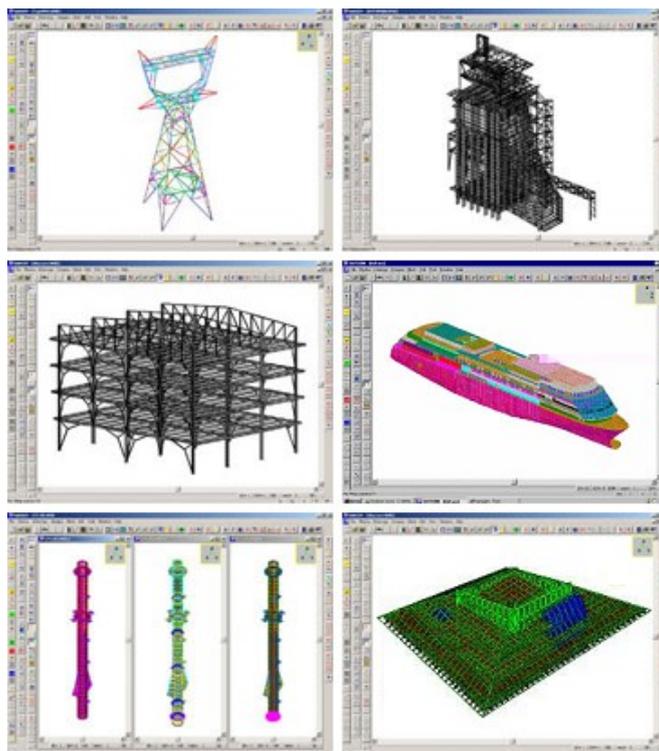


# TUTORIAL DI SARGON

Conoscere il programma in modo guidato



## Tutorial 3

### Struttura di travi e piastre

Gennaio 2014 - Rev. 1



[www.castaliaweb.com](http://www.castaliaweb.com)

[info@castaliaweb.com](mailto:info@castaliaweb.com)

tel. +39 (0)2 266 81 083

fax +39 (0)2 26681876

Via Pinturicchio, 24

20133 Milano, Italy



[www.castaliaweb.com](http://www.castaliaweb.com) [info@castaliaweb.com](mailto:info@castaliaweb.com)

© 2013 – Castalia s.r.l. – All rights reserved

<b>PARTE 1: INTRODUZIONE AL TUTORIAL .....</b>	<b>4</b>
1.1 SCOPO DEI TUTORIAL DI SARGON .....	4
1.2 LIMITAZIONI.....	4
1.3 IL CONTENUTO DI QUESTO TUTORIAL .....	4
1.4 I PRINCIPALI COMANDI UTILIZZATI IN QUESTO TUTORIAL .....	5
<b>PARTE 2: MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA.....</b>	<b>7</b>
2.1 APERTURA DI UN NUOVO MODELLO SARGON .....	7
2.2 CREAZIONE DEL MODELLO .....	7
2.3 CENNI SU ULTERIORI COMANDI PER LA CREAZIONE DEI MODELLI .....	27
<b>PARTE 3: CASI DI CARICO E COMBINAZIONI .....</b>	<b>28</b>
3.1 I CASI DI CARICO .....	28
3.2 LE AZIONI.....	29
3.3 LE COMBINAZIONI .....	35
<b>PARTE 4: ANALISI STATICA LINEARE.....</b>	<b>37</b>
4.1 PANORAMICA SUI SOLUTORI DI SARGON .....	37
4.2 IMPOSTAZIONE ED ESECUZIONE DELL'ANALISI STATICA LINEARE .....	37
4.3 ANALISI DEI RISULTATI.....	39
<b>PARTE 5: VERIFICHE AUTOMATICHE.....</b>	<b>44</b>

## PARTE 1: INTRODUZIONE AL TUTORIAL

### 1.1 Scopo dei tutorial di Sargon

Lo scopo dei tutorial di Sargon è di **aiutare l'utente a familiarizzare con il programma** attraverso un **percorso guidato**.

La sequenza delle operazioni segue un filo logico chiaro e lineare, che l'utente è invitato a seguire passo per passo. **Suggeriamo quindi di eseguire in tempo reale** ciò che viene spiegato, in modo da prendere dimestichezza con i comandi principali e con le operazioni più frequenti. In questo modo, sarà poi più facile approfondire gli aspetti ritenuti più rilevanti sulla base delle proprie esigenze progettuali, grazie alle informazioni dettagliate presenti nella **guida** del programma e nelle **videolezioni** gratuite presenti sul nostro sito web ([www.castaliaweb.com](http://www.castaliaweb.com), nell'area dedicata alla *Validazione*).

**Nota:** nel testo sono presenti note e suggerimenti, evidenziati in riquadri come questo. Si tratta di piccoli approfondimenti che il lettore può anche tralasciare in una prima lettura, oppure leggere senza eseguire le operazioni eventualmente indicate.

### 1.2 Limitazioni

Poiché l'obiettivo è fornire una **panoramica generale** delle operazioni necessarie alla creazione, all'analisi e alla verifica dei modelli, in questo contesto non si affrontano nel dettaglio aspetti legati a funzionalità o comandi specifici, per i quali si rimanda alle **videolezioni** o alla **guida** del programma. Nei tutorial sono comunque presenti note di approfondimento e suggerimenti, quando necessario.

Per ragioni di semplicità e chiarezza, i modelli utilizzati in questi tutorial non hanno lo scopo di essere realistici da un punto di vista progettuale, bensì quello di esemplificare le procedure e le modalità di lavoro con il programma.

### 1.3 Il contenuto di questo tutorial

In questo tutorial vengono affrontati i seguenti temi:

- creazione di una struttura elementare in acciaio fatta di elementi beam e plate;
- definizione dei casi di carico e delle azioni;
- impostazione ed esecuzione di un'analisi statica lineare, panoramica sui risultati;

## 1.4 I principali comandi utilizzati in questo tutorial

Nel presente testo, quando si fa riferimento a un comando del programma, lo si indica nel seguente formato: **[menu] – [eventuale sottomenu] – [comando]**. Inoltre, se il comando ha un bottone, viene riportata la sua immagine. I principali comandi illustrati in questo tutorial sono i seguenti.

Mesh – Piastre e membrane – Aggiungi 

Mesh – Piastre e membrane – Dividi 

Mesh – Nodi sui lati

Edit – Proprietà – Spessori 

Edit – Azioni – Regione 

Edit – Azioni – Solaio

Edit – Combinazioni – Importa

Alcuni comandi qui utilizzati sono già stati spiegati nei **tutorial precedenti**, ai quali si rimanda per una spiegazione più dettagliata. In questa sede potranno essere trattati in modo meno approfondito.

Mesh – Travi e bielle – Aggiungi 

Mesh – Travi e Bielle – Dividi BT 

Edit – Seleziona – [vari comandi di selezione]

Edit – Proprietà – Materiali 

Edit – Proprietà - Sezioni 

Edit – Vincoli – Vincoli sui nodi 

Edit – Casi – Aggiungi 

File - Analizza 

Di seguito vengono fornite alcune linee guida generali (ma non esaustive) sulla posizione dei bottoni nell'interfaccia di Sargon.

Nella parte **sinistra** dell'interfaccia ci sono i bottoni dei comandi per la creazione del modello, per la gestione di casi, azioni e combinazioni e per la visualizzazione dei risultati.

In **alto**, subito sotto ai menu, ci sono i comandi per la gestione dei modelli (apertura, salvataggio, ecc.) per la gestione delle viste (zoom, pan, opzioni di visualizzazione, ecc.) e per la selezione degli elementi.

A **destra** ci sono i bottoni relativi ai comandi di interrogazione.

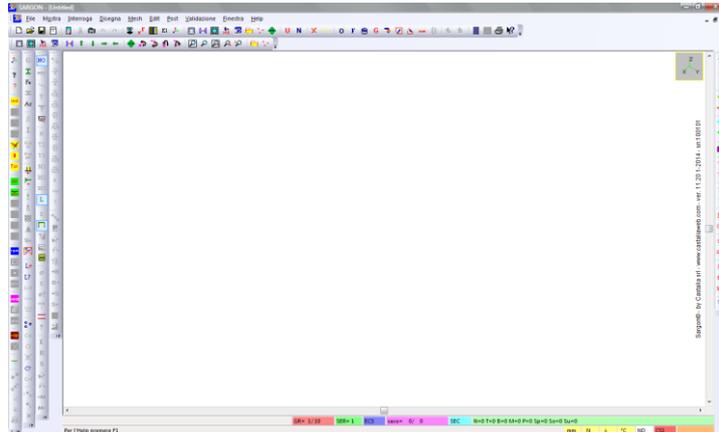
Buon lavoro!

**Importante!** Si ribadisce che in questo contesto l'obiettivo NON è creare modelli progettualmente significativi, bensì di spiegare in modo chiaro le procedure che si possono utilizzare e le problematiche correlate che si possono riscontrare. **Per questa ragione, la modellazione può risultare incompleta o non ottimale da un punto di vista ingegneristico, al fine di evitare la ripetizione di cose già spiegate e concentrarsi su determinati temi.**

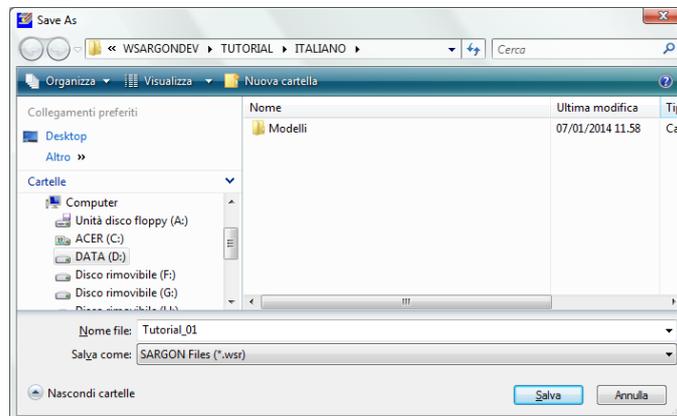
## PARTE 2: MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA

### 2.1 Apertura di un nuovo modello Sargon

Avviamo Sargon. Eseguiamo il comando **File – Nuovo**  per aprire un nuovo modello vuoto.



Eseguiamo il comando **File – Salva**  per salvare il modello su disco fisso. Specifichiamo la cartella (ad esempio C:\Analisi\Modelli) e il nome del file (ad esempio, Tutorial\_03.wsr).

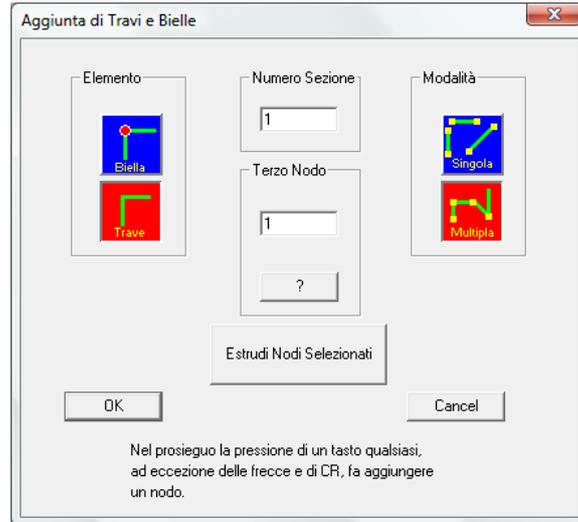


### 2.2 Creazione del modello

La prima parte della creazione di questo modello riprende esattamente ciò che è stato fatto nel primo tutorial. Qui le operazioni verranno descritte molto sinteticamente. Si rimanda al tutorial 1 per spiegazioni più dettagliate.

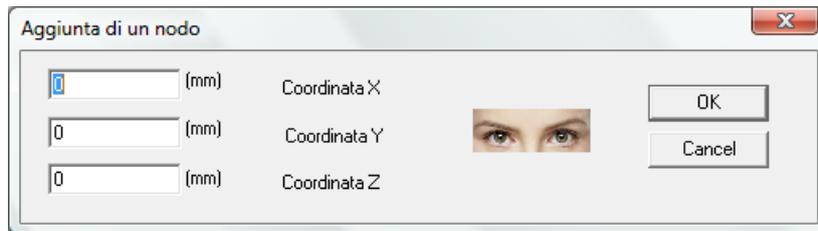
Eseguiamo il comando **Mesh – Travi e bielle – Aggiungi** .

Nel dialogo che viene proposto definiamo il **tipo** di elemento finito *Trave*, la **modalità** di aggiunta *Multiplo* e l'**orientazione** degli elementi (terzo nodo 1).



**Nota:** si rimanda al tutorial 1 per la descrizione del concetto di terzo nodo.

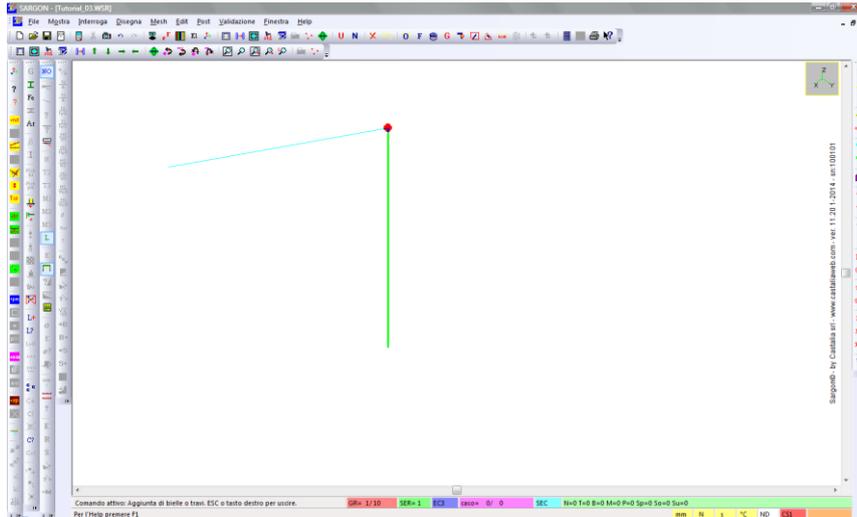
Clicchiamo OK per uscire dal dialogo e aggiungere gli elementi. Il primo nodo del primo elemento beam avrà coordinate (0, 0, 0). Premiamo OK



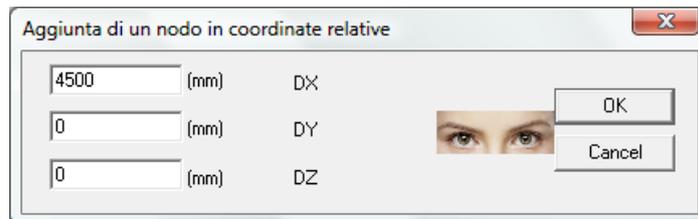
Premiamo nuovamente la *barra spaziatrice*. La distanza del secondo nodo dal primo sarà  $DZ=3500$ [mm].



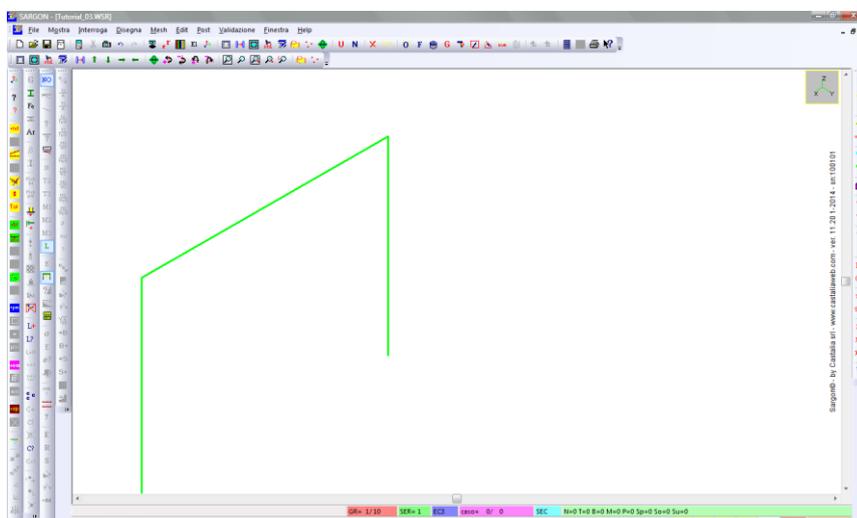
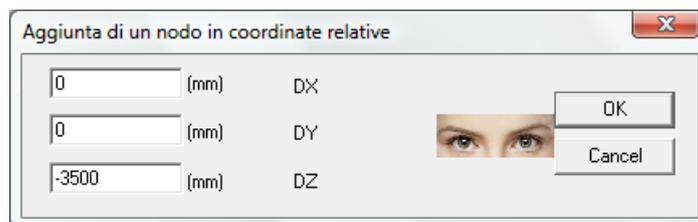
Il primo elemento è stato aggiunto; il suo secondo nodo è anche il primo nodo dell'elemento successivo.



Premiamo nuovamente la *barra spaziatrice* per aggiungere il traverso del portale. Questa volta definiamo una distanza DX pari a 4500[mm] dal primo nodo dell'elemento.



Premiamo nuovamente la *barra spaziatrice* e definiamo il secondo nodo del terzo elemento, ponendo DZ=-3500[mm] per muoverci verso il basso e tornare alla quota 0 della nostra struttura.

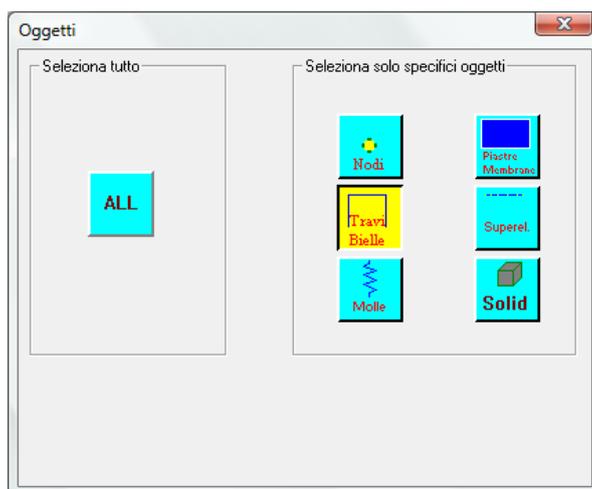


Il terzo elemento del portale è stato aggiunto. Clicchiamo ora il *tasto destro* del mouse o il tasto *ESC* sulla tastiera per interrompere il comando di aggiunta degli elementi.

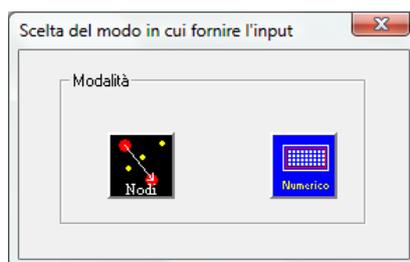
**Suggerimento:** se durante l'esecuzione del comando compaiono più cerchi rossi che evidenziano il possibile secondo nodo, utilizziamo il comando **Disegna – Ridisegna** per ripulire la vista. Se man mano che aggiungiamo gli elementi alcuni di essi escono dalla vista attuale, utilizziamo il comando **Disegna – Includi** per includere tutti gli elementi nella vista.

**Nota:** qui stiamo lavorando in **millimetri** (le unità di misura correnti sono riportate in basso a destra nell'interfaccia del programma). Possiamo cambiare le unità di misura in qualsiasi momento, con il comando **Edit – Seleziona – Unità** . Possiamo ad esempio definire la geometria della struttura lavorando con i millimetri, poi passare ai chilogrammi al metro quadro per definire i carichi. Quando si cambiano unità, Sargon converte automaticamente tutte le informazioni precedentemente definite; da quel momento in poi il programma riceverà e fornirà dati nelle nuove unità, fino a successivo cambio.

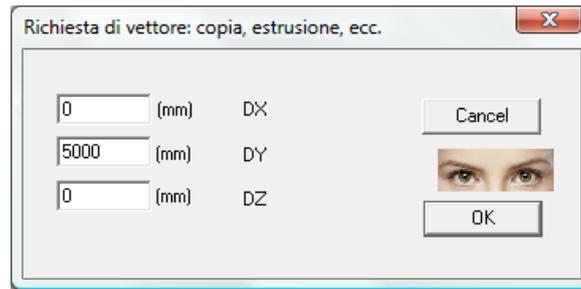
Creiamo ora un secondo portale copiando il primo. Per fare ciò, occorre innanzitutto selezionare i tre elementi da copiare. Eseguiamo il comando **Edit – Seleziona – Oggetti** , quindi clicchiamo *Travi e bielle*.



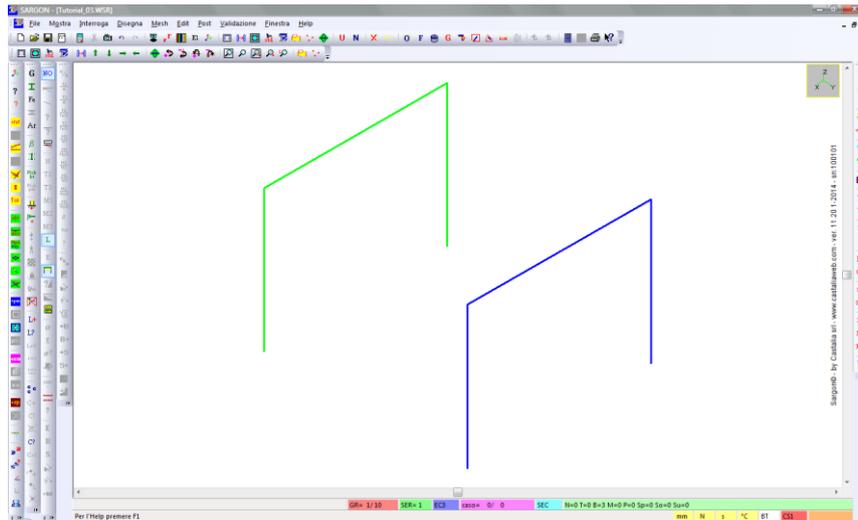
Selezioniamo i tre elementi beam con il comando **Edit – Seleziona – Tutti** . Gli elementi selezionati sono ora evidenziati in blu. Eseguiamo il comando **Mesh – Copia** per crearne una copia. Scegliamo la modalità *numerica* per definire il vettore di copia.



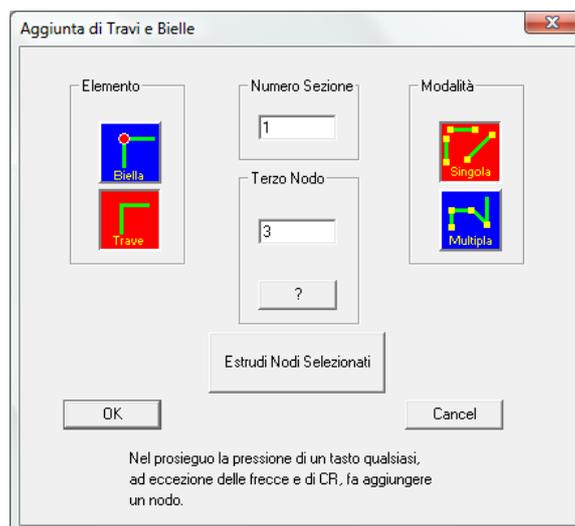
Nel dialogo seguente, definiamo le componenti del vettore di estrusione:  $DY=5000[mm]$ .



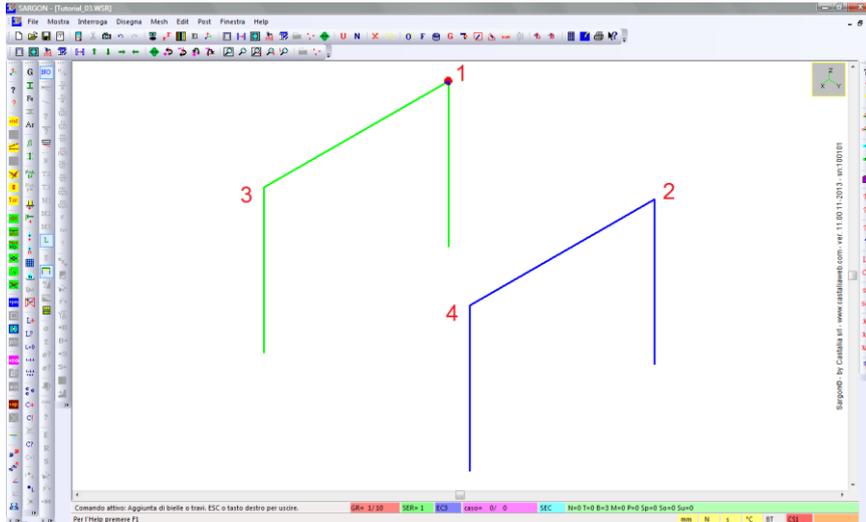
Gli elementi ottenuti per copia risultano ora selezionati.



Eseguiamo il comando **Mesh – Travi e bielle – Aggiungi** . Scegliamo le opzioni elementi *trave*, modalità *singola* e il terzo nodo 3.



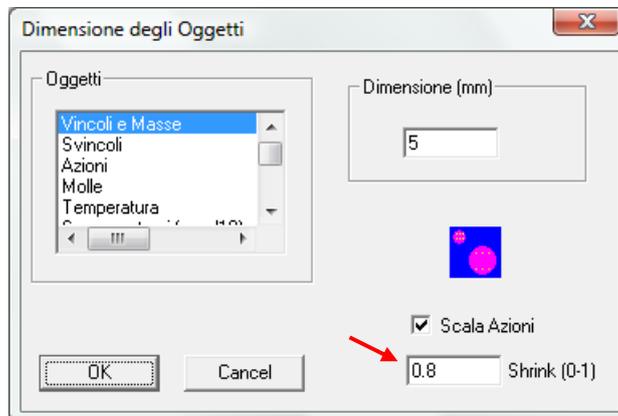
Vogliamo infatti aggiungere i montanti che collegano i due portali lungo l'asse globale Y. Clicchiamo le due coppie di nodi mostrate nell'immagine seguente per aggiungere i due elementi mancanti.



Clicchiamo il *tasto destro* del mouse o il tasto *ESC* sulla tastiera per interrompere il comando di aggiunta degli elementi.

Ora aggiungeremo le piastre. Prima di fare ciò, al fine di rendere più chiare le operazioni, assicuriamoci di utilizzare uno shrink degli elementi plate e membrane. Eseguiamo **Mostra**

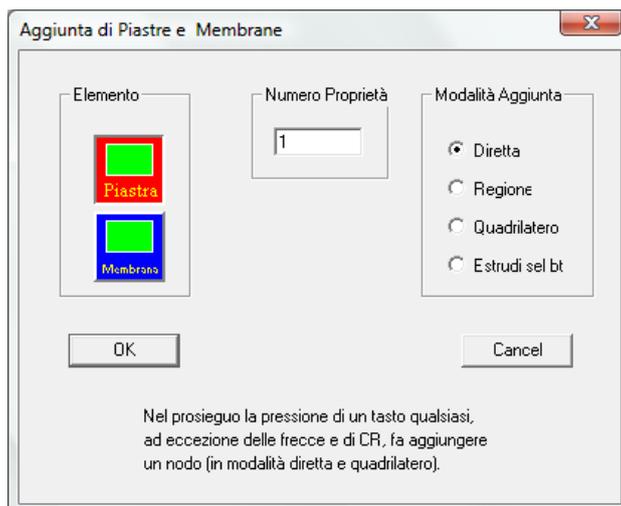
– **Dimensioni**  e specifichiamo un shrink di 0.8, quindi premiamo OK.



Eseguiamo il comando **Mesh – Piastre e Membrane – Aggiungi** .

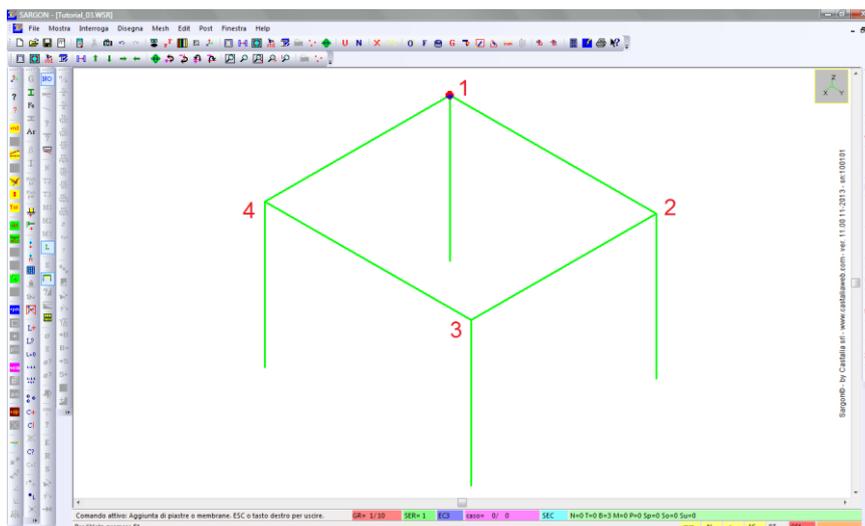
Nel dialogo che viene proposto, scegliamo come tipo di elemento la *piastra* e, tra le varie modalità di aggiunta, quella *diretta*. Ciò significa che aggiungeremo manualmente i singoli elementi plate.

**Nota:** le altre modalità consentono di aggiungere più elementi con una sola operazione. Si rimanda alla guida per una loro descrizione.



Clicchiamo OK. Ora possiamo aggiungere manualmente un elemento plate a 3 o a 4 nodi. Nel caso i nodi siano quattro, bisogna assicurarsi che i nodi siano **complanari**.

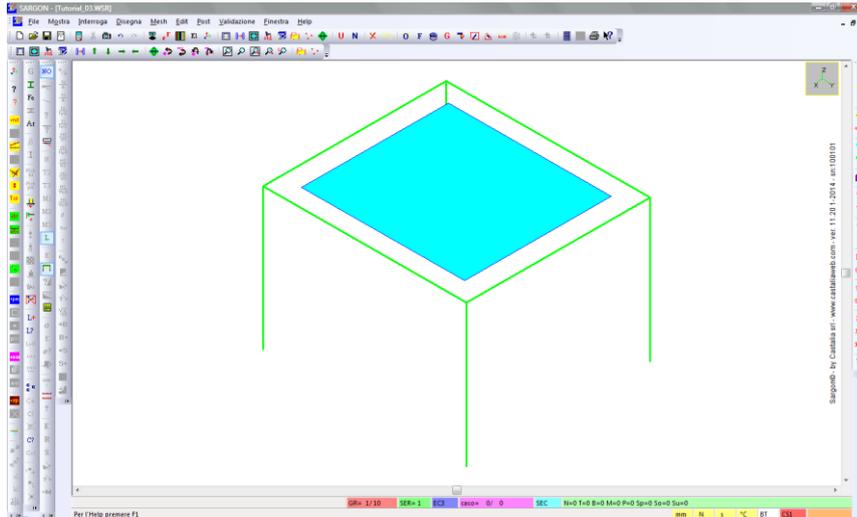
Come per le travi, possiamo definire i nodi dell'elemento attaccandoci a nodi esistenti, oppure cliccando la barra spaziatrice e definendo le coordinate assolute (primo nodo) o relative (nodi successivi). Clicchiamo i quattro nodi mostrati nell'immagine seguente, nello stesso ordine, per aggiungere una piastra al nostro modello.



Dopo aver cliccato il quarto nodo, l'elemento viene aggiunto. *Tasto destro* o *ESC* per interrompere il comando, altrimenti potremmo continuare ad aggiungere elementi.

**Nota:** per aggiungere un elemento a 3 nodi, si deve cliccare come quarto nodo il nodo d'origine (4=1).

**Nota:** l'ordine con cui si definiscono i nodi determina il verso della normale uscente dall'elemento plate. Questo aspetto può influenzare l'applicazione di determinati carichi. Inoltre, il fatto che si definisca prima un lato piuttosto che un altro, determina il modo in cui andranno definite eventuali suddivisioni automatiche dell'elemento con discretizzazioni diverse nelle due direzioni. Per ulteriori informazioni si rimanda alla guida.

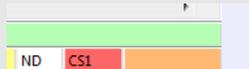


**Nota:** l'elemento viene visualizzato più piccolo delle sue dimensioni reali, perché abbiamo impostato uno shrink di 0.8 (80%). Se necessario, possiamo cambiare il parametro quando vogliamo.

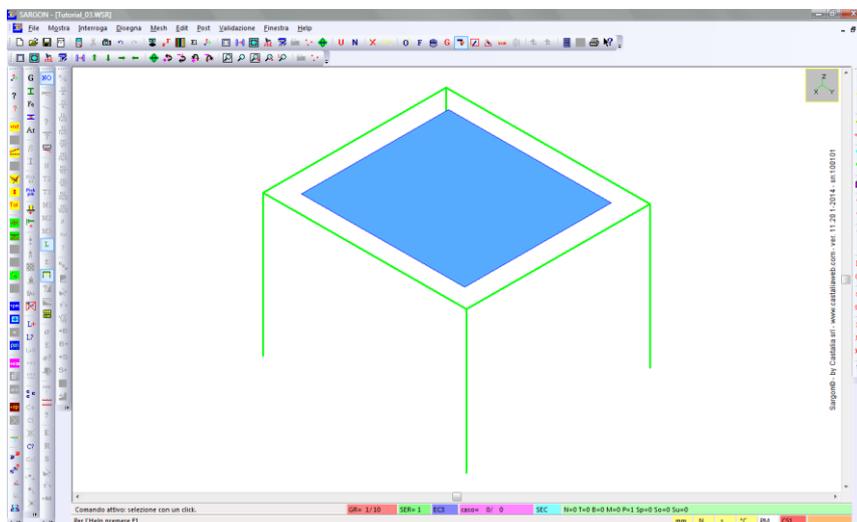
Un unico elemento plate per modellare quello che potrebbe essere un solaio o una copertura non è sufficiente. Vogliamo suddividerlo in un certo numero di elementi finiti.

Attiviamo il filtro di selezione  su *Piastre e Membrane*.

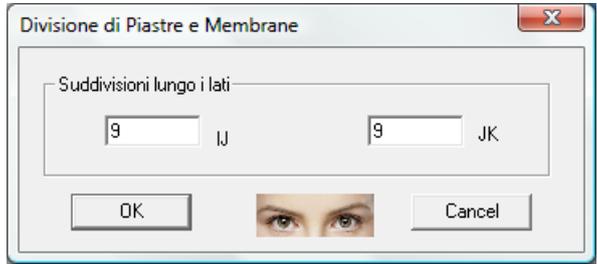
**Suggerimento:** è possibile cambiare il tipo di oggetti da selezionare/deselezionare anche cliccando nella penultima casella in basso a destra (tasto sinistro= tipo di oggetto precedente, tasto destro =tipo successivo. ND sono i nodi, BT bielle e travi, PM piastre e membrane, ecc. Ad esempio, se dobbiamo alternativamente compiere operazioni su travi e su piastre, sarà molto veloce passare dalle une alle altre cliccando una volta avanti o una volta indietro.



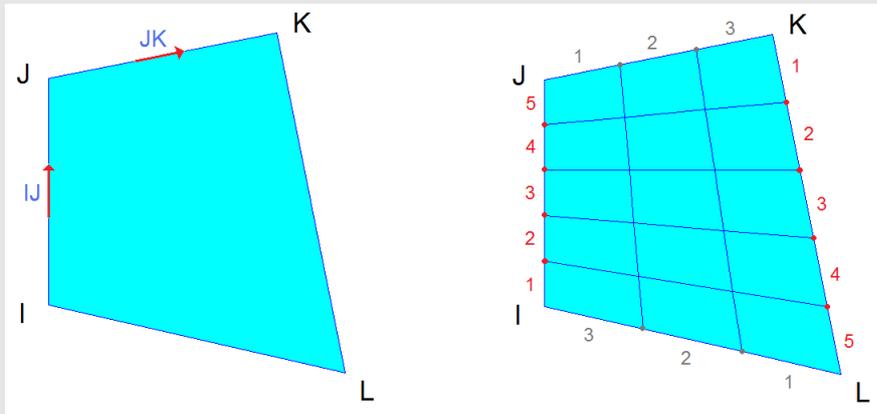
Selezioniamo tutti gli elementi plate con il comando **Edit – Seleziona – Tutti** .



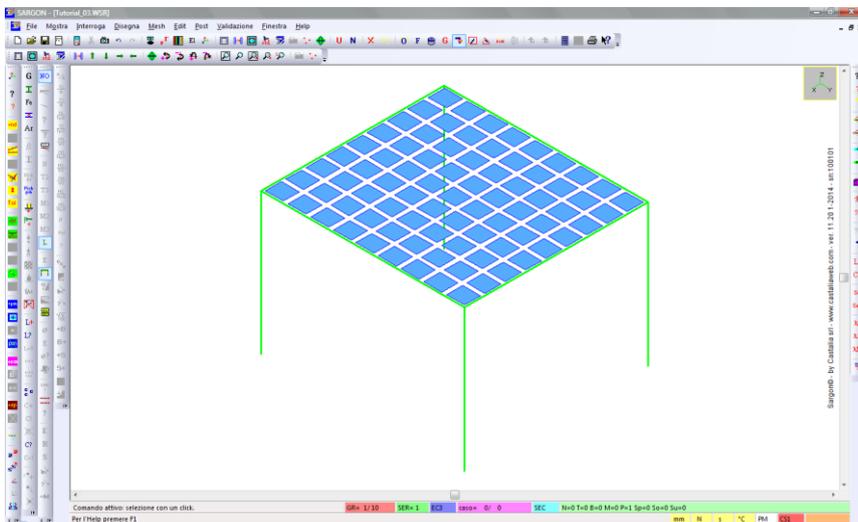
Eseguiamo il comando **Mesh – Piastre e membrane – Dividi** . Il dialogo che viene proposto ci chiede in quanti elementi vogliamo dividere la piastra. In questa sede divideremo tutti i lati in 9 parti.



**Nota:** per una piastra (o una membrana) a 4 nodi, il valore definito per il lato IJ determina la suddivisione del primo e del terzo lato, mentre il valore di JK determina la suddivisione del secondo e del quarto lato. L'immagine seguente è esemplificativa (IJ=5, JK=3). Se non ci si ricorda qual è il primo lato definito per un elemento, lo si può desumere con i comandi di interrogazione. Si rimanda alla guida per approfondimenti.



Premiamo OK per suddividere la piastra in 9x9 elementi.



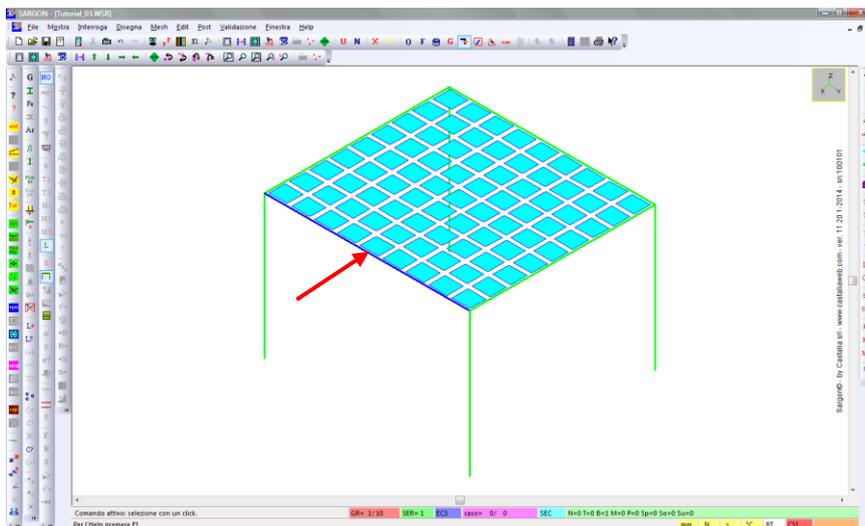
**Nota:** ricordiamoci che stiamo visualizzando gli elementi plate con uno shrink dell'80%.

Abbiamo suddiviso la piastra, ma ora i nodi sui bordi non trovano più corrispondenza con i nodi degli elementi beam orizzontali, che sono costituiti da elementi unici. Dobbiamo suddividere quindi anche i beam per far sì che **gli elementi beam e i bordi della piastra siano connessi lungo tutta la loro lunghezza**, e non solo nei nodi iniziale e terminale di ciascun beam.

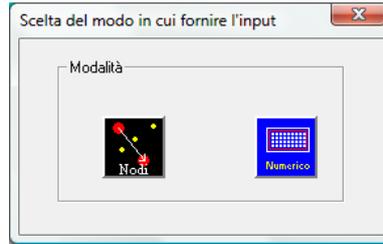
Prima di suddividere gli elementi beam, aggiungiamone degli altri per ridurre la luce della piastra.

**Importante!** Si sottolinea che in questo contesto l'obiettivo NON è creare modelli progettualmente significativi, bensì di spiegare in modo chiaro le procedure che si possono utilizzare e le problematiche correlate che si possono riscontrare. **Per questa ragione, la modellazione può risultare incompleta da un punto di vista ingegneristico, al fine di evitare la ripetizione di cose già spiegate e concentrarsi su determinati temi.**

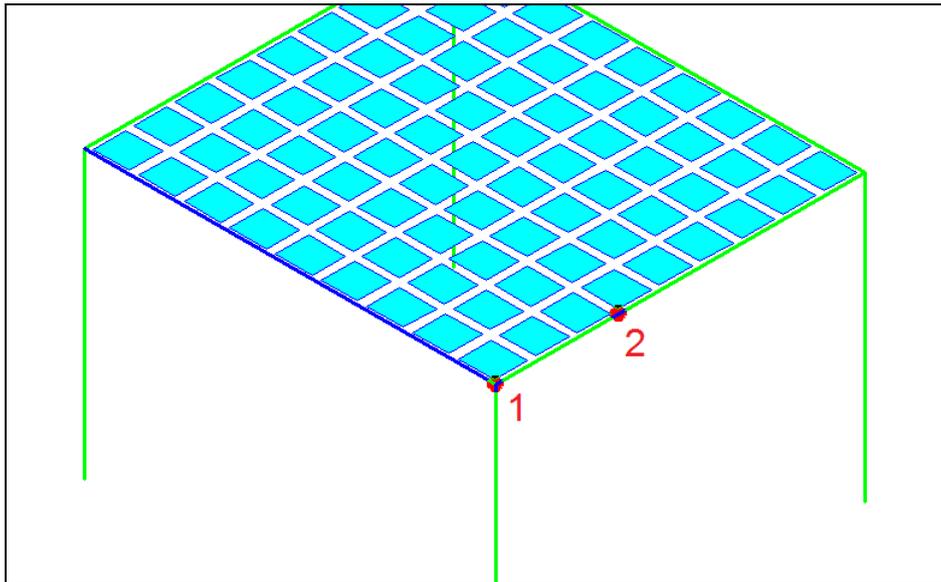
Deselezioniamo tutte le piastre . Attiviamo il filtro di selezione di *Travi e Bielle* () oppure tramite opportuni click nella parte inferiore dell'interfaccia, come spiegato qualche pagina fa. Assicuriamoci che tutte le travi siano deselezionate, quindi selezioniamo con click quella mostrata nell'immagine seguente.



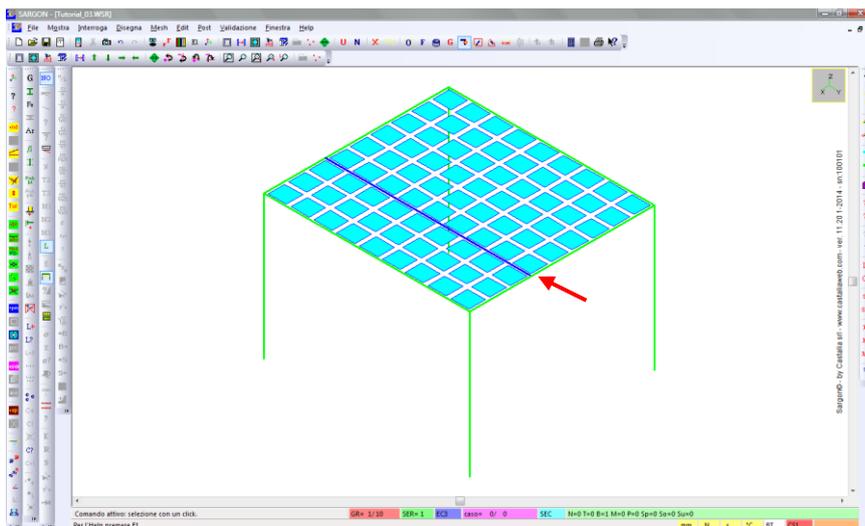
Eseguiamo il comando **Mesh - Copia** , scegliendo la modalità *Nodi*.



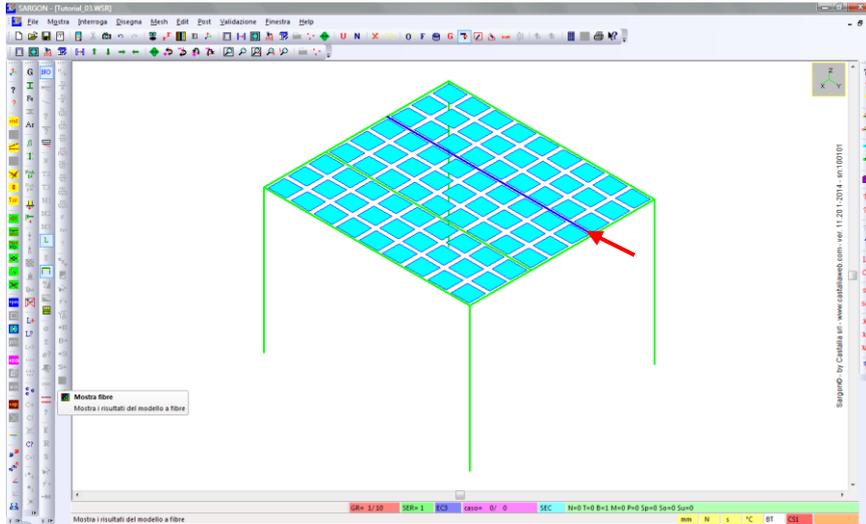
Definiamo il vettore di copia cliccando i due nodi mostrati nell'immagine seguente: il nodo in cima alla colonna più vicina e il nodo dopo il terzo elemento plate.



Dopo il click del secondo nodo viene creata una copia dell'elemento precedentemente selezionato. Ora risulta selezionato il nuovo.

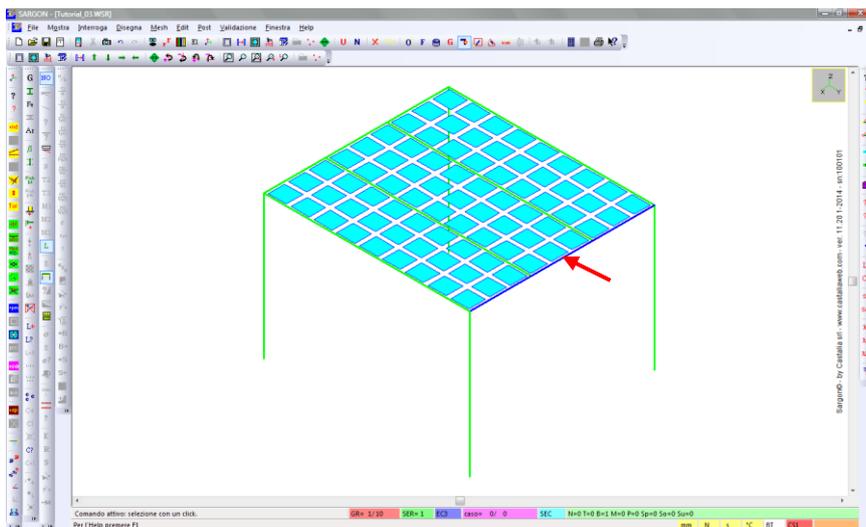


Eseguiamo il comando **Mesh - Ricopia**  per aggiungere un altro elemento con lo stesso vettore precedente.



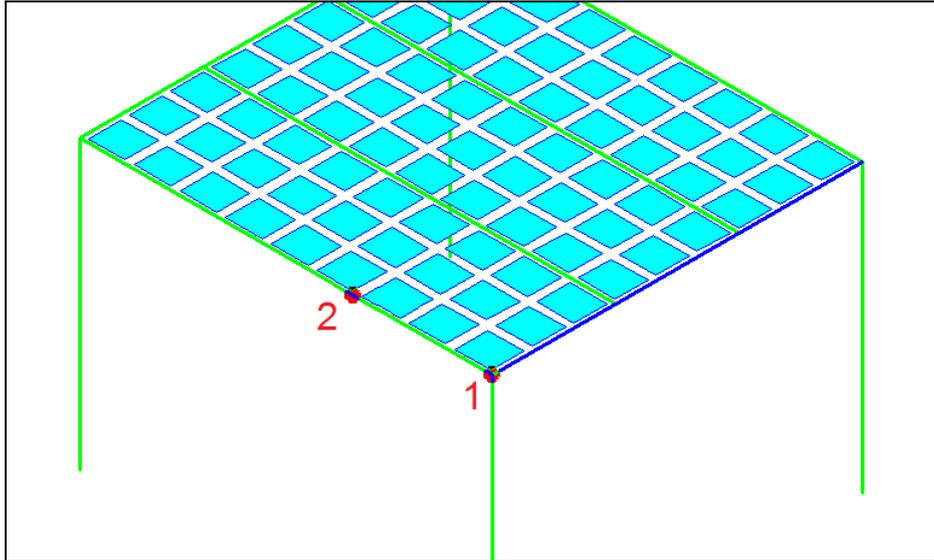
Deselezioniamo l'elemento, con click o deselegzionando tutto.

Selezioniamo ora l'elemento beam mostrato in figura seguente, perpendicolare a quello copiato poco fa.

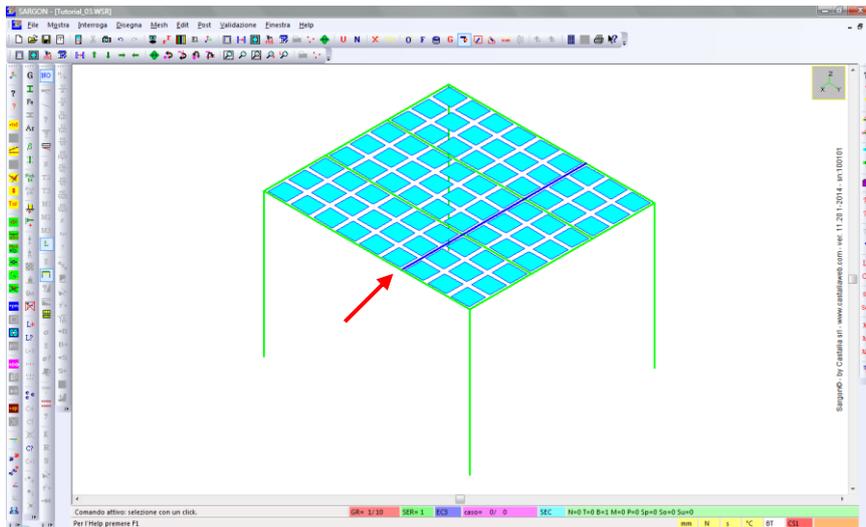


Eseguiamo il comando **Mesh - Copia** , scegliendo la modalità *Nodi*.

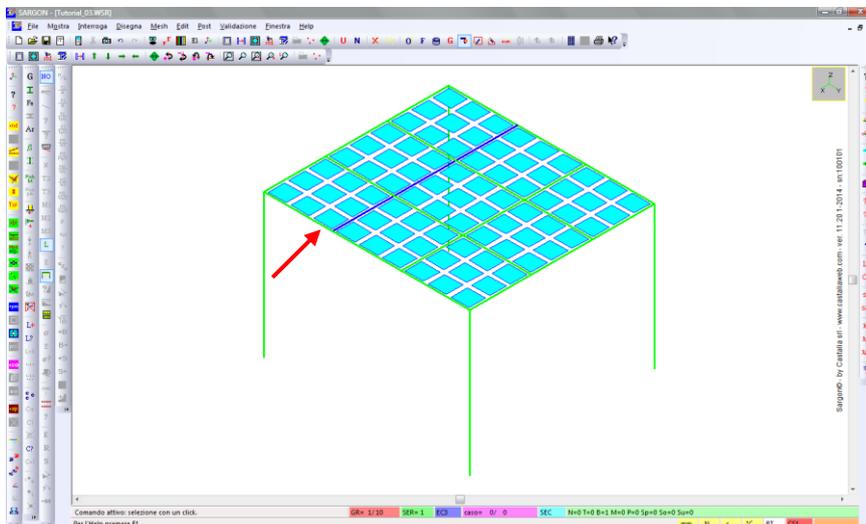
Clicchiamo, nell'ordine, i due nodi mostrati nell'immagine seguente. Analogamente a quanto fatto prima, creiamo una copia dopo tre file di elementi plate.



Dopo il secondo click la copia viene creata.



Eseguiamo il comando **Mesh - Ricopia** .



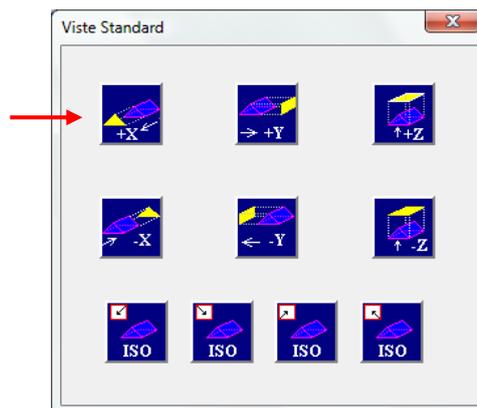
Deselezioniamo tutto .

**Promemoria:** come detto in precedenza, gli elementi beam non sono collegati lungo tutto il loro sviluppo agli elementi piastra, ma lo sono solamente nei nodi estremi, in corrispondenza delle colonne. A meno che ciò non sia previsto dal nostro progetto, dobbiamo fare in modo che i beam abbiano la stessa suddivisione delle piastre.

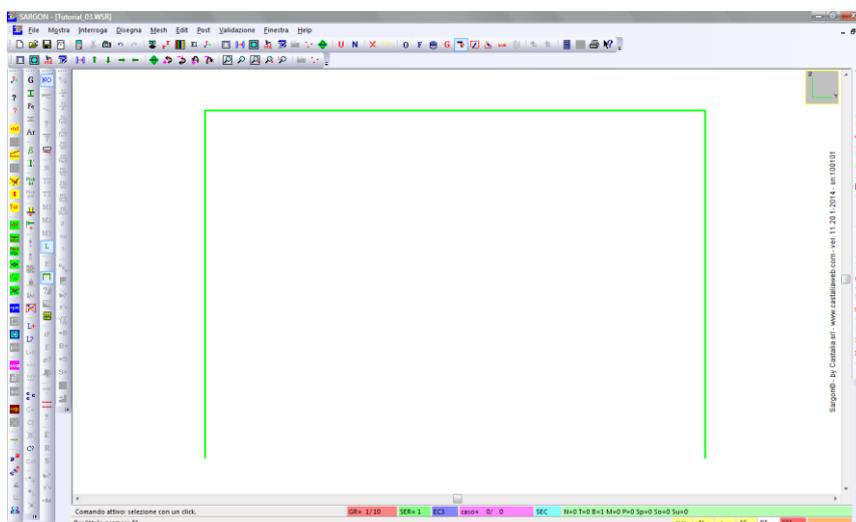
**Nota:** in Sargon sono disponibili comandi che trovano automaticamente le intersezioni tra elementi beam o truss o che rilevano la presenza di nodi giacenti sull'asse di elementi beam/truss o sui lati di elementi plate/membrane, eseguendo a richiesta una correzione automatica della mesh. Per questi argomenti si rimanda alla guida.

Ora suddivideremo in 9 elementi tutti i beam orizzontale; per fare ciò, dobbiamo selezionarli. Tra i vari modi possibili (sta poi all'utente trovare il modo di lavorare a lui più comodo in base al contesto), possiamo ad esempio fare come segue:

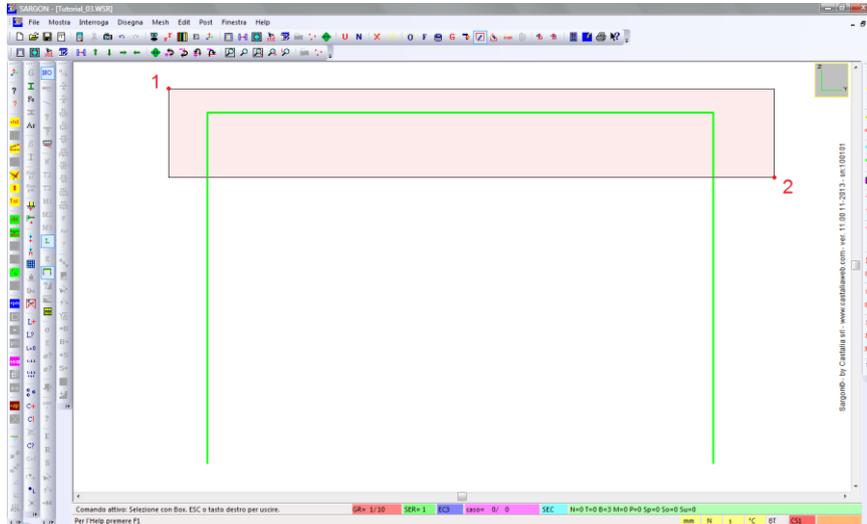
1. Eseguiamo **Disegna – Vista Standard**  e clicchiamo la prima vista opzione (+X).



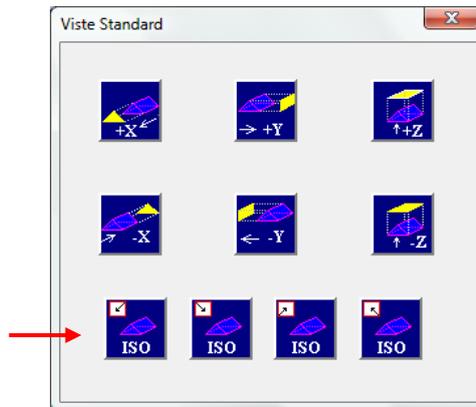
Abbiamo ora una vista piana del modello.



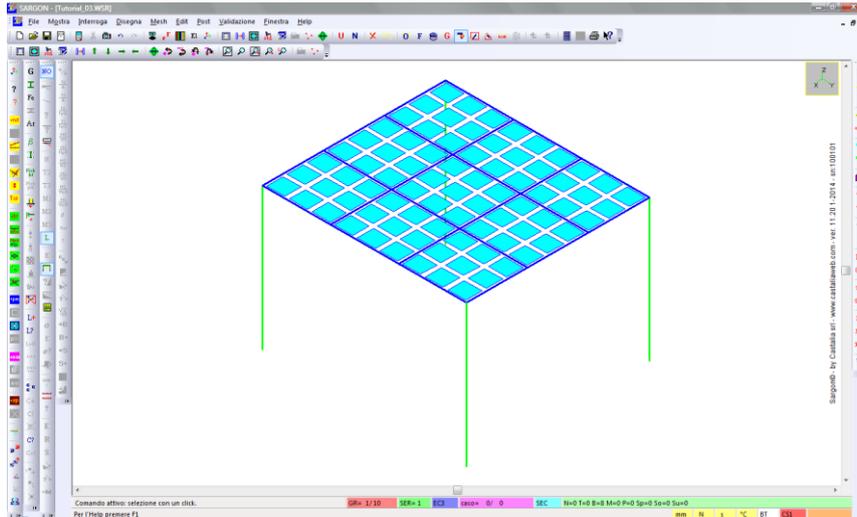
2. Eseguiamo **Edit – Seleziona – Box** , quindi definiamo un rettangolo che includa completamente gli elementi beam orizzontale (entrambi i nodi di ciascun elemento) ma non includa completamente le colonne (lasciamo fuori i nodi inferiori).



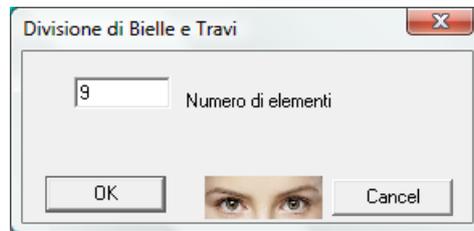
3. Eseguiamo **Disegna – Vista Standard**  e clicchiamo l'opzione in basso a sinistra per ritornare alla vista iniziale..



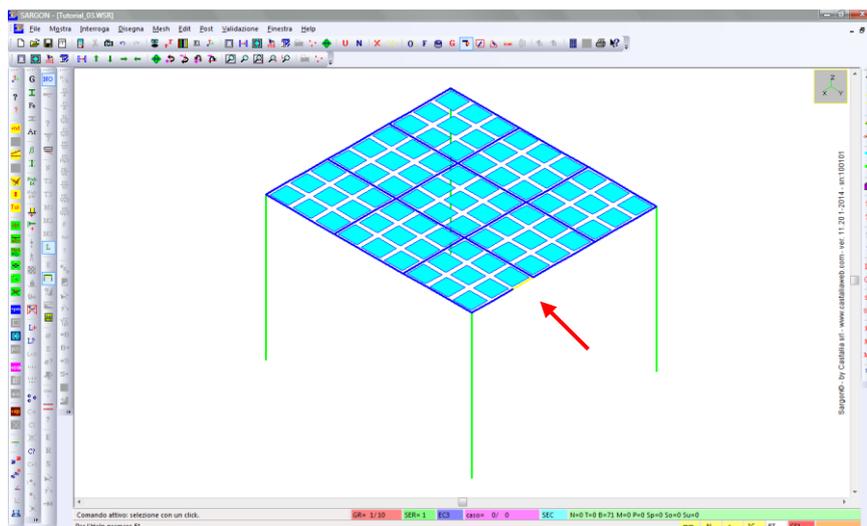
Come vediamo, tutti gli elementi beam orizzontali risultano selezionati.



Con **Mesh – Travi e bielle** - **Dividi**  dividiamo in 9 parti tutti gli elementi selezionati.



Se ora proviamo a selezionare/deselezionare con click un elemento beam, vediamo che gli elementi originari sono ora suddivisi in tanti elementi (9, nella fattispecie).

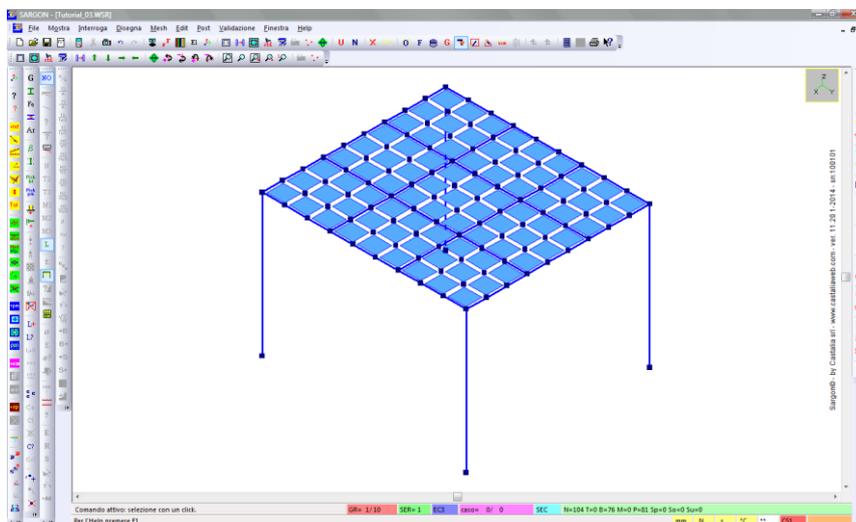


**Suggerimento:** per verificare che non siano state compiute operazioni errate o che non si sia tenuto in conto di alcuni aspetti, è possibile selezionare tutti i nodi e poi eseguire il comando **Mesh – Nodi sui lati**. In questo modo Sargon rivelerebbe l'eventuale presenza di nodi giacenti sull'asse di elementi beam oppure sui lati degli elementi plate: ciò sarebbe indice di suddivisioni non coerenti. Il programma chiederebbe inoltre l'autorizzazione a riparare automaticamente la mesh, suddividendo opportunamente gli elementi interessati. Per la descrizione dettagliata si rimanda alla guida.

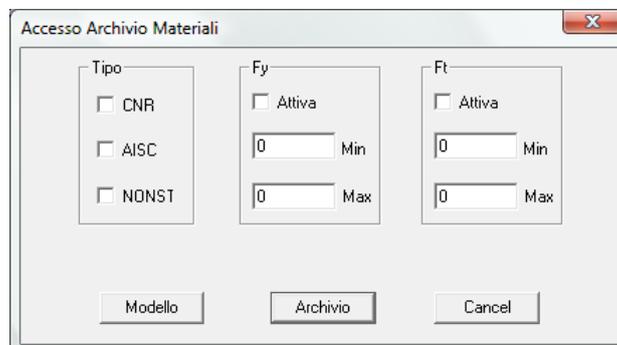
Assegnamo ora il materiale a tutti gli elementi, lo spessore agli elementi plate e la sezione agli elementi beam.

**Nota:** poiché il modello è molto semplice, al fine di snellire la spiegazione non effettueremo continui cambi del filtro di selezione per tipologia di elementi, ritenendo che ciò non comporterà alcun rischio di applicare un'operazione a elementi sbagliati.

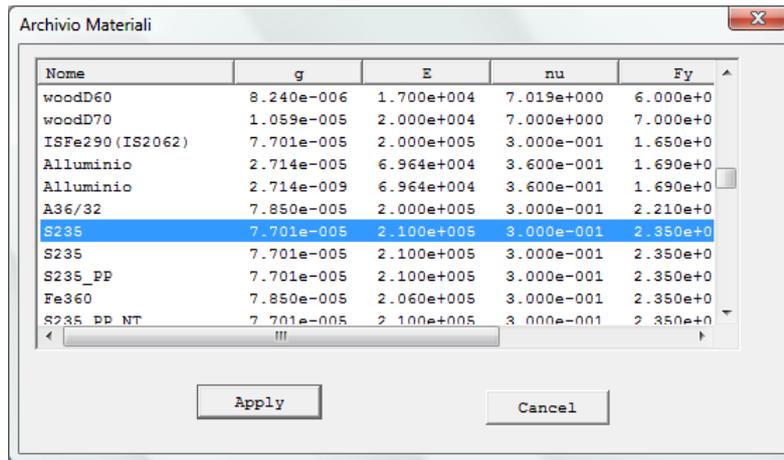
Eseguiamo **Edit – Seleziona Oggetti** e scegliamo *Tutti*, quindi selezioniamo tutti gli elementi .



Eseguiamo **Edit – Proprietà – Materiale** (comando già descritto nei precedenti tutorial). Rispondiamo “SI” alla domanda “Si vogliono scorrere gli archivi?”. Quindi clicchiamo archivio.



Scorriamo fino all'S235 e assegnamolo (doppio click o selezione+applica).



Il materiale viene assegnato sia alle piastre che alle travi

**Nota:** analogamente, verrebbe assegnato a bielle, membrane e solidi, se presenti e selezionati.

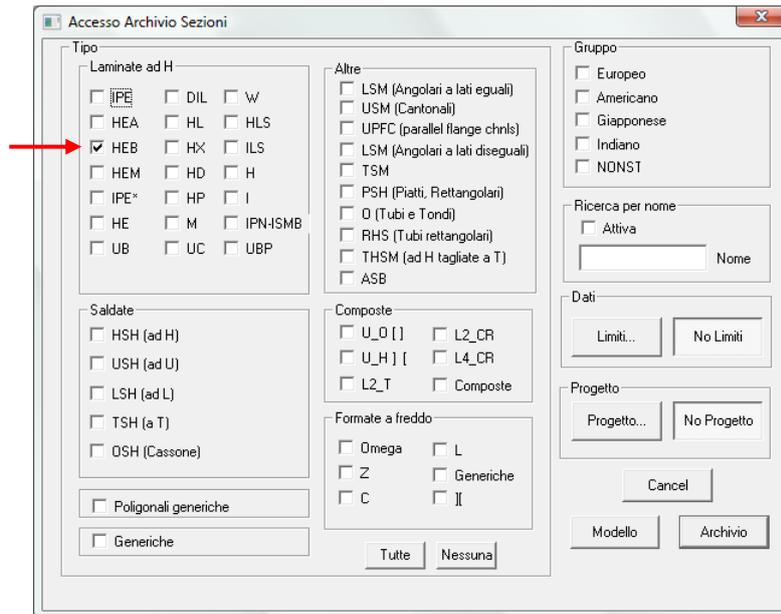
Eseguiamo ora **Edit – Proprietà – Spessori** . Nel dialogo definiamo uno spessore pari a 20[mm] e applichiamo.



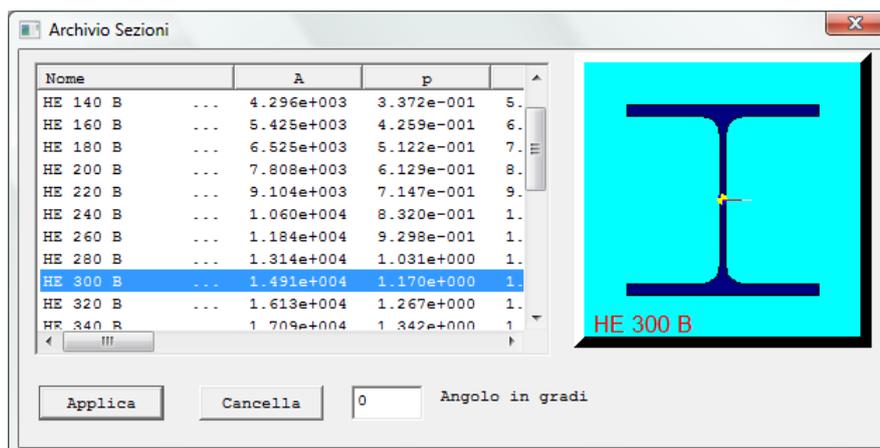
Lo spessore viene assegnato a tutte le piastre selezionate.

**Nota:** analogamente, verrebbe assegnato a membrane eventualmente presenti e selezionate.

Eseguiamo **Edit – Proprietà – Sezioni** . Rispondiamo “SI” alla domanda “Si vogliono scorrere gli archivi?”. Quindi spuntiamo HEB (filtro per tipo) e clicchiamo archivio.



Scorriamo fino all'HEB300 e assegnamola (doppio click o selezione+aplica).

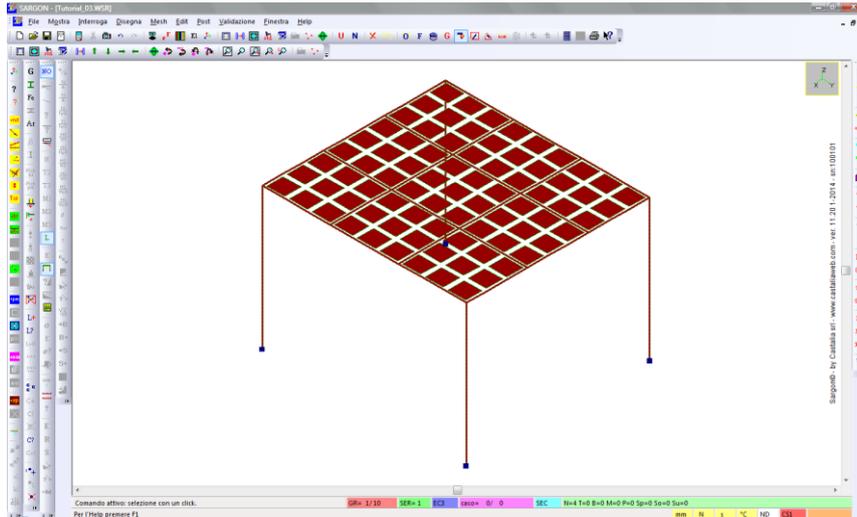


Come si vede, la selezione contemporanea di tutti gli elementi è facilmente gestibile, in questo caso. In generale, è bene selezionare solo gli elementi strettamente necessari di volta in volta.

Potremmo continuare ad aggiungere elementi, copiare o specchiare parti della struttura, ecc. fino a creare strutture più o meno complesse. **Per semplicità espositiva ci limiteremo a questo modello elementare.**

Aggiungiamo l'ultimo elemento mancante: i vincoli nodali. Deselezioniamo tutto . Selezioniamo solo i 4 nodi alla base.

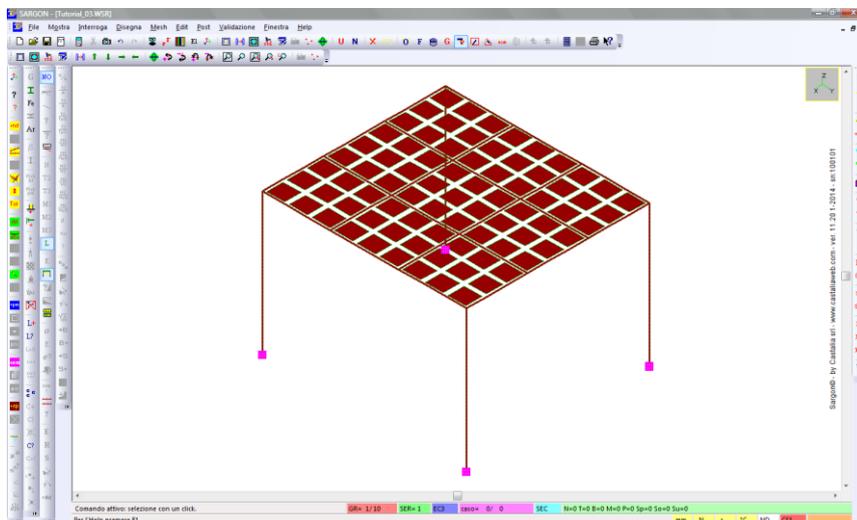
Possiamo attivare il filtro di selezione per *nod*i o mantenere quello per *tutti* gli elementi.



Eseguiamo il comando **Edit – Vincoli – Vincoli sui nodi** . Di default è previsto l'incastro. Se così non fosse, basta premere l'apposito bottone. Premiamo OK.



Tornati nella scena, deseleggiamo tutto ed eventualmente effettuiamo un refresh della vista .



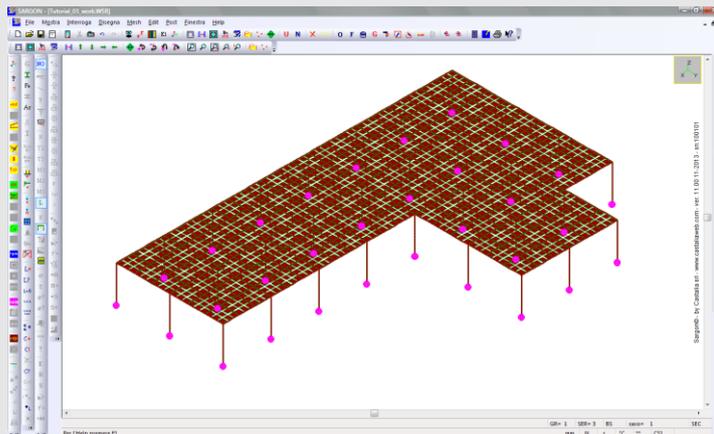
**Nota:** come per le travi, le piastre vengono colorate in modo opportuno quando viene assegnato loro uno spessore.

**Nota sulle membrane:** se si utilizzassero elementi membrana anziché piastre, i **comandi** da utilizzare sarebbero sostanzialmente **gli stessi** che si usano per le piastre. Sarebbero **diversi i criteri** secondo i quali creare la mesh, poiché le membrane non hanno alcuna rigidezza fuori piano.

## 2.3 Cenni su ulteriori comandi per la creazione dei modelli

Sargon dispone di **comandi per una modellazione avanzata** e spesso più rapida, non trattati in questo tutorial. Si citano, a titolo di esempio, i comandi di splitting degli elementi, i comandi di intersezione automatica tra gli elementi, i comandi di specchiatura e di copia radiale, la definizione di eccentricità in modo manuale, automatico o semiautomatico, la definizione avanzata dell'orientazione, ecc. Alcuni di questi argomenti sono trattati in tutorial successivi, per altri si rimanda alla guida del programma o alle videolezioni.

Con pochi comandi di copia opportunamente gestiti, possiamo rapidamente ottenere una struttura modulare partendo dal blocco originale, oppure aggiungere altre parti alla nostra struttura, ecc.



## PARTE 3: CASI DI CARICO E COMBINAZIONI

### 3.1 I casi di carico

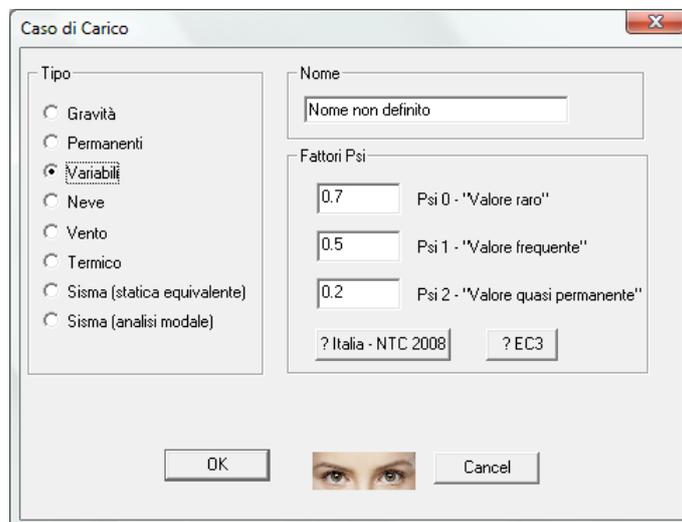
Aggiungiamo ora dei casi di carico al nostro modello. Eseguiamo il comando **Edit – Casi – Aggiungi** .

Spuntiamo il tipo *Gravità* e definiamo un nome, opzionale, per il primo caso di carico, ad esempio “Peso proprio”. Premiamo OK.

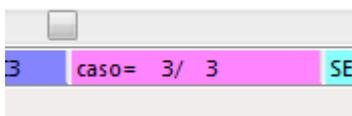
**Nota:** non entreremo, in questa sede, nel dettaglio della definizione dei fattori Psi per la generazione automatica delle combinazioni di verifica in accordo alla normativa desiderata e alla tipologia del caso.

Aggiungiamo un secondo caso di carico, sempre con il comando **Edit – Casi – Aggiungi** . Questa volta spuntiamo il tipo *Permanenti*. Premiamo quindi OK.

Aggiungiamo un terzo caso di carico, sempre con il comando **Edit – Casi – Aggiungi** . Questa volta spuntiamo il tipo *Variabili*. Premiamo quindi OK.



Possiamo aggiungere tutti i casi di carico necessari al nostro progetto. **In questa sede ci limitiamo a tre, per semplicità espositiva.** Nella parte in basso dell'interfaccia di Sargon possiamo vedere qual è il caso corrente, che al momento è il terzo.



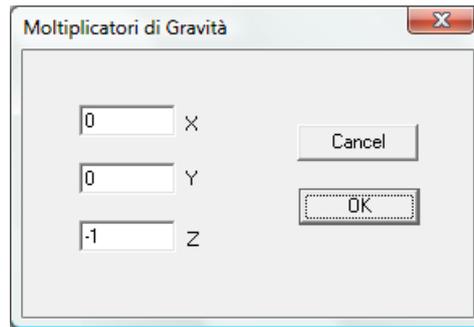
Riportiamoci al caso 1. Per farlo, utilizziamo i comandi **Edit – Casi – Precedente** e **Successivo** .

**Suggerimento:** per spostarci tra i vari casi possiamo utilizzare diverse modalità: la prima consiste nell'utilizzare i comandi **Edit – Casi – Precedente** e **Successivo** . La seconda è il comando **Edit – Casi – Modifica** , selezionando il caso desiderato nella lista del dialogo proposto e premendo OK. La terza modalità consiste nel cliccare direttamente nella casella dell'immagine soprariportata: il tasto destro fa passare al caso successivo, il tasto sinistro a quello precedente.

### 3.2 Le azioni

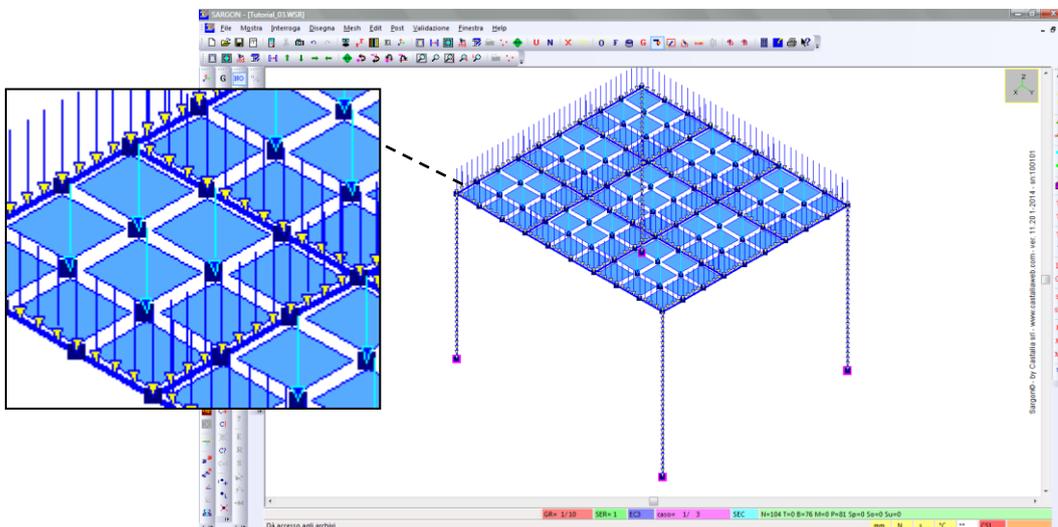
Siamo nel caso 1 (peso proprio). Selezioniamo tutti gli elementi (il filtro su *tutti* gli oggetti dovrebbe essere ancora attivo da prima, altrimenti occorre cambiarlo.).

Eseguiamo ora il comando **Edit – Azioni – Gravità** . Lasciamo  $Z=-1$  e clicchiamo OK.



**Nota:** Abbiamo già discusso il comando e il dialogo in precedenza.

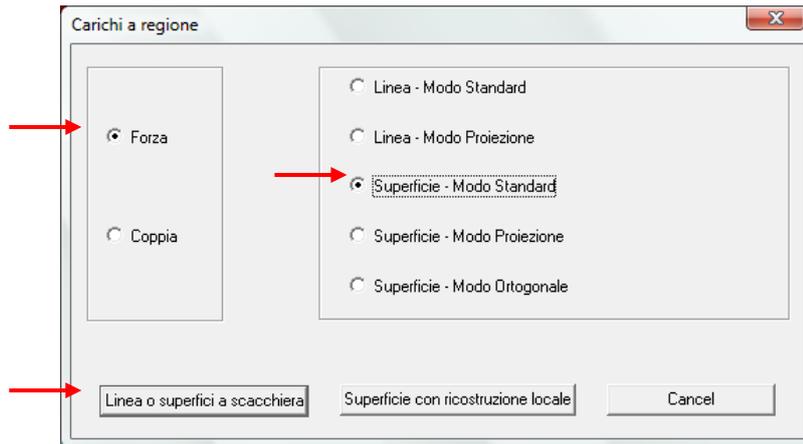
Come per le bielle, anche nel caso delle piastre il carico viene applicato sotto forma di forze nodali.



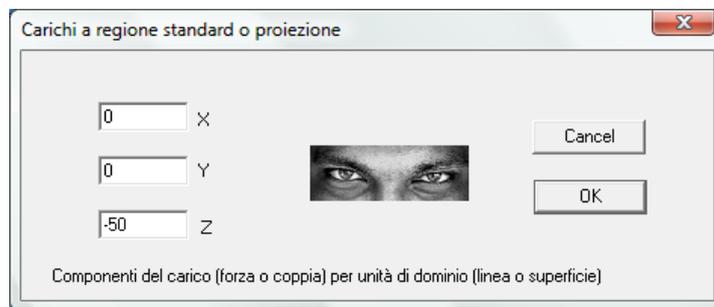
Passiamo al caso di carico **Successivo**  (il caso 2). Deselezioniamo tutti gli elementi per avere una vista più chiara .

Per comodità nel definire l'entità delle azioni, eseguiamo **Edit – Seleziona – Unità** , quindi selezioniamo i metri [m] nella sezione *Lunghezza* e chilogrammi [kg] nella sezione *Forza*.

Applicheremo ora un carico di superficie in modalità semiautomatica: eseguiamo **Edit – Azioni – Regione** . Nel dialogo successivo, scegliamo “Forza” e “Superficie – Modo Standard”, infine clicchiamo “Linea o superficie a scacchiera”.



Nel successivo dialogo definiamo l'entità del carico per unità di superficie, ad esempio poniamo  $Z=-50[\text{kg}/\text{m}^2]$ . Premiamo OK



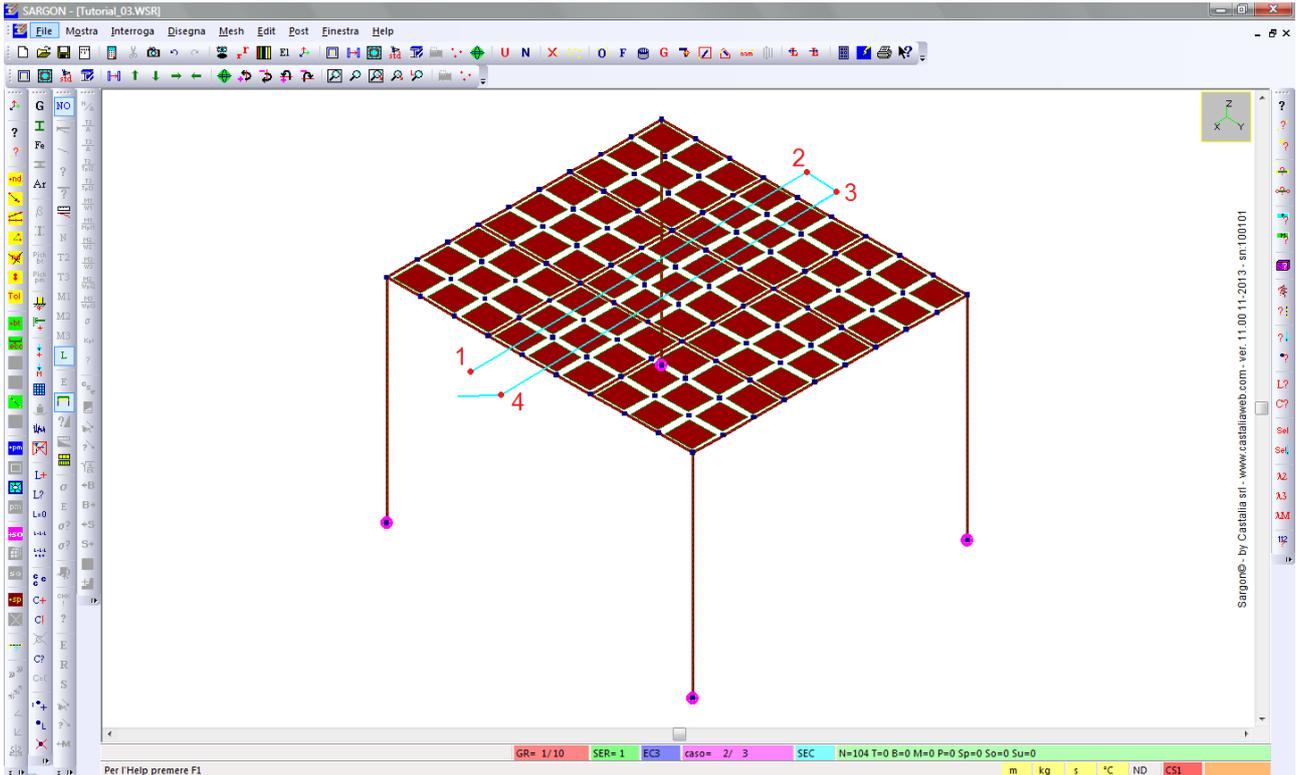
In base alle opzioni definite nel primo dialogo, dovremo ora introdurre due poligoni che individuano due file di nodi, le quali devono avere un nodo in comune. Verrà così definita una **scacchiera**. Il programma ripartirà opportunamente il carico su tutti i nodi della scacchiera.

**Nota:** per la descrizione dettagliata di questa e soprattutto delle altre modalità, alcune delle quali consentono anche la ripartizione del carico su superfici a doppia curvatura, si rimanda alla guida.

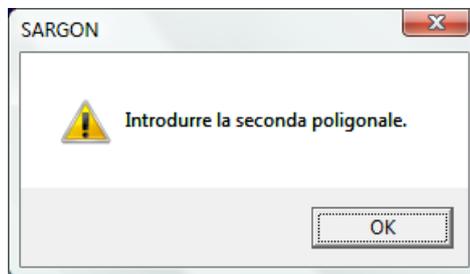
Un messaggio ci avvisa che dobbiamo introdurre la prima poligonale. Premiamo OK.



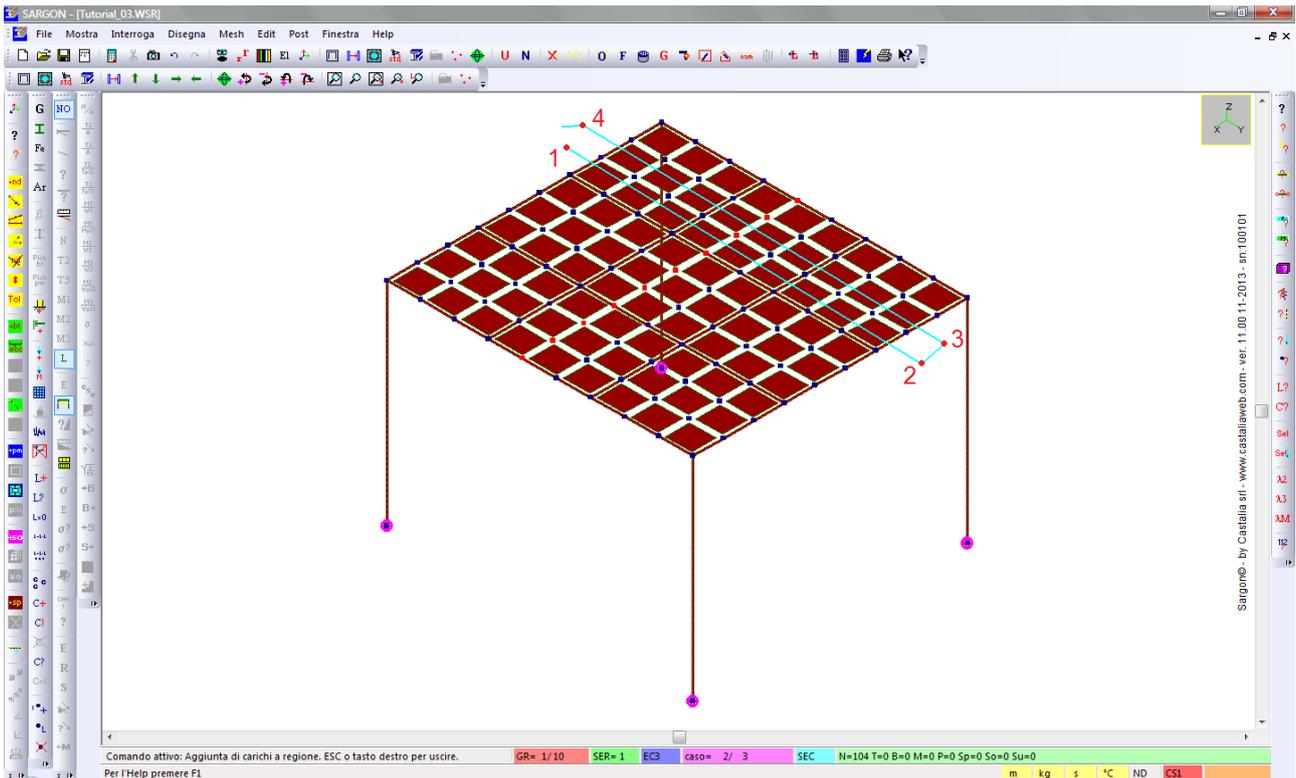
Ora il programma si aspetta la poligonale, che definiremo cliccando dei punti nella scena. Clicchiamo ad esempio i 4 punti mostrati nell'immagine seguente, racchiudendo quindi una sola fila di nodi. Un doppio click dopo il quarto punto serve a chiudere la poligonale.



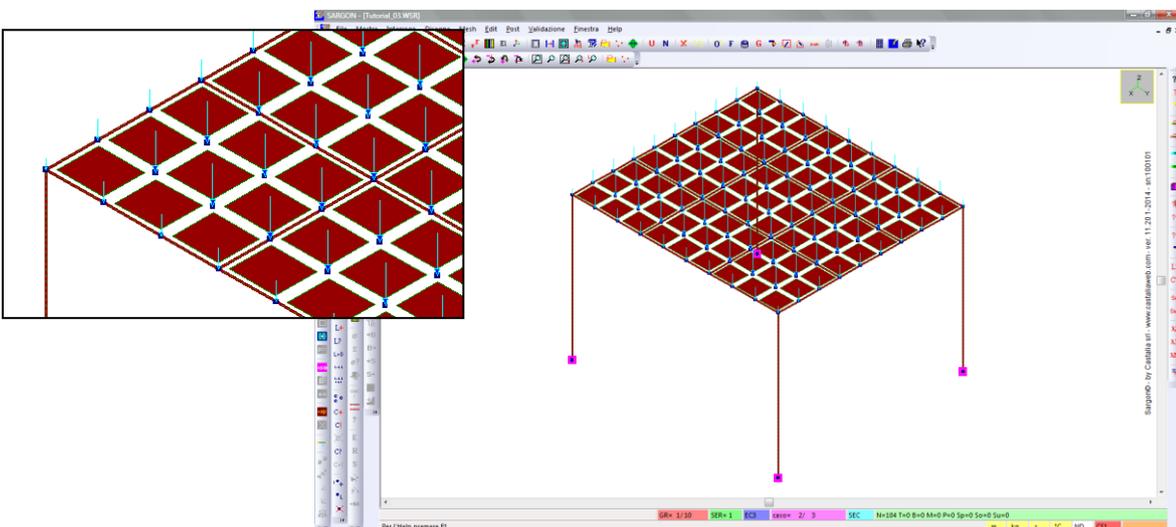
Dopo aver chiuso la prima poligonale, il programma ci chiede di introdurre la seconda. Clicchiamo OK.



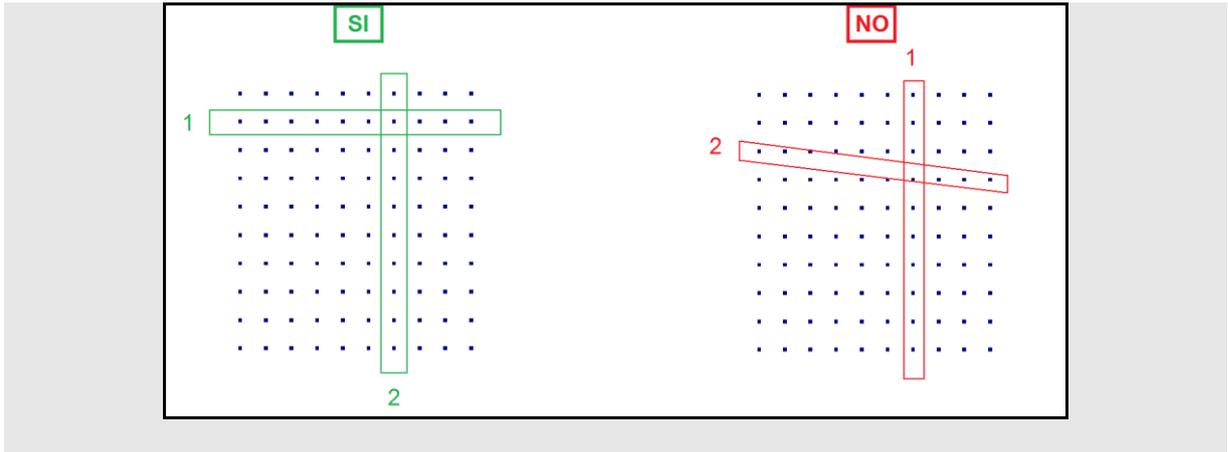
Clicchiamo ora i 4 punti mostrati nell'immagine seguente, racchiudendo una fila di nodi che interseca quella definita in precedenza. Doppio click dopo il quarto nodo per chiudere la poligonale.



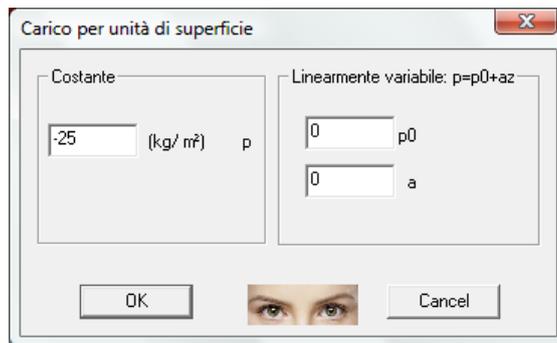
Dopo che abbiamo definito la seconda poligonale, il programma aggiunge le forze nodali opportune sui nodi della scacchiera. Come si vede nel dettaglio dell'immagine seguente, le forze non hanno tutte la stessa entità: quelle sui nodi appartenenti ai bordi hanno modulo minore rispetto a quelle sui nodi all'interno, in accordo alla loro area di influenza.



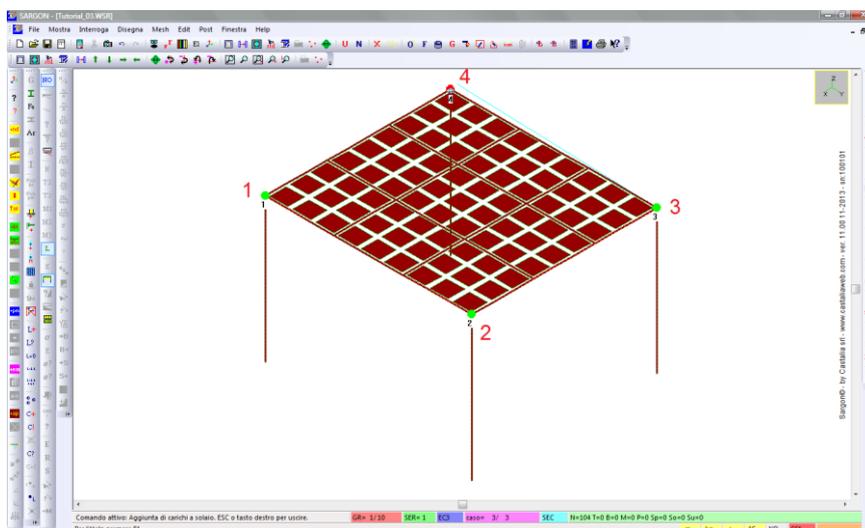
**Nota:** l'immagine seguente mostra un esempio di definizione corretta delle due poligonali e un esempio di definizione errata.



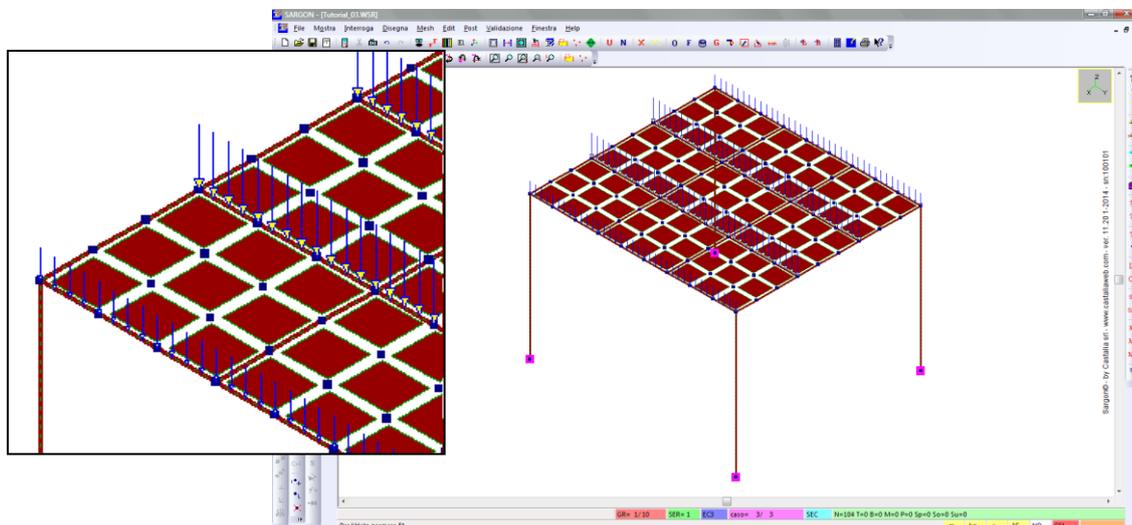
Passiamo al caso di carico **Successivo**  (il caso 3). Eseguiamo il comando **Edit – Azioni – Solai**. Definiamo una pressione costante  $p=-25[\text{kg}/\text{m}^2]$ .



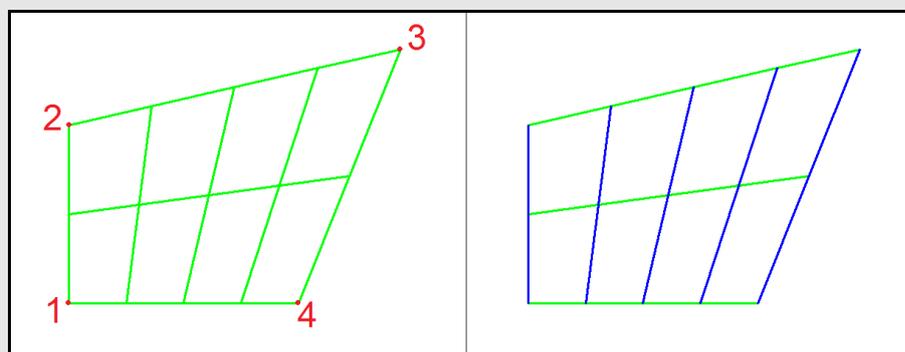
Dobbiamo ora definire 4 nodi che individuano il solaio (si veda l'immagine seguente). Tutte le travi che vanno dal lato 2-3 al lato 1-4 (in questo caso particolare, sono quindi tutte le travi parallele al lato 1-2) saranno opportunamente caricate con carichi distribuiti, in base alla pressione appena definita e all'area di influenza di ciascun elemento.



Dopo il click del quarto punto, il programma aggiunge gli opportuni carichi distribuiti. Come nel caso del carico a regione, l'entità del carico non è la stessa per tutti gli elementi, ma dipende dall'area di influenza di ciascuno. In particolare, le file di elementi lungo i bordi avranno un carico minore.



**Nota:** l'immagine seguente mostra un esempio con elementi non che non sono perpendicolari od ortogonali tra loro. Cliccano i 4 punti mostrati a sinistra, verranno caricati gli elementi evidenziati in blu nell'immagine a sinistra. Sono infatti gli elementi che vanno dal lato 2-3 al lato 1-4. Gli elementi saranno soggetti a un carico di entità diversa, in base all'area di influenza.



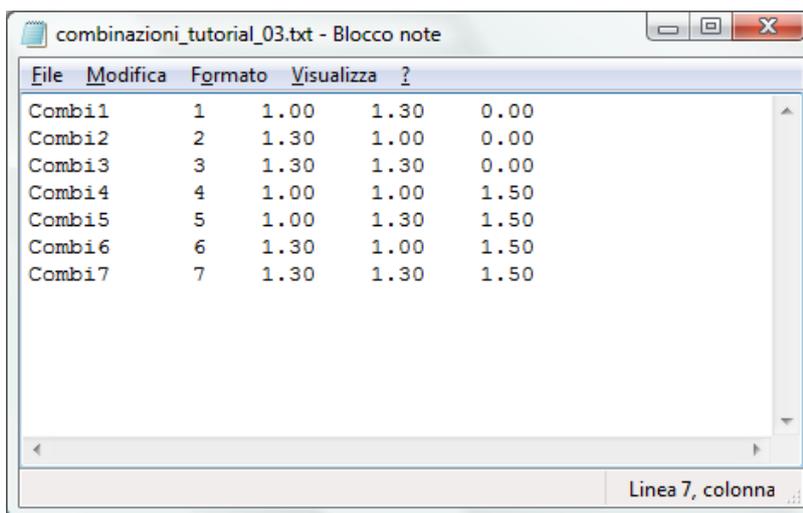
### 3.3 Le combinazioni

Nei tutorial precedenti abbiamo visto come aggiungere le combinazioni manualmente e come farle creare automaticamente al programma in accordo alla normativa. Ora vedremo come importare le combinazioni scritte in un file di testo.

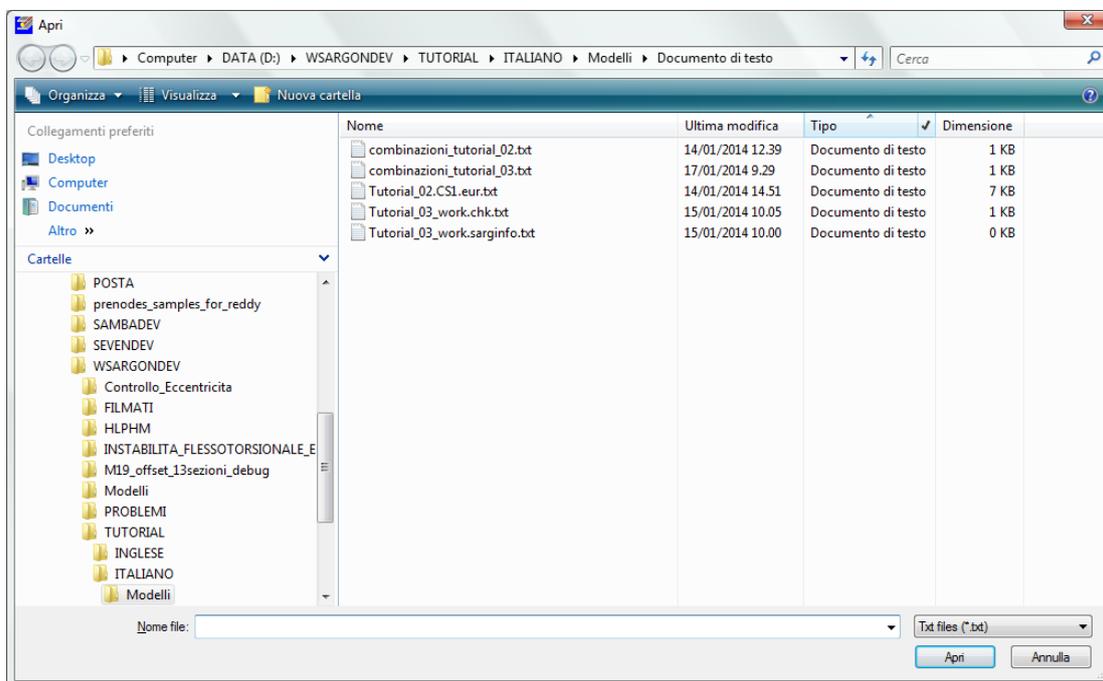
Il file di testo deve avere il formato seguente: ogni riga corrisponde a una combinazione. Per ogni combinazione sono indicati il nome, il numero e i moltiplicatori di tutti i casi di carico presenti nel modello. Lo schema seguente mostra il formato di una combinazione.

nome	numero	caso1x	caso2x	caso3x
Combi1	1	1.00	1.30	0.00

Ad esempio, creiamo un file txt contenente le seguenti combinazioni (per comodità, salviamolo nella stessa cartella del modello Sargon).



Eseguiamo il comando **Edit – Combinazioni – Importa** e apriamo il file suddetto.



Un messaggio ci informa che sono state aggiunte 7 combinazioni. Come nel tutorial precedente, eseguiamo **Edit – Combinazioni – Modifica** e attiviamo *Tutte* le combinazioni, con l'apposito bottone.

## PARTE 4: ANALISI STATICA LINEARE

### 4.1 Panoramica sui solutori di Sargon

Sargon dispone di diversi solutori interni ed è interfacciato con solutori esterni. Per quanto concerne il secondo aspetto si rimanda alla documentazione del programma. I solutori interni disponibili sono:

- Analisi statica lineare
- Analisi nonlineare per nonlinearietà geometrica
- Analisi nonlineare per nonlinearietà di materiale
- Analisi modale
- Analisi a spettro di risposta
- Analisi di risposta in frequenza
- Analisi di buckling

Sul sito internet di Castalia ([www.castaliaweb.com](http://www.castaliaweb.com)) sono disponibili centinaia di schede di validazione dei solutori, che includono confronti con risultati teorici e cross-check con altri programmi agli elementi finiti, quali NASTRAN e SAP2000.

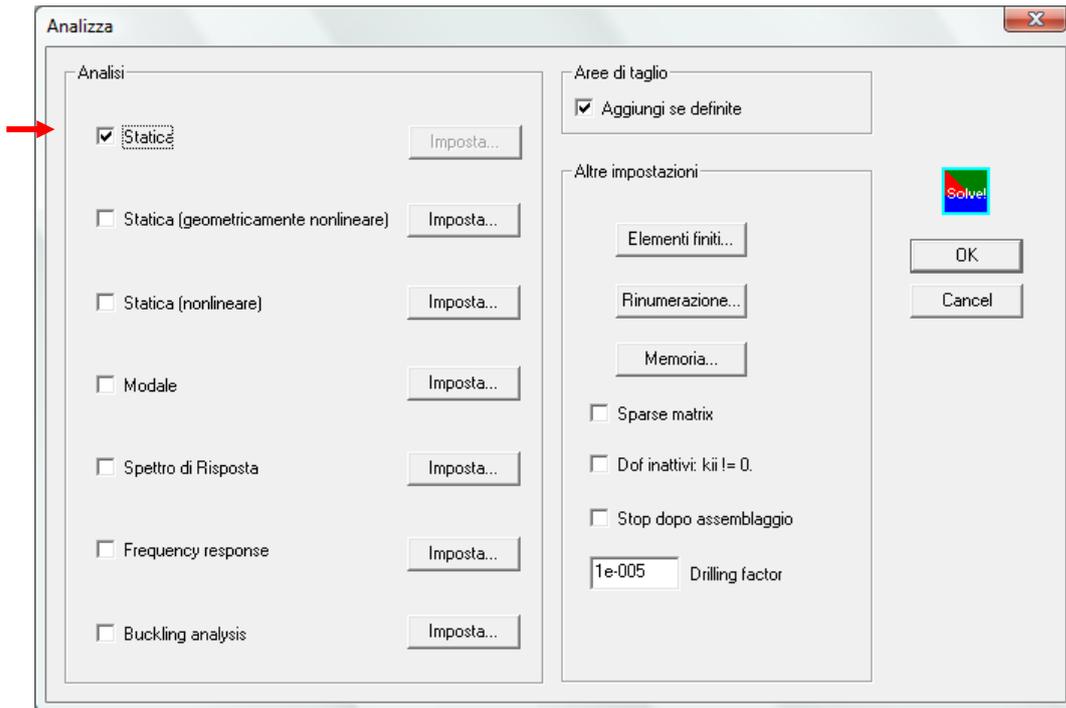
In questo tutorial vedremo un esempio di analisi statica lineare.

### 4.2 Impostazione ed esecuzione dell'analisi statica lineare

Eseguiamo il comando **File – Analizza** .

Viene proposto un dialogo nella cui parte sinistra sono elencati tutti i solutori. Spuntiamo il primo, ovvero **l'analisi statica**. Come si vede dalla casella *Imposta* ingrigita, questo solutore è l'unico che non necessita di impostazioni specifiche per l'analisi.

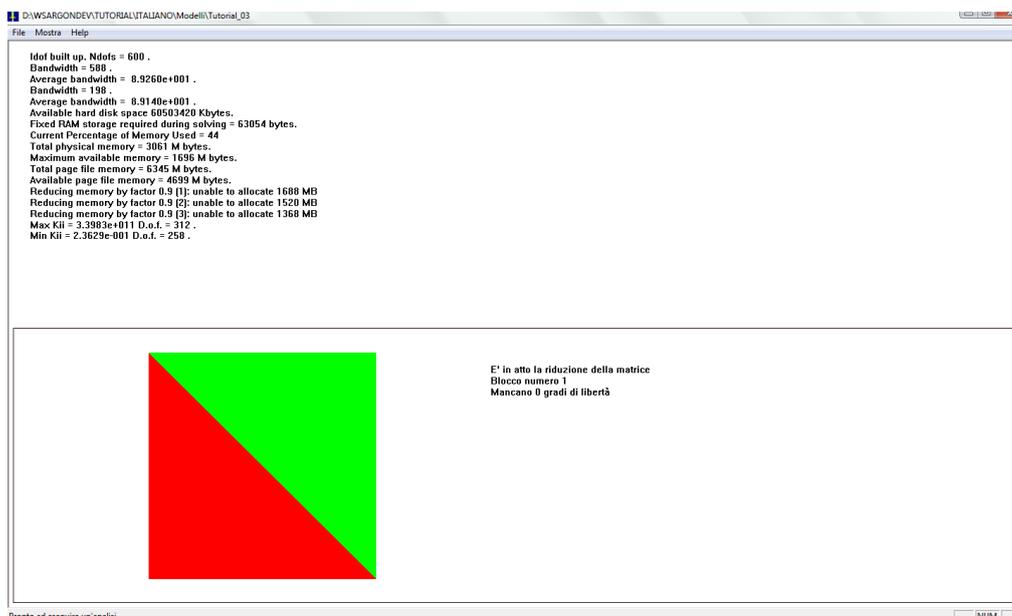
**Nota:** nella parte destra del dialogo possiamo modificare le impostazioni generali, tra cui la scelta di utilizzare o meno la soluzione di tipo *Sparse Matrix* e le opzioni di rinumerazione dei nodi e ottimizzazione della memoria, sostanzialmente irrilevanti nel caso di un modello così piccolo come quello in esame. Qui non entreremo nel dettaglio delle varie impostazioni, mantenendo i default.



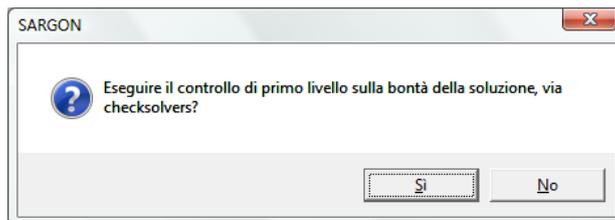
Premiamo OK per avviare l'analisi.

**Nota:** se ci viene chiesto di salvare il file su disco, perché ci sono modifiche non salvate, clicchiamo SI. Facciamo lo stesso se ci viene richiesto di interrompere comandi rimasti inavvertitamente attivi.

Viene lanciato il solutore CLEVER (analisi statica).



Al termine dell'analisi ci viene chiesto se eseguire un controllo sulla bontà della soluzione, tramite l'applicazione **Checksolvers** di Castalia. In questa sede clicchiamo NO.



La struttura è stata analizzata e ora possiamo visualizzarne i risultati.

### 4.3 Analisi dei risultati

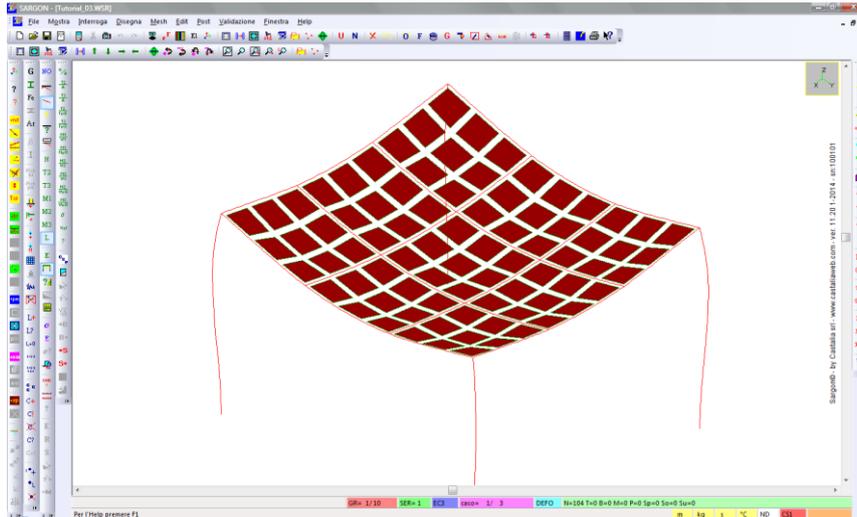
Possiamo ora visualizzare a schermo i risultati dell'analisi eseguita. Nei tutorial precedenti abbiamo già fatto una panoramica dei risultati relativi agli spostamenti e alle sollecitazioni negli elementi beam. Ora non riprenderemo l'ultimo argomento. Torneremo invece brevemente sulle viste deformate per evidenziarne un aspetto particolare e poi vedremo come visualizzare gli sforzi negli elementi plate.

I comandi per la visualizzazione dei risultati relativi agli spostamenti si trovano nel menu **Post**, sottomenu **Deformata**. I comandi relativi agli sforzi negli elementi plate si trovano nel menu **Post**, sottomenu **Sforzi PM e SO** (piastre-membrane e solidi). Fatta questa premessa, nel seguito di questo tutorial verranno riportati solo i nomi dei comandi, senza indicare ogni volta menu e sottomenu, essendo facilmente intuibile in quale sottomenu del menu Post, tra i due suddetti, si trovino i vari comandi.

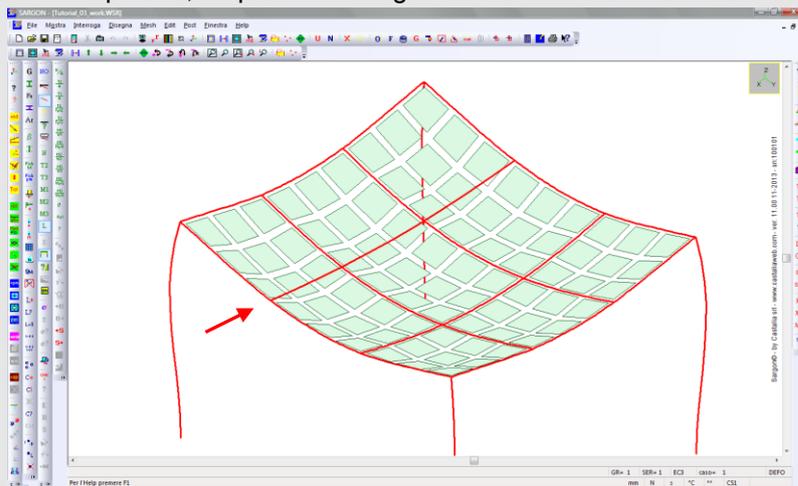
**Nota:** è anche possibile chiedere al programma la stampa di un **listato** alfanumerico con i risultati desiderati, che possono essere usati per controlli oppure possono essere inseriti in relazioni di calcolo. Il listato può essere creato in modo personalizzato grazie alle opzioni disponibili. Il comando per creare il listato, che non approfondiremo in questa sede, è **File – Crea Listato** .

Posizioniamoci nel caso 1 usando i bottoni   oppure , quindi visualizziamo la vista deformata **Senza indeformata** .

Come si può notare, lo spostamento dei nodi delle piastre e quello dei nodi degli elementi beam sono uguali lungo tutto lo sviluppo degli elementi beam stessi. Questo avviene perché il modello è stato creato correttamente, mantenendo lo stesso passo di mesh per piastre e travi, che hanno quindi i nodi in comune.



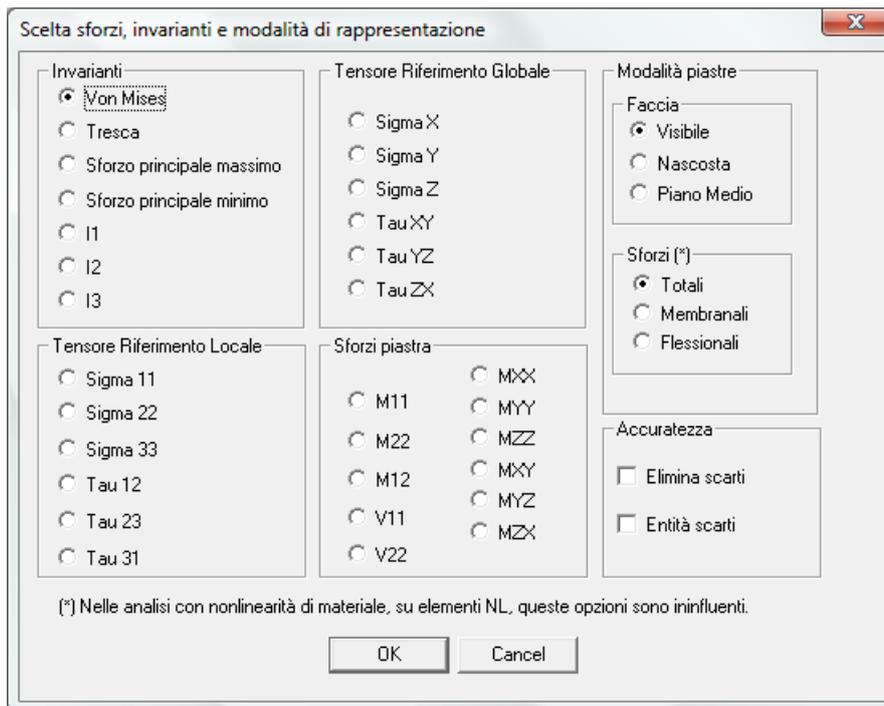
**Nota:** a titolo di esempio, si mostra la seguente deformati di un modello in cui una trave non è stata suddivisa, mantenendo un elemento unico da parte a parte. Come si vede, la sua deformati non è coerente con quella delle piastre, in quanto il collegamento avviene solo ai 2 nodi dell'elemento beam.



Usiamo il comando **No post** per annullare la visualizzazione dei risultati correnti e tornale alla vista normale del modello (vale sia per le deformati e per tutti gli altri risultati, mappe, diagrammi, ecc.).

Come detto, non torneremo sulle azioni interne negli elementi beam, per le quali si rimanda ai precedenti tutorial. Passiamo invece agli sforzi nelle piastre.

Eseguiamo il comando **Sforzi** . Viene proposto un dialogo che ci consente di indicare che tipo di sforzo vogliamo visualizzare e con quali opzioni.



Sono disponibili i seguenti tipi di sforzi:

- invarianti (Von Mises, Tresca, principali max e min, ecc.);
- tensore nel riferimento locale (sigma e tau nel sistema di riferimento locale);
- tensore nel riferimento globale (sigma e tau nel sistema di riferimento globale);
- sforzi di piastra.

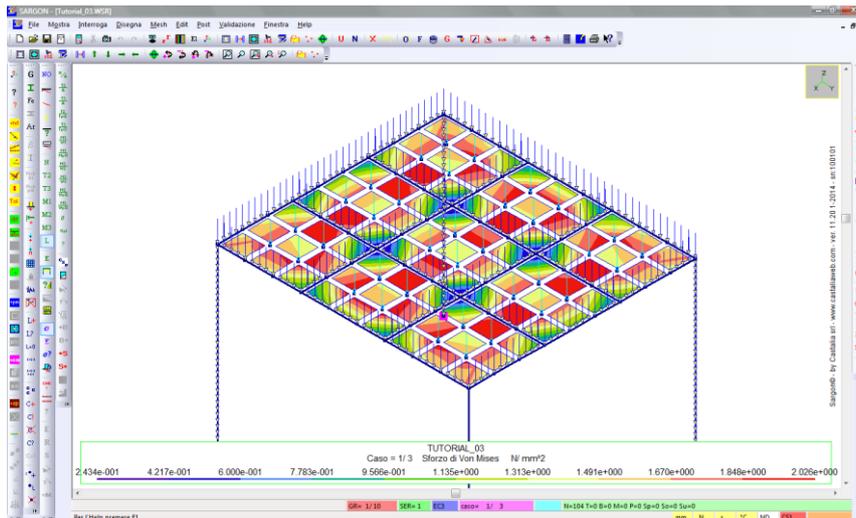
Le opzioni di visualizzazione sono:

- possono essere visualizzati gli sforzi sulla faccia visibile dell'elemento, su quella nascosta o sul piano medio;
- si può scegliere di visualizzare solo gli sforzi membranali, solo quelli flessionale oppure quelli totali;
- si possono eliminare gli scarti (smoothing, su ogni nodo viene calcolata la media degli sforzi sugli elementi a esso attaccati) e si può visualizzare l'entità degli scarti quadratici medi dello sforzo scelto.

Visualizziamo ora lo sforzo di Von Mises, senza cambiare altri parametri (lasciamo faccia visibile, sforzi totali e non attiviamo opzioni sugli scarti).

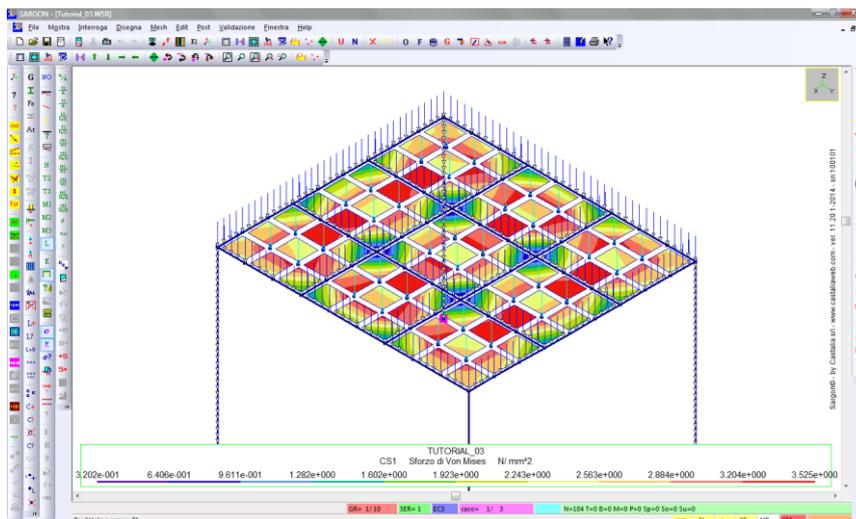
Gli elementi plate vengono colorati in base al loro stato di sforzo, in accordo a una scala graduata che viene calcolata automaticamente in base agli sforzi massimo e minimo nel caso o nella combinazione corrente.

**Nota:** la scala può anche essere decisa dall'utente.



Se la mesh è poco raffinata, gli scarti tra gli elementi saranno più marcati. **Se gli scarti sono molto bassi, significa che la mesh è adeguatamente proporzionata al problema in esame.**

Se eseguiamo il comando **Inviluppo** , per ogni elemento verranno mostrati i massimi sforzi (Von Mises in questo caso) al variare di tutte le combinazioni di verifica.



In questo modello (creato per spiegare i comandi e le funzionalità del programma, non per progettare correttamente una struttura) gli sforzi sono molto bassi.

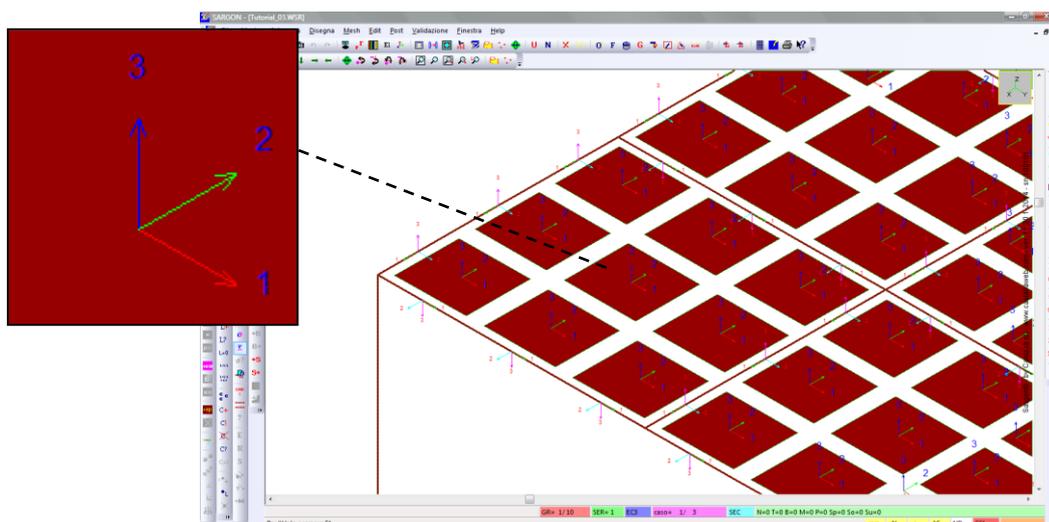
**Suggerimento:** si ricorda che è sempre possibile cambiare le unità di misura **U**, così da avere una mappa di sforzi nelle unità desiderate. Nelle immagini precedenti sono impostati mm e N.

Gli altri tipi di sforzo restituiscono altrettante mappe a colori. Mentre per quanto riguarda il tensore nel riferimento globale, gli assi X, Y e Z sono quelli del modello, vediamo come interpretare gli assi 1, 2 e 3 nei casi di sforzi espressi nel riferimento locale. Eseguiamo il

comando **Mostra – Orientazione**  e spuntiamo orientazione *Completa* su *tutti* gli elementi. Se necessario, aumentiamo la dimensione in mm degli assi di riferimento.



Se usiamo i comandi di zoom o la rotella del mouse per ingrandire il dettaglio di una piastra, vediamo gli assi 1, 2 e 3 che definiscono il sistema di riferimento locale di ciascuna piastra. I pedici indicati nei vari sforzi sono riferiti a tali assi.



**Nota:** per una trattazione più dettagliata di questo argomento si rimanda alla guida.

## PARTE 5: VERIFICHE AUTOMATICHE

In questo tutorial non eseguiremo le verifiche automatiche di resistenza e stabilità degli elementi finiti (beam e truss) in accordo alla normativa desiderata. Per questo aspetto si rimanda al tutorial dedicato. Forniamo di seguito una panoramica sui verificatori automatici disponibili in Sargon. Essi sono:

### Acciaio

- EC3 - NTC2008
- AISC-ASD ed LRFD
- BS5950
- CNR S.L.
- CNE T.A.
- CNR 10011 - 10022

### Legno

- EC5 - NTC

In questa sede ci interessa l'**acciaio**, e in particolare il verificatore automatico in accordo all'Eurocodice 3 (EN-1993-1-8) e alle NTC2008, che sono coincidenti quasi esattamente. Laddove sono presenti delle differenze (ad esempio nella verifica di stabilità a pressoflessione deviata, in cui entrambe le Normative propongono due metodi di calcolo, ma solo uno è in comune) il verificatore di Sargon implementa tali differenze, lasciando all'utente la libertà di decidere quale metodo di quale norma usare.

Le verifiche di resistenza e di stabilità degli elementi aventi sezioni in **classe 1 e 2** sono svolte in modo **totalmente automatico** da Sargon.

Inoltre è possibile eseguire in modo semiautomatico le verifiche anche delle sezioni in **classe 3 e 4**, introducendo opportuni parametri di calcolo, ad esempio i valori efficaci per le sezioni in classe 4. Sargon dispone di strumenti che aiutano l'utente a calcolare i valori efficaci delle sezioni più comuni e, dal dicembre del 2013, implementa strumenti che **automatizzano** il calcolo.

Sul sito internet di Castalia ([www.castaliaweb.com](http://www.castaliaweb.com), nell'area dedicata alla *Validazione*) sono disponibili, oltre a quelle dei solutori, anche centinaia di schede di validazione dei verificatori, in particolare per Eurocodice 3, NTC2008 e AISC-LRFD.