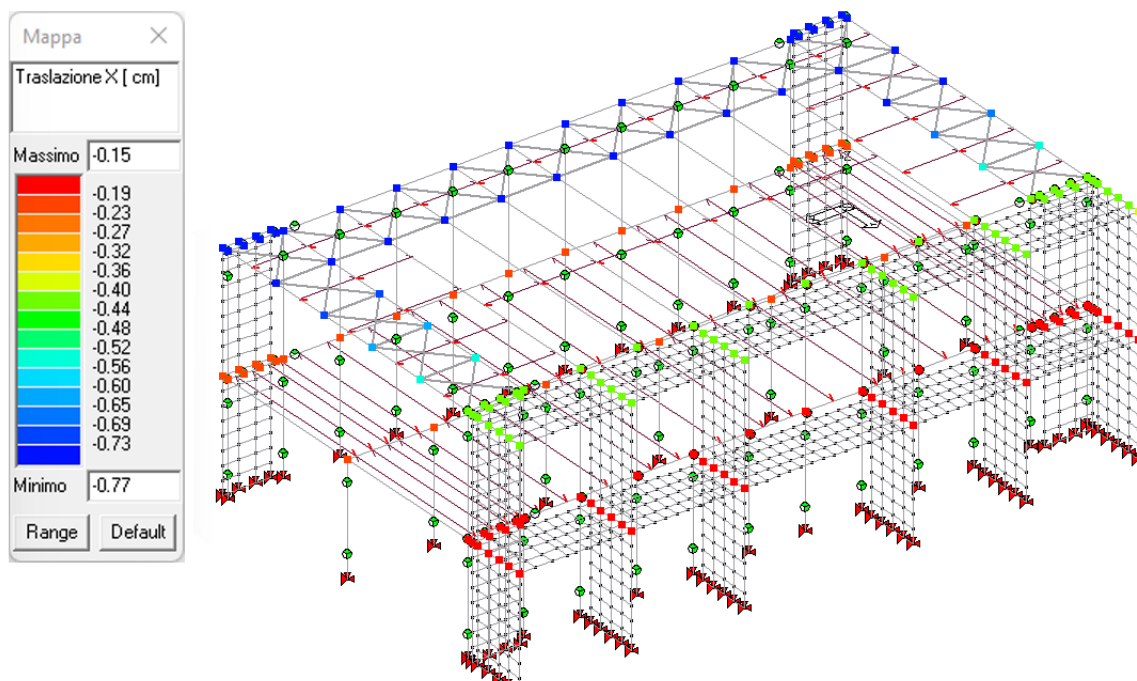
Come si può osservare, l'indice di verifica è inferiore/pari al limite di verifica.

Verifica Drift: $1,43 < 3,33$

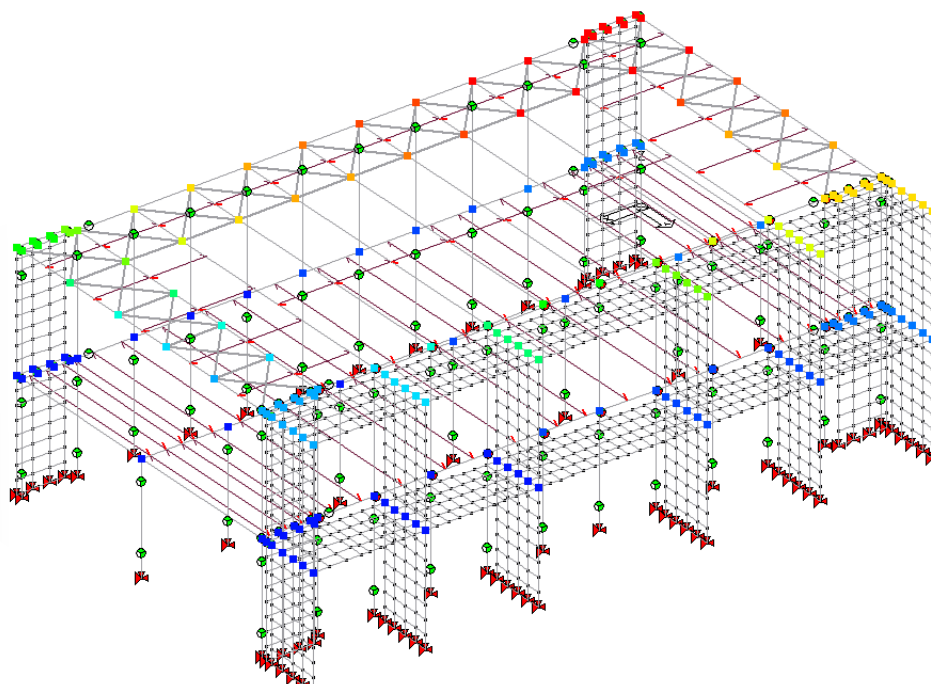
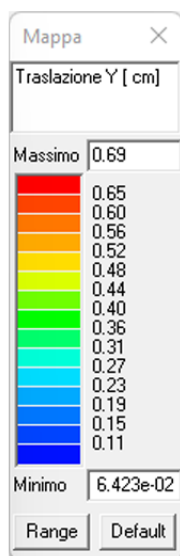
Si riportano inoltre alcune immagini relative agli spostamenti massimi nelle due direzioni e nei due versi in combinazioni SLO.



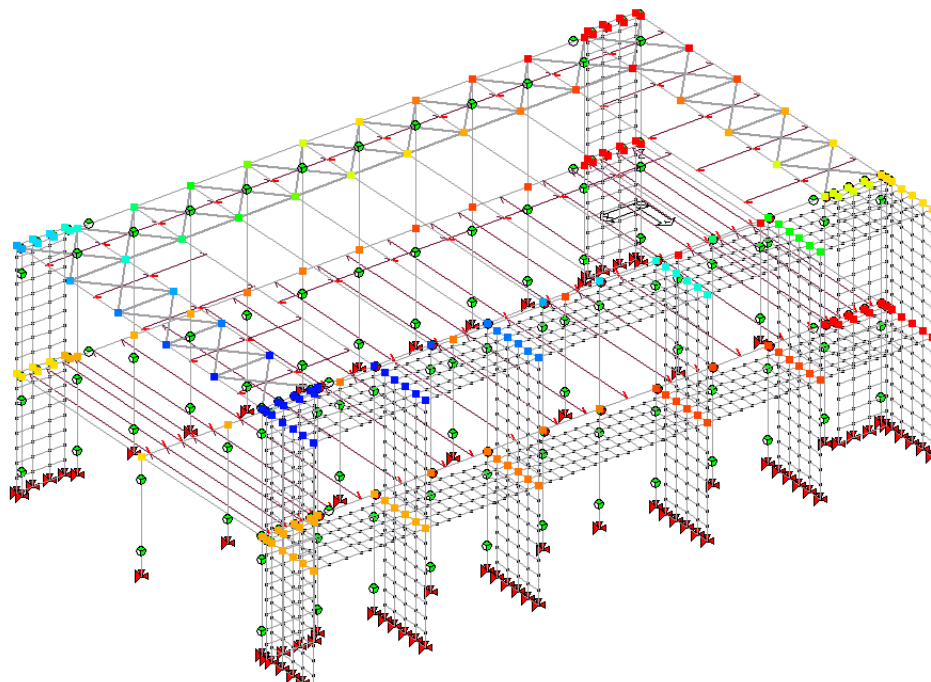
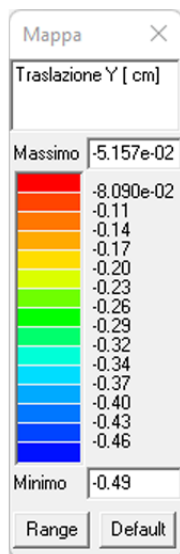
Spostamento sismico SLO – Direzione X Positiva



Spostamento sismico SLO – Direzione X Negativa



Spostamento sismico SLO – Direzione Y Positiva



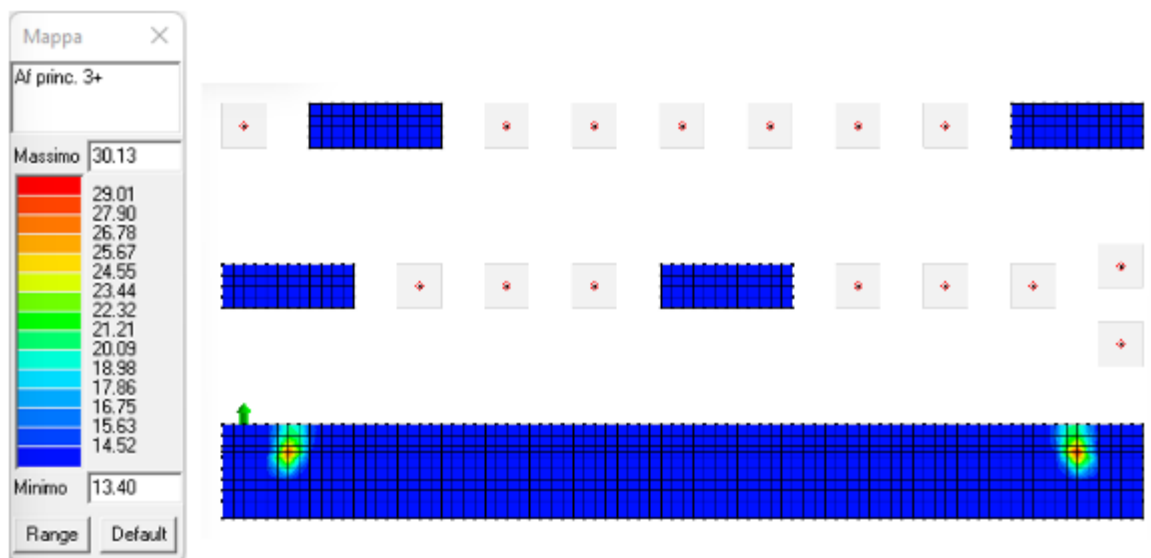
Spostamento sismico SLO – Direzione Y Negativa

11. RELAZIONE SULLE OPERE DI FONDAZIONE

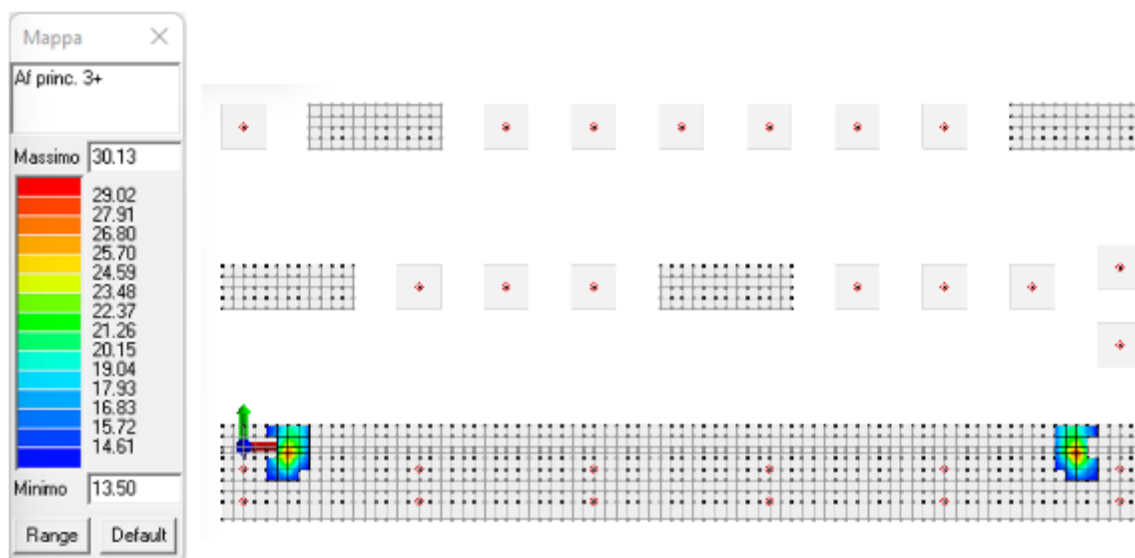
11.1. Platee di fondazione – Verifica Struttura

11.1.1. Corpo A

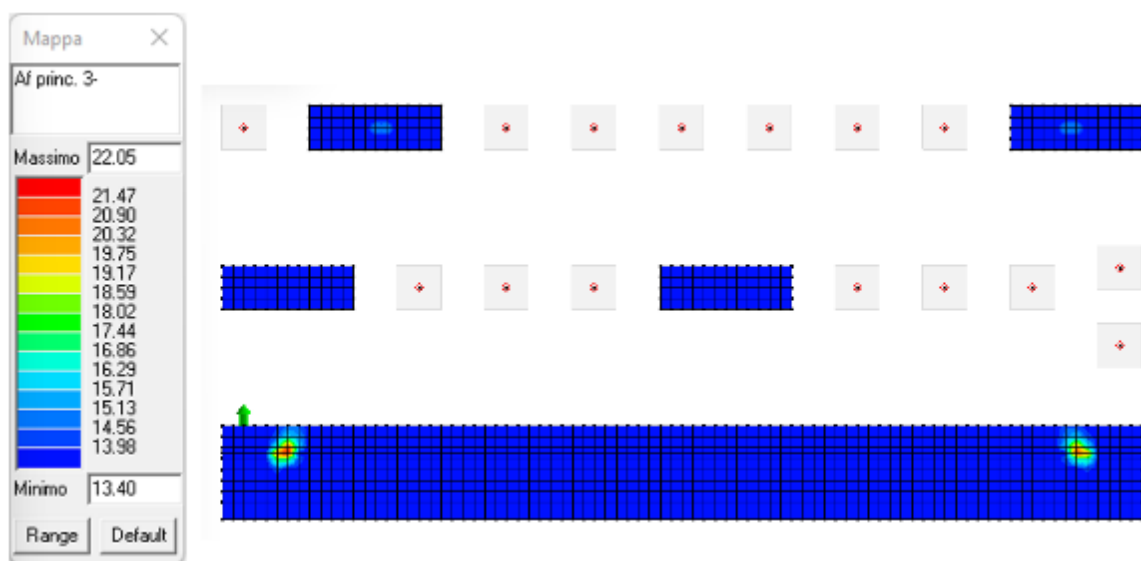
Si riporta di seguito l'armatura delle platee inserita nel modello gli elaborati grafici strutturali.



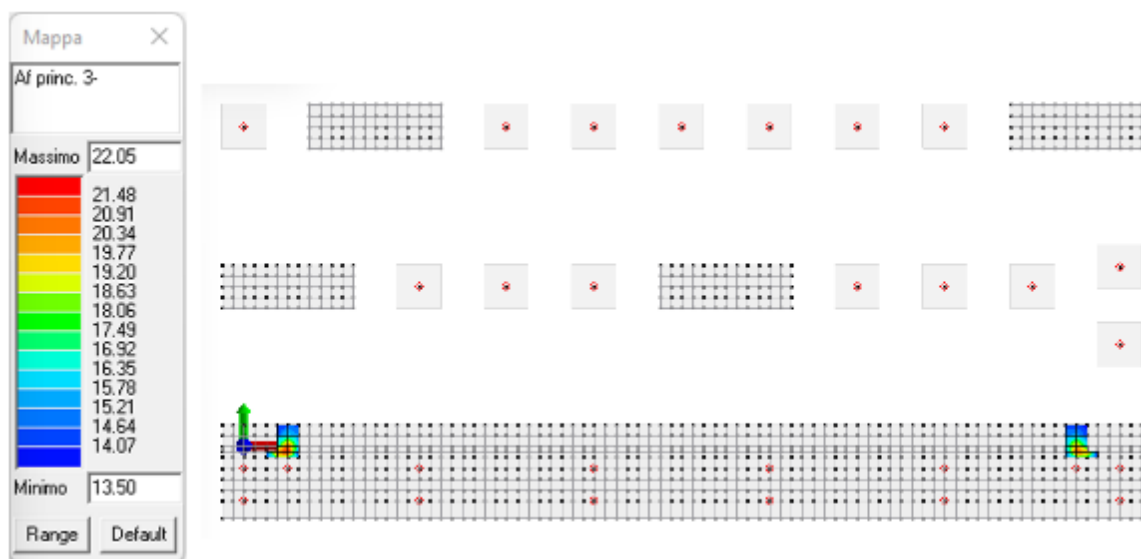
Area armatura longitudinale al positivo – Sezione Tipo – Platea



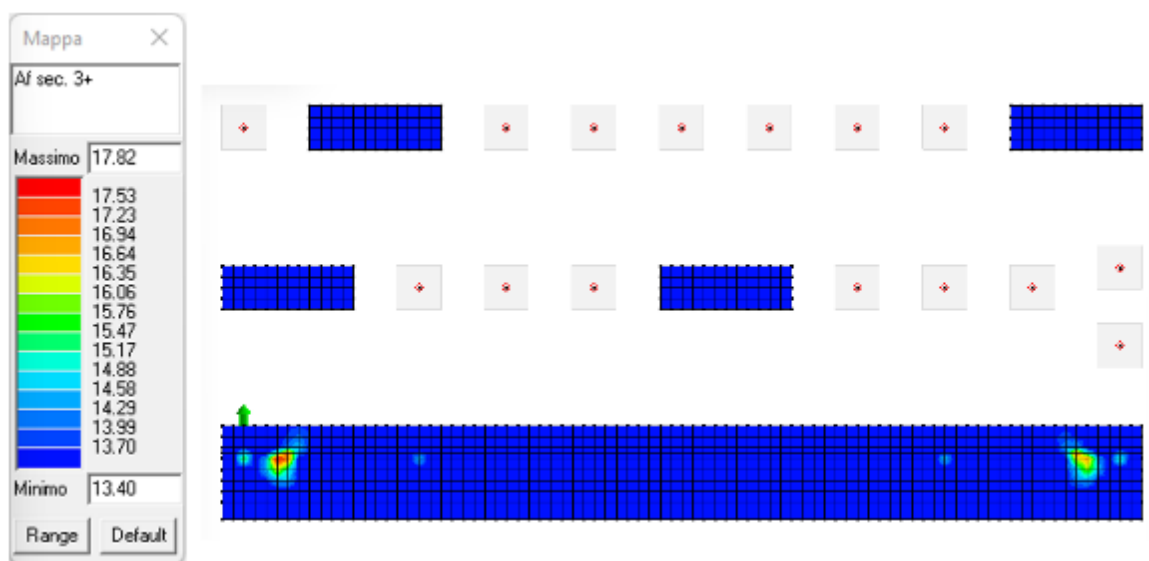
Area armatura longitudinale al positivo – Dettaglio Sezione da infittire – Platea



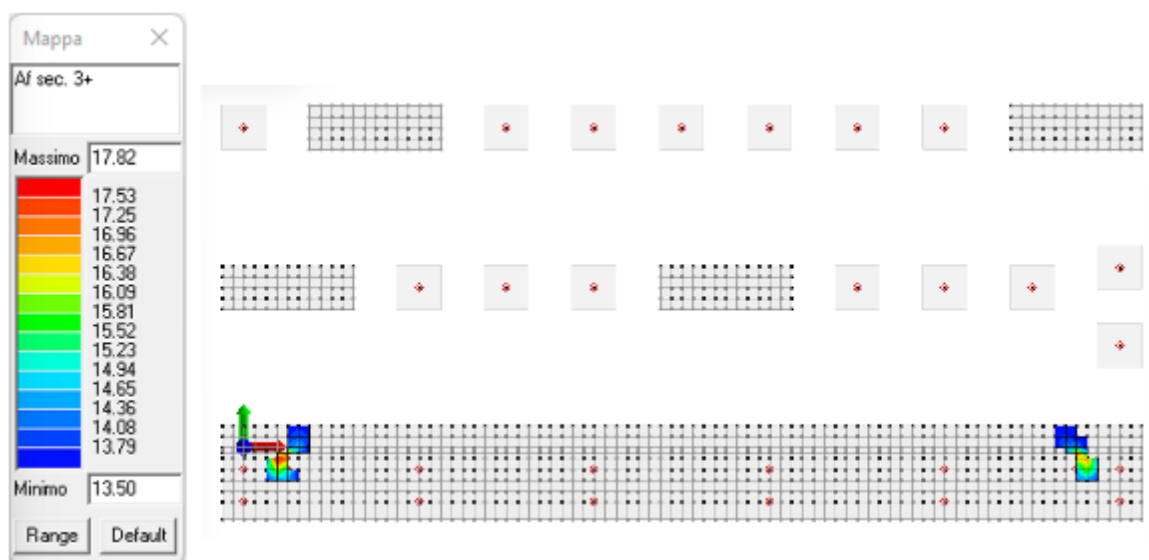
Area armatura longitudinale al negativo – Sezione Tipo – Platea



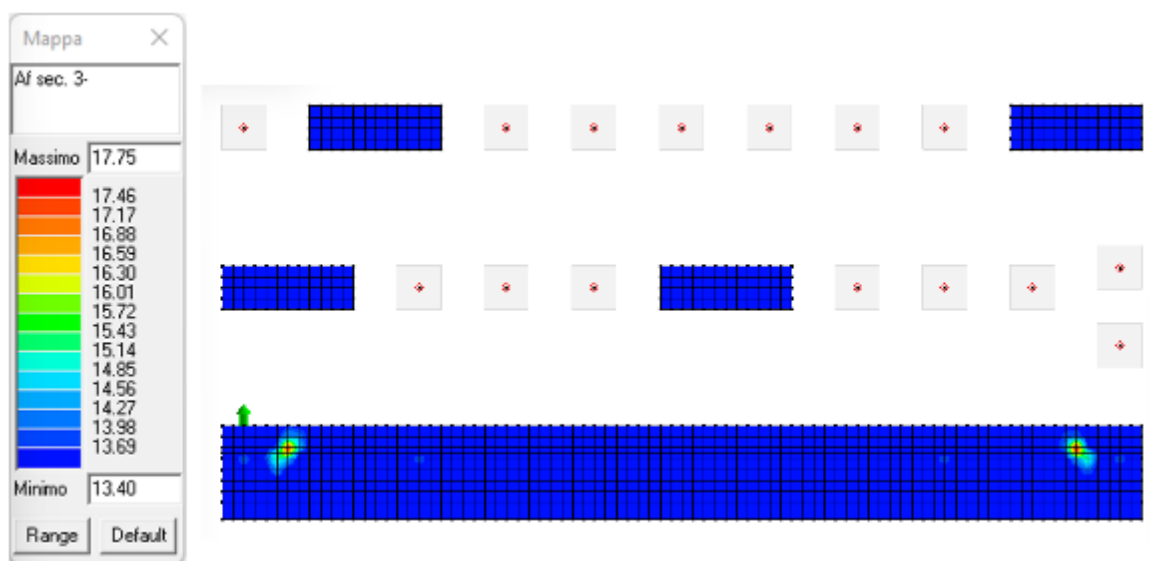
Area armatura longitudinale al negativo – Dettaglio Sezione da infittire – Platea



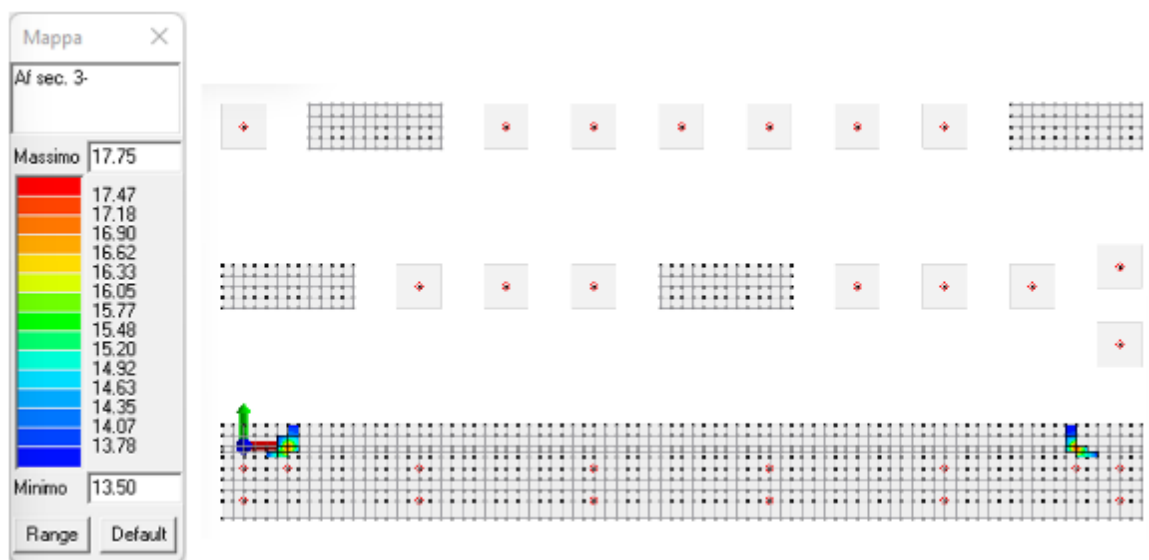
Area armatura longitudinale di infittimento al positivo – Sezione Tipo – Platea



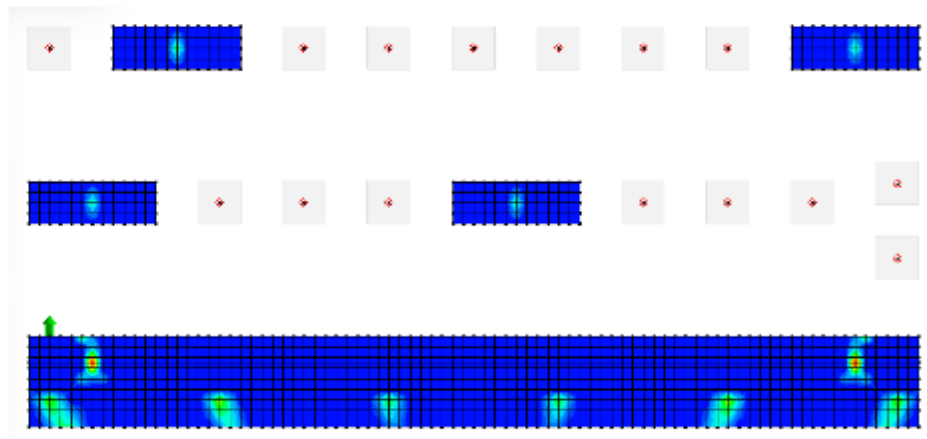
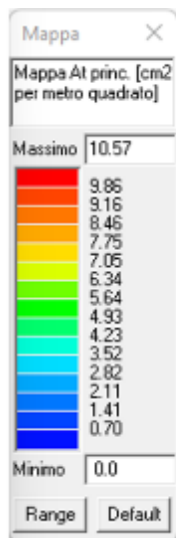
Area armatura longitudinale di infittimento al positivo – Dettaglio Sezione da infittire – Platea



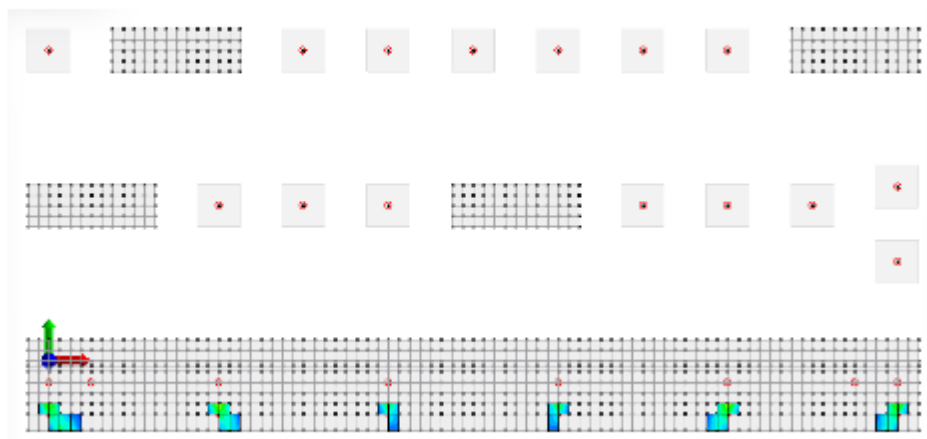
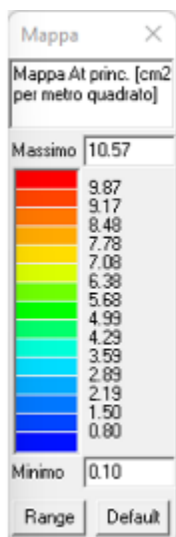
Area armatura longitudinale di infittimento al negativo – Sezione Tipo – Platea



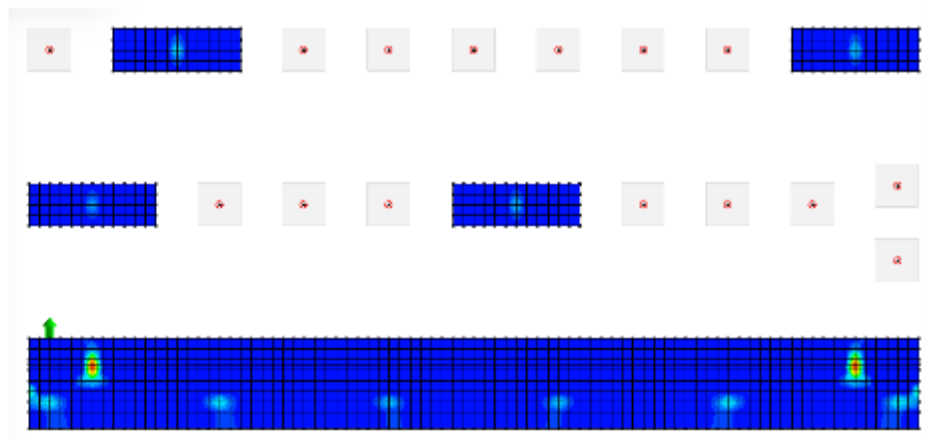
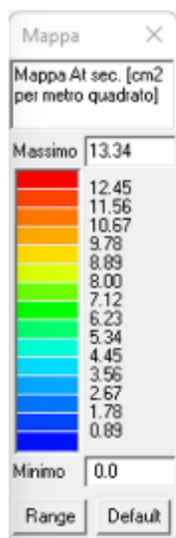
Area armatura longitudinale di infittimento al negativo – Dettaglio Sezione da infittire – Platea



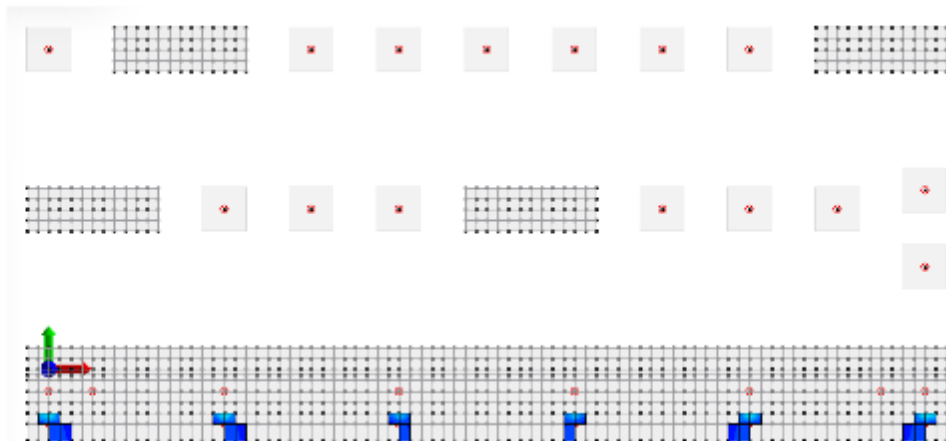
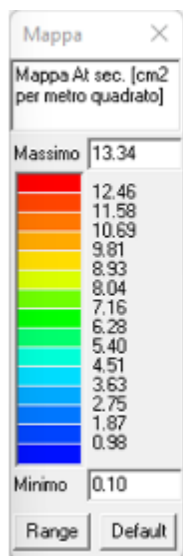
Area armatura staffe al mq- Sezione Tipo - Platea



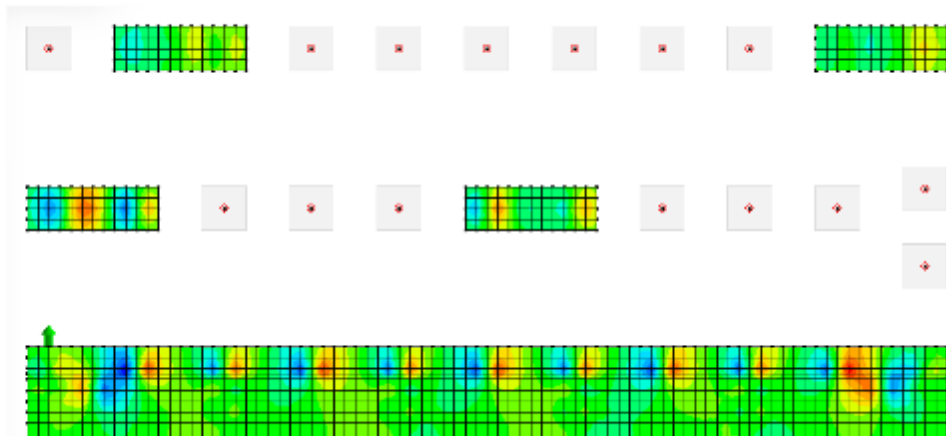
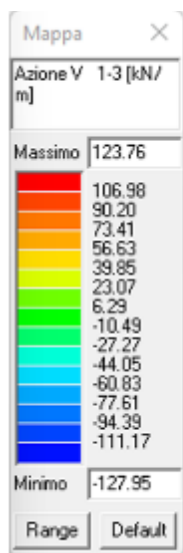
Area armatura staffe al mq- Dettaglio Sezione Tipo - Platea



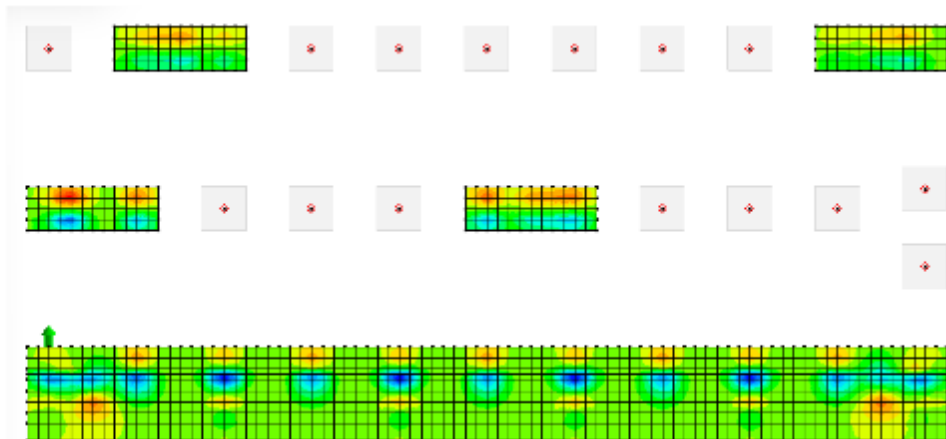
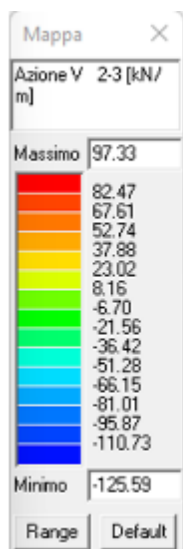
Area armatura staffe al mq- Zone infittimento - Platea



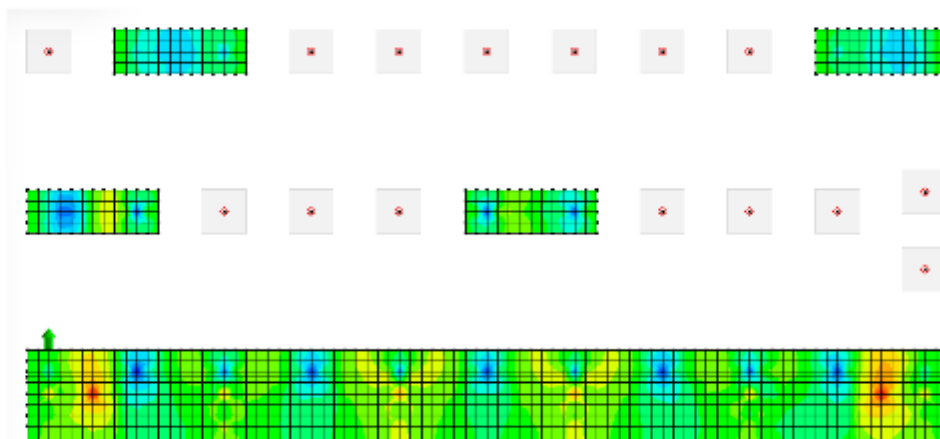
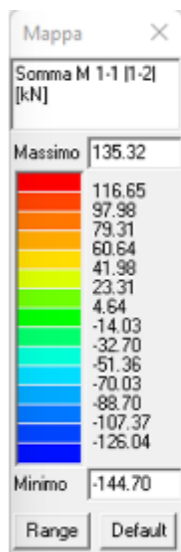
Area armatura staffe al mq- Dettaglio Zone infittimento – Platea



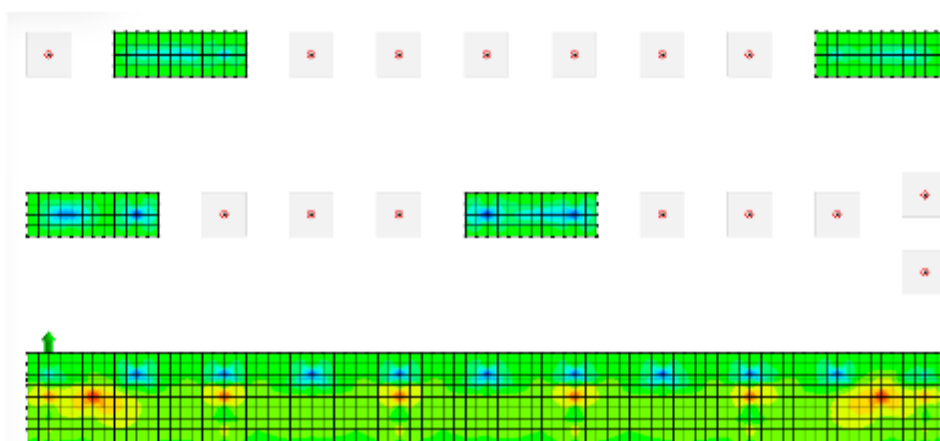
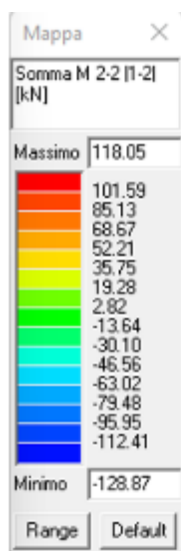
Azioni Platea – V13



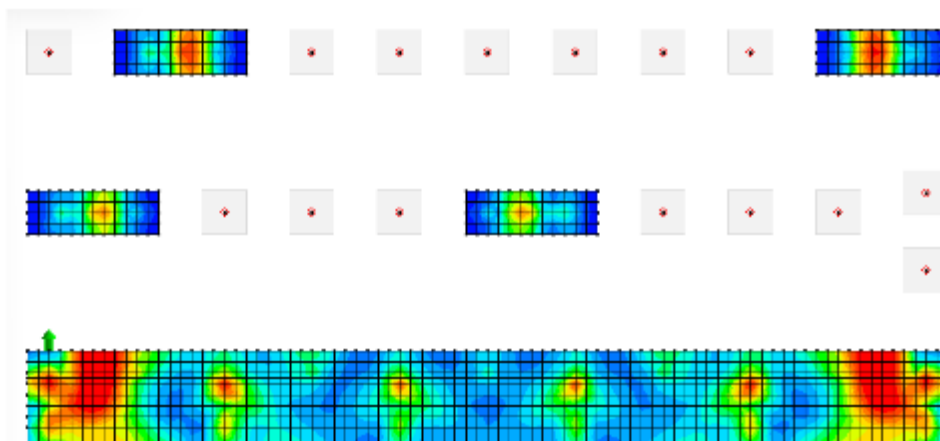
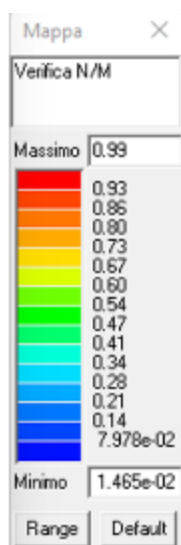
Azioni Platea – V23



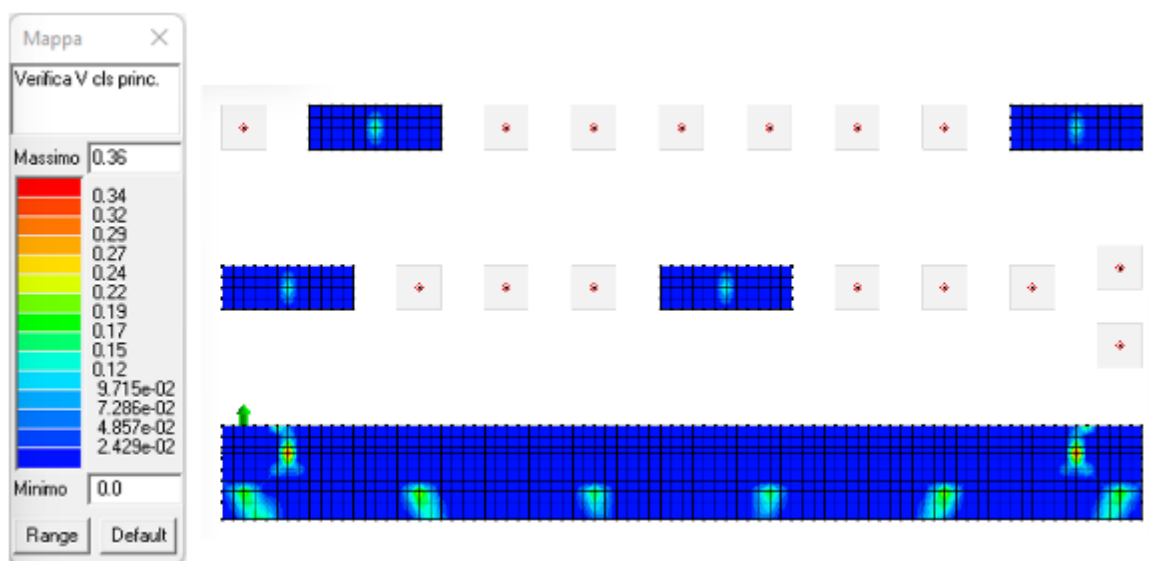
Azioni Platea – M11



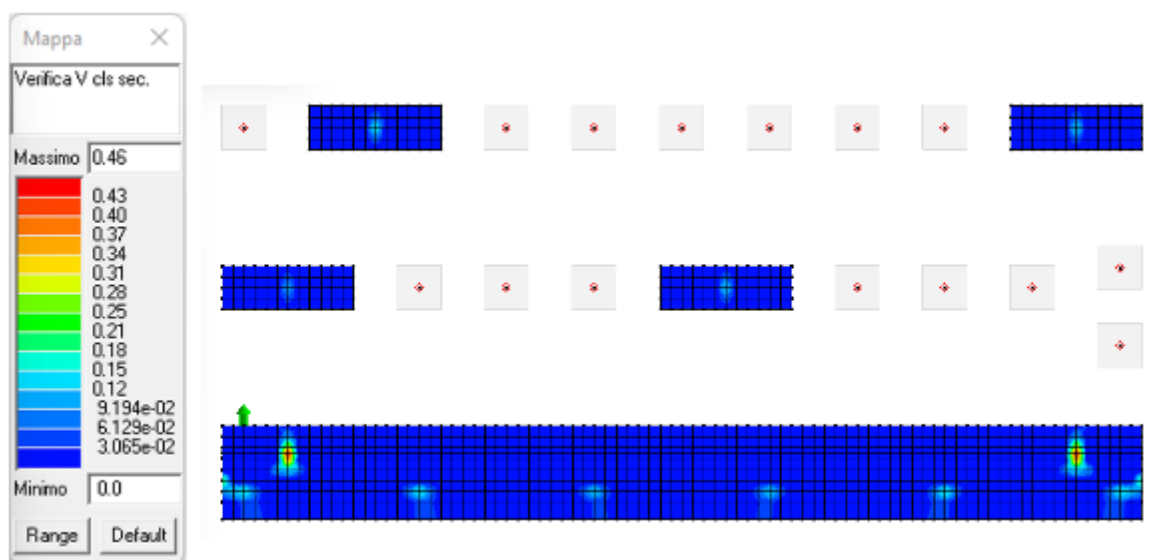
Azioni Platea – M22



Verifiche platea – N/M



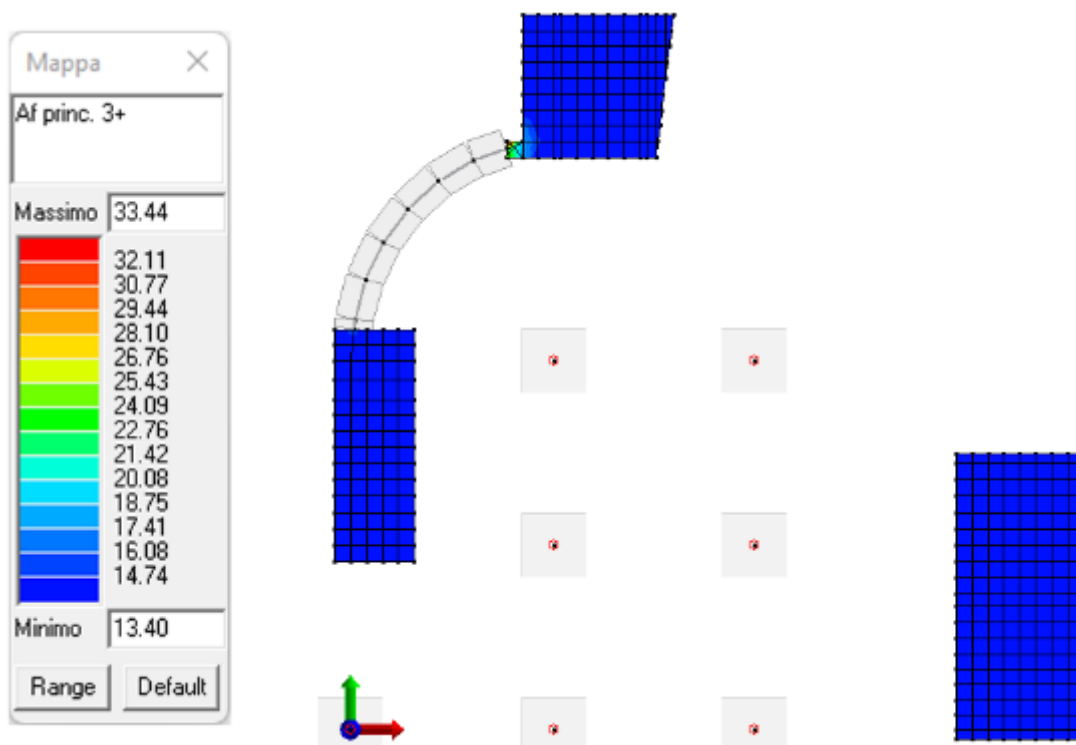
Verifiche Platea – Taglio Armatura principale



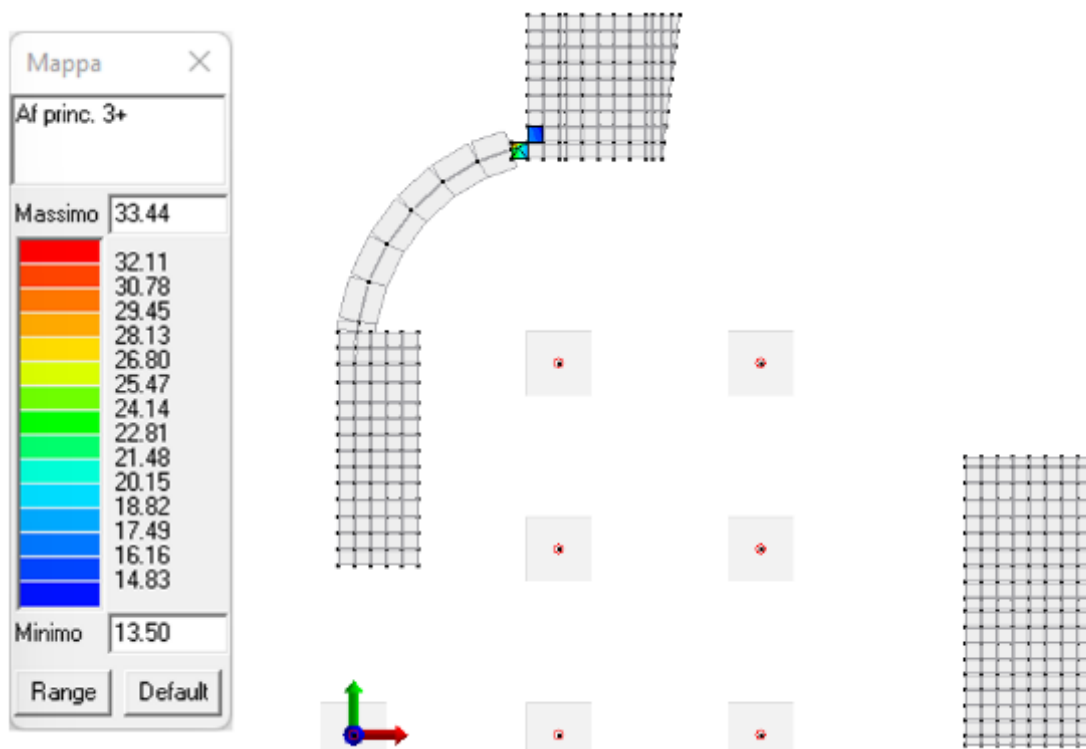
Verifiche platea – Taglio Armatura secondaria

11.1.2. Corpo B

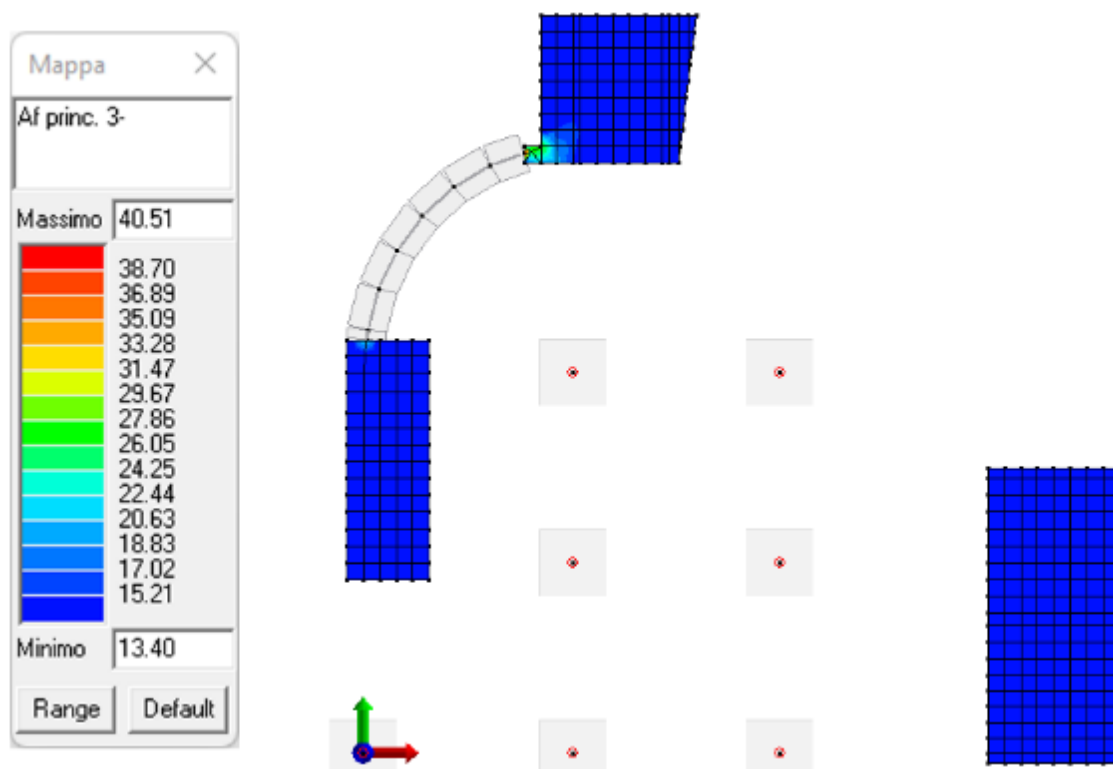
Si riporta di seguito l'armatura delle platee inserita nel modello gli elaborati grafici strutturali.



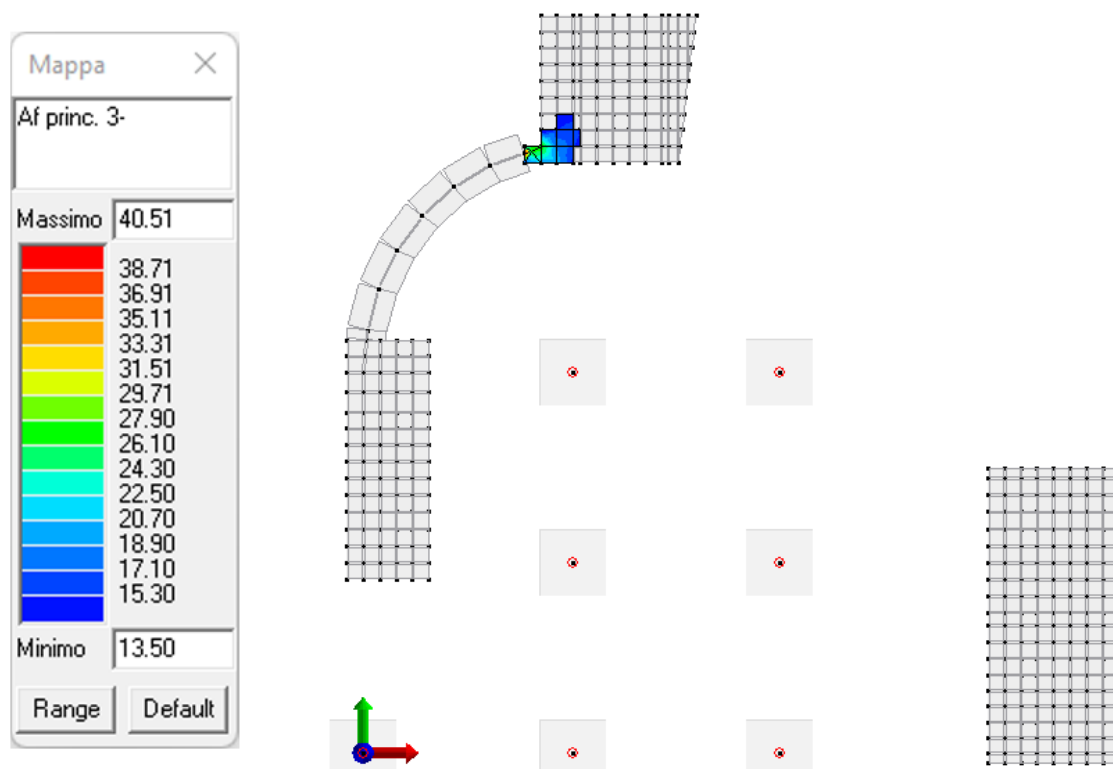
Area armatura longitudinale al positivo – Sezione Tipo – Platea



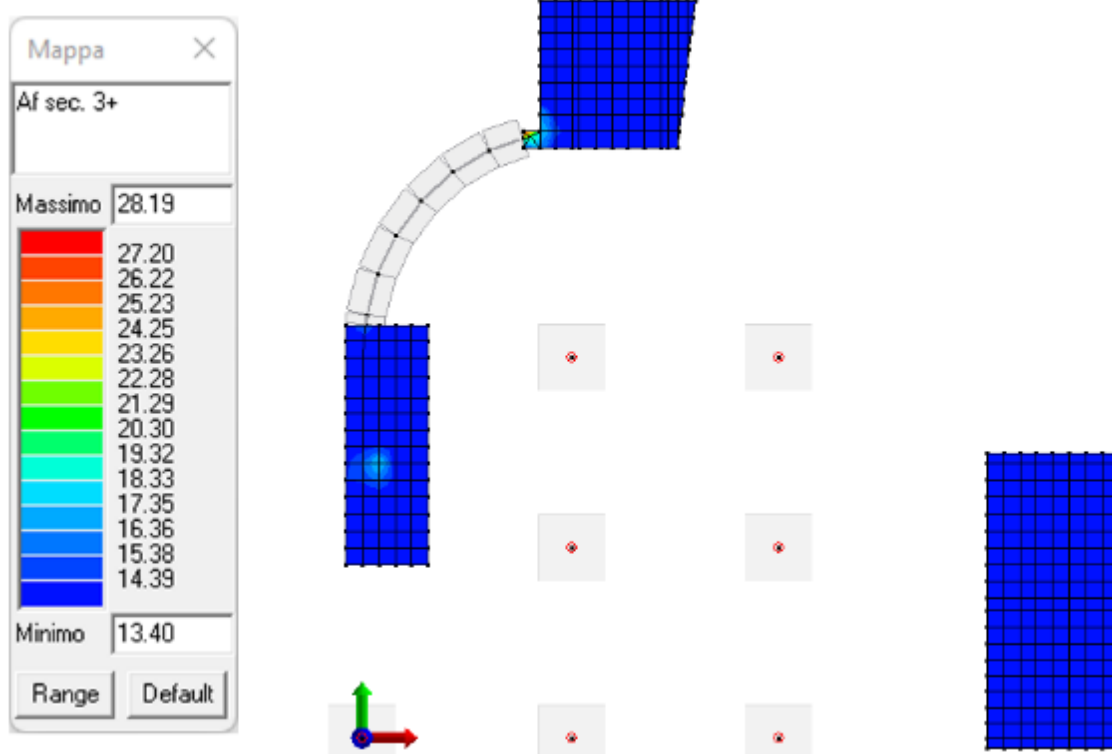
Area armatura longitudinale al positivo – Dettaglio Sezione da infittire – Platea



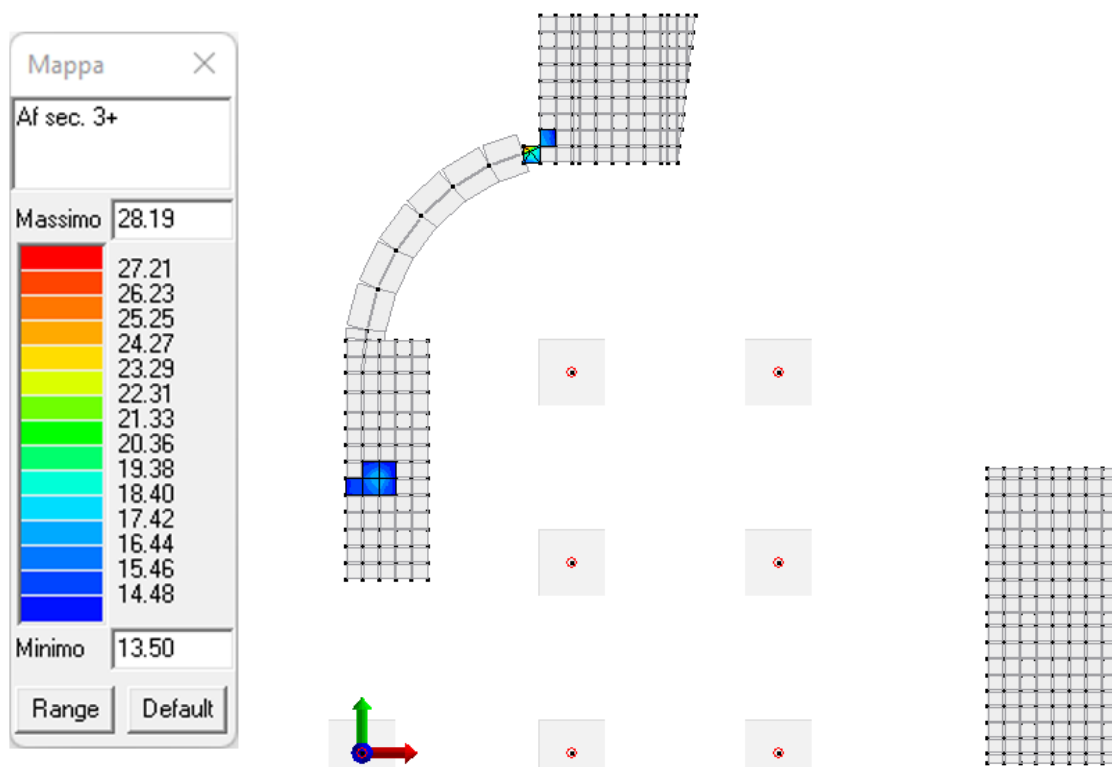
Area armatura longitudinale al negativo – Sezione Tipo – Platea



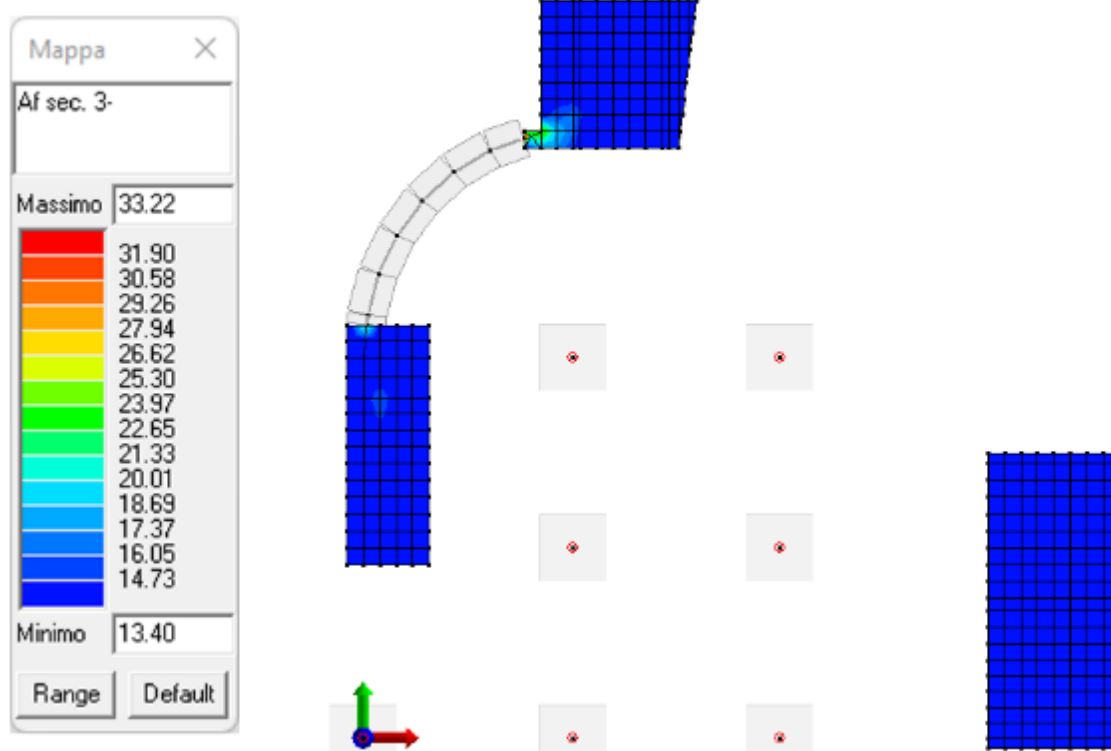
Area armatura longitudinale al negativo – Dettaglio Sezione da infittire – Platea



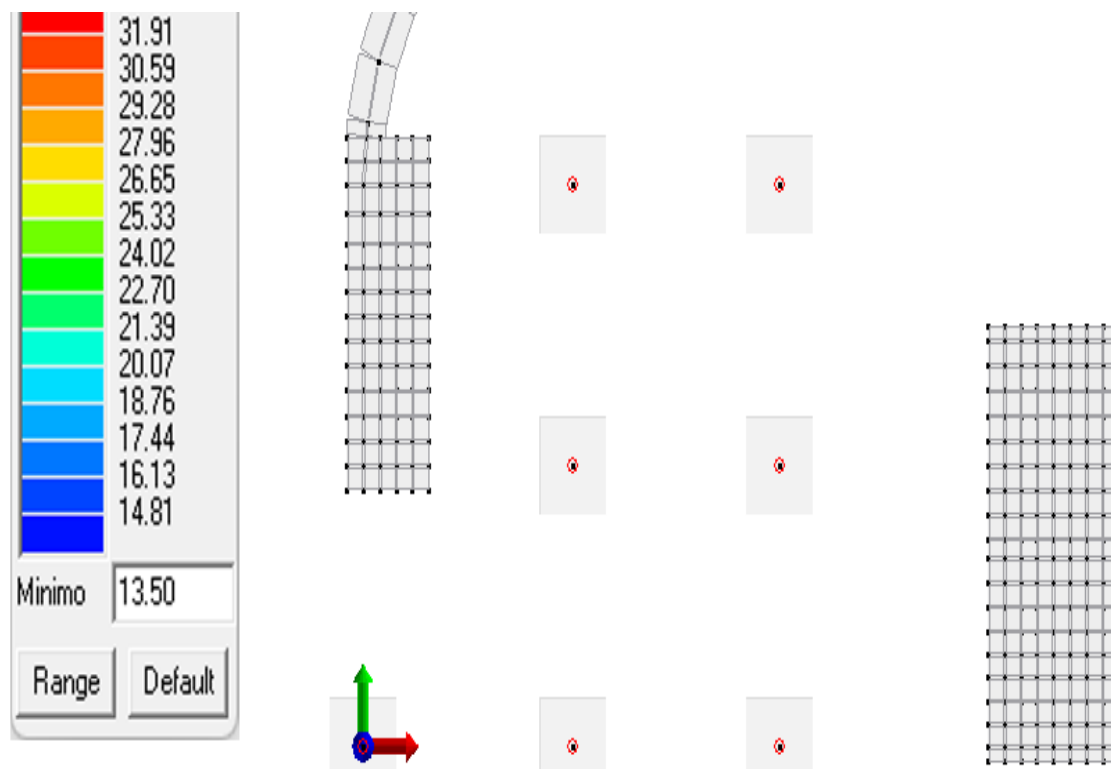
Area armatura longitudinale di infittimento al positivo – Sezione Tipo – Platea



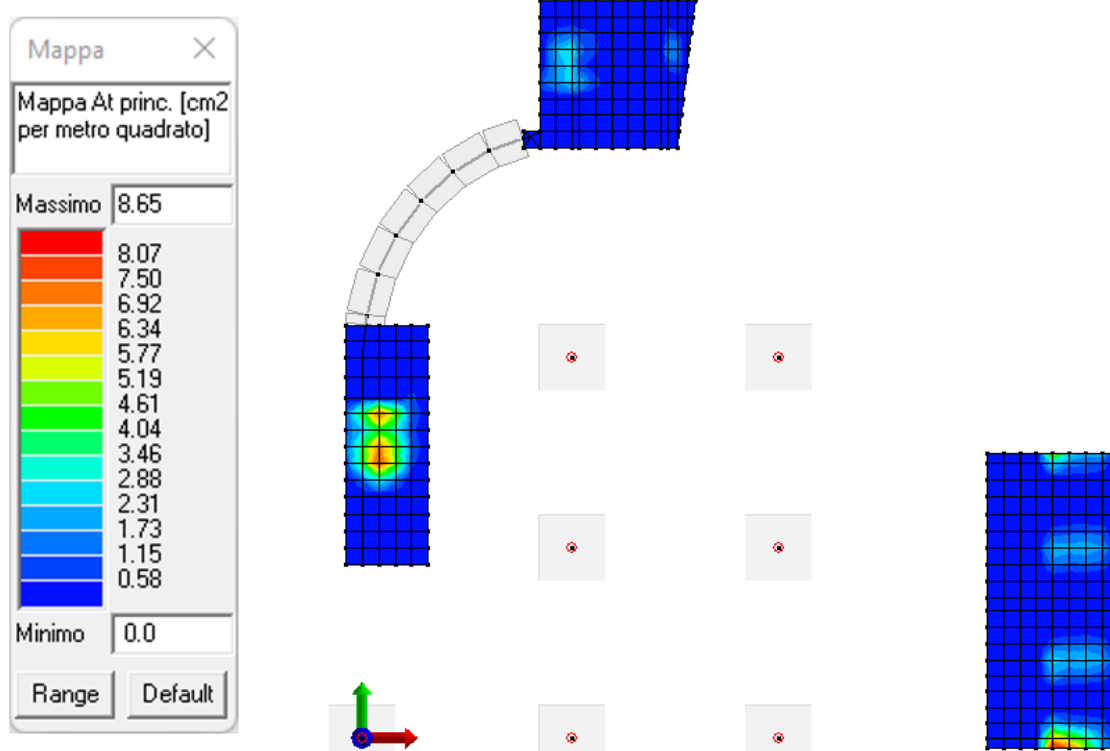
Area armatura longitudinale di infittimento al positivo – Dettaglio Sezione da infittire – Platea



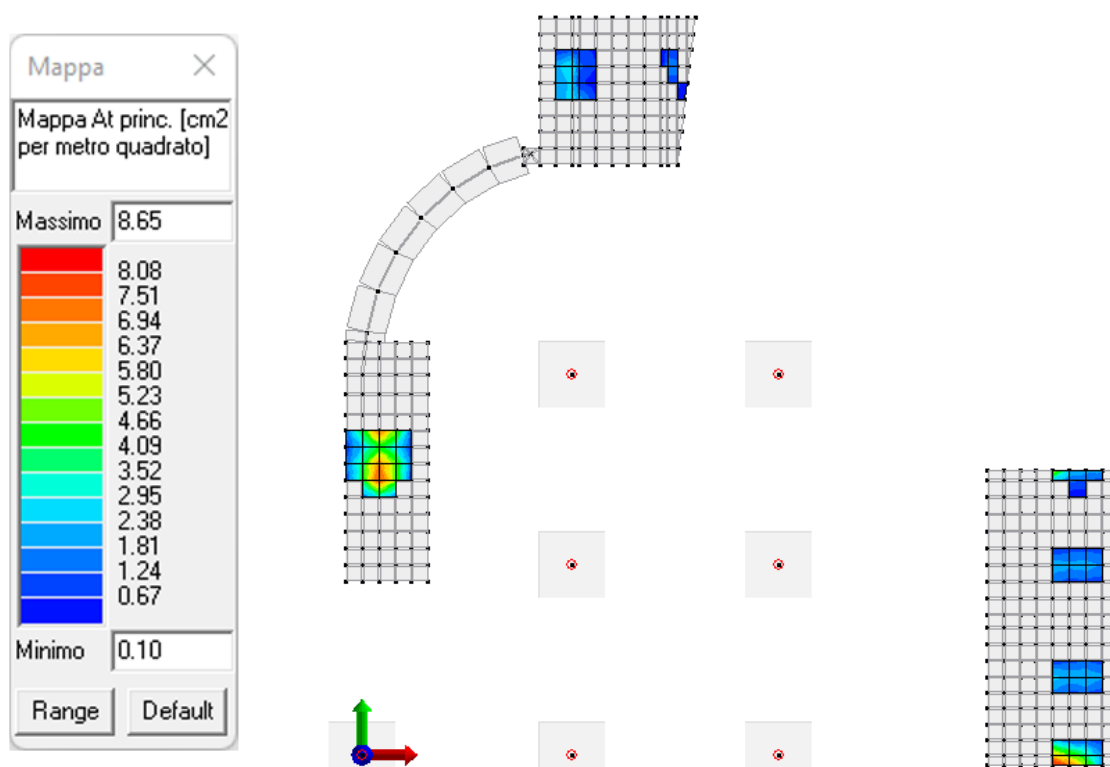
Area armatura longitudinale di infittimento al negativo – Sezione Tipo – Platea



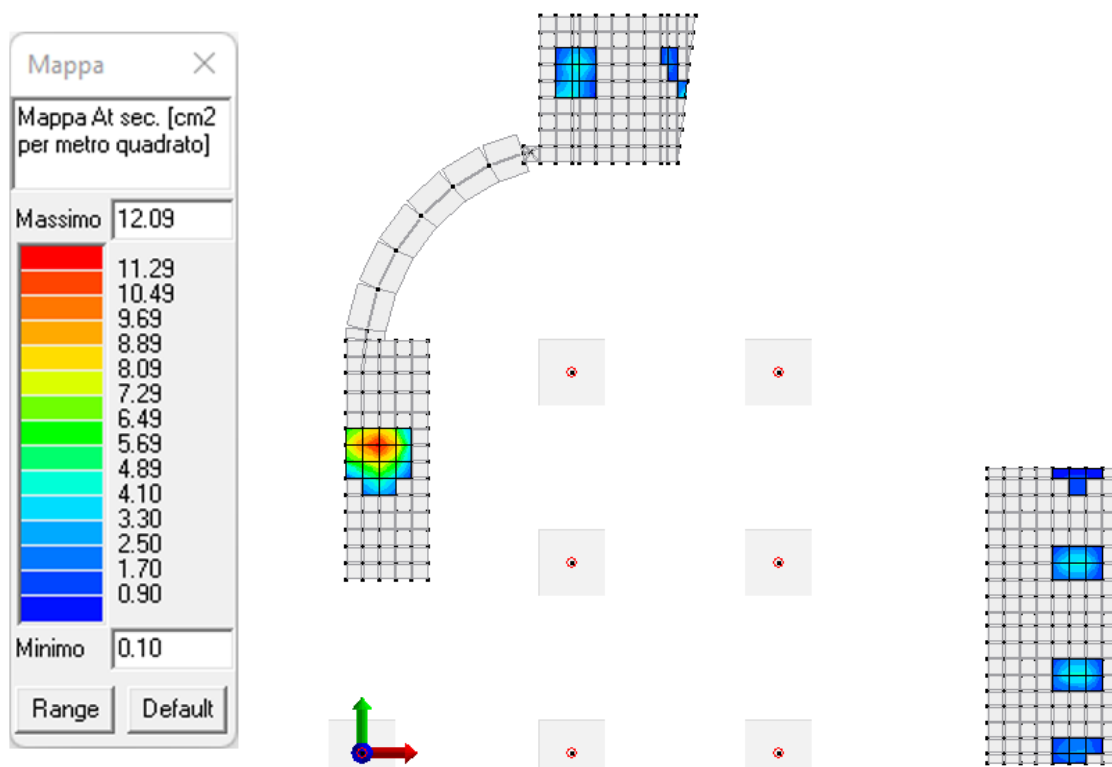
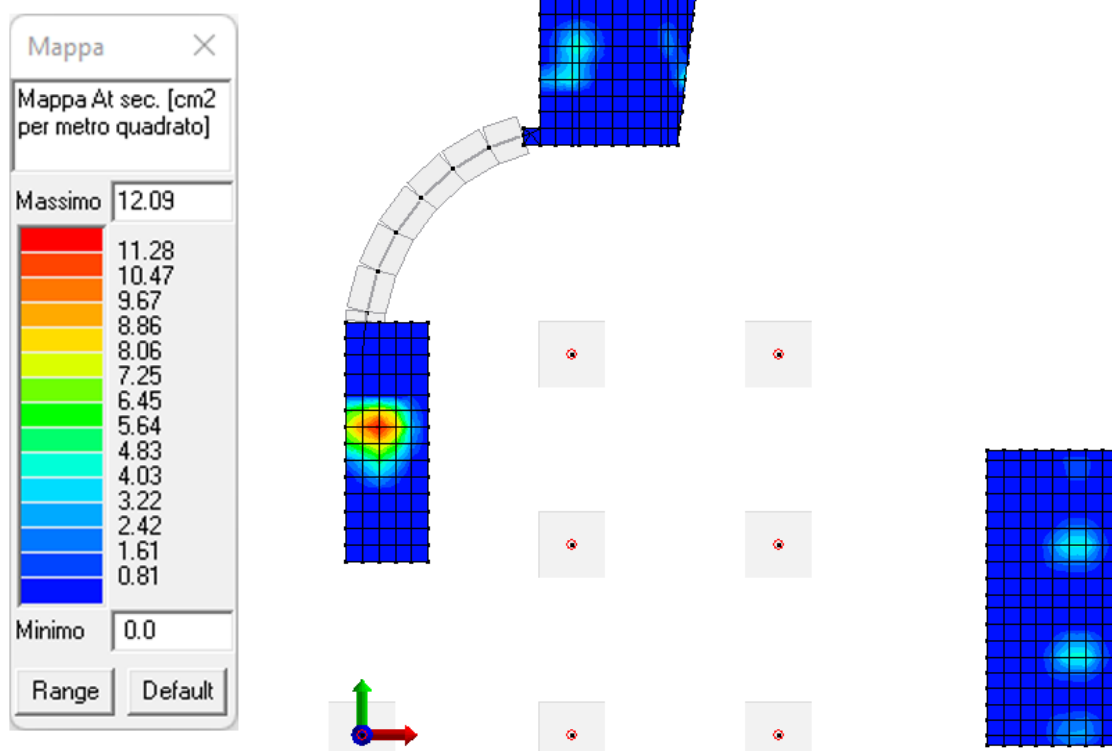
Area armatura longitudinale di infittimento al negativo – Dettaglio Sezione da infittire – Platea

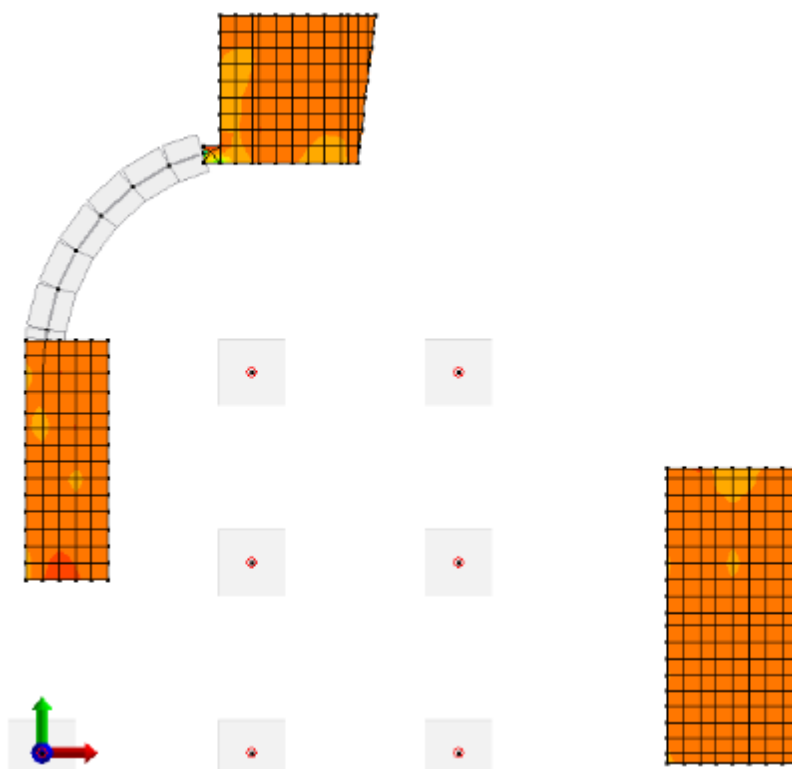
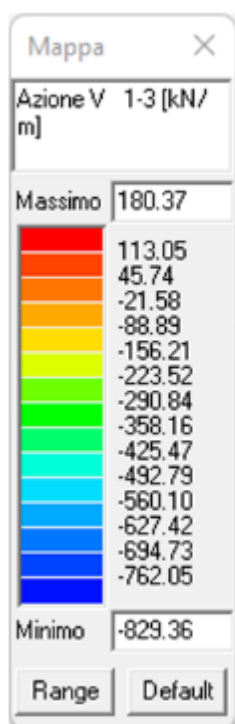


Area armatura staffe al mq– Sezione Tipo – Platea

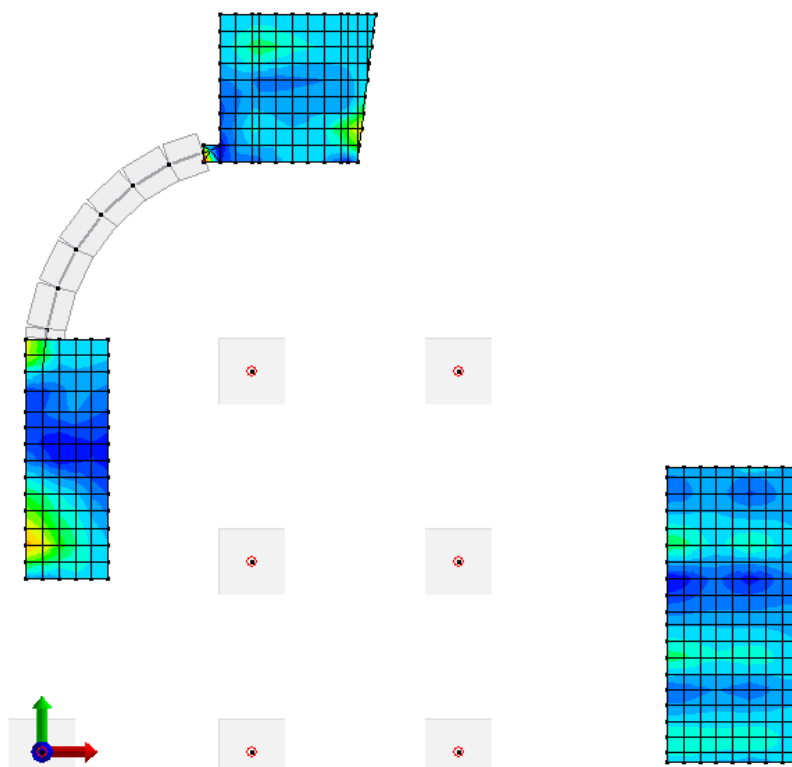
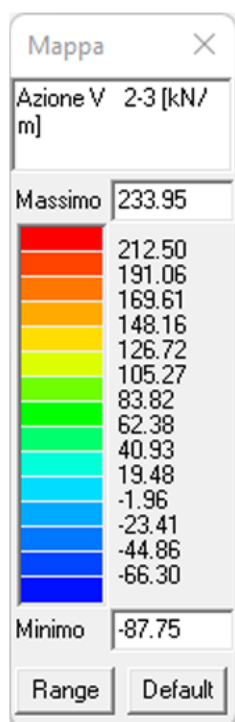


Area armatura staffe al mq– Dettaglio Sezione Tipo – Platea

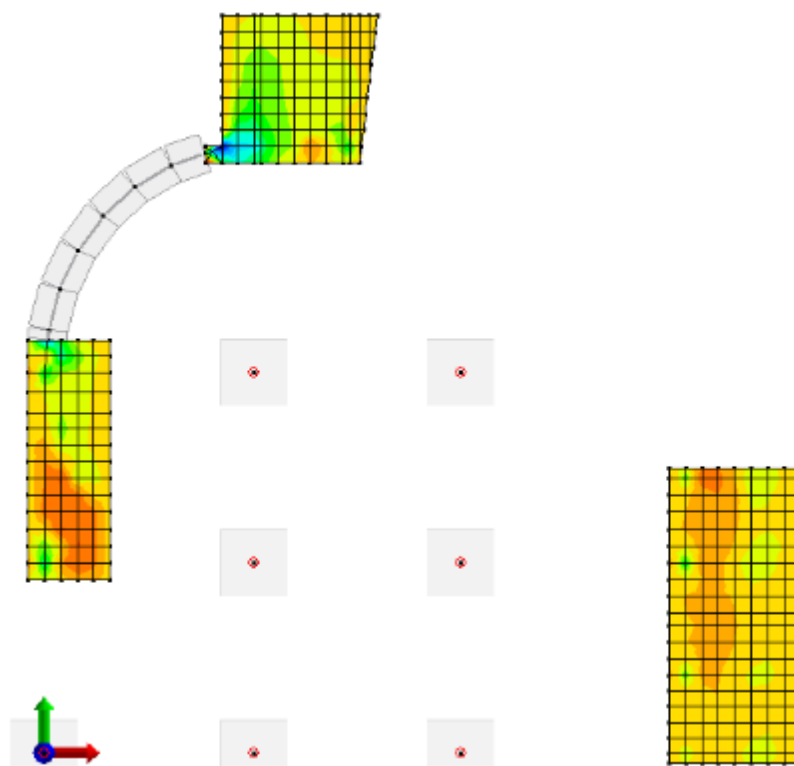
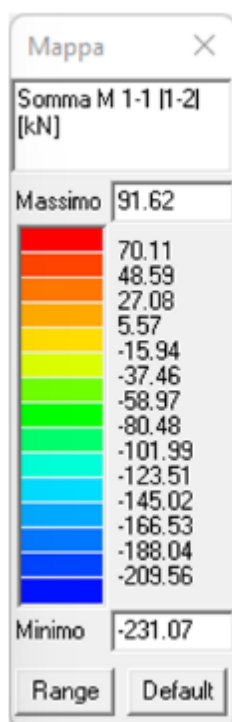




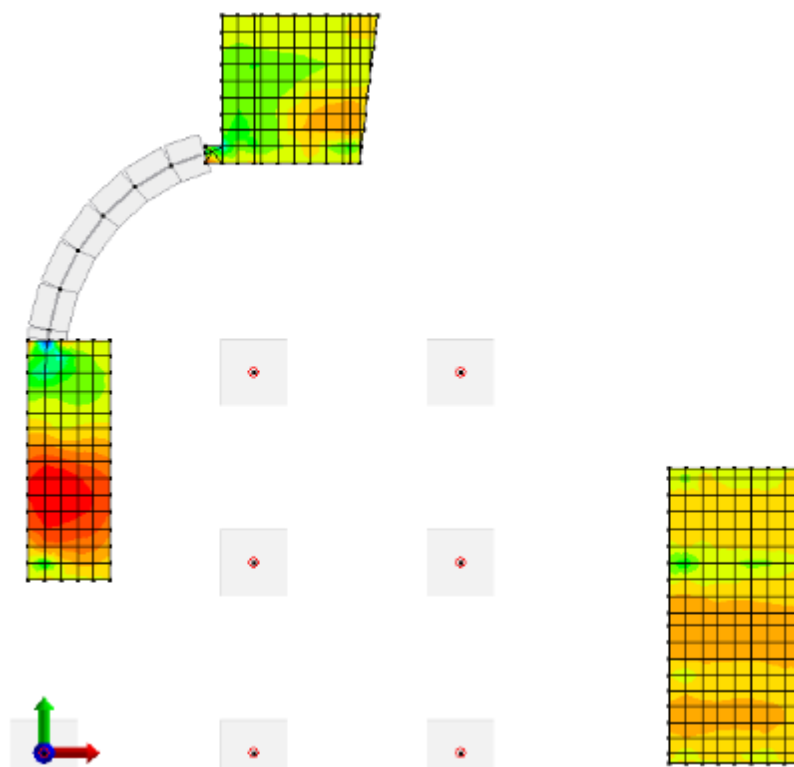
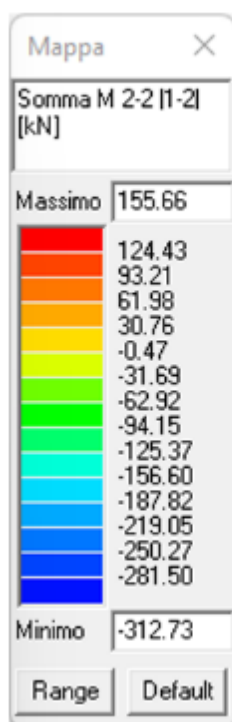
Azioni Platea – V13



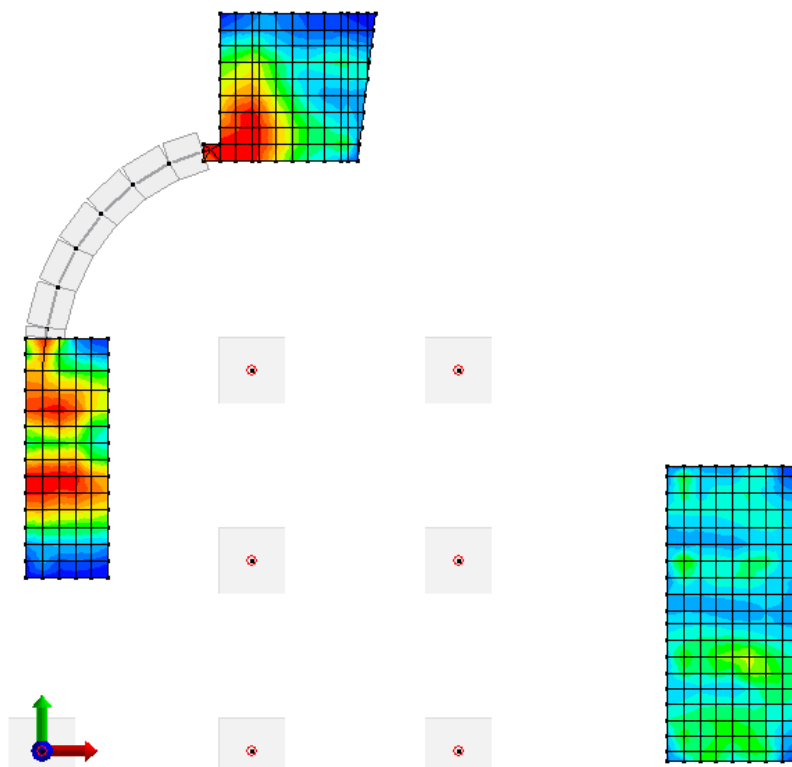
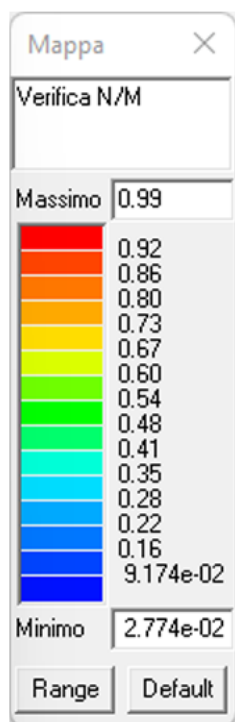
Azioni Platea – V23



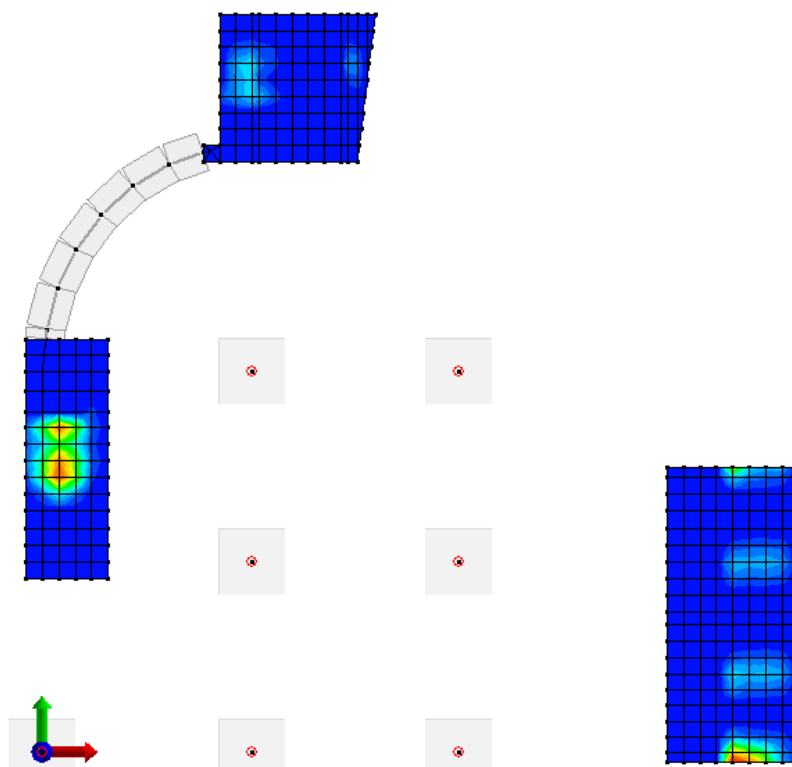
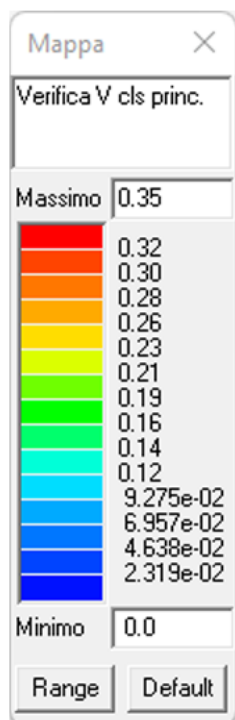
Azioni Platea – M11



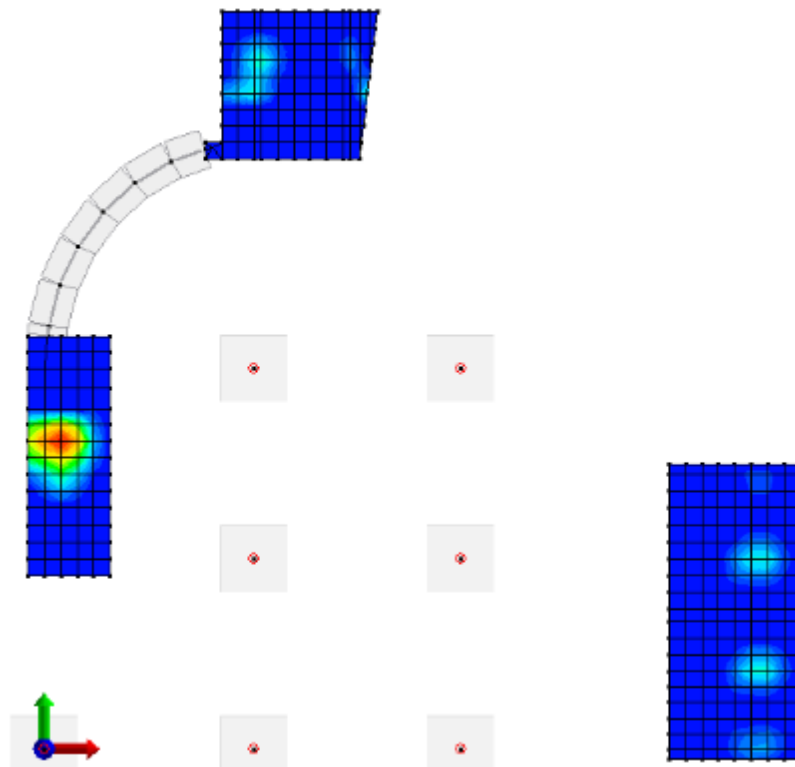
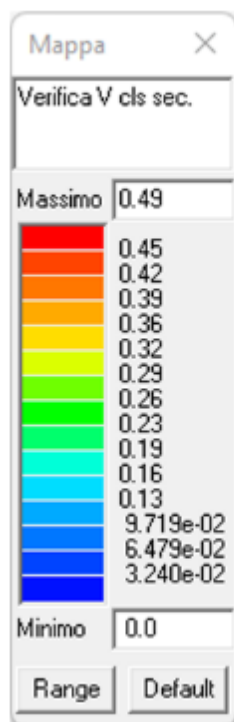
Azioni Platea – M22



Verifiche platea – N/M



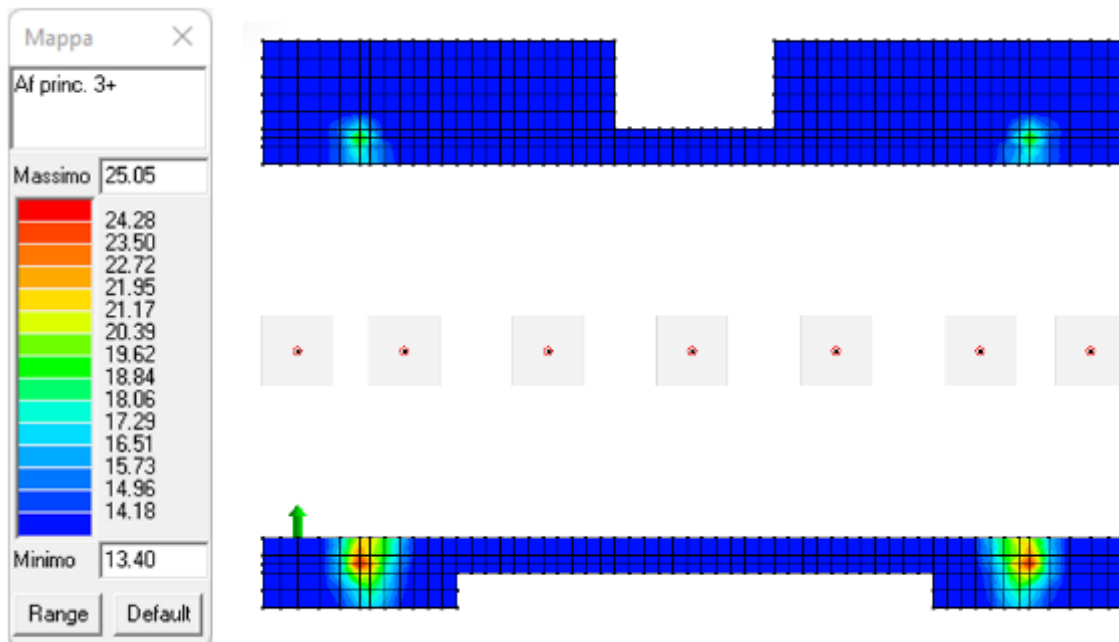
Verifiche Platea – Taglio Armatura principale



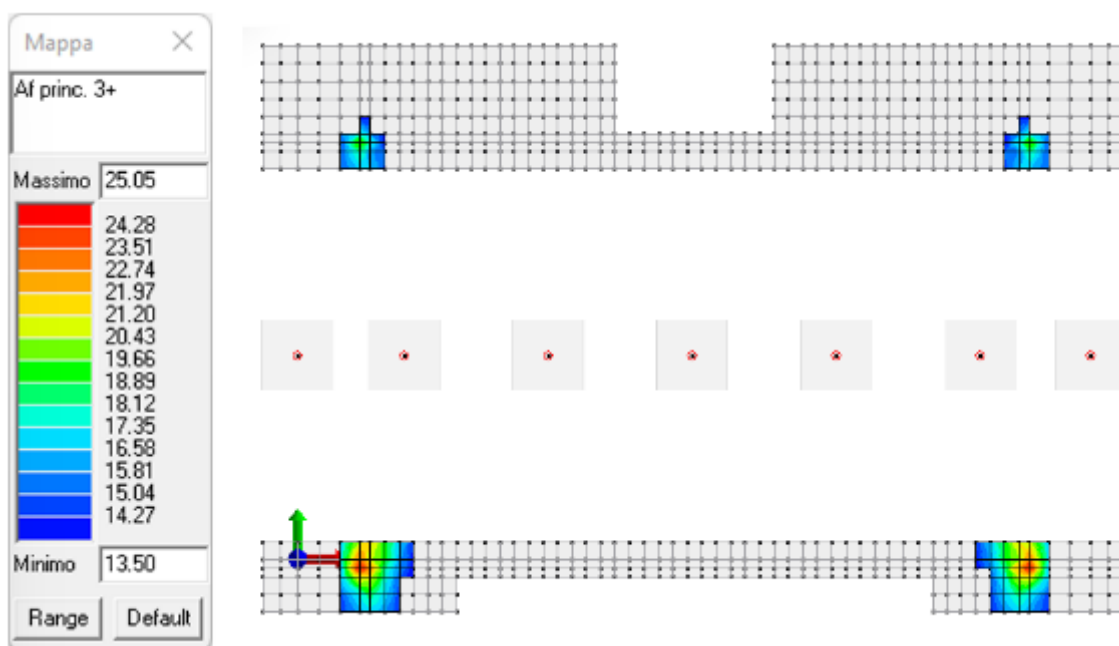
Verifiche Platea – Taglio Armatura secondaria

11.1.3. Corpo D

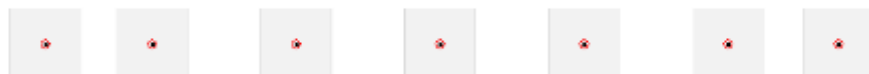
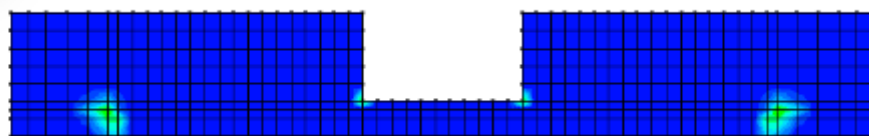
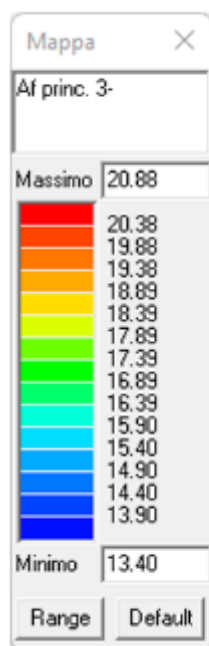
Si riporta di seguito l'armatura delle platee inserita nel modello gli elaborati grafici strutturali.



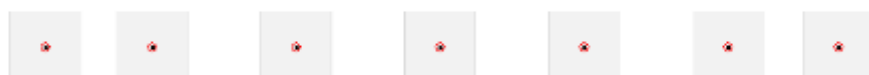
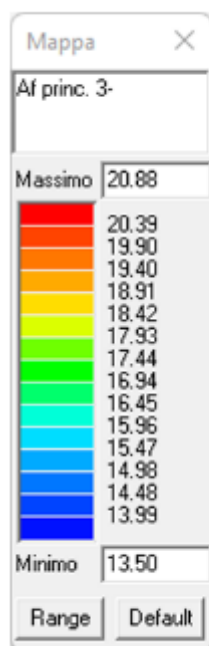
Area armatura longitudinale al positivo – Sezione Tipo – Platea



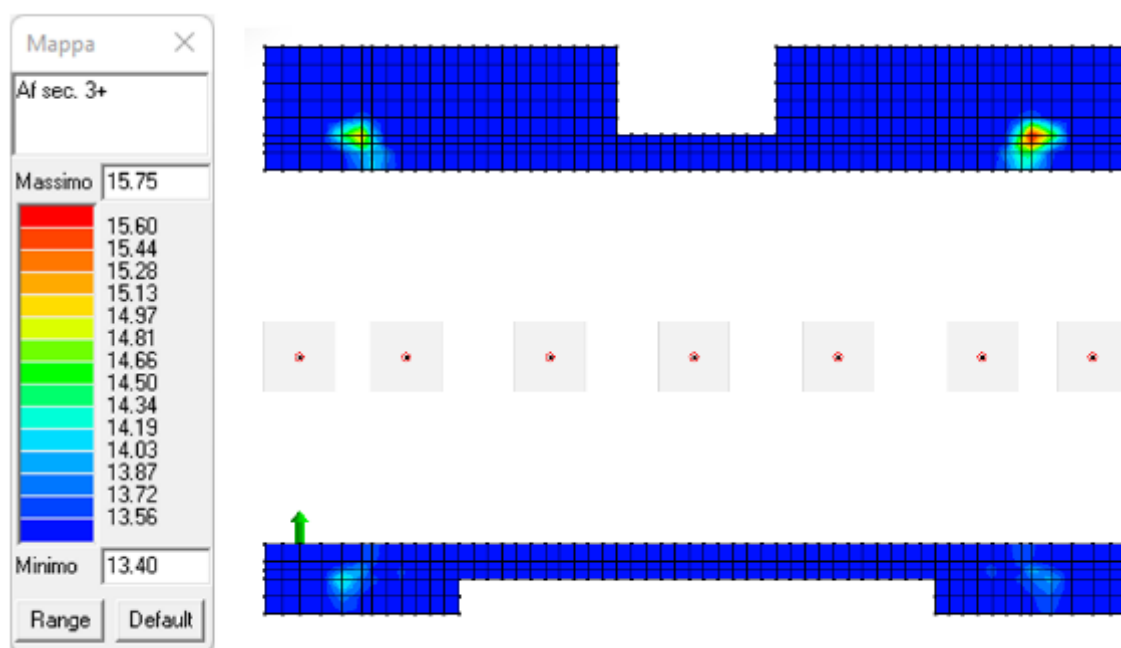
Area armatura longitudinale al positivo – Dettaglio Sezione da infittire – Platea



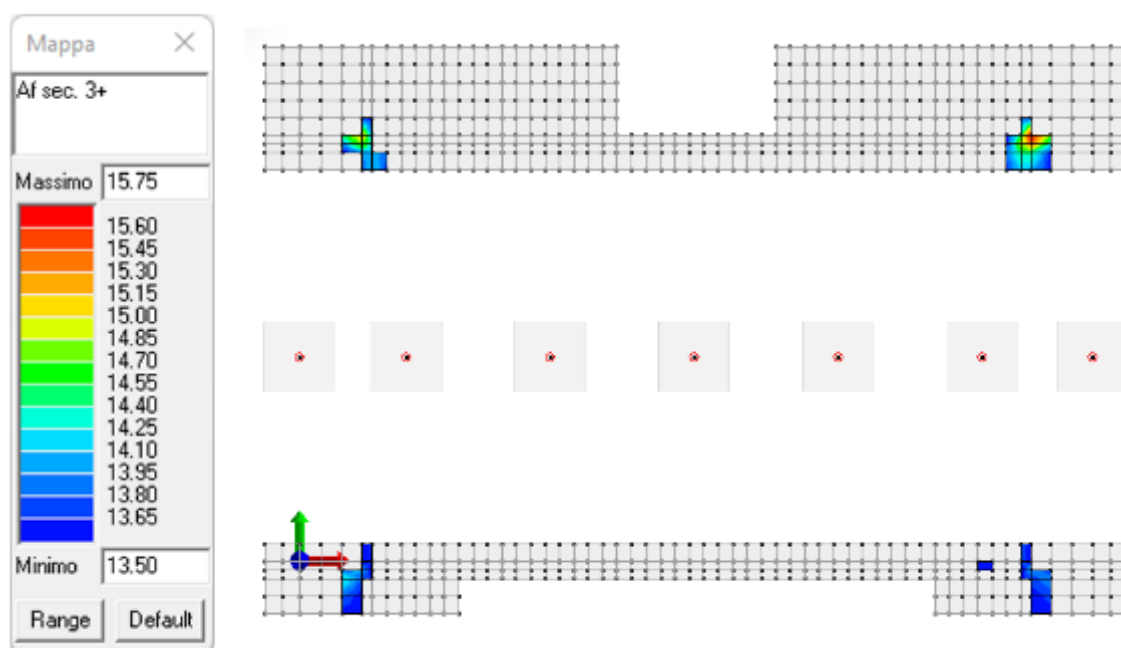
Area armatura longitudinale al negativo – Sezione Tipo – Platea



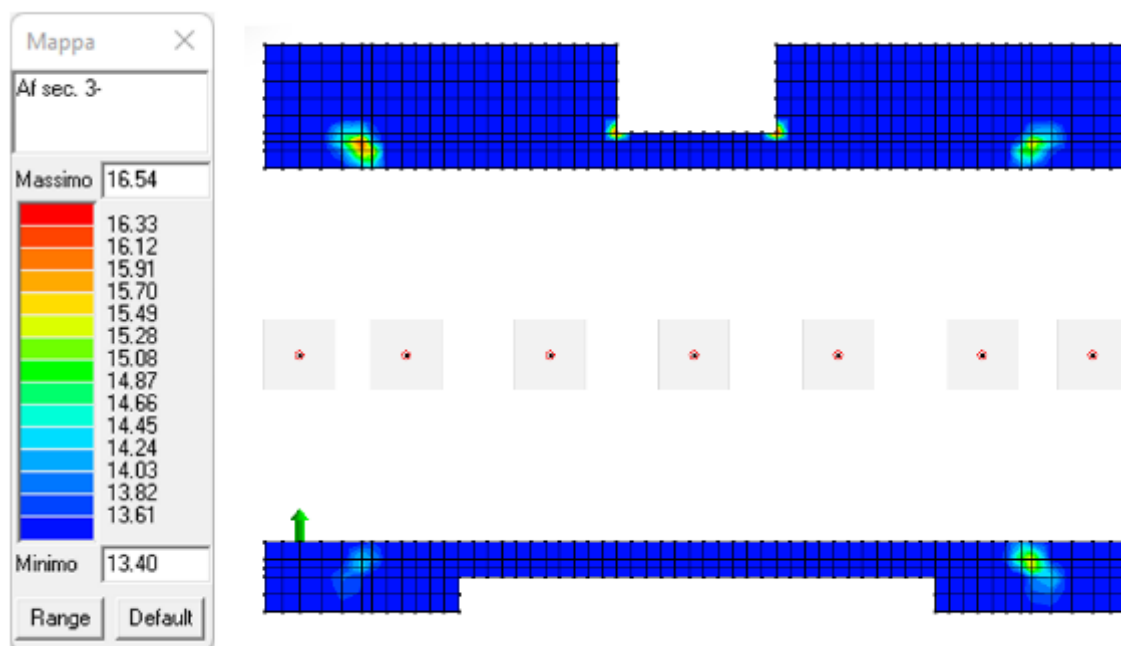
Area armatura longitudinale al negativo – Dettaglio Sezione da infittire – Platea



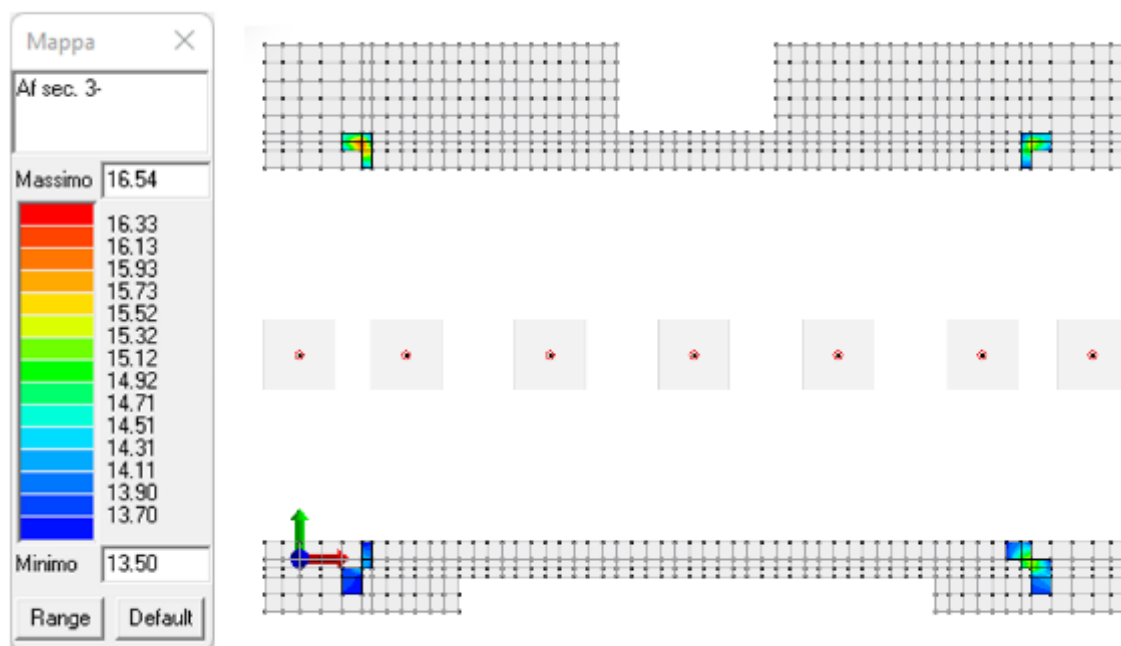
Area armatura longitudinale di infittimento al positivo – Sezione Tipo – Platea



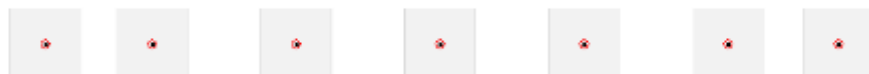
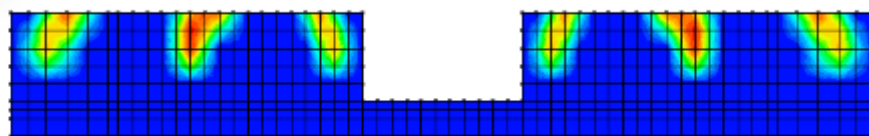
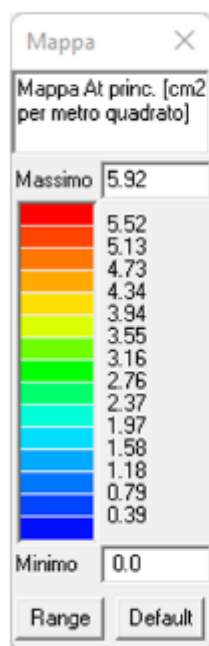
Area armatura longitudinale di infittimento al positivo – Dettaglio Sezione da infittire – Platea



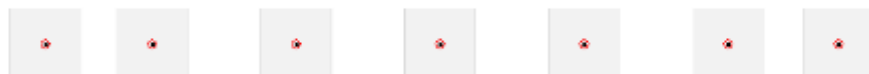
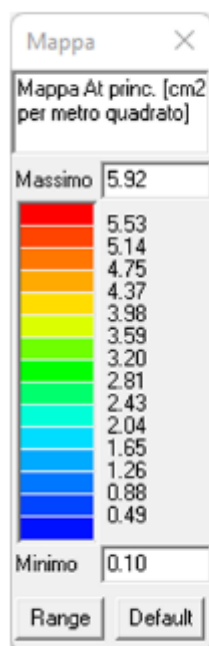
Area armatura longitudinale di infittimento al negativo – Sezione Tipo – Platea



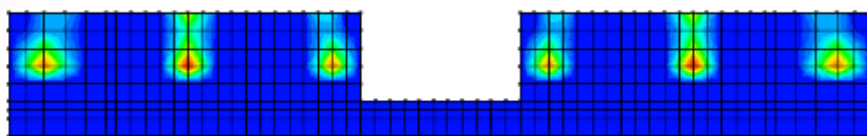
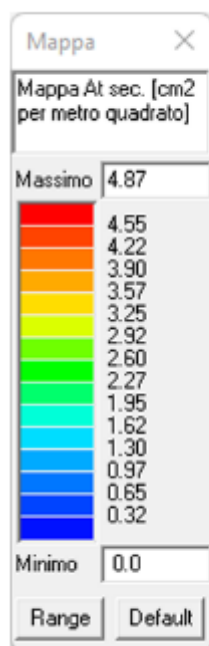
Area armatura longitudinale di infittimento al negativo – Dettaglio Sezione da infittire – Platea



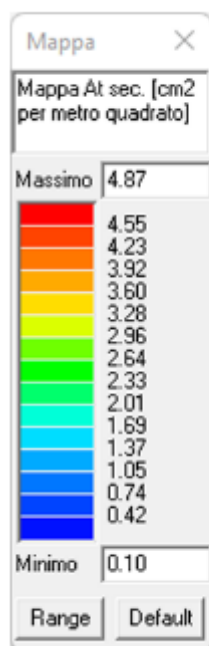
Area armatura staffe al mq– Sezione Tipo – Platea



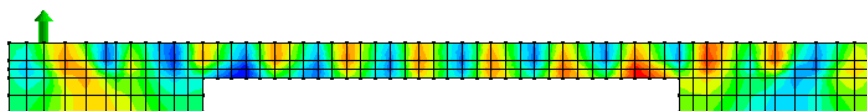
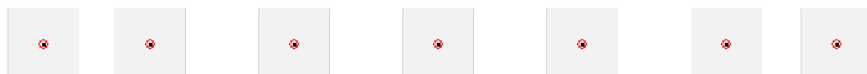
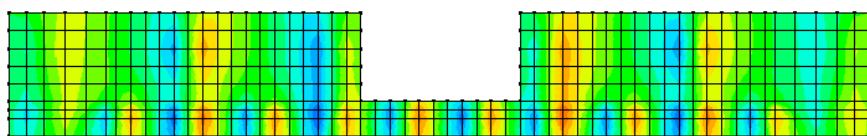
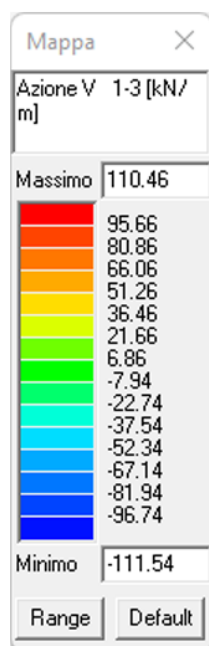
Area armatura staffe al mq– Dettaglio Sezione Tipo – Platea



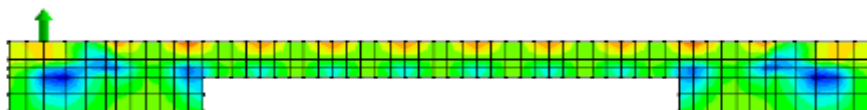
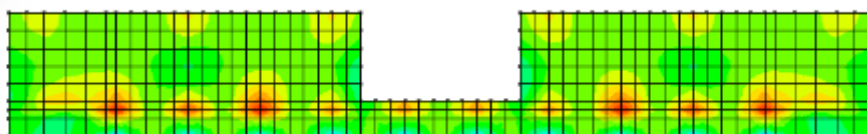
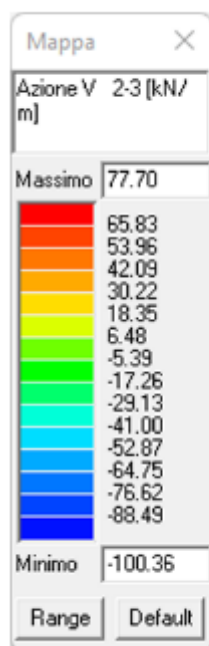
Area armatura staffe al mq- Zone infittimento – Platea



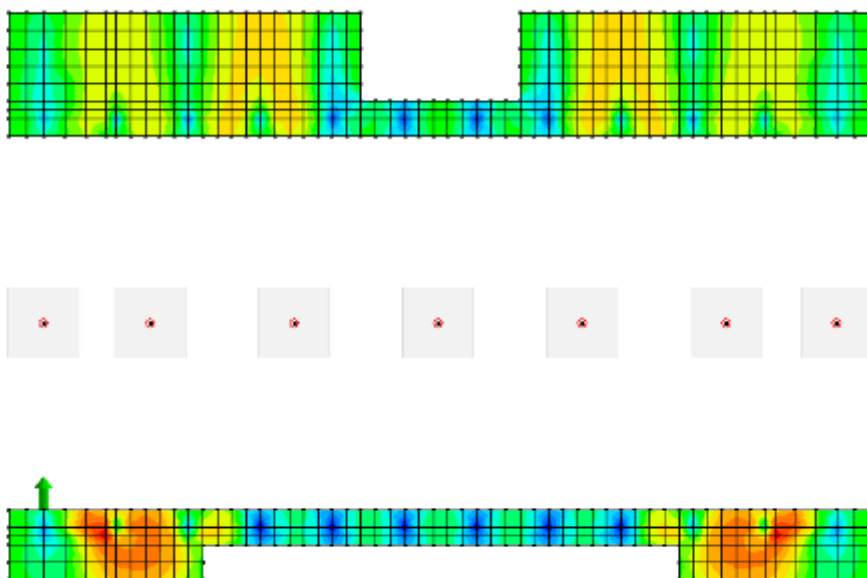
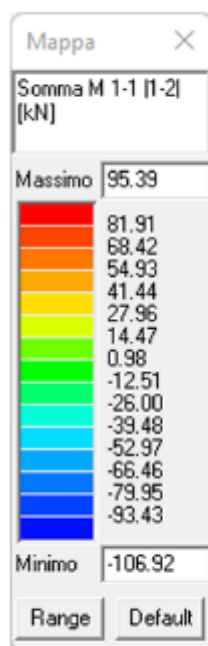
Area armatura staffe al mq- Dettaglio Zone infittimento – Platea



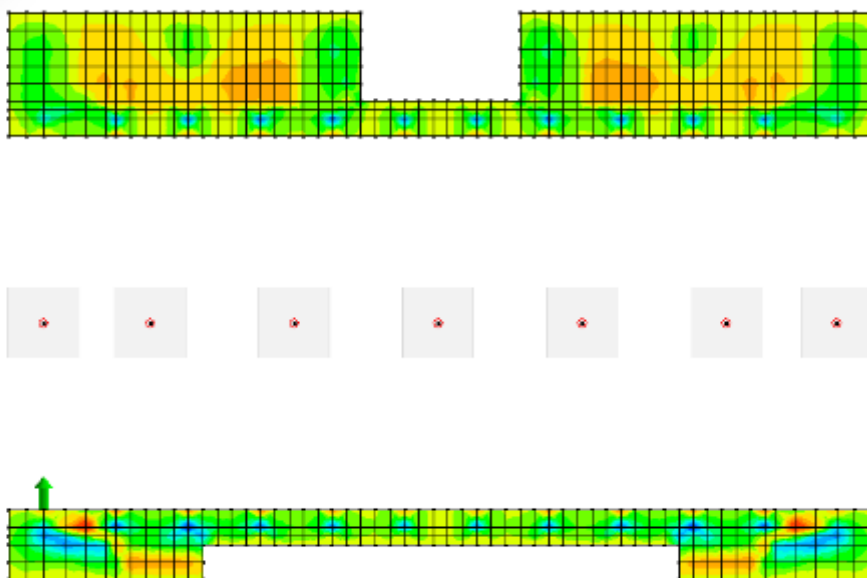
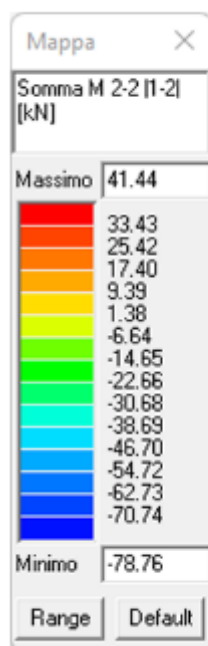
Azioni Platea – V13



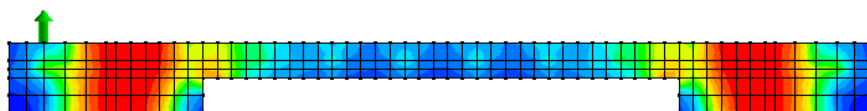
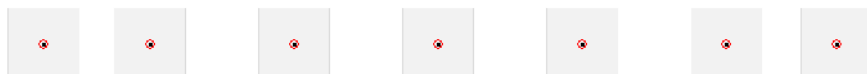
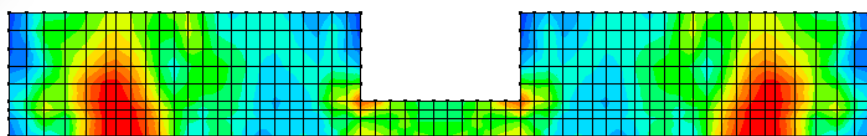
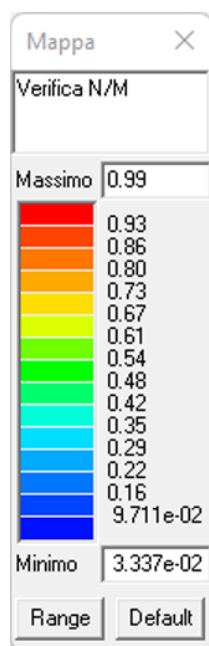
Azioni Platea – V23



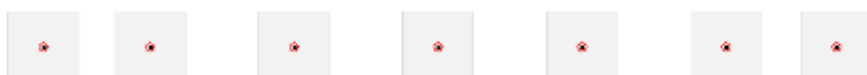
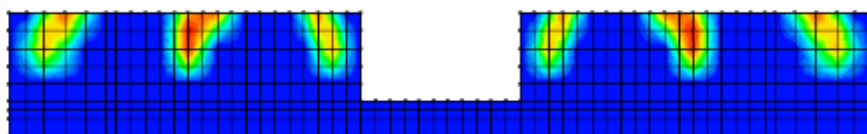
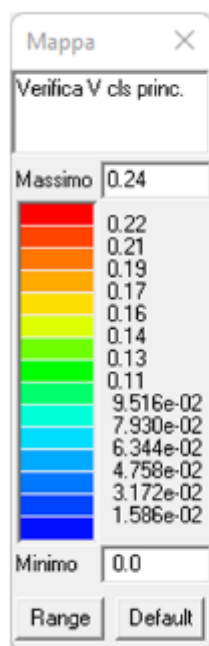
Azioni Platea – M11



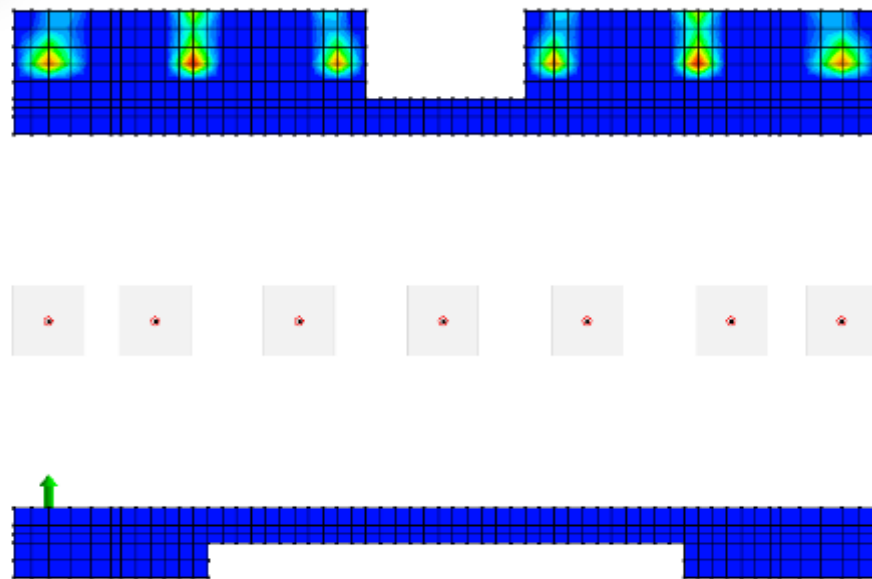
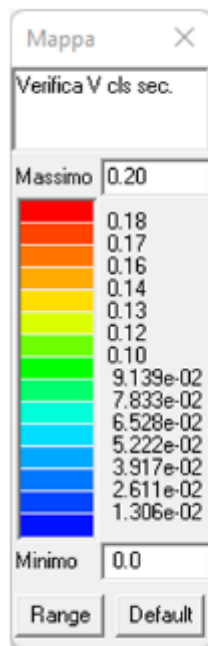
Azioni Platea – M22



Verifiche platea – N/M



Verifiche Platea – Taglio Armatura principale

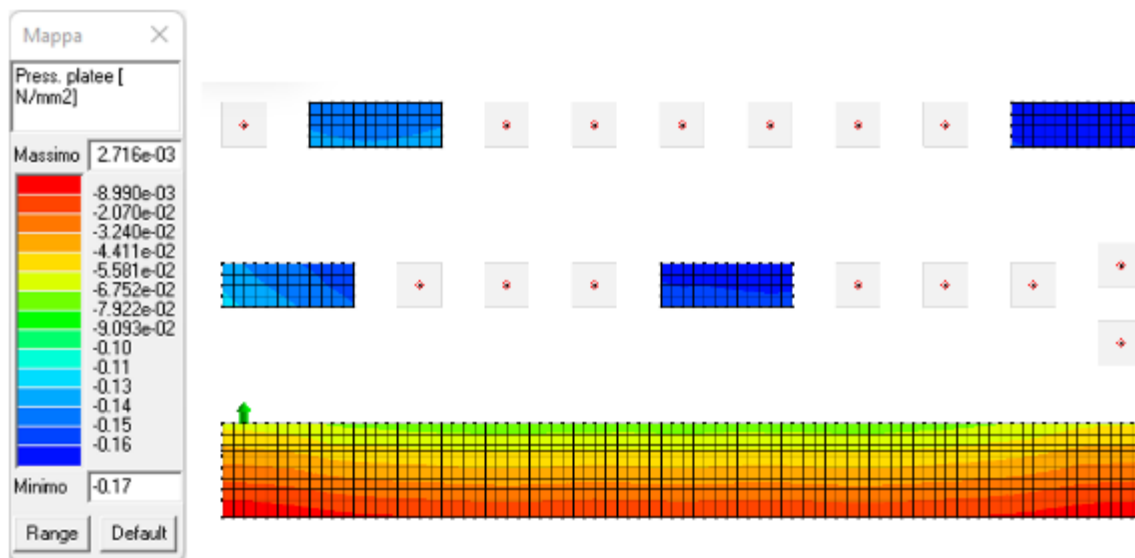


Verifiche Platea – Taglio Armatura secondaria

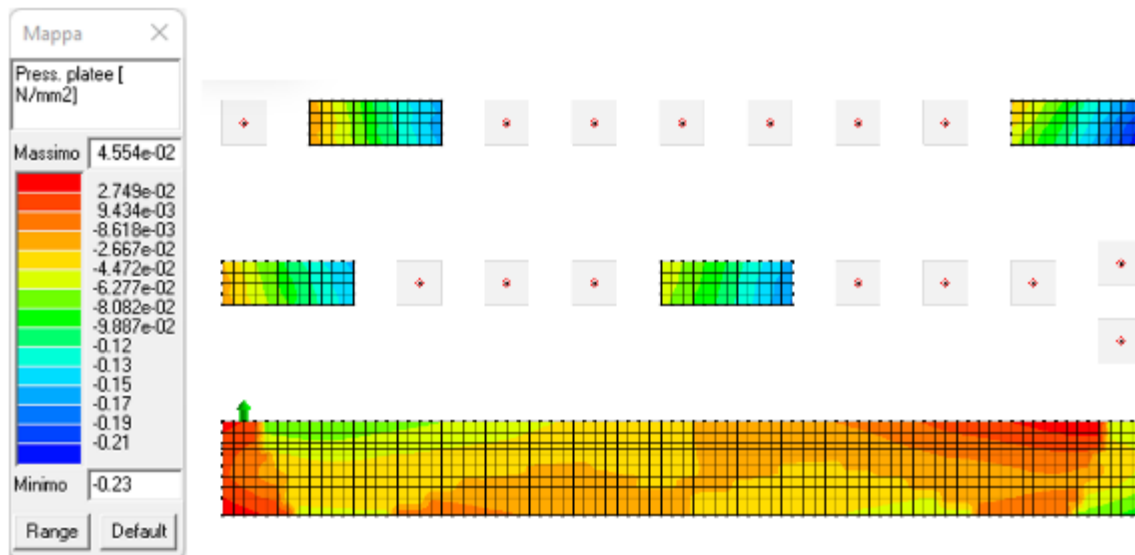
11.2. Platee di fondazione – Verifica Capacità portante

11.2.1. Corpo A

Di seguito si riportano alcune immagini relative alle pressioni agenti sulle fondazioni nelle combinazioni più significative.

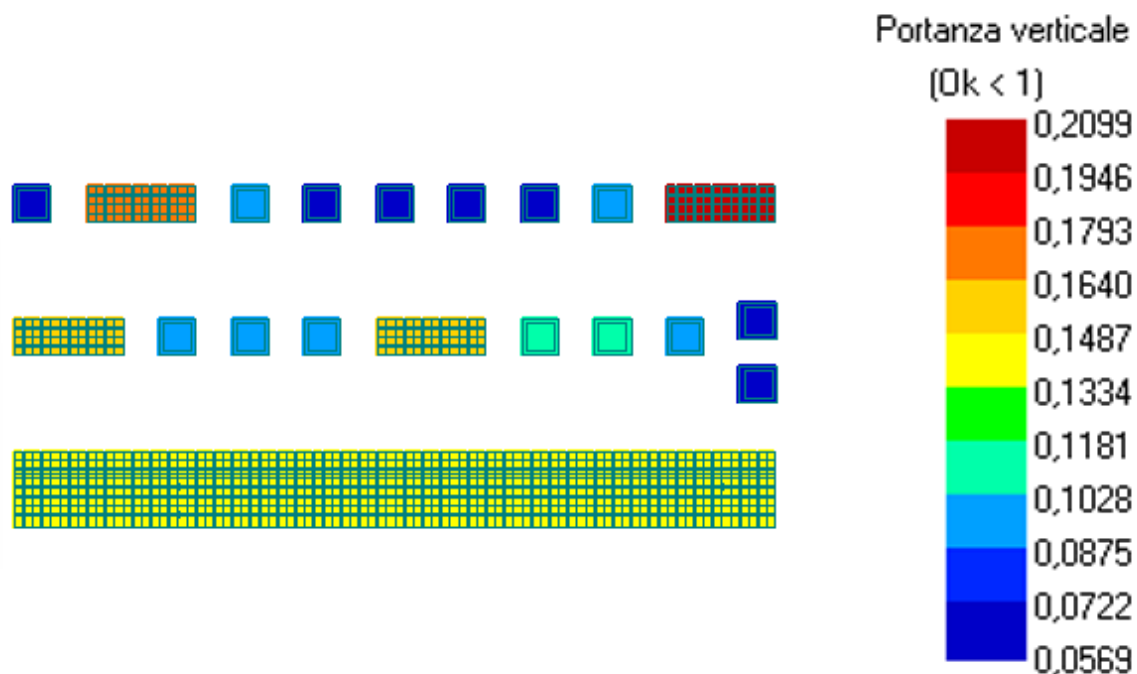


Pressioni platea – SLU

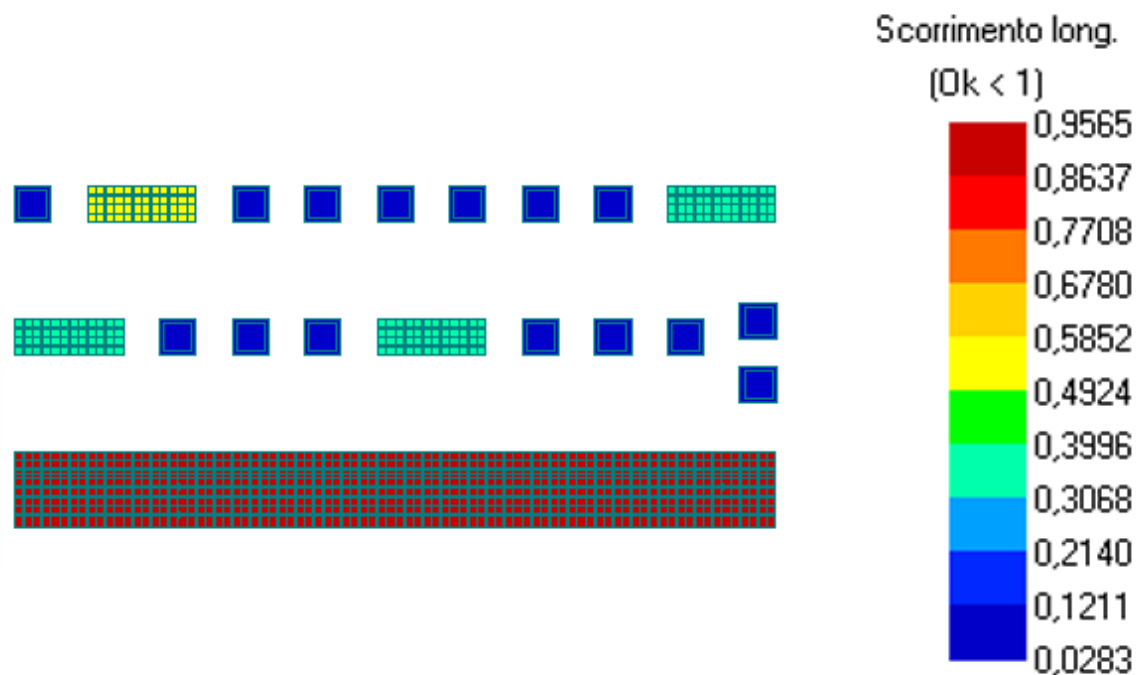


Pressioni platea – SLV

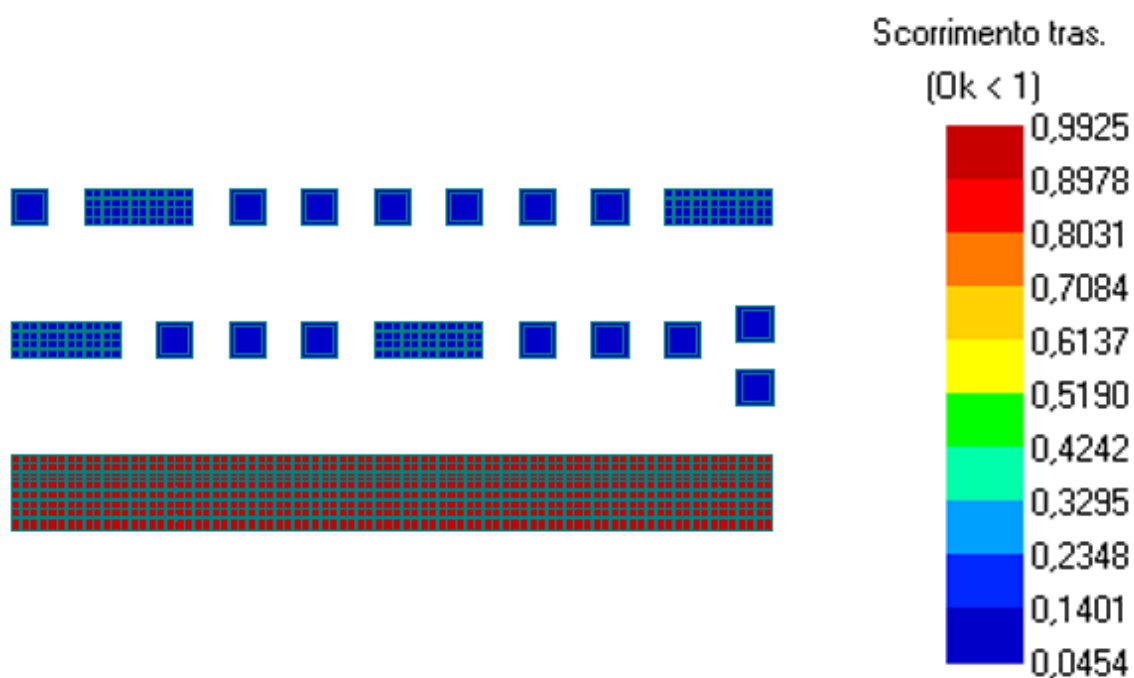
Di seguito si riportano alcune immagini relative alle verifiche di capacità portante delle platee.



Verifiche platea – Capacità portante pali

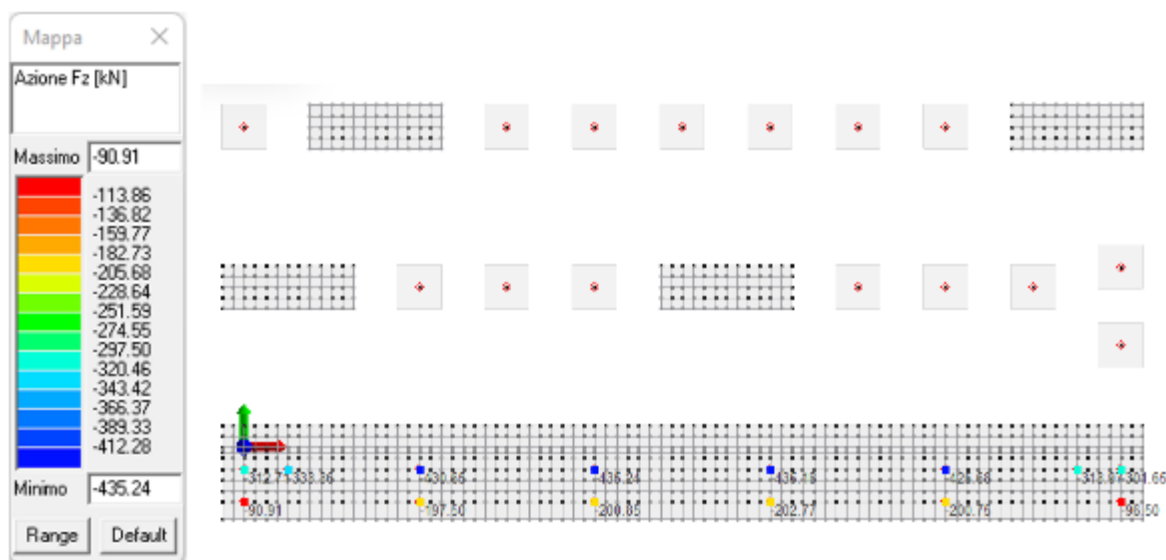


Verifiche platea – Scorrimento Longitudinale

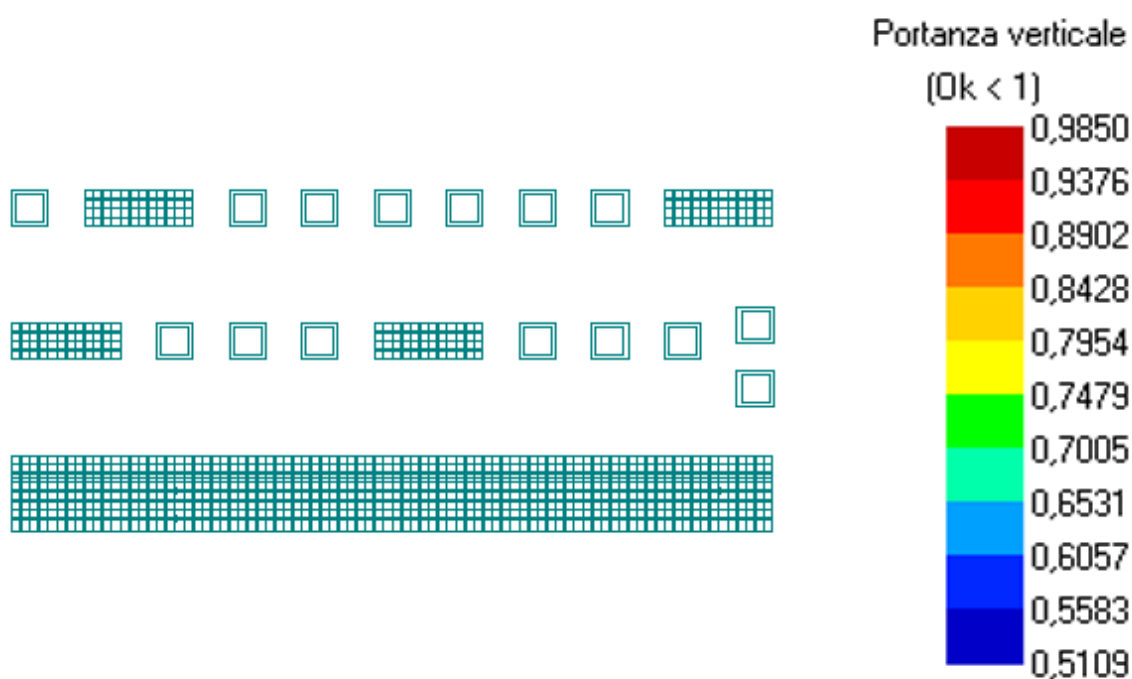
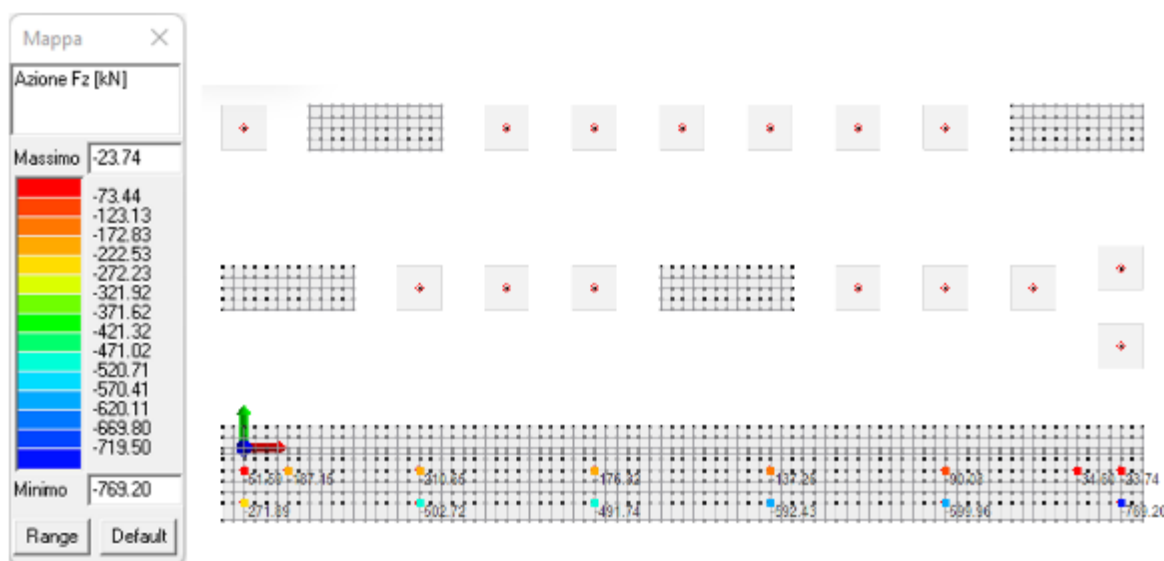


Verifiche platea – Scorrimento Trasversale

Di seguito si riportano alcune immagini relative alle verifiche dei pali.



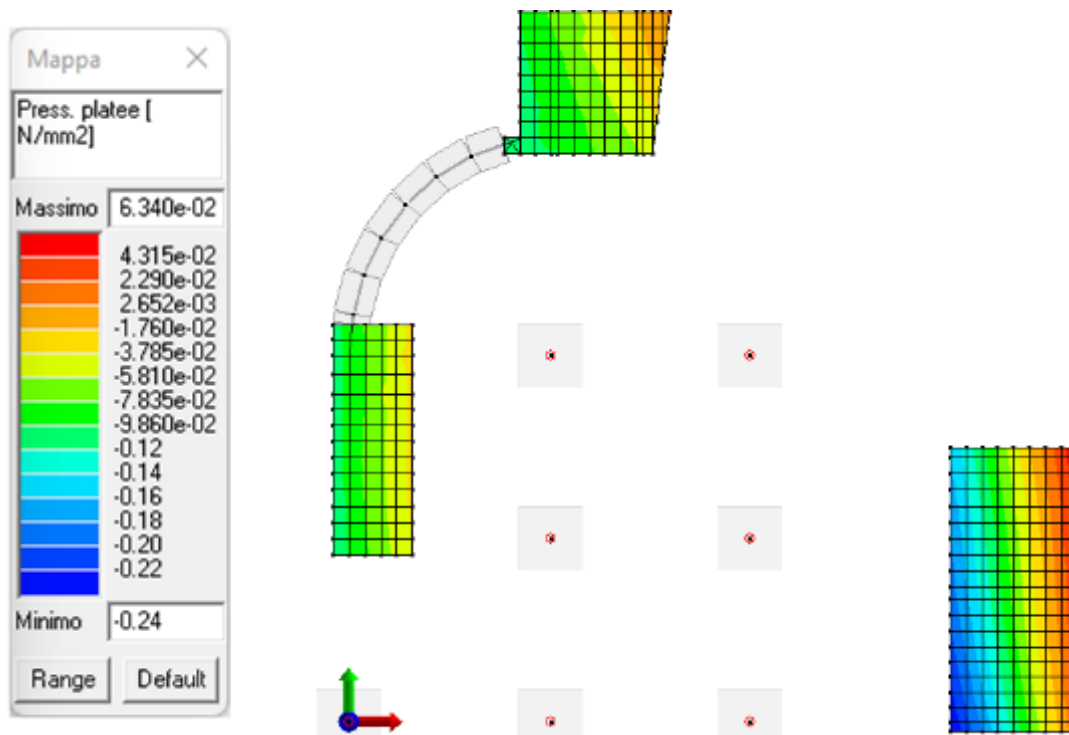
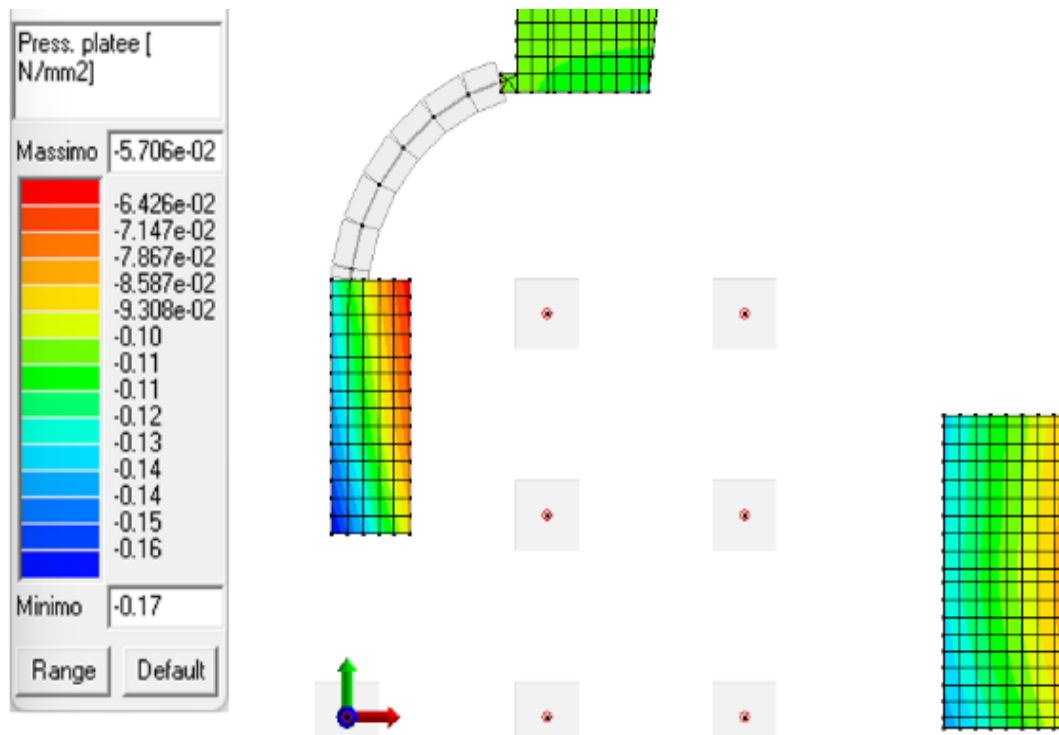
Azioni Pali – Ned min



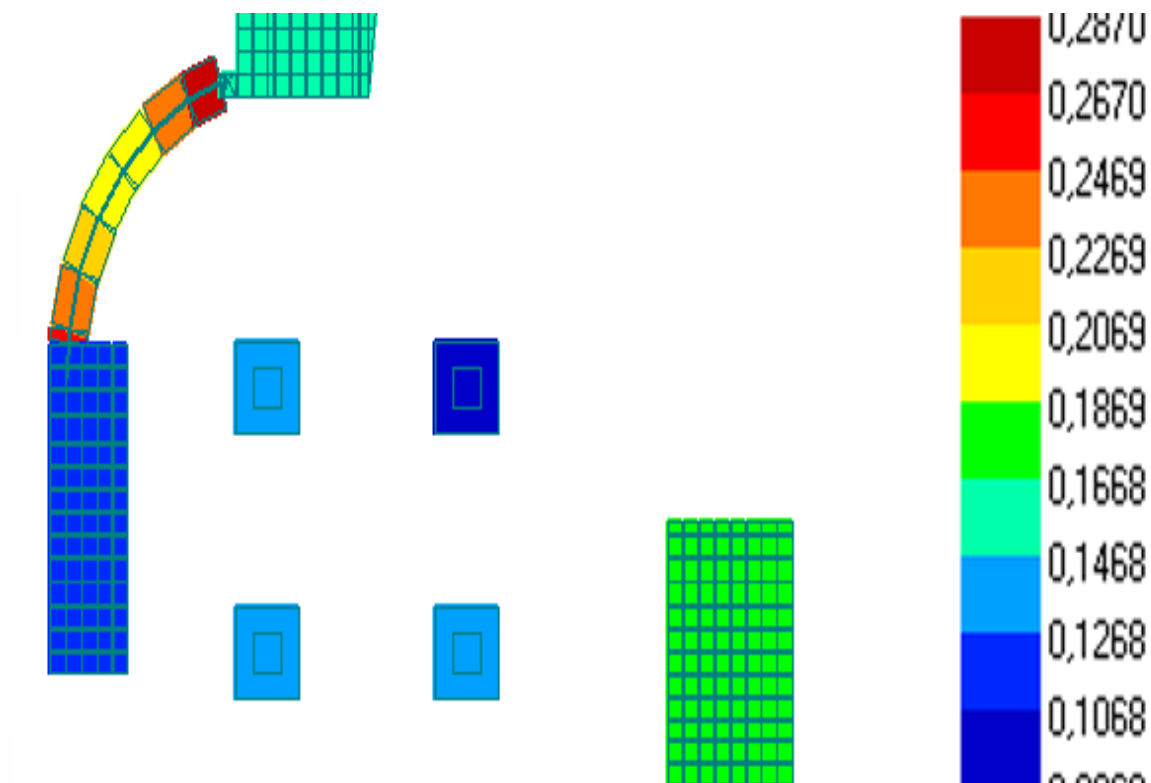
Verifiche platea – Scorrimento Trasversale

11.2.2. Corpo B

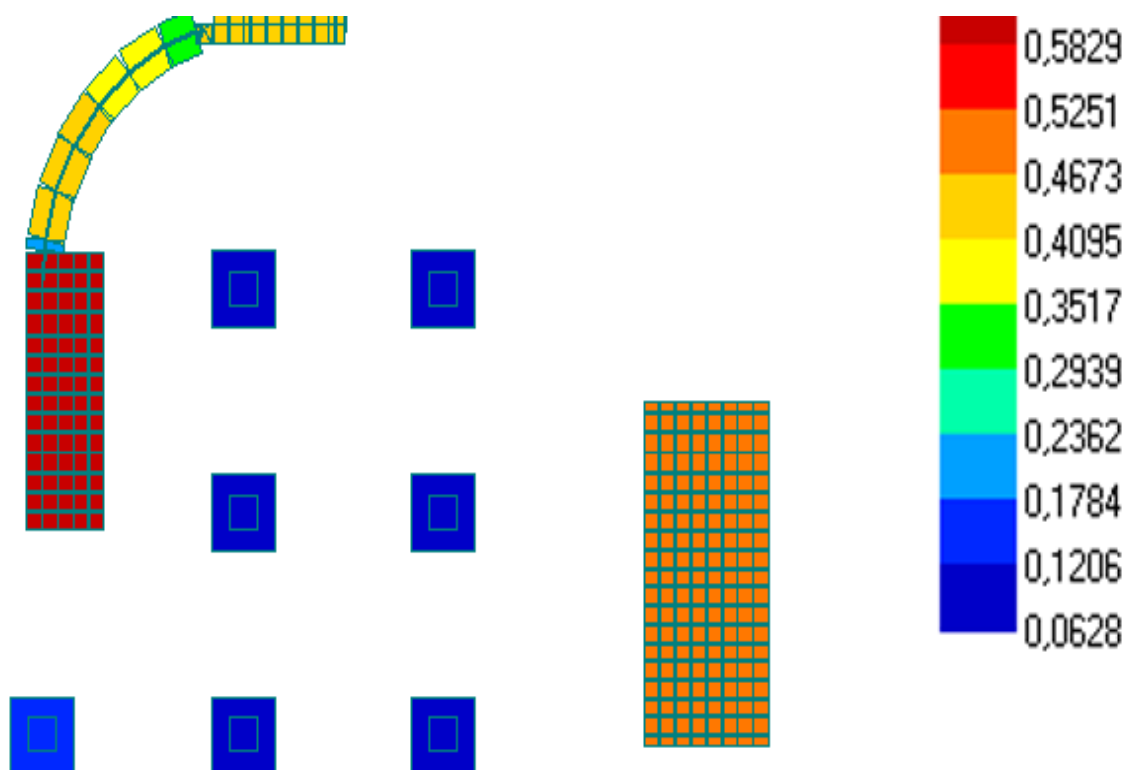
Di seguito si riportano alcune immagini relative alle pressioni agenti sulle fondazioni nelle combinazioni più significative.



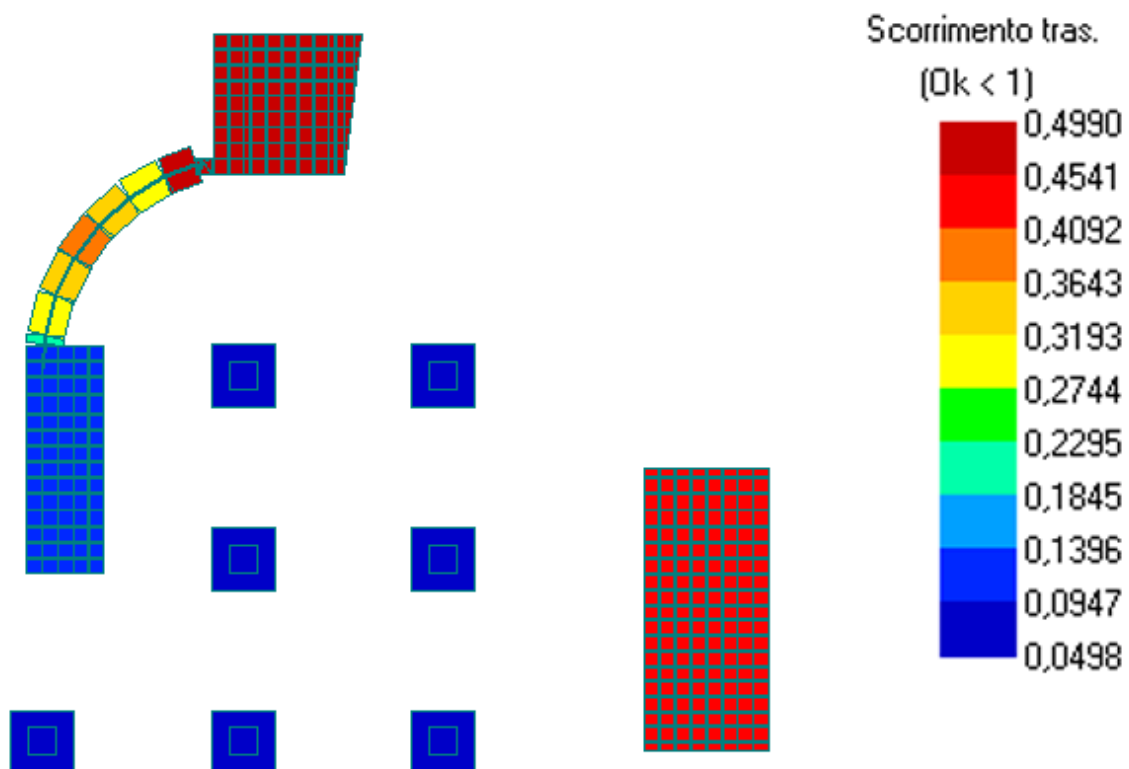
Di seguito si riportano alcune immagini relative alle verifiche di capacità portante delle platee.



Verifiche platea – Capacità portante



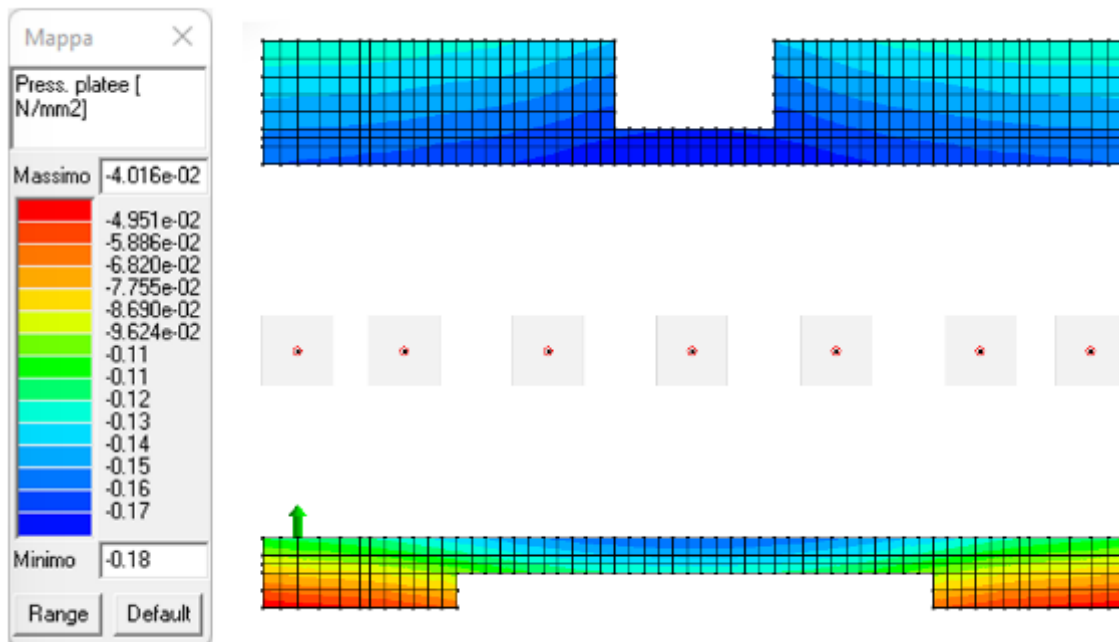
Verifiche platea – Scorrimento Longitudinale



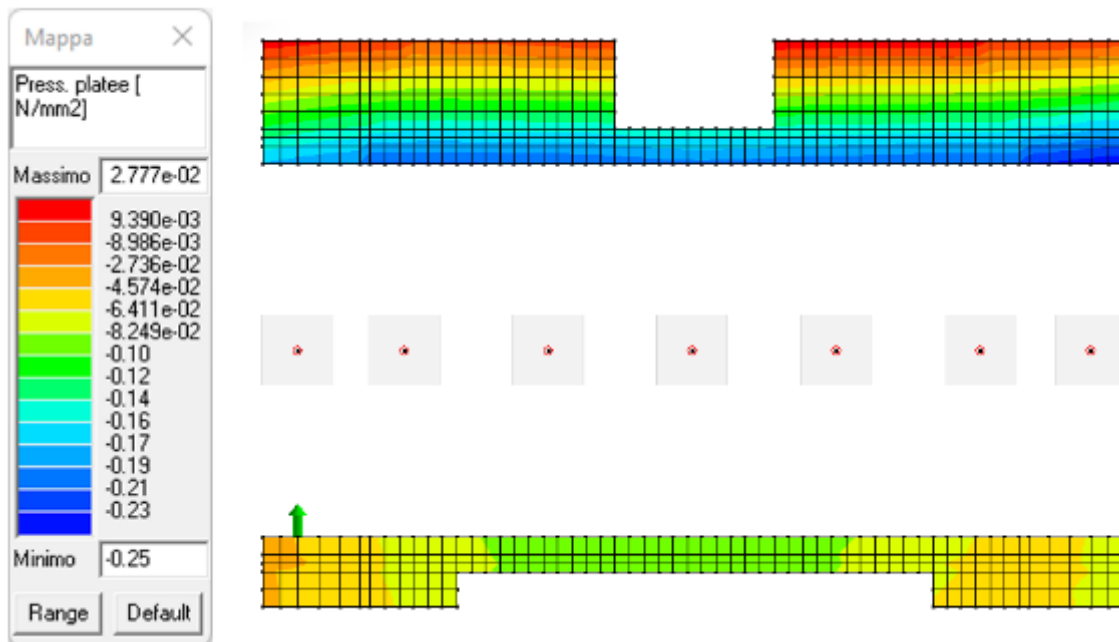
Verifiche platea – Scorrimento Trasversale

11.2.3. Corpo D

Di seguito si riportano alcune immagini relative alle pressioni agenti sulle fondazioni nelle combinazioni più significative.

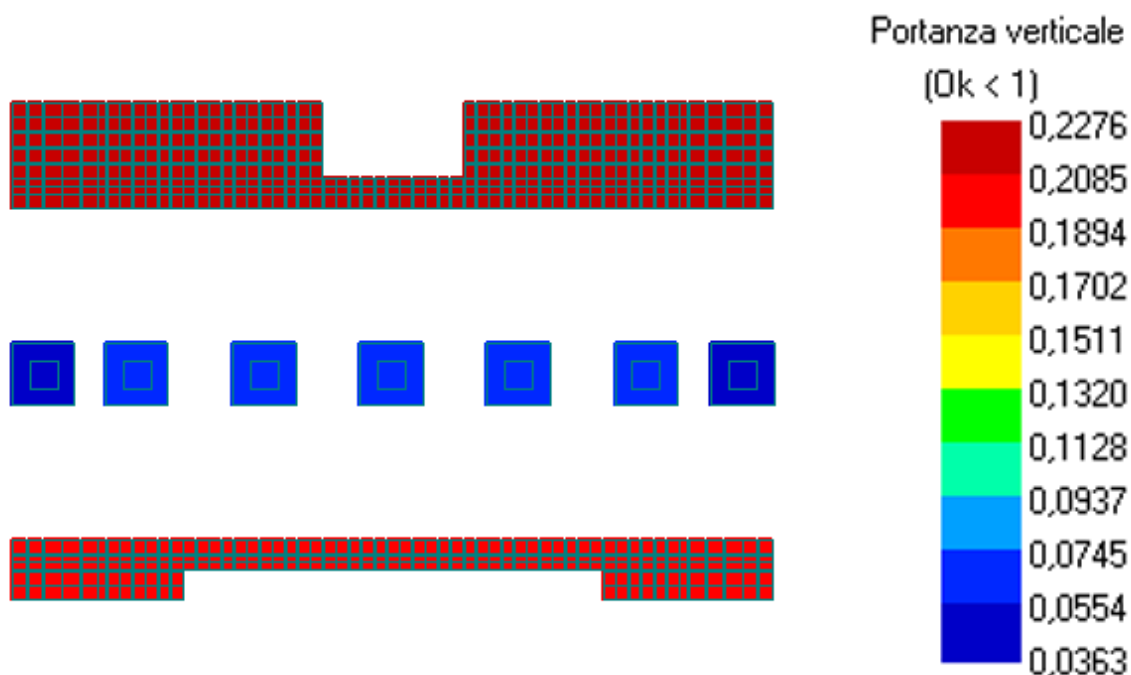


Pressioni platea – SLU

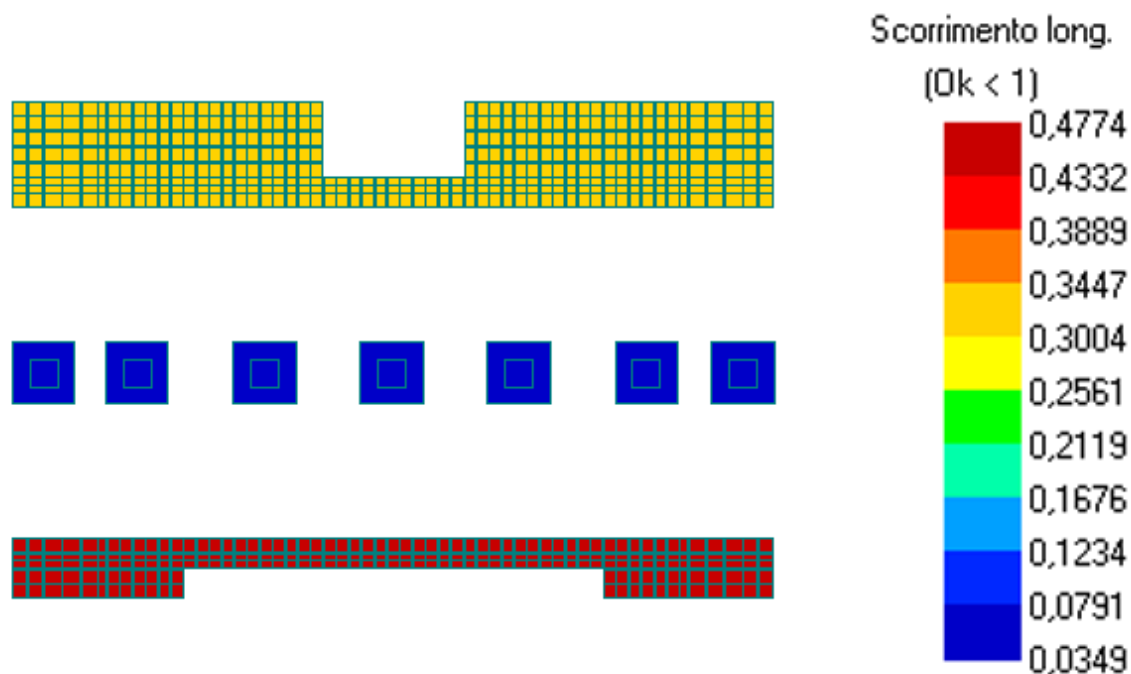


Pressioni platea – SLV

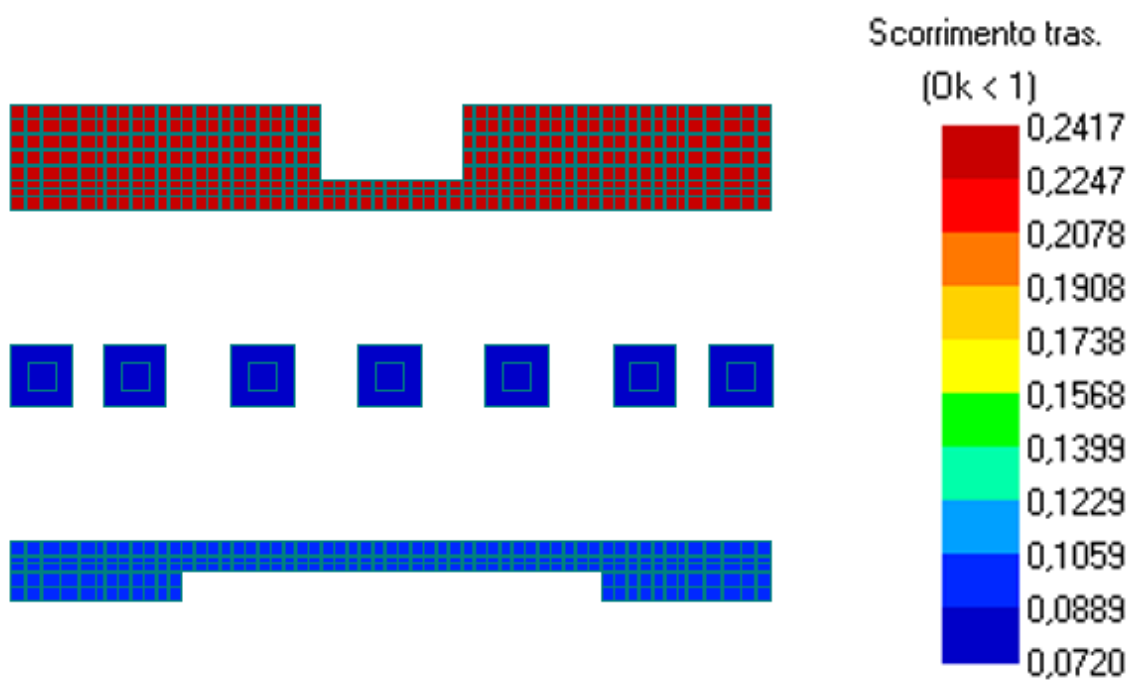
Di seguito si riportano alcune immagini relative alle verifiche di capacità portante delle platee.



Verifiche platea – Capacità portante



Verifiche platea – Scorrimento Longitudinale



Verifiche platea – Scorrimento Trasversale

12. CONCLUSIONI

L'intervento comporta globalmente che:

I tagli alla base complessivamente aumentano per lo spostamento nello spettro verso periodi inferiori con accelerazioni sismiche maggiori. L'introduzione di nuovi sistemi resistenti sgrava globalmente gli elementi esistenti, consentendone l'adeguamento in relazione alle verifiche di resistenza agli stati limite di salvaguardia della vita SLV.

La maggior rigidezza del sistema, produce però benefici in relazione agli spostamenti della struttura. Questo comporta un miglioramento nei confronti degli stati limite di salvaguardia della vita SLV evitando fenomeni di martellamento con gli edifici adiacenti.

Tale aspetto favorisce un comportamento migliore anche in relazione agli stati limite di operatività SLO evitando possibili problematiche relative al danneggiamento e all'espulsione dei tamponamenti.

La struttura risulta **adeguata** a seguito degli interventi proposti, di seguito vengono evidenziati gli indici di sicurezza agli SLO ed SLV:

INDICI SLO	STATO DI FATTO f_{a_SLO}	PROGETTO f_{a_SLO}
CORPO A	0,704	>1
CORPO B	>1	>1
CORPO D	0,940	>1

INDICI SLV	STATO DI FATTO f_{a_SLV}	PROGETTO f_{a_SLV}
CORPO A	0,331	>1
CORPO B	0,227	>1
CORPO D	0,451	>1