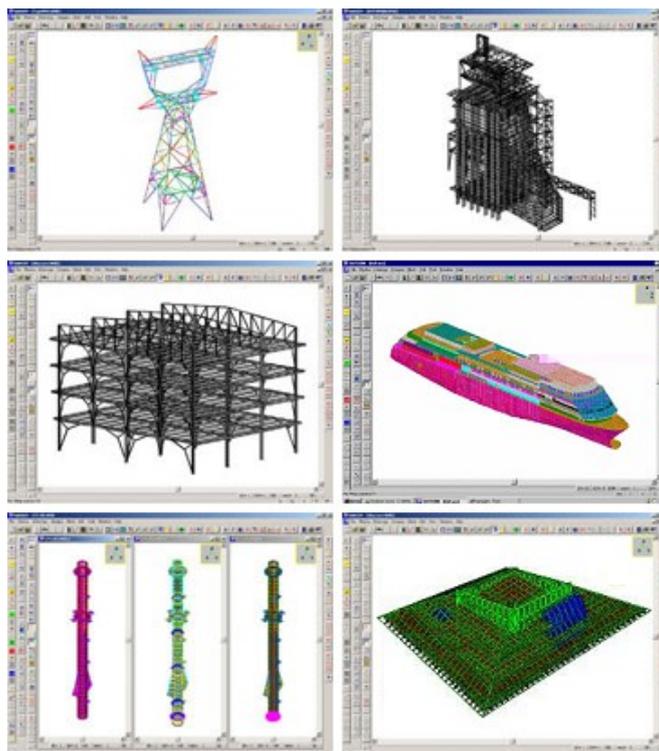


# TUTORIAL DI SARGON

Conoscere il programma in modo guidato



## Tutorial 2

### Struttura di travi e bielle

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 ELEMENTI FINITI, PROPRIETÀ, VINCOLI E SVINCOLI .....	7
2.3 CENNI SU ULTERIORI COMANDI PER LA CREAZIONE DEI MODELLI .....	31
<b>PARTE 3: CASI DI CARICO E COMBINAZIONI .....</b>	<b>32</b>
3.1 I CASI DI CARICO .....	32
3.2 LE AZIONI.....	33
3.3 LE COMBINAZIONI .....	39
<b>PARTE 4: ANALISI STATICA LINEARE.....</b>	<b>44</b>
4.1 PANORAMICA SUI SOLUTORI DI SARGON .....	44
4.2 IMPOSTAZIONE ED ESECUZIONE DELL'ANALISI STATICA LINEARE .....	44
4.3 ANALISI DEI RISULTATI.....	46
<b>PARTE 5: VERIFICHE AUTOMATICHE.....</b>	<b>52</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 trave e biella;
- definizione dei casi di carico, delle azioni e delle combinazioni di verifica;
- impostazione ed esecuzione di un'analisi statica lineare, panoramica sui risultati;
- panoramica sulle verifiche automatiche di resistenza e stabilità degli elementi beam in accordo alla normativa.

## 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.

Mostra – Orientazione 

Edit – Vincoli – Svincoli delle travi 

Mesh – Travi e Bielle – Dividi BT 

Edit – Proprietà – Pick bt 

Edit – Azioni – Vento su bt

Edit – Combinazioni – Genera 

Post – Deformata – Interno 

Alcuni comandi qui utilizzati sono già stati spiegati nel **tutorial precedente**, al quale si rimanda per una spiegazione più dettagliata. In questa sede potranno essere trattati in modo meno approfondito.

Mesh – Travi e bielle – Aggiungi 

Edit – Seleziona – [vari comandi di selezione]

Edit – Proprietà – Materiali 

Edit – Proprietà - Sezioni 

Edit – Vincoli – Vincoli sui nodi 

Edit – Casi – Aggiungi 

Edit – Azioni – Gravità 

Edit – Azioni – 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.

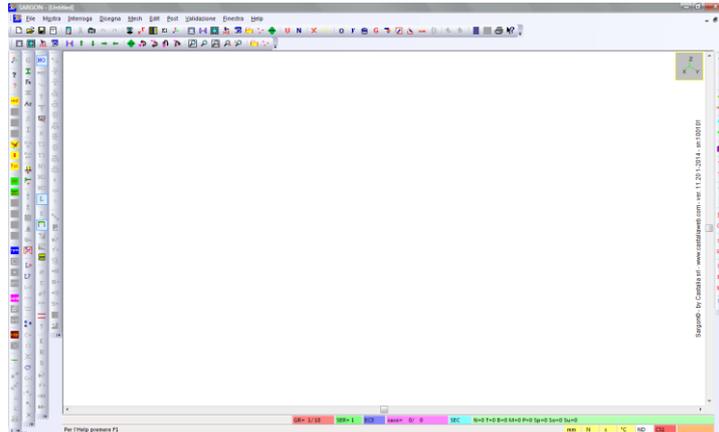
Buon lavoro!

**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.**

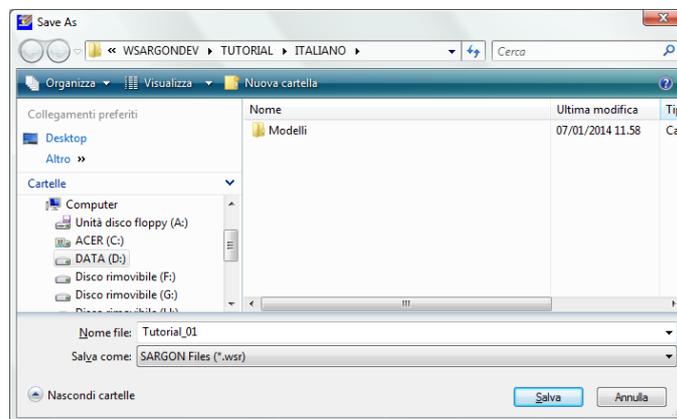
## PARTE 2: MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA

### 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\_02.wsr).



### 2.2 Elementi finiti, proprietà, vincoli e svincoli

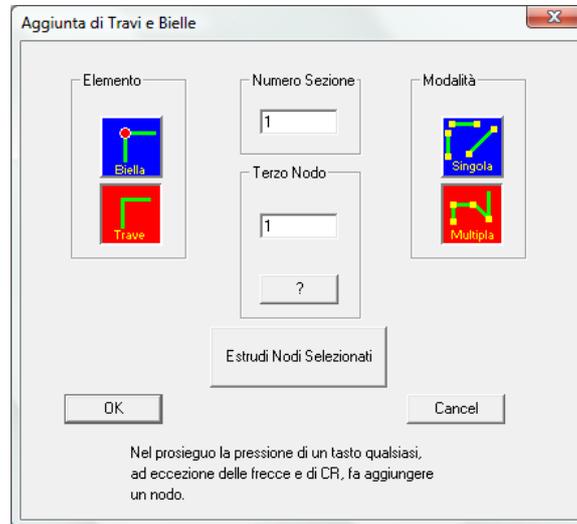
In Sargon è possibile aggiungere prima i nodi e poi gli elementi finiti, ma è generalmente più comodo e veloce aggiungere direttamente gli elementi finiti. Utilizzeremo ora questo secondo approccio; non ci serve quindi definire alcun nodo.

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

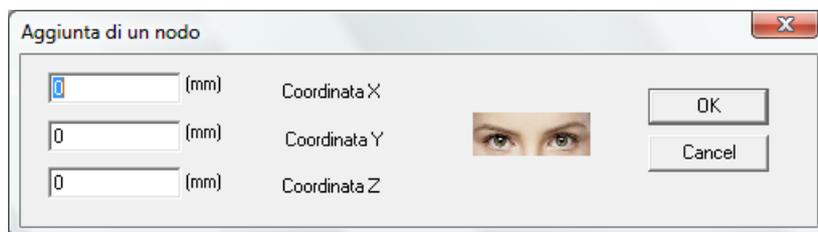
Nel dialogo che viene proposto definiamo il **tipo** di elemento finito *Trave*, la **modalità** *Moltip* di aggiunta (elementi concatenati) e l'**orientazione** degli elementi con terzo nodo

uguale a “1” (l’asse 2 degli elementi beam sarà orientato come l’asse Y globale del modello).

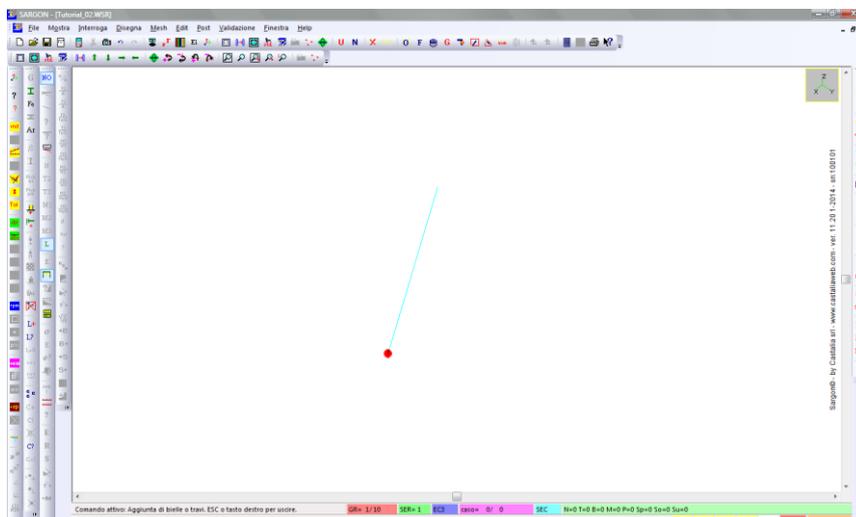
**Nota:** si rimanda al tutorial 01 per una descrizione più approfondita del terzo nodo.



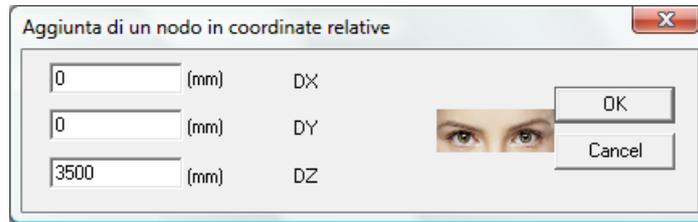
Clicchiamo OK per uscire dal dialogo e aggiungere gli elementi. Per definire il primo nodo del primo elemento beam, premiamo la *barra spaziatrice* sulla tastiera. Viene proposto un dialogo in cui definiremo le tre coordinate globali (X, Y, Z) del nodo.



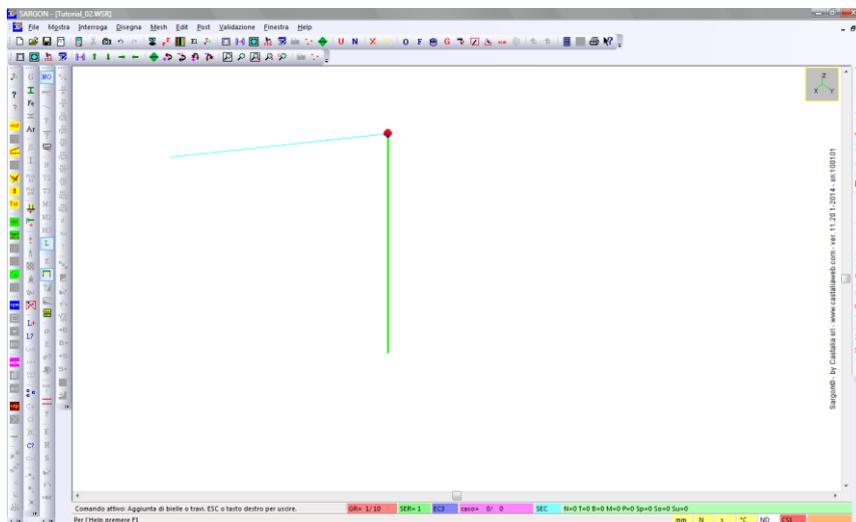
Se vogliamo che questo nodo sia nell’origine degli assi globali del modello, lasciamo tutte le coordinate uguali a zero e premiamo OK.



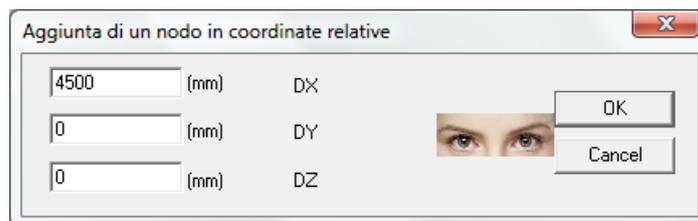
Per aggiungere il secondo nodo, non essendoci ancora altri nodi a cui attaccarci, premiamo nuovamente la *barra spaziatrice*. Definiremo quindi la distanza del secondo nodo dal primo, ad esempio  $DZ=3500$ [mm].



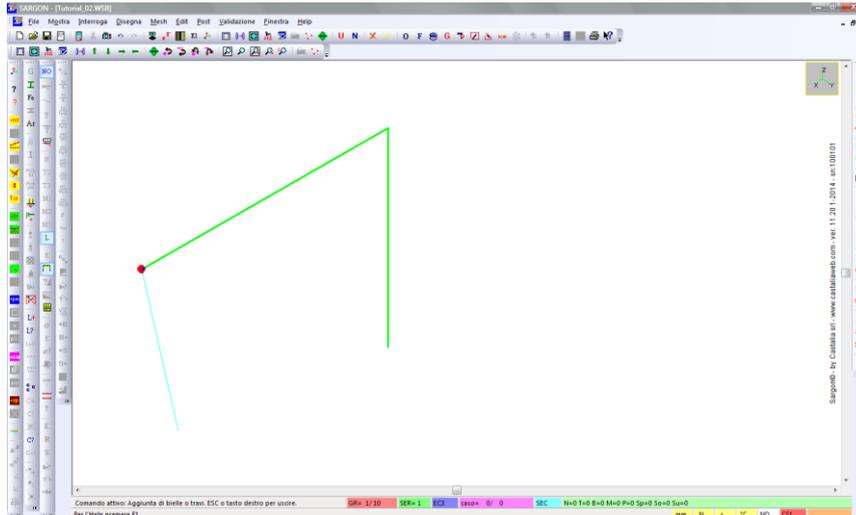
Clicchiamo OK. Assieme al secondo nodo viene aggiunto anche l'**elemento** beam. Il secondo nodo dell'elemento è anche il primo nodo dell'elemento successivo.



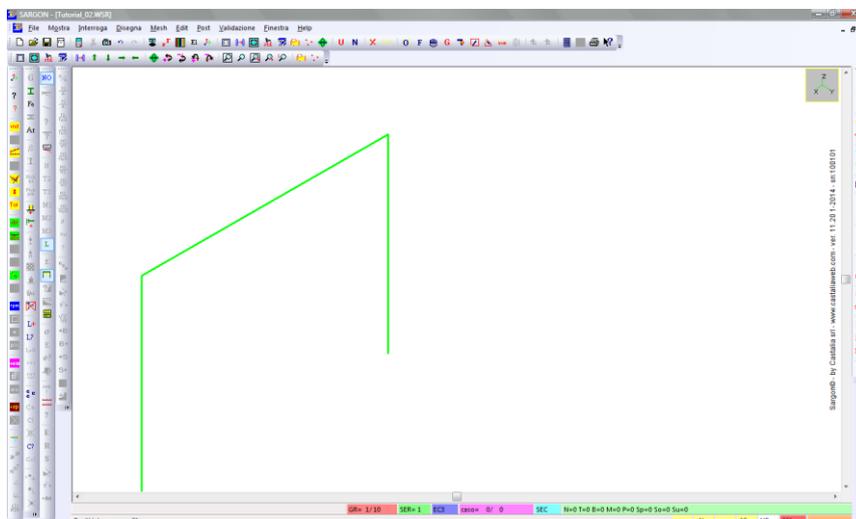
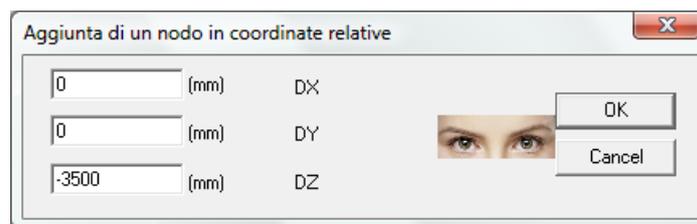
Premiamo nuovamente la *barra spaziatrice* per aggiungere il traverso del portale. Questa volta definiamo una distanza DX pari a  $4500$ [mm] dal primo nodo dell'elemento.



Viene aggiunto anche il secondo elemento, il cui secondo nodo coincide con il primo nodo del prossimo 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.



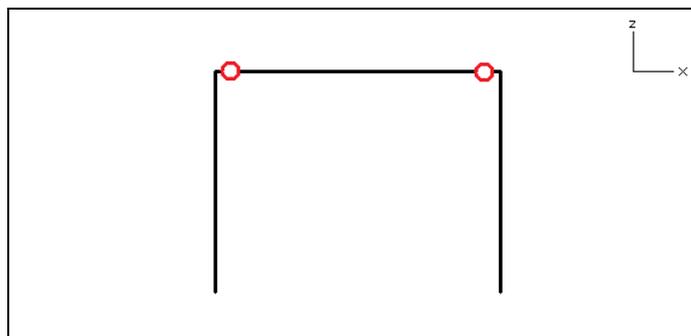
Il terzo elemento del portale è stato aggiunto. Clicchiamo ora il *tasto destro* del mouse o il tasto *ESC* sulla tastiera per interrompere il comando di aggiunta degli elementi.

**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 U**. 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.

Fin qui abbiamo fatto sostanzialmente ciò che abbiamo già visto nel precedente tutorial. Ora introdurremo altre operazioni. Vedremo come realizzare un portale incernierato, con l'aggiunta di controventi di tipo biella.

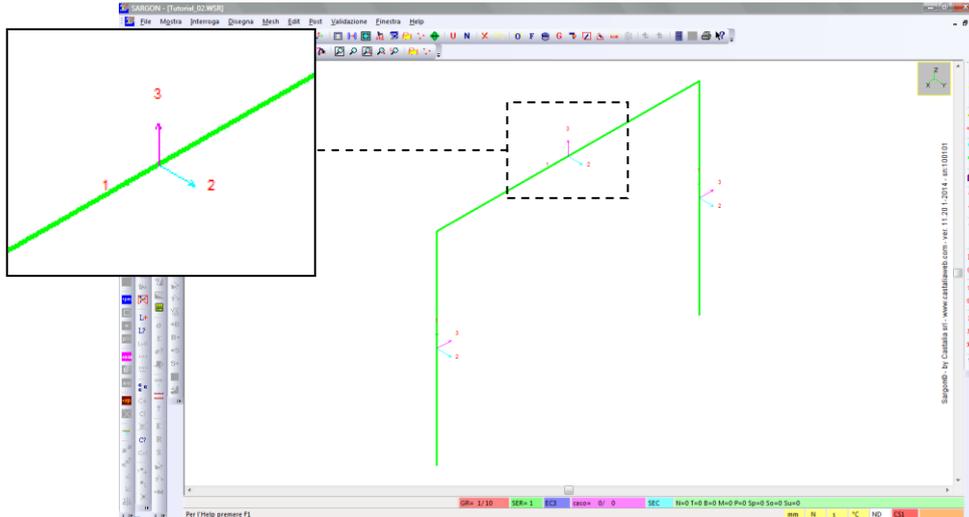
Innanzitutto dobbiamo assegnare opportuni svincoli agli estremi della trave orizzontale; in particolare, vogliamo fare in modo che vi siano delle cerniere nel piano del portale stesso, come mostrato nell'immagine qualitativa della figura seguente. La rotazione avviene quindi attorno all'asse globale Y, che nell'immagine è diretto perpendicolarmente allo schermo.



Prima di assegnare gli svincoli, mostriamo l'orientazione degli elementi, per capire meglio quali svincoli definire. Utilizziamo il comando **Mostra – Orientazione** , quindi nel dialogo spuntiamo rappresentazione *Completa* e *Tutti* gli elementi.



In questo modo, su tutti gli elementi viene rappresentata la terna completa degli assi di riferimento del sistema locale. L'asse 1 è quello lungo l'asse dell'elemento, gli assi 2 e 3 sono nel piano della sezione. Nell'immagine seguente vediamo in dettaglio l'orientazione dell'elemento orizzontale, che è quello che ci interessa.

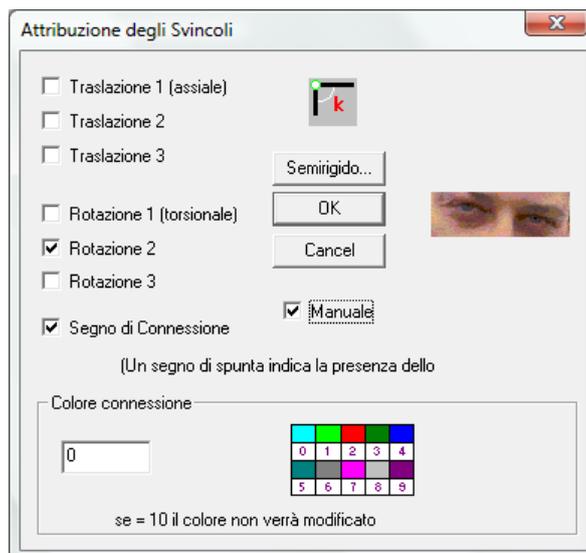


La cerniera che vogliamo definire deve lasciare libera la rotazione attorno all'asse locale 2.

**Suggerimento:** visto che non ci serve più, possiamo ora nascondere l'orientazione eseguendo nuovamente il comando **Mostra – Orientazione** e spuntando l'opzione *Nessuna* rappresentazione nel dialogo successivo.

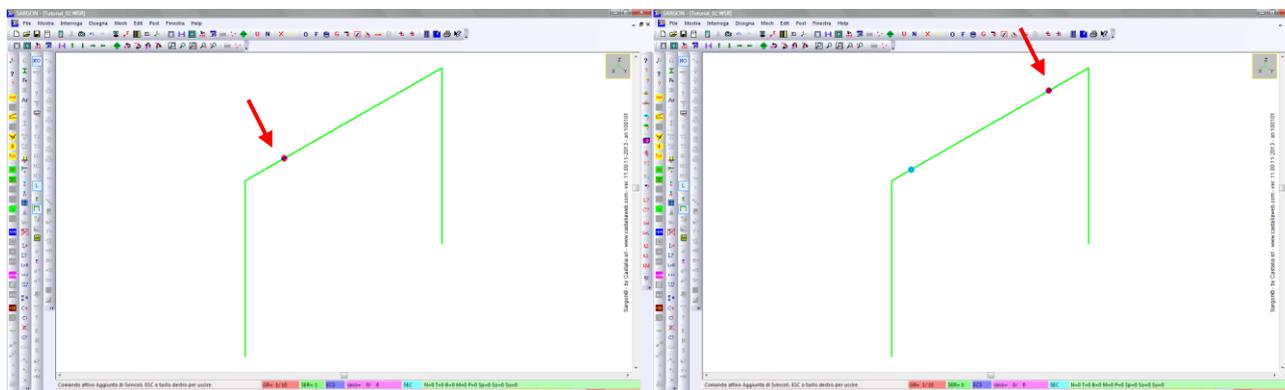
Eseguiamo il comando **Edit – Vincoli – Svincoli delle travi** ; nel successivo dialogo spuntiamo la casella *Rotazione 2*, perché vogliamo svincolare la rotazione attorno all'asse locale 2.

**Nota:** automaticamente viene spuntata anche la casella *Connessione*, che indica appunto la presenza di un segno di connessione. Uno svincolo costituisce un segno di connessione, ma possono esserci segni di connessione senza svincoli associati, per indicare un'interruzione di membratura. Per ulteriori informazioni si rimanda alla guida.



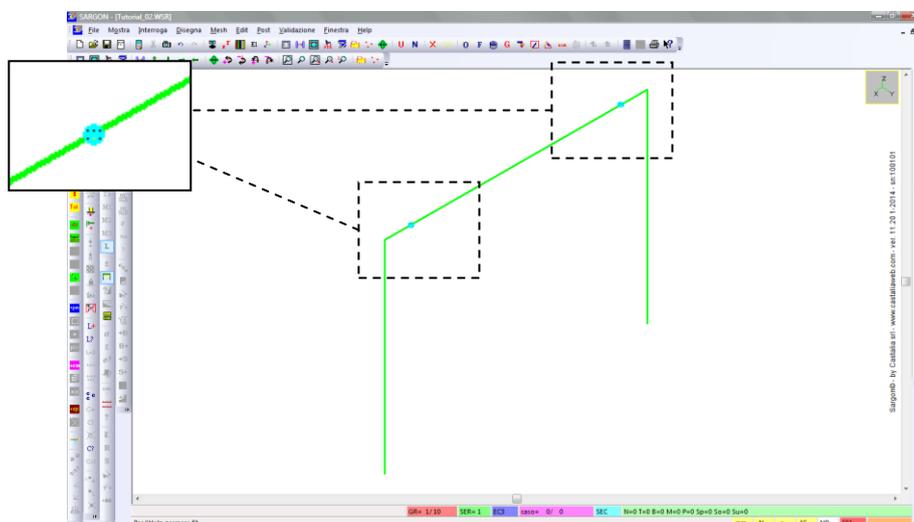
Spuntiamo la modalità *Manuale* di assegnazione degli svincolim quindi premiamo OK.

Tornati nella scena, vediamo che un cerchio rosso evidenzia un estremo di uno degli elementi beam, quello più vicino al cursore del mouse. Poiché abbiamo scelto la modalità manuale, ora dobbiamo cliccare entrambi gli estremi che vogliamo svincolare. Dopo ogni click, viene aggiunto un pallino azzurro che indica lo svincolo.



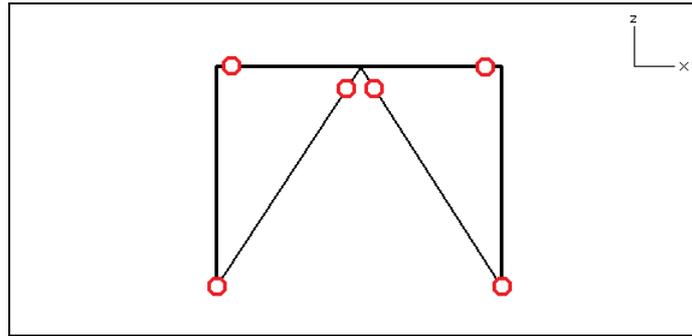
Premiamo **ESC** o il *tasto destro* del mouse per interrompere il comando.

**Nota:** qui abbiamo usato la modalità manuale; con la modalità automatica si possono assegnare svincoli a decine o centinaia di elementi con un solo click, previa precedente selezione di opportuni elementi e nodi. Per i dettagli si rimanda alla guida.

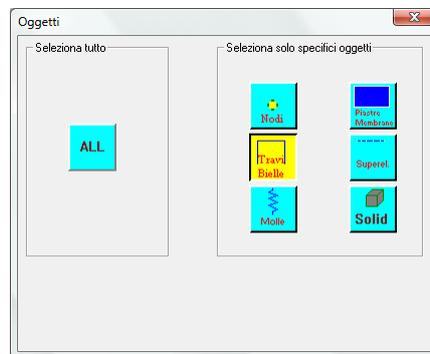


In analogia a quanto già visto per i vincoli nel tutorial precedente, notiamo che nel cerchio rappresentante gli svincoli sono presenti 6 pixel (le 3 traslazioni nella riga superiore, le 3 rotazioni in quella inferiore). Il pixel relativo alla rotazione 2 è spento, in quanto è stato rilasciato.

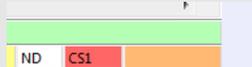
I prossimi passi saranno la divisione dell'elemento beam orizzontale in due parti e l'aggiunta di un controvento a V rovesciata realizzato con due elementi biella, come mostra l'immagine qualitativa seguente.



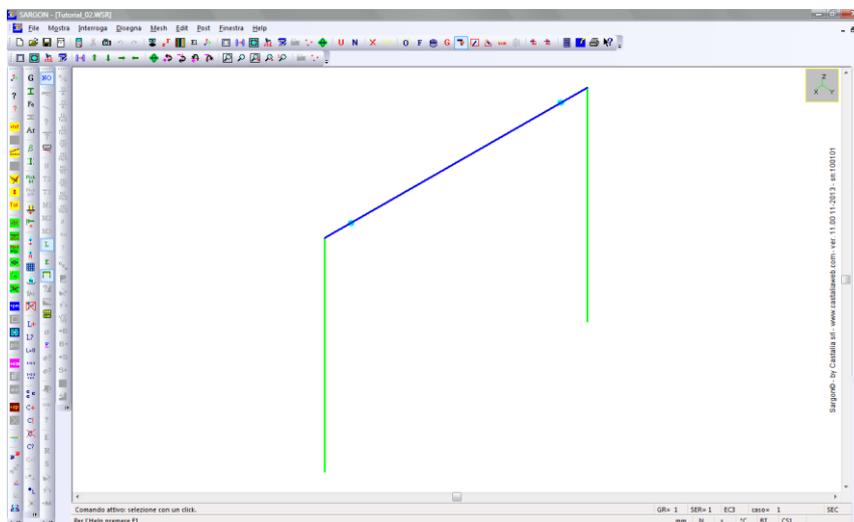
Eseguiamo il comando **Edit – Seleziona – Oggetti** , quindi clicchiamo *Travi e bielle*.



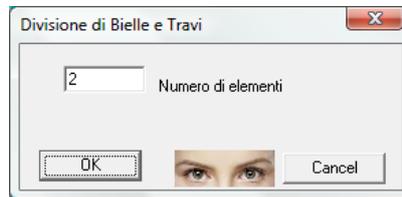
**Suggerimento:** è possibile cambiare il tipo di oggetti da selezionare/deselezionare anche cliccando nella penultima casella in basso a destra (tasto sinistro= tipo di oggetto precedente, tasto destro =tipo successivo. ND sono i nodi, BT bielle e travi, PM piastre e membrane, ecc.



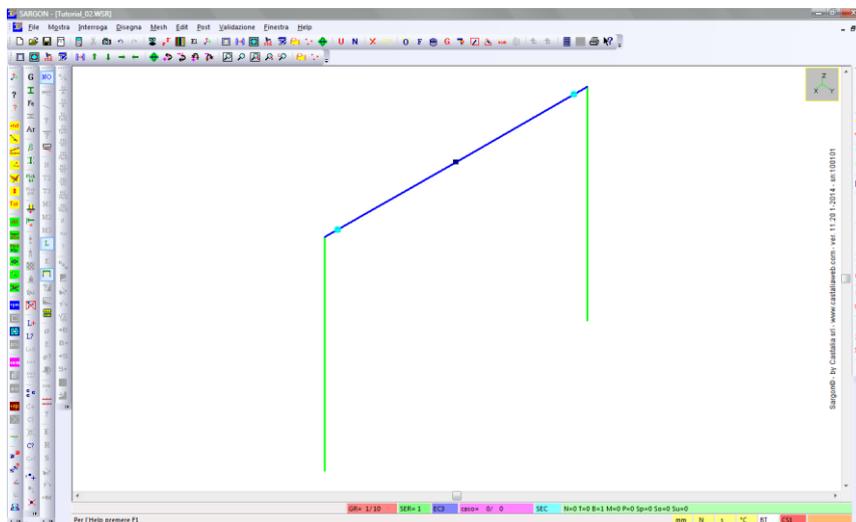
Eseguiamo quindi il comando **Edit – Seleziona – Click**  e selezioniamo, cliccando in prossimità del suo asse, la trave orizzontale.



Eseguiamo **Mesh – Travi e Bielle – Dividi BT** . Nel dialogo successivo, indichiamo in quanti elementi aventi la stessa lunghezza vogliamo dividere l'elemento selezionato (o gli elementi, se la selezione ne includesse più d'uno).

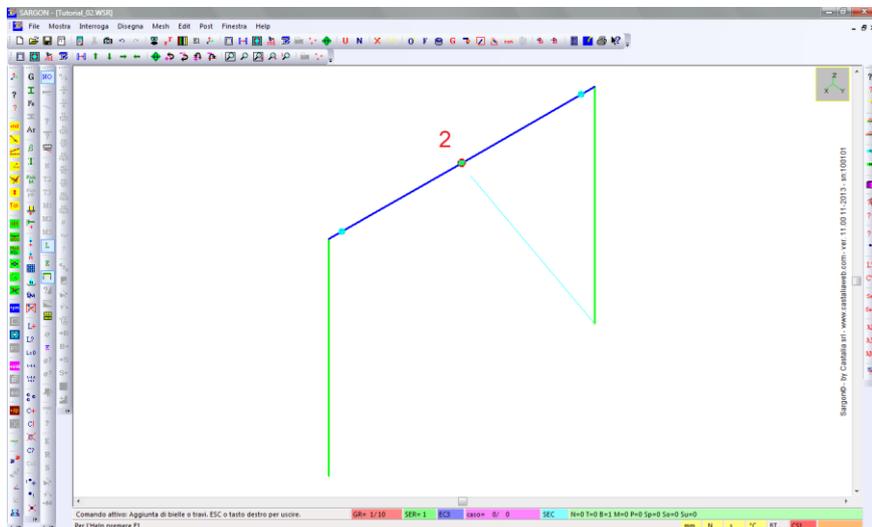
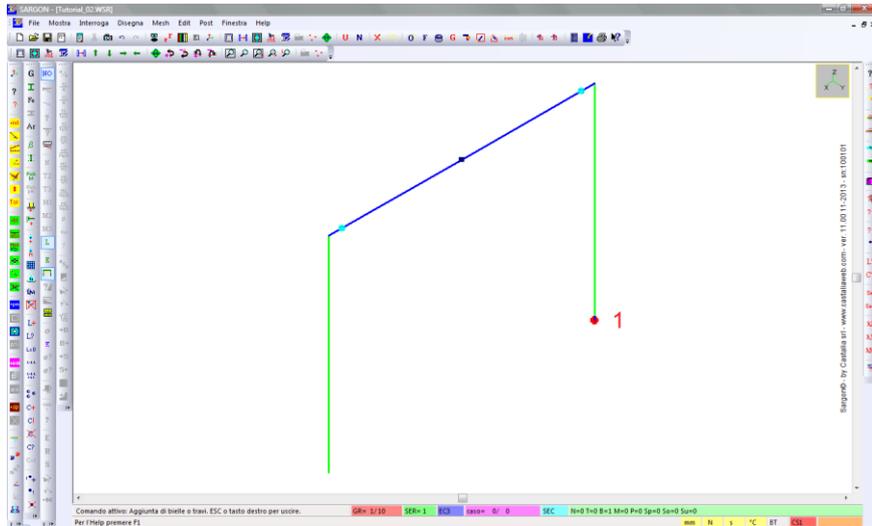
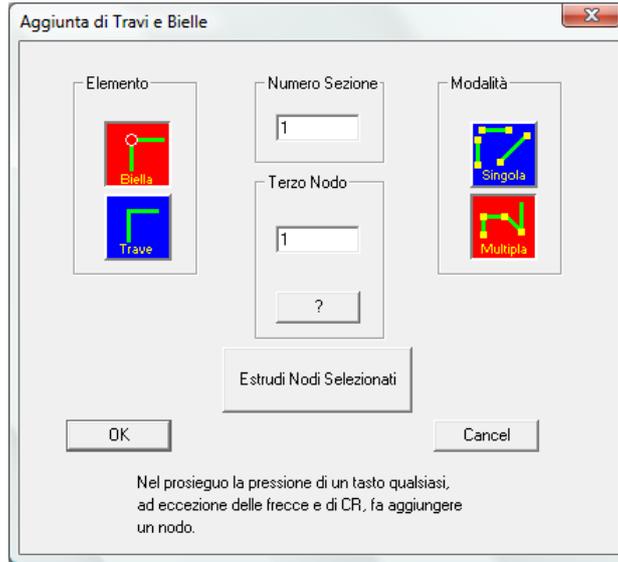


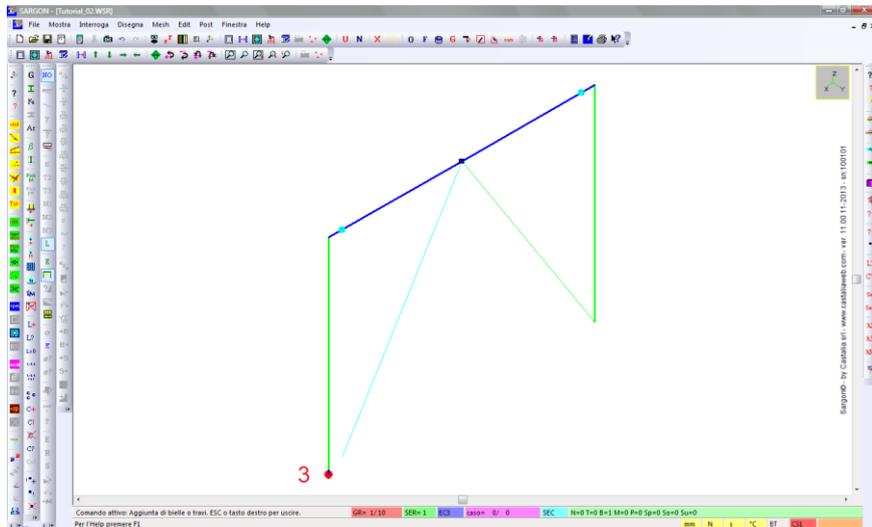
Indichiamo 2 elementi e clicchiamo OK. L'elemento viene diviso in due, con l'aggiunta di un nodo intermedio.



**Nota:** è anche possibile suddividere gli elementi a una distanza desiderata da uno dei due estremi, con il comando **Mesh – Travi e Bielle – Splitta** .

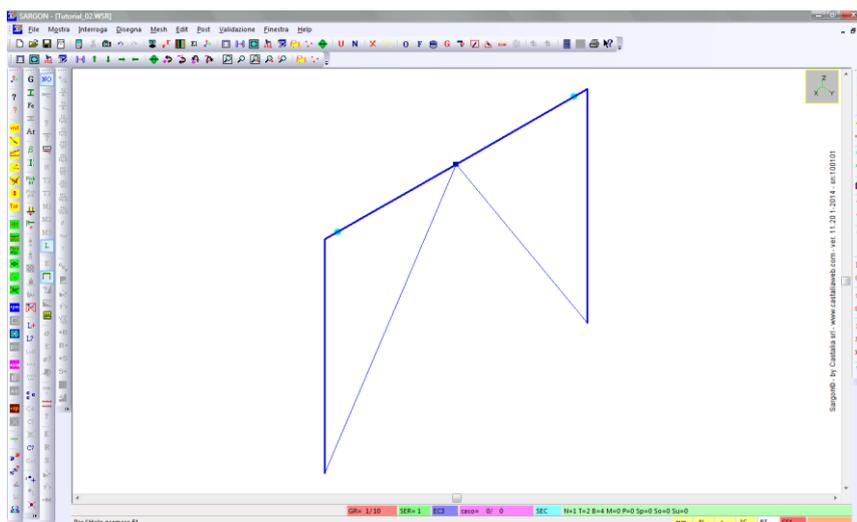
Eseguiamo il comando **Mesh – Travi e bielle – Aggiungi** . Nel dialogo che viene proposto definiamo il **tipo** di elemento finito *Biella*, la **modalità** *Multiplo* di aggiunta (elementi concatenati) e l'**orientazione** degli elementi con terzo nodo uguale a "1", come per gli elementi beam aggiunti in precedenza.



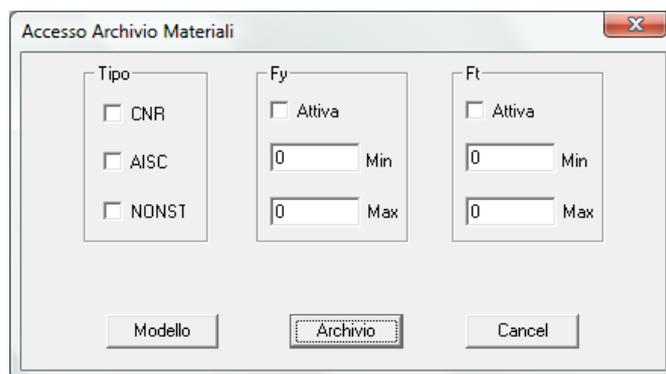
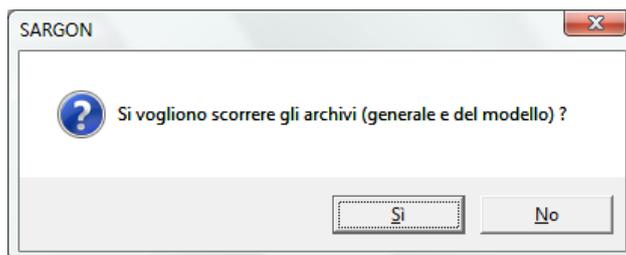


Nel primo tutorial abbiamo inizialmente aggiunto tutti gli elementi finiti, alcuni ottenuti per copia di elementi esistenti, e solo alla fine abbiamo aggiunto materiali, sezioni e vincoli nodali. Ora procederemo con un diverso approccio: assegniamo subito le proprietà suddette così, quando creeremo una copia del portale, **copieremo contestualmente anche materiali, sezioni e vincoli**, nonché gli **svincoli** che abbiamo definito in precedenza.

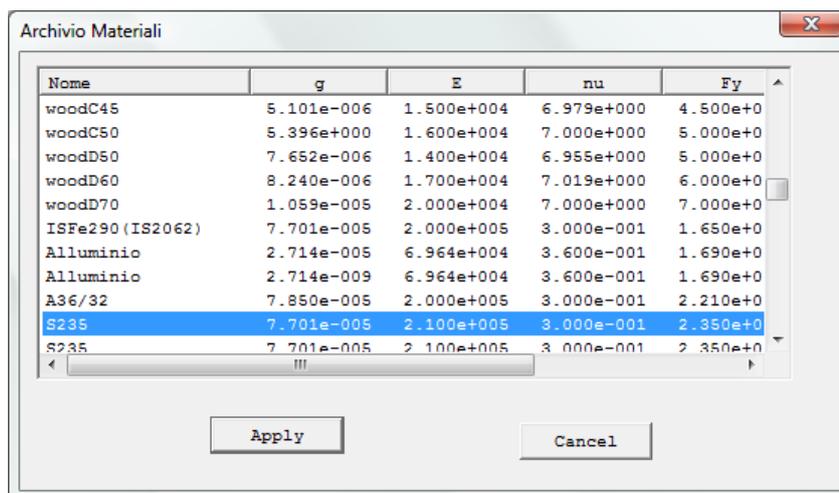
Iniziamo dal materiale. Vogliamo assegnare l'acciaio S235 a tutti gli elementi presenti. Il filtro *Travi e bielle* è ancora attivo. Selezioniamo tutti gli elementi con **Edit – Seleziona – Tutti** .



Eseguiamo **Edit – Proprietà - Materiali** , quindi scegliamo di scorrere i materiali dell'archivio (opzioni *Si* e *Archivio* nei successivi dialoghi).

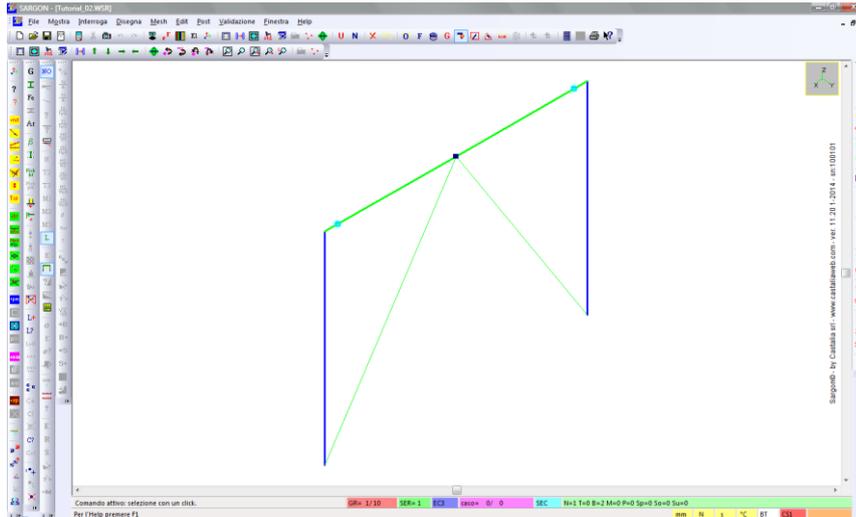


Scorriamo fino all'S235, quindi assegnamolo eseguendo un doppio click (o in alternativa, selezionandolo con un click e premendo OK).



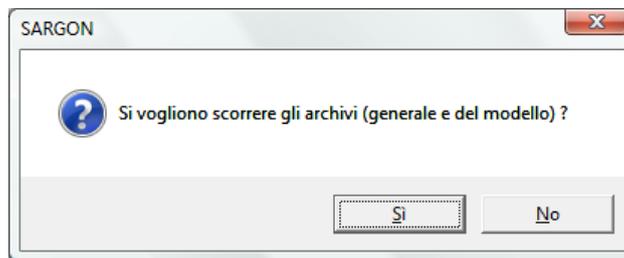
Vogliamo ora assegnare le forme sezionali agli elementi. Ad esempio, HEB160 alle colonn, IPE240 alle travi orizzontali e degli UPN accoppiati ai controventi.

Innanzitutto deseleggiamo tutti gli elementi con **Edit – Seleziona – Nessuno** , quindi selezioniamo le colonne cliccandole singolarmente (controlliamo che il comando **Edit - Seleziona - Click** sia attivo, altrimenti attiviamolo).

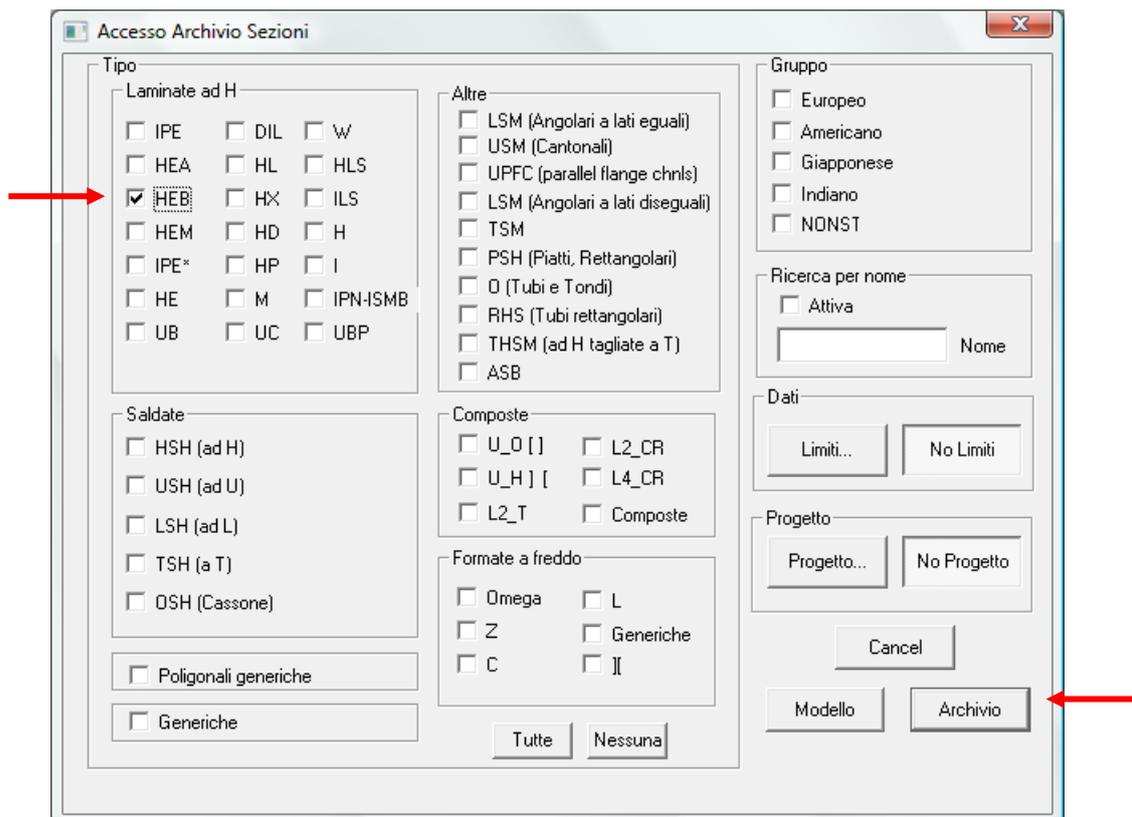


**Nota:** in questo caso, essendo la struttura molto semplice, è immediato selezionare gli elementi singolarmente. Per strutture più complesse è consigliabile utilizzare **filtri di selezione**, selezioni multiple, assegnazione degli elementi a gruppi opportuni, ecc.

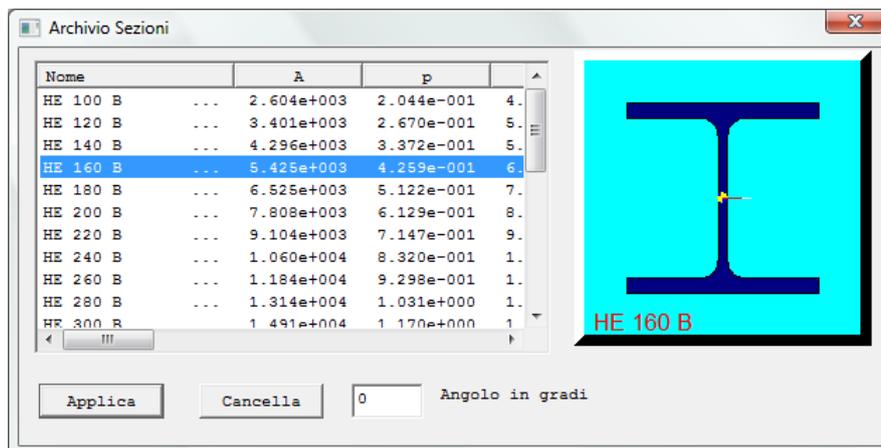
Eseguiamo il comando **Edit – Proprietà – Sezioni** per assegnare la sezione desiderata agli elementi selezionati, quindi scegliamo SI per scorrere gli archivi.



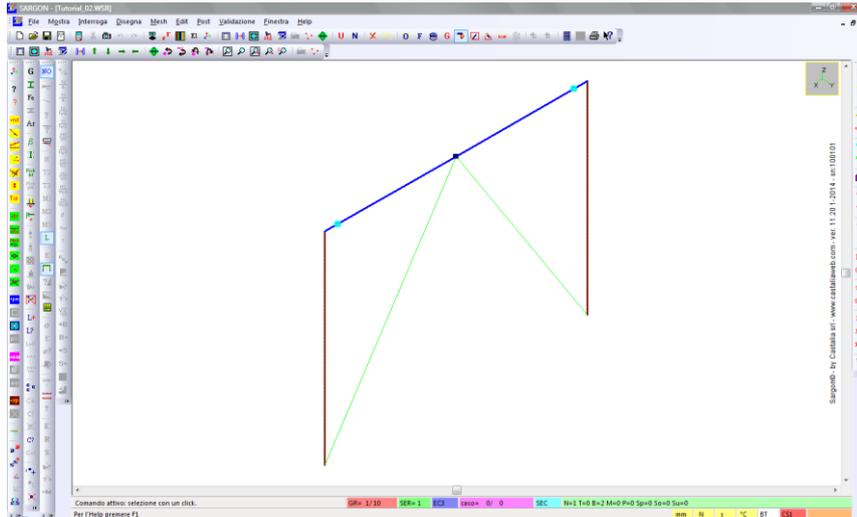
Il dialogo successivo fornisce i filtri per selezionare un sottoinsieme delle sezioni in archivio in base a forma, tipologia, normativa di riferimento, nonché a caratteristiche sezionali e criteri progettuali. In questo caso spuntano il *filtro sul tipo HEB* e clicchiamo il bottone *Archivio*.



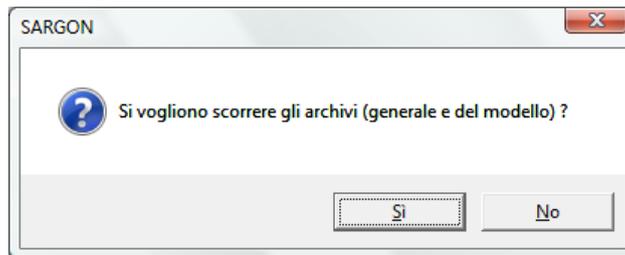
Nel dialogo successivo sono riportate solo le sezioni che soddisfano il filtro che abbiamo definito (HEB). In analogia a quanto fatto in precedenza con il materiale, scorriamo il sottoinsieme dell'archivio fino al profilo desiderato (HEB160), quindi assegnamolo facendo un doppio click oppure cliccando OK dopo averlo selezionato.



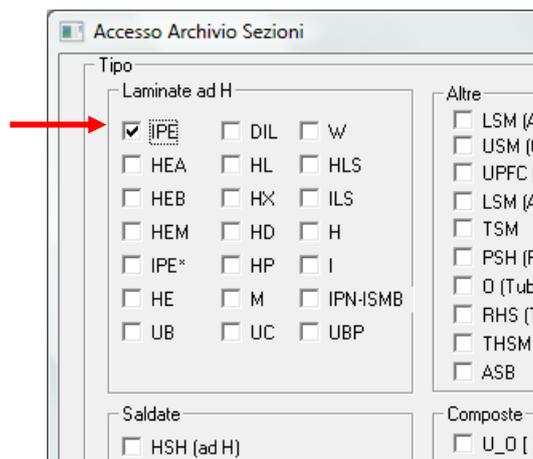
Ora assegnamo la sezione alla trave orizzontali, che è composta da due elementi. Innanzitutto dobbiamo **deselezionare le colonne** e **selezionare i due tratti del traverso**. Clicchiamo quindi le due colonne (correntemente selezionate) per deselezionarle, quindi clicchiamo i due beam orizzontali (correntemente non selezionati) per selezionarli.



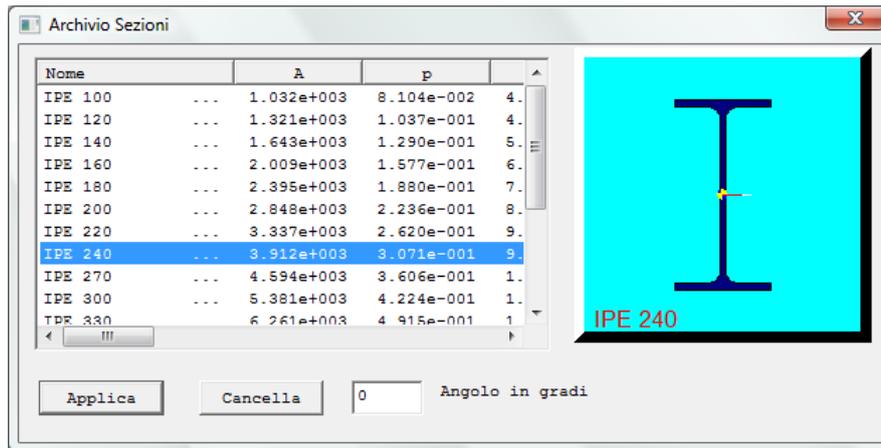
Come in precedenza, eseguiamo il comando **Edit – Proprietà – Sezioni** per assegnare la sezione desiderata agli elementi selezionati, quindi scegliamo SI per scorrere gli archivi.



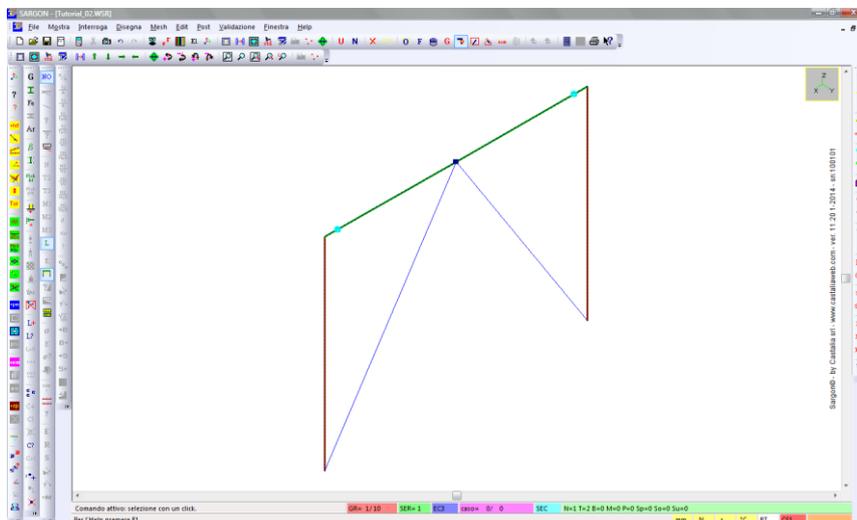
Nel dialogo successivo rimuoviamo il *filtro sul tipo HEB* e spuntiamo il *filtro sul tipo IPE*, quindi clicchiamo il bottone *Archivio*.



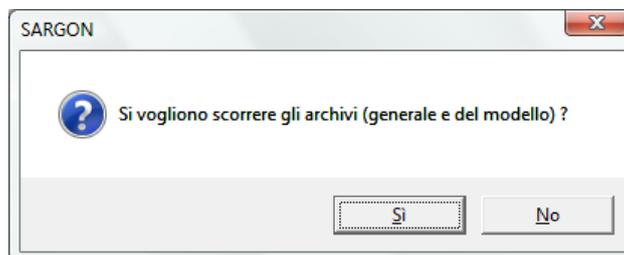
Scorriamo su IPE240 e assegnamo la sezione.



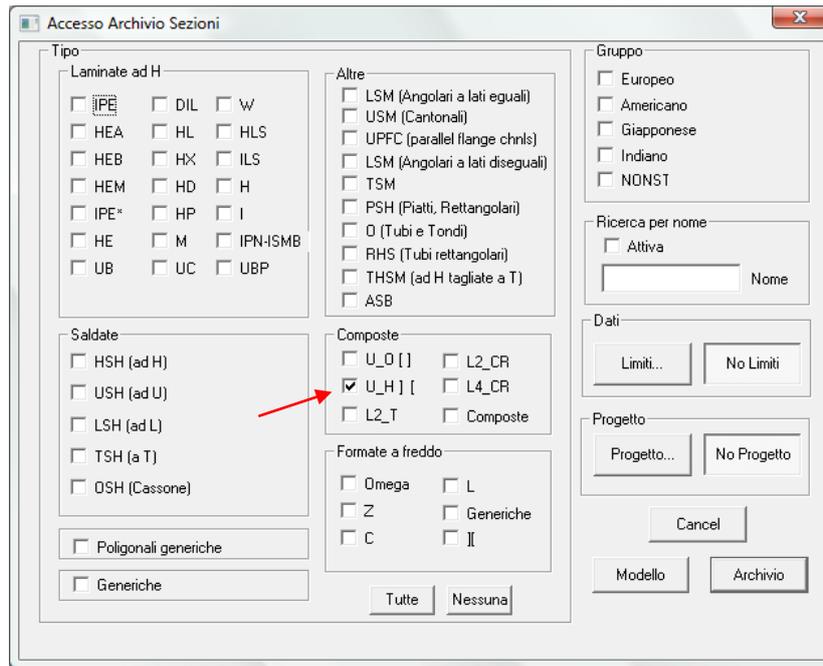
Ci resta da assegnare la sezione ai controventi. Deselezioniamo i due beam orizzontali cliccandolo e selezioniamo i due controventi.



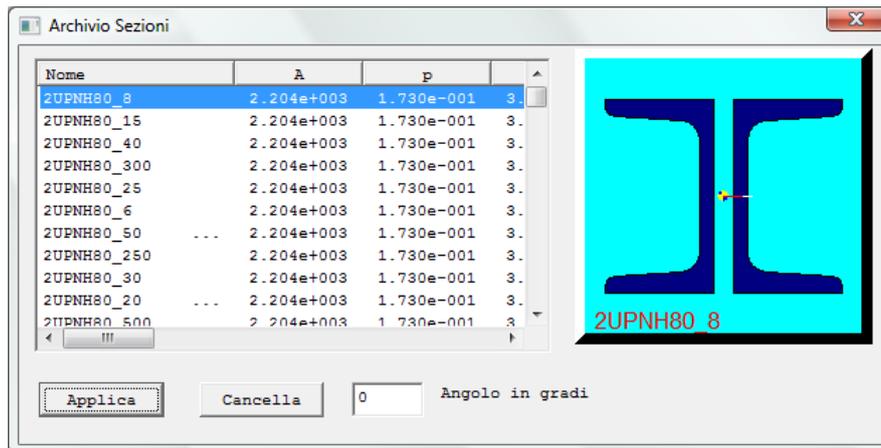
Eseguiamo nuovamente il comando **Edit – Proprietà – Sezioni I** per assegnare la sezione desiderata agli elementi selezionati, quindi scegliamo SI per scorrere gli archivi.



Nel dialogo successivo rimuoviamo il *filtro sul tipo HEB* e spuntiamo il *filtro sul tipo U\_H ]* [, quindi clicchiamo il bottone *Archivio*.



Assegnamo, ad esempio, il primo profilo (2UPNH80\_8) cliccando OK.



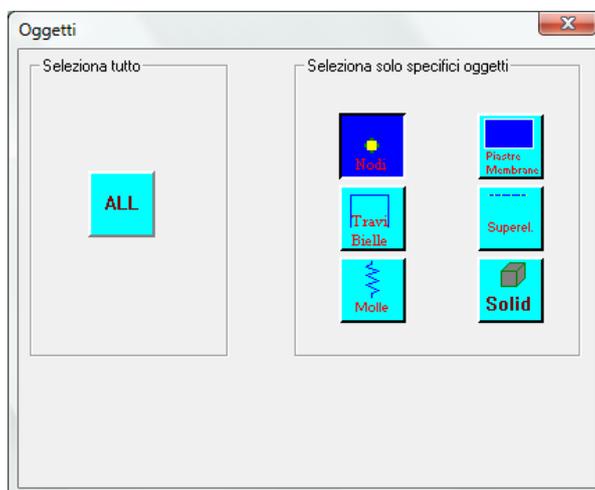
**Suggerimento:** per assicurarci di aver assegnato correttamente le sezioni e i materiali, possiamo mostrare le etichette sui vari elementi (**Mostra – Oggetti** , attivare *Sezione* e *Materiale* nella sezione *Etichette*), oppure usare il comando di interrogazione delle travi (**Interroga – Travi** , quindi attivare la sezione *Proprietà* e muovere il mouse in prossimità dell'elemento di cui si vuole conoscere la sezione o il materiale (senza cliccare). ESC o tasto destro per interrompere il comando.

**Nota:** di default gli elementi sono rappresentati in base alla sezione assegnata (stessa sezione, stesso colore). È anche possibile fare in modo che gli elementi siano mostrati secondo altri criteri (materiale, tipologia, ecc.). Per fare ciò si usa il comando **Mostra – Elementi** .

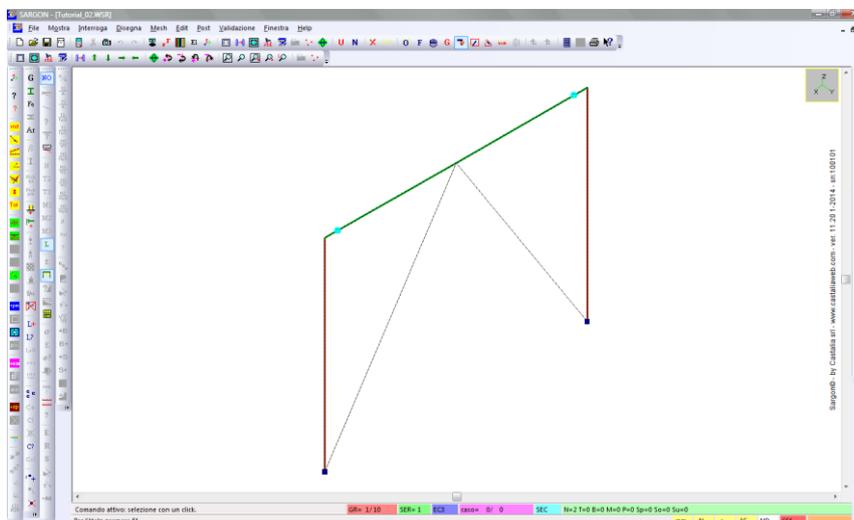
Assegneremo ora i vincoli nodali ai nodi alla base del portale. Prima di fare ciò, deseleggiamo tutti gli elementi beam con il comando **Edit – Seleziona – Nessuno** .

**Nota:** questa operazione non è strettamente necessaria, in quanto le prossime operazioni coinvolgeranno solo i nodi, ma è comunque buona norma lavorare in modo ordinato, in modo da non applicare, in generale, operazioni a elementi sbagliati. Nel seguito del tutorial ciò non verrà ripetuto, per non appesantire la spiegazione. Sostanzialmente si tratta solo di un paio di click.

Eseguiamo il comando **Edit – Seleziona – Oggetti** , quindi clicchiamo *Nodi*.



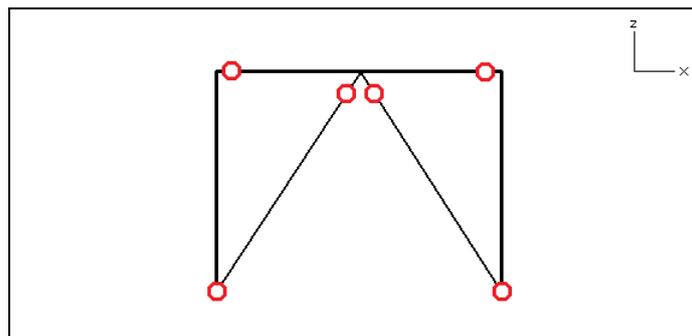
Deselezioniamo tutti i nodi eventualmente selezionati . Controlliamo che il comando **Edit -Seleziona - Click**  sia attivo, altrimenti attiviamolo; quindi, clicchiamo i due nodi alla base per selezionarli.



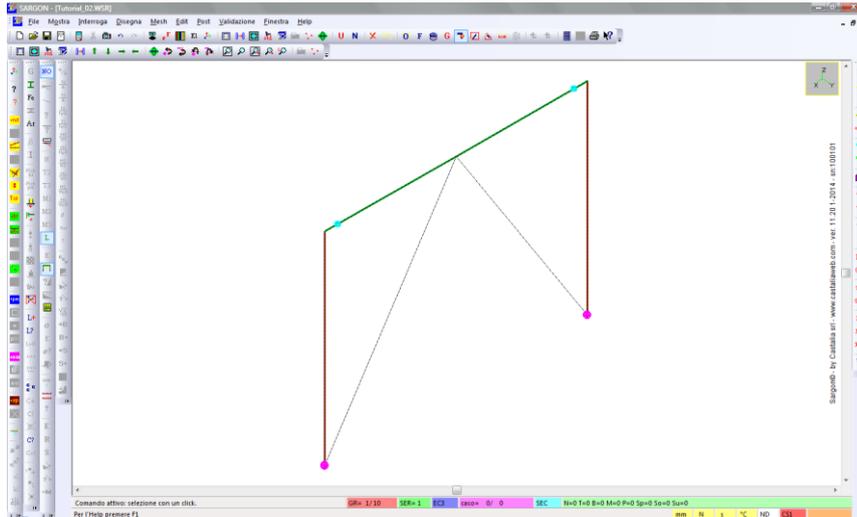
I nodi selezionati sono rappresentati con un quadrato blu. Applichiamo ora i vincoli ai nodi selezionati. Per fare ciò, eseguiamo il comando **Edit – Vincoli – Vincoli sui nodi** .



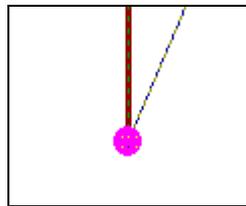
Nel dialogo che viene proposto, possiamo bloccare o lasciare liberi i 6 gradi di libertà dei nodi selezionati: le 3 traslazioni lungo gli assi globali del modello (TX, TY, TZ) e le 3 rotazioni attorno agli stessi assi (RX, RY, RZ). Una spunta indica la presenza del vincolo corrispondente. I bottoni *Incastro* e *Liber* servono rispettivamente a spuntare tutte le caselle e a rimuovere tutte le spunte. In questo caso vogliamo lasciare libera la rotazione attorno all'asse Y, in accordo allo schema strutturale già mostrato in precedenza. Rimuoviamo la spunta corrispondente e premiamo OK.



Deselezioniamo tutti i nodi (**Edit – Seleziona – Oggetti** **0**) e facciamo un refresh della vista (**Disegna – Ridisegna** ). I nodi vincolati hanno ora un cerchio che indica la presenza di un vincolo diverso dall'incastro completo (nel qual caso ci sarebbe un quadrato al posto del cerchio). Ogni cerchio ha 6 pixel bianchi che indicano la presenza di tutti e 6 i vincoli nodali (TX, TY, TZ sulla prima riga, RX, RY, RZ sulla seconda).



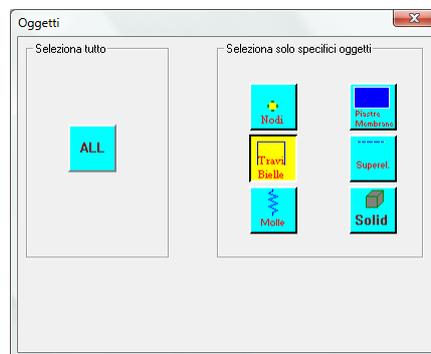
L'immagine seguente mostra un dettaglio dei pixel, dove RY è l'unico spento.



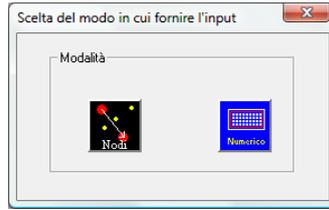
Il portale ora è vincolato a terra e tutti gli elementi hanno materiale e sezione assegnati.

Prima di procedere, salviamo il modello con **File – Salva** . È consigliabile eseguire periodicamente un salvataggio, per evitare di perdere il lavoro fatto.

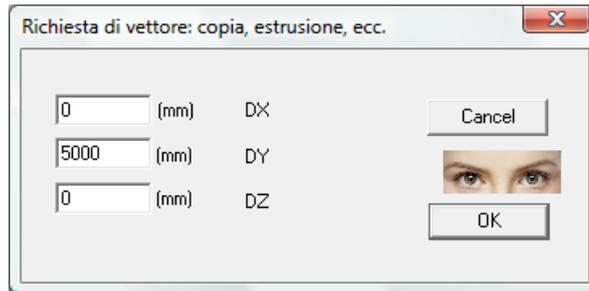
Ora creeremo una copia del portale. Eseguiamo il comando **Edit – Seleziona – Oggetti** , quindi clicchiamo *Travi e bielle*.



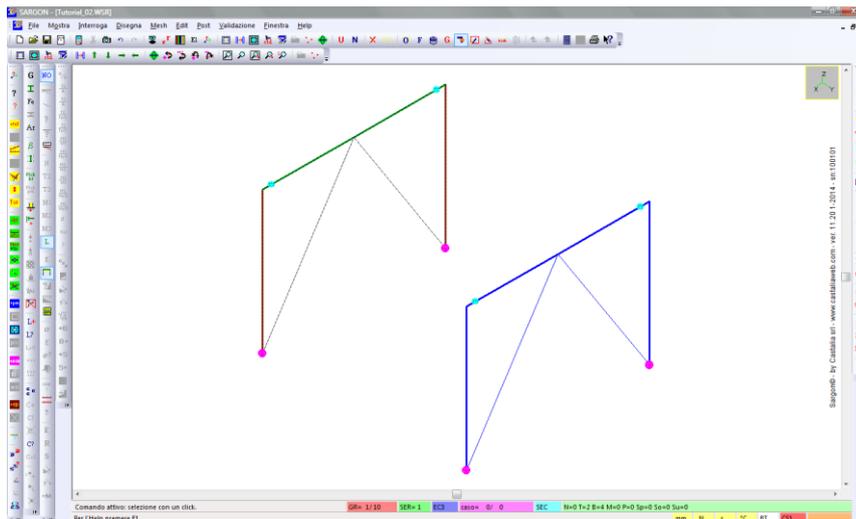
Eseguiamo quindi il comando **Edit – Seleziona – Tutti** . Gli elementi selezionati sono ora evidenziati in blu. Eseguiamo il comando **Mesh – Copia** , quindi scegliamo la modalità numerica.



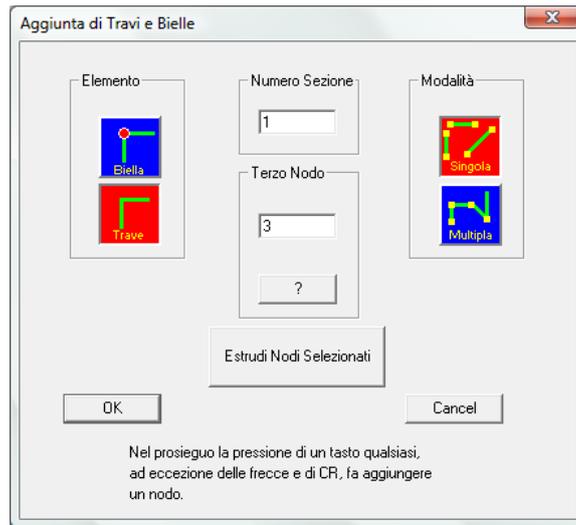
Nel dialogo seguente, definiamo le componenti del vettore di estrusione. Ad esempio, DY=5000[mm].



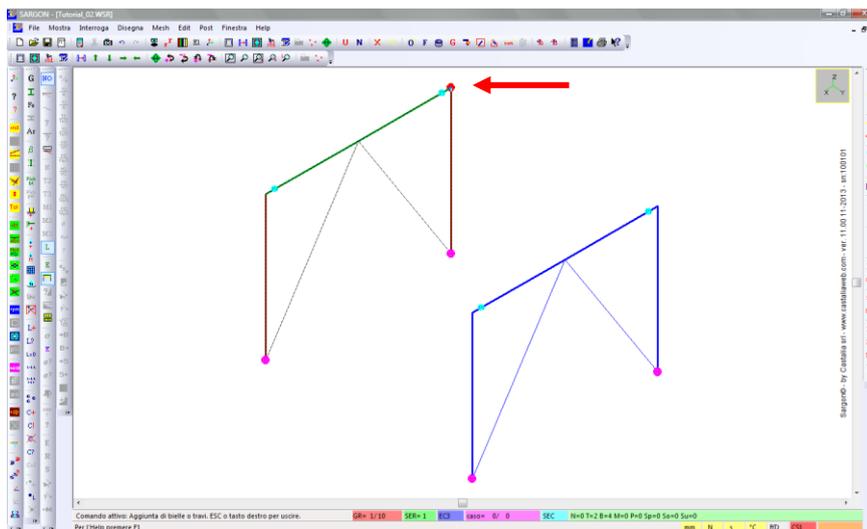
Gli elementi ottenuti per copia risultano ora selezionati.



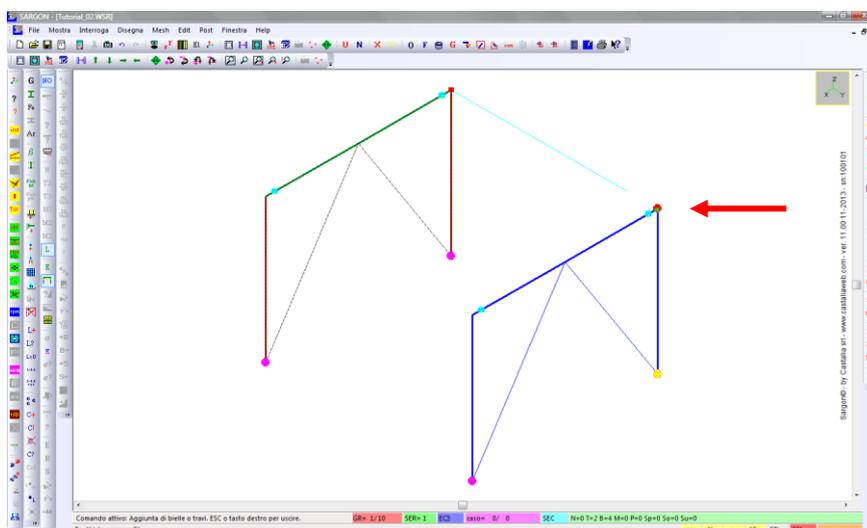
Eseguiamo il comando **Mesh – Travi e bielle – Aggiungi** , e questa volta impostiamo diversamente le opzioni del dialogo. Aggiungeremo ancora elementi di tipo trave, ma ora scegliamo la modalità *singola* e il terzo nodo 3 (direzione +X).



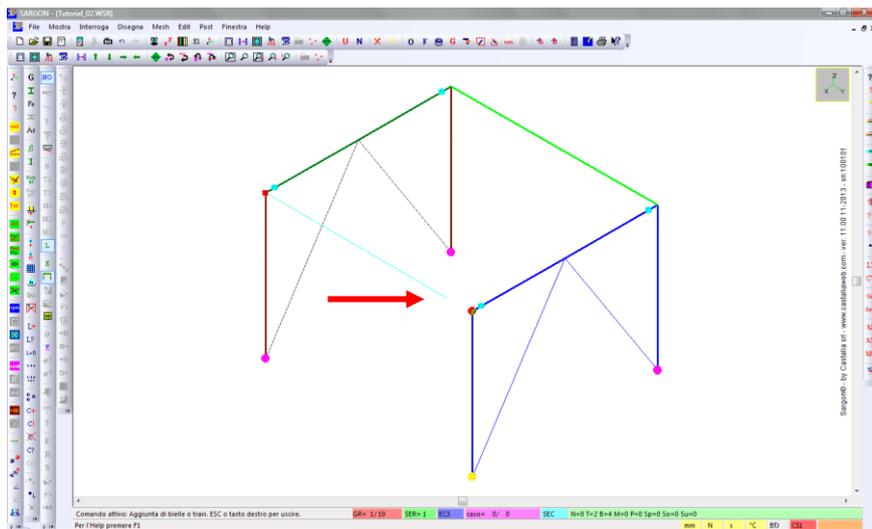
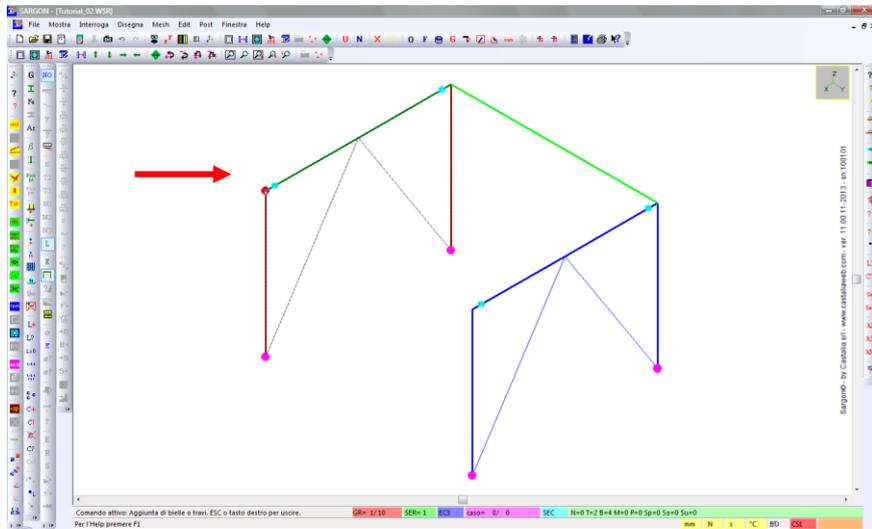
Vogliamo infatti aggiungere i montanti che collegano i due portali lungo l'asse globale Y. Clicchiamo il nodo mostrato nell'immagine seguente per definire il primo nodo del nuovo elemento.



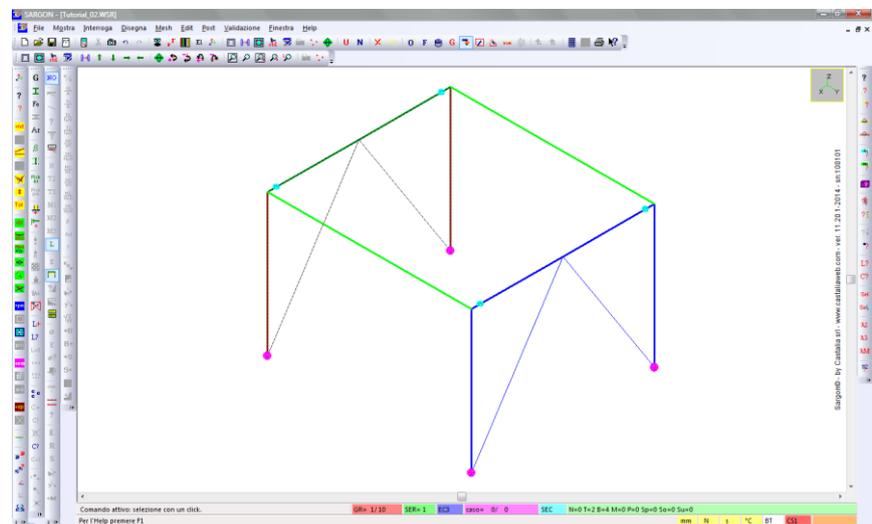
Possiamo ora attaccarci al nodo corrispondente sull'altro portale.



L'elemento è stati aggiunto aggiunto. Clicchiamo ora l'altro vertice.

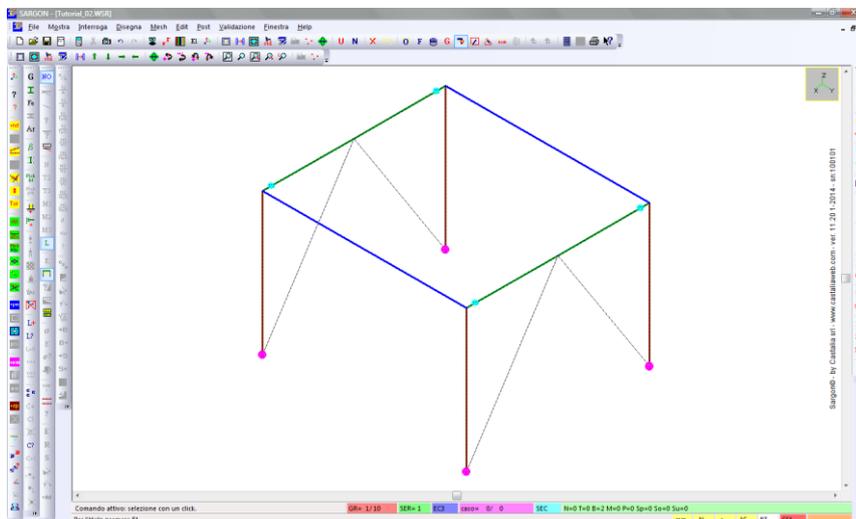


Anche il secondo elemento viene aggiunto.

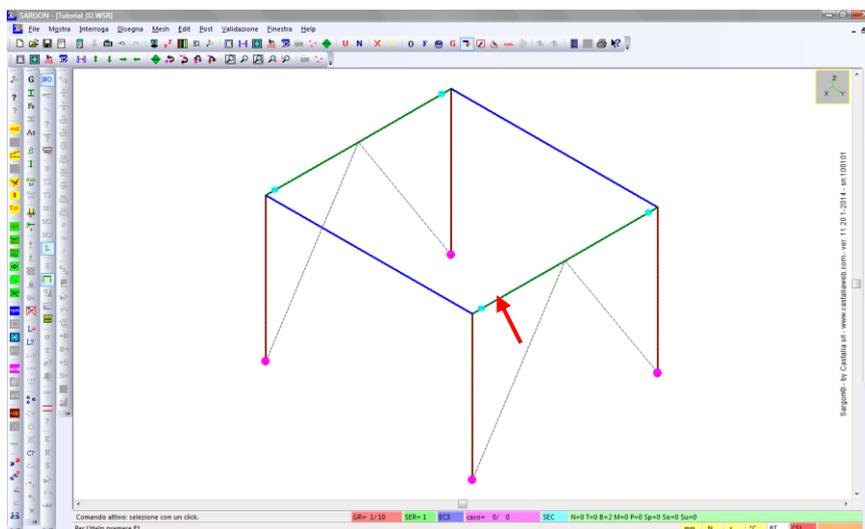


Clicchiamo il *tasto destro* del mouse o il tasto *ESC* sulla tastiera per interrompere il comando di aggiunta degli elementi.

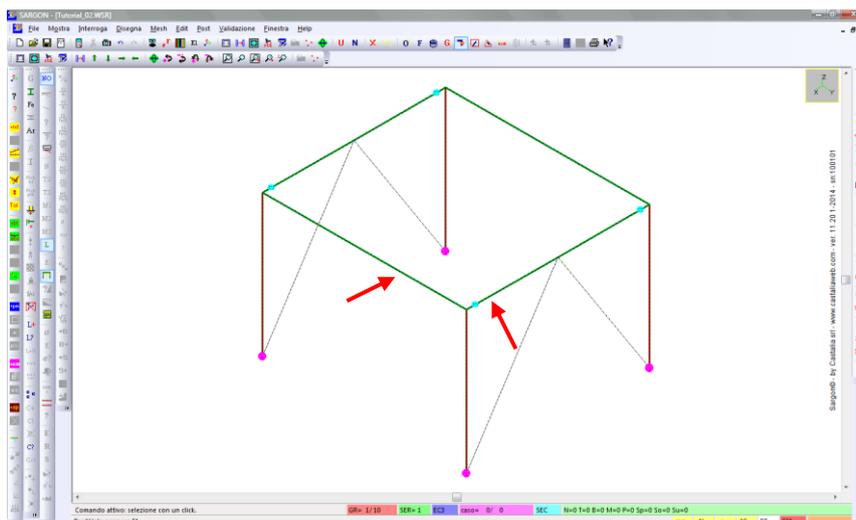
Deselezioniamo tutti gli elementi  e selezioniamo con click  i due elementi appena aggiunti.



Eseguiamo **Edit – Proprietà – Pick bt** . Questo comando consente di assegnare automaticamente agli elementi selezionati lo stesso materiale e la stessa sezione di un elemento che indicheremo, cliccandolo. Clicchiamo uno degli elementi verticali a cui in precedenza avevamo assegnato S235 e IPE240. I due elementi selezionati avranno le stesse proprietà.



Per verificare la corretta assegnazione possiamo utilizzare uno dei metodi illustrati in precedenza; oppure, possiamo deselegionare gli elementi, fare un refresh della vista e verificare che gli ultimi elementi siano rappresentati con lo stesso colore dei traversi dei due portali precedentemente definiti.



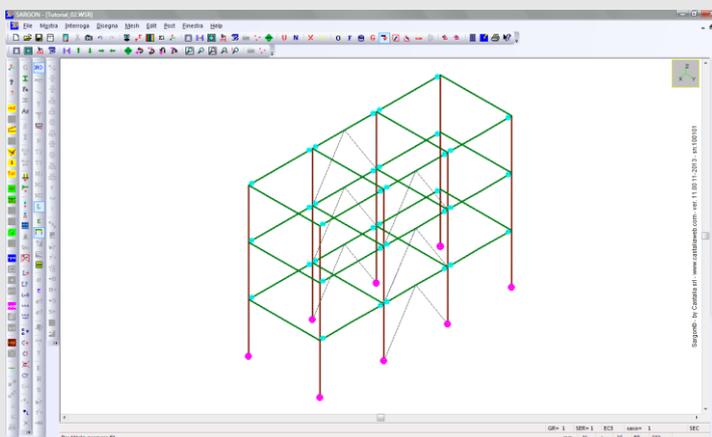
Ricapitolando, nel piano XZ abbiamo dei portali incernierati e controventati, mentre nel piano YZ abbiamo dei portali incastrati.

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.**

## 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 copie in sequenza di elementi o insiemi di elementi (qui si è vista una semplice copia singola), 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

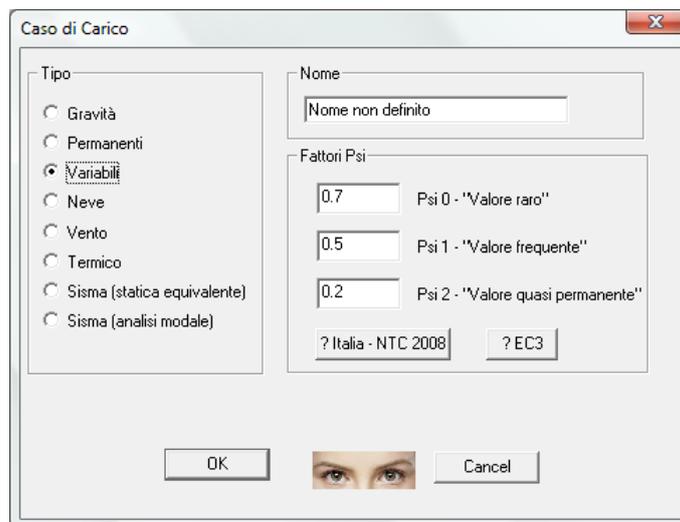
Aggiungiamo ora dei casi di carico al nostro modello. Eseguiamo il comando **Edit – Casi – Aggiungi** .

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

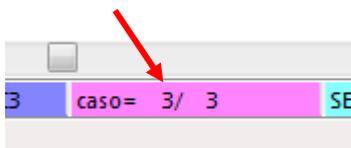
**Nota:** non entreremo, in questa sede, nel dettaglio della definizione dei fattori Psi per la generazione automatica delle combinazioni di verifica in accordo alla normativa desiderata e alla tipologia del caso.

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.

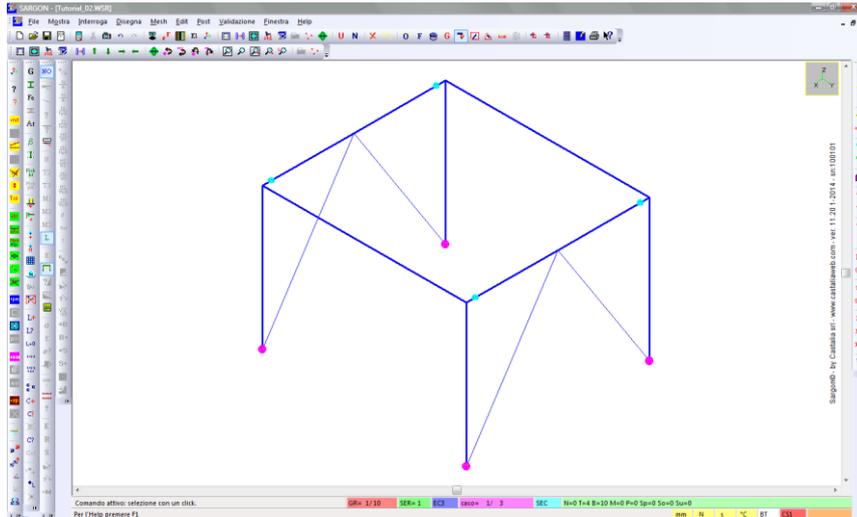


**Suggerimento:** per spostarci tra i vari casi possiamo utilizzare diverse modalità: la prima consiste nell'utilizzare i comandi **Edit – Casi – Precedente** e **Successivo** . La seconda è il comando **Edit – Casi – Modifica** , selezionando il caso desiderato nella lista del dialogo proposto e premendo 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.

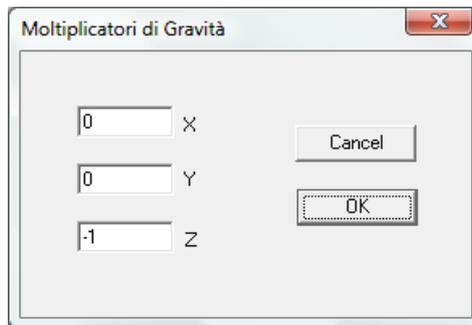
### 3.2 Le azioni

Riposizioniamoci nel caso 1 (peso proprio) . Applicheremo ora il carico dovuto al peso proprio degli elementi con un comando automatico.

Innanzitutto selezioniamo tutti gli elementi: attiviamo il filtro per le travi: eseguiamo il comando **Edit – Seleziona – Oggetti** , clicchiamo su *Travi e bielle*. Quindi selezioniamo tutti gli oggetti con il comando **Edit – Seleziona – Tutti** .

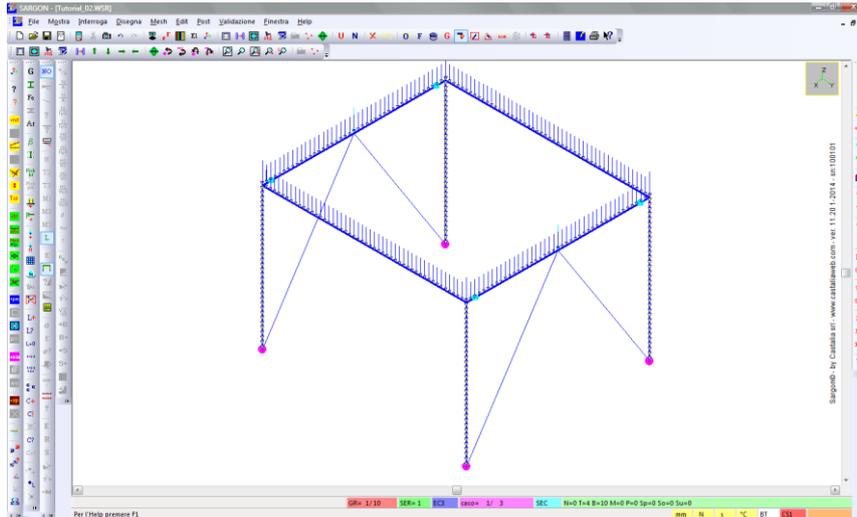


Eseguiamo ora il comando **Edit – Azioni – Gravità** .

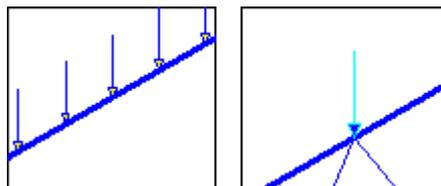


Nel dialogo che viene proposto, di default l'unico valore non nullo è  $Z=-1$ . Clicchiamo OK: a tutti gli elementi **beam** selezionati verrà applicato **automaticamente** un opportuno **carico distribuito** (N/mm in questo caso) che, moltiplicato per la lunghezza dell'elemento, restituisce il peso dell'elemento stesso (in base alla sezione e al materiale assegnati). Nel caso degli elementi **truss**, invece, il carico verrà ripartito equamente ai due nodi estremi, sotto forma di **carichi nodali**.

In questo caso il carico sarà diretto in direzione Z negativa (verso il basso) senza alcuna amplificazione ( $Z=-1$ ).



I carichi sono rappresentati con grandezza differente, in proporzione all'entità dell'azione. L'immagine seguente mostra il dettaglio della convenzione grafica con cui sono rappresentati i carichi distribuiti (a sinistra) e quelli nodali (a destra).

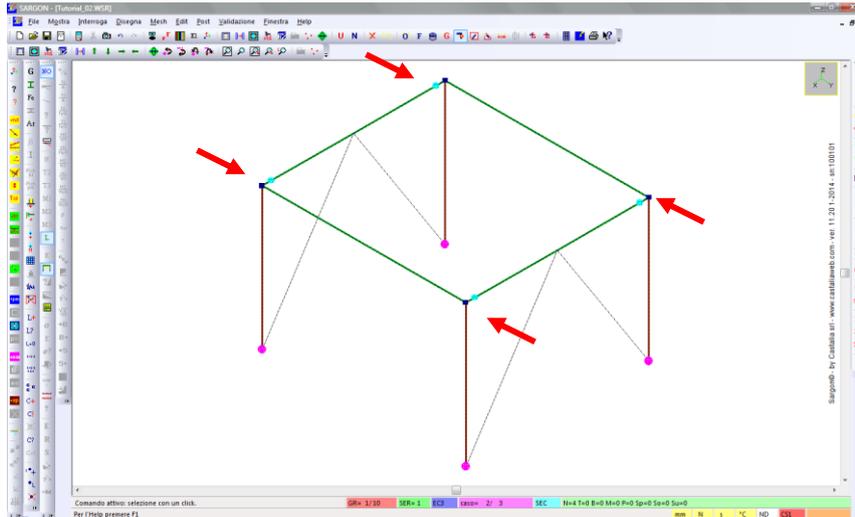


**Nota:** nel caso in cui si esegua il comando di assegnazione automatica del peso proprio su elementi piastra, membrana o solidi, le azioni vengono applicate sotto forma di carichi nodali ripartite sui nodi degli elementi, in analogia agli elementi biella.

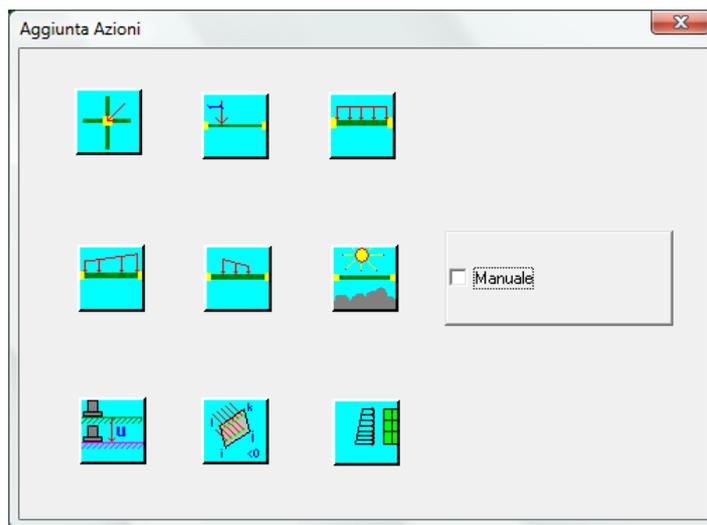
Posizionamoci ora nel caso 2, con **Edit – Casi – Successivo** , controllando in basso a destra di essere nel caso desiderato.

Deselezioniamo tutte le travi (**Edit – Seleziona – Nessuno** ) , quindi passiamo alla selezione dei *Nodi* (**Edit – Seleziona – Oggetti** ) e, dopo averli deselezionati tutti , selezioniamo con un click i 4 nodi superiori della struttura. Ci troveremo nella situazione seguente, dove gli unici nodi selezionati (quadrato blu) sono quelli alla sommità delle colonne.

**Nota:** può essere necessario un refresh della vista (**Disegna – Ridisegna** ) .



Eseguiamo il comando **Edit – Azioni – Aggiungi** .



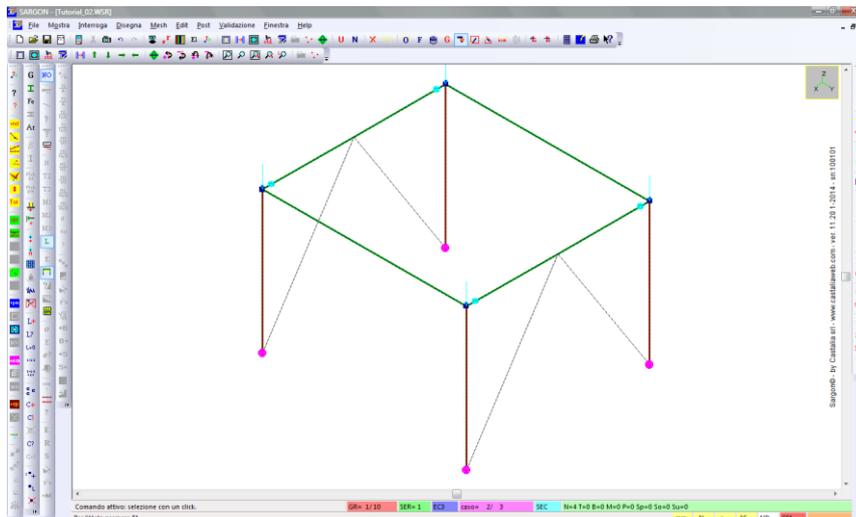
Nel dialogo rimuoviamo la spunta della casella *Manuale*, in modo che venga assegnato un carico nodale a tutti i nodi correntemente selezionati. Clicchiamo quindi la prima casella in alto a sinistra, relativa ai carichi nodali.



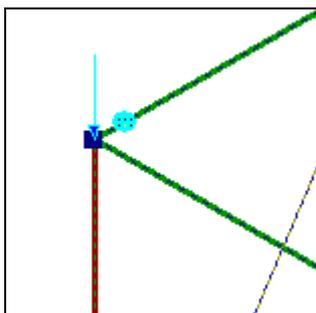
Nel dialogo che viene proposto successivamente, indichiamo direzione ed entità del carico nodale. Ad esempio,  $Z = -10000$  [N].



Premiamo OK e sui quattro nodi selezionati viene aggiunto un carico nodale avente la direzione e l'entità specificate.



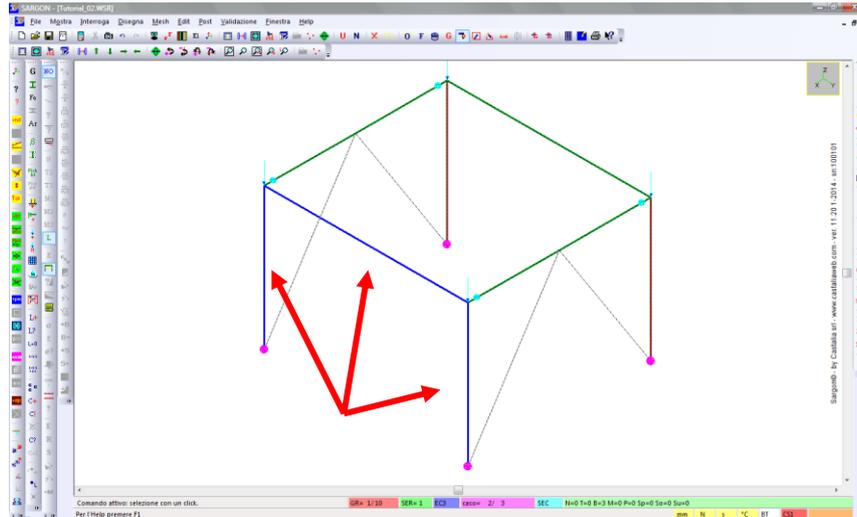
L'immagine seguente mostra il dettaglio della rappresentazione grafica dei carichi nodali.



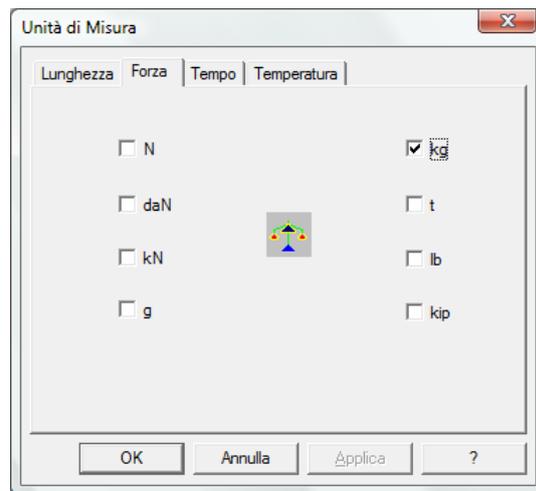
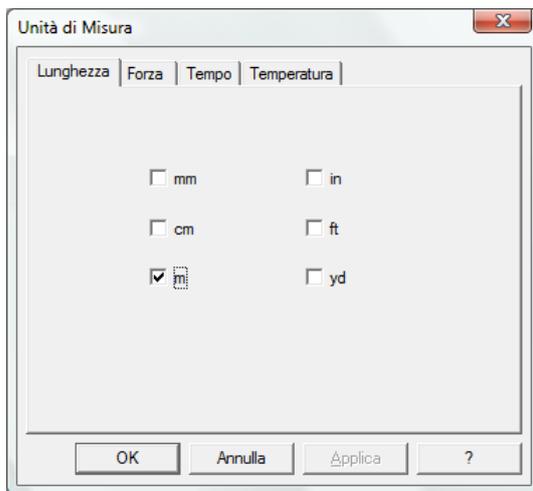
Posizionamoci ora nel caso 3, con **Edit – Casi – Successivo** , controllando in basso a destra di essere nel caso desiderato.

Deselezioniamo tutti i nodi (**Edit – Seleziona – Nessuno** ) , quindi passiamo alla selezione di *Travi e bielle* (**Edit – Seleziona – Oggetti** ) e selezioniamo con un click le due colonne che hanno coordinata X maggiore, nonché il traverso che le collega (si veda l'immagine sottostante).

**Nota:** può essere necessario un refresh della vista (**Disegna – Ridisegna** ) .



Prima di eseguire il prossimo comando, cambiamo le unità di misura, impostando quelle che ci saranno più comode in seguito (non dovremo così convertire i carichi manualmente). Eseguiamo **Edit – Seleziona – Unità** , quindi spuntiamo “m” nella sezione *Lunghezza* e “kg” nella sezione *Forza*. Premiamo OK.

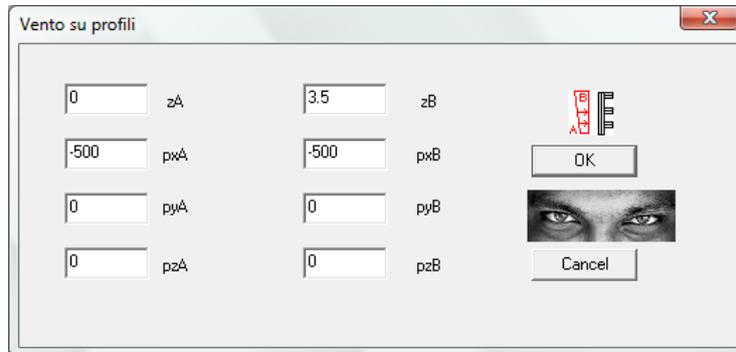


Vediamo che nella parte in basso a destra dell’interfaccia compaiono le nuove unità. Da qui in poi useremo quelle.

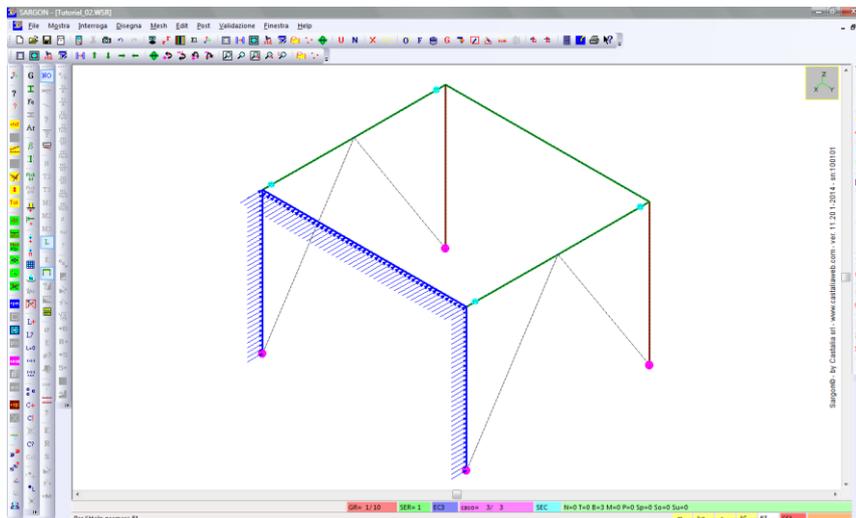
Eseguiamo il comando **Edit – Azioni – Vento su bt** . Questo comando consente di aggiungere automaticamente un carico distribuito variabile sugli elementi beam selezionati, in base alla resistenza che essi oppongono al vento (il loro ingombro) e all’intensità del vento stesso (variabile con la quota). Si tratta quindi dell’azione del vento sui soli profili, nel caso di questo specifico comando.

Nel dialogo che viene proposto, indichiamo le quote  $z_A$  e  $z_B$ , che sono rispettivamente 0[m] e 3.5[m] nel nostro caso. Indichiamo ora l’intensità del vento, alle due quote suddette, in direzione X (quindi rilevano le caselle  $p_{xA}$  e  $p_{xB}$ ). Il carico va introdotto sotto forma di

pressione. Poiché la struttura è molto bassa, ipotizziamo che la pressione sia la stessa a entrambe le quote. Poniamo, ad esempio,  $p_{xA}=p_{xB}=-500[\text{kg/m}^2]$ . Il segno meno indica che il vento va in direzione X negativa. Premiamo OK.



Un carico distribuito variabile (che in questo caso è in realtà costante) è stato applicato ai tre elementi selezionati.



**Nota:** trascuriamo in questo semplice esempio il carico da vento presente sulle colonne della parete sottovento.

**Nota:** Sargon dispone di vari comandi avanzati per assegnazione dei carichi (ad esempio i carichi a regione o di superficie) che non sono oggetto di questo tutorial.

### 3.3 Le combinazioni

In Sargon le combinazioni di verifica possono essere aggiunte in 3 modi:

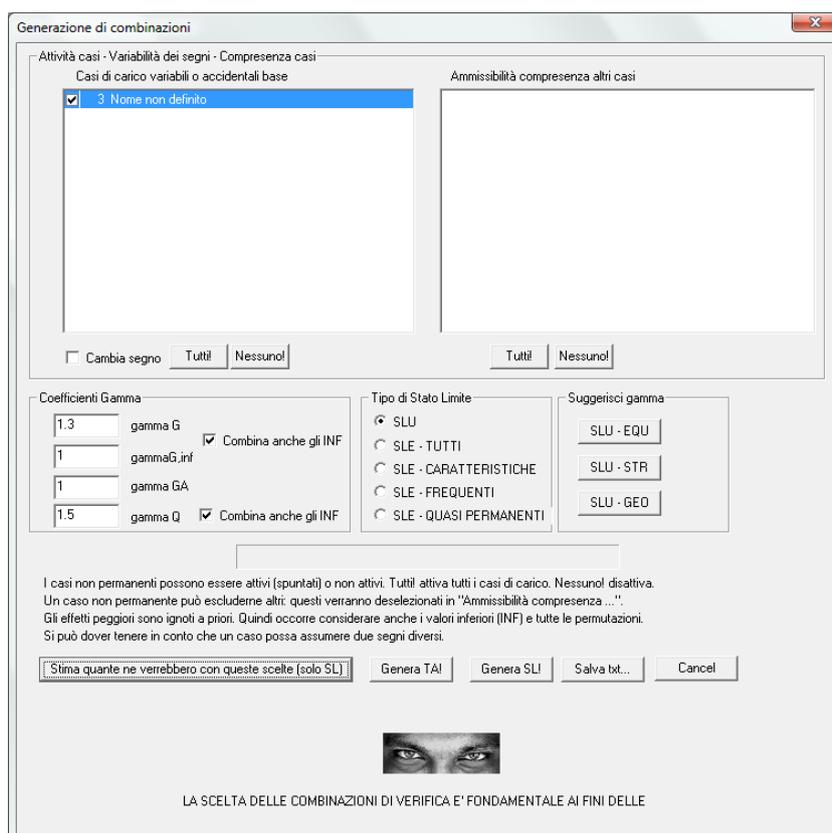
- manualmente, indicando i moltiplicatori di tutti i casi per ciascuna combinazione;
- importandole da file di testo, opportunamente organizzati;
- generandole automaticamente secondo normativa, con parametri modificabili.

Nel primo tutorial abbiamo visto la prima modalità. Qui vedremo il funzionamento della terza. Questa modalità è basata su un algoritmo molto sofisticato di Sargon che consente di definire in modo mirato le combinazioni in relazione al tipo di verifiche che si vogliono eseguire (ad esempio SLV o SLE, ecc.). Qui si darà solo un breve accenno, considerando che abbiamo solo tre casi di carico (di cui uno solo variabile) e che quindi l'algoritmo non può esprimere tutto il suo potenziale. Riteniamo che possa essere comunque utile mostrarne il funzionamento.

**Nota:** Sargon consente di gestire fino a 6 diversi gruppi di combinazioni (combiset) su uno stesso modello. Ad esempio, si possono creare set distinti per verifiche SLV ed SLE.

Eseguiamo il comando **Edit – Combinazioni – Genera** . Viene proposto un dialogo che consente di guidare la generazione automatica delle combinazioni di verifica in accordo a Eurocodice e normativa italiana (DM 16-1-1996 e Ordinanza PCM 3274/2003).

In modelli reali, con 10, 20 casi di carico, possono anche essere create centinaia o migliaia di combinazioni in un colpo solo, in accordo alle prescrizioni della norma.



Nel riquadro in alto a sinistra vanno spuntati i casi di carico variabili (variabili generici, da vento, da neve, termico, sismico) che si vogliono includere nelle combinazioni. È quindi possibile escludere determinati casi. Nel modello in esame spuntiamo l'unico caso di carico variabile presente.

Nel riquadro in alto a destra si definiscono le compresenze dei casi variabili. Nel modello corrente ne abbiamo uno solo, quindi la compresenza non ha significato. In un modello completo, potremmo ad esempio fare in modo il caso di carico “Termico +25°C” non compaia nelle combinazioni in cui c’è il caso “Termico -25°C”, e viceversa.

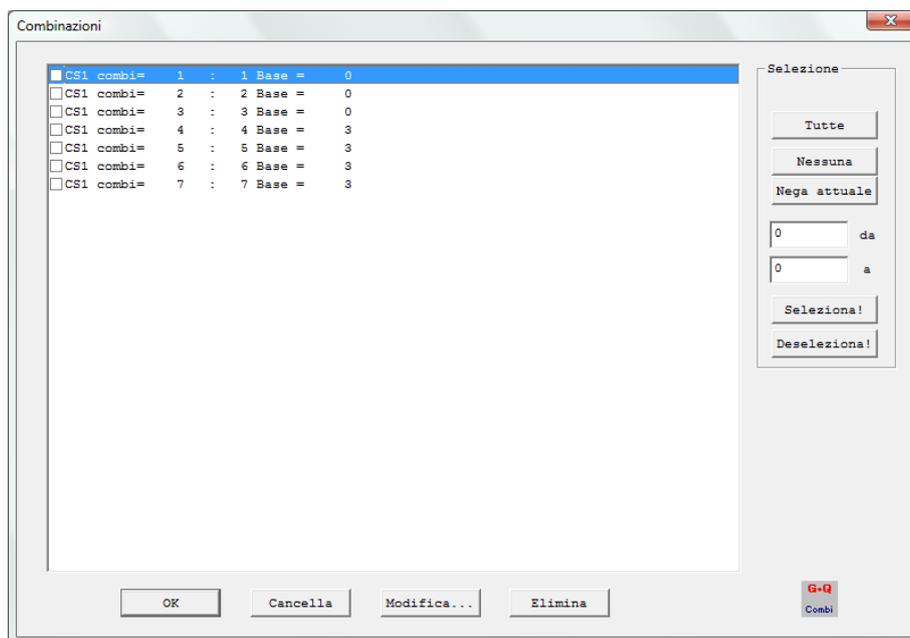
Senza entrare nel dettaglio, elenchiamo i parametri che l’utente può modificare:

- I coefficienti g (gamma) di combinazione (con scelta anche guidata).
- Il tipo di Stato Limite.

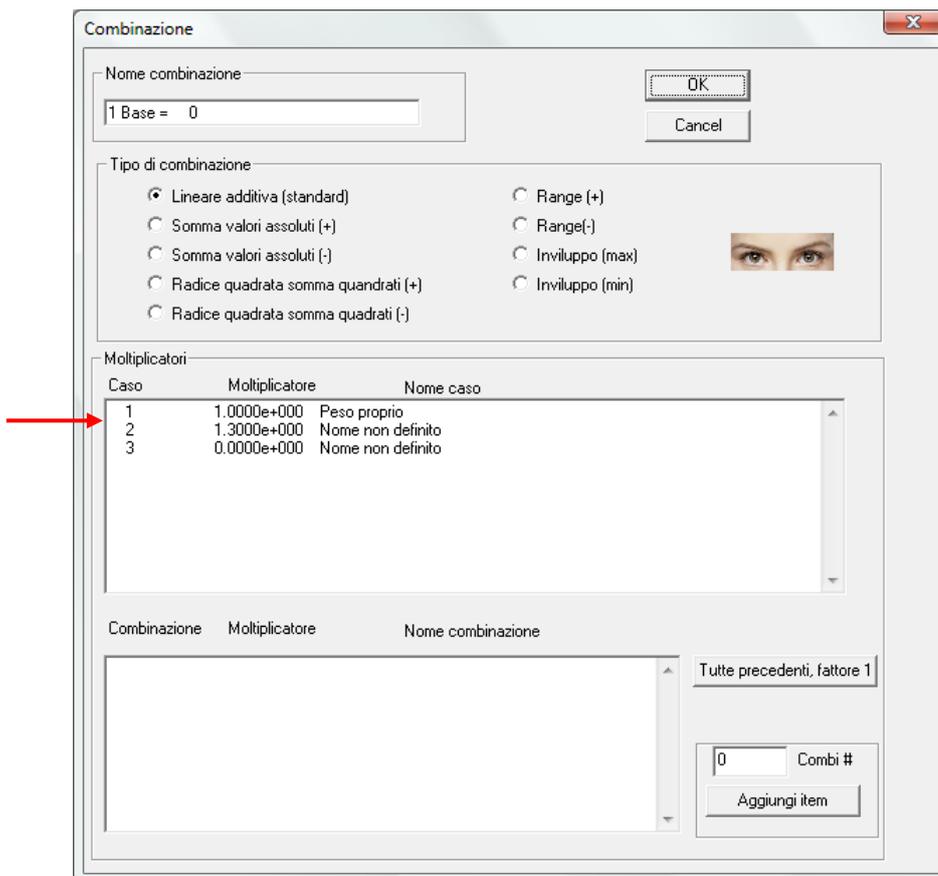
**Nota:** prima di generare le combinazioni agli stati limite, è possibile chiedere una stima di quante ne verranno create. Si noti che il numero di quelle “indagate” è maggiore di quelle che effettivamente vengono generate, perché alcune sono ripetute, in accordo all’applicazione esatta delle formule di normativa. Sargon è in grado di scartare automaticamente le combinazioni ripetute.

Clicchiamo il bottone *Genera SL*. In questo caso vengono create 7 combinazioni di verifica.

Per vedere la lista delle combinazioni create, per indagarle ed eventualmente modificarle, eseguiamo il comando **Edit – Combinazioni – Modifica** .



Se deselezionate, attiviamo tutte le combinazioni con il bottone *Tutte* sulla destra. Se facciamo doppio click su una combinazione, accediamo al dialogo che ne riporta i moltiplicatori dei casi di carico. Ad esempio, per la prima abbiamo i valori seguenti.



Il caso 1 non è amplificato (moltiplicatore unitario), il caso 2 è amplificato di 1.3 volte e il caso 3 non è presente (moltiplicatore nullo). La prima combinazione è data dalla somma di questi tre contributi. Premiamo *Cancel* in questo dialogo e quindi nel precedente per tornare alla vista del modello.

**Suggerimento:** è possibile stampare in un file txt tutte le combinazioni con i rispettivi moltiplicatori di carico. Il comando è **Edit – Combinazioni – Stampa**.

Prima di passare all'analisi del modello, eseguiamo il comando **File – Salva** per salvare il modello su disco fisso. Eseguiamo anche il comando **Interroga – Dati Generali** per avere le informazioni generali sul modello (numero di nodi, numero di elementi, gradi di libertà, lunghezza totale degli elementi, numero di casi e di combinazioni, ecc.).

Interroga Generale

 <b>Nodi</b>	<input type="text" value="16"/>	 <b>Memb.</b>	<input type="text" value="0"/>	 <b>Solidi</b>	<input type="text" value="0"/>
 <b>Bielle</b>	<input type="text" value="4"/>	 <b>Molle</b>	<input type="text" value="0"/>	 <b>GDL</b>	<input type="text" value="40"/>
 <b>Travi</b>	<input type="text" value="10"/>	 <b>Suppl. elementi</b>	<input type="text" value="0"/>	 <b>L BIELLE</b>	<input type="text" value="16.6433168"/>
 <b>Piastre</b>	<input type="text" value="0"/>	 <b>Casi</b>	<input type="text" value="3"/>	 <b>L TRAVI</b>	<input type="text" value="33"/>
 <b>Bande</b>	<input type="text" value="5"/>	 <b>G+Q Combi</b>	<input type="text" value="7"/>		

OK

## 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.

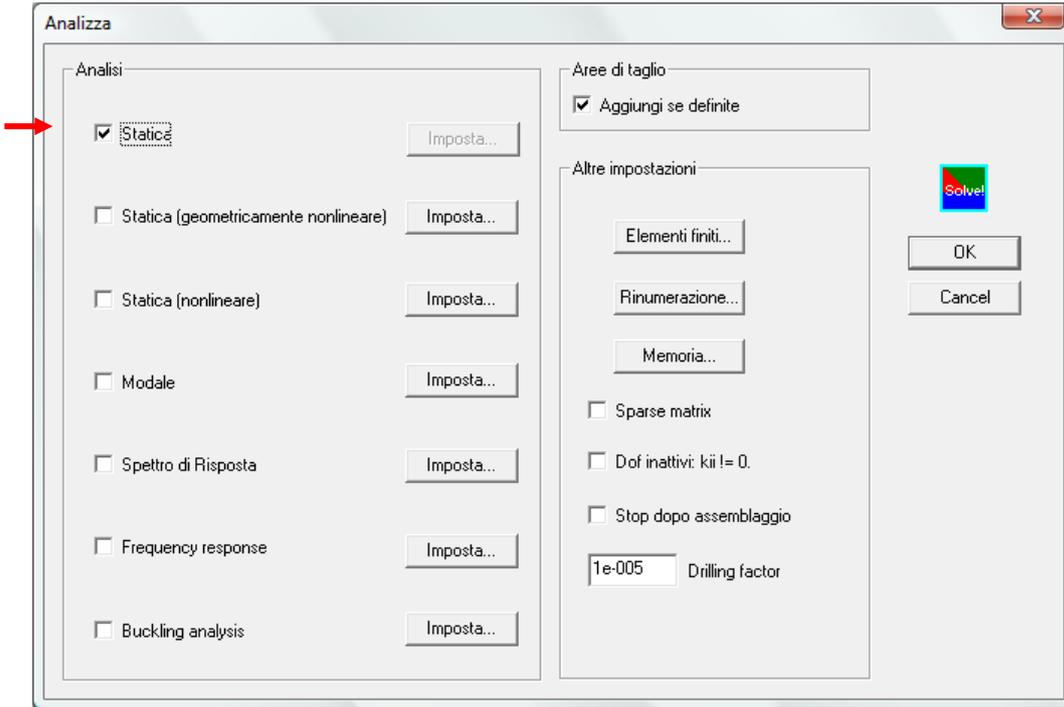
In questo tutorial vedremo un esempio di analisi statica lineare.

### 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.

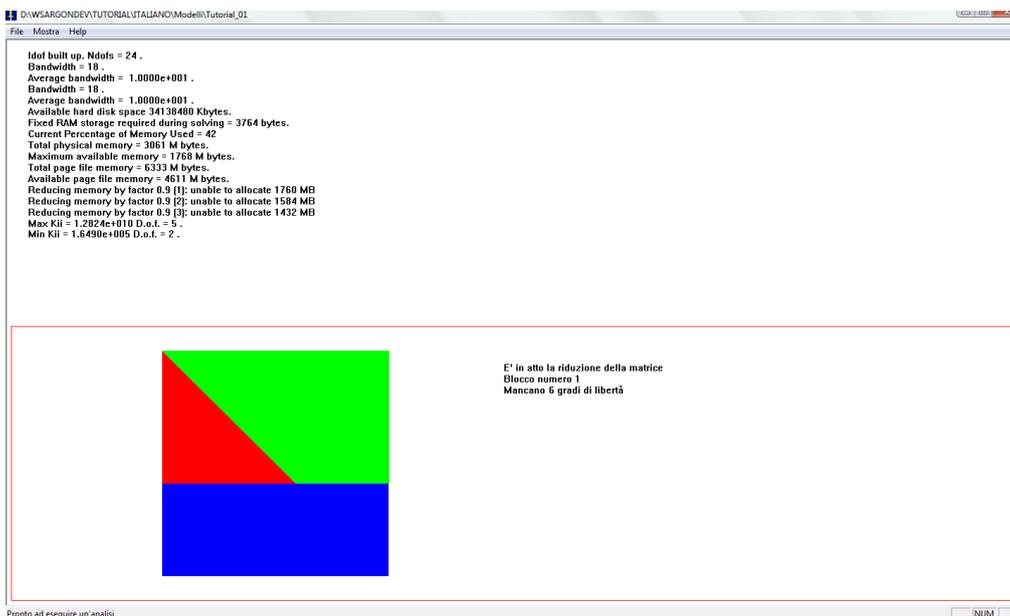
**Nota:** nella parte destra del dialogo possiamo modificare le impostazioni generali, tra cui la scelta di utilizzare o meno la soluzione di tipo *Sparse Matrix* e le opzioni di rinumerazione dei nodi e ottimizzazione della memoria, sostanzialmente irrilevanti nel caso di un modello così piccolo come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



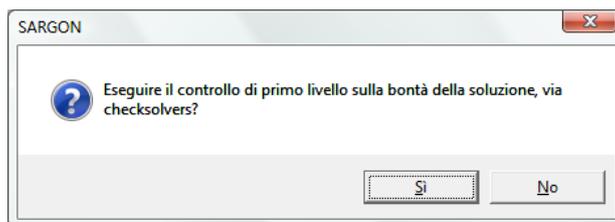
Premiamo OK per avviare l'analisi.

**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: trattandosi di un **modello a beam e truss**, abbiamo a disposizione sostanzialmente informazioni sugli **spostamenti** e sullo stato di **sollecitazione** delle aste. In particolare, possiamo visualizzare i seguenti risultati:

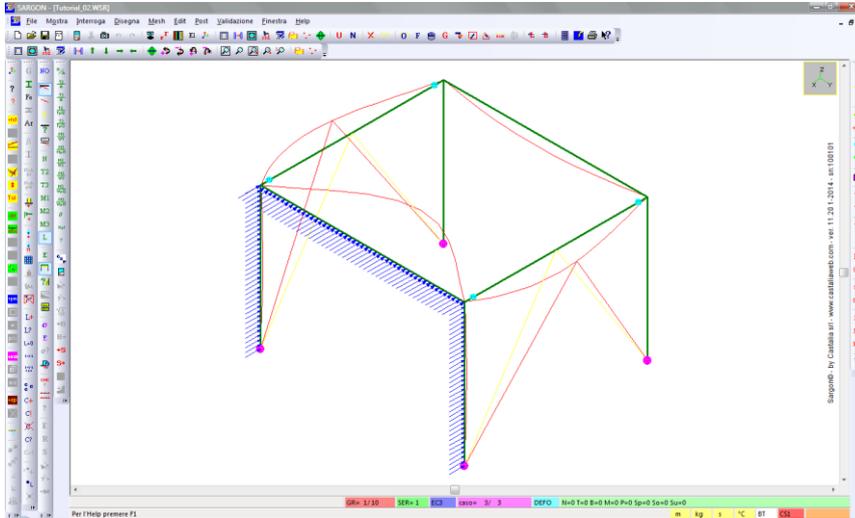
- viste deformate della struttura, con o senza indeformata;
- mappe a colori degli spostamenti nodali;
- interrogazione degli spostamenti nei nodi e lungo lo sviluppo degli elementi beam;
- diagrammi delle azioni interne negli elementi beam e truss;
- stato di sforzo degli elementi finiti (sforzi normali, flessionali, torsionali e di taglio, indicatori di sforzo, ecc., involucri al variare delle combinazioni e degli elementi, ecc.);
- interrogazione dettagliata delle azioni interne lungo lo sviluppo degli elementi.
- informazioni sulle reazioni vincolari di singoli nodi o di insiemi di nodi.

**Nota:** nel caso dei truss, l'unica azione interna è quella assiale, per definizione.

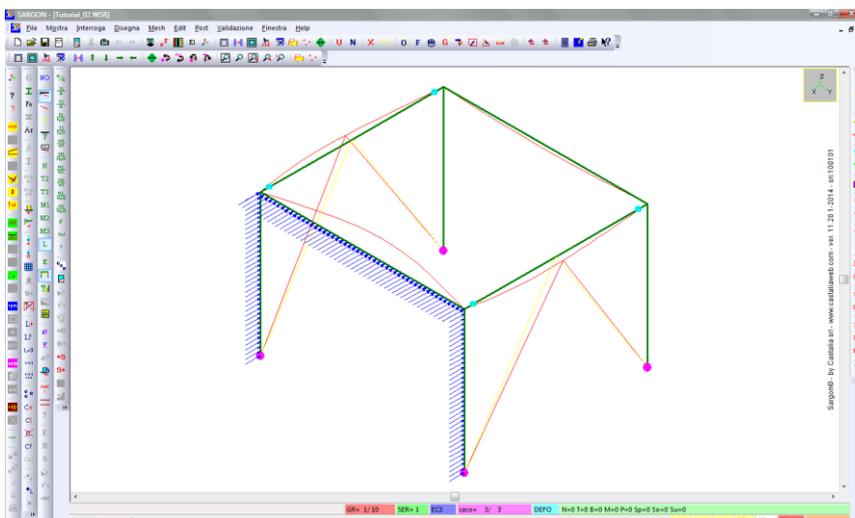
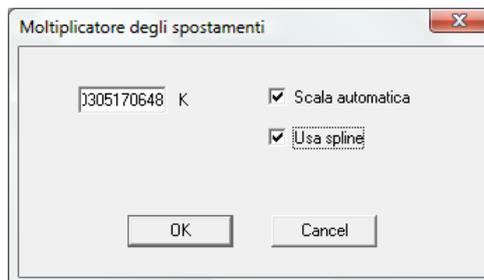
I comandi per la visualizzazione dei risultati relativi agli spostamenti si trovano nel menu **Post**, sottomenu **Deformata**. I comandi relativi alle sollecitazioni interne agli elementi beam si trovano nel menu **Post**, sottomenu **Sforzi BT** (bielle e travi). Fatta questa premessa, nel seguito 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. Non tratteremo qui le reazioni vincolari, già viste nel precedente tutorial.

**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** .

Visualizziamo la vista deformata **Con indeformata** , in cui alla vista della struttura è sovrapposta la vista deformata (amplificata) nel caso di carico o nella combinazione corrente (attualmente è il caso 3).



Poiché la nostra struttura non ha una mesh fitta (un unico elemento finito va dalla base alla cima della struttura) la vista deformata non è raffinata. Eseguiamo il comando **Scala**  che, come abbiamo già visto nel primo tutorial, consente di disattivare il calcolo automatico dell'amplificazione per ottimizzare la vista. Nello stesso dialogo è anche possibile attivare l'uso delle spline per la deformata dei singoli elementi beam. Lasciando la scala automatica, attiviamo la spunta *Usa spline* e clicchiamo OK.

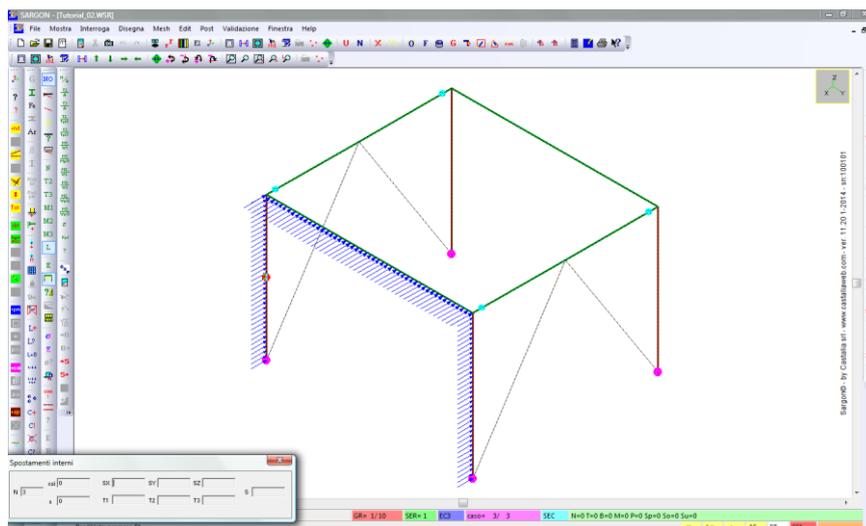


Vediamo che ora la deformata è più “pulita”.

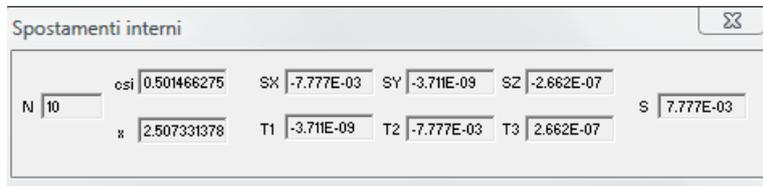
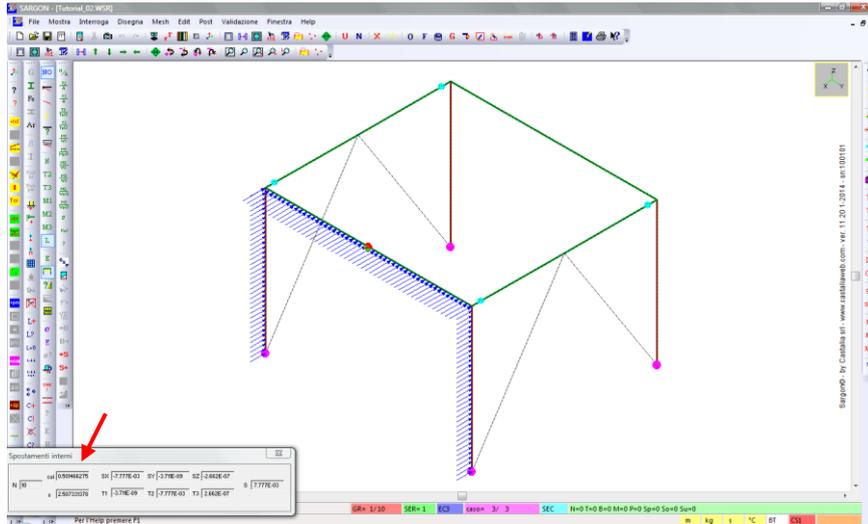
Se passiamo al caso o alla combinazione precedente o successivo , la vista deformata viene aggiornata in base agli spostamenti lì calcolati. Se la scala è automatica, viene ricalcolata in tempo reale. Se abbiamo impostato un valore manuale potrà essere necessario modificarlo.

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

Nel primo tutorial abbiamo già visto come conoscere gli spostamenti nodali con il comando **Interroga** . Vediamo ora come conoscere gli spostamenti lungo l’asse di un elemento beam. Eseguiamo il comando **Post – Deformata – Interno** . Compare un dialogo, al momento vuoto. Qui verranno riportati gli spostamenti interni. Vediamo anche un cerchio rosso sull’elemento più vicino al puntatore del mouse.



Clicchiamo un elemento, ad esempio il traverso sottoposto al carico da vento, e vediamo che nel dialogo viene riportata, oltre al numero dell’elemento, anche un’ascissa adimensionale  $cs_i$  che va da 0 (primo estremo dell’elemento) a 1 (secondo estremo). Scorrendo con il mouse lungo l’asse dell’elemento cliccato, vediamo che l’ascissa adimensionale è aggiornata in tempo reale; accanto vengono riportati i valori di spostamento e rotazione interni per quell’elemento, in quella posizione lungo l’asse, nella combinazione o nel caso di carico corrente.



Vediamo che per l'elemento scelto, nel caso di carico 3, lo spostamento massimo in direzione X (quella del vento) si ha a metà della lunghezza dell'elemento ed è poco meno di 1cm (csi=0.5 ed SX=-0.0078m).

Successive pressioni di *ESC* o del *tasto destro* consentono prima di tornare alla scelta di un altro elemento e infine di terminare il comando.

Per gli altri comandi del sottomenu **Deformata** si rimanda alla guida del programma.

Veniamo ora alle sollecitazioni negli elementi beam e truss. Lo schema seguente riassume tutti i comandi disponibili per la visualizzazione delle azioni interne, degli sforzi e degli indicatori adimensionali.

**Azioni interne**

N	Azione assiale - Tx
T2	Taglio 2 - Ty
T3	Taglio 3 - Tz
M1	Momento torcente - Mx
M2	Momento 2 - My
M3	Momento 3 - Mz

**Sforzi**

$\frac{N}{A}$	N/A
$\frac{T_2}{A}$	T2/A
$\frac{T_3}{A}$	T3/A
$\frac{M_1}{W_1}$	M1/W1
$\frac{M_2}{W_2}$	M2/W2
$\frac{M_3}{W_3}$	M3/W3
$\sigma$	$ N/A  +  M_2/W_2  +  M_3/W_3 $

**Indicatori adimensionali**

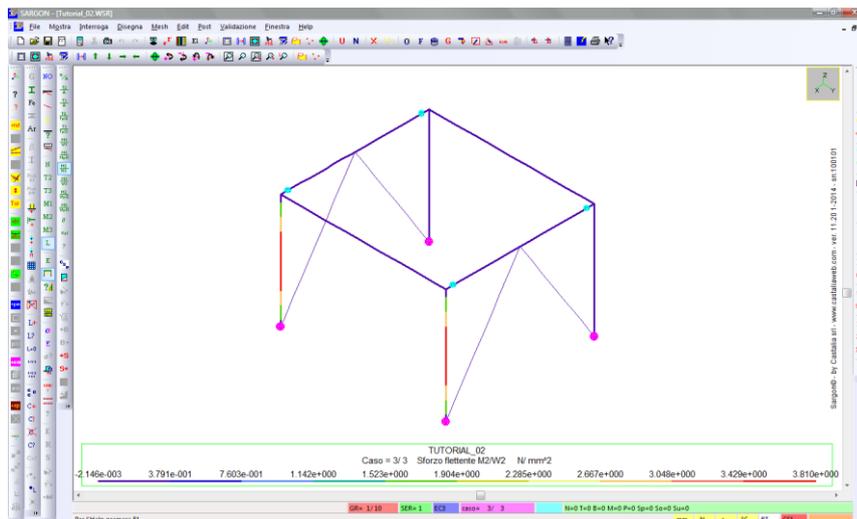
$\frac{T_2}{T_{p12}}$	T2/Tp12
$\frac{T_3}{T_{p13}}$	T3/Tp13
$\frac{M_1}{M_{p11}}$	M1/Mp11
$\frac{M_2}{W_{p12}}$	M2/Wp12
$\frac{M_3}{W_{p13}}$	M3/Wp13
$K_{p1}$	$ N/Np1  +  M_2/Mp12  +  M_3/Mp13 $

Le **azioni interne** (forze e momenti) vengono rappresentate diagrammi che rappresentano l'andamento dell'azione interna scelta (azione assiale, uno dei due tagli, il momento torcente o uno dei due momenti torcenti).

Gli **sforzi** (forza diviso area oppure momento diviso modulo di resistenza) vengono mostrati mediante opportuna colorazione degli elementi in base a una scala di sforzo modificabile dall'utente. Si possono mostrare gli sforzi dovuti a singole sollecitazioni (ad esempio N/A o M/W, sforzi normali, o T/A, sforzo di taglio) oppure la somma dei moduli degli sforzi normali.

Gli **indicatori adimensionali** sono il rapporto tra un'azione interna e il corrispondente valore plastico della sezione (ad esempio, taglio su taglio plastico, momento flettente su momento flettente plastico). Sono rappresentati, come gli sforzi, tramite la colorazione degli elementi finiti.

Nel primo tutorial abbiamo visto i diagrammi delle azioni interni. Ora mostriamo una mappa a colori con l'andamento degli sforzi. Nel caso 3, visualizziamo lo sforzo normale elastico per flessione attorno all'asse forte ( $M2/W2$ ) con il corrispondente comando .

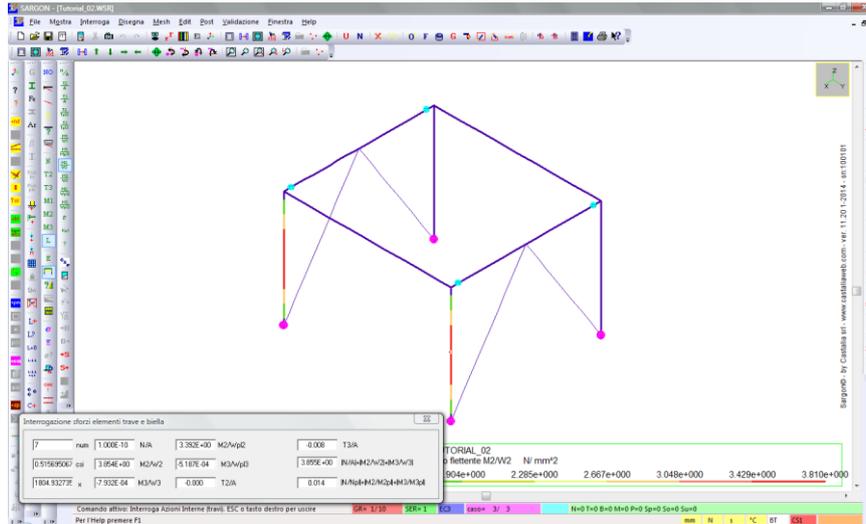


Come vediamo dalla scala, il valore massimo è molto basso (poco meno di 4MPa) e si manifesta a metà altezza delle due colonne investite direttamente dal vento.

**Nota:** la trave orizzontale sottoposta al vento si inflette attorno all'asse locale 3.

**Suggerimento:** abbiamo impostato nuovamente i millimetri e i Newton come unità di misura e abbiamo chiesto di non mostrare le azioni , per maggiore chiarezza.

Analogamente a quanto visto prima per gli spostamenti interni, con il comando **Interroga sforzi** possiamo conoscere i valori degli sforzi in un elemento, lungo tutto il suo sviluppo. Dopo aver eseguito il comando, clicchiamo l'elemento desiderato. Scorrendo col mouse lungo lo sviluppo dell'elemento, vengono mostrate nel dialogo in sovrapposizione le 6 componenti delle azioni interne, riferite al numero dell'elemento corrente e alla posizione della sezione considerata lungo l'asse dell'elemento stesso.



Premendo due volte il *tasto destro* o *ESC* si ritorna alla scelta dell'elemento di cui interrogare le azioni interne, con un'ulteriore pressione di *tasto destro* o *ESC* si termina il comando.

**Nota:** per una trattazione più dettagliata dei comandi relativi ai diagrammi delle azioni interne e le relative opzioni, così come per la spiegazione degli sforzi e degli indicatori, si rimanda alla guida o alle lezioni. Si fa qui cenno alla possibilità di mostrare in una sola vista gli **involuppi** di diagrammi, sforzi e indicatori, ossia i valori massimi e minimi assoluti al variare di tutte le combinazioni di verifica.

## 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.