

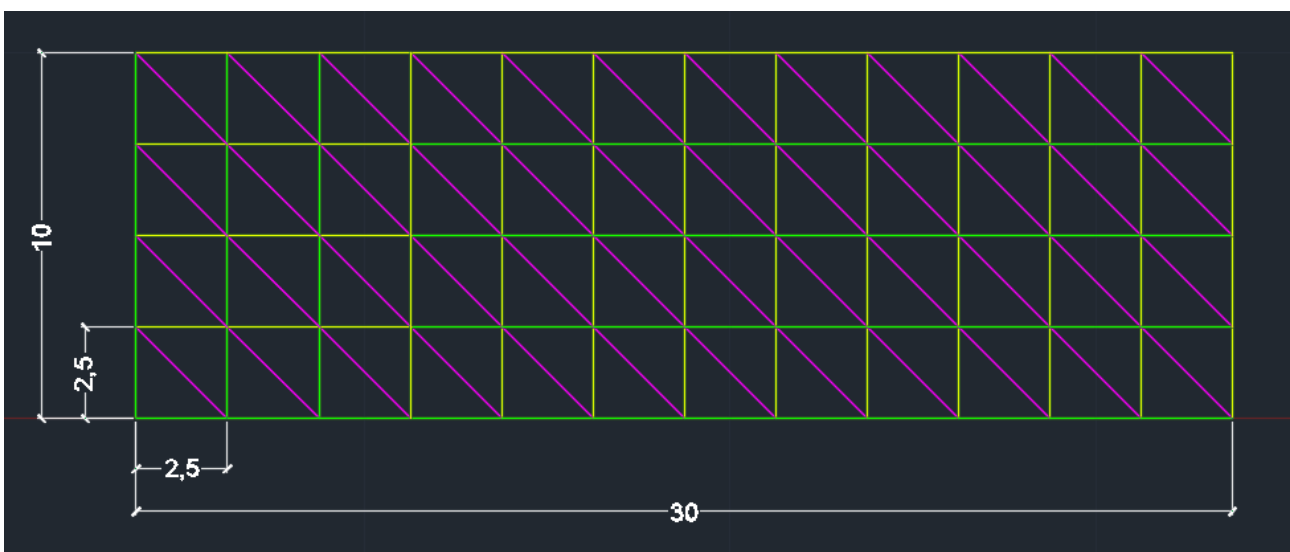
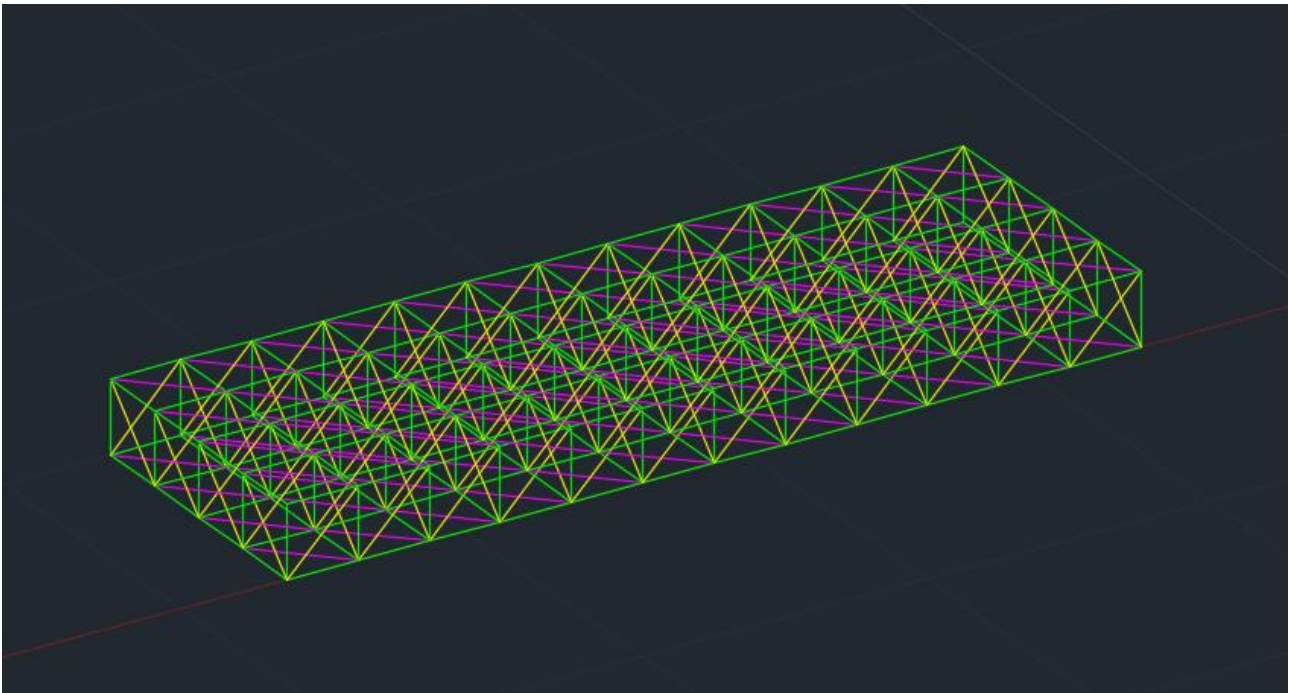
## Laboratorio di progettazione strutturale 1M – Prof. Ginevra Salerno

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  $Y_s, Y_p, Y_a = 1$

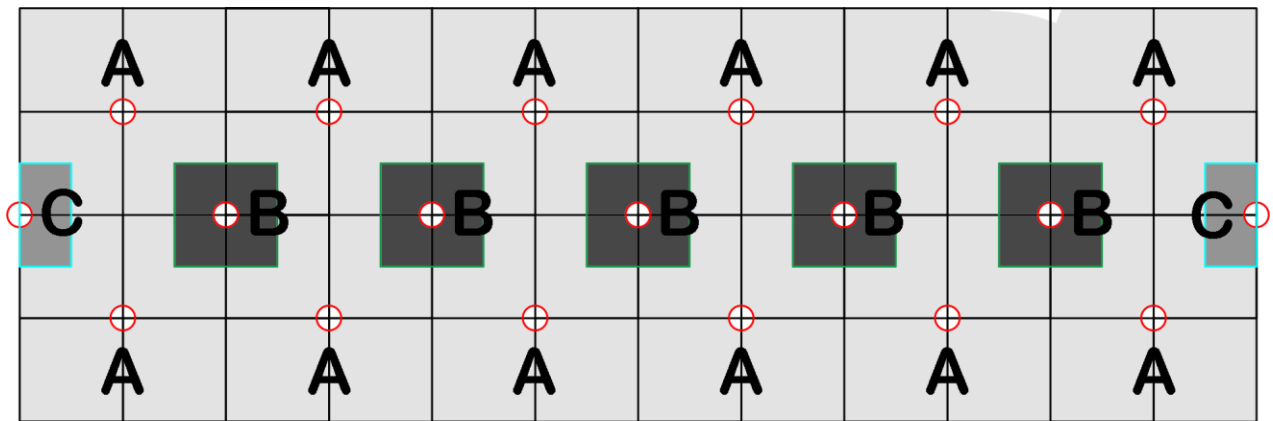
Quindi:

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

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:  $A_i = 3,125 \text{ mq}$

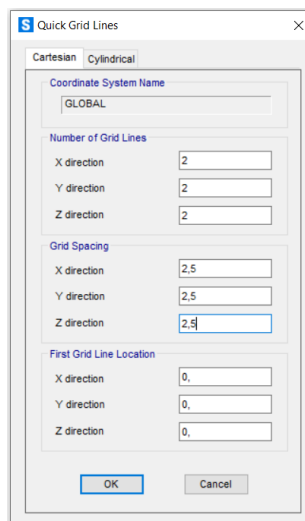
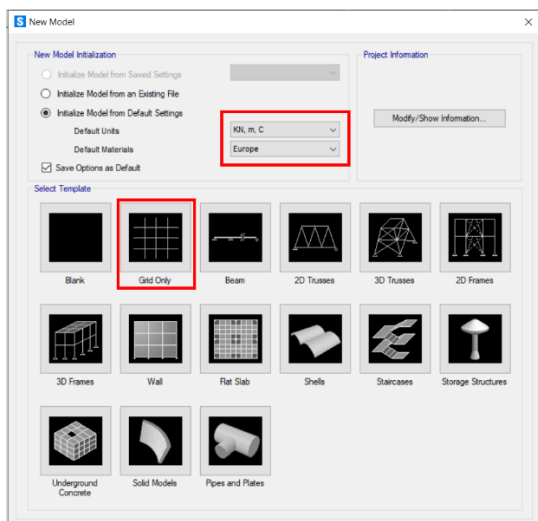


Per determinare il carico sui nodi si moltiplica  $q_u$  con  $A_i$  con  $N_p$  (numero piani, 3):

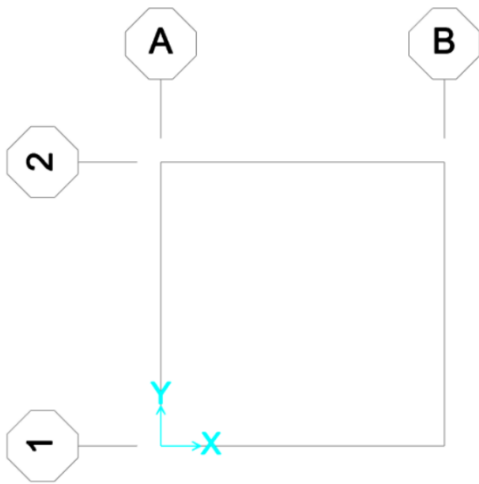
$$F_A = 662,8 \text{ KN}, \quad F_B = 189,3 \text{ KN}, \quad F_C = 94,6 \text{ KN}$$

Aprò il programma SAP2000:

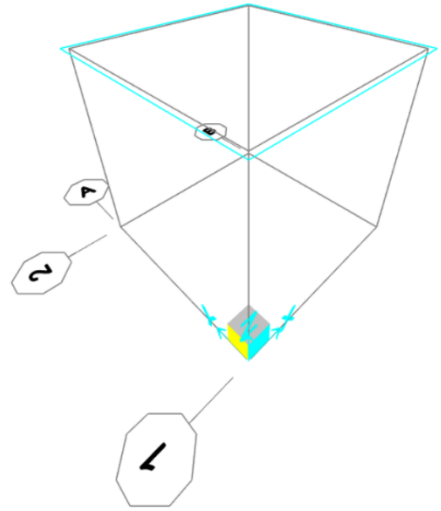
- creo un nuovo modello scegliendo il Template della griglia e facendo attenzione a scegliere come parametri KN,m,C
- imposto gli assi cartesiani x,y,z e i relativi valori numerici



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

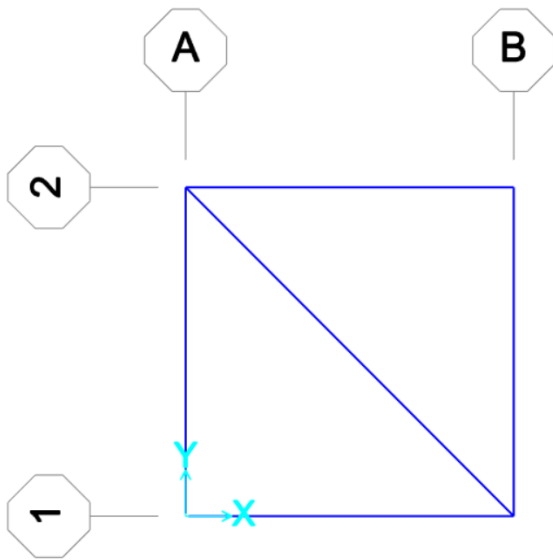


Vista piano x,y

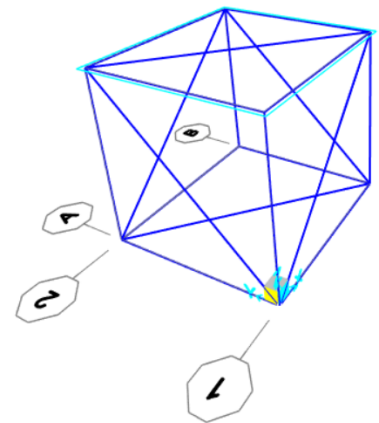


Vista 3D

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.

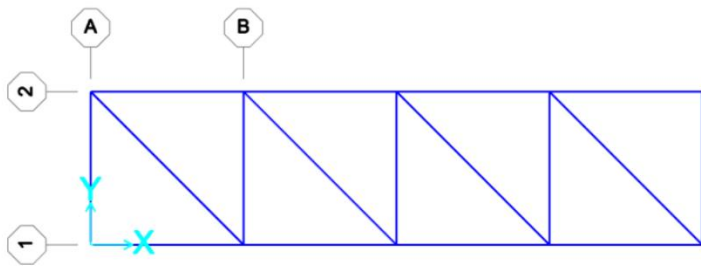


Vista piano x,y

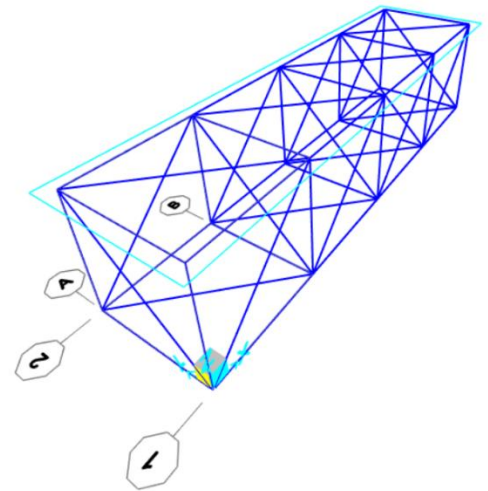


Vista 3D

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).

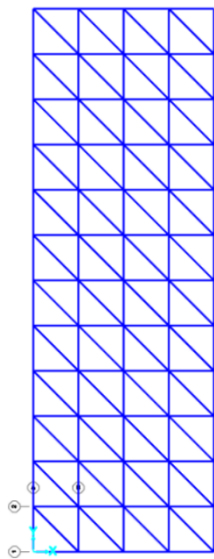


Vista piano x,y

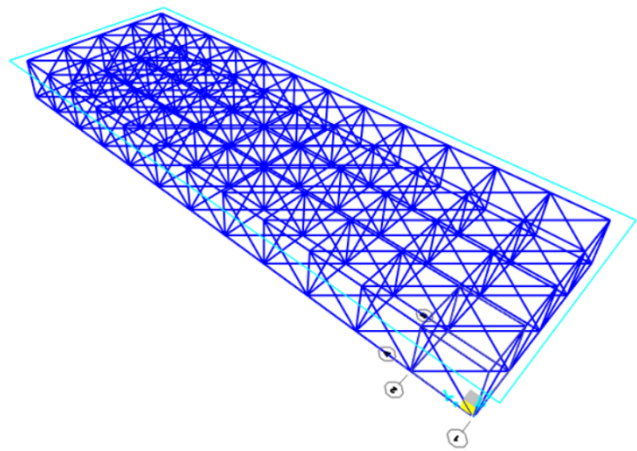


Vista 3D

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



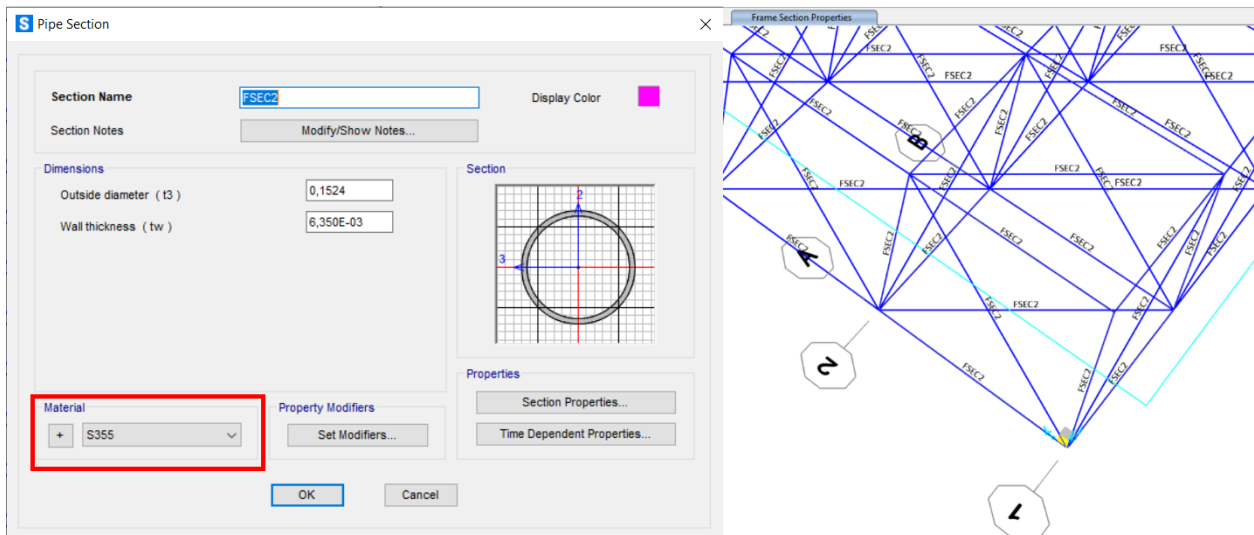
Vista piano x,y



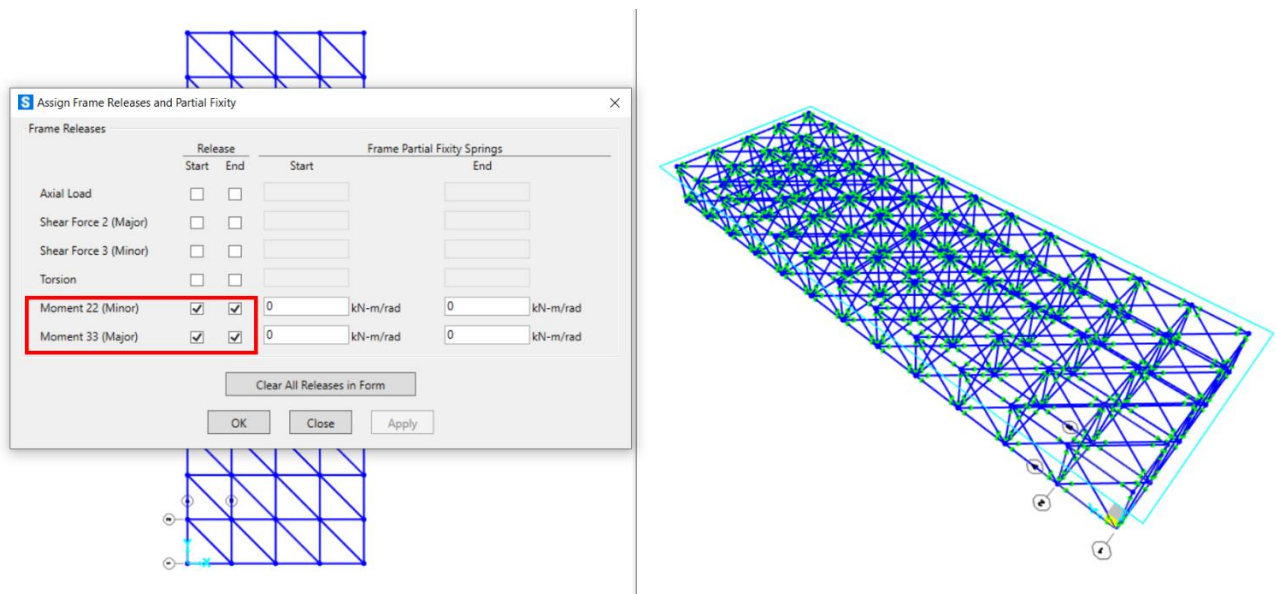
Vista 3D

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

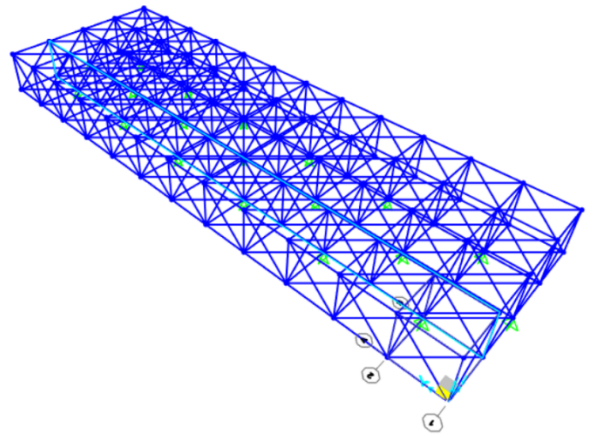
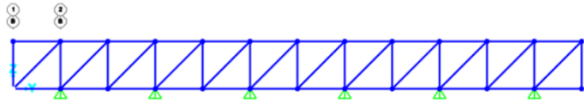
A questo punto si può definire la sezione: *Define – Section Properties – Frame Sections* scegliendo il materiale acciaio S355, assegnarla alla travatura: *Assign – Frame – Frame Sections* e selezionare la sezione precedentemente creata.



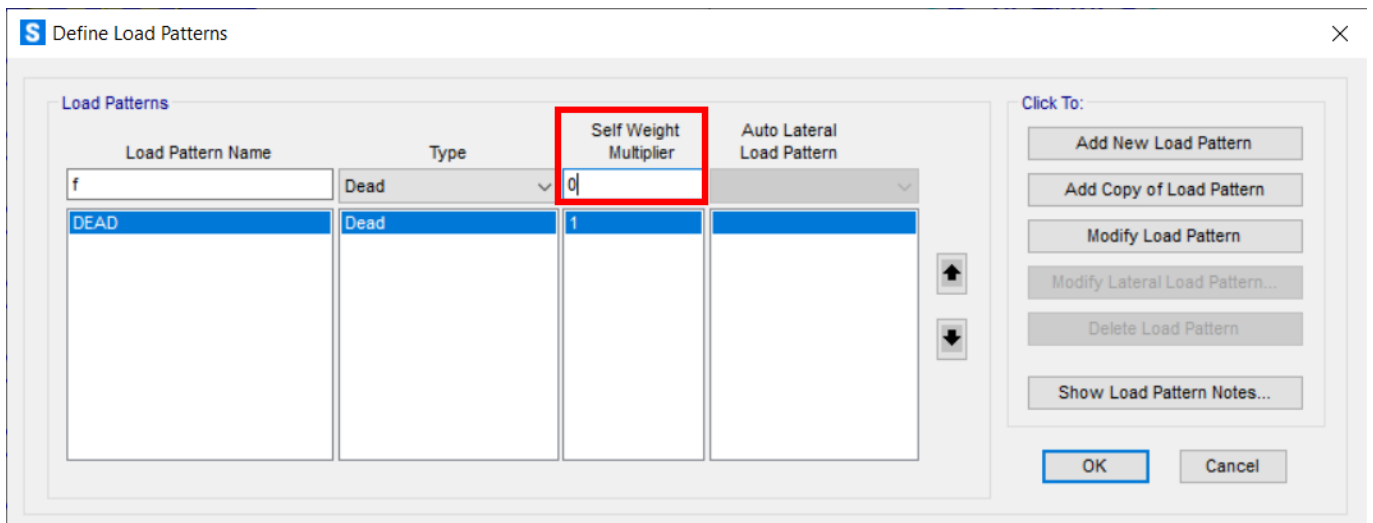
Ora imposto la condizione della travatura reticolare di cerniere interne ad ogni nodo, rilasciando i momenti da entrambi i lati (Start, End): *Assign – Frame – Releases/Partial Fixity*.



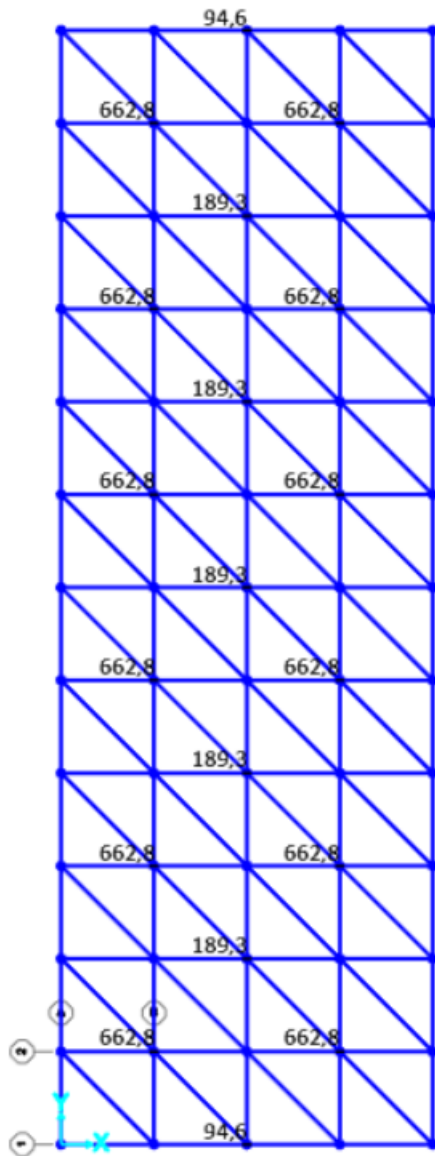
Selezione dei punti e vi applico il vincolo della cerniera tramite i comandi: *Assign – Joint – Restraints*.



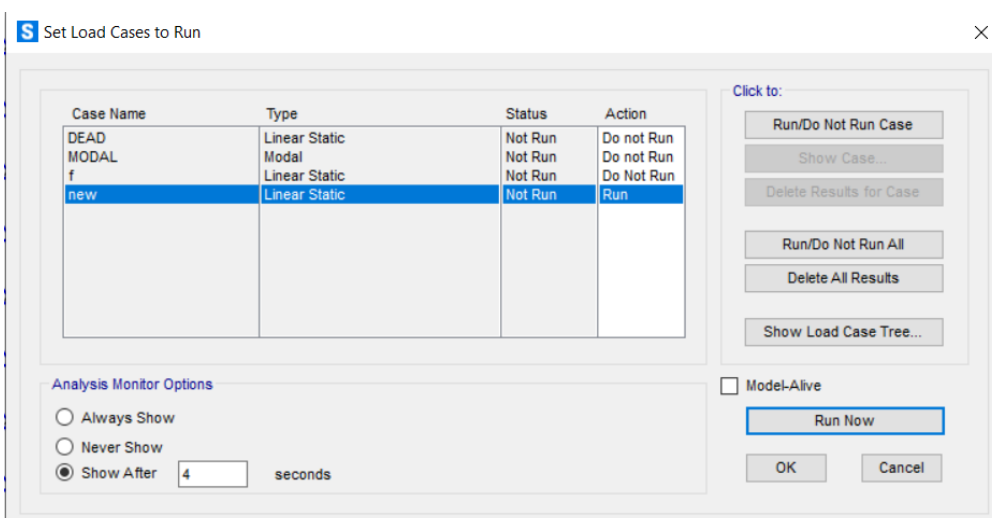
Si passa ad assegnare i carichi. Per ogni nodo si considera il peso per la sua area di influenza, quindi per quelli centrali si ha un valore completo e per quelli ai bordi se ne considera la metà. Definisco il caso di carico: *Define – Load Patterns* facendo attenzione a rendere il peso proprio (Self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



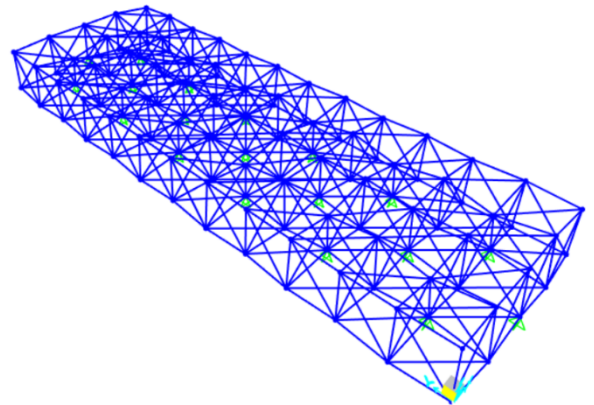
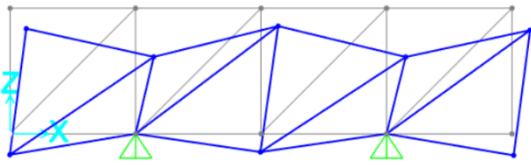
Seleziono la parte centrale superiore della travatura: *Assign – Joint Loads – Forces* e assegno il caso di carico appena creato "new", con i rispettivi valori precedentemente trovati (FA,FB,FC) agenti sull'asse z, ai rispettivi nodi.



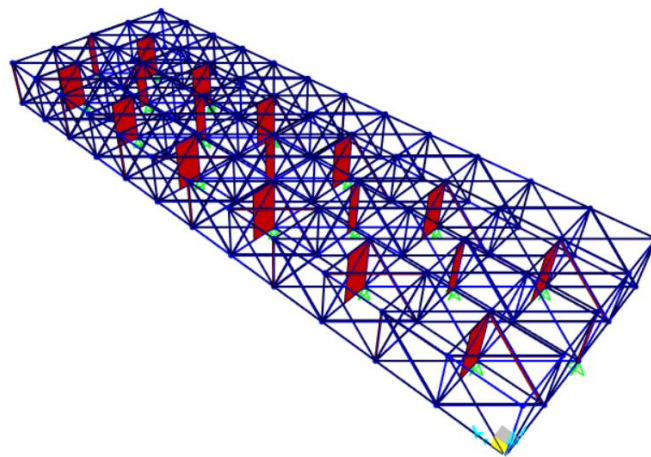
A questo punto, assegnati vincoli, carichi, rilasci e sezione il modello è completo e si può procedere all'analisi. Prima di avviarla (Run Now) disattivo il DEAD e l'analisi modale MODAL, mandando in analisi soltanto il caso d'interesse "new".



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.



S Element Forces - Frames

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Element Forces - Frames

Filter:

	Frame Text	Station m	OutputCase	CaseType Text	P KN	V2 KN	V3 KN	T KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m	FrameElem Text
▶	2	0	new	LinStatic	5,037	0	0	0	0	0	2-1
	2	1,25	new	LinStatic	5,037	0	0	0	0	0	2-1
	2	2,5	new	LinStatic	5,037	0	0	0	0	0	2-1
	3	0	new	LinStatic	24,025	0	0	0	0	0	3-1
	3	0,5	new	LinStatic	24,025	0	0	0	0	0	3-1
	3	1	new	LinStatic	24,025	0	0	0	0	0	3-1
	3	1,5	new	LinStatic	24,025	0	0	0	0	0	3-1
	3	2	new	LinStatic	24,025	0	0	0	0	0	3-1
	3	2,5	new	LinStatic	24,025	0	0	0	0	0	3-1
	4	0	new	LinStatic	24,025	0	0	0	0	0	4-1
	4	0,5	new	LinStatic	24,025	0	0	0	0	0	4-1
	4	1	new	LinStatic	24,025	0	0	0	0	0	4-1
	4	1,5	new	LinStatic	24,025	0	0	0	0	0	4-1
	4	2	new	LinStatic	24,025	0	0	0	0	0	4-1
	4	2,5	new	LinStatic	24,025	0	0	0	0	0	4-1

Record: << < 1 > >> of 2739

Add Tables... Done

Procedo all'esportazione della tabella su Excel.

La risultante tabella su Excel deve essere ordinata e ridotta alle informazioni sullo sforzo assiale, i cui valori ottenuti si dividono in negativi per quanto riguarda le aste compresse e positivi per quanto riguarda le aste tese.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1	TABLE: Element Forces - Frames																						
2	Frame	Station	OutputCase	CaseType	P																		
3	152	0	new	LinStatic	-600,745																		
4	232	0	new	LinStatic	-598,725																		
5	312	0	new	LinStatic	-596,809																		
6	392	0	new	LinStatic	-595,549																		
7	472	0	new	LinStatic	-590,2																		
8	253	0	new	LinStatic	-583,516																		
9	333	0	new	LinStatic	-583,148																		
10	173	0	new	LinStatic	-583,1																		
11	413	0	new	LinStatic	-582,275																		
12	86	0	new	LinStatic	-579,408																		
13	7	0	new	LinStatic	-578,243																		
14	493	0	new	LinStatic	-573,583																		
15	124	0	new	LinStatic	-275,434																		
16	204	0	new	LinStatic	-273,523																		
17	284	0	new	LinStatic	-272,44																		
18	364	0	new	LinStatic	-271,479																		
19	444	0	new	LinStatic	-268,81																		
20	524	0	new	LinStatic	-168,244																		
21	71	0	new	LinStatic	-145,193																		
22	495	0	new	LinStatic	-66,923																		
23	8	0	new	LinStatic	-64,427																		
24	89	0	new	LinStatic	-63,668																		
25	473	0	new	LinStatic	-60,101																		
26	494	0	new	LinStatic	-59,25																		
27	175	0	new	LinStatic	-58,876																		
28	255	0	new	LinStatic	-57,954																		
29	335	0	new	LinStatic	-57,407																		

Seleziono 4 aste tese e 4 aste compresse.

Per quanto riguarda le aste tese serve la verifica di resistenza. Si trova l'area minima e si crea la relativa tabella Excel. Confronto i dati con quelli del profilario "Oppo" e seleziono delle sezioni adatte.

	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)						Ingegnierizzazione 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

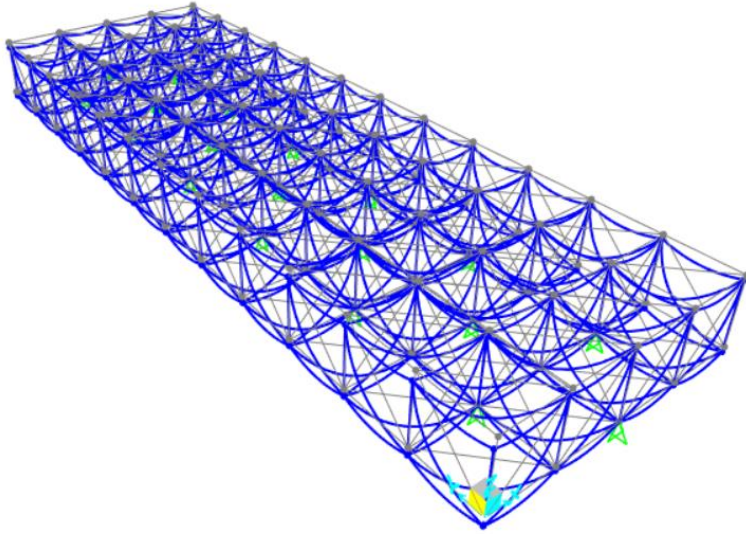
Con il peso proprio della struttura si può ricavare come esso si distribuisce sui nodi, con una costante  $\beta$ . Quindi:

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

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: 'DEAD' (Linear-Static, Mode: 1, Scale Factor: 1), 'DEAD' (Linear-Static, Mode: 1, Scale Factor: 1), and 'new' (Linear-Static, Mode: 1, Scale Factor: 1). Buttons for 'Add', 'Modify', and 'Delete' are visible on the right.

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.