

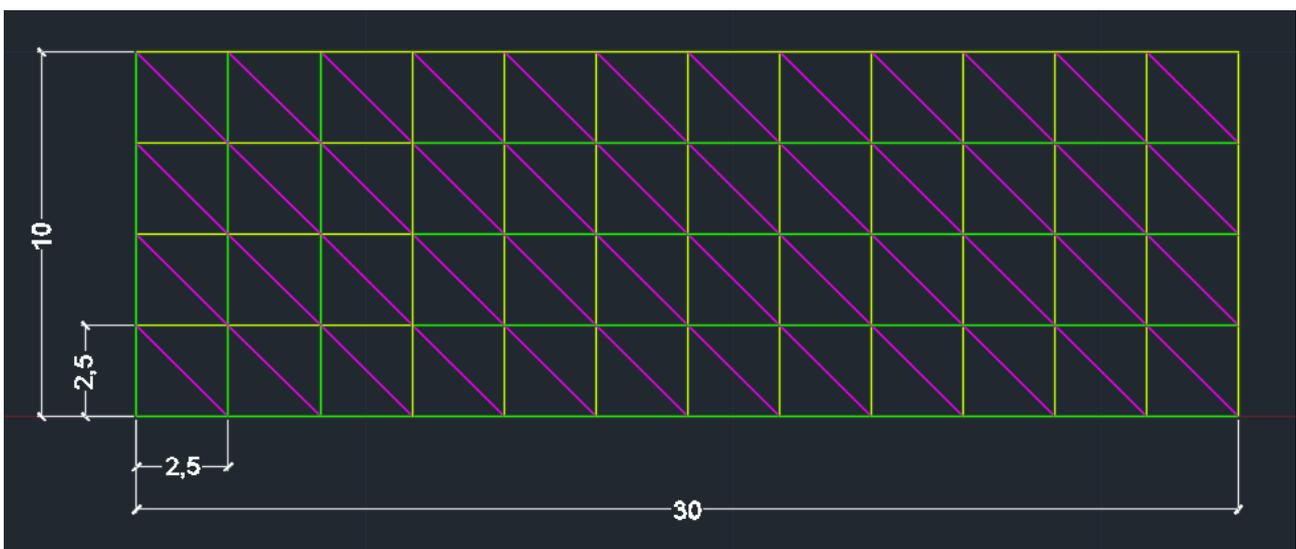
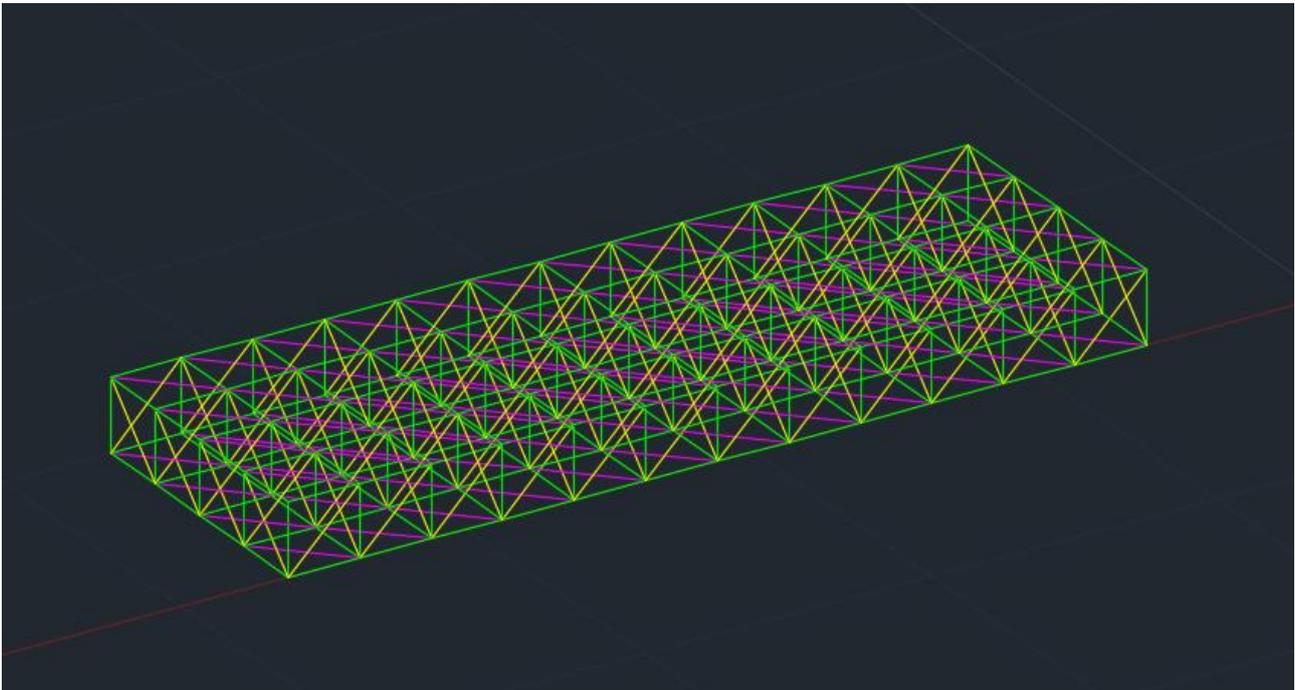
## Laboratorio di progettazione strutturale 1M – Prof. Ginevra Salerno

Studente: Luca Santilli

### Esercitazione 1

Disegno la pianta tipo del mio caso di progetto su AutoCAD tramite un modulo 2,5x2,5x2,5 che si ripete 4 volte lungo l'asse x e 12 lungo l'asse y, ottenendo così una travatura reticolare 10mx30mx2,5m:

- Asse X: 10m
- Asse Y: 30m
- Asse z: 2,5m



Per quanto riguarda la distribuzione dimensiono Carico limite ultimo e Carico limite d'esercizio:

- **Carico Limite Ultimo**  $q_u = \gamma_s \cdot q_s + \gamma_p \cdot q_p + \gamma_a \cdot q_a$  dove  $\gamma_s = 1,3$   $\gamma_p = 1,5$   $\gamma_a = 1,5$
- **Carico Limite d'Esercizio**  $q_E = Y_s \cdot q_s + Y_p \cdot q_p + Y_a \cdot q_a$  dove  $Y_s, Y_p, Y_a = 1$

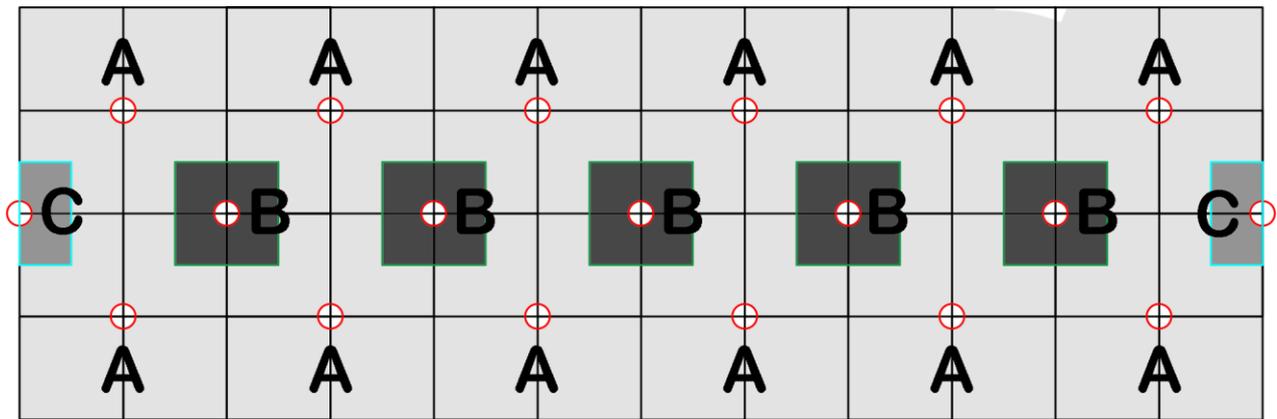
Quindi:

$$q_u = 10,1 \text{ KN/m}^2, \quad q_E = 5,5 \text{ KN/m}^2$$

A questo punto calcolo le **Aree di influenza nodali**.

Ho 3 tipi diversi di pilastri:

- A:  $A_i = 21,875 \text{ mq}$
- B:  $A_i = 6,25 \text{ mq}$
- C:  $A_i = 3,125 \text{ mq}$

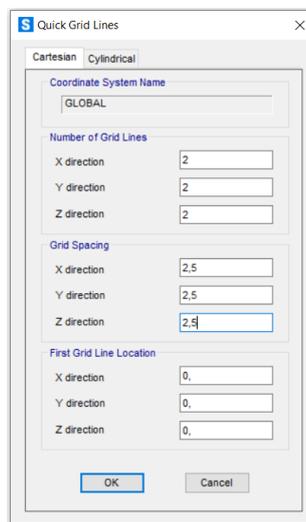
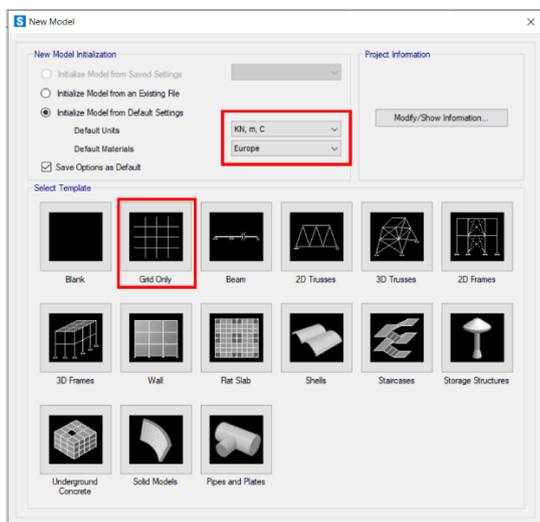


Per determinare il carico sui nodi si moltiplica  $q_u$  con  $A_i$  con  $N_p$  (numero piani, 3):

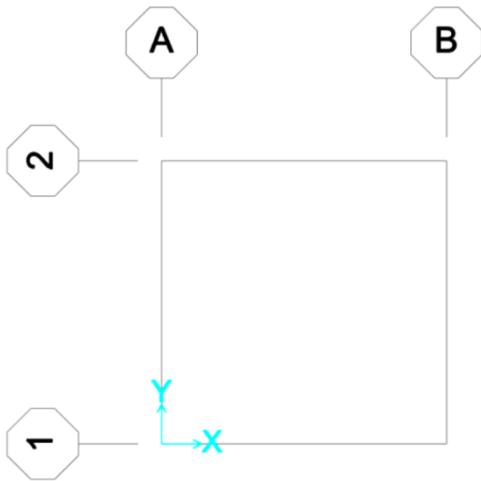
$$F_A = 662,8 \text{ KN}, \quad F_B = 189,3 \text{ KN}, \quad F_C = 94,6 \text{ KN}$$

Aprò il programma SAP2000:

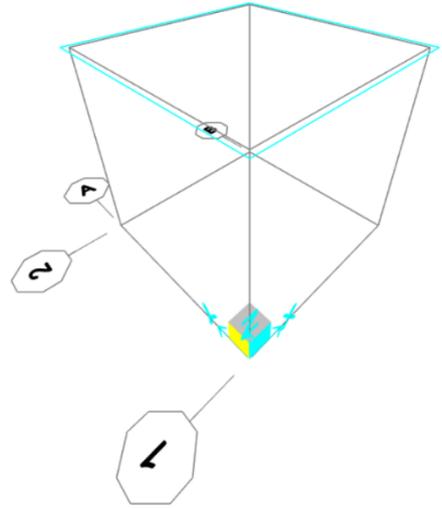
- creo un nuovo modello scegliendo il Template della griglia e facendo attenzione a scegliere come parametri KN,m,C
- imposto gli assi cartesiani x,y,z e i relativi valori numerici



Disegno il modulo di partenza della travatura reticolare spaziale di lato 2,5m.

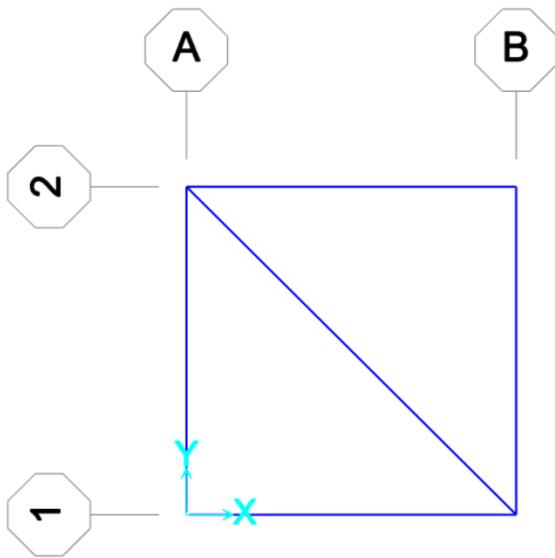


Vista piano x,y

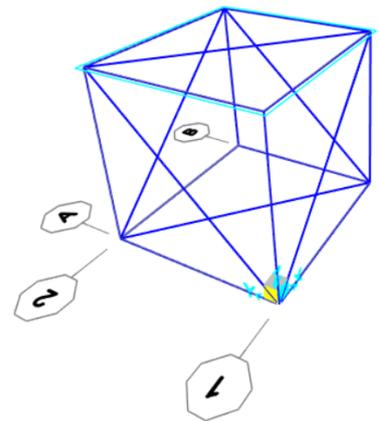


Vista 3D

Tutti i suoi nodi devono essere delle cerniere interne, ciò richiede che le facce del cubo abbiano un controventamento per evitare che siano labili. Con il comando *Draw Frame/Cable* disegna le aste.

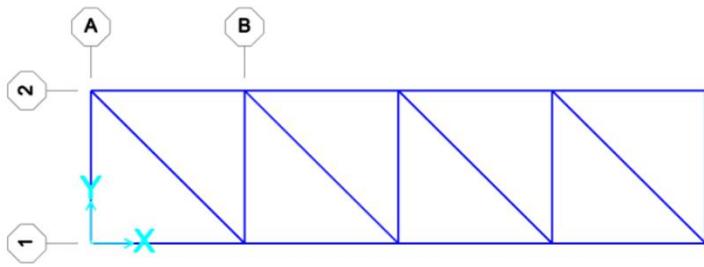


Vista piano x,y

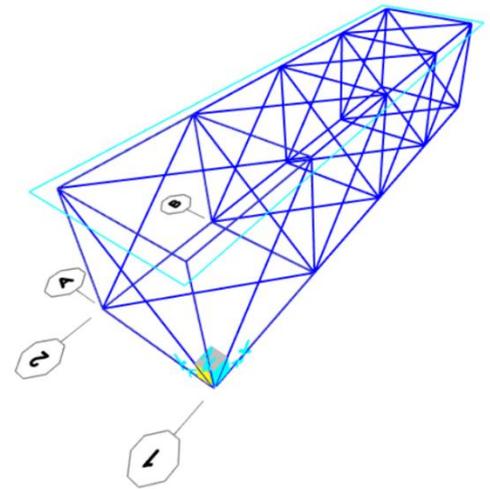


Vista 3D

Ripeto il modulo in direzione x per creare la prima fila della reticolare (facendo attenzione a non creare duplicati che andrebbero a falsare l'analisi).

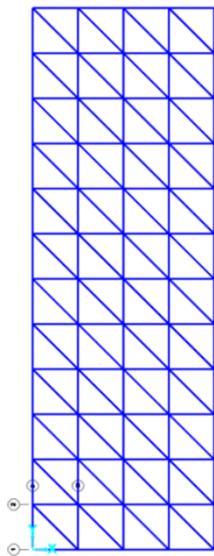


Vista piano x,y

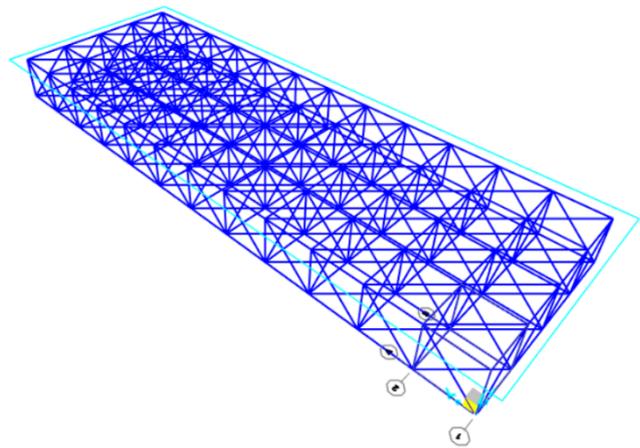


Vista 3D

Ripeto il procedimento in direzione y per creare la seconda fila della reticolare.



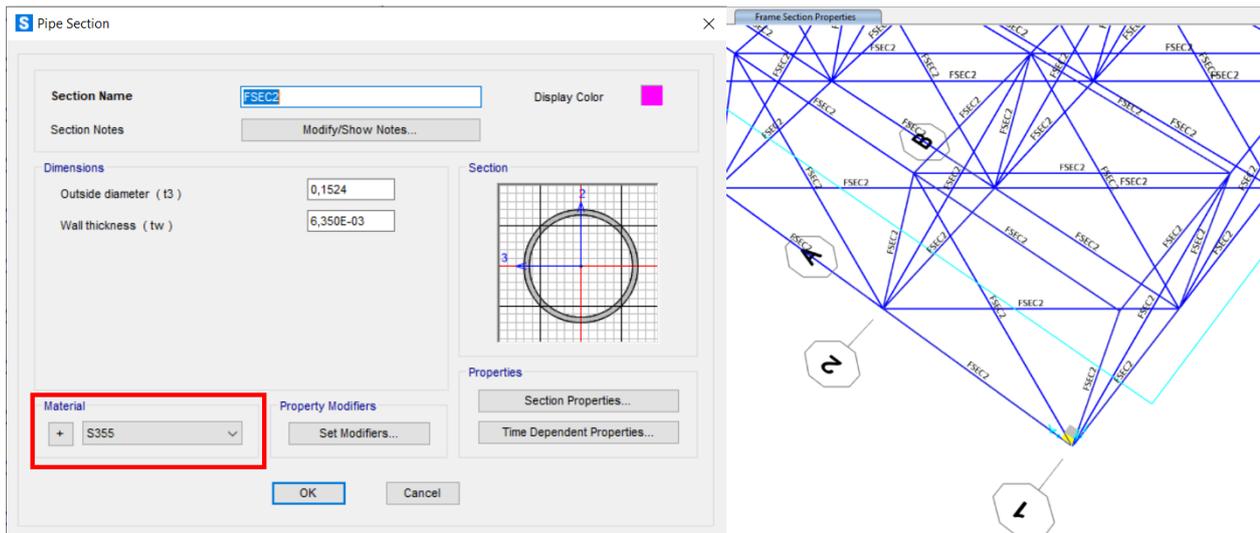
Vista piano x,y



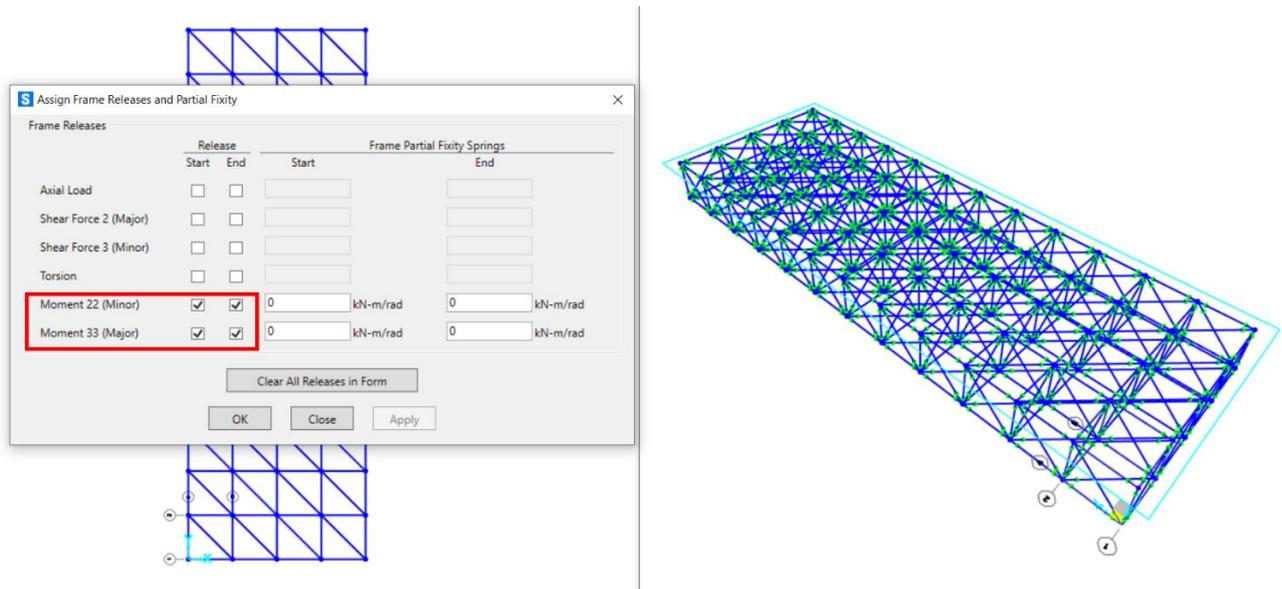
Vista 3D

La travatura è quindi 4x12 con moduli di 2,5m.

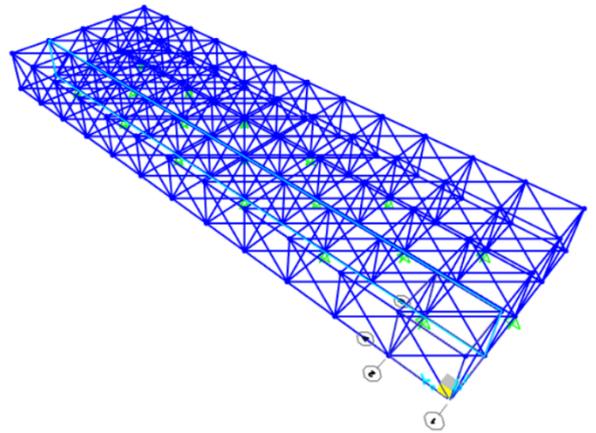
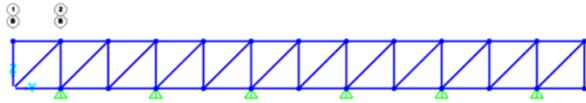
A questo punto si può definire la sezione: *Define – Section Properties – Frame Sections* scegliendo il materiale acciaio S355, assegnarla alla travatura: *Assign – Frame – Frame Sections* e selezionare la sezione precedentemente creata.



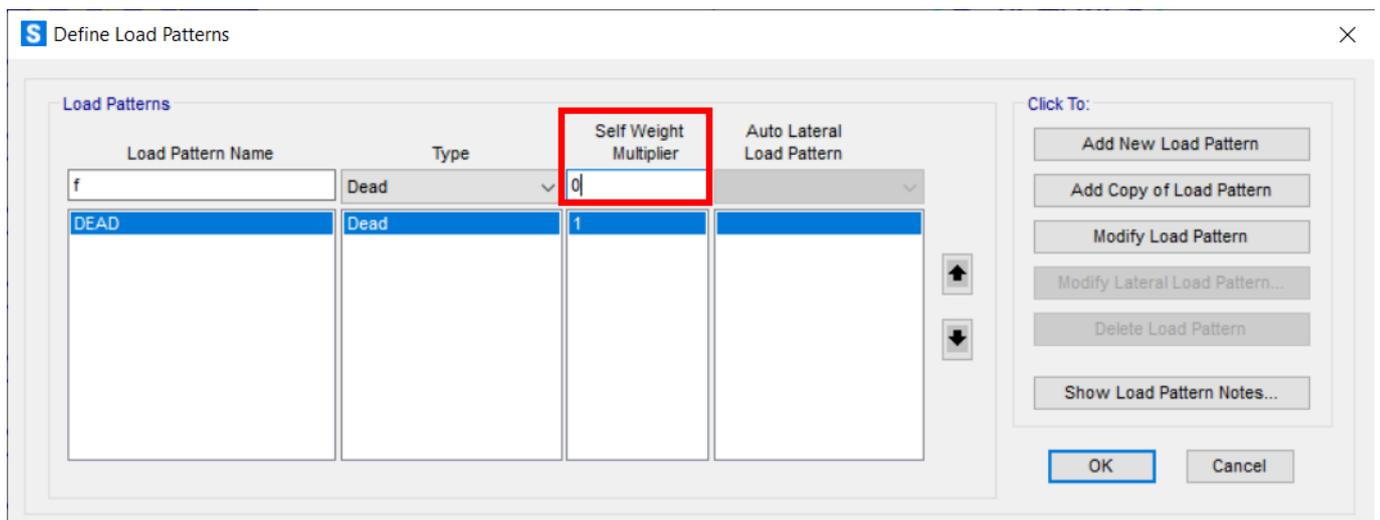
Ora imposto la condizione della travatura reticolare di cerniere interne ad ogni nodo, rilasciando i momenti da entrambi i lati (Start, End): *Assign – Frame – Releases/Partial Fixity*.



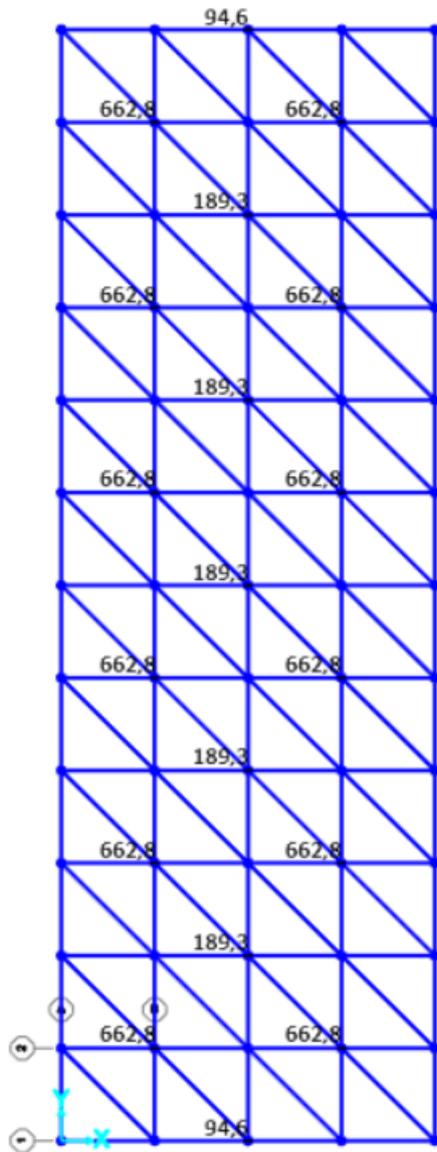
Selezione dei punti e vi applico il vincolo della cerniera tramite i comandi: *Assign – Joint – Restraints*.



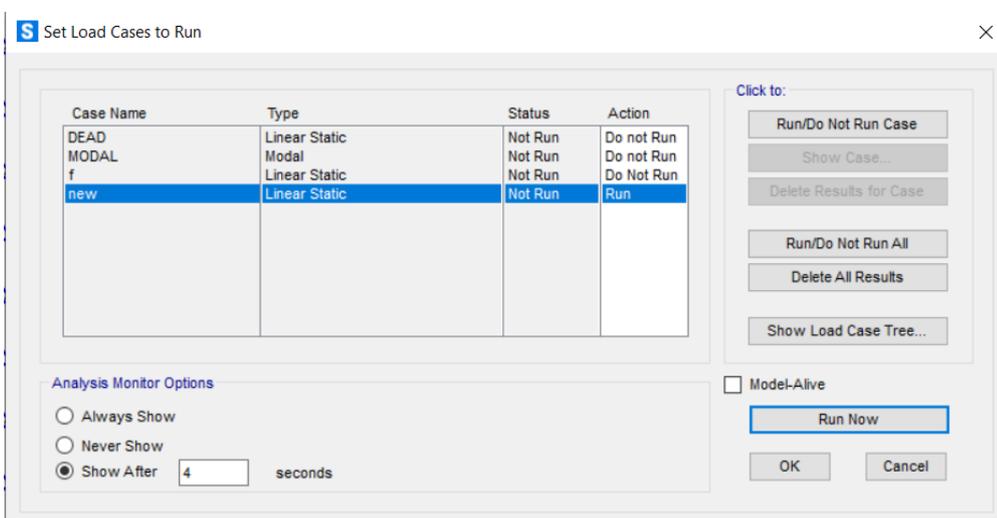
Si passa ad assegnare i carichi. Per ogni nodo si considera il peso per la sua area di influenza, quindi per quelli centrali si ha un valore completo e per quelli ai bordi se ne considera la metà. Definisco il caso di carico: *Define – Load Patterns* facendo attenzione a rendere il peso proprio (Self Weight Multiplier) uguale a 0.



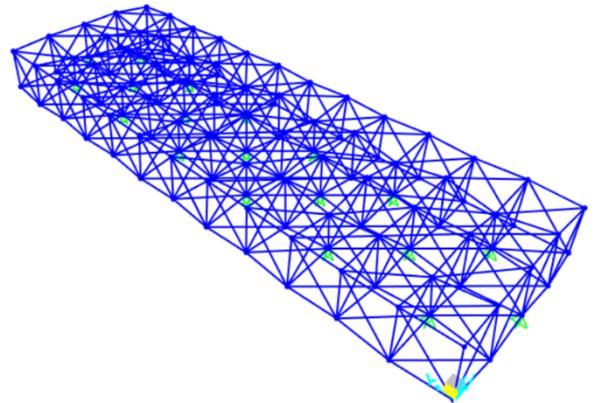
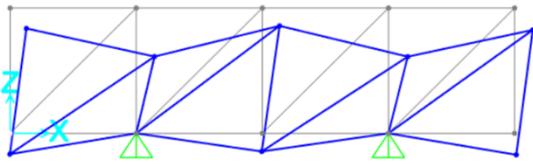
Seleziono la parte centrale superiore della travatura: *Assign – Joint Loads – Forces* e assegno il caso di carico appena creato "new", con i rispettivi valori precedentemente trovati (FA,FB,FC) agenti sull'asse z, ai rispettivi nodi.



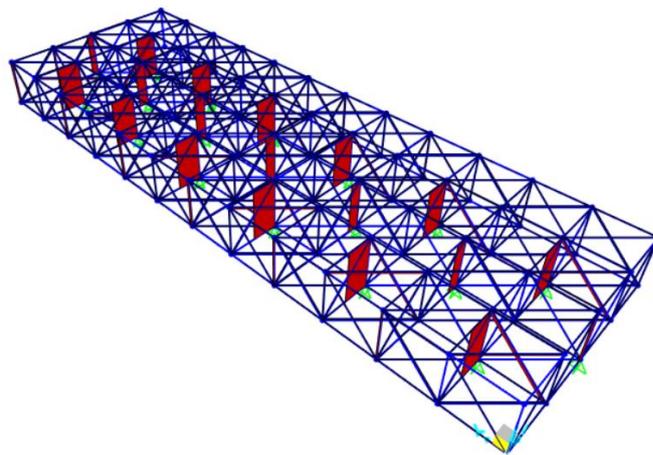
A questo punto, assegnati vincoli, carichi, rilasci e sezione il modello è completo e si può procedere all'analisi. Prima di avviarla (Run Now) disattivo il DEAD e l'analisi modale MODAL, mandando in analisi soltanto il caso d'interesse "new".



La struttura deformata:



Ora verifico che il momento e il taglio siano nulli, per avere soddisfatta la condizione della travatura reticolare ed avere solamente sforzo normale. *Show Forces/Stresses – Frames/Cables/Tendons.*



I diversi colori (rosso,blu) del diagramma indicano aste in trazione ed aste in compressione.

Per visualizzare le tabelle: *Display – Show Tables*, scelgo il solo caso di carico “new” con *Select Load Patterns* e spunto *ANALYSIS RESULTS*. Nella tabella che si apre scelgo *Elements Forces/Frames*, valori che saranno utilizzati per il successivo dimensionamento.



	A	B	C	D	E	F
1	Calcolo dell'area minima da sforzo normale di trazione					
2						
3	N	fyk	$\gamma_m$	$f_d$	A_min	A_design
4	kN	Mpa		Mpa	cm2	cm2
5						
6	17,79	235,00	1,05	223,81	0,80	2,54
7	35,40	235,00	1,05	223,81	1,58	2,54
8	53,70	235,00	1,05	223,81	2,40	2,54
9	71,54	235,00	1,05	223,81	3,20	2,81

Per quanto riguarda invece le aste in compressione si necessita di verifica di resistenza e di instabilità euleriana. Creo la relativa tabella Excel.

=G8*H8*100/N8															
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Calcolo dell'area minima da sforzo di compressione (resistenza materiale)					Calcolo dell'inerzia minima per sforzo di compressione (instabilità euleriana)						Ingegnerrizzazione sezione e verifica snellezza per una membratura principale (< 200)			
2	N	fyk	$\gamma_{m0}$	fyd	A_min	E	beta	I	Lam*	rho_min	I_min	A_design	I_design	rho_min	lam
3	kN	N/mm2		N/mm2	cm2	Mpa		m		cm	cm4	cm2	cm4	cm	
4															
5	-145,10	235,00	1,05	223,81	6,48	#####	1,00	2,50	96,23	2,60	44	6,7	45	2,59	96,53
6	-275,40	235,00	1,05	223,81	12,31	#####	1,00	2,50	96,23	2,60	83	12,5	192	3,92	63,78
7	-573,50	235,00	1,05	223,81	25,62	#####	1,00	2,50	96,23	2,60	173	25,7	856	5,78	43,25
8	-600,74	235,00	1,05	223,81	26,84	#####	1,00	2,50	96,23	2,60	181	27,0	1564	7,61	32,85



Profilati metallici  
Tubi in Acciaio a sezione circolare

0102



d x s mm	Peso kg/m	Sezione di passaggio cm²	Sezione metallica cm²	Momenti di inerzia Jx = Jy cm⁴	Moduli di resistenza Wx = Wy cm³	Raggi di inerzia ix = iy cm
33.7 x 2.6	2.010	6.380	2.540	3.090	1.840	1.100
33.7 x 2.9	2.220	6.110	2.810	3.360	1.990	1.090
33.7 x 3.2	2.420	5.850	3.070	3.600	2.140	1.080
42.4 x 2.6	2.570	10.90	3.250	6.490	3.050	1.410
42.4 x 2.9	2.840	10.50	3.600	7.090	3.330	1.400
42.4 x 3.2	3.110	10.20	3.940	7.620	3.590	1.390
48.3 x 2.6	2.950	14.60	3.730	9.780	4.050	1.620
48.3 x 2.9	3.270	14.20	4.140	10.70	4.430	1.610
48.3 x 3.2	3.590	13.80	4.530	11.60	4.800	1.600
60.3 x 2.9	4.140	23.30	5.230	21.60	7.160	2.030
60.3 x 3.2	4.540	22.80	5.740	23.50	7.780	2.020
60.3 x 3.6	5.070	22.10	6.410	25.90	8.580	2.010
76.1 x 2.6	4.750	39.50	6.000	40.80	10.70	2.600
76.1 x 2.9	5.280	38.80	6.670	44.70	11.80	2.590
76.1 x 3.2	5.800	38.20	7.330	48.80	12.80	2.580
76.1 x 3.6	6.490	37.30	8.200	54.00	14.20	2.570
88.9 x 2.6	5.570	55.00	7.050	65.70	14.80	3.050
88.9 x 3.2	6.810	53.50	8.620	79.20	17.80	3.030
88.9 x 3.6	7.630	52.40	9.650	87.90	19.80	3.020
88.9 x 4.0	8.430	51.40	10.70	96.30	21.70	3.000
114.3 x 3.6	9.900	90.10	12.50	192.0	33.60	3.920
114.3 x 4.0	11.00	88.70	13.90	211.0	36.90	3.900
114.3 x 4.5	12.10	87.10	15.50	234.0	41.00	3.890
139.7 x 2.9	9.860	141.0	12.50	292.0	41.80	4.840
139.7 x 3.6	12.20	138.0	15.40	357.0	51.10	4.810
139.7 x 4.0	13.50	136.0	17.10	393.0	56.20	4.800
139.7 x 4.5	14.90	134.0	19.10	437.0	62.60	4.780
168.3 x 3.2	13.10	206.0	16.60	566.0	67.20	5.840
168.3 x 4.0	16.30	202.0	20.60	697.0	82.80	5.810
168.3 x 4.5	18.10	199.0	23.20	777.0	92.40	5.790
168.3 x 5.0	20.10	197.0	25.70	856.0	102.0	5.780
219.1 x 4.0	21.40	350.0	27.00	1.564	143.0	7.610
219.1 x 5.0	26.40	343.0	33.60	1.928	176.0	7.570
219.1 x 5.9	31.00	338.0	39.50	2.247	205.0	7.540
273.0 x 4.0	26.70	552.0	33.80	3.058	224.0	9.510
273.0 x 5.6	36.80	538.0	47.00	4.206	308.0	9.460
273.0 x 6.3	41.60	533.0	52.80	4.696	344.0	9.430
323.9 x 4.0	31.80	784.0	40.20	5.144	318.0	11.30
323.9 x 5.9	46.20	765.0	58.90	7.453	460.0	11.20
323.9 x 7.1	55.60	753.0	70.70	8.869	548.0	11.20
355.6 x 5.0	43.20	938.0	55.10	8.464	476.0	12.40
355.6 x 6.3	54.50	924.0	69.10	10.547	593.0	12.40
355.6 x 8.0	68.30	906.0	87.40	13.201	742.0	12.30
406.4 x 5.0	49.50	1.234	63.10	12.704	625.0	14.20
406.4 x 6.3	62.40	1.218	79.20	15.849	780.0	14.10
406.4 x 7.1	70.10	1.208	89.10	17.756	874.0	14.10
457.2 x 5.6	62.10	1.562	79.50	20.312	889.0	16.00
457.2 x 6.3	70.30	1.552	89.20	22.684	992.0	15.90
457.2 x 8.0	88.20	1.529	113.0	28.484	1.246	15.90

A questo punto devo tornare su SAP assegnando un caso ai frame di un profilato medio scelto tra quelli analizzati, tesi e compressi. Stavolta, però, l'obiettivo è quello di ricavare il peso proprio della struttura. Quindi il Pattern da scegliere è DEAD. Ora conosco le reazioni vincolari e il peso della struttura.

	A	B	C	D	E	F
1	<b>TABLE: Joint Reactions</b>					
2	<b>Joint</b>	<b>OutputCase</b>	<b>CaseType</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>
3	Text	Text	Text	KN	KN	KN
4	8	DEAD	LinStatic	-6,104	0,289	32,582
5	33	DEAD	LinStatic	-1,209	0,28	17,581
6	38	DEAD	LinStatic	8,659	-2,851	26,977
7	48	DEAD	LinStatic	-0,735	-0,477	19,908
8	56	DEAD	LinStatic	-7,168	2,281	30,259
9	60	DEAD	LinStatic	9,025	-1,825	28,803
10	68	DEAD	LinStatic	-1,156	-0,357	19,965
11	76	DEAD	LinStatic	-7,531	2,176	29,738
12	80	DEAD	LinStatic	9,131	-1,907	29,405
13	88	DEAD	LinStatic	-1,357	-0,339	19,982
14	96	DEAD	LinStatic	-7,702	1,915	29,388
15	100	DEAD	LinStatic	9,169	-1,874	29,697
16	108	DEAD	LinStatic	-1,53	-0,3	19,981
17	116	DEAD	LinStatic	-7,956	1,313	28,729
18	120	DEAD	LinStatic	9,222	-1,609	30,213
19	128	DEAD	LinStatic	-1,986	0,246	20,054
20	136	DEAD	LinStatic	-9,187	1,94	27,446
21	140	DEAD	LinStatic	9,468	1,893	33,048
22	148	DEAD	LinStatic	-1,052	-0,795	16,767

PP = 936,077 KN

Con il peso proprio della struttura si può ricavare come esso si distribuisce sui nodi, con una costante  $\beta$ . Quindi:

$$\beta = \text{Peso Proprio} : \text{Area Piano} > 936,077 : 300 = 3,12 \text{ KN/m}^2$$

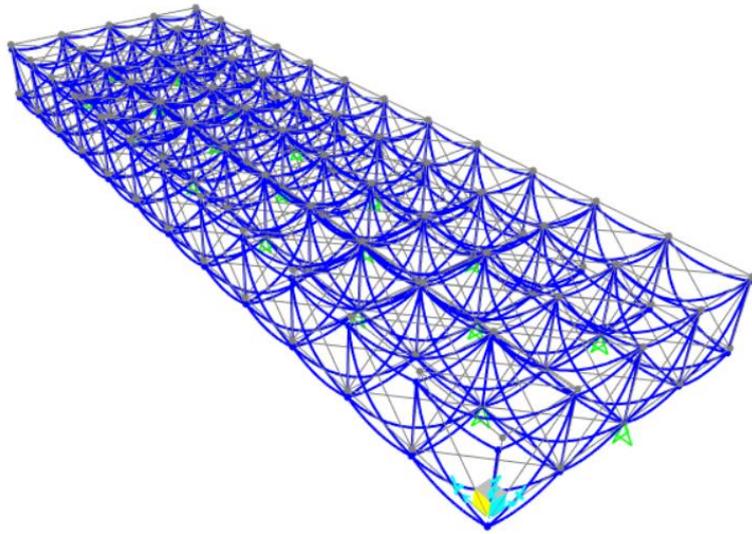
Ora definisco un carico che rappresenti allo stesso tempo il peso proprio della struttura e quello da me assegnato: *Define – Load Combinations – Add New Combo*.

The screenshot shows the 'Load Combination Data' dialog box in SAP. The 'Load Combination Name' is 'COMB1'. The 'Load Combination Type' is 'Linear Add'. Under 'Define Combination of Load Case Results', there are three entries:

Load Case Name	Load Case Type	Mode	Scale Factor
DEAD	Linear Static	1	1
DEAD	Linear Static	1	1
new	Linear Static	1	1

Buttons for 'Add', 'Modify', and 'Delete' are visible on the right side of the table. At the bottom, there are 'OK' and 'Cancel' buttons.

Rilancio l'analisi



Procedo ad esportare una nuova tabella su Excel che mostri la

### VERIFICA AGLI ABBASSAMENTI

| v1 |  $\_ < 1/200$  luce

	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	55	COMB1	Combination	0,000599	0,000669	-0,00168
105	145	COMB1	Combination	0,000384	0,000511	-0,000569
106	149	COMB1	Combination	0,000531	0,000504	-0,00056
107	138	COMB1	Combination	-0,000023	0,000025	-0,000545
108	137	COMB1	Combination	0,00057	0,00045	-0,000538
109	147	COMB1	Combination	0,000413	0,000319	-0,000487
110	146	COMB1	Combination	0,000138	0,000049	-0,000481
111	32	COMB1	Combination	0,000333	0,000564	-0,000416
112	10	COMB1	Combination	0,000376	0,000594	-0,000395
113	9	COMB1	Combination	0,000095	0,000193	-0,000392

Faccio una **Verifica allo Stato Limite di Esercizio**, e con essa riavvio l'analisi.