

Esercitazione 1

Progetto di una trave reticolare 3D

Studenti Matteo Cavuoti, Federico Zurzolo

In questa esercitazione ci siamo occupati della progettazione di una struttura capace di coprire una grande superficie con pochi punti di appoggio molto distanti tra di loro, portando se stessa ed una struttura a telaio piana al di sopra di essa.

Per la progettazione di questa struttura ci siamo avvalsi dell'uso di Autocad, di SAP2000, di EXCEL e delle tabelle di produzione dei profilati metallici pubblicati da Oppo.

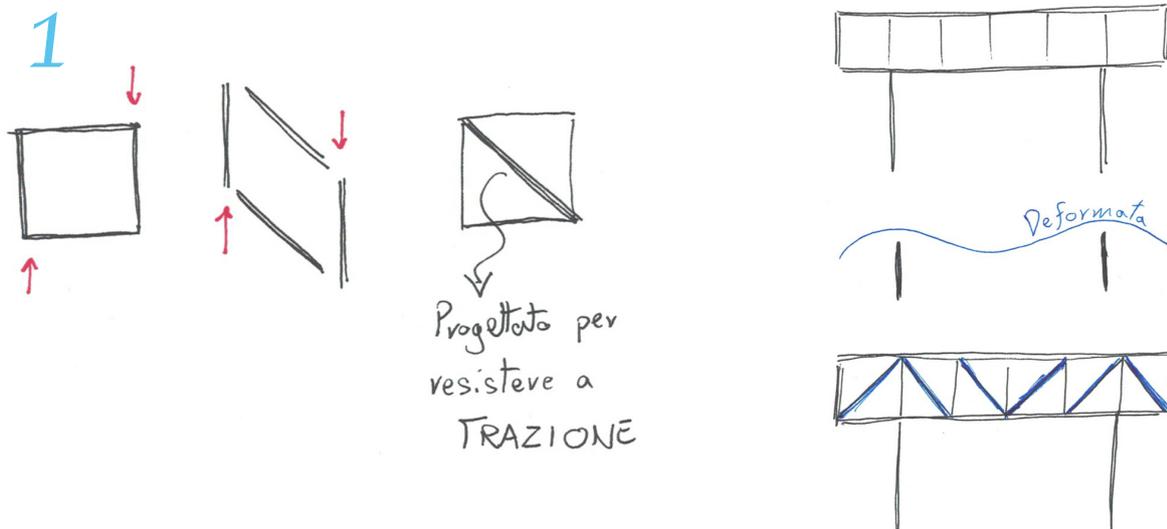
PROCEDIMENTO

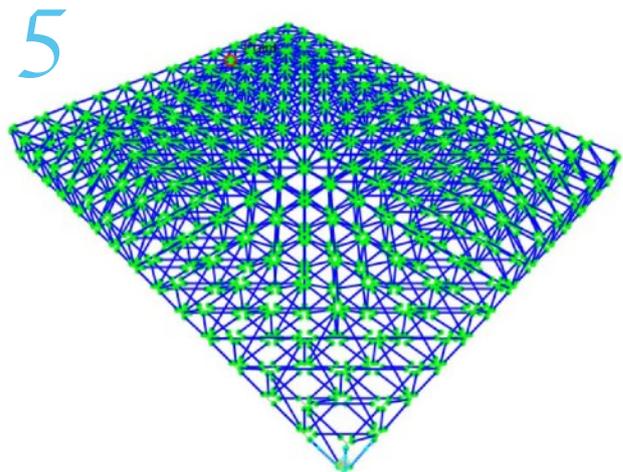
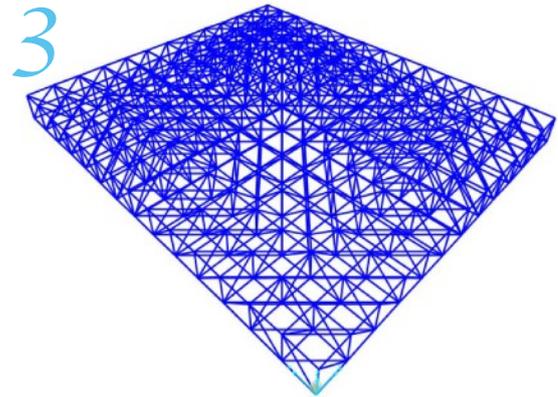
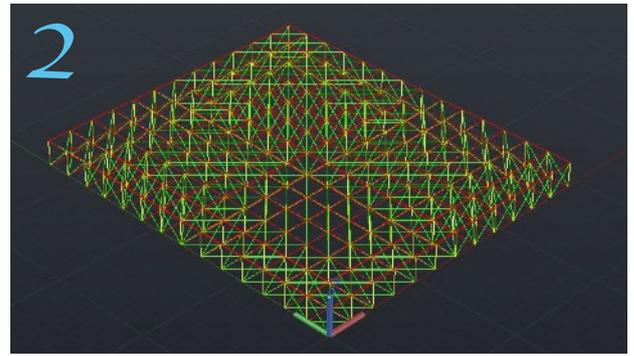
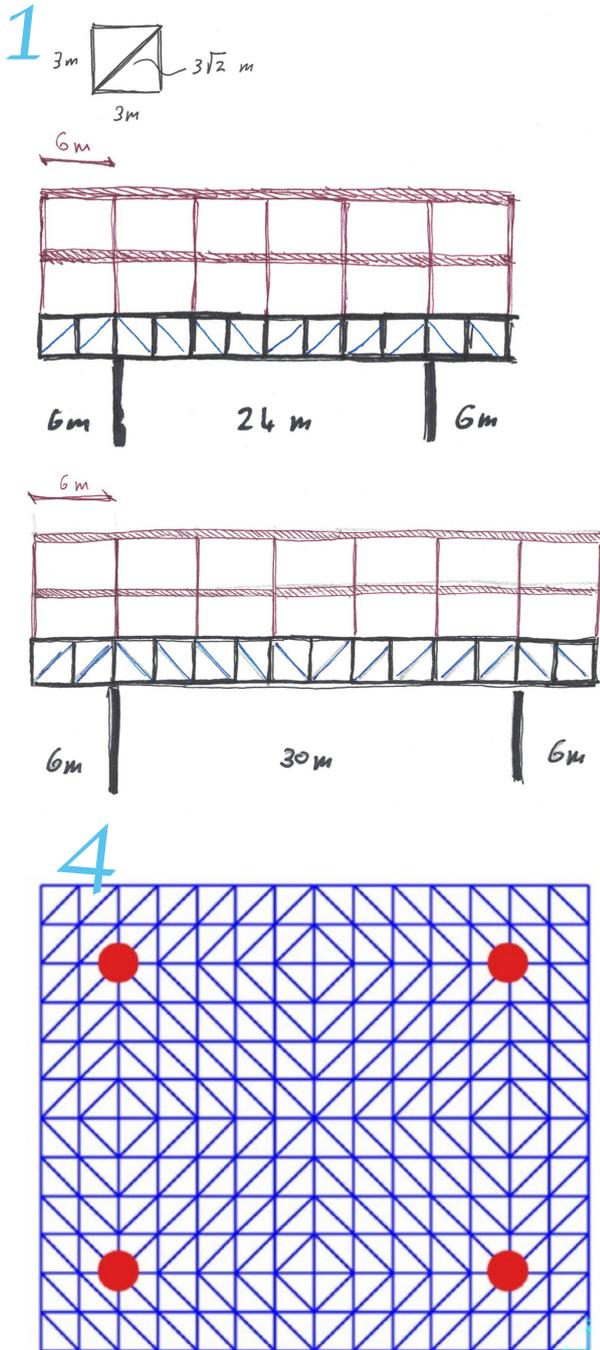
- Fase 1 - Disegno della struttura
- Fase 2 - Predimensionamento e calcolo delle reazioni vincolari
- Fase 3 - Calcolo dei carichi sui nodi della struttura stessa e di quella portata
- Fase 4 - Calcolo degli sforzi sugli elementi lineari
- Fase 5 - Nuovo dimensionamento
- Fase 6 - Verifica

FASE 1

Disegno della struttura

1. Disegniamo qualitativamente i principi strutturali
2. Disegniamo la struttura in Autocad 3D
3. Importiamo il file di Autocad in SAP2000
4. Posizioniamo i vincoli (i pilastri su cui poggia la reticolare)
5. Modifichiamo le caratteristiche dei nodi della struttura (devono diventare cerniere, quindi diamo i rilasci a tutti i nodi per i momenti in tutte le direzioni)





NOTA:

Importando in SAP2000 abbiamo diviso le aste in gruppi sulla base dei layer di Autocad. Questo ci aiuterà in una fase successiva quando dovremo studiare gli sforzi e scegliere le sezioni. Abbiamo quindi diviso in -aste verticali-, -aste orizzontali-, -aste diagonali-.

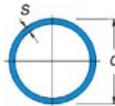
FASE 2

Predimensionamento e calcolo delle reazioni vincolari

SAP2000:

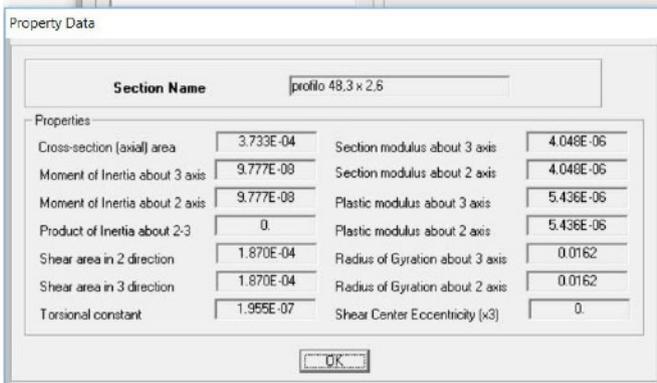
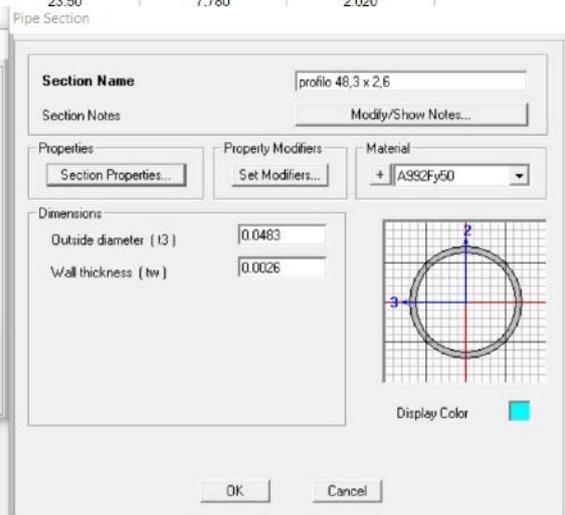
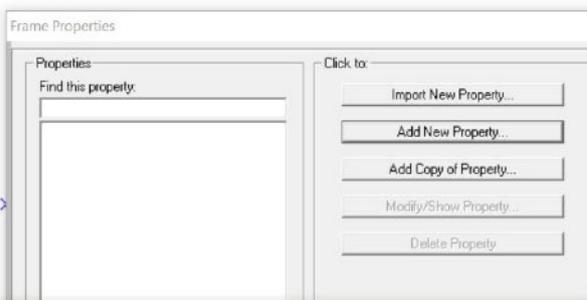
1. Scegliamo una sezione iniziale dei tubolari (facendo riferimento alla snellezza)
2. Usiamo il Load Pattern di default, che studia il peso proprio della struttura
3. Facciamo partire l'analisi ed esportiamo la tabella dei valori delle reazioni vincolari

Tubi in Acciaio a sezione circolare



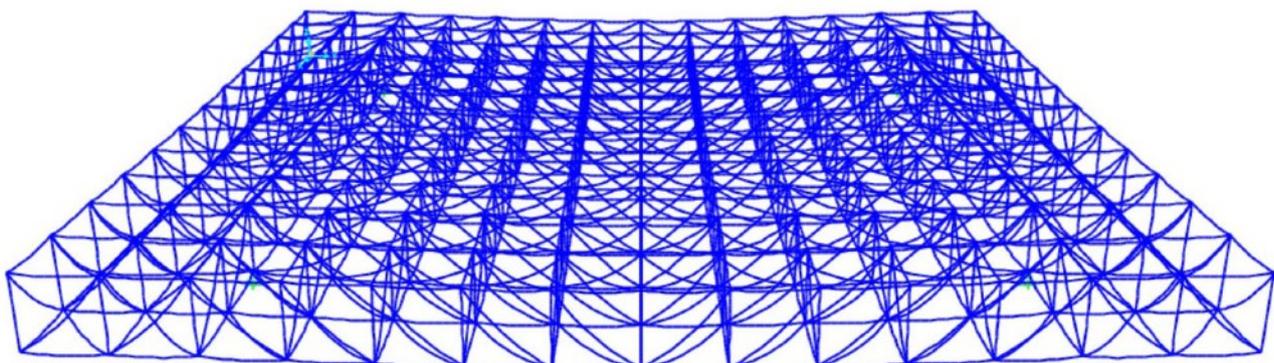
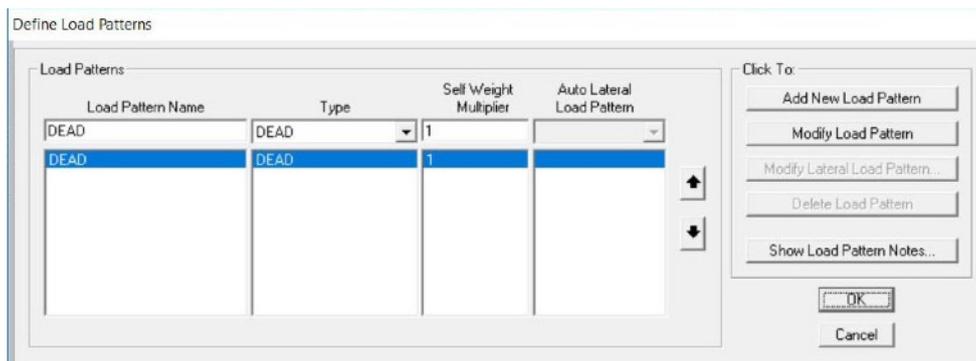
1

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



NOTA: SAP2000 potrebbe non avere gli stessi prodotti o le stesse dimensioni che ci fornisce il sito di Oppo. Nel nostro caso infatti abbiamo inserito noi le dimensioni del tubolare scelto (soltanto Outside diameter e Wall thickness, perché le altre sono calcolate automaticamente di conseguenza).

2



3

TABLE: Joint Reactions								
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
7	DEAD	LinStatic	4.428	14.76	41.076	0	0	0
31	DEAD	LinStatic	4.428	-14.76	41.076	0	0	0
117	DEAD	LinStatic	-4.428	14.76	41.076	0	0	0
141	DEAD	LinStatic	-4.428	-14.76	41.076	0	0	0

164.304

FASE 3

Calcolo dei carichi sui nodi della struttura stessa e di quella portata

EXCEL

1. Importiamo in Excel
2. Sommiamo le reazioni vincolari: il valore risultante corrisponde al peso proprio della struttura
3. Calcoliamo la ripartizione del peso proprio di tutta la struttura su ogni nodo
4. Studiamo le aree di influenza di un solaio gravante sulla struttura
5. Moltiplichiamo il peso al metroquadrato del solaio per le aree di influenza
6. Calcoliamo il peso approssimativo dei pilastri gravanti sulla struttura
7. Sommiamo il peso di ogni pilastro con il peso della relativa area di solaio
8. Sommiamo le azioni sui singoli nodi per peso proprio e per carico gravante sulla struttura

1

Struttura RETICOLARE 3D					
Telaio		X	Y	Z	
Campate	-	14	12	1	
Dimensioni	m	3	3	3	
Numero Elementi		Centrali	Laterali	Angolari	Totali
Pilastri	-	143	48	4	195
Peso Struttura	kN				164,30
Percentuale Peso su Nodo	-	0,77	0,21	0,01	
Peso su Nodo	kN	0,89	0,73	0,45	
Struttura SOTTOSTANTE					
Telaio		X	Y	Z	
Campate	-	7	5	2	
Dimensioni	m	6	6	3,5	
Pilastro		X	Y	Z	
Dimensioni	m	0,3	0,3	7	
Peso Specifico	kN/m ³				25
Peso	kN				15,75
Solaio					
Dimensioni	m ²	1260			
Peso Specifico	kN/m ²				10
Numero Elementi		Centrali	Laterali	Angolari	Totali
Pilastri	-	24	20	4	48
Peso Solaio	kN				12600
Percentuale Peso su Pilastro	-	1,00	0,50	0,25	
Peso Solaio su Pilastro	kN	360,00	180,00	90,00	12600
Peso Pilastro	kN	15,75	15,75	15,75	
Peso della struttura su Nodo	kN	361,00	180,50	90,25	
Peso Totale su Nodo	kN	361,89	181,23	90,70	

3

4

5

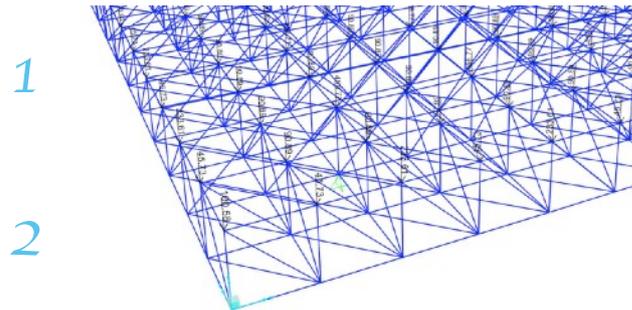
NOTA:

Per studiare la distribuzione del peso proprio della struttura reticolare sui singoli nodi abbiamo effettuato un'altra prova di carico ponendo ad ogni nodo inferiore della trave reticolare un vincolo di tipo cerniera. Dalle reazioni vincolari otteniamo il valore cercato.

FASE 4 Calcolo degli sforzi sugli elementi lineari

SAP2000:

1. Impostiamo una nuova Load Pattern in cui ogni nodo viene caricato con una forza concentrata, verso il basso, del valore corrispondente alla somma appena calcolata (che avrà valori differenti in relazione alla posizione del nodo)
2. Facciamo partire l'analisi ed esportiamo le tabelle dei valori delle azioni interne ai singoli elementi lineari



FASE 5 Nuovo dimensionamento

EXCEL:

1. Calcoliamo il valore di area minima della sezione del tubolare più sollecitato e verificiamo che l'area della sezione scelta nel predimensionamento verifichi la condizione.
2. Verifichiamo anche che le aste compresse non subiscano il fenomeno dell'instabilità euleriana. Lo facciamo attraverso il calcolo del valore minimo del raggio di inerzia di ogni asta.
3. Ora che abbiamo i due valori da rispettare (A_{min} e R_{0min}) possiamo dimensionare le componenti della trave reticolare. Possiamo utilizzare sezioni diverse per elementi che hanno diverso sforzo. E' conveniente quindi scegliere poche utili sezioni delle aste e suddividere tutti gli elementi della trave in dei gruppi in base ai valori ottenuti.

SCELTA DEGLI ELEMENTI VERTICALI								Scelta per Area Minima		Scelta per Raggio d'Inerzia minimo		Scelta per Momento d'Inerzia minimo		
NOME ELEMENTO	N	l	β	E	f_{yk}	γ_m	f_d	λ	A_{min}	TUBO CAVO	R_{0min}	TUBO CAVO	I_{min}	TUBO CAVO
	kN	m	-	MPa	MPa	-	MPa	-	cm ²		cm		cm ⁴	
4	-1715,056	3,00	1,00	210000,00	235	1,05	223,81	96,23	76,63	88,9x3,2	3,12	88,9x3,2	744,74	168,3x4,5
16	-1715,056	3,00	1,00						76,63	88,9x3,2	3,12	88,9x3,2	744,74	168,3x4,5
59	-1715,056	3,00	1,00						76,63	88,9x3,2	3,12	88,9x3,2	744,74	168,3x4,5
71	-1715,056	3,00	1,00						76,63	88,9x3,2	3,12	88,9x3,2	744,74	168,3x4,5
46	-1258,593	3,00	1,00						56,24	88,9x3,2	3,12	88,9x3,2	546,52	168,3x3,2
52	-1258,593	3,00	1,00						56,24	88,9x3,2	3,12	88,9x3,2	546,52	168,3x3,2
8	-1249,112	3,00	1,00						55,81	88,9x3,2	3,12	88,9x3,2	542,41	168,3x3,2
20	-1249,112	3,00	1,00						55,81	88,9x3,2	3,12	88,9x3,2	542,41	168,3x3,2
63	-1249,112	3,00	1,00						55,81	88,9x3,2	3,12	88,9x3,2	542,41	168,3x3,2
75	-1249,112	3,00	1,00						55,81	88,9x3,2	3,12	88,9x3,2	542,41	168,3x3,2
24	-1247,643	3,00	1,00						55,75	88,9x3,2	3,12	88,9x3,2	541,77	168,3x3,2
30	-1247,643	3,00	1,00						55,75	88,9x3,2	3,12	88,9x3,2	541,77	168,3x3,2
79	-1247,643	3,00	1,00						55,75	88,9x3,2	3,12	88,9x3,2	541,77	168,3x3,2
85	-1247,643	3,00	1,00						55,75	88,9x3,2	3,12	88,9x3,2	541,77	168,3x3,2
12	-1147,569	3,00	1,00						51,27	76,1x2,9	3,12	88,9x3,2	498,31	168,3x3,2
67	-1147,569	3,00	1,00						51,27	76,1x2,9	3,12	88,9x3,2	498,31	168,3x3,2
25	-545,186	3,00	1,00						24,36	60,3x3,2	3,12	88,9x3,2	236,74	139,7x2,9
31	-545,186	3,00	1,00						24,36	60,3x3,2	3,12	88,9x3,2	236,74	139,7x2,9
80	-545,186	3,00	1,00						24,36	60,3x3,2	3,12	88,9x3,2	236,74	139,7x2,9
86	-545,186	3,00	1,00						24,36	60,3x3,2	3,12	88,9x3,2	236,74	139,7x2,9
27	-510,207	3,00	1,00						22,80	76,1x2,6	3,12	88,9x3,2	221,55	114,3x4,5
33	-510,207	3,00	1,00						22,80	76,1x2,6	3,12	88,9x3,2	221,55	114,3x4,5
82	-510,207	3,00	1,00						22,80	76,1x2,6	3,12	88,9x3,2	221,55	114,3x4,5

TUBI SCELTI	TUBO CAVO	Verticali	Orizzontali	Diagonali	Totale
	33,7x2,6	0	0	0	0
	33,7x2,9	0	122	110	232
410	33,7x3,2	4	4	170	178
	42,4x2,6	0	180	0	180
	42,4x2,9	0	12	14	26
210	42,4x3,2	0	0	4	4
	48,3x2,6	0	8	4	12
	48,3x2,9	0	8	60	68
	48,3x3,2	0	0	0	0
	60,3x2,9	0	4	6	10
120	60,3x3,2	0	0	30	30
	60,3x3,6	0	0	0	0
	76,1x2,6	0	0	0	0
	76,1x2,9	0	0	0	0
	76,1x3,2	0	0	0	0
	76,1x3,6	0	0	0	0
	88,9x2,6	0	0	2	2
	88,9x3,2	67	240	0	307
	88,9x3,6	4	10	0	14
367	88,9x4,0	16	28	0	44
	114,3x3,6	68	92	0	160
	114,3x4,0	6	0	282	288
466	114,3x4,5	10	8	0	18
	139,7x2,9	4	8	0	12
	139,7x3,6	0	0	0	0
	139,7x4,0	0	0	0	0
	139,7x4,5	0	0	0	0
28	168,3x3,2	12	0	4	16
	168,3x4,0	0	0	4	4
	168,3x4,5	4	0	0	4
	168,3x5,0	0	0	4	4
16	219,1x4,0	0	0	4	4
	219,1x5,0	0	0	0	0
	219,1x5,9	0	0	0	0
	273,0x4,0	0	0	0	0
	273,0x5,6	0	0	0	0
	273,0x6,3	0	0	0	0

TUBI SCELTI	TUBO CAVO	Verticali	Orizzontali	Diagonali	Totale	β	$\lambda < 200$	$\lambda < 200$
						1,00	m	m
	33,7x2,6	0	0	0	0		272,7	385,7
	33,7x2,9	0	122	110	232		275,2	399,2
	33,7x3,2	4	4	170	178		275,2	399,2
	42,4x2,6	0	180	0	180		212,8	300,9
	42,4x2,9	0	12	14	26		214,3	303,0
	42,4x3,2	0	0	4	4		215,8	305,2
	48,3x2,6	0	8	4	12		185,2	261,9
	48,3x2,9	0	8	60	68		186,3	263,5
	48,3x3,2	0	0	0	0		187,5	265,2
	60,3x2,9	0	4	6	10		147,8	209,0
	60,3x3,2	0	0	30	30		148,5	210,0
	60,3x3,6	0	0	0	0		149,3	211,1
740	76,1x2,6	0	0	0	0		115,4	163,2
	76,1x2,9	0	0	0	0		115,8	163,8
	76,1x3,2	0	0	0	0		116,3	164,4
	76,1x3,6	0	0	0	0		116,7	165,1
	88,9x2,6	0	0	2	2		96,4	139,1
	88,9x3,2	67	240	0	307		99,0	140,0
	88,9x3,6	4	10	0	14		96,3	140,5
367	88,9x4,0	16	28	0	44		100,0	141,4
	114,3x3,6	68	92	0	160		76,5	108,2
	114,3x4,0	6	0	282	288		76,9	108,8
466	114,3x4,5	10	8	0	18		77,1	109,1
	139,7x2,9	4	8	0	12		62,0	87,7
	139,7x3,6	0	0	0	0		62,4	88,2
	139,7x4,0	0	0	0	0		62,5	88,4
	139,7x4,5	0	0	0	0		62,8	88,8
28	168,3x3,2	12	0	4	16		51,4	72,6
	168,3x4,0	0	0	4	4		51,6	73,0
	168,3x4,5	4	0	0	4		51,8	73,3
	168,3x5,0	0	0	4	4		51,9	73,4
16	219,1x4,0	0	0	4	4		39,4	55,8
	219,1x5,0	0	0	0	0		39,6	56,0
	219,1x5,9	0	0	0	0		39,8	56,3
	273,0x4,0	0	0	0	0		31,5	44,8
	273,0x5,6	0	0	0	0		31,7	44,8
	273,0x6,3	0	0	0	0		31,8	45,0

NOTA:

Dopo aver scelto le famiglie di sezioni da utilizzare per la struttura reticolare facciamo una ulteriore verifica alla snellezza. Per le aste compresse quindi non sarà possibile utilizzare alcune sezioni dipendentemente dalla lunghezza dell'asta stessa. Per tutte le aste che non verificano la snellezza si sceglierà la prima sezione valida.

FASE 6
Verifica

SAP2000:

1. Nuovamente impostiamo delle sezioni, questa volta però sono varie, come abbiamo deciso nella fase precedente
2. Lanciamo l'analisi e verifichiamo che i risultati ottenuti di Area minima e di Raggio di Inerzia minimo siano soddisfatti per ogni asta