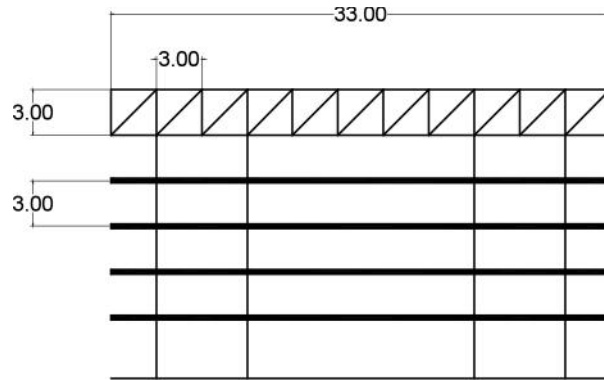
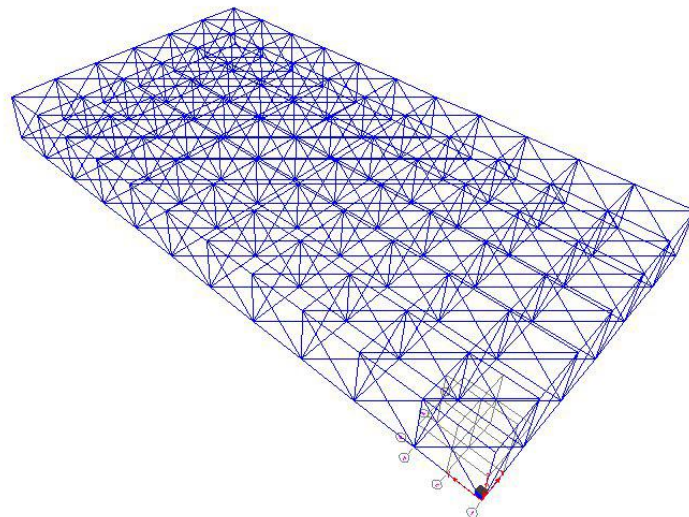
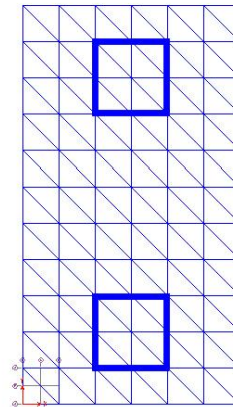
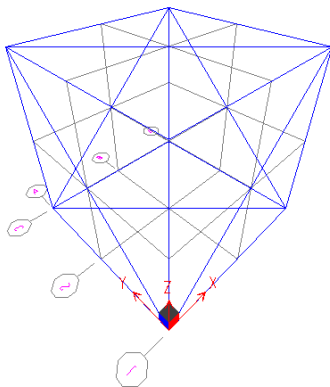


ESERCITAZIONE 01_DIMENSIONAMENTO TRAVATURA RETICOLARE SPAZIALE

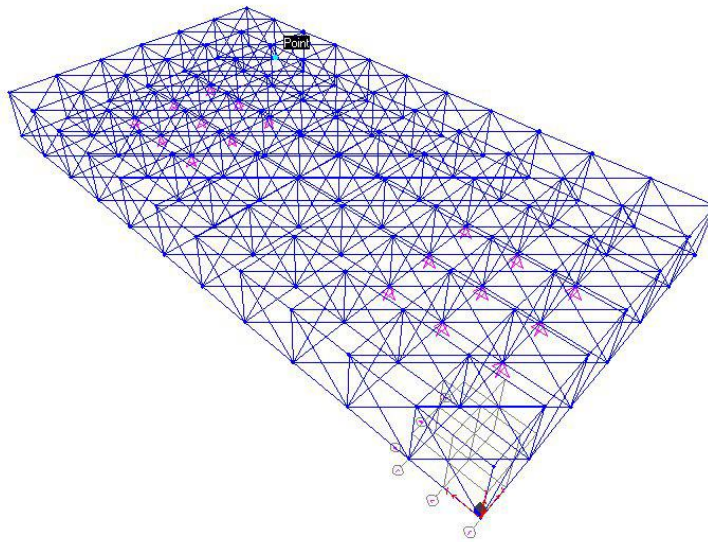
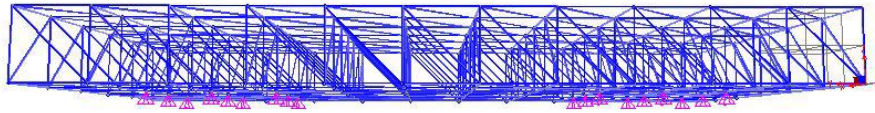
L'esercitazione ha come scopo il dimensionamento, tramite il programma SAP 2000 ed il foglio di calcolo Excel, dei profilati metallici di una travatura reticolare di un edificio di dimensioni 18x36 m e di 5 piani, appesi alla travatura posta in sommità.



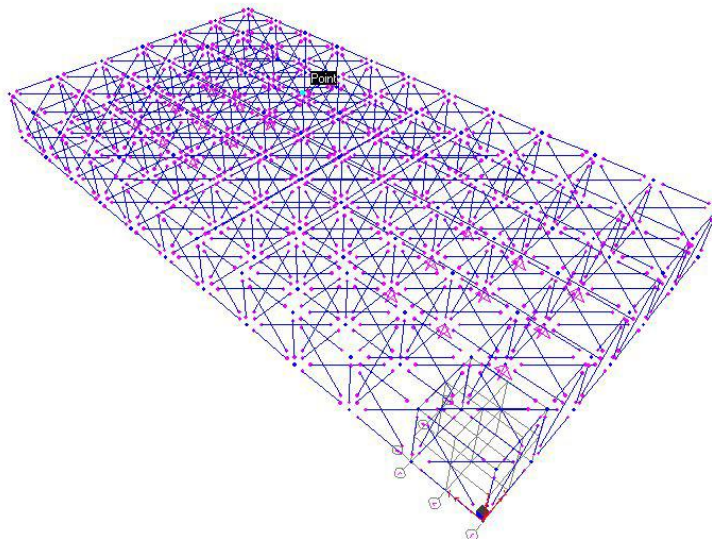
Definiamo prima la geometria della griglia, partendo da un modulo controventato di 3x3x3, copiato più volte.



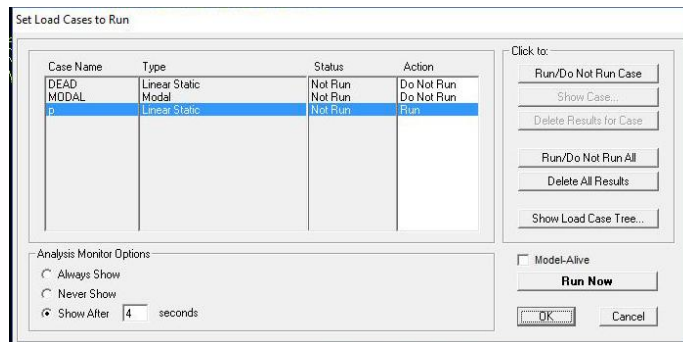
Assegniamo adesso la sezione ed il materiale alla struttura, ipotizzando un tubolare cavo in acciaio (PIPE). Applichiamo quindi i vincoli a cerniere esterne ai nodi di appoggio centrali e ai nodi esterni della struttura.



Per un corretto funzionamento della reticolare è necessario che non nascano momenti tra le varie aste che la compongono, così applico un "rilascio" ai vincoli dandogli un valore del momento nullo: considero quindi solo le reazioni vincolari verticali ed orizzontali.

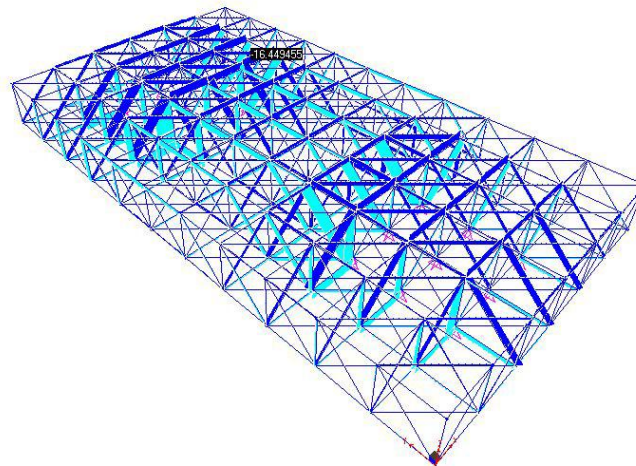
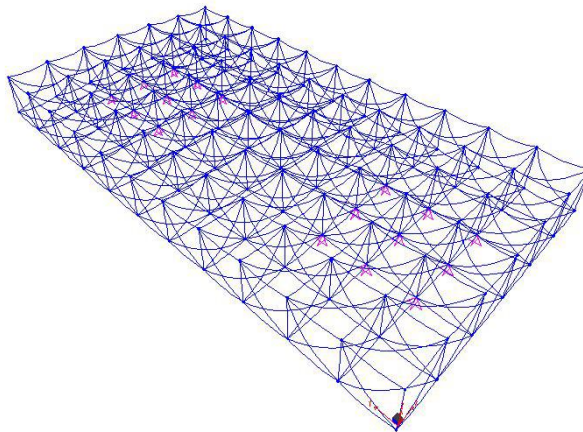


Dopo aver assegnato il materiale alle sezioni e definito i vincoli, posso andare a calcolare il peso proprio della struttura, andando a definire un nuovo schema di carico che chiamo "p" a cui assegno **DEAD = 1**.



Posso procedere con l'analisi attraverso il comando **ctrl+T**, con il quale si apre una finestra: definisco il **load pattern** di riferimento (il Peso Proprio) e procedo con le analisi statiche, da cui ottengo la deformata ed il diagramma degli sforzi normali(unicamente possibili in caso di trave reticolare), utilizzando i comandi:

ANALYSIS > JOINT OUTPUT > REACTION



Esporto la tabella su Excel e vado a sommare i dati relativi alla tabella F3 per conoscere il peso proprio strutturale.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	TABLE: Joint Reactions								
2	Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
3	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
4	20	peso proprio	LinStatic	-31,68	-11,461	76,152	0	0	0
5	24	peso proprio	LinStatic	8,765	-29,531	12,105	0	0	0
6	28	peso proprio	LinStatic	35,928	-26,946	39,445	0	0	0
7	122	peso proprio	LinStatic	-42,864	10,589	54,787	0	0	0
8	124	peso proprio	LinStatic	0,00614	-12,658	3,773	0	0	0
9	126	peso proprio	LinStatic	44,389	-16,716	43,788	0	0	0
10	137	peso proprio	LinStatic	-54,232	56,415	113,22	0	0	0
11	139	peso proprio	LinStatic	-14,954	49,623	59,256	0	0	0
12	141	peso proprio	LinStatic	53,402	49,276	126,528	0	0	0
13	207	peso proprio	LinStatic	-34,098	-31,934	119,238	0	0	0
14	209	peso proprio	LinStatic	11,705	-41,114	52,9	0	0	0
15	211	peso proprio	LinStatic	55,494	-42,242	105,853	0	0	0
16	221	peso proprio	LinStatic	-49,144	9,233	42,282	0	0	0
17	223	peso proprio	LinStatic	-10,371	3,747	4,259	0	0	0
18	225	peso proprio	LinStatic	49,193	-7,414	55,719	0	0	0
19	235	peso proprio	LinStatic	-48,844	10,446	44,274	0	0	0
20	237	peso proprio	LinStatic	-19,744	18,102	16,549	0	0	0
21	239	peso proprio	LinStatic	47,051	12,583	78,621	0	0	0
22									
23						1048,749			
24									
25									

Per poter calcolare il carico agente dei solai appesi ai nodi della struttura, dobbiamo assegnare ai nodi una forza F diretta verso il basso lungo l'asse z: [ASSIGNE > JOINT LOAD > FORCES](#)

$$mq = 648$$

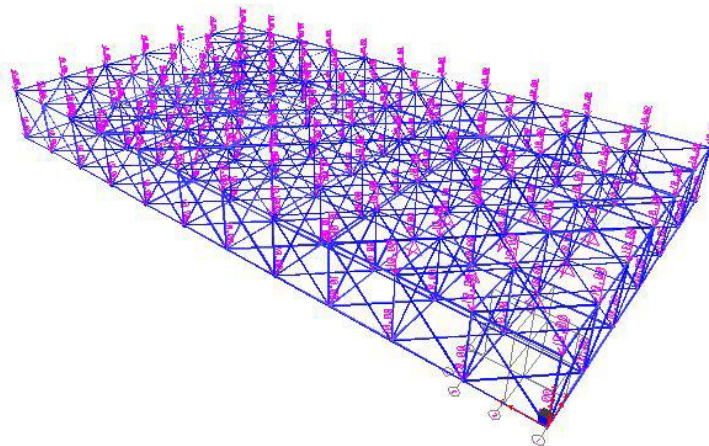
$$n^{\circ} \text{ piani} = 5$$

$$\text{Peso proprio piano} = 10\text{KN}/mq$$

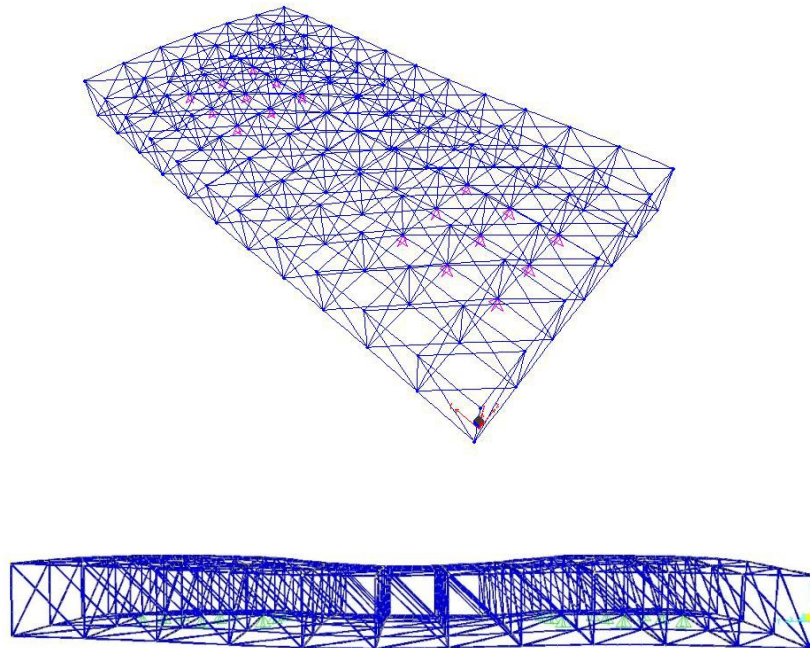
$$\text{Peso piano} = 10\text{KN}/mq \times 648 \text{ mq} = 6480 \text{ KN}$$

$$F = (\text{peso piano} \times n^{\circ} \text{ piani}) / n^{\circ} \text{ nodi} = (6480 \text{ KN} \times 5) / 84 = 385,71 \text{ KN}$$

Posso quindi ora assegnare F ai nodi centrali, mentre per i nodi perimetrali devo calcolare la metà dell'area di influenza, assegnando quindi una forza pari a F/2.



Procedendo nuovamente con l'analisi posso vedere la deformata solo con il carico F.



Ottenuti i risultati li esportiamo sul foglio Excel tramite [ctrl+T](#), per procedere al dimensionamento delle aste tese e compresse, prendendo in esame quelle più sollecitate. Per semplicità posso ordinare dalla più grande alla più piccola i valori delle forze.

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
2	Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation		
3	Text	m	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	Text	m		
4	1	0 f	LinStatic		0	0	0	0	0	0	0 1-1	0		
5	1	0,5 f	LinStatic		0	0	0	0	0	0	0 1-1	0,5		
6	1	1 f	LinStatic		0	0	0	0	0	0	0 1-1	1		
7	1	1,5 f	LinStatic		0	0	0	0	0	0	0 1-1	1,5		
8	1	2 f	LinStatic		0	0	0	0	0	0	0 1-1	2		
9	1	2,5 f	LinStatic		0	0	0	0	0	0	0 1-1	2,5		
10	1	3 f	LinStatic		0	0	0	0	0	0	0 1-1	3		
11	1	3,5 f	LinStatic		0	0	0	0	0	0	0 1-1	3,5		
12	1	4 f	LinStatic		0	0	0	0	0	0	0 1-1	4		
13	1	4,5 f	LinStatic		0	0	0	0	0	0	0 1-1	4,5		
14	1	5 f	LinStatic		0	0	0	0	0	0	0 1-1	5		
15	1	5,5 f	LinStatic		0	0	0	0	0	0	0 1-1	5,5		
16	1	6 f	LinStatic		0	0	0	0	0	0	0 1-1	6		
17	2	0 f	LinStatic		5	0	0	0	0	0	0 2-1	0		
18	2	0,5 f	LinStatic		5	0	0	0	0	0	0 2-1	0,5		
19	2	1 f	LinStatic		5	0	0	0	0	0	0 2-1	1		
20	2	1,5 f	LinStatic		5	0	0	0	0	0	0 2-1	1,5		
21	2	2 f	LinStatic		5	0	0	0	0	0	0 2-1	2		
22	2	2,5 f	LinStatic		5	0	0	0	0	0	0 2-1	2,5		
23	2	3 f	LinStatic		5	0	0	0	0	0	0 2-1	3		
24	2	3,5 f	LinStatic		5	0	0	0	0	0	0 2-1	3,5		
25	2	4 f	LinStatic		5	0	0	0	0	0	0 2-1	4		

	KN
Nmax	96,862
Nmin	-137,972

Nella colonna P sono riportati per ciascuna asta della reticolare gli sforzi normali, vedo quindi quali sono gli sforzi max e min per andare ad individuare l'asta più sollecitata a trazione e a compressione.

Su SAP posso individuare le aste più sollecitate attraverso i comandi:

[SELECT > LABEL > SELECT BY LABELS > indico il numero dell'asta che cerco](#)

DIMENSIONAMENTO DELLE ASTE

ASTE TESE:

Per dimensionare le aste tese abbiamo bisogno soltanto dello sforzo normale N_{max} e del valore della resistenza di progetto f_{yd} , variabile in base al tipo di materiale scelto (in questo caso acciaio S275). Possiamo ricavare così l'area minima necessaria per sopportare il valore dello sforzo N_{max} :

$$A_{min} = N / f_{yd}$$

Ricavata l' A_{min} , dalle tabelle dei profilati scegliamo un profilo che abbia un'area maggiore di quella ottenuta: $A_d > A_{min}$

$N_{max} = 96.86 \text{ kN}$ $f_{yk} = 275 \text{ MPa}$ $f_{yd} = 261.90 \text{ MPa}$

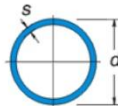
$A_{min} = 3.72 \text{ cm}^2$



Profilati metallici

0102

Tubi in Acciaio a sezione circolare



d x s mm	Peso kg/m	Sezione di passaggio cm ²	Sezione metallica cm ²	Momento di inerzia J = cm ⁴	Modulo di resistenza W = cm ³	Raggio di inerzia i = 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	6,460	3,050	1,410
42,4 x 2,9	2,840	10,50	3,600	7,060	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	40,60	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

Scegliamo un profilato con $A_d = 4.140 \text{ cm}^2$: profilato 48.3 x 2.9

ASTE COMPRESSE:

Per il dimensionamento delle aste soggette a compressione abbiamo altri valori oltre i precedenti da prendere in considerazione: l'inerzia I e il raggio di inerzia ρ , per verificare l'asta anche al fenomeno di instabilità.

Calcoliamo quindi prima l' Area minima come per le aste tese e definiamo successivamente il coefficiente di vincolo β ($\beta=1$ per vincoli di tipo cerniera su entrambe le estremità) .

$$N_{\max c} = 137.92 \text{ KN} \quad A_{\min} = 5.30 \text{ cm}^2$$

Determino la snellezza min $\lambda_{\min} = \pi \sqrt{E/f_{yd}}$ dove $E=210000 \text{ Mpa}$.

Ricavo adesso il raggio di inerzia min $\rho_{\min} = (\beta L) / \lambda_{\min}$ con $L=3$, $L=3\sqrt{2}$ m, lunghezza delle aste rispettivamente ortogonali ed inclinate, da qui calcoliamo l'inerzia minima:

$$I_{\min} = A (\rho_{\min})^2$$

Possiamo scegliere ora la sezione tubolare dalle tabelle dei profilati, calcolando che:

$$A < A_{\min}$$

$$\rho < \rho_{\min}$$

$$I < I_{\min}$$

Infine bisogna verificare che il valore della snellezza sia minore di 200 (valore max):

$$\lambda = l / \rho d.$$

$$\rho_{\min} = 3 \text{ cm per } L=3$$

$$\rho_{\min} = 4 \text{ cm per } L=3\sqrt{2}$$

$$I_{\min} = 47.7 \text{ cm}^4 \text{ per } L=3$$

$$I_{\min} = 84.8 \text{ cm}^4 \text{ per } L=3\sqrt{2}$$

Scelgo il profilato 76.1x3.6 per $L=3$ e il profilato 88.9x3.6 per $L=3\sqrt{2}$.

