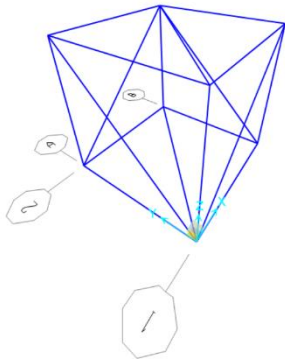
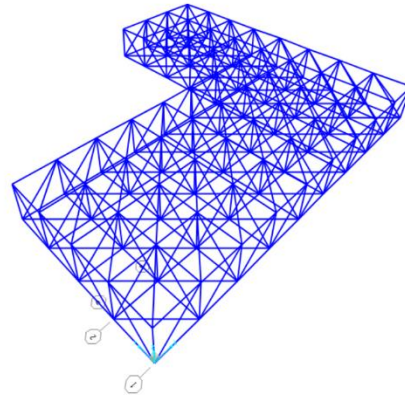


## ESERCITAZIONE: PRE-DIMENSIONAMENTO DI UNA TRAVATURA RETICOLARE SPAZIALE

Dopo aver modellato un modulo di reticolare 2,5 x 2,5 m [1] ed aver creato due gruppi separati per le diagonali e per i correnti, ho ripetuto questo modulo andando a modellare una travatura reticolare su pianta ad L, le cui dimensioni sono 4x9 moduli + 3x4 moduli (AREA totale = 300 m<sup>2</sup>). [2]

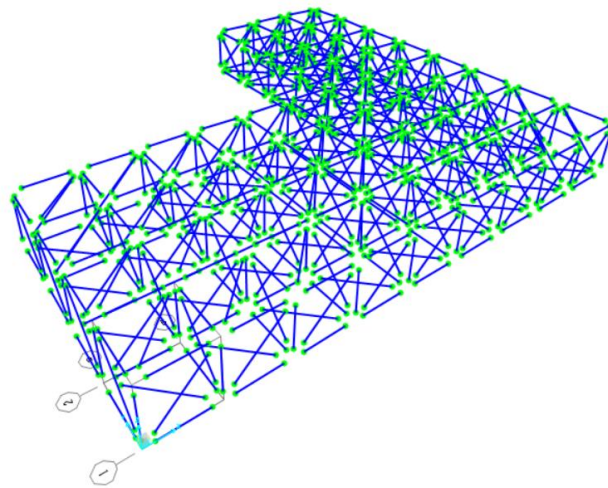


[1]



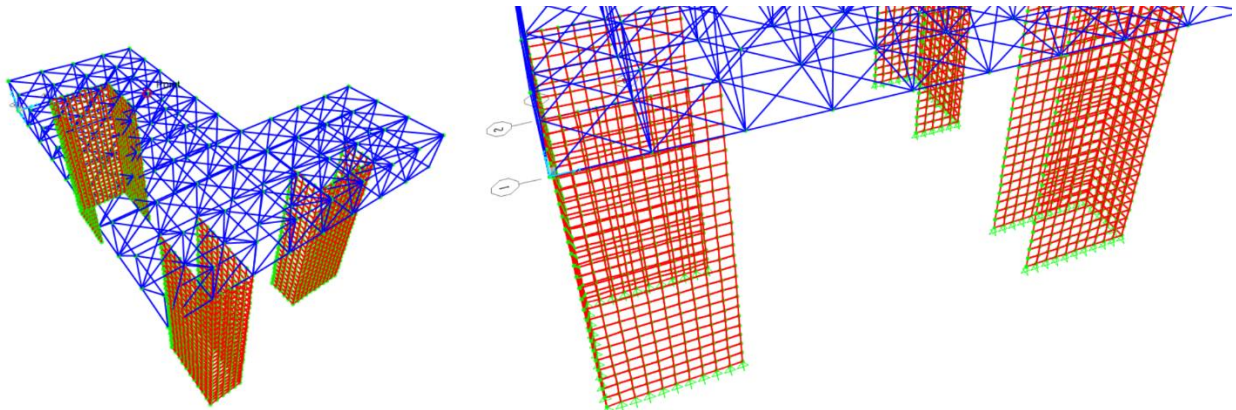
[2]

Quindi ho selezionato tutta la struttura e rilasciato i momenti tramite il comando “relases/partial fixity”, assegnando quindi tutte le cerniere interne della reticolare [3], andando poi ad assegnare una sezione tubolare ipotetica fittizia ad ogni asta (l’obiettivo dell’esercizio sarà assegnare la sezione opportuna dimensionando le singole aste).



[3]

Quindi ho disegnato i 3 setti che sosterranno la struttura [4] e li ho vincolati a terra tramite le cerniere [5].



[4]

[5]

A questo punto ho finito di modellare la struttura e, per poter calcolare le sollecitazioni ed esportare le tabelle degli sforzi normali, è stato necessario calcolare quanti KN applicare su ogni nodo (allo SLU).

NB: Sui nodi esterni agisce  $\frac{1}{2}$  della forza che agisce sui nodi centrali poiché l'aria di influenza è la metà.

Sapendo che l'area totale misura  $300 \text{ m}^2$  e considerando l'incidenza di un solaio in acciaio  $12 \text{ KN/m}^2$ , allora:

$$F_{1P} = 300 [\text{m}^2] \times 12 [\text{KN/m}^2] = 3600 \text{ KN}$$

Dove  $F_{1P}$  è la forza applicata su un singolo piano. Perciò, ipotizzando di avere 4 piani bisogna moltiplicare questo valore per il numero di piani:

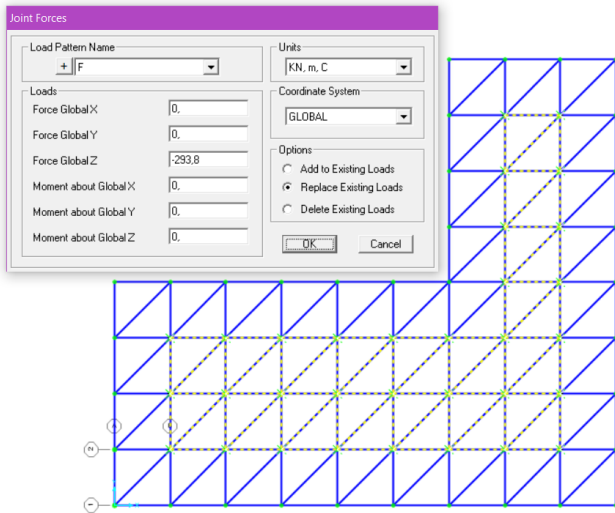
$$F_{1P} \times n \text{ piani} = 3600 [\text{KN}] \times 4 = 14400 [\text{KN}]$$

Per ottenere la forza da applicare al singolo nodo basta dividere la forza totale per il numero di nodi (che leggo in basso a sinistra su SAP selezionando la struttura) sottraendo il numero di nodi perimetrali:

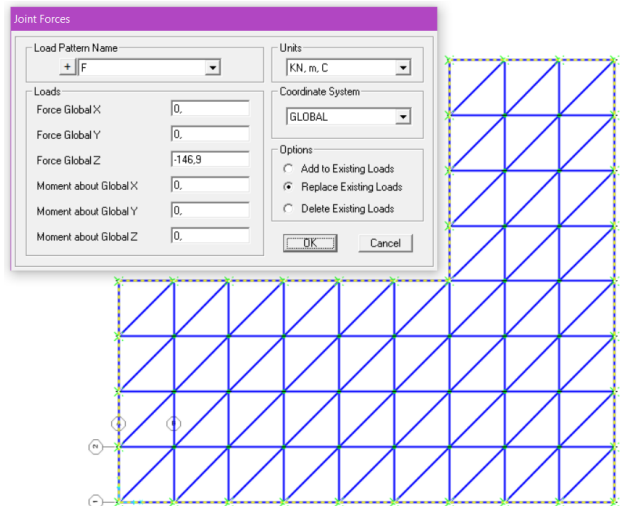
$$\begin{aligned} F_{\text{nodo interno}} &= F_{\text{TOT}} / (n \text{ nodi}_{\text{TOT}} - \frac{1}{2} n \text{ nodi}_{\text{perimetrali}}) = \\ &= 14400 [\text{KN}] / (66 - 34/2) = \\ &= 14400 [\text{KN}] / 49 = \mathbf{293,8 \text{ KN}} \end{aligned}$$

$$F_{\text{nodo perimetrale}} = F_{\text{nodo interno}} / 2 = 293,8 / 2 = \mathbf{146,9 \text{ KN}}$$

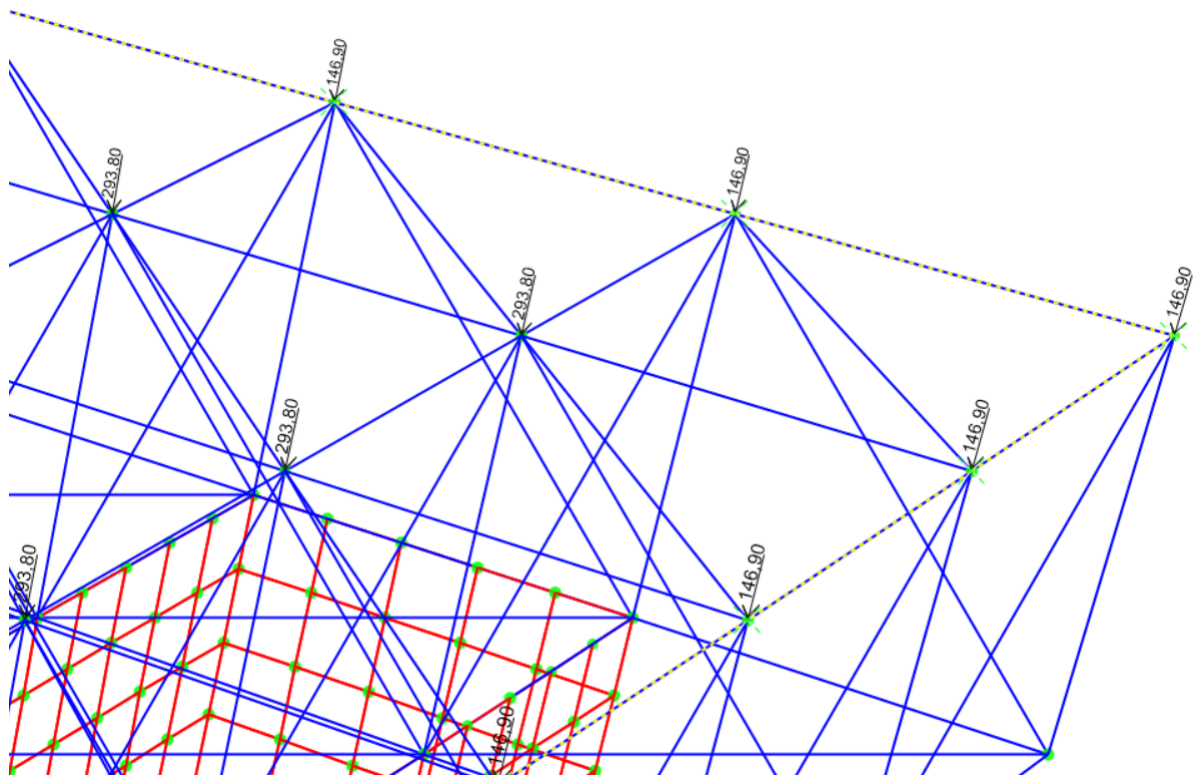
Ho assegnato quindi  $293,8 \text{ KN}$  su ogni nodo interno [6] e  $146,9 \text{ KN}$  su ogni nodo perimetrale. [7]



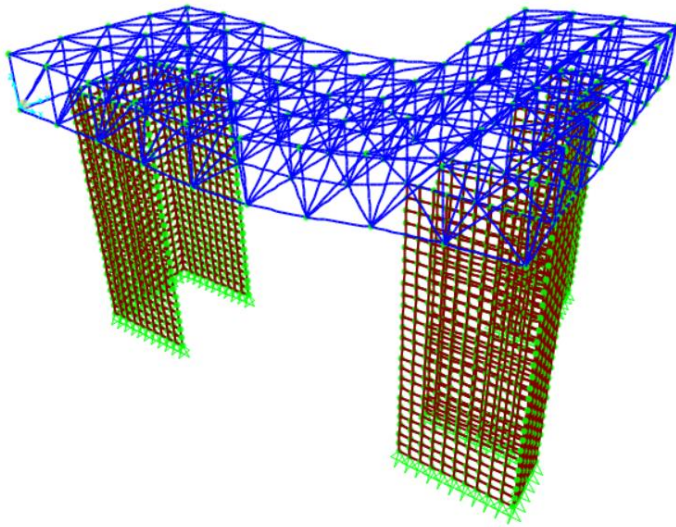
[6]



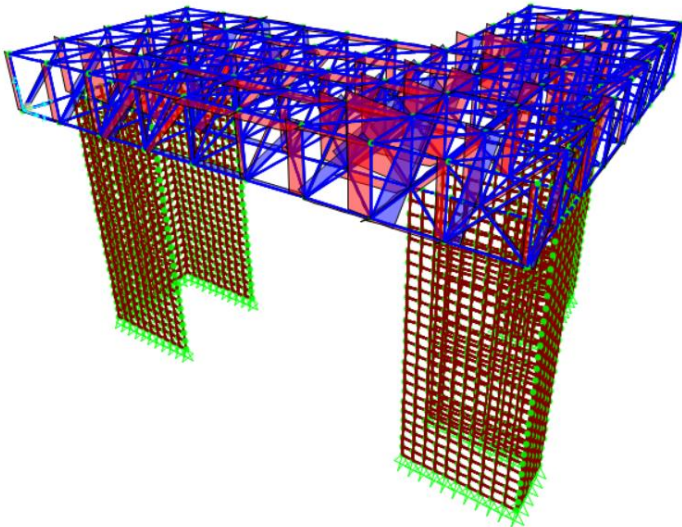
[7]



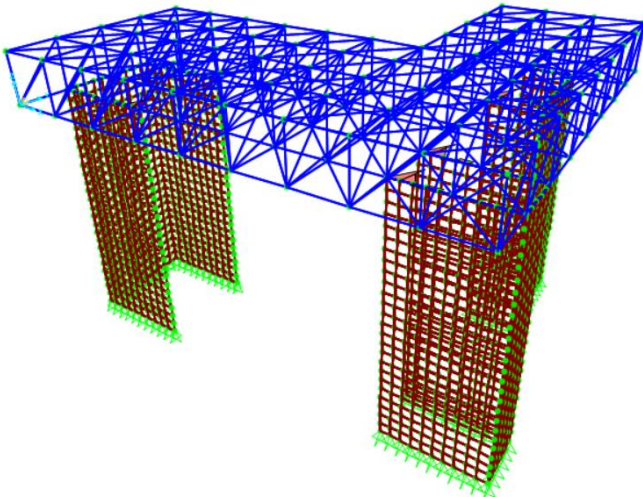
Ho fatto partire l'analisi e ho così visualizzato la deformata [8] e i diagrammi delle sollecitazioni, verificando che le aste siano soggette solo a sforzo normale N. [9]



[8]



[9] NB: In rosso le aste compresse e in blu le aste tese



Verifica: Momento = 0

Ho selezionato tutte le aste non oblique (gruppo CORRENTI) ed esportato quindi la tabella ELEMENT FORCES-FRAMES [10] eliminando su excel tutto ciò di cui non avevo bisogno e disponendo i frame in ordine crescente rispetto ai KN di sforzo normale, separando trazione (numeri positivi) e compressione (numeri negativi)[11]. La stessa cosa l'ho fatta per le aste oblique (gruppo DIAGONALI). [12]

Frame Text	Station m	Output Case Text	Case Type Text	P KN	V2 KN	V3 KN	T KN-m	M2 KN-m
1	0	F	LinStatic	-104,787	0	0	0	0
1	0,5	F	LinStatic	-104,787	0	0	0	0
1	1	F	LinStatic	-104,787	0	0	0	0
1	1,5	F	LinStatic	-104,787	0	0	0	0
1	2	F	LinStatic	-104,787	0	0	0	0
1	2,5	F	LinStatic	-104,787	0	0	0	0
2	0	F	LinStatic	-42,113	0	0	0	0
2	0,5	F	LinStatic	-42,113	0	0	0	0
2	1	F	LinStatic	-42,113	0	0	0	0
2	1,5	F	LinStatic	-42,113	0	0	0	0
2	2	F	LinStatic	-42,113	0	0	0	0
2	2,5	F	LinStatic	-42,113	0	0	0	0
3	0	F	LinStatic	-153,049	0	0	0	0
3	0,5	F	LinStatic	-153,049	0	0	0	0
3	1	F	LinStatic	-153,049	0	0	0	0
3	1,5	F	LinStatic	-153,049	0	0	0	0
3	2	F	LinStatic	-153,049	0	0	0	0
3	2,5	F	LinStatic	-153,049	0	0	0	0
4	0	F	LinStatic	-1,605	0,24	0,407	0	0
4	0,5	F	LinStatic	-1,605	0,24	0,407	0	-0,2036

[10]

TABLE: Element Forces - Frames						
CORRENTI						
N° Frame	N [KN]	A min [cm^2]		N° Frame	N [KN]	I min [cm^4]
TRAZIONE			COMPRESSIONE			
486	404,468			870	-0,013	
34	384,321			1	-0,057	
8	365,42			12	-0,125	
478	356,659			866	-0,16	
585	336,499			420	-3,679	
41	321,569			47	-3,981	
438	318,249			411	-6,687	
87	318,23			575	-7,902	
58	315,231			505	-9,397	
415	314,512			549	-11,059	
68	301,483			557	-11,071	
594	294,437			607	-12,258	
770	284,522			545	-15,68	
424	273,786			817	-15,97	
450	270,468			72	-17,49	
45	270,249			472	-17,767	
55	260,709			780	-17,834	
100	257,055			85	-17,927	
490	252,405			418	-17,932	
106	242,813			840	-19,797	
24	241,817			581	-19,887	
759	236,992			15	-20,83	
830	230,924			590	-21,711	
819	230,325			835	-26,33	

[11]

TABLE: Element Forces - Frames						
DIAGONALI						
N° Frame	N [KN]	A min [cm^2]		N° Frame	N [KN]	I min [cm^4]
TRAZIONE				COMPRESSIONE		
92	952,154			577	-0,34	
440	898,208			824	-1,941	
524	702,434			773	-5,5	
564	535,933			417	-7,147	
533	500,617			453	-9,215	
761	497,69			807	-9,264	
91	466,042			794	-9,468	
394	428,359			492	-11,137	
525	383,425			422	-11,723	
431	379,158			614	-12,158	
79	377,671			565	-12,532	
601	311,722			609	-13,159	
821	308,248			444	-13,756	
610	302,537			461	-14,128	
858	298,373			569	-14,373	
850	292,427			75	-14,662	
555	282,871			622	-14,933	
78	272,955			65	-15,882	
516	268,396			863	-16,486	
542	267,662			117	-20,034	
790	249,847			854	-20,645	
515	247,88			452	-21,782	
471	204,869			507	-22,901	
791	204,419			408	-25,511	

[12]

A questo punto l'esercizio è stato quello di dividere i gruppi COMPRESSIONE e TRAZIONE ognuno in 3 sottogruppi a cui ho assegnato la sezione idonea calcolando l'area minima per le aste tese e il momento di inerzia minimo per le aste compresse di ogni sottogruppo, riferendomi al valore più significativo per ognuno di essi.

NB: (La scelta di dividere in 3 sottogruppi deriva dal fatto che sarebbe infattibile assegnare una sezione diversa per ogni asta dato il numero elevato di aste, perciò dividendo in gruppi ho assegnato solo 8 sezioni differenti.)

Calcolati area [cm<sup>2</sup>] e momento di inerzia [cm<sup>4</sup>] ho cercato il sagomario dei profili cavi e ho cercato all'interno delle tabelle a quali profili corrispondevano le aree e i momenti di inerzia trovati.

$$A_{\min} = \frac{N \text{ [KN]}}{f_d \text{ [KN/cm}^2\text{]}} = [\text{cm}^2]$$

$$I_{\min} = \frac{N \text{ [KN]} \times L^2 \text{ [cm}^2\text{]}}{\pi^2 \times E \text{ [KN/cm}^2\text{]}} = [\text{cm}^4]$$

Riferimento profilati excel:

legenda:	
	profilato 1
	profilato 2
	profilato 3
	profilato 4
	profilato 5
	profilato 6

Profilato 1:

$A_{min} = 18,07[cm^2]$  per i CORRENTI;  $42,54[cm^2]$  per le DIAGONALI → considero  **$42,54[cm^2]$**

Profilato 2:

$A_{min} = 12,23[cm^2]$  per i CORRENTI;  $12,19[cm^2]$  per le DIAGONALI → considero  **$12,23[cm^2]$**

Profilato 3:

$A_{min} = 4,20[cm^2]$  per i CORRENTI;  $4,05[cm^2]$  per le DIAGONALI → considero  **$4,20[cm^2]$**

Profilato 4:

$I_{min} = 120,58[cm^4]$  per i CORRENTI;  $222,55[cm^4]$  per le DIAGONALI → considero  **$222,55[cm^4]$**

Profilato 5:

$I_{min} = 248,24[cm^4]$  per i CORRENTI;  $423,01[cm^4]$  per le DIAGONALI → considero  **$423,01[cm^4]$**

Profilato 6:

$I_{min} = 430,33[cm^4]$  per i CORRENTI;  $668,22[cm^4]$  per le DIAGONALI → considero  **$668,22[cm^4]$**

Profilato 1:

Diametro esterno	Spessore	Massa a ml	Area della sezione	Momento d'inerzia	Raggio d'inerzia	Modulo di resistenza elastico	Modulo di resistenza plastico	Momento d'inerzia di torsione	Costante di torsione	Superficie esterna a ml	Lunghezza per ton
D mm	t mm	M kg/m	A cm <sup>2</sup>	I cm <sup>4</sup>	i cm	$W_{el}$ cm <sup>3</sup>	$W_{pl}$ cm <sup>3</sup>	$I_t$ cm <sup>4</sup>	$C_t$ cm <sup>3</sup>	m <sup>2</sup> /m	m/t
177.8	8.0	33.5	42.7	1541	6.01	173	231	3083	347	0.559	29.9

Profilato 2:

Diametro esterno	Spessore	Massa a ml	Area della sezione	Momento d'inerzia	Raggio d'inerzia	Modulo di resistenza elastico	Modulo di resistenza plastico	Momento d'inerzia di torsione	Costante di torsione	Superficie esterna a ml	Lunghezza per ton
D mm	t mm	M kg/m	A cm <sup>2</sup>	I cm <sup>4</sup>	i cm	$W_{el}$ cm <sup>3</sup>	$W_{pl}$ cm <sup>3</sup>	$I_t$ cm <sup>4</sup>	$C_t$ cm <sup>3</sup>	m <sup>2</sup> /m	m/t
101,6	4,0	9,63	12,3	146	3,45	28,8	38,1	293	57,6	0,319	103,9

Profilato 3:

Diametro esterno	Spessore	Massa a ml	Area della sezione	Momento d'inerzia	Raggio d'inerzia	Modulo di resistenza elastico	Modulo di resistenza plastico	Momento d'inerzia di torsione	Costante di torsione	Superficie esterna a ml	Lunghezza per ton
D mm	t mm	M kg/m	A cm <sup>2</sup>	I cm <sup>4</sup>	i cm	W <sub>el</sub> cm <sup>3</sup>	W <sub>pl</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>t</sub> cm <sup>4</sup>	C <sub>t</sub> cm <sup>3</sup>	m <sup>2</sup> /m	m/t
60,3	2,5	3,56	4,54	19,0	2,05	6,30	8,36	38,0	12,6	0,189	280,6

Profilato 4:

Diametro esterno	Spessore	Massa a ml	Area della sezione	Momento d'inerzia	Raggio d'inerzia	Modulo di resistenza elastico	Modulo di resistenza plastico	Momento d'inerzia di torsione	Costante di torsione	Superficie esterna a ml	Lunghezza per ton
D mm	t mm	M kg/m	A cm <sup>2</sup>	I cm <sup>4</sup>	i cm	W <sub>el</sub> cm <sup>3</sup>	W <sub>pl</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>t</sub> cm <sup>4</sup>	C <sub>t</sub> cm <sup>3</sup>	m <sup>2</sup> /m	m/t
114,3	5,0	13,5	17,2	257	3,87	45,0	59,8	514	89,9	0,359	74,2

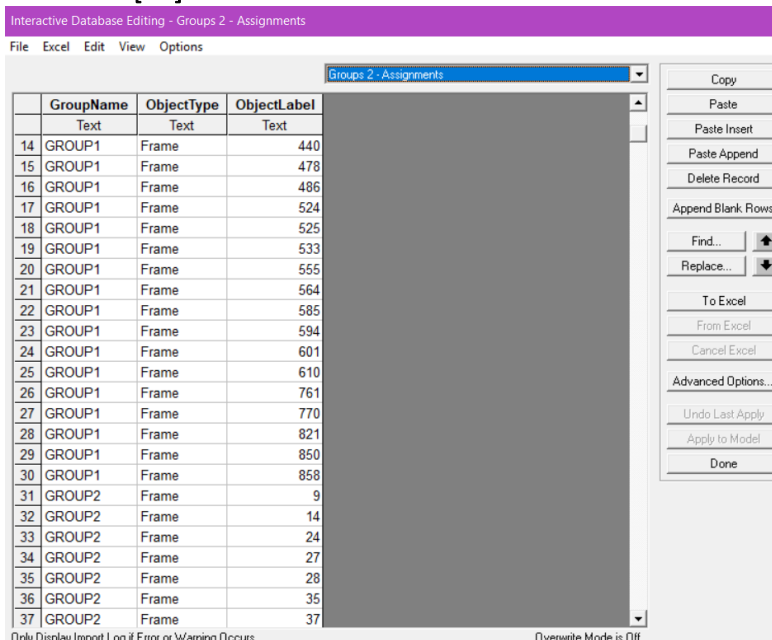
Profilato 5:

Diametro esterno	Spessore	Massa a ml	Area della sezione	Momento d'inerzia	Raggio d'inerzia	Modulo di resistenza elastico	Modulo di resistenza plastico	Momento d'inerzia di torsione	Costante di torsione	Superficie esterna a ml	Lunghezza per ton
D mm	t mm	M kg/m	A cm <sup>2</sup>	I cm <sup>4</sup>	i cm	W <sub>el</sub> cm <sup>3</sup>	W <sub>pl</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>t</sub> cm <sup>4</sup>	C <sub>t</sub> cm <sup>3</sup>	m <sup>2</sup> /m	m/t
139,7	5,0	16,6	21,2	481	4,77	68,8	90,8	961	138	0,439	60,2

Profilato 6:

Diametro esterno	Spessore	Massa a ml	Area della sezione	Momento d'inerzia	Raggio d'inerzia	Modulo di resistenza elastico	Modulo di resistenza plastico	Momento d'inerzia di torsione	Costante di torsione	Superficie esterna a ml	Lunghezza per ton
D mm	t mm	M kg/m	A cm <sup>2</sup>	I cm <sup>4</sup>	i cm	W <sub>el</sub> cm <sup>3</sup>	W <sub>pl</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>t</sub> cm <sup>4</sup>	C <sub>t</sub> cm <sup>3</sup>	m <sup>2</sup> /m	m/t
168,3	4,0	16,2	20,6	697	5,81	82,8	108	1394	166	0,529	61,7

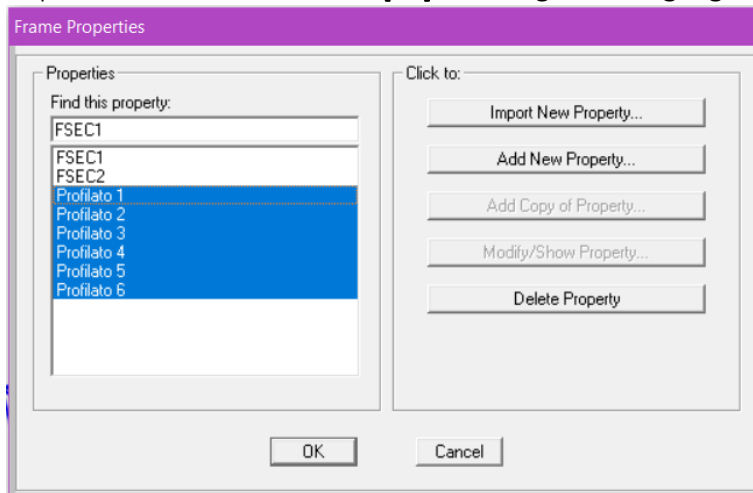
Ho creato quindi 6 gruppi, uno per ogni profilato ed ho assegnato ad ogni asta il gruppo di appartenenza [13].



[13]

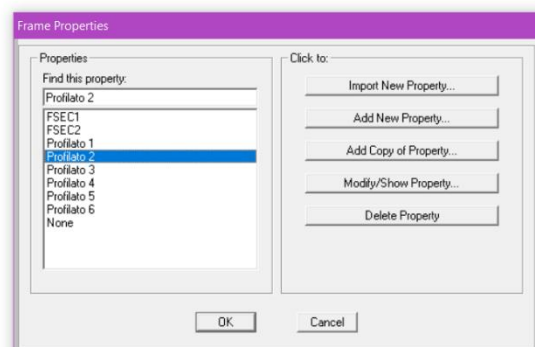
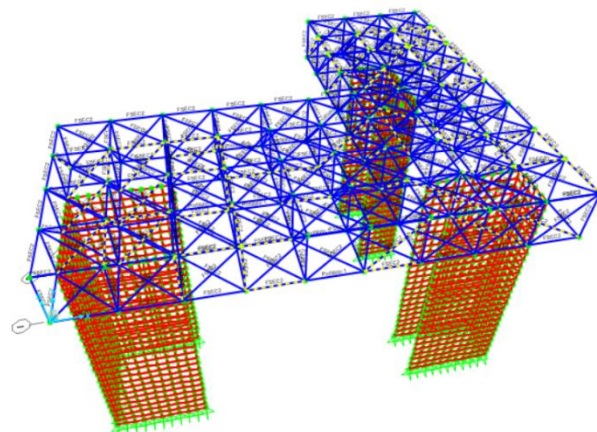
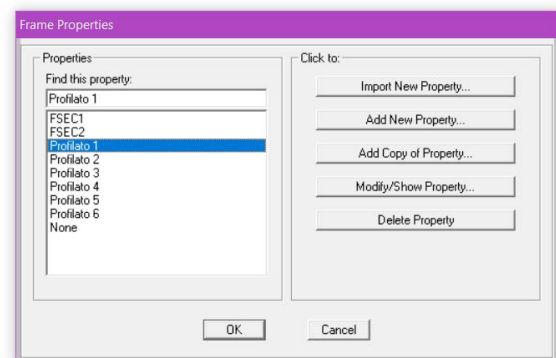
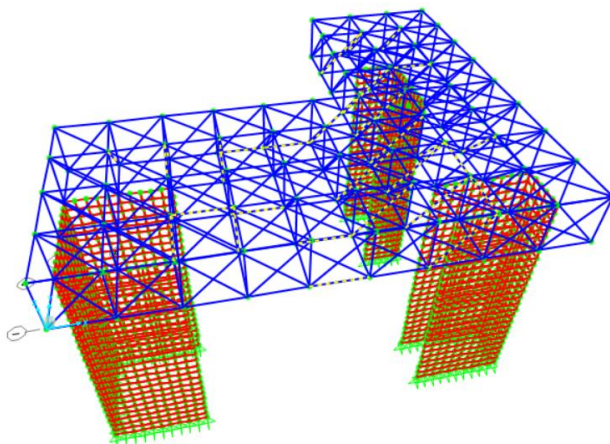


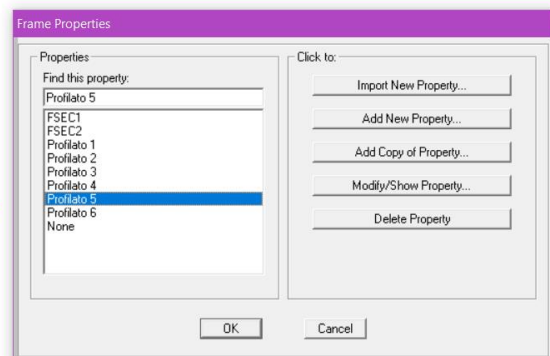
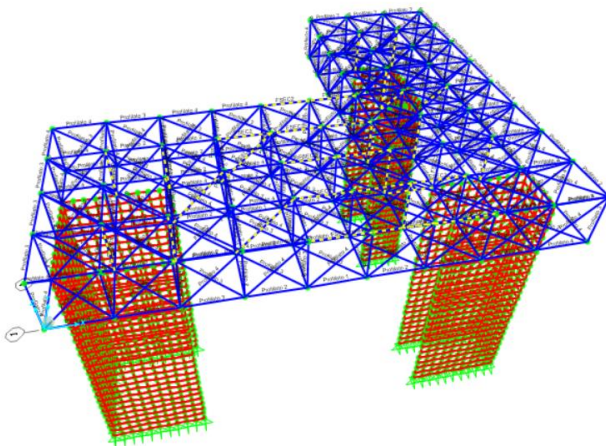
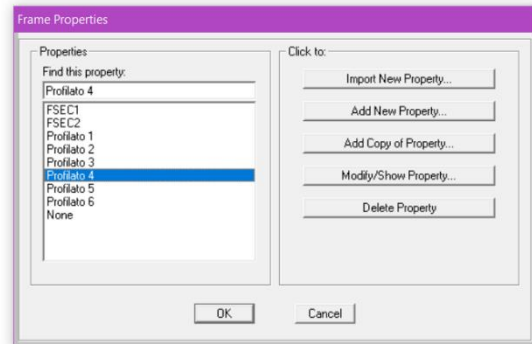
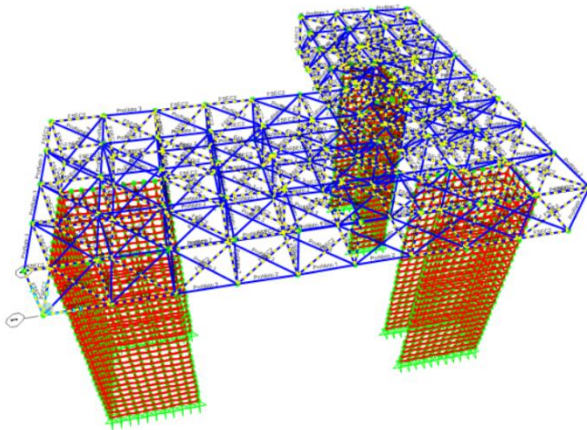
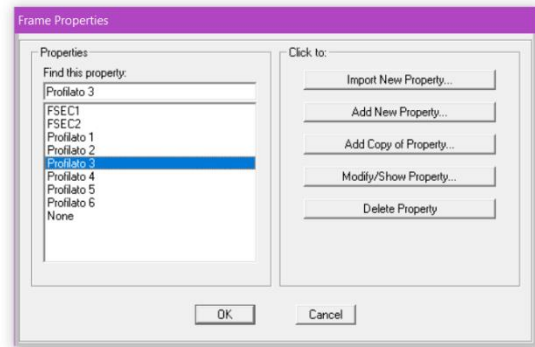
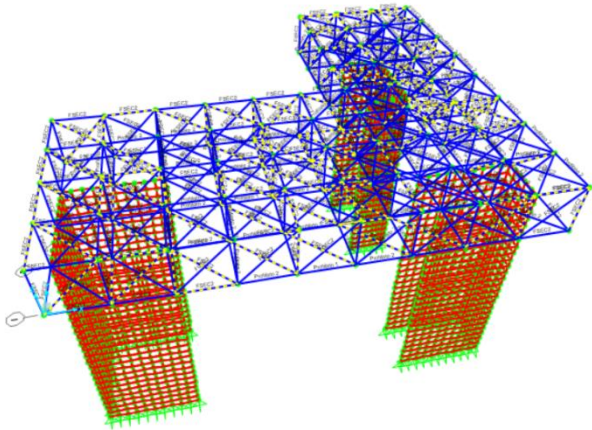
Scelti i profilati li ho creati su SAP [14] ed assegnati ad ogni gruppo di aste [15].

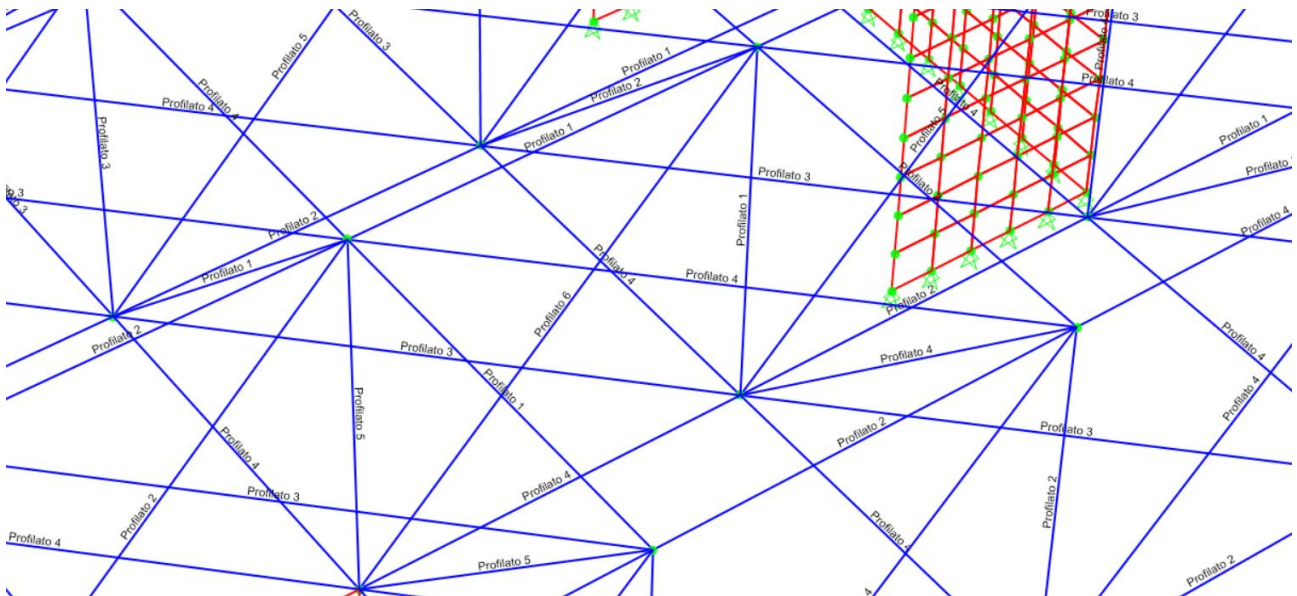
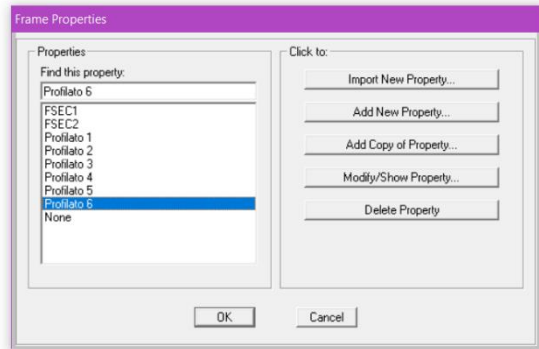
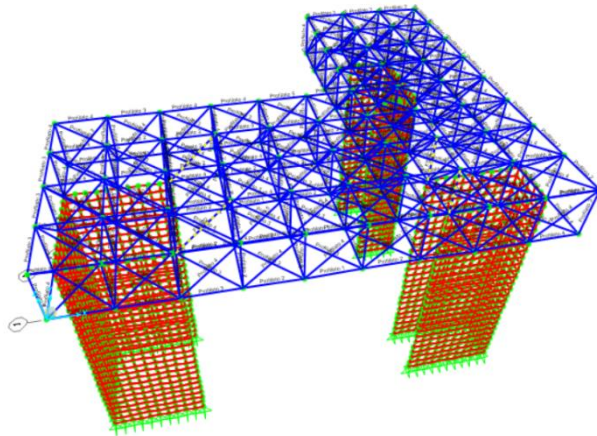


[14]

[15]







Verifica di deformabilità considerando l'incidenza del solaio di 8 KN/m<sup>2</sup> (S.L.E.)

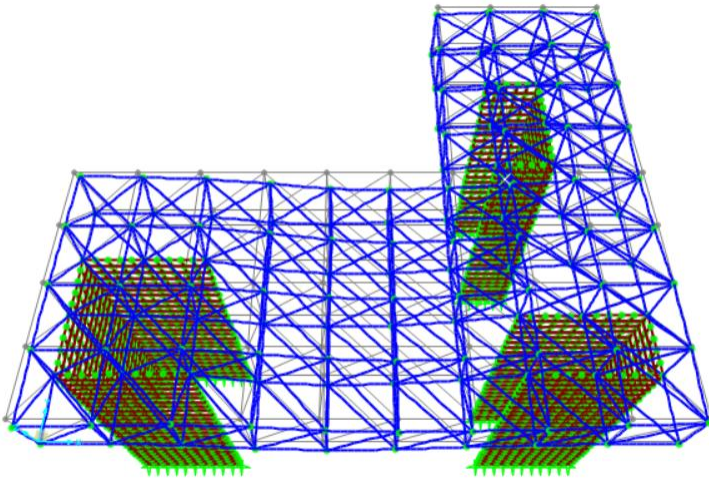
$$F_{1P} = 300 \text{ [m}^2\text{]} \times 8 \text{ [KN/m}^2\text{]} = 2400 \text{ KN}$$

$$F_{1P} \times n \text{ piani} = 2400 \text{ [KN]} \times 4 = 9600 \text{ [KN]}$$

$$F_{\text{nodo interno}} = F_{\text{TOT}} / (n \text{ nodi}_{\text{TOT}} - \frac{1}{2} n \text{ nodi}_{\text{perimetrali}}) = \\ 9600 \text{ [KN]} / (66 - 34/2) = \\ 9600 \text{ [KN]} / 49 = \mathbf{195,9 \text{ KN}}$$

$$F_{\text{nodo perimetrale}} = F_{\text{nodo interno}} / 2 = 195,9 / 2 = \mathbf{97,9 \text{ KN}}$$

Ho quindi rifatto partire l'analisi:



Esportando la tanella JOINT DISPLACEMENTS ho individuato qual è l'elemento che subisce maggior abbassamento:

si tratta del punto 1205 che subisce un abbassamento  $U_3$  di 0,00002 m.

TABLE: Joint Displacements								
Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Text	m	m	m	Radians	Radians	Radians
1205	F2	LinStatic	0,000071	-0,000057	0,00002	0,000005159	0,000021	-0,000012
1216	F2	LinStatic	0,000061	-0,000054	0,00002	0,000007648	0,00002	-0,000009422
1227	F2	LinStatic	0,000051	-0,000049	0,00002	0,000009535	0,000019	-0,000007146
1194	F2	LinStatic	0,000082	-0,000059	0,000019	0,000001996	0,000021	-0,000016
1238	F2	LinStatic	0,000042	-0,000044	0,000019	0,000011	0,000017	-0,000005311
1183	F2	LinStatic	0,000093	-0,000059	0,000018	-0,000001897	0,000022	-0,00002
1249	F2	LinStatic	0,000033	-0,000038	0,000018	0,000012	0,000016	-0,000003858
1260	F2	LinStatic	0,000025	-0,000032	0,000017	0,000012	0,000014	-0,000002727
1172	F2	LinStatic	0,000105	-0,000057	0,000016	-0,000006557	0,000022	-0,000024
1161	F2	LinStatic	0,000116	-0,000052	0,000014	-0,000012	0,000023	-0,00003
1271	F2	LinStatic	0,000018	-0,000026	0,000014	0,000013	0,000013	-0,000001864