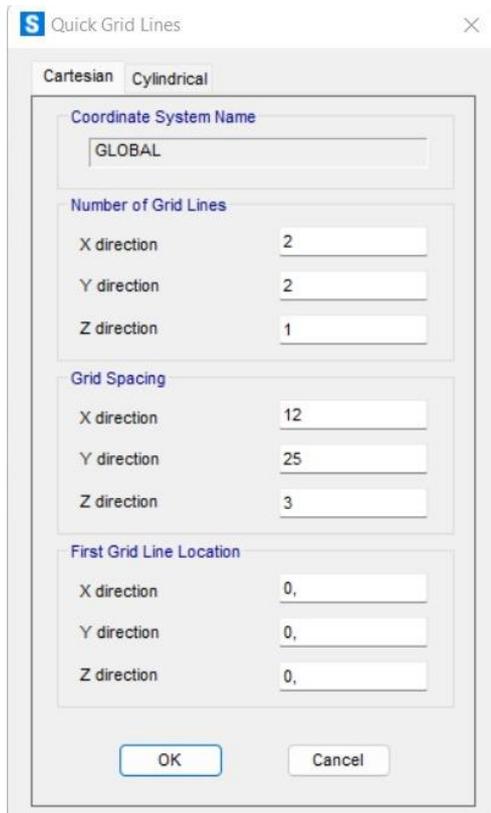


## PROGETTAZIONE DI UN GRATICCIO IN C.A. – LUDOVICA PEVERINI

Partiamo da una superficie, che è di più facile e veloce modellazione, e la utilizziamo per studiare le sollecitazioni e andare poi a dimensionare a grandi linee il graticcio.

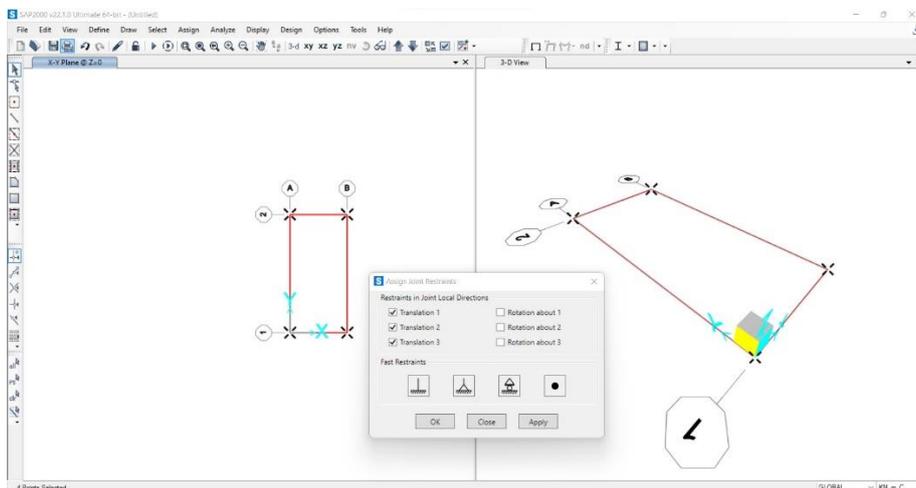
Iniziamo dunque a modellare questa superficie.

Imposto la griglia: (NEW MODEL > GRID ONLY) siccome ci basta avere gli spigoli, come numero di grid lines impostiamo x=2, y=2, z=1 (è una figura piana) e come distanza tra le linee gli diamo direttamente la dimensione del graticcio, nel nostro caso x=12 e y=25

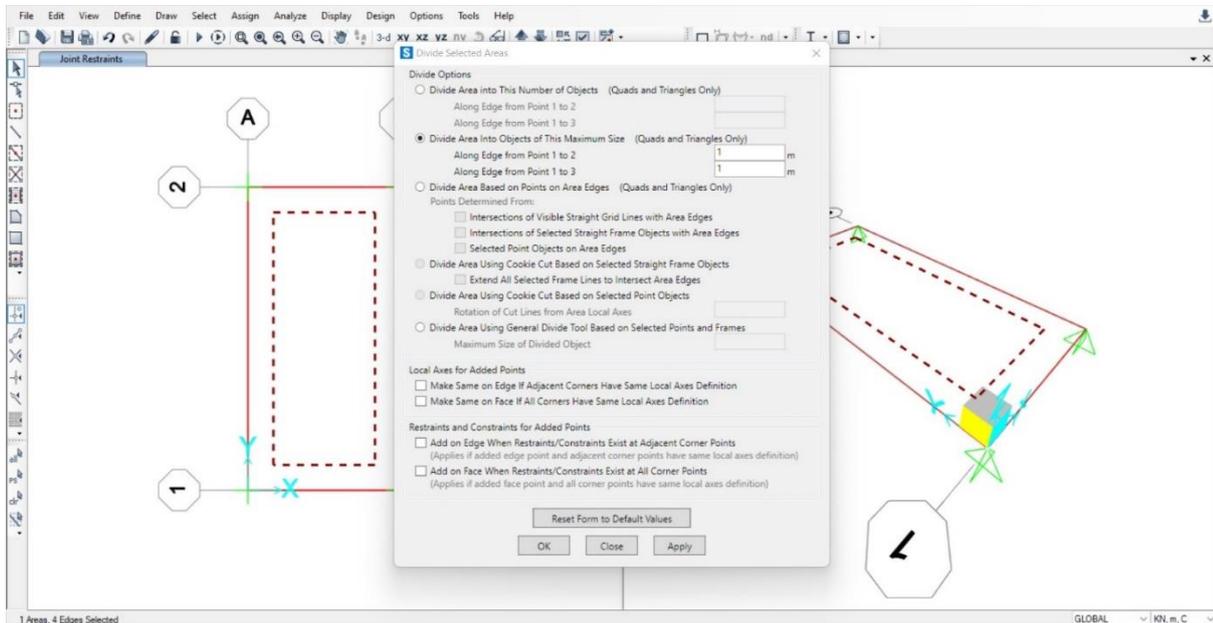


**Adesso dobbiamo andare a modellare la nostra area.** Per farlo possiamo usare o il comando DRAW POLI AREA.

**Assegno i vincoli esterni.** Mi metto nella condizione più sfavorevole assegnando 4 cerniere ai 4 angoli.

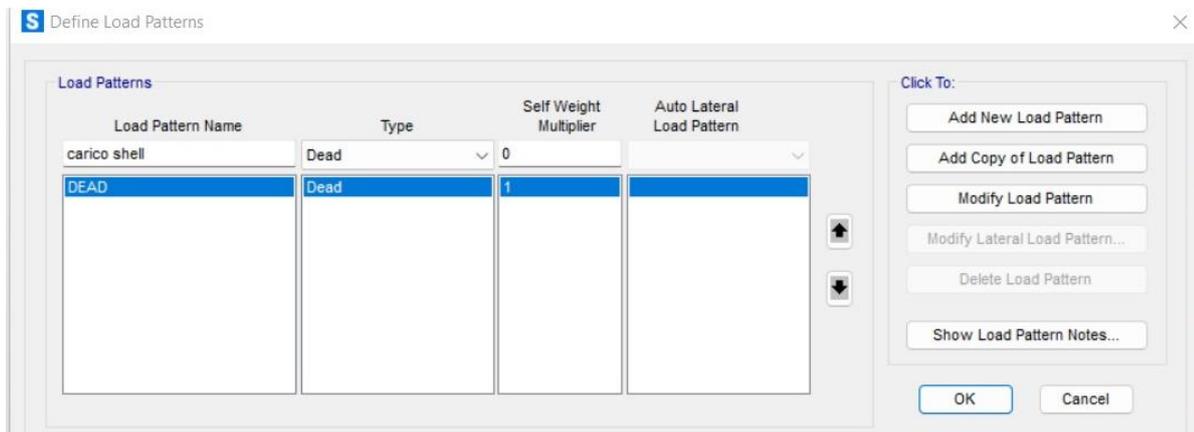


Per avere risultati più precisi e accurati mi conviene lavorare su superfici più piccole. **Devo suddividere l'area** e per farlo la devo selezionare e poi faccio EDIT> EDIT AREAS> DIVIDE AREAS e qui spuntiamo la seconda opzione (dividi area in quadrilateri che hanno al massimo una certa dimensione) e diamo 1m come valore in entrambe le caselle.



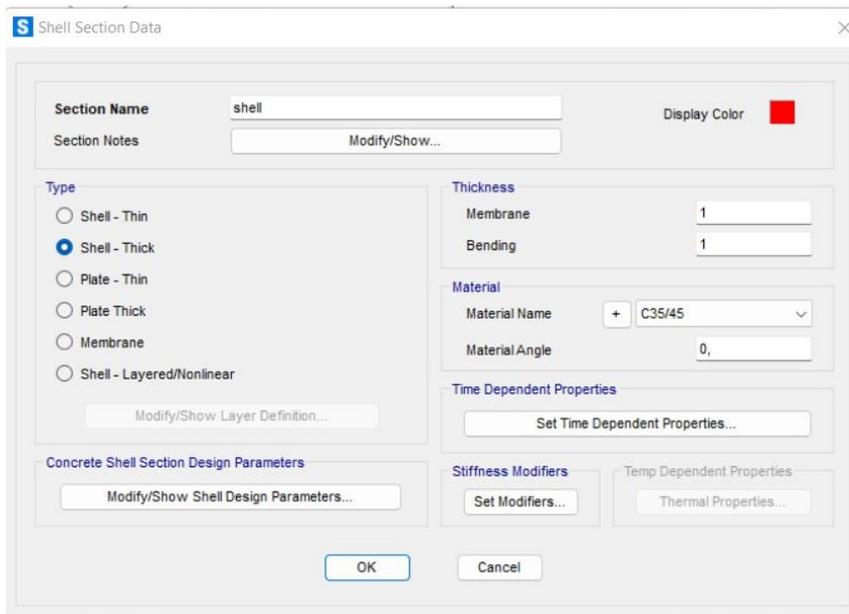
A questo punto dobbiamo capire che cosa deve portare il graticcio, se solo sé stesso o anche altri piani. Siccome deve portare sé stesso e ulteriori 3 piani con un peso di 12 KN/mq, ciò vuol dire che il carico distribuito sarà di circa 36 KN/mq.

**Andiamo a inserire il carico** (DEFINE> LOAD PATTERN e lo nominiamo "carico shell" e gli diamo un valore pari a 0)



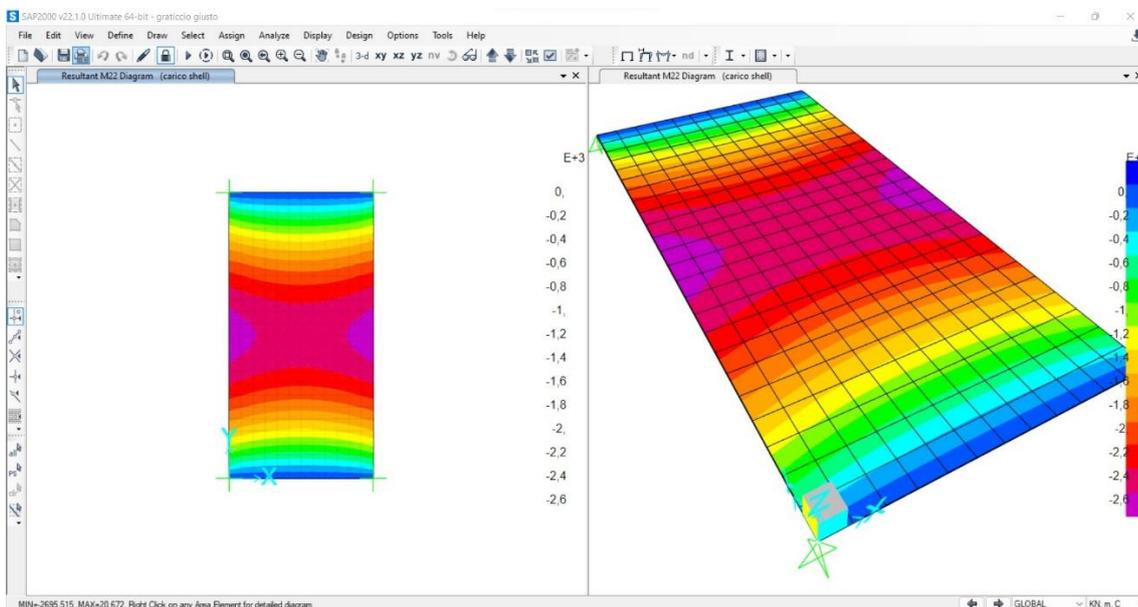
Dopodiché **devo dargli una materiale** quindi vado su (DEFINE> MATERIALS> ADD NEW MATERIAL) e mi vado a scegliere concrete con una classe un po' maggiore dell'ordinario (es. C35/45).

**Adesso assegno la sezione:** DEFINE> SECTION PROPERTIES> AREA SECTIONS e su section type lasciamo impostato shell perché prende in considerazione sia gli sforzi normali che flessionali >ADD NEW SECTION e su type mettiamo Shell thick per essere sicuri di tenere conto di tutti i fenomeni agenti sul nostro modello. Su materiale impostiamo quello che ci siamo creati prima e invece su thickness, ovvero lo spessore andiamo a impostare due valori (membrane considera gli sforzi di membrana mentre bending quelli flessionali) che nel caso della piastra saranno uguali e che noi andremo a mettere pari a 1 m.



**Assegno queste proprietà e assegno il carico (ASSIGN> AREA LOADS> UNIFORM (SHELL)),** ovvero il carico distribuito, e qui su load pattern devo mettere carico shell e su value metto 36 KN/mq.

**Faccio partire la mia analisi** e vado a vedere i risultati soltanto di carico shell. Siccome il graticcio è principalmente sollecitato a flessione andiamo a vedere i valori del momento flettente, i risultati mi vengono mostrati tramite una scala di colori. Il valore massimo lo trovo nella zona centrale verso i bordi e diminuisce andando verso il centro della superficie. Il momento di M22 è il più alto che ho (= -2695 KN m) ed è quindi quello che dovrò usare per il dimensionamento.



Per dimensionare utilizzo il file excel per il dimensionamento a flessione della trave. Nella colonna G inserisco il momento max che abbiamo trovato e lo arrotondiamo per eccesso a 2700 KN m, in Fck inserisco un valore in funzione del cls che stiamo usando ( in questo caso 35) e come base nella colonna N metto 40 cm. Inserendo questi dati mi esce che l'altezza minima della trave.

Se voglio avere come interasse del graticcio 1,5 m, che è più comodo anche da un punto di vista costruttivo, dovrò aumentare il carico agente nel dimensionamento: infatti se su un interasse di 1 m agivano 2700 KN m, su 1,5 m ne agiranno 4050 KN m. L'altezza minima sarà 171 cm.

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	
1	interasse (m)	$q_d$ (KN/m <sup>2</sup> )	$q_k$ (KN/m <sup>2</sup> )	$q_{k1}$ (KN/m <sup>2</sup> )	$q_{k2}$ (KN/m <sup>2</sup> )	$q_k$ (KN/m)	luce (m)	$M_{max}$ (KNm)	$f_{yk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{yk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{td}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{td}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta$	r	b (cm)	$h_k$ (cm)	$\delta$ (cm)	$H_{min}$ (cm)	H	H/I	area (m <sup>2</sup> )	peso unitario (K
2	4,00	3,42	2,56	2,00	45,14	8,00	2700,00	450,00	391,30	35,00	19,83	0,43	2,33	40,00	135,68	5,00	140,88	55,00	0,18	0,22		5,50
3	10,00	3,42	2,56	2,00	112,96	8,00	4050,00	450,00	391,30	35,00	19,83	0,43	2,33	40,00	166,18	5,00	171,18	52,00	0,07	0,21		5,20
4	10,00	2,00	2,00	3,00	101,00	8,00	7000,00	450,00	391,30	35,00	19,83	0,43	2,33	40,00	216,47	5,00	223,47	80,00	0,10	0,32		8,00

Dobbiamo adesso tenere un minimo in conto il peso proprio, che ha una grande influenza sul carico generale. Consideriamo che la struttura pesi sui 3000 KN/mq e quindi facciamo un dimensionamento aggiungendoli (= 7000 KN m) e dandogli come base sempre 40 cm. Mi verrà un'altezza minima di 291 cm.

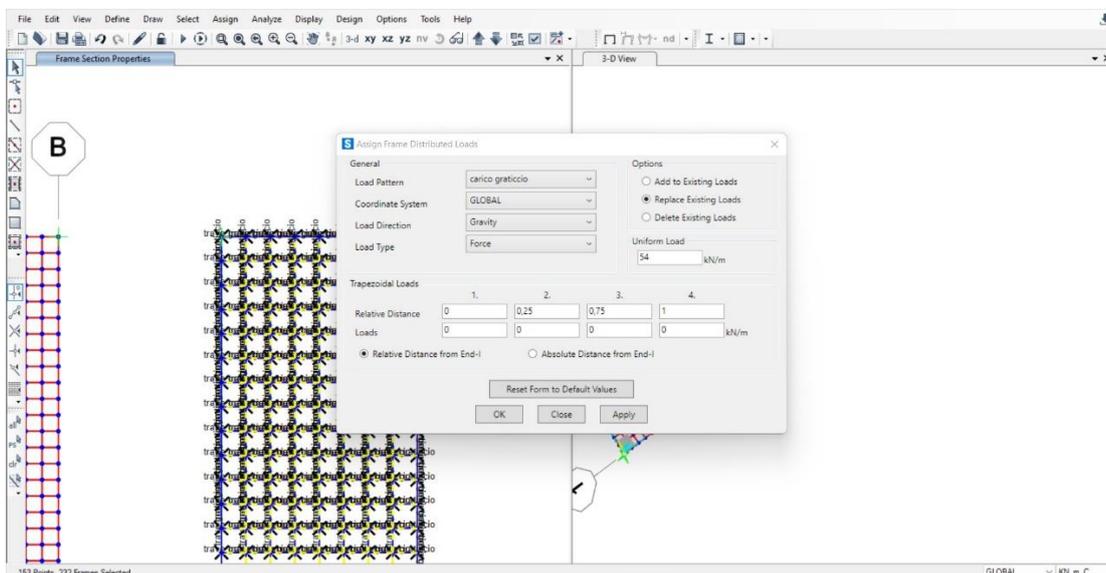
Torniamo su SAP per inserire il dimensionamento. Sblocco il modello e accanto alla superficie già fatta **modello il graticcio**.

**Vado a definire la mia nuova sezione** e inserisco le nuove dimensioni, ma lascio lo stesso cls. Per fare il mio graticcio disegno gli spigoli e con il comando REPLICATE disegno gli interassi.

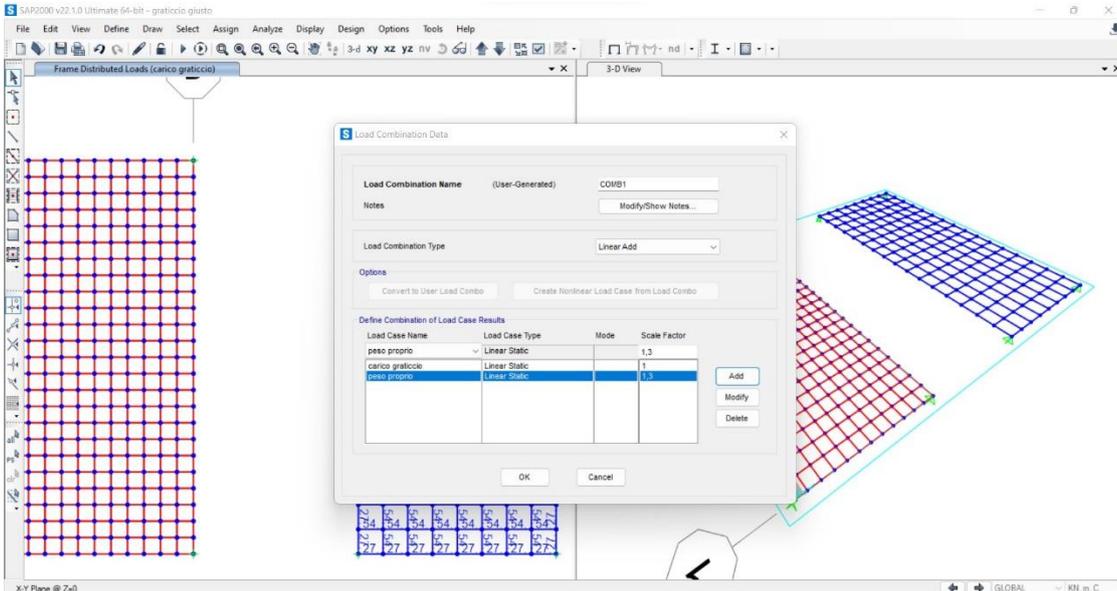
**Assegno i vincoli** selezionando dove voglio metterli, faccio ASSIGN>JOINT>RESTRAINS e metto le cerniere.

**Adesso devo spezzare le travi** per farle lavorare effettivamente come un graticcio e avere i nodi rigidi (EDIT> EDIT LINES> DIVIDE FRAMES).

**Assegno la sezione e poi il carico distribuito:** devo distribuire un carico lineare su tutte le travi (=54 KN/m), eccetto quelle di bordo che invece avranno la metà del carico (27 KN/m). Quindi seleziono tutte le travi eccetto quelle di bordo e faccio DEFINE> LOAD PATTERN, definisco un peso proprio con valore pari a 1 e un carico del graticcio a cui levo il peso proprio e che quindi ha valore 0.



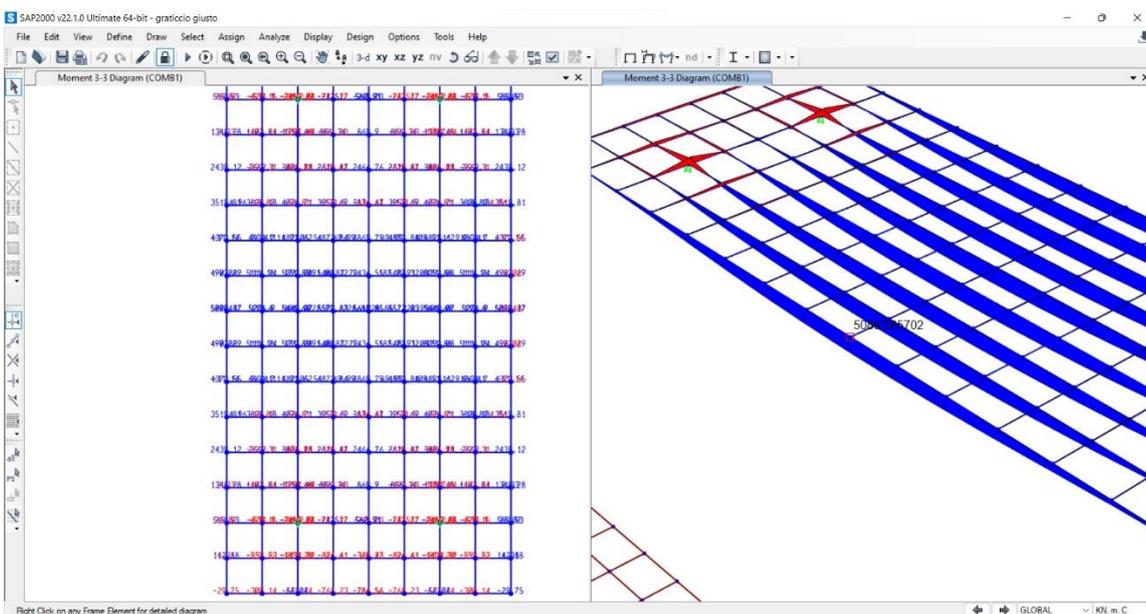
Vogliamo vedere quanto è il momento flettente agente sul graticcio e per farlo devo considerare insieme al carico anche il peso proprio. Facciamo DEFINE> LOAD COMBINATIONS> ADD NEW COMBS e gli ci metto il Carico Gr e il peso proprio pp.



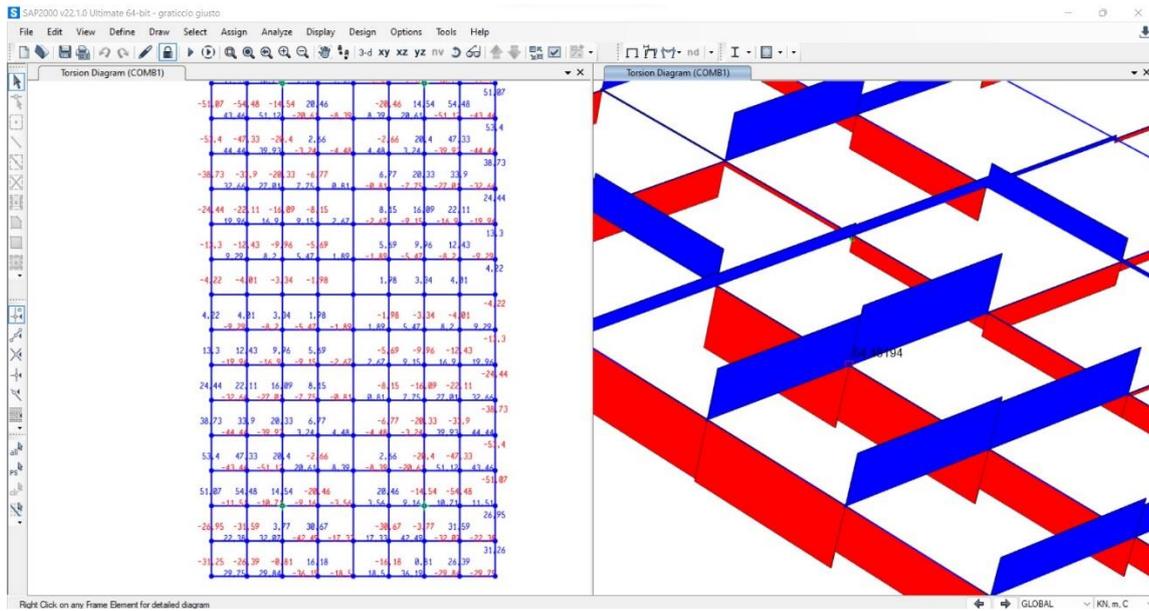
**Faccio ripartire l'analisi.** Il risultato ci mostra come il momento max sia sulle travi di bordo, nonostante siano quelle caricate di meno (distribuzione come quella vista prima con la shell).

Già possiamo vedere che il M max si aggira intorno ai 11260 KN m, il che vuol dire che il dimensionamento excel era sottodimensionato.

**Prima di andare ad aumentare l'altezza della trave proviamo a spostare più internamente i vincoli.** Già con questa soluzione la struttura risulta poi verificata perché il momento massimo scende a 5089 KNm e i valori rientrano in quelli che avevamo calcolato.



Senza spostare i vincoli avviamo l'analisi di nuovo, ma questa volta **guardiamo la torsione**.



Apriamo il file excel per la verifica a torsione e inseriamo in fck il nostro valore (35), nelle caselle nominate a e b inseriamo le dimensioni della nostra trave, in Mt inseriamo il valore massimo della torsione. Dovendo venire un valore di tau inferiore a Ftd **la sezione è verificata anche a torsione**.

Excel spreadsheet for torsion verification. The spreadsheet includes a table with columns for  $M_t$  (KNm),  $f_{ck}$  (N/mm<sup>2</sup>),  $f_{tk}$  (N/mm<sup>2</sup>),  $f_{td}$  (N/mm<sup>2</sup>),  $a$  (cm),  $b$  (cm),  $a/b$ ,  $\alpha$ , and  $T_{max}$  (N/mm<sup>2</sup>).

The table data is as follows:

	M <sub>t</sub> (KNm)	f <sub>ck</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	f <sub>tk</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	f <sub>td</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	a (cm)	b (cm)	a/b	α	T <sub>max</sub> (N/mm <sup>2</sup> )
3	55,00	35,0	4,38	2,92	40,0	224,0	0,2	3,32	0,27
4	140,00	35,0	4,38	2,92	30,0	110,0	0,3	3,49	3,86
5	375,00	50,0	6,25	4,17	40,0	130,0	0,3	3,55	5,55
6	444,00	50,0	6,25	4,17	40,0	130,0	0,3	3,55	6,57
7	48,00	60,0	7,50	5,00	40,0	130,0	0,3	3,55	0,71
8	120,00	35,0	4,38	2,92	40,0	130,0	0,3	3,55	1,78

The spreadsheet also includes a diagram of a rectangular cross-section showing the distribution of shear stress (τ) due to torsion. The diagram shows the maximum shear stress (τ<sub>max</sub>) occurring at the neutral axis (G) and the minimum shear stress (τ<sub>min</sub>) occurring at the corners. The dimensions a and b are indicated, along with the coordinate system x and y.