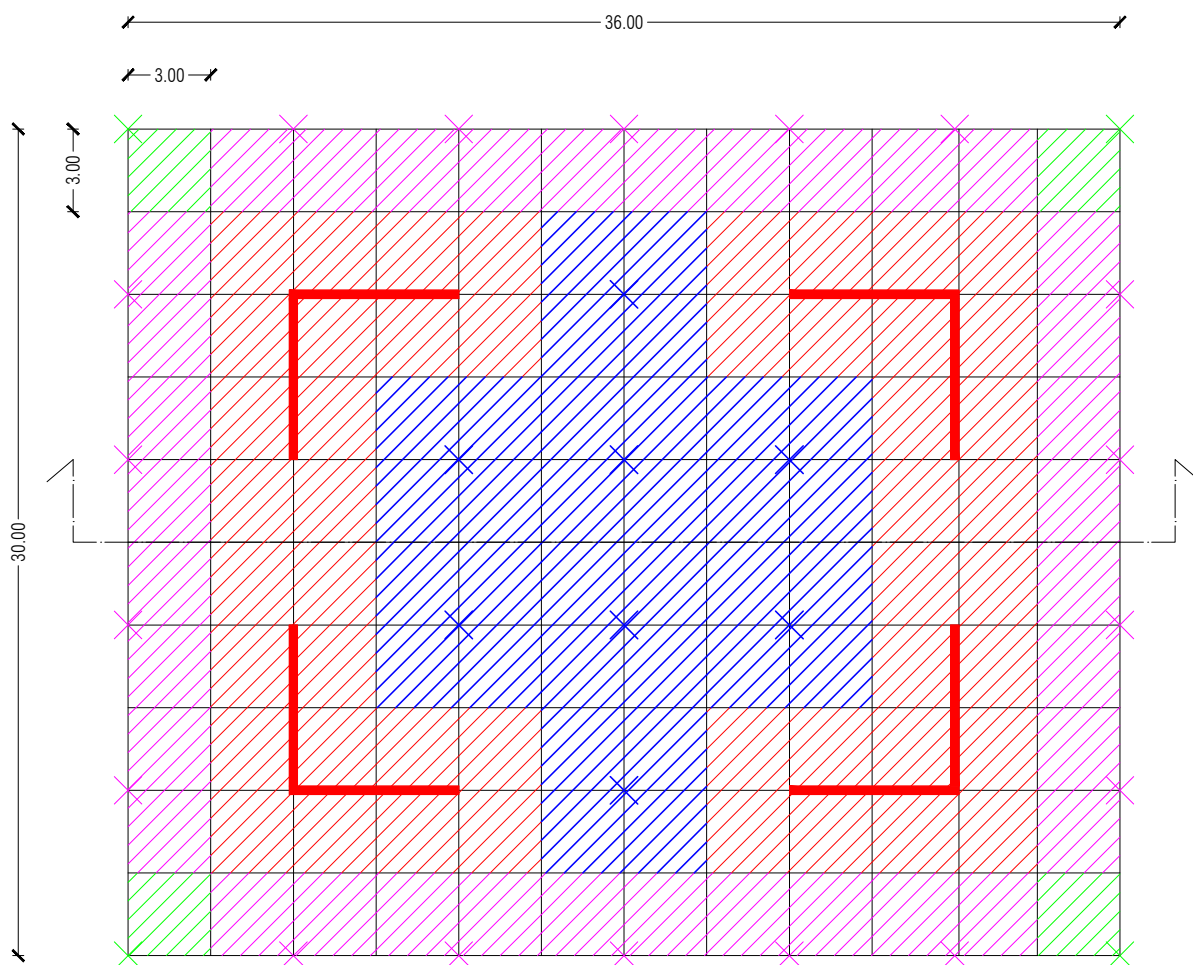
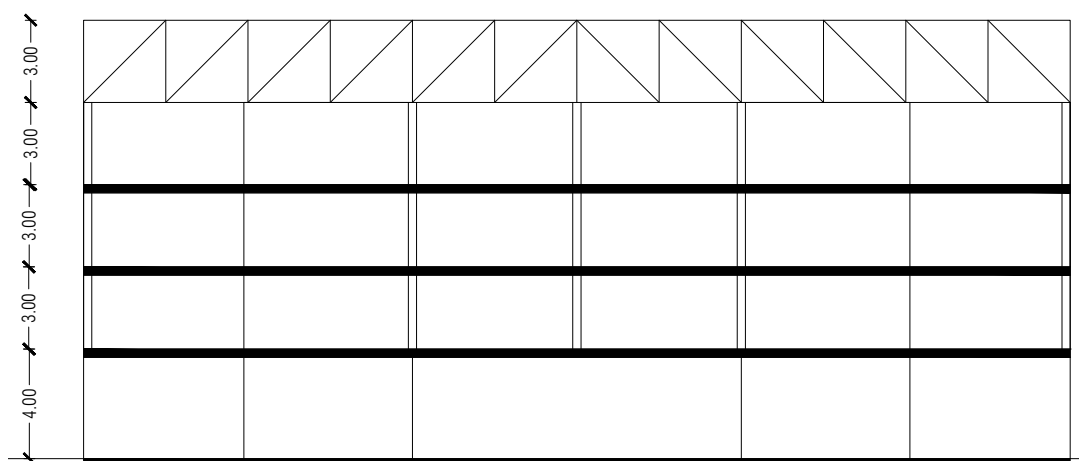


ES.2: PROGETTO DI UNA TRAVATURA RETICOLARE SPAZIALE

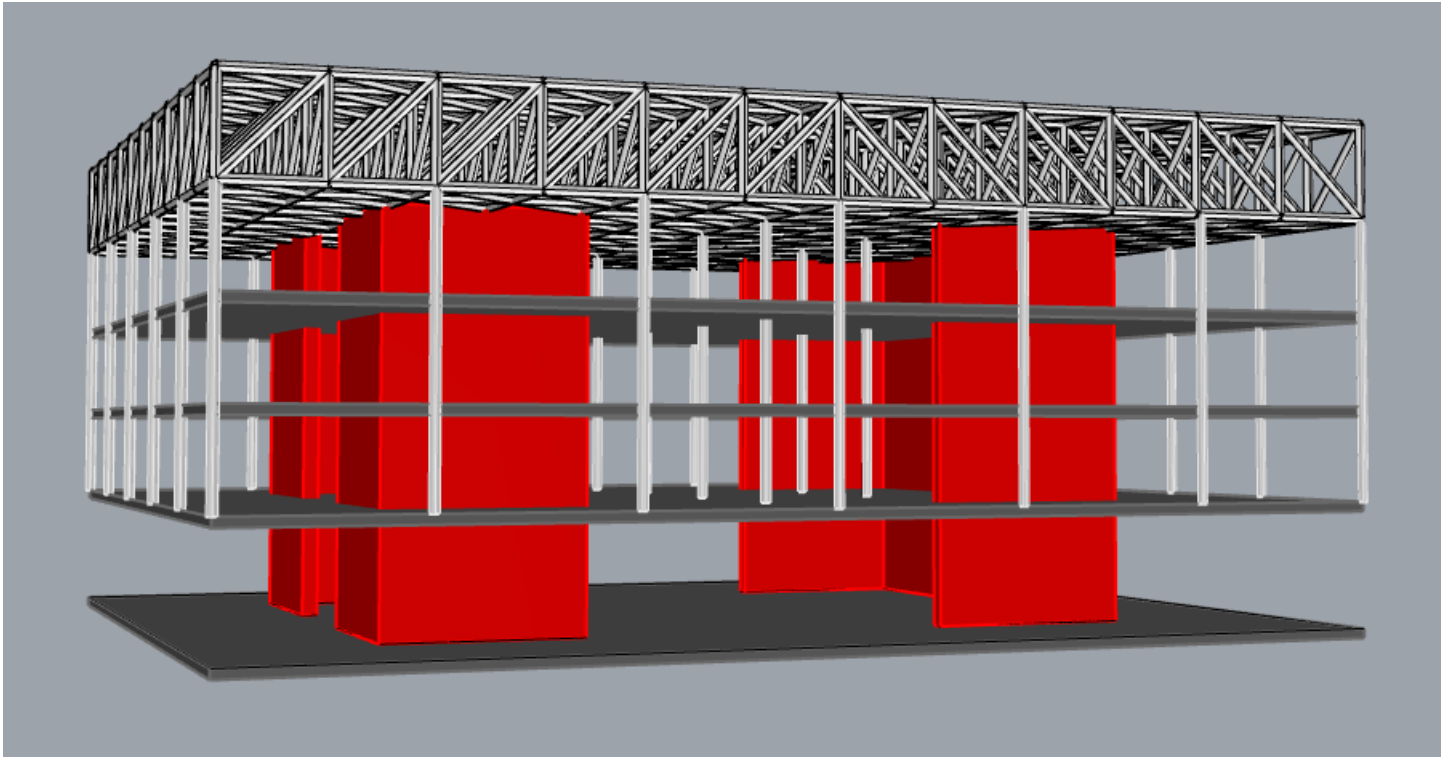
Nell'esercitazione qui presente si è dimensionata una copertura reticolare di un edificio multipiano con un modulo di dimensione 3x3 m ed un interasse, scandito dai tiranti, di 6x6 m. In primo luogo si è definita la pianta dell'edificio in questione, adottando la forma di un rettangolo di dimensione 36x30 m avente quattro setti angolari alle estremità che sorreggono la struttura. Riportato su CAD il modello, si sono definite le aree di influenza dei nodi divisi in tre categorie (nodi centrali, angolari e perimetrali) e si è scelto il tipo di acciaio considerato, l's355.



Pianta della struttura con regioni di influenza

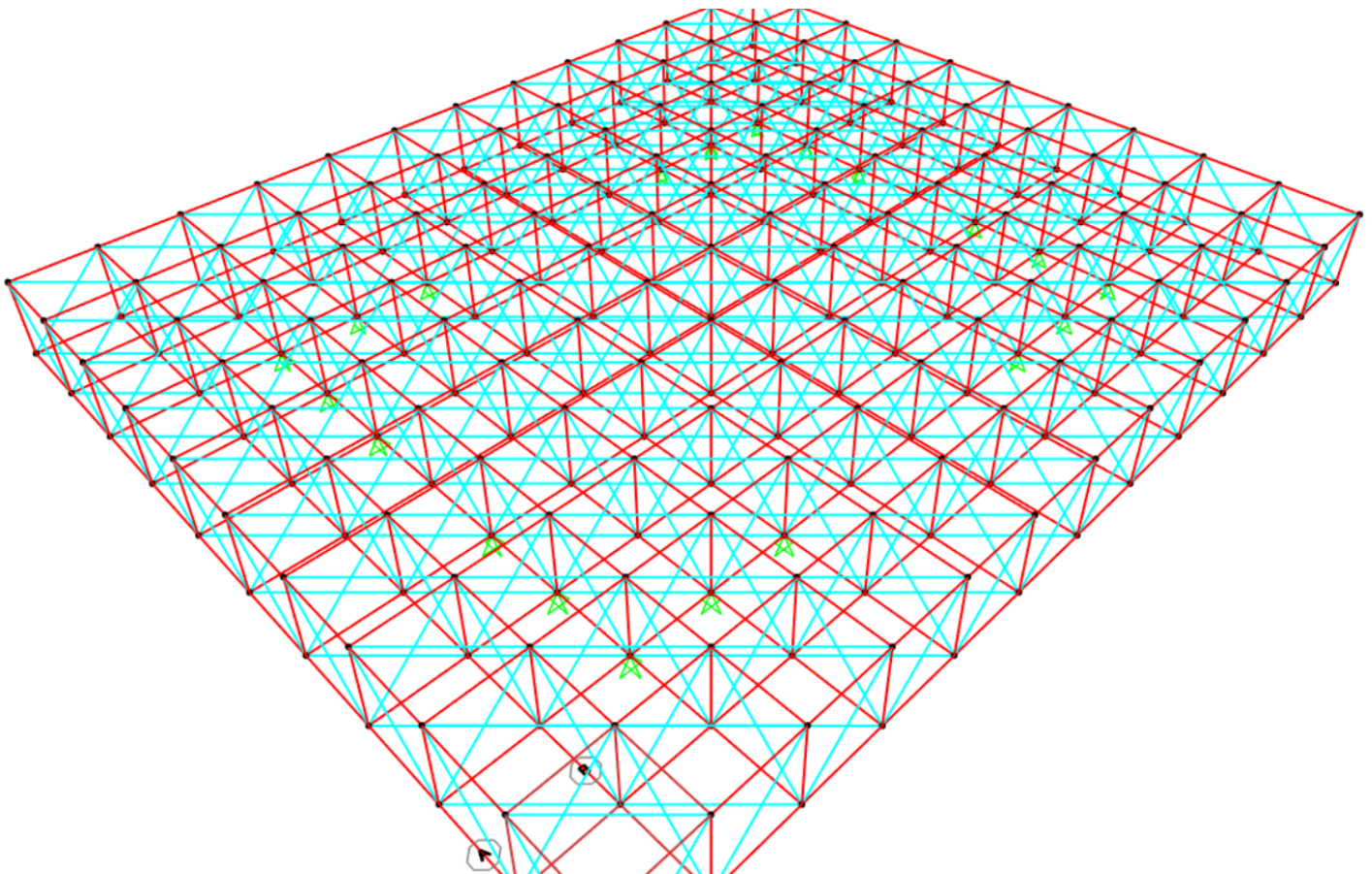


Sezione della struttura



Modello 3d della struttura in Rhino

Si è poi ridisegnata la travatura reticolare in Sap, definendo il tipo di sezione considerata per le aste oblique e per le aste dritte: un profilo tubolare D406,4 x 6,3 mm per le prime e D355,6 x 6,3 mm per le seconde. Successivamente sono stati applicati i nodi interni e i vincoli esterni (cerniere) in corrispondenza dei setti.



Modello della travatura reticolare in SAP2000

Dimensionamento delle aste

Per dimensionare le aste si è partito dal determinare le forze agenti sui diversi nodi. In questo caso si è utilizzato il carico q a SLU già definito nell'esercitazione precedente e pari a $14,30 \text{ KN/m}^2$. Tale carico è stato reso puntiforme moltiplicandolo per l'area della piastra ed è successivamente è stato moltiplicato per il numero di piani. A questo nuovo risultato è stato sommato il peso proprio della piastra, ricavato da un'analisi in SAP in cui è stata considerata la sola condizione di carico "DEAD".

$$F_{\text{tot}} = (14,30 \text{ KN/m}^2 \times 30\text{m} \times 36\text{m} \times 3) + 2.362,977 \text{ KN} = 48.694,977 \text{ KN}$$

Da quest'ultima cifra ottenuta, ossia la forza totale puntuale applicata sulla piastra, si sono ricavate le singole forze applicate sulle diverse tipologie di nodi: F_{NC} sui nodi centrali, F_{NP} sui nodi perimetrali e F_{NA} sui nodi angolari.

$$F_{\text{tot}} = 99 F + 40 F/2 + 4 F/4$$

$$F_{\text{tot}} = (99 + 20 + 1) F$$

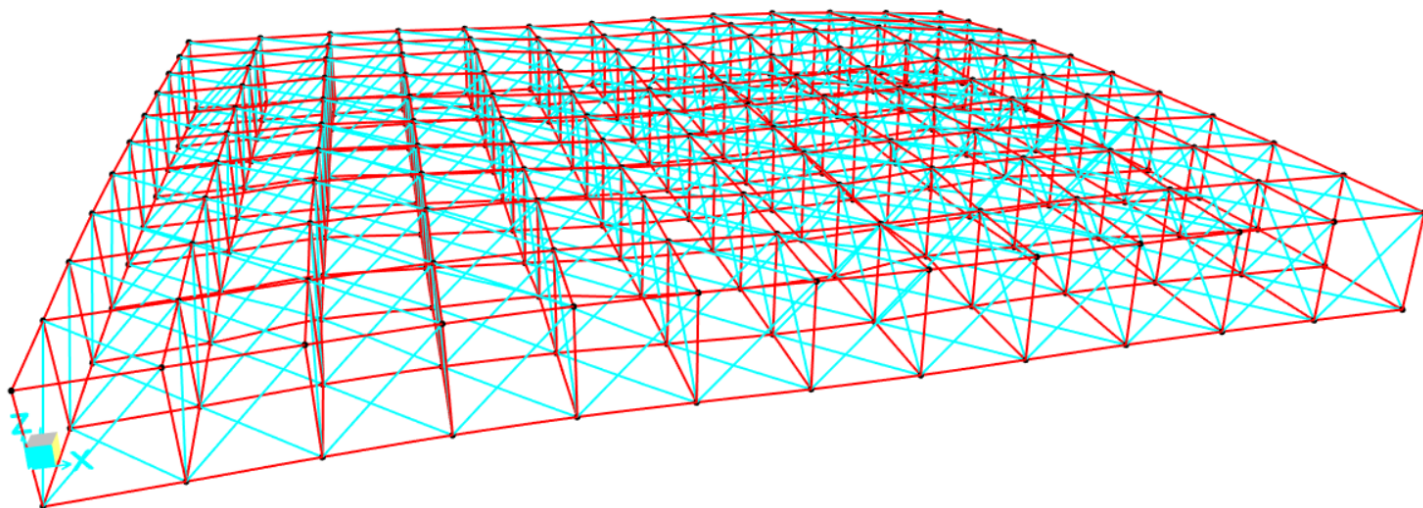
$$F_{\text{tot}} = 120 F$$

$$F_{\text{NC}} = F_{\text{tot}}/120 = 405,8 \text{ KN}$$

$$F_{\text{NP}} = F_{\text{NC}}/2 = 202,9 \text{ KN}$$

$$F_{\text{NA}} = F_{\text{NC}}/4 = 101,45 \text{ KN}$$

Facendo correre l'analisi con quest'ultima condizione di carico, si sono potute redigere le tabelle relative alle sollecitazioni normali nelle singole aste. In queste tabelle le aste sono state divise in categorie che variano a seconda del range di sforzo normale considerato, sia per trazione che per compressione. Lo sforzo normale maggiore di ogni range è stato utilizzato per dimensionare la relativa asta che successivamente è stata ingegnerizzata tramite i profilari.



Configurazione deformata a SLU

Una volta dimensionate tutte le aste abbiamo potuto notare come il modello approssimasse già le sezioni definite in maniera piuttosto accurata. Ciò ha reso possibile mantenere il modello già realizzato e supportare quindi il dimensionamento come verificato.

Nel caso ciò non fosse stato possibile, si sarebbero dovuti sostituire i profili usati con altri che approssimasero adeguatamente quelli determinati in fase di dimensionamento e successivamente eseguire una verifica con i nuovi dati.

Sforzo di compressione per le aste dritte

TABLE: Element Forces - Frames				
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P
720		0 F	LinStatic	-2338,695
774		0 F	LinStatic	-2236,37
926		0 F	LinStatic	-1026,729
164		0 F	LinStatic	-1014,109
814		0 F	LinStatic	-994,829
304		0 F	LinStatic	-982,191
82		0 F	LinStatic	-502,746
182		0 F	LinStatic	-500,795
689		0 F	LinStatic	-492,869
333		0 F	LinStatic	-484,771
805		0 F	LinStatic	-302,181
711		0 F	LinStatic	-301,114
39		0 F	LinStatic	-299,536
337		0 F	LinStatic	-298,85
961		0 F	LinStatic	0
963		0 F	LinStatic	0

Sforzo di compressione per le aste oblique

TABLE: Element Forces - Frames				
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P
486		0 F	LinStatic	-1965,866
432		0 F	LinStatic	-1952,407
280		0 F	LinStatic	-1092,016
309		0 F	LinStatic	-1065,477
1041		0 F	LinStatic	-978,814
819		0 F	LinStatic	-920,653
356		0 F	LinStatic	-503,619
514		0 F	LinStatic	-501,791
244		0 F	LinStatic	-498,899
526		0 F	LinStatic	-490,547
339		0 F	LinStatic	-305,094
1090		0 F	LinStatic	-301,374
253		0 F	LinStatic	-295,68
921		0 F	LinStatic	-293,673
254		0 F	LinStatic	0
957		0 F	LinStatic	0

Sforzo di trazione per le aste dritte

TABLE: Element Forces - Frames				
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P
785	0	F	LinStatic	1002,077
355	0	F	LinStatic	951,581
436	0	F	LinStatic	724,139
342	0	F	LinStatic	712,296
284	0	F	LinStatic	693,807
353	0	F	LinStatic	676,74
1143	0	F	LinStatic	403,043
558	0	F	LinStatic	400,954
268	0	F	LinStatic	397,829
1063	0	F	LinStatic	385,377
184	0	F	LinStatic	205,782
757	0	F	LinStatic	202,289
136	0	F	LinStatic	195,531
915	0	F	LinStatic	194,803
679	0	F	LinStatic	105,459
982	0	F	LinStatic	104,949
1148	0	F	LinStatic	98,807
551	0	F	LinStatic	98,385
13	0	F	LinStatic	2,234
38	0	F	LinStatic	0,997

Sforzo di trazione per le aste oblique

TABLE: Element Forces - Frames				
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P
714	0	F	LinStatic	1465,412
768	0	F	LinStatic	1431,586
168	0	F	LinStatic	916,961
777	0	F	LinStatic	910,009
195	0	F	LinStatic	849,676
300	0	F	LinStatic	823,794
282	0	F	LinStatic	519,07
498	0	F	LinStatic	510,69
947	0	F	LinStatic	496,372
958	0	F	LinStatic	493,488
198	0	F	LinStatic	252,76
72	0	F	LinStatic	252,29
1156	0	F	LinStatic	247,867
905	0	F	LinStatic	247,42
4	0	F	LinStatic	103,427
489	0	F	LinStatic	100,23
705	0	F	LinStatic	98,727
1120	0	F	LinStatic	98,037
1138	0	F	LinStatic	1,208
601	0	F	LinStatic	0,172

Dimensionamento delle aste a compressione e trazione

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)			
ASTE DRITTE														
N	fyk	γ _{m0}	f _{yd}	A _{min}	E	beta	l	Lam*	rho_min	I _{min}	A _{design}	I _{design}	rho_min	lam
kN	N/mm2		N/mm2	cm2	Mpa		m		cm	cm4	cm2	cm4	cm	
-2338,70	355,00	1,05	338,10	69,17	210000,00	1,00	3,00	78,30	3,83	1016	70,7	8869	11,20	26,79
-994,83	355,00	1,05	338,10	29,42	210000,00	1,00	3,00	78,30	3,83	432	33,6	1928	7,57	39,63
-492,87	355,00	1,05	338,10	14,58	210000,00	1,00	3,00	78,30	3,83	214	15,4	357	4,81	62,37
-299,54	355,00	1,05	338,10	8,86	210000,00	1,00	3,00	78,30	3,83	130	9,7	88	3,02	99,34
ASTE INCLINATE														
N	fyk	γ _{m0}	f _{yd}	A _{min}	E	beta	l	Lam*	rho_min	I _{min}	A _{design}	I _{design}	rho_min	lam
kN	N/mm2		N/mm2	cm2	Mpa		m		cm	cm4	cm2	cm4	cm	
-1965,866	355,00	1,05	338,10	58,15	210000,00	1,00	4,24	78,30	5,42	1707	58,9	7453	11,20	37,88
-978,814	355,00	1,05	338,10	28,95	210000,00	1,00	4,24	78,30	5,42	850	33,6	1928	7,57	56,05
-498,899	355,00	1,05	338,10	14,76	210000,00	1,00	4,24	78,30	5,42	433	15,4	357	4,81	88,20
-295,68	355,00	1,05	338,10	8,75	210000,00	1,00	4,24	78,30	5,42	257	9,7	88	3,02	140,48

Calcolo dell'area minima da sforzo normale di trazione					
N	fyk	γ _m	f _d	A _{min}	A _{design}
kN	Mpa		Mpa	cm2	cm2
ASTE DRITTE					
1002,077	355,00	1,05	338,10	29,64	33,60
693,81	355,00	1,05	338,10	20,52	20,60
397,83	355,00	1,05	338,10	11,77	12,50
195,53	355,00	1,05	338,10	5,78	6,00
98,81	355,00	1,05	338,10	2,92	3,07
ASTE INCLINATE					
1465,412	355,00	1,05	338,10	43,34	47,00
849,676	355,00	1,05	338,10	25,13	25,70
496,372	355,00	1,05	338,10	14,68	15,40
247,867	355,00	1,05	338,10	7,33	7,33
98,727	355,00	1,05	338,10	2,92	3,07

Verifica di abbassamento allo SLE

Per quanto riguarda la verifica all'abbassamento, definita la sollecitazione superficiale allo SLE i cui carichi derivano dall'esercitazione precedente, si è ottenuto e sommato il carico puntiforme con il peso proprio della struttura. Da questo calcolo si sono tratte le sollecitazioni in ogni nodo, equivalenti a 208,15 KN per i nodi centrali, 104,08 KN per i nodi perimetrali e 52,04 KN per i nodi angolari.

$$F_{\text{tot}} = (6,98 \text{ KN/m}^2 \times 30\text{m} \times 36\text{m} \times 3) + 2.362,977 \text{ KN} = 24.978,177 \text{ KN}$$

$$F_{\text{tot}} = 99 F + 40 F/2 + 4 F/4$$

$$F_{\text{tot}} = (99 + 20 + 1) F$$

$$F_{\text{tot}} = 120 F$$

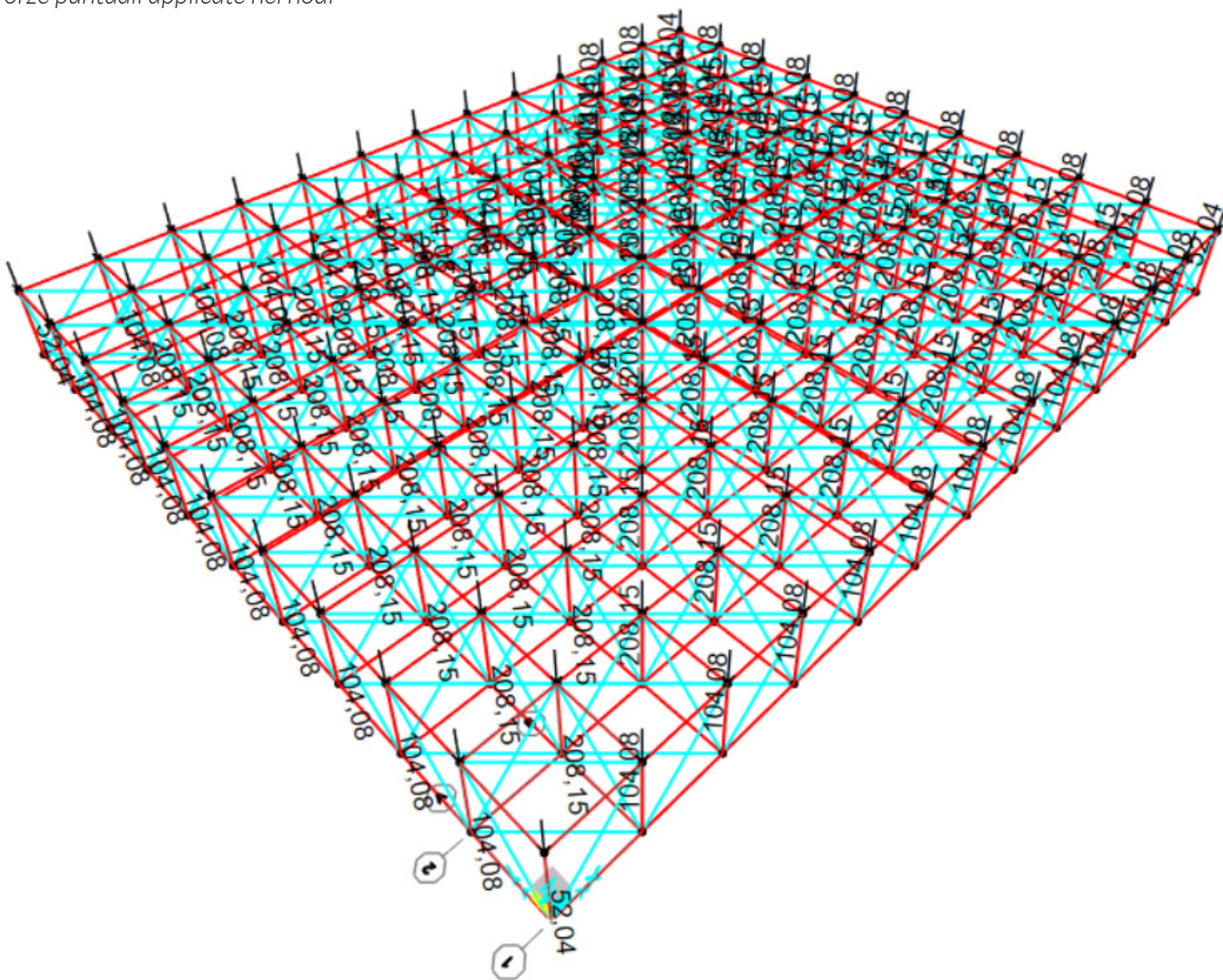
$$F_{\text{NC}} = F_{\text{tot}}/120 = 208,15 \text{ KN}$$

$$F_{\text{NP}} = F_{\text{NC}}/2 = 104,5 \text{ KN}$$

$$F_{\text{NA}} = F_{\text{NC}}/4 = 52,04 \text{ KN}$$

In SAP si è creata una condizione di carico allo SLE, inserendo le forze trovate sui diversi nodi. Svolgendo l'analisi con le condizioni precedentemente illustrate, si ricava una tabella in cui sono riportati i valori d'abbassamento dei singoli nodi. Prendendo in considerazione il valore di abbassamento maggiore, si verifica che sia minore di l/250, e nel nostro caso è 3,31 cm.

Forze puntuali applicate nei nodi



Configurazione deformata a SLE

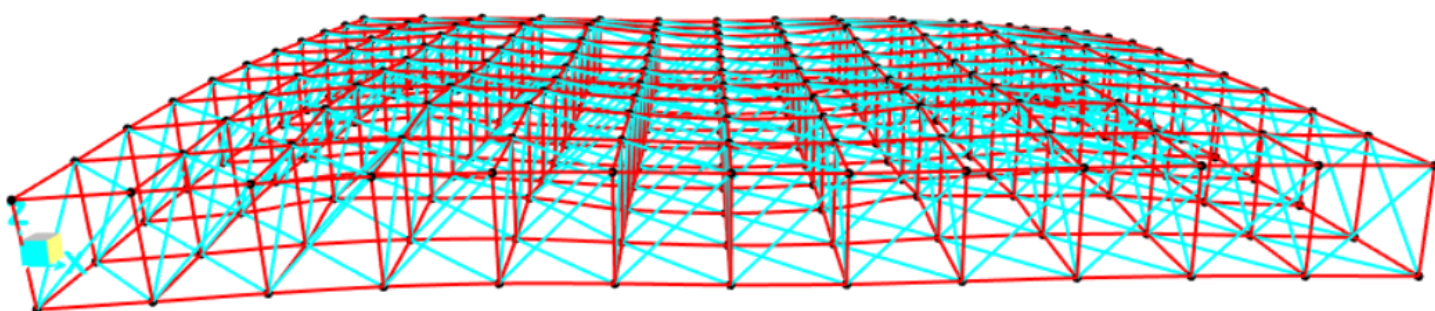


Tabella joints displacements - abbassamento massimo

TABLE: Joint Displacements								
Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
8	SLE	LinStatic	-0,000595	-0,001266	-0,017763	0,001063	-0,000847	0,000005223