

---

# COMUNE DI LUCCA

## PROVINCIA DI LUCCA

---

---

LAVORI DI RESTAURO E RISANAMENTO  
CONSERVATIVO DELLE SERRE ORTO BOTANICO –  
LUCCA PT. 13/2024 – CUP PROGETTAZIONE  
J61E24000200004

≡ **VERIFICA TECNICA**

---

Fascicolo di Calcolo  
Spogliatoi – Analisi Push-Over

**A9-2**  
**25-016**

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	01/12/2025	Prima stesura	001S	001M	001S

COMMITTENTE:  
Comune di Lucca

TEAM DI PROGETTAZIONE  
Studio INTRE

Studio INTRE  
Tel. 0583 491507  
info@studiointre.it  
P.IVA 02197070465



**INTRE** <sup>TM</sup>

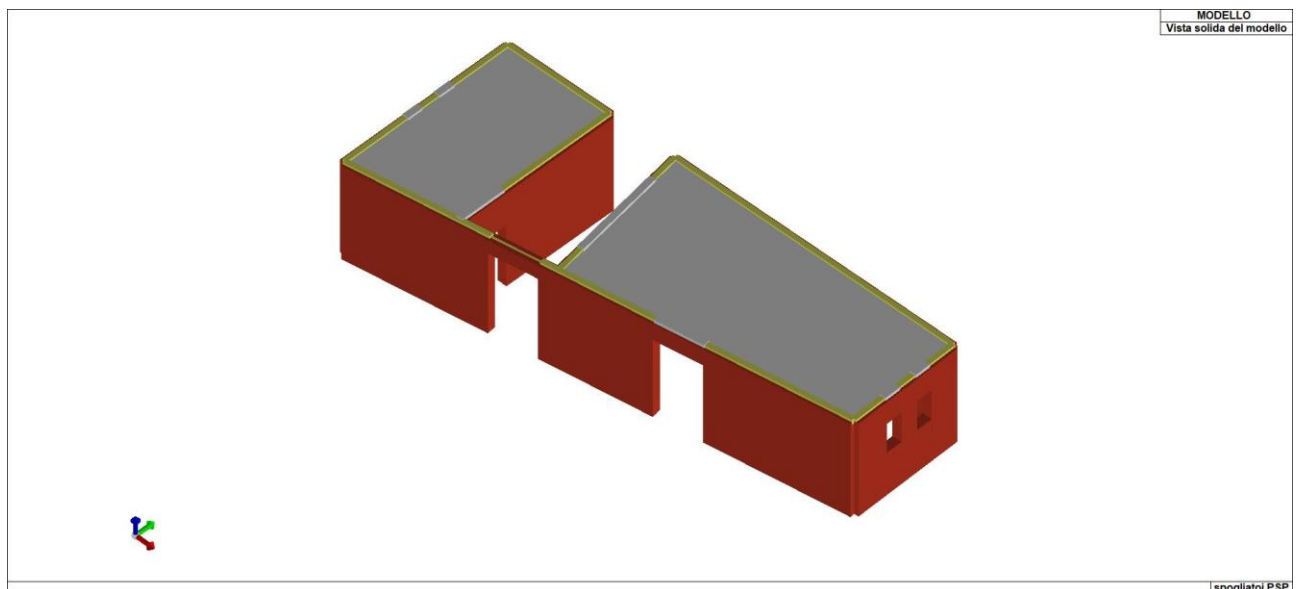
## INDICE

1. PREMESSA.....	3
1 RELAZIONE ILLUSTRATIVO SINTETICA .....	4
1.1 PREMESSA .....	4
1.2 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO ADOTTATO .....	4
1.3 DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA.....	4
2 MODELLAZIONE.....	6
2.1 ELEMENTI FINITI - SEZIONI E SPESSORI .....	7
3 CARATTERISTICHE MATERIALI UTILIZZATI .....	10
3.1 ELENCO DEI MATERIALI IMPIEGATI .....	10
4 NEVE E VENTO .....	12
5 ANALISI DEI CARICHI DEI SOLAI.....	14
6 AZIONE SISMICA.....	15
6.1 CALCOLO FATTORE DI COMPORTAMENTO .....	17
7 SCHEMATIZZAZIONE DEI CASI DI CARICO .....	22
8 DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI.....	30
8.1 TIPO DI ANALISI EFFETTUATE.....	31
8.2 COMBINAZIONI E/O PERCORSI DI CARICO.....	32
9 PRINCIPALI RISULTATI .....	32
10 SINTESI DELLE VERIFICHE DI SICUREZZA.....	34
11 LEGENDA TABELLA ANALISI SISMICHE NON LINEARI .....	35
12 GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI.....	85

## 1. PREMESSA



### Elaborato: RELAZIONE ILLUSTRATIVO SINTETICA



### Origine e Caratteristiche dei Codici di Calcolo

Codice di calcolo:	PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program
Versione:	PROFESSIONAL (build 2025-05-203)
Produttore-Distributore:	2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l. Via Garibaldi, 90 44121 Ferrara FE ( Italy) Tel. +39 0532 200091 <a href="http://www.2si.it">www.2si.it</a>
Codice Licenza:	Licenza dsi3098

In merito al punto 10.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (*Affidabilità dei codici utilizzati*), si fa riferimento al **Documento di Affidabilità** “Test di validazione del software di calcolo PRO\_SAP e dei moduli aggiuntivi PRO\_SAP Modulo Geotecnico, PRO\_CAD nodi acciaio e PRO\_MST” disponibile per il download sul sito: <https://www.2si.it/it/prodotti/affidabilita/>

## 1 RELAZIONE ILLUSTRATIVO SINTETICA

### 1.1 PREMESSA

Nella presente introduzione sono riportati i principali elementi di inquadramento del progetto esecutivo riguardante le strutture, in relazione agli strumenti urbanistici, al progetto architettonico, al progetto delle componenti tecnologiche in generale e alle prestazioni attese dalla struttura.

### 1.2 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO ADOTTATO

Le Norme e i documenti assunti a riferimento per la progettazione strutturale vengono indicati di seguito.

Progetto-verifica degli elementi	
Progetto cemento armato	D.M. 17-01-2018
Progetto acciaio	D.M. 17-01-2018
Progetto legno	D.M. 17-01-2018
Progetto muratura	D.M. 17-01-2018
Azione sismica	
Norma applicata per l' azione sismica	D.M. 17-01-2018

### 1.3 DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

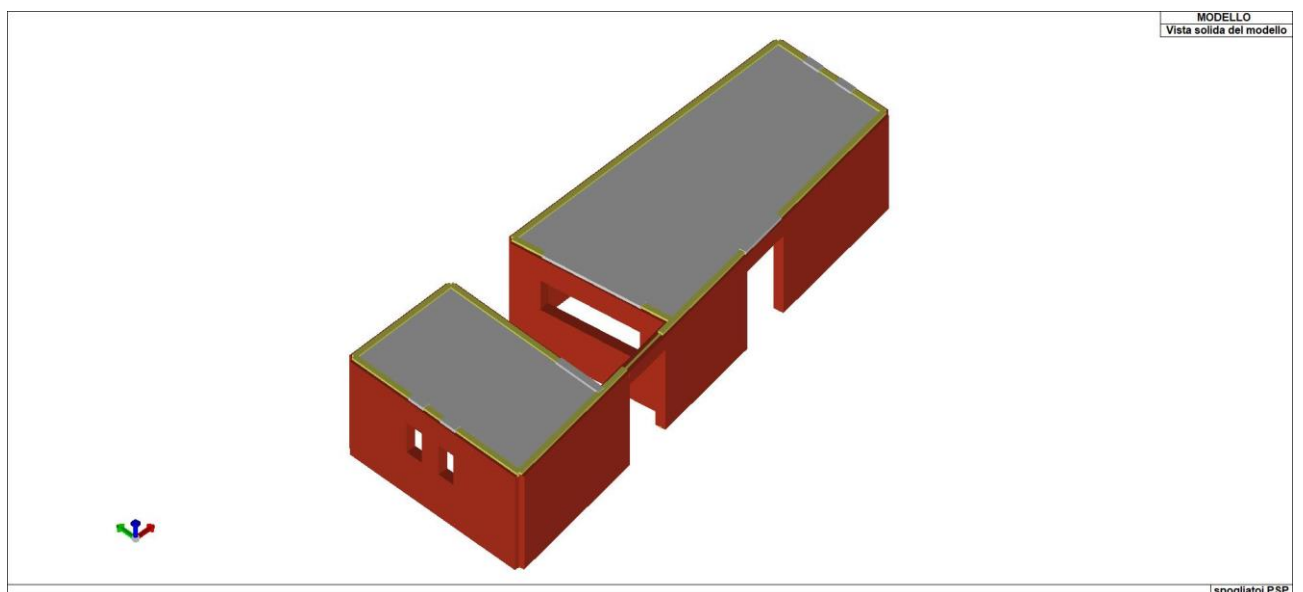
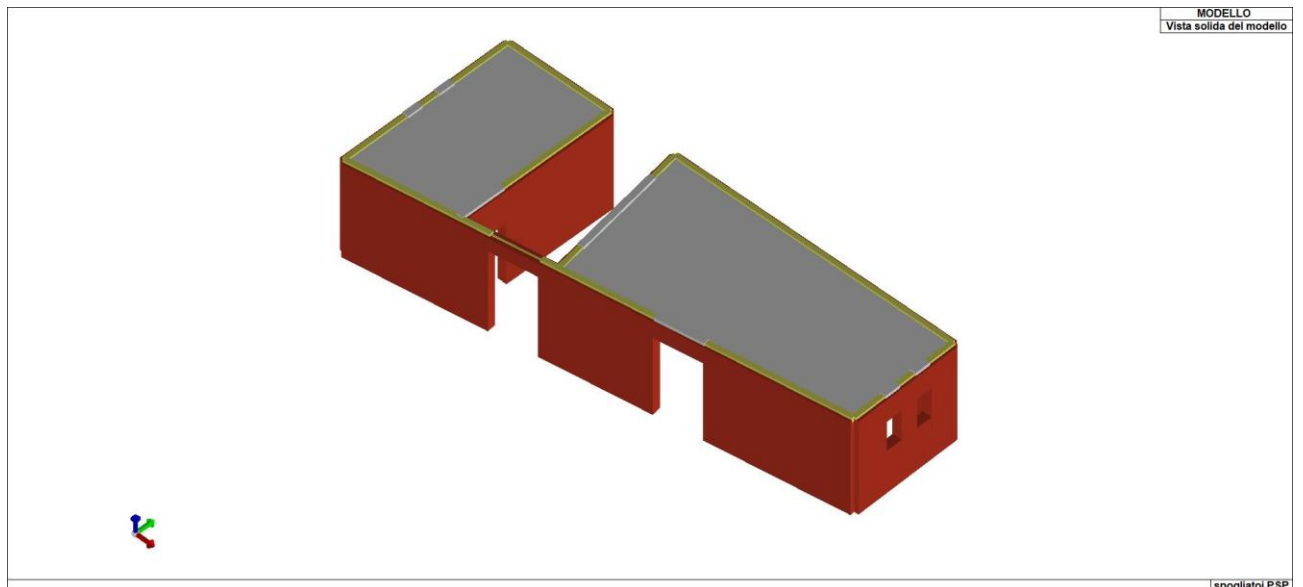
Descrizione generale dell'opera	
Opera di nuova realizzazione	Parzialmente esistente e nuova
Fabbricato ad uso	*SPOGLIATOIO- CENTRALE TERMICA*
Ubicazione	Comune di LUCCA (LU) (Regione TOSCANA)
	Località LUCCA (LU)
	Longitudine 10.505, Latitudine 43.843 (Riferimento WGS84)
Numero di piani	Fuori terra *1*
	Interrati *0*
	Le dimensioni dell'opera in pianta sono racchiuse in un rettangolo di *15*6m*
Numero vani scale	*0*
Numero vani ascensore	*0*
Tipo di fondazione	Travi rovesce

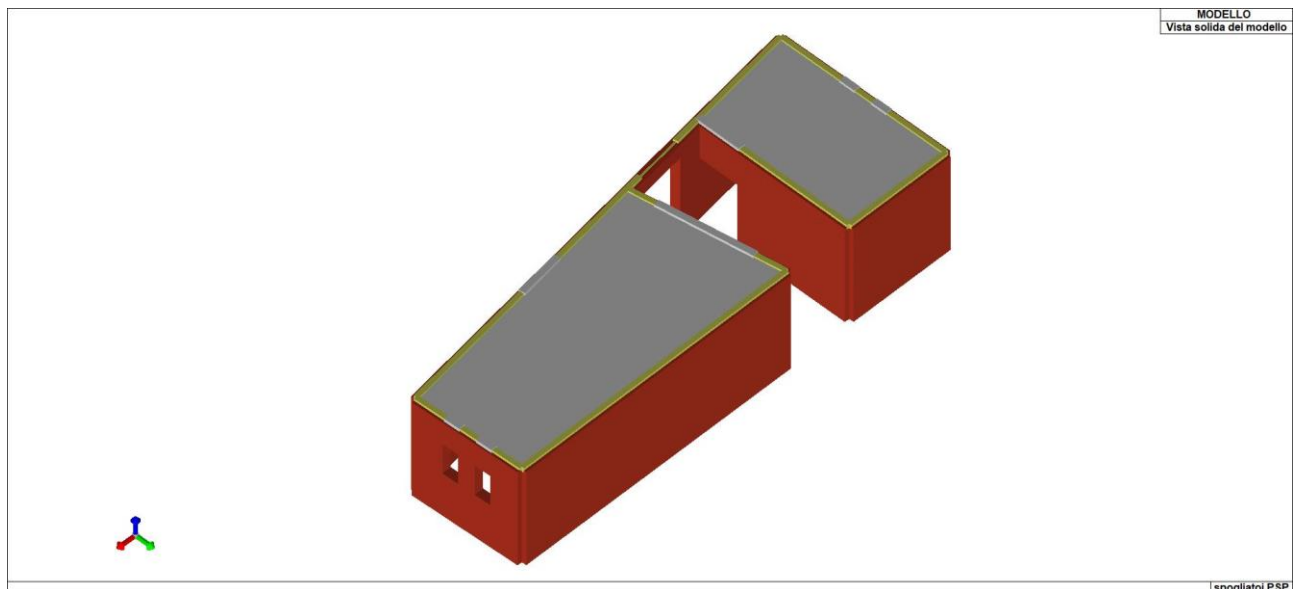
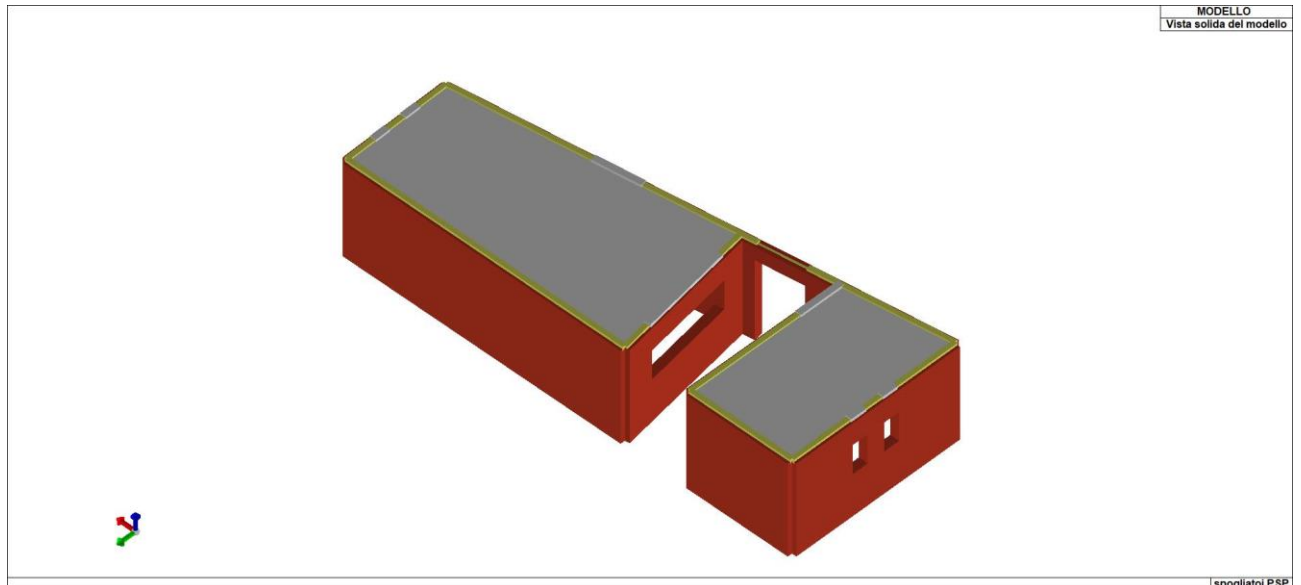
Materiali impiegati	
Cemento Armato	SI
Acciaio	NO
Legno	NO
Muratura	SI

Principali caratteristiche della struttura	
Struttura regolare in pianta	NO
Struttura regolare in altezza	SI
Classe di duttilità	-
Elementi non strutturali	*NO*
Elementi secondari	*NO*
Elementi in falso	*NO*
Condizioni per cui è necessario considerare la componente verticale del sisma	*NO*
Analisi per carichi non sismici	SI
Analisi sismica	Statica non lineare
Verifica SLD di resistenza	NO

Parametri della struttura			
Classe d'uso	Vita Vn [anni]	Coeff. Uso	Periodo Vr [anni]
III	50.0	1.5	75.0

Di seguito si riportano le immagini del modello strutturale:





## 2 MODELLAZIONE

L'analisi strutturale è condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tenso-deformativo indotto da carichi statici. L'analisi strutturale è condotta con il metodo dell'analisi modale e dello spettro di risposta in termini di accelerazione per la valutazione dello stato tenso-deformativo indotto da carichi dinamici (tra cui quelli di tipo sismico).

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti. Il metodo sopraindicato si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi solo in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi. I nodi sono definiti dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale. Le incognite del problema (nell'ambito del metodo degli spostamenti) sono le componenti di spostamento dei nodi riferite al sistema di riferimento globale (traslazioni secondo X, Y, Z, rotazioni attorno X, Y, Z). La soluzione del problema si ottiene con un sistema di equazioni algebriche lineari i cui termini noti sono costituiti dai carichi agenti sulla struttura opportunamente concentrati ai nodi:

$$\mathbf{K} * \mathbf{u} = \mathbf{F} \quad \text{dove} \quad \mathbf{K} = \text{matrice di rigidezza}$$

$$\mathbf{u} = \text{vettore spostamenti nodali}$$

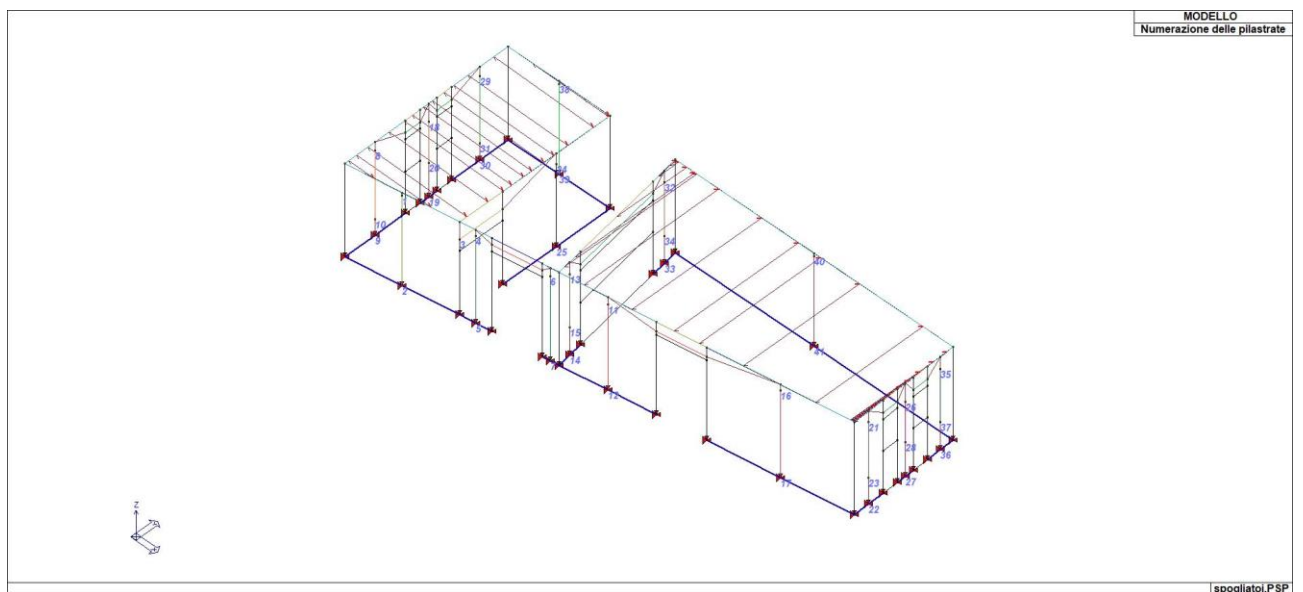
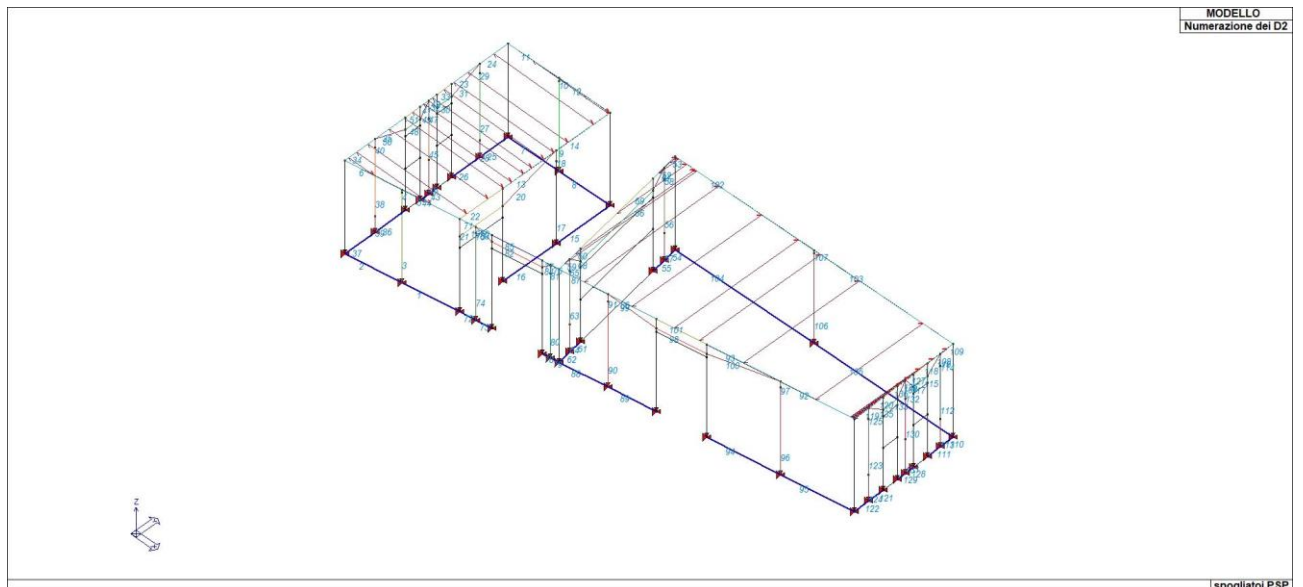
$\mathbf{F}$  = vettore forze nodali

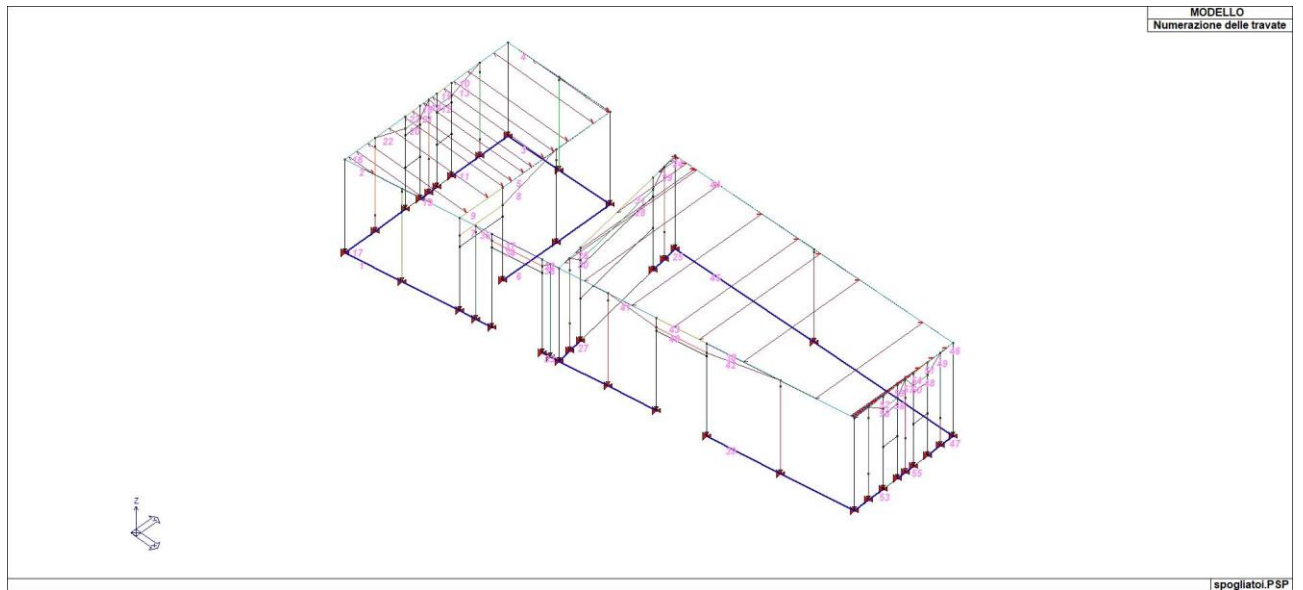
Dagli spostamenti ottenuti con la risoluzione del sistema vengono quindi dedotte le sollecitazioni e/o le tensioni di ogni elemento, riferite generalmente a una terna locale all'elemento stesso.

Il sistema di riferimento utilizzato è costituito da una terna cartesiana destrorsa XYZ. Si assume l'asse Z verticale ed orientato verso l'alto.

## 2.1 ELEMENTI FINITI – SEZIONI E SPESSORI

A seguire si riportano le immagini relative alle numerazioni di interesse:





Si riportano di seguito le caratteristiche di sezioni e spessori degli elementi strutturali, in formato tabellare e immagini:

TABELLA\_SEZIONI

Id	Tipo SEZ	Area cm2	A V2 cm2	A V3 cm2	Jt cm4	J 2-2 cm4	J 3-3 cm4	W 2-2 cm3	W 3-3 cm3	Wp 2-2 cm3	Wp 3-3 cm3
1	Rettangolare: b=45 h=25	1125.00	937.50	937.50	1.523e+05	1.898e+05	5.859e+04	8437.50	4687.50	1.266e+04	7031.25
20	Rettangolare: b=15 h=15	225.00	187.50	187.50	7116.25	4218.75	4218.75	562.50	562.50	843.75	843.75
21	Rettangolare: b=5 h=5	25.00	20.83	20.83	87.85	52.08	52.08	20.83	20.83	31.25	31.25
23	Rettangolare: b=10 h=10	100.00	83.33	83.33	1405.68	833.33	833.33	166.67	166.67	250.00	250.00
169	Rettangolare: b=30 h=342.117	1.026e+04	8552.93	8552.93	2.909e+06	7.698e+05	1.001e+08	5.132e+04	5.852e+05	7.698e+04	8.778e+05
170	Rettangolare: b=30 h=370.3	1.111e+04	9257.50	9257.50	3.163e+06	8.332e+05	1.269e+08	5.554e+04	6.856e+05	8.332e+04	1.028e+06
171	Rettangolare: b=30 h=100	3000.00	2500.00	2500.00	7.299e+05	2.250e+05	2.500e+06	1.500e+04	5.000e+04	2.250e+04	7.500e+04
172	Rettangolare: b=20 h=20	400.00	333.33	333.33	2.249e+04	1.333e+04	1.333e+04	1333.33	1333.33	2000.00	2000.00
173	Rettangolare: b=30 h=343.459	1.030e+04	8586.48	8586.48	2.921e+06	7.728e+05	1.013e+08	5.152e+04	5.898e+05	7.728e+04	8.847e+05
174	Rettangolare: b=30 h=195.11	5853.30	4877.75	4877.75	1.586e+06	4.390e+05	1.857e+07	2.927e+04	1.903e+05	4.390e+04	2.855e+05
175	Rettangolare: b=30 h=65	1950.00	1625.00	1625.00	4.149e+05	1.462e+05	6.866e+05	9750.00	2.112e+04	1.462e+04	3.169e+04
176	Rettangolare: b=30 h=209.864	6295.92	5246.60	5246.60	1.719e+06	4.722e+05	2.311e+07	3.148e+04	2.202e+05	4.722e+04	3.303e+05
177	Rettangolare: b=30 h=58.3216	1749.65	1458.04	1458.04	3.548e+05	1.312e+05	4.959e+05	8748.24	1.701e+04	1.312e+04	2.551e+04
178	Rettangolare: b=30 h=92.162	2764.86	2304.05	2304.05	6.594e+05	2.074e+05	1.957e+06	1.382e+04	4.247e+04	2.074e+04	6.370e+04
179	Rettangolare: b=30 h=88.8484	2665.45	2221.21	2221.21	6.295e+05	1.999e+05	1.753e+06	1.333e+04	3.947e+04	1.999e+04	5.921e+04
180	Rettangolare: b=30 h=97.2407	2917.22	2431.02	2431.02	7.051e+05	2.188e+05	2.299e+06	1.459e+04	4.728e+04	2.188e+04	7.092e+04

TABELLA_SEZIONI											
Id	Tipo SEZ	Area	A V2	A V3	Jt	J 2-2	J 3-3	W 2-2	W 3-3	Wp 2-2	Wp 3-3
-	-	cm2	cm2	cm2	cm4	cm4	cm4	cm3	cm3	cm3	cm3
181	Rettangolare: b=30 h=51.8972	1556.92	1297.43	1297.43	2.970e+05	1.168e+05	3.494e+05	7784.58	1.347e+04	1.168e+04	2.020e+04
182	Rettangolare: b=30 h=45	1350.00	1125.00	1125.00	2.349e+05	1.012e+05	2.278e+05	6750.00	1.012e+04	1.012e+04	1.519e+04
183	Rettangolare: b=30 h=291.562	8746.86	7289.05	7289.05	2.454e+06	6.560e+05	6.196e+07	4.373e+04	4.250e+05	6.560e+04	6.376e+05
184	Rettangolare: b=30 h=441.929	1.326e+04	1.105e+04	1.105e+04	3.807e+06	9.943e+05	2.158e+08	6.629e+04	9.765e+05	9.943e+04	1.465e+06
185	Rettangolare: b=30 h=934.435	2.803e+04	2.336e+04	2.336e+04	8.240e+06	2.102e+06	2.040e+09	1.402e+05	4.366e+06	2.102e+05	6.549e+06
186	Rettangolare: b=30 h=91.9072	2757.22	2297.68	2297.68	6.571e+05	2.068e+05	1.941e+06	1.379e+04	4.223e+04	2.068e+04	6.335e+04
187	Rettangolare: b=30 h=102.172	3065.15	2554.29	2554.29	7.494e+05	2.299e+05	2.666e+06	1.533e+04	5.220e+04	2.299e+04	7.829e+04
188	Rettangolare: b=30 h=56.4282	1692.85	1410.71	1410.71	3.378e+05	1.270e+05	4.492e+05	8464.24	1.592e+04	1.270e+04	2.388e+04

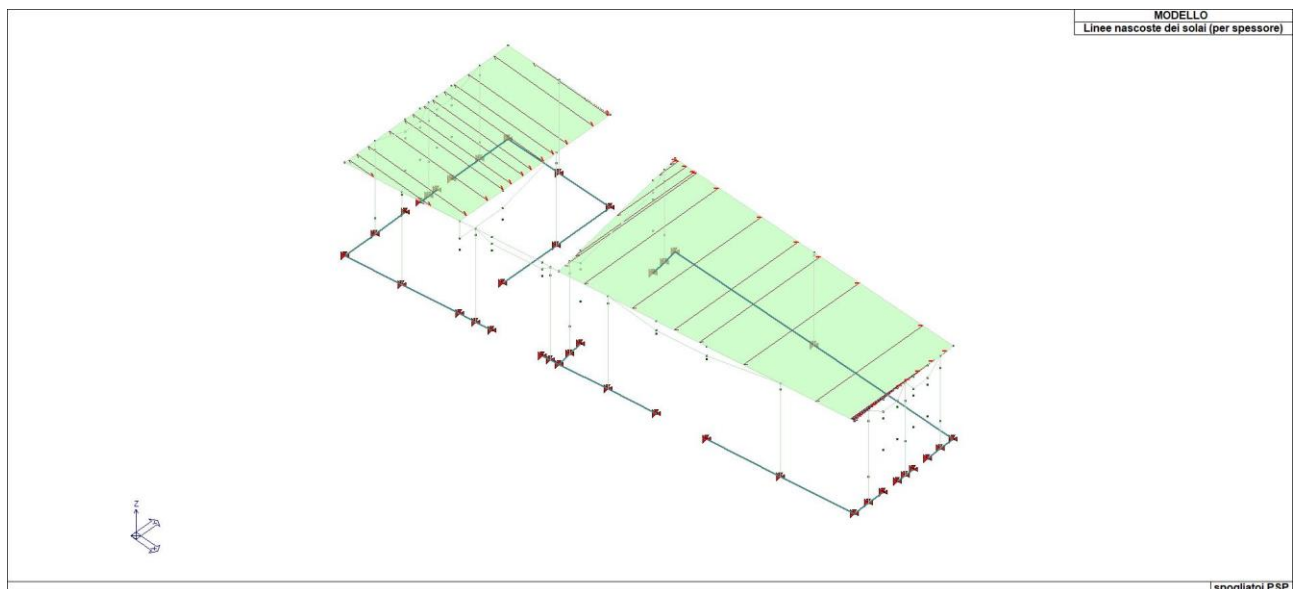
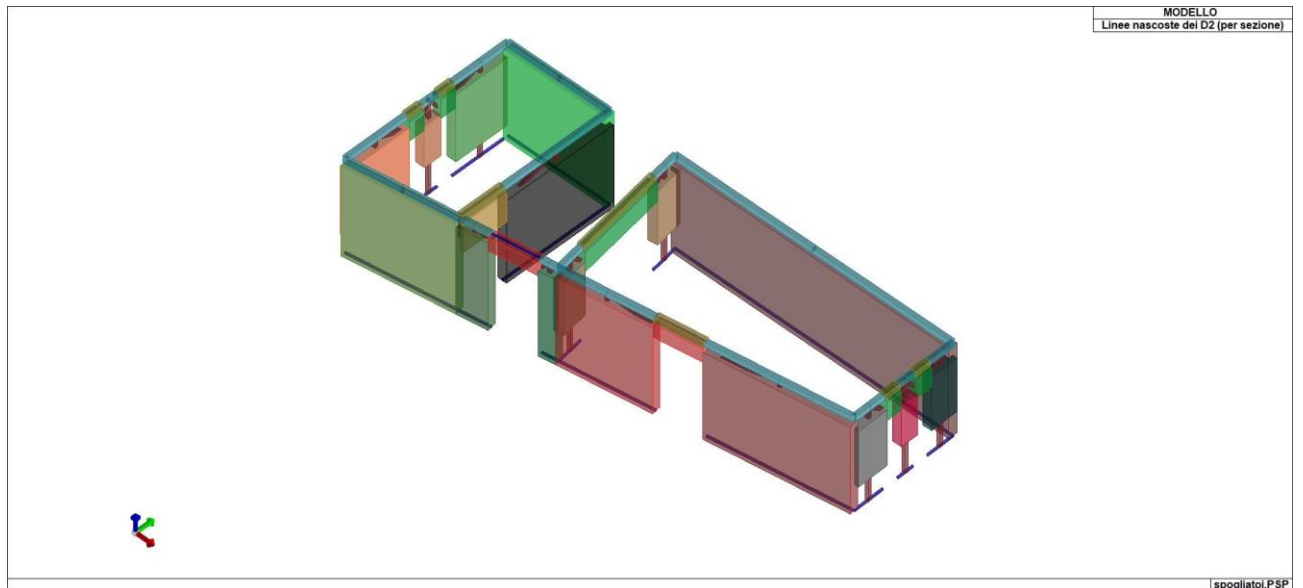
## Legenda

Tipo SEZ	Indica il nome identificativo e la tipologia di sezione
Area	Area della sezione
A V2	Area della sezione/Fattore di taglio (direzione 2)
A V3	Area della sezione/Fattore di taglio (direzione 3)
Jt	Momento di inerzia torsionale della sezione
J 2-2	Momento di inerzia della sezione riferito all'Asse 2
J 3-3	Momento di inerzia della sezione riferito all'Asse 3
W 2-2	Modulo di resistenza della sezione riferito all'Asse 2
W 3-3	Modulo di resistenza della sezione riferito all'Asse 3
Wp 2-2	Modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'Asse 2
Wp 3-3	Modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'Asse 3

TABELLA_SPESSORI				
Id		Spessore Gusci	Spessore Setti	Sp. solai piano rigido
-	-	cm	cm	cm
1		-	-	4.00

## Legenda

Spessore Gusci	Spessore degli elementi shell con sviluppo orizzontale
Spessore Setti	Spessore degli elementi shell con sviluppo verticale



### 3 CARATTERISTICHE MATERIALI UTILIZZATI

Nell'esecuzione delle opere oggetto della presente relazione è previsto l'utilizzo dei seguenti materiali con le relative caratteristiche:

#### 3.1 ELENCO DEI MATERIALI IMPIEGATI

[172]- MATERIALE PER FONDAZIONE -			
Id	-	materiale E = 210.00 [w= 0.0]	u.m.
172	-	< MATERIALE NUOVO >	-

[1]- MATERIALE PER ELEVAZIONE -			
Id	-	Calcestruzzo Classe C25/30	u.m.
1	-	< MATERIALE NUOVO >	-

## [1]- MATERIALE PER ELEVAZIONE -

Calcestruzzo Classe C25/30				
Id	-	-	-	u.m.
		Resistenza caratteristica cubica Rck	300.0	daN/cm2
		Resistenza caratteristica cilindrica fck	249.0	daN/cm2
		Resistenza fctm	25.6	daN/cm2
		Tensione caratteristica di snervamento acciaio	4500.0	daN/cm2
		Tipo acciaio	tipo C	
		Coefficiente gamma c	1.50	
		Coefficiente gamma s	1.15	
		Rapporto Rfessurata (assiale)	1.00	
		Rapporto Rfessurata (flessione)	1.00	
		Rapporto Rfessurata (taglio)	1.00	

## [103]- MATERIALE PER ELEVAZIONE -

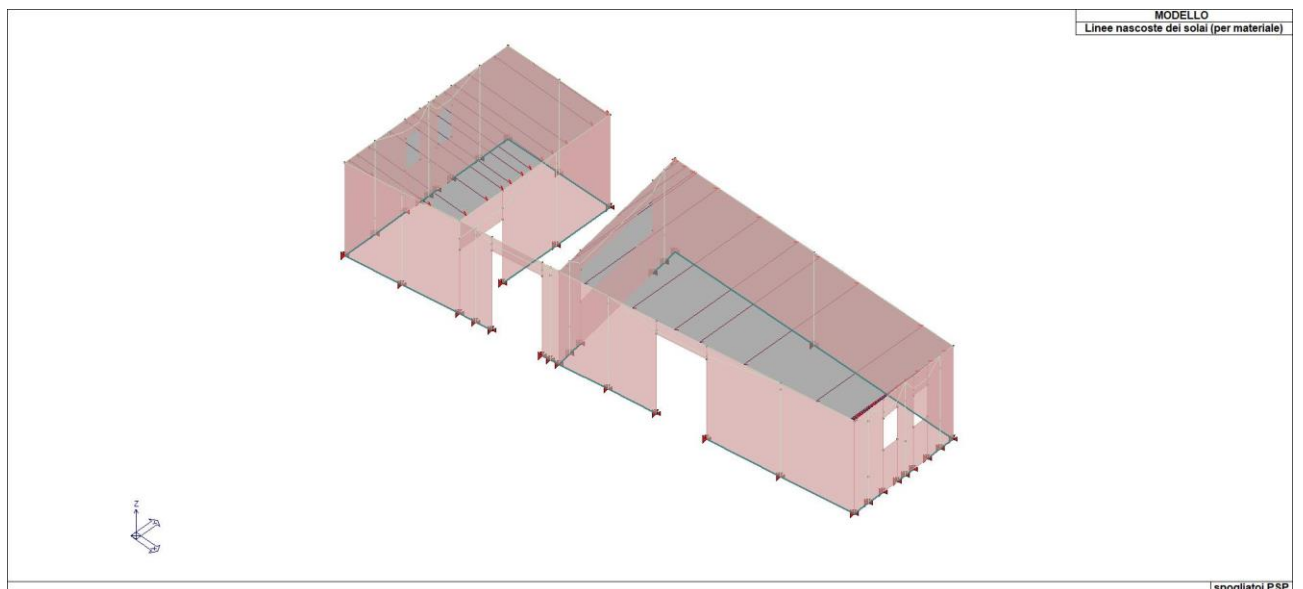
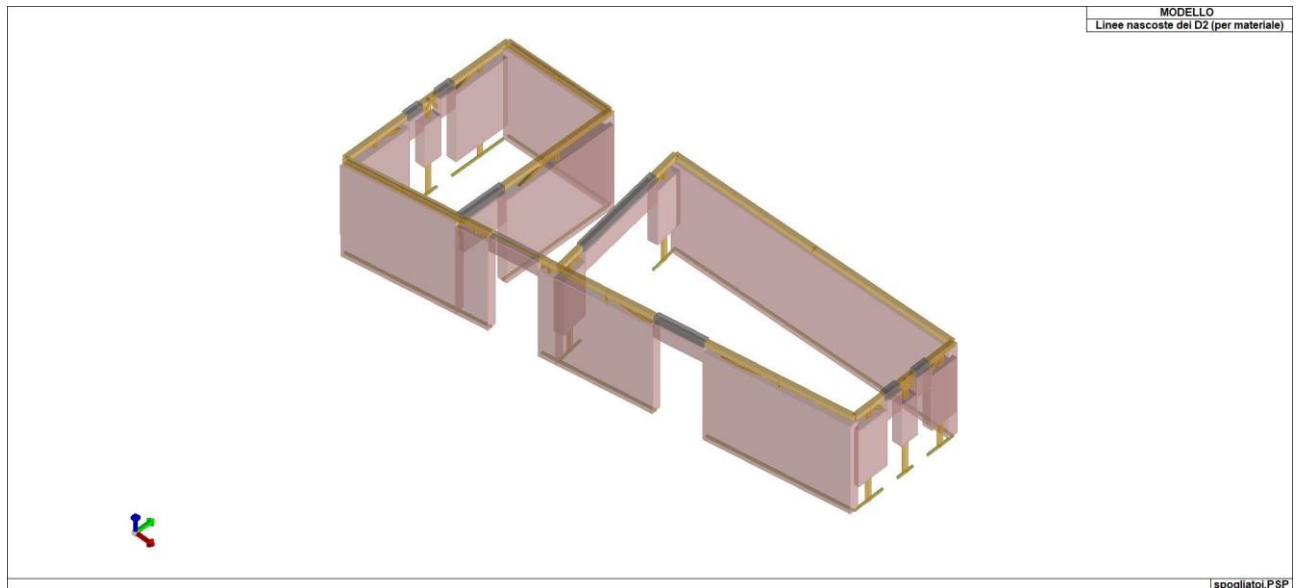
Muratura in blocchi laterizi semipieni (perc. foratura < 45%) - Circ. n617/2009 - LC2 - muratura E = 4.500e+04				
Id	-	-	-	u.m.
103		< MATERIALE ESISTENTE >		
		Fattore di confidenza FC m	1.20	
		Resistenza f (v. medio)	50.0	daN/cm2
		Resistenza fh (v. medio)	25.0	daN/cm2
		Resistenza fv0 (v. medio)	3.5	daN/cm2
		Resistenza fv0h (v. medio)	3.5	daN/cm2
		Resistenza tau0 (v. medio)	3.5	daN/cm2
		Resistenza fvlm (v. medio)	7.4	daN/cm2
		Resistenza fb (normalizzata)	80.0	daN/cm2
		Resistenza fb (v. medio)	100.0	daN/cm2
		Resistenza fbh (v. medio)	20.0	daN/cm2
		Resistenza fbt (v. medio)	10.0	daN/cm2
		Coefficiente mu tilda	0.58	
		Coefficiente fi	0.50	
		Coefficiente gammaM (CMB non sismiche)	3.00	
		Coefficiente gammaM (CMB sismiche)	2.40	
		Rapporto Rfessurata (assiale)	1.00	
		Rapporto Rfessurata (flessione)	1.00	
		Rapporto Rfessurata (taglio)	1.00	

## [171]- MATERIALE PER ELEVAZIONE -

materiale E = 2.100e+11 [w= 0.0]				
Id	-	-	-	u.m.
171		< MATERIALE NUOVO >		

## [172]- MATERIALE PER ELEVAZIONE -

materiale E = 210.00 [w= 0.0]				
Id	-	-	-	u.m.
172		< MATERIALE NUOVO >		



## 4 NEVE E VENTO

Si riportano a seguire i calcoli effettuati per la determinazione delle azioni di neve e vento.

### LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

Ubicazione:

Località	LUCCA
Provincia	LUCCA
Regione	TOSCANA
Latitudine	43,84300 N
Longitudine	10,50500 E
Altitudine s.l.m.	19,0 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 Tr = 50 anni);

Zona	Esposizione	Ce	TR	as	qsk
II	Zona normale	1,00	50 anni	19 m	100,00

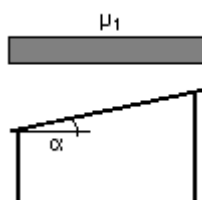
Copertura ad una falda:

Angolo di inclinazione della falda  $\alpha = 16,0^\circ$

- Falda con presenza di barriera o impedimento allo scivolamento della neve.

$\mu_1 = 0,80 \Rightarrow Q_1 = 80 \text{ daN/mq}$

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:

$$Vb = Vb,0 \text{ per } as \leq a0$$

$$Vb = Vb,0 (1 + ks ((as / a0) - 1)) \text{ per } a0 < as \leq 1500 \text{ m}$$

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

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

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
3	27 m/s	500 m	0,37	19 m	50 anni	27,00 m/s	1,000	27,00 m/s

Pressione cinetica di riferimento,  $qr = \rho Vr^2 / 2 = 46 \text{ daN/mq}$

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

Esposizione: Cat. IV - Entroterra tra 10 e 40 km dalla costa

Da cui i parametri della tabella 3.3.II delle NTC

Kr	z0	z min
0,22	0,30 m	8 m

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

Aree urbane con almeno il 15% della superficie coperta da edifici la cui altezza media superi 15 m

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	1,63	6,53 m

**Pressione del vento**

$p = q_r C_e C_p C_d = 74 \text{ daN/mq}$

**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:

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

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

dove as è l'altitudine di riferimento

Zona	as	T min	T max
I	19 m	-15,08 °C	41,89 °C

## 5 ANALISI DEI CARICHI DEI SOLAI

Si riportano di seguito l'analisi dei carichi relative ai solai presenti nella struttura in oggetto:

TABELLA\_CARICHI\_SOLAI

ID Arch.	Tipo SOL	G1	G2	Q	Fatt. A	s sis.	Psi 0	Psi 1	Psi 2	Psi S 2	Fatt. Fi
-	-	daN/ m2	daN/ m2	daN/ m2	-	-	-	-	-	-	-
1	Variab.	150.00		400.00		1.00	0.70	0.70	0.60	0.60	1.00
4	Neve	300.00	335.00	80.00		1.00	0.50	0.20	0.0	0.0	1.00
	Variab.						0.0	0.0	0.0		

**Legenda**

Tipo SOL Indica la destinazione d'uso sulla base del carico variabile

G1 Carichi permanenti

G2 Carichi permanenti non strutturali

Q Carichi variabili e neve

Fatt. A Fattore di riduzione dell'area caricata (solo per solai speciali)

s sis. Coefficiente di riduzione del sovraccarico accidentale -(DM 96)-

Psi 0 Coefficiente di combinazione -(tab. 2.5.I NTC2018)-

Psi 1 Coefficiente di combinazione -(tab. 2.5.I NTC2018)-

Psi 2 Coefficiente di combinazione -(tab. 2.5.I NTC2018)-

Psi S 2 Coefficiente di combinazione che fornisce il valore Quasi Permanente dell'azione variabile Qi -(OPCM 3274)-

Fatt. Fi Coefficiente che tiene conto della probabilità che tutti i carichi siano presenti sull'intera struttura durante l'azione sismica -(OPCM 3274)-

**1 - scale**

Per il solaio si adottano i seguenti carichi in daN/mq:

Permanente G1	Permanente G2	Variabile Q
150.0	0.0	400.0

Coefficienti di combinazione carichi variabili:  $\psi_0 = 0.70$ ,  $\psi_1 = 0.70$ ,  $\psi_2 = 0.60$

**4 - copertura**

**Descrizione:**

Solaio a struttura mista in laterocemento realizzato con travetti binati di calcestruzzo armato gettati entro fondelli di laterizio con traliccio metallico.

**Carichi permanenti strutturali** [daN/mq]

- solaio c.a. s=20+4 i=50 cm	294.0
<b>Totale carichi G1</b>	<b>294.0</b>

**Carichi permanenti portati** [daN/mq]

- copertura in coppi	75.0
- intonaco (s=1.5 cm)	30.0
<b>Totale carichi G2</b>	<b>105.0</b>

**Carichi variabili** [daN/mq]

<b>Sovraccarico neve Qneve</b>	<b>80.0</b>
--------------------------------	-------------

Per il solaio si adottano i seguenti carichi in daN/mq:

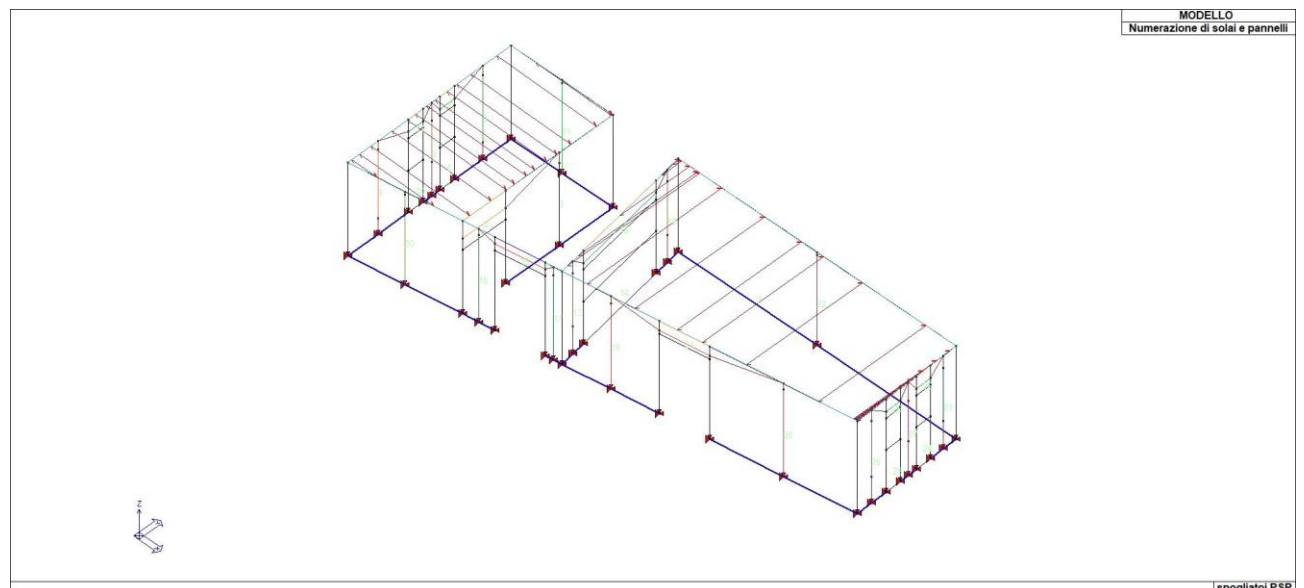
Permanente G1	Permanente G2	Variabile Q	Neve
300.0	335.0	0.0	80.0

Categoria carichi variabili: B1 - Uffici - Uffici non aperti al pubblico.

Coefficienti di combinazione:  $\psi_0 = 0.00$ ,  $\psi_1 = 0.00$ ,  $\psi_2 = 0.00$

Categoria carichi: .

Coefficienti di combinazione:  $\psi_0 = 0.50$ ,  $\psi_1 = 0.20$ ,  $\psi_2 = 0.00$



## 6 AZIONE SISMICA

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente orizzontale del moto sismico,  $S_e$ , è definito dalle seguenti espressioni:

Dove per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti  $S_S$  e  $C_C$  valgono 1; mentre per le categorie di sottosuolo **B, C, D, E** i coefficienti  $S_S$  e  $C_C$  vengono calcolati mediante le espressioni riportate nella seguente Tabella

Categoria sottosuolo	$S_S$	$C_C$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Per tenere conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S_T$  riportati nella seguente Tabella

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale del moto sismico,  $S_{ve}$ , è definito dalle espressioni:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

I valori di  $S_S$ ,  $T_B$ ,  $T_C$  e  $T_D$ , sono riportati nella seguente Tabella

Categoria di sottosuolo	$S_S$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

La struttura è localizzata in:

Localizzazione
Località LUCCA (LU)
Comune di LUCCA (LU)
Regione TOSCANA
Longitudine 10.505, Latitudine 43.843 (Riferimento WGS84)

L'azione sismica viene definita in relazione a un periodo di riferimento  $V_r$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale per il coefficiente d'uso (vedi tabella Parametri della struttura). Fissato il periodo di riferimento  $V_r$  e la probabilità di superamento  $P_{ver}$  associata a ciascuno degli stati limite considerati, si ottiene il periodo di ritorno  $T_r$  e i relativi parametri di pericolosità sismica (vedi tabella successiva):

ag: accelerazione orizzontale massima del terreno;

Fo: valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;  
 T\*c: periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

Parametri della struttura						
Classe d'uso	Vita Vn	Coeff. Uso	Periodo Vr	Tipo di suolo	Categoria topografica	Quota relativa
	[anni]		[anni]			[%]
III	50.0	1.5	75.0	C	T1	-

La risposta sismica locale (RSL) è definita come da NTC 2018 Tab. 3.2.II e Tab. 3.2.III

## 6.1 CALCOLO FATTORE DI COMPORTAMENTO

Principali caratteristiche della struttura	
Opera di nuova realizzazione	Parzialmente esistente e nuova
Struttura regolare in pianta	NO
Struttura regolare in altezza	SI
Classe di duttilità	-
Analisi per carichi non sismici	SI
Analisi sismica	Statica non lineare
Verifica SLD di resistenza	NO

Fattori di comportamento utilizzati SLU			
	Dissipativi	Verifiche fragili	Non Dissipativi
q SLU x	1.00	1.00	1.00
q SLU y	1.00	1.00	1.00
q SLU z	1.00	-	-

Fattori di comportamento utilizzati SLD	
q SLD x	1.00
q SLD y	1.00
q SLD z	1.00
Eta SLO	1.00

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

Caratteristiche costruzione	
Tipologia	Esistente
Regolarità pianta	NO
Regolarità altezza	SI
Classe di duttilità	progettazione con metodo con fattore q
Sistema costruttivo	Calcestruzzo o acciaio

Parametri	
q <sub>p</sub>	1.000

Fattori di comportamento		
	Dissipativi	Verifiche fragili
q SLU x	1.000	1.000
q SLU y	1.000	1.000
q SLU z	1.000	

Si riportano di seguito, per completezza, le videate delle opzioni così come impostate nel programma:

**Classe d'uso**

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

II edifici ordinari

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

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

---

**Pericolosità e zonazione**

pericolosità sismica

agS per SLV:

Modalità di progettazione semplificata per agS < 0.075

**Strutture esistenti**

LC1: conoscenza limitata

LC2: conoscenza adeguata

LC3: conoscenza accurata

Fattore di confidenza FC:

**Categoria di suolo di fondazione**

A Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi ...

B Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti ...

C Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti ...

D Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti ...

E Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D ...

**Categoria topografica**

T1

T2 in sommità al pendio

T3 in cresta al rilievo con moderata

T4 in cresta al rilievo

quota relativa (%)

**Spettri di progetto**

Usa spettri esterni

**Parametri e fattori spettrali**

S.L.	ag	S	Fo	Fv	TB	TC	TD
SLO	<input type="text" value="0.050"/>	<input type="text" value="1.500"/>	<input type="text" value="2.550"/>	<input type="text" value="0.773"/>	<input type="text" value="0.138"/>	<input type="text" value="0.413"/>	<input type="text" value="1.802"/>
SLD	<input type="text" value="0.061"/>	<input type="text" value="1.500"/>	<input type="text" value="2.578"/>	<input type="text" value="0.857"/>	<input type="text" value="0.142"/>	<input type="text" value="0.427"/>	<input type="text" value="1.842"/>
SLV	<input type="text" value="0.147"/>	<input type="text" value="1.491"/>	<input type="text" value="2.376"/>	<input type="text" value="1.229"/>	<input type="text" value="0.154"/>	<input type="text" value="0.462"/>	<input type="text" value="2.187"/>
SLC	<input type="text" value="0.185"/>	<input type="text" value="1.435"/>	<input type="text" value="2.389"/>	<input type="text" value="1.386"/>	<input type="text" value="0.157"/>	<input type="text" value="0.472"/>	<input type="text" value="2.338"/>
Verticale per tutti:	<input type="text" value="1.000"/>				<input type="text" value="0.050"/>	<input type="text" value="0.150"/>	<input type="text" value="1.000"/>
eta SLO	<input type="text" value="1.0"/>	q SLD x	q SLD y	q SLD z	q SLU x	q SLU y	q SLU z
	<input type="text" value="1.0"/>	<input type="text" value="1.0"/>	<input type="text" value="1.0"/>	<input type="text" value="1.0"/>	<input type="text" value="1.0"/>	<input type="text" value="1.0"/>	<input type="text" value="1.0"/>
	<input type="text" value="Smorzamento..."/>				<input type="text" value="1.0"/>	<input type="text" value="1.0"/>	<= Esistenti v. fragili

**Verifiche**

q=1 per ND

q >= 1

**Regolarità**

in pianta

in altezza

**Edifici isolati**

T is

s esi

<b>Dati comuni per le analisi</b> Quota spiccato [cm] <input type="text" value="0.0"/> Contributo carichi in fondazione <input type="checkbox"/> Eccentricità aggiuntiva X: <input type="text" value="5"/> Y: <input type="text" value="5"/> ex. muratura Spost. relativo rapp. SLC/SLD <input type="text" value="5"/>		<b>Dati per analisi statica lineare e non lineare</b> Altezza edificio [cm] <input type="text" value="320"/> N. orizzontamenti <input type="text" value="1"/> Fatt. Lambda [0.85 - 1] <input type="text" value="1.0"/> <input type="button" value="Calcola periodi T1"/> Periodo T1 [primo modo] dir. x-x <input type="text" value="0.038"/> dir. y-y <input type="text" value="0.072"/> dir. z-z <input type="text" value="0.012"/> Sd (T1) - SLU <input type="text" value="0.52"/> <input type="text" value="0.464"/> <input type="text" value="0.133"/> Se (T1) - SLD <input type="text" value="0.234"/> <input type="text" value="0.218"/> <input type="text" value="0.037"/> Rapp T1/TrZ <input type="text" value="1.225"/> <input type="text" value="2.334"/>		
<b>Dati per analisi dinamica</b> N. modi <input type="text" value="45"/> N. modi rigidi <input type="text" value="0"/>		suggerito: Accelerazione uniforme [Fi=Fh] <input type="checkbox"/> NO Eccentricità convenzionale con momenti Mz <input type="checkbox"/> NO Usa spostamenti medi di piano per pushover <input checked="" type="checkbox"/> SI		

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

C.D.C.

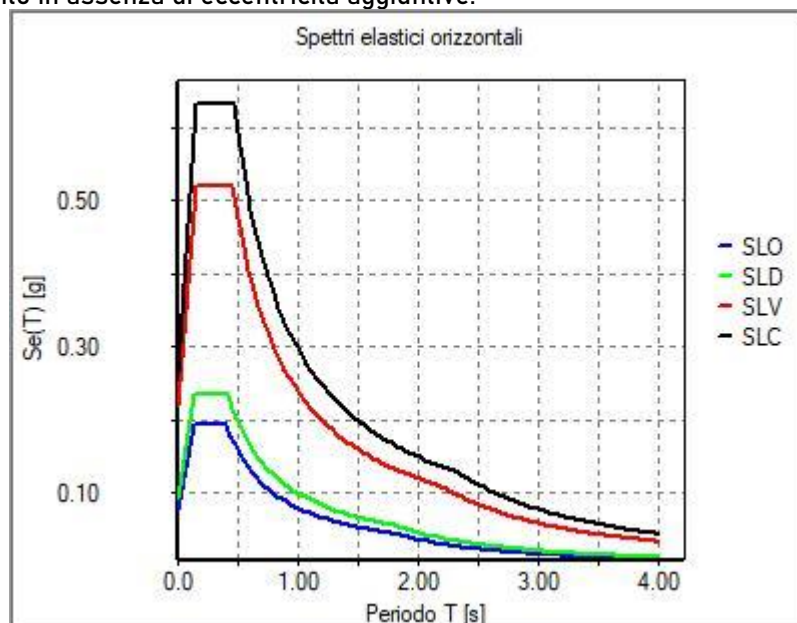
Analisi modale di riferimento   Modo rifer.  (\*\*)

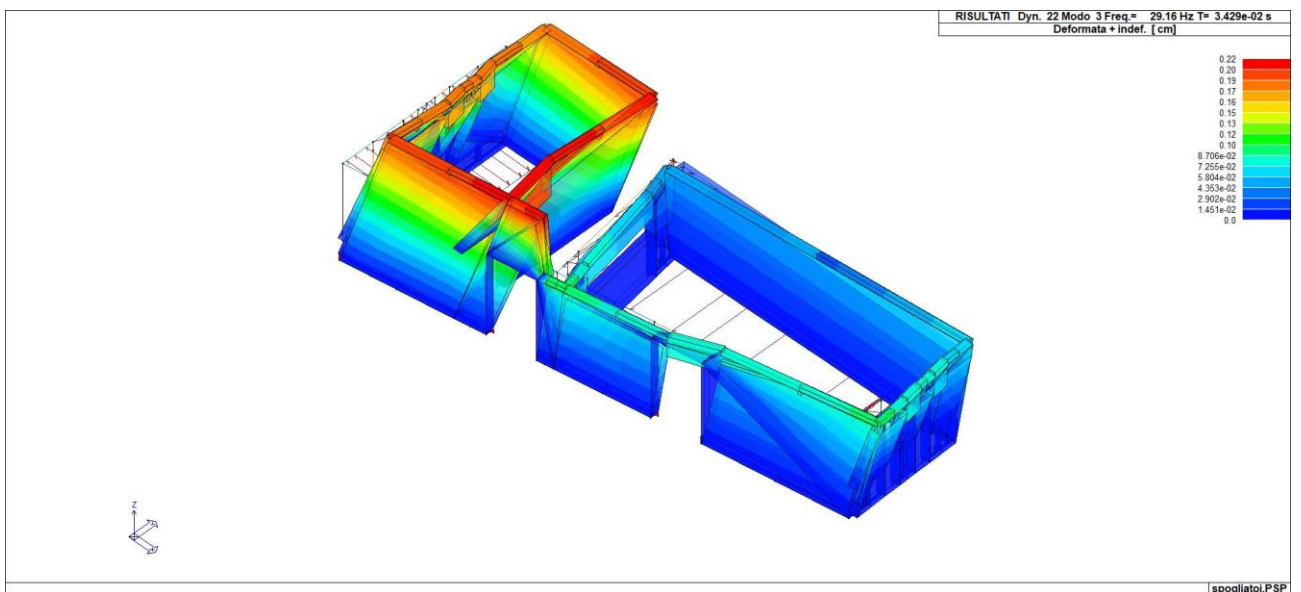
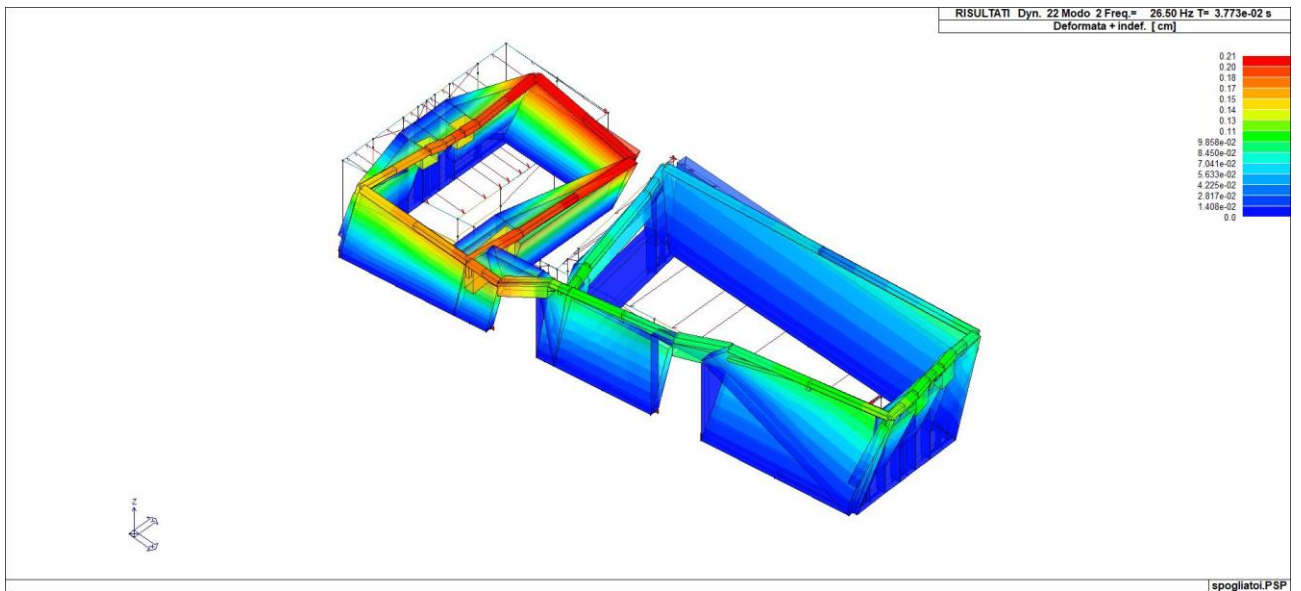
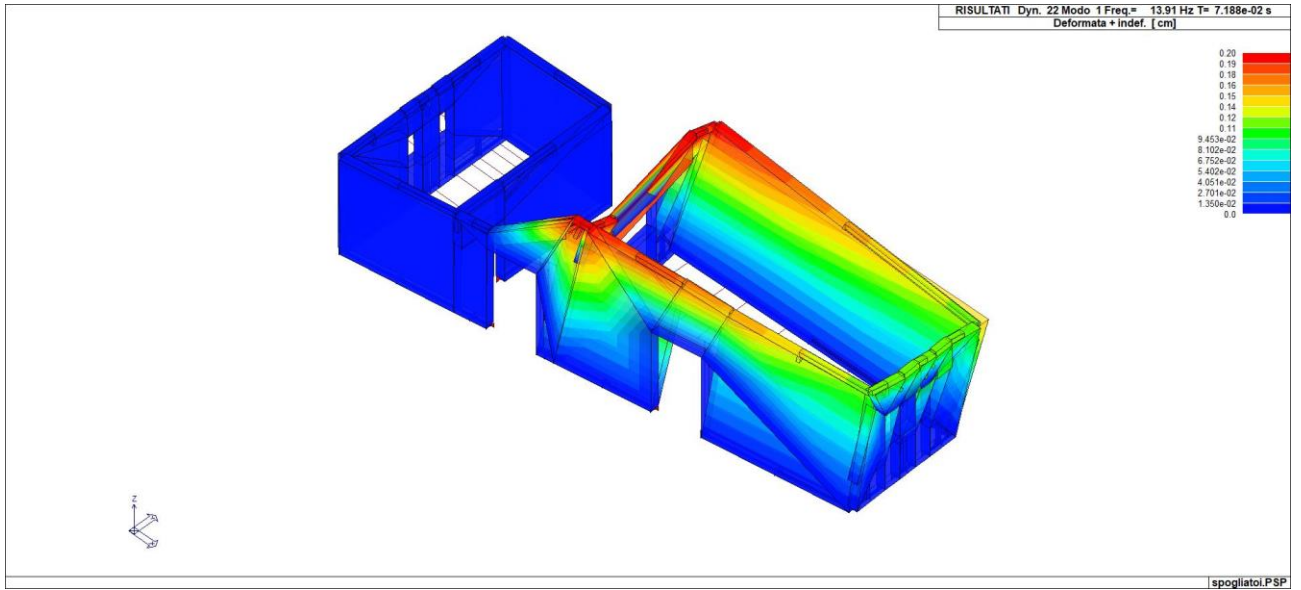
Sisma	LC 1	LC 2	LC 3	LC 4 [°]	LC 5 [°]
LC U 6	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
LC U 7	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
LC U 8	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
LC U 9	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
LC U 10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
LC U 11	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
LC U 12	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

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

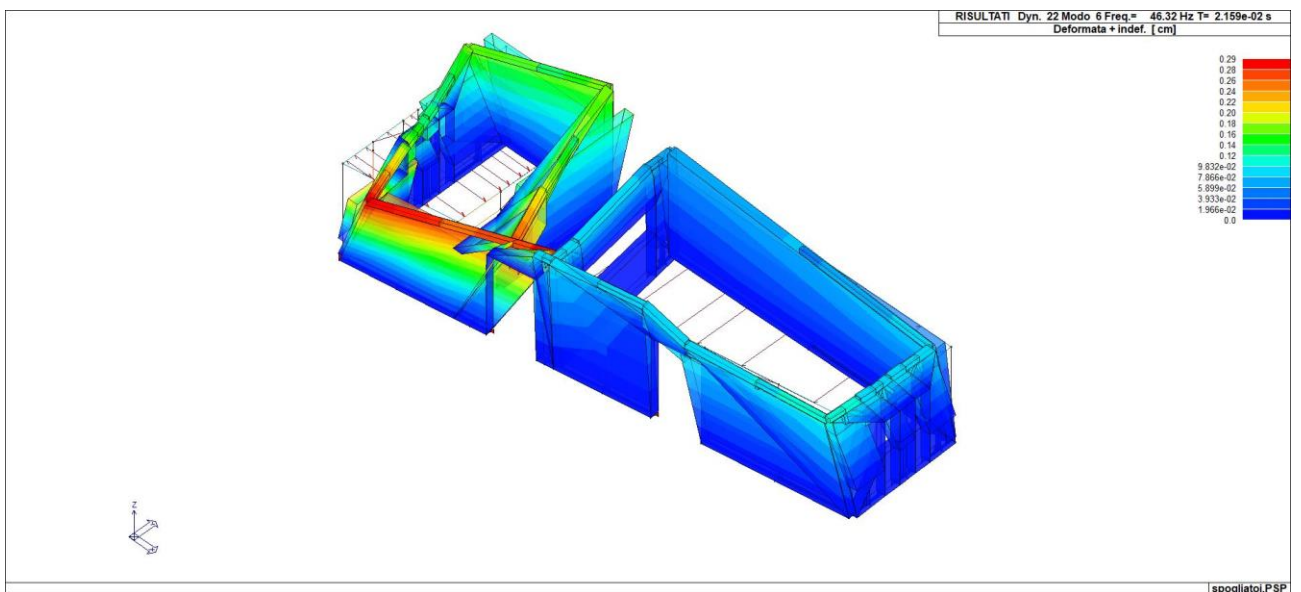
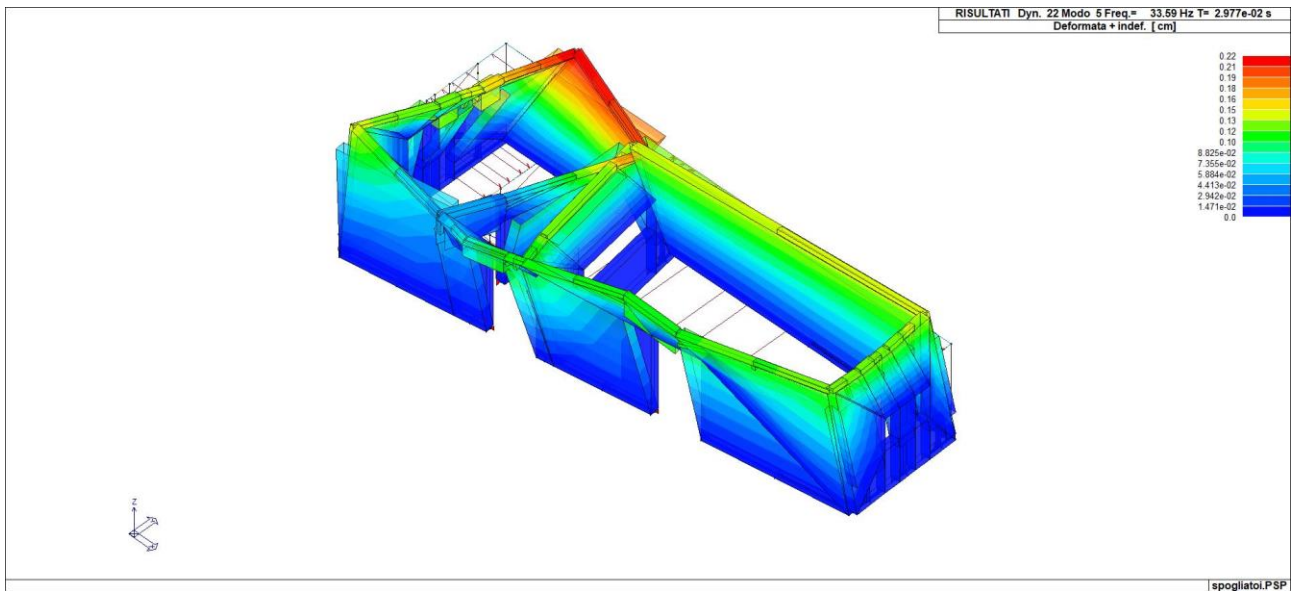
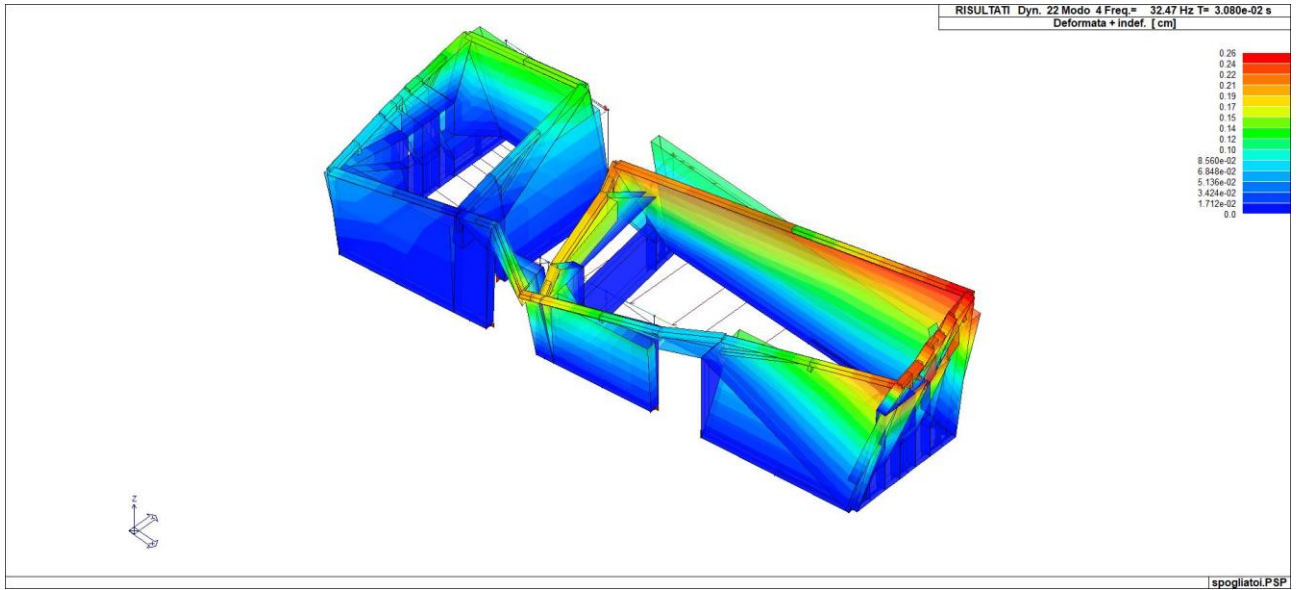
(\*\*) 0 per default in pushover

Si riportano di seguito gli SPETTRI di input sismico e le caratteristiche dinamiche proprie della struttura, pertanto in assenza di eccentricità aggiuntive:





A9-2 Fascicolo di Calcolo Push-Over – Spogliatoi



ANALISI_MODALE_NO_ECCENTRICITA										
Modo	Frequenza	Periodo	X M efficace x g	%	Y M efficace x g	%	Z M efficace x g	%	RZ M efficace x g	%
-	Hz	sec	daN	-	daN	-	daN	-	daN m2	-
1	13.91	0.07	550.3	0	3.759e+04	62	8.32e-02	0	17.3	11
2	26.50	0.04	3.316e+04	54	775.7	1	2.9	0	24.0	15
3	29.16	0.03	6904.4	11	2.134e+04	35	1.4	0	36.7	23
4	32.47	0.03	7335.3	12	21.5	0	0.2	0	71.9	46
5	33.59	0.03	1.166e+04	19	447.5	0	3.8	0	3.2	2
6	46.32	0.02	446.4	0	48.1	0	30.5	0	2.3	1

## 7 SCHEMATIZZAZIONE DEI CASI DI CARICO

E' possibile definire i casi di carico scegliendo fra le dodici tipologie elencate nella tabella seguente:

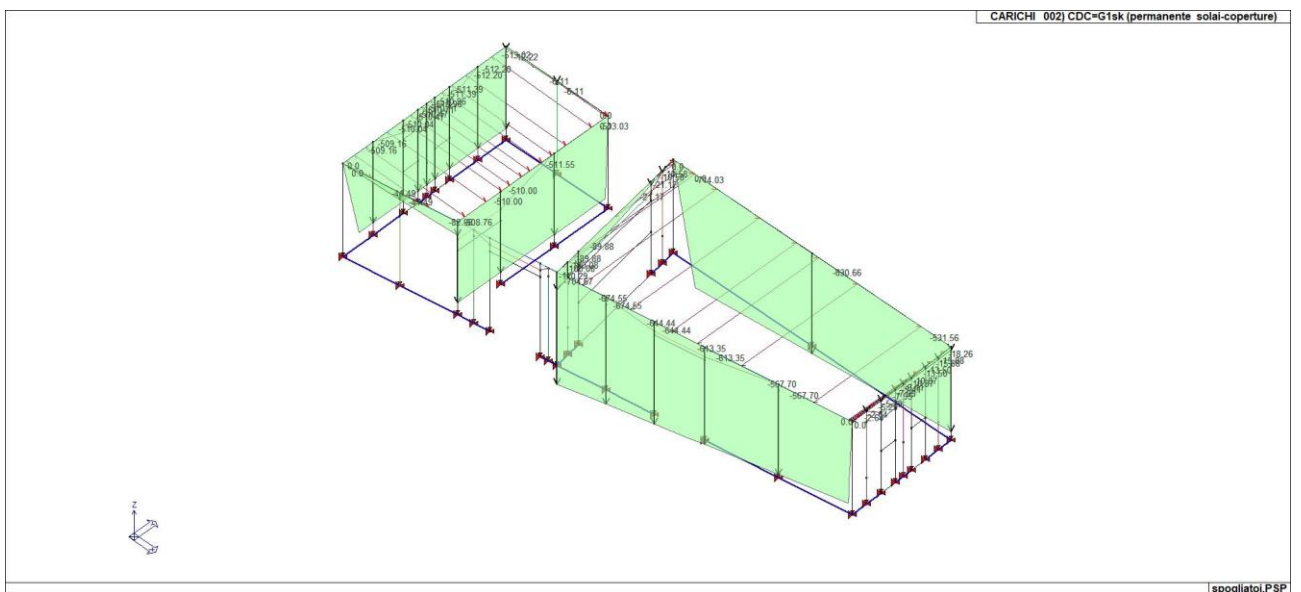
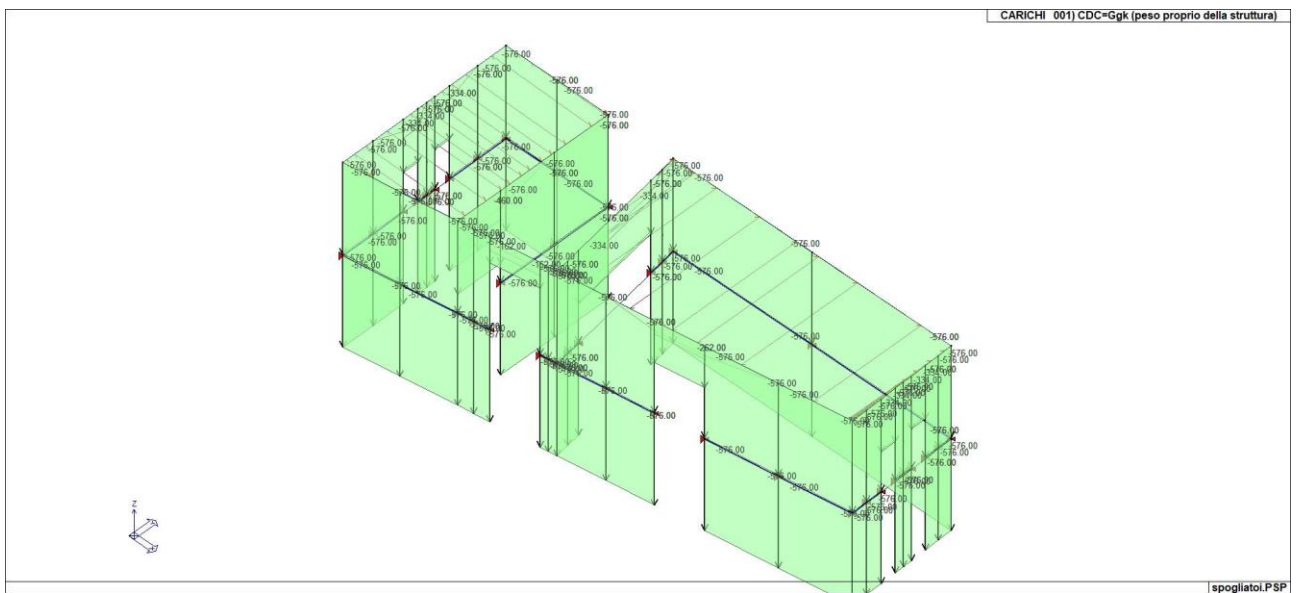
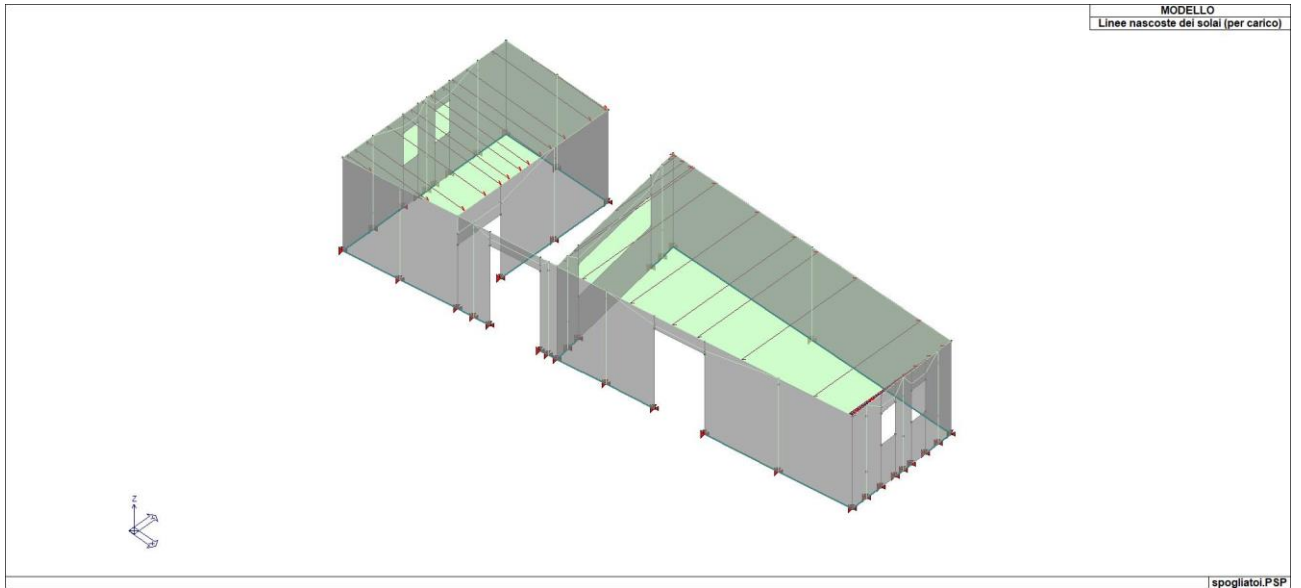
	Tipo CDC	Descrizione
1	Ggk	caso di carico comprensivo del peso proprio struttura
2	Gk	caso di carico con azioni permanenti
3	Qk	caso di carico con azioni variabili
4	Gsk	caso di carico comprensivo dei carichi permanenti sui solai e sulle coperture
5	Qsk	caso di carico comprensivo dei carichi variabili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

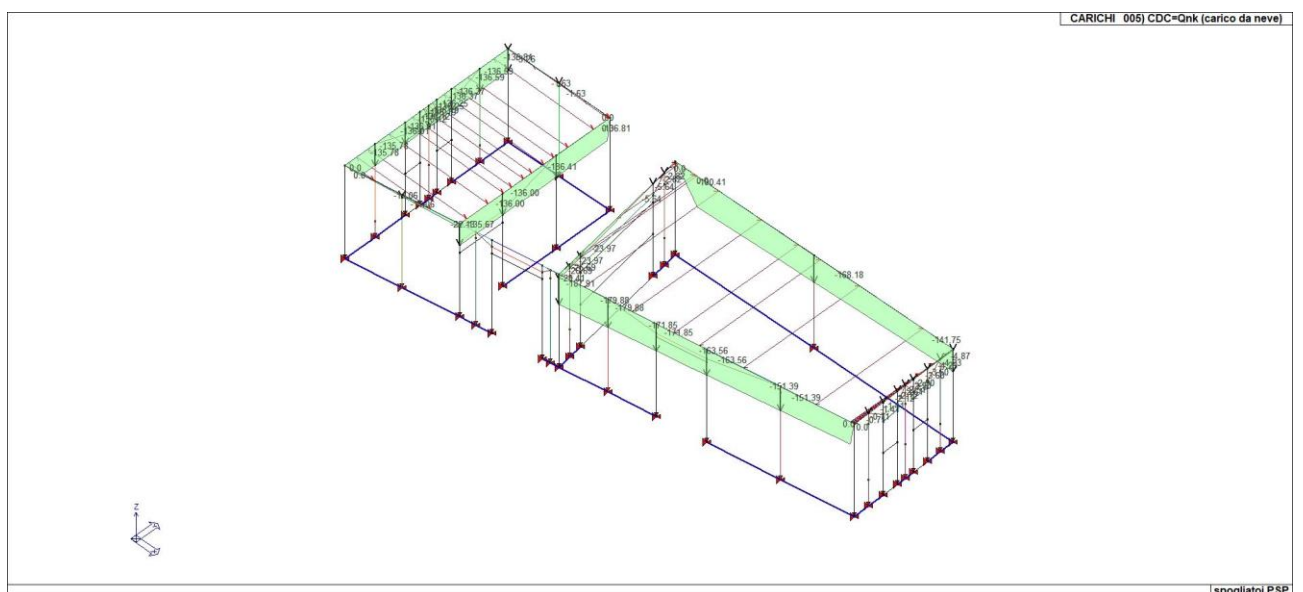
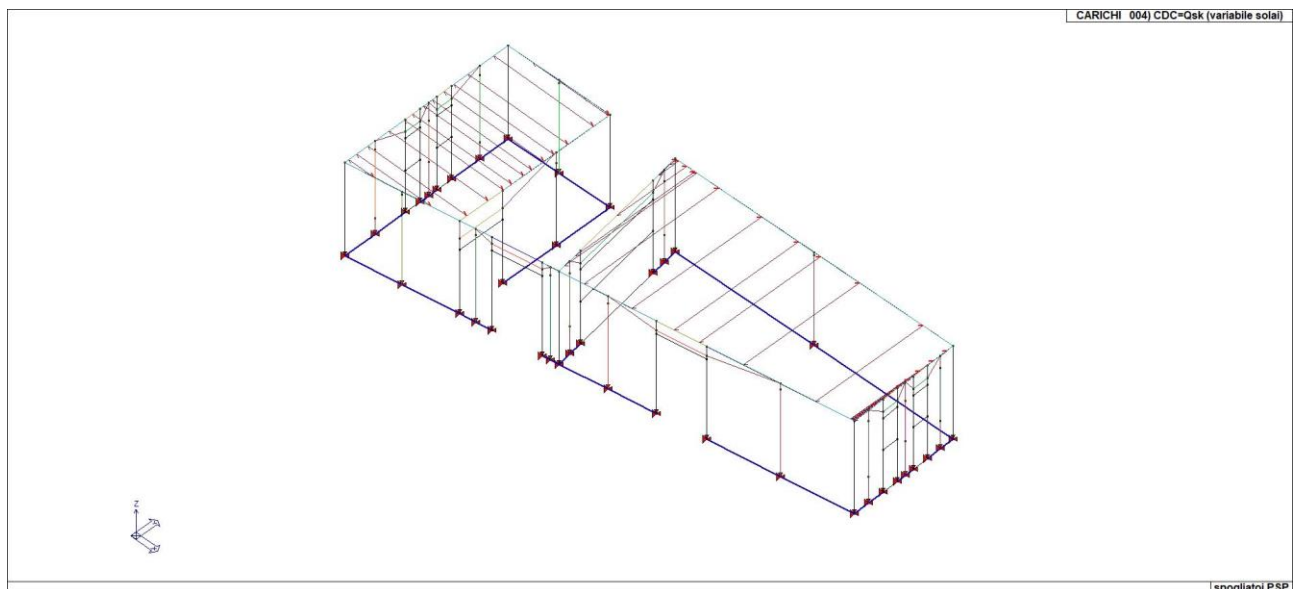
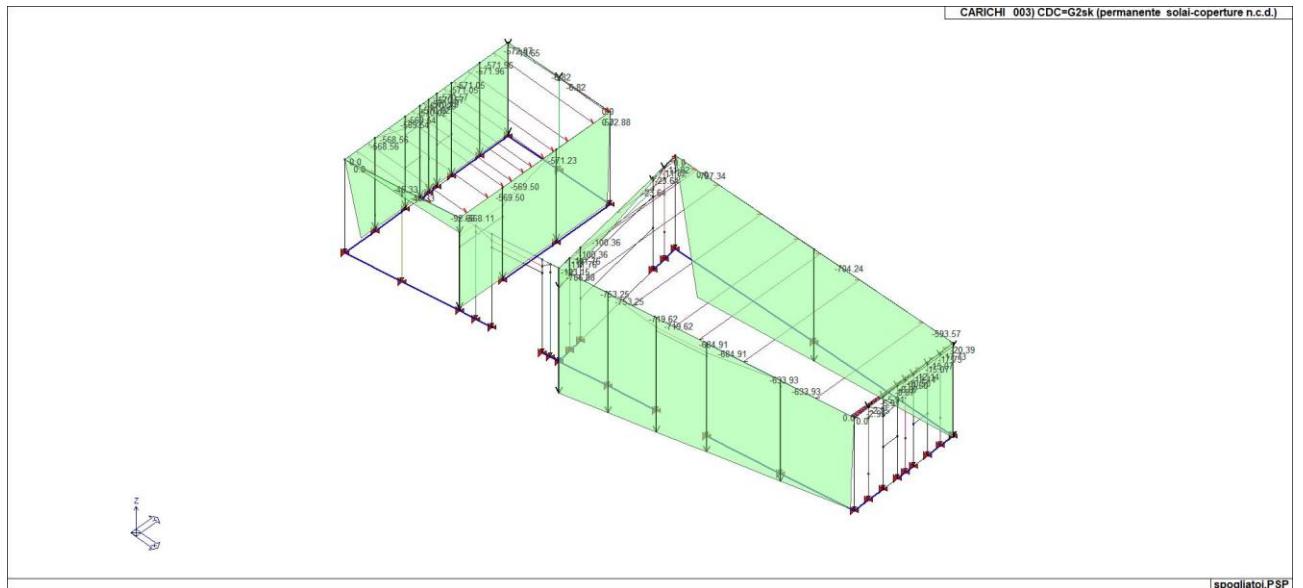
I casi di carico utilizzati nella modellazione oggetto della presente relazione sono i seguenti:

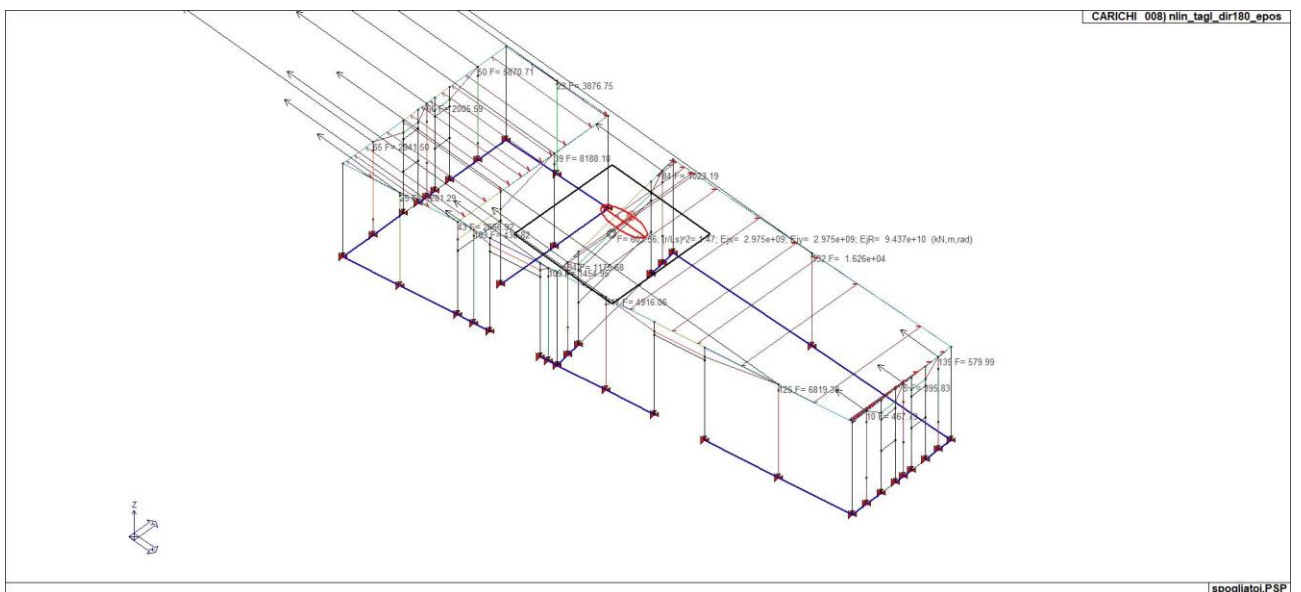
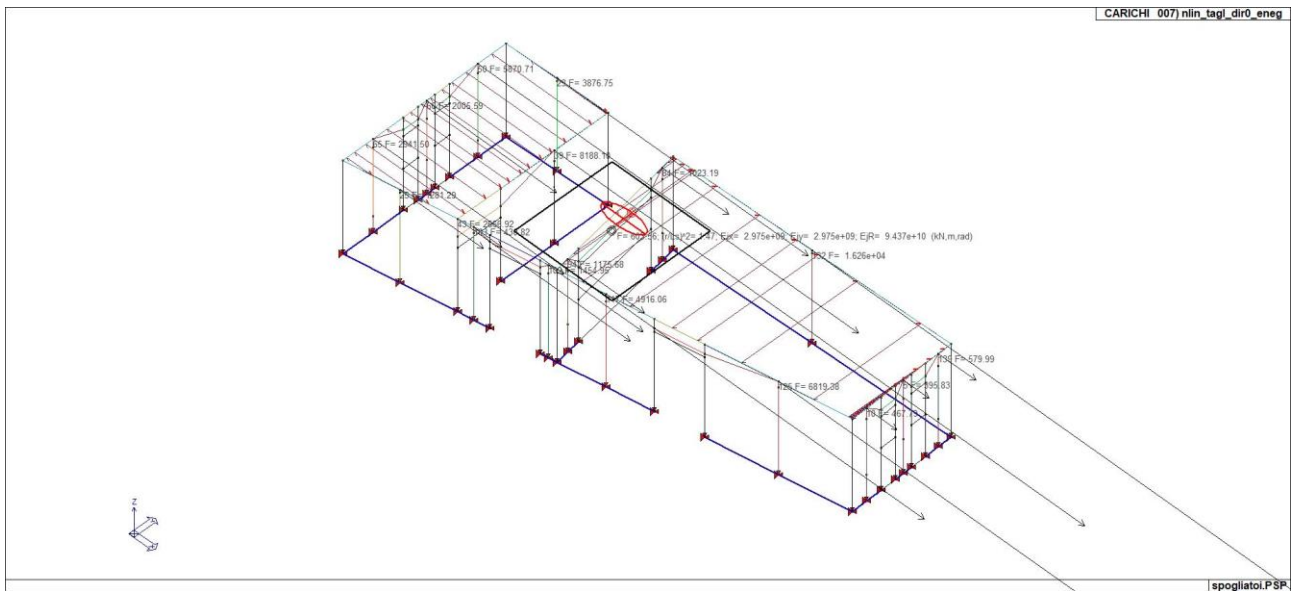
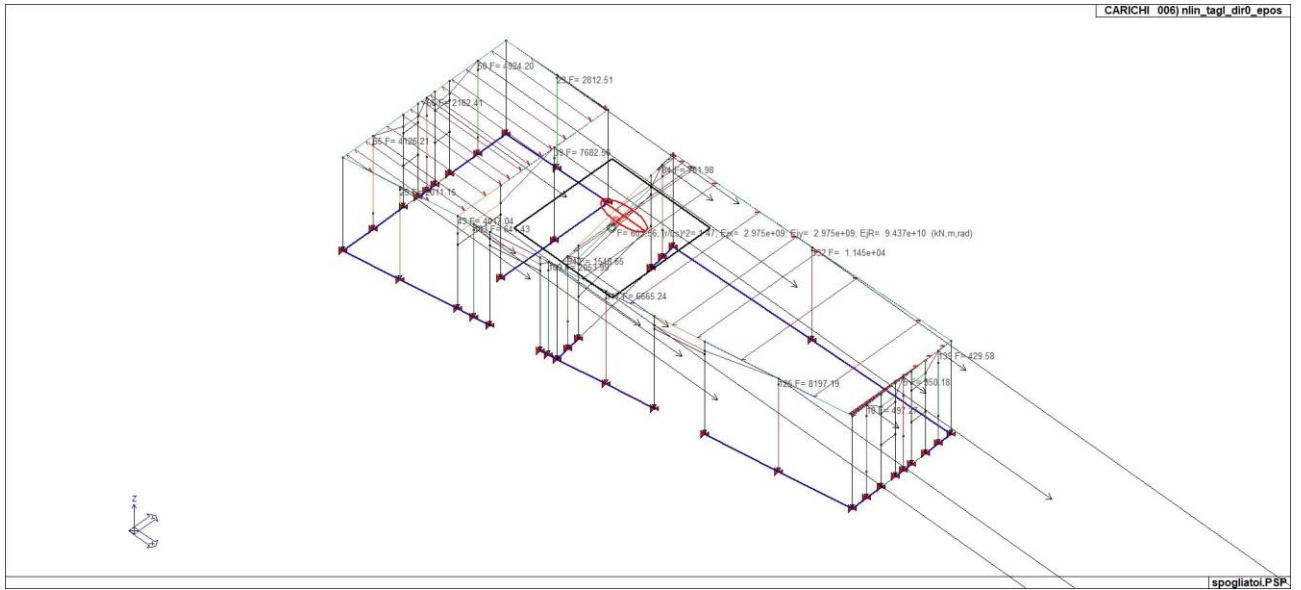
TABELLA_CASI_DI_CARICO			
CDC	Tipo CDC	Sigla Id	Note
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	
2	Gsk	CDC=G1sk (permanente solai-coperture)	
3	Gsk	CDC=G2sk (permanente solai-coperture n.c.d.)	
4	Qsk	CDC=Qsk (variabile solai)	
5	Qnk	CDC=Qnk (carico da neve)	
6	Esk	nlin_tagl_dir0_epos	
7	Esk	nlin_tagl_dir0_eneq	
8	Esk	nlin_tagl_dir180_epos	
9	Esk	nlin_tagl_dir180_eneq	
10	Esk	nlin_tagl_dir90_epos	
11	Esk	nlin_tagl_dir90_eneq	
12	Esk	nlin_tagl_dir270_epos	
13	Esk	nlin_tagl_dir270_eneq	
14	Esk	nlin_unif_dir0_epos	
15	Esk	nlin_unif_dir0_eneq	
16	Esk	nlin_unif_dir180_epos	
17	Esk	nlin_unif_dir180_eneq	
18	Esk	nlin_unif_dir90_epos	
19	Esk	nlin_unif_dir90_eneq	
20	Esk	nlin_unif_dir270_epos	
21	Esk	nlin_unif_dir270_eneq	

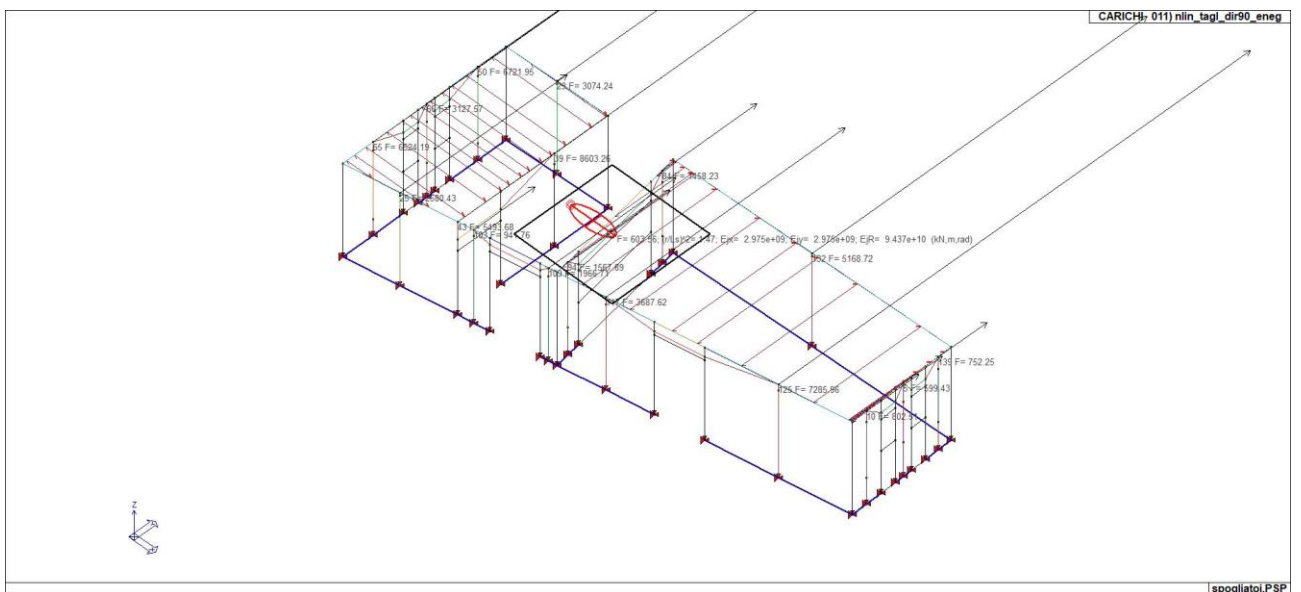
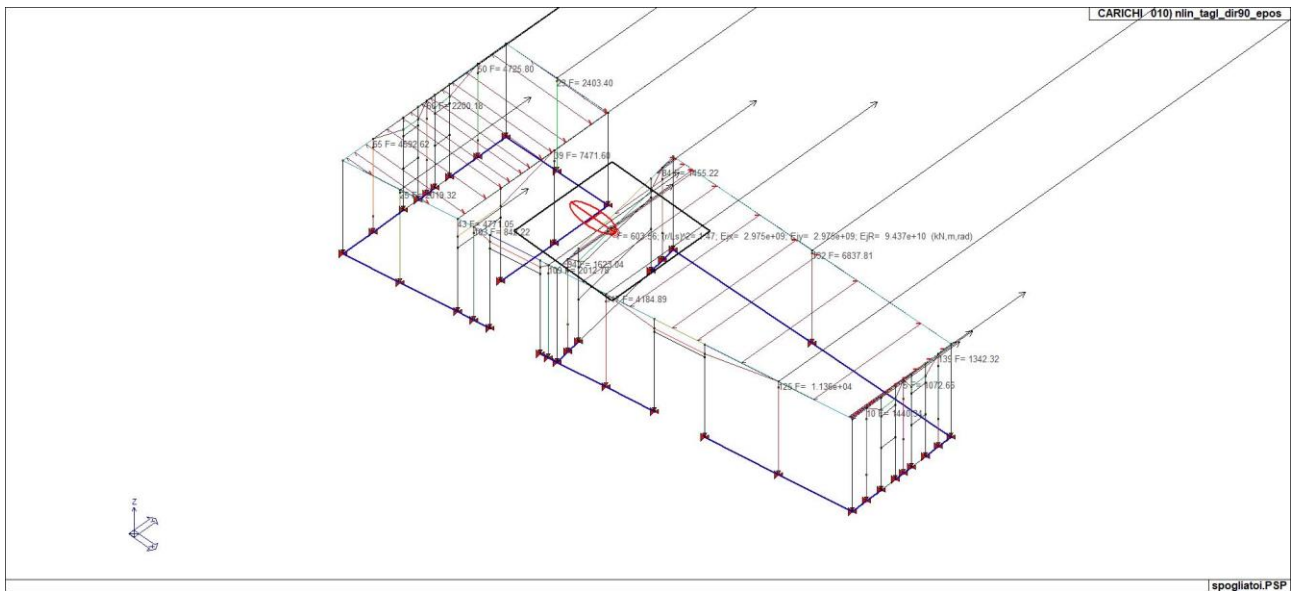
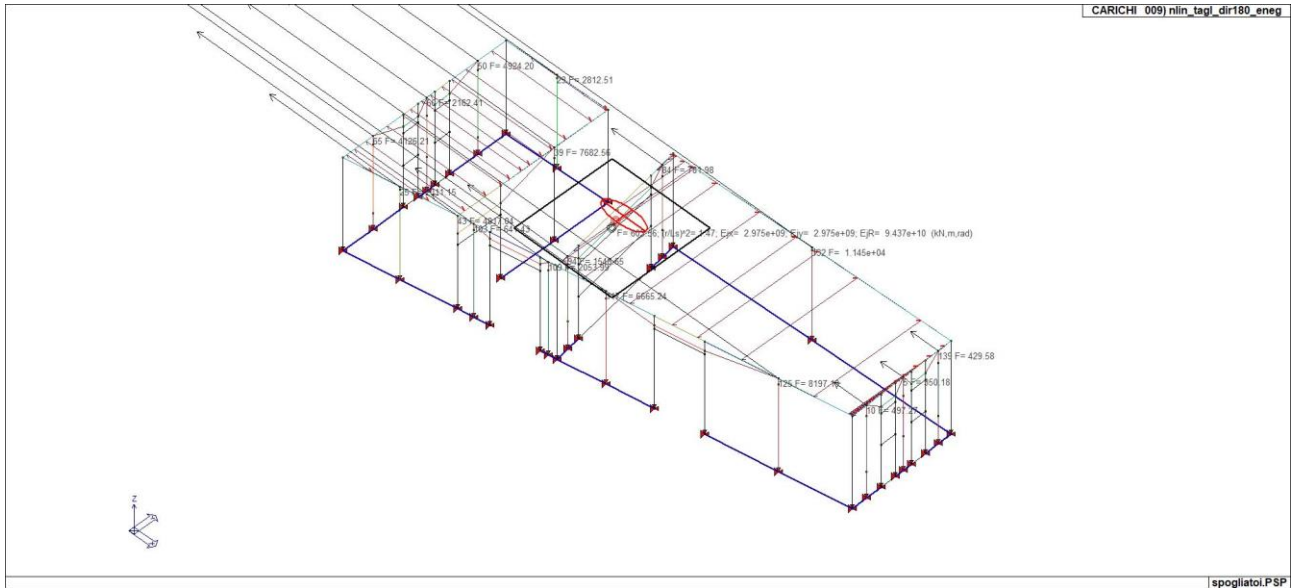
Legenda

Tipo CDC                      Indica il tipo di caso di carico

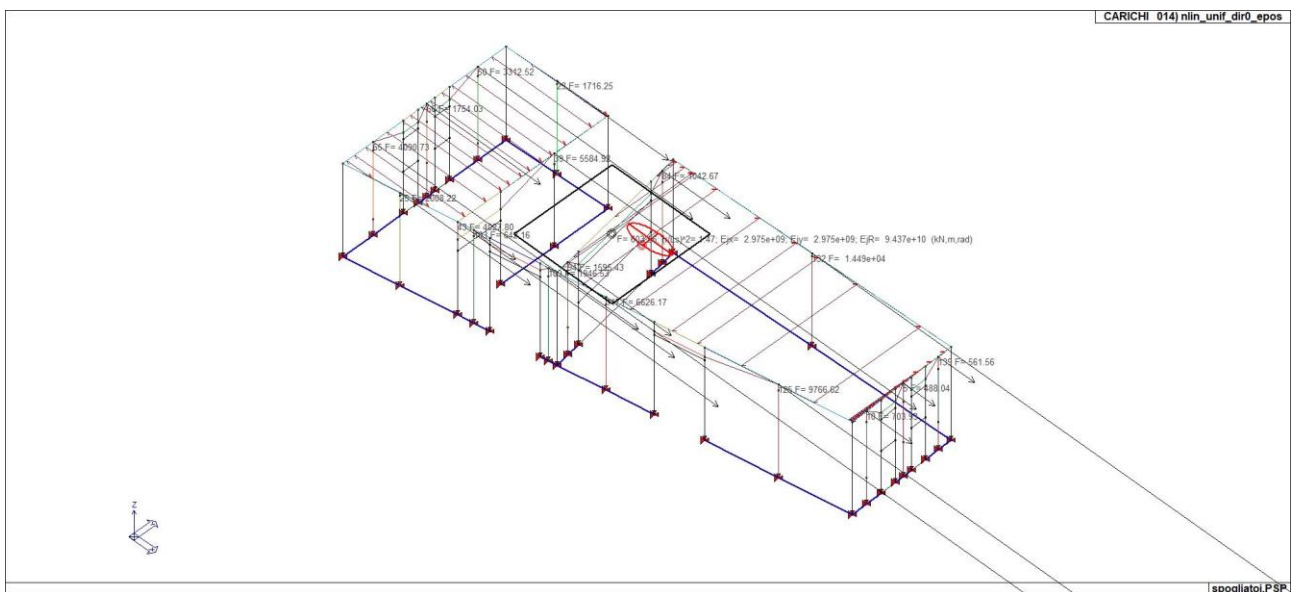
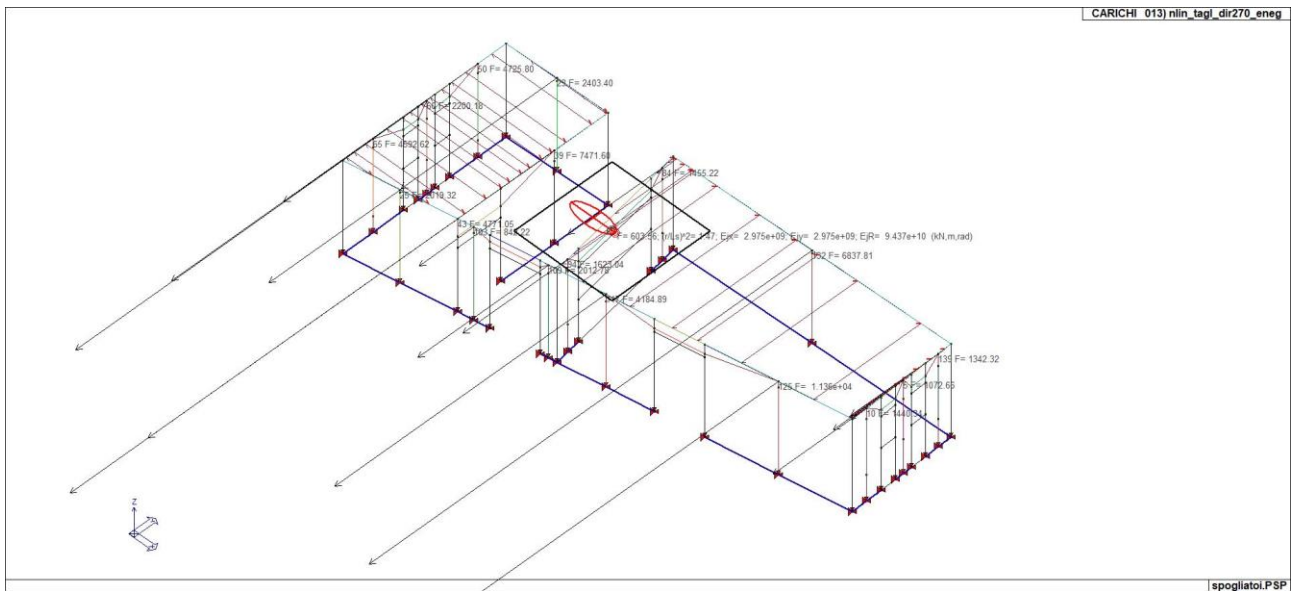
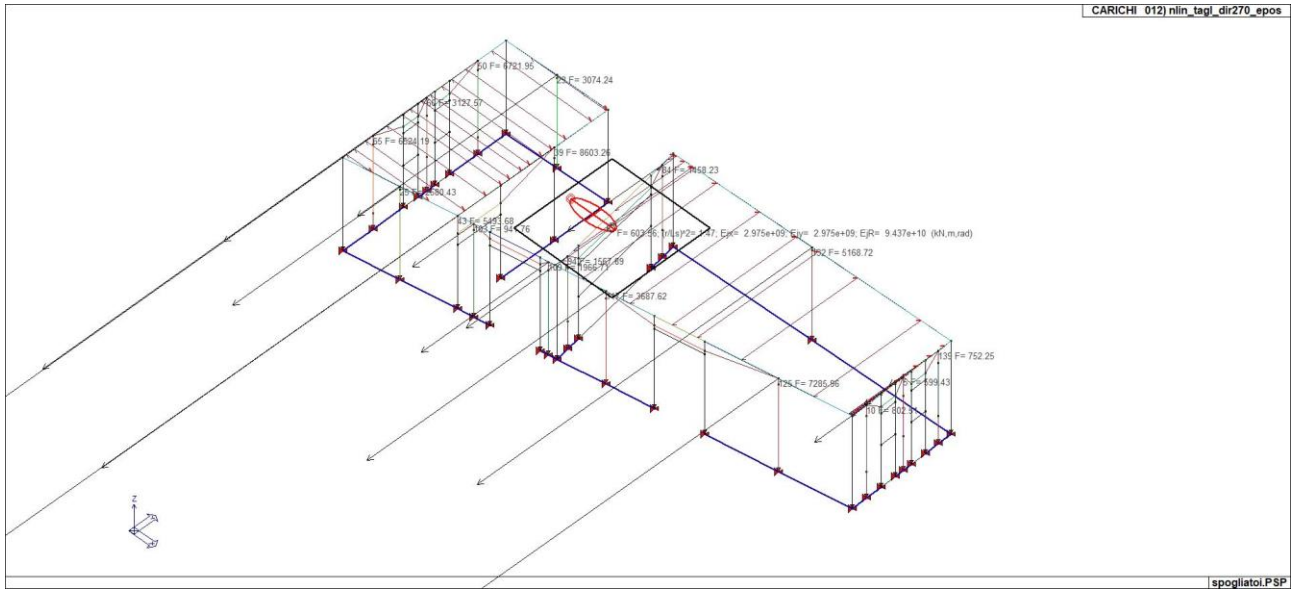




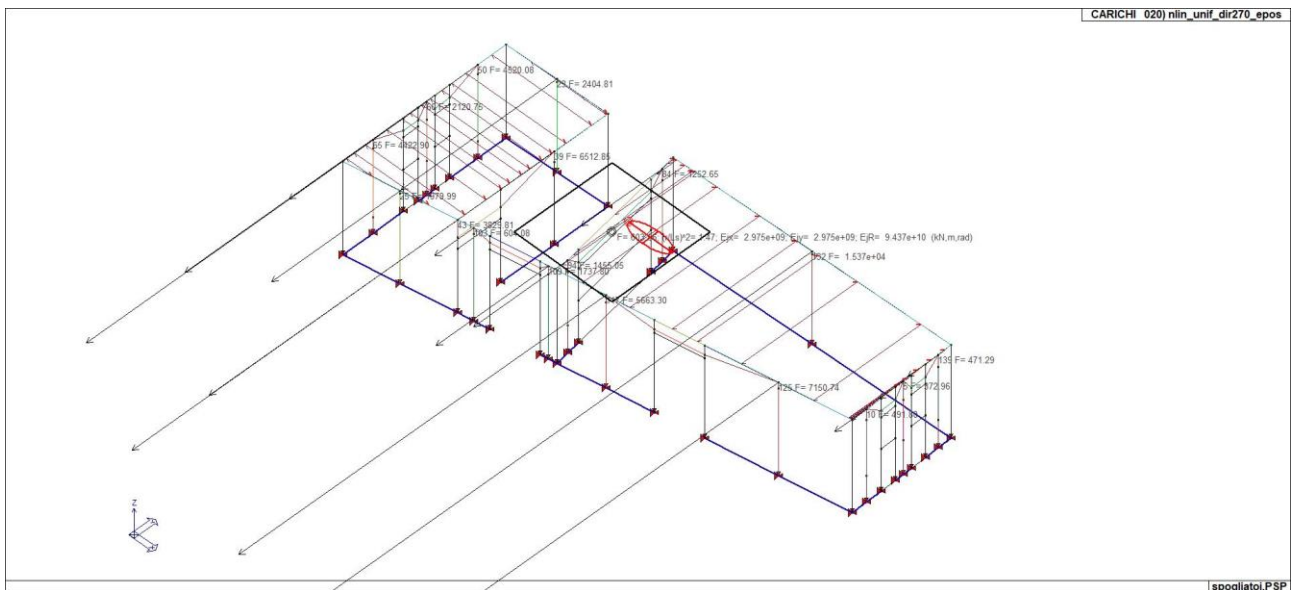
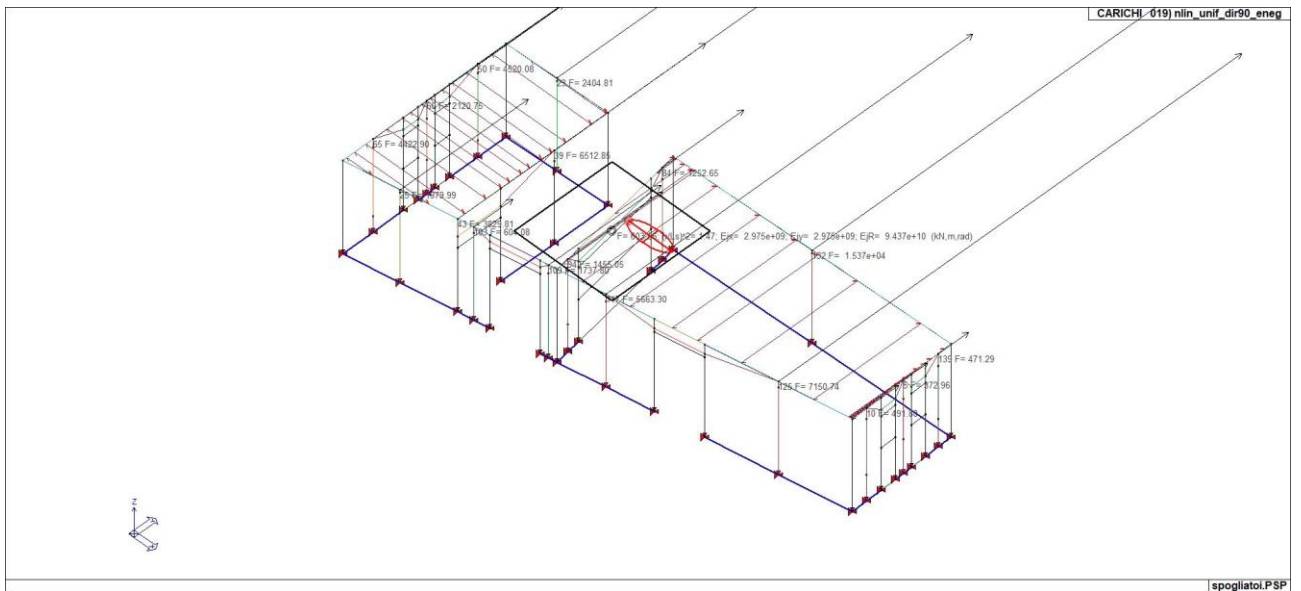
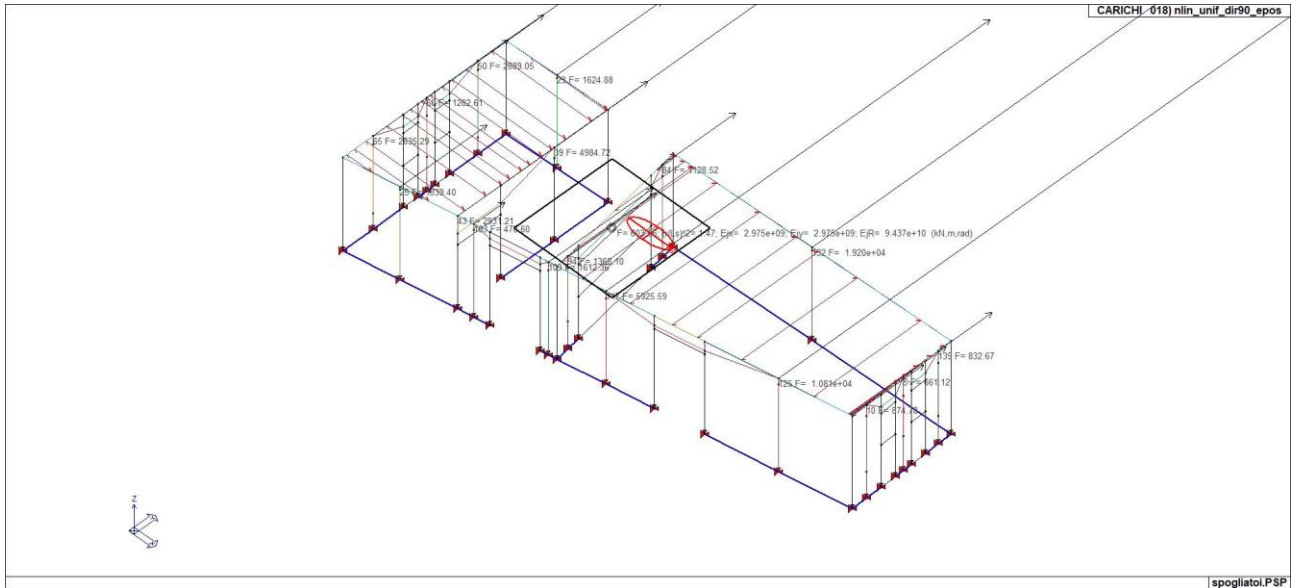


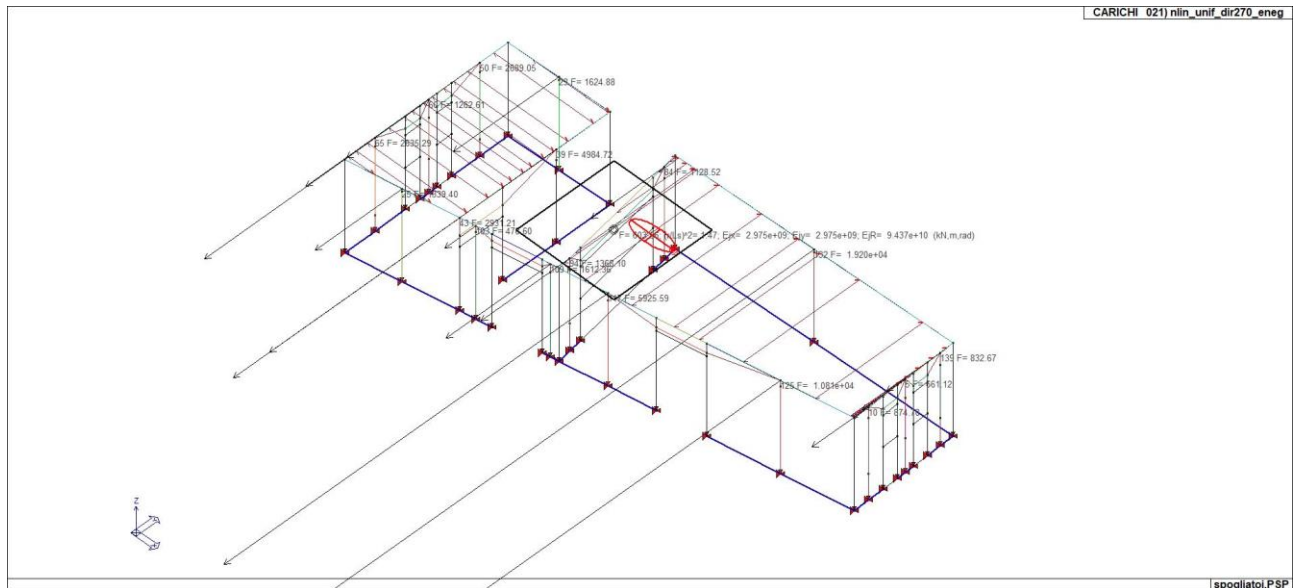


A9-2 Fascicolo di Calcolo Push-Over – Spogliatoi









## 8 DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI

Le combinazioni previste per i diversi casi di carico (CDC) seguono le regole previste dalla Normativa vigente e sono destinate al controllo di sicurezza della struttura e alla verifica degli spostamenti e delle sollecitazioni.

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

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

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

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

Dove:

NTC 2018 Tabella 2.5.I

Destinazione d'uso/azione	$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Categoria A residenziali	0,70	0,50	0,30
Categoria B uffici	0,70	0,50	0,30
Categoria C ambienti suscettibili di affollamento	0,70	0,70	0,60
Categoria D ambienti ad uso commerciale	0,70	0,70	0,60
Categoria E biblioteche, archivi, magazzini,...	1,00	0,90	0,80
Categoria F Rimesse e parcheggi (autoveicoli $\leq$ 30kN)	0,70	0,70	0,60
Categoria G Rimesse e parcheggi (autoveicoli $>$ 30kN)	0,70	0,50	0,30
Categoria H Coperture	0,00	0,00	0,00
Vento	0,60	0,20	0,00
Neve a quota $\leq$ 1000 m	0,50	0,20	0,00
Neve a quota $>$ 1000 m	0,70	0,50	0,20
Variazioni Termiche	0,60	0,50	0,00

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

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

NTC 2018 Tabella 2.6.I

		Coefficiente $\gamma_F$	EQU	A1	A2
Carichi permanenti	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali (Non compiutamente definiti)	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	Favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

## 8.1 TIPO DI ANALISI EFFETTUATE

Tipo di analisi strutturale	
Analisi per carichi non sismici	SI
Sismica statica lineare	SI
Sismica dinamica lineare	NO
Sismica statica non lineare (triangolare; G1 – a §7.3.3.2)	NO
Sismica statica non lineare (prop. modo; G1 – b §7.3.4.2)	NO
Sismica statica non lineare (prop. tagli di piano; G1 – c §7.3.4.2)	SI
Sismica statica non lineare (prop. masse; G2 – a §7.3.4.2)	SI
Sismica statica non lineare (multimod; G2 – c §7.3.4.2)	NO
Non linearità geometriche (fattore P delta)	NO

## 8.2 COMBINAZIONI E/O PERCORSI DI CARICO

Combinazioni dei casi di carico	
APPROCCIO PROGETTUALE	Approccio 2
SLU	SI
SLV (SLU con sisma)	NO
SLC	NO
SLD	NO
SLO	NO
SLU GEO A2 (per approccio 1)	NO
SLU EQU	NO
Combinazione caratteristica (rara)	NO
Combinazione frequente	NO
Combinazione quasi permanente (SLE)	NO
SLA (accidentale quale incendio)	NO

TABELLA_COMBINAZIONI				
Tipo CMB	Da	Da	A	A
-	Id	Nome	Id	Nome
SLU	1	Comb. SLU A1 1	14	Comb. SLU A1 14
SL pushover	15	CMB_015_nlin_tagl_dir0_epos_25	30	CMB_030_nlin_unif_dir270_eneq_47

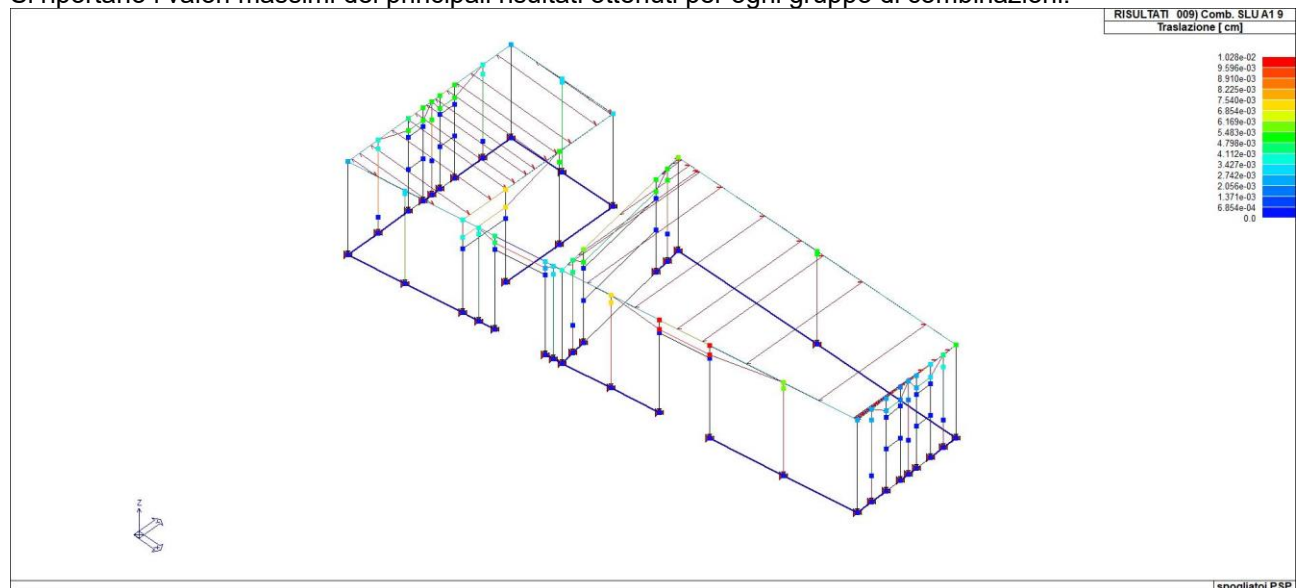
Legenda

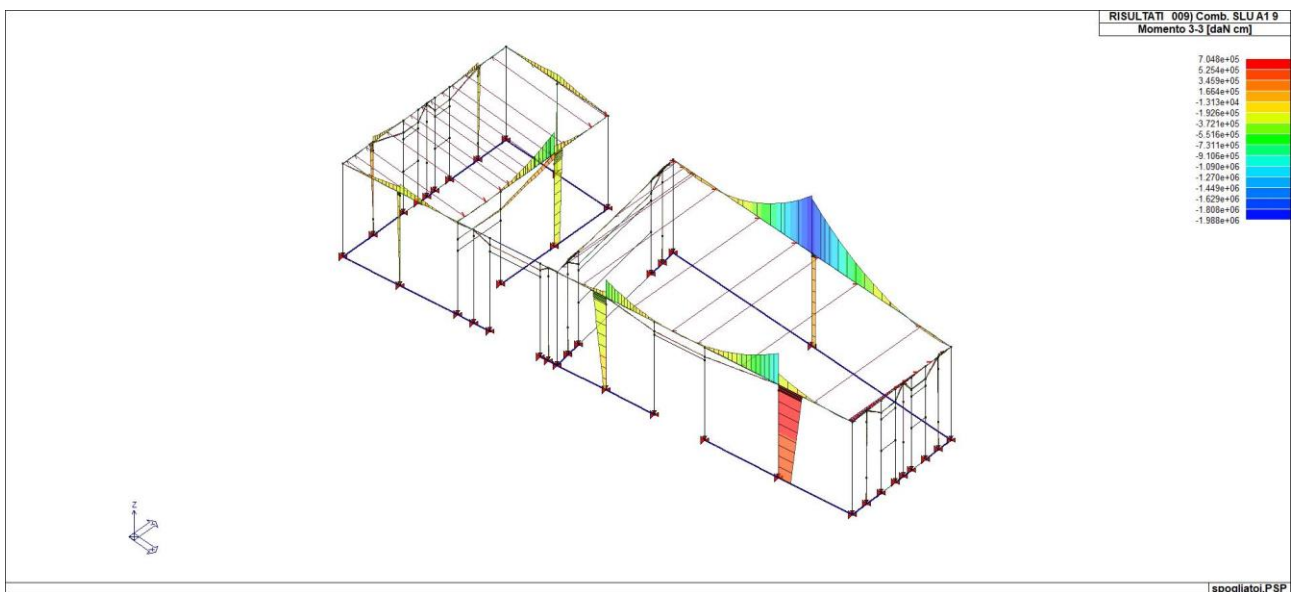
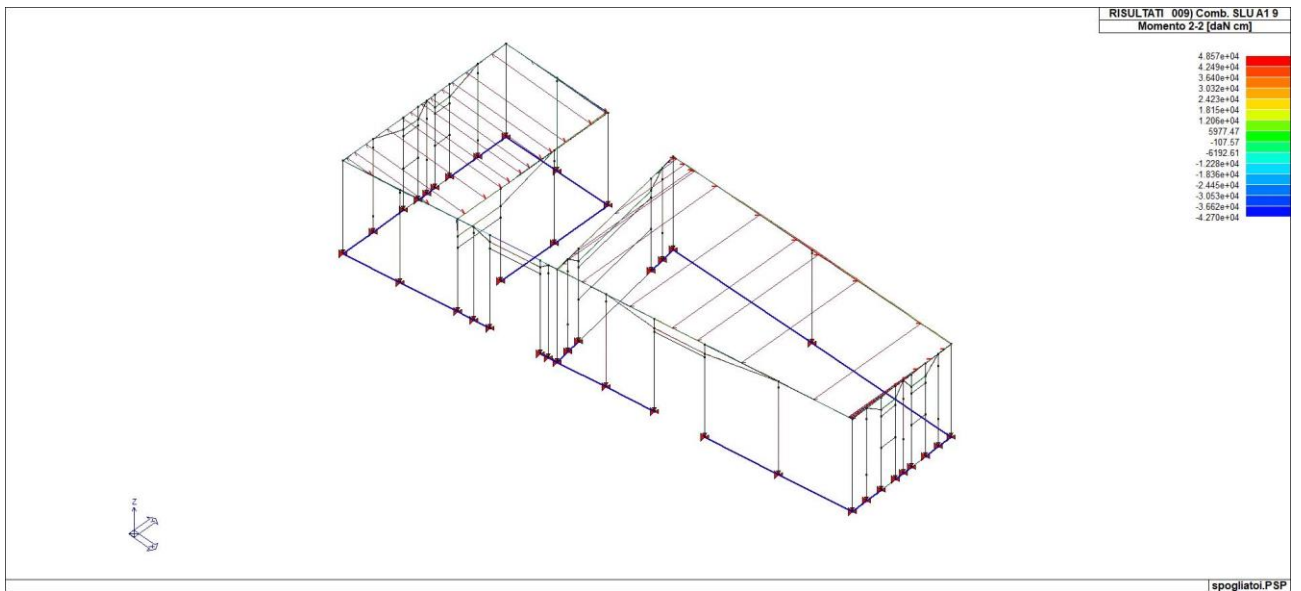
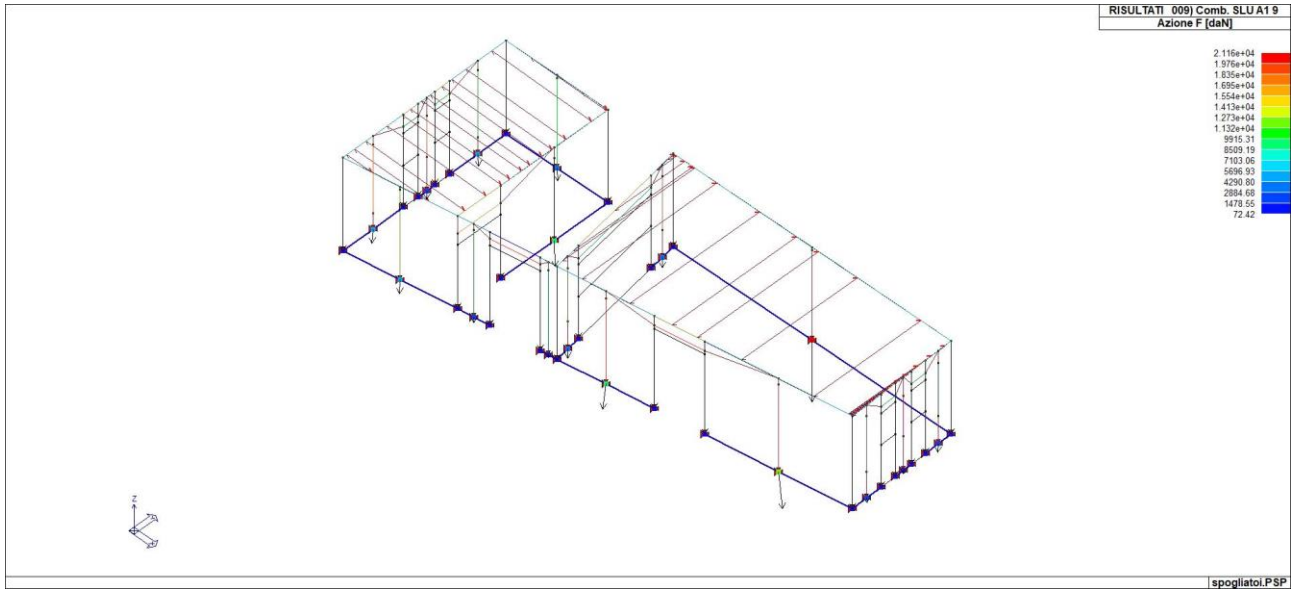
Tipo CMB Indica la categoria di combinazione

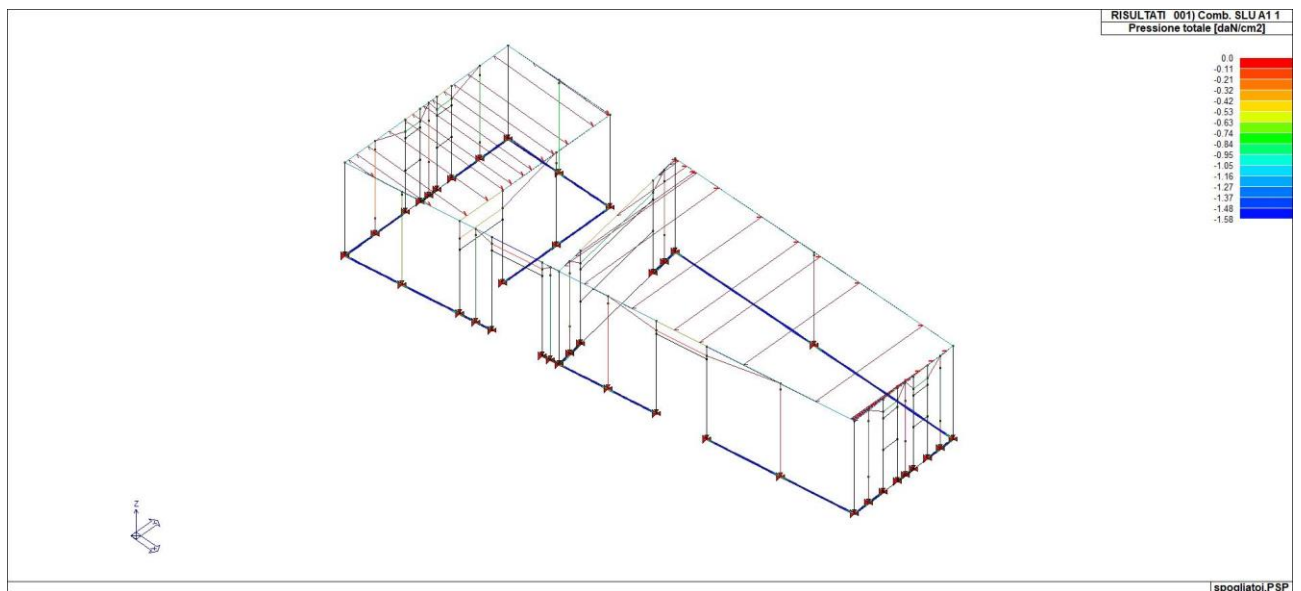
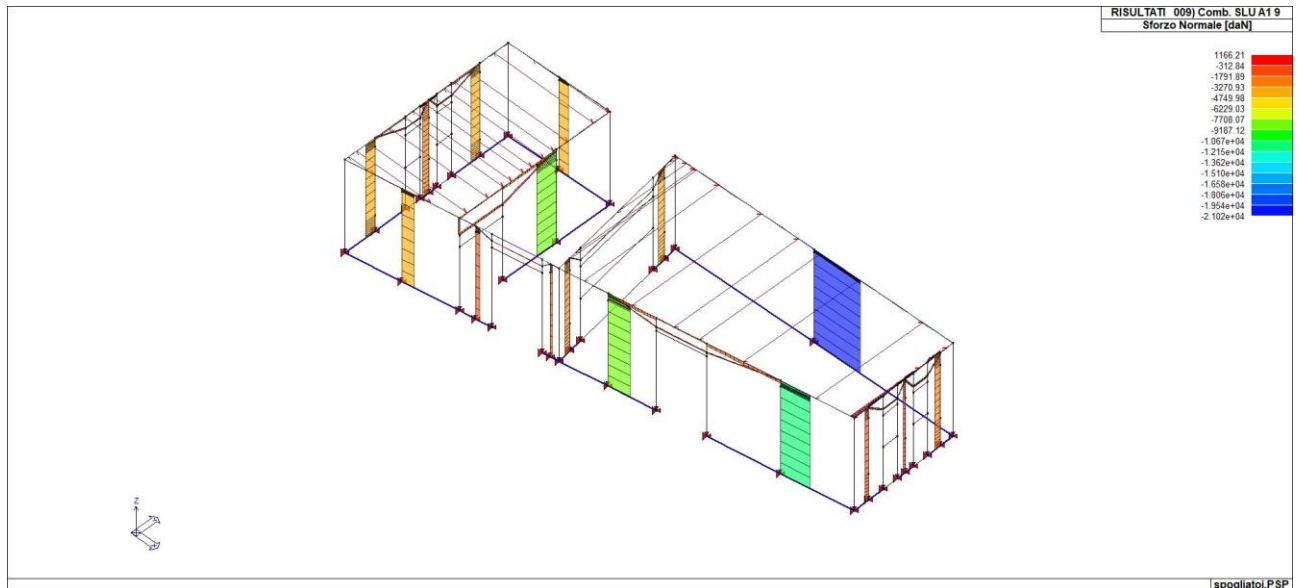
Si riportano di seguito, per completezza, le videate delle opzioni così come impostate nel programma:

## 9 PRINCIPALI RISULTATI

Si riportano i valori massimi dei principali risultati ottenuti per ogni gruppo di combinazioni:







## 10 SINTESI DELLE VERIFICHE DI SICUREZZA

Si riportano a seguire i risultati della progettazione e delle verifiche effettuate.

Gli stati di progetto *ciano* o *verde* indicano che le verifiche svolte sono interamente soddisfatte, gli stati di progetto *rossi*, al contrario, indicano che le verifiche non sono soddisfatte.

Laddove possibile le verifiche sono state normalizzate. Significa che se i valori indicati in mappa sono inferiori all'unità, la verifica può ritenersi soddisfatta.

Per tutte le altre verifiche i valori riportati vanno confrontati con i valori limite indicati da Normativa.

## 11 LEGENDA TABELLA ANALISI SISMICHE NON LINEARI

Le analisi sismiche non lineari sono state condotte con riferimento al capitolo sulla *progettazione per azioni sismiche* della normativa di riferimento adottata.

In particolare per i singoli casi di carico, oltre a quanto riportato nel capitolo precedente, si individuano:

- stato limite di interesse (SLC collasso, SLV salvaguardia della vita, SLD danno e SLO operatività);
- modalità di distribuzione delle forze (proporzionale alle masse, funzione della forma modale, approssimata come per statica lineare, corrispondente all'andamento delle forze di piano, multimodale) e di calcolo dello spostamento del punto di controllo.

Le combinazioni sismiche non lineari sono definite in maniera automatica: l'analisi è svolta considerando l'azione sismica (di segno positivo e negativo) applicata separatamente secondo ciascuna delle due direzioni orizzontali.

Il punto di prestazione viene calcolato con il metodo A basato sull'individuazione della *domanda anelastica* attraverso il principio dell'equivalenza energetica.

I risultati delle analisi di seguito riportati sono pertanto:

- parametri di calcolo del sistema bilineare equivalente e domanda di spostamento effettivo della struttura;
- tabelle riassuntive delle capacità e domande in termini di spostamento, PGA, Tempi di ritorno e probabilità di superamento.

sam_gen													
CMB	Stato	Angolo ing.	Eccentr.	Distribuzione F	m* x g	K*	T* [s]	Gamma	dy	Fy	d max	F max	au/a1
-	-	gradi	-	-	daN	daN/cm	sec	-	cm	daN	cm	daN	-
15	ok	0.0	Pos.	Forze di piano	6.036e+04	1.530e+06	0.04	0.69	1.25e-02	1.909e+04	0.03	2.199e+04	1.78
16	ok	0.0	Neg.	Forze di piano	6.036e+04	1.620e+06	0.04	0.69	1.04e-02	1.688e+04	0.02	1.903e+04	1.70
17	ok	180.0	Pos.	Forze di piano	6.036e+04	1.563e+06	0.04	0.69	1.53e-02	2.398e+04	1.13	2.665e+04	1.83
18	ok	180.0	Neg.	Forze di piano	6.036e+04	1.708e+06	0.04	0.69	1.32e-02	2.256e+04	0.09	2.313e+04	1.62
19	ok	90.0	Pos.	Forze di piano	6.036e+04	2.446e+05	0.10	0.64	5.13e-02	1.256e+04	1.03	1.320e+04	2.55
20	ok	90.0	Neg.	Forze di piano	6.036e+04	3.388e+05	0.08	0.64	4.96e-02	1.679e+04	1.04	1.736e+04	2.59
21	ok	270.0	Pos.	Forze di piano	6.036e+04	2.103e+05	0.11	0.64	9.73e-02	2.047e+04	0.12	1.823e+04	3.91
22	NV	270.0	Neg.	Forze di piano	6.036e+04	6.058e+05	0.06	0.64	2.14e-02	1.299e+04	0.04	1.396e+04	2.00
23	ok	0.0	Pos.	Proporz.	6.036e+04	1.651e+06	0.04	0.69	1.49e-02	2.463e+04	0.03	2.754e+04	1.71
24	ok	0.0	Neg.	Proporz.	6.036e+04	1.723e+06	0.04	0.69	1.40e-02	2.409e+04	0.03	2.753e+04	1.70
25	ok	180.0	Pos.	Proporz.	6.036e+04	1.802e+06	0.04	0.69	1.40e-02	2.518e+04	0.56	2.624e+04	1.37
26	ok	180.0	Neg.	Proporz.	6.036e+04	1.830e+06	0.04	0.69	1.58e-02	2.886e+04	0.35	3.004e+04	1.58
27	ok	90.0	Pos.	Proporz.	6.036e+04	1.987e+05	0.11	0.64	4.68e-02	9299.2	1.02	9702.5	2.49
28	ok	90.0	Neg.	Proporz.	6.036e+04	2.334e+05	0.10	0.64	4.91e-02	1.145e+04	1.02	1.207e+04	2.43
29	ok	270.0	Pos.	Proporz.	6.036e+04	1.346e+05	0.13	0.64	0.1	1.567e+04	0.98	1.627e+04	4.30
30	ok	270.0	Neg.	Proporz.	6.036e+04	1.703e+05	0.12	0.64	0.1	1.863e+04	0.67	1.961e+04	4.20

### Legenda

CMB Numero della combinazione di carico analizzata

Stato Esito della verifica in funzione degli stati limite di interesse (ok = verificato - N.V.= non verificato)

Angolo ing. Direzione di ingresso del sisma

Eccentr. Eccentricità: Pos. = Eccentricità positiva - Neg = Eccentricità negativa - Nulla = Eccentricità nulla  
 Modalità di applicazione delle forze sismiche: Stati. Equiv = Triangolare - proporzionale alle forze statiche - Modale = corrispondente a un andamento dell'accelerazione proporzionale alla forma del modo fondamentale - Forze di piano = corrispondente all'andamento delle forze di piano agenti su ciascun orizzontamento - Proporz = desunta da un andamento uniforme di accelerazione - Multimodale = multimodale considerando almeno sei modi significativi  
 Distribuzione F Massa dell'oscillatore equivalente  
 m\* x g Rigidezza del tratto elastico della curva di capacità bilineare dell'oscillatore equivalente  
 K\* Fattore di partecipazione modale  
 Gamma Spostamento limite elastico del sistema equivalente individuato sul diagramma bilineare equivalente  
 dy Forza in corrispondenza dello spostamento limite elastico del sistema equivalente  
 Fy Spostamento massimo dell'oscillatore equivalente  
 d max Rapporto di sovrarresistenza della struttura misurato come rapporto tra il valore dell'azione sismica per il quale si verifica la formazione di un numero di cerniere plastiche tali da rendere la struttura labile e quello per il quale il primo elemento strutturale raggiunge la plasticizzazione.

sam_3_sl													
CMB-SLV	Stato	Dom: d	Cap: d	Dom: PGA	Cap: PGA	Dom: Tr	Cap: Tr	Dom: Pr	Cap: Pr	Rapp: PGA	Rapp: Tr	Rapp: Pr	q* SLV
-	-	cm	cm	g	g	anni	anni	%	%	-	-	-	-
15	ok	8.06e-03	0.02	0.22	0.30	711.8	2475.0	10.00	2.98	1.37	3.48	0.30	0.65
16	ok	7.56e-03	0.02	0.22	0.30	711.8	2475.0	10.00	2.98	1.37	3.48	0.30	0.73
17	ok	7.87e-03	0.85	0.22	0.30	711.8	2475.0	10.00	2.98	1.37	3.48	0.30	0.51
18	ok	7.12e-03	0.07	0.22	0.30	711.8	2475.0	10.00	2.98	1.37	3.48	0.30	0.54
19	ok	0.12	0.77	0.22	0.30	711.8	2475.0	10.00	2.98	1.37	3.48	0.30	1.27
20	ok	0.04	0.78	0.22	0.30	711.8	2475.0	10.00	2.98	1.37	3.48	0.30	0.88
21	ok	0.08	0.09	0.22	0.24	711.8	1046.4	10.00	6.92	1.11	1.47	0.69	0.81
22	ok	0.02	0.03	0.22	0.22	711.8	760.6	10.00	9.39	1.02	1.07	0.94	1.02
23	ok	7.39e-03	0.03	0.22	0.30	711.8	2475.0	10.00	2.98	1.37	3.48	0.30	0.50
24	ok	7.05e-03	0.02	0.22	0.30	711.8	2475.0	10.00	2.98	1.37	3.48	0.30	0.50
25	ok	6.70e-03	0.42	0.22	0.30	711.8	2475.0	10.00	2.98	1.37	3.48	0.30	0.48
26	ok	6.59e-03	0.26	0.22	0.30	711.8	2475.0	10.00	2.98	1.37	3.48	0.30	0.42
27	ok	0.20	0.77	0.22	0.30	711.8	2475.0	10.00	2.98	1.37	3.48	0.30	1.80
28	ok	0.14	0.77	0.22	0.30	711.8	2475.0	10.00	2.98	1.37	3.48	0.30	1.41
29	ok	0.19	0.73	0.22	0.30	711.8	2475.0	10.00	2.98	1.37	3.48	0.30	1.18
30	ok	0.10	0.50	0.22	0.30	711.8	2475.0	10.00	2.98	1.37	3.48	0.30	0.94

Legenda

CMB-SLV Numero della combinazione di carico analizzata allo SLV  
 Stato Esito della verifica in funzione degli stati limite di interesse (ok = verificato - N.V.= non verificato)  
 Dom: d Domanda in termini di spostamento  
 Cap: d Capacità in termini di spostamento  
 Dom: PGA Domanda in termini di PGA  
 Cap: PGA Capacità i in termini di PGA  
 Dom: Tr Domanda in termini di tempi di ritorno  
 Cap: Tr Capacità in termini di tempi di ritorno  
 Dom: Pr Domanda in termini di probabilità di superamento  
 Cap: Pr Capacità in termini di probabilità di superamento  
 Rapp: PGA Rapporto tra capacità e domanda in termini di PGA  
 Rapp: Tr Rapporto tra capacità e domanda in termini di tempi di ritorno  
 Rapp: Pr Rapporto tra capacità e domanda in termini di probabilità di superamento

sam_4_sl													
CMB-SLV	Stato	Dom: d	Cap: d	Dom: PGA	Cap: PGA	Dom: Tr	Cap: Tr	Dom: Pr	Cap: Pr	Rapp: PGA	Rapp: Tr	Rapp: Pr	q* SLV
-	-	cm	cm	g	g	anni	anni	%	%	-	-	-	-
15	ok	9.73e-03	0.03	0.26	0.30	1462.2	2475.0	5.00	2.98	1.14	1.69	0.60	0.78
16	ok	9.13e-03	0.02	0.26	0.30	1462.2	2475.0	5.00	2.98	1.14	1.69	0.60	0.88
17	ok	9.50e-03	1.13	0.26	0.30	1462.2	2475.0	5.00	2.98	1.14	1.69	0.60	0.62
18	ok	8.60e-03	0.09	0.26	0.30	1462.2	2475.0	5.00	2.98	1.14	1.69	0.60	0.65
19	ok	0.18	1.03	0.26	0.30	1462.2	2475.0	5.00	2.98	1.14	1.69	0.60	1.53
20	ok	0.07	1.04	0.26	0.30	1462.2	2475.0	5.00	2.98	1.14	1.69	0.60	1.06
21	ok	0.09	0.12	0.26	0.29	1462.2	1982.5	5.00	3.71	1.08	1.36	0.74	0.97
22	NV	0.06	0.04	0.26	0.24	1462.2	923.4	5.00	7.80	0.89	0.63	1.56	1.23
23	ok	8.93e-03	0.03	0.26	0.30	1462.2	2475.0	5.00	2.98	1.14	1.69	0.60	0.60

CMB-SLC	Stato	Dom: d	Cap: d	Dom: PGA	Cap: PGA	Dom: Tr	Cap: Tr	Dom: Pr	Cap: Pr	Rapp: PGA	Rapp: Tr	Rapp: Pr	q* SLC
-	-	cm	cm	g	g	anni	anni	%	%	-	-	-	-
24	ok	8.51e-03	0.03	0.26	0.30	1462.2	2475.0	5.00	2.98	1.14	1.69	0.60	0.61
25	ok	8.09e-03	0.56	0.26	0.30	1462.2	2475.0	5.00	2.98	1.14	1.69	0.60	0.58
26	ok	7.96e-03	0.35	0.26	0.30	1462.2	2475.0	5.00	2.98	1.14	1.69	0.60	0.50
27	ok	0.28	1.02	0.26	0.30	1462.2	2475.0	5.00	2.98	1.14	1.69	0.60	2.17
28	ok	0.21	1.02	0.26	0.30	1462.2	2475.0	5.00	2.98	1.14	1.69	0.60	1.70
29	ok	0.29	0.98	0.26	0.30	1462.2	2475.0	5.00	2.98	1.14	1.69	0.60	1.43
30	ok	0.16	0.67	0.26	0.30	1462.2	2475.0	5.00	2.98	1.14	1.69	0.60	1.13

Legenda

CMB-SLC Numero della combinazione di carico analizzata allo SLC

Stato Esito della verifica in funzione degli stati limite di interesse (ok = verificato - N.V.= non verificato)

Dom: d Domanda in termini di spostamento

Cap: d Capacità in termini di spostamento

Dom: PGA Domanda in termini di PGA

Cap: PGA Capacità i in termini di PGA

Dom: Tr Domanda in termini di tempi di ritorno

Cap: Tr Capacità in termini di tempi di ritorno

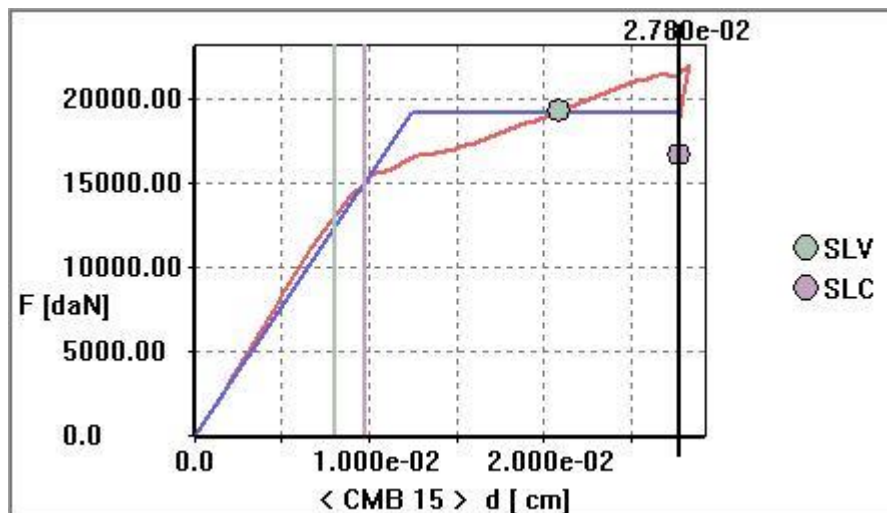
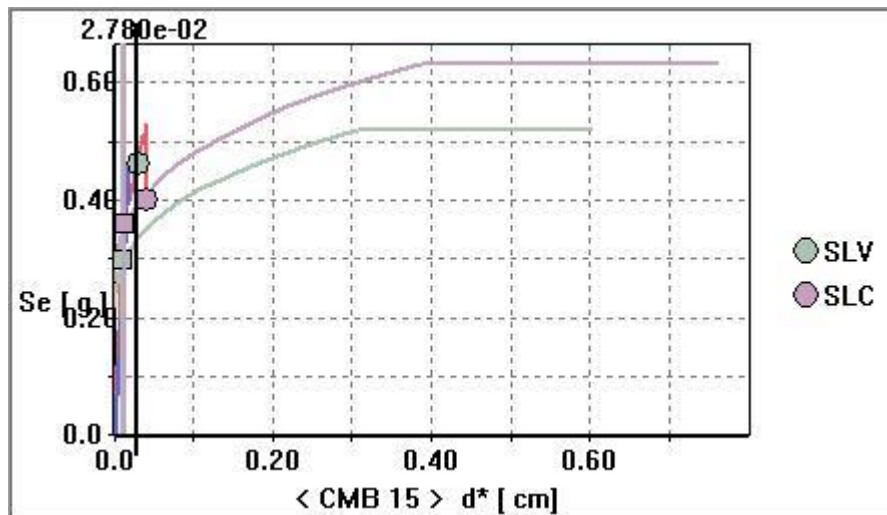
Dom: Pr Domanda in termini di probabilità di superamento

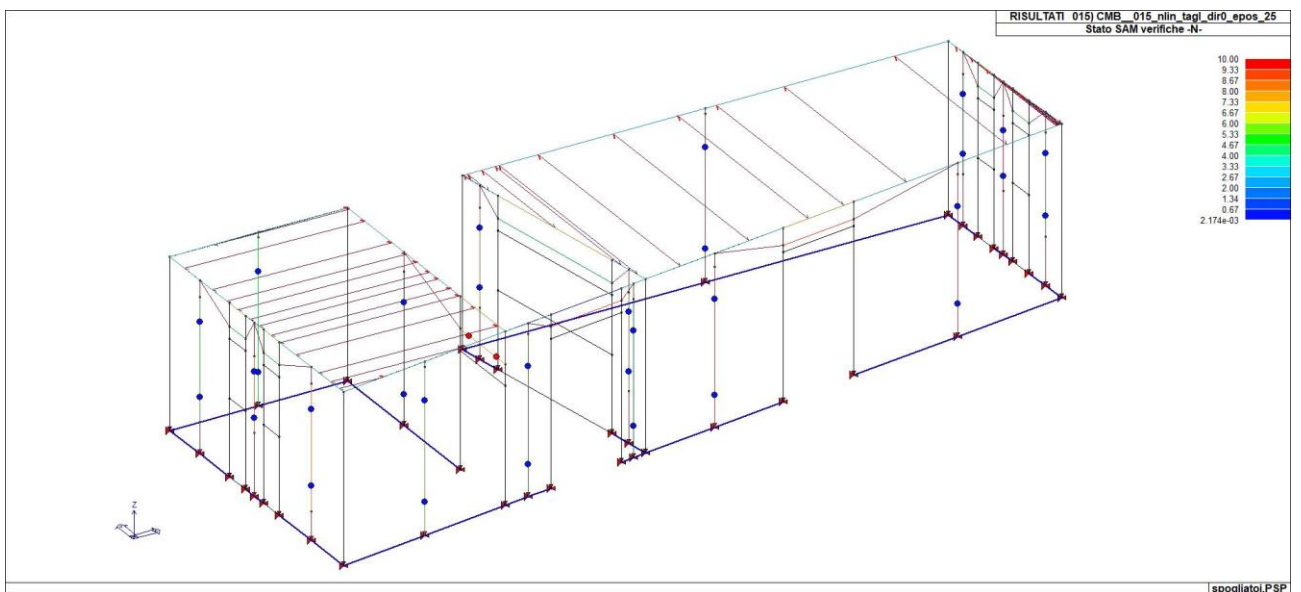
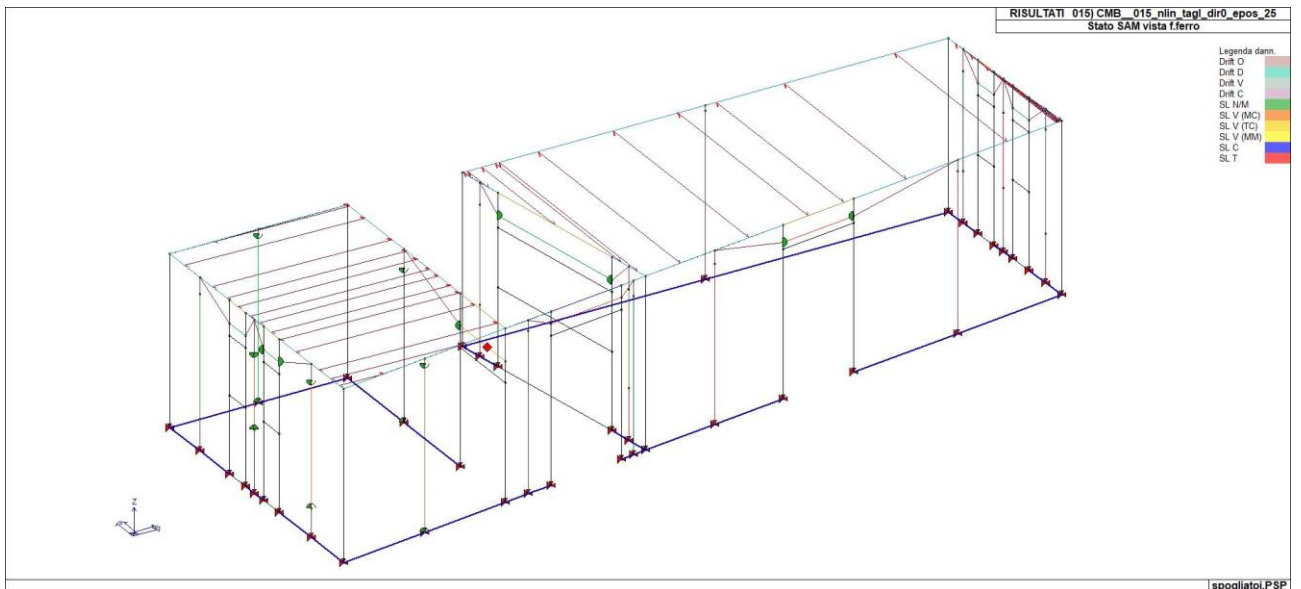
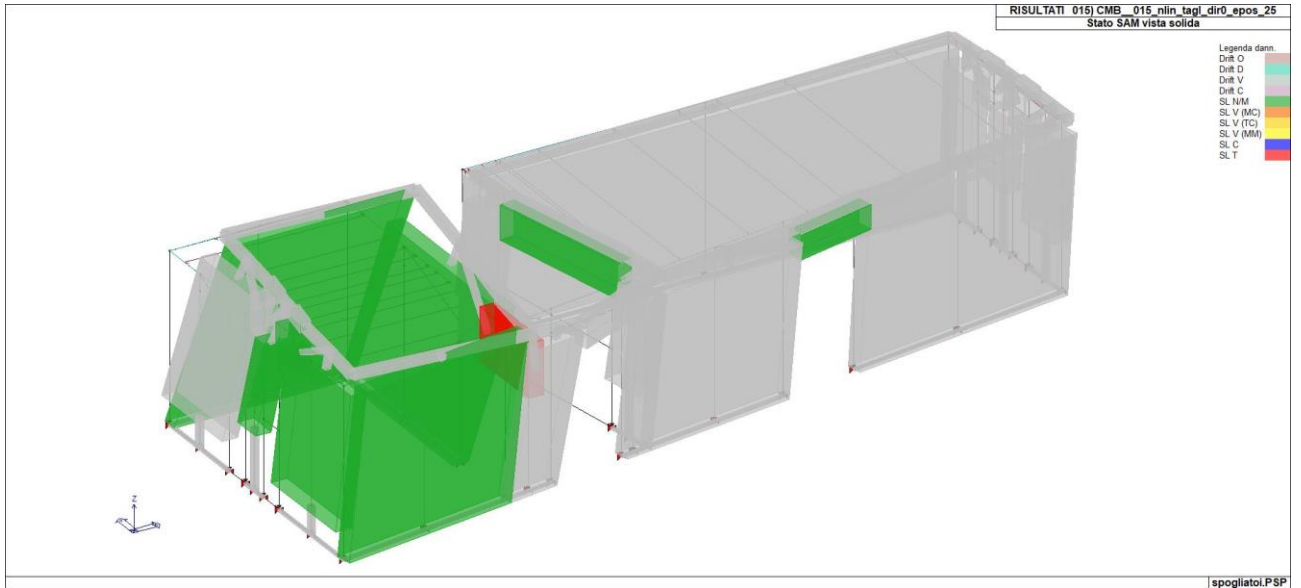
Cap: Pr Capacità in termini di probabilità di superamento

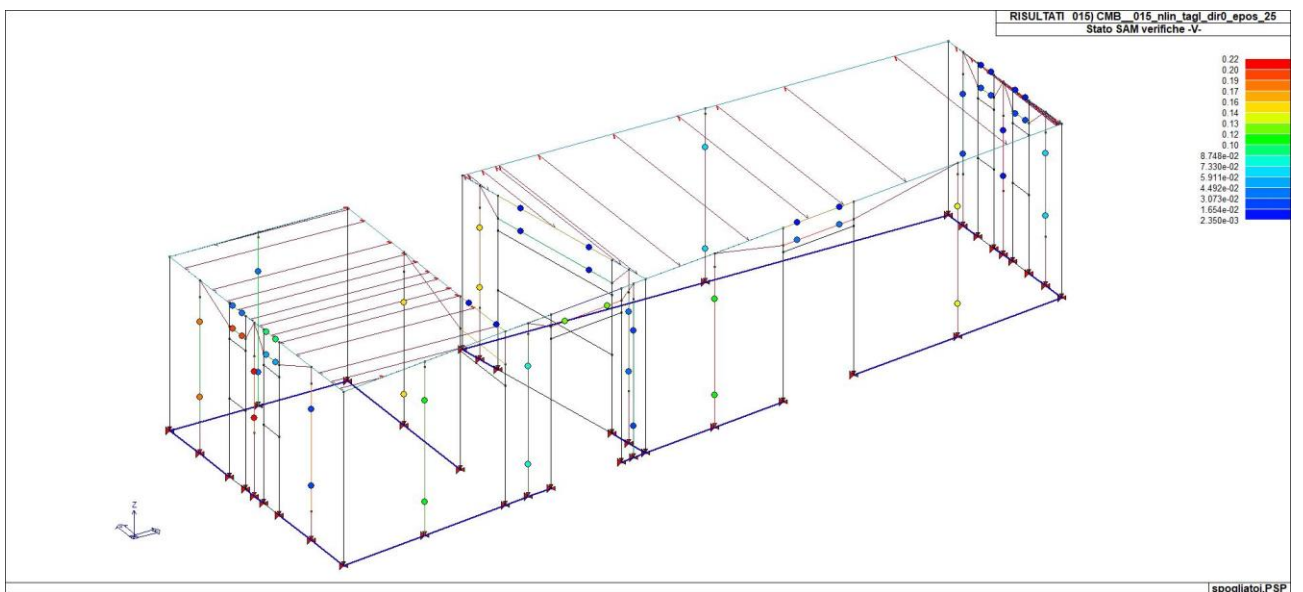
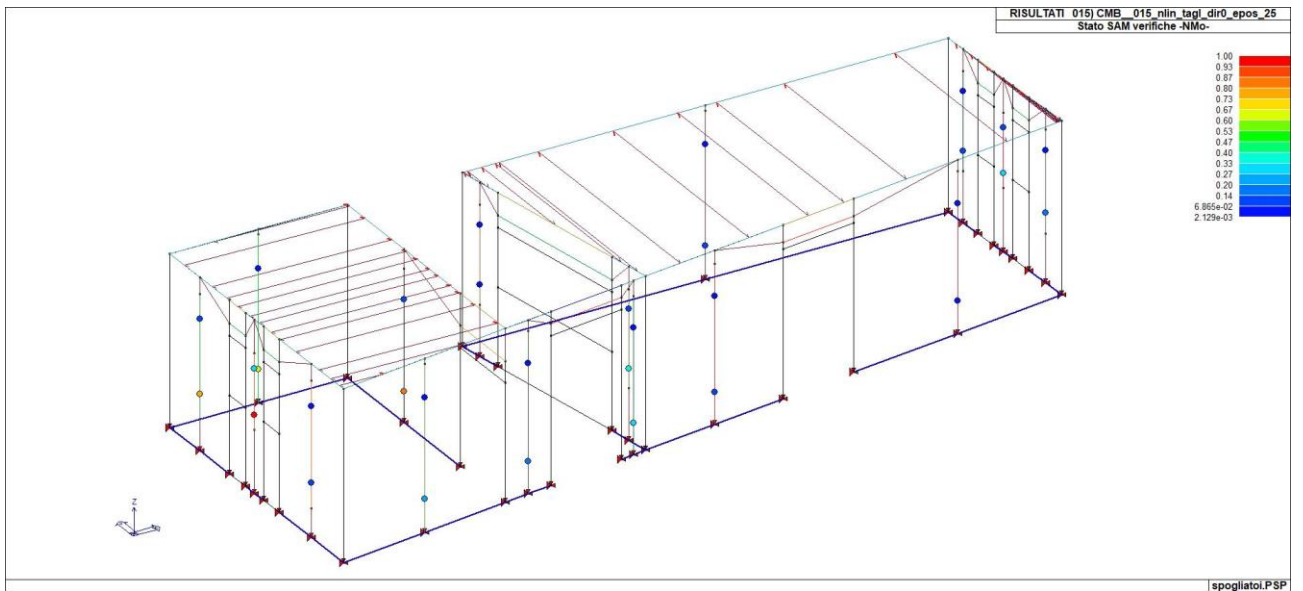
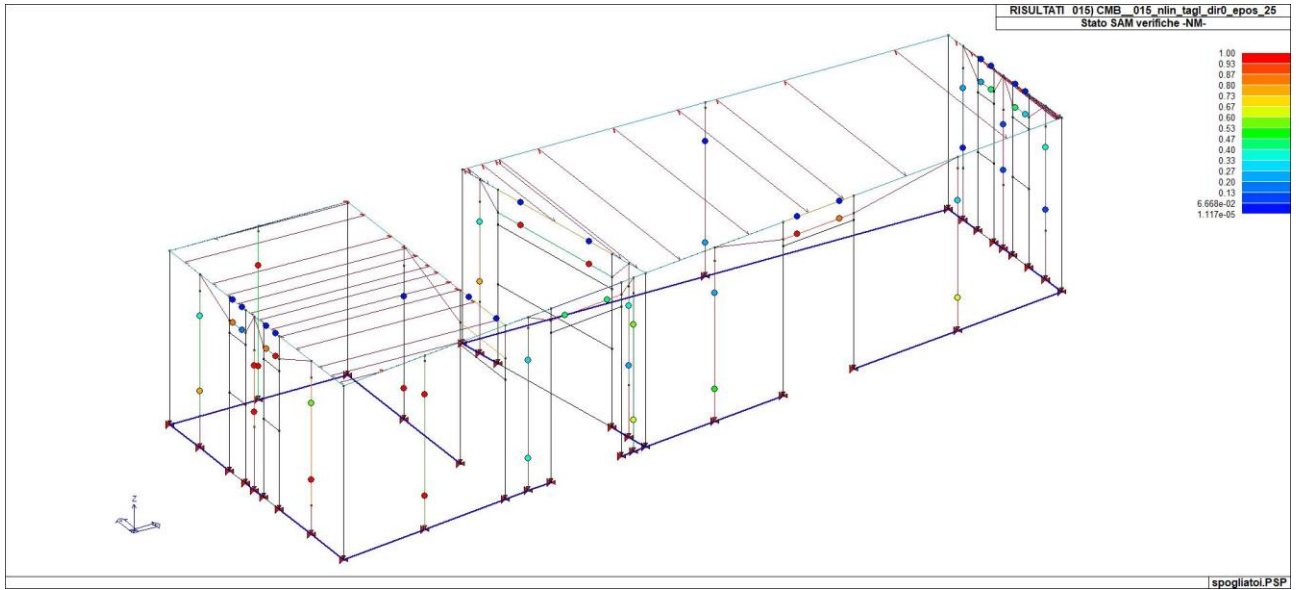
Rapp: PGARapporto tra capacità e domanda in termini di PGA

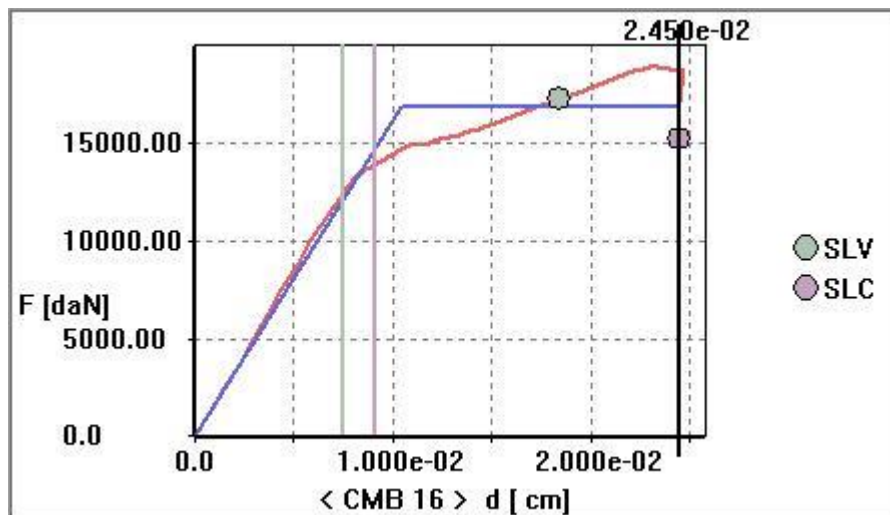
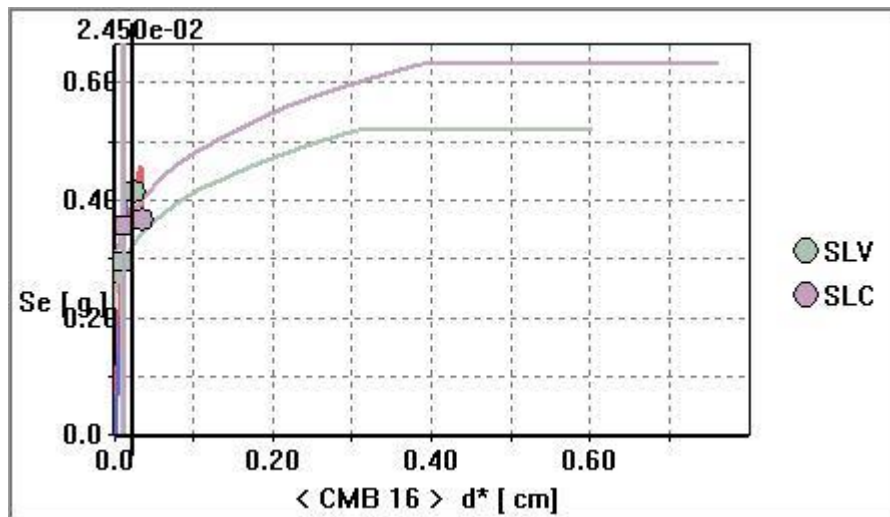
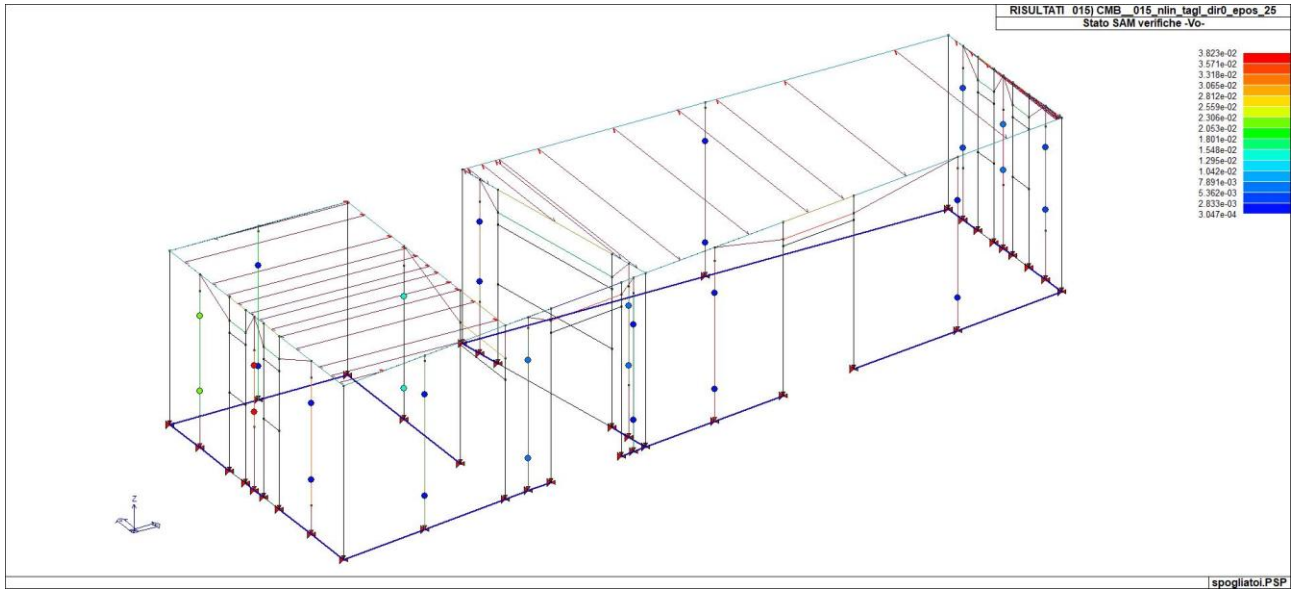
Rapp: Tr Rapporto tra capacità e domanda in termini di tempi di ritorno

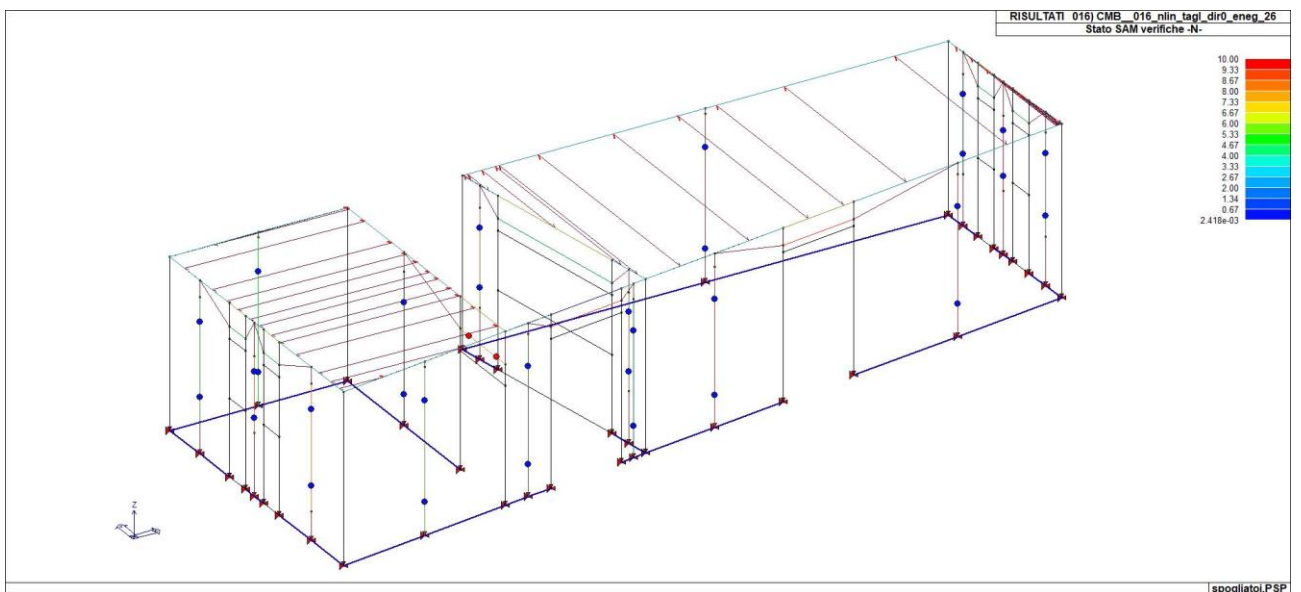
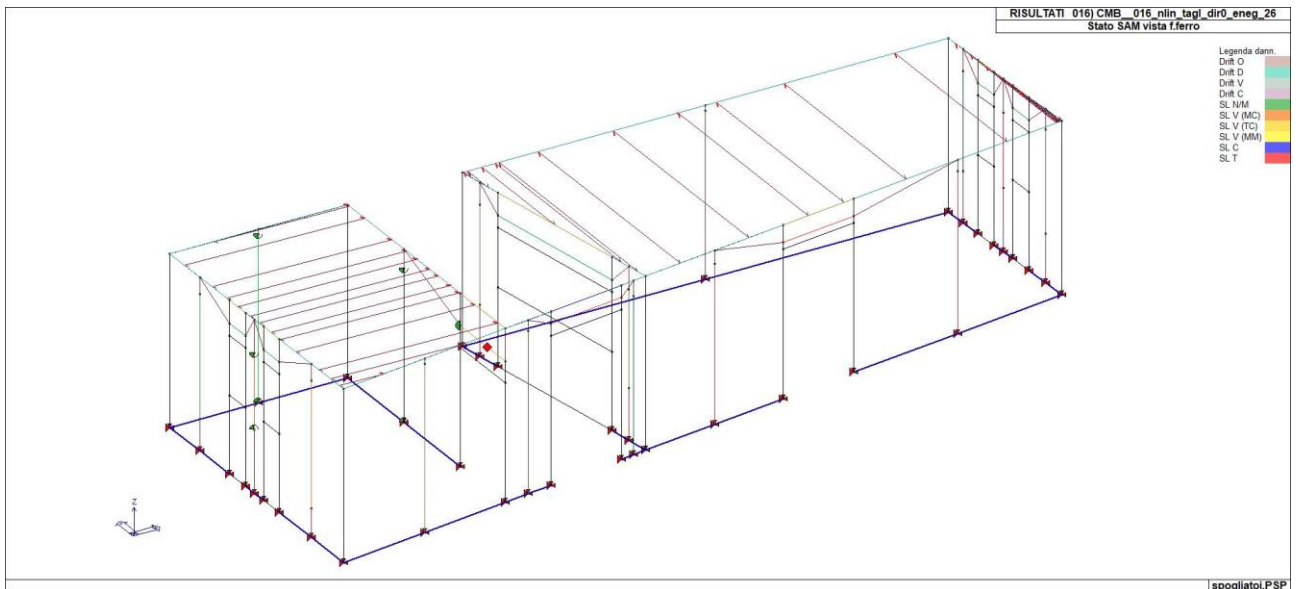
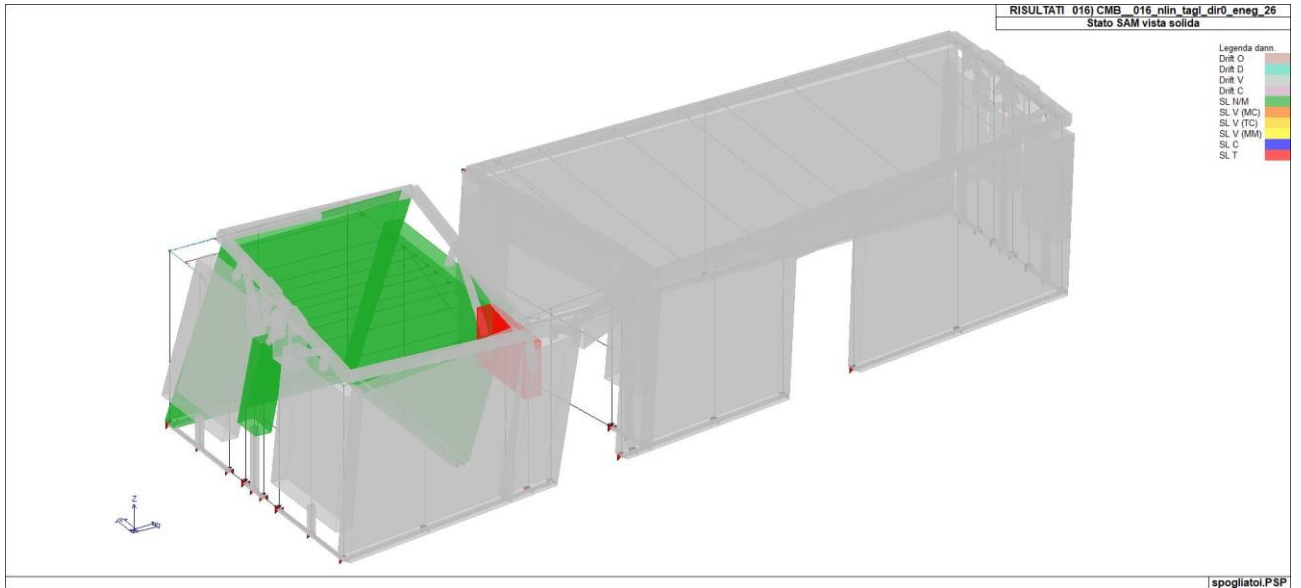
Rapp: Pr Rapporto tra capacità e domanda in termini di probabilità di superamento

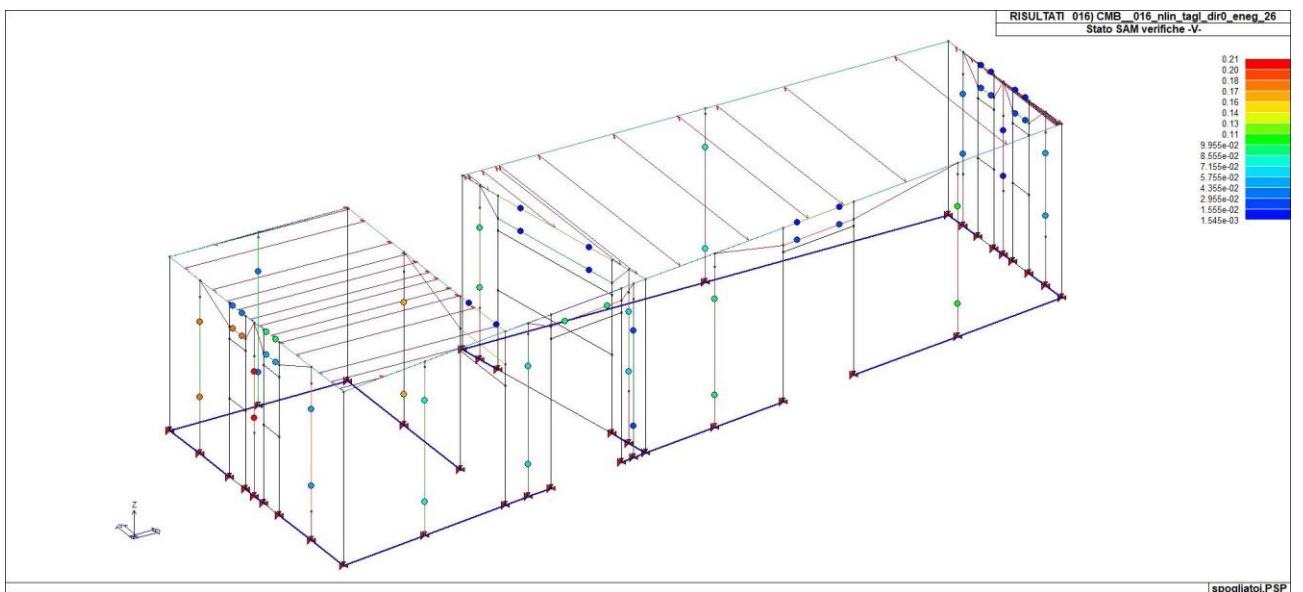
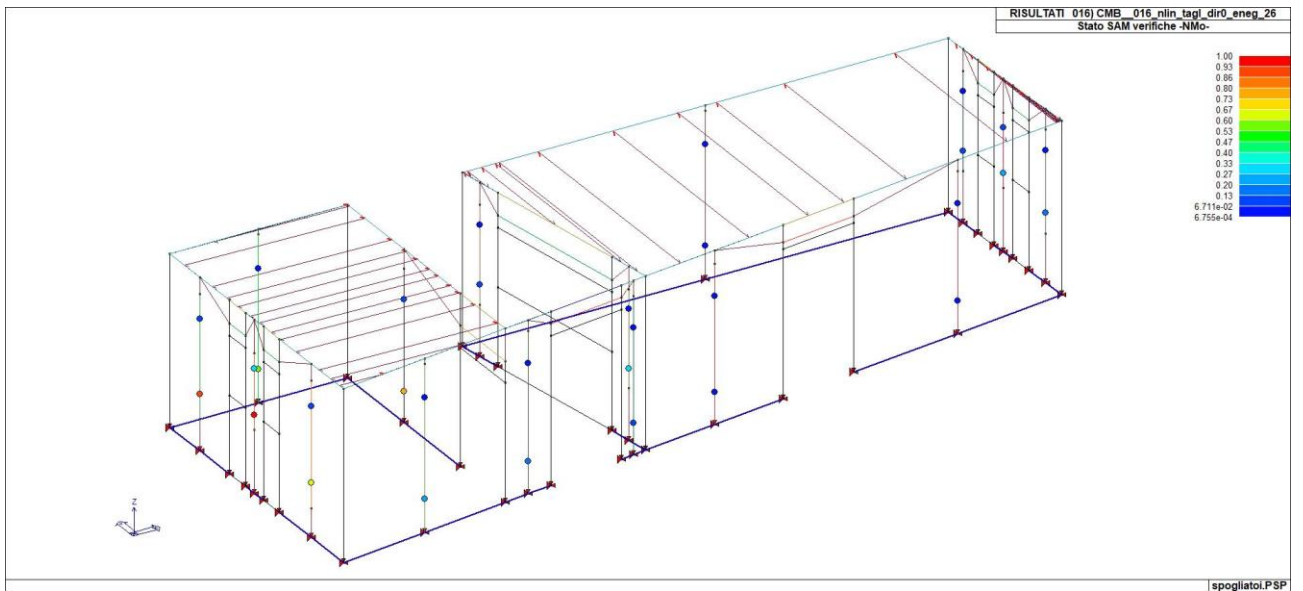
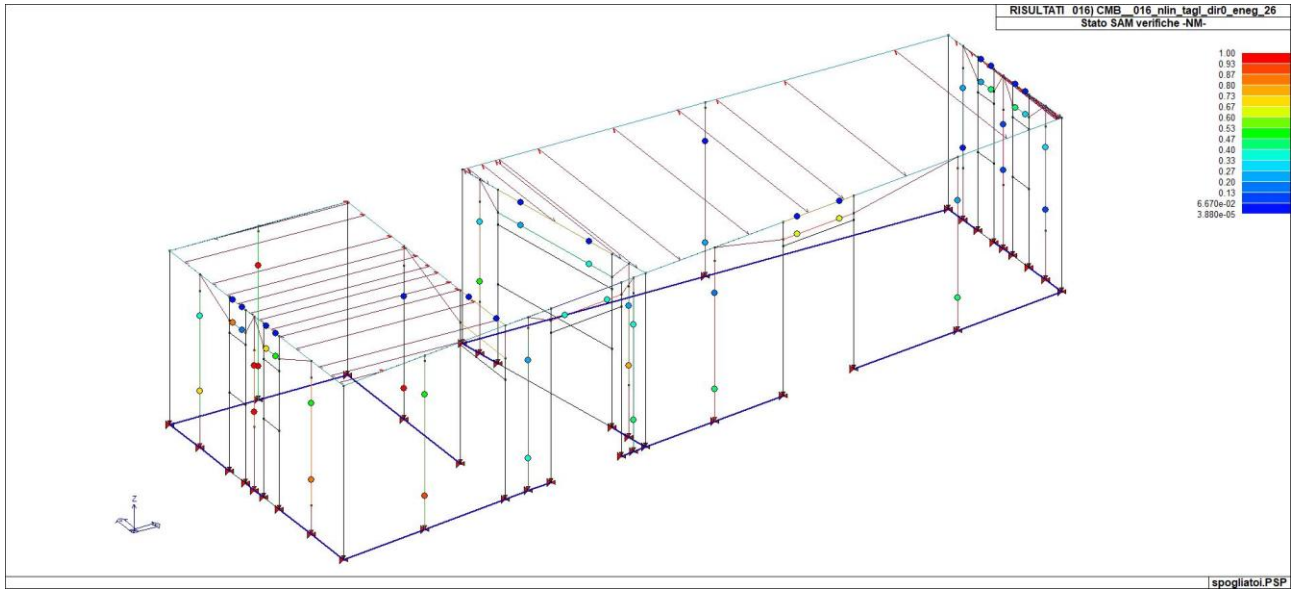


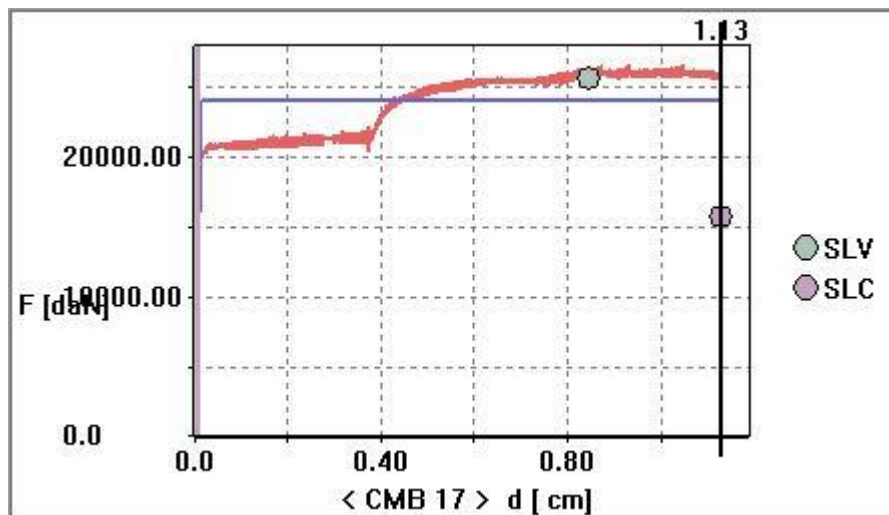
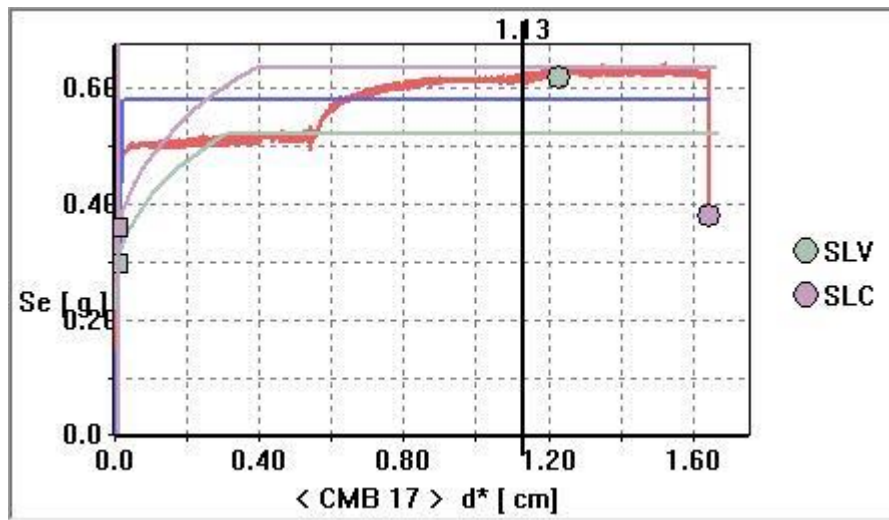
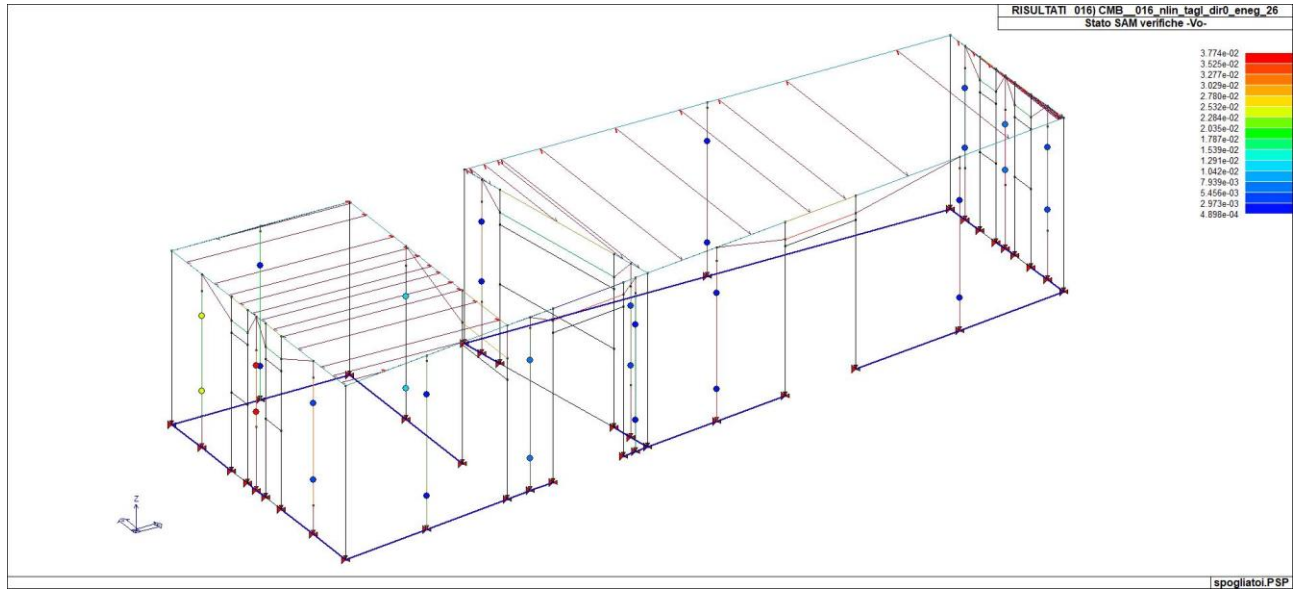


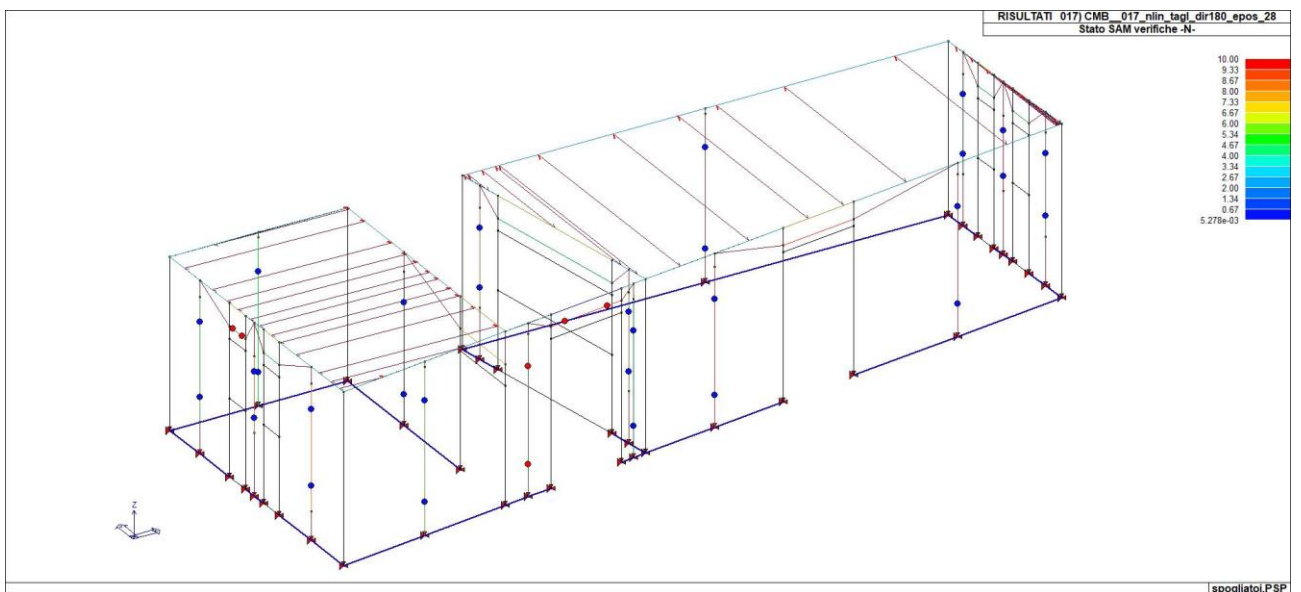
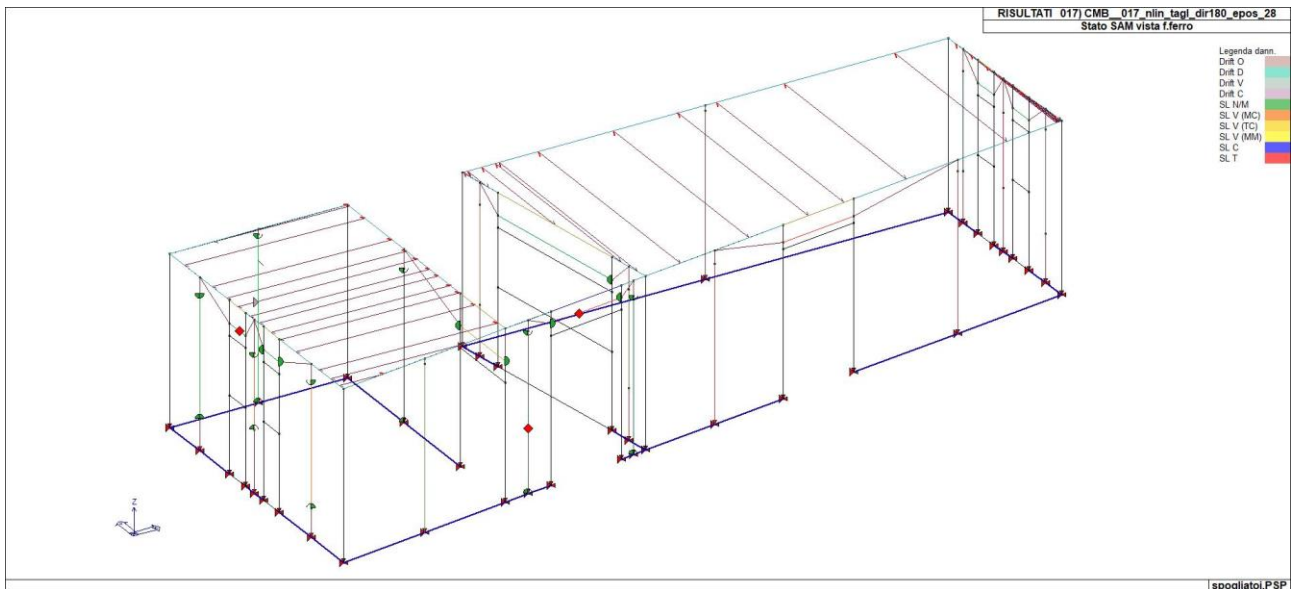
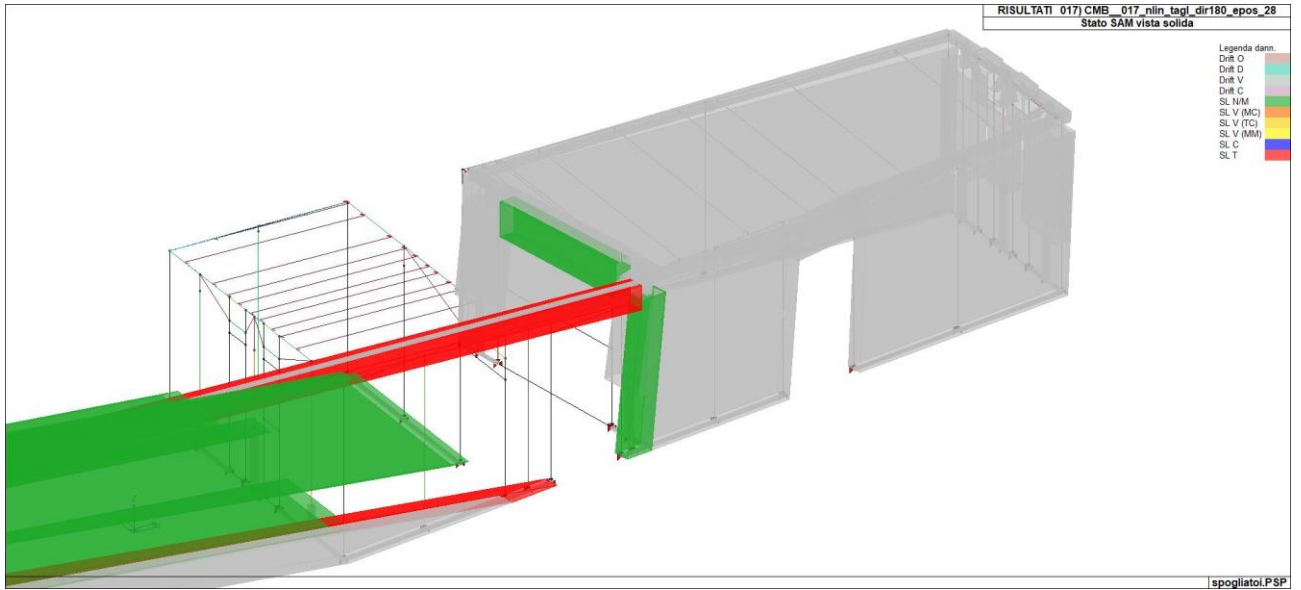


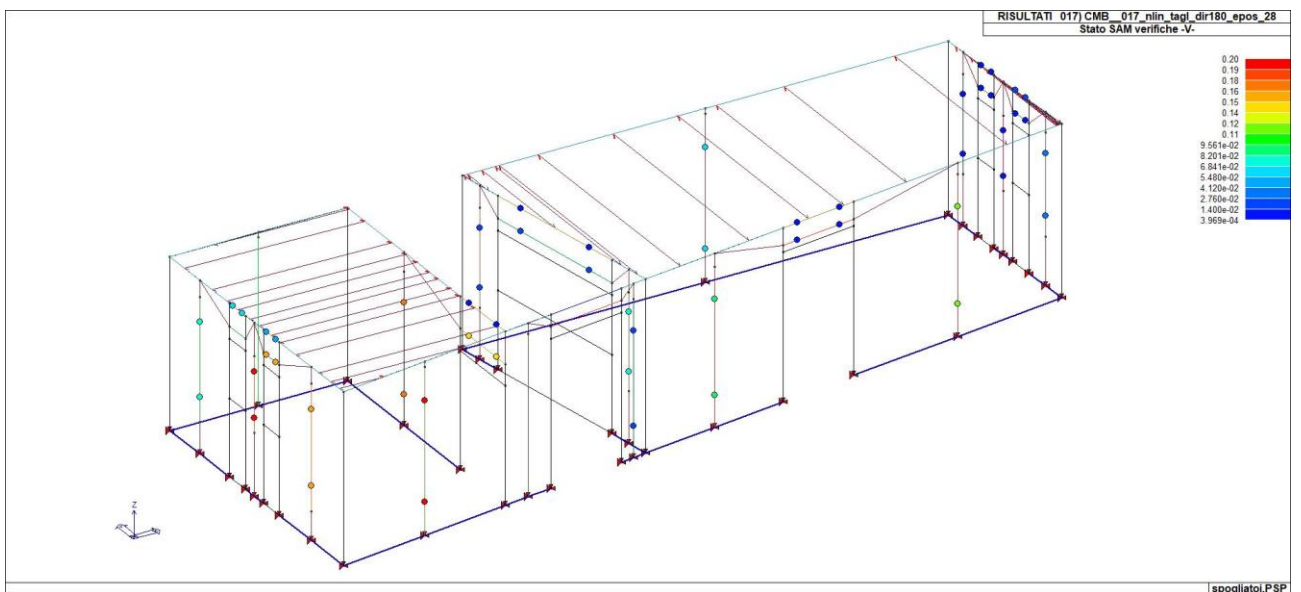
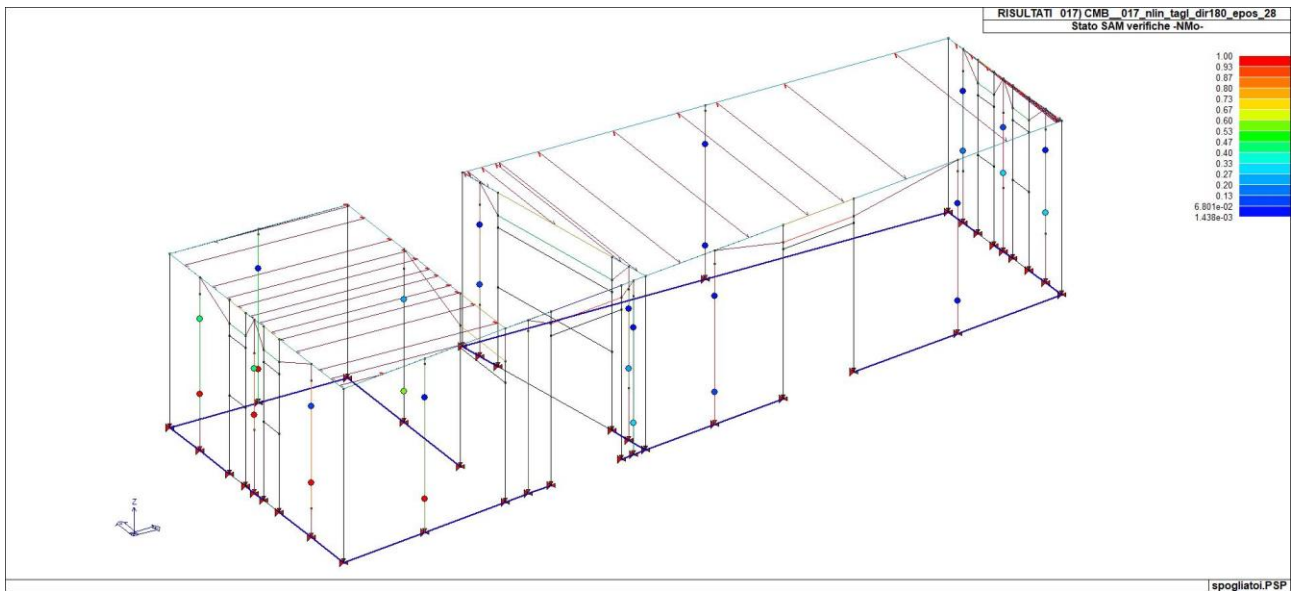
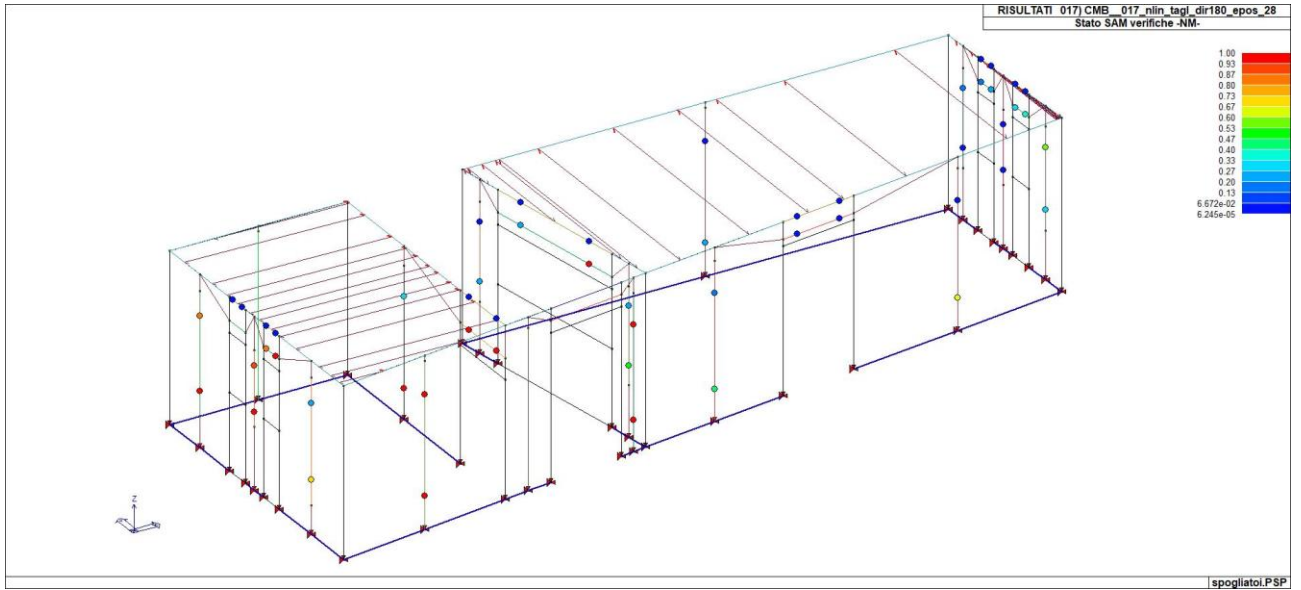


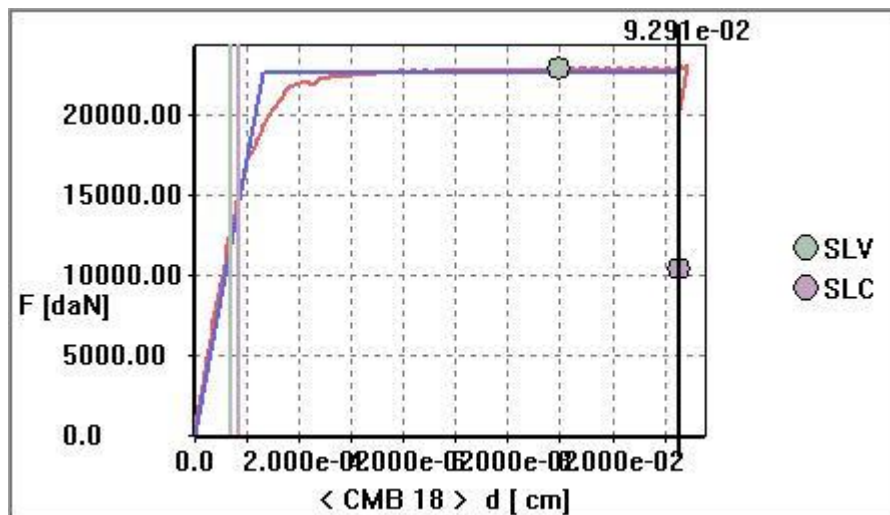
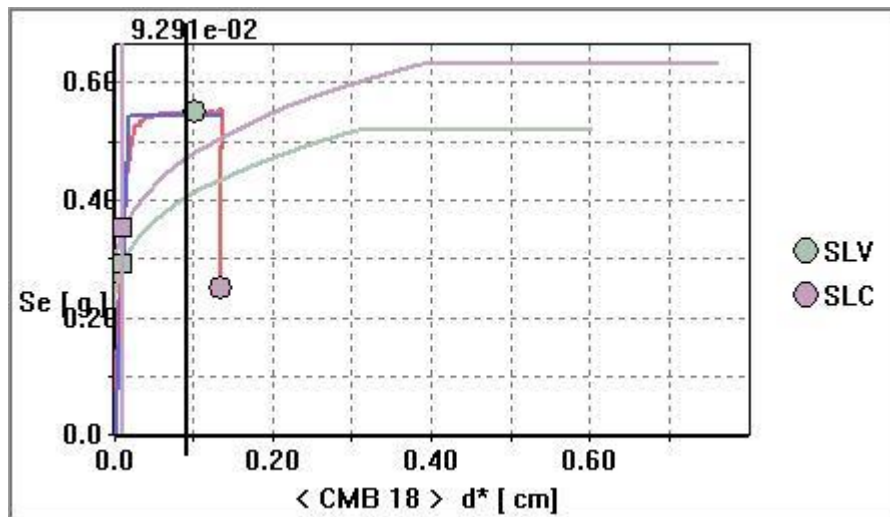
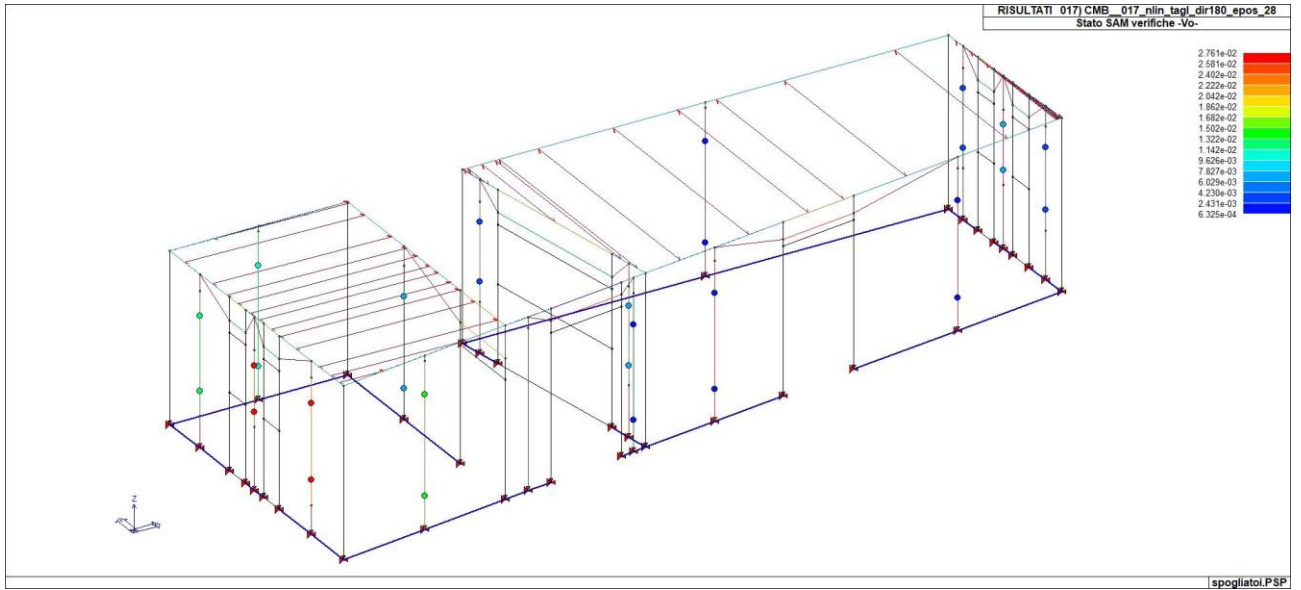


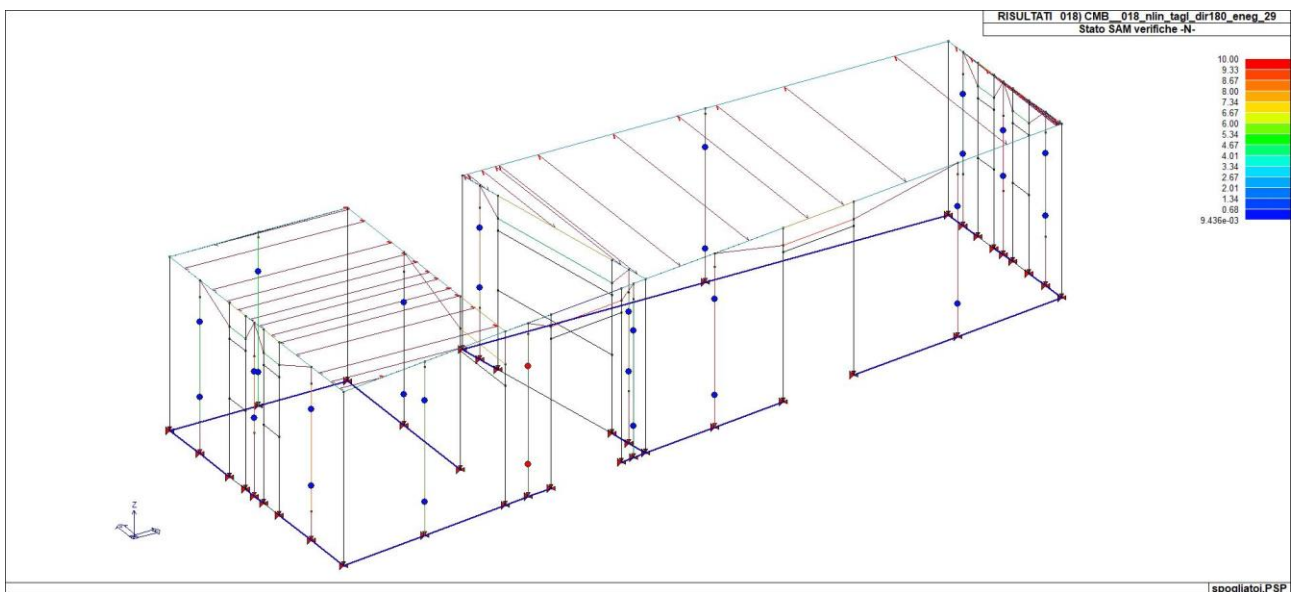
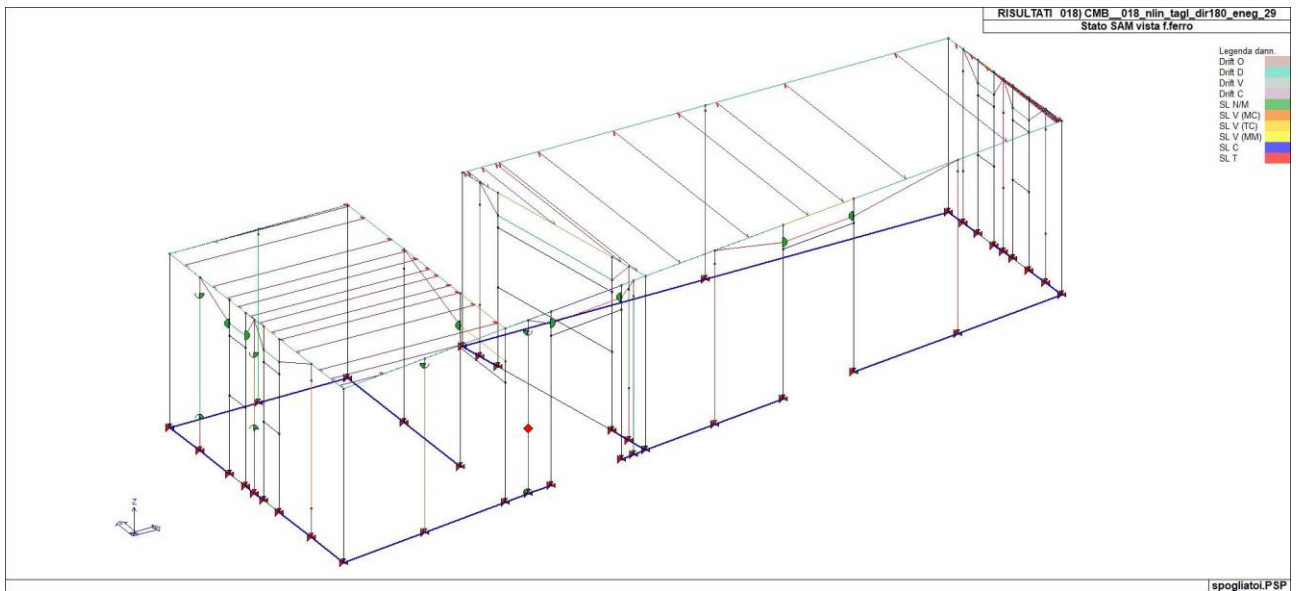
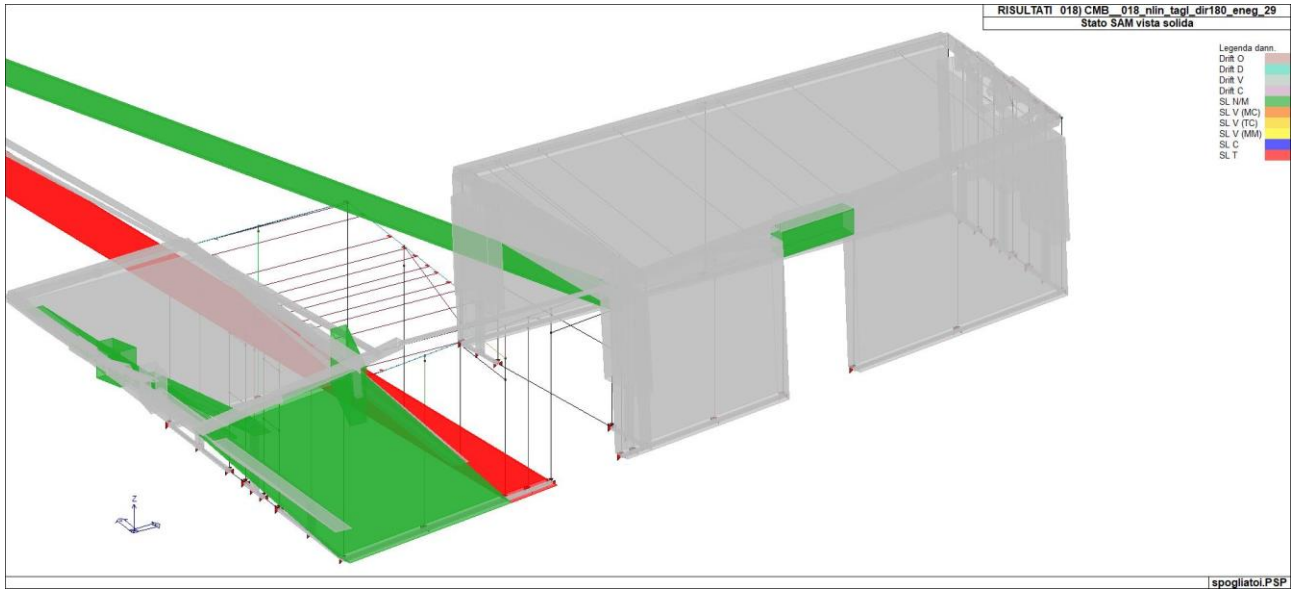


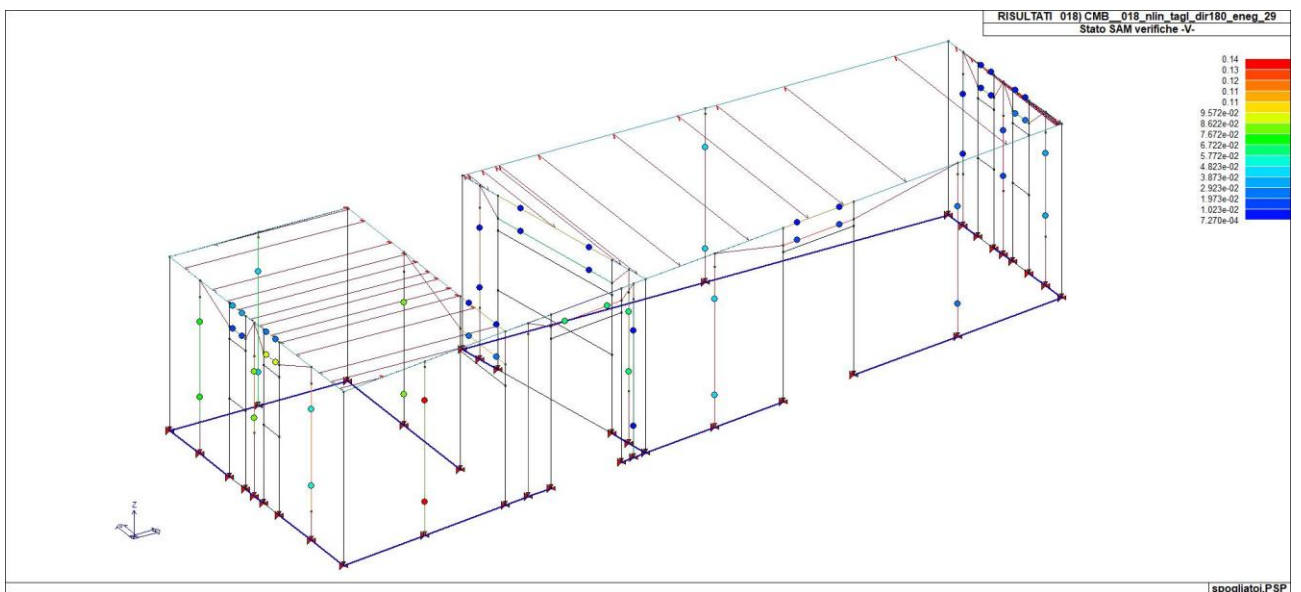
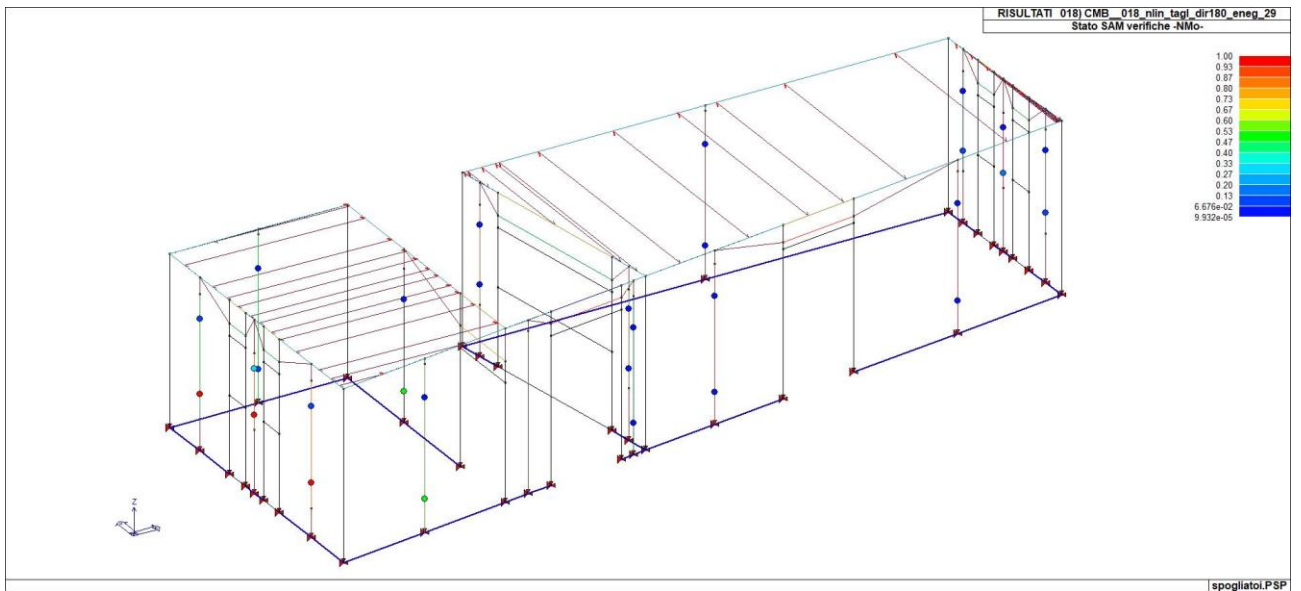
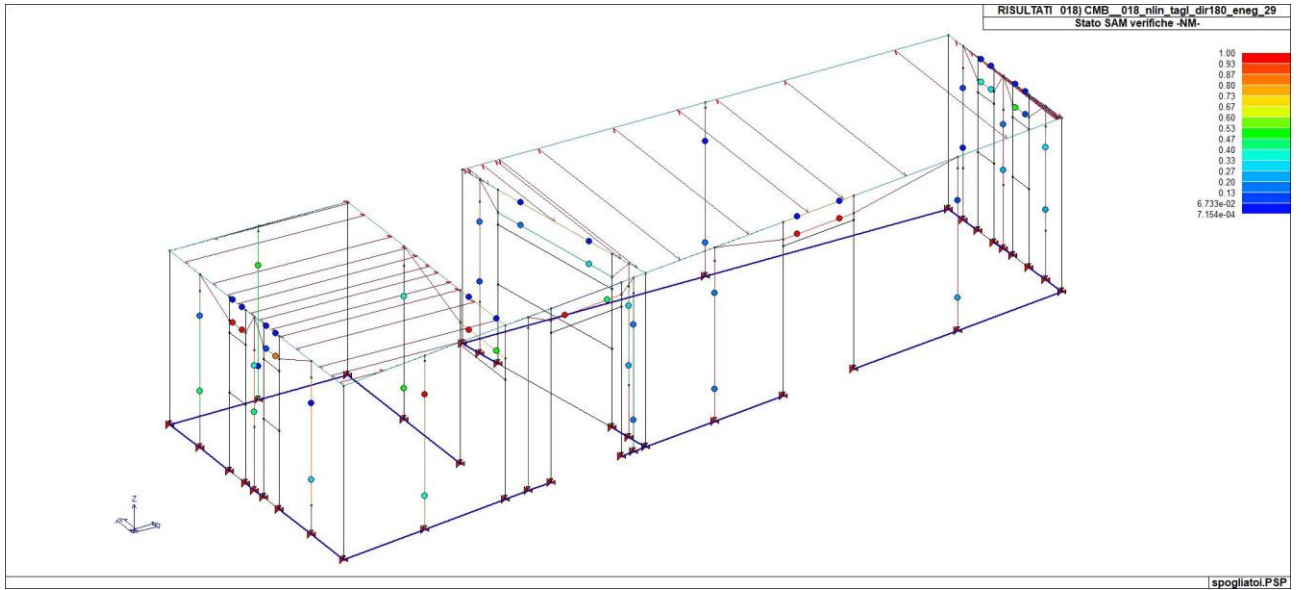


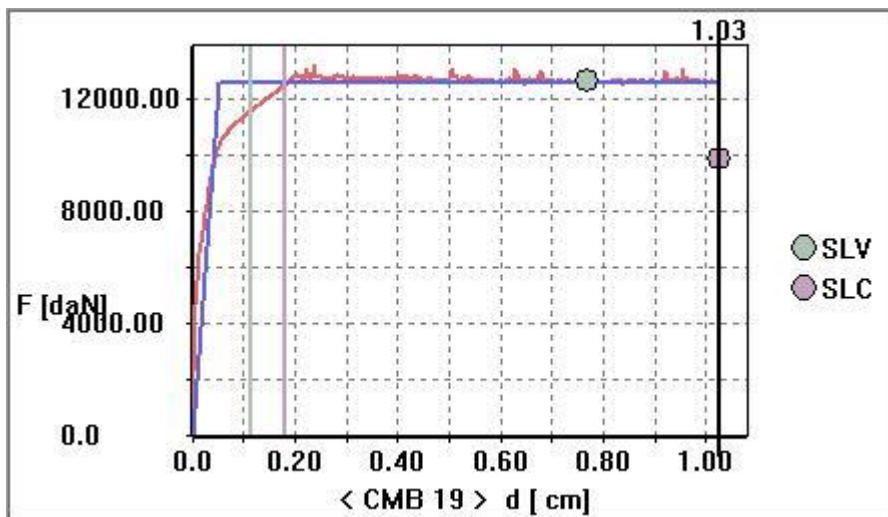
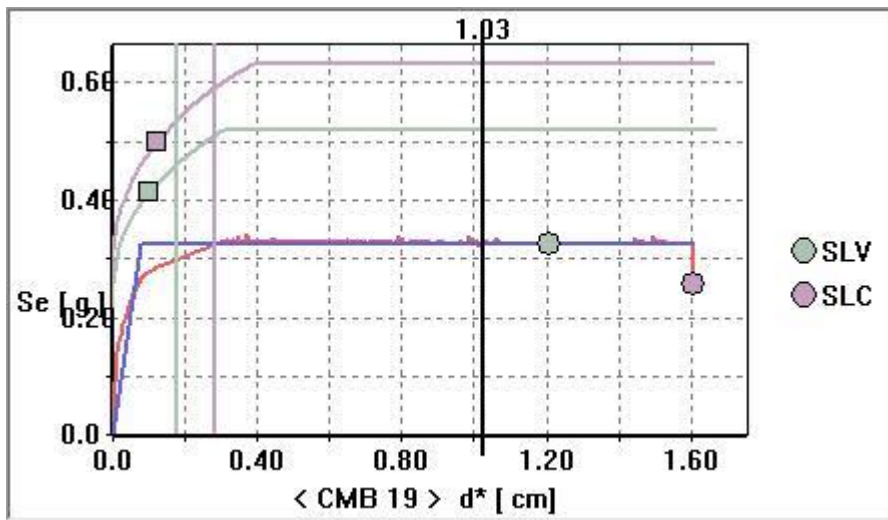
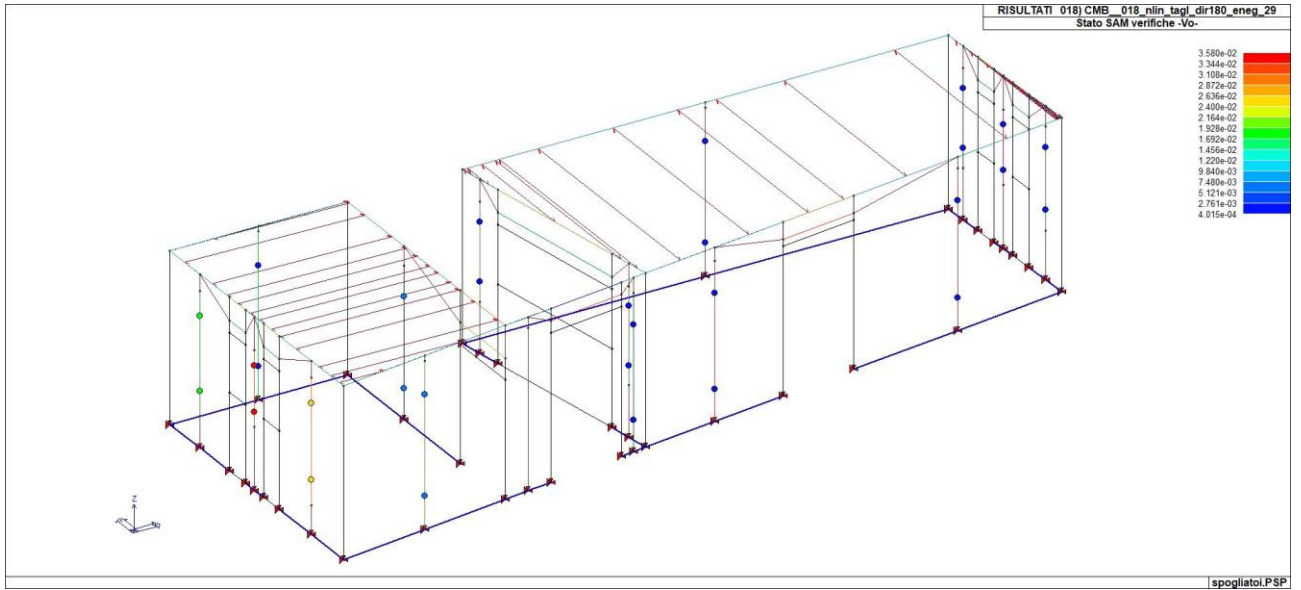


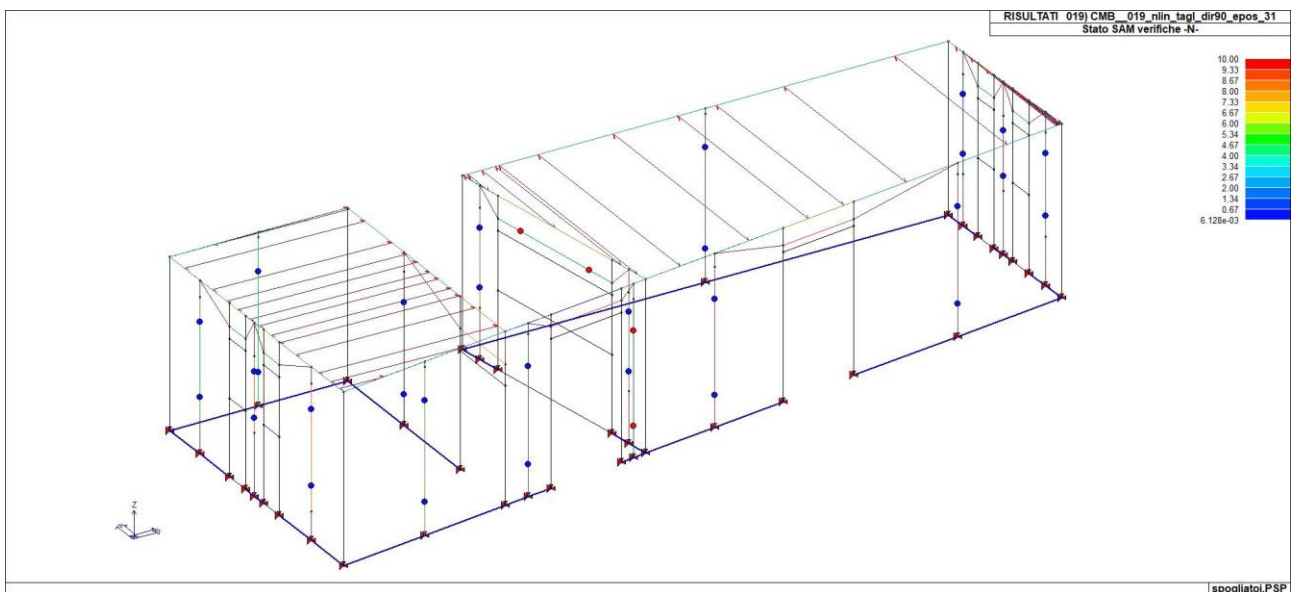
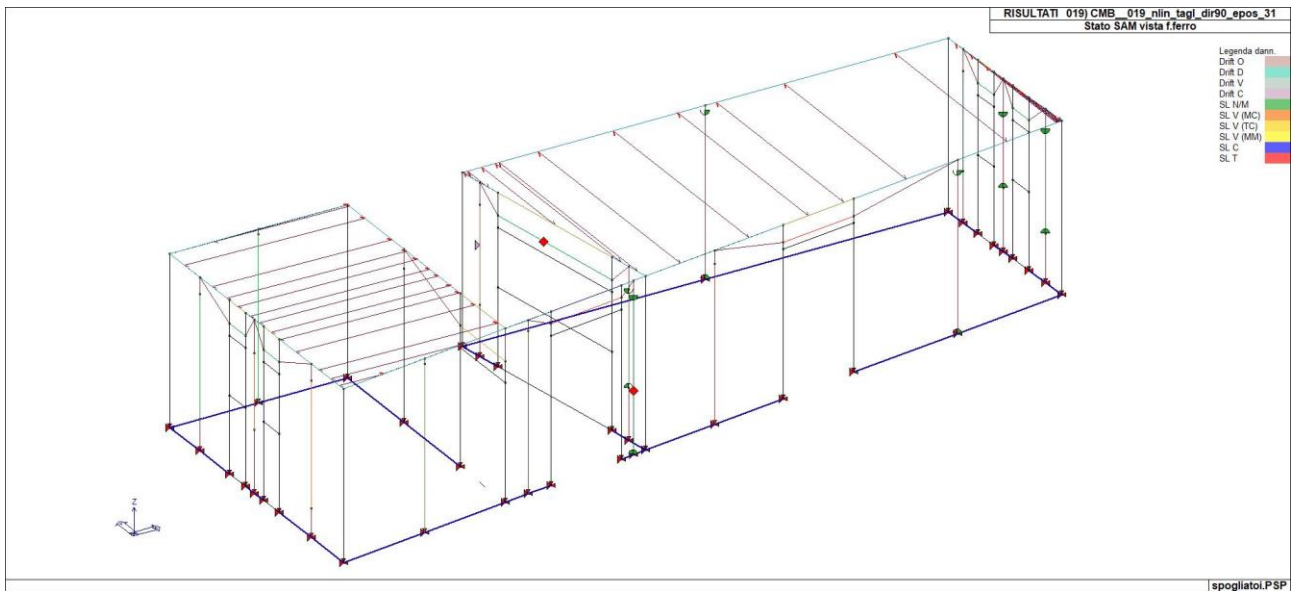
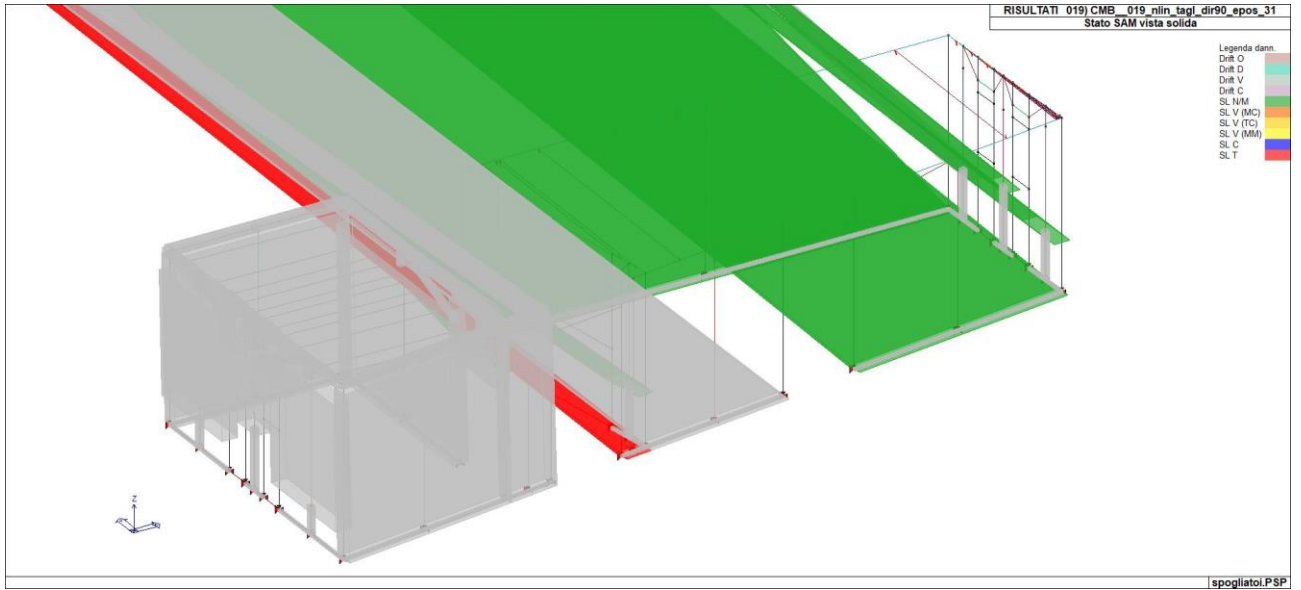


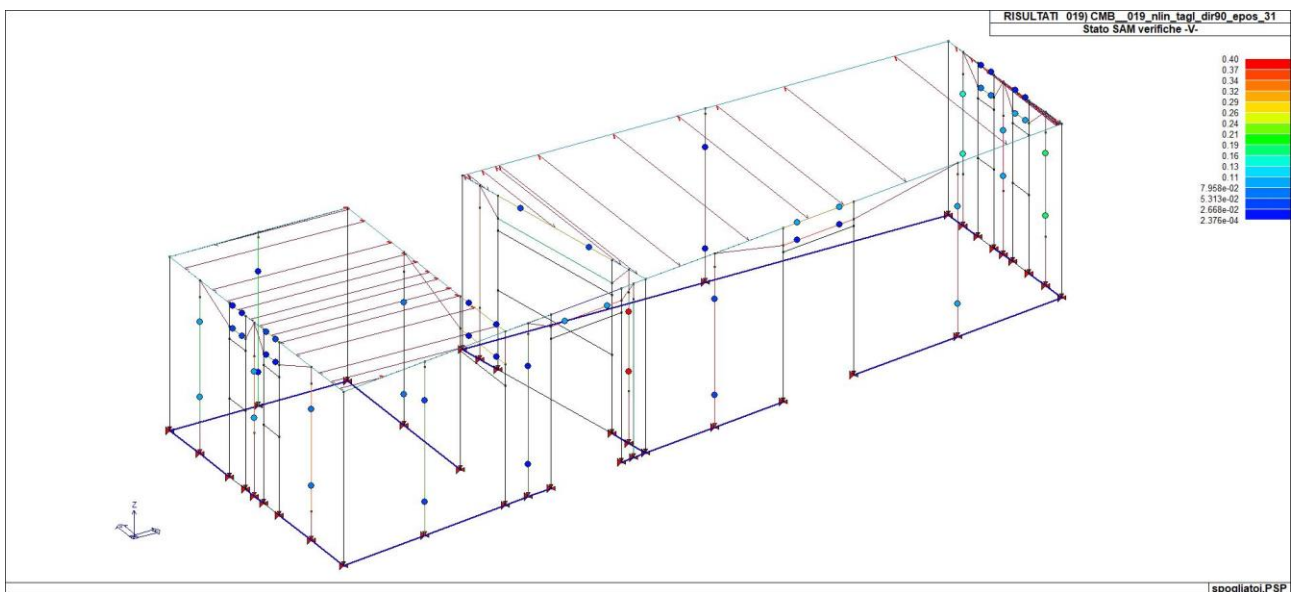
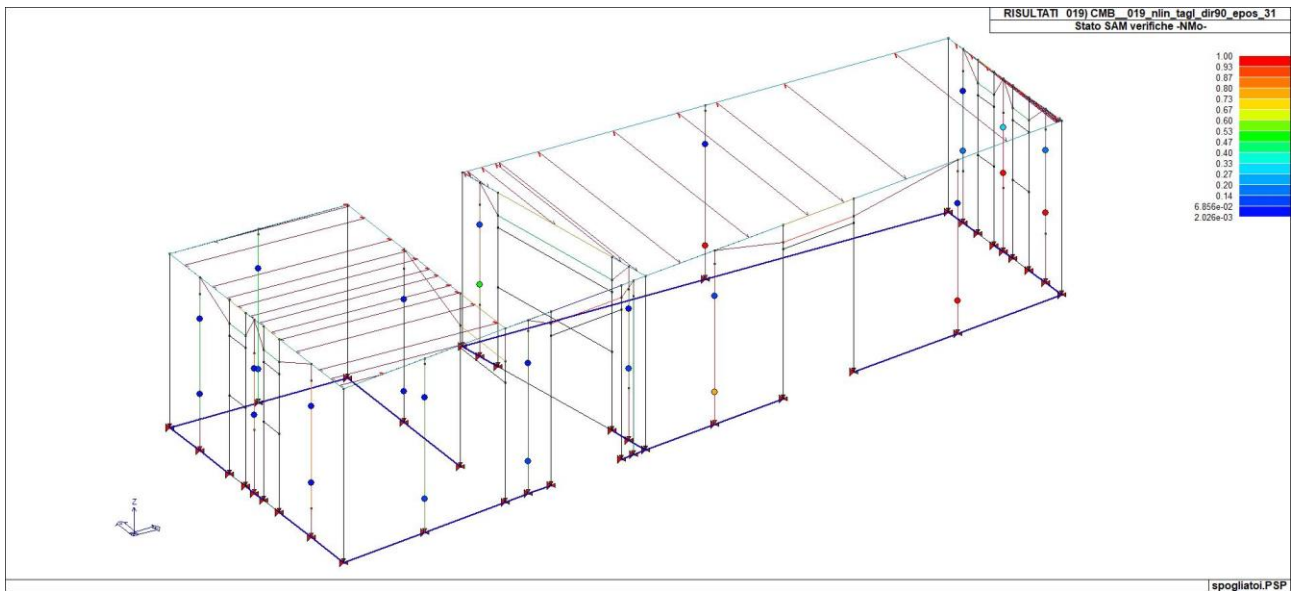
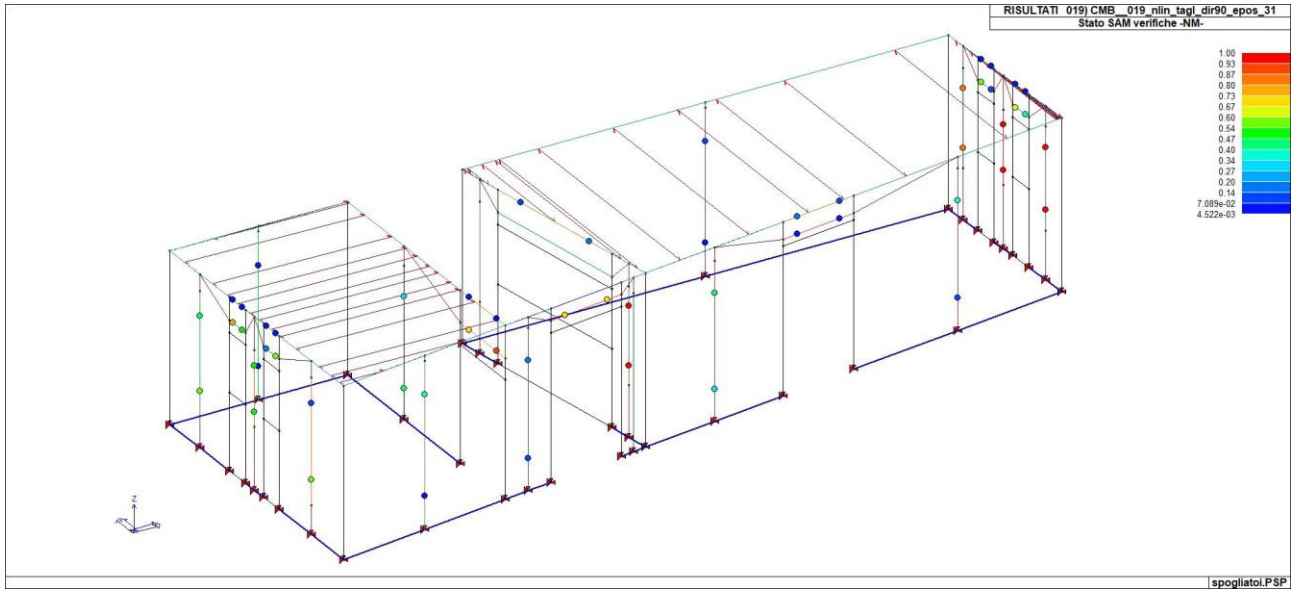


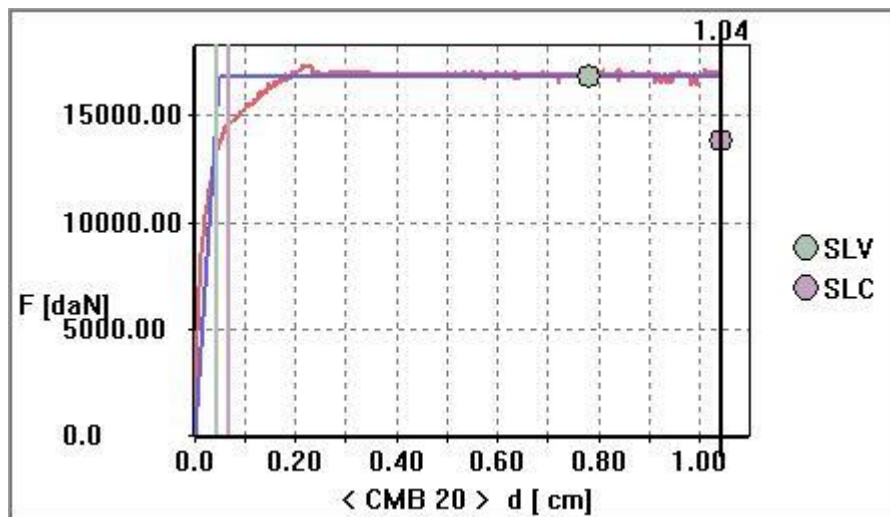
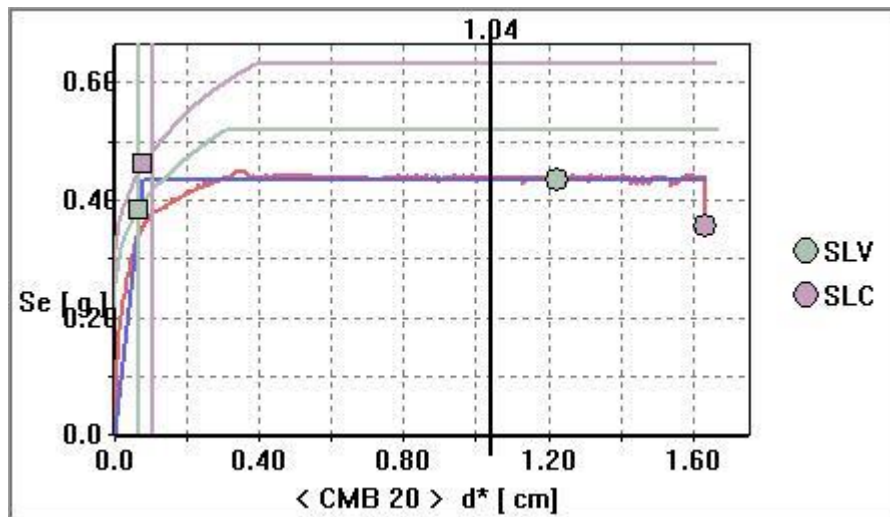
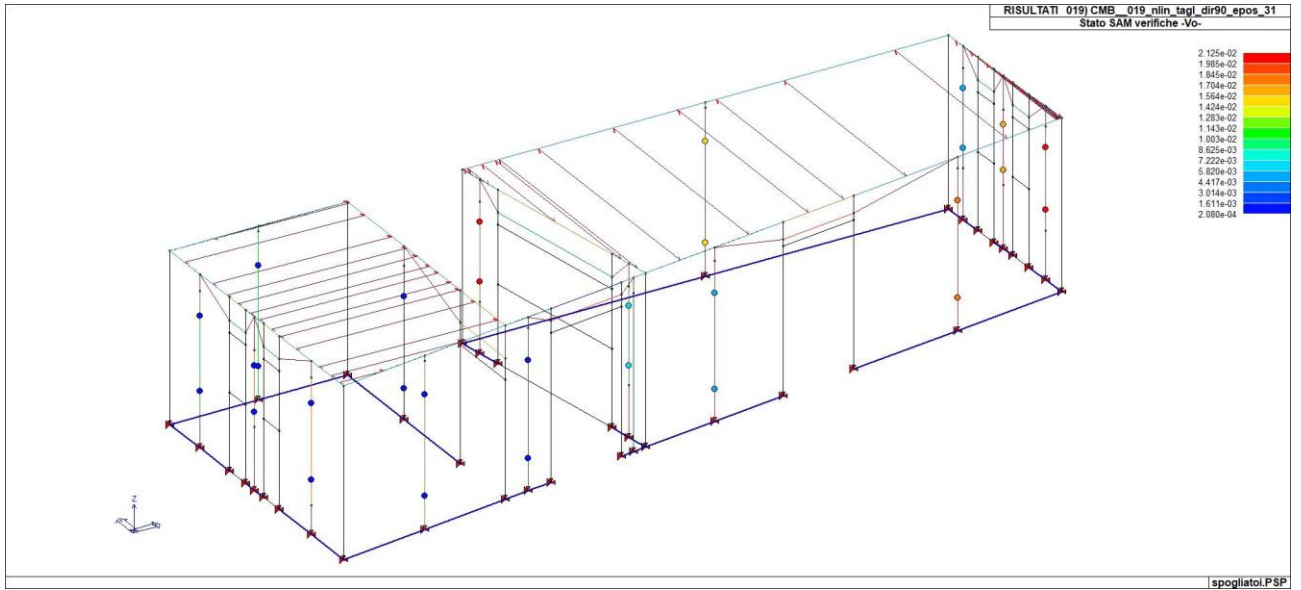


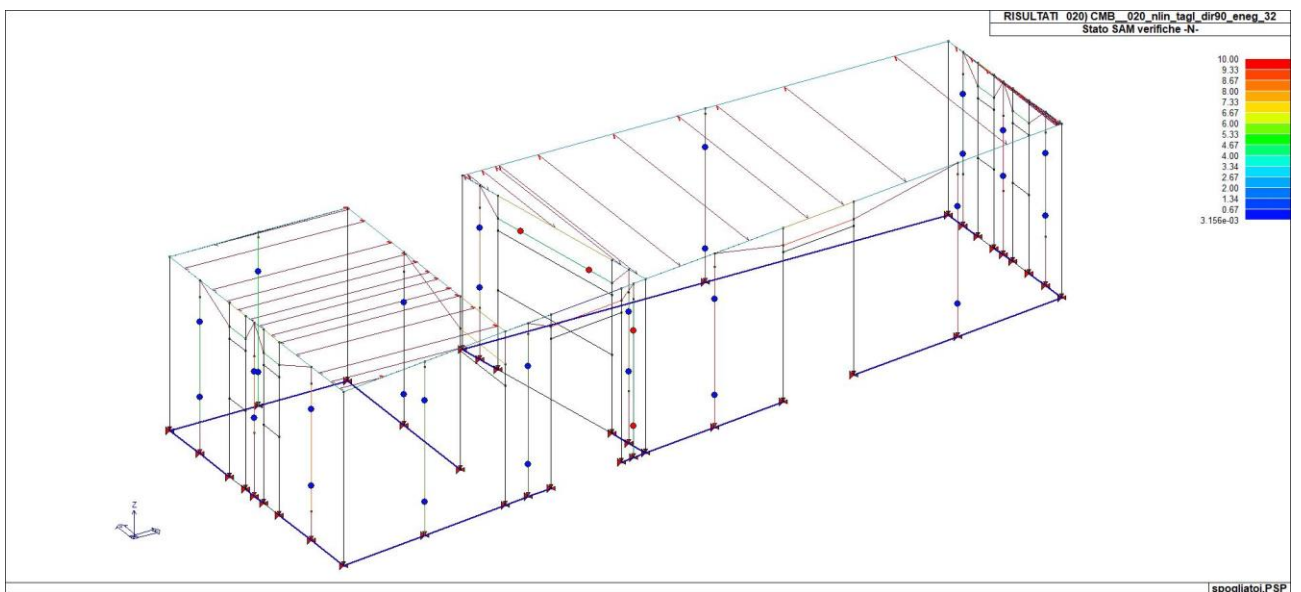
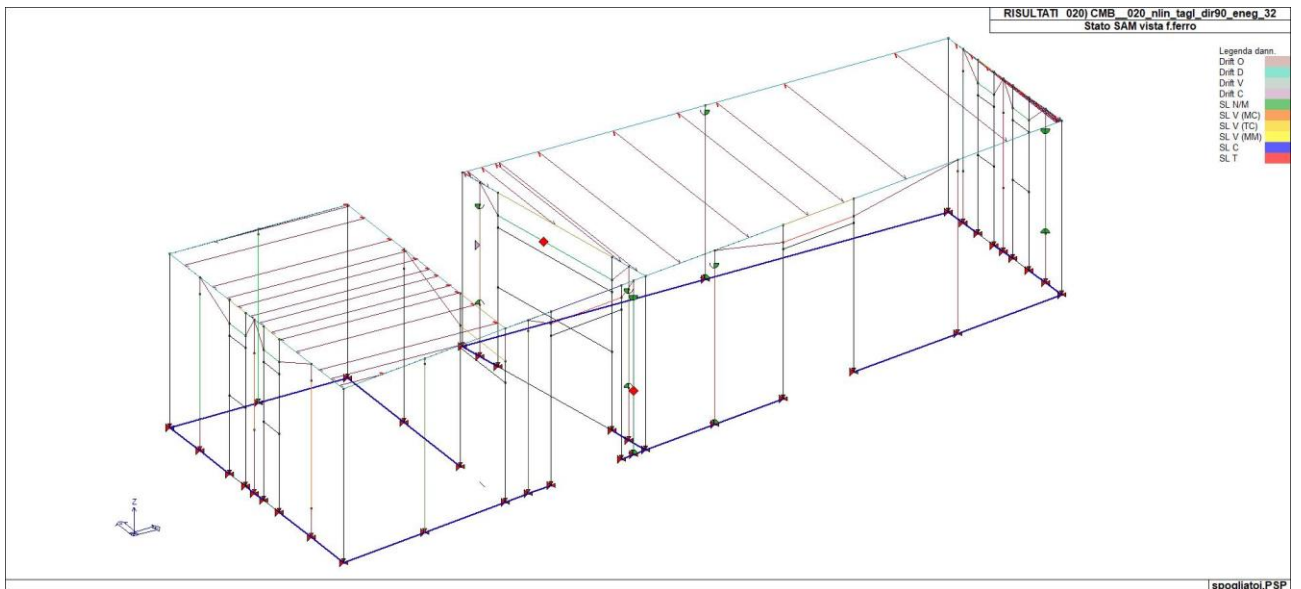
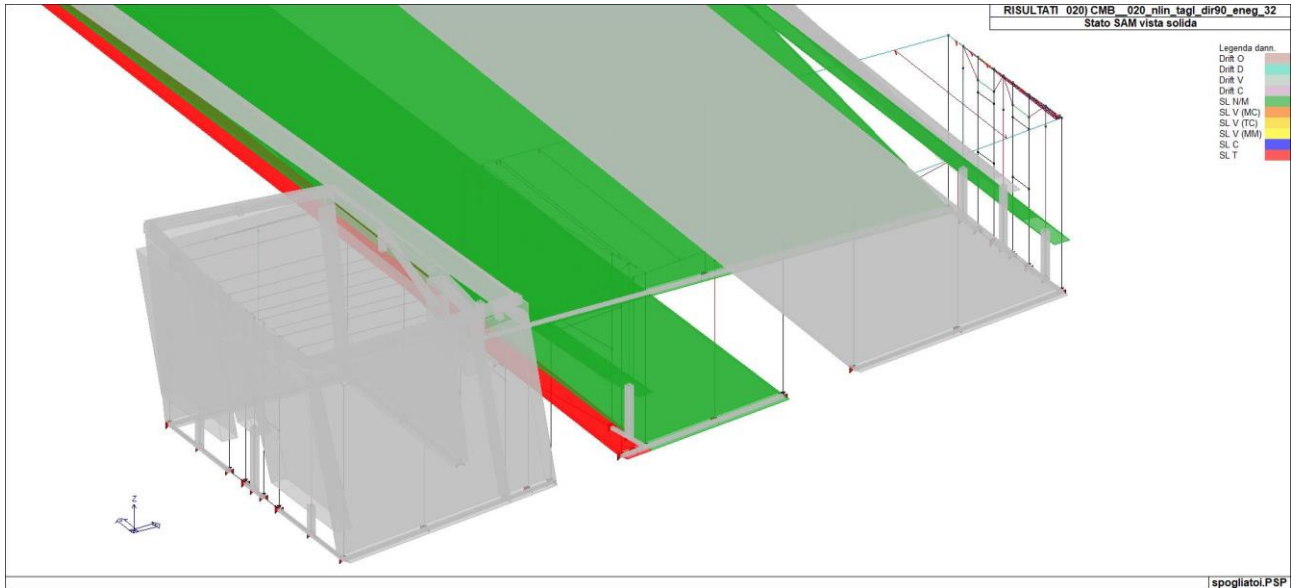


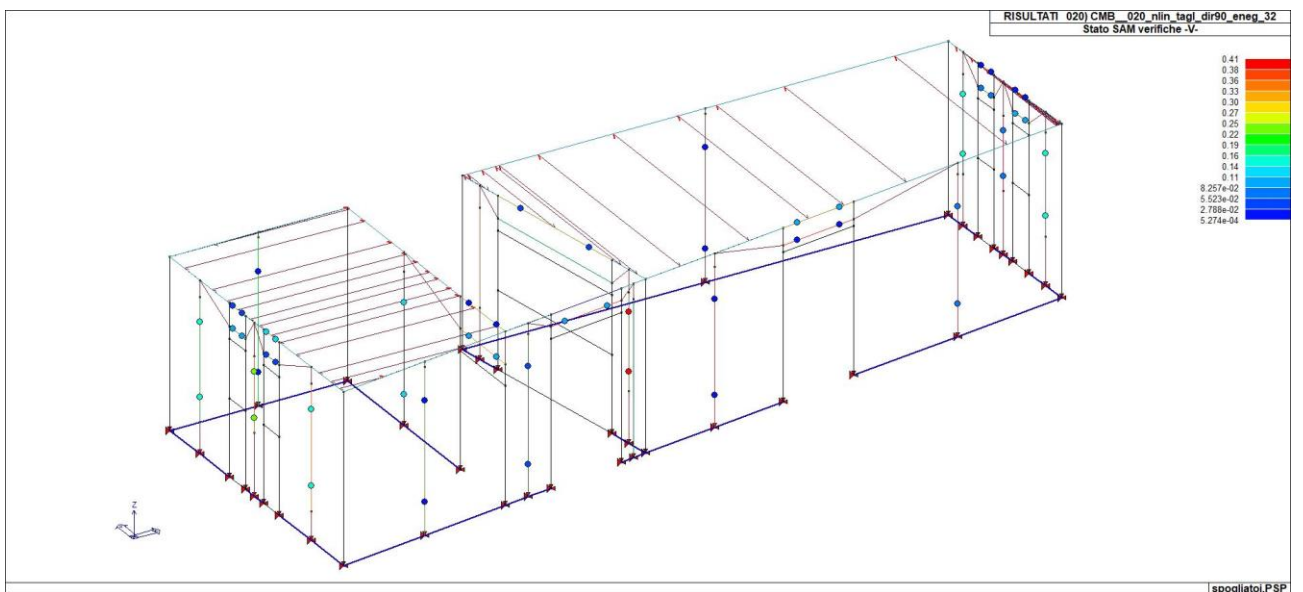
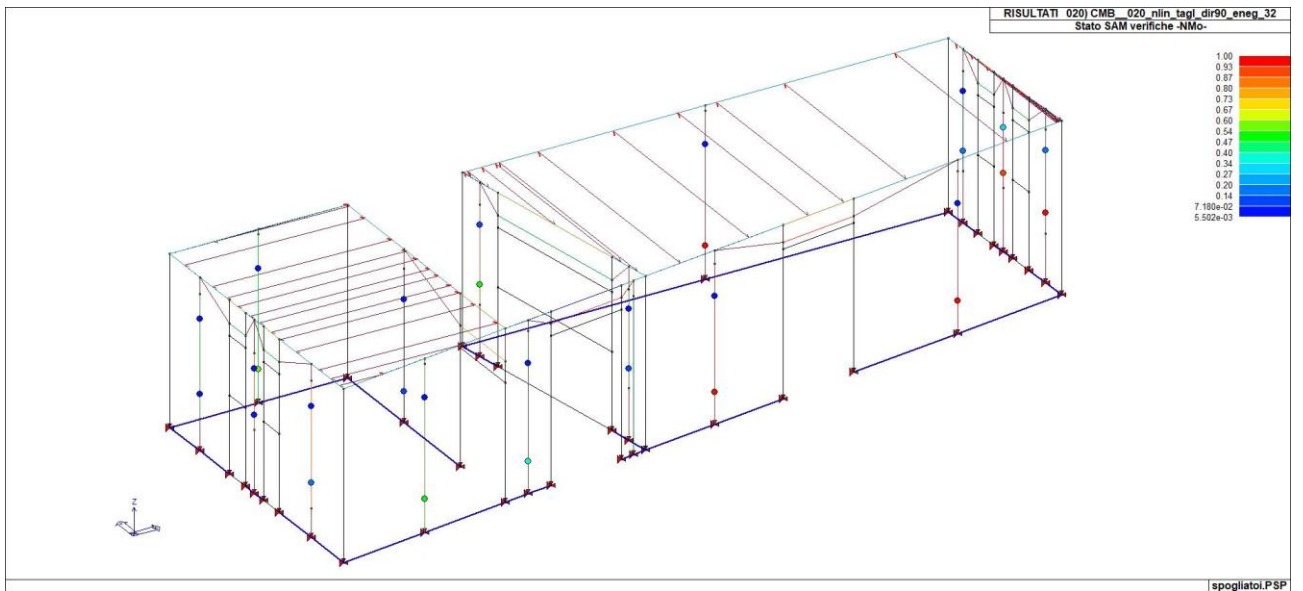
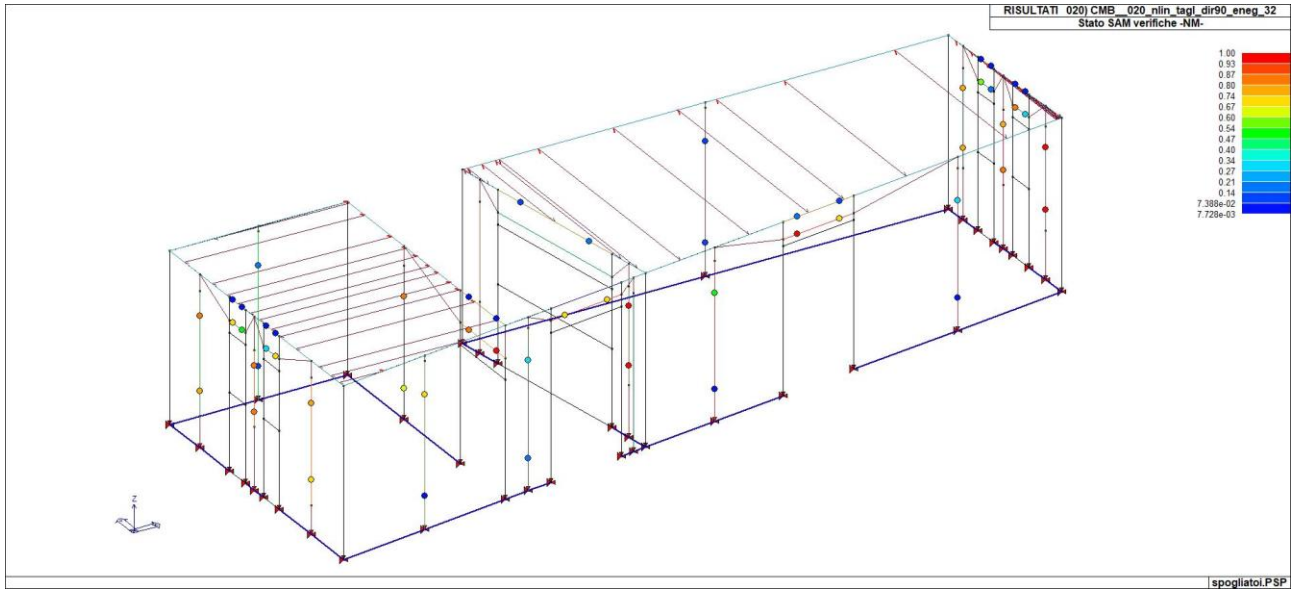


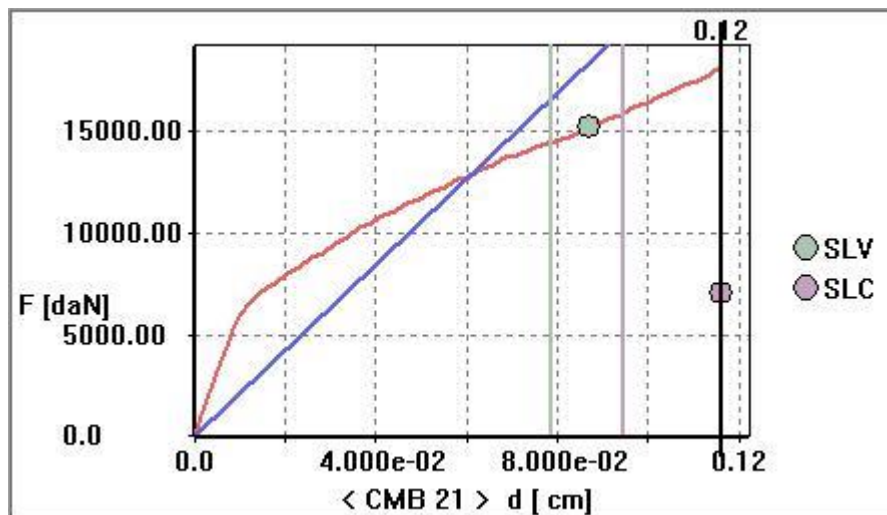
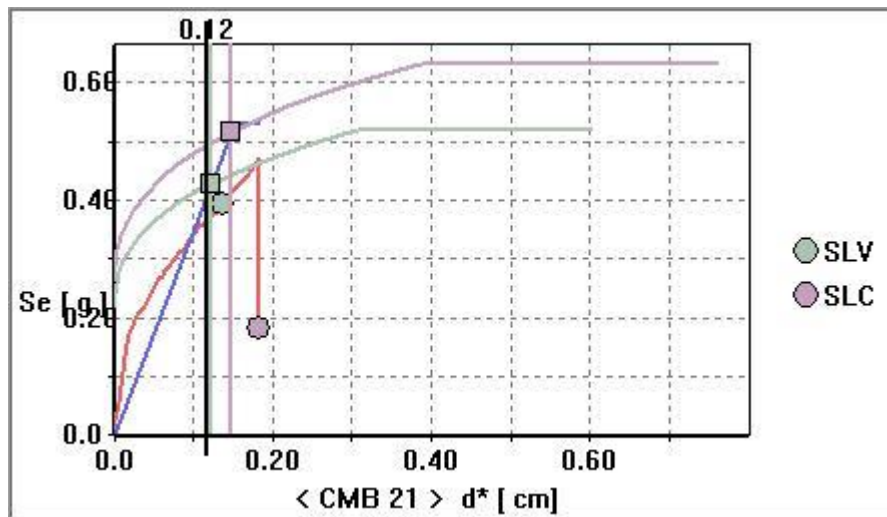
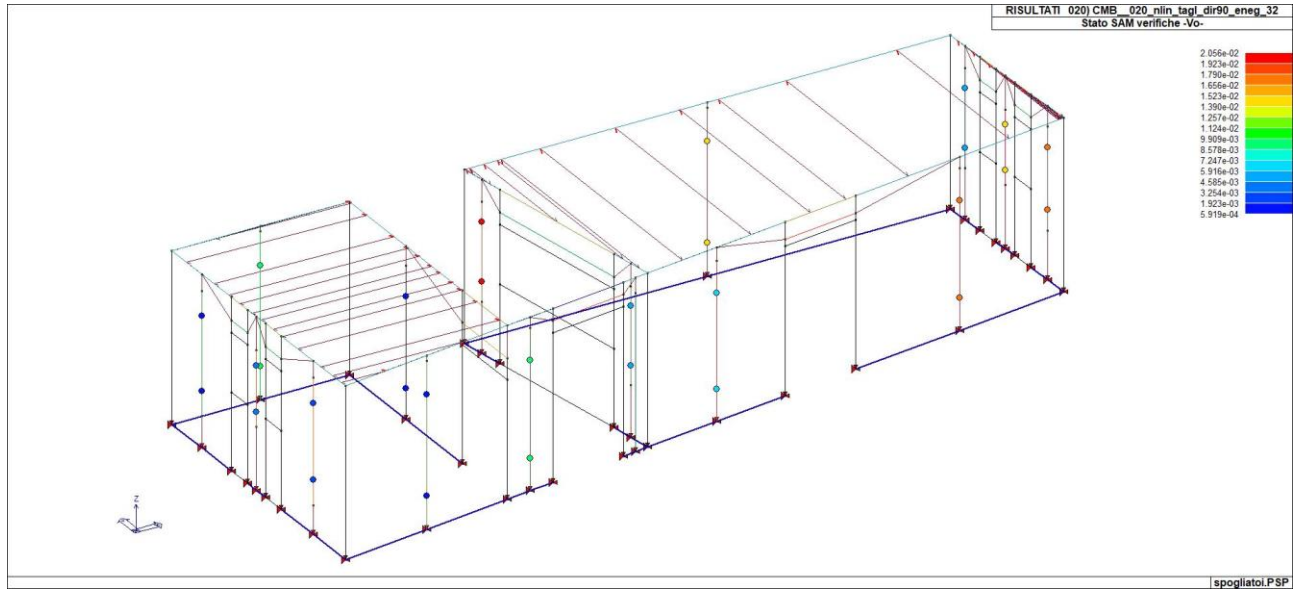


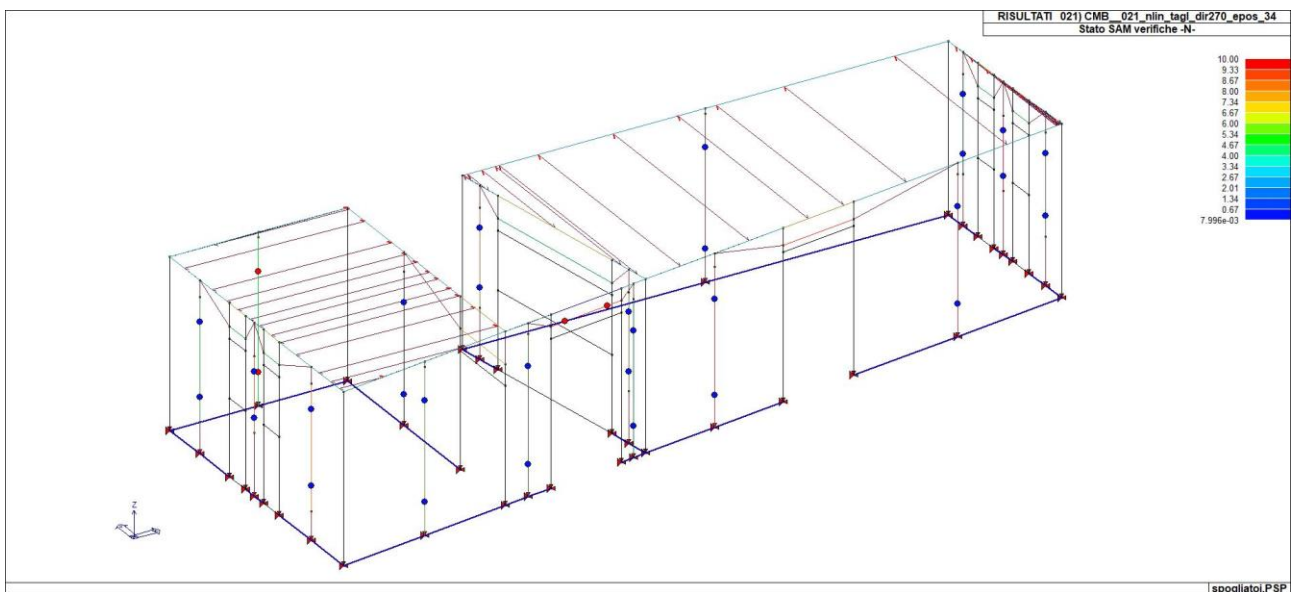
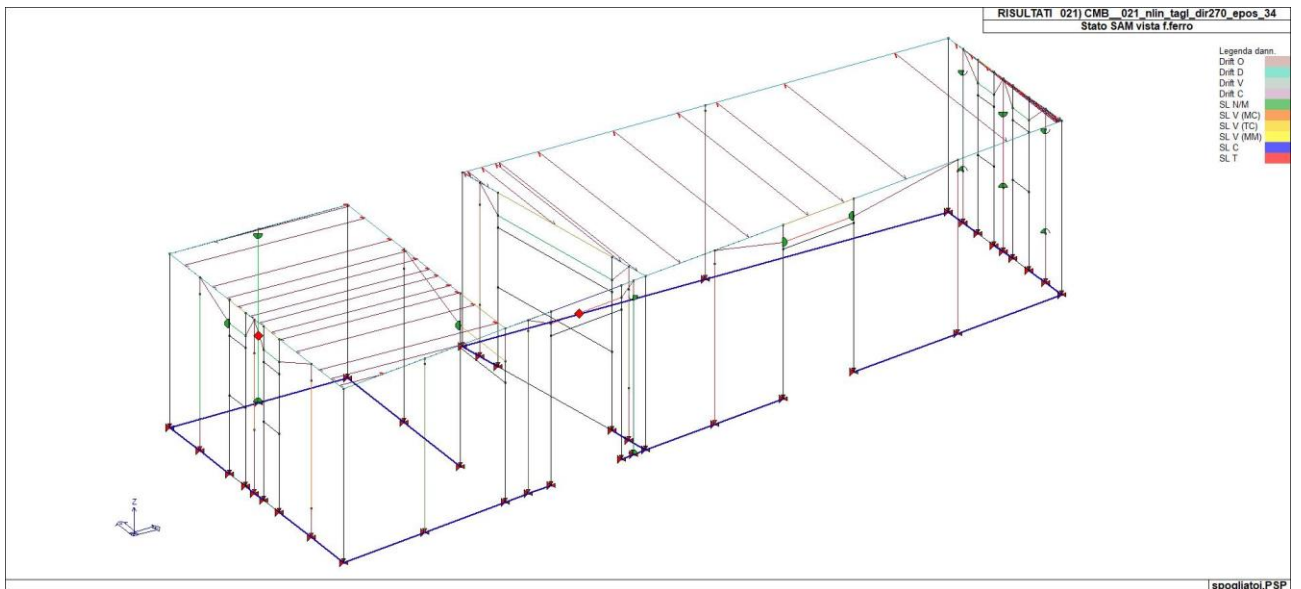
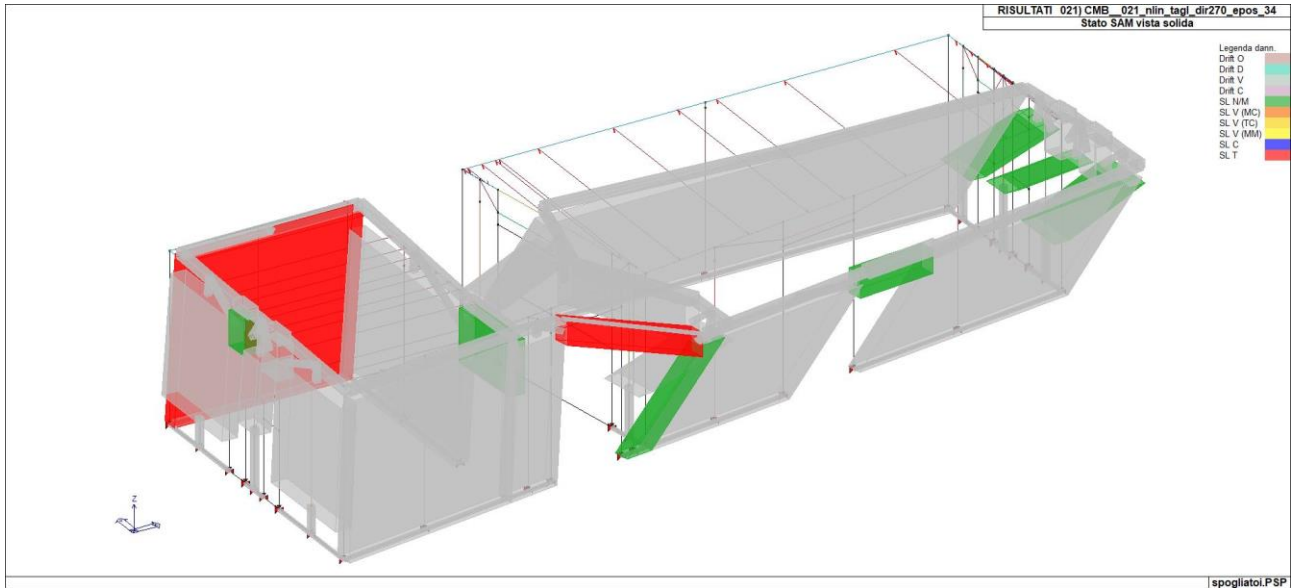


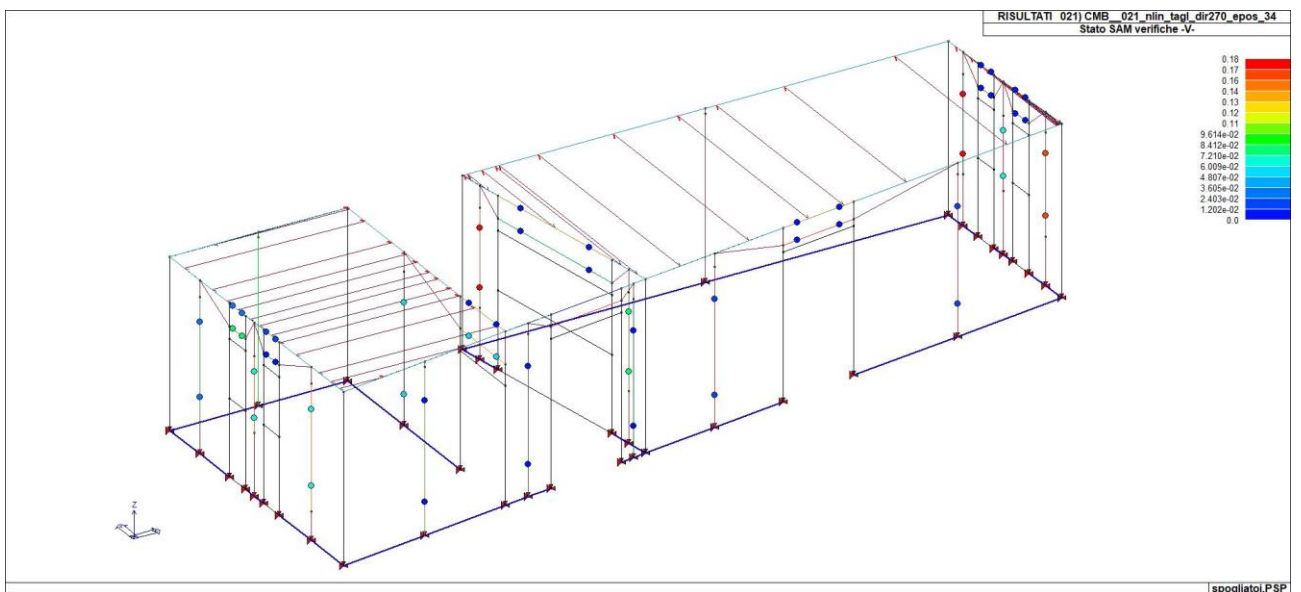
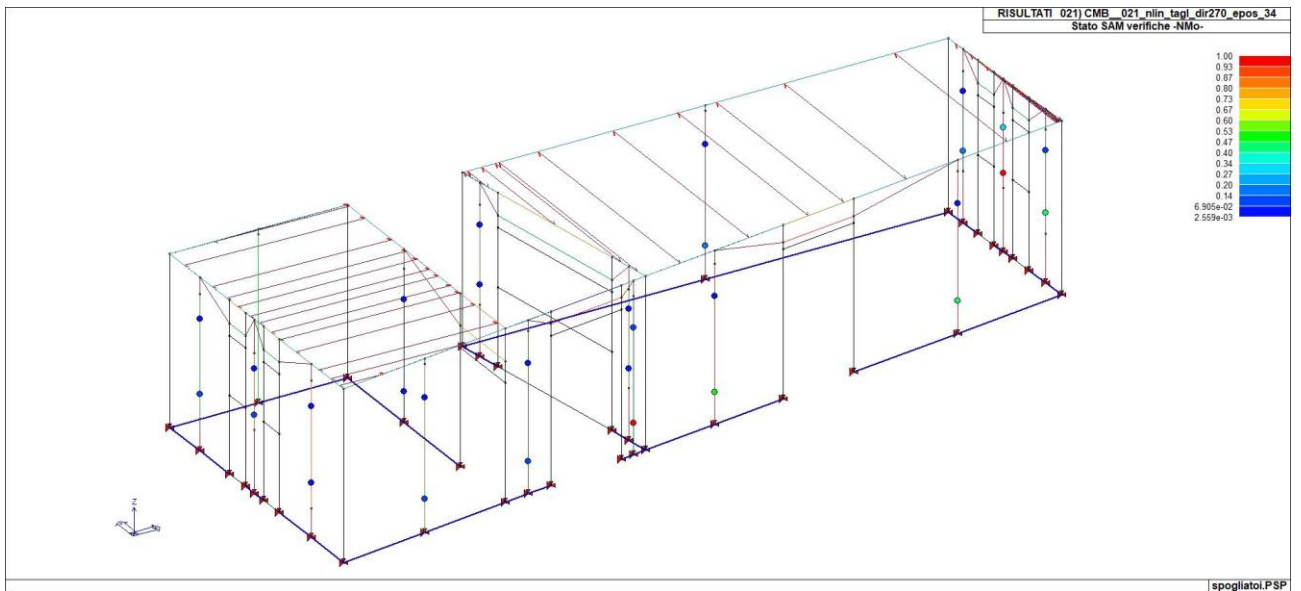
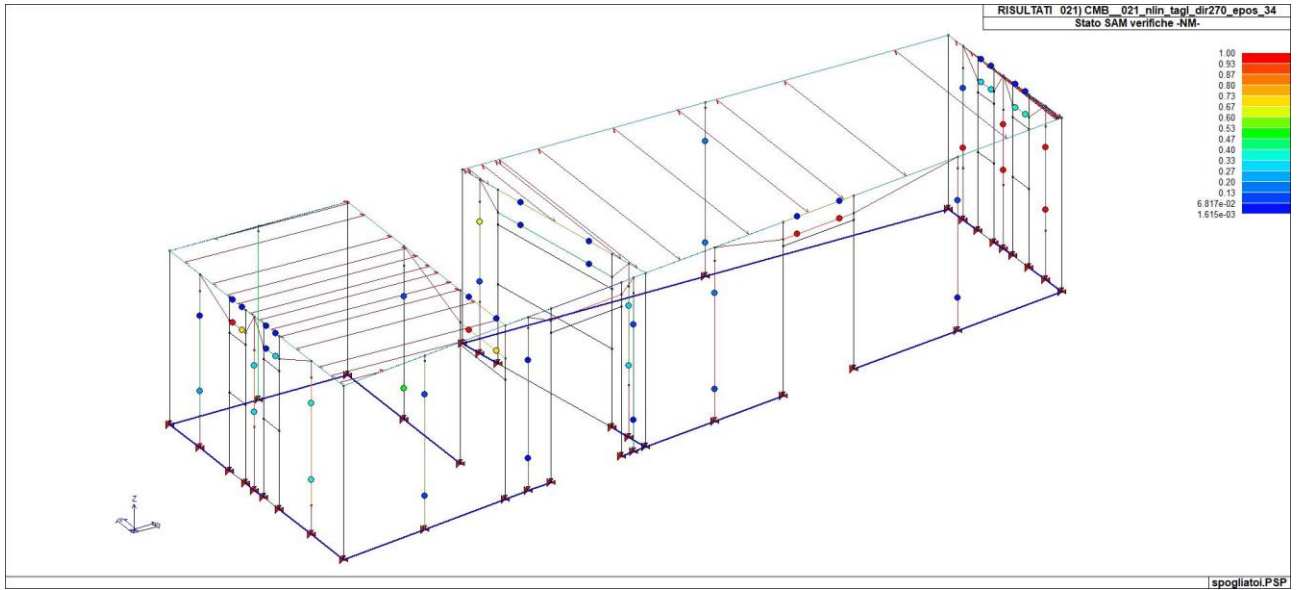


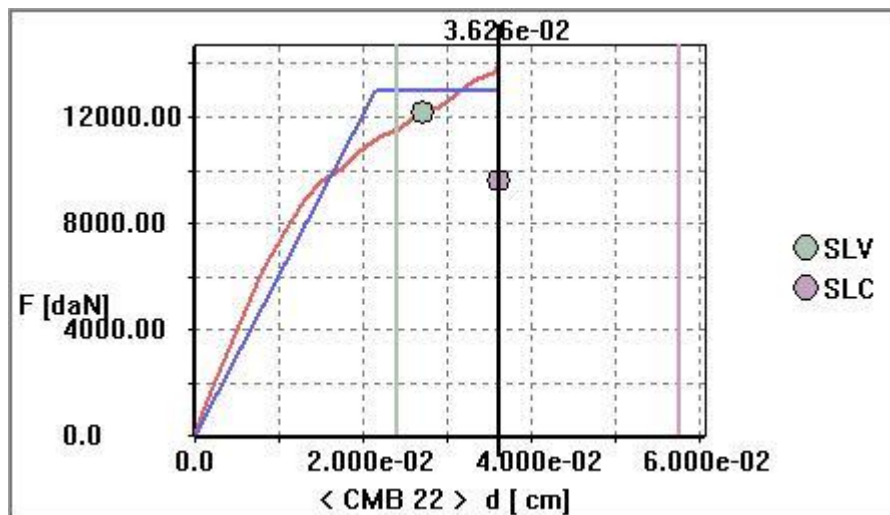
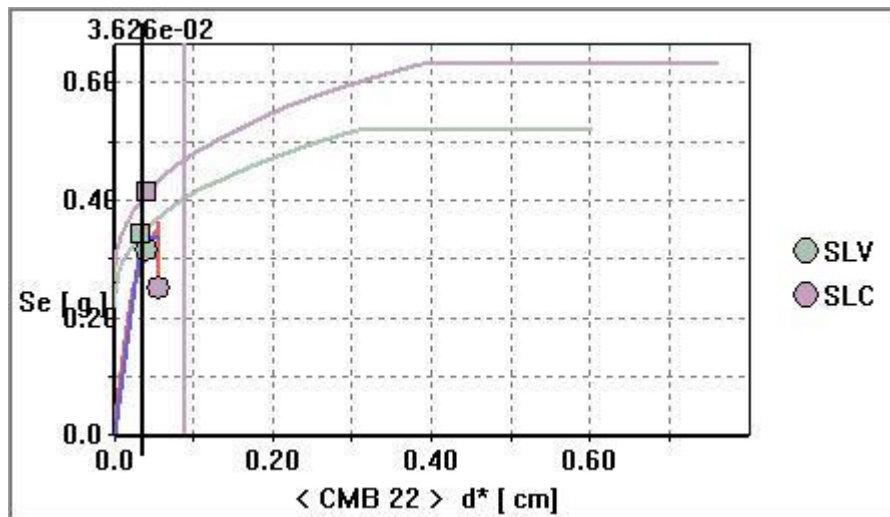
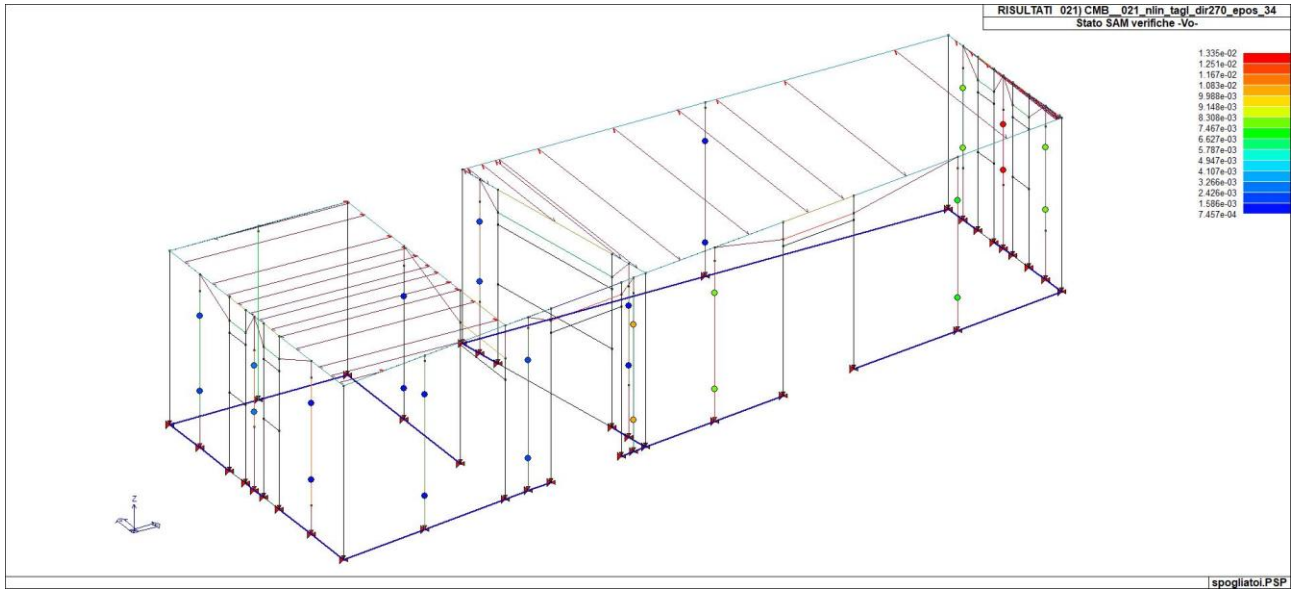


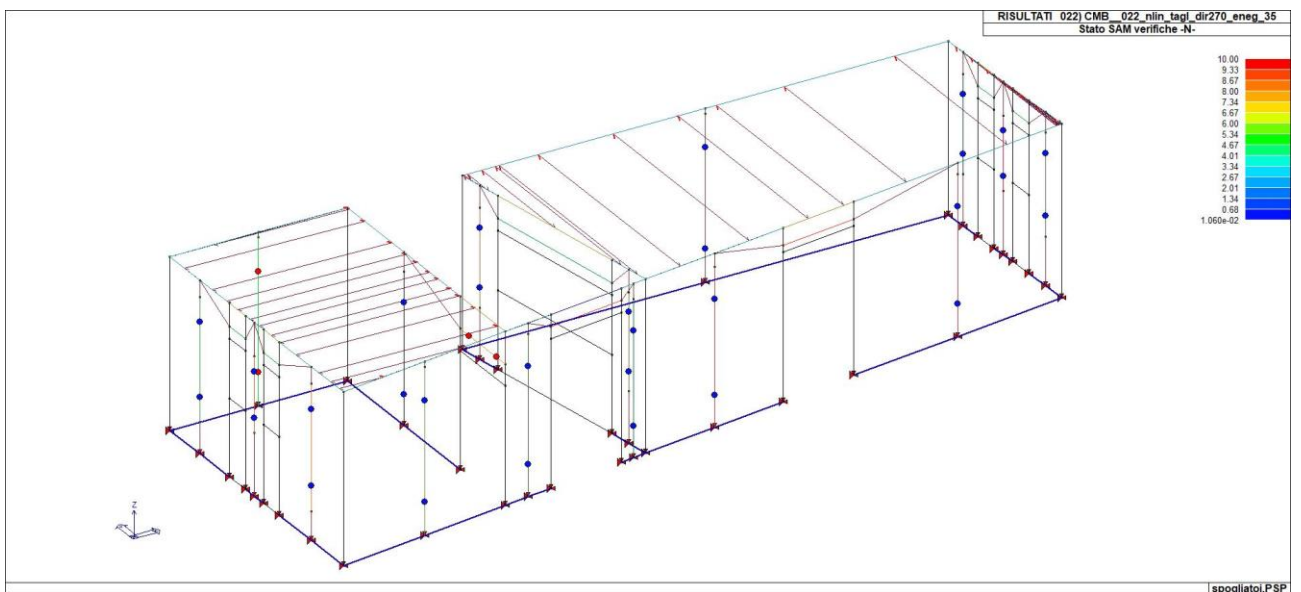
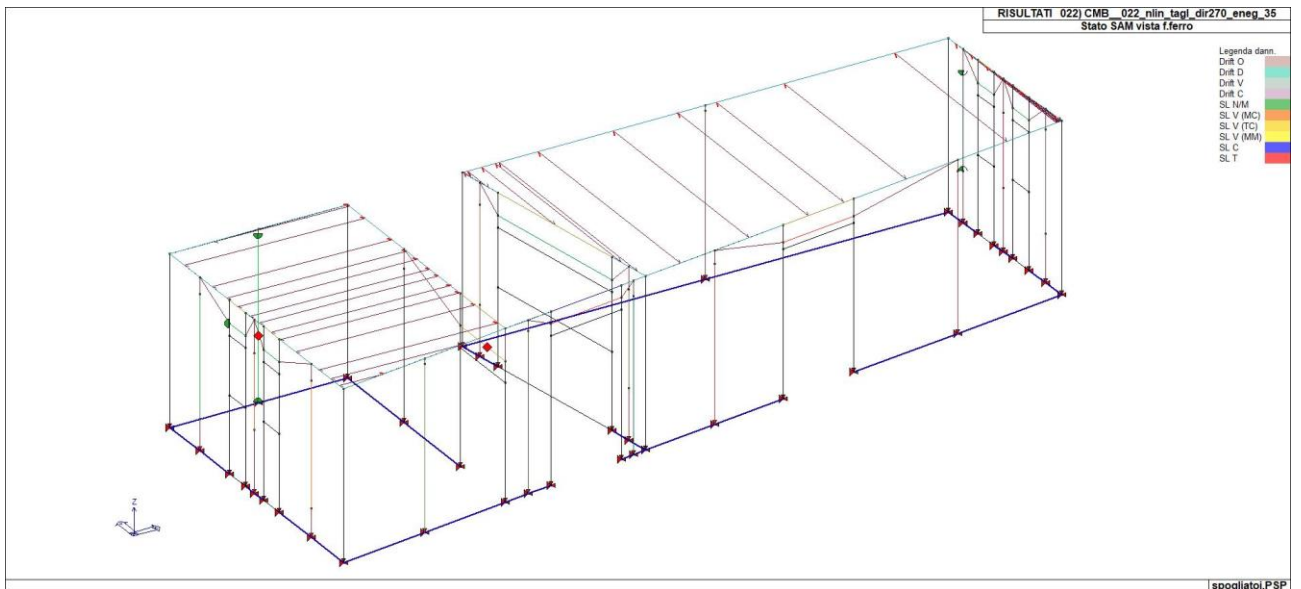
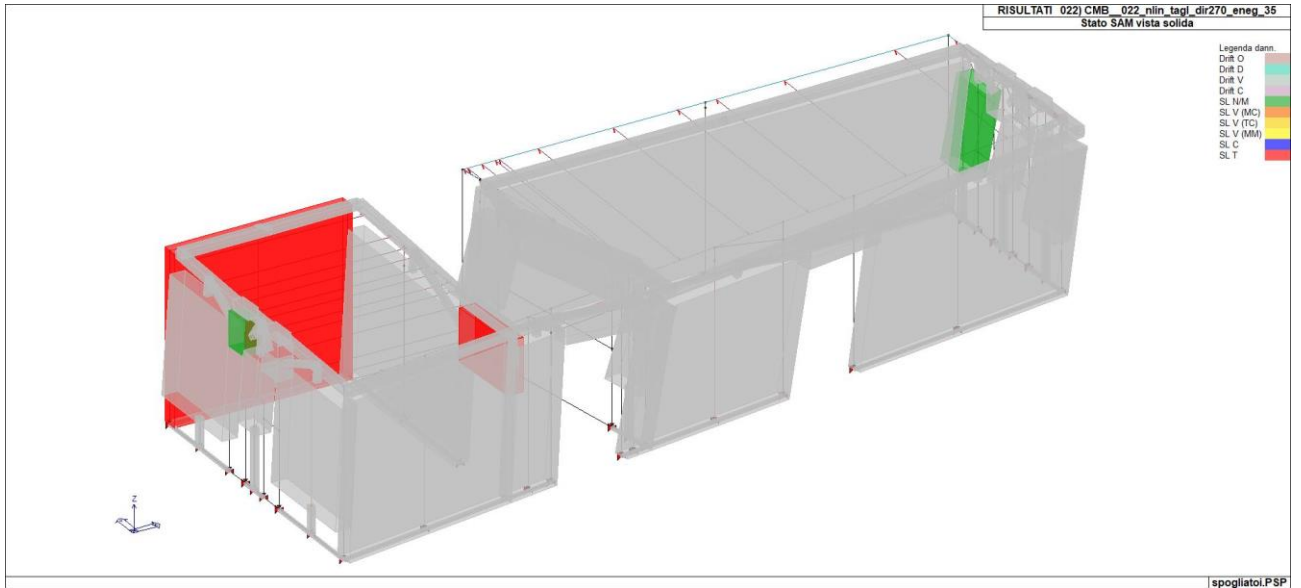


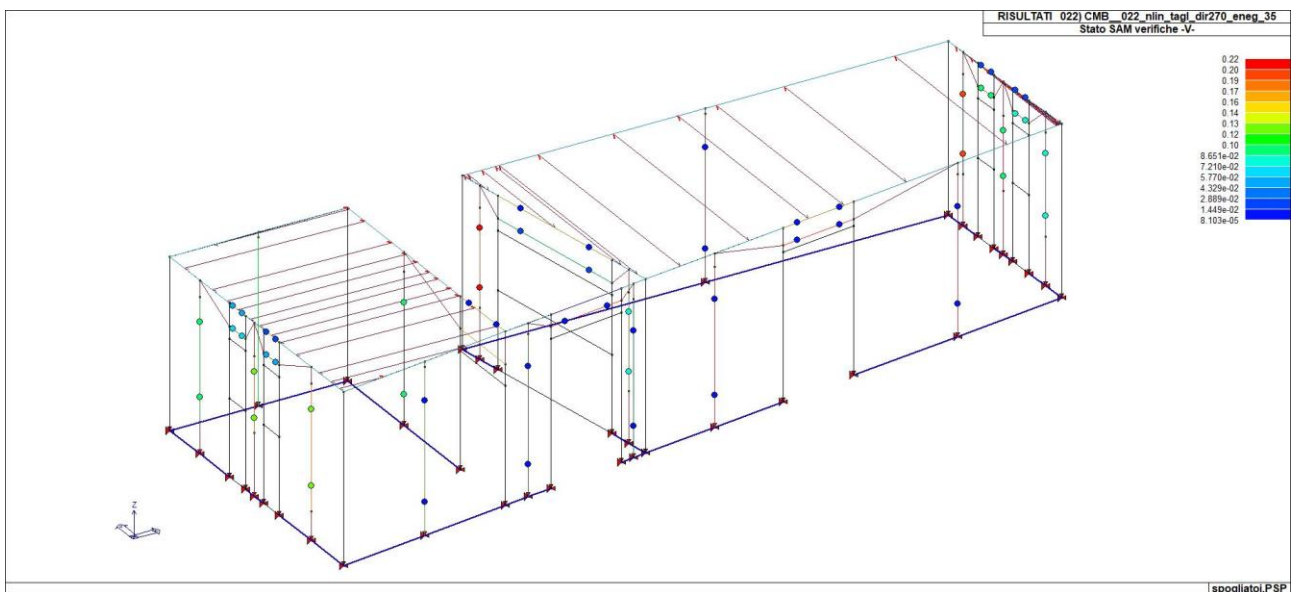
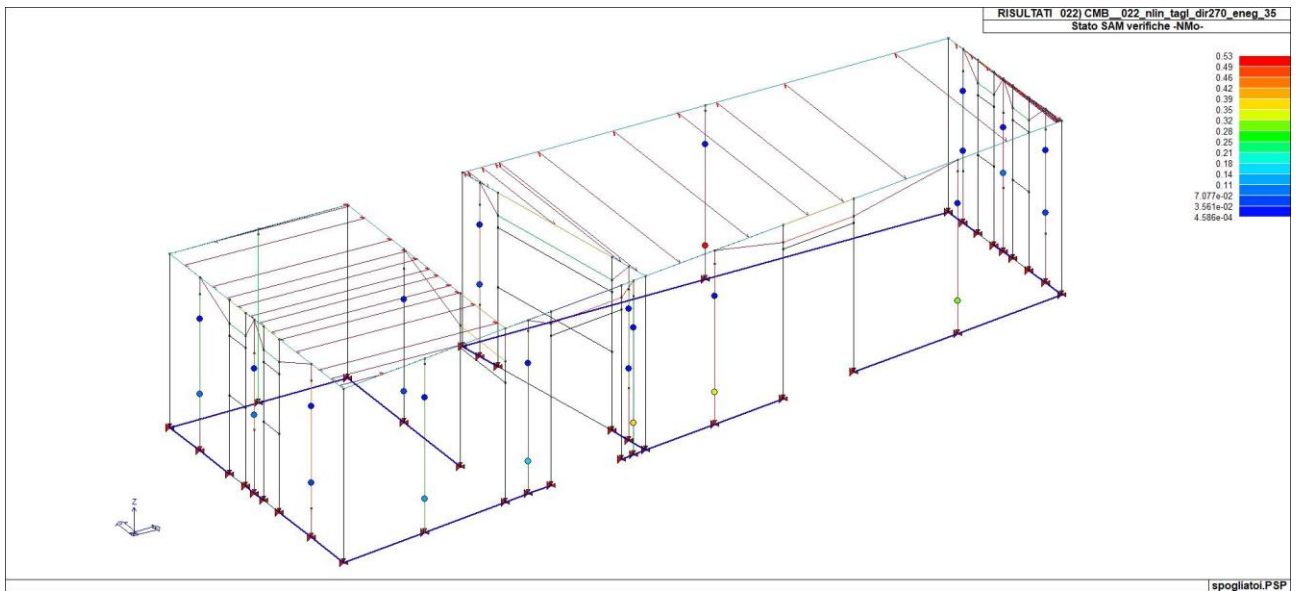
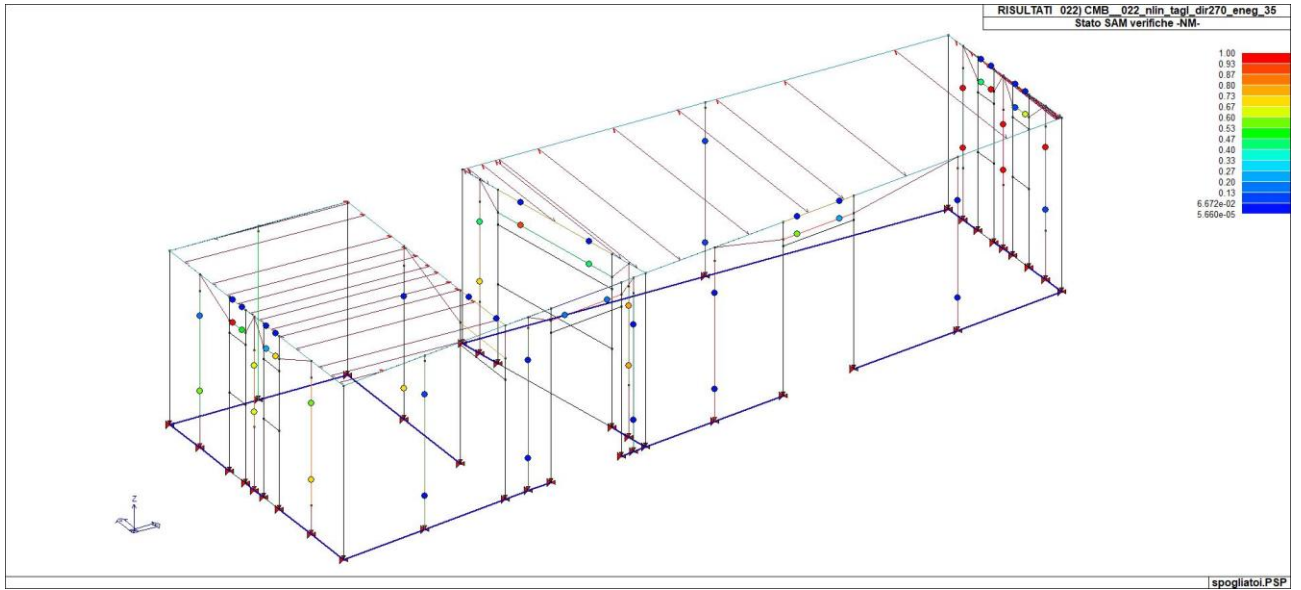


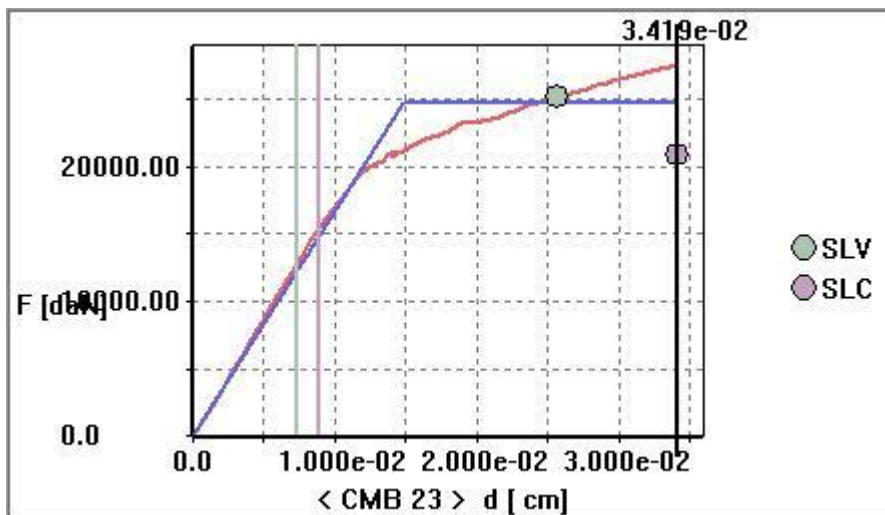
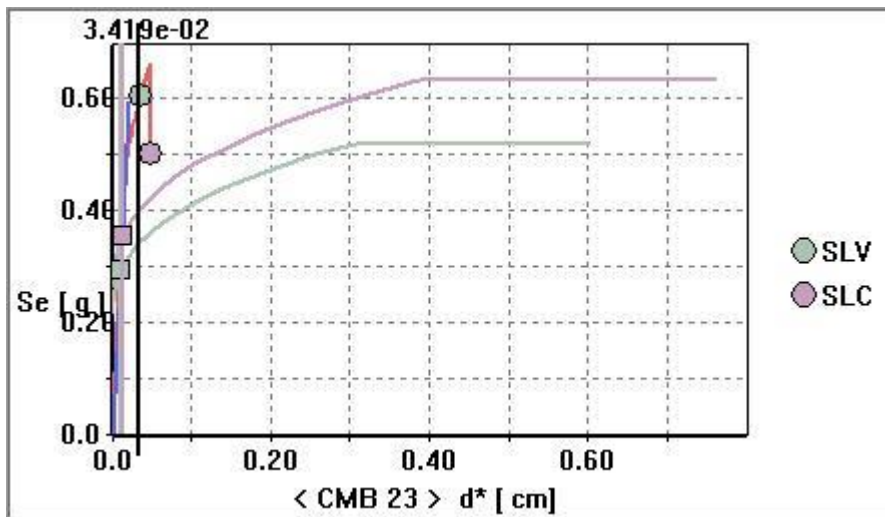
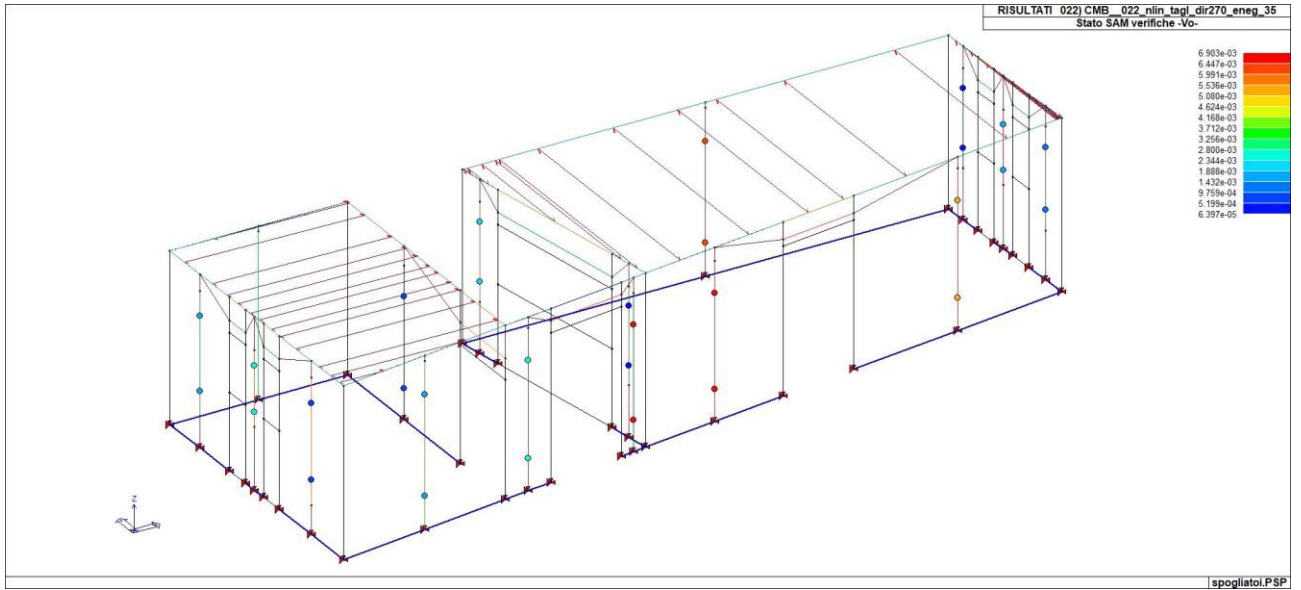


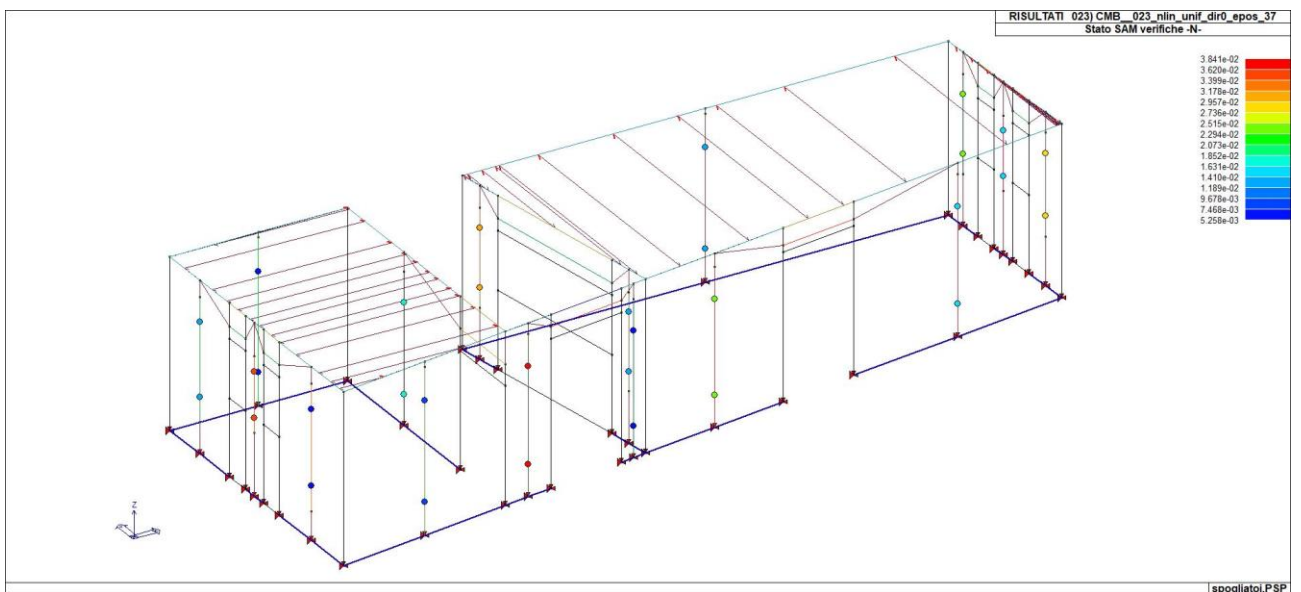
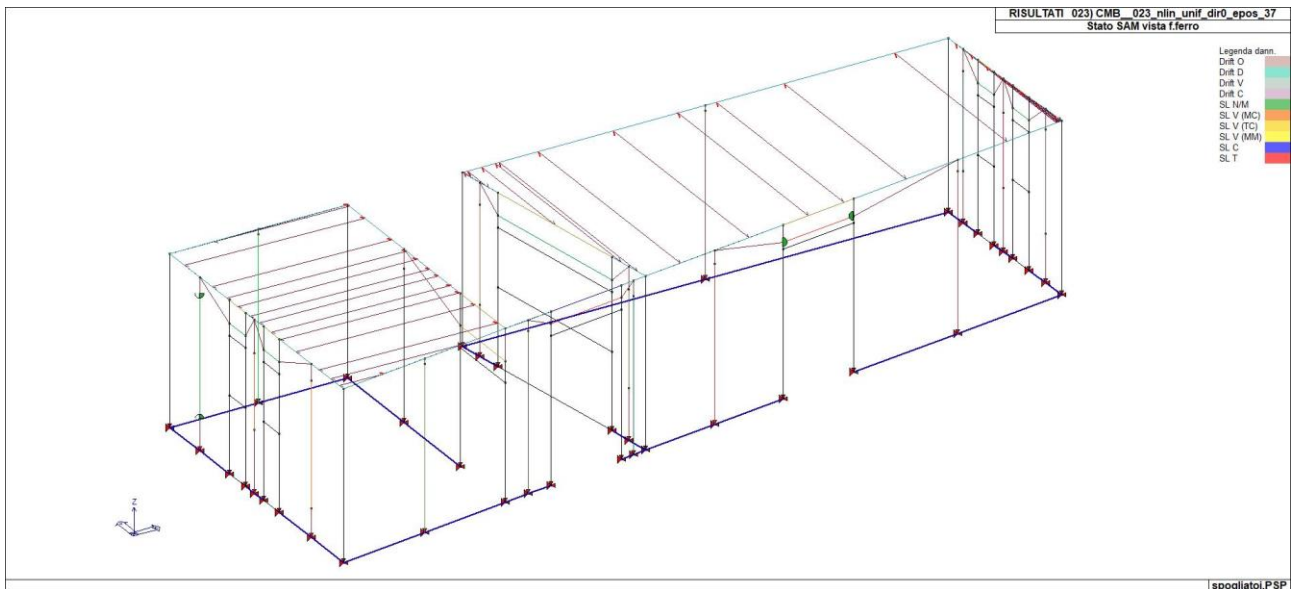
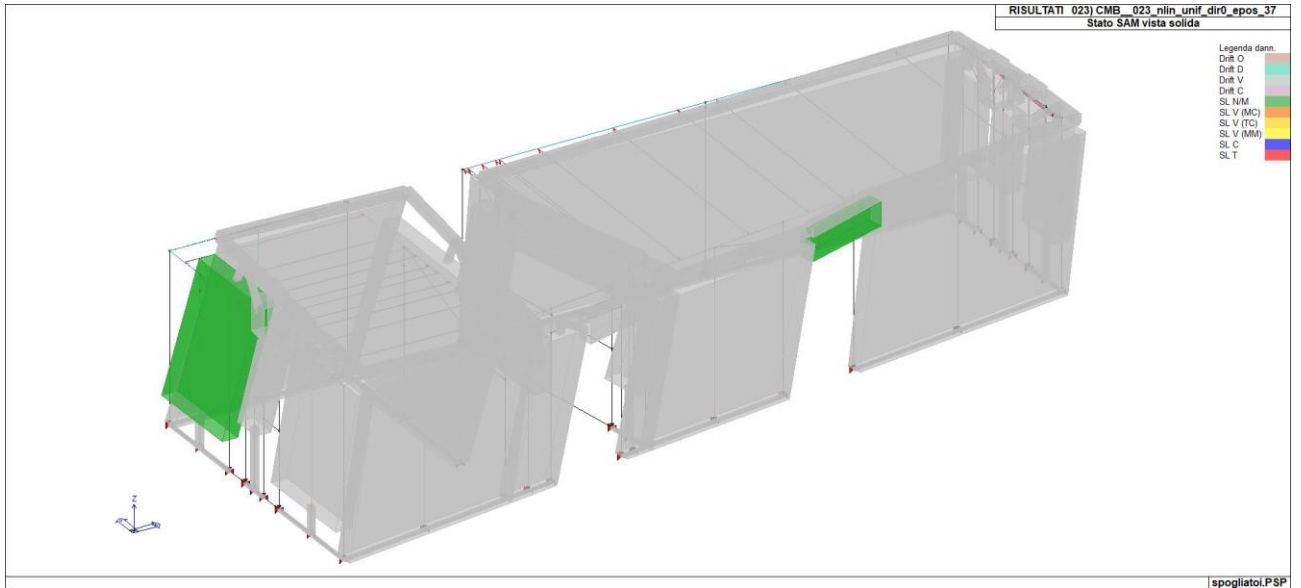


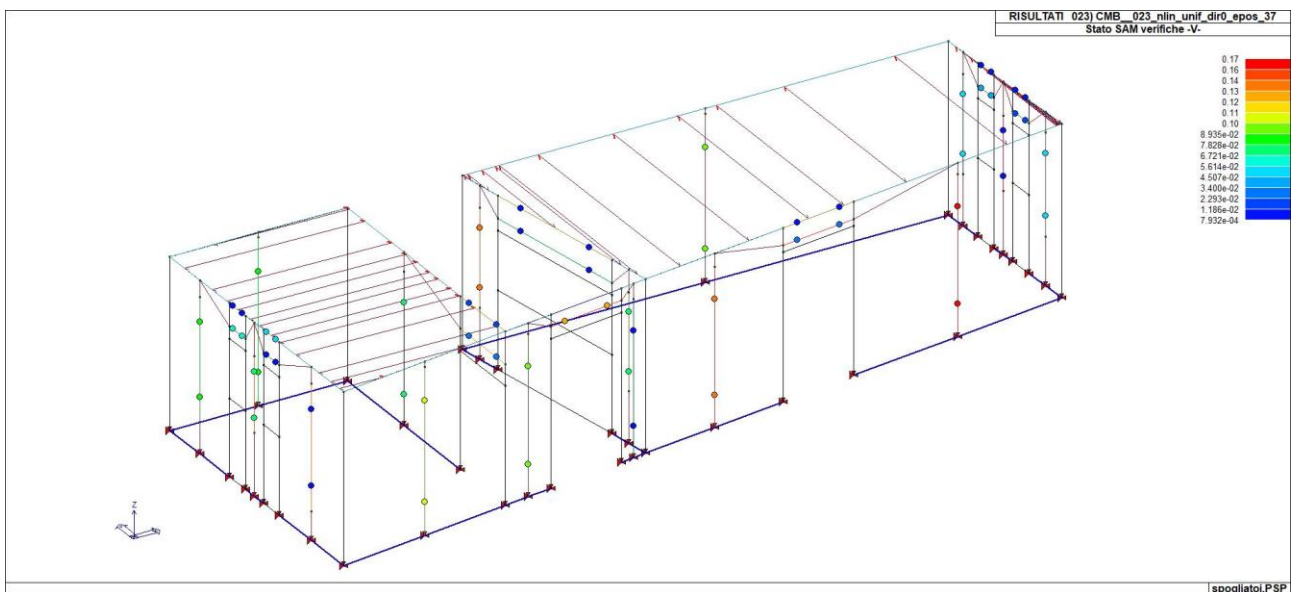
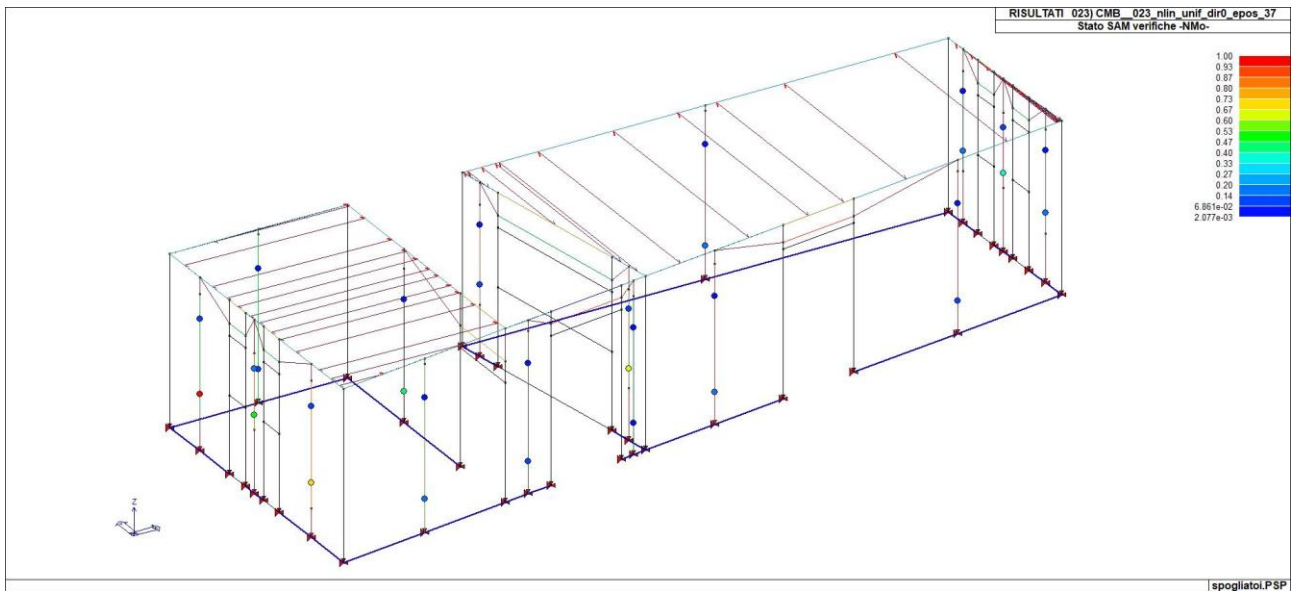
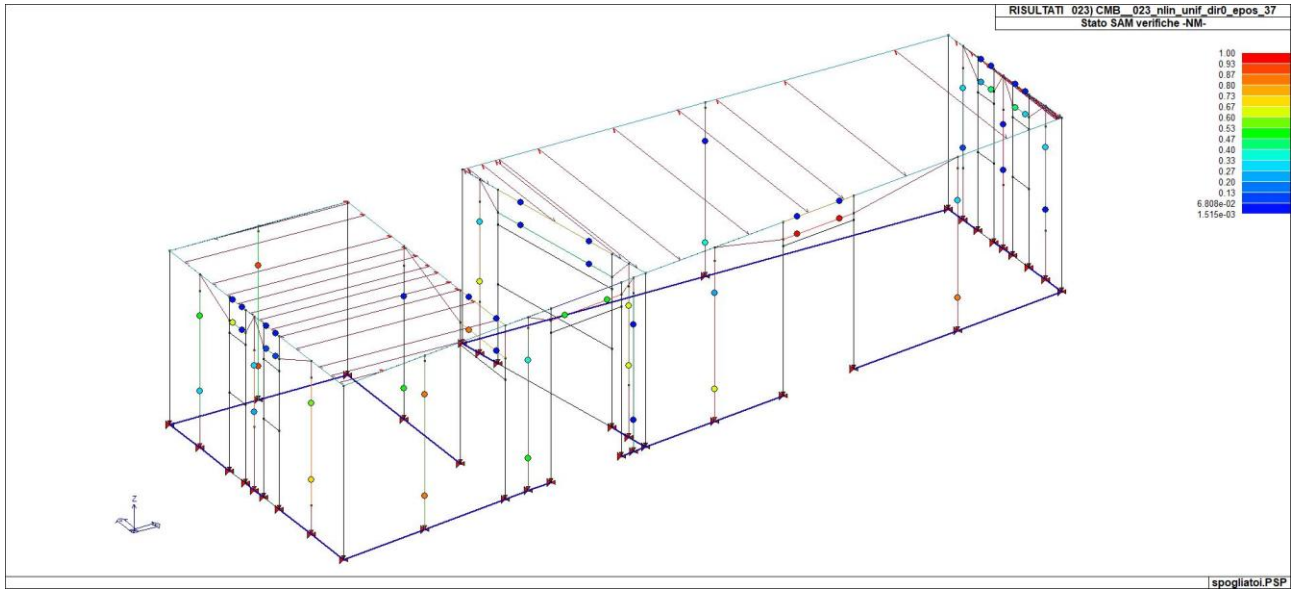


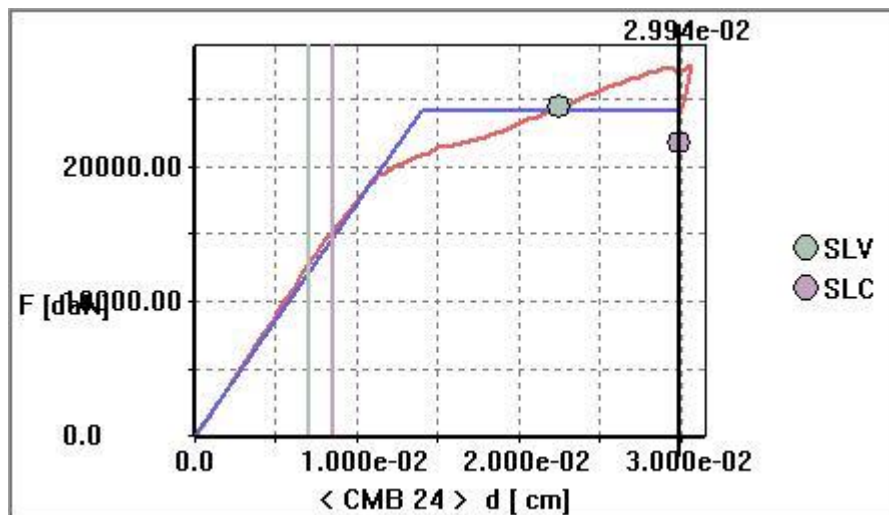
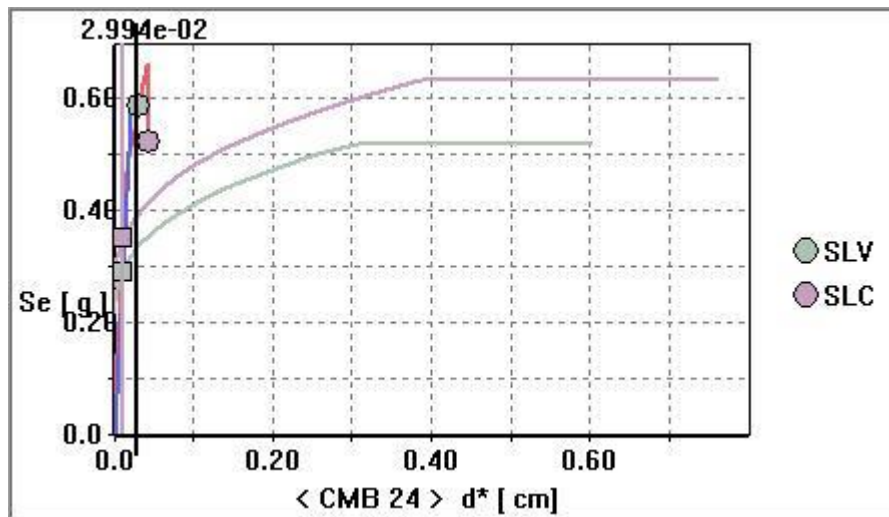
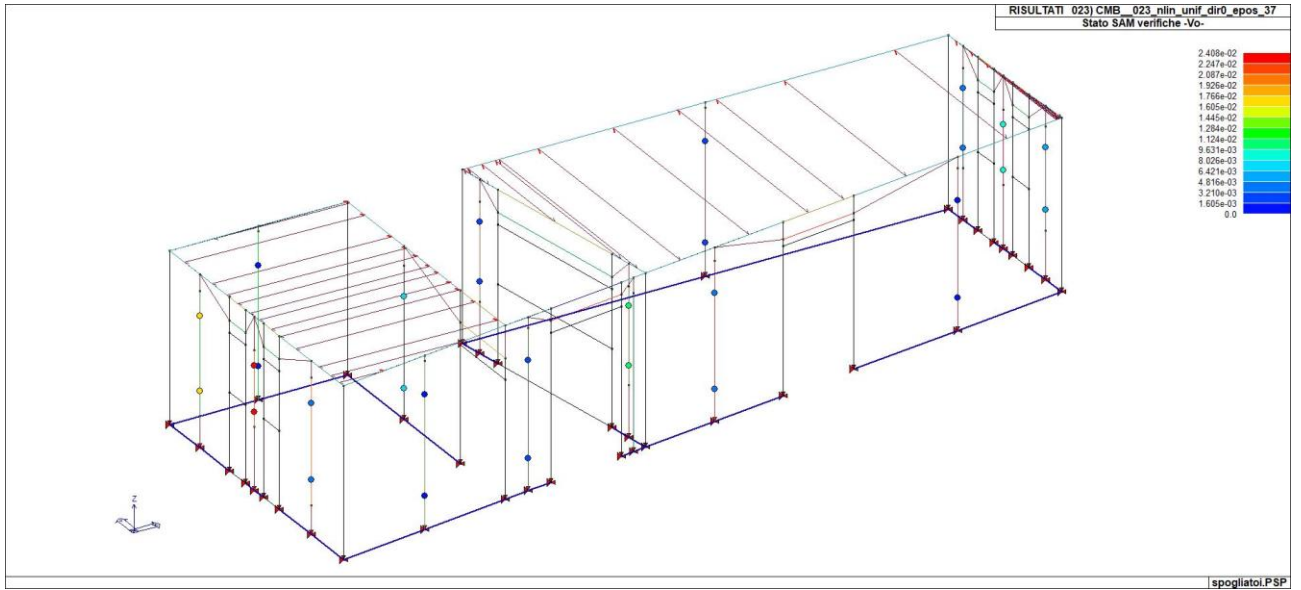


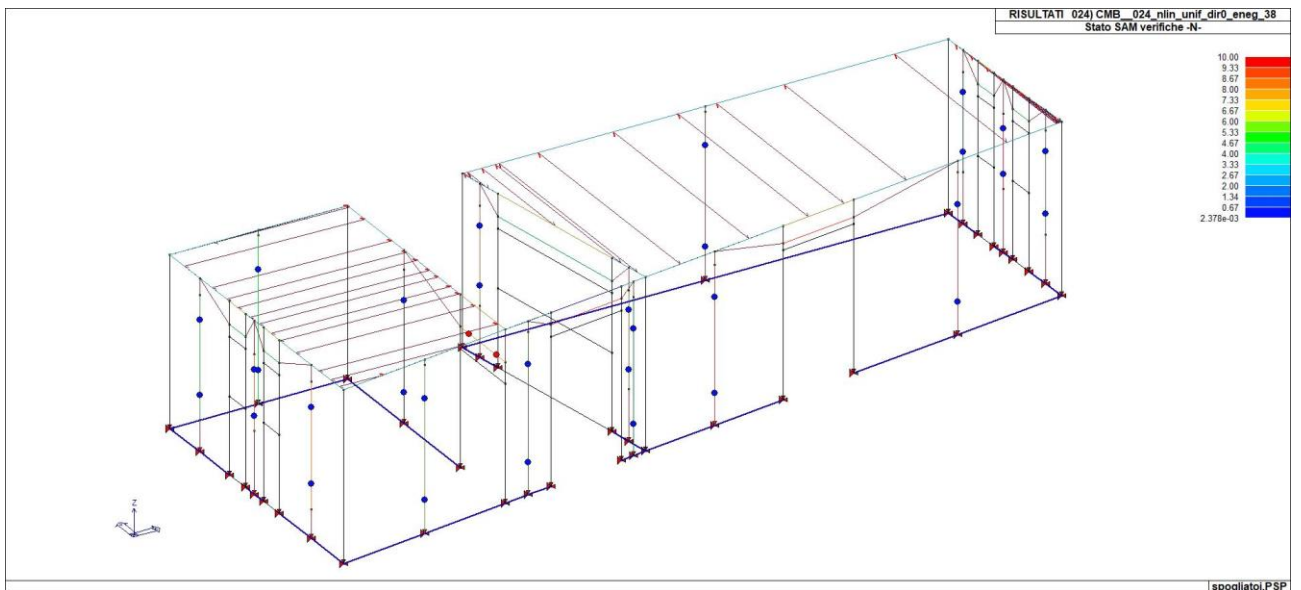
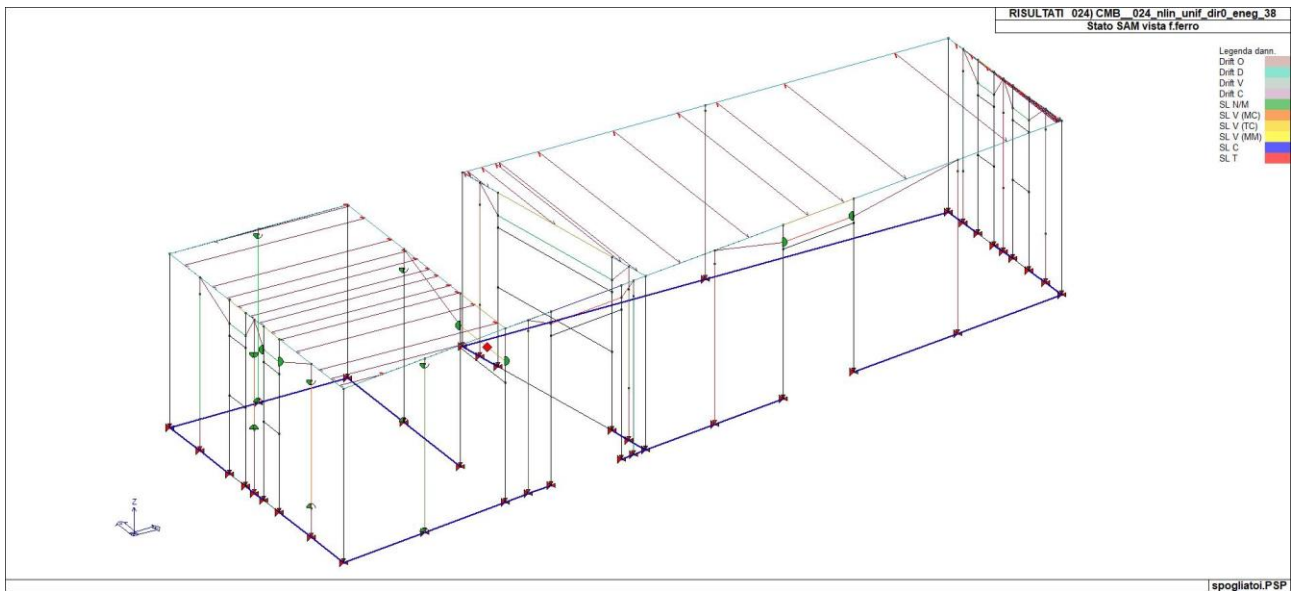
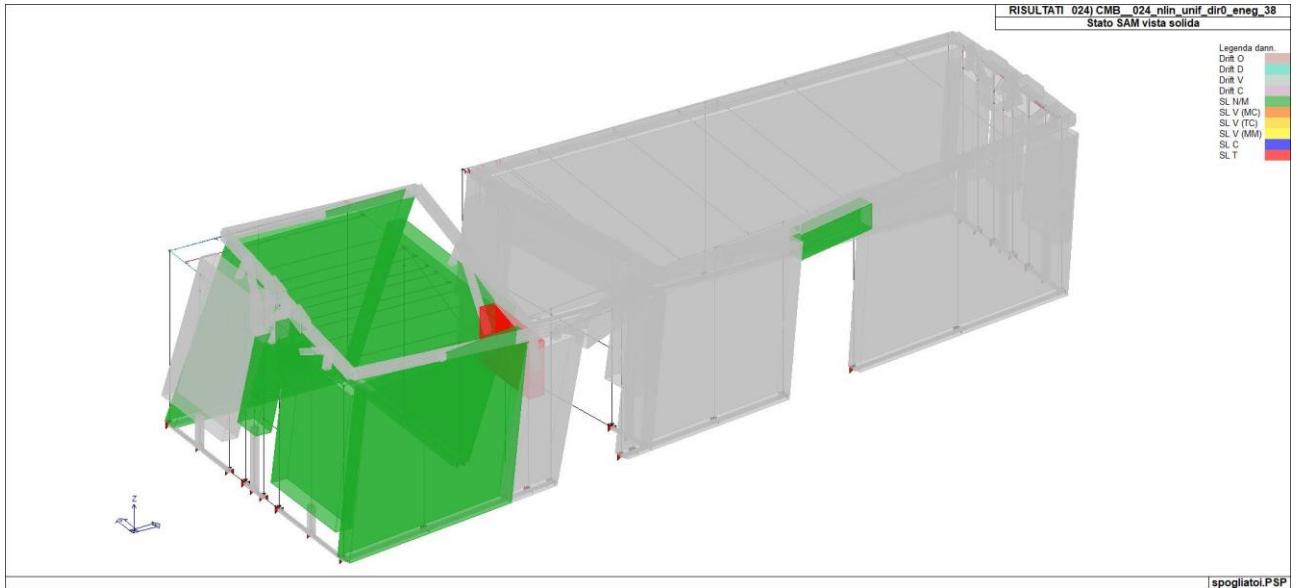


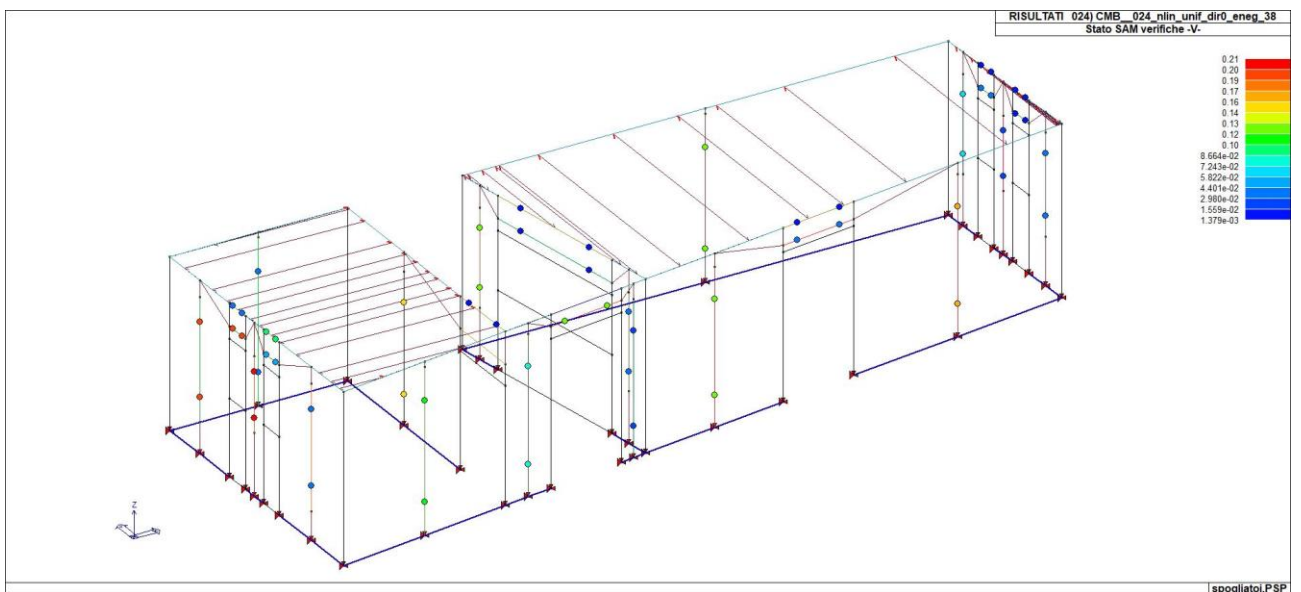
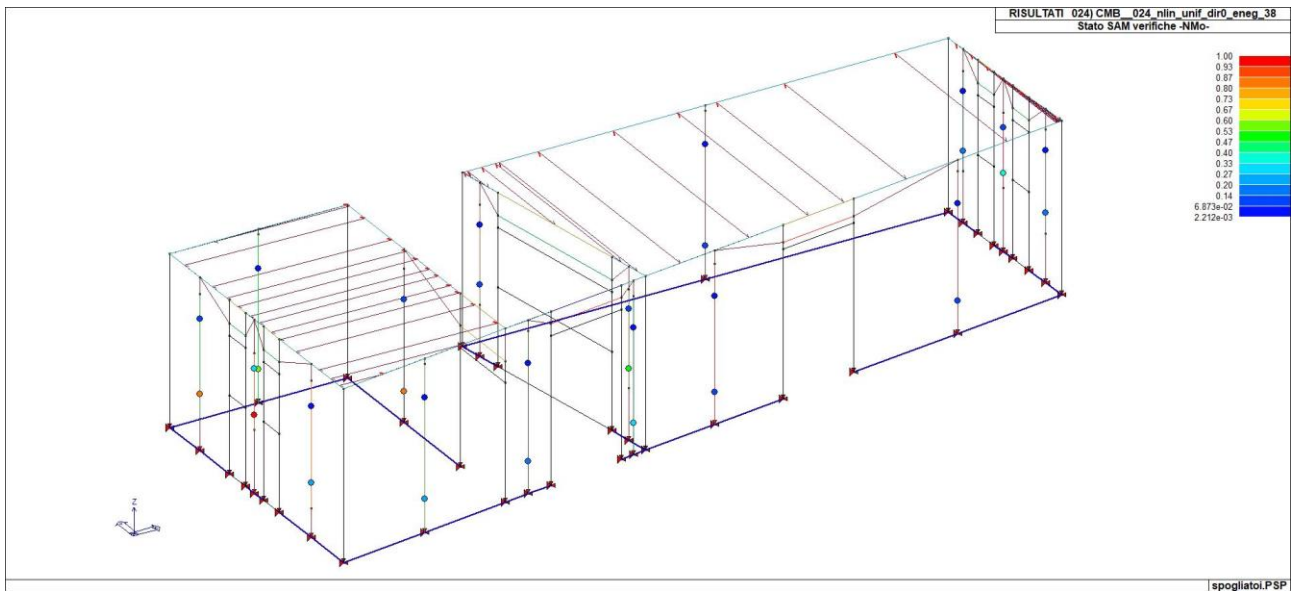
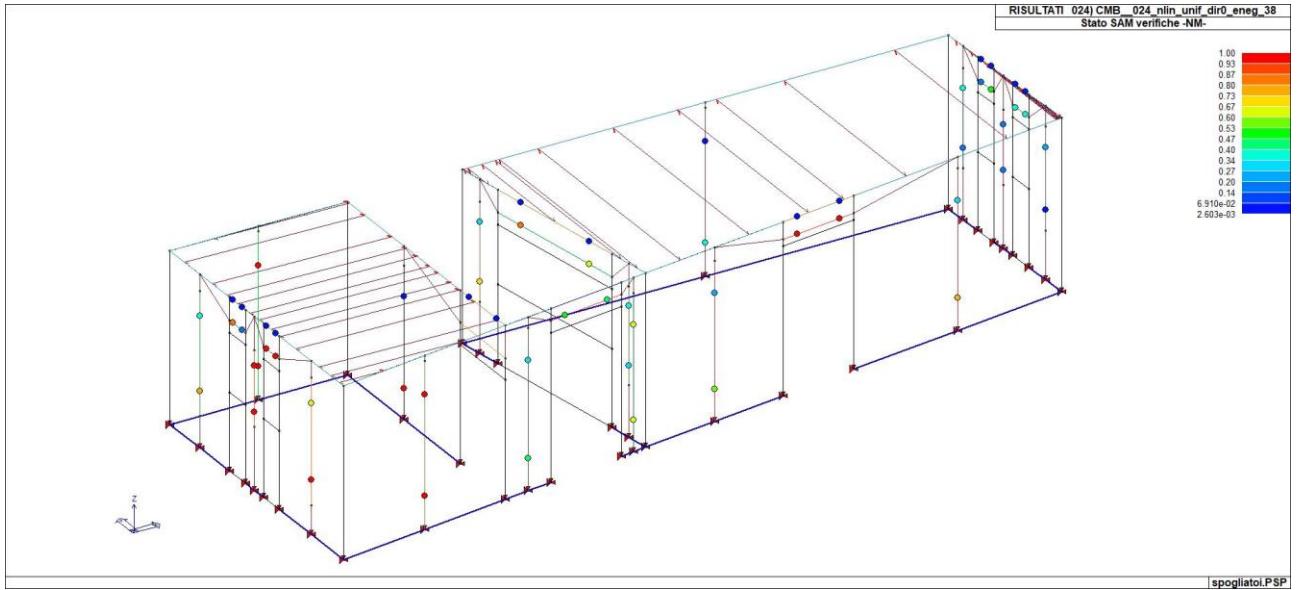


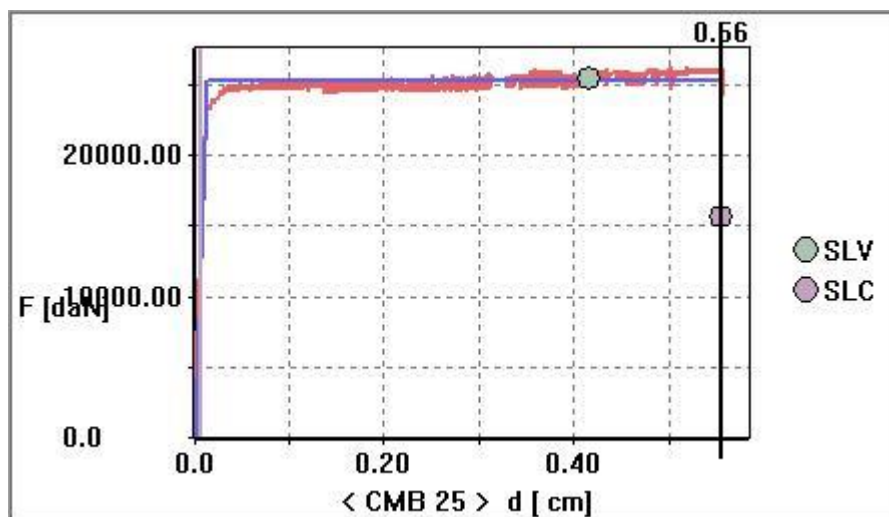
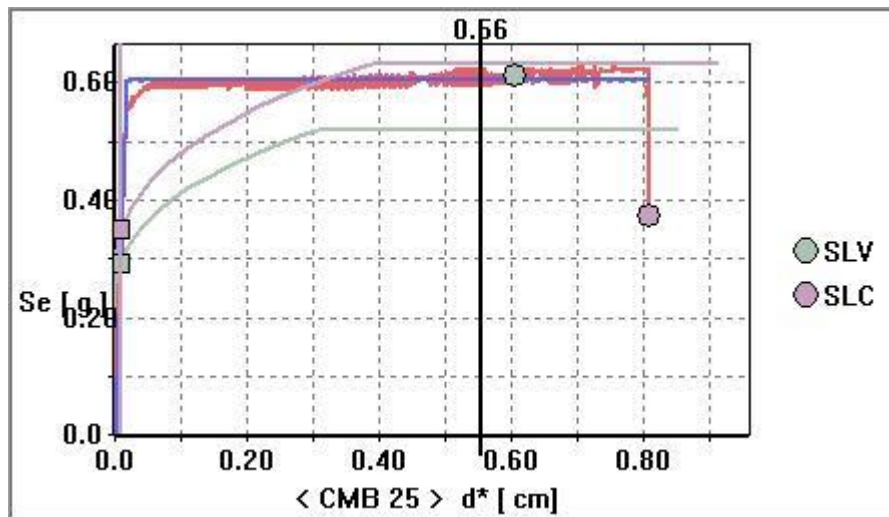
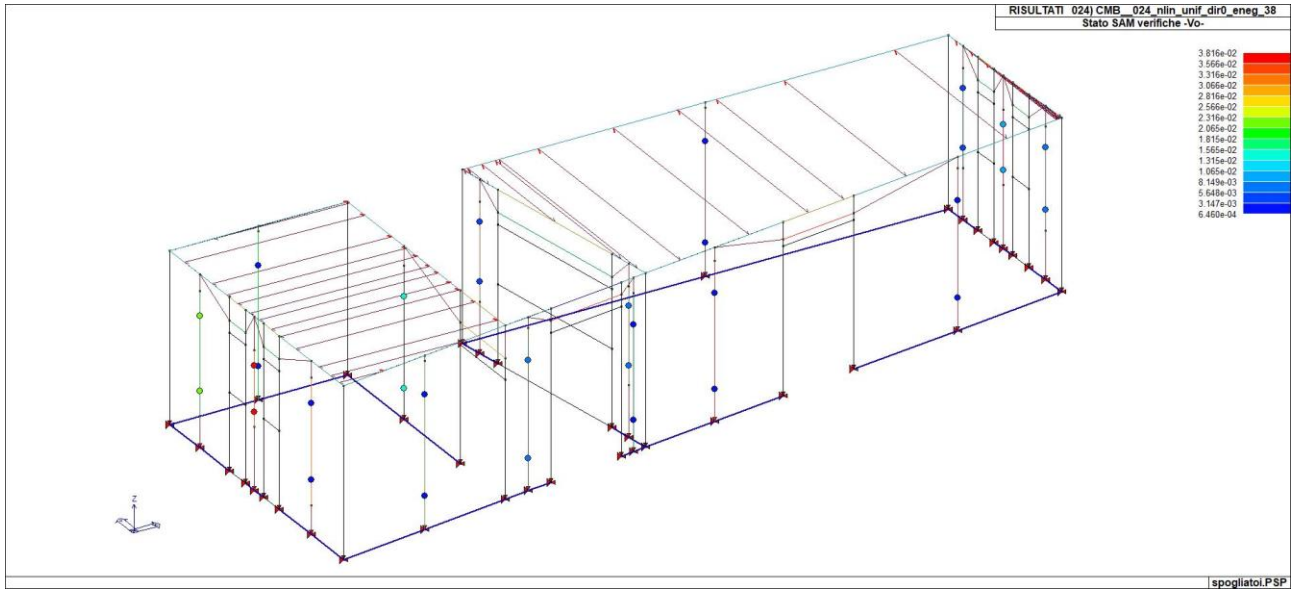


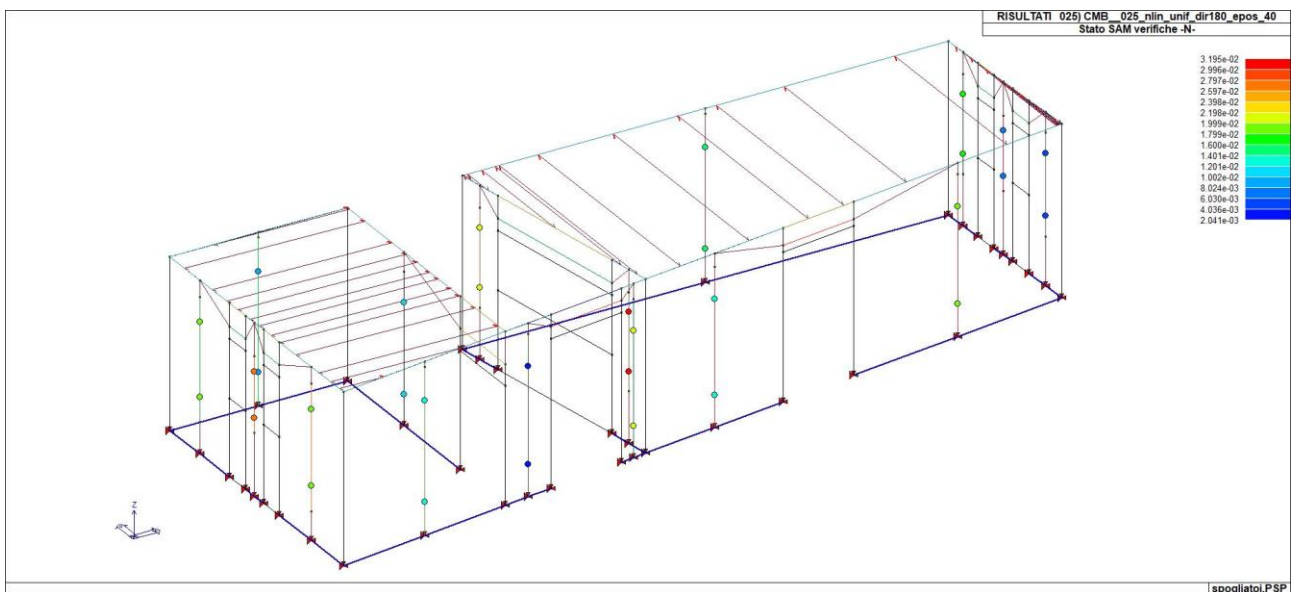
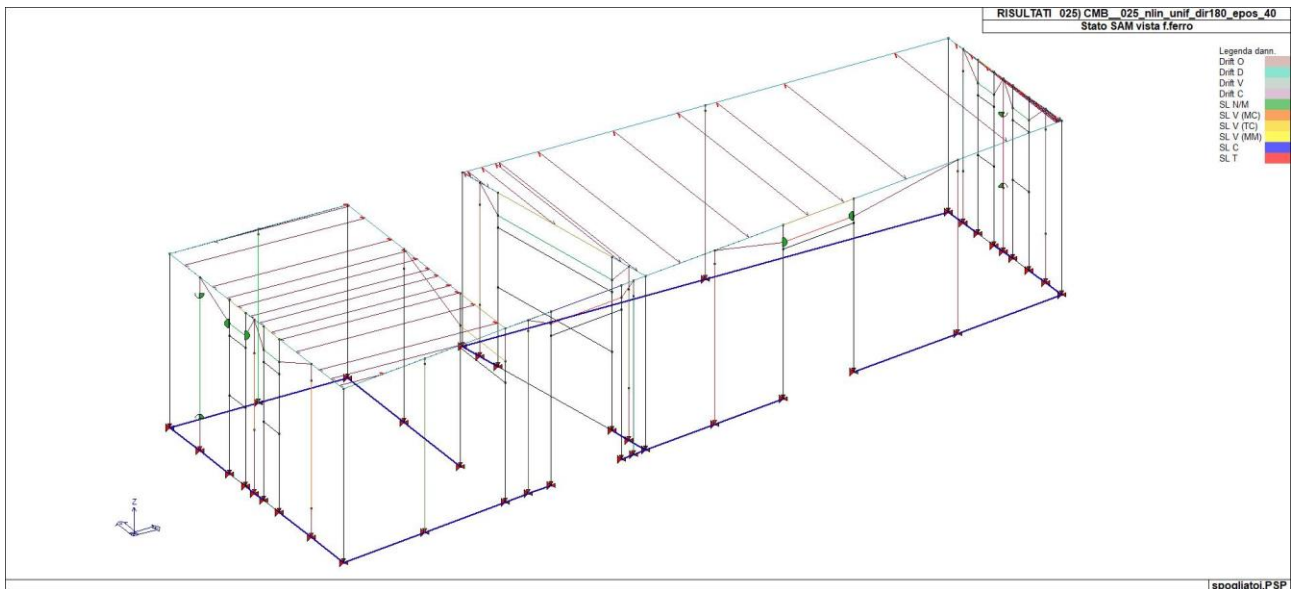
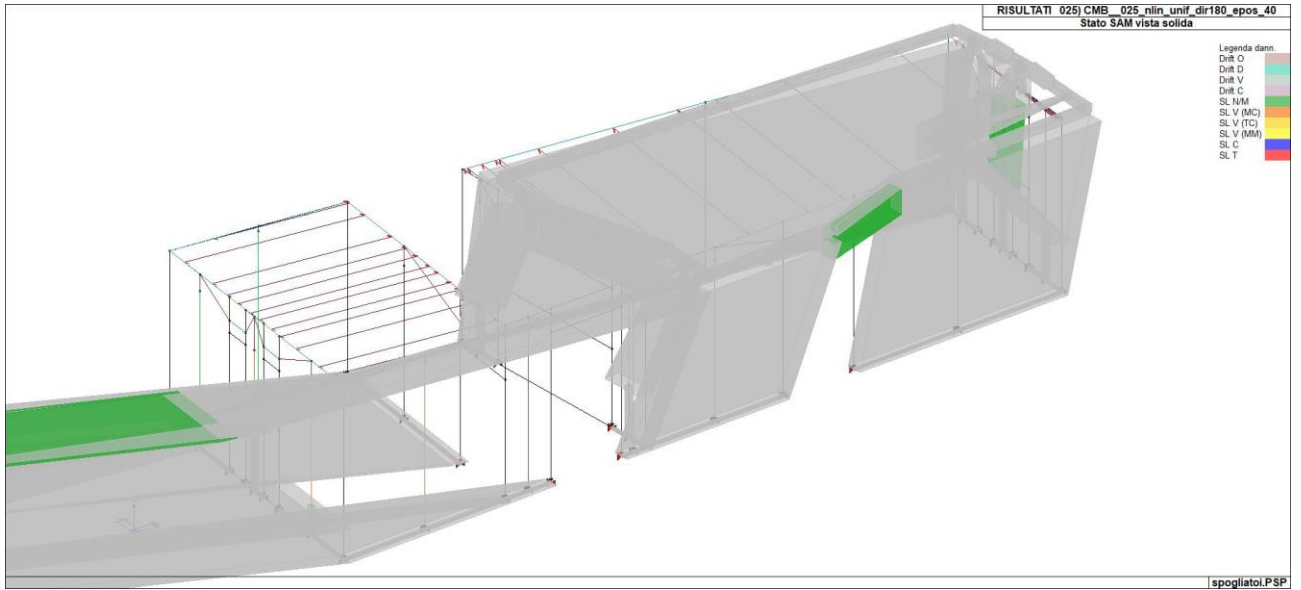


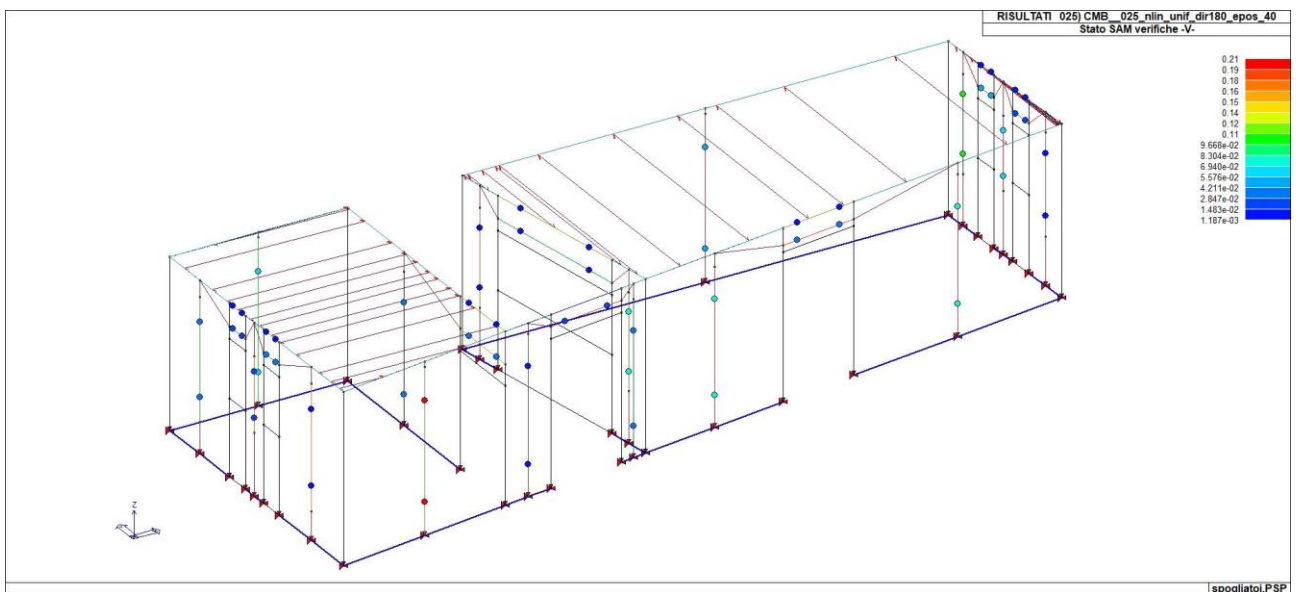
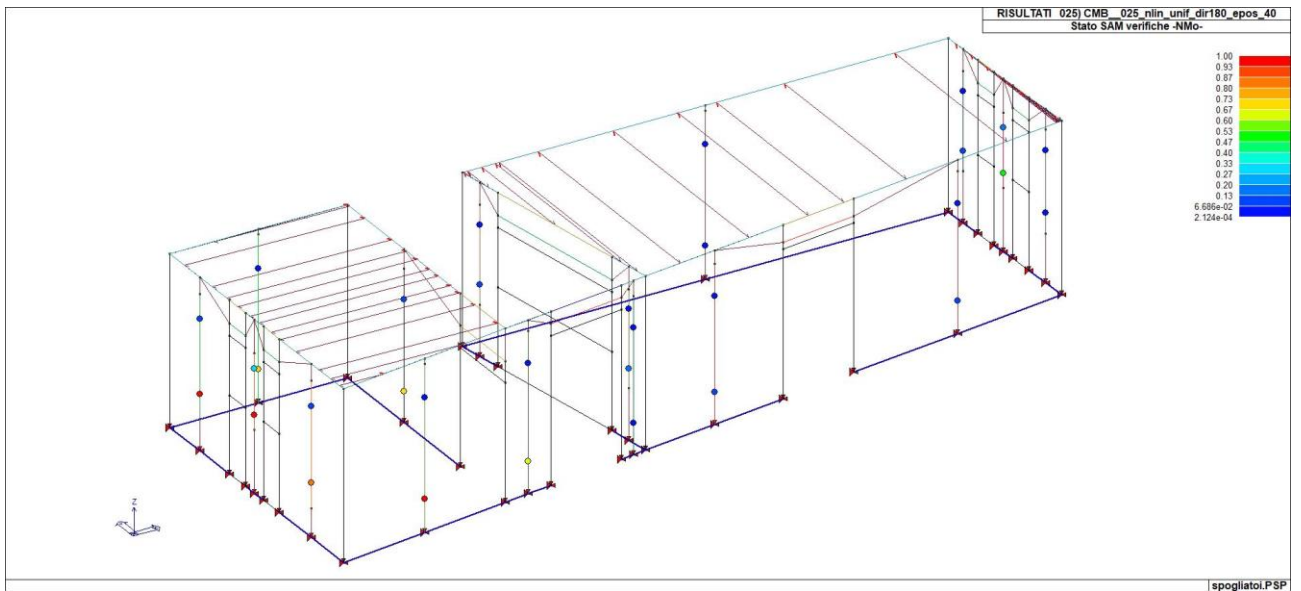
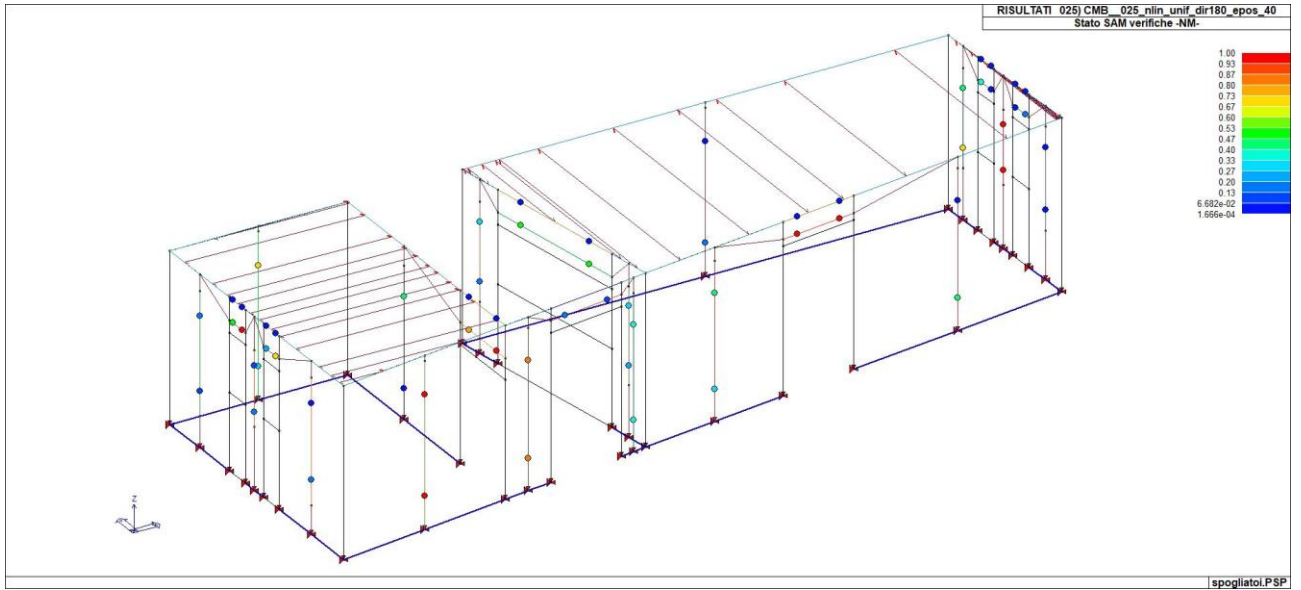


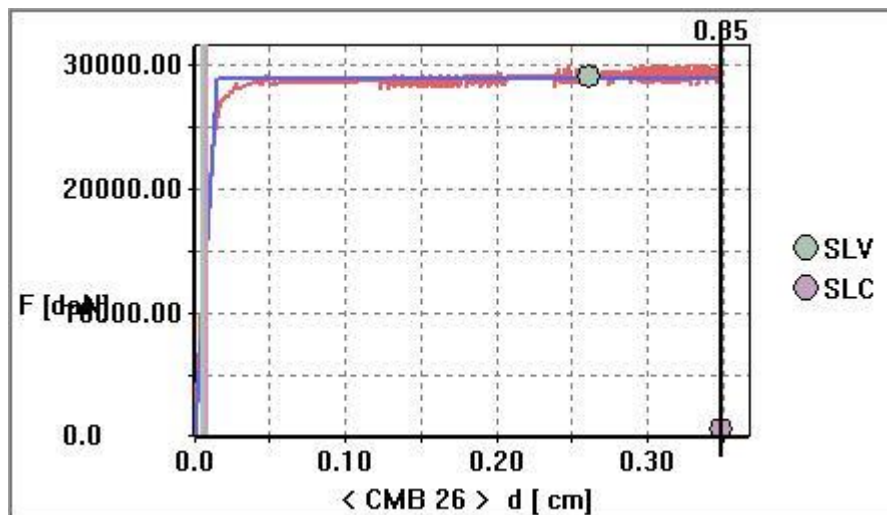
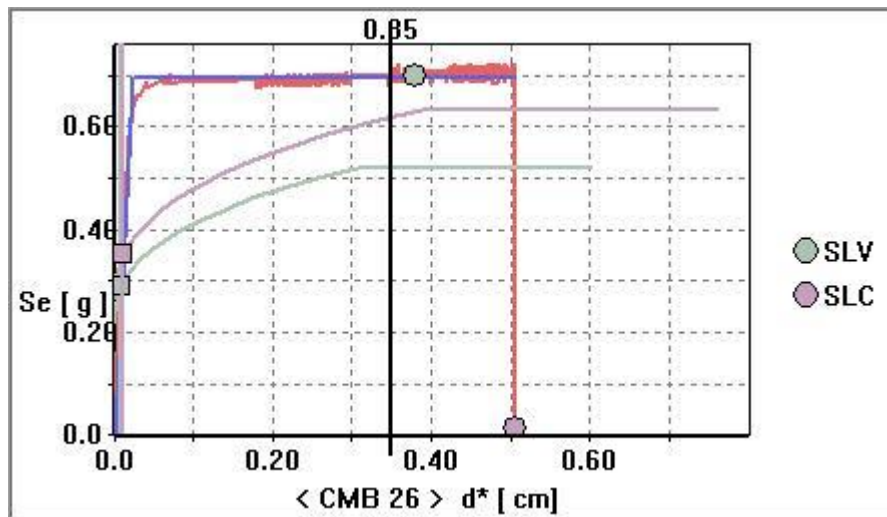
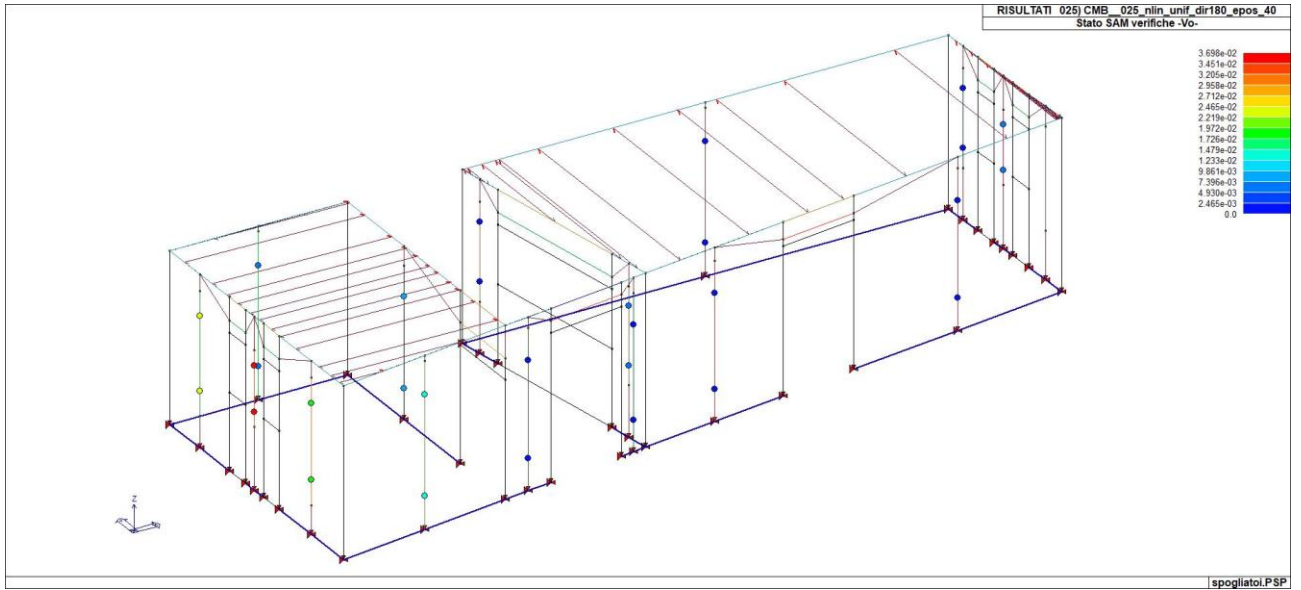


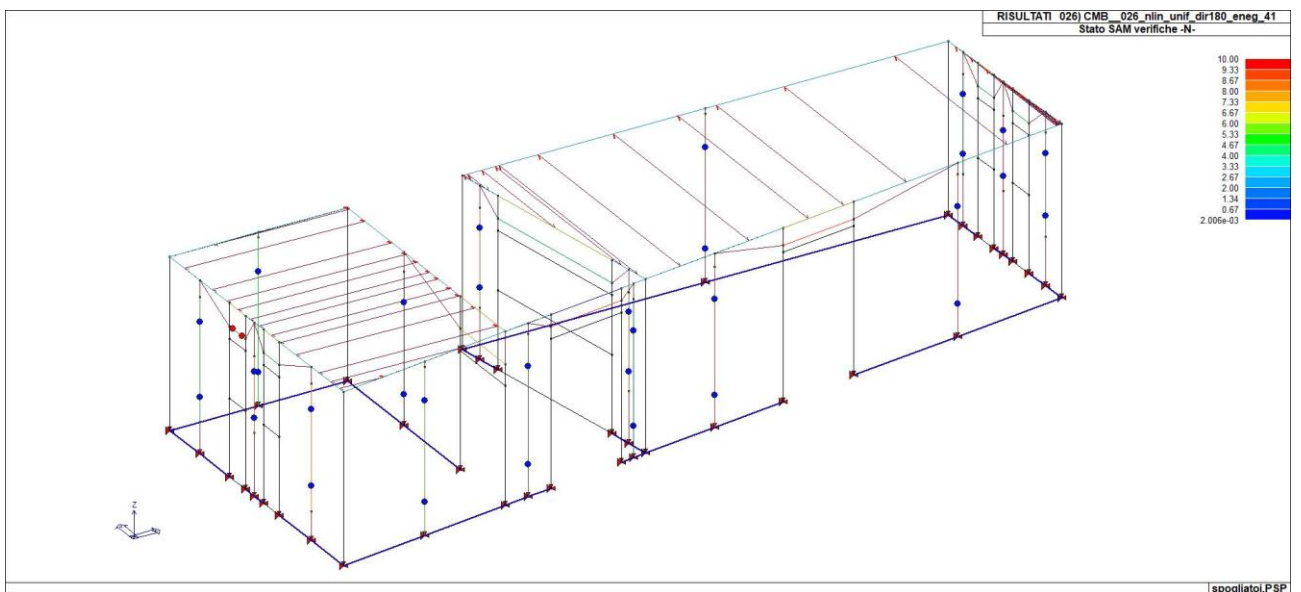
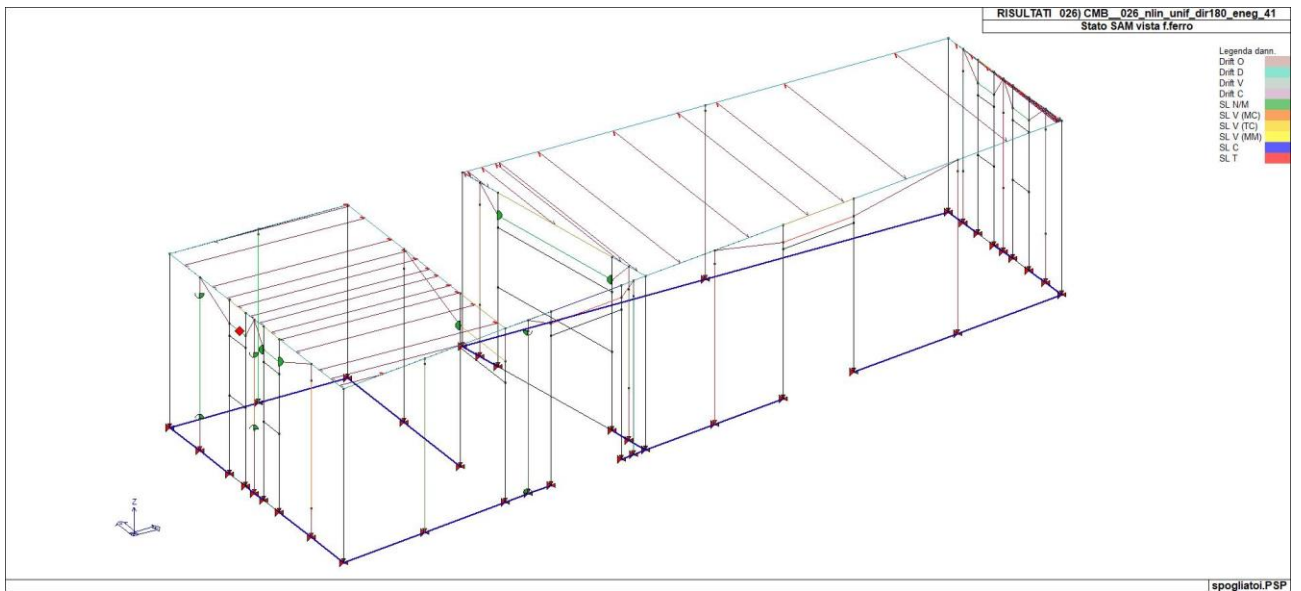
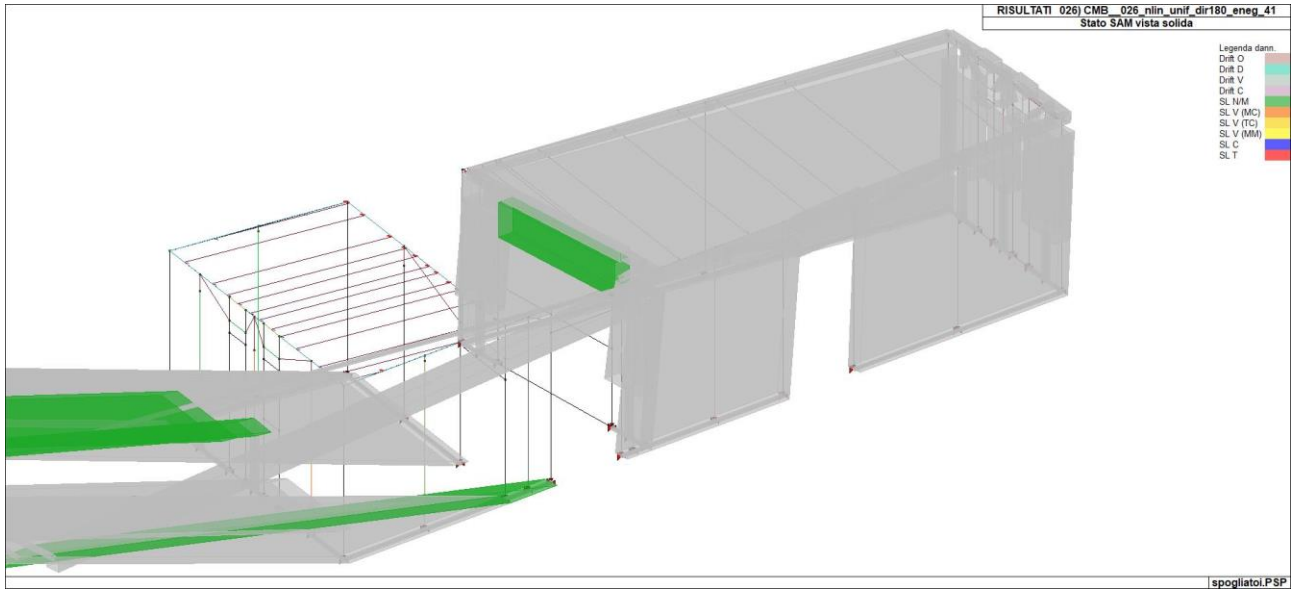


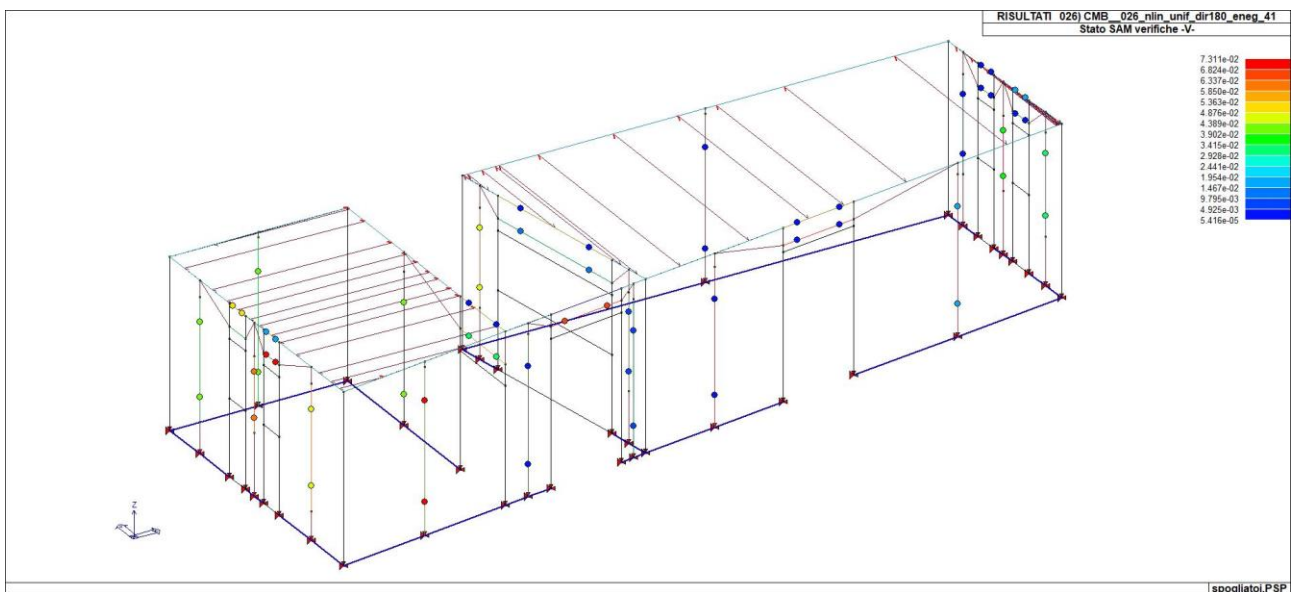
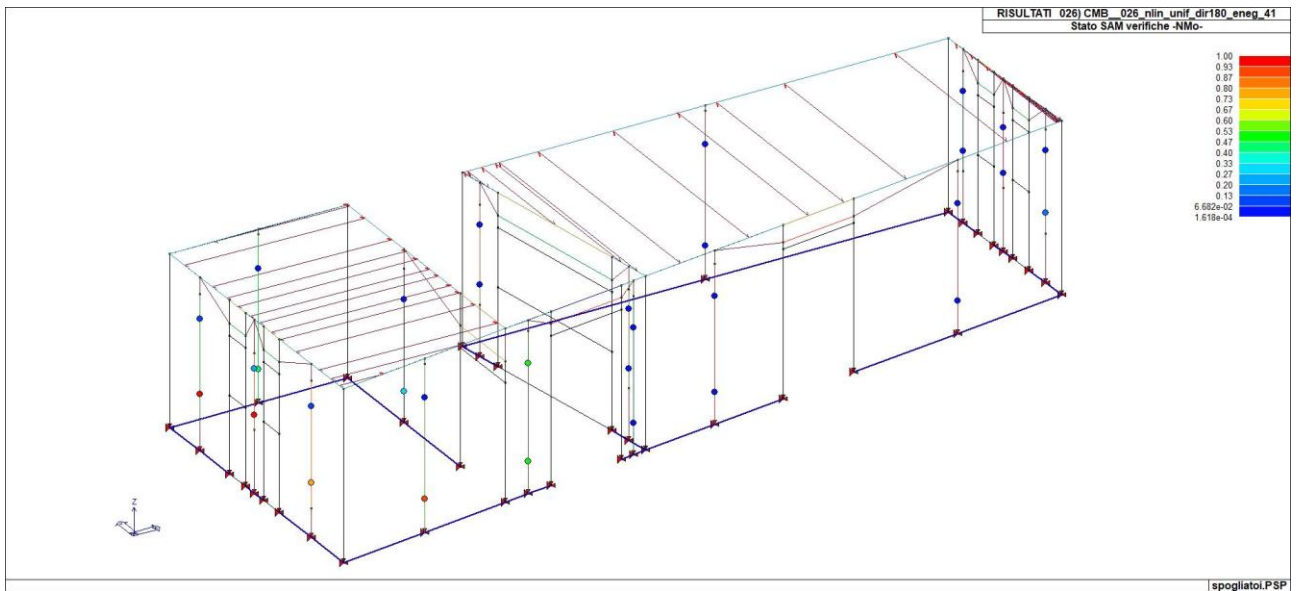
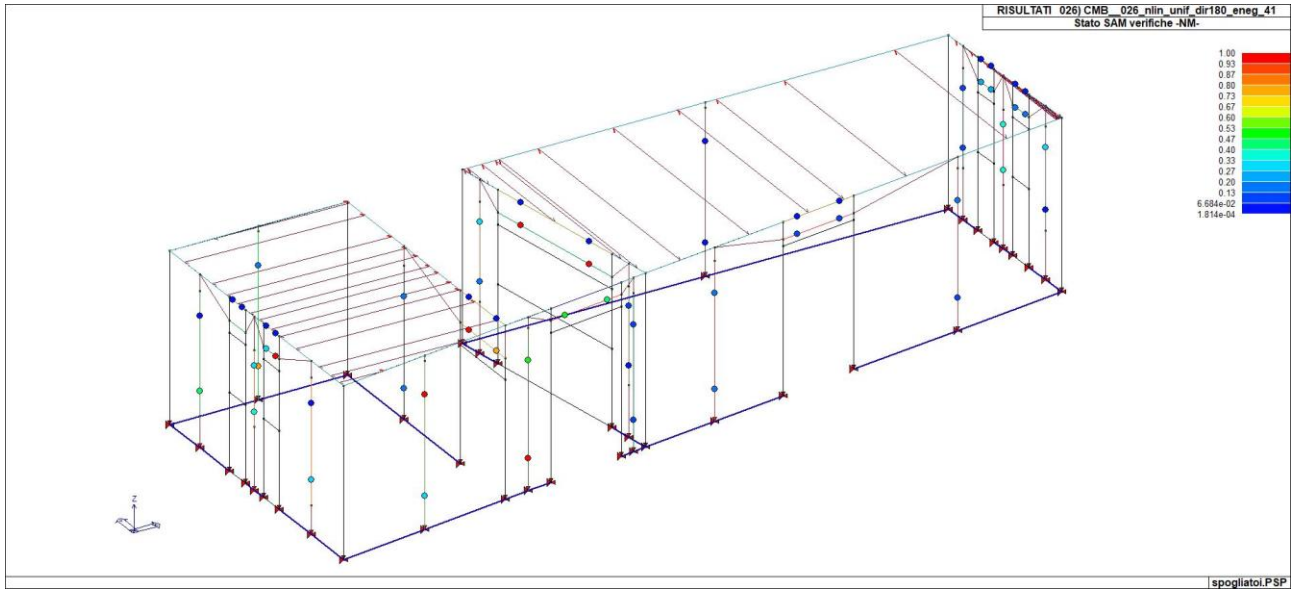


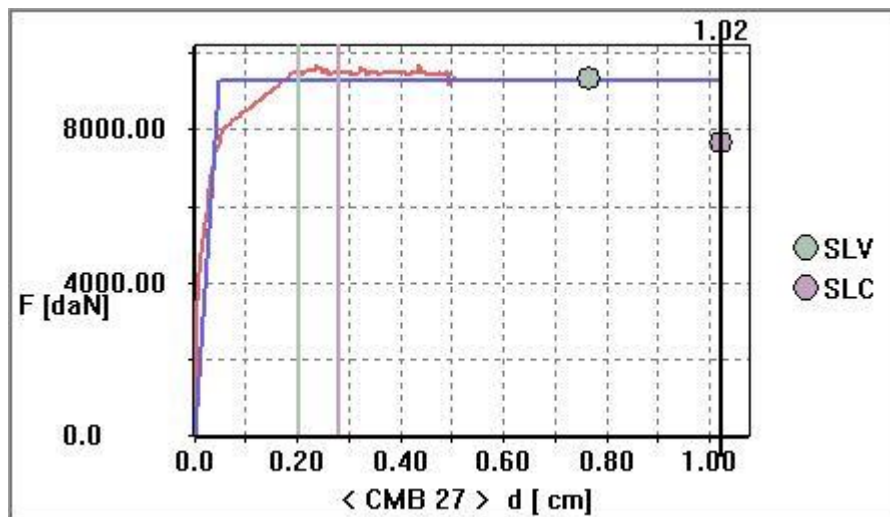
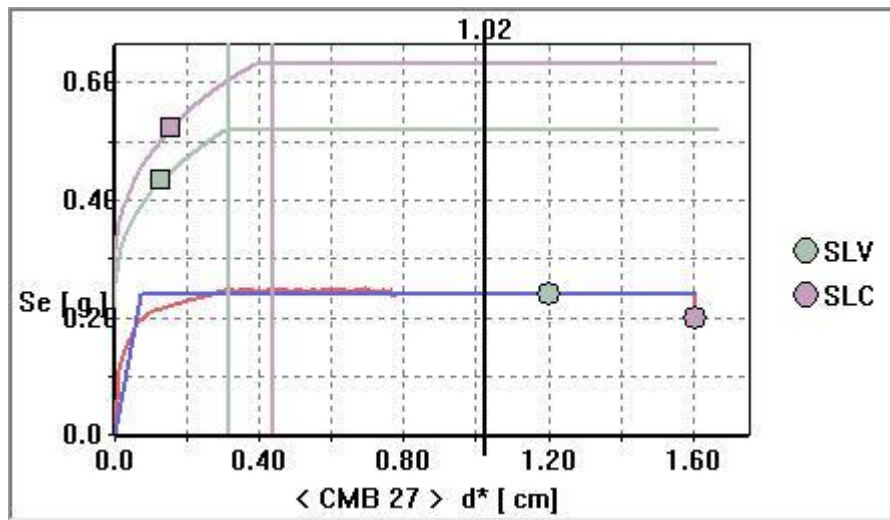
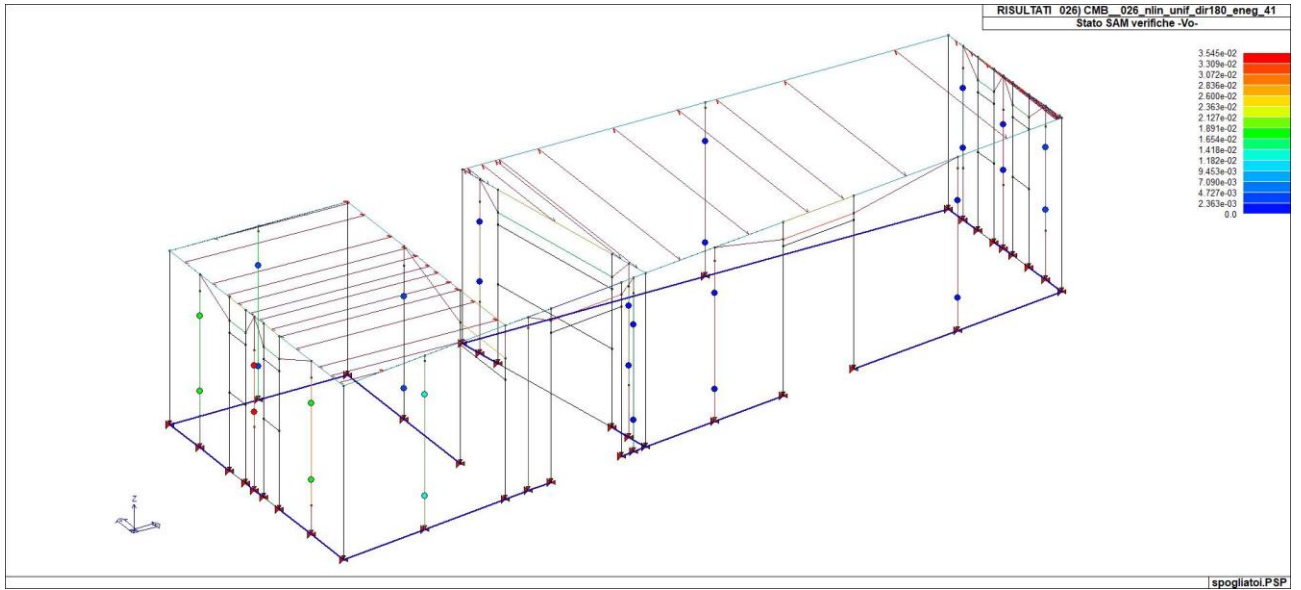


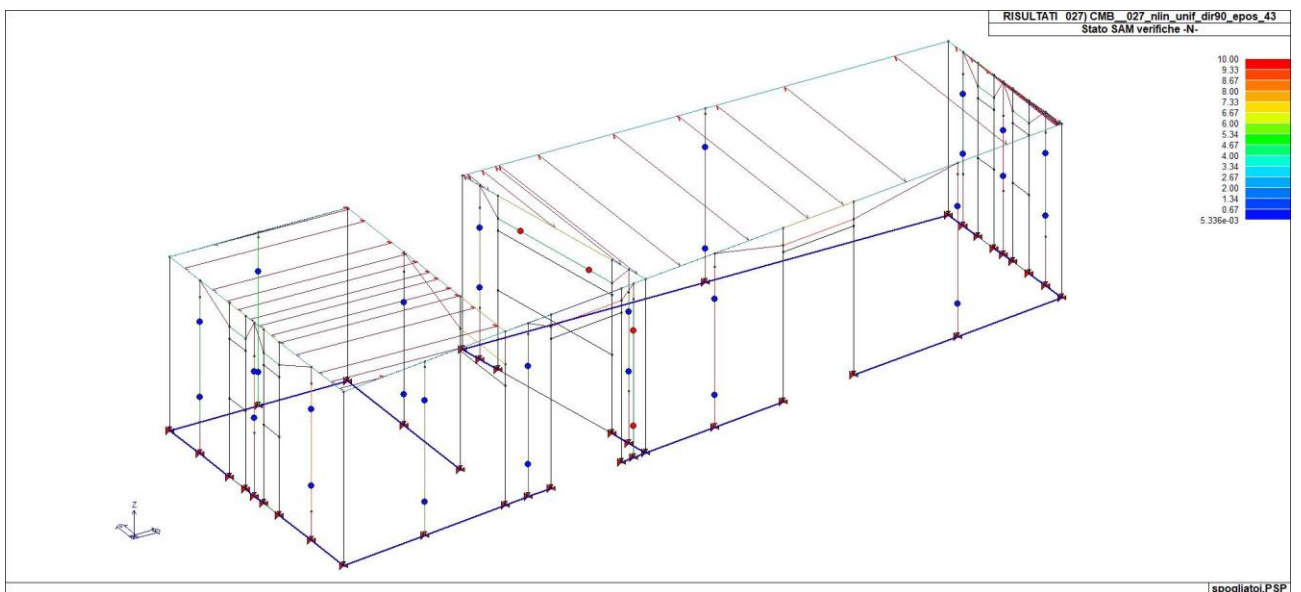
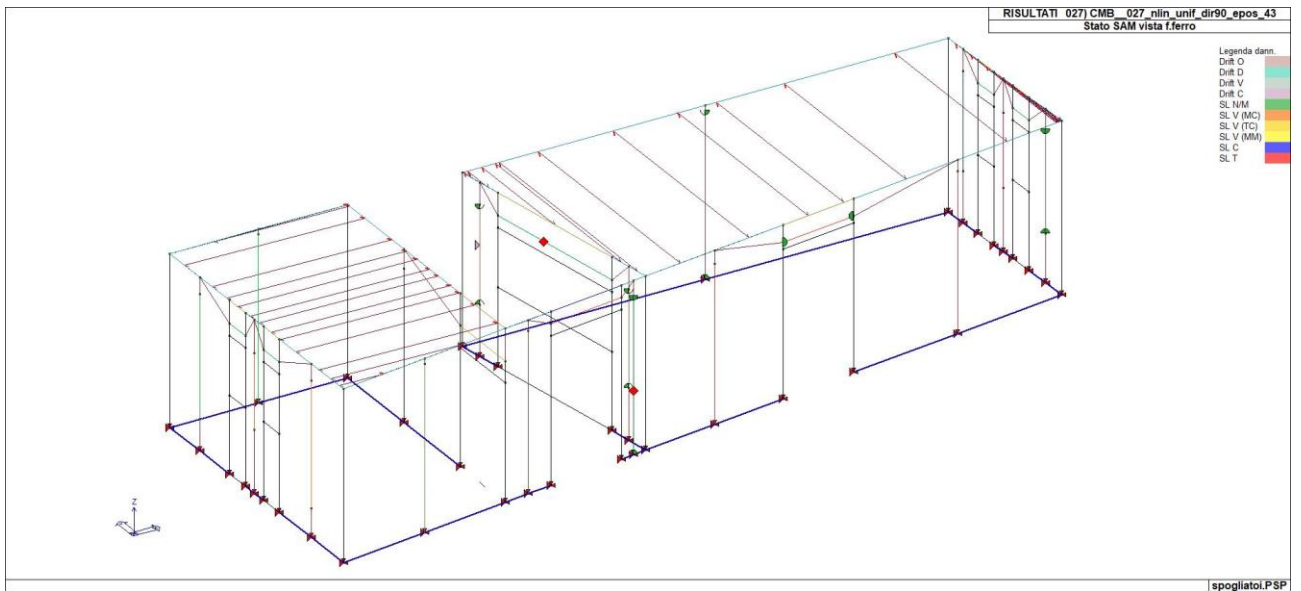
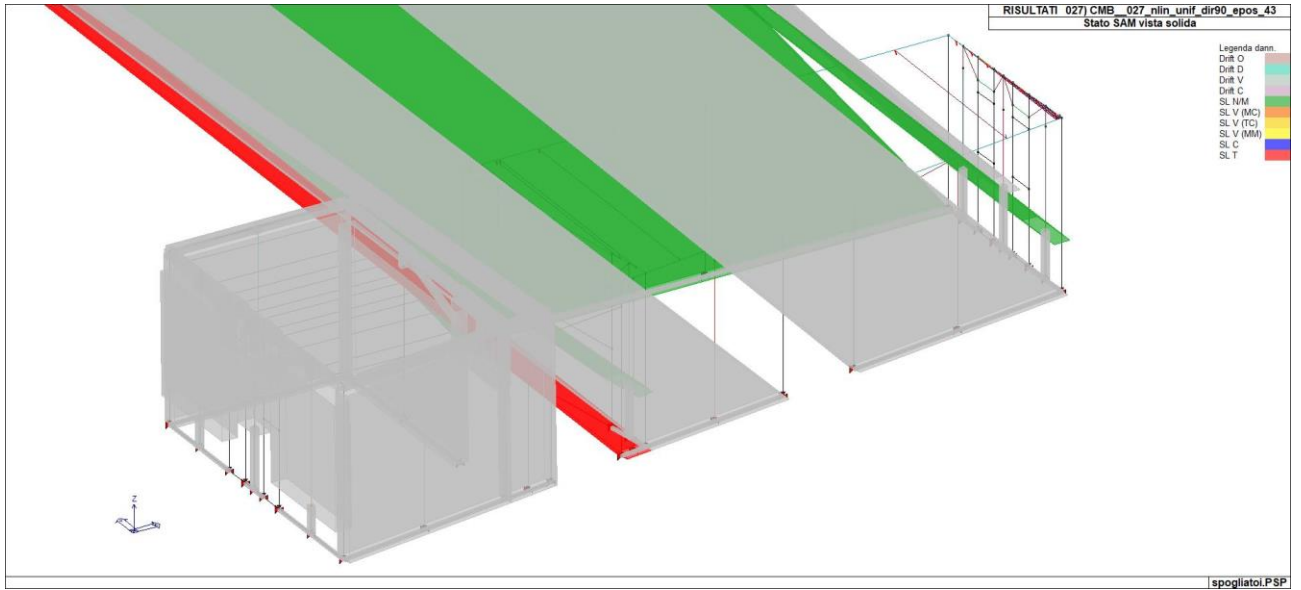


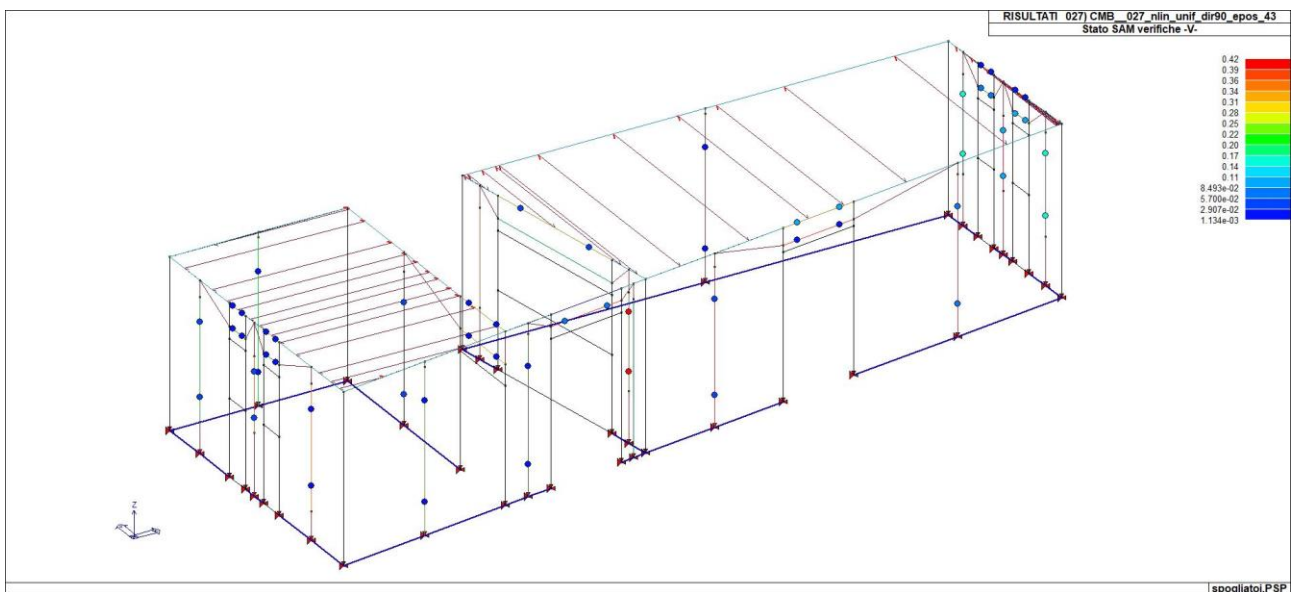
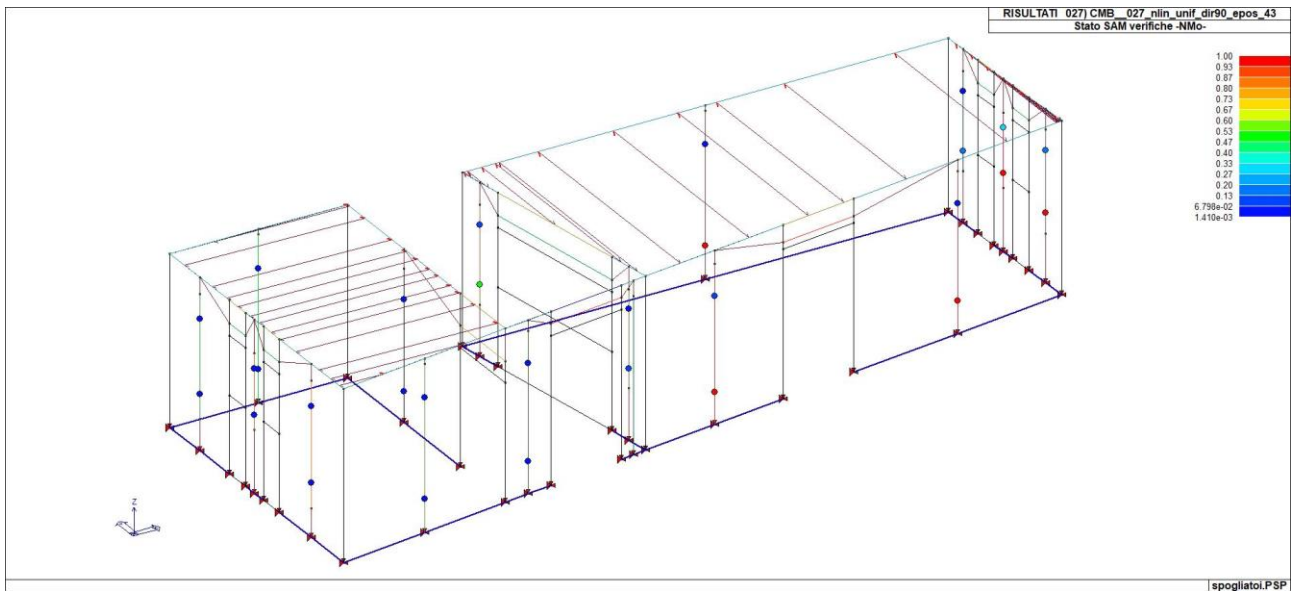
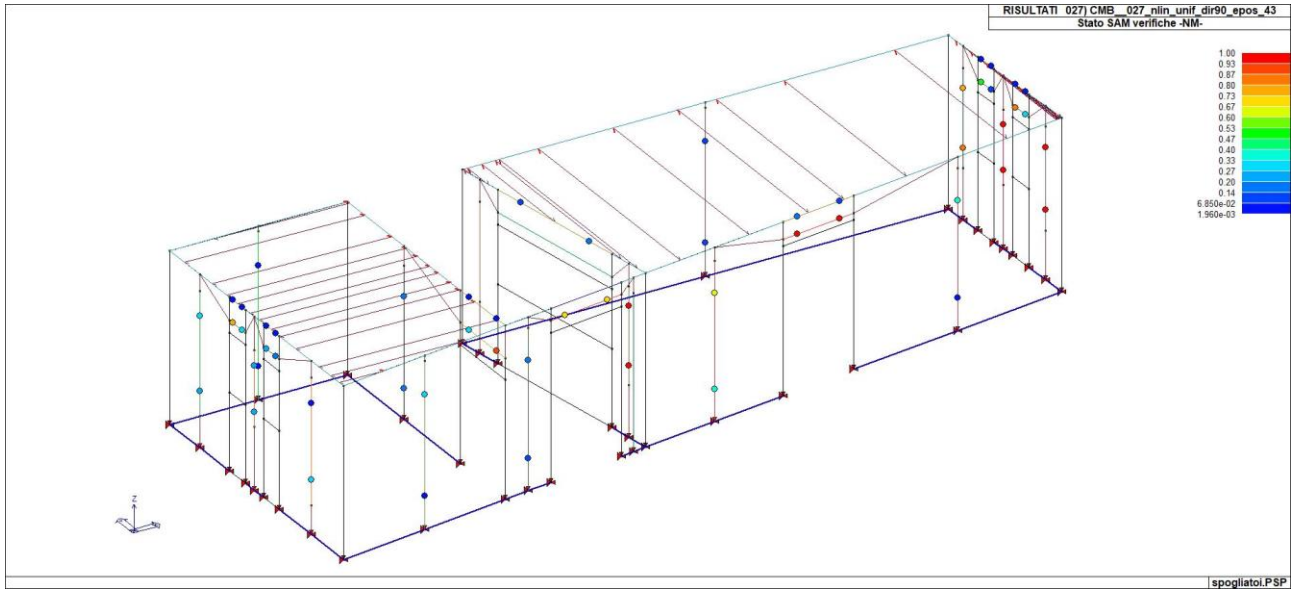


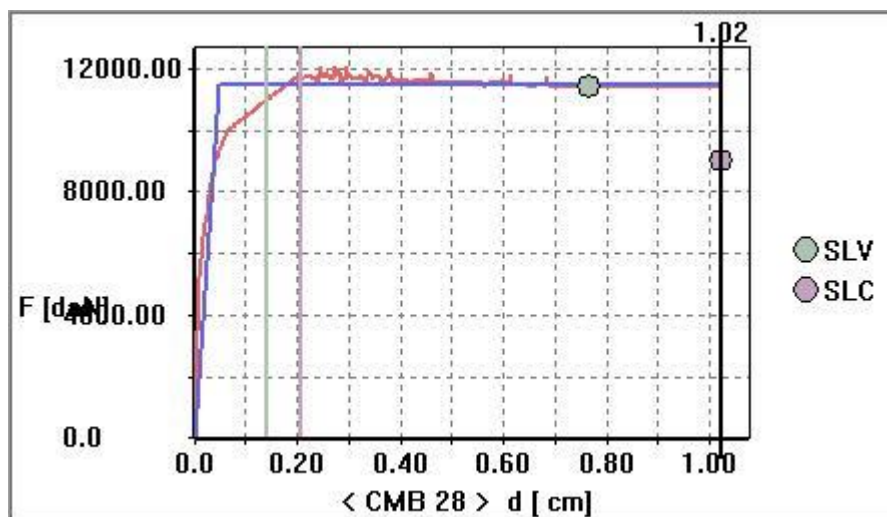
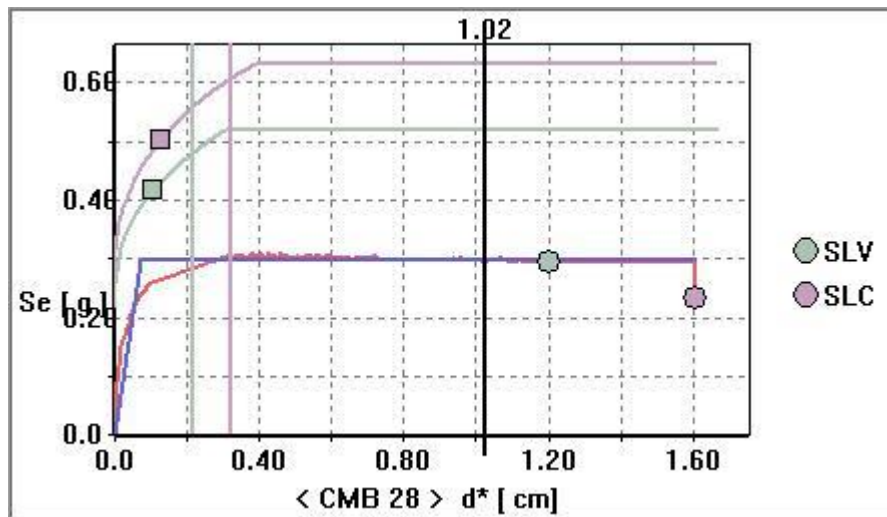
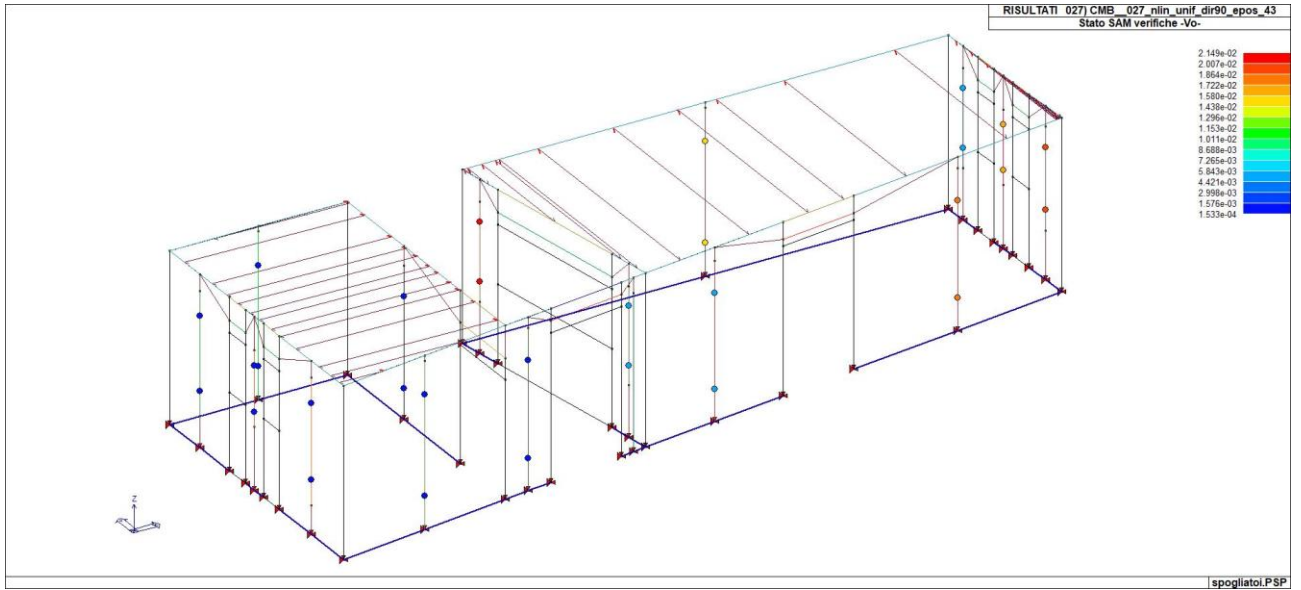


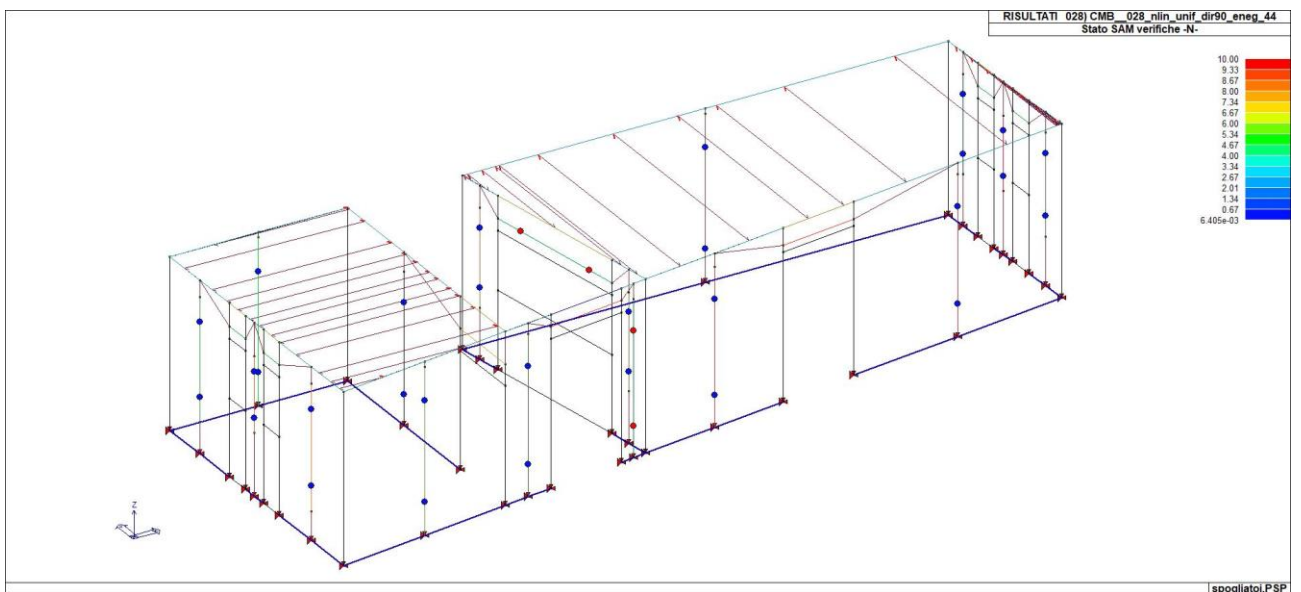
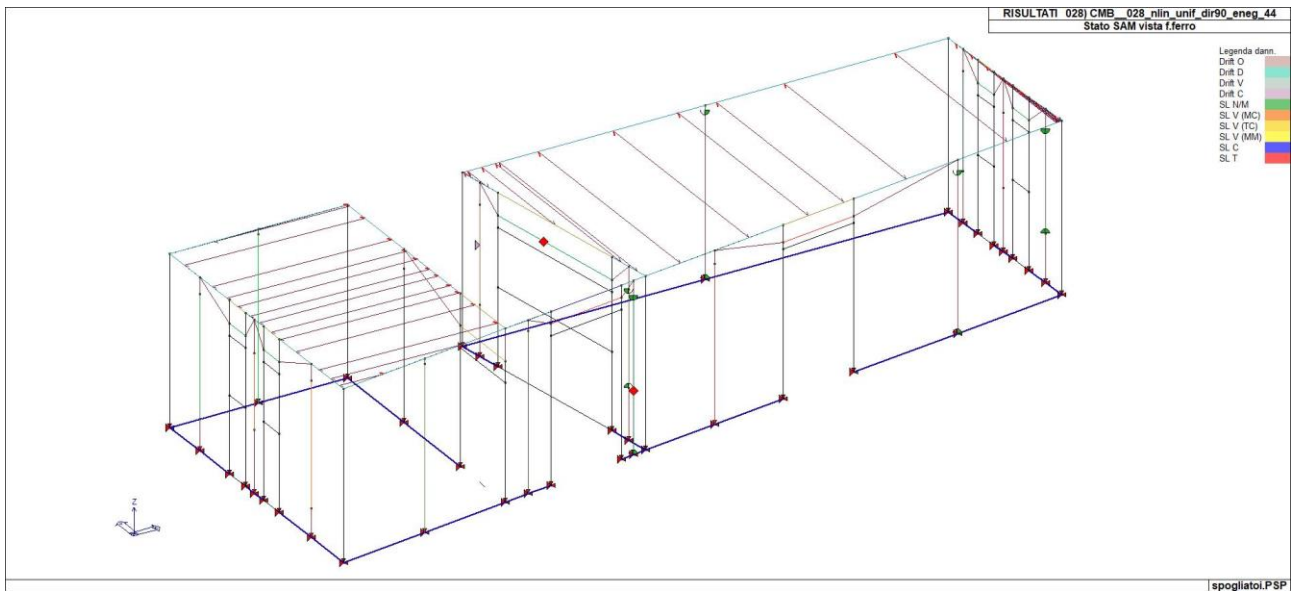
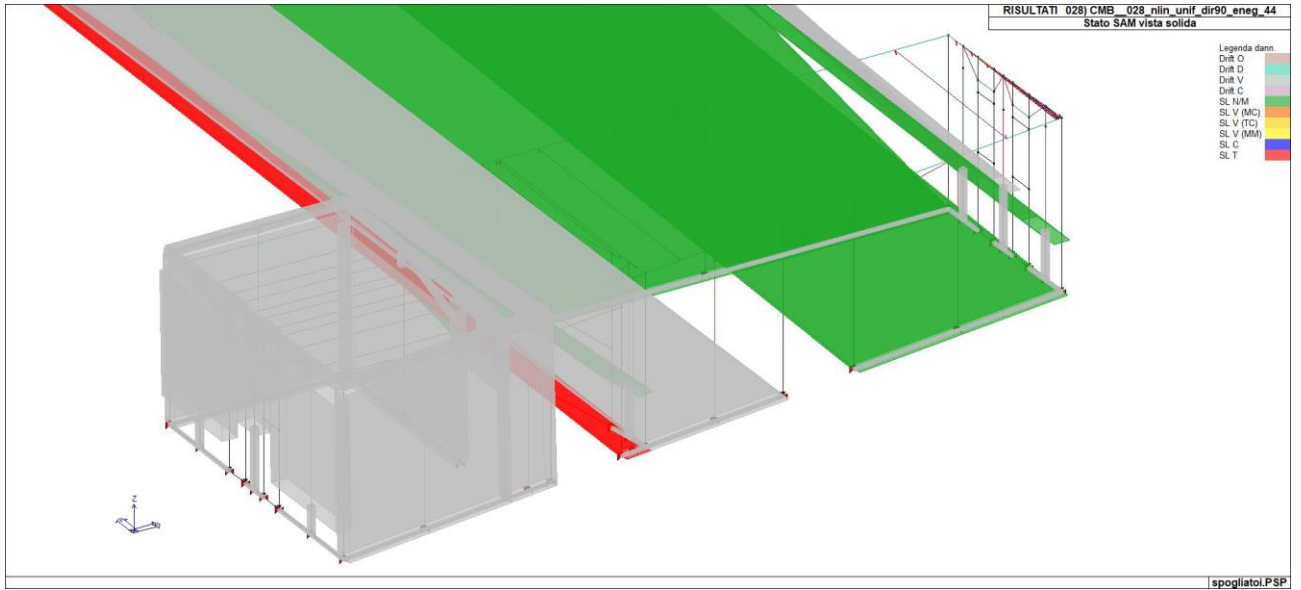


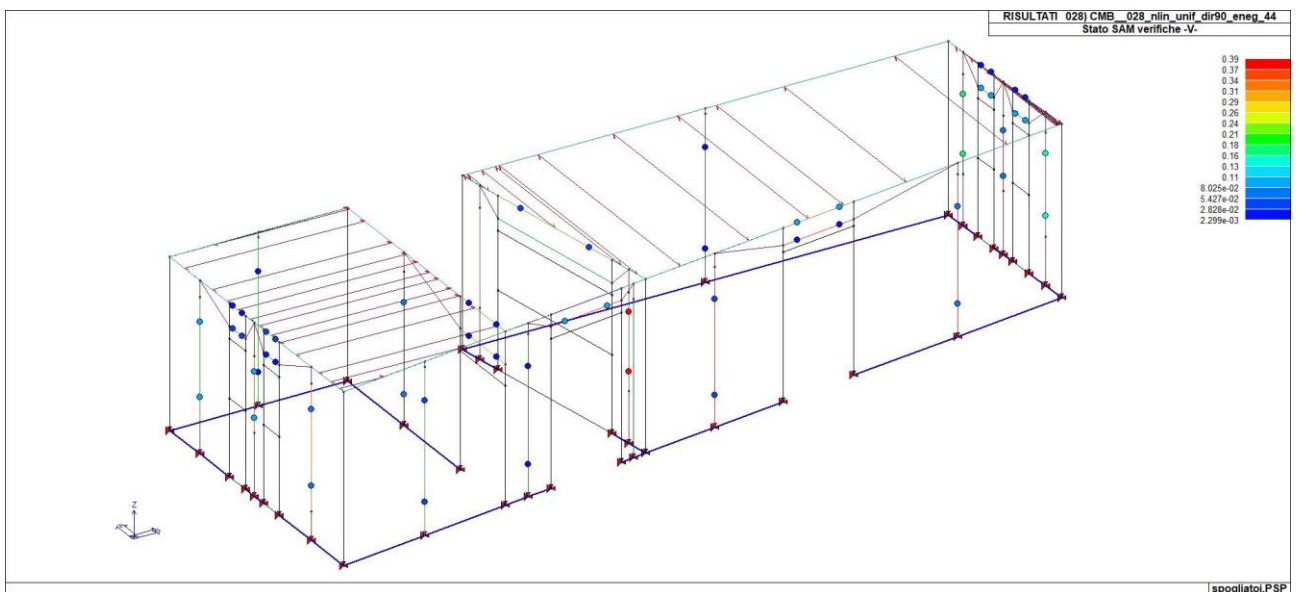
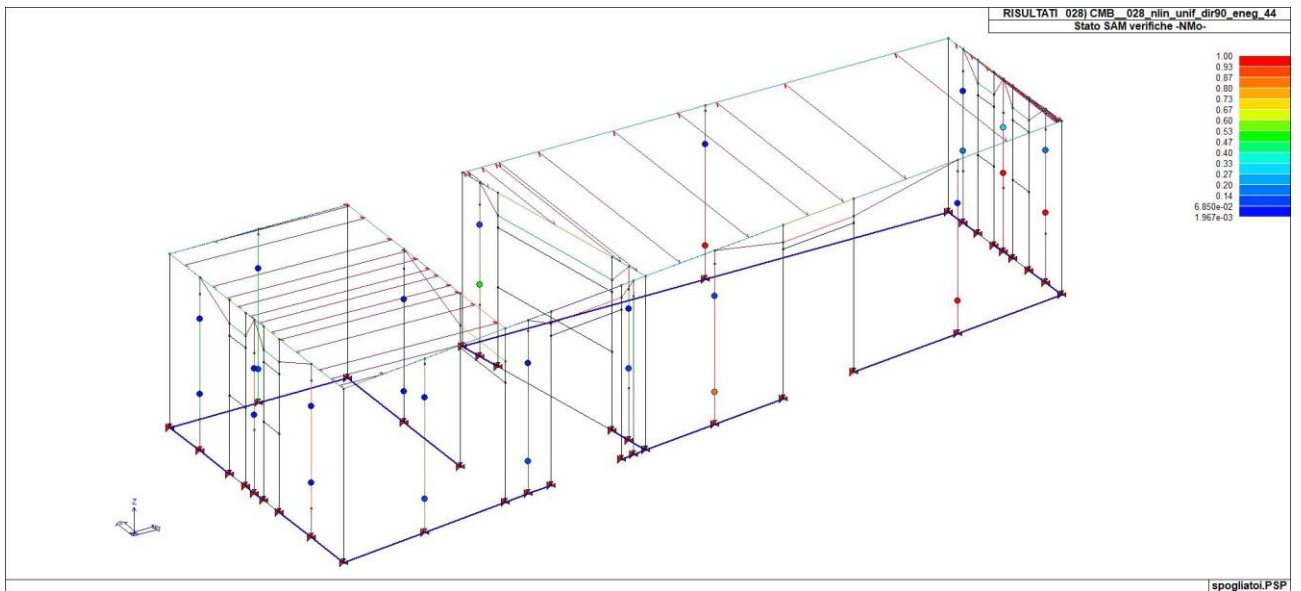
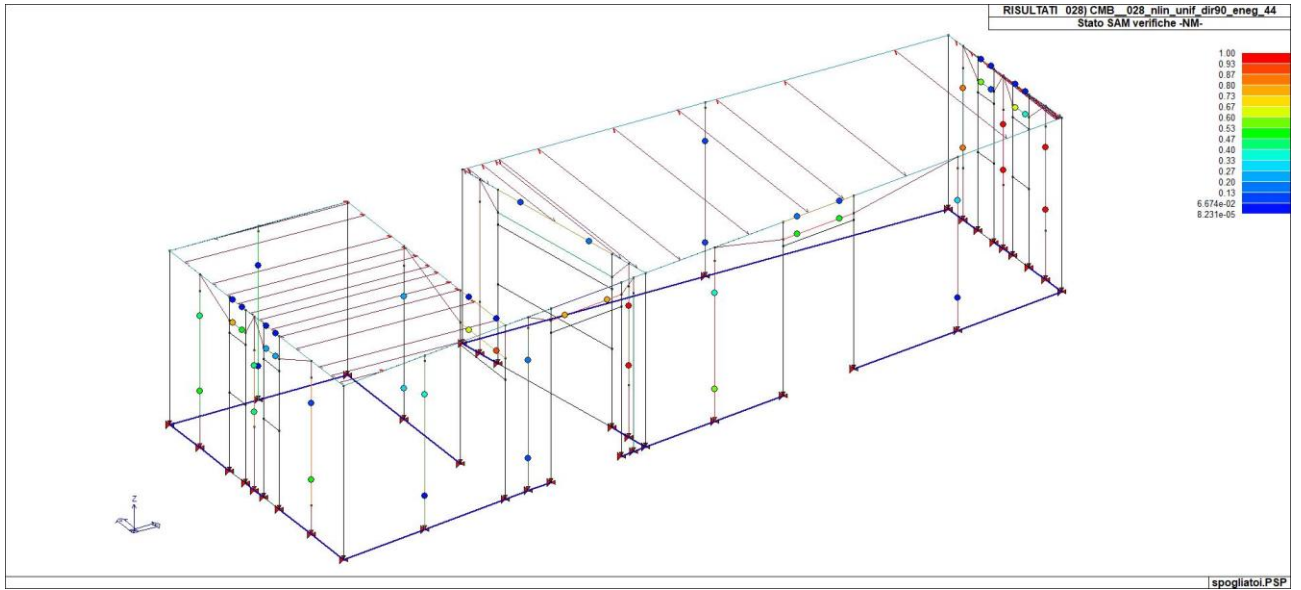


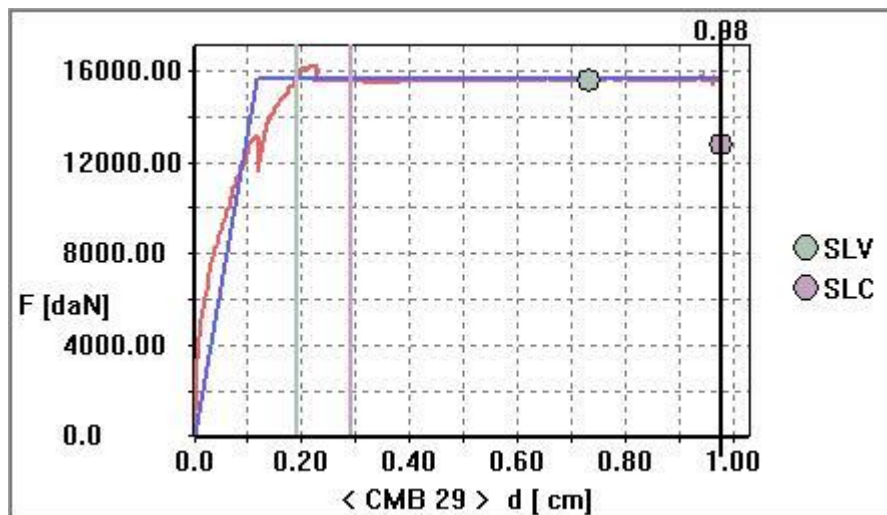
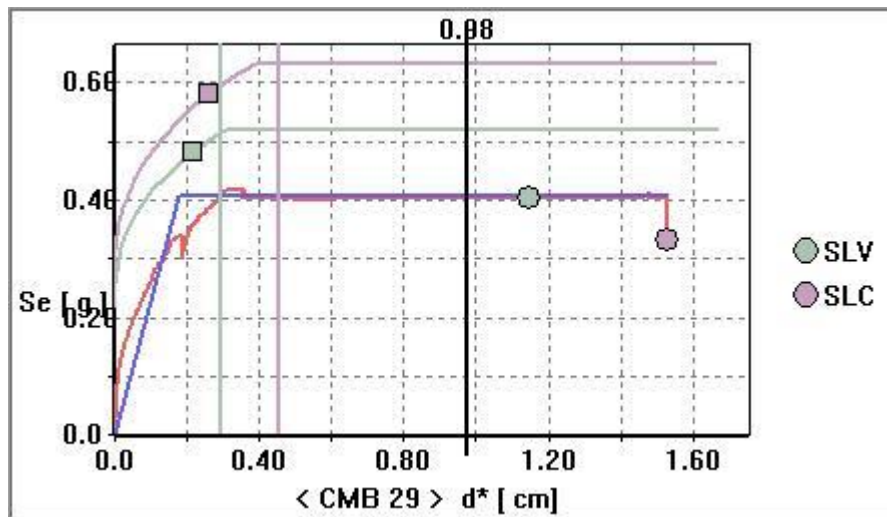
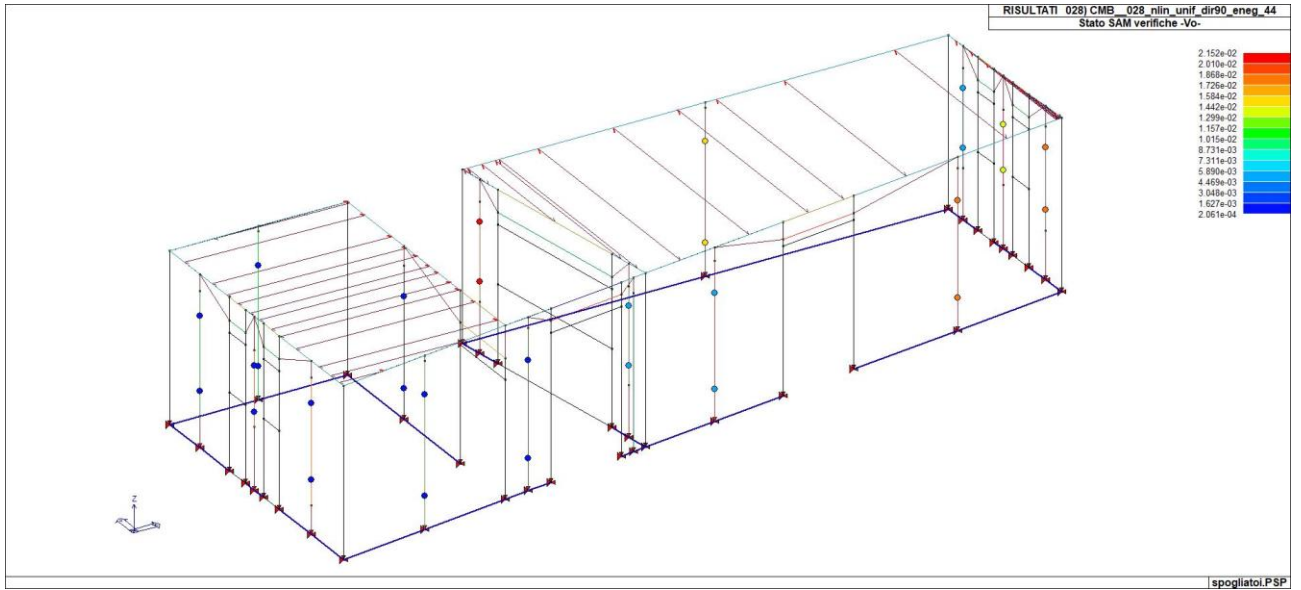


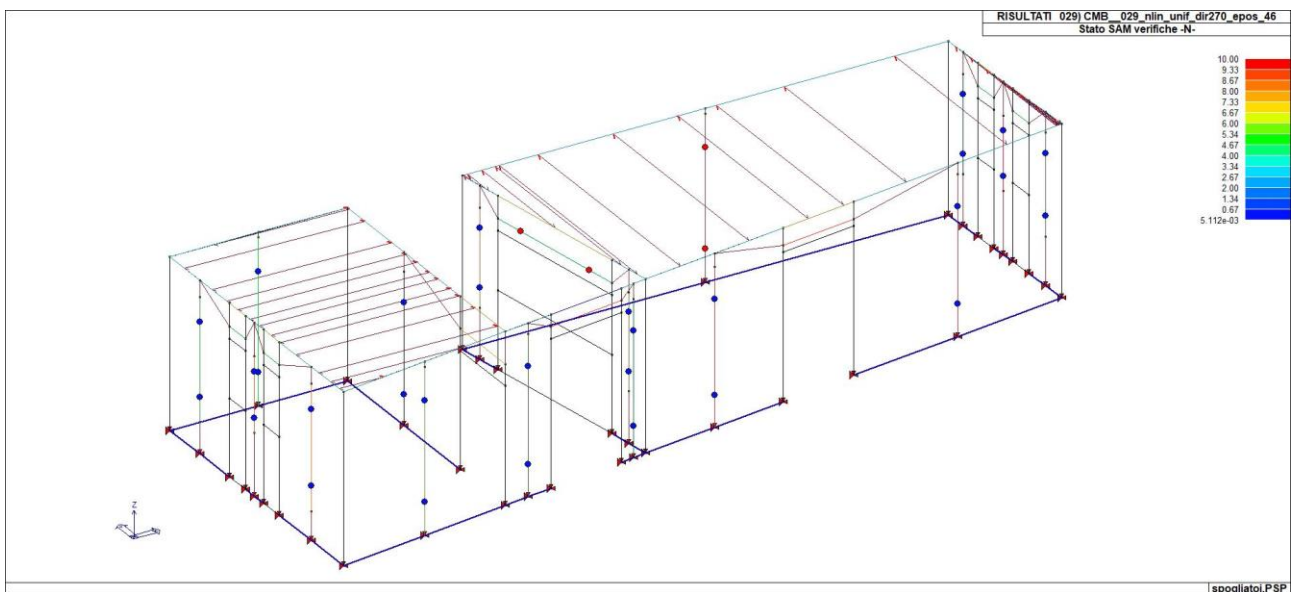
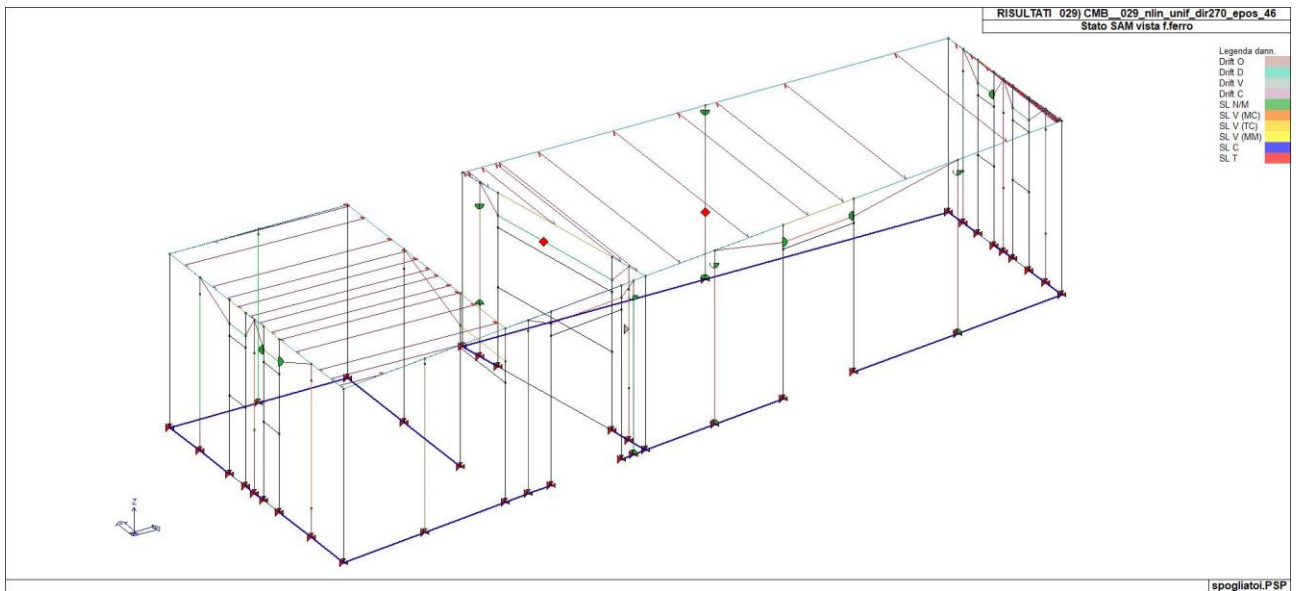
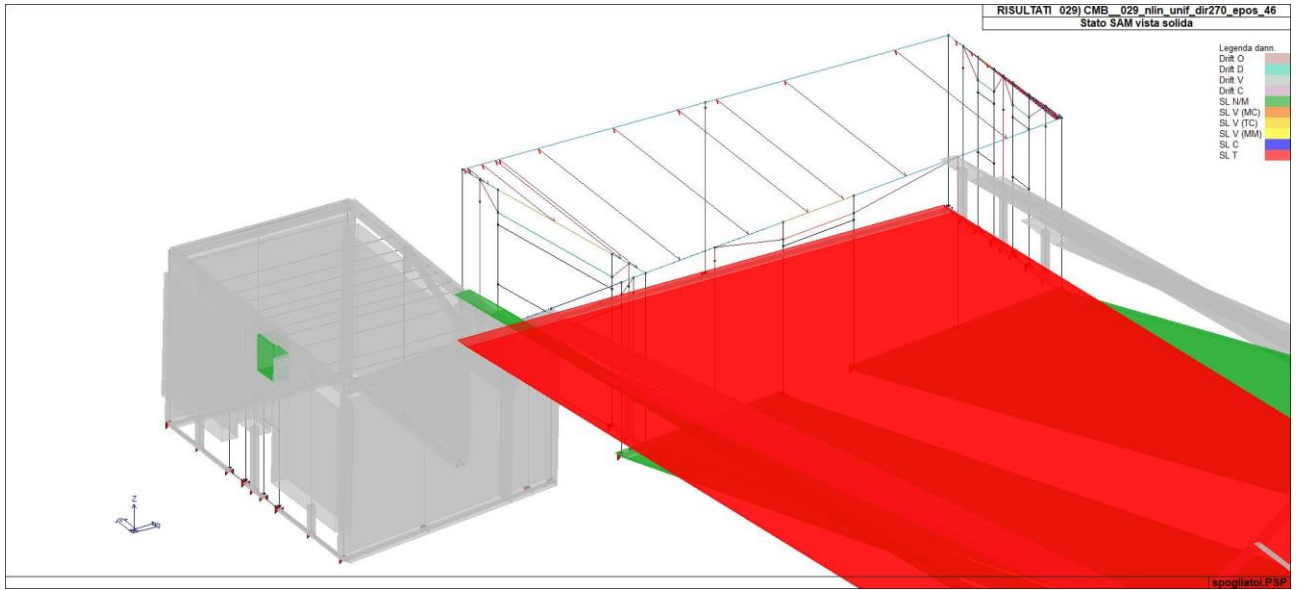


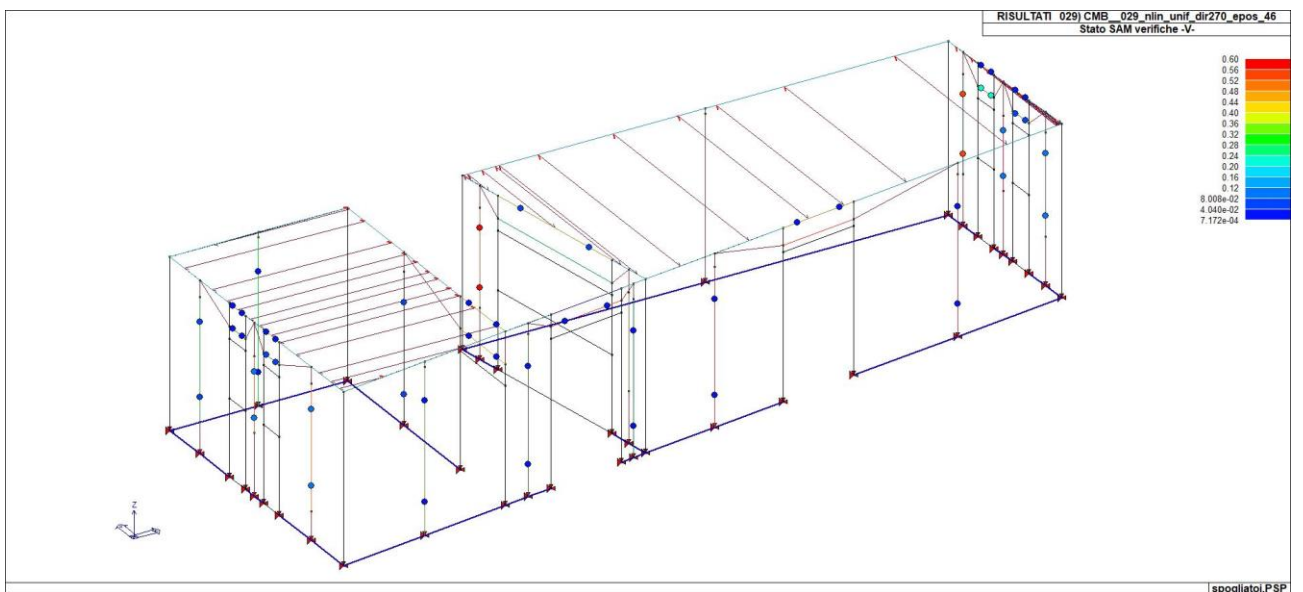
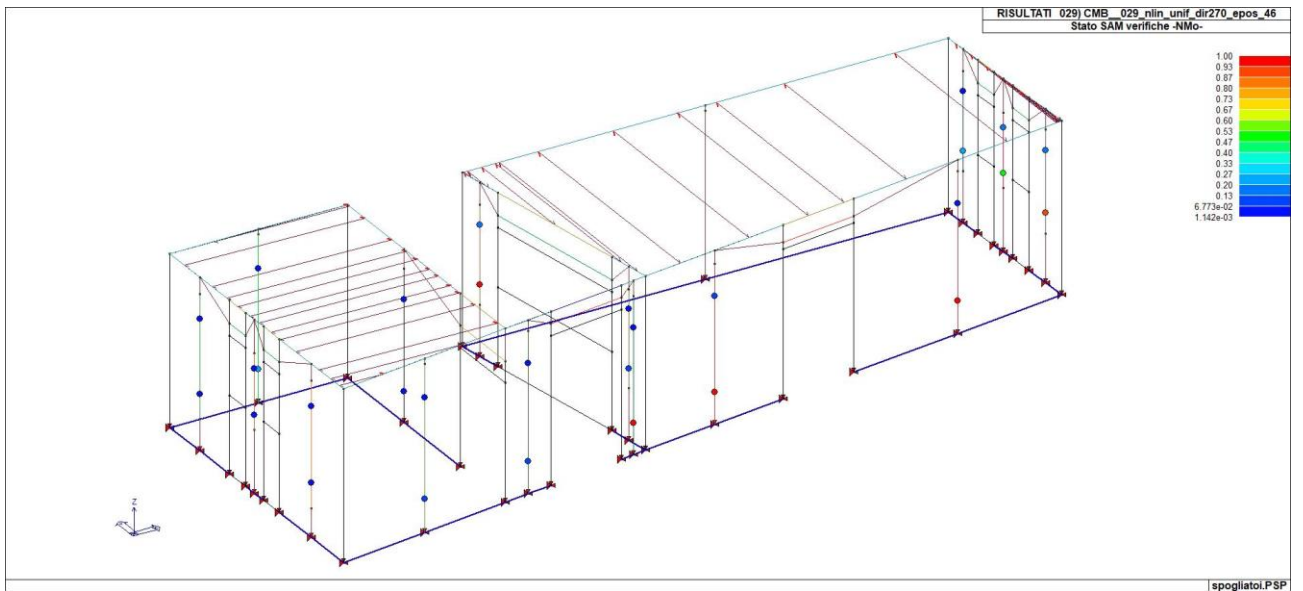
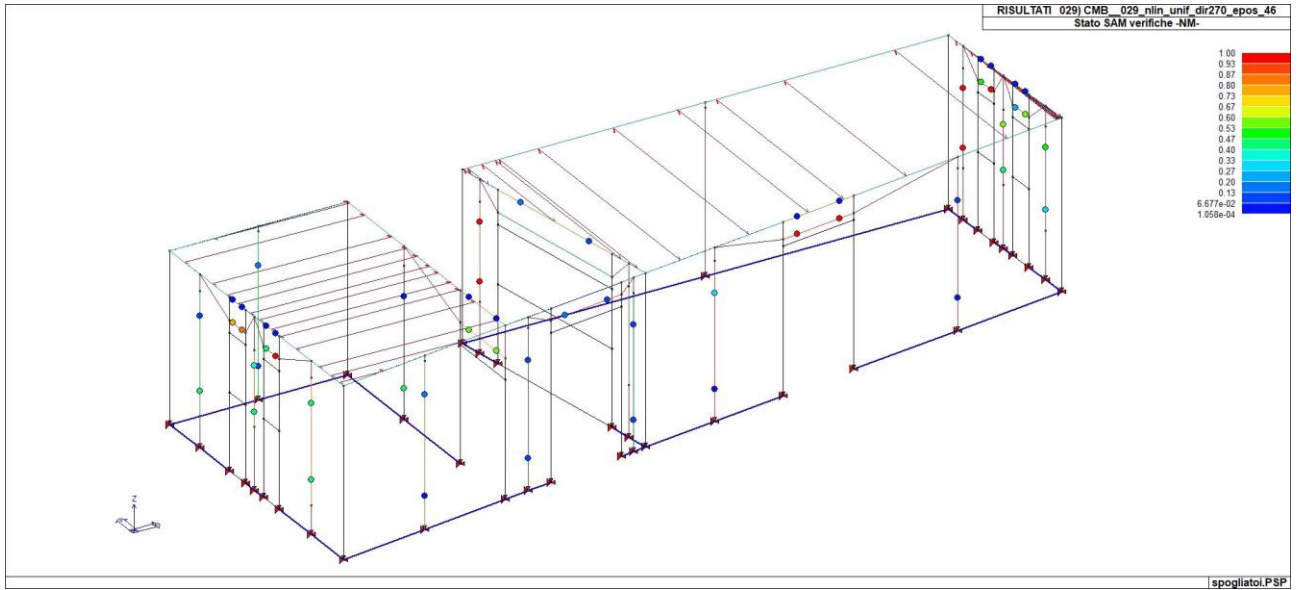


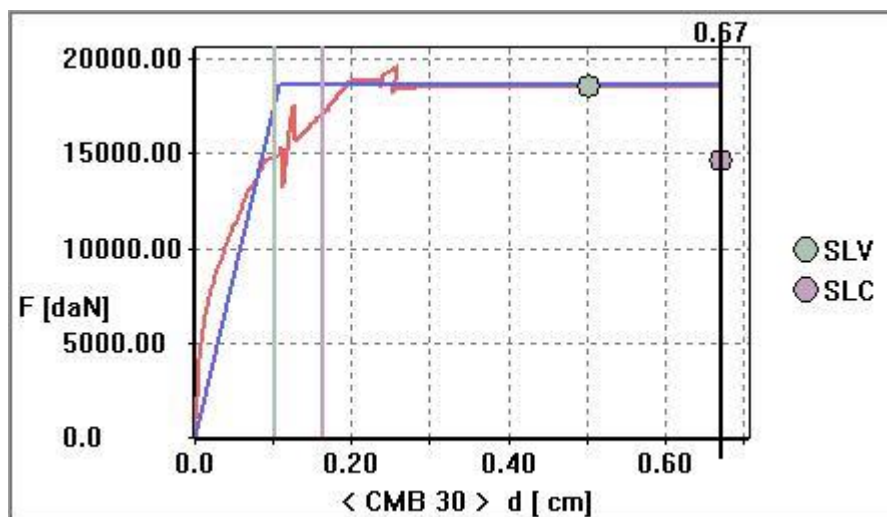
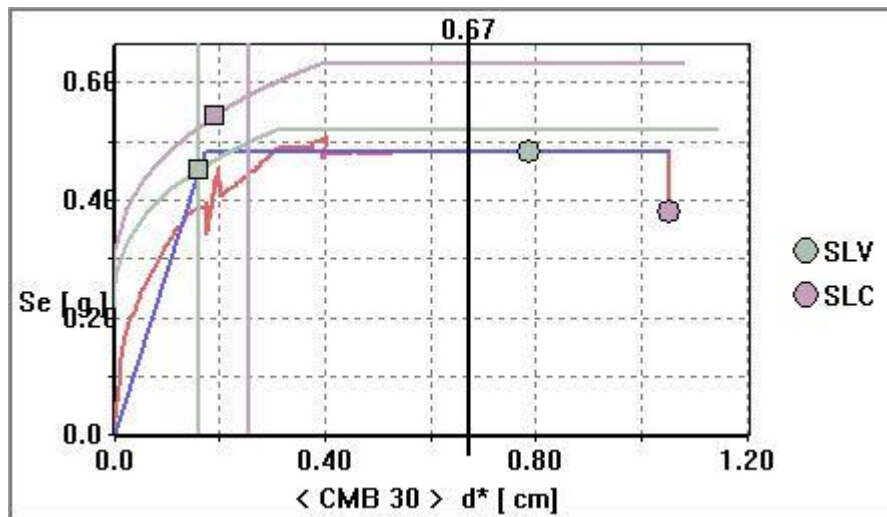
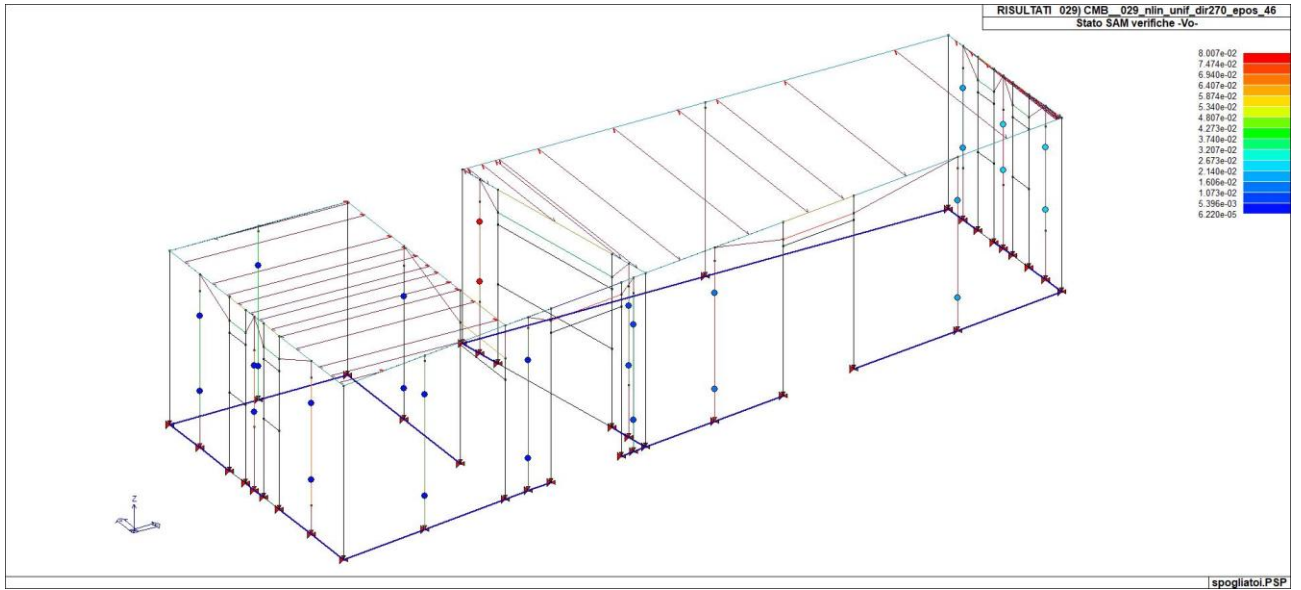


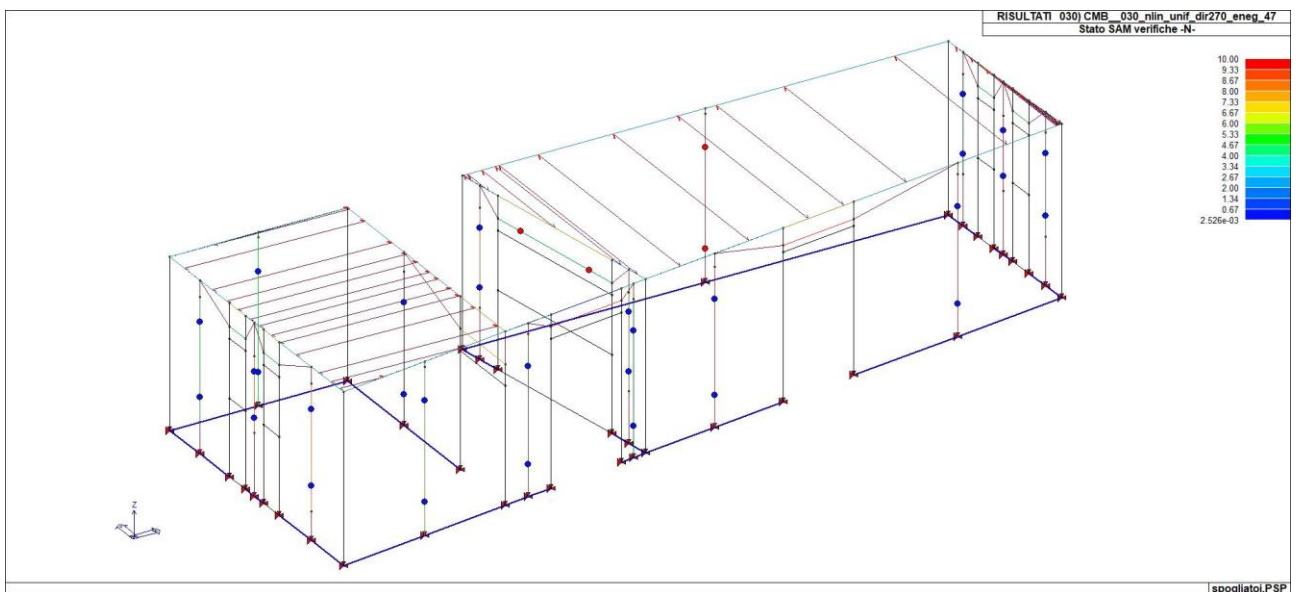
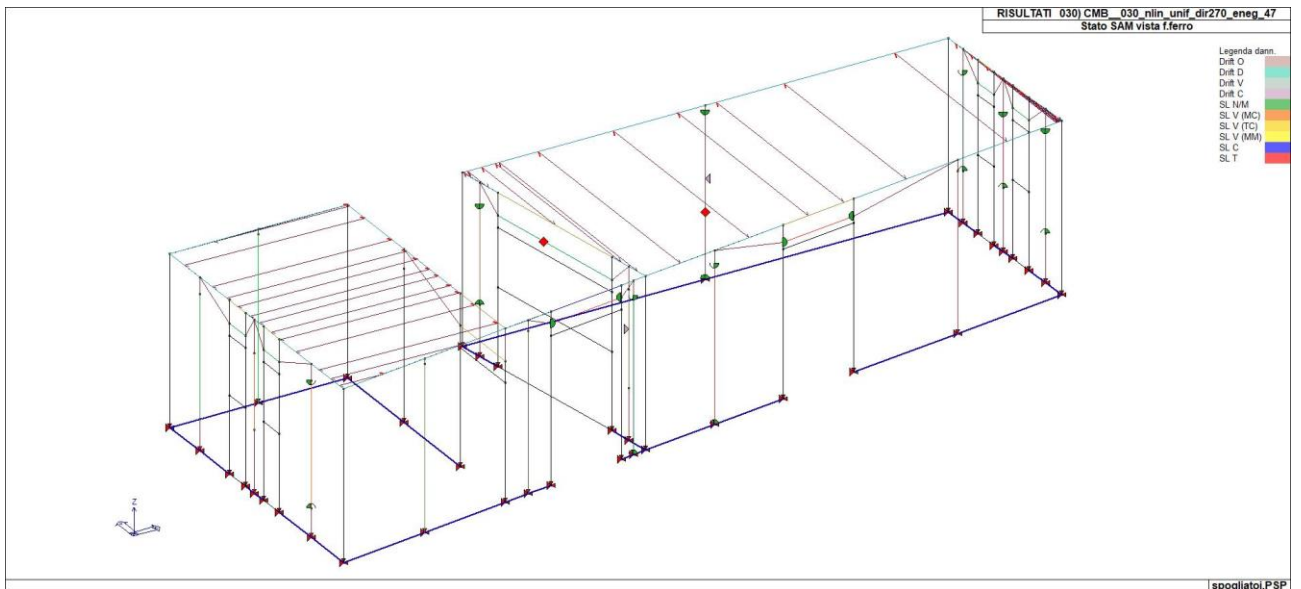
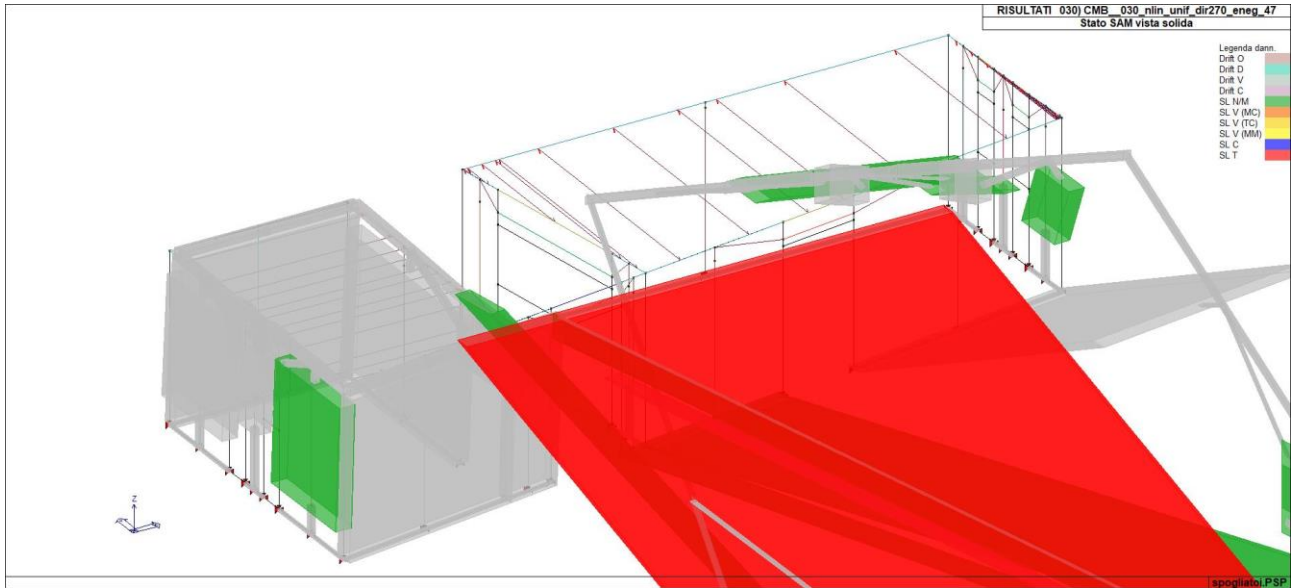


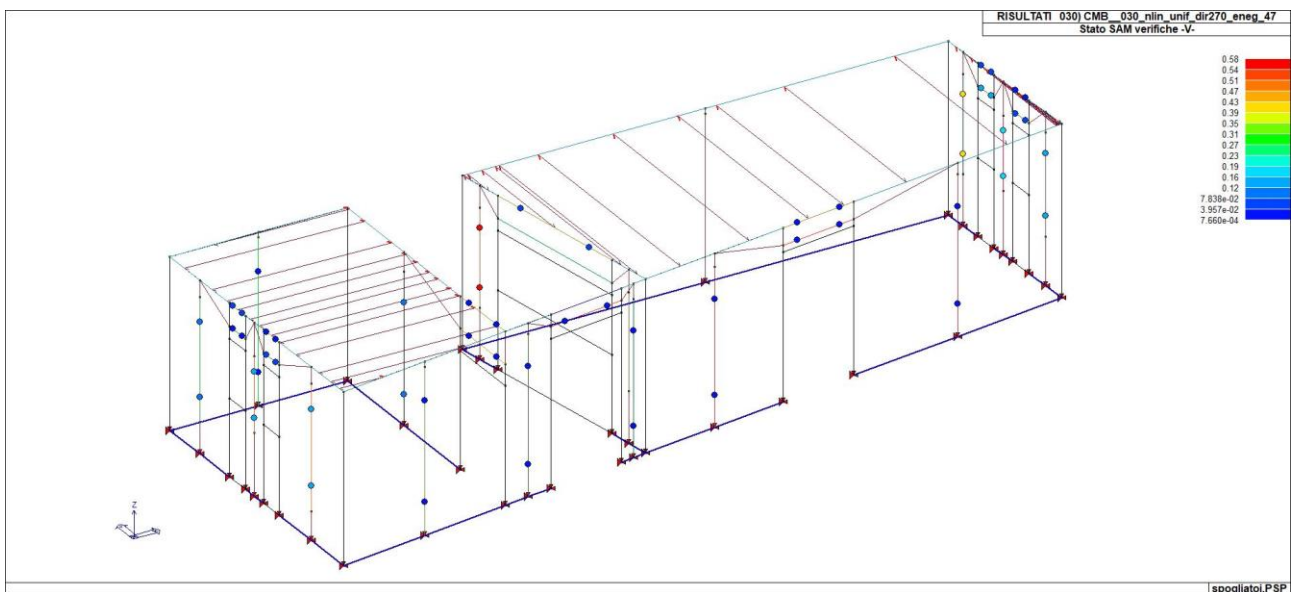
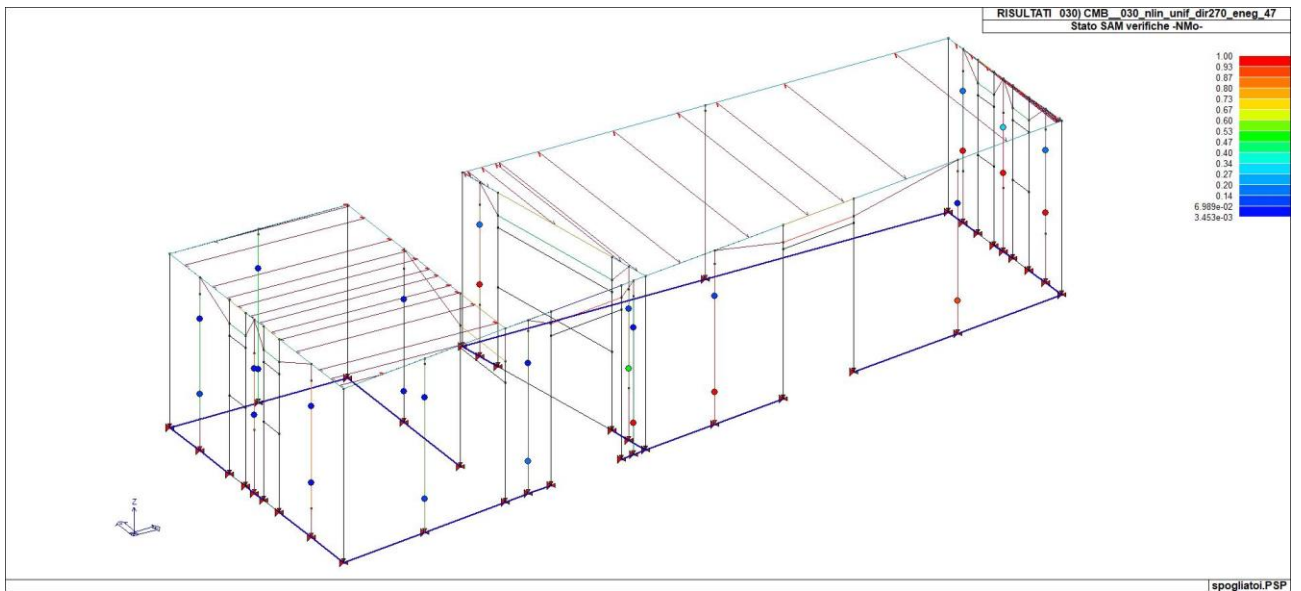
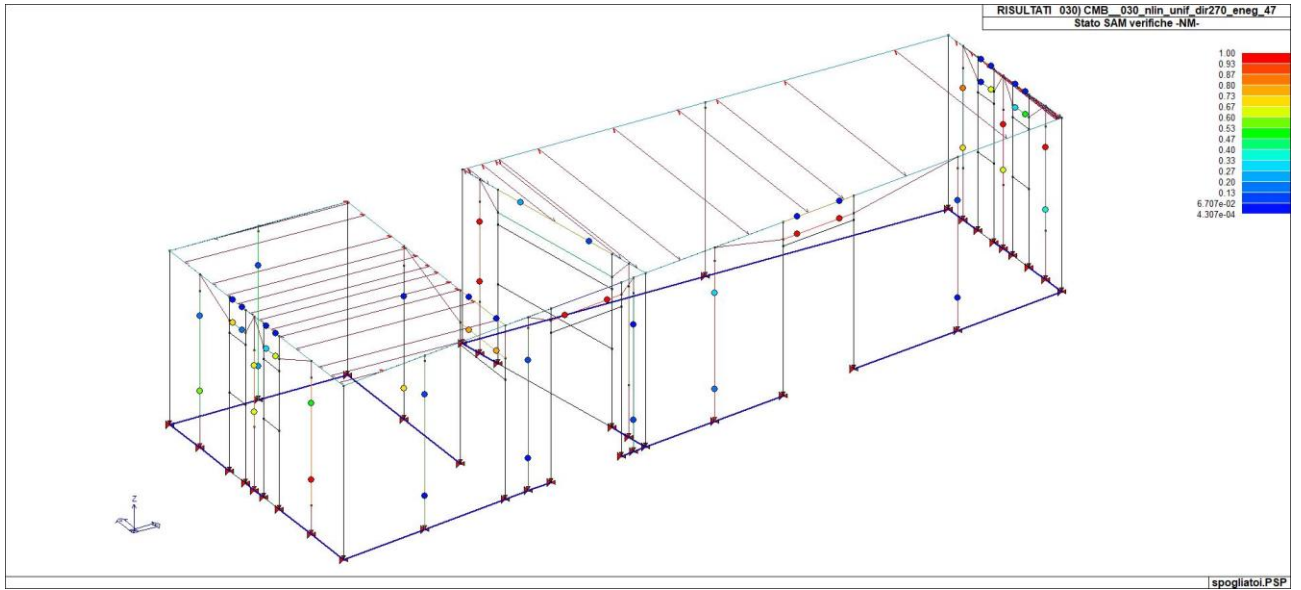


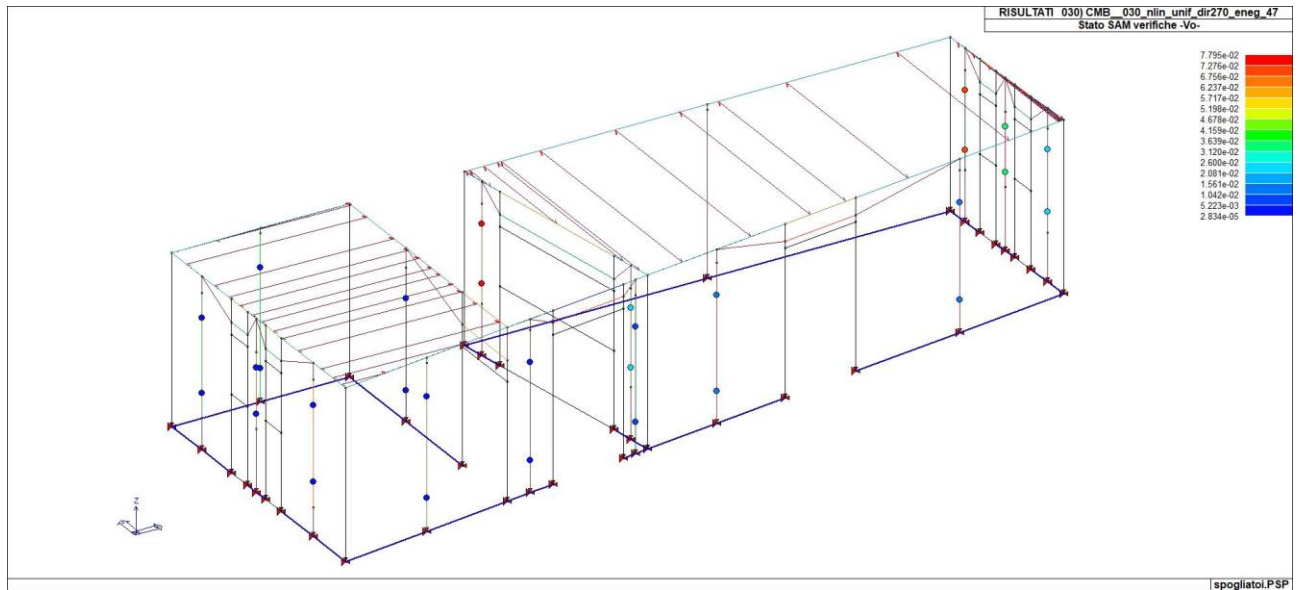












## 12 GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione. Al termine dell'analisi un controllo automatico identifica la presenza di spostamenti o rotazioni abnormi. Si può pertanto asserire che l'elaborazione sia corretta e completa. I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli che ne comprovano l'attendibilità. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali e adottati, anche in fase di primo proporzionamento della struttura. Inoltre, sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni. Si allega al termine della presente relazione elenco sintetico dei controlli svolti (verifiche di equilibrio tra reazioni vincolari e carichi applicati, comparazioni tra i risultati delle analisi e quelli di valutazioni semplificate, etc.).

Lucca, GG/MM/AAAA

Il Progettista