

**INTERVENTO DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA GENERALE DELLO STABILE A
DESTINAZIONE D'USO RESIDENZIALE DI PROPRIETA' ALER SITO IN COMUNE DI
PRATA CAMPORTACCIO (SO) VIA BERTACCHI NN. 21/23/25.**

CUP: B94F23008840007

CUP intervento di bonifica amianto: B92D23000060007

PROGETTO ESECUTIVO

203 – Relazione specialistica delle strutture

art. 41 e allegato I.7 al D.Lgs. 36/2023

**Il progettista
impianti e strutture**

INM and Partner S.r.l.

Ing. Mauro Nicoletti

INDICE:

1. PREMESSA.....	3
1.1 Denominazione ed ubicazione.....	3
1.2 Classificazione dell’edificio oggetto di Valutazione	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3. ANALISI STORICO CRITICA.....	5
4. DESCRIZIONE DELL’OPERA	6
4.1 Regolarità della Costruzione.....	8
5. LIVELLO DI CONOSCENZA E FATTORE DI CONFIDENZA	8
6. CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI	9
7. ANALISI DEI CARICHI.....	10
8. COMBINAZIONI DI CARICO	13
8.1 Schematizzazione dei casi di carico	13
8.2 Combinazione dei casi di carico	23
9. VERIFICHE DELLA SICUREZZA	24
10. VITA NOMINALE, CLASSE D’USO E PERIODO DI RIFERIMENTO PER L’AZIONE SISMICA.....	25
10.1 Vita Nominale	25
10.2 Classe d’uso	25
10.3 Stati Limiti e Relative Probabilità di Superamento.....	26
11. PERICOLOSITA’ SISMICA ALLA BASE	27
12. CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE.....	27
12.1 Categorie di Sottosuolo.....	27
12.2 Condizioni Topografiche.....	29
12.3 Valutazioni della Sicurezza su costruzioni esistenti	29
13. TIPO DI ANALISI SVOLTA.....	29
14. RISULTATI ANALISI MODALE	30
14 VERIFICHE DI RESISTENZA STATO DI PROGETTO	37
14.1 Reazioni Vincolari e Diagrammi di Sollecitazione	37
14.2 Verifiche strutturali pilastri in c.a.	63
14.3 Verifiche Strutturali Travi in c.a.....	65
14.4 Verifiche Piastre in c.a.....	67

14.5 Verifiche Strutturali Solai	70
14.6 Verifiche Strutturali elementi “non strutturali”	71
14.7 Considerazioni sulla struttura di fondazione	71
14.8 Verifiche Strutturali Nuova Copertura in acciaio	71
15 CONCLUSIONI VERIFICHE DI RESISTENZA STATO DI PROGETTO	85

1. PREMESSA

Il seguente documento ha per oggetto la verifica dell'immobile sito in comune del Prata Camportaccio (SO) via Bertacchi n° 21/23/25 a fronte della nuova realizzazione della Copertura. La presente è redatta in conformità al §10.1 del DM 17/01/18, è comprensiva di una descrizione generale dell'opera e dei criteri generali di analisi e verifica. Segue inoltre le indicazioni fornite al §10.2 del DM stesso per quanto concerne analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo con relativo allegato riportante tutte le calcolazione eseguite. Nella presente parte sono riportati i principali elementi di inquadramento del progetto riguardante le strutture, in relazione al progetto architettonico, al progetto delle componenti tecnologiche in generale ed alle prestazioni attese dalla struttura. Il progetto strutturale è stato sviluppato mediante un modello strutturale redatto con il software Prosap dell'Azienda 2si, licenza regolarmente intestata all'ing. Mauro Nicoletti.

Informazioni sul codice di calcolo	
Titolo:	PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program
Versione:	PROFESSIONAL (build 2019-12-186)
Produttore-Distributore:	2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l., Ferrara
Dati utente finale:	ing. Mauro Nicoletti
Codice Licenza:	Licenza dsi3823

2S.I. ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche. E' possibile reperire la documentazione contenente alcuni dei più significativi casi trattati al seguente link: <http://www.2si.it/Software/Affidabilità.htm>.

1.1 Denominazione ed ubicazione

- Denominazione: Edificio ALER
- Ubicazione: via Bertacchi n° 21/23/25, 08045 Prata Camportaccio (SO)
- Coordinate geografiche: 46.30924N 9.39866E – fuso 33
- Altitudine: 352 slm

1.2 Classificazione dell'edificio oggetto di Valutazione

L'edificio in progetto è "opera ordinaria" ovvero, secondo quanto riportato D.d.u.o. 22 maggio 2019 - n. 7237 Aggiornamento del d.d.u.o. 21 novembre 2013 n. 19904 - Approvazione elenco delle tipologie degli edifici ed opere infrastrutturali di interesse strategico e di quelli che possono assumere rilevanza per le conseguenze di un eventuale collasso in attuazione della d.g.r. n. 19964 del 7 novembre 2003".

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

1. D.Min. Infrastrutture Min. Interni e Prot. Civile 17 Gennaio 2018 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".
2. Circolare 21/01/19, n. 7 C.S.LL.PP "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche delle Costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018"
3. D.Min. Infrastrutture e trasporti 14 Settembre 2005 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".
4. D.M. LL.PP. 9 Gennaio 1996 "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche".
5. D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996 "Norme tecniche relative ai <<Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi>>".

6. D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".
7. Circolare 4/07/96, n.156AA.GG./STC. istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai <<Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi>>" di cui al D.M. 16/01/96.
8. Circolare 10/04/97, n.65AA.GG. istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16/01/96.
9. D.M. LL.PP. 20 Novembre 1987 "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento".
10. Circolare 4 Gennaio 1989 n. 30787 "Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento".
11. D.M. LL.PP. 11 Marzo 1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
12. D.M. LL.PP. 3 Dicembre 1987 "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate".
13. UNI 9502 - Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso - edizione maggio 2001
14. Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successive modificazioni e integrazioni.
15. UNI EN 1990:2006 13/04/2006 Eurocodice 0 - Criteri generali di progettazione strutturale.
16. UNI EN 1991-1-1:2004 01/08/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-1: Azioni in generale - Pesì per unità di volume, pesì propri e sovraccarichi per gli edifici.
17. UNI EN 1991-2:2005 01/03/2005 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 2: Carichi da traffico sui ponti.
18. UNI EN 1991-1-3:2004 01/10/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-3: Azioni in generale - Carichi da neve.
19. UNI EN 1991-1-4:2005 01/07/2005 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento.
20. UNI EN 1991-1-5:2004 01/10/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-5: Azioni in generale - Azioni termiche.
21. UNI EN 1992-1-1:2005 24/11/2005 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
22. UNI EN 1992-1-2:2005 01/04/2005 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio.
23. UNI EN 1993-1-1:2005 01/08/2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
24. UNI EN 1993-1-8:2005 01/08/2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti.
25. UNI EN 1994-1-1:2005 01/03/2005 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
26. UNI EN 1994-2:2006 12/01/2006 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo -

Parte 2: Regole generali e regole per i ponti.

27. UNI EN 1995-1-1:2005 01/02/2005 Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-1: Regole generali – Regole comuni e regole per gli edifici.
28. UNI EN 1995-2:2005 01/01/2005 Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 2: Ponti.
29. UNI EN 1996-1-1:2006 26/01/2006 Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura - Parte 1-1: Regole generali per strutture di muratura armata e non armata.
30. UNI EN 1996-3:2006 09/03/2006 Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura - Parte 3: Metodi di calcolo semplificato per strutture di muratura non armata.
31. UNI EN 1997-1:2005 01/02/2005 Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali.
32. UNI EN 1998-1:2005 01/03/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
33. UNI EN 1998-3:2005 01/08/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 3: Valutazione e adeguamento degli edifici.
34. UNI EN 1998-5:2005 01/01/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

NOTA il capitolo "normativa di riferimento": riporta l'elenco delle normative implementate nel software. Le norme utilizzate per la struttura oggetto della presente relazione sono indicate nel precedente capitolo "RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE" "ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON L'AUSILIO DI CODICI DI CALCOLO". Laddove nei capitoli successivi vengano richiamate norme antecedenti al DM 17.01.18 è dovuto o a progettazione simulata di edificio esistente.

3. ANALISI STORICO CRITICA

All'ing. Mauro Nicoletti è stato consegnato progetto strutturale completo dell'edificio in oggetto, nonché sono state eseguite prove sui materiali per qualificare la struttura in oggetto. Successivamente viene classificata tutta la documentazione necessaria a qualificare l'edificio in oggetto:

- Data Realizzazione 1980;
- Tipologia strutturale: telaio in c.a.;
- Numero piani fuori terra: 4
- Nuclei scala: 1
- Nuclei Ascensori: 0;

Documentazione Generale

Disegno n. / Documento	Denominazione	Data	Redatto da
RdP-202-2024	Indagini Strutturali	Aprile 2024	P&PLMC srl
Dichiarazione Direttore dei Lavori	Dichiarazione del Direttore Lavori	22/09/1981	Ing. Giovanni Bordoni
Tavola 1	Pianta ed armatura fondazioni	30/06/1980	Ing. Carlo Andreoletti

Disegno n. / Documento	Denominazione	Data	Redatto da
Tavola 2	Tabella Pilastri	30/06/1980	Ing. Carlo Andreoletti
Tavola 3	Particolare scale	30/06/1980	Ing. Carlo Andreoletti
Tavola 4	Vista Speculare e armatura 1° solaio	30/06/1980	Ing. Carlo Andreoletti
Tavola 5	Armatura travi 1° solaio	30/06/1980	Ing. Carlo Andreoletti
Tavola 6	Vista Speculare e armatura 2° solaio	30/06/1980	Ing. Carlo Andreoletti
Tavola 7	Armatura travi 2° solaio	30/06/1980	Ing. Carlo Andreoletti
Tavola 8	Vista Speculare e armatura 3° solaio	30/06/1980	Ing. Carlo Andreoletti
Tavola 9	Armatura travi 3° solaio	30/06/1980	Ing. Carlo Andreoletti
Tavola 10	Vista Speculare e armatura 4° solaio	30/06/1980	Ing. Carlo Andreoletti
Tavola 11	Armatura travi 4° solaio	30/06/1980	Ing. Carlo Andreoletti
Tavola 12	Armatura scala esterna	30/06/1980	Ing. Carlo Andreoletti
Verbale di Visita e Collaudo	Verbale di Visita e Collaudo	29/12/1980	Ing. Giancarlo Zappa

4. DESCRIZIONE DELL'OPERA

L'edificio è costituito da n.1 corpo edilizio, ha un numero di piani fuori terra pari a 4, ed è occupato al piano terra da cantinato e superiormente da appartamenti residenziali; la struttura risulta un telaio in c.a. con nucleo scale centrale. Al piano terra vi è la presenza di muri perimetrali contro terra essendo l'edificio edificato in un terreno non pianeggiante. I solaio sono realizzati con le seguenti specificità:

- Primo solaio: solaio a piastra in c.a. sp. 22 cm
- Solai seconco, terzo e quarto a travetti in c.a s.p. 22 cm

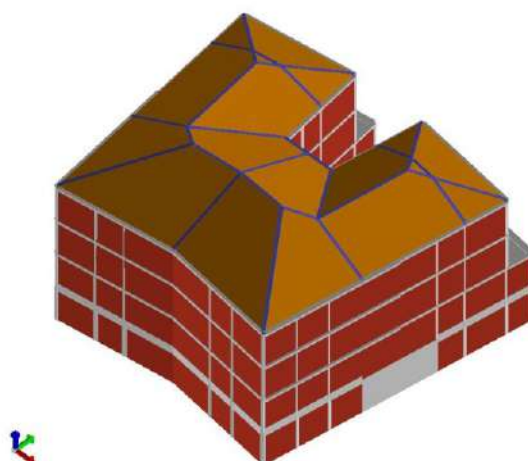
Copertura in muretti alla padovana.

Il progetto prevede la sostituzione della copertura esistente che prevede molteplici fenomeni di collasso dei laterizi.

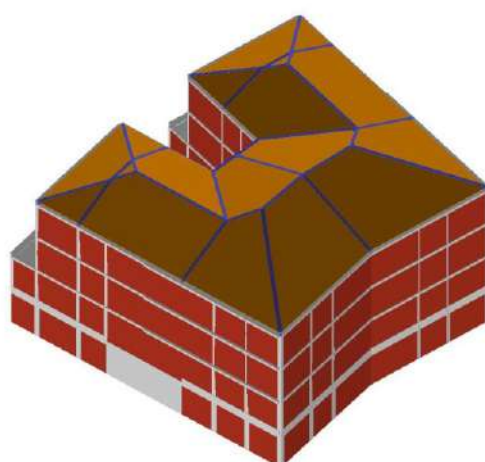
In particolare la nuova copertura sarà realizzata mediante struttura portante principale in acciaio, arcarecci in legno e a finire doppio tavolato incrociato di legno.

Quindi la presente relazione riguarda la verifica della struttura esistente nella nuova configurazione strutturale, e la verifica dei nuovi elementi strutturali.

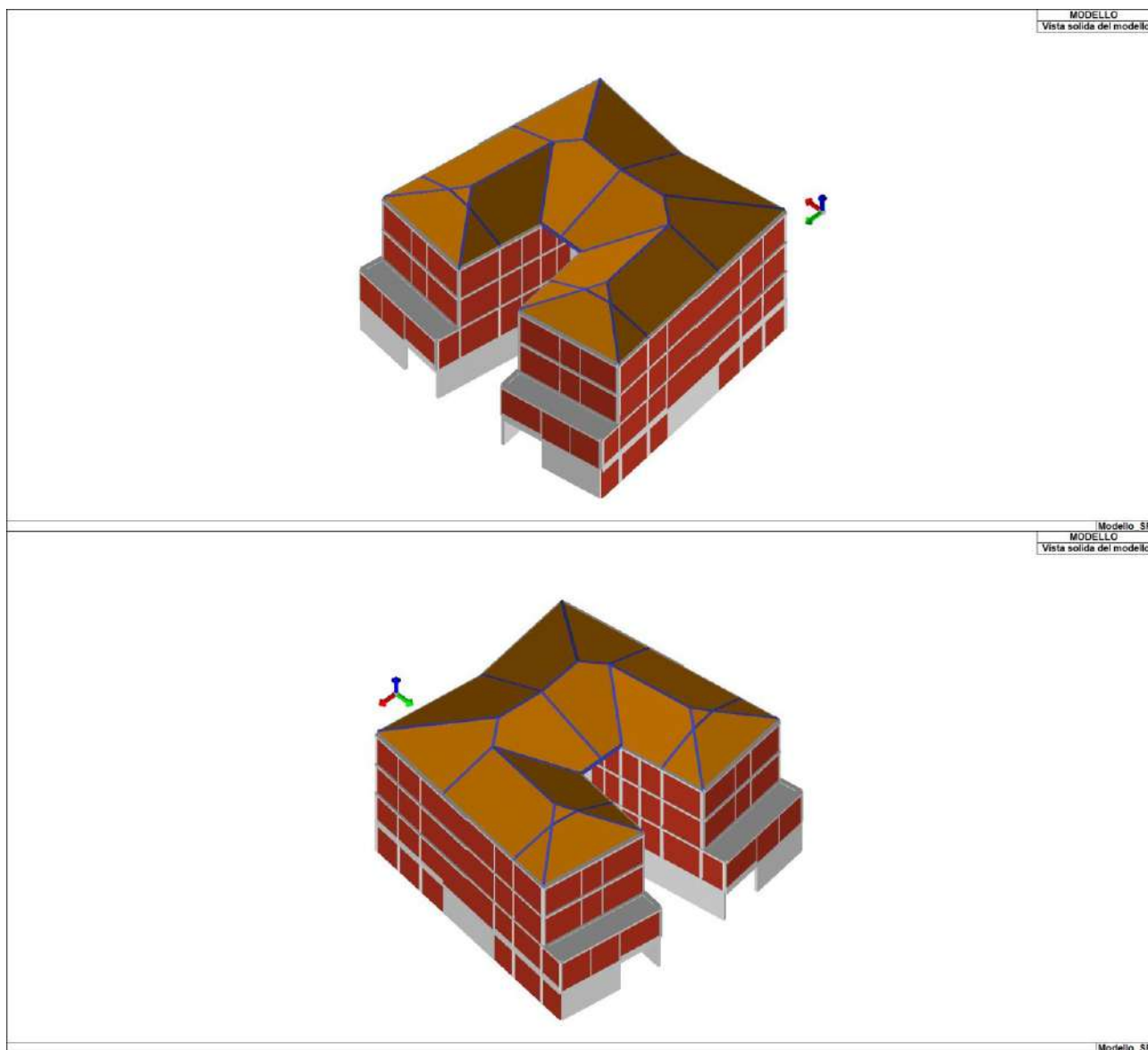
MODELLO
Vista solida del modello



Modello_SP
MODELLO
Vista solida del modello



Modello_SP



4.1 Regolarità della Costruzione

Regolarità in Pianta	Regolarità in Altezza
V	V
V	V
V	V
V	V

5. LIVELLO DI CONOSCENZA E FATTORE DI CONFIDENZA

Ai fini della scelta del tipo di analisi e dei valori dei fattori di confidenza, si distinguono i tre livelli di conoscenza seguenti:

- LC1: Conoscenza limitata;
- LC2: conoscenza Adeguata;
- LC3 Conoscenza Accurata;

Gli aspetti che definiscono i livelli di conoscenza nelle strutture sono:

- Rilievo;
- Caratterizzazione meccanica dei materiali;

In considerazione delle indagini eseguite, ai documenti sopracitati, allo stato di conoscenza raggiunto si ritiene di aver raggiunto un livello di conoscenza della struttura pari a:

LC3 – Conoscenza accurata, al quale corrisponde un fattore di confidenza F.C.=1.00

6. CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI

Le caratteristiche meccaniche dei materiali da utilizzare nelle verifiche, sono state desunte dalle relazioni dall'Impresa P&P LMC srl

Calcestruzzo

Il primo passo di analisi a partire dai dati sperimentali forniti dalla prova di compressione sulla carota estratta consiste nella determinazione della resistenza cubica del calcestruzzo in opera attraverso l'introduzione di una serie di parametri forniti dalla letteratura tecnica specializzata di settore in modo da tenere conto dei diversi effetti e fattori che caratterizzano la diversa resistenza di una carota estratta da un getto in opera rispetto ad un provino cubico, ovvero:

- Geometria della carota: snellezza della carota ($f_{h/d}$)
- Effetto derivante dall'azione della carotatrice (f_{tor})
- Effetto dovuto alla presenza di armature (f_{Fe})
- Effetto dovuto alla direzione di carotaggio rispetto a quella di getto (f_{dir})
- Effetto dell'età della carota (f_t) e della temperatura di maturazione in cantiere (f_T)

In definitiva, riassumendo quanto sopra, si può scrivere la formula più generale per il calcolo della resistenza cubica del calcestruzzo in opera:

$$R_{cub,opera, medio} = R_{carota,medio} \times f_{h/d} \times f_{Fe} \times f_{tor} \times f_{Dir} \times f_{dia} \times f_t \times f_T$$

Carota	$R_{carota,medio}$ [Mpa]	$f_{h/d}$	f_{tor}	f_{Fe}	f_{dir}	f_r	f_t	$R_{cub,opera, medio}$ [Mpa]
CA-1	12.5	1.32	1.10	1.03	1.07	1.00	1.00	20.00
CA-2	19.5	1.32	1.15	1.03	1.07	1.00	1.00	32.62
CA-3	15.6	1.32	1.15	1.03	1.07	1.00	1.00	26.09
Ca-4	14.5	1.32	1.12	1.03	1.07	1.00	1.00	23.63

$$R_{cm} = 25.58 \text{ MPa}$$

Acciaio D'armatura

Barra	$R_{carota,medio}$ [Mpa]
Arm -1	386
Arm - 2	513

Acciaio armatura: $f_{ym} = 450 \text{ Mpa}$

ACCIAIO CARPENTERIA

Acciaio da carpenteria metallica delle piastre e fazzoletti: S275JR

TRAVI IN LEGNO:

Solaio Classe: GL24h - EN14080:2013 Legno lamellare incollato

7. ANALISI DEI CARICHI

PRIMO SOLAIO

Solaio comprendente:

Soletta in c.a. - H= 22 cm

Tot. G1k	550 daN/mq
-----------------	-------------------

Pavimento in Gres

Massetti

Tot. G2k	112 daN/mq
-----------------	-------------------

Tramezze

Tot. G2k	120 daN/mq
-----------------	-------------------

Cat. A 200 daN/mq

Tot. Qk	200 daN/mq
----------------	-------------------

SECONDO TERZO SOLAIO

Solaio comprendente:

Soletta inferiore G1k, Travetti G1k, Soletta CLS - H= 22 cm

Tot. G1k	276 daN/mq
-----------------	-------------------

Pavimento in Gres

Massetti

Tot. G2k	112 daN/mq
-----------------	-------------------

Tramezze

Tot. G2k	120 daN/mq
-----------------	-------------------

Cat. A 200 daN/mq

Tot. Qk	200 daN/mq
----------------	-------------------

QUARTO SOLAIO

Solaio comprendente:

Soletta inferiore G1k, Travetti G1k, Soletta CLS - H= 22 cm

Tot. G1k 276 daN/mq

Tramezze

Tot. G2k 120 daN/mq

Cat. H 50 daN/mq

Tot. Qk 50 daN/mq

COPERTURA:

Solaio comprendente:

Doppio tavolato in legno.

Tot. G2k 30 daN/mq

Guaina impermeabilizzante, coppi

Tot. G2k 100 daN/mq

RAMPA SCALA

Soletta CLS G1k = 400 daN/mq

Gradino 188 daN/mq

Tot. G1k 588 daN/mq

Rivestimento pedate G2k = 98 daN/mq

Rivestimento alzate G2k = 22 daN/mq

Colla Pedate G2k = 43 daN/mq

Colla alzate G2k = 8 daN/mq

Intonaco G2k = 42 daN/mq

Tot. G2k 214 daN/mq

Cat. C2 400 daN/mq

Tot. Qk 400 daN/mq

LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

Ubicazione:

Località	PRATA CAMPORTACCIO
Provincia	SONDRIO
Regione	LOMBARDIA
Latitudine	46,30600 N
Longitudine	9,39600 E
Altitudine s.l.m.	9,0 m

CALCOLO DELLE AZIONI DELLA NEVE E DEL VENTO

Normativa di riferimento:

D.M. 17 gennaio 2018 - NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

Cap. 3 - AZIONI SULLE COSTRUZIONI - Par. 3.3 e 3.4

Circolare n.7 - 21 gennaio 2019 C.S.LL.PP.

NEVE

Il carico della neve sulle coperture è calcolato in relazione ai seguenti parametri:

Zona: macro area derivante dalla suddivisione del territorio nazionale;

Esp.: zona topografica di esposizione al vento;

Ce: coefficiente di esposizione al vento;

TR: periodo di ritorno di progetto espresso in anni;

as: altitudine del sito;

qsk: valore caratteristico del carico della neve al suolo (per $T_r = 50$ anni);

Zona	Esposizione	Ce	TR	as	qsk
I Alpina	Zona normale	1,00	50 anni	9 m	150,00

Copertura a due falde:

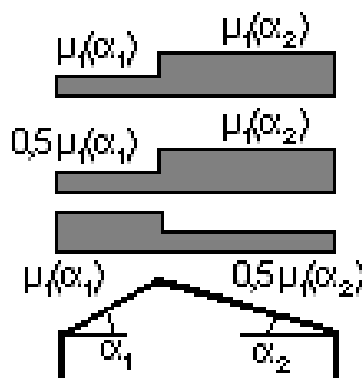
Angolo di inclinazione della falda $\alpha_1 = 19,0^\circ$

$\mu_1(\alpha_1) = 0,80 \Rightarrow Q_1 = 120 \text{ daN/mq}$

Angolo di inclinazione della falda $\alpha_2 = 19,0^\circ$

$\mu_1(\alpha_2) = 0,80 \Rightarrow Q_2 = 120 \text{ daN/mq}$

Schema di carico:



VENTO

La velocità del vento è calcolata in relazione ai seguenti parametri:

Zona: macro area derivante dalla suddivisione del territorio nazionale (NTC - Tab. 3.3.I);

Vb,0: velocità base della zona (NTC - Tab. 3.3.I);

a0: altitudine base della zona (NTC - Tab. 3.3.I);

ks: parametro in funzione della zona in cui sorge la costruzione (NTC - Tab. 3.3.I);

as: altitudine del sito;

TR: periodo di ritorno di progetto espresso in anni;

Vb: velocità di riferimento calcolata come segue:

$V_b = V_{b,0}$ per $a_s \leq a_0$

$V_b = V_{b,0} (1 + k_s ((a_s / a_0) - 1))$ per $a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$

per $a_s > 1500 \text{ m}$ vanno ricavati da opportuna documentazione o da indagini comprovate

Tali valori non dovranno essere minori di quelli previsti per $a_s = 1500 \text{ m}$

Cr: coefficiente di ritorno in funzione del periodo di ritorno TR

Vr: velocità di riferimento riferita al periodo di ritorno TR

Zona	Vb,0	a0	ks	as	TR	Vb	Cr	Vr
1	25 m/s	1000 m	0,40	9 m	50 anni	25,00 m/s	1,000	25,00 m/s

Pressione cinetica di riferimento, $q_r = \rho V_r^2 / 2 = 39 \text{ daN/mq}$

dove: ρ è la densità dell'aria (assunta convenzionalmente costante = $1,25 \text{ kg/mc}$)

Esposizione: Cat. III - Entroterra fino a 500 m di altitudine

Da cui i parametri della tabella 3.3.II delle NTC

Kr	z0	z min
0,20	0,10 m	5 m

Classe di rugosità del terreno: C (NTC - Tab. 3.3.III)

Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D

L'azione del vento sulle costruzioni è determinata dai seguenti parametri:

Cp: coefficiente di pressione;
 Cd: coefficiente dinamico;
 Ct: coefficiente di topografia;
 Ce: coefficiente di esposizione (funzione di z, z0 e Ct);
 z: altezza sul suolo.

Cp	Cd	Ct	Ce	z
1,00	1,00	1,00	2,28	12,40 m

Pressione del vento

$$p = q_r C_e C_p C_d = 89 \text{ daN/mq}$$

TEMPERATURA DELL'ARIA ESTERNA

Le temperature esterne, T max (massima estiva) e T min (minima invernale), sono calcolate secondo le seguenti espressioni riferite alla zona climatica:

$$T_{\min} = -15 - 4 \text{ as} / 1000 \quad (\text{NTC 3.5.1})$$

$$T_{\max} = 42 - 6 \text{ as} / 1000 \quad (\text{NTC 3.5.2})$$

dove as è l'altitudine di riferimento

Zona	as	T min	T max
I	9 m	-15,04 °C	41,95 °C

8. COMBINAZIONI DI CARICO

8.1 Schematizzazione dei casi di carico

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

Sono previsti i seguenti 11 tipi di casi di carico:

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

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

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

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

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

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

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

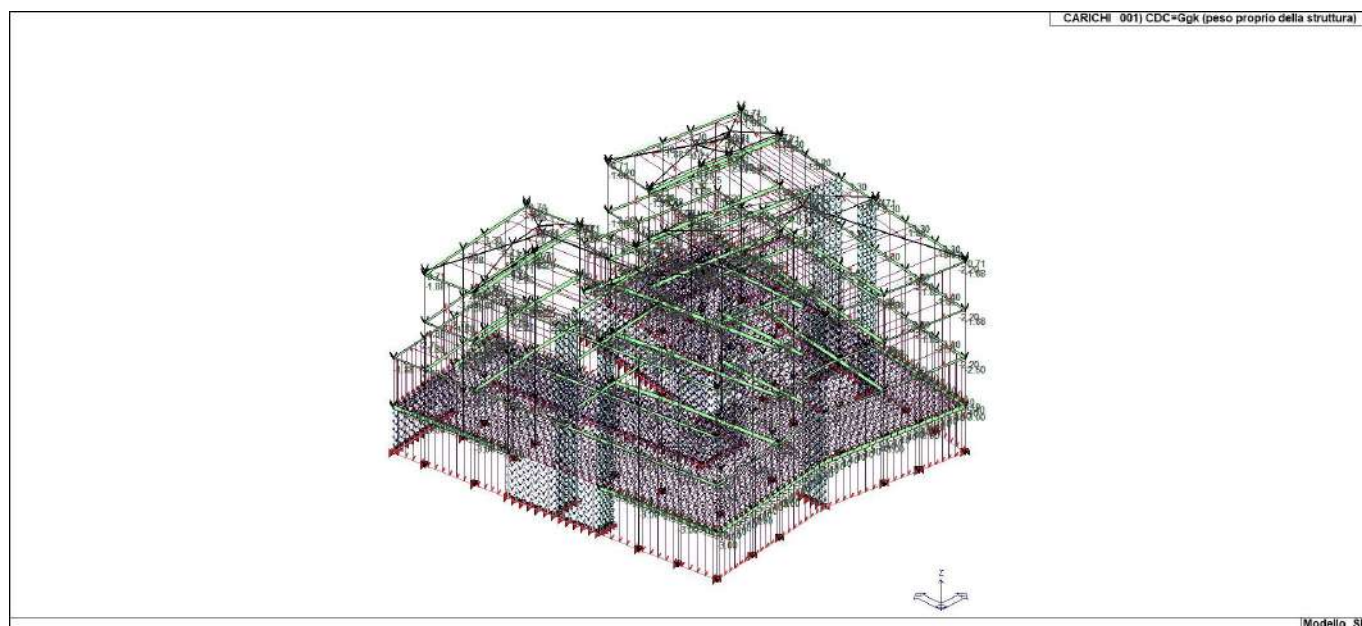
Numero Tipo e Sigla identificativa, Valore di riferimento del caso di carico (se previsto).

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

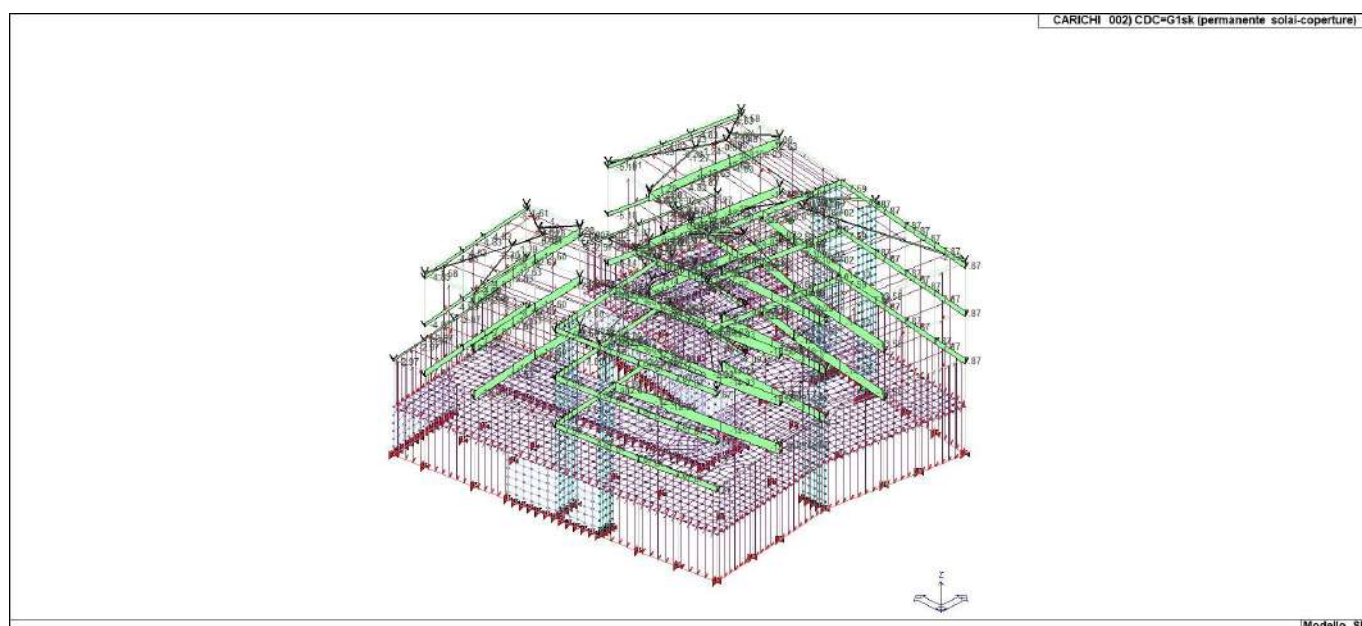
Per i casi di carico di tipo sismico (9-Esk e 10-Edk), viene riportata la tabella di definizione delle masse: per ogni caso di carico partecipante alla definizione delle masse viene indicata la relativa aliquota (partecipazione) considerata. Si precisa che per i caso di carico 5-Qsk e 6-Qnk la partecipazione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

CDC	Tipo	Sigla Id	Note	Per non automatici:
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)		
2	Gsk	CDC=G1sk (permanente solai-coperture)		
3	Gsk	CDC=G2sk (permanente solai-coperture n.c.d.)		
4	Gsk	CDC=G2pk (permanente pannelli n.c.d.)		
5	Qsk	CDC=Qsk (variabile solai)		
6	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. +)	partecipazione:1.00 per 1 CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	
			partecipazione:1.00 per 2 CDC=G1sk (permanente solai-coperture)	
			partecipazione:1.00 per 3 CDC=G2sk (permanente solai-coperture n.c.d.)	
			partecipazione:1.00 per 4 CDC=G2pk (permanente pannelli n.c.d.)	
			partecipazione:1.00 per 5 CDC=Qsk (variabile solai)	
7	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. -)	come precedente CDC sismico	
8	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. +)	come precedente CDC sismico	
9	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. -)	come precedente CDC sismico	
10	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. +)	come precedente CDC sismico	
11	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. -)	come precedente CDC sismico	
12	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. +)	come precedente CDC sismico	
13	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. -)	come precedente CDC sismico	
14	Qvk	CDC=Qvk (carico da vento) dir X +	Azioni applicate: [7] QVK PAN ++ vento*0.4 (da personalizzare)-P3:p=3.200e-03	Ad elementi: Pannelli: 29 # 30, 34 # 40, 44 # 49, 56 # 78, 82 # 87, 95 # 100, 107 # 108, 112 # 118, 122 # 127, 134 # 156
15	Qvk	CDC=Qvk (carico da vento) dir X -	Azioni applicate: [8] QVK PAN -- vento*0.4 (da	Ad elementi: Pannelli: 29 # 30, 34 # 40, 44 # 49, 56 # 78,

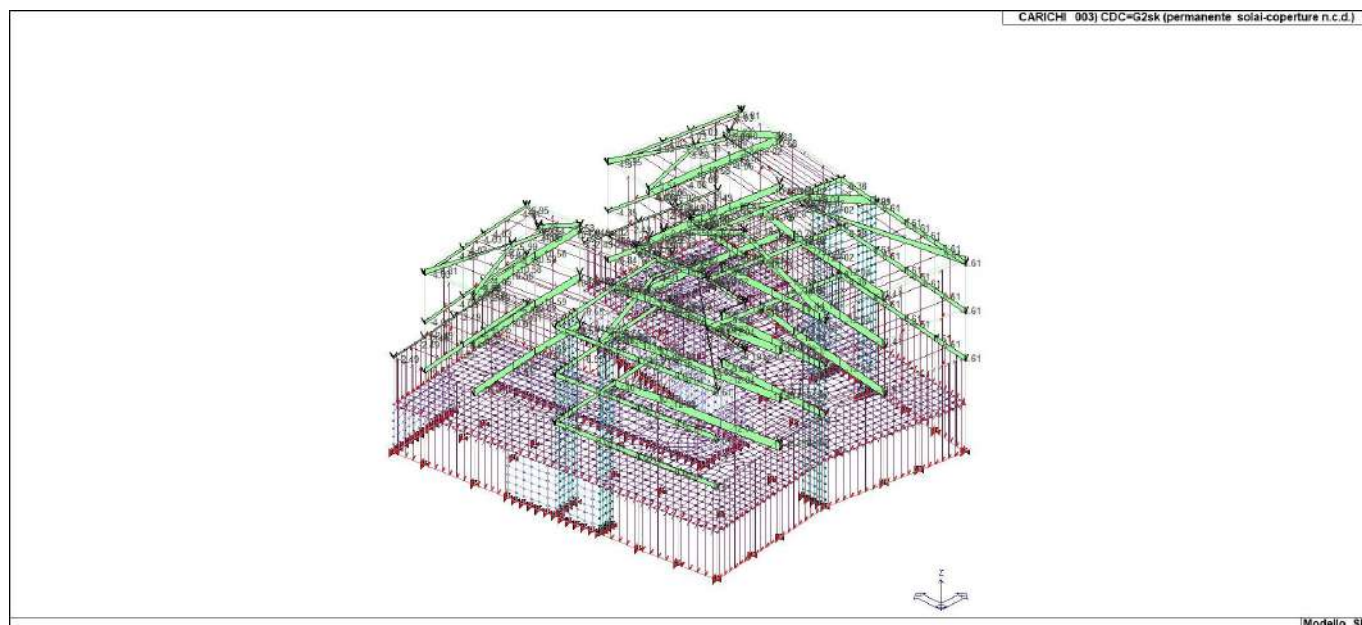
CDC	Tipo	Sigla Id	Note	Per non automatici:
			personalizzare)-P3:p=3.200e-03	82 # 87, 95 # 100, 107 # 108, 112 # 118, 122 # 127, 134 # 156
16	Qvk	CDC=Qvk (carico da vento) dir Y +	Azioni applicate: [7] QVK PAN ++ vento*0.4 (da personalizzare)-P3:p=3.200e-03	Ad elementi: Pannelli: 28, 31 # 33, 41 # 43, 50 # 55, 79 # 81, 88 # 94, 101 # 106, 109 # 111, 119 # 121, 128 # 133
17	Qvk	CDC=Qvk (carico da vento) dir Y -	Azioni applicate: [8] QVK PAN -- vento*0.4 (da personalizzare)-P3:p=3.200e-03	Ad elementi: Pannelli: 28, 31 # 33, 41 # 43, 50 # 55, 79 # 81, 88 # 94, 101 # 106, 109 # 111, 119 # 121, 128 # 133



22_CDC_001_CDCGgk peso proprio della struttura



22_CDC_002_CDCG1sk permanente solai-coperture



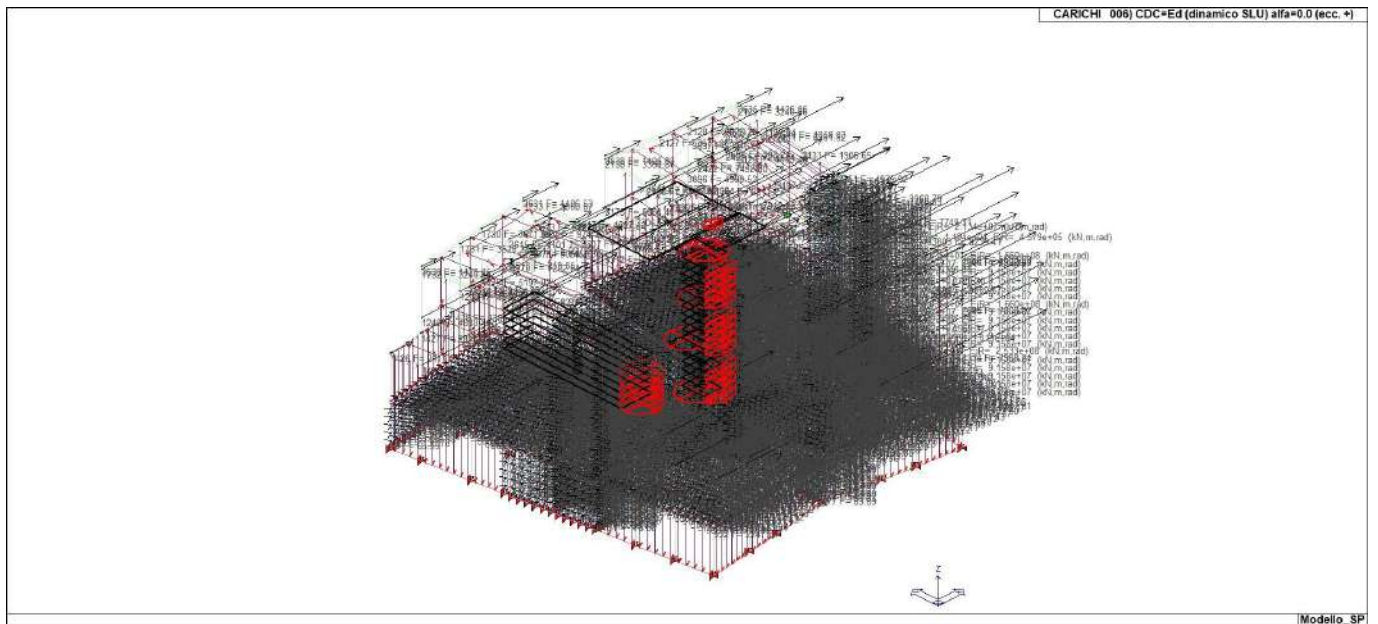
22_CDC_003_CDCG2sk permanente solai-coperture ncd



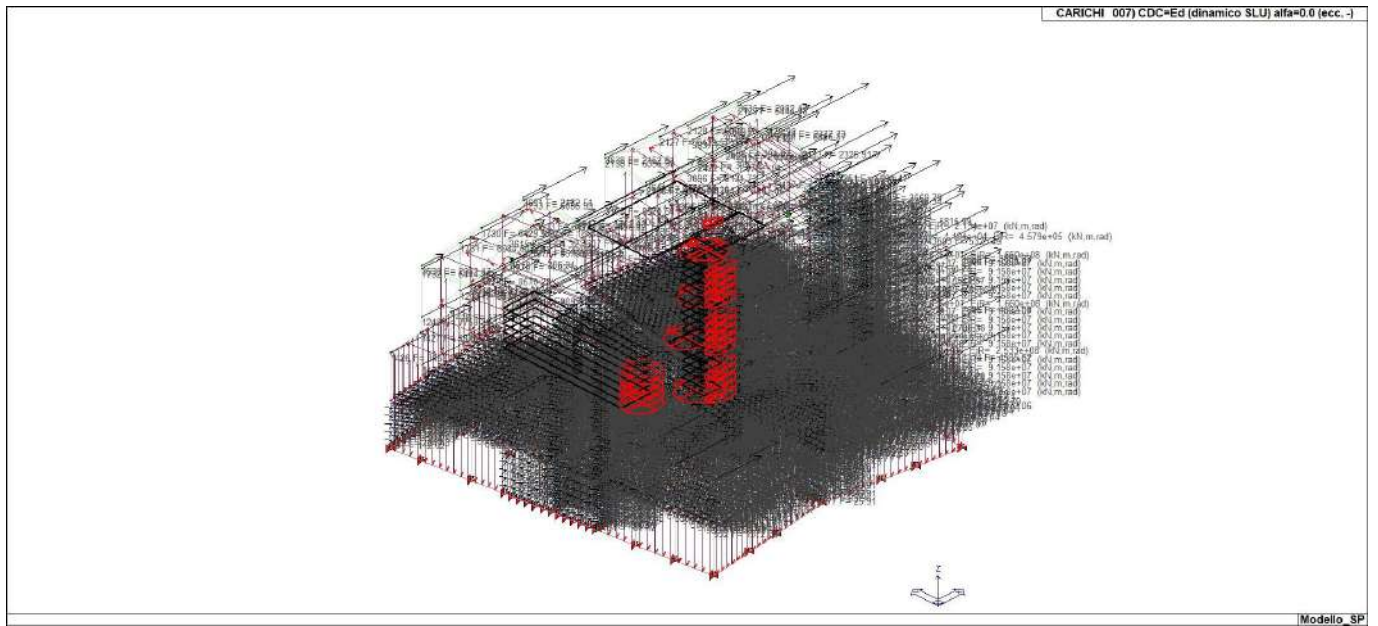
22_CDC_004_CDCG2pk permanente pannelli ncd



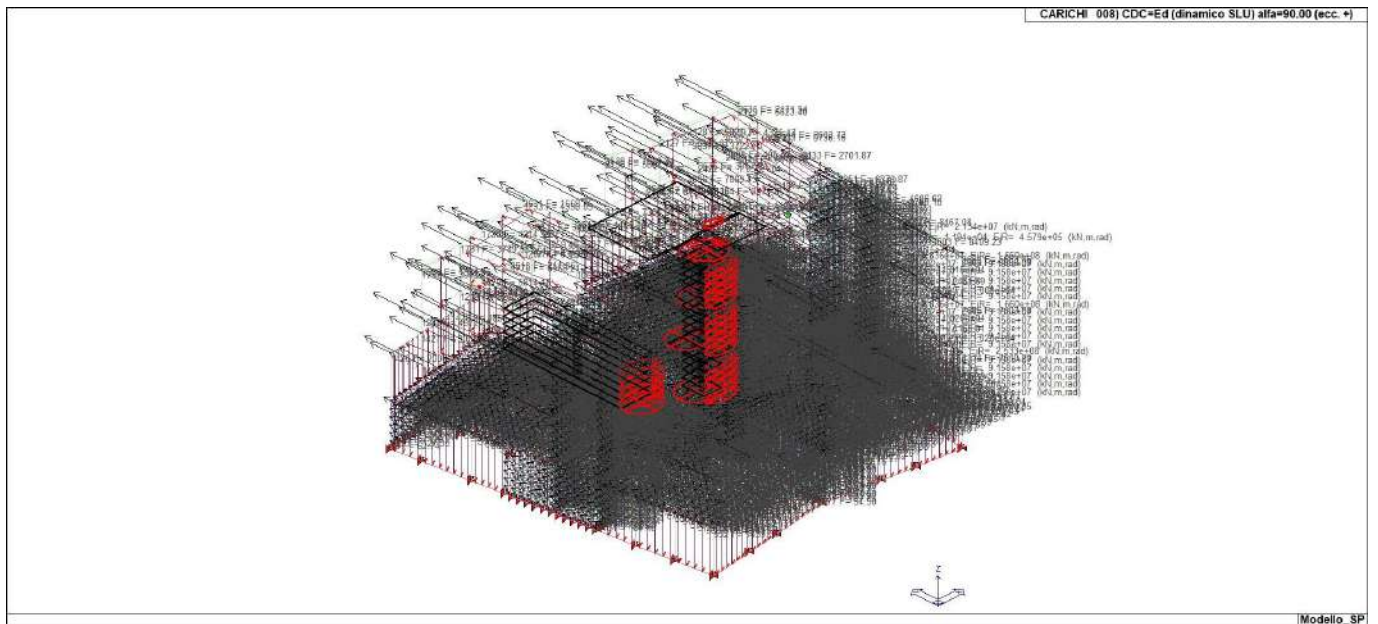
22_CDC_005_CDCQsk variabile solai



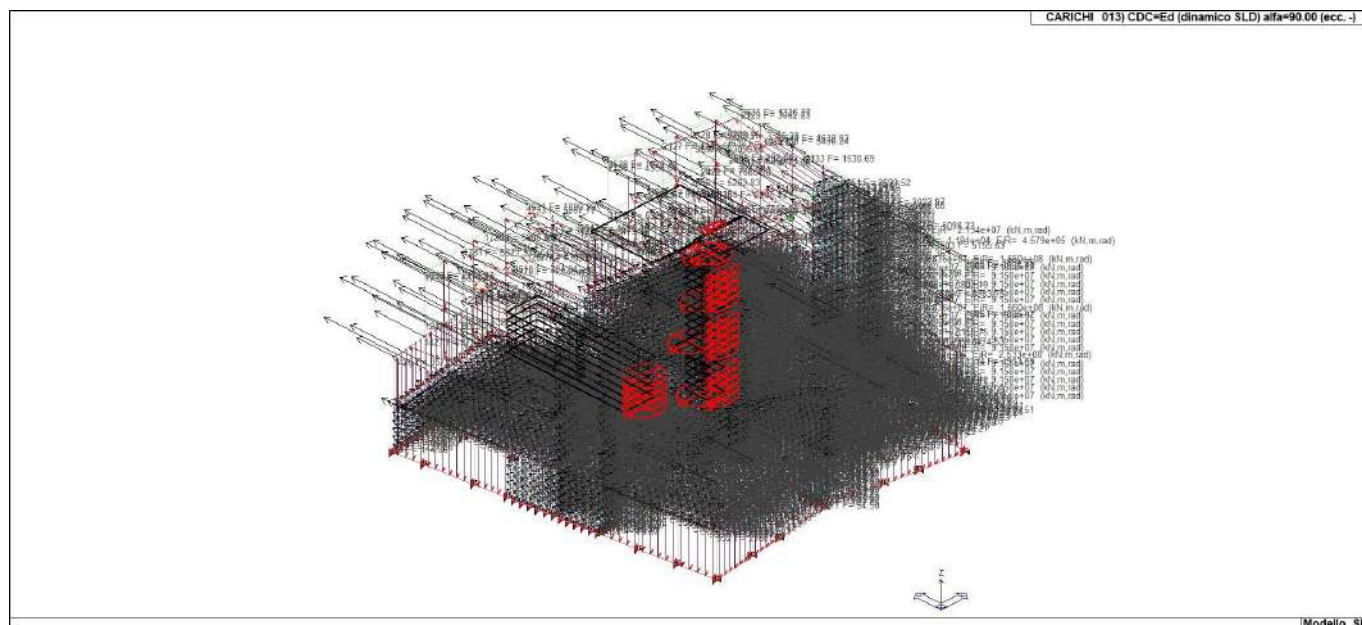
22_CDC_006_CDCEd dinamico SLU alfa00 ecc +



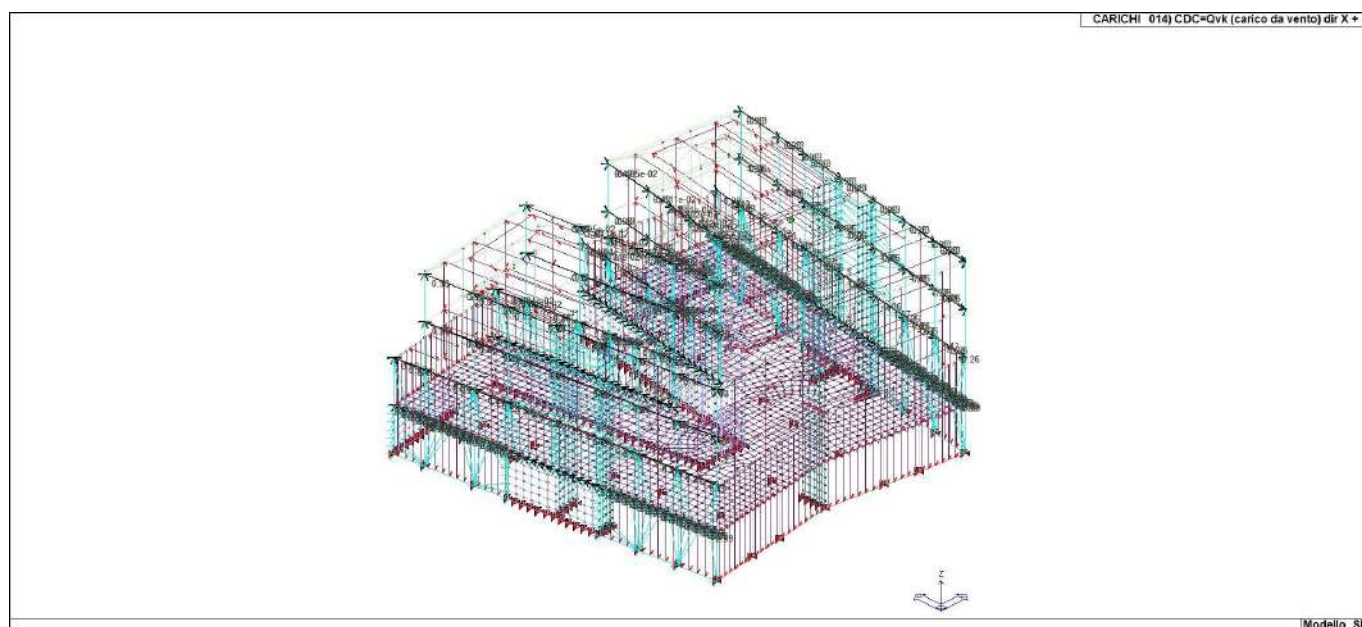
22_CDC_007_CDCEd dinamico SLU alfa00 ecc -



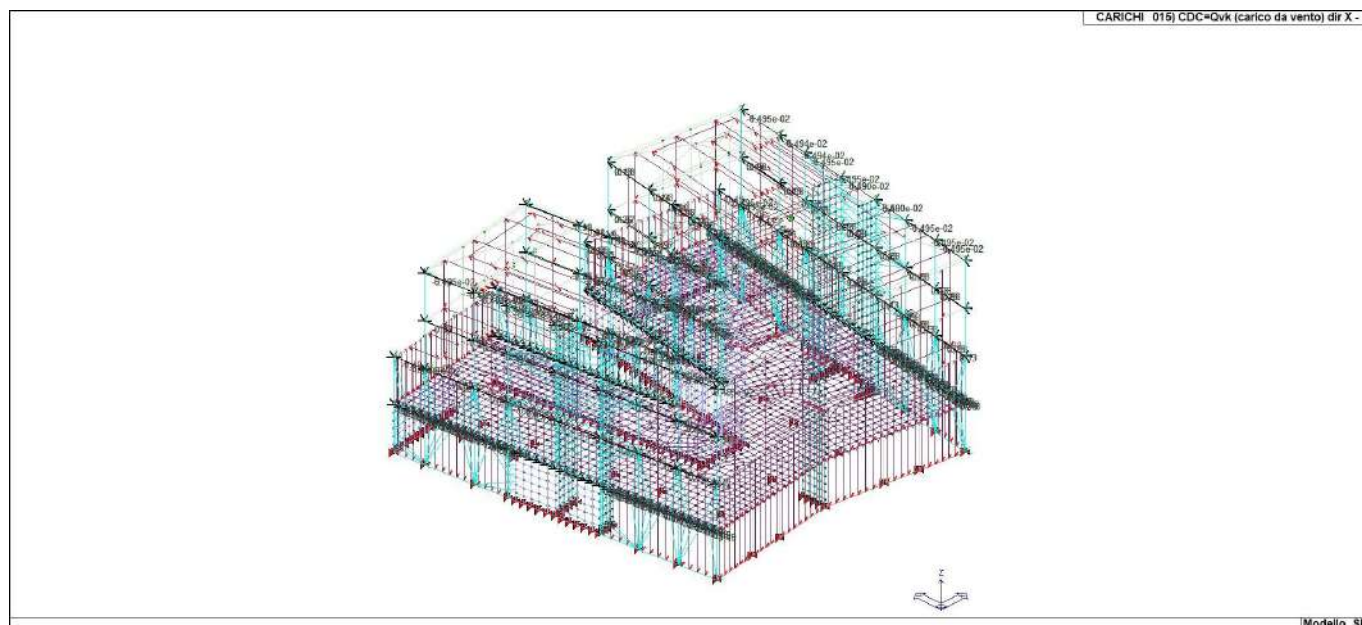
22_CDC_008_CDCEd dinamico SLU alfa9000 ecc +



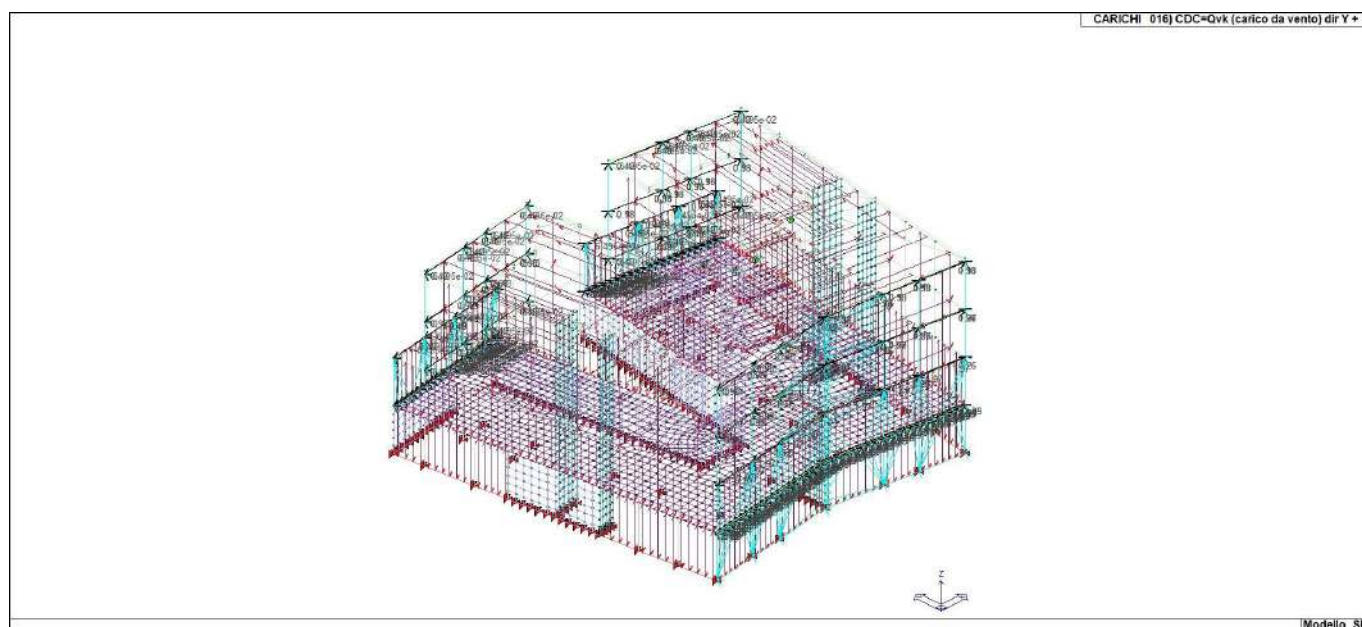
22_CDC_013_CDCEd dinamico SLD alfa9000 ecc -



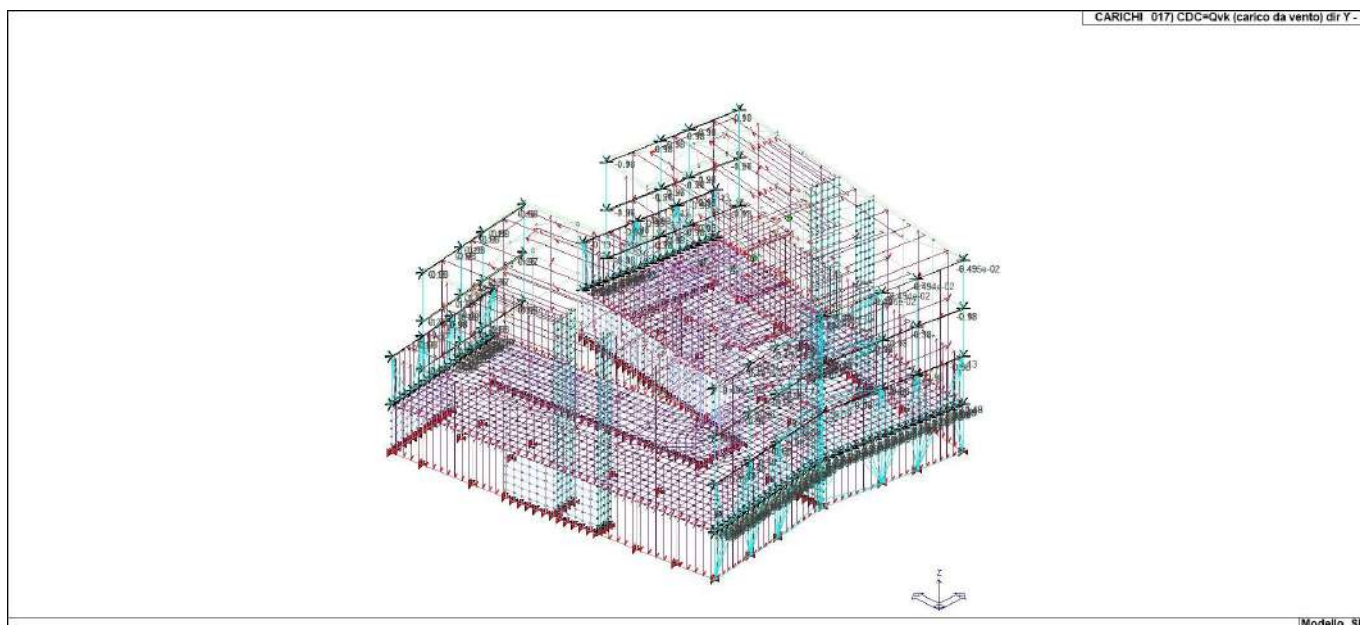
22_CDC_014_CDCQvk carico da vento dir X +



22_CDC_015_CDCQvk carico da vento dir X -



22_CDC_016_CDCQvk carico da vento dir Y +



22_CDC_017_CDCQvk carico da vento dir Y -

8.2 Combinazione dei casi di carico

Il programma combina i diversi tipi di casi di carico (CDC) secondo le regole previste dalla normativa vigente.

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

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

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

Combinazione fondamentale SLU

$$\gamma G_1 \cdot G_1 + \gamma G_2 \cdot G_2 + \gamma P \cdot P + \gamma Q_1 \cdot Q_{k1} + \gamma Q_2 \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma Q_3 \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione caratteristica (rara) SLE

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

Combinazione frequente SLE

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

Combinazione quasi permanente SLE

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

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

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

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

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

Dove:

NTC 2018 Tabella 2.5.1

Destinazione d'uso/azione	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Categoria A residenziali	0,70	0,50	0,30
Categoria B uffici	0,70	0,50	0,30

<i>Categoria C ambienti suscettibili di affollamento</i>	0,70	0,70	0,60
<i>Categoria D ambienti ad uso commerciale</i>	0,70	0,70	0,60
<i>Categoria E biblioteche, archivi, magazzini,...</i>	1,00	0,90	0,80
<i>Categoria F Rimesse e parcheggi (autoveicoli ≤ 30kN)</i>	0,70	0,70	0,60
<i>Categoria G Rimesse e parcheggi (autoveicoli > 30kN)</i>	0,70	0,50	0,30
<i>Categoria H Coperture</i>	0,00	0,00	0,00
<i>Vento</i>	0,60	0,20	0,00
<i>Neve a quota ≤ 1000 m</i>	0,50	0,20	0,00
<i>Neve a quota > 1000 m</i>	0,70	0,50	0,20
<i>Variazioni Termiche</i>	0,60	0,50	0,00

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

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

NTC 2018 Tabella 2.6.I

		Coefficiente γ_f	EQU	A1	A2
<i>Carichi permanenti</i>	<i>Favorevoli</i>	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	<i>Sfavorevoli</i>		1,1	1,3	1,0
<i>Carichi permanenti non strutturali</i> <i>(Non compiutamente definiti)</i>	<i>Favorevoli</i>	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	<i>Sfavorevoli</i>		1,5	1,5	1,3
<i>Carichi variabili</i>	<i>Favorevoli</i>	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	<i>Sfavorevoli</i>		1,5	1,5	1,3

9. VERIFICHE DELLA SICUREZZA

Per la valutazione della sicurezza secondo le NTC2018 si adottano i criteri del metodo semiprobabilistico agli stati limite basati sull'impiego dei coefficienti parziali di sicurezza.

Nel metodo semiprobabilistico agli stati limite, la sicurezza strutturale deve essere verificata tramite il confronto tra la resistenza e l'effetto delle azioni. Per la sicurezza strutturale, la resistenza dei materiali e le azioni sono rappresentate dai valori caratteristici, R_{ki} e F_{ki} definiti, rispettivamente, come il frattile inferiore delle resistenze e il frattile (superiore o inferiore) delle azioni che minimizzano la sicurezza. In genere, i frattili sono assunti pari al 5%.

Per le grandezze con piccoli coefficienti di variazione, ovvero per grandezze che non riguardino univocamente resistenze o azioni, si possono considerare frattili al 50% (valori mediani).

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi di resistenza si effettua con il "metodo dei coefficienti parziali" di sicurezza espresso dalla equazione formale:

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi di resistenza si effettua con il “metodo dei coefficienti parziali” di sicurezza espresso dalla equazione formale:

$$R_d \geq E_d$$

Dove:

- R è la resistenza di progetto, valutata in base ai valori di progetto della resistenza dei materiali e ai valori nominali delle grandezze geometriche interessate;
- E è il valore di progetto dell'effetto delle azioni.

I coefficienti parziali di sicurezza, γ_{Mi} e γ_{Fi} associati rispettivamente al materiale i-esimo e all'azione j-esima, tengono in conto la variabilità delle rispettive grandezze e le incertezze relative alle tolleranze geometriche e alla affidabilità del modello di calcolo.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio si esprime controllando aspetti di funzionalità e stato tensionale.

10. VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

10.1 Vita Nominale

La Vita nominale di un opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

TIPI DI COSTRUZIONE		VITA NOMINALE
1	Opere provvisorie, provvisionali o strutture in fase costruttiva	≤10 anni
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥50 anni
3	Grandi Opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥100 anni

Per l'edificio in esame si considera $V_N = 50$ anni

10.2 Classe d'uso

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

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

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

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

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

L'edificio in esame rientra nella **Classe II**

PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U .

$$V_R = V_N C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella tabella in basso:

Classe d'uso	I	II	III	IV
Coefficiente C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Per l'edificio in esame $V_N = 50$ $C_U = 1.0$ e pertanto $V_R = 50$ anni

10.3 Stati Limiti e Relative Probabilità di Superamento

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti. Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature. Gli stati limite ultimi sono:
- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi

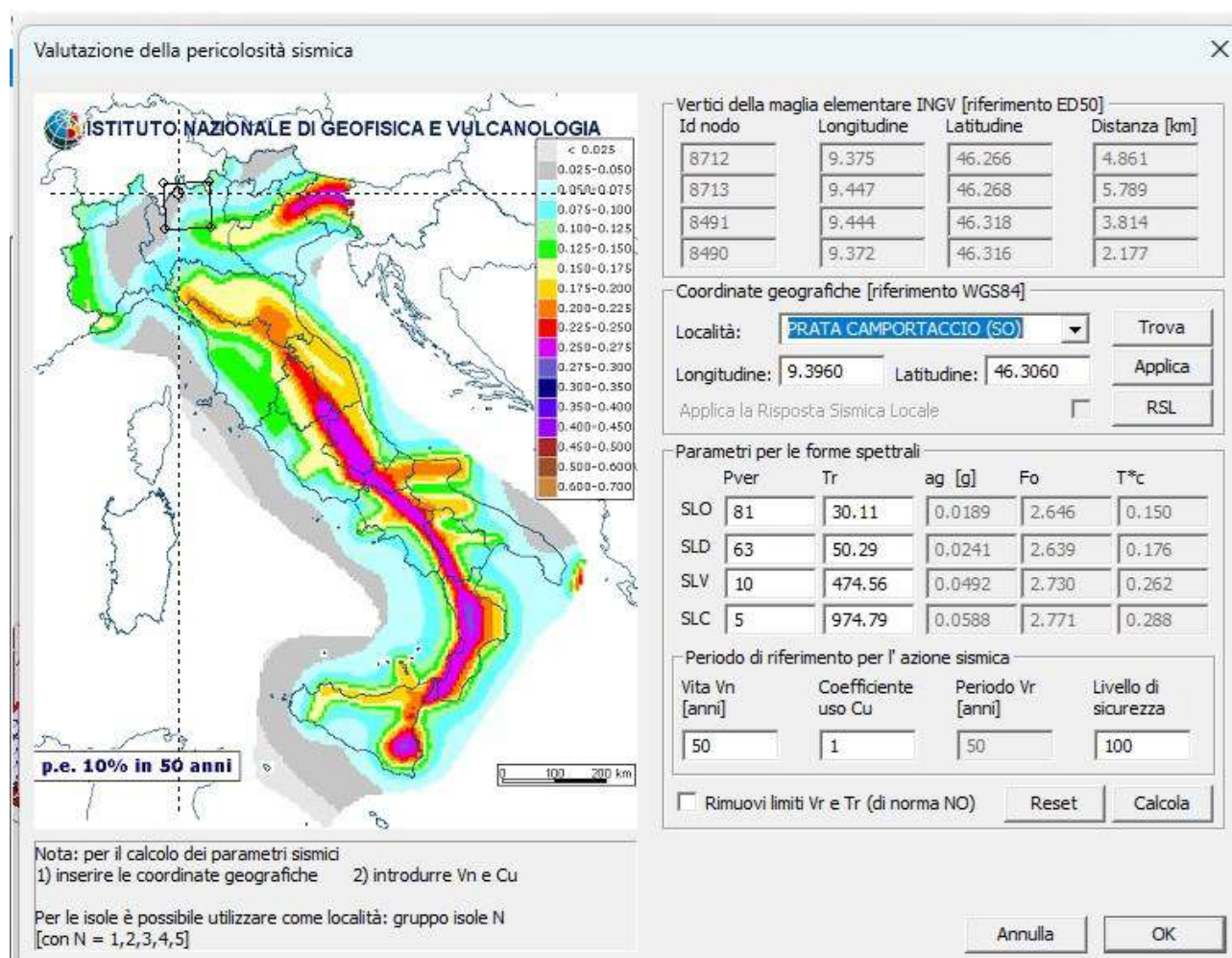
rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali;

la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva Tabella

STATI LIMITI		P_{vr} : probabilità di superamento nel periodo di riferimento
Stati Limite di Esercizio (SLE)	SLO	81,00%
	SLD	63,00%
Stati Limite Ulimi (SLU)	SLV	10,00%
	SLC	5,00%

11. PERICOLOSITA' SISMICA ALLA BASE



12. CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

12.1 Categorie di Sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi (§ 7.11.3 NTC18). In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare

riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II e 3.2.III).

Categoria Descrizione

- A-** *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di $S_{,30} V$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
- B-** *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $S_{,30} V$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $SPT_{,30} N > 50$ nei terreni a grana grossa e $u_{,30} c > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
- C-** *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $S_{,30} V$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < SPT_{,30} N < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < u_{,30} c < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
- D-** *Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $S_{,30} V$ inferiori a 180 m/s (ovvero $SPT_{,30} N < 15$ nei terreni a grana grossa e $u_{,30} c < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
- E-** *Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m*, posti sul substrato di riferimento (con $S_{,30} V > 800$ m/s).

Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo, ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente $S_{,30} V$ di propagazione delle onde di taglio (definita successivamente) entro i primi 30 m di profondità. Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

La misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio è fortemente raccomandata. Nei casi in cui tale determinazione non sia disponibile, la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (*Standard Penetration Test*) $SPT_{,30} N$ nei terreni prevalentemente a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente $u_{,30} c$ nei terreni prevalentemente a grana fina.

Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definite al § 3.2.3 delle presenti norme. Per sottosuoli appartenenti alle ulteriori categorie **S1** ed **S2** di seguito indicate (Tab. 3.2.III), è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensibilità possa comportare fenomeni di collasso del terreno.

Categoria e Descrizione

S1: Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < u_{,30} c < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.

S2: Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Il sito sul quale sorge la costruzione è ascrivibile alla **categoria si sottosuolo B.**

12.2 Condizioni Topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.V):

Categoria & Descrizione

T1 Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

T2 Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$

T3 Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$

T4 Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Le su esposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Il sito sul quale sorge la costruzione è ascrivibile alla categoria topografica T1.

12.3 Valutazioni della Sicurezza su costruzioni esistenti

Le NTC2018 al § 8.3 stabiliscono che la valutazione della sicurezza sulle costruzioni esistenti può essere eseguita con riferimento ai soli SLU; e che la l'opportunità di verifica nei confronti degli SLE, nonché i relativi livelli di prestazione possono essere stabiliti dal Progettista di concerto con il Committente.

Le Verifiche agli SLU possono essere eseguite rispetto alla condizione di salvaguardia della vita umana (SLV) o, in alternativa, alla condizione di collasso (SLC). La valutazione della sicurezza deve permettere di stabilire se:

- l'uso della costruzione possa continuare senza interventi;
- l'uso debba essere modificato (declassamento, cambio di destinazione e/o imposizione di limitazioni e/o cautele nell'uso);
- sia necessario procedere ad aumentare o ripristinare la capacità portante.

Al termine della verifica, il Progettista deve esplicitare, in un'apposita relazione, i livelli di sicurezza attuali e le eventuali conseguenti limitazioni da imporre nell'uso della costruzione.

Nella verifica dell'edificio oggetto della presente relazione, come previsto dal Cap. 8 delle N.T.C. 2018, si è fatto riferimento al solo SLV.

13. TIPO DI ANALISI SVOLTA

Il metodo di analisi utilizzato per la determinazione della vulnerabilità sismica è quello **dell'analisi dinamica modale con fattore di struttura q, nello specifico:**

Calcolo dei fattori di comportamento secondo il D.M. 17/01/2018

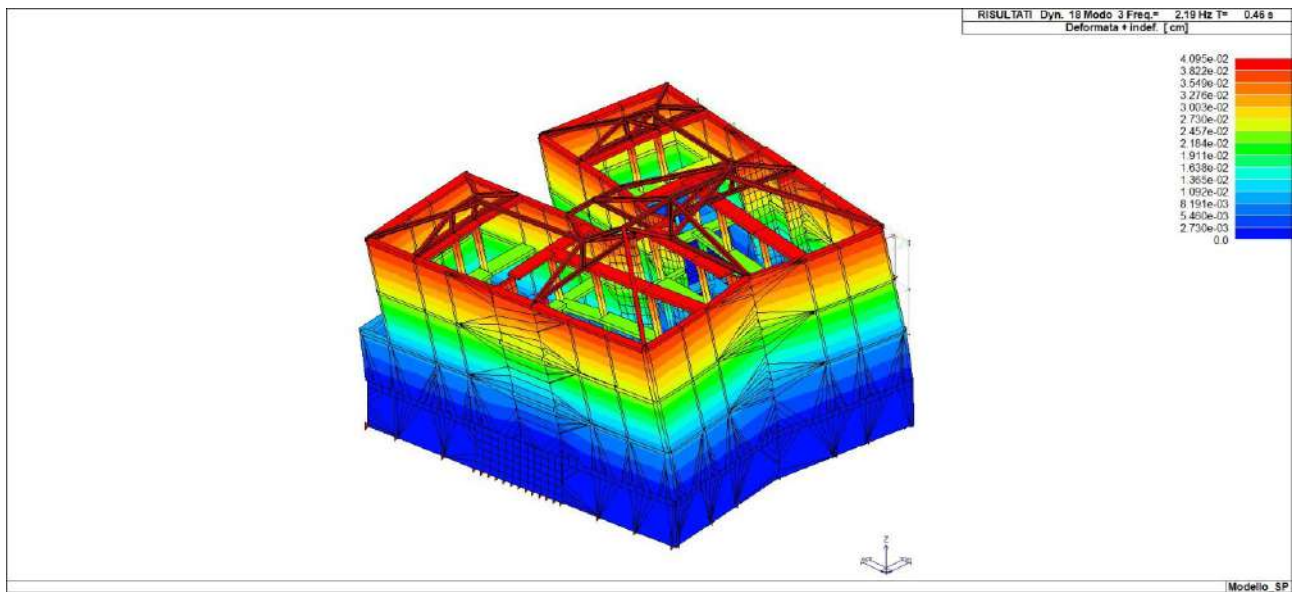
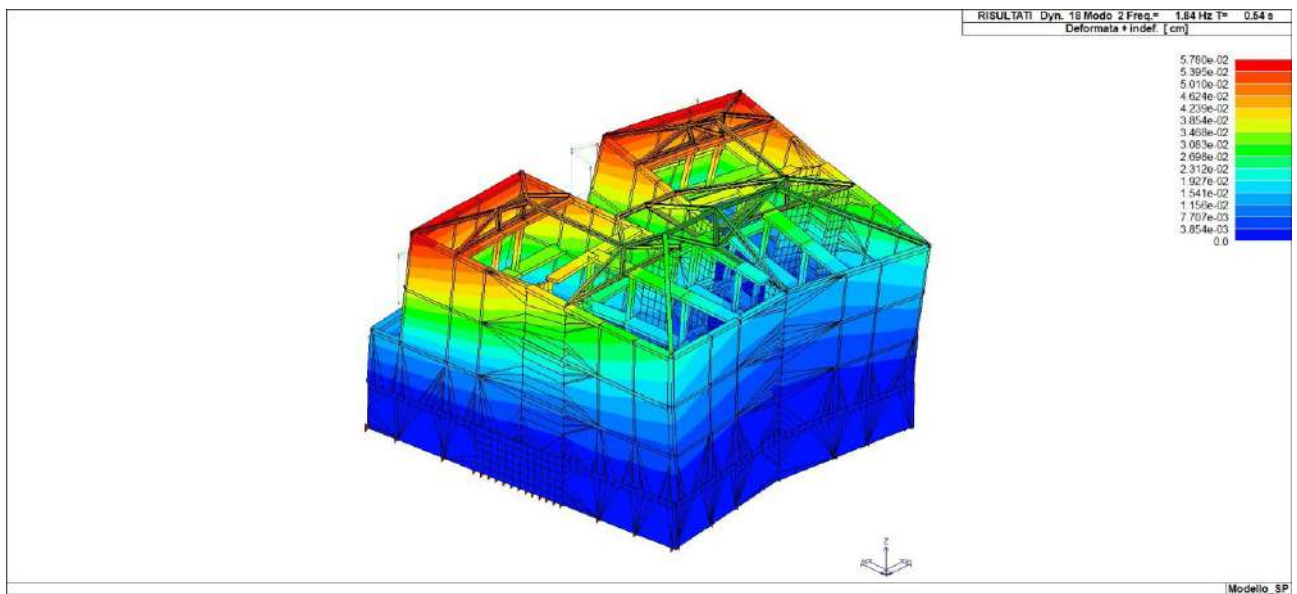
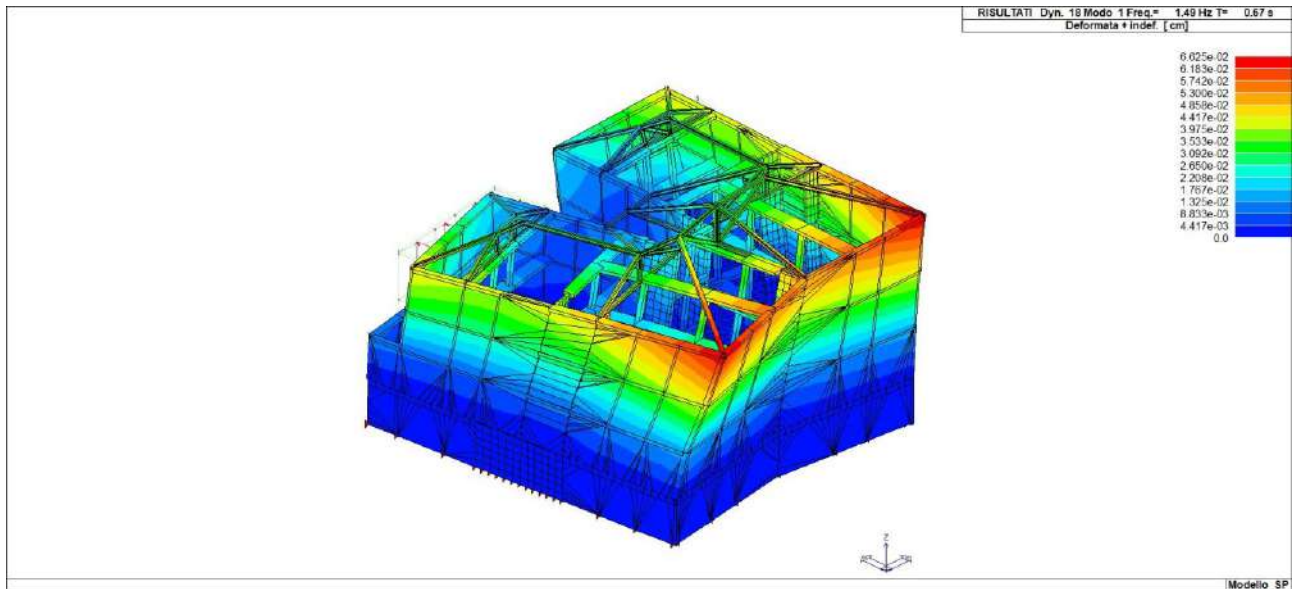
Caratteristiche costruzione	
Tipologia	Esistente
Regolarità pianta	SI
Regolarità altezza	SI
Classe di duttilità	progettazione con metodo con fattore q
Caratteristiche in direzione x	
Sistema costruttivo	Calcestruzzo o acciaio
Parametri	

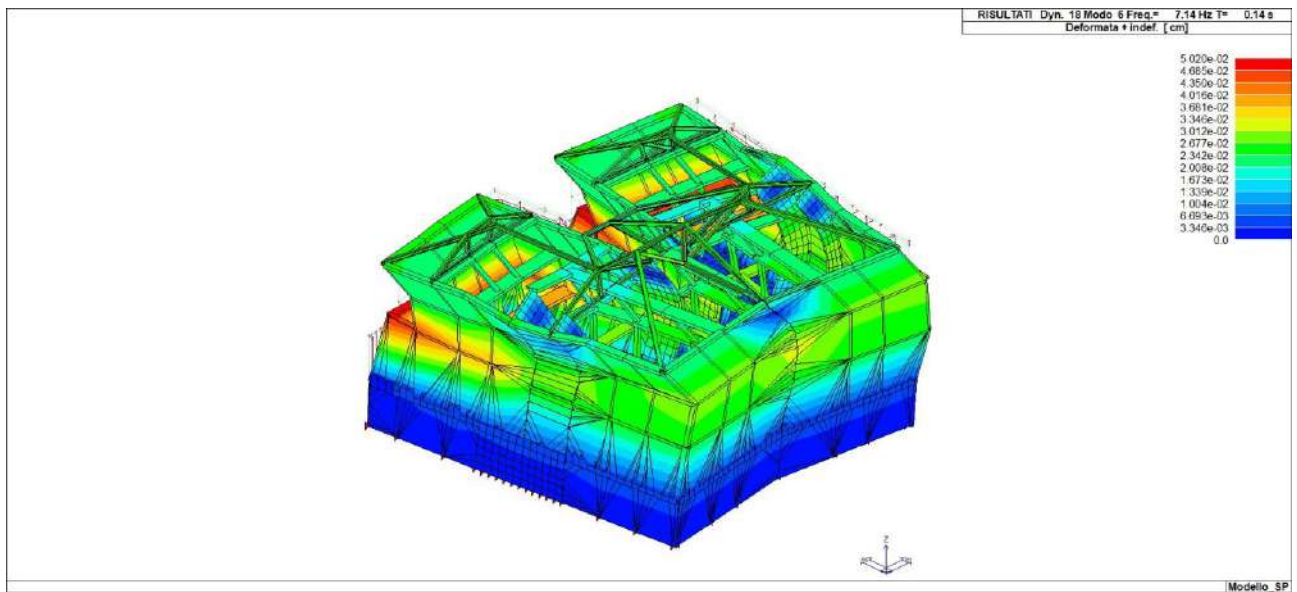
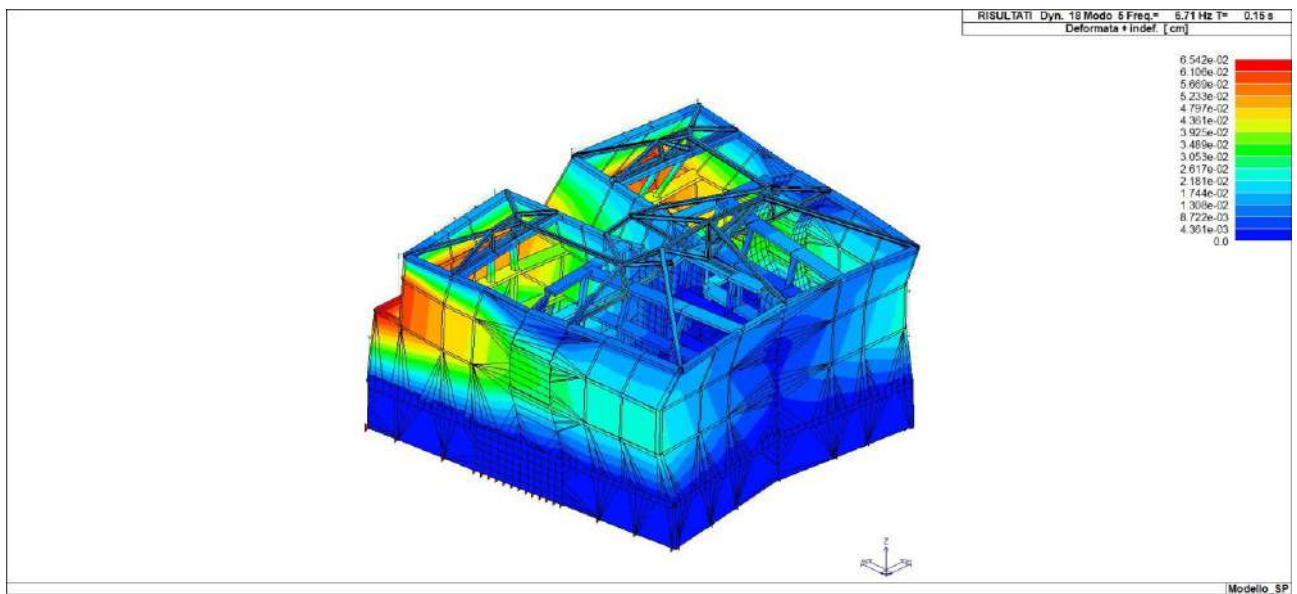
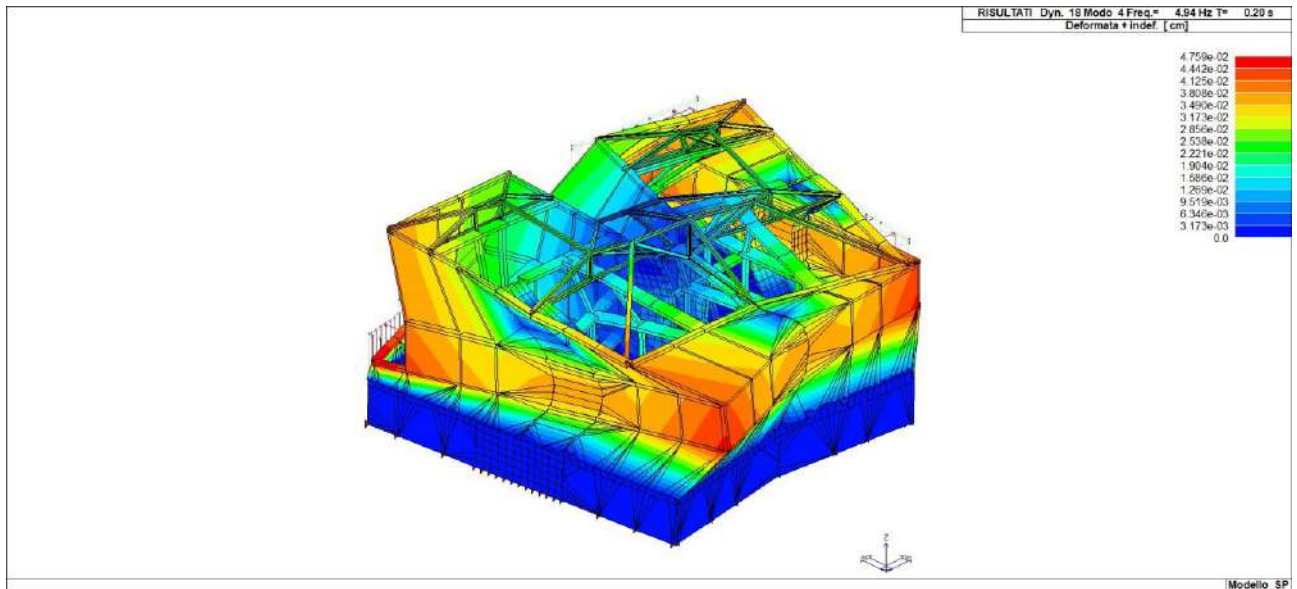
q _b	3.000	
Caratteristiche in direzione y		
Sistema costruttivo	Calcestruzzo o acciaio	
Parametri		
q _b	3.000	
Fattori di comportamento		
	Dissipativi	Verifiche fragili
q SLU x	3.000	1.500
q SLU y	3.000	1.500
q SLU z	1.500	

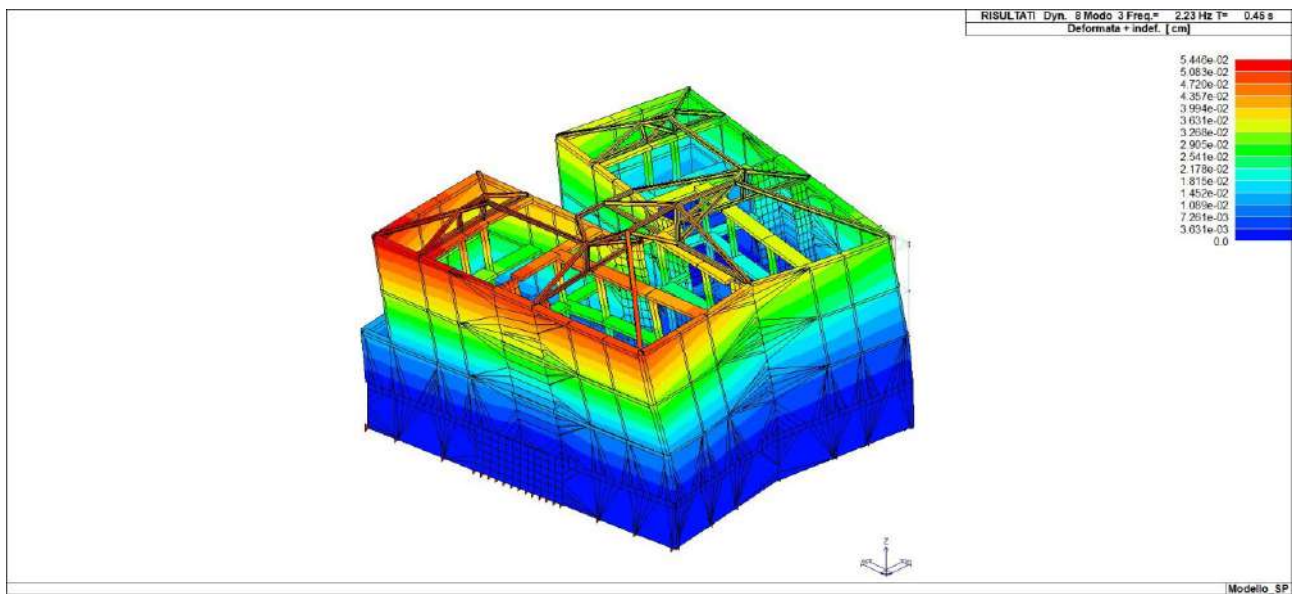
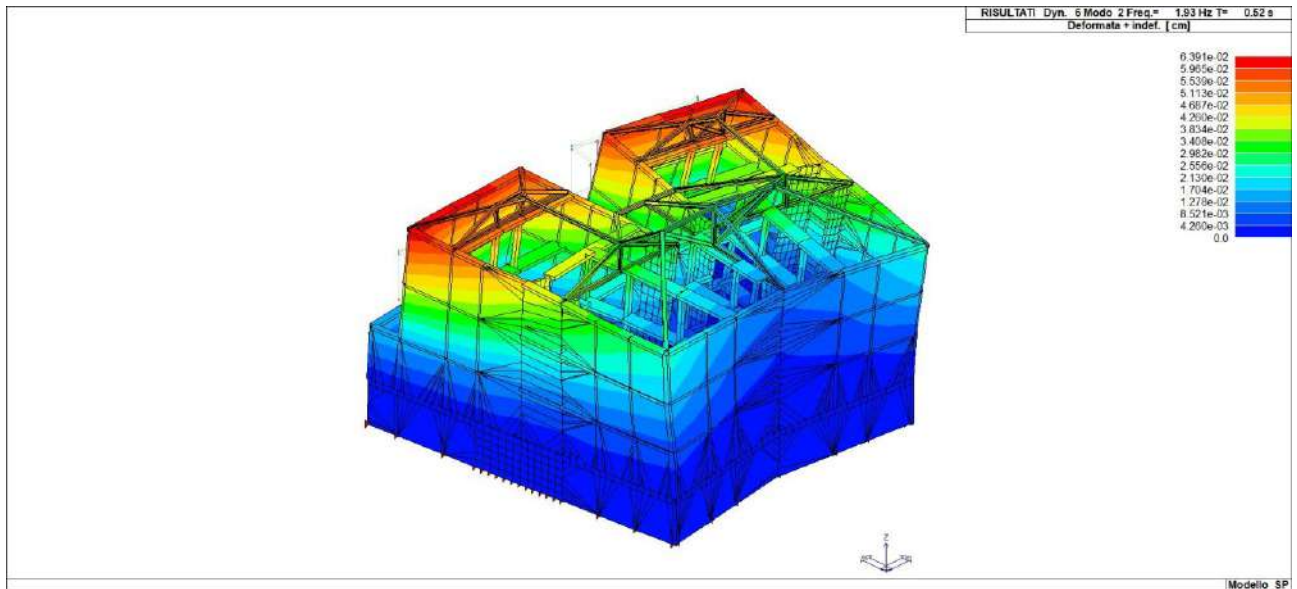
14. RISULTATI ANALISI MODALE

Di seguito vengono riportate le tabelle delle caratteristiche modali, nonché le relative immagini relative ai modi di vibrare più significativi. Il numero di modi la cui massa partecipante è maggiore all'85%: si riporta successivamente la tabella con i modi di maggiori interesse.

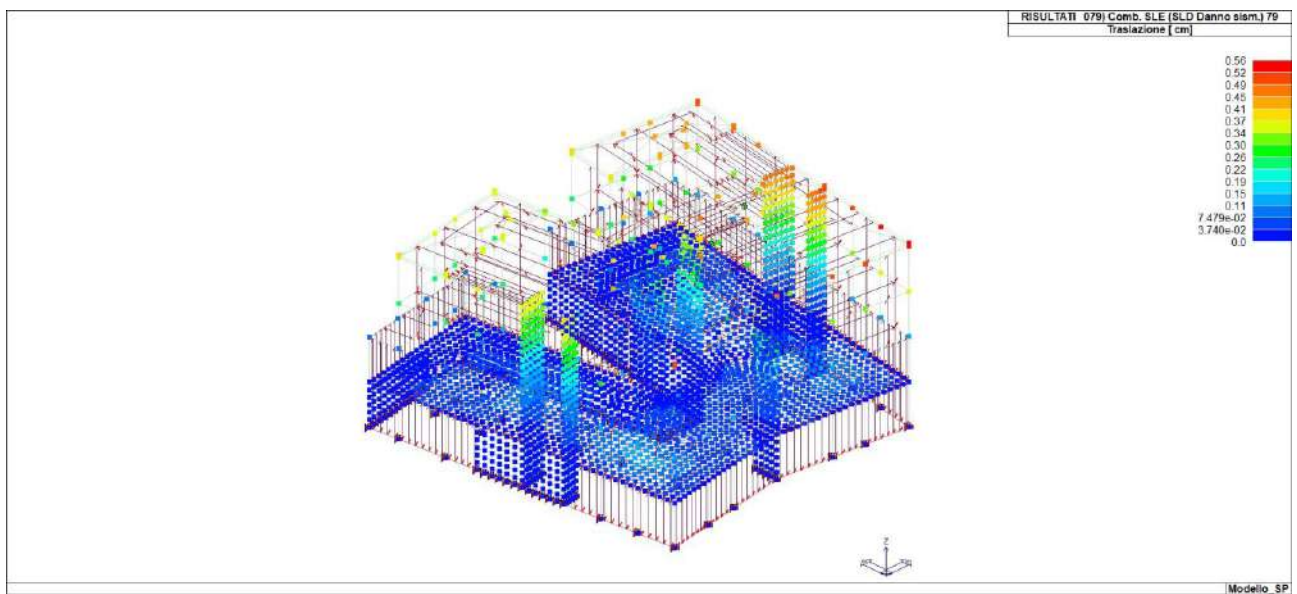
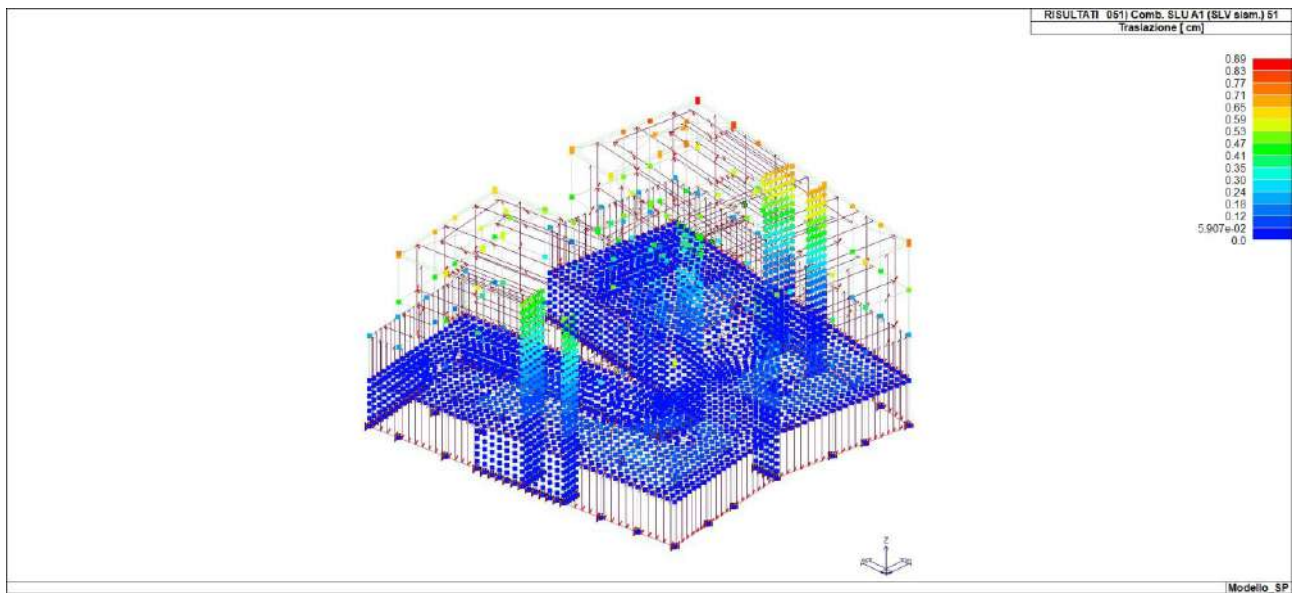
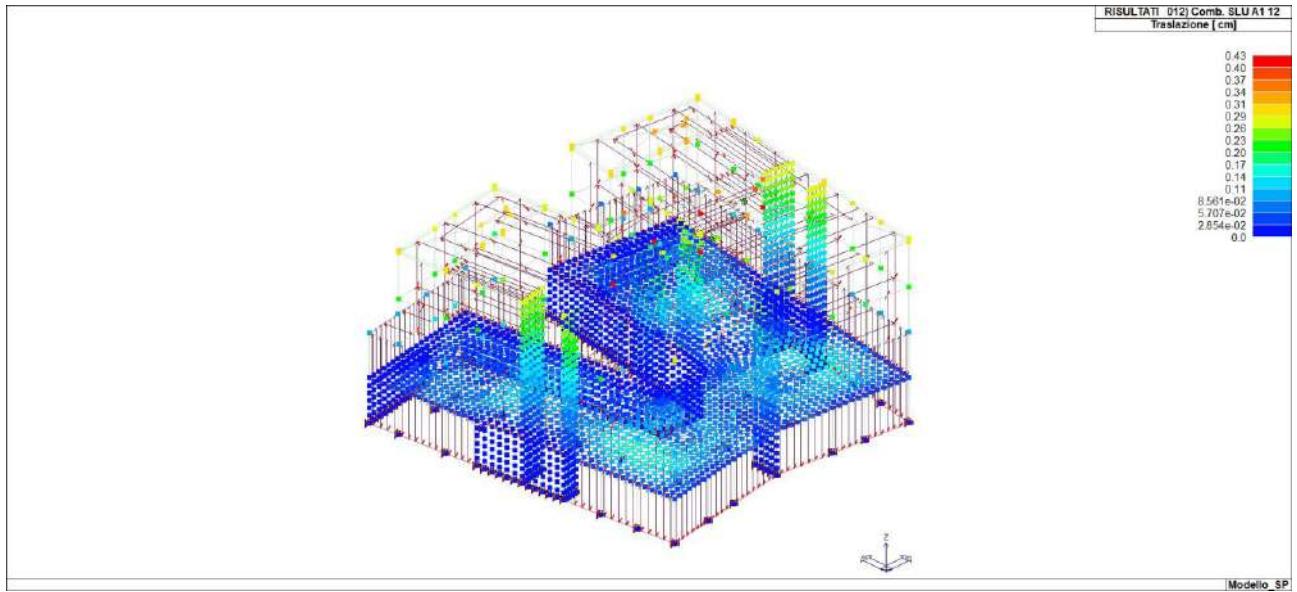
MODO	FREQUENZA	PERIODO	% MASSA PARTECIPANTE DIREZIONE X	% MASSA PARTECIPANTE DIREZIONE Y
1	1.43	0.70	21	0
2	1.93	0.52	37	0
3	2.19	0.46	0	57
4	4.86	0.21	1	0
5	7.10	0.14	0	5
6	7.34	0.14	14	0
7	8.39	0.12	0	0
8	9.45	0.11	0	7
12	12.59	0.08	0	1
14	13.13	0.08	2	0
44	21.23	0.05	7	0
99	34.10	0.03	3	0
104	35.56	0.03	0	9

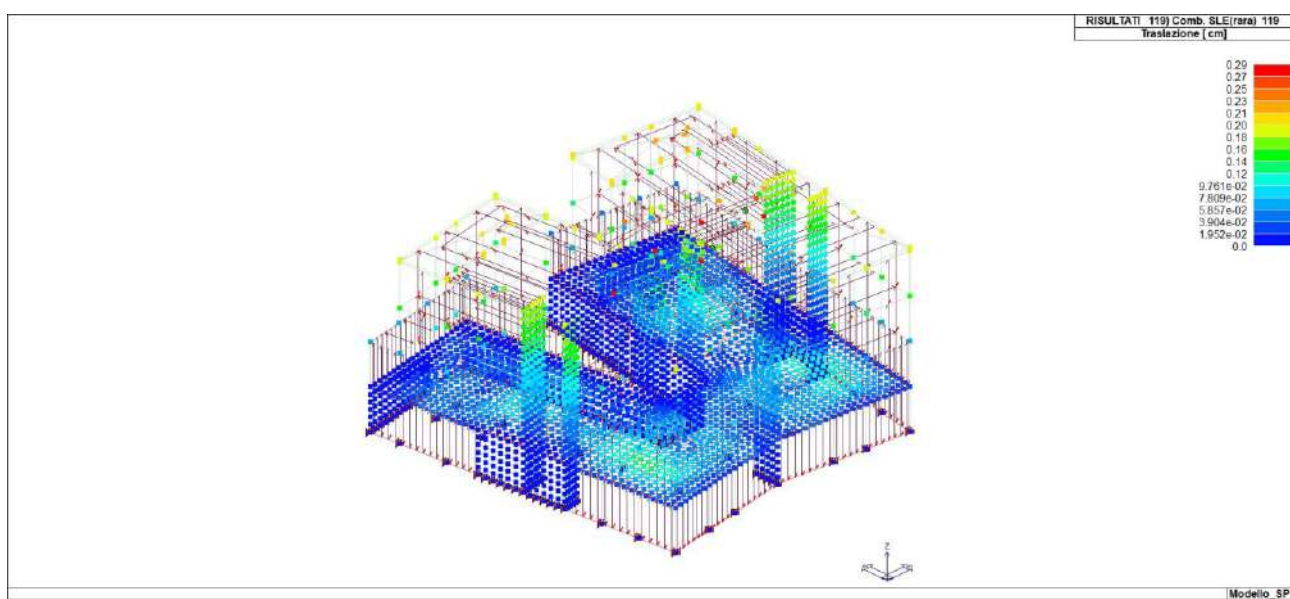
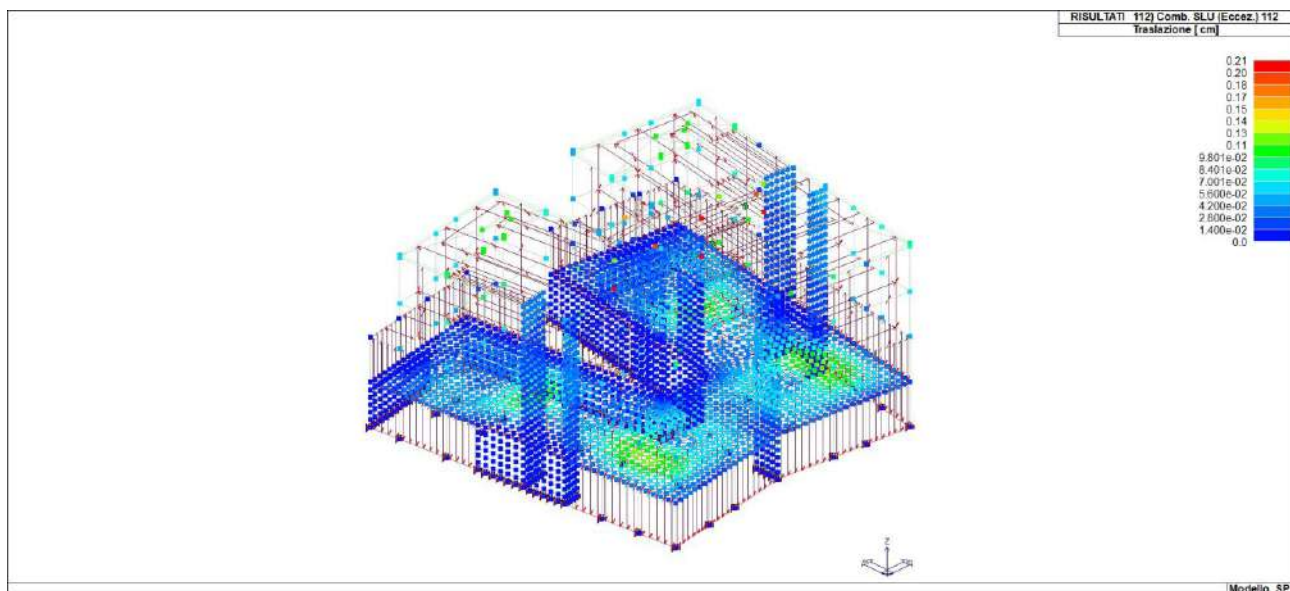


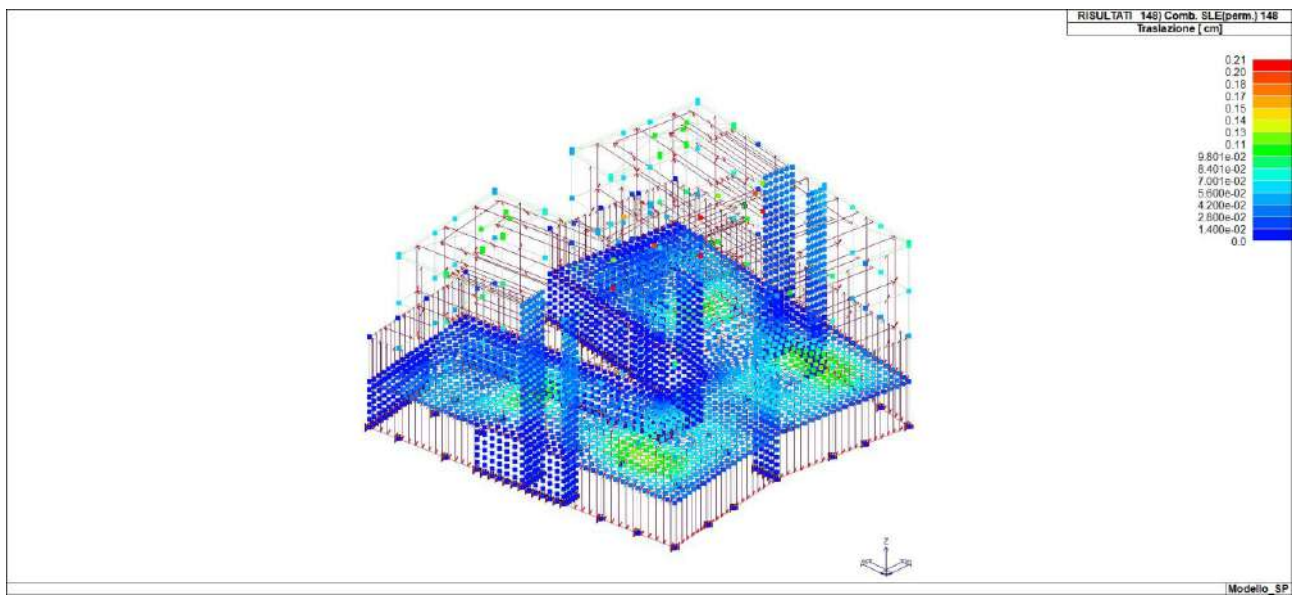
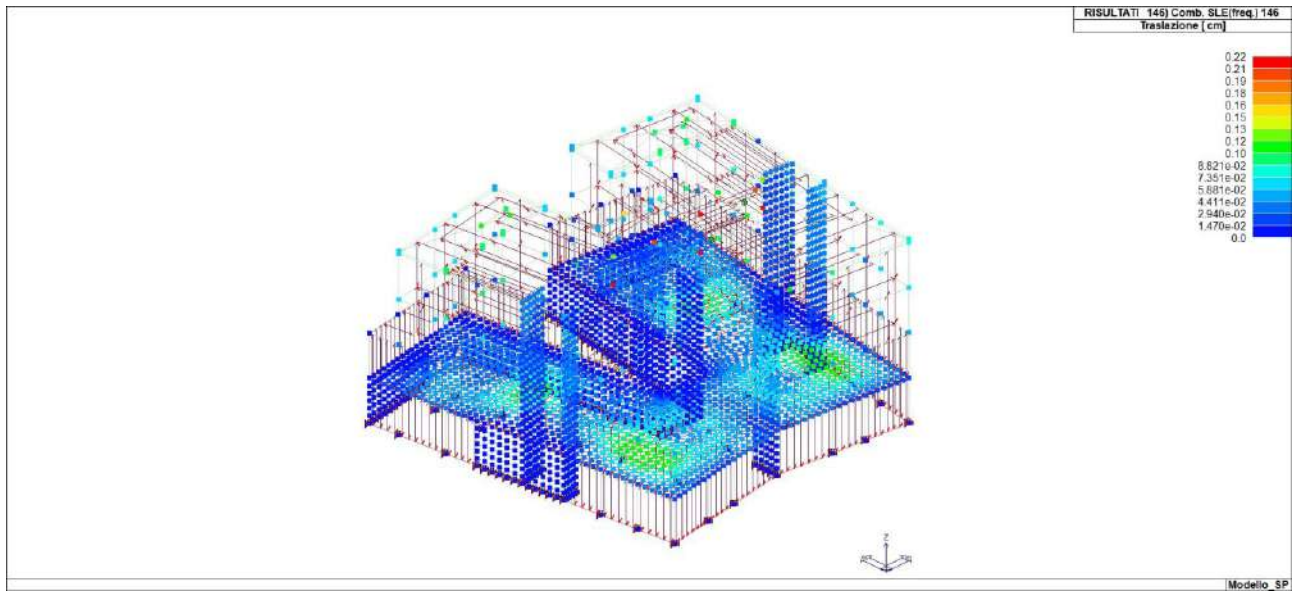




DIAGRAMMI DI SPOSTAMENTO



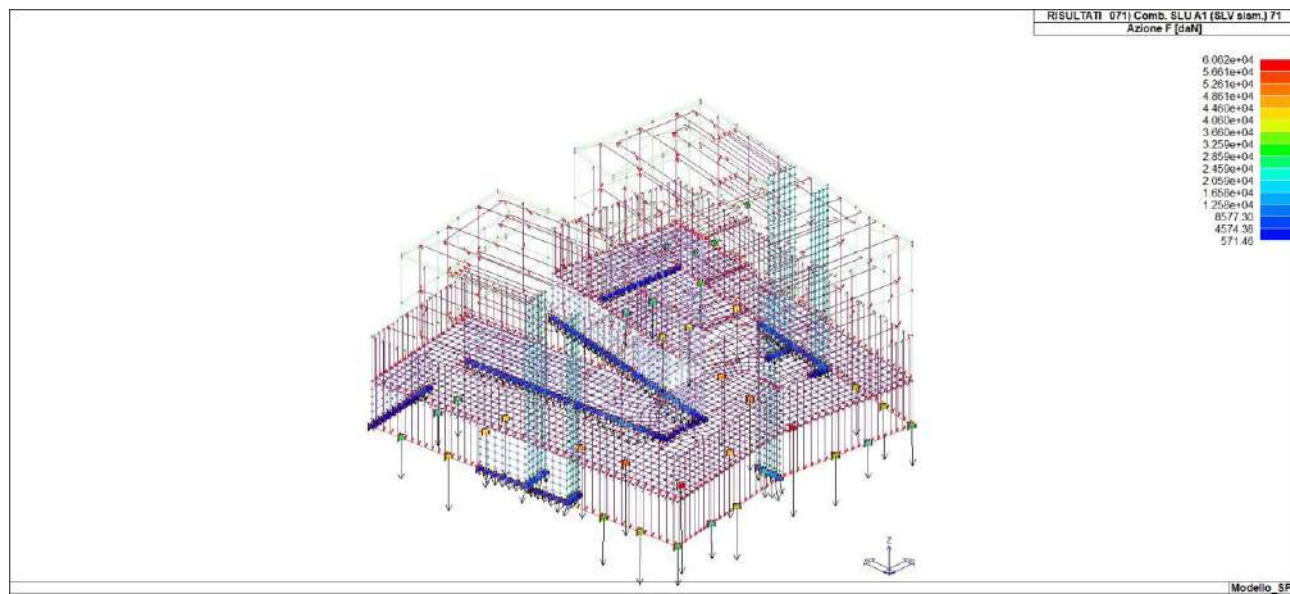
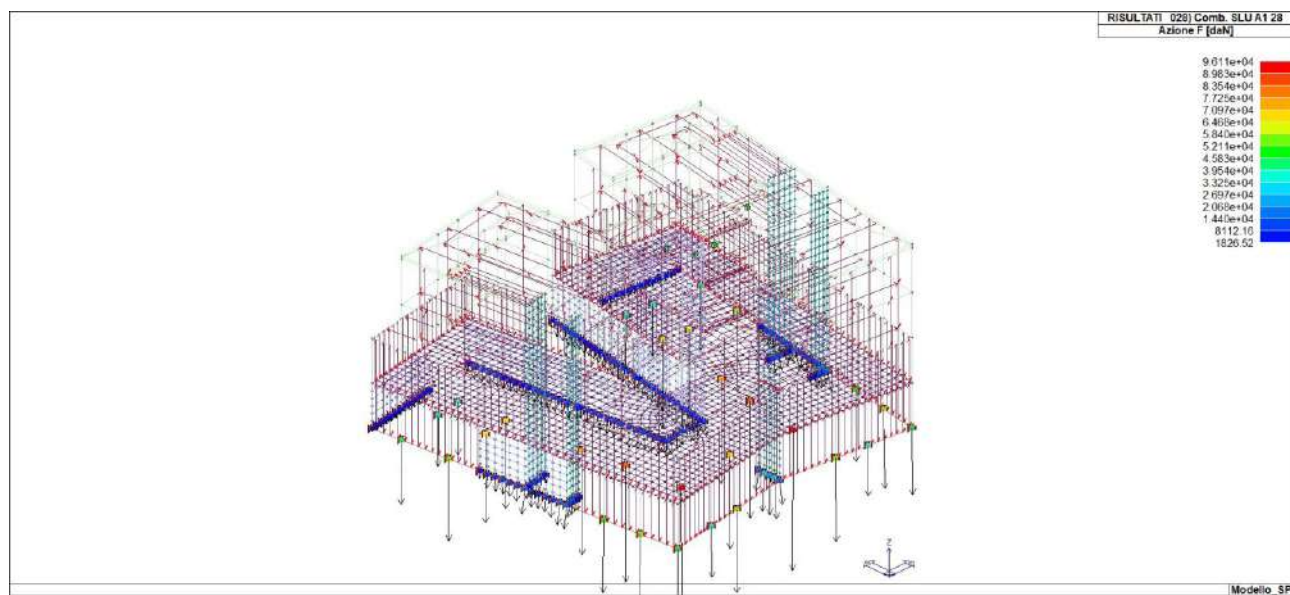


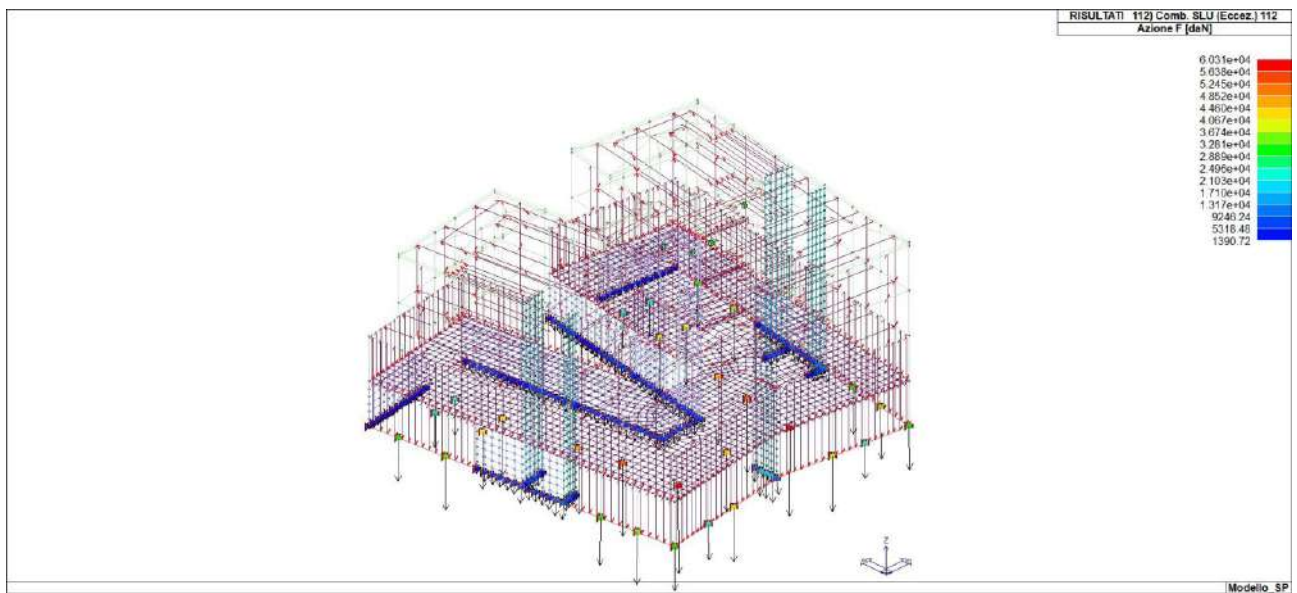
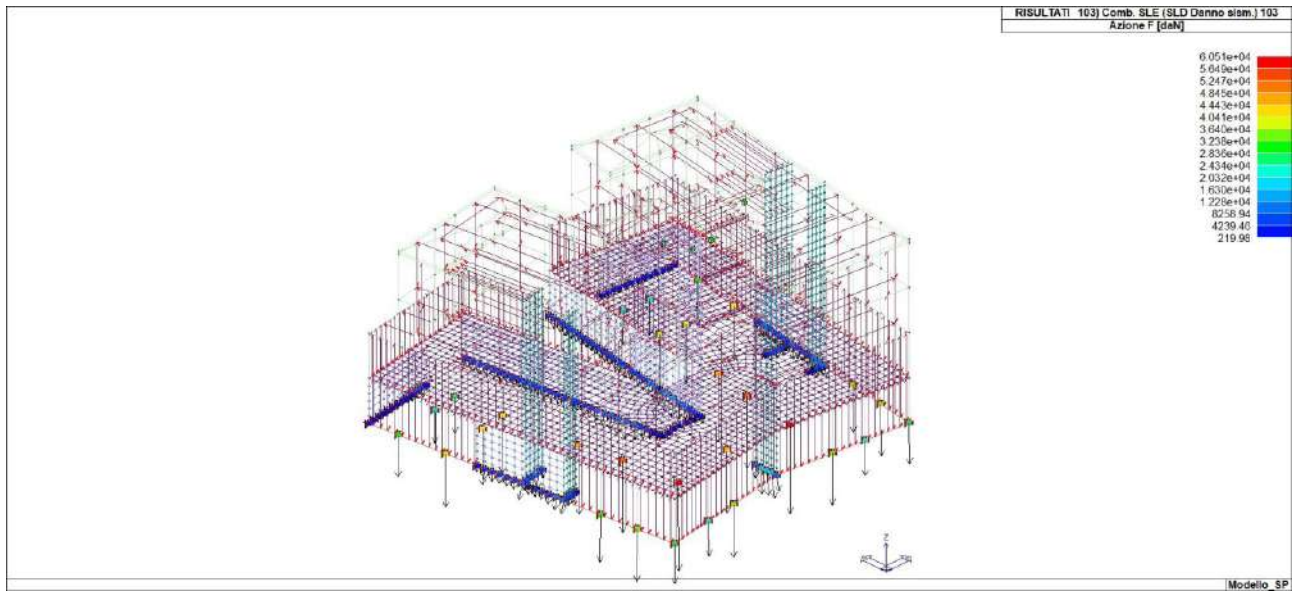


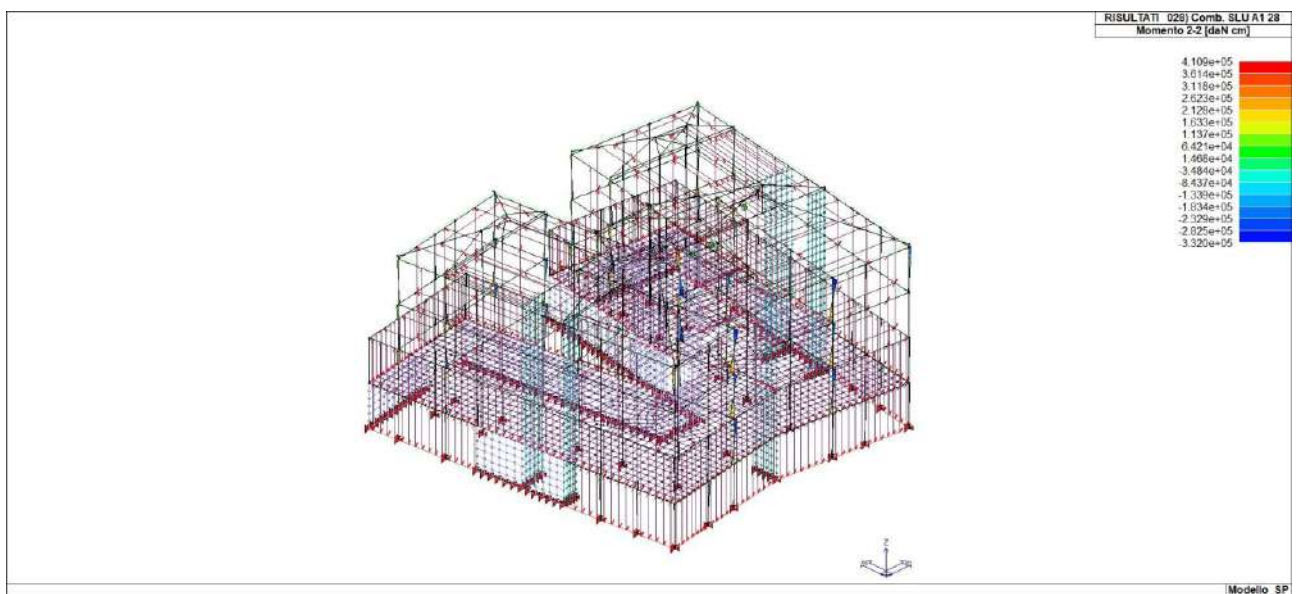
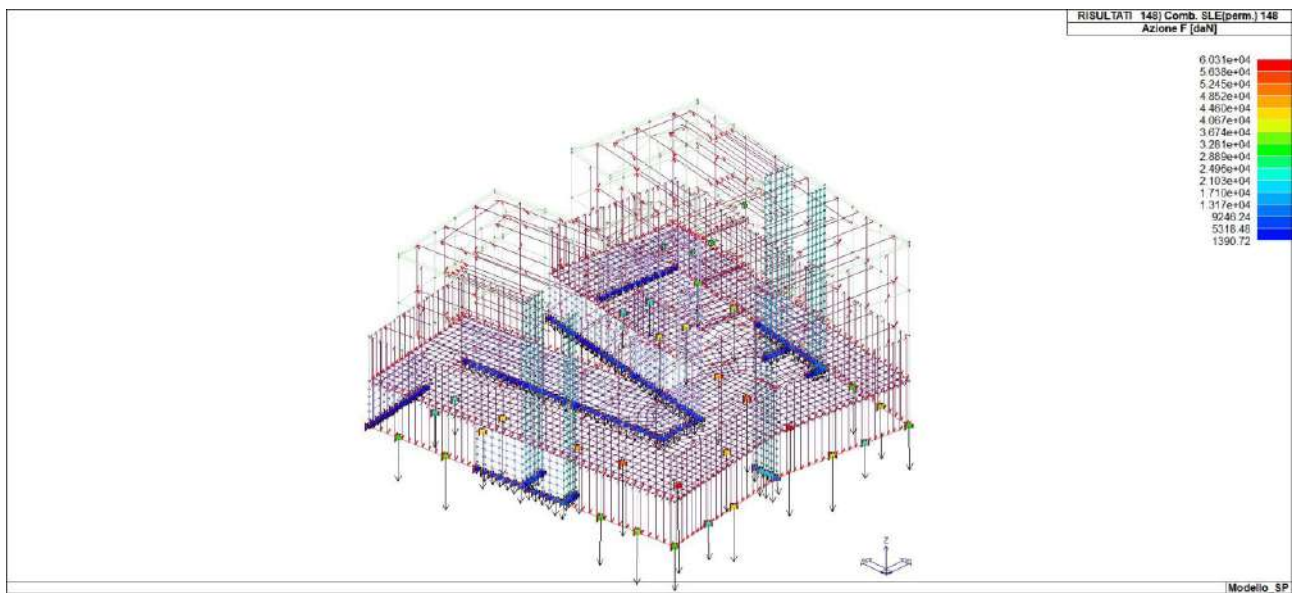
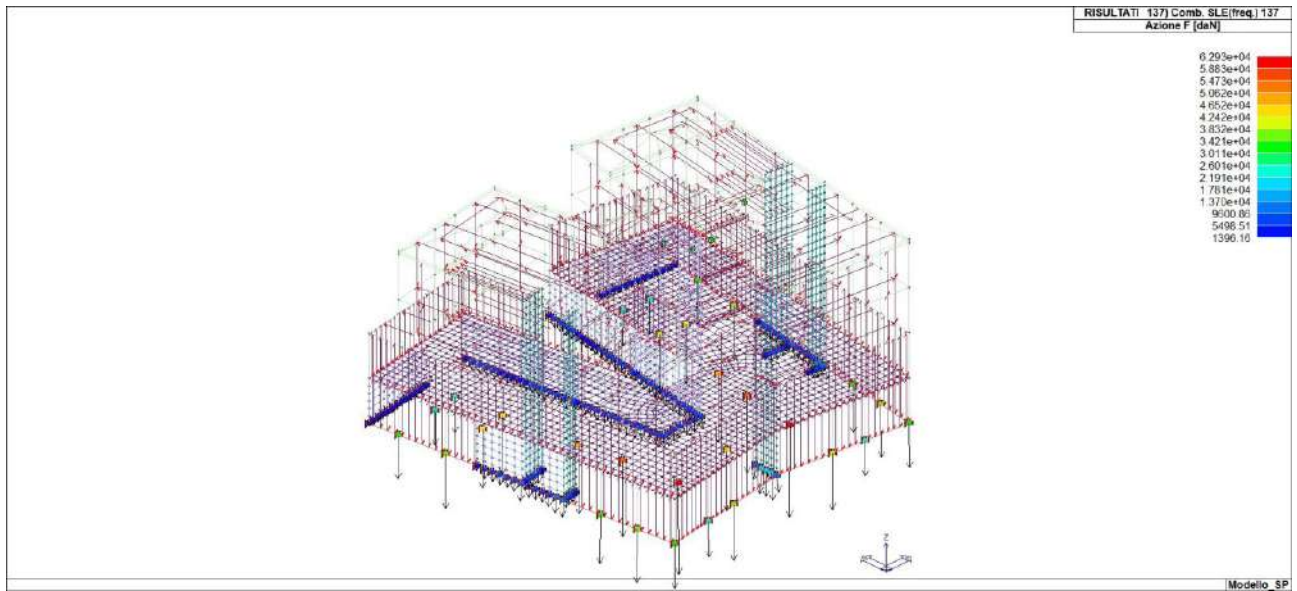
14 VERIFICHE DI RESISTENZA STATO DI PROGETTO

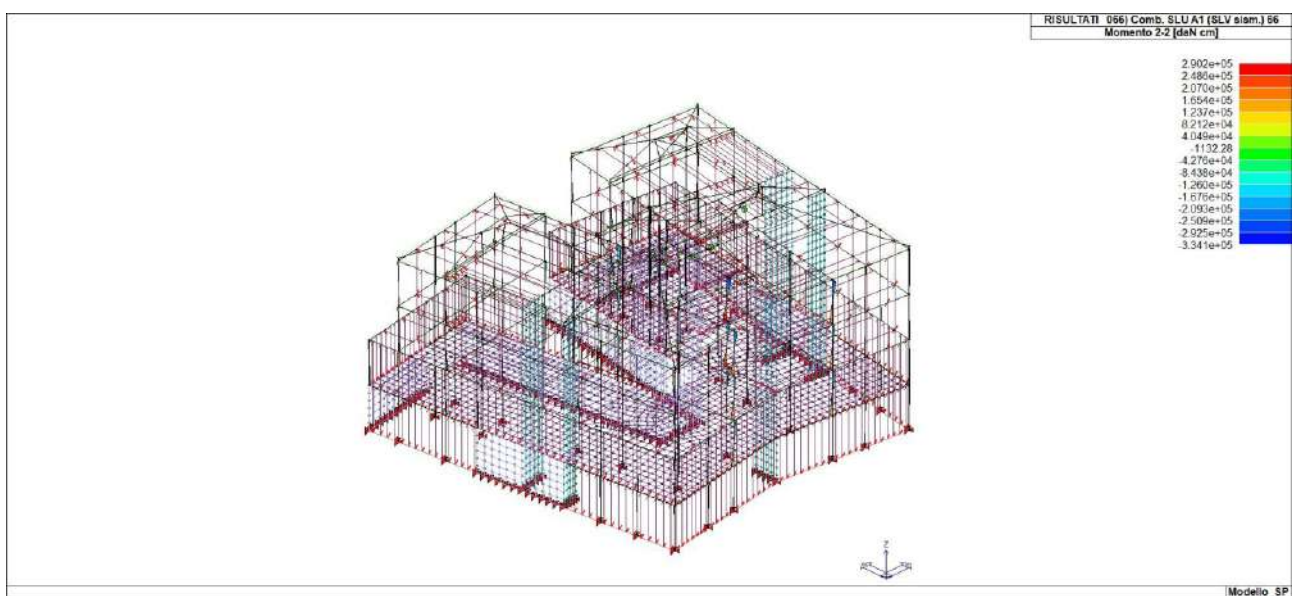
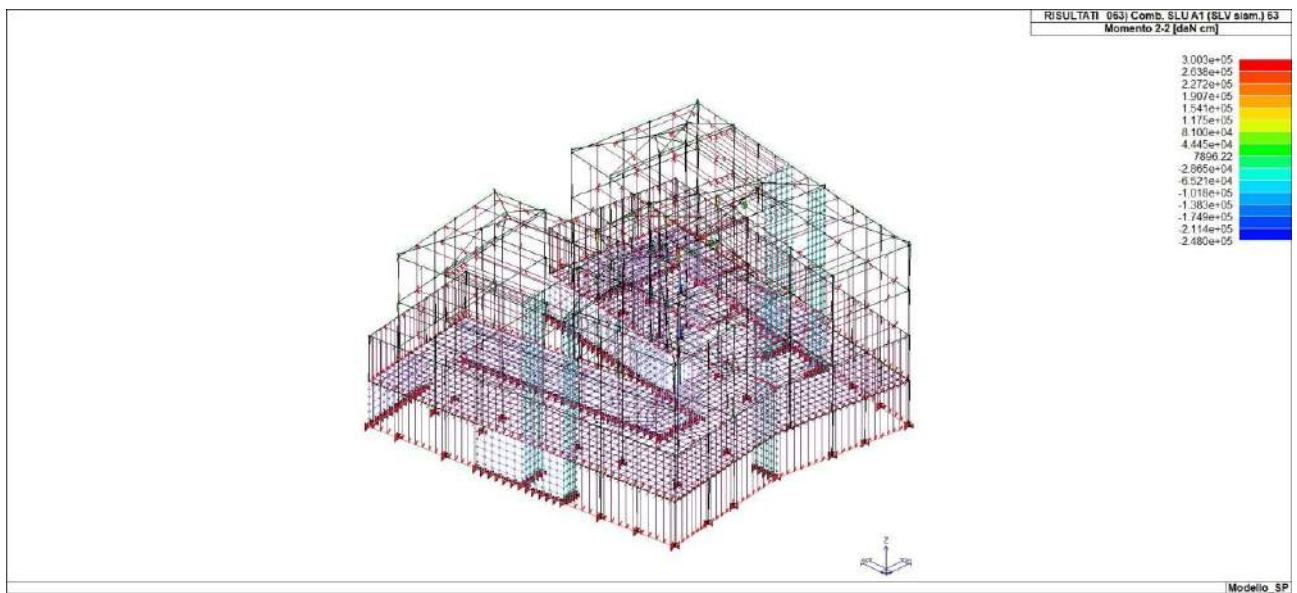
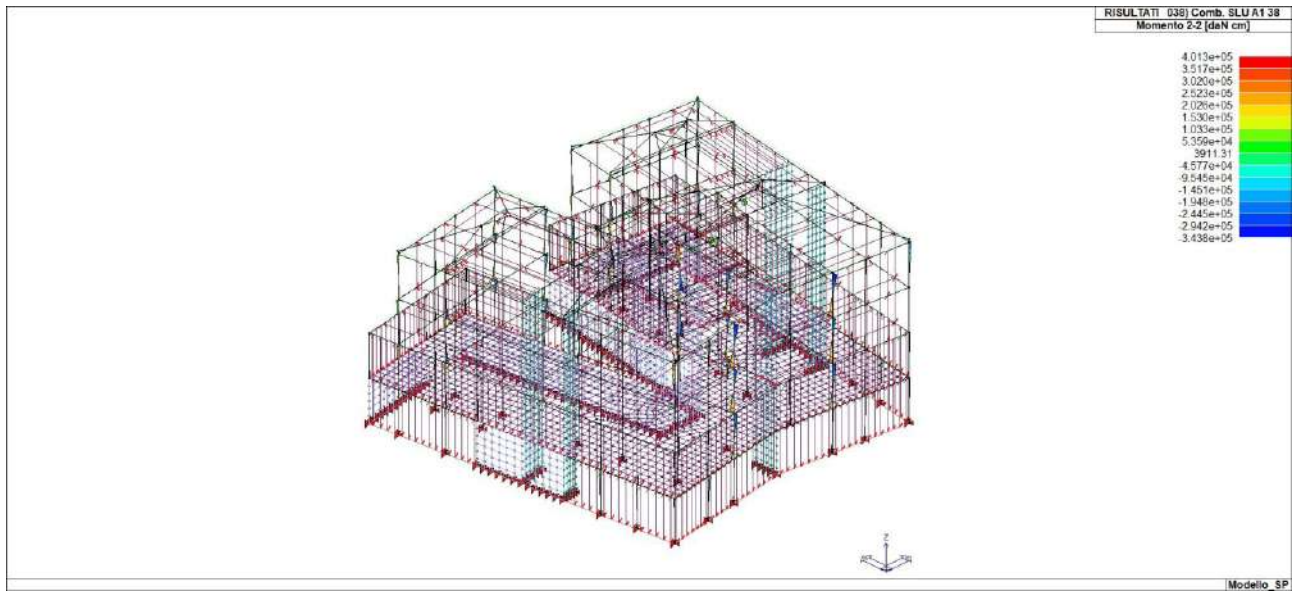
14.1 Reazioni Vincolari e Diagrammi di Sollecitazione

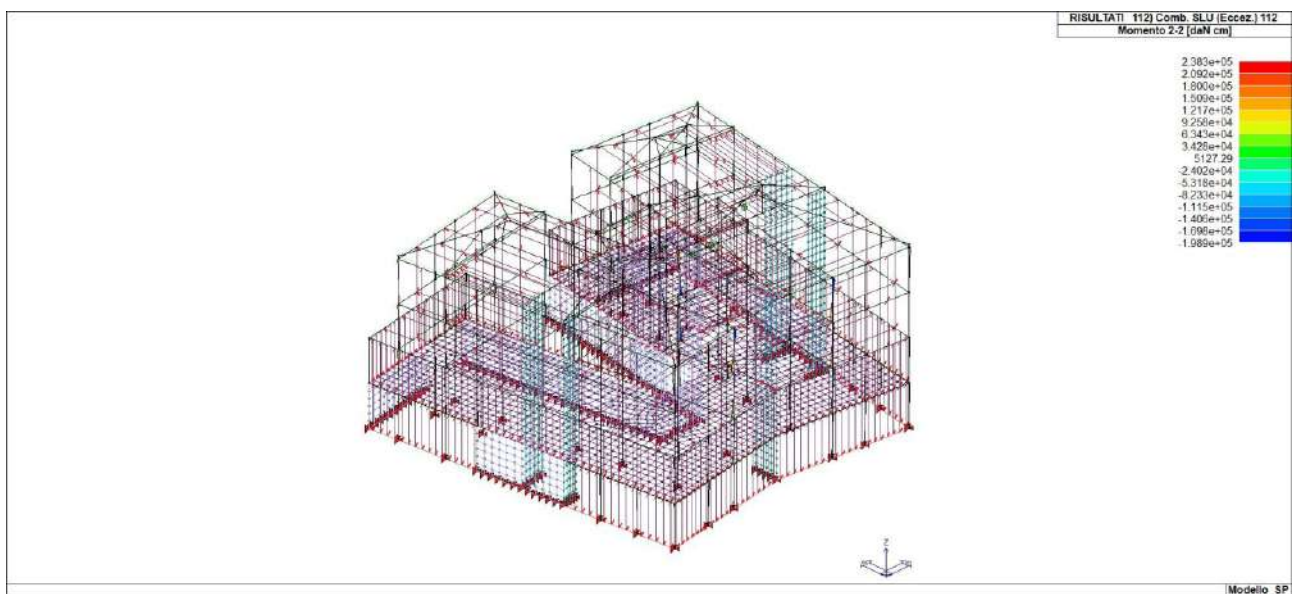
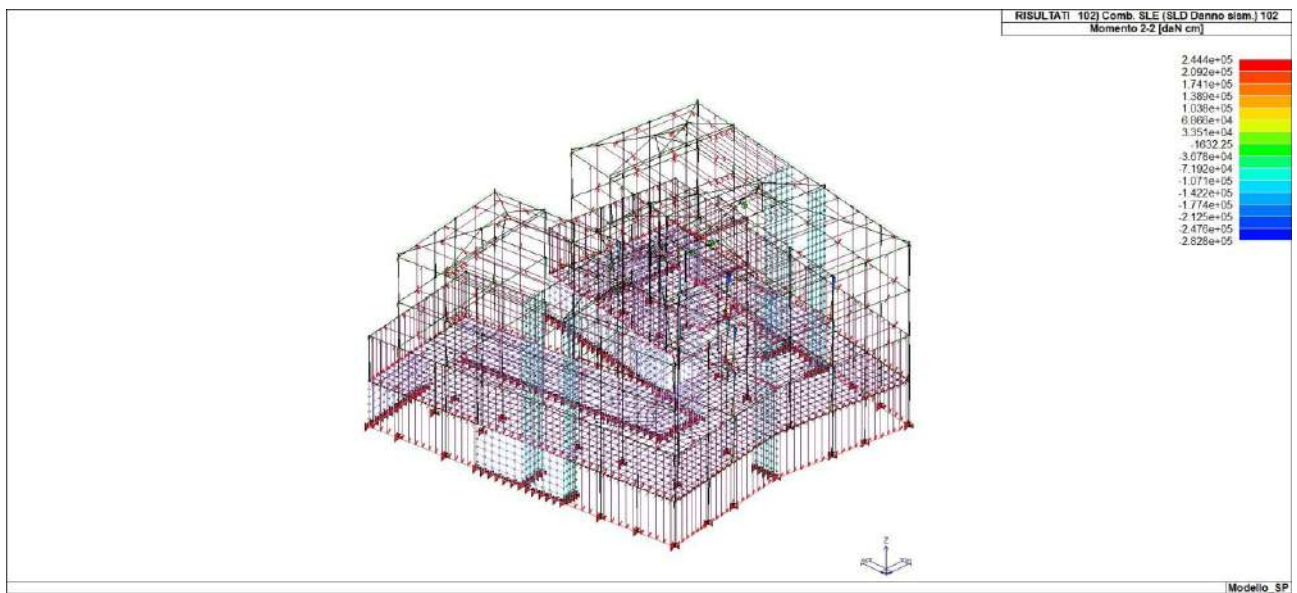
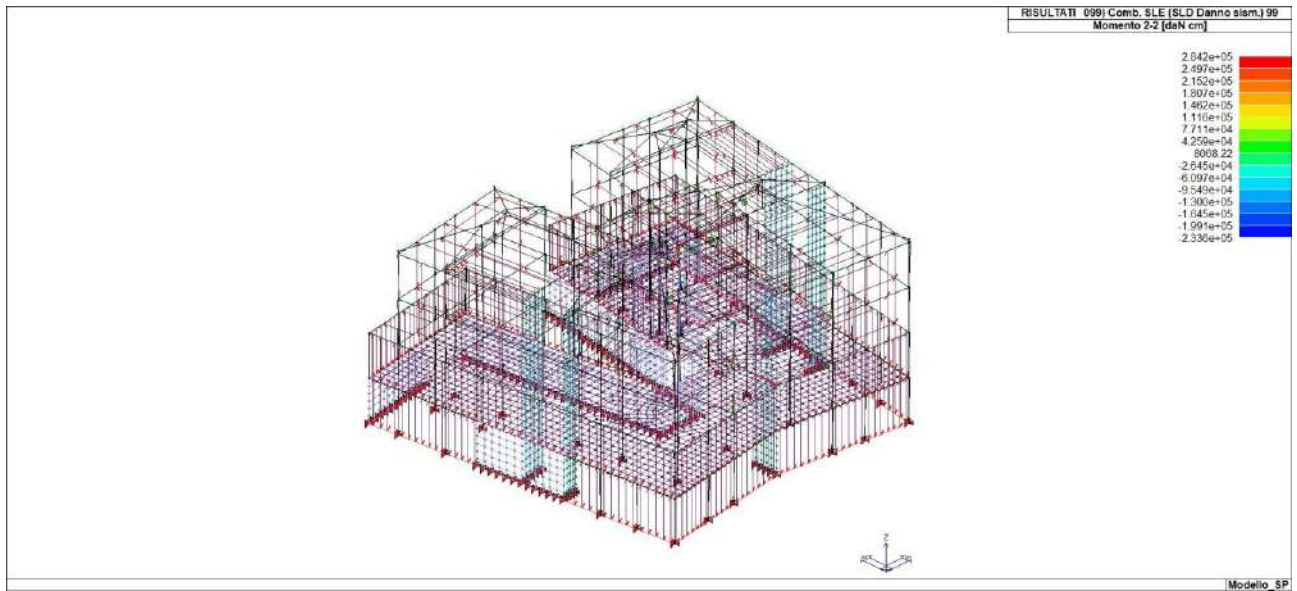
Successivamente vengono riportati i diagrammi di sollecitazioni per le combinazioni più interessanti.

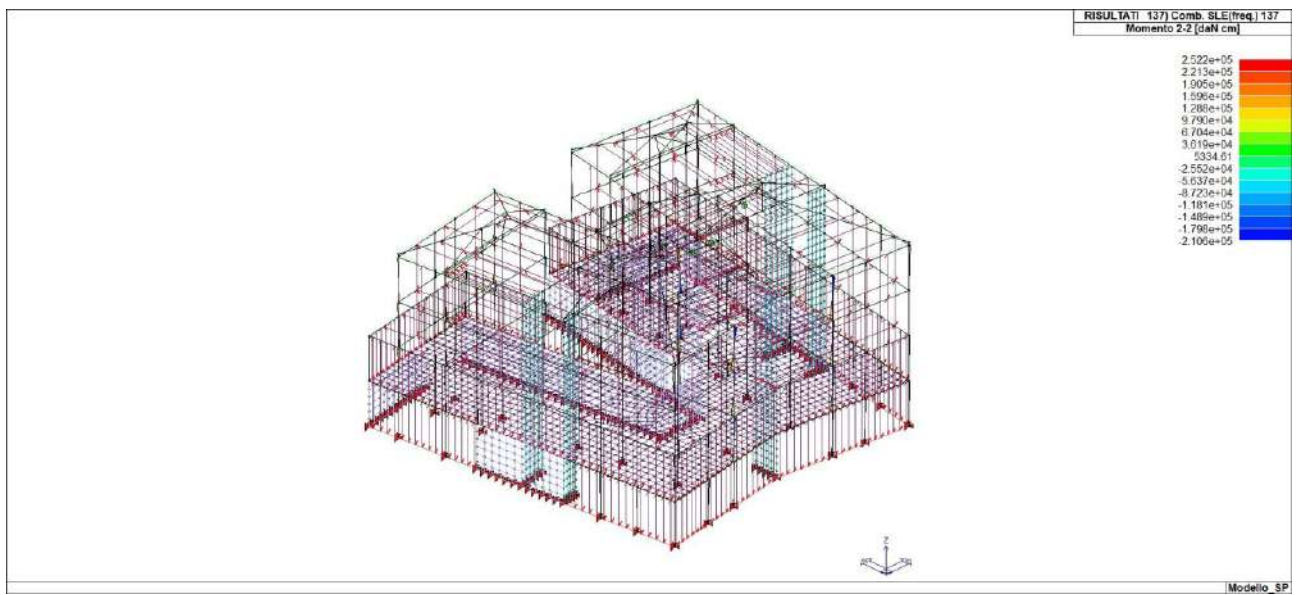
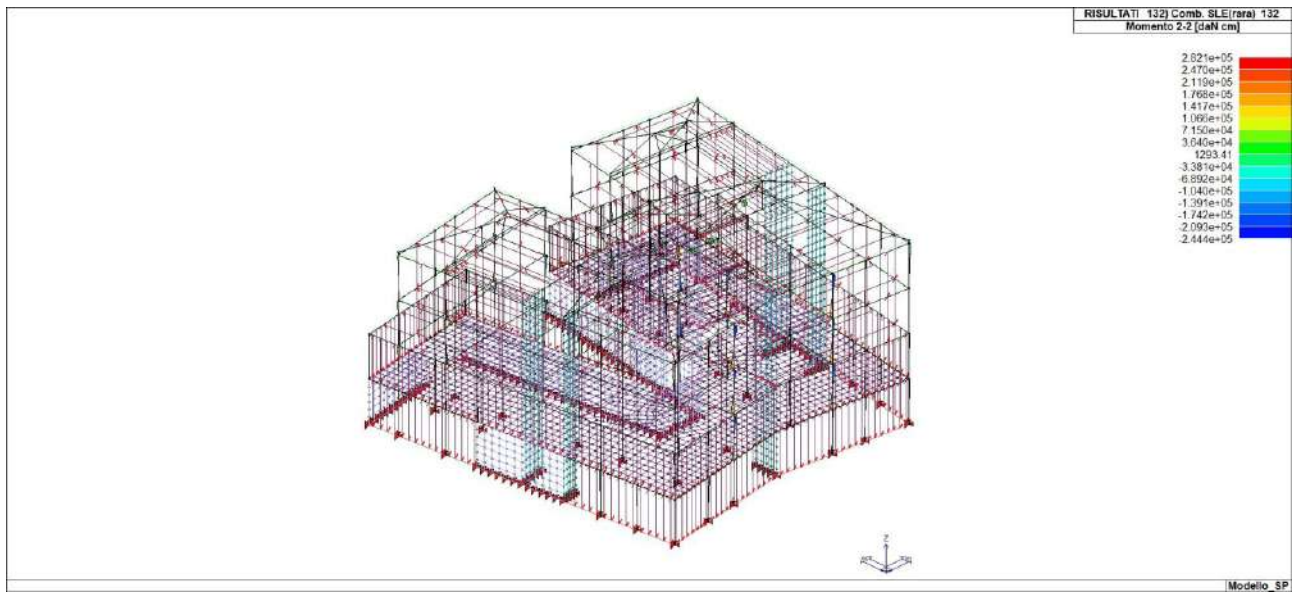
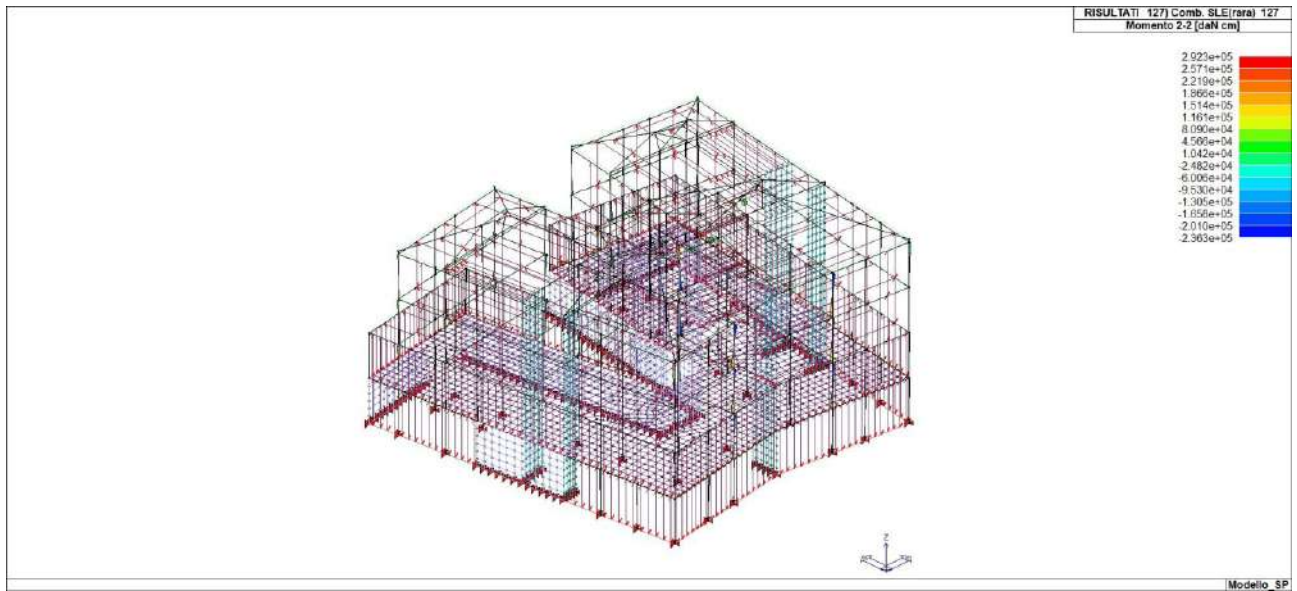


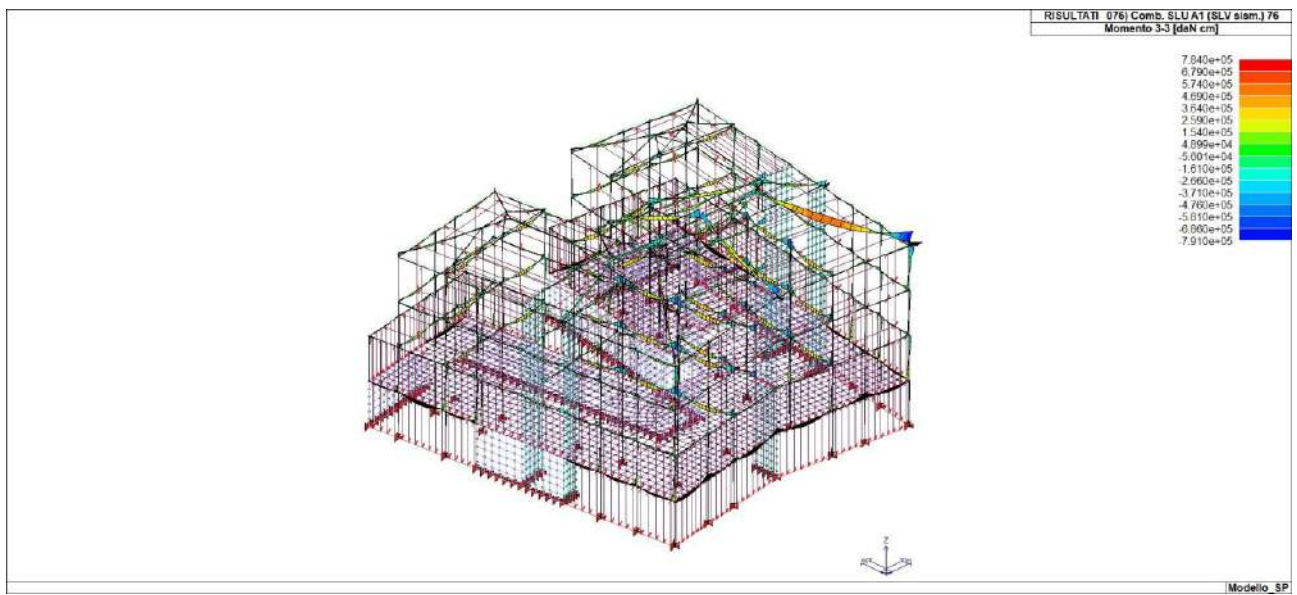
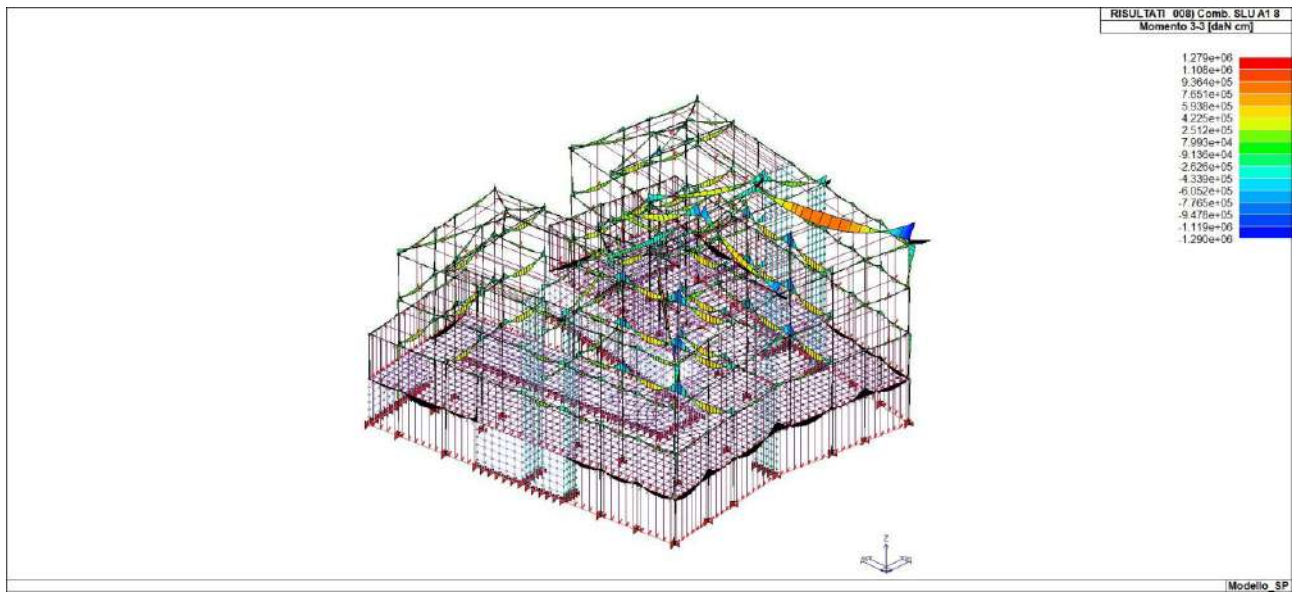
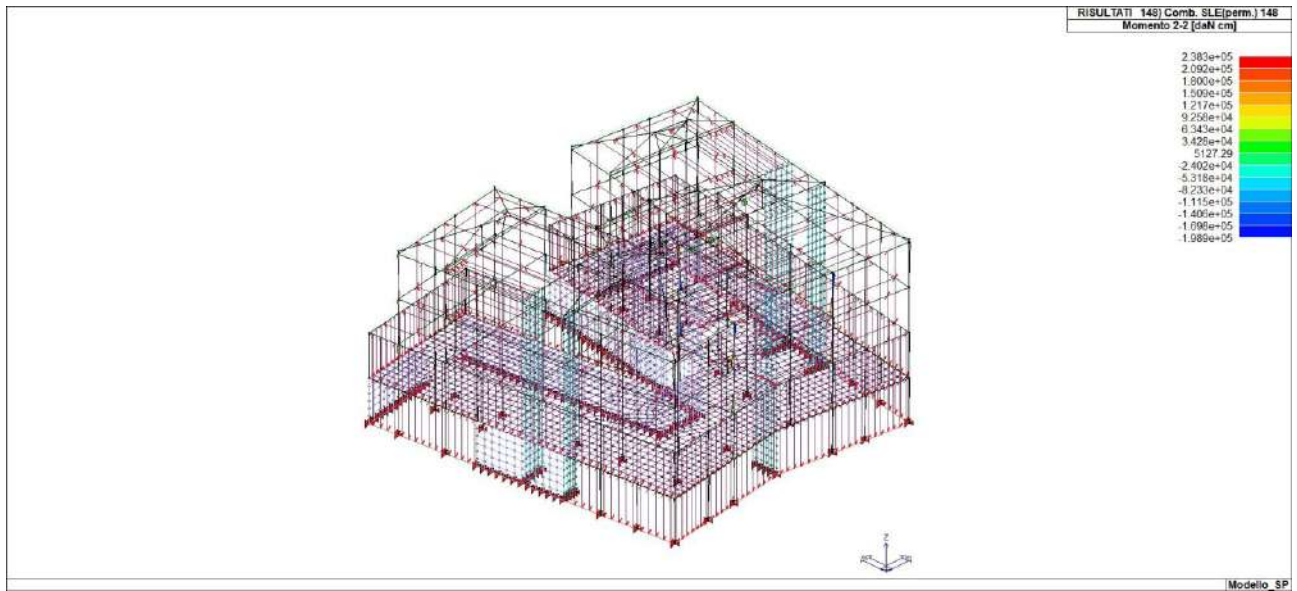


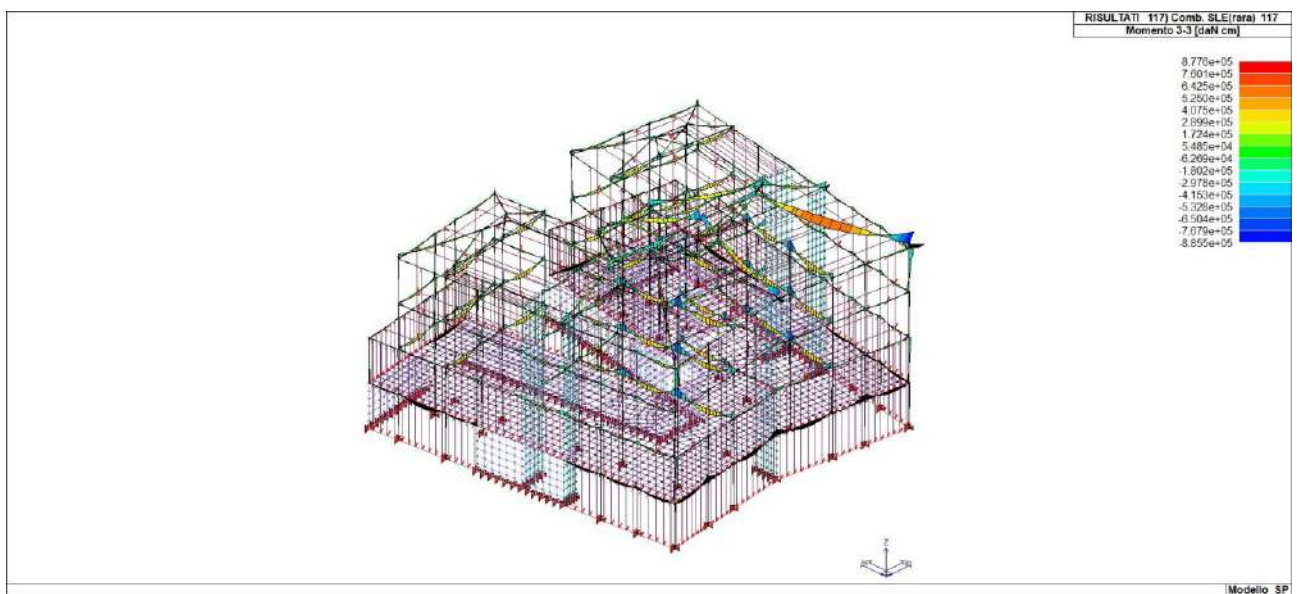
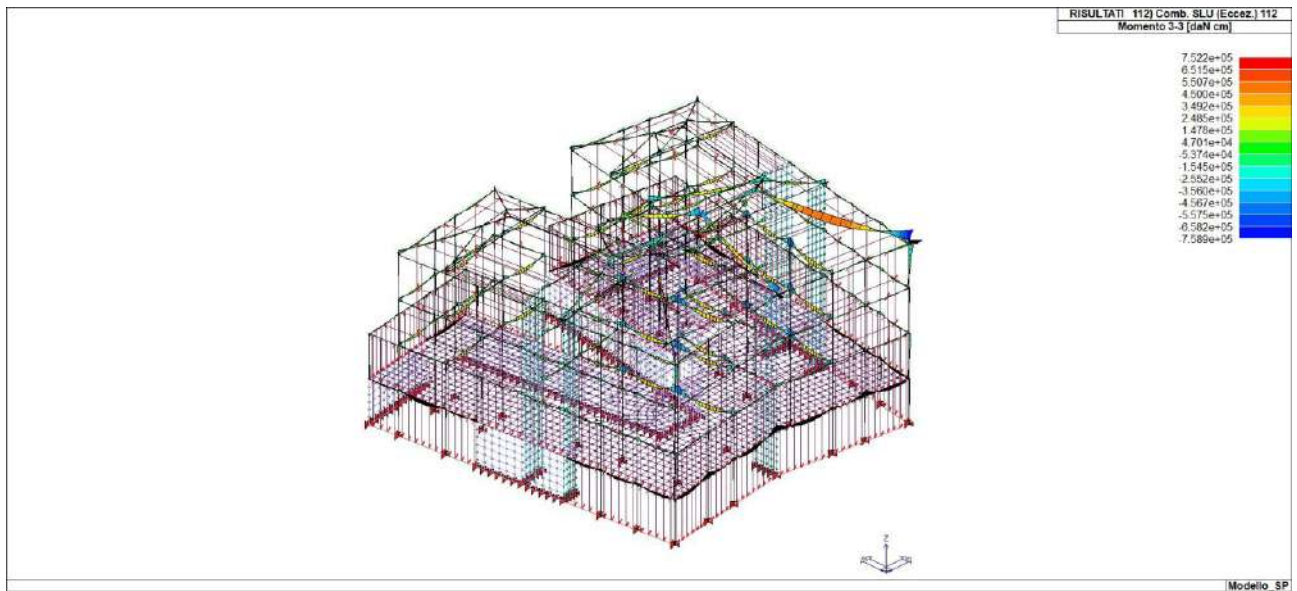
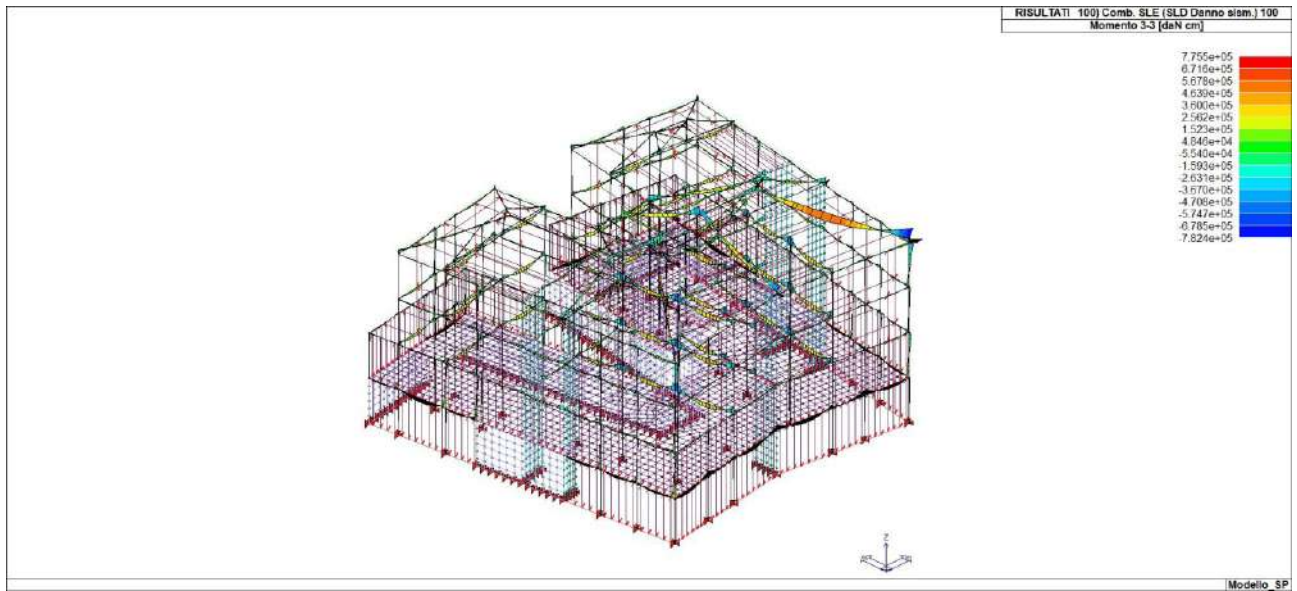


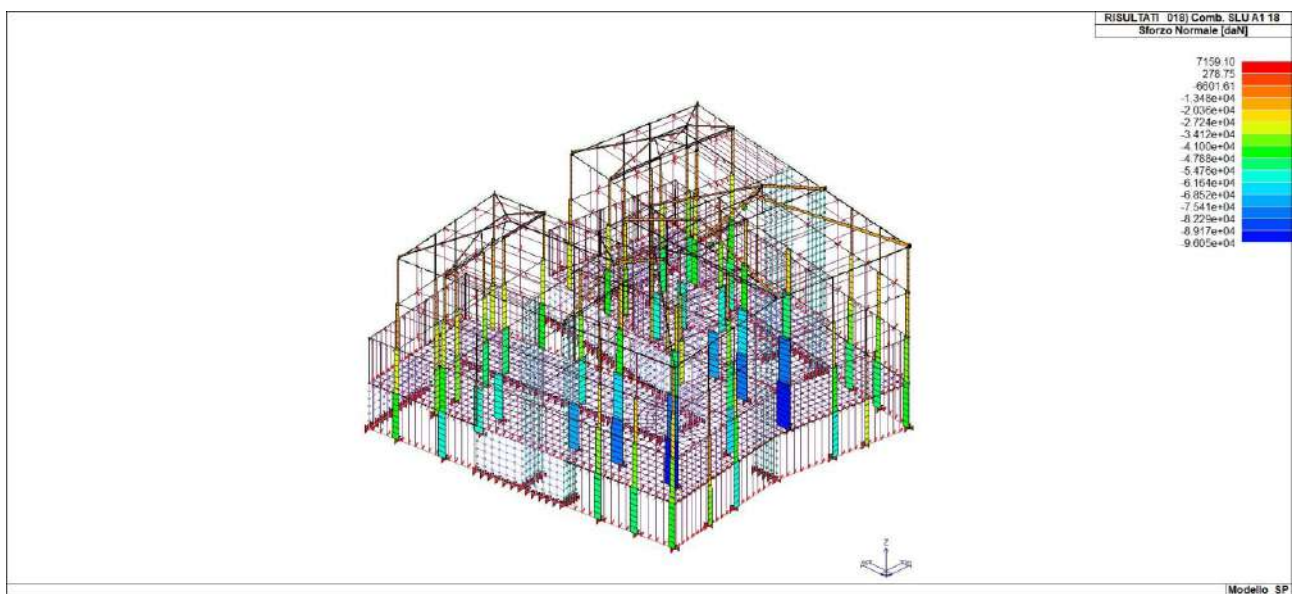
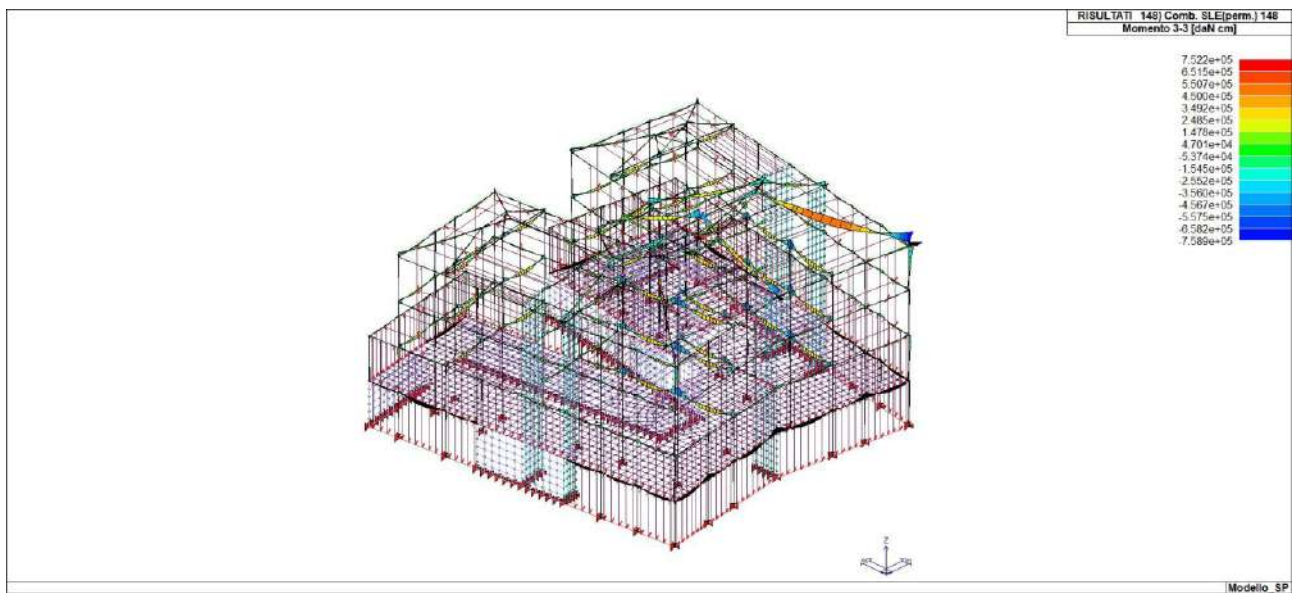
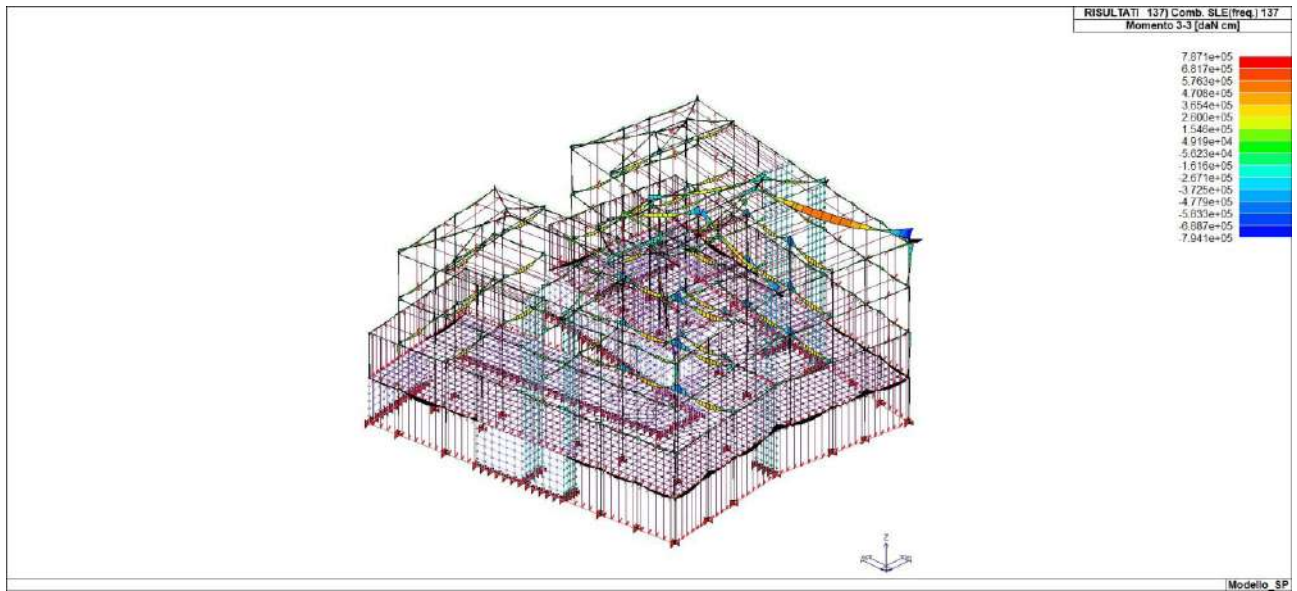


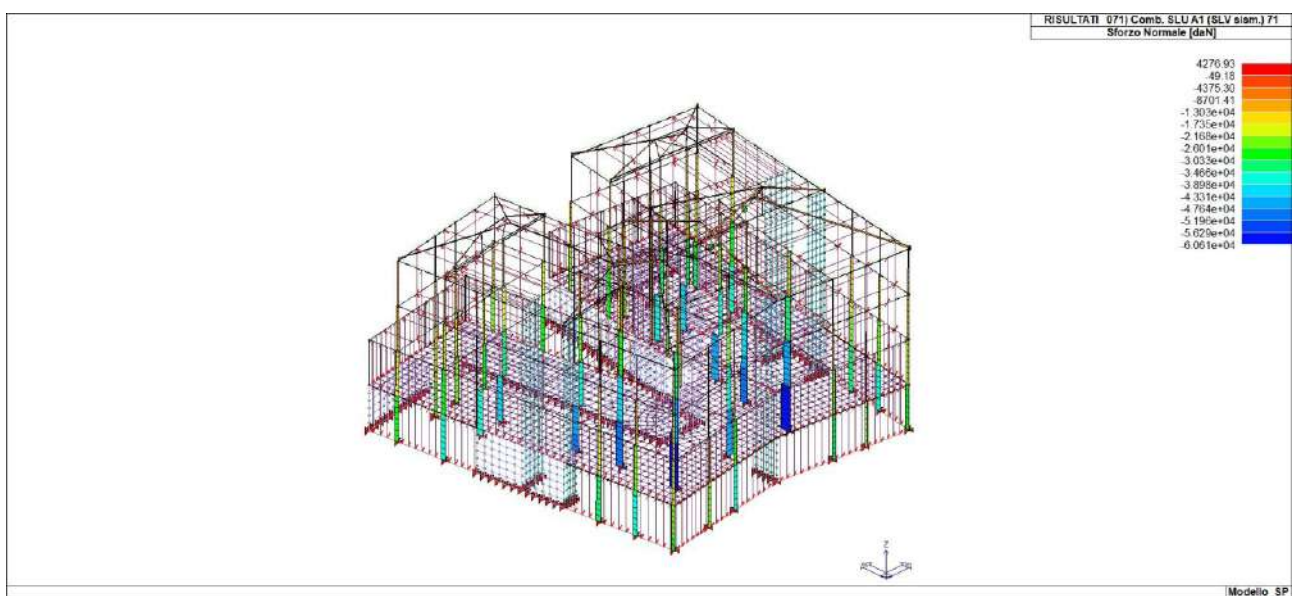
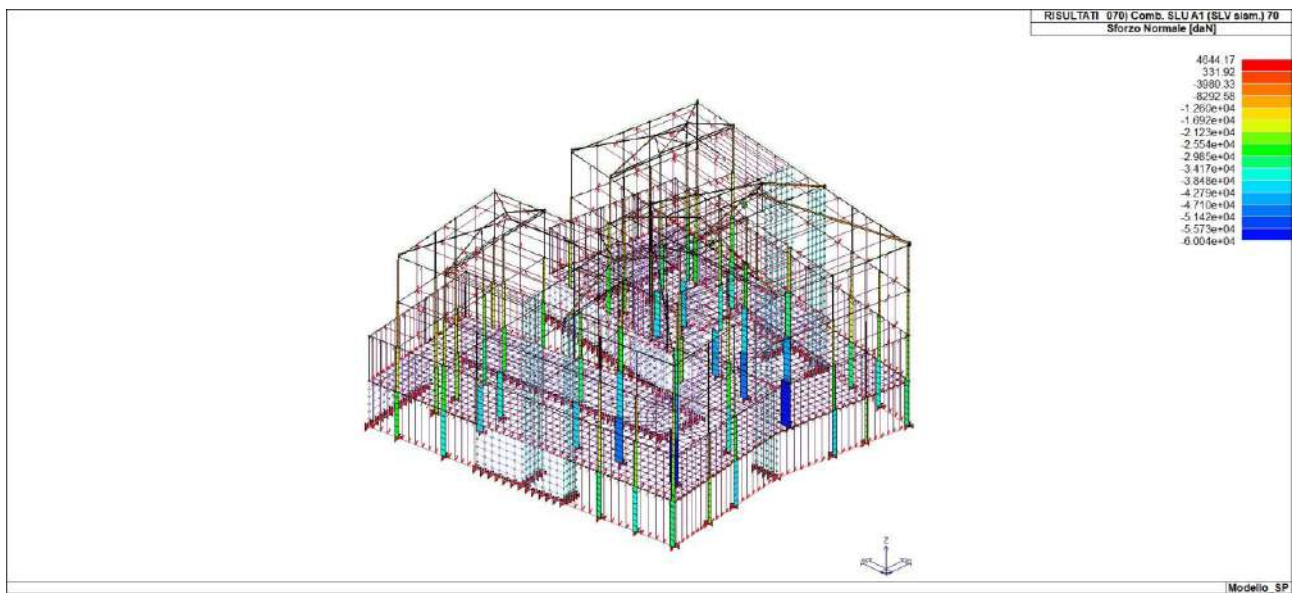
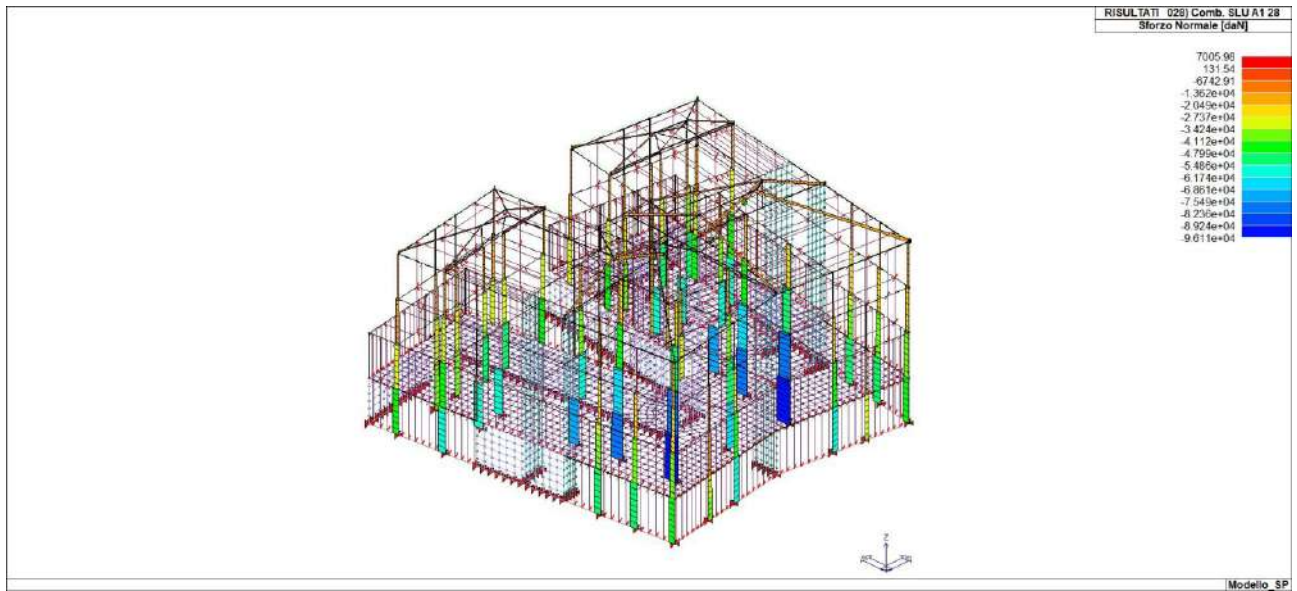


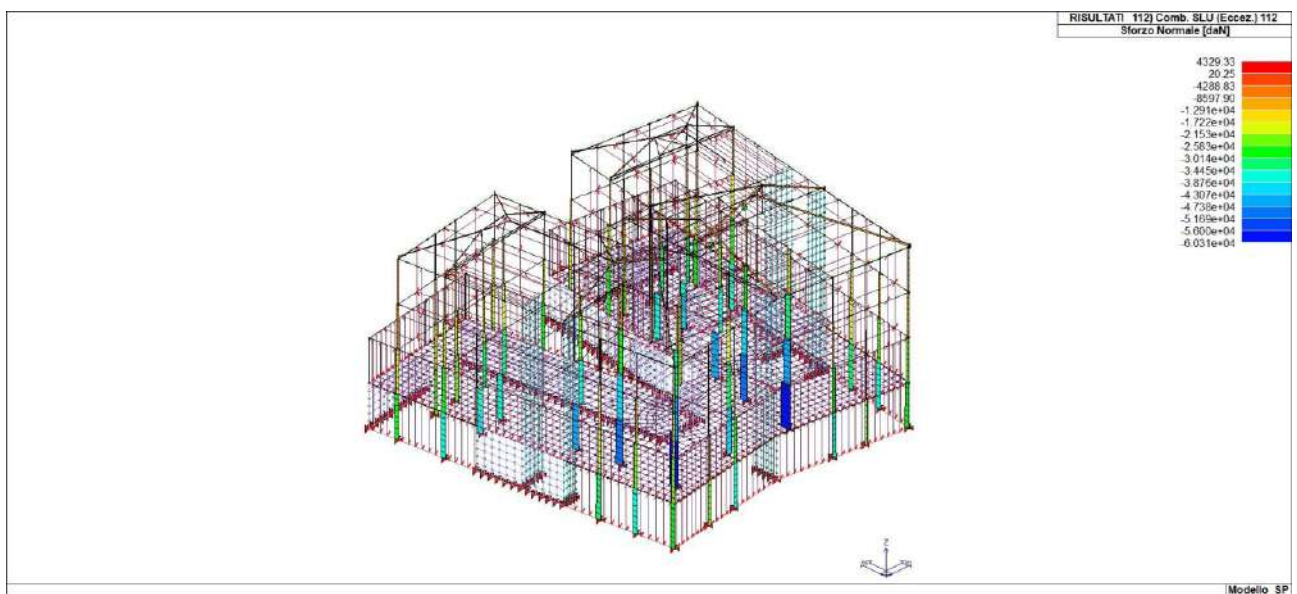
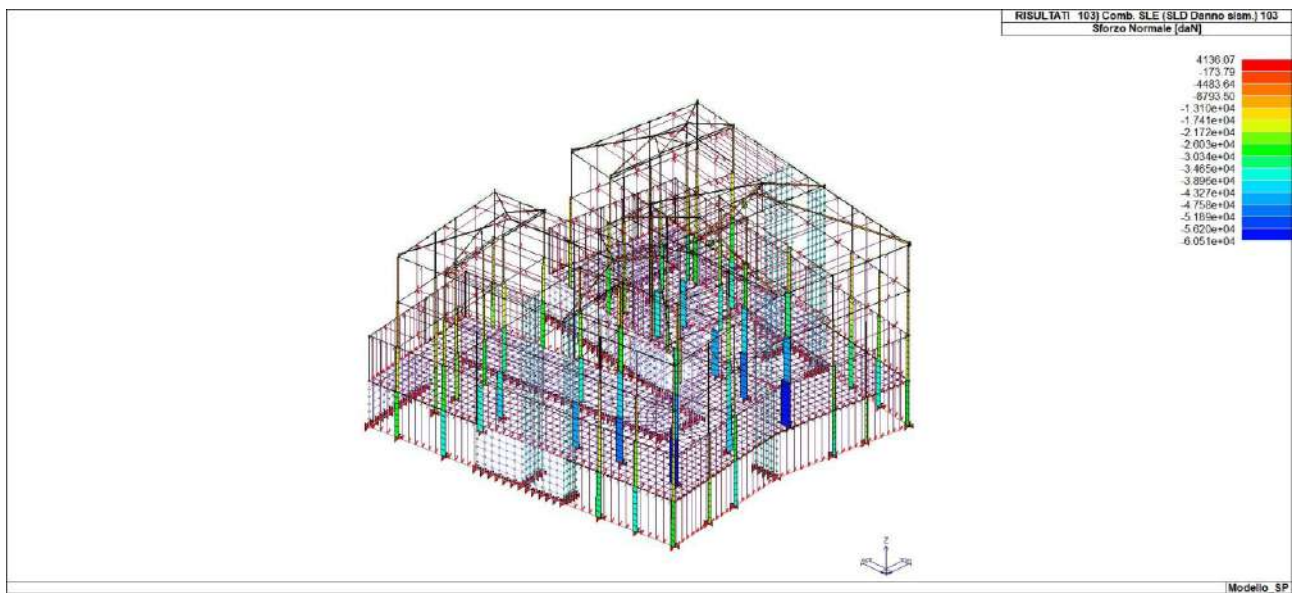
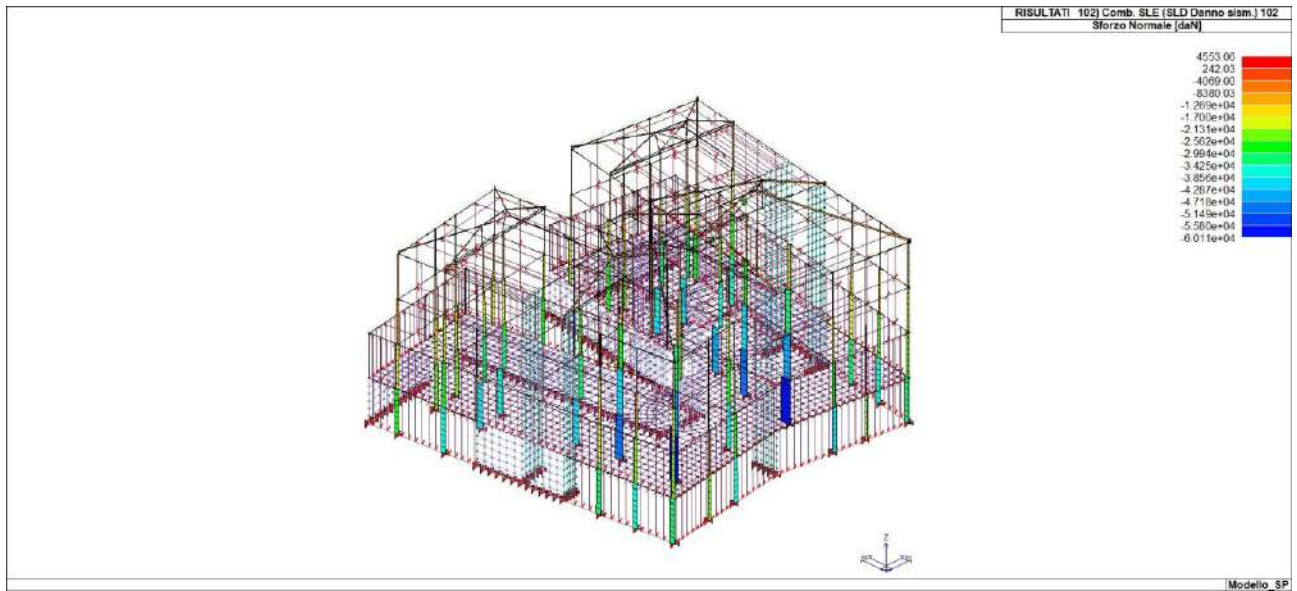


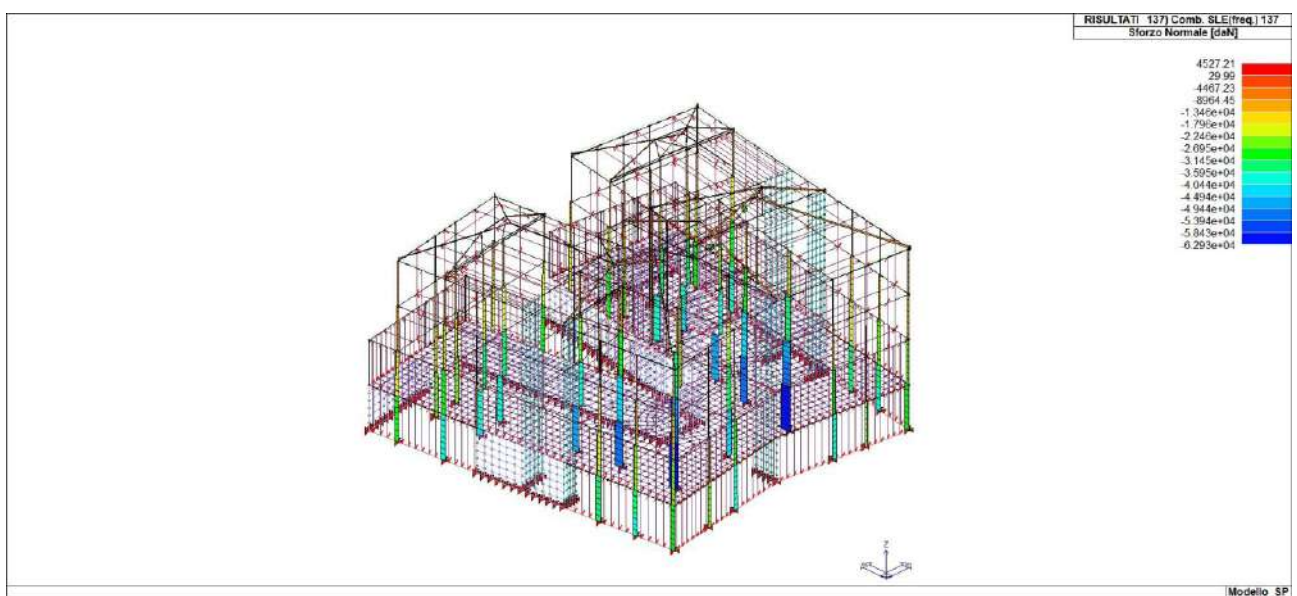
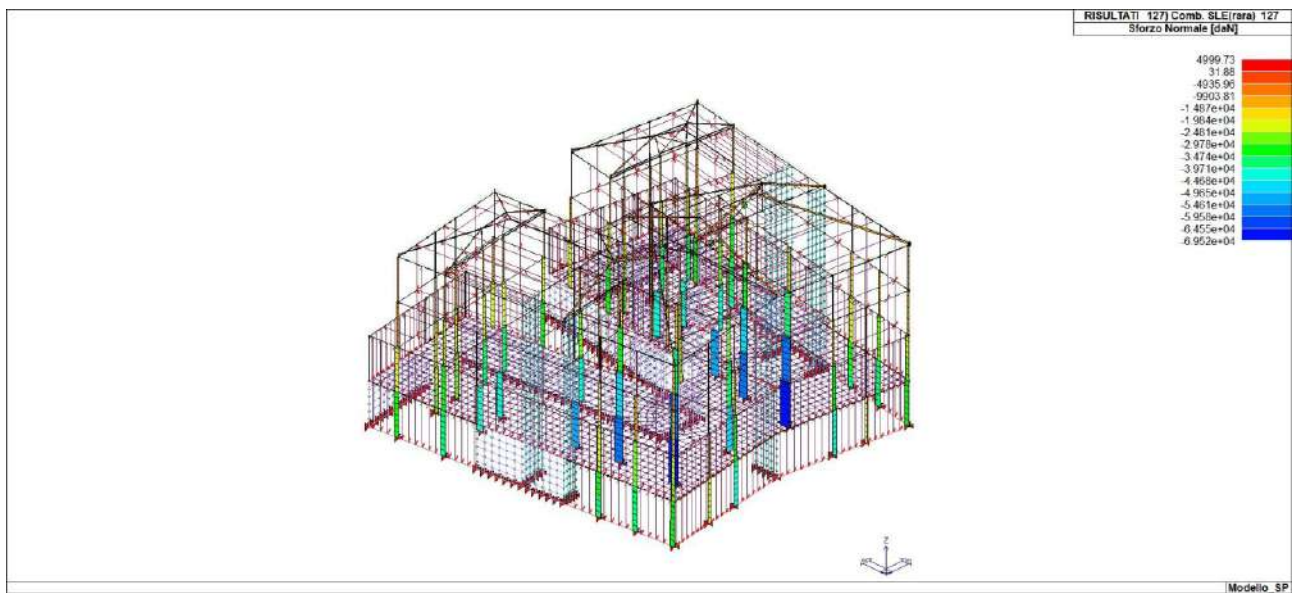
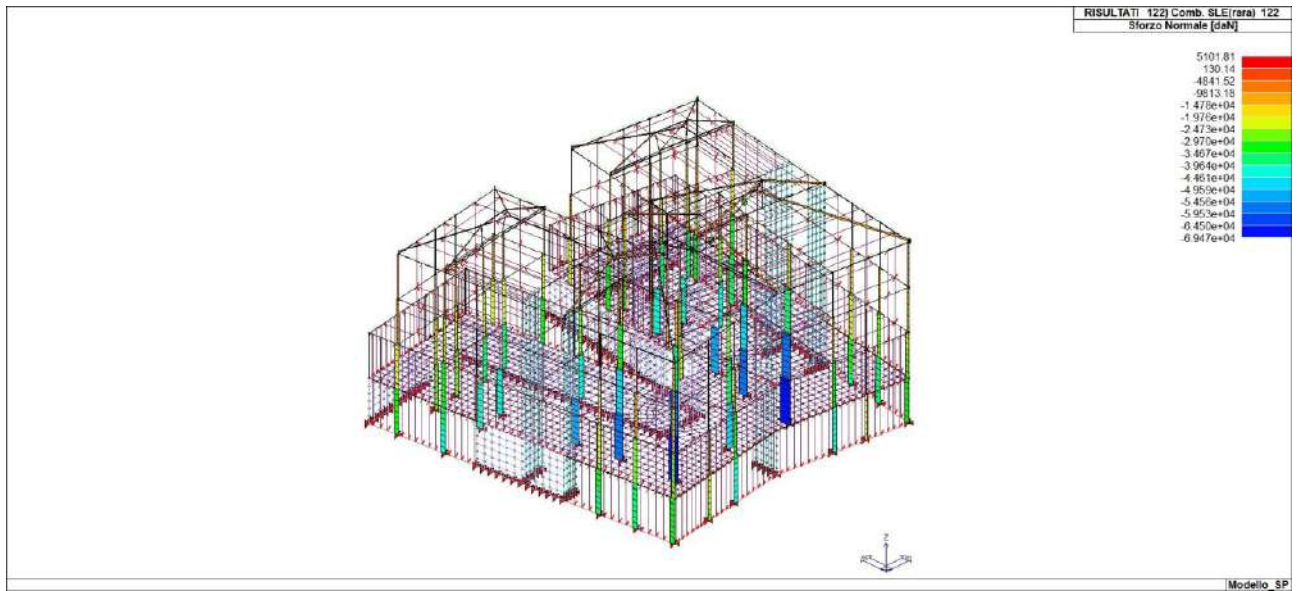


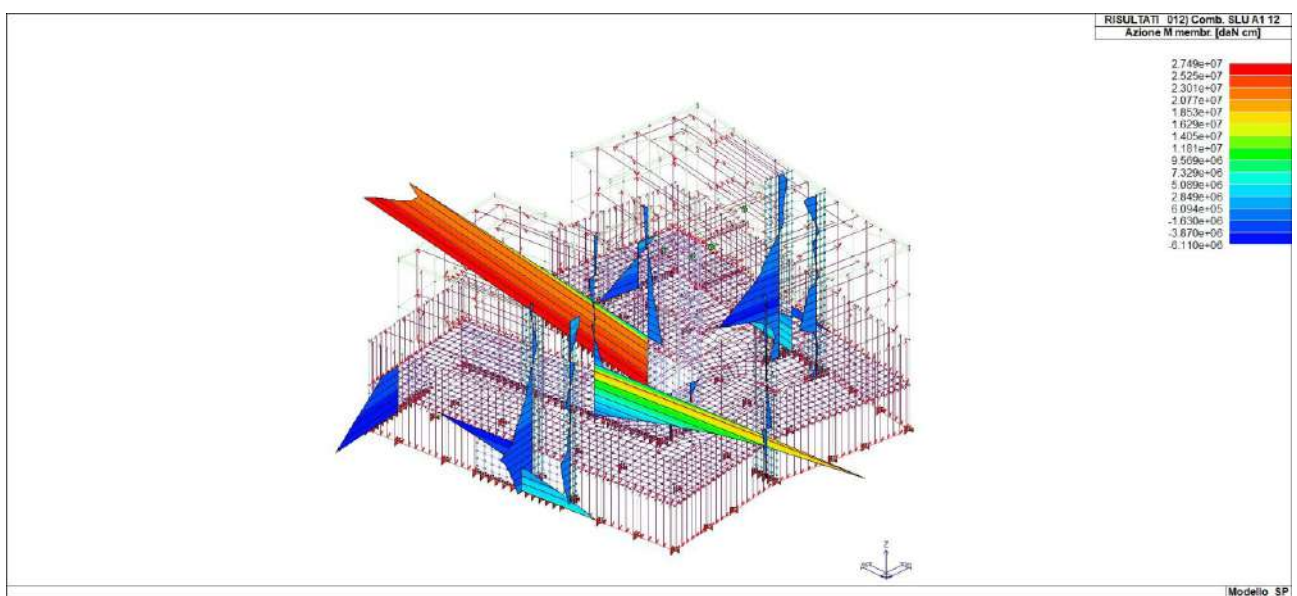
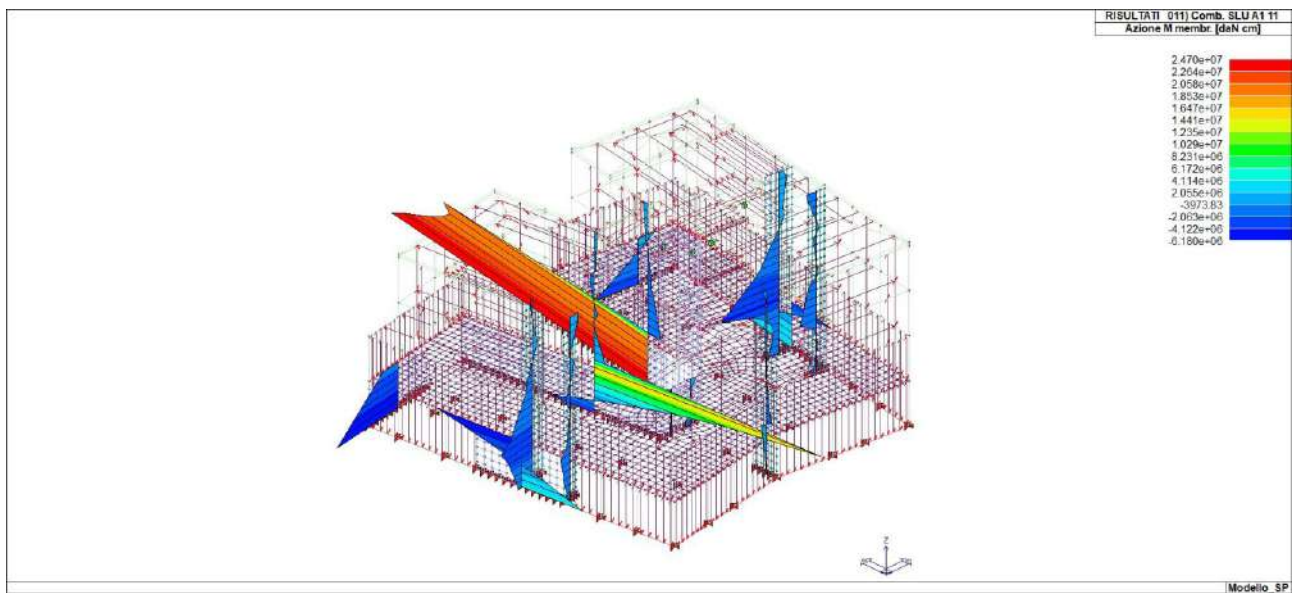
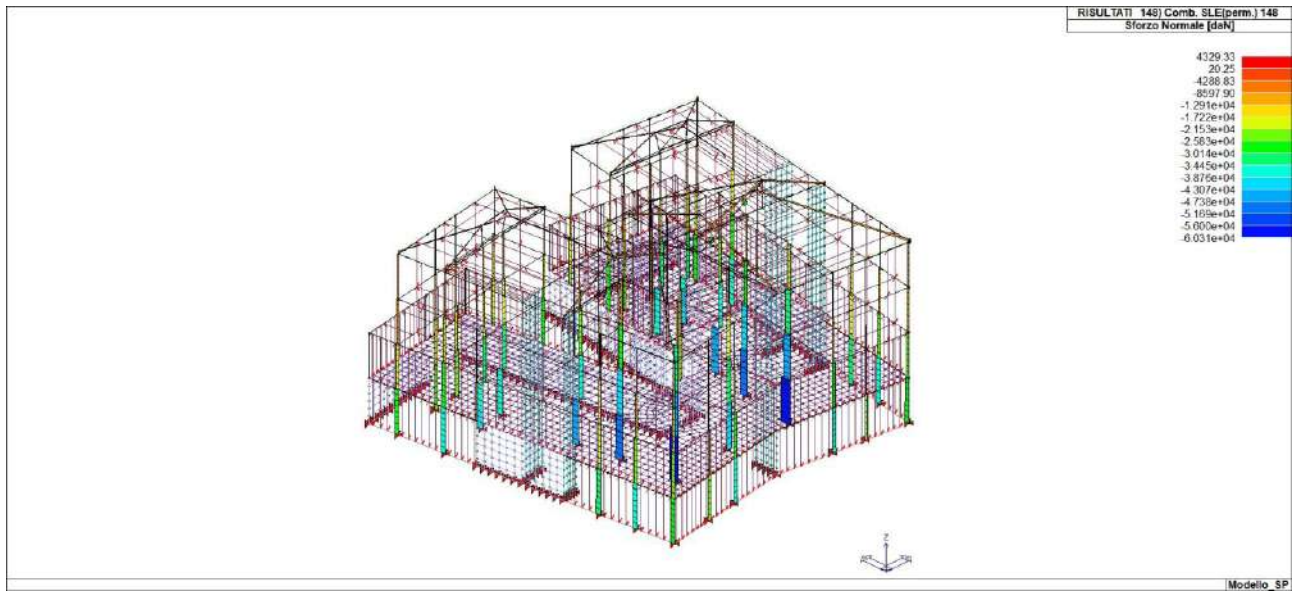


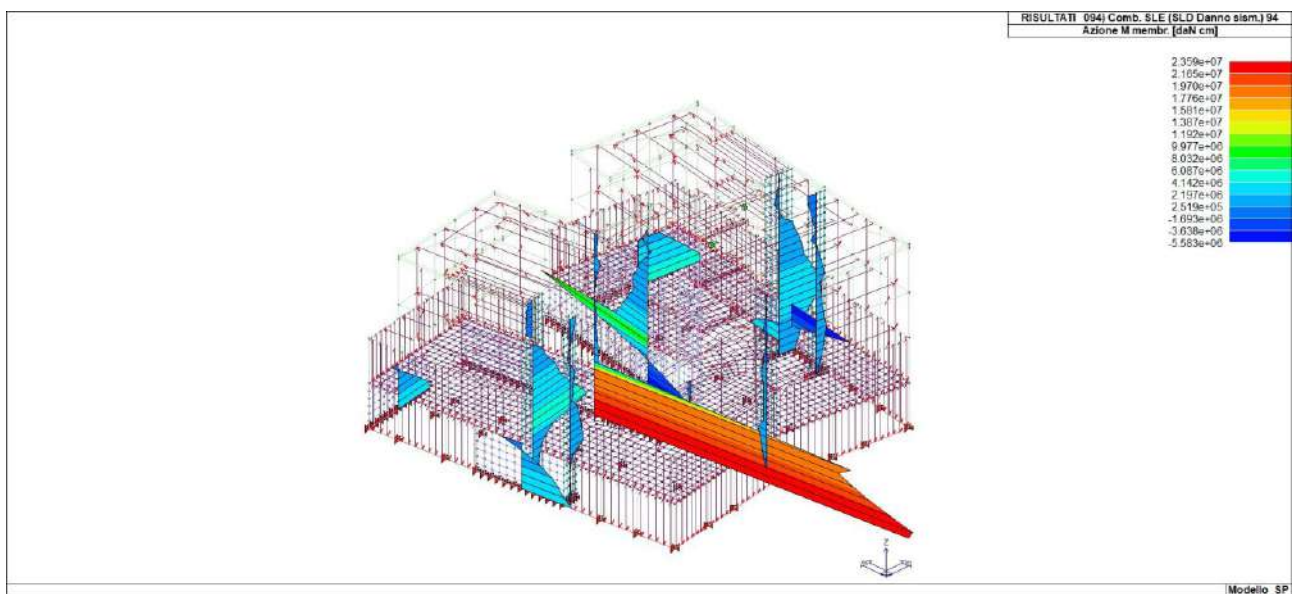
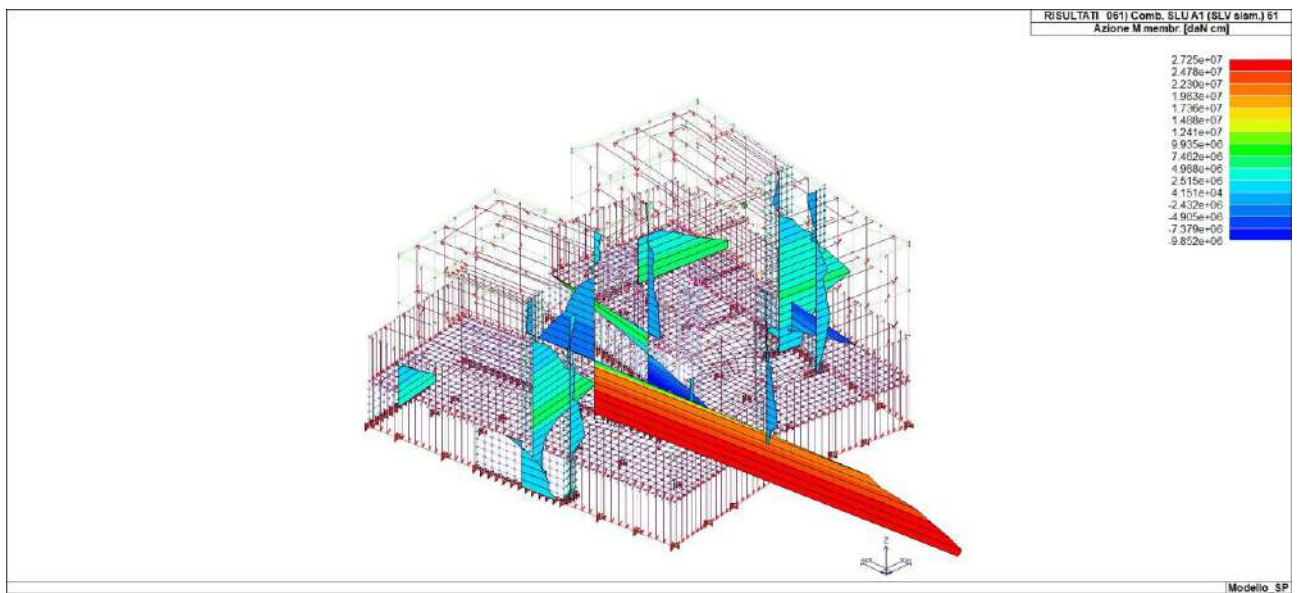
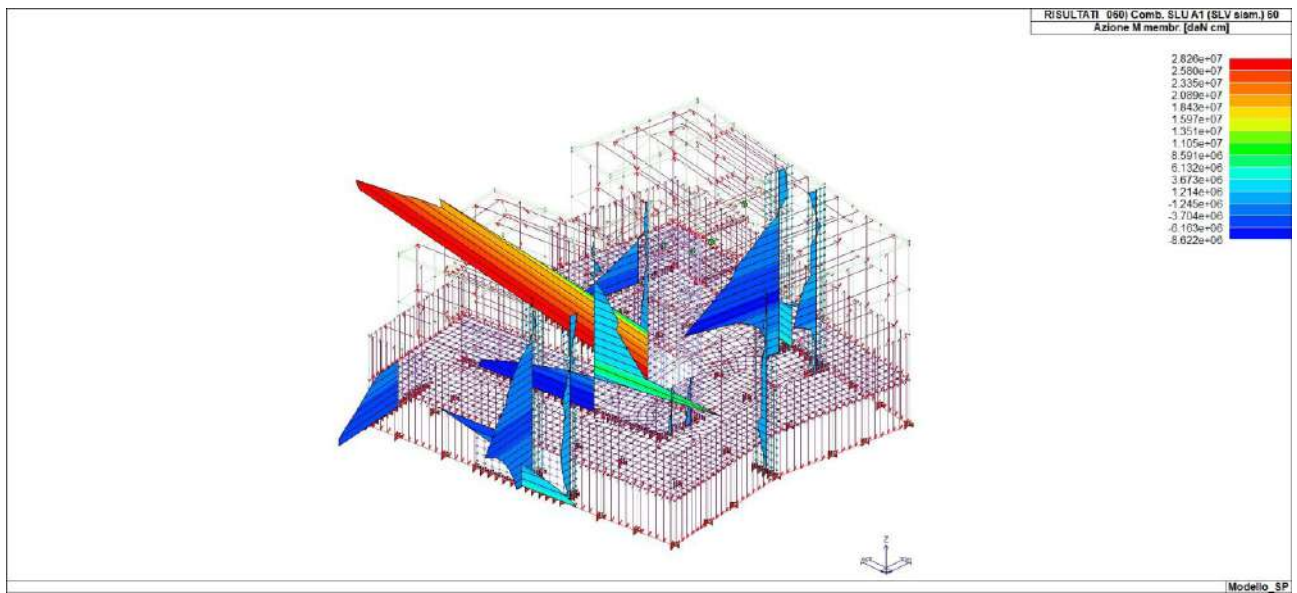


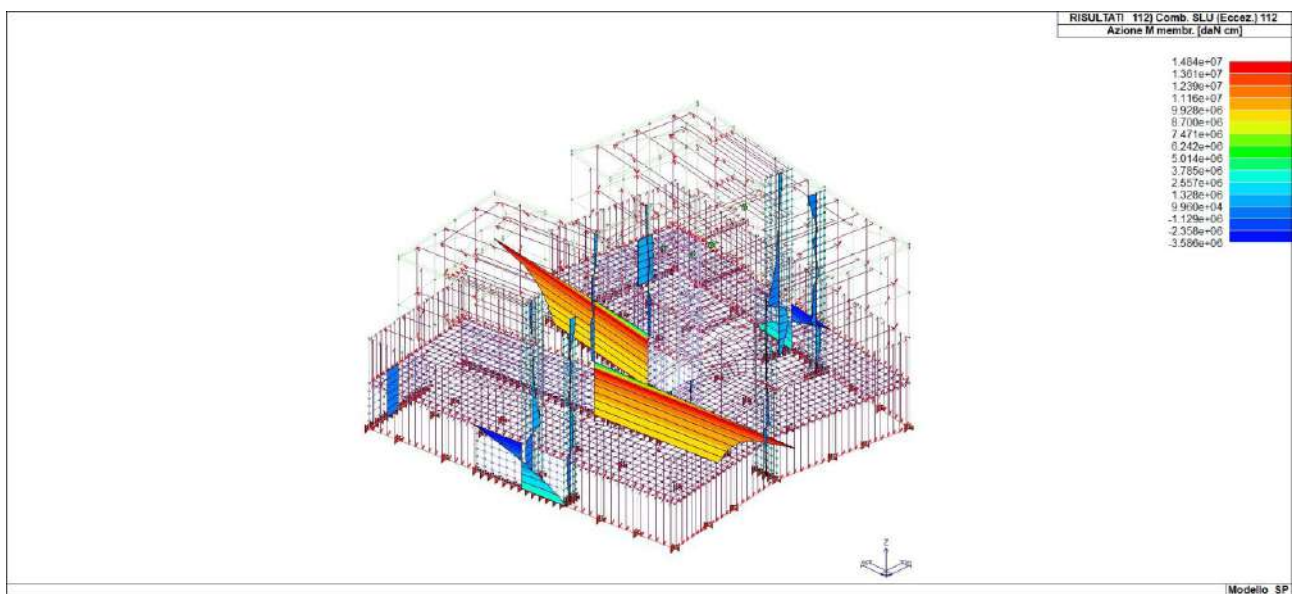
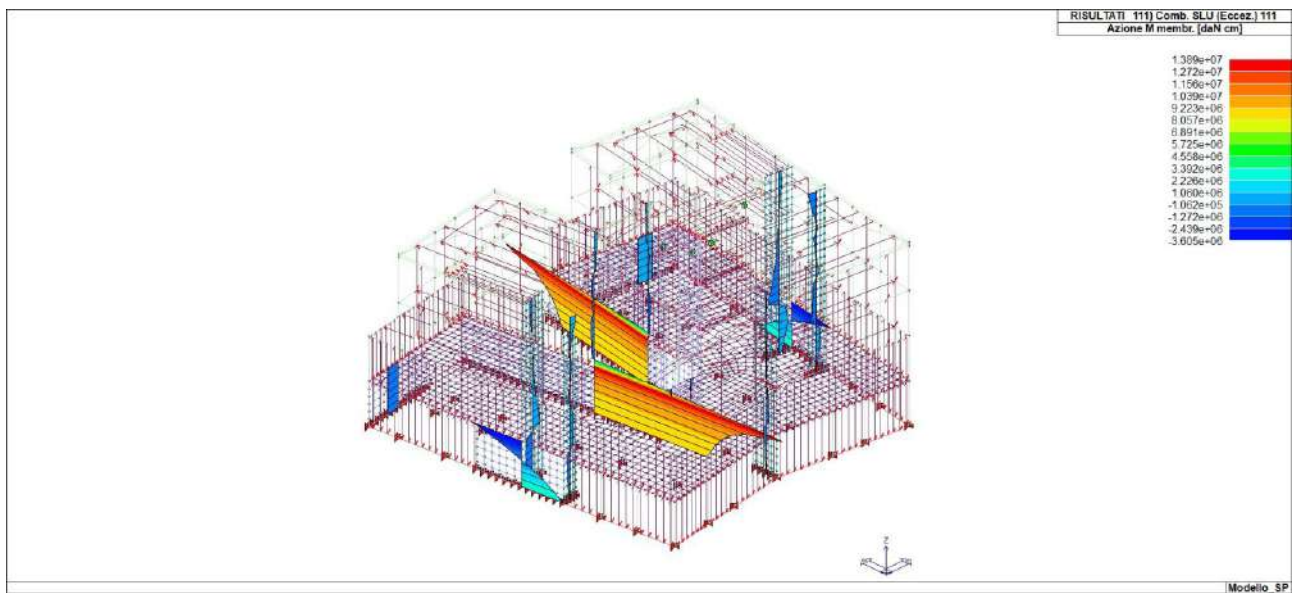
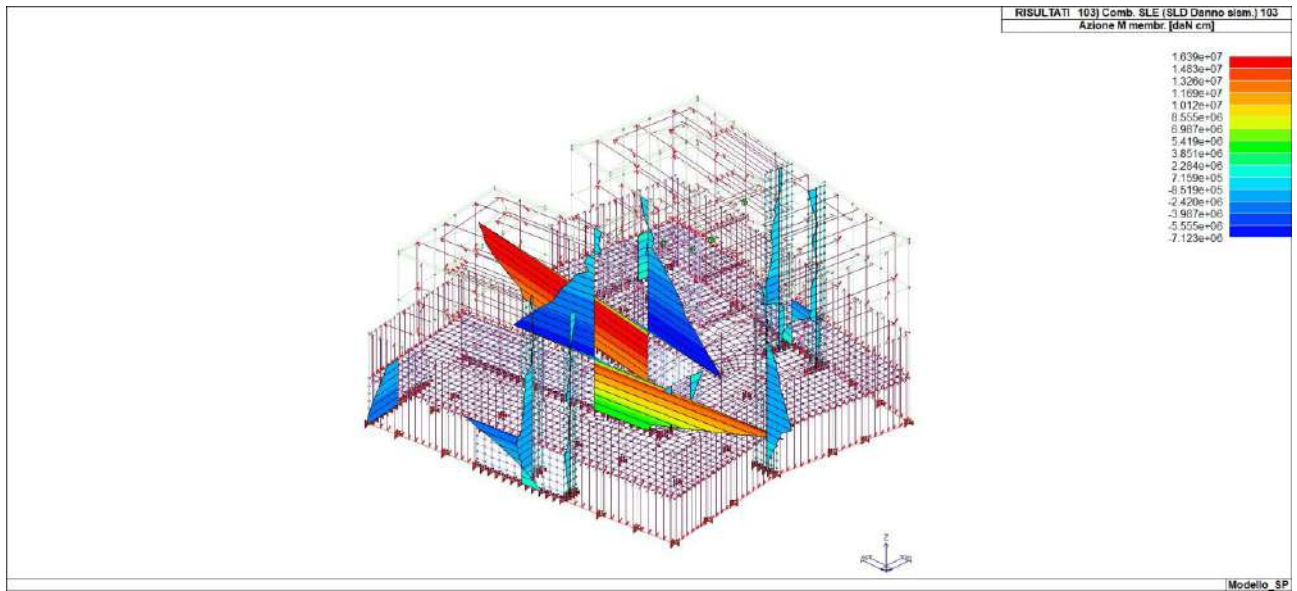


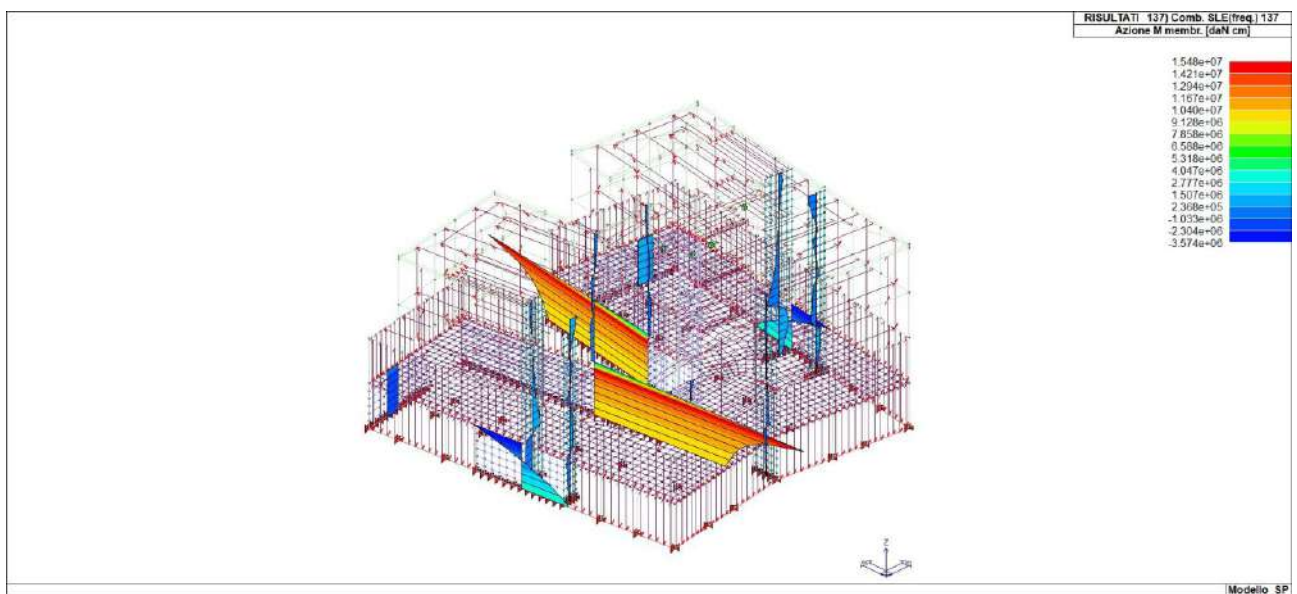
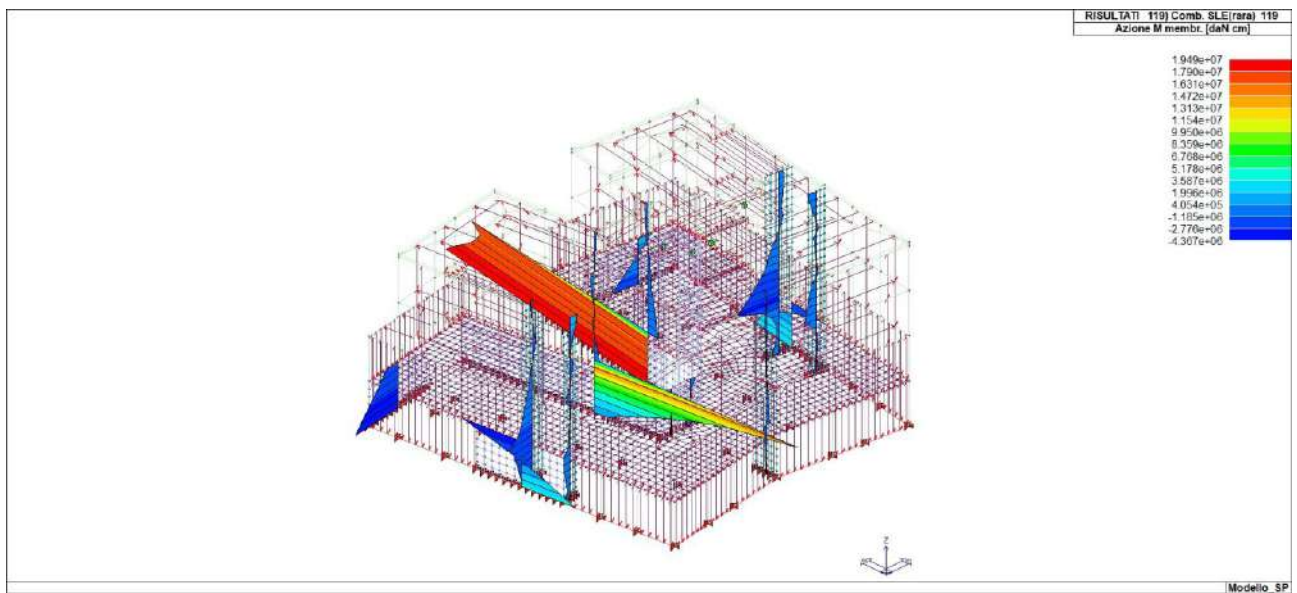
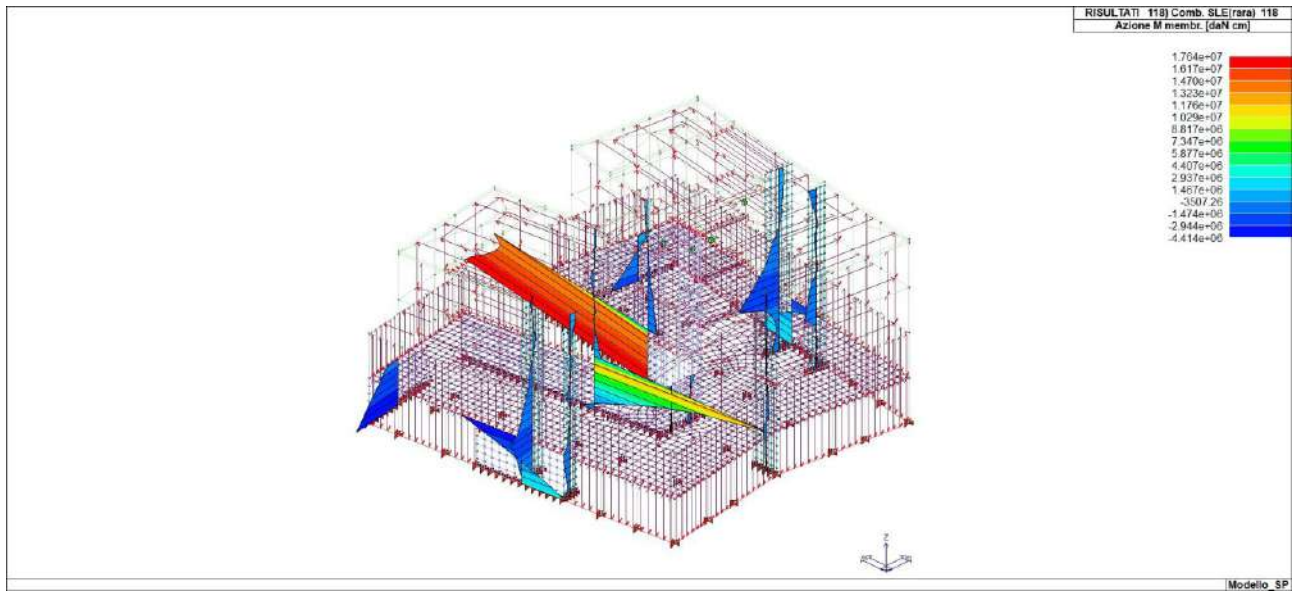


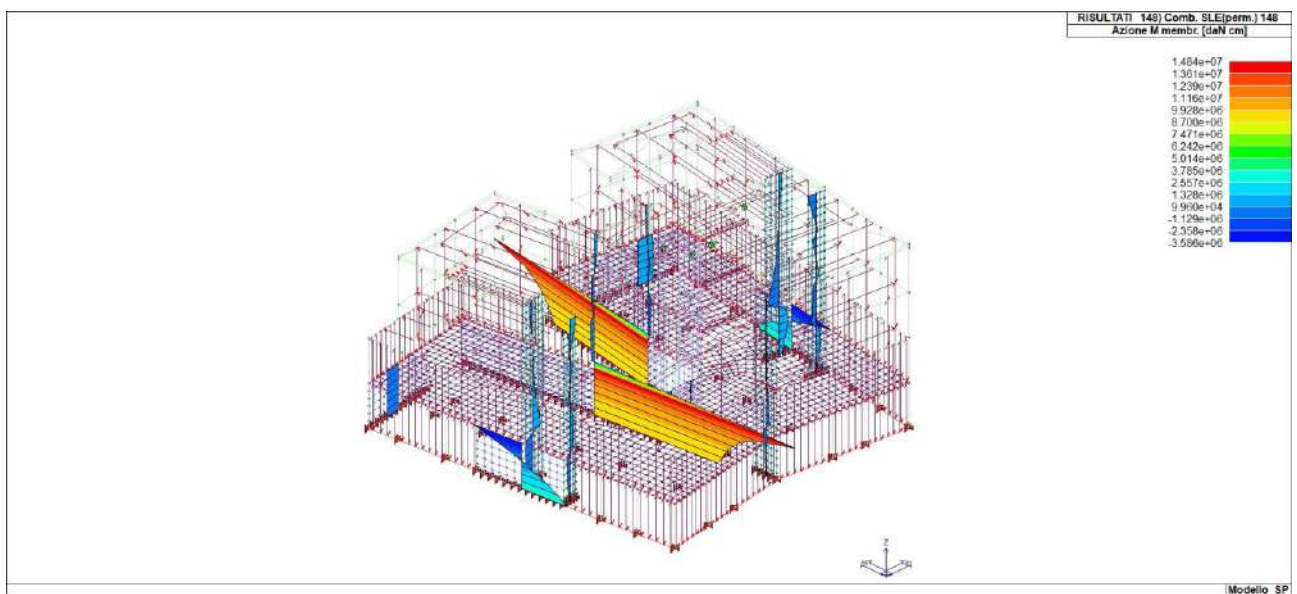
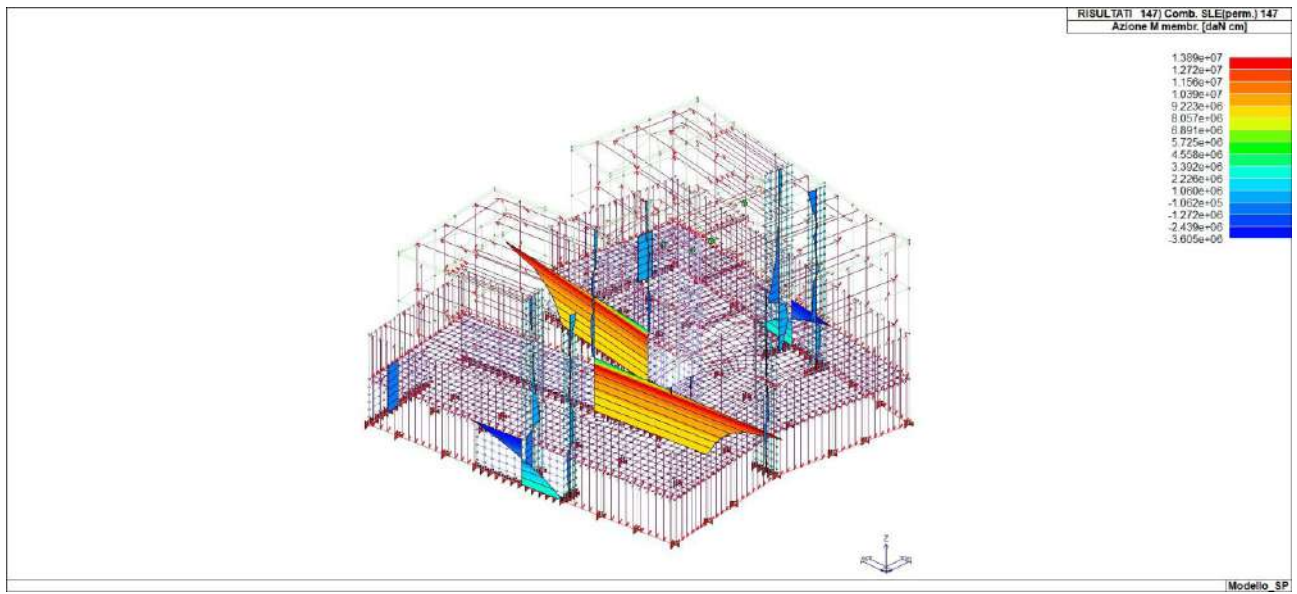
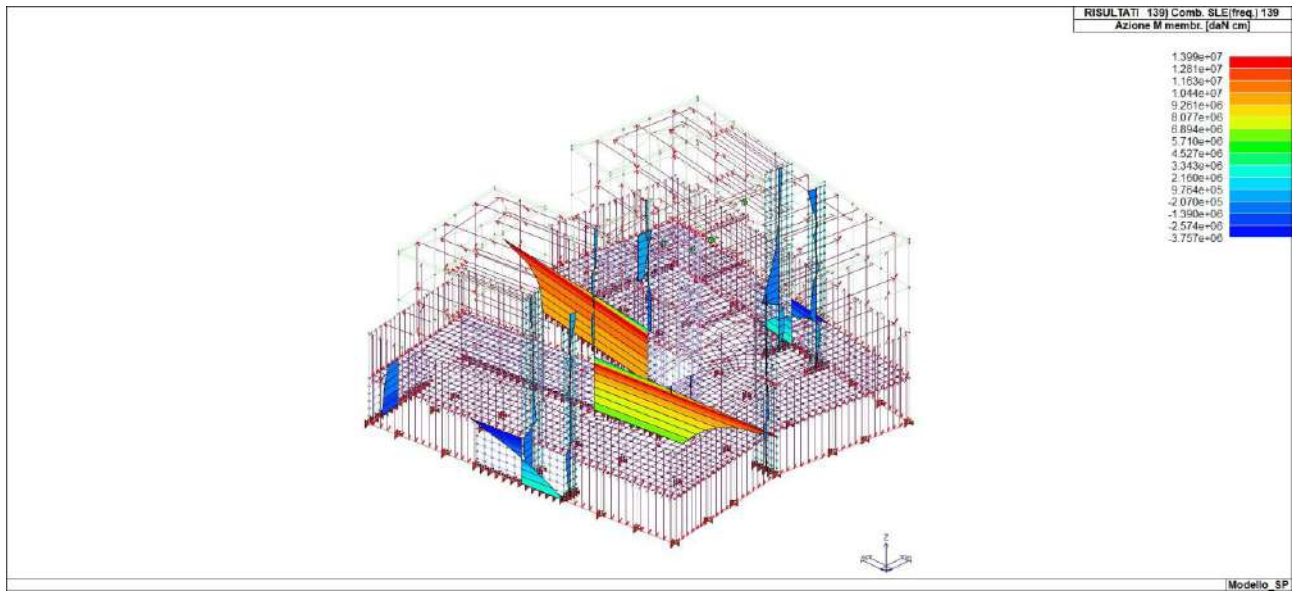


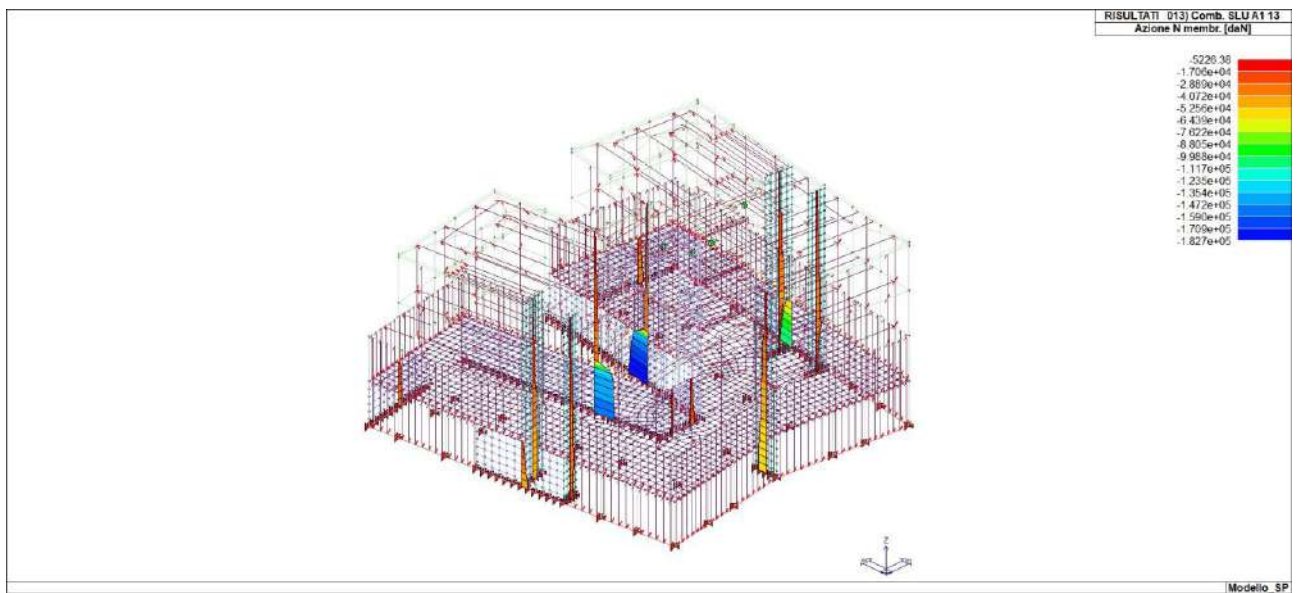


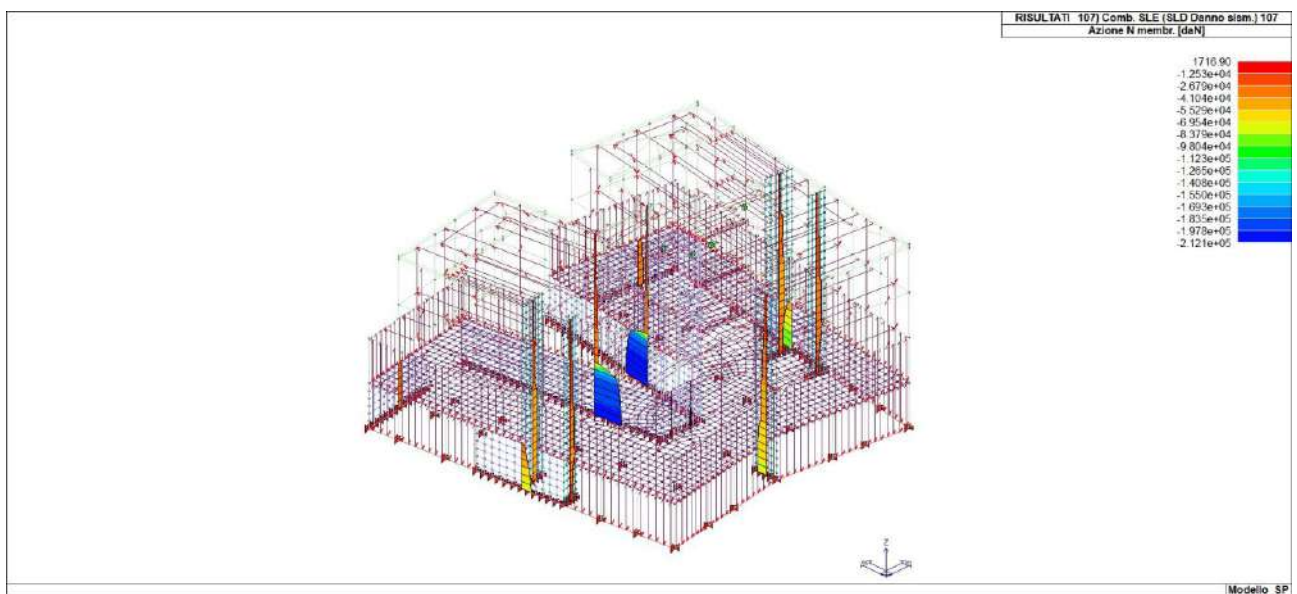
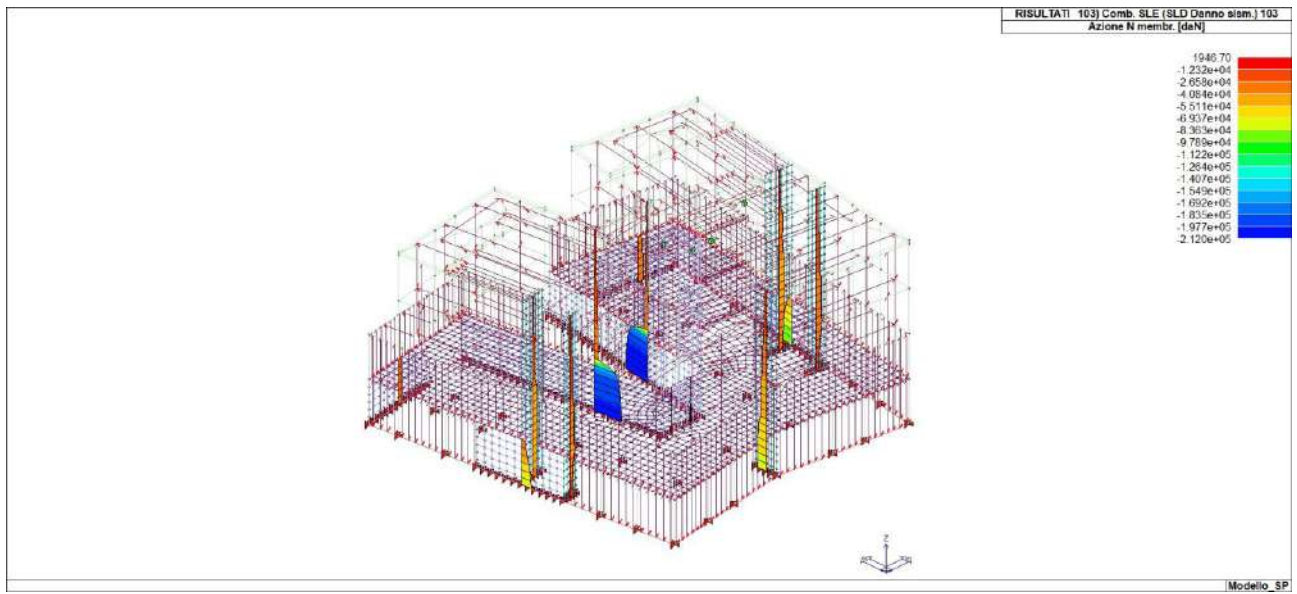
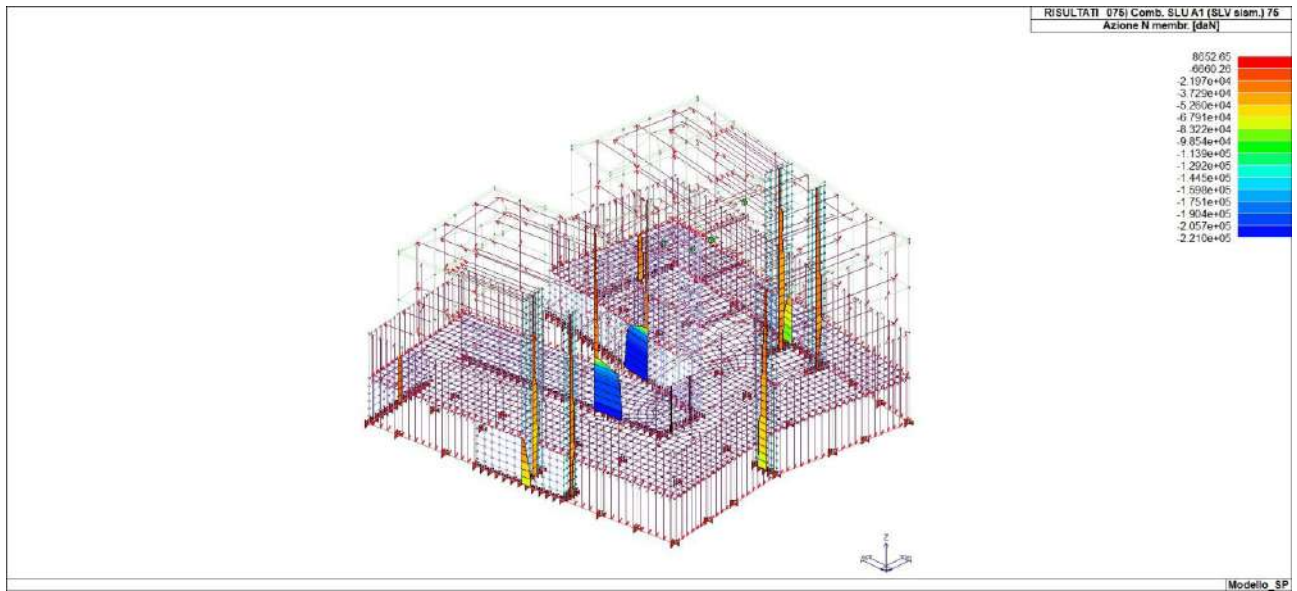


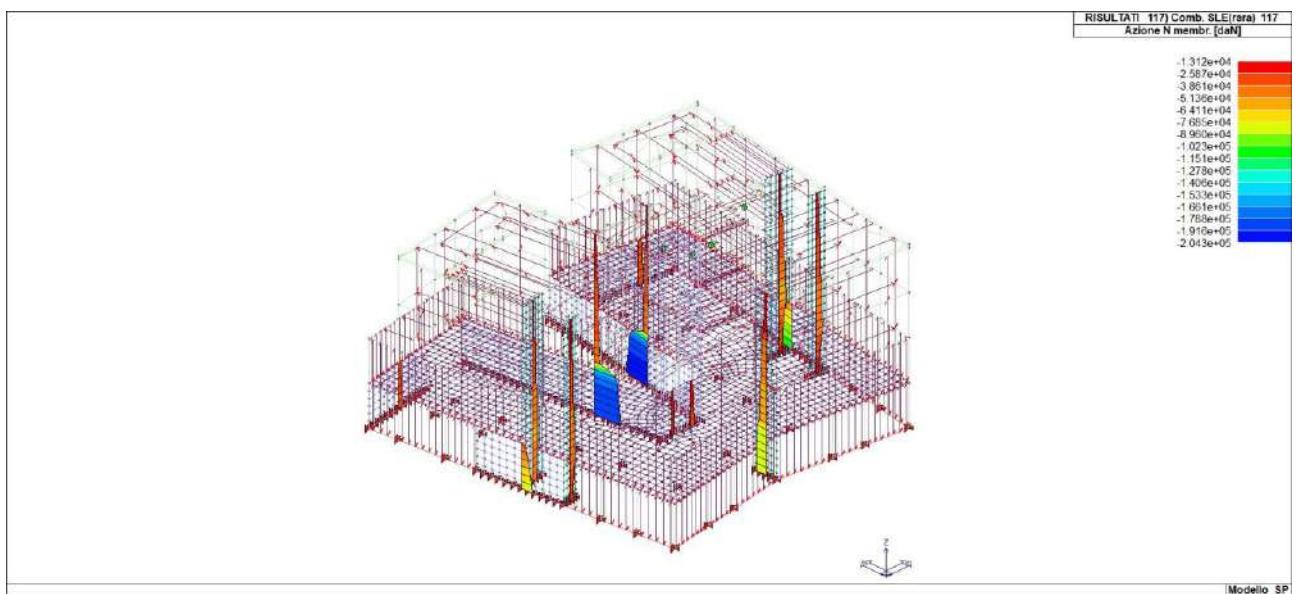
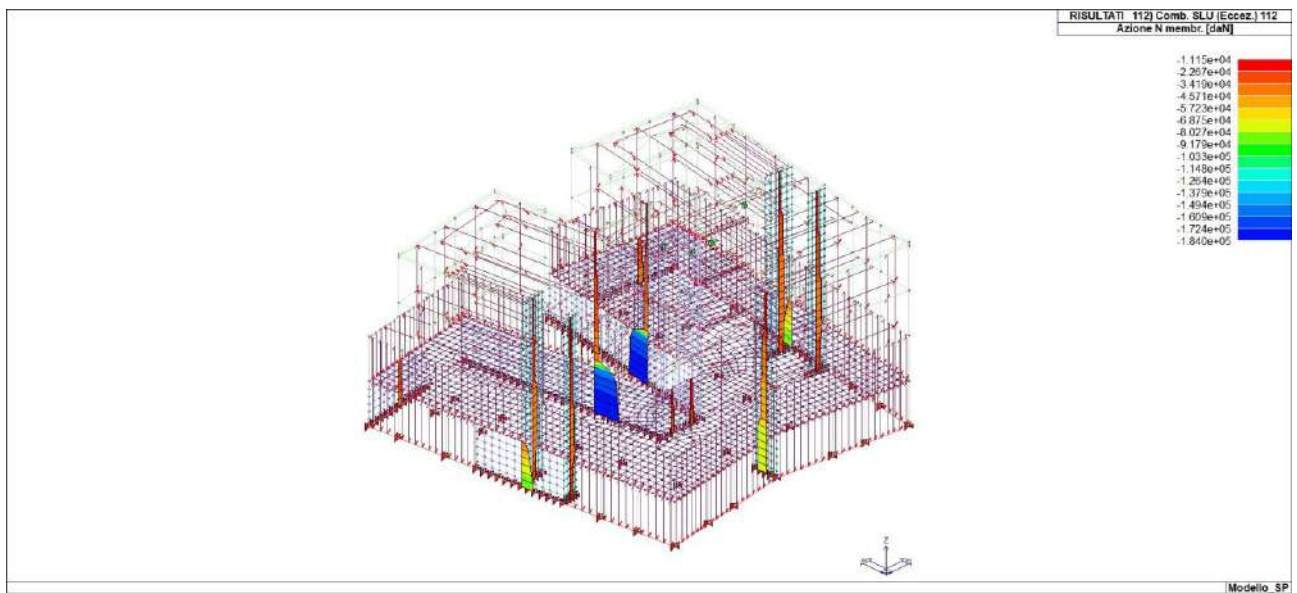
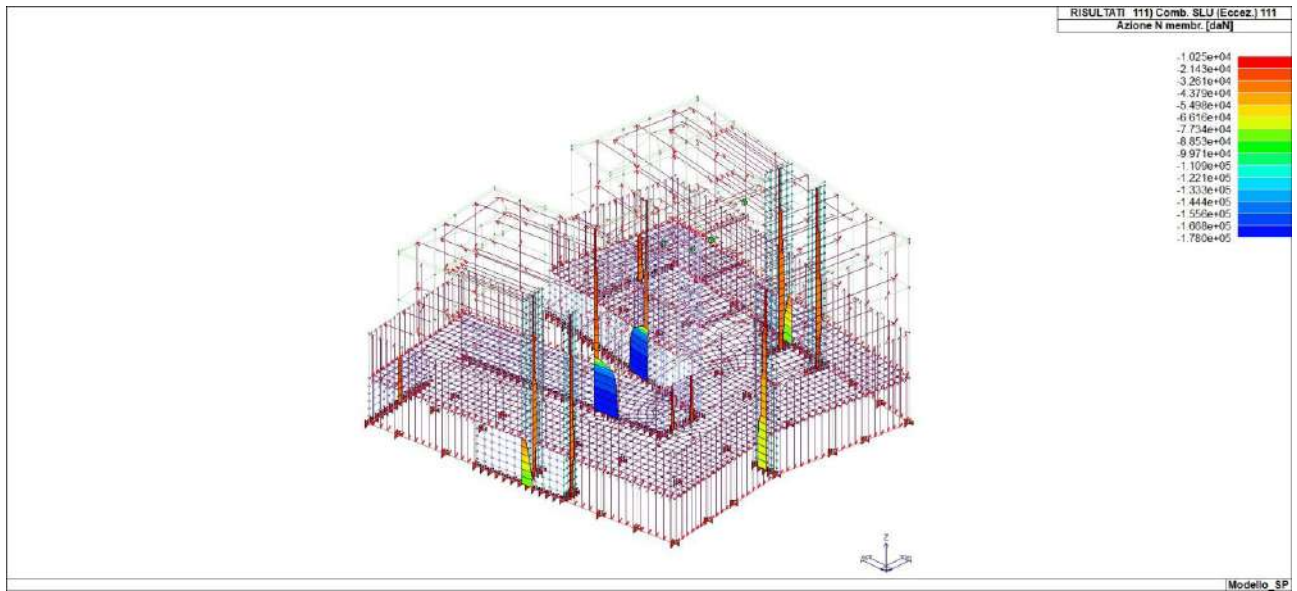


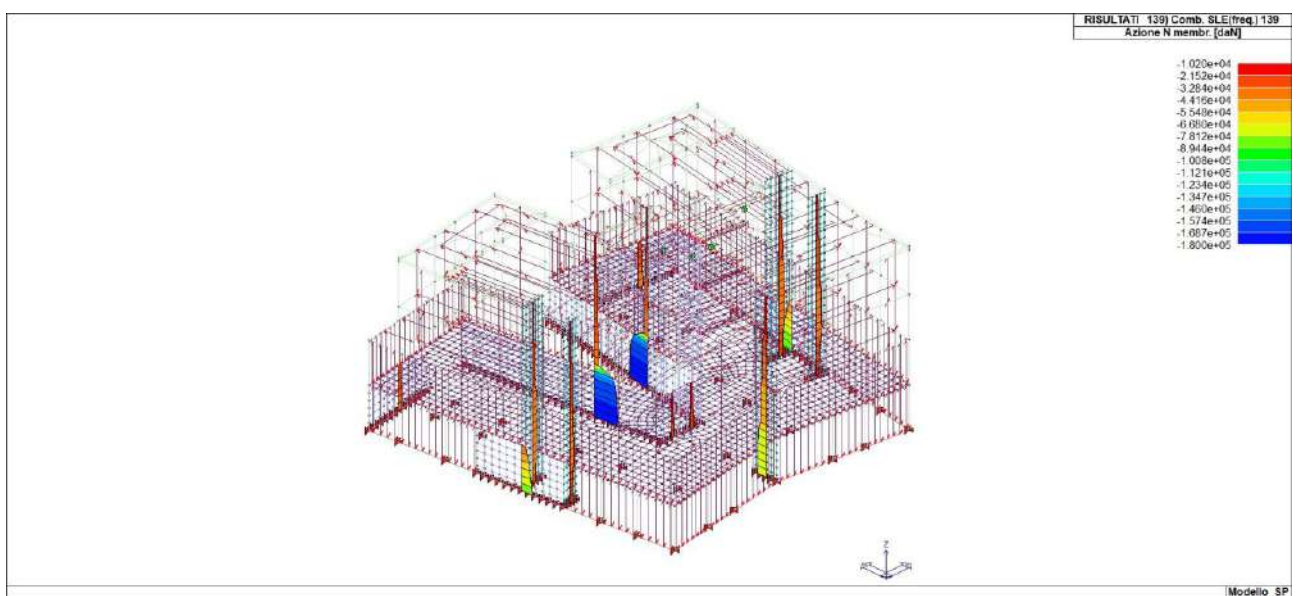
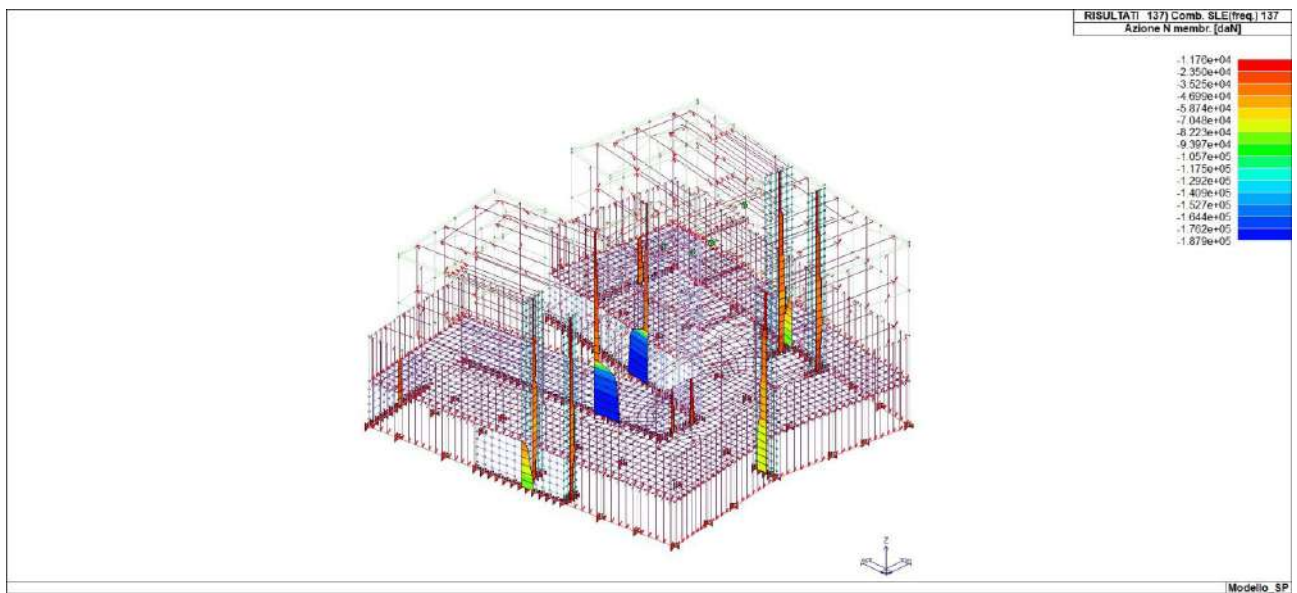
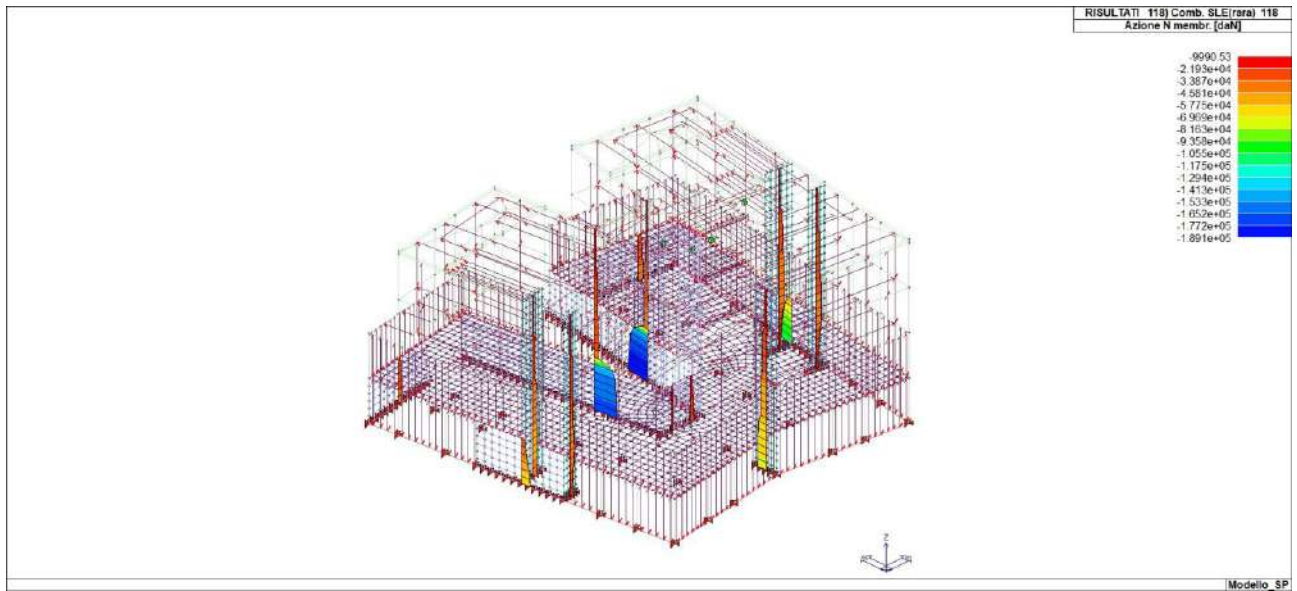


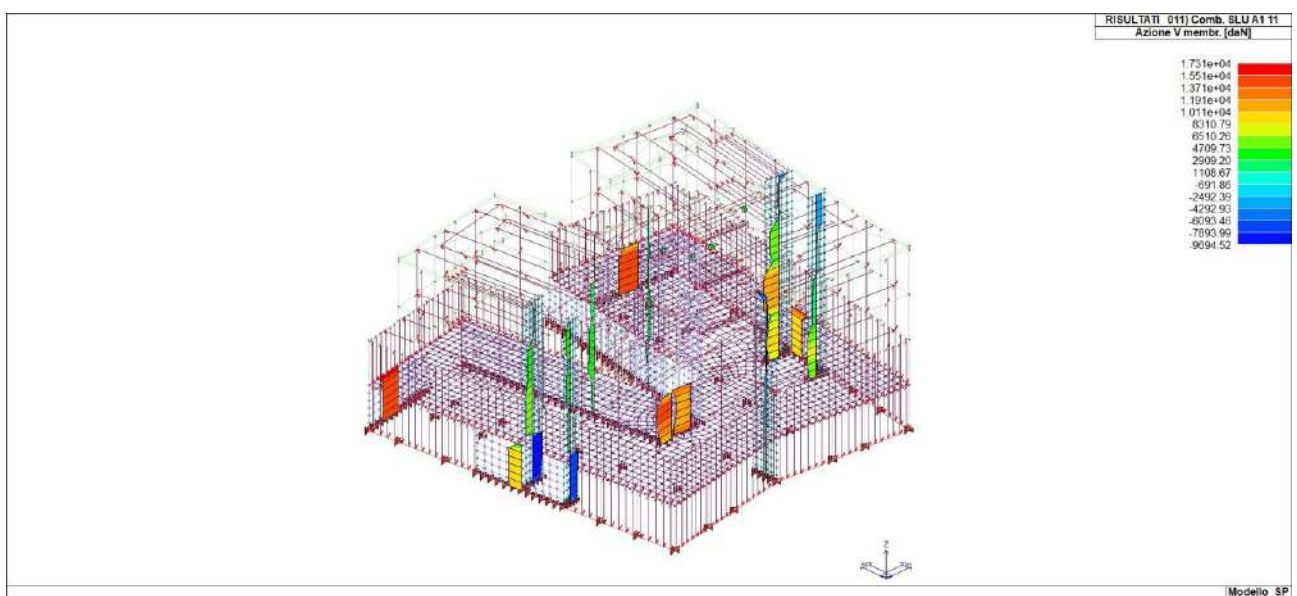
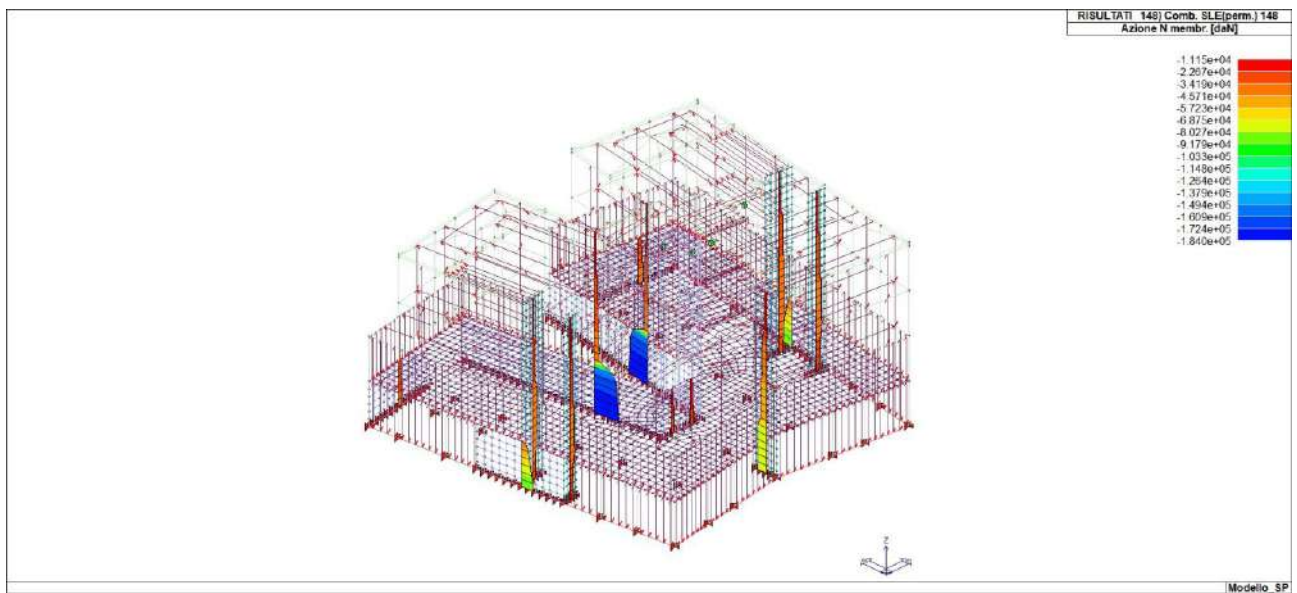
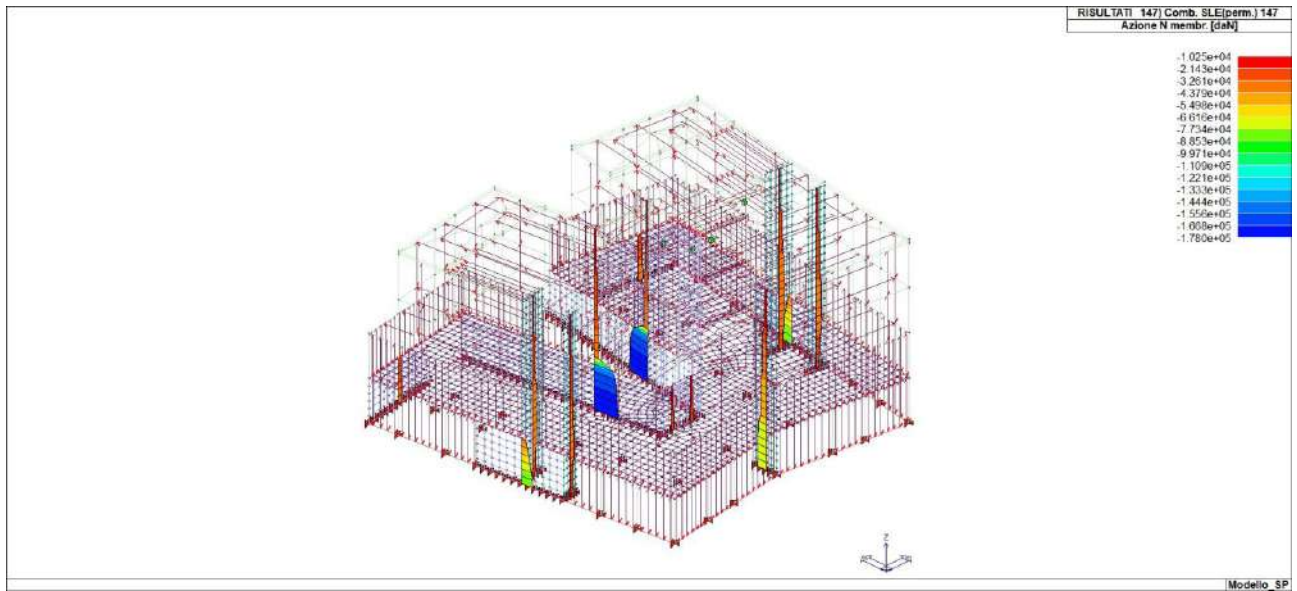


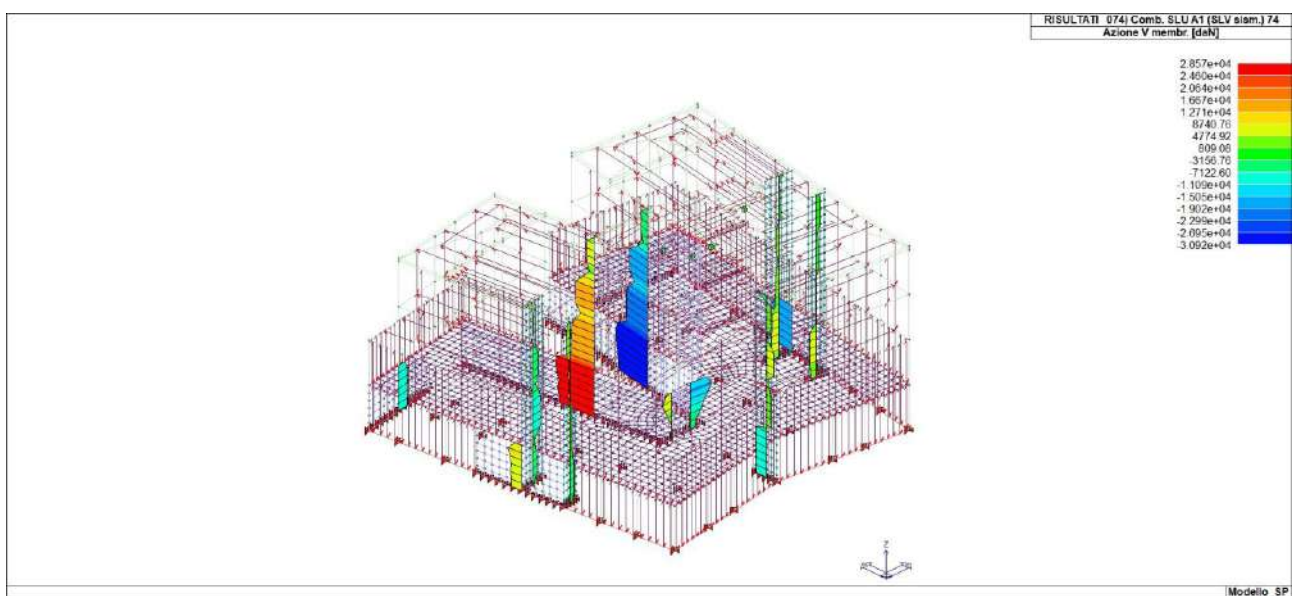
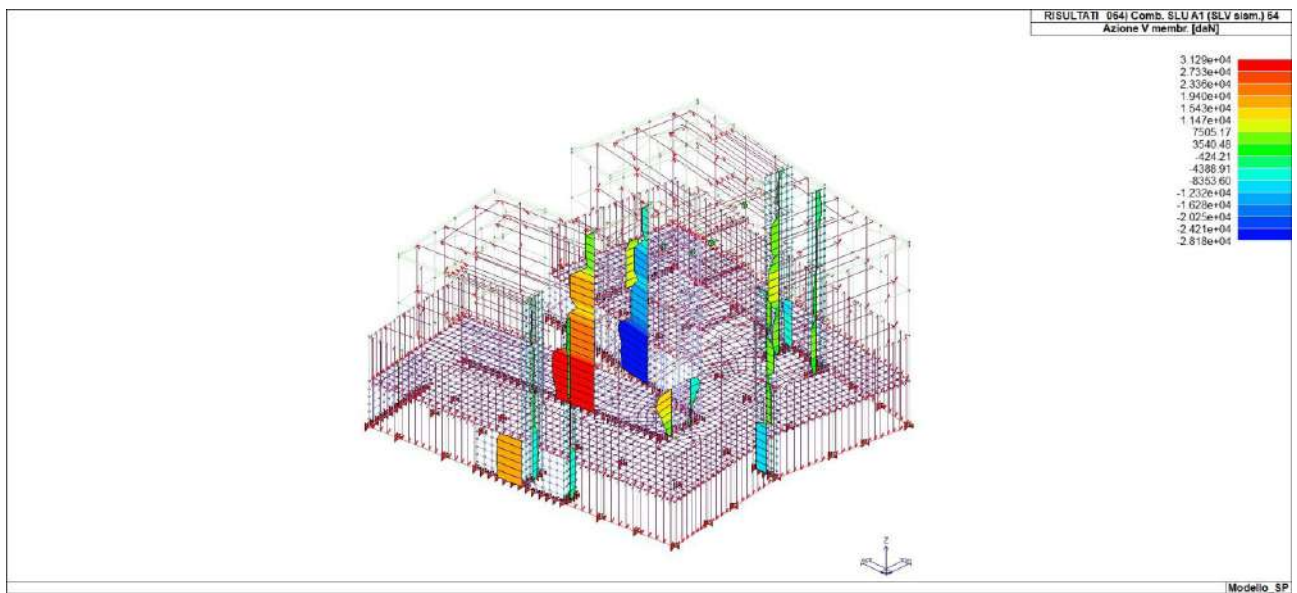
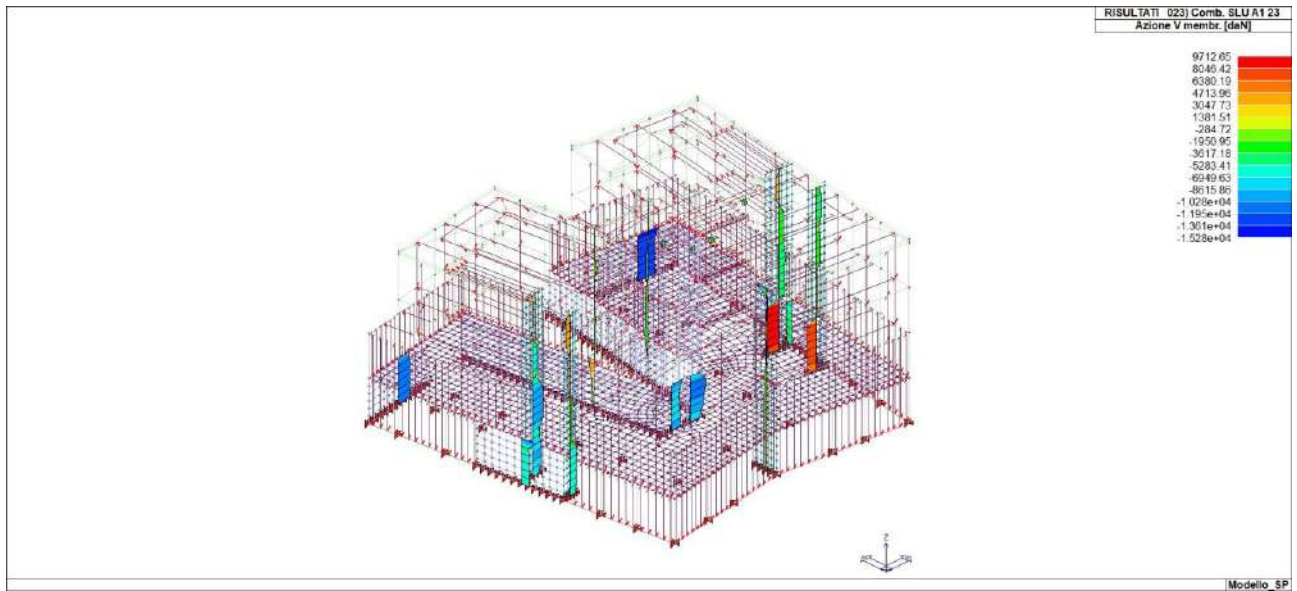


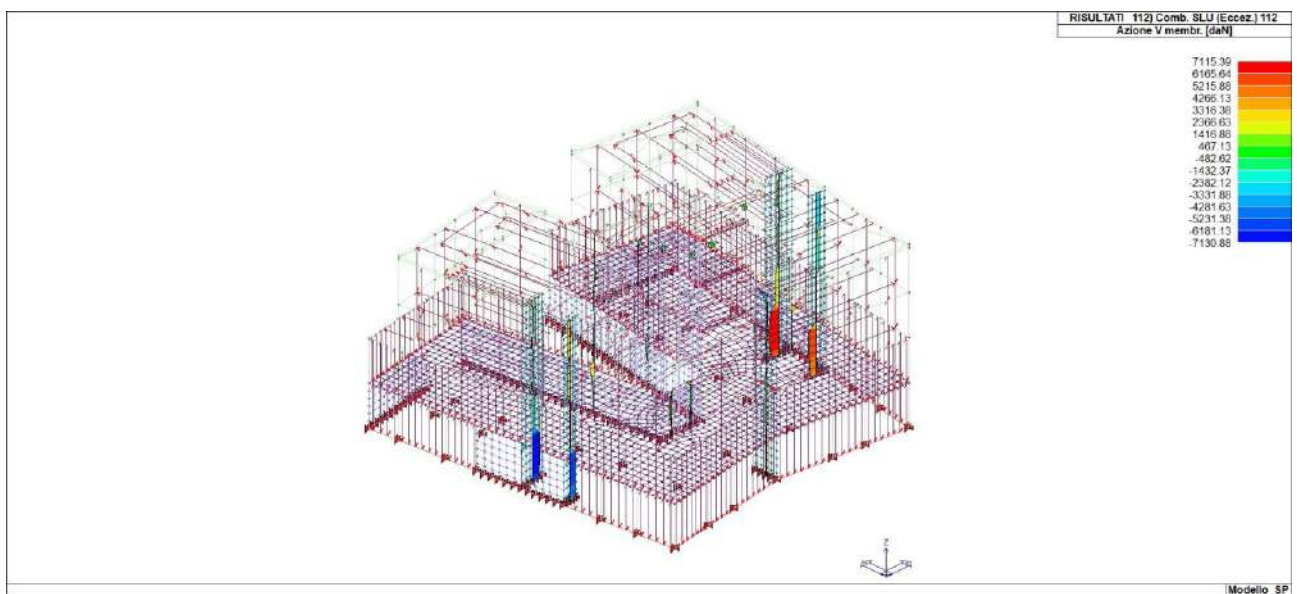
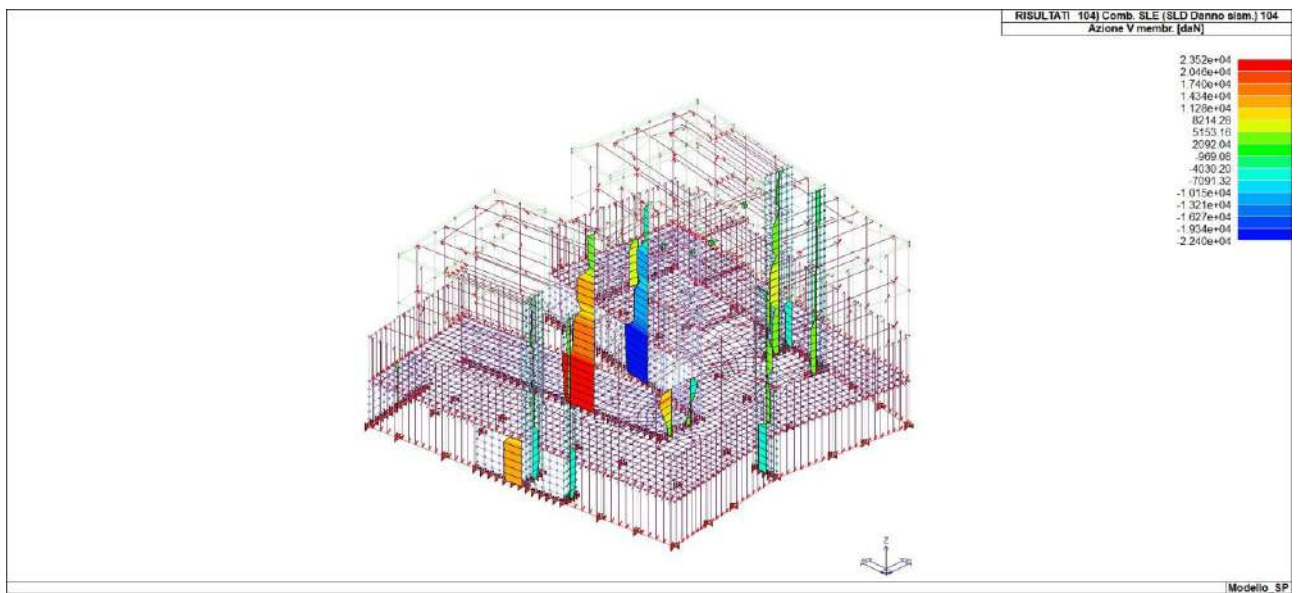
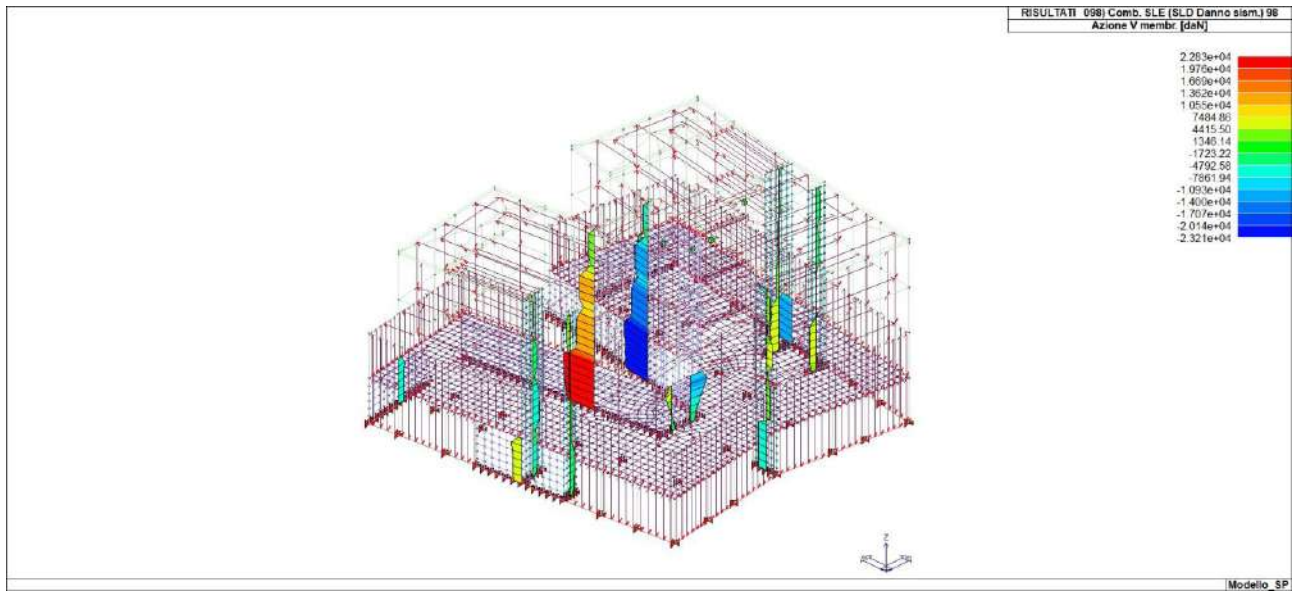


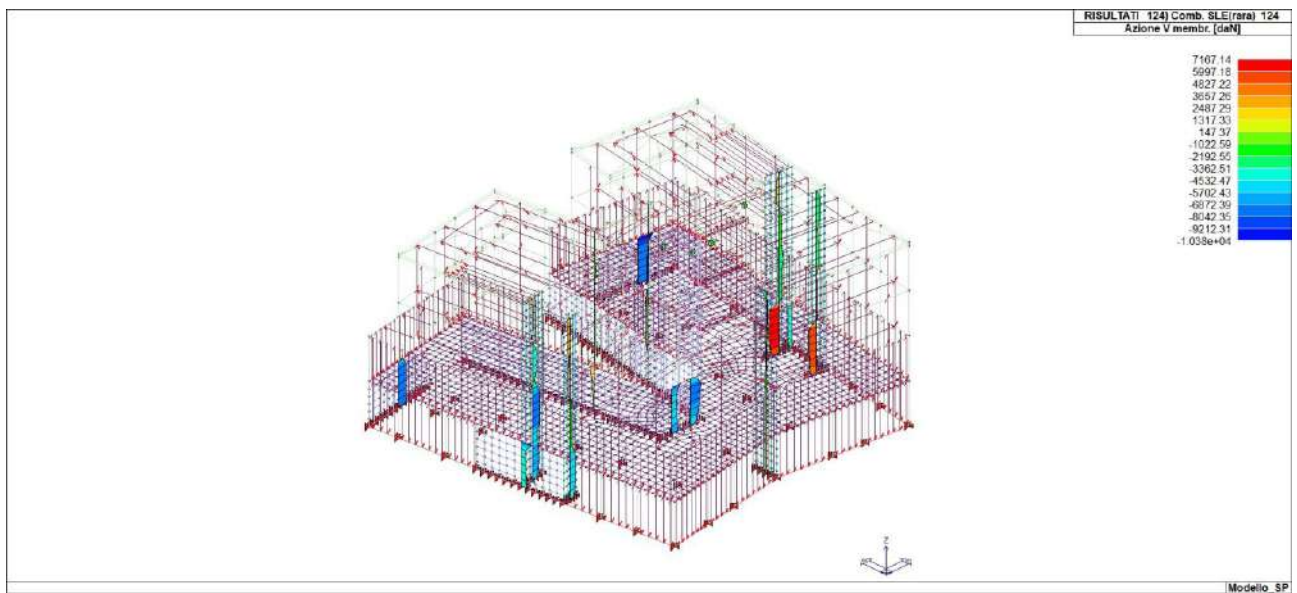
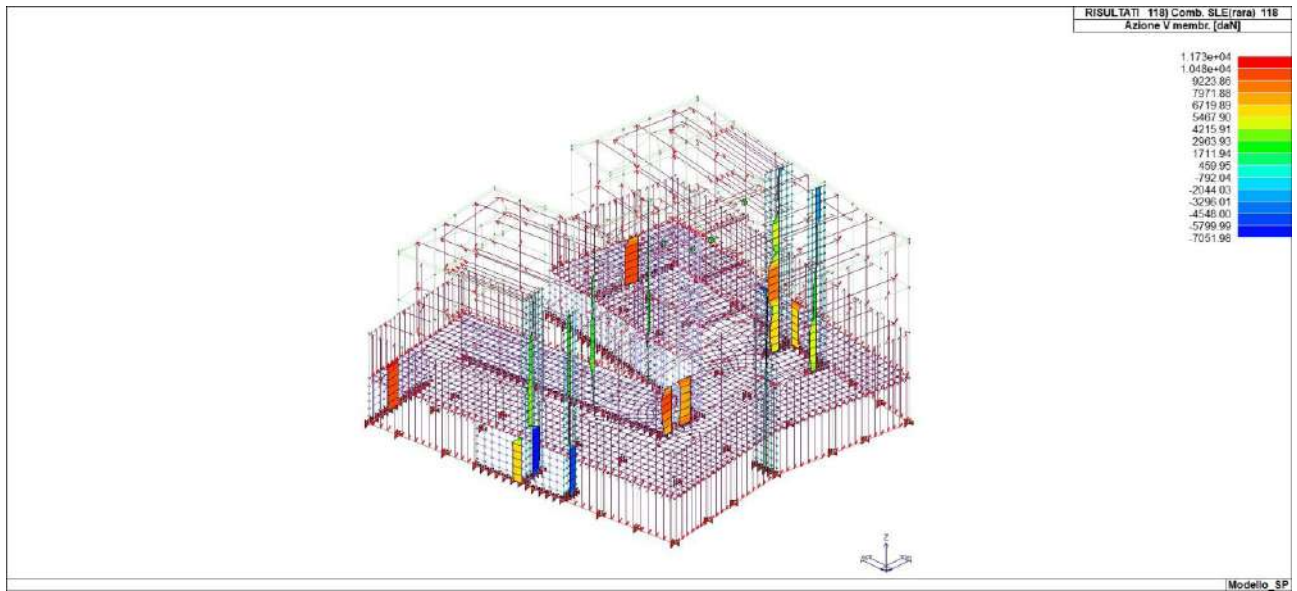


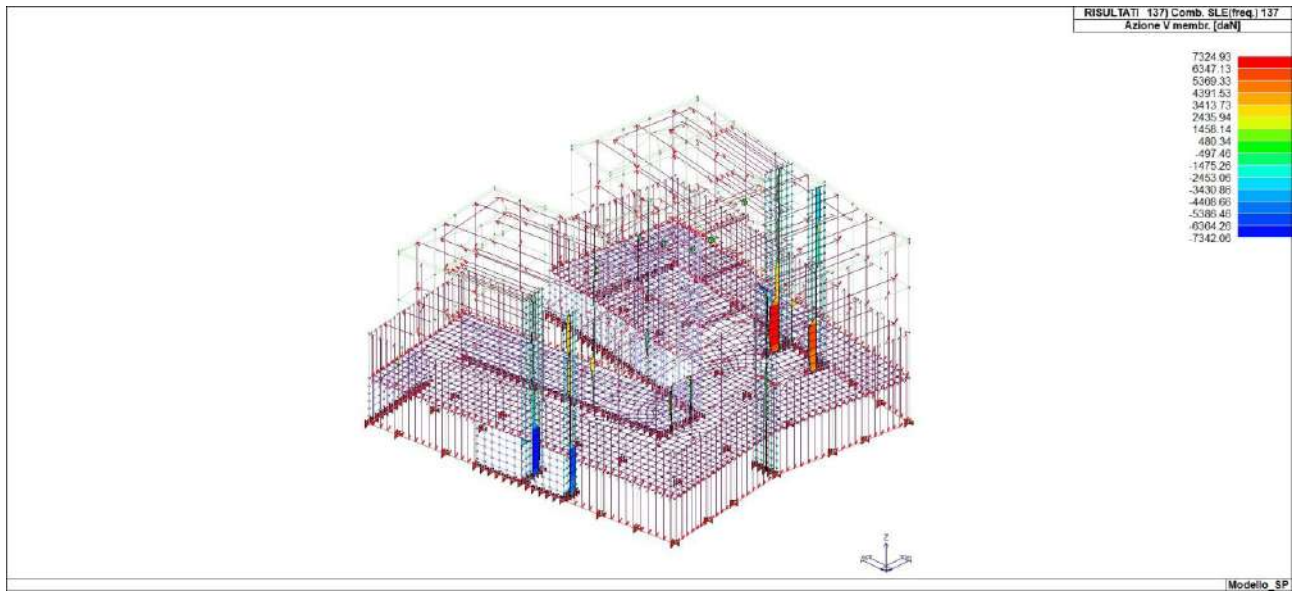






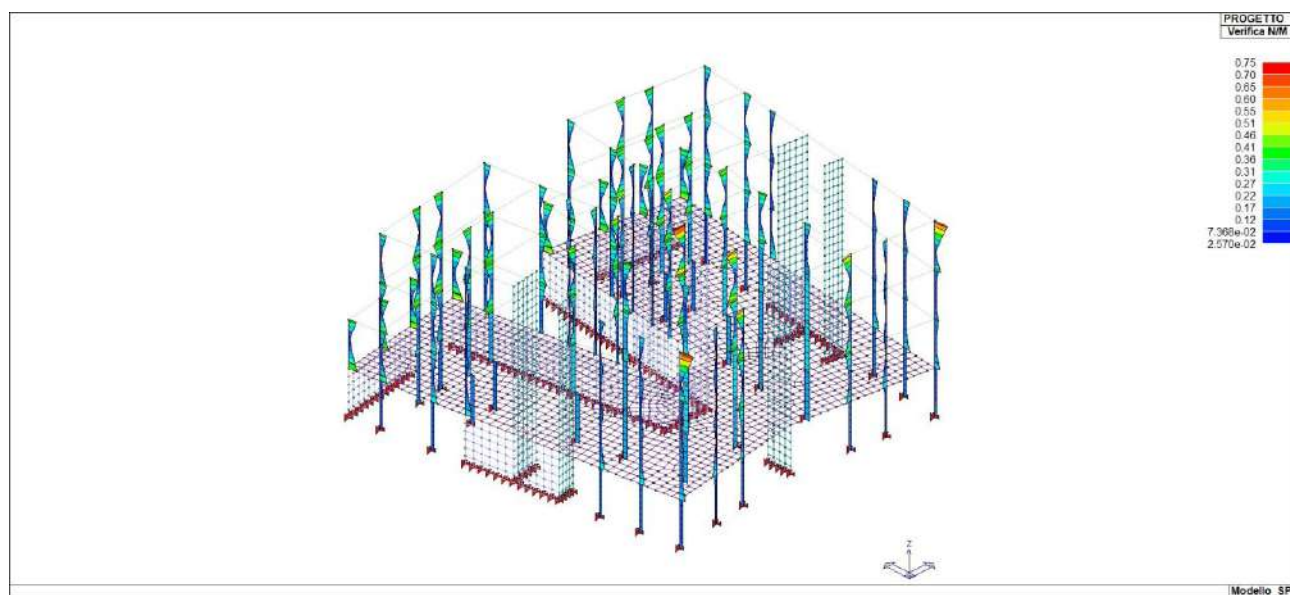
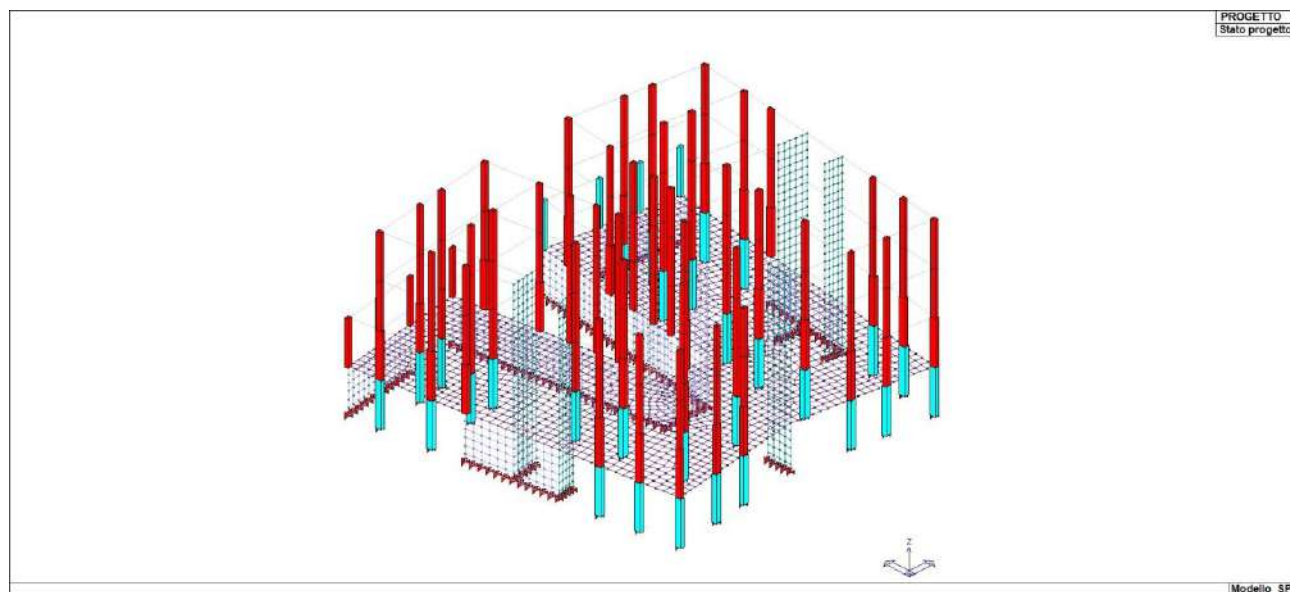




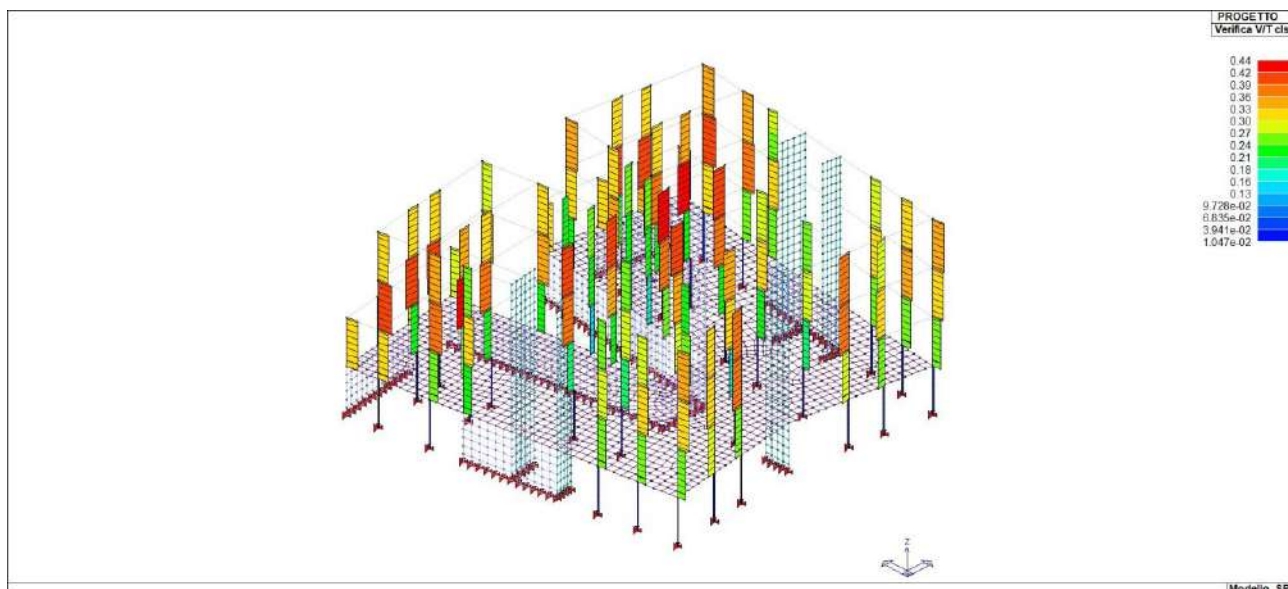


14.2 Verifiche strutturali pilastri in c.a.

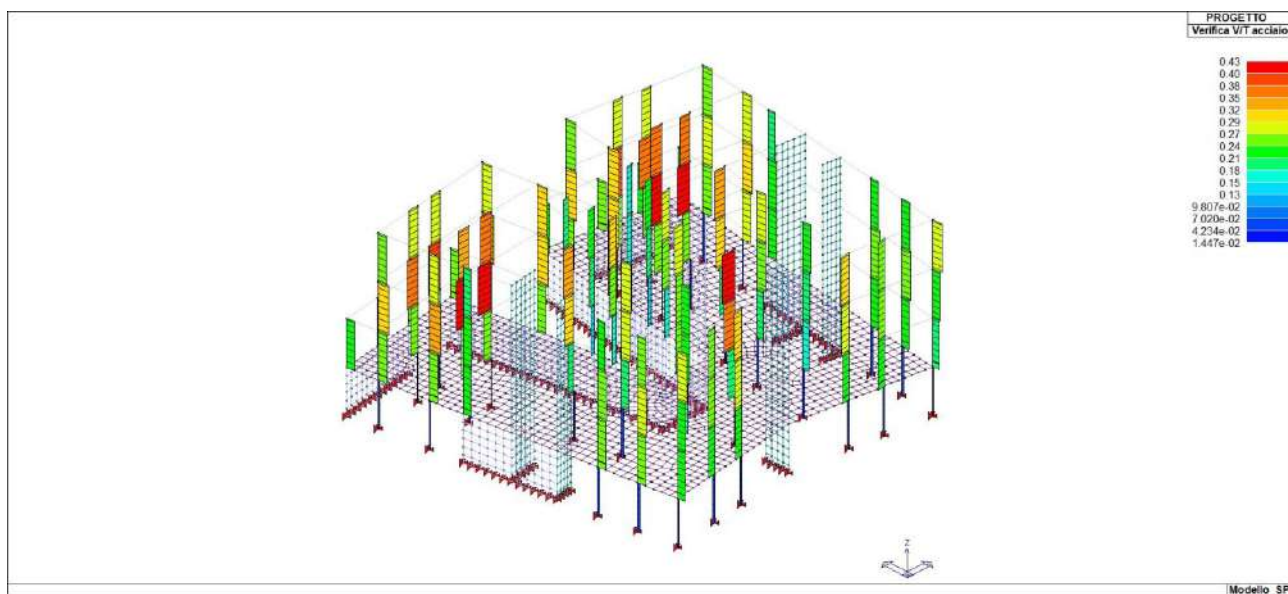
Successivamente si riportano le verifiche strutturali dei pilastri al 100% dell'azione sismica



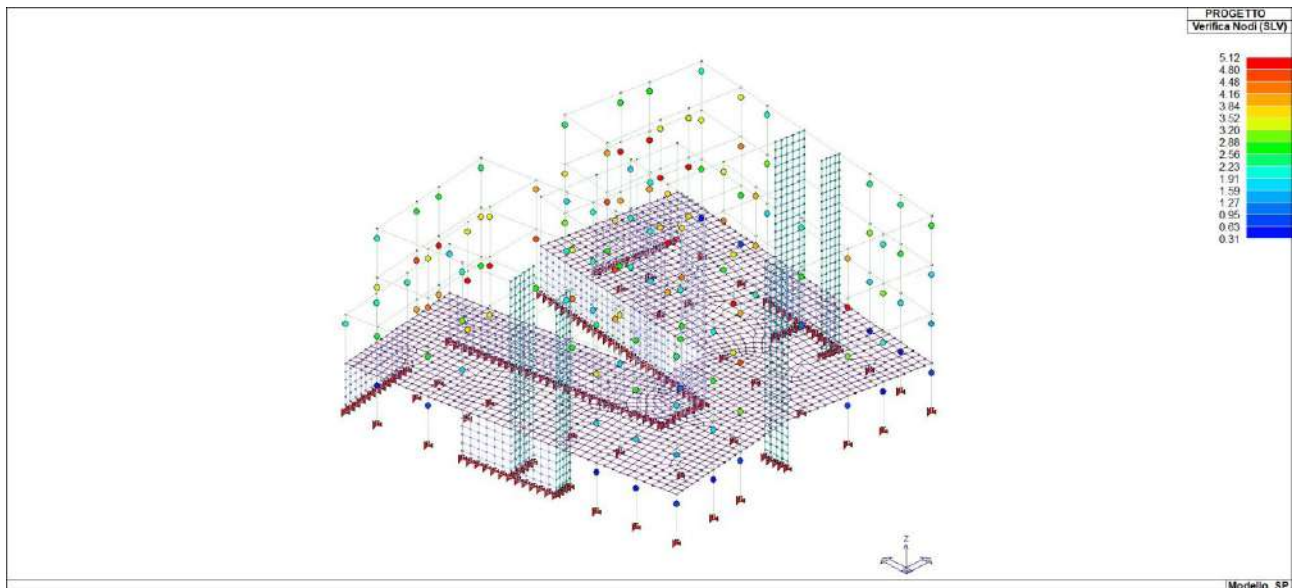
Verifica N/M: Permette la visualizzazione, mediante mappa di colore, dei valori massimi della verifica a pressoflessione come rapporto Ed/Rd , Ok se < 1



Verifica V/T cls Permette la visualizzazione, mediante mappa di colore, della verifica a taglio lato calcestruzzo, mediante la seguente espressione: $T_{ed}/T_{Rcd} + V_{ed}/V_{Rcd} \leq 1$ dove T è la sollecitazione torcente e V è la sollecitazione tagliante. Ok se < 1



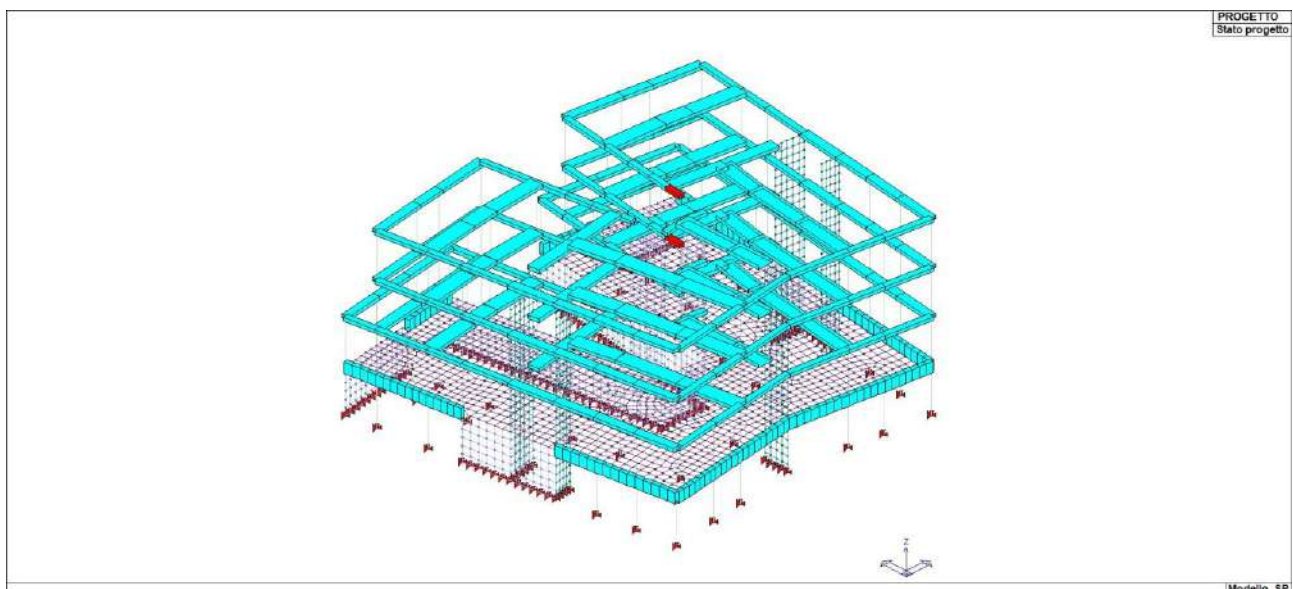
Verifica V/T acciaio Permette la visualizzazione, mediante mappa di colore, della verifica a taglio lato acciaio, ottenuta come rapporto tra la sollecitazione e la resistenza. Ok se < 1

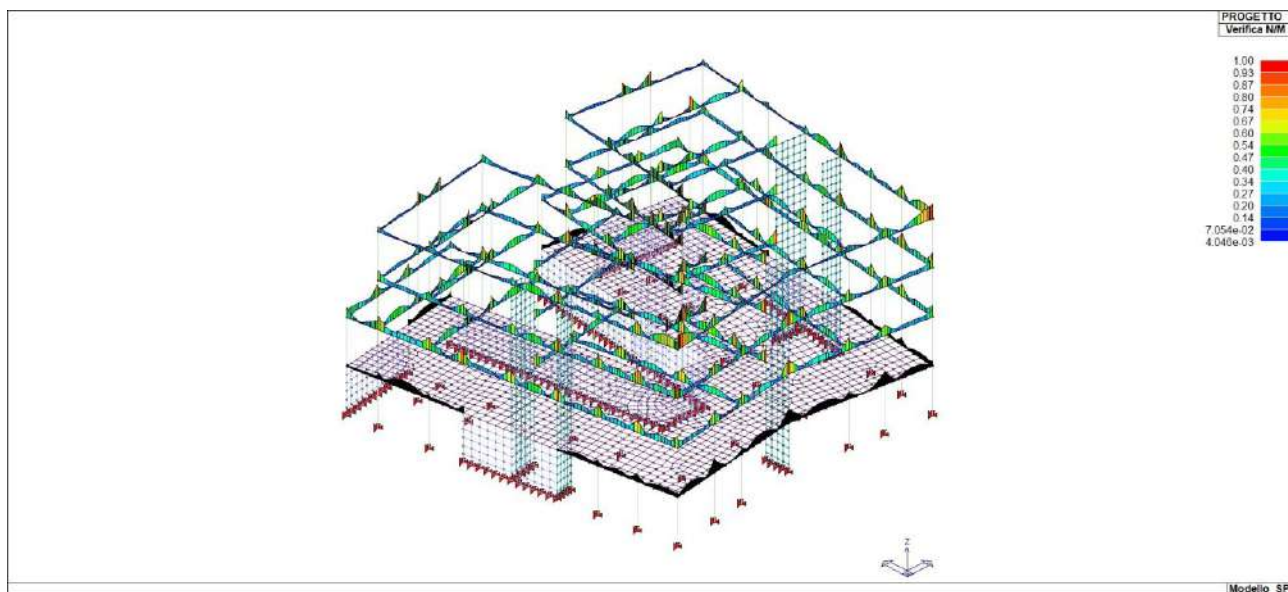


Verifica nodo [7.4.8]: esito della verifica lato calcestruzzo del nodo trave-pilastro (formula 7.4.8 del D.M.2018). La verifica si intende soddisfatta se il valore in mappa è < 1

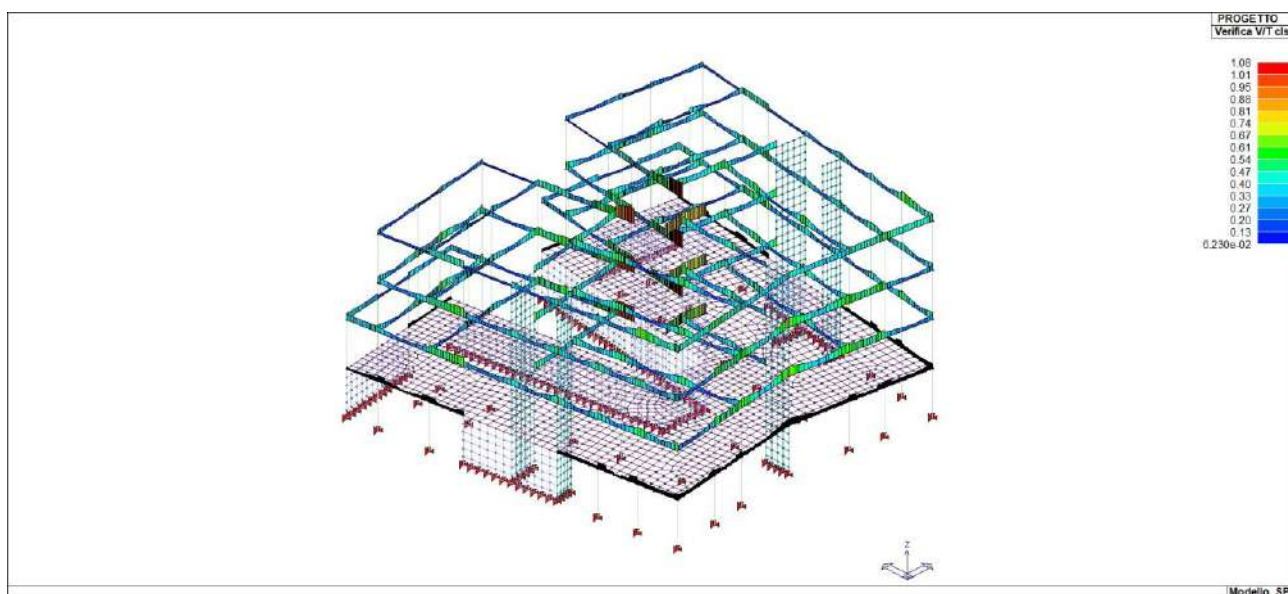
14.3 Verifiche Strutturali Travi in c.a.

All'interno della struttura sono stati introdotti travi in cemento armato che servono a sostenere le strutture portanti orizzontali. Successivamente si riportano le verifiche strutturali di codesti elementi al 100% dell'azione sismica

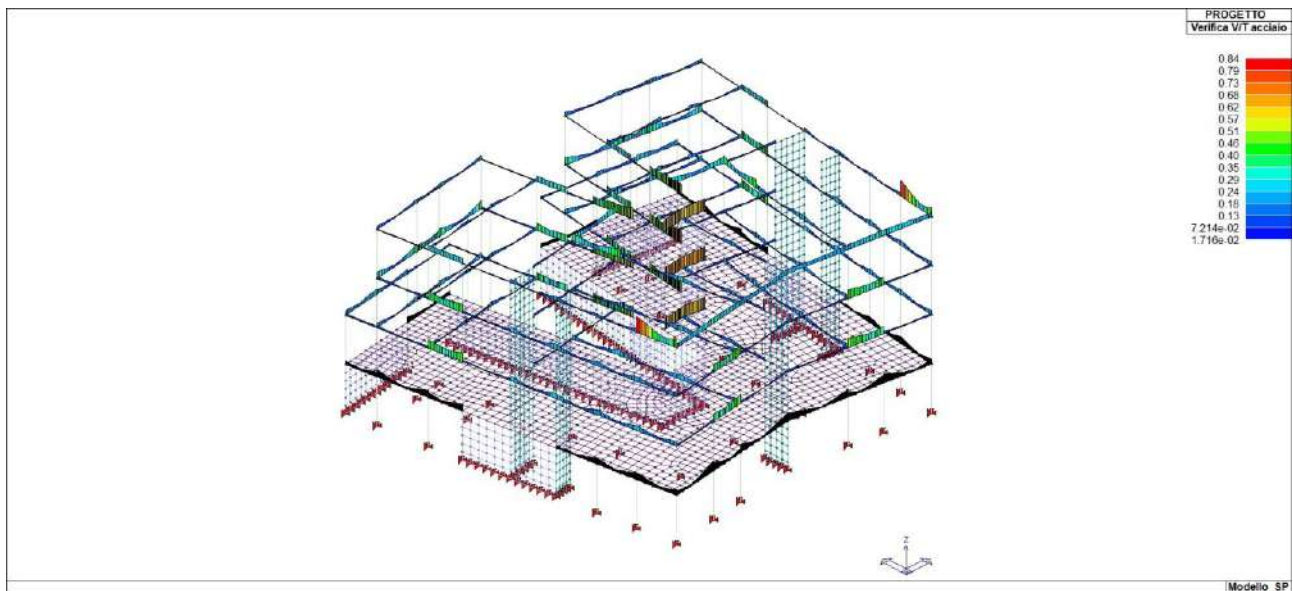




Verifica N/M: Permette la visualizzazione, mediante mappa di colore, dei valori massimi della verifica a pressoflessione come rapporto Ed/Rd ottenuto con incremento proporzionale delle sollecitazioni o a sforzo normale costante (nei criteri di progetto è possibile impostare la verifica a N costante);

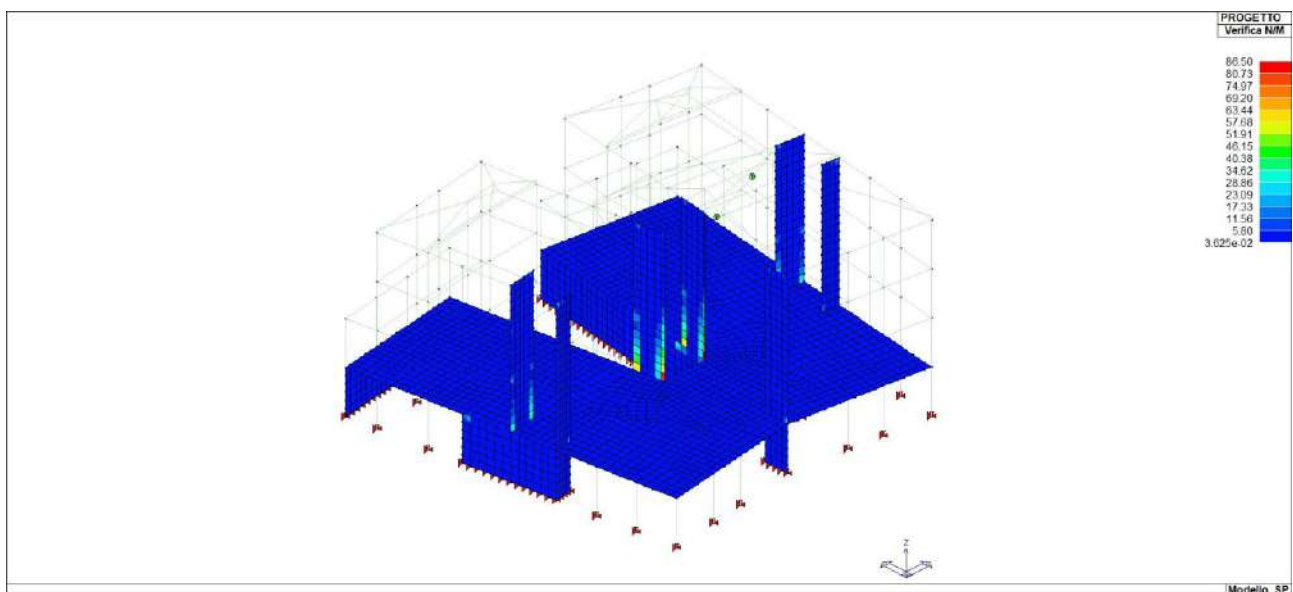
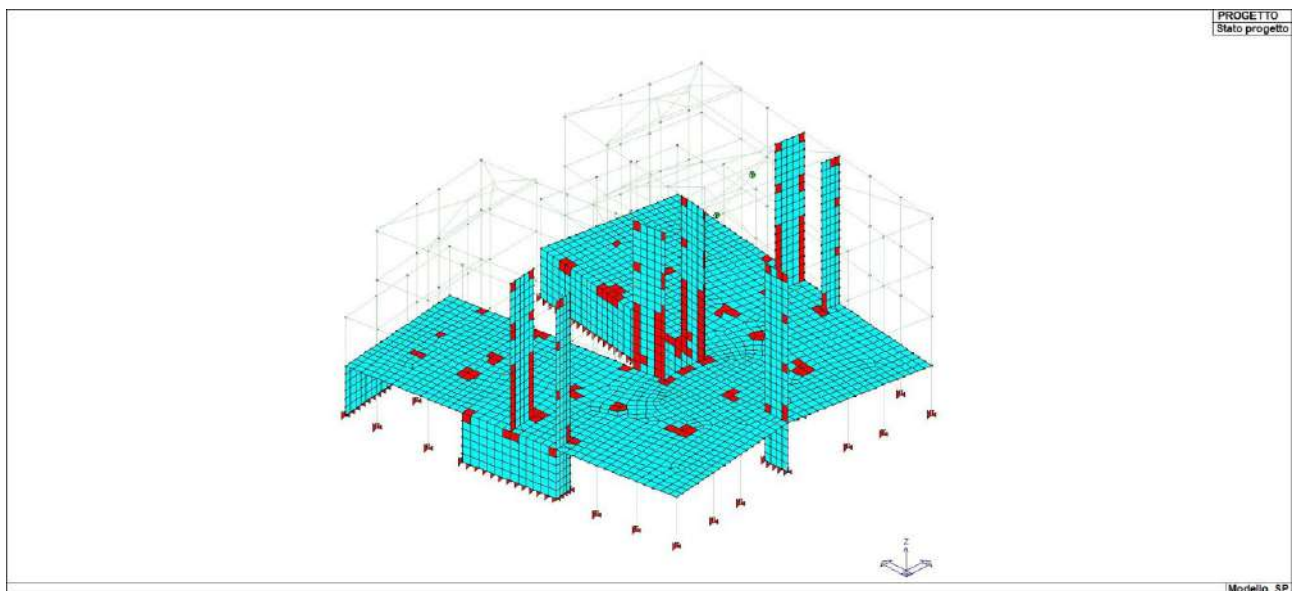


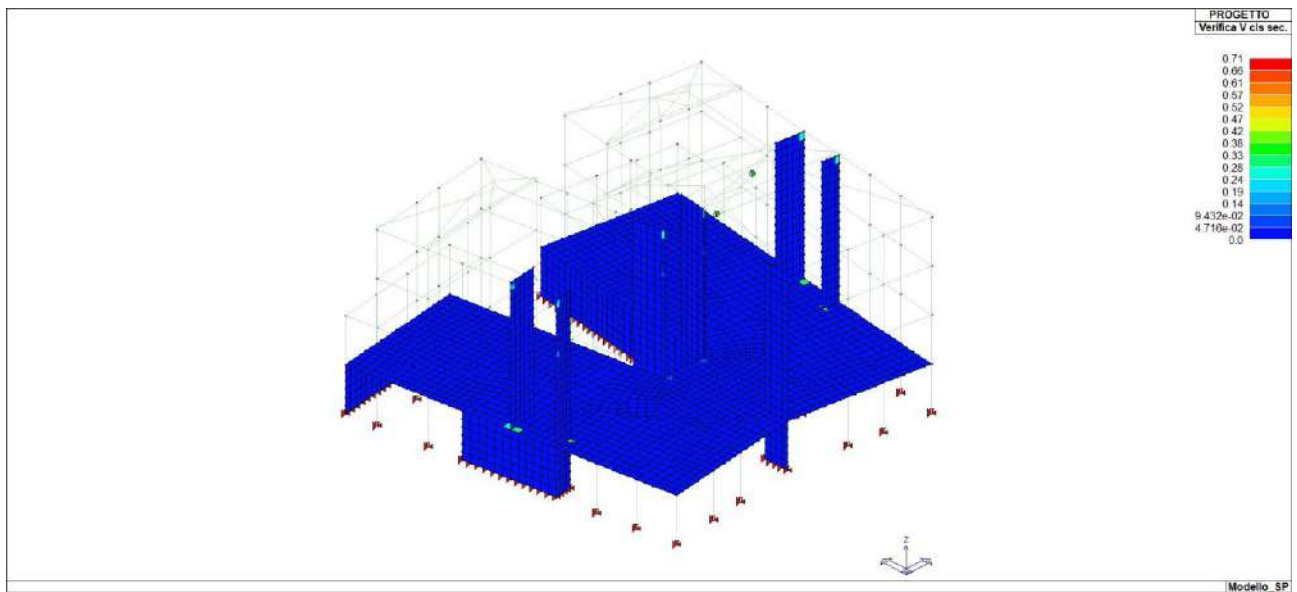
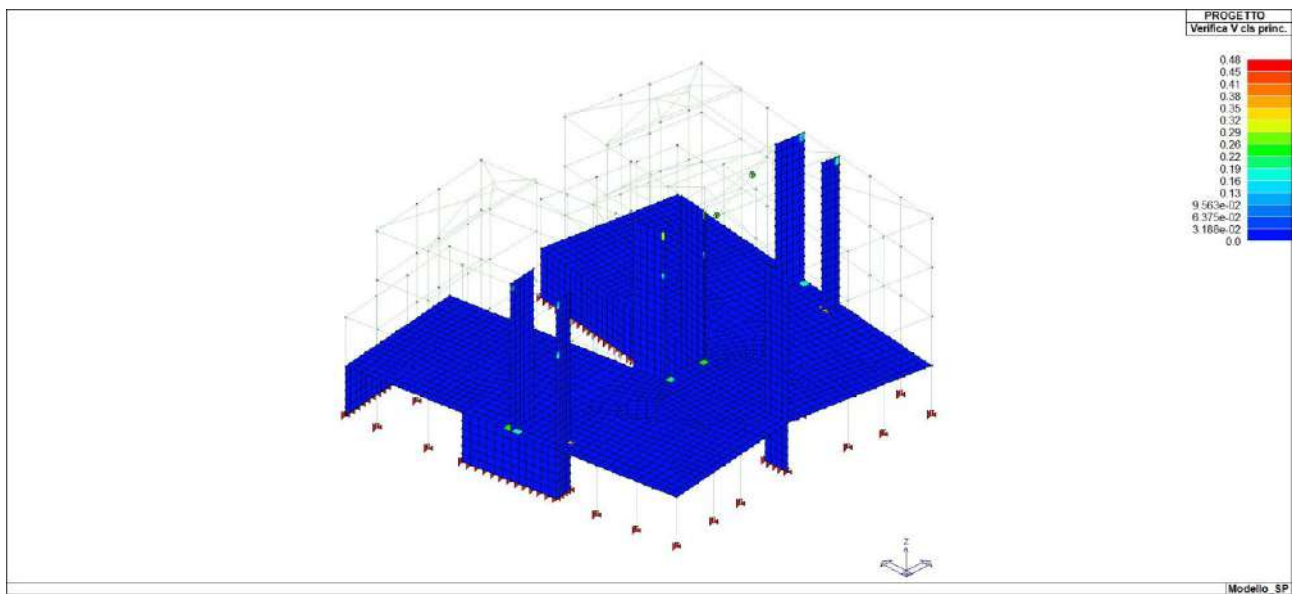
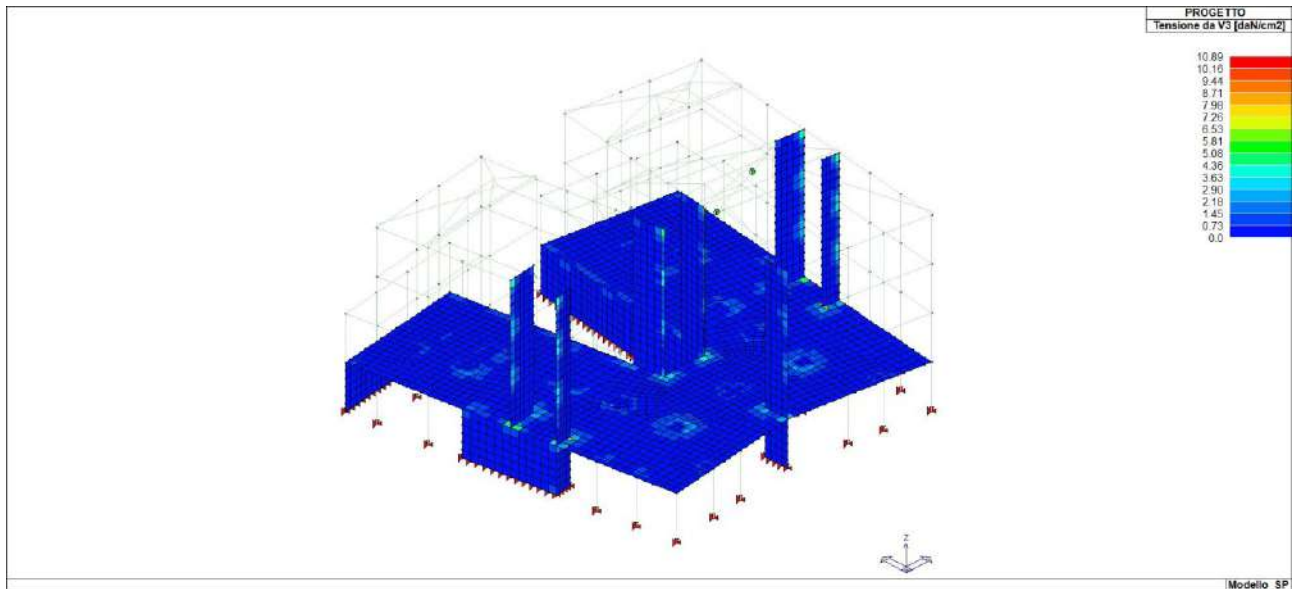
Verifica V/T cls Permette la visualizzazione, mediante mappa di colore, della verifica a taglio lato calcestruzzo, mediante la seguente espressione: $T_{ed}/T_{Rcd} + V_{ed}/V_{Rcd} \leq 1$ dove T è la sollecitazione torcente e V è la sollecitazione tagliante. Ok se < 1

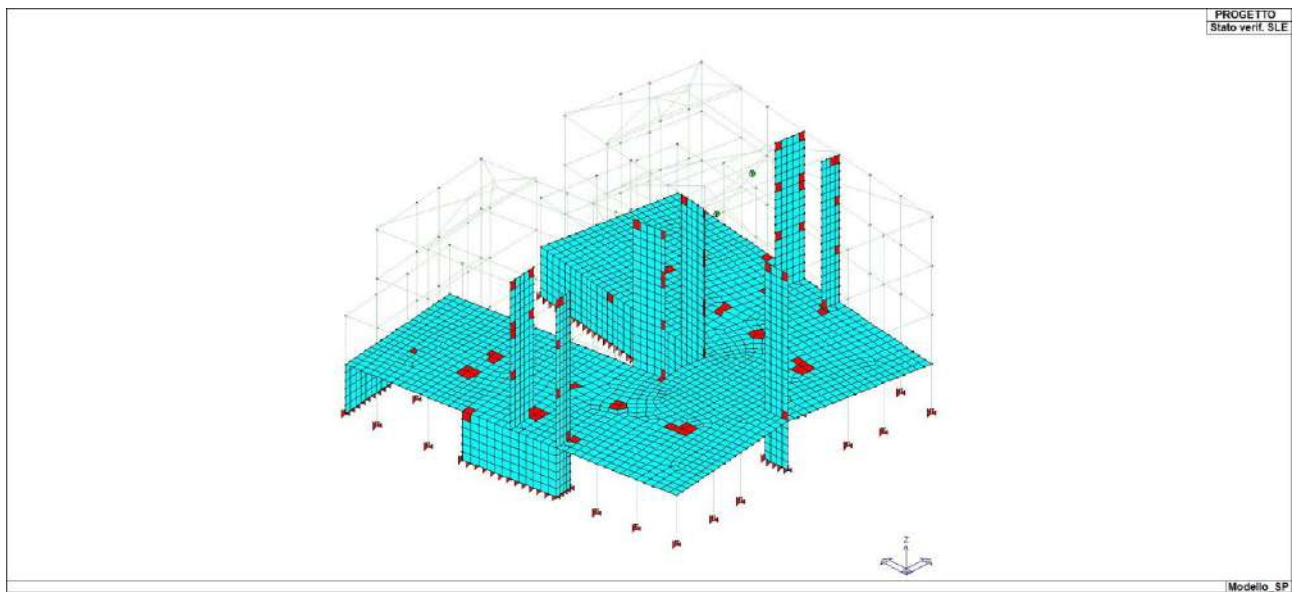
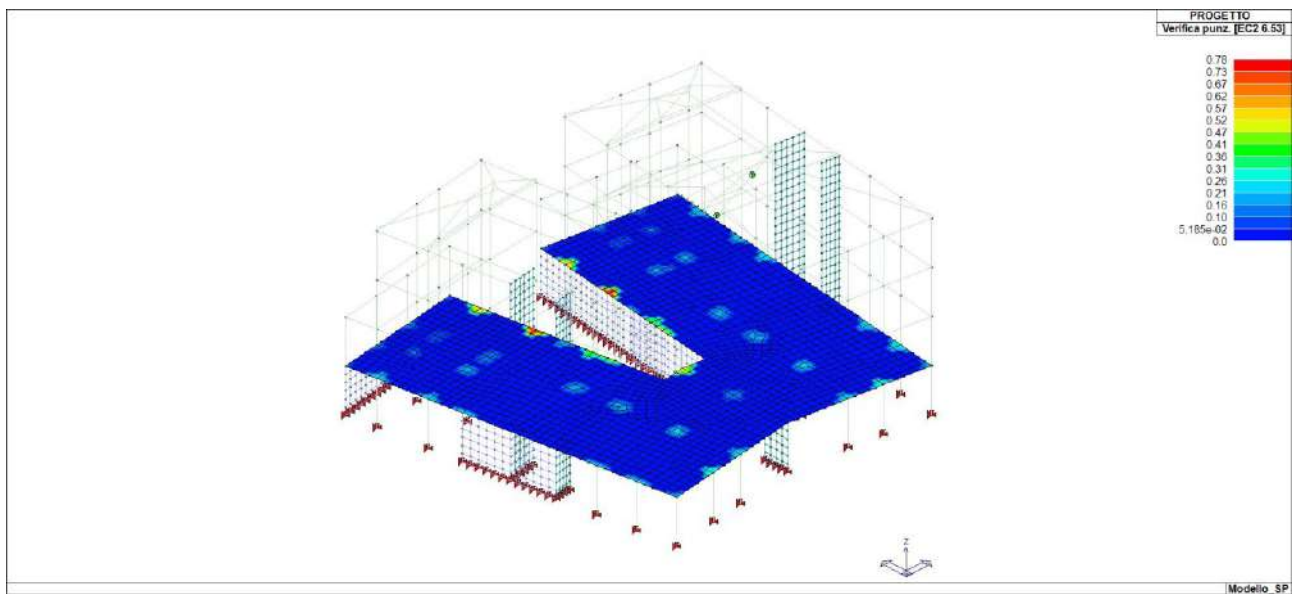
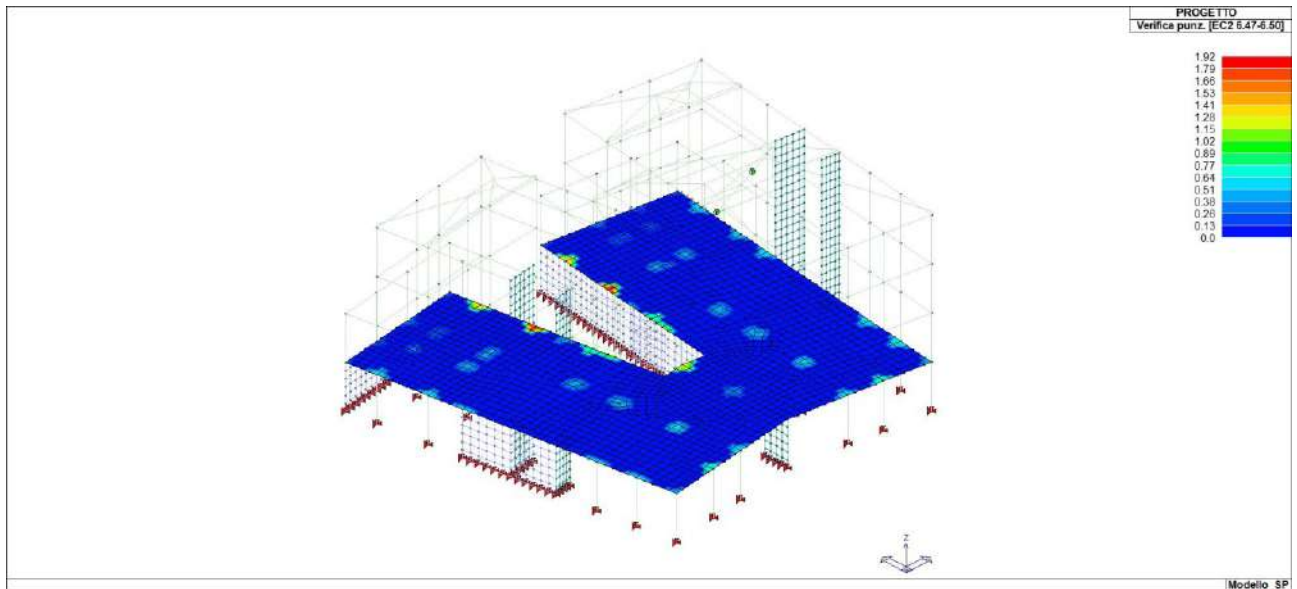


Verifica V/T acciaio Permette la visualizzazione, mediante mappa di colore, della verifica a taglio lato acciaio, ottenuta come rapporto tra la sollecitazione e la resistenza. Ok se < 1

14.4 Verifiche Piastre in c.a.

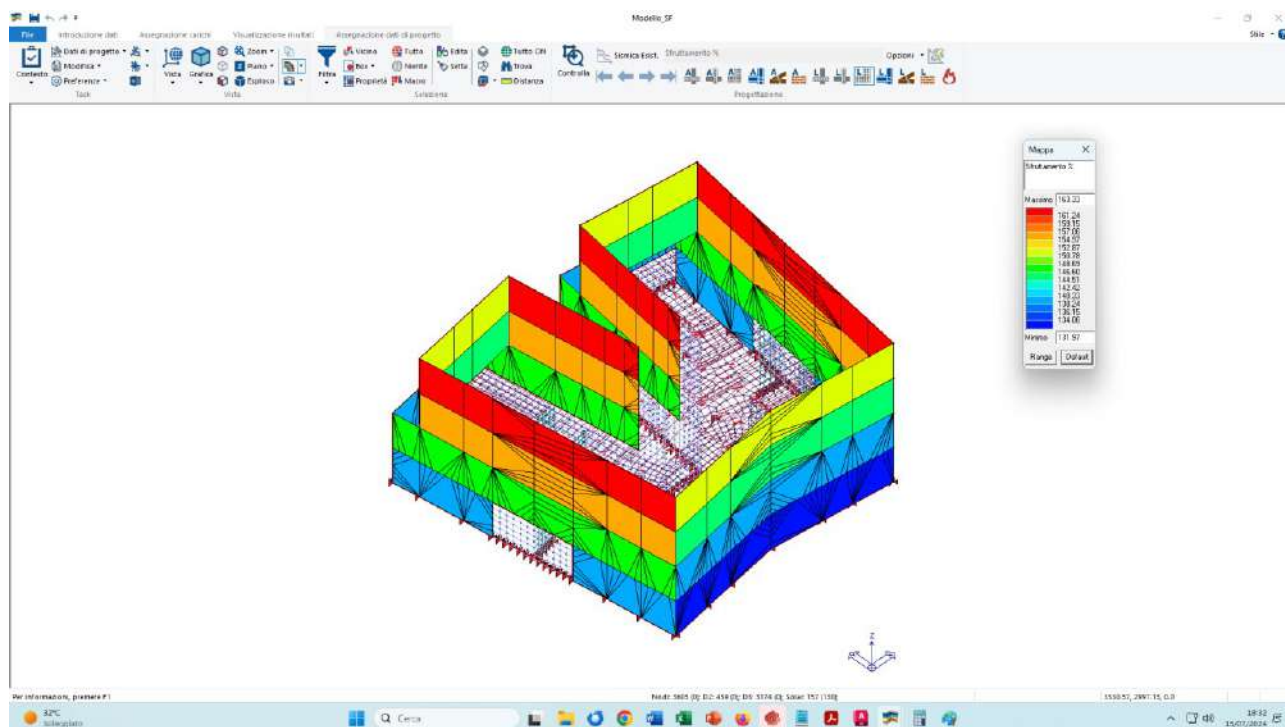






14.6 Verifiche Strutturali elementi “non strutturali”

Secondo quanto imposto dalla normativa vigente NTC18, nello specifico al paragrafo 7.3.6 **Tab7.3.III**, per gli elementi non strutturali si richiedono verifiche di stabilità. In particolare per i tramezzi esterni si rileva quanto segue.

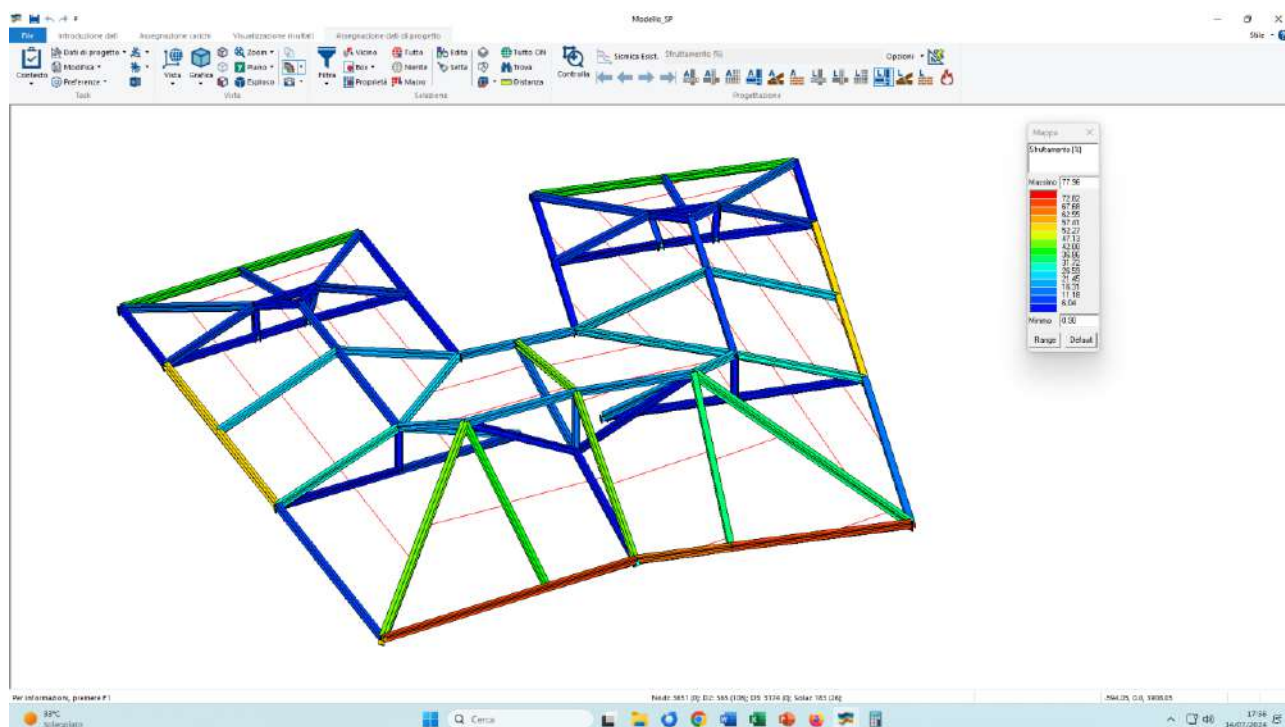


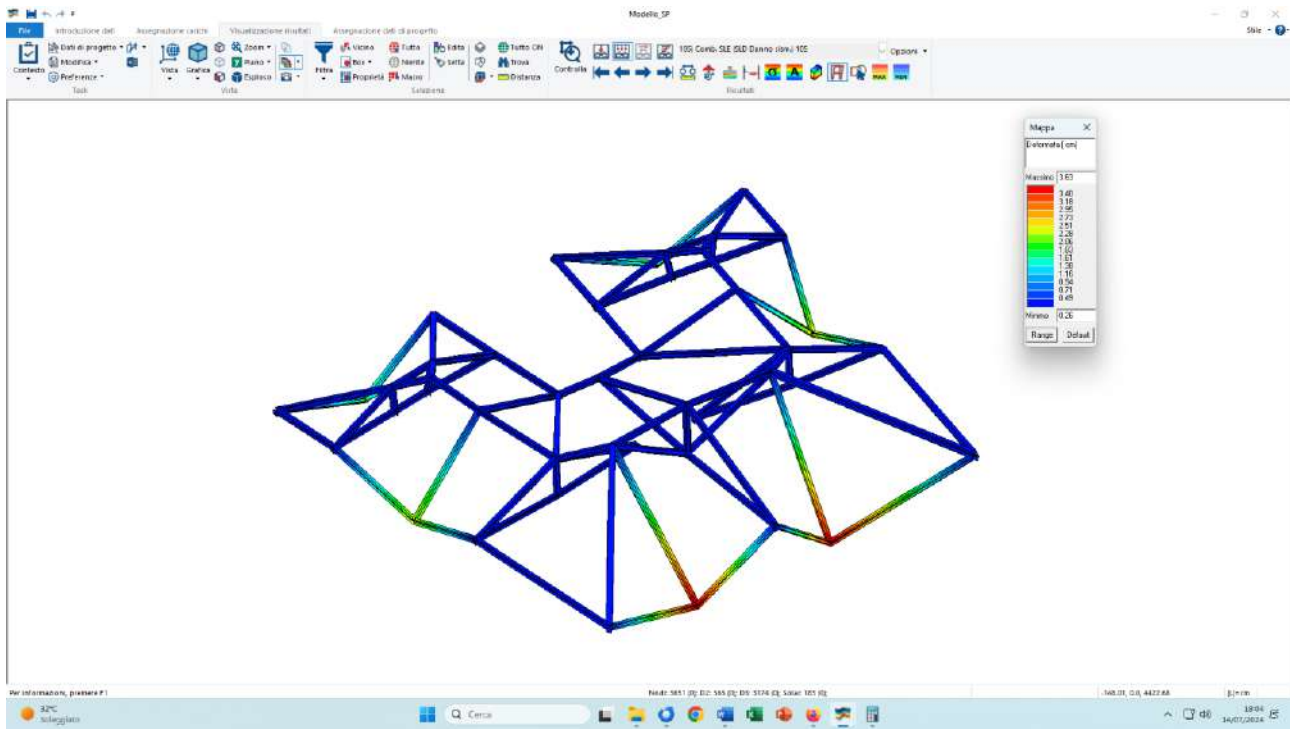
La presente immagine evidenzia come per nessun piano a nessun livello risulta verificato il cinetismo fuori piano. Tutta la muratura risulta non verificata.

14.7 Considerazioni sulla struttura di fondazione

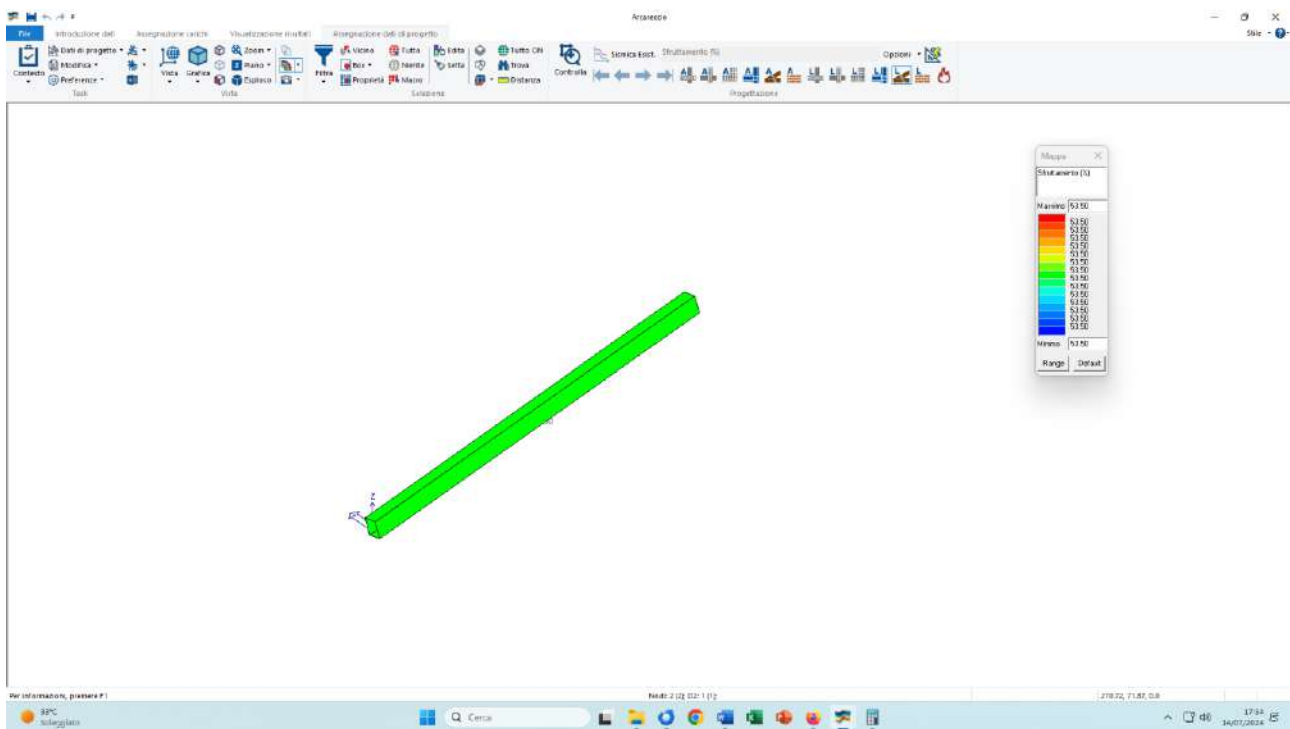
L'edificio ha fondazioni isolate a plinti che non soddisfa i requisiti della costruzioni in zona sismica. Risulta necessario un adeguamento con collegamenti fondazionali.

14.8 Verifiche Strutturali Nuova Copertura in acciaio



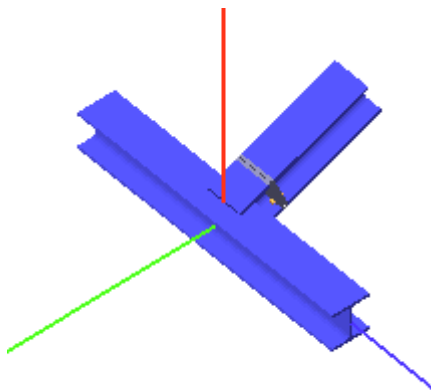


Per il calcolo del fissaggio si rimanda all'allegato alla presente, Nonche il calcolo calcolo arcareggio viene qui riportato



L'arcareccio base 14 cm altezza 18 cm viene verificato.

Verifica secondo il D.M. 17/01/2018 del nodo 3624



Trave 3

Tipo di profilo: HEB 220

Materiale: Acciaio S275 $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$ $f_t = 430 \text{ N/mm}^2$ $\gamma_{ov} = 1.25$

Classe sezione: 1

Coefficienti di sicurezza utilizzati

$\gamma_{M0} = 1.05$

$\gamma_{M1} = 1.10$

$\gamma_{M2} = 1.25$

Trave lato 2-

Tipo di profilo: HEB 220

Materiale: Acciaio S275 $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$ $f_t = 430 \text{ N/mm}^2$ $\gamma_{ov} = 1.25$

Classe sezione: 1

Flangia:

Materiale: Acciaio S275 $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$ $f_t = 430 \text{ N/mm}^2$ $\gamma_{ov} = 1.25$

Dimensioni (B x H x Sp): 220.0 x 220.0 x 16.0 mm

Bullonature:

Viti cl. 8.8 Dadi 8 o 10 ($f_{yb} = 640 \text{ N/mm}^2$, $f_{tb} = 800 \text{ N/mm}^2$)

Diametro gambo $\varnothing = 16 \text{ mm}$ $A_{res} = 156.8 \text{ mm}^2$ (ridotta per filettatura)

Diametro dado/testa $d_m = 24 \text{ mm}$

Diametro foro $\varnothing_0 = 17 \text{ mm}$

Rigidezza giunto (calcolata secondo EN 1993-1-8 : 2005 par. 6.3):

$S_{j,ini}$ non calcolabile

Saldature:

Materiale: Acciaio S275 $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$ $f_t = 430 \text{ N/mm}^2$ $\beta_1 = 0.70$ $\beta_2 = 0.85$

Spessore cordoni d'angolo $s_c = 8 \text{ mm}$

Sollecitazioni nella sezione d'attacco dell'elemento:

Nodo.CMB	V2 [N]	V3 [N]	N [N]	M2 [N mm]	M3 [N mm]	T [N mm]
3624.1	28834.0	0.0	-43588.1	0.0	0.0	-4537.0
3624.2	36492.2	0.0	-54610.6	0.0	0.0	-5611.0
3624.3	16941.0	0.0	-26045.9	0.0	0.0	-2847.0
3624.4	24599.2	0.0	-37068.4	0.0	0.0	-3920.0
3624.5	34194.7	0.0	-51303.8	0.0	0.0	-5289.0
3624.6	22301.7	0.0	-33761.7	0.0	0.0	-3598.0
3624.7	28834.0	0.0	-43587.6	0.0	0.0	-4547.0
3624.8	36492.2	0.0	-54610.2	0.0	0.0	-5621.0
3624.9	16941.0	0.0	-26045.5	0.0	0.0	-2857.0
3624.10	24599.2	0.0	-37068.0	0.0	0.0	-3931.0
3624.11	28834.0	0.0	-43587.4	0.0	0.0	-4554.0
3624.12	34194.7	0.0	-51303.1	0.0	0.0	-5306.0

3624.13	16941.0	0.0	-26045.2	0.0	0.0	-2864.0
3624.14	22301.7	0.0	-33760.9	0.0	0.0	-3615.0
3624.15	34194.7	0.0	-51303.4	0.0	0.0	-5299.0
3624.16	22301.7	0.0	-33761.2	0.0	0.0	-3609.0
3624.17	28834.0	0.0	-43596.7	0.0	0.0	-4527.0
3624.18	36492.2	0.0	-54619.2	0.0	0.0	-5601.0
3624.19	16941.0	0.0	-26054.5	0.0	0.0	-2837.0
3624.20	24599.2	0.0	-37077.0	0.0	0.0	-3911.0
3624.21	34194.7	0.0	-51312.4	0.0	0.0	-5279.0
3624.22	22301.7	0.0	-33770.2	0.0	0.0	-3589.0
3624.23	28834.0	0.0	-43602.4	0.0	0.0	-4521.0
3624.24	34194.7	0.0	-51318.1	0.0	0.0	-5273.0
3624.25	16941.0	0.0	-26060.2	0.0	0.0	-2830.0
3624.26	22301.7	0.0	-33775.9	0.0	0.0	-3582.0
3624.27	28834.0	0.0	-43546.2	0.0	0.0	-4571.0
3624.28	36492.2	0.0	-54568.8	0.0	0.0	-5645.0
3624.29	16941.0	0.0	-26004.0	0.0	0.0	-2881.0
3624.30	24599.2	0.0	-37026.6	0.0	0.0	-3955.0
3624.31	34194.7	0.0	-51262.0	0.0	0.0	-5323.0
3624.32	22301.7	0.0	-33719.8	0.0	0.0	-3633.0
3624.33	28834.0	0.0	-43518.3	0.0	0.0	-4594.0
3624.34	34194.7	0.0	-51234.1	0.0	0.0	-5346.0
3624.35	16941.0	0.0	-25976.1	0.0	0.0	-2904.0
3624.36	22301.7	0.0	-33691.9	0.0	0.0	-3655.0
3624.37	28834.0	0.0	-43628.8	0.0	0.0	-4501.0
3624.38	36492.2	0.0	-54651.3	0.0	0.0	-5575.0
3624.39	16941.0	0.0	-26086.6	0.0	0.0	-2811.0
3624.40	24599.2	0.0	-37109.1	0.0	0.0	-3885.0
3624.41	34194.7	0.0	-51344.6	0.0	0.0	-5253.0
3624.42	22301.7	0.0	-33802.4	0.0	0.0	-3563.0
3624.43	28834.0	0.0	-43656.0	0.0	0.0	-4478.0
3624.44	34194.7	0.0	-51371.7	0.0	0.0	-5229.0
3624.45	16941.0	0.0	-26113.8	0.0	0.0	-2787.0
3624.46	22301.7	0.0	-33829.6	0.0	0.0	-3539.0
3624.47	21433.8	0.0	-32619.1	0.0	0.0	-3927.0
3624.48	21433.8	0.0	-33253.8	0.0	0.0	-3634.0
3624.49	21433.8	0.0	-31706.5	0.0	0.0	-3216.0
3624.50	21433.8	0.0	-32341.2	0.0	0.0	-2923.0
3624.51	21433.8	0.0	-32622.0	0.0	0.0	-3896.0
3624.52	21433.8	0.0	-33250.8	0.0	0.0	-3665.0
3624.53	21433.8	0.0	-31709.4	0.0	0.0	-3186.0
3624.54	21433.8	0.0	-32338.3	0.0	0.0	-2954.0
3624.55	21433.8	0.0	-32558.5	0.0	0.0	-3941.0
3624.56	21433.8	0.0	-33193.2	0.0	0.0	-3648.0
3624.57	21433.8	0.0	-31767.1	0.0	0.0	-3202.0
3624.58	21433.8	0.0	-32401.8	0.0	0.0	-2909.0
3624.59	21433.8	0.0	-32561.4	0.0	0.0	-3910.0
3624.60	21433.8	0.0	-33190.3	0.0	0.0	-3678.0
3624.61	21433.8	0.0	-31770.0	0.0	0.0	-3172.0
3624.62	21433.8	0.0	-32398.9	0.0	0.0	-2940.0
3624.63	21433.8	0.0	-31559.2	0.0	0.0	-4020.0
3624.64	21433.8	0.0	-33674.9	0.0	0.0	-3044.0
3624.65	21433.8	0.0	-31285.4	0.0	0.0	-3807.0
3624.66	21433.8	0.0	-33401.1	0.0	0.0	-2830.0
3624.67	21433.8	0.0	-31541.0	0.0	0.0	-4024.0
3624.68	21433.8	0.0	-33656.7	0.0	0.0	-3048.0
3624.69	21433.8	0.0	-31303.6	0.0	0.0	-3803.0
3624.70	21433.8	0.0	-33419.3	0.0	0.0	-2826.0
3624.71	21433.8	0.0	-31569.0	0.0	0.0	-3918.0
3624.72	21433.8	0.0	-33665.1	0.0	0.0	-3145.0
3624.73	21433.8	0.0	-31295.2	0.0	0.0	-3705.0
3624.74	21433.8	0.0	-33391.3	0.0	0.0	-2932.0
3624.75	21433.8	0.0	-31550.8	0.0	0.0	-3922.0
3624.76	21433.8	0.0	-33646.9	0.0	0.0	-3149.0

3624.77	21433.8	0.0	-31313.4	0.0	0.0	-3701.0
3624.78	21433.8	0.0	-33409.5	0.0	0.0	-2928.0
3624.111	19902.1	0.0	-30275.6	0.0	0.0	-3210.0
3624.112	21433.8	0.0	-32480.1	0.0	0.0	-3425.0

Calcolo resistenze

Resistenza a trazione dei bulloni $F_{tb,Rd} = 0.9 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} = 90333.1 \text{ N}$

Resistenza a punzonamento flangia $B_{pf,Rd} = 0.6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_f \cdot f_{tk} / \gamma_{M2} = 248995.1 \text{ N}$

Bull.	$F_{f,Rd} \text{ [N]}$	$F_{t,Rd} \text{ [N]}$
1	49439.1	49439.1
2	49439.1	49439.1
3	49439.1	49439.1
4	49439.1	49439.1

Legenda

$F_{f,Rd} = M_{res,m} / (B_m \cdot R_m)$ resistenza a flessione flangia

$F_{t,Rd} = \min [F_{tb,Rd}, B_{pf,Rd}, F_{f,Rd}]$ resistenza a trazione di progetto

Resistenza a taglio dei bulloni $F_{vb,Rd} = 0.6 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} = 60222.1 \text{ N}$

Bull.	$F_{bf,x,Rd} \text{ [N]}$	$F_{v,x,Rd} \text{ [N]}$	$F_{bf,y,Rd} \text{ [N]}$	$F_{v,y,Rd} \text{ [N]}$
1	210231.2	60222.1	216066.4	60222.1
2	210231.2	60222.1	216066.4	60222.1
3	210231.2	60222.1	216066.4	60222.1
4	210231.2	60222.1	216066.4	60222.1

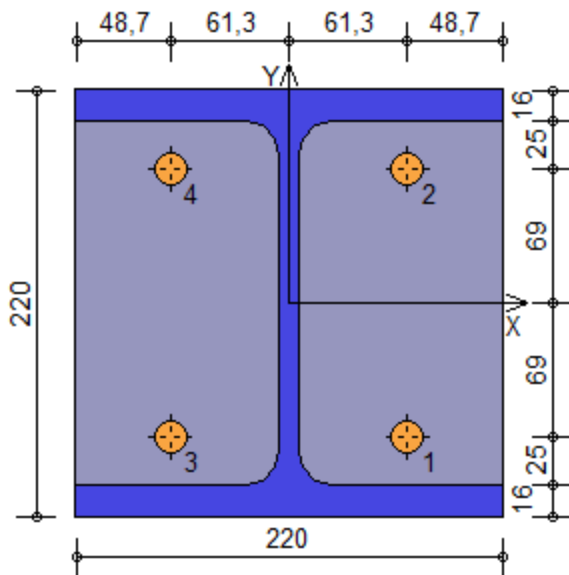
Legenda

$F_{bf,x,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \emptyset \cdot t_f / \gamma_{M2}$ resistenza a rifollamento flangia in direzione x

$F_{v,x,Rd} = \min [F_{vb,Rd}, F_{bf,x,Rd}]$ resistenza a taglio di progetto in direzione x

$F_{bf,y,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \emptyset \cdot t_f / \gamma_{M2}$ resistenza a rifollamento flangia in direzione y

$F_{v,y,Rd} = \min [F_{vb,Rd}, F_{bf,y,Rd}]$ resistenza a taglio di progetto in direzione y



Verifiche sui bulloni

1-Taglio e trazione (Nodo n. 3624, CMB n. 28)

Bull.	X [mm]	Y [mm]	$F_{v,Ed} \text{ [N]}$	$F_{t,Rd} \text{ [N]}$	$F_{t,Ed} \text{ [N]}$	$F_{t,Rd} \text{ [N]}$	FV_1	VER
1	61.30	-69.00	9133.2	60222.1	0.0	49439.1	0.151659	Ok
2	61.30	69.00	9133.2	60222.1	0.0	49439.1	0.151659	Ok
3	-61.30	-69.00	9112.9	60222.1	0.0	49439.1	0.151322	Ok
4	-61.30	69.00	9112.9	60222.1	0.0	49439.1	0.151322	Ok

2-Trazione (Elemento non caricato)

Bull.	X [mm]	Y [mm]	$F_{t,Ed} \text{ [N]}$	$F_{t,Rd} \text{ [N]}$	FV_2	VER
1	61.30	-69.00	0.0	49439.1	0.000000	Ok
2	61.30	69.00	0.0	49439.1	0.000000	Ok

3	-61.30	-69.00	0.0	49439.1	0.000000	Ok
4	-61.30	69.00	0.0	49439.1	0.000000	Ok

Legenda

$F_{v,Ed}$ forza di taglio agente sul bullone
 $F_{v,Rd}$ resistenza a taglio di progetto del bullone
 $F_{t,Ed}$ forza di trazione agente sul bullone
 $F_{t,Rd}$ resistenza a trazione di progetto del bullone
 $FV_1 = F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / (1.4 \cdot F_{t,Rd})$
 $FV_2 = F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$
 $VER \rightarrow FV_i \leq 1$

Verifiche sulle saldature profilo-flangia (versione beta)

Si considera la sezione di gola (avente altezza $a = s_c / 2^{0.5} = 5.657$) in posizione ribaltata: vengono considerate positive le tensioni normali di trazione e le tensioni tangenziali agenti verso destra e verso il basso. Tutte le tensioni sono espresse in N/mm^2 .

Verifica formula (4.2.84) (Nodo n. 3624, CMB n. 38)

Cordoni	Lung.[mm]	n_{\perp}	t_{\perp}	τ_{\parallel}	FV_1	VER_1
Ala inferiore interno lato destro	87.3	-14.79	0.00	0.00	14.79	Ok
Ala inferiore interno lato sinistro	87.3	-14.79	0.00	0.00	14.79	Ok
Anima lato destro	152.0	-14.79	0.00	21.22	25.87	Ok
Anima lato sinistro	152.0	-14.79	0.00	21.22	25.87	Ok
Ala superiore interno lato destro	87.3	-14.79	0.00	0.00	14.79	Ok
Ala superiore interno lato sinistro	87.3	-14.79	0.00	0.00	14.79	Ok

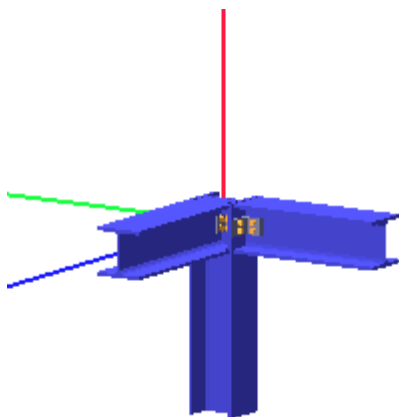
Verifica formula (4.2.85) (Nodo n. 3624, CMB n. 38)

Cordoni	Lung.[mm]	n_{\perp}	t_{\perp}	τ_{\parallel}	FV_2	VER_2
Ala inferiore interno lato destro	87.3	-14.79	0.00	0.00	14.79	Ok
Ala inferiore interno lato sinistro	87.3	-14.79	0.00	0.00	14.79	Ok
Anima lato destro	152.0	-14.79	0.00	21.22	14.79	Ok
Anima lato sinistro	152.0	-14.79	0.00	21.22	14.79	Ok
Ala superiore interno lato destro	87.3	-14.79	0.00	0.00	14.79	Ok
Ala superiore interno lato sinistro	87.3	-14.79	0.00	0.00	14.79	Ok

Legenda

n_{\perp} tensione normale perpendicolare all'asse del cordone
 t_{\perp} tensione tangenziale perpendicolare all'asse del cordone
 τ_{\parallel} tensione tangenziale parallela all'asse del cordone
 $FV_1 = (n_{\perp}^2 + t_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)^{0.5}$
 $FV_2 = |n_{\perp}| + |t_{\perp}|$
 $VER_i \rightarrow FV_i \leq \beta_i \cdot f_{yk} \quad (\beta_1 \cdot f_{yk} = 192.50 \text{ N/mm}^2 \quad \beta_2 \cdot f_{yk} = 233.75 \text{ N/mm}^2)$

Verifica secondo il D.M. 17/01/2018 del nodo 3630



Colonna

Tipo di profilo: HEB 220

Materiale: Acciaio S275 $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$ $f_t = 430 \text{ N/mm}^2$ $\gamma_{ov} = 1.25$

Classe sezione: 1

Coefficienti di sicurezza utilizzati

$$\gamma_{M0} = 1.05$$

$$\gamma_{M1} = 1.10$$

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

Trave lato 2-

Tipo di profilo: HEB 220

Materiale: Acciaio S275 $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$ $f_t = 430 \text{ N/mm}^2$ $\gamma_{ov} = 1.25$

Classe sezione: 1

Squadrette:

Tipo di profilo: 2 L 100X10 a dist.= 9.5 mm

Materiale: Acciaio S275 $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$ $f_t = 430 \text{ N/mm}^2$ $\gamma_{ov} = 1.25$

Altezza: 78.2 mm

Bullonature:

Viti cl. 8.8 Dadi 8 o 10 ($f_{yb} = 640 \text{ N/mm}^2$, $f_{tb} = 800 \text{ N/mm}^2$)

Diametro gambo $\varnothing = 16 \text{ mm}$ $A_{res} = 156.8 \text{ mm}^2$ (ridotta per filettatura)

Diametro dado/testa $d_m = 24 \text{ mm}$

Diametro foro $\varnothing_0 = 17 \text{ mm}$

Rigidezza giunto (calcolata secondo EN 1993-1-8 : 2005 par. 6.3):

$S_{j,ini}$ non calcolabile

Sollecitazioni nella sezione d'attacco dell'elemento:

Nodo.CMB	V2 [N]	V3 [N]	N [N]	M2 [N mm]	M3 [N mm]	T [N mm]
3630.1	13166.8	-1571.3	-15365.5	0.0	0.0	525.0
3630.2	15511.0	-1885.5	-15415.7	0.0	0.0	722.0
3630.3	8526.3	-989.6	-10352.7	0.0	0.0	308.0
3630.4	10870.4	-1303.8	-10402.9	0.0	0.0	506.0
3630.5	14807.7	-1791.2	-15400.7	0.0	0.0	663.0
3630.6	10167.2	-1209.6	-10387.8	0.0	0.0	446.0
3630.7	13166.8	-1571.3	-15375.7	0.0	0.0	636.0
3630.8	15511.0	-1885.5	-15425.9	0.0	0.0	833.0
3630.9	8526.3	-989.6	-10362.9	0.0	0.0	419.0
3630.10	10870.4	-1303.8	-10413.1	0.0	0.0	617.0
3630.11	13166.8	-1571.2	-15382.5	0.0	0.0	710.0
3630.12	14807.7	-1791.2	-15417.6	0.0	0.0	848.0
3630.13	8526.3	-989.6	-10369.6	0.0	0.0	493.0
3630.14	10167.2	-1209.5	-10404.8	0.0	0.0	631.0
3630.15	14807.7	-1791.2	-15410.8	0.0	0.0	774.0
3630.16	10167.2	-1209.5	-10398.0	0.0	0.0	557.0
3630.17	13166.8	-1571.4	-15414.4	0.0	0.0	383.0
3630.18	15510.9	-1885.6	-15464.7	0.0	0.0	581.0
3630.19	8526.2	-989.7	-10401.6	0.0	0.0	167.0
3630.20	10870.4	-1303.9	-10451.8	0.0	0.0	364.0
3630.21	14807.7	-1791.3	-15449.6	0.0	0.0	522.0
3630.22	10167.2	-1209.6	-10436.8	0.0	0.0	305.0
3630.23	13166.8	-1571.5	-15447.0	0.0	0.0	289.0
3630.24	14807.7	-1791.4	-15482.2	0.0	0.0	427.0
3630.25	8526.2	-989.8	-10434.2	0.0	0.0	72.0
3630.26	10167.2	-1209.7	-10469.4	0.0	0.0	211.0
3630.27	13166.9	-1571.0	-15326.3	0.0	0.0	504.0
3630.28	15511.1	-1885.2	-15376.5	0.0	0.0	701.0
3630.29	8526.4	-989.3	-10313.5	0.0	0.0	287.0
3630.30	10870.6	-1303.5	-10363.7	0.0	0.0	484.0
3630.31	14807.8	-1790.9	-15361.5	0.0	0.0	642.0
3630.32	10167.3	-1209.2	-10348.7	0.0	0.0	425.0
3630.33	13167.0	-1570.8	-15300.2	0.0	0.0	490.0
3630.34	14807.9	-1790.7	-15335.4	0.0	0.0	628.0
3630.35	8526.5	-989.1	-10287.4	0.0	0.0	273.0
3630.36	10167.4	-1209.0	-10322.5	0.0	0.0	411.0
3630.37	13166.7	-1571.6	-15404.6	0.0	0.0	548.0
3630.38	15510.9	-1885.7	-15454.9	0.0	0.0	746.0

3630.39	8526.2	-989.9	-10391.8	0.0	0.0	332.0
3630.40	10870.3	-1304.1	-10442.0	0.0	0.0	529.0
3630.41	14807.6	-1791.5	-15439.8	0.0	0.0	687.0
3630.42	10167.1	-1209.8	-10427.0	0.0	0.0	470.0
3630.43	13166.6	-1571.7	-15430.7	0.0	0.0	564.0
3630.44	14807.5	-1791.7	-15465.9	0.0	0.0	702.0
3630.45	8526.1	-990.0	-10417.9	0.0	0.0	347.0
3630.46	10167.0	-1210.0	-10453.0	0.0	0.0	486.0
3630.47	9888.0	-1174.5	-10403.7	0.0	0.0	-1152.0
3630.48	10119.5	-1211.0	-11173.4	0.0	0.0	-819.0
3630.49	9681.7	-1141.6	-11210.3	0.0	0.0	1622.0
3630.50	9913.2	-1178.1	-11980.1	0.0	0.0	1955.0
3630.51	9874.4	-1172.9	-10465.9	0.0	0.0	-815.0
3630.52	10133.1	-1212.6	-11111.2	0.0	0.0	-1155.0
3630.53	9668.1	-1140.0	-11272.5	0.0	0.0	1958.0
3630.54	9926.8	-1179.7	-11917.9	0.0	0.0	1618.0
3630.55	9822.8	-1164.0	-10386.8	0.0	0.0	1009.0
3630.56	10054.2	-1200.5	-11156.6	0.0	0.0	1342.0
3630.57	9747.0	-1152.1	-11227.1	0.0	0.0	-539.0
3630.58	9978.4	-1188.6	-11996.9	0.0	0.0	-206.0
3630.59	9809.1	-1162.3	-10449.0	0.0	0.0	1346.0
3630.60	10067.9	-1202.1	-11094.4	0.0	0.0	1006.0
3630.61	9733.3	-1150.5	-11289.3	0.0	0.0	-203.0
3630.62	9992.1	-1190.2	-11934.7	0.0	0.0	-543.0
3630.63	9545.8	-1120.4	-9787.9	0.0	0.0	-569.0
3630.64	10317.3	-1242.1	-12353.9	0.0	0.0	541.0
3630.65	9483.9	-1110.5	-10029.9	0.0	0.0	263.0
3630.66	10255.4	-1232.2	-12595.8	0.0	0.0	1373.0
3630.67	9526.2	-1117.2	-9782.9	0.0	0.0	79.0
3630.68	10297.7	-1238.9	-12348.8	0.0	0.0	1189.0
3630.69	9503.5	-1113.7	-10034.9	0.0	0.0	-386.0
3630.70	10274.9	-1235.3	-12600.9	0.0	0.0	724.0
3630.71	9500.3	-1115.0	-9995.3	0.0	0.0	552.0
3630.72	10362.8	-1247.4	-12146.5	0.0	0.0	-581.0
3630.73	9438.4	-1105.1	-10237.3	0.0	0.0	1384.0
3630.74	10300.9	-1237.6	-12388.5	0.0	0.0	251.0
3630.75	9480.7	-1111.9	-9990.2	0.0	0.0	1201.0
3630.76	10343.2	-1244.3	-12141.4	0.0	0.0	67.0
3630.77	9457.9	-1108.3	-10242.3	0.0	0.0	736.0
3630.78	10320.5	-1240.7	-12393.5	0.0	0.0	-398.0
3630.111	9431.8	-1113.4	-11181.8	0.0	0.0	362.0
3630.112	9900.6	-1176.3	-11191.9	0.0	0.0	402.0

Calcolo resistenze

Resistenza a trazione dei bulloni	$F_{tb,Rd} = 0.9 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} =$	90333.1 N
Resistenza a punzonamento squadretta	$B_{ps,Rd} = 0.6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_s \cdot f_{tk} / \gamma_{M2} =$	155621.9 N
Resistenza a punzonamento ala passante	$B_{pa,Rd} = 0.6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_a \cdot f_{tk} / \gamma_{M2} =$	248995.1 N
Resistenza a trazione di progetto	$F_{t,Rd} = \min [F_{tb,Rd} , B_{ps,Rd} , B_{pa,Rd}] =$	90333.1 N

Bulloni sistema principale

Resistenza a taglio dei bulloni			$F_{vb,Rd} = 0.6 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} =$			60222.1 N
Bull.	$F_{bs,x,Rd}$ [N]	$F_{ba,x,Rd}$ [N]	$F_{v,x,Rd}$ [N]	$F_{bs,y,Rd}$ [N]	$F_{ba,y,Rd}$ [N]	$F_{v,y,Rd}$ [N]
1	86887.7	220160.0	60222.1	55040.0	220160.0	55040.0
2	86887.7	220160.0	60222.1	55040.0	220160.0	55040.0
3	86887.7	220160.0	60222.1	55040.0	220160.0	55040.0
4	86887.7	220160.0	60222.1	55040.0	220160.0	55040.0

Legenda

$F_{bs,x,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \emptyset \cdot t_s / \gamma_{M2}$ resistenza a rifollamento squadretta in direzione x
 $F_{ba,x,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \emptyset \cdot t_a / \gamma_{M2}$ resistenza a rifollamento ala passante in direzione x
 $F_{v,x,Rd} = \min [F_{vb,Rd} , F_{bs,x,Rd} , F_{ba,x,Rd}]$ resistenza a taglio di progetto in direzione x
 $F_{bs,y,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \emptyset \cdot t_s / \gamma_{M2}$ resistenza a rifollamento squadretta in direzione y
 $F_{ba,y,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \emptyset \cdot t_a / \gamma_{M2}$ resistenza a rifollamento ala passante in direzione y
 $F_{v,y,Rd} = \min [F_{vb,Rd} , F_{bs,y,Rd} , F_{ba,y,Rd}]$ resistenza a taglio di progetto in direzione y

Bulloni sistema secondario

Resistenza a taglio dei bulloni

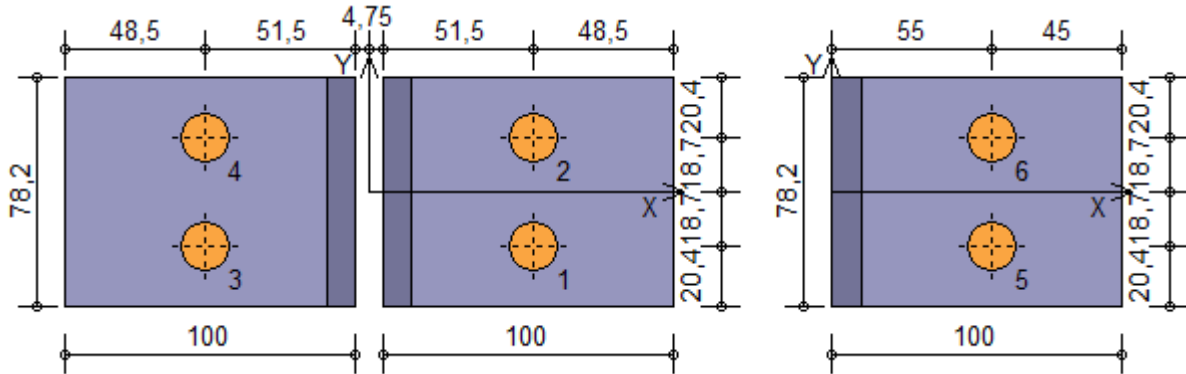
$$F_{vb,Rd} = 2 \cdot 0.6 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} = 120444.1 \text{ N}$$

Bull.	$F_{bs,x,Rd}$ [N]	$F_{ba,x,Rd}$ [N]	$F_{v,x,Rd}$ [N]	$F_{bs,y,Rd}$ [N]	$F_{ba,y,Rd}$ [N]	$F_{v,y,Rd}$ [N]
5	161234.8	115341.2	115341.2	110080.0	130720.0	110080.0
6	161234.9	115341.2	115341.2	110080.0	130720.0	110080.0

Legenda

$F_{ba,x,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \varnothing \cdot t_a / \gamma_{M2}$ resistenza a rifollamento anima elemento in direzione x

$F_{ba,y,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \varnothing \cdot t_a / \gamma_{M2}$ resistenza a rifollamento anima elemento in direzione y



Verifiche sui bulloni

Sistema principale

1-Taglio e trazione (Nodo n. 3630, CMB n. 28)

Bull.	X [mm]	Y [mm]	$F_{v,Ed}$ [N]	$F_{v,Rd}$ [N]	$F_{t,Ed}$ [N]	$F_{t,Rd}$ [N]	FV_1	VER
1	56.25	-18.70	11845.8	60222.1	464.9	90333.1	0.200378	Ok
2	56.25	18.70	12740.2	60222.1	3965.3	90333.1	0.242908	Ok
3	-56.25	-18.70	12740.2	60222.1	464.9	90333.1	0.215230	Ok
4	-56.25	18.70	11845.8	60222.1	3965.3	90333.1	0.228056	Ok

2-Trazione (Nodo n. 3630, CMB n. 28)

Bull.	X [mm]	Y [mm]	$F_{t,Ed}$ [N]	$F_{t,Rd}$ [N]	FV_2	VER
1	56.25	-18.70	464.9	90333.1	0.005146	Ok
2	56.25	18.70	3965.3	90333.1	0.043896	Ok
3	-56.25	-18.70	464.9	90333.1	0.005146	Ok
4	-56.25	18.70	3965.3	90333.1	0.043896	Ok

Sistema secondario

3-Taglio (Nodo n. 3630, CMB n. 18)

Bull.	X [mm]	Y [mm]	$F_{v,Ed}$ [N]	$F_{v,Rd}$ [N]	FV_3	VER
5	55.00	-18.70	10951.5	110080.0	0.099487	Ok
6	55.00	18.70	10951.5	110080.0	0.099487	Ok

Legenda

$F_{v,Ed}$ forza di taglio agente sul bullone

$F_{v,Rd}$ resistenza a taglio di progetto del bullone

$F_{t,Ed}$ forza di trazione agente sul bullone

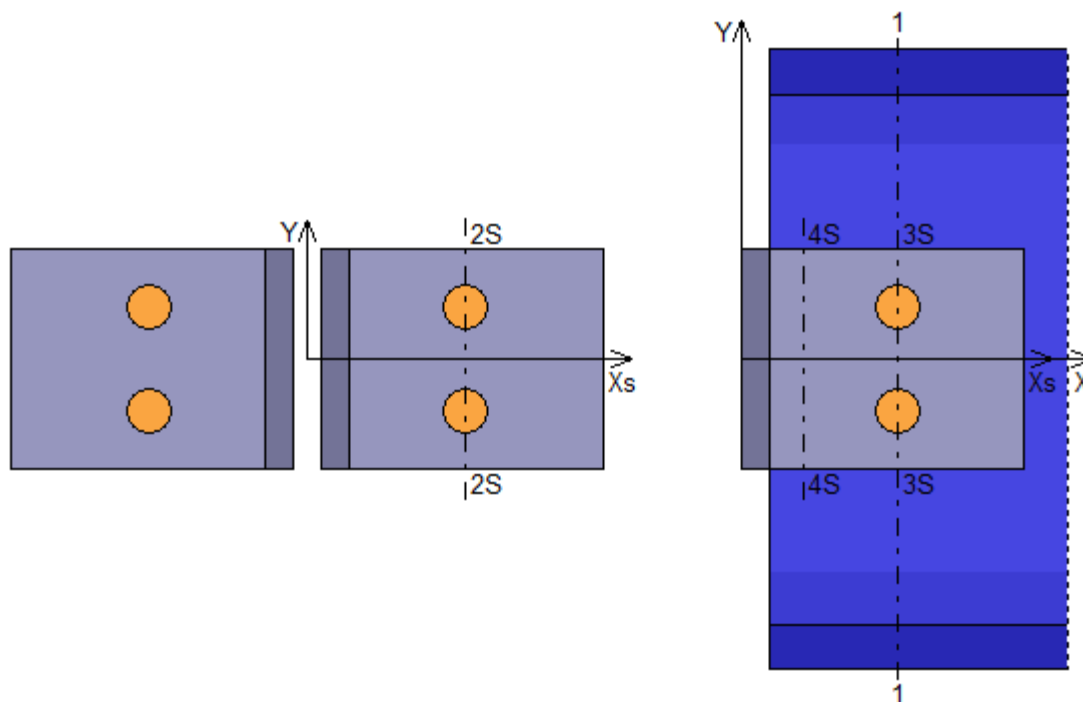
$F_{t,Rd}$ resistenza a trazione di progetto del bullone

$$FV_1 = F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / (1.4 \cdot F_{t,Rd})$$

$$FV_2 = F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$$

$$FV_3 = F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$$

$$VER \rightarrow FV_i \leq 1$$



Verifiche sezioni ridotte

Caratteristiche sezioni ridotte elemento

Sez.	X [mm]	Y _G [mm]	A [mm ²]	A _T [mm ²]	J _X [mm ⁴]	W _X [mm ³]
1	55.00	0.00	8777.0	1463.0	80797050	734519

Caratteristiche sezioni ridotte squadrette

Sez.	X [mm]	Y _G [mm]	A [mm ²]	A _T [mm ²]	J _X [mm ⁴]	W _X [mm ³]	J _Y [mm ⁴]	W _Y [mm ³]
2S	56.25	0.00	442.0	442.0	279615	7151	3683	737
3S	55.00	0.00	884.0	884.0	559231	14303	-	-
4S	22.00	0.00	1564.0	1564.0	797020	20384	-	-

Sollecitazioni massime

Sez.	Nodo.CMB	V2 [N]	V3 [N]	N [N]	M2 [N mm]	M3 [N mm]
1	3630.18	15510.9	-	-15464.7	-	0.0
2S	3630.18	7755.5	-7732.4	-942.8	0.0	436244.1
3S	3630.18	15510.9	-	-15464.7	-	0.0
4S	3630.18	15510.9	-	-15464.7	-	-511859.7

Tensioni massime

Sez.	τ _{MED} [N/mm ²]	σ _{MAX} [N/mm ²]	σ _{ID} [N/mm ²]	FV	VER
1	10.60	1.76	18.45	0.07	Ok
2S	24.78	63.14	76.34	0.29	Ok
3S	17.55	17.49	35.07	0.13	Ok
4S	9.92	35.00	38.99	0.15	Ok

Legenda

$$FV = \sigma_{ID} / f_d$$

$$VER \rightarrow FV \leq 1$$

$$f_d = f_y / \gamma_{M0} \rightarrow f_d = 262.00 \text{ N/mm}^2 \text{ sia per l'elemento, sia per le squadrette}$$

Trave lato 3+

Tipo di profilo: HEB 220

Materiale: Acciaio S275 $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$ $f_t = 430 \text{ N/mm}^2$ $\gamma_{ov} = 1.25$

Classe sezione: 1

Squadrette:

Tipo di profilo: 2 L 60X6 a dist.= 9.5 mm

Materiale: Acciaio S275 $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$ $f_t = 430 \text{ N/mm}^2$ $\gamma_{ov} = 1.25$

Altezza: 78.2 mm

Bullonature:

Viti cl. 8.8 Dadi 8 o 10 ($f_{yb} = 640 \text{ N/mm}^2$, $f_{tb} = 800 \text{ N/mm}^2$)

Diametro gambo $\varnothing = 16 \text{ mm}$ $A_{res} = 156.8 \text{ mm}^2$ (ridotta per filettatura)

Diametro dado/testa $d_m = 24 \text{ mm}$

Diametro foro $\varnothing_0 = 17 \text{ mm}$

Rigidezza giunto (calcolata secondo EN 1993-1-8 : 2005 par. 6.3):

$S_{j,ini}$ non calcolabile

Sollecitazioni nella sezione d'attacco dell'elemento:

Nodo.CMB	V2 [N]	V3 [N]	N [N]	M2 [N mm]	M3 [N mm]	T [N mm]
3630.1	1625.1	0.0	-4916.1	0.0	0.0	-935.0
3630.2	1625.1	0.0	-6004.7	0.0	0.0	-1877.0
3630.3	1250.1	0.0	-3078.3	0.0	0.0	-536.0
3630.4	1250.1	0.0	-4166.9	0.0	0.0	-1478.0
3630.5	1625.1	0.0	-5678.1	0.0	0.0	-1595.0
3630.6	1250.1	0.0	-3840.3	0.0	0.0	-1196.0
3630.7	1625.1	0.0	-4578.3	0.0	0.0	-510.0
3630.8	1625.1	0.0	-5666.9	0.0	0.0	-1452.0
3630.9	1250.1	0.0	-2740.5	0.0	0.0	-111.0
3630.10	1250.1	0.0	-3829.1	0.0	0.0	-1053.0
3630.11	1625.1	0.0	-4353.1	0.0	0.0	-226.0
3630.12	1625.1	0.0	-5115.2	0.0	0.0	-886.0
3630.13	1250.1	0.0	-2515.3	0.0	0.0	173.0
3630.14	1250.1	0.0	-3277.4	0.0	0.0	-487.0
3630.15	1625.1	0.0	-5340.3	0.0	0.0	-1169.0
3630.16	1250.1	0.0	-3502.5	0.0	0.0	-770.0
3630.17	1625.1	0.0	-5313.0	0.0	0.0	-1349.0
3630.18	1625.1	0.0	-6401.6	0.0	0.0	-2292.0
3630.19	1250.1	0.0	-3475.2	0.0	0.0	-950.0
3630.20	1250.1	0.0	-4563.8	0.0	0.0	-1892.0
3630.21	1625.1	0.0	-6075.0	0.0	0.0	-2009.0
3630.22	1250.1	0.0	-4237.2	0.0	0.0	-1610.0
3630.23	1625.1	0.0	-5577.6	0.0	0.0	-1625.0
3630.24	1625.1	0.0	-6339.7	0.0	0.0	-2285.0
3630.25	1250.1	0.0	-3739.8	0.0	0.0	-1226.0
3630.26	1250.1	0.0	-4501.9	0.0	0.0	-1886.0
3630.27	1625.1	0.0	-4444.9	0.0	0.0	-928.0
3630.28	1625.1	0.0	-5533.6	0.0	0.0	-1870.0
3630.29	1250.1	0.0	-2607.1	0.0	0.0	-528.0
3630.30	1250.1	0.0	-3695.7	0.0	0.0	-1471.0
3630.31	1625.1	0.0	-5207.0	0.0	0.0	-1587.0
3630.32	1250.1	0.0	-3369.2	0.0	0.0	-1188.0
3630.33	1625.1	0.0	-4130.8	0.0	0.0	-923.0
3630.34	1625.1	0.0	-4892.8	0.0	0.0	-1582.0
3630.35	1250.1	0.0	-2293.0	0.0	0.0	-524.0
3630.36	1250.1	0.0	-3055.0	0.0	0.0	-1183.0
3630.37	1625.1	0.0	-5494.5	0.0	0.0	-943.0
3630.38	1625.1	0.0	-6583.1	0.0	0.0	-1885.0
3630.39	1250.1	0.0	-3656.7	0.0	0.0	-543.0
3630.40	1250.1	0.0	-4745.3	0.0	0.0	-1486.0
3630.41	1625.1	0.0	-6256.5	0.0	0.0	-1602.0
3630.42	1250.1	0.0	-4418.7	0.0	0.0	-1203.0
3630.43	1625.1	0.0	-5880.1	0.0	0.0	-947.0
3630.44	1625.1	0.0	-6642.1	0.0	0.0	-1607.0
3630.45	1250.1	0.0	-4042.2	0.0	0.0	-548.0
3630.46	1250.1	0.0	-4804.3	0.0	0.0	-1208.0
3630.47	1250.1	0.0	1809.4	0.0	0.0	1394.0
3630.48	1250.1	0.0	-1615.9	0.0	0.0	2016.0
3630.49	1250.1	0.0	-5771.2	0.0	0.0	-3672.0
3630.50	1250.1	0.0	-9196.5	0.0	0.0	-3051.0
3630.51	1250.1	0.0	1374.1	0.0	0.0	1959.0
3630.52	1250.1	0.0	-1180.5	0.0	0.0	1451.0
3630.53	1250.1	0.0	-6206.5	0.0	0.0	-3107.0

3630.54	1250.1	0.0	-8761.2	0.0	0.0	-3615.0
3630.55	1250.1	0.0	889.6	0.0	0.0	999.0
3630.56	1250.1	0.0	-2535.7	0.0	0.0	1621.0
3630.57	1250.1	0.0	-4851.3	0.0	0.0	-3277.0
3630.58	1250.1	0.0	-8276.6	0.0	0.0	-2656.0
3630.59	1250.1	0.0	454.3	0.0	0.0	1564.0
3630.60	1250.1	0.0	-2100.4	0.0	0.0	1056.0
3630.61	1250.1	0.0	-5286.7	0.0	0.0	-2712.0
3630.62	1250.1	0.0	-7841.3	0.0	0.0	-3220.0
3630.63	1250.1	0.0	3152.4	0.0	0.0	-1104.0
3630.64	1250.1	0.0	-8265.3	0.0	0.0	968.0
3630.65	1250.1	0.0	878.2	0.0	0.0	-2624.0
3630.66	1250.1	0.0	-10539.5	0.0	0.0	-552.0
3630.67	1250.1	0.0	2876.4	0.0	0.0	-1223.0
3630.68	1250.1	0.0	-8541.2	0.0	0.0	849.0
3630.69	1250.1	0.0	1154.2	0.0	0.0	-2505.0
3630.70	1250.1	0.0	-10263.5	0.0	0.0	-434.0
3630.71	1250.1	0.0	1701.4	0.0	0.0	779.0
3630.72	1250.1	0.0	-6814.2	0.0	0.0	-915.0
3630.73	1250.1	0.0	-572.8	0.0	0.0	-741.0
3630.74	1250.1	0.0	-9088.4	0.0	0.0	-2435.0
3630.75	1250.1	0.0	1425.4	0.0	0.0	660.0
3630.76	1250.1	0.0	-7090.2	0.0	0.0	-1034.0
3630.77	1250.1	0.0	-296.9	0.0	0.0	-622.0
3630.78	1250.1	0.0	-8812.5	0.0	0.0	-2317.0
3630.111	1250.1	0.0	-3475.8	0.0	0.0	-640.0
3630.112	1250.1	0.0	-3693.5	0.0	0.0	-828.0

Calcolo resistenze

Resistenza a trazione dei bulloni	$F_{tb,Rd} = 0.9 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} =$	90333.1 N
Resistenza a punzonamento squadretta	$B_{ps,Rd} = 0.6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_s \cdot f_{tk} / \gamma_{M2} =$	93373.2 N
Resistenza a punzonamento anima passante	$B_{pa,Rd} = 0.6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_a \cdot f_{tk} / \gamma_{M2} =$	147840.8 N
Resistenza a trazione di progetto	$F_{t,Rd} = \min [F_{tb,Rd} , B_{ps,Rd} , B_{pa,Rd}] =$	90333.1 N

Bulloni sistema principale

Resistenza a taglio dei bulloni			$F_{vb,Rd} = 0.6 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} =$			60222.1 N
Bull.	$F_{bs,x,Rd}$ [N]	$F_{ba,x,Rd}$ [N]	$F_{v,x,Rd}$ [N]	$F_{bs,y,Rd}$ [N]	$F_{ba,y,Rd}$ [N]	$F_{v,y,Rd}$ [N]
1	31172.1	130720.0	31172.1	33024.0	130720.0	33024.0
2	31172.1	130720.0	31172.1	33024.0	130720.0	33024.0
3	31172.1	130720.0	31172.1	33024.0	130720.0	33024.0
4	31172.1	130720.0	31172.1	33024.0	130720.0	33024.0

Legenda

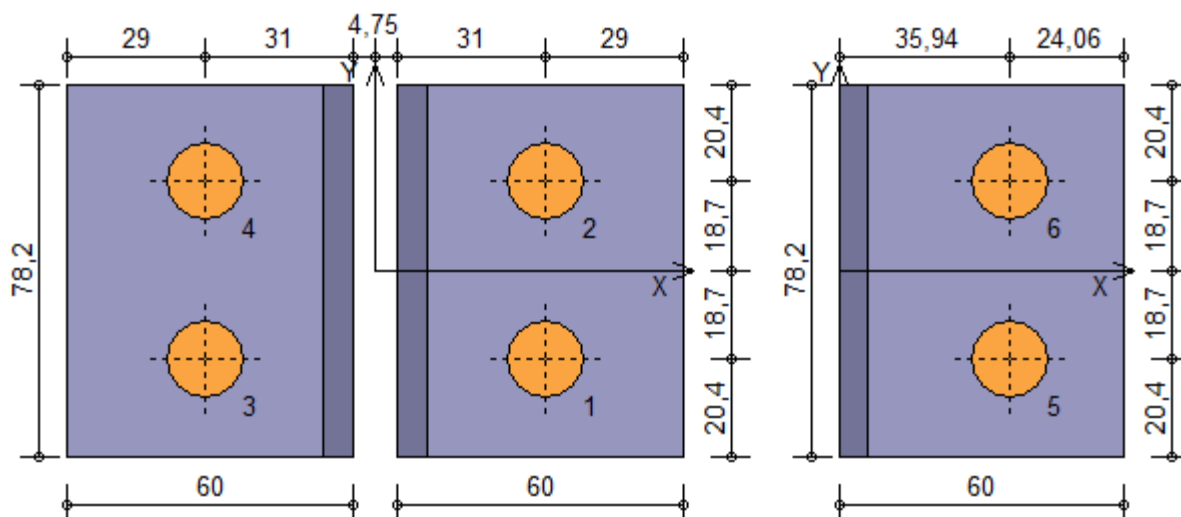
$F_{bs,x,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \emptyset \cdot t_s / \gamma_{M2}$ resistenza a rifollamento squadretta in direzione x
 $F_{ba,x,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \emptyset \cdot t_a / \gamma_{M2}$ resistenza a rifollamento anima passante in direzione x
 $F_{v,x,Rd} = \min [F_{vb,Rd} , F_{bs,x,Rd} , F_{ba,x,Rd}]$ resistenza a taglio di progetto in direzione x
 $F_{bs,y,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \emptyset \cdot t_s / \gamma_{M2}$ resistenza a rifollamento squadretta in direzione y
 $F_{ba,y,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \emptyset \cdot t_a / \gamma_{M2}$ resistenza a rifollamento anima passante in direzione y
 $F_{v,y,Rd} = \min [F_{vb,Rd} , F_{bs,y,Rd} , F_{ba,y,Rd}]$ resistenza a taglio di progetto in direzione y

Bulloni sistema secondario

Resistenza a taglio dei bulloni			$F_{vb,Rd} = 2 \cdot 0.6 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} =$			120444.1 N
Bull.	$F_{bs,x,Rd}$ [N]	$F_{ba,x,Rd}$ [N]	$F_{v,x,Rd}$ [N]	$F_{bs,y,Rd}$ [N]	$F_{ba,y,Rd}$ [N]	$F_{v,y,Rd}$ [N]
5	51729.0	61674.9	51729.0	59791.8	118338.0	59791.8
6	51729.0	61674.9	51729.0	59791.8	118338.0	59791.8

Legenda

$F_{ba,x,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \emptyset \cdot t_a / \gamma_{M2}$ resistenza a rifollamento anima elemento in direzione x
 $F_{ba,y,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \emptyset \cdot t_a / \gamma_{M2}$ resistenza a rifollamento anima elemento in direzione y



Verifiche sui bulloni

Sistema principale

1-Taglio e trazione (Nodo n. 3630, CMB n. 63)

Bull.	X [mm]	Y [mm]	$F_{v,Ed}$ [N]	$F_{v,Rd}$ [N]	$F_{t,Ed}$ [N]	$F_{t,Rd}$ [N]	FV_1	VER
1	35.75	-18.70	674.3	31172.1	1504.5	90333.1	0.033527	Ok
2	35.75	18.70	674.3	31172.1	1787.7	90333.1	0.035767	Ok
3	-35.75	-18.70	674.3	31172.1	1504.5	90333.1	0.033527	Ok
4	-35.75	18.70	674.3	31172.1	1787.7	90333.1	0.035767	Ok

2-Trazione (Nodo n. 3630, CMB n. 63)

Bull.	X [mm]	Y [mm]	$F_{t,Ed}$ [N]	$F_{t,Rd}$ [N]	FV_2	VER
1	35.75	-18.70	1504.5	90333.1	0.016655	Ok
2	35.75	18.70	1787.7	90333.1	0.019790	Ok
3	-35.75	-18.70	1504.5	90333.1	0.016655	Ok
4	-35.75	18.70	1787.7	90333.1	0.019790	Ok

Sistema secondario

3-Taglio (Nodo n. 3630, CMB n. 66)

Bull.	X [mm]	Y [mm]	$F_{v,Ed}$ [N]	$F_{v,Rd}$ [N]	FV_3	VER
5	35.94	-18.70	5306.7	51729.0	0.102586	Ok
6	35.94	18.70	5306.7	51729.0	0.102586	Ok

Legenda

$F_{v,Ed}$ forza di taglio agente sul bullone

$F_{v,Rd}$ resistenza a taglio di progetto del bullone

$F_{t,Ed}$ forza di trazione agente sul bullone

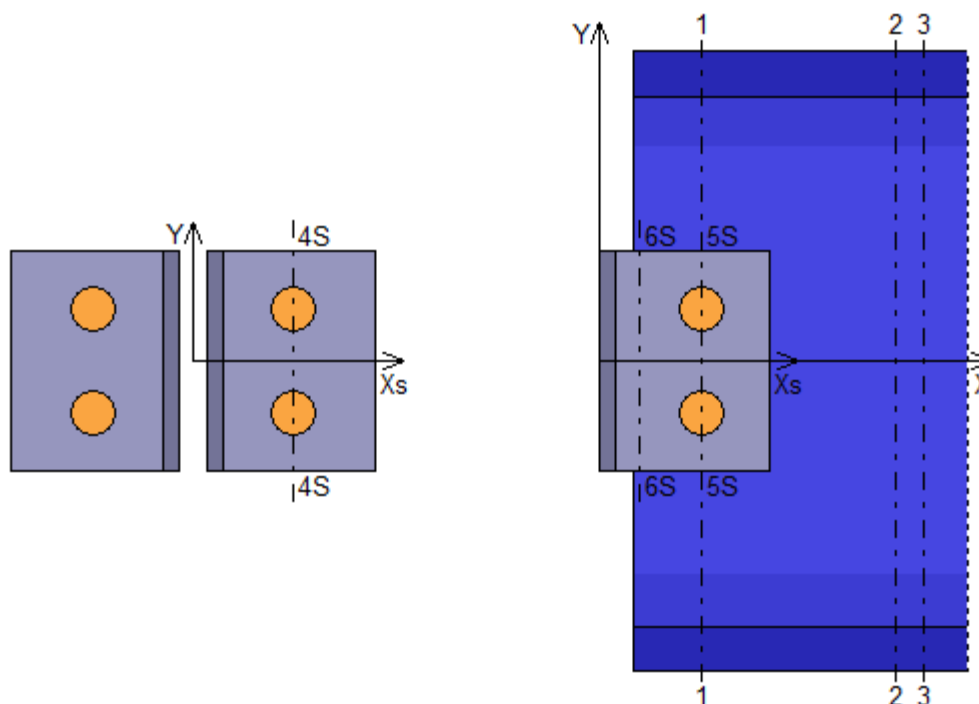
$F_{t,Rd}$ resistenza a trazione di progetto del bullone

$FV_1 = F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / (1.4 \cdot F_{t,Rd})$

$FV_2 = F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$

$FV_3 = F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$

VER $\rightarrow FV_i \leq 1$



Verifiche sezioni ridotte

Caratteristiche sezioni ridotte elemento

Sez.	X [mm]	Y _G [mm]	A [mm ²]	A _T [mm ²]	J _x [mm ⁴]	W _x [mm ³]
1	35.94	0.00	7113.0	1463.0	63449300	576812
2	105.25	0.00	7436.0	1786.0	63562240	577839
3	115.25	0.00	8076.0	1786.0	70234460	638495

Caratteristiche sezioni ridotte squadrette

Sez.	X [mm]	Y _G [mm]	A [mm ²]	A _T [mm ²]	J _x [mm ⁴]	W _x [mm ³]	J _y [mm ⁴]	W _y [mm ³]
4S	35.75	0.00	265.2	265.2	167769	4291	796	265
5S	35.94	0.00	530.4	530.4	335538	8582	-	-
6S	14.00	0.00	938.4	938.4	478212	12230	-	-

Sollecitazioni massime

Sez.	Nodo.CMB	V2 [N]	V3 [N]	N [N]	M2 [N mm]	M3 [N mm]
1	3630.44	1625.1	-	-6642.1	-	0.0
2	3630.66	1250.1	-	-10539.5	-	86647.3
3	3630.66	1250.1	-	-10539.5	-	99148.3
4S	3630.66	625.1	-5269.8	0.0	0.0	22345.5
5S	3630.66	1250.1	-	-10539.5	-	0.0
6S	3630.66	1250.1	-	-10539.5	-	-27424.4

Tensioni massime

Sez.	τ _{MED} [N/mm ²]	σ _{MAX} [N/mm ²]	σ _{ID} [N/mm ²]	FV	VER
1	1.11	0.93	2.14	0.01	Ok
2	0.70	1.57	1.98	0.01	Ok
3	0.70	1.46	1.90	0.01	Ok
4S	20.01	5.21	35.05	0.13	Ok
5S	2.36	19.87	20.29	0.08	Ok
6S	1.33	13.47	13.67	0.05	Ok

Legenda

$$FV = \sigma_{ID} / f_d$$

$$VER \rightarrow FV \leq 1$$

$$f_d = f_y / \gamma_{M0} \rightarrow f_d = 262.00 \text{ N/mm}^2 \text{ sia per l'elemento, sia per le squadrette}$$

15 CONCLUSIONI VERIFICHE DI RESISTENZA STATO DI PROGETTO

Pilastri in c.a.

Tipologia Verifica	Risultati Verifica
Verifica N/M: risultato della verifica a pressoflessione	I pilastri risultano verificati staticamente e sismicamente
Verifica V/T: lato calcestruzzo	I pilastri risultano verificati staticamente e sismicamente
Verifica V/T: lato acciaio	I pilastri risultano verificati staticamente e sismicamente

Travi in c.a.

Tipologia Verifica	Risultati Verifica
Verifica N/M: risultato della verifica a pressoflessione	Le travi risultano verificate sia staticamente, sia sismicamente.
Verifica V/T: lato calcestruzzo	Le travi risultano verificate sia staticamente, sia sismicamente.
Verifica V/T: lato acciaio	Le travi risultano verificate sia staticamente, sia sismicamente..

Nodi in in c.a.

Tipologia Verifica	Risultati Verifica
Verifica Nodi	I nodi Trave/pilastri di ogni livello con accelerazione pari a $0.10a_g$ non risultano verificati.

Elementi non Strutturali

Tipologia Elemento	Risultati Verifica
Muri divisorii/Tamponature	Necessitano il completo adeguamento sismico

La verifica agli SLU statici risulta soddisfatta

Fondazioni

Le fondazioni sono realizzate con plinti isolati, che non soddisfano alcun criterio di rigidità da imporre nelle costruzioni in zona sismica, sono complessivamente da rinforzare.

Solaio:

Dalle verifiche strutturali effettuate il solaio in c.a. necessita di rinforzo strutturale (non verifica a punzonamento), mentre i solai dei singoli piani risultano verificati.

Conclusioni le Verifiche sismiche: Si conclude che l'edificio risulta non verificato sismicamente con accelerazione pari a $0 a_g$ a causa della non verifica dei nodi travi pilastro. Risulta complessivamente verificato staticamente, nonché vi sono da eseguire rinforzi di dettaglio su alcuni elementi fragili sismicamente quali: Tramezzature, muri perimetrali, fondazioni isolate.

La nuova Struttura risulta complessivamente verificata e non vi sono aumenti della situazione di vulnerabilità della struttura esistente.

CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI

Le caratteristiche meccaniche dei materiali da utilizzare nelle verifiche, sono state desunte dalle relazioni dall'Impresa P&P LMC srl

Calcestruzzo

Il primo passo di analisi a partire dai dati sperimentali forniti dalla prova di compressione sulla carota estratta consiste nella determinazione della resistenza cubica del calcestruzzo in opera attraverso l'introduzione di una serie di parametri forniti dalla letteratura tecnica specializzata di settore in modo da tenere conto dei diversi effetti e fattori che caratterizzano la diversa resistenza di una carota estratta da un getto in opera rispetto ad un provino cubico, ovvero:

- Geometria della carota: snellezza della carota ($f_{h/d}$)
- Effetto derivante dall'azione della carotatrice (f_{tor})
- Effetto dovuto alla presenza di armature (f_{Fe})
- Effetto dovuto alla direzione di carotaggio rispetto a quella di getto (f_{dir})
- Effetto dell'età della carota (f_t) e della temperatura di maturazione in cantiere (f_T)

In definitiva, riassumendo quanto sopra, si può scrivere la formula più generale per il calcolo della resistenza cubica del calcestruzzo in opera:

$$R_{cub,opera, medio} = R_{carota,medio} \times f_{h/d} \times f_{Fe} \times f_{tor} \times f_{Dir} \times f_{dia} \times f_t \times f_T$$

Carota	$R_{carota,medio}$ [Mpa]	$F_{h/d}$	f_{tor}	f_{Fe}	f_{dir}	f_r	f_t	$R_{cub,opera, medio}$ [Mpa]
CA-1	12.5	1.32	1.10	1.03	1.07	1.00	1.00	20.00
CA-2	19.5	1.32	1.15	1.03	1.07	1.00	1.00	32.62
CA-3	15.6	1.32	1.15	1.03	1.07	1.00	1.00	26.09
Ca-4	14.5	1.32	1.12	1.03	1.07	1.00	1.00	23.63

$$R_{cm} = 25.58 \text{ MPa}$$

Acciaio D'armatura

Barra	$R_{carota,medio}$ [Mpa]
Arm -1	386
Arm - 2	513

Acciaio armatura: $f_{ym} = 450 \text{ Mpa}$

ACCIAIO CARPENTERIA

Acciaio da carpenteria metallica delle piastre e fazzoletti: S275JR

TRAVI IN LEGNO:

Solaio Classe: GL24h - EN14080:2013 Legno lamellare incollato

All. Riassunto Interventi

1. **Struttura mista di acciaio e legno:** La copertura sarà composta da capriate principali in acciaio (HEB 220) con travi secondarie in legno lamellare che si inseriscono nelle capriate stesse. Il doppio tavolato incrociato viene utilizzato per la finitura superiore, migliorando la stabilità e la distribuzione del carico.
2. **Capriate in acciaio:** Le capriate in acciaio, complete di monconi (a completo ripristino) per il collegamento alle travi di colmo (HEB 220), devono essere realizzate in officina e trasportate in cantiere per il montaggio. Queste capriate si appoggeranno sui pilastri esistenti, che devono essere identificati e verificati accuratamente durante il rilievo preliminare effettuato dall'Impresa esecutrice.
3. **Rilievo e verifica degli appoggi:** L'impresa costruttrice dovrà eseguire un rilievo preciso per verificare la posizione dei pilastri esistenti.
Questo passaggio è fondamentale per garantire che le capriate si appoggino correttamente e in sicurezza sui pilastri esistenti, evitando possibili problemi strutturali durante l'installazione.
4. **Montaggio in cantiere:** Una volta realizzate in officina, le capriate dovranno essere trasportate e montate in cantiere, facendo attenzione a tutti i dettagli relativi al corretto allineamento e al collegamento delle travi di colmo.

1. Preparazione preliminare:

- **Rilievo e verifica dei pilastri esistenti:** Identificazione e verifica della posizione dei pilastri sotto l'ultimo solaio, per garantire che possano supportare la nuova struttura.
- **Verifica delle condizioni strutturali esistenti:** Controllo dello stato dei pilastri e della parte di struttura su cui andranno ad appoggiarsi le nuove capriate.

2. Redazione del costruttivo e pianificazione:

- **Progetto costruttivo della struttura mista:** Redazione del progetto per la realizzazione delle capriate in acciaio (HEB 220) e delle travi secondarie in legno lamellare, includendo dimensionamenti, collegamenti e dettagli di montaggio.
- **Definizione del piano di lavoro in cantiere:** Pianificazione della logistica per il trasporto e il montaggio delle capriate in acciaio, e per l'installazione delle travi in legno.

3. Realizzazione delle capriate in acciaio:

- **Produzione in officina delle capriate:** Realizzazione delle capriate in acciaio, inclusi i monconi (a completo ripristino) per il collegamento alle travi di colmo (HEB 220).
- **Controllo di qualità:** Verifica della conformità delle capriate alle specifiche progettuali prima del trasporto in cantiere.

4. Preparazione del cantiere:

- **Pulizia e preparazione dell'area di lavoro:** Rimozione della vecchia copertura e preparazione della base per l'installazione delle nuove capriate e travi.
- **Posizionamento di ponteggi o strutture temporanee:** Allestimento di ponteggi per facilitare il montaggio della nuova copertura.

5. Montaggio della struttura:

- **Posizionamento delle capriate in acciaio:** Montaggio delle capriate in acciaio sui pilastri esistenti, collegando i monconi alle travi di colmo (HEB 220).
- **Allineamento e fissaggio delle capriate:** Controllo e regolazione delle capriate per garantire il corretto posizionamento, con il fissaggio definitivo.
- **Installazione delle travi secondarie in legno lamellare:** Posizionamento delle travi in legno lamellare che si inseriscono nelle capriate in acciaio.

6. Realizzazione della copertura:

- **Posizionamento del doppio tavolato incrociato:** Installazione del tavolato di copertura, che sarà realizzato in doppio strato incrociato per aumentare la rigidità e la stabilità della struttura.
- **Fissaggio e controllo:** Controllo del corretto fissaggio del tavolato e verifiche per la stabilità della nuova copertura.

7. Finitura e rifinitura:

- **Trattamento protettivo del legno:** Applicazione di trattamenti protettivi alle travi in legno lamellare per garantirne la durabilità nel tempo.
- **Controllo finale:** Verifica di tutti i collegamenti e delle condizioni strutturali, per garantire che l'opera sia conforme al progetto.

8. Pulizia e restituzione dell'opera:

- **Smaltimento dei materiali di scarto:** Rimozione dei detriti e materiali di scarto derivanti dalla demolizione e dalla costruzione.
- **Controllo finale di sicurezza:** Verifica finale della stabilità della nuova copertura e del corretto funzionamento.

Interventi Costruttivi

1. Assemblaggio in officina delle capriate

- Realizzazione delle capriate in acciaio, con saldature di alta qualità e monconi a pieno ripristino per garantire la massima resistenza e durata.
- Controllo qualità delle saldature e dei giunti, con eventuali prove di carico su componenti critici.

2. Trasporto delle capriate in cantiere

- Organizzazione del trasporto delle capriate saldate, tenendo conto delle dimensioni e del peso.
- Verifica del corretto arrivo dei componenti in cantiere senza danneggiarli durante il trasporto.

3. Assemblaggio delle capriate in cantiere

- Montaggio delle capriate saldate e assemblaggio delle varie sezioni, usando i monconi a pieno ripristino.
- Saldatura, rivettatura o fissaggio dei collegamenti in cantiere, se necessario.

4. Montaggio delle travi principali (HEB 220, 260, 200)

- Posizionamento delle travi principali sulla base di supporto, utilizzando gru o altri mezzi di sollevamento.

- Ancoraggio delle travi principali ai supporti, garantendo la stabilità strutturale.
- Verifica dell'allineamento delle travi.

5. **Posizionamento delle travi secondarie in legno lamellare**

- Montaggio delle travi secondarie in legno lamellare, che supportano la copertura e distribuiscono i carichi.
- Controllo delle dimensioni e della resistenza del legno lamellare.

1. **Posizionamento del tavolato incrociato**

- Posizionamento del primo strato di tavole in legno sulle travi secondarie, parallelamente alla direzione di carico, garantendo un'installazione precisa.
- Il secondo strato, che deve essere posato perpendicolarmente rispetto al primo, deve essere allineato correttamente per distribuire i carichi in modo ottimale.

2. **Fissaggio del doppio tavolato**

- Ogni strato di tavole deve essere ben fissato alla struttura sottostante (travi secondarie in legno lamellare). I collegamenti devono essere realizzati con viti o chiodature in modo che il tavolato resti ben saldo durante l'uso.
- Utilizzo di piastre o supporti per garantire una distribuzione uniforme del carico e per migliorare la rigidità della copertura.

3. **Controllo della planarità e allineamento**

- Durante il montaggio, è fondamentale monitorare che i tavolati siano posati correttamente, senza deformazioni o disallineamenti, per evitare punti di sollecitazione irregolare.

Fasi di Controllo e Collaudo

1. **Verifica finale della copertura**

- Una volta montata la copertura, è fondamentale effettuare un controllo completo della struttura, verificando la qualità dell'assemblaggio e l'efficacia del doppio tavolato incrociato nel distribuire i carichi.
- Controllo della resistenza del legno o del materiale scelto per il tavolato, e la sua durabilità nel tempo.