

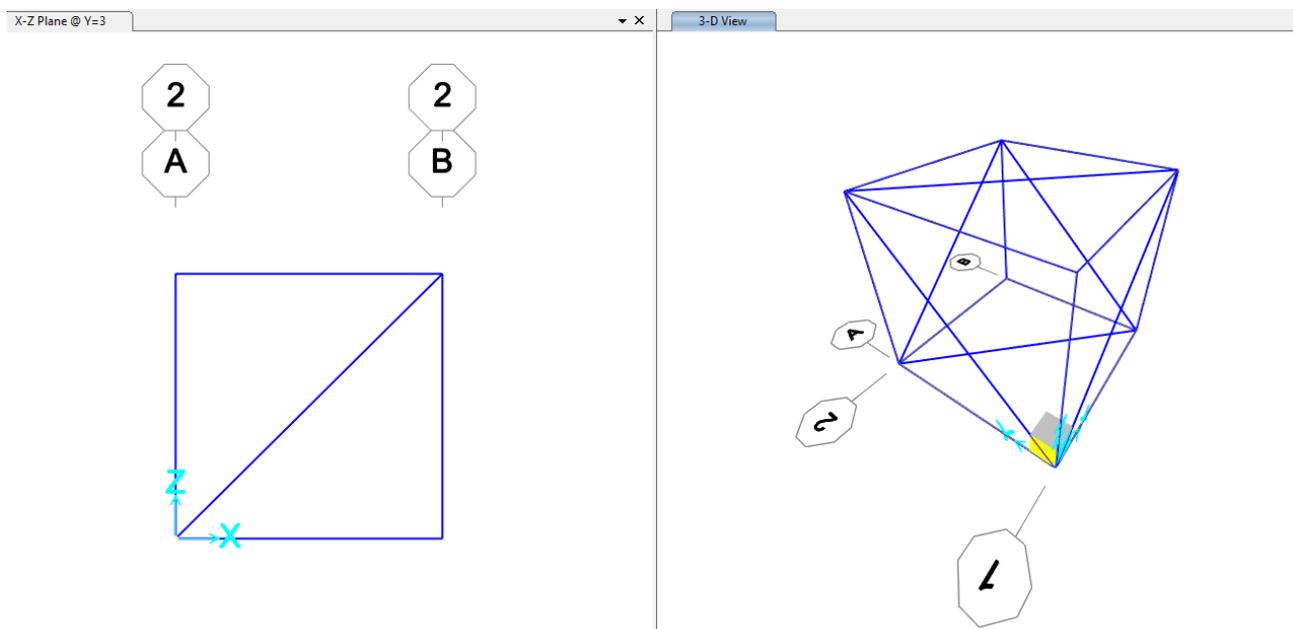
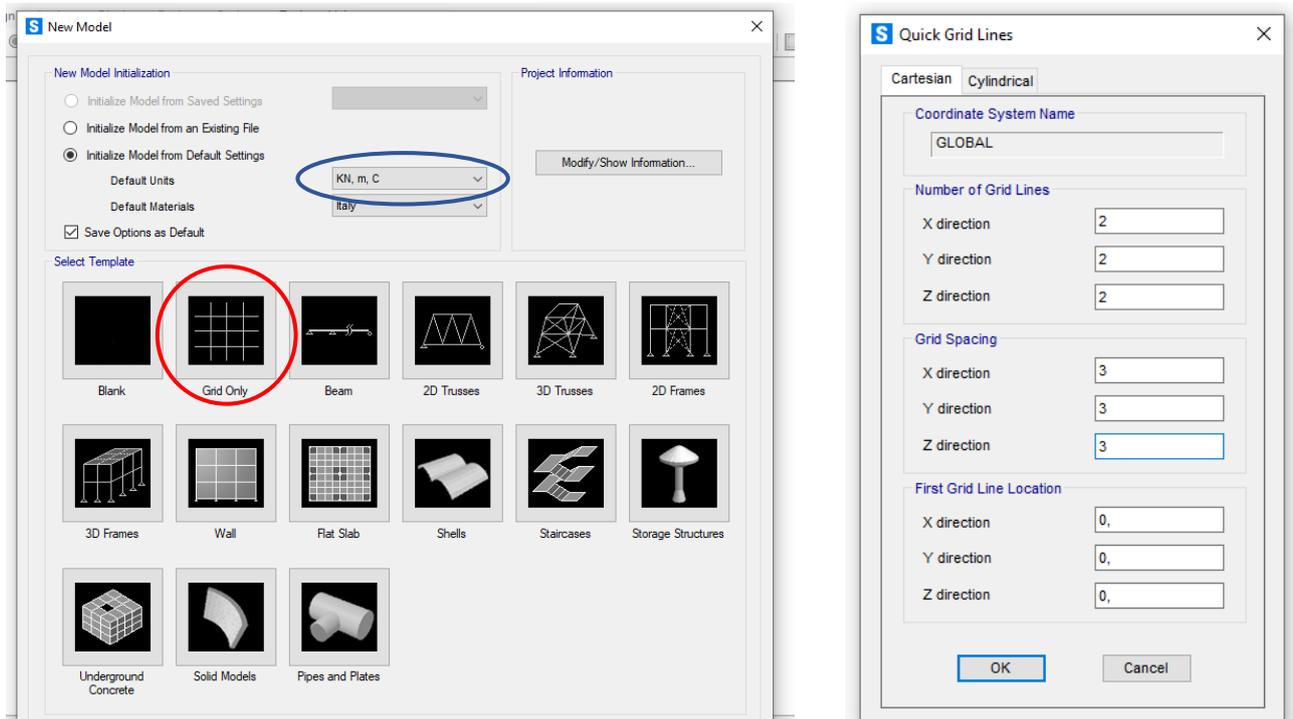
## ESERCITAZIONE 1

### Dimensionamento delle aste tese e compresse di una trave reticolare spaziale

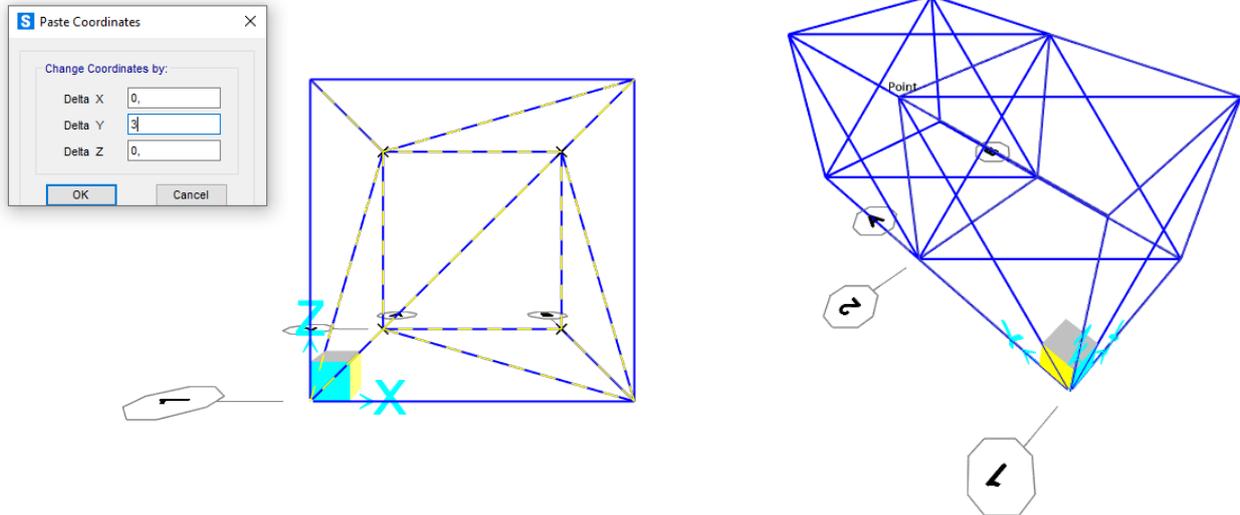
Rappresentiamo e studiamo una trave reticolare tramite SAP2000.

Per prima cosa dobbiamo disegnare un cubo controventato che rappresenta un modulo della nostra trave; per farlo possiamo sfruttare la griglia.

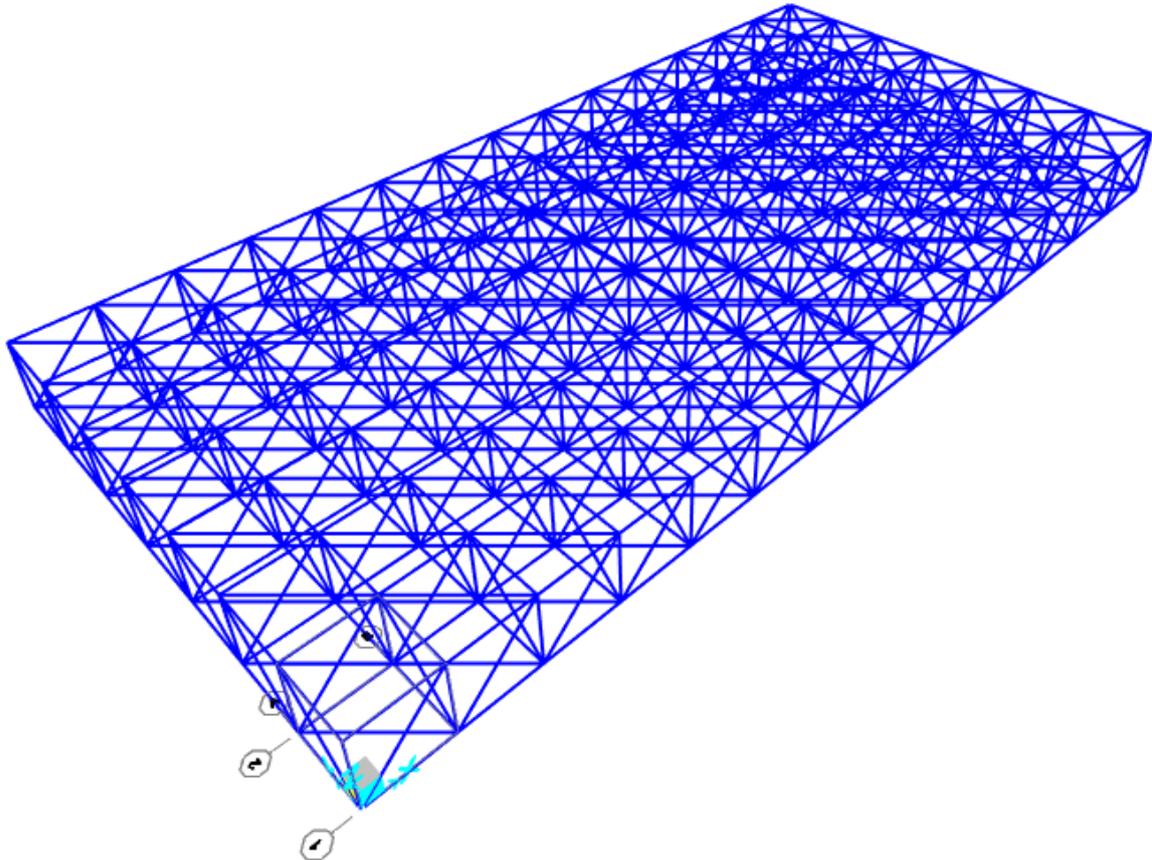
(NB: controllare che le unità di misura siano impostate su KN,m,C)



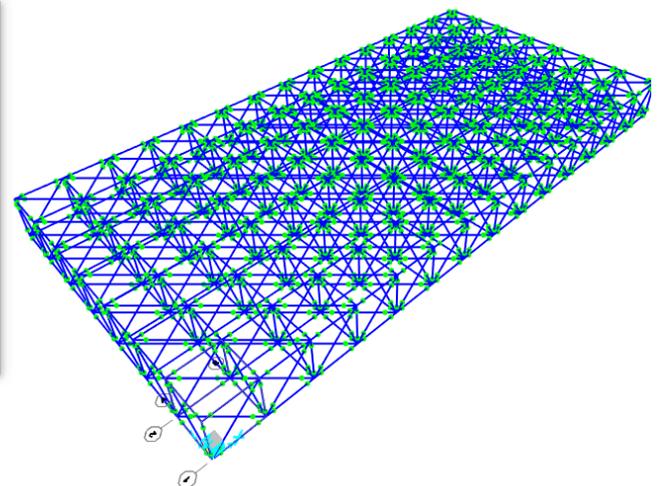
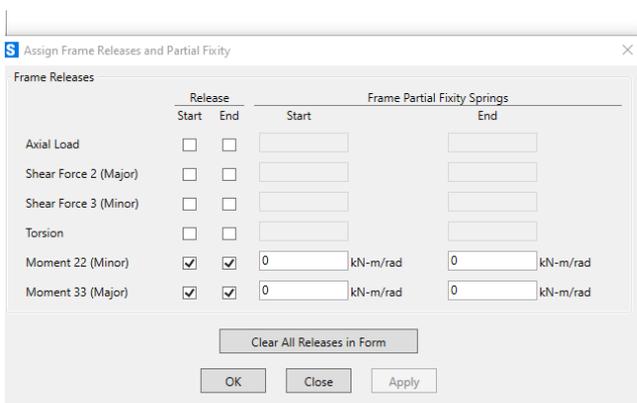
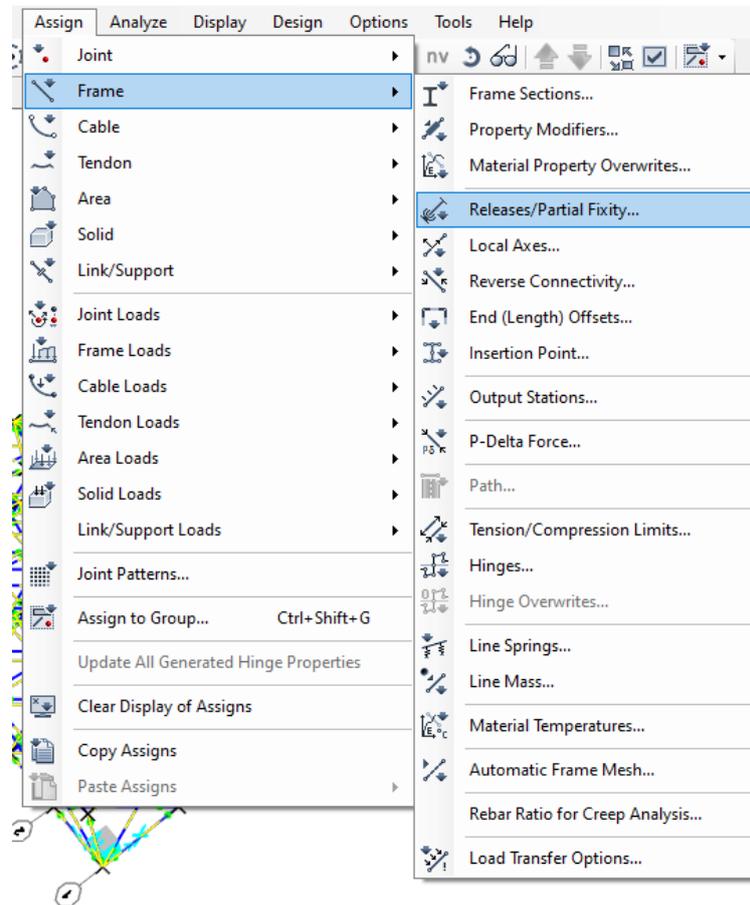
A partire da questo modulo possiamo copiare e incollare gli elementi lungo le direzioni X e Y fino ad ottenere la reticolare della forma e dimensioni desiderate: nel nostro caso avremo 14 moduli lungo l'asse X (per un totale di 42 m di lunghezza) e 7 moduli lungo Y (21 m).



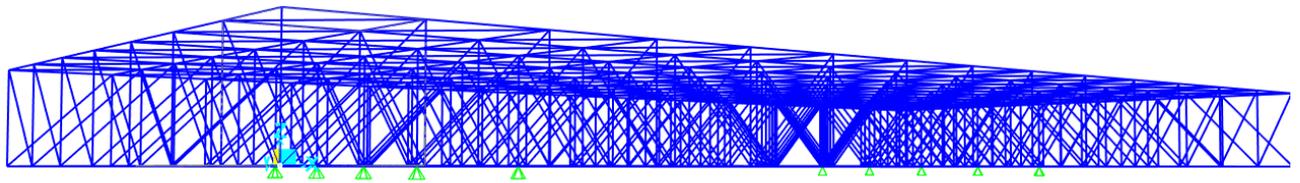
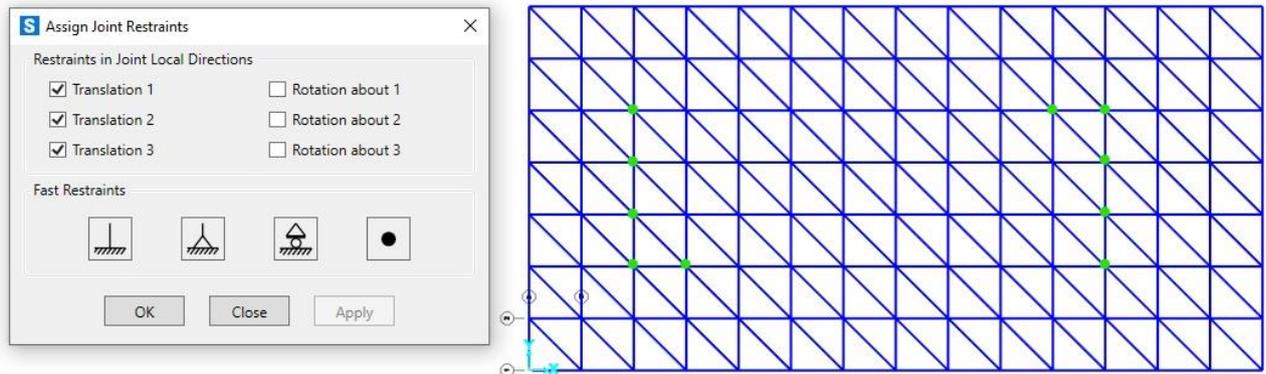
(NB: non ho selezionato le aste sul piano XZ altrimenti copiando lungo la direzione Y avrei creato delle sovrapposizioni di elementi)



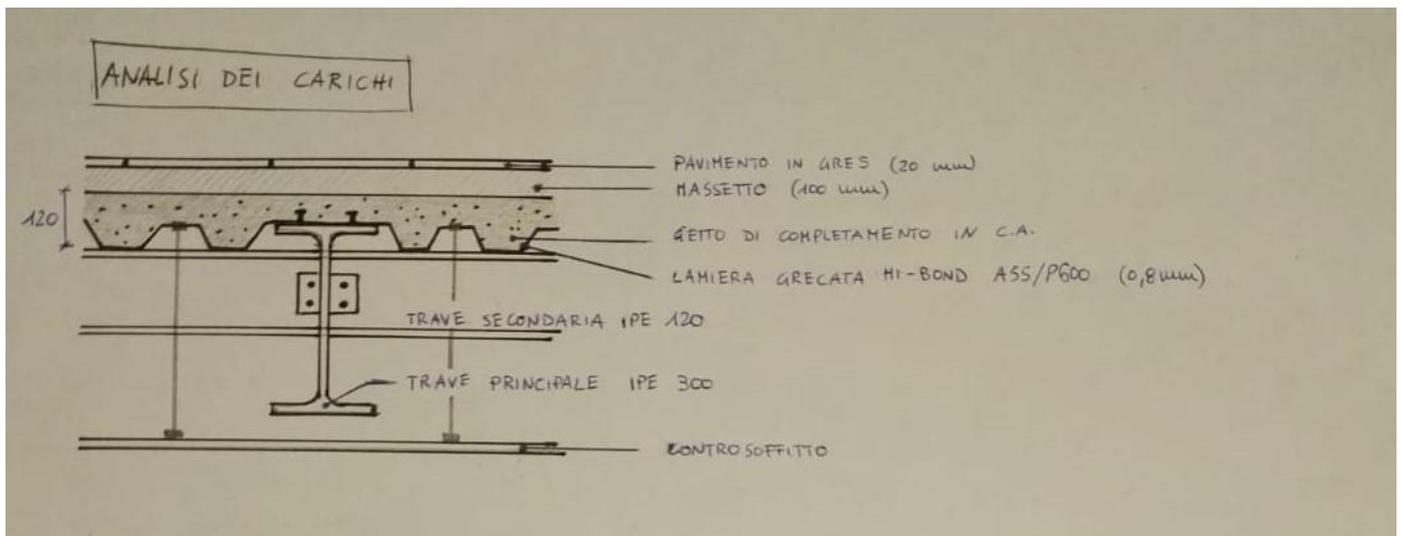
Dopo aver assegnato a tutti gli elementi un'ipotetica sezione (circolare cava "pipe") che andremo poi a cambiare dopo il dimensionamento, impostiamo i rilasci dei momenti in modo da creare delle cerniere interne sui nodi della trave affinché questi non trasmettano il momento, in quanto una trave reticolare è soggetta solamente a sforzo normale.



Vincoliamo la struttura assegnando dei vincoli cerniera.



A questo punto dobbiamo definire i carichi che graveranno sulla nostra struttura:



• Carico permanente strutturale ( $G_{k1}$ ):

- lamiera grecata :  $0,11 \frac{KN}{m^2}$  (da catalogo)
  - soletta :  $25 \frac{KN}{m^3} \cdot (0,065 + \frac{4055}{2}) m = 2,32 \frac{KN}{m^2}$
- }  $\rightarrow G_{k1} = (2,32 + 0,11) \frac{KN}{m^2} = 2,43 \frac{KN}{m^2}$

• Carico permanente non strutturale ( $G_{k2}$ ):

- pavimento ( $q_{ps}$ ) :  $0,40 \frac{KN}{m^2}$
  - massetto :  $20 \frac{KN}{m^3} \cdot 0,1 m = 2 \frac{KN}{m^2}$
  - incidenza impianti :  $0,1 \frac{KN}{m^2}$
  - controsoffitto :  $0,06 \frac{KN}{m^2}$
  - incidenza tramezzi :  $1,60 \frac{KN}{m^2}$
- }  $\rightarrow G_{k2} = (0,4 + 2 + 0,1 + 0,06 + 1,60) \frac{KN}{m^2} = 4,16 \frac{KN}{m^2}$

• Carico variabile ( $Q_k$ ):

NTC 2018 : Cat. B - Uffici  $3 \frac{KN}{m^2}$

$$q_{SLU} = (1,3 \cdot 2,43 + 1,5 + 4,16 + 1,5 \cdot 3) \frac{KN}{m^2} \approx 14 \frac{KN}{m^2}$$

Dato il carico  $q_{SLU} = 14 \text{ KN/m}^2$ , moltiplicandolo per l'area di influenza del nodo e per il numero di piani del nostro edificio, stimiamo che sui nodi centrali agirà una forza pari a 500 KN, su quelli laterali sarà circa la metà, 250 KN, e sugli spigoli 125 KN.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1		L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	Area	q <sub>s</sub>	q <sub>p</sub>	q <sub>a</sub>	q <sub>solaio</sub>	n <sub>piani</sub>	N
2		m	m	m <sup>2</sup>	kN/mq	kN/mq	kN/mq	kN		kN
3	nodi centrali	3,00	3,00	9,00	2,43	4,16	3,00	125,09	4	500
4	nodi perimetrali	1,50	3,00	4,50	2,43	4,16	3,00	62,55	4	250
5	nodi angolari	1,50	1,50	2,25	2,43	4,16	3,00	31,27	4	125

Applichiamo i carichi al modello di SAP.

### Define Load Patterns

Load Pattern Name	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load Pattern
q	Dead	0	
DEAD	Dead	1	
q	Dead	0	

Click To:

- Add New Load Pattern
- Add Copy of Load Pattern
- Modify Load Pattern
- Modify Lateral Load Pattern...
- Delete Load Pattern
- Show Load Pattern Notes...

OK Cancel

### Assign Joint Forces

General

Load Pattern: q

Coordinate System: GLOBAL

Forces

Force Global X: 0 kN

Force Global Y: 0 kN

Force Global Z: -125 kN

Moment about Global X: 0 kN-m

Moment about Global Y: 0 kN-m

Moment about Global Z: 0 kN-m

Options

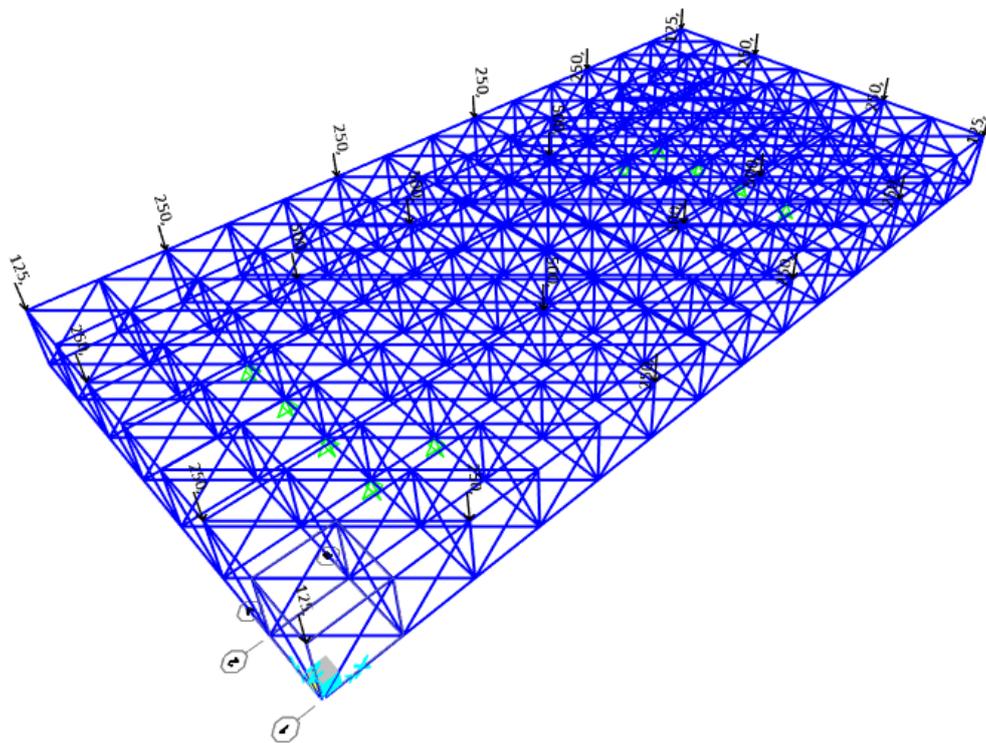
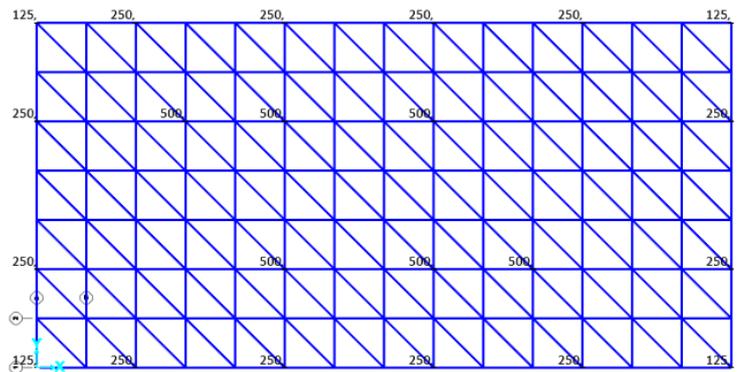
Add to Existing Loads

Replace Existing Loads

Delete Existing Loads

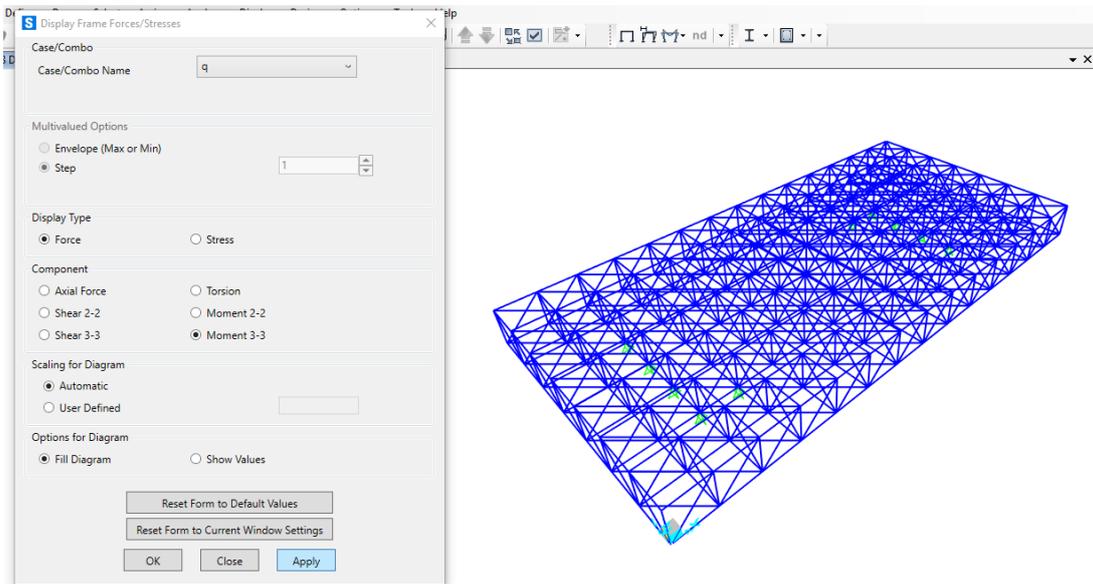
Reset Form to Default Values

OK Close Apply

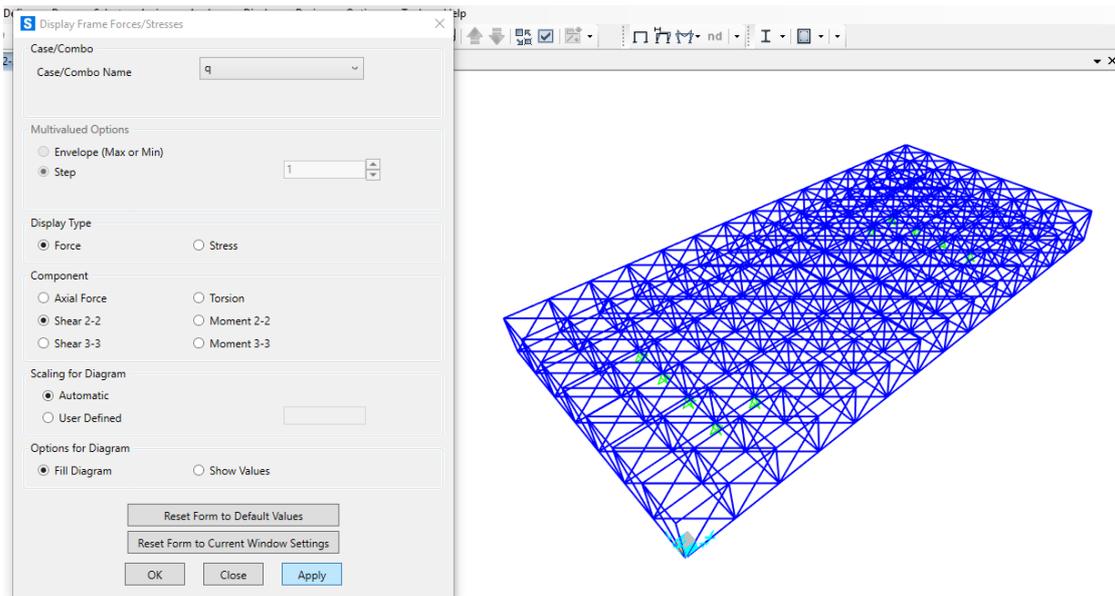


A questo punto possiamo lanciare l'analisi e verificare che:

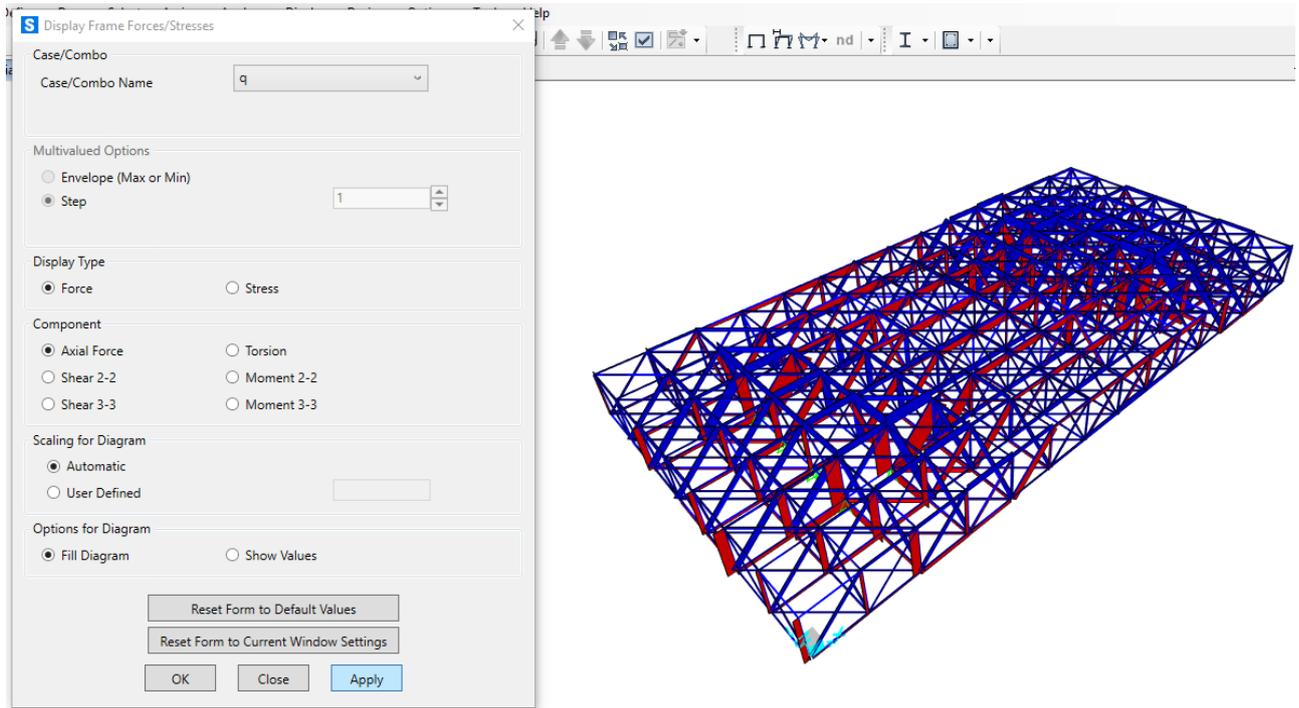
il momento sulle aste sia nullo



e di conseguenza anche il taglio.



L'unico contributo che avremo sarà lo sforzo assiale.



Passiamo al pre-dimensionamento.

Una volta effettuata l'analisi possiamo esportare la tabella "Element forces – frames" su Excel. I dati ottenuti dovranno essere filtrati in modo da eliminare le informazioni superflue.

La tabella verrà poi ordinata in due grandi gruppi per le aste in trazione e quelle in compressione.

Per ogni gruppo vengono individuate 4 categorie a seconda dello sforzo normale (circa ogni 200 KN), in modo da ottenere 8 valori (4 per la compressione e 4 per la trazione) per dimensionare le aste.

Procediamo con i calcoli, dai quali otterremo l'area minima (+ l'inerzia minima nel caso delle aste compresse) con la quale possiamo andare a scegliere da sagomario la sezione con area maggiore a quella trovata.

Compressione:

TABLE: Element Forces - Frames				Calcolo dell'area minima da sforzo di							Calcolo dell'inerzia minima per sforzo di compressione (instabilità euleriana)					Ingegnierizzazione sezione e verifica			
Frame	Station	OutputCase	N	N	f <sub>yk</sub>	γ <sub>m0</sub>	f <sub>yd</sub>	A <sub>min</sub>	E	beta	I	Lam*	rho_min	I <sub>min</sub>	A <sub>design</sub>	I <sub>design</sub>	rho_min	I <sub>am</sub>	Profilo
				kN	N/mm <sup>2</sup>		N/mm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	Mpa		m		cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm		mm
C1	717	0	q	-852,824	235,00	1,05	223,81	38,10	210000,00	1,00	3,00	96,23	3,12	370	39,5	2247	7,54	39,79	219,1*5,9
C2	650	0	q	-591,64	235,00	1,05	223,81	26,43	210000,00	1,00	3,00	96,23	3,12	257	27,0	1564	7,61	39,42	219,1*4,0
C3	408	0	q	-395,31	235,00	1,05	223,81	17,66	210000,00	1,00	3,00	96,23	3,12	172	19,1	437	4,78	62,76	139,7*4,5
C4	854	0	q	-199,92	235,00	1,05	223,81	8,93	210000,00	1,00	4,24	96,23	4,41	174	12,5	192	3,92	108,23	114,3*4,0

Trazione:

Calcolo dell'area minima da sforzo normale di trazione										
TABLE: Element Forces - Frames				N	f <sub>yk</sub>	γ <sub>m</sub>	f <sub>d</sub>	A <sub>min</sub>	A <sub>design</sub>	Profilo (d*s)
Frame	Station	OutputCase	N	kN	Mpa		Mpa	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	mm
T1	809	0	q	199,963	235,00	1,05	223,81	8,93	9,65	88,9*3,2
T2	783	0	q	390,685	235,00	1,05	223,81	17,46	19,10	139,7*4,5
T3	680	0	q	573,82	235,00	1,05	223,81	25,64	25,70	168,3*5,0
T4	720	0	q	700,197	235,00	1,05	223,81	31,29	33,60	219,1*5,0

Per verificare la scelta dei profili dobbiamo andare a cambiare sul modello in SAP la sezione assegnata inizialmente in modo arbitrario con quella dei profili scelti e riavviare di nuovo l'analisi aggiungendo al carico già definito ( $Q_{SLU}$ ) anche il peso proprio (PP).

Infine effettuiamo la verifica di abbassamento.

In questo caso la combinazione da utilizzare per la definizione del carico sarà:

$$q_{SLE} = (1 \times 2.43 + 0.7 \times 4.16 + 0.7 \times 3) \text{ KN/m}^2 = 7.4 \text{ KN/m}^2$$

Come prima andiamo a definire le forze che agiscono sui nodi caricati (moltiplicando il  $q_{SLE}$  per il numero dei piani e l'area di influenza del nodo interessato), ottenendo dunque: 266.4 KN per i nodi centrali, 133.2 KN per i nodi perimetrali e 66.6 KN per quelli angolari.

Una volta assegnati tali valori al modello di SAP, andiamo a creare una nuova combinazione (PP +  $Q_{SLE}$ ) e facciamo partire nuovamente l'analisi.

Dobbiamo verificare che l'abbassamento del nodo che ha subito lo spostamento massimo sia inferiore a  $L/200$ .

	A	B	C	D	E	F
1	<b>TABLE: Joint Displacements</b>					
2	<b>Joint</b>	<b>OutputCase</b>	<b>CaseType</b>	<b>U1</b>	<b>U2</b>	<b>U3</b>
3	131	COMB2	Combination	0,002637	-0,000307	-0,035675

Nel mio caso  $L = 27$  m, quindi  $27/200 = 0.135$  m. La verifica è quindi soddisfatta.