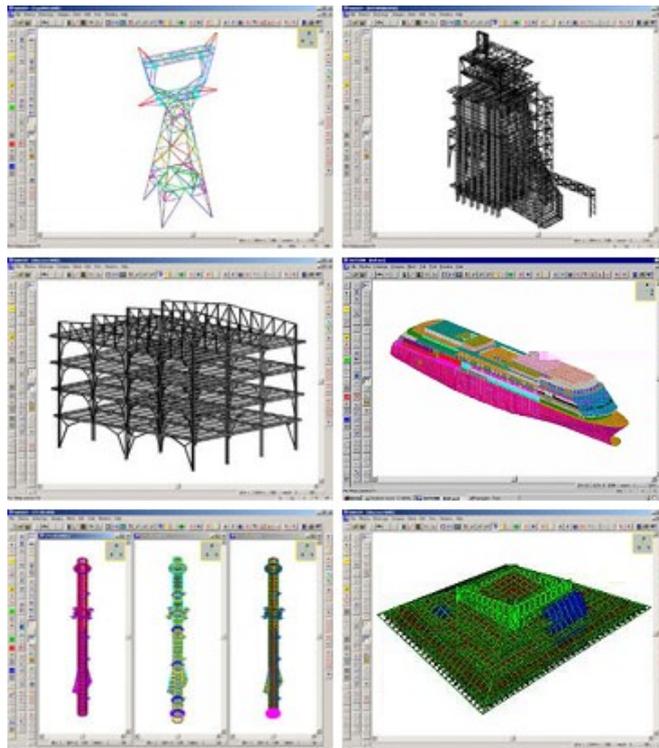


# TUTORIAL DI SARGON

Conoscere il programma in modo guidato



## Tutorial 7

### Analisi di buckling

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)

© 2014 – 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: IL MODELLO FEM .....</b>	<b>6</b>
<b>PARTE 3: ANALISI STATICA E ANALISI DI BUCKLING .....</b>	<b>8</b>
3.1 ANALISI STATICA.....	8
3.2 ANALISI DI BUCKLING.....	8
3.3 RISULTATI.....	10

## 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. **Sugeriamo 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:

- Impostazione ed esecuzione dell'analisi di buckling (BUCKL).
- Analisi dei 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.

Post – Buckling – Mostra 

– Mappa

– Interroga 

– Modo precedente  e Modo successivo 

Si assume che i comandi già trattati nei precedenti tutorial siano ormai familiari al lettore.

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.

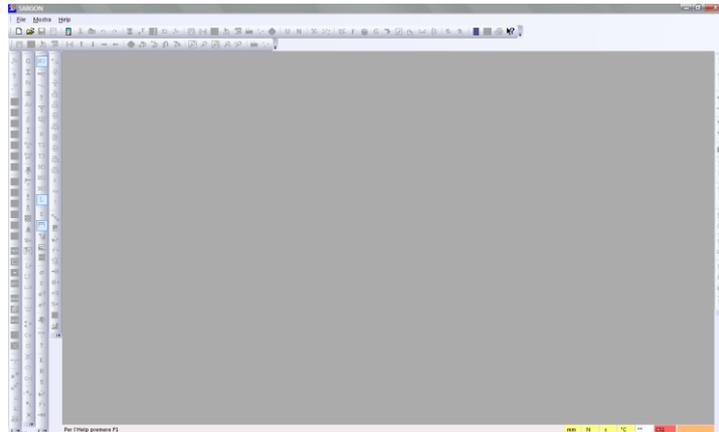
Buon lavoro!

**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.**

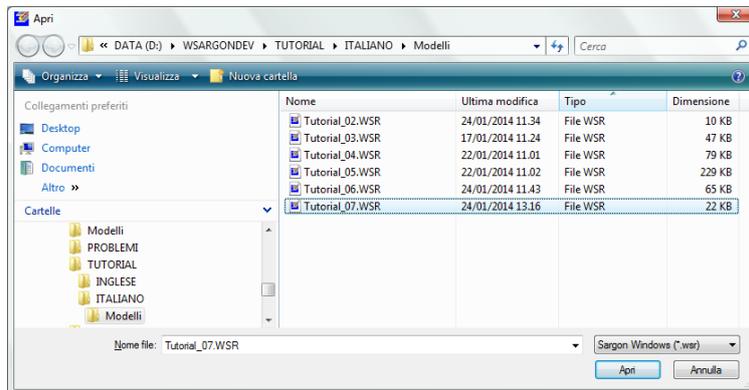
## PARTE 2: IL MODELLO FEM

In questo tutorial non partiremo da zero, bensì dal modello di una struttura in acciaio già realizzato, scaricabile assieme ai tutorial stessi (il file è *Tutorial\_07.WSR*).

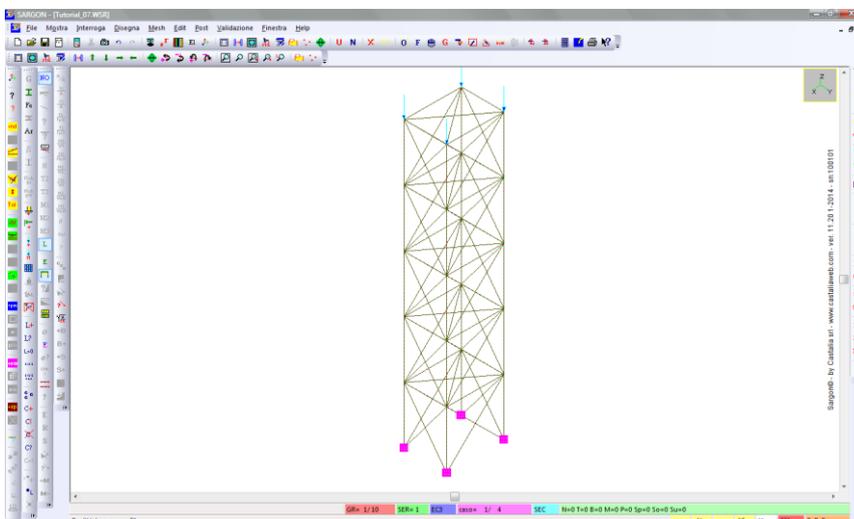
Avviamo Sargon.



Eseguiamo il comando **File – Apri** per aprire un modello presente su disco.



Scegliamo la cartella dove abbiamo salvato *Tutorial\_07.WSR* e apriamo il modello.



Il modello è composto da elementi truss; sono presenti quattro casi di carico (uno permanente e tre variabili) e cinque combinazioni. Il numero dei casi di carico definiti non ha la pretesa di essere esaustivo. Anche il valore delle azioni definite è indicativo. L'obiettivo è di avere un **esempio semplice** per **spiegare in modo chiaro** le funzionalità del programma.

**Le combinazioni sono necessarie per l'analisi di buckling**, perché è proprio su queste che viene effettuato il calcolo (non sui singoli casi). Il solutore di buckling analizza una combinazione alla volta. Il numero di combinazioni è libero.

**Nota:** trattandosi di un modello con soli elementi truss, che non forniscono alcun grado di vincolo alla rotazione dei nodi, è stata definita una maschera di vincolo che blocca le 3 rotazioni (X, Y, Z) di tutti i nodi. Il comando è **Edit – Vincoli – Maschera di vincolo**, che consente di vincolare uno o più gradi di libertà di tutti i nodi di un modello. In questo caso, quindi, ai nodi alla base è stato poi aggiunto un vincolo che impedisce le tre traslazioni.

## PARTE 3: ANALISI STATICA E ANALISI DI BUCKLING

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:

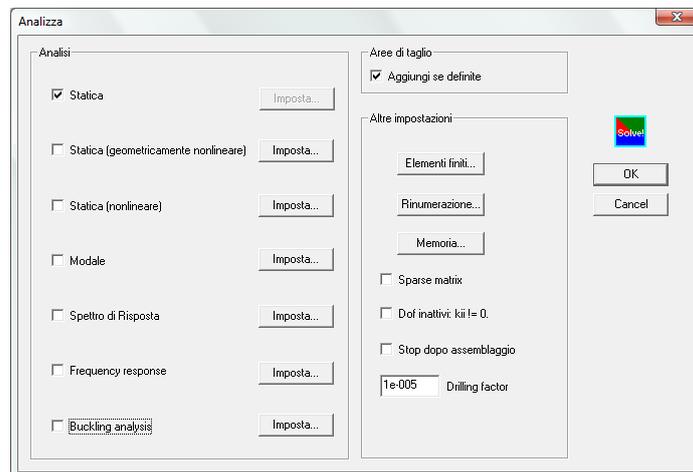
- Analisi statica lineare
- Analisi nonlineare per nonlinearity geometrica
- Analisi nonlineare per nonlinearity di materiale
- Analisi modale
- Analisi a spettro di risposta
- Analisi di risposta in frequenza
- Analisi di buckling

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.

### 3.1 Analisi statica

Prima di eseguire l'analisi di buckling è necessario che sia eseguita un'analisi statica lineare, al fine di calcolare i casi di carico elementari. Dopo potrà essere svolta l'analisi di buckling.

Eseguiamo **File – Analizza** , spuntiamo solo la casella *Statica* e premiamo OK.



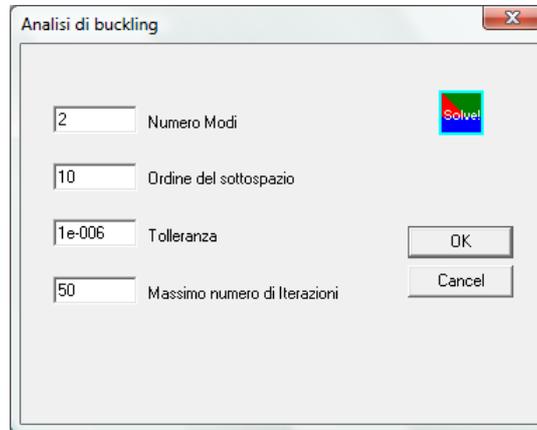
Al termine dell'analisi non eseguiamo Checksolvers, dicendo NO nel relativo dialogo.

### 3.2 Analisi di buckling

Ora possiamo eseguire l'analisi di buckling. Eseguiamo **File – Analizza** , rimuoviamo la spunta da *Statica* e spuntiamo *Buckling analysis*. Clicchiamo il relativo bottone *Imposta*.



Nel successivo dialogo dobbiamo definire alcuni parametri che regolano l'analisi di buckling.



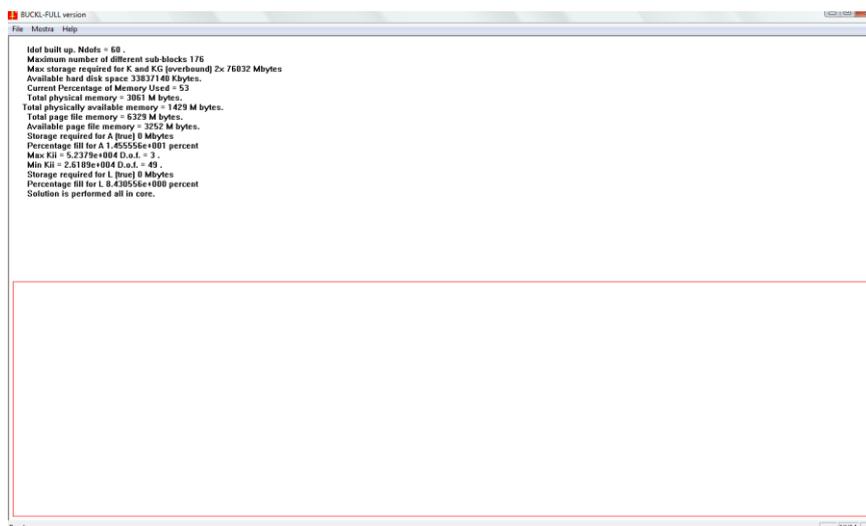
Il primo parametro è il numero di modi richiesti per ogni combinazione. Solitamente sono sufficienti pochi modi, se non uno solo. In questo caso ne chiederemo 2.

L'ordine del sottospazio può essere aumentato se dopo la prima analisi troviamo dei moltiplicatori critici negativi. Per questo aspetto si rimanda alla guida.

Lasciamo i valori di default per la tolleranza sul moltiplicatore e per il massimo numero di iterazioni. Premiamo OK.

**Guida:** “Come preparare ed eseguire il solving” → “Analisi di buckling con BUCKL”.

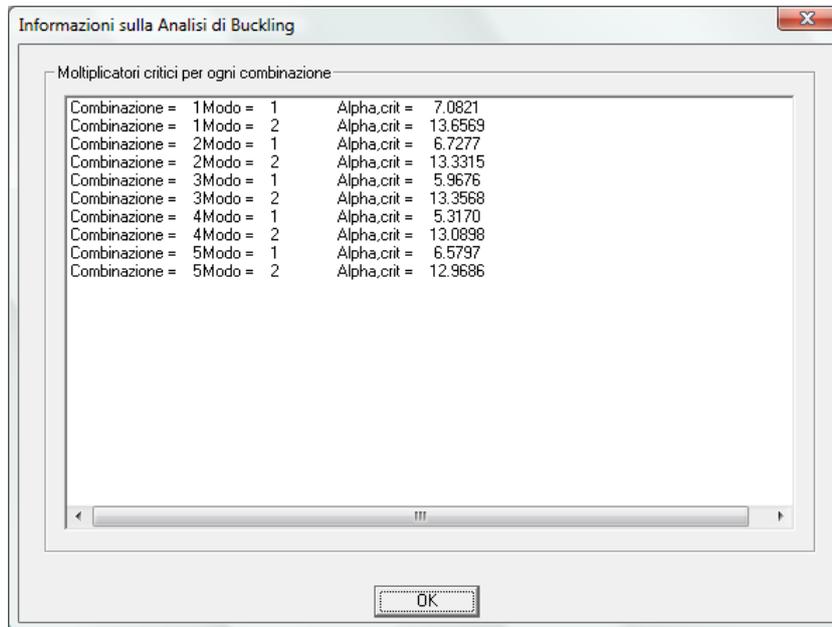
Tornati nel dialogo principale delle analisi, con la sola *Buckling* spuntata clicchiamo OK.



### 3.3 Risultati

Vediamo come visualizzare i risultati dell'analisi di buckling.

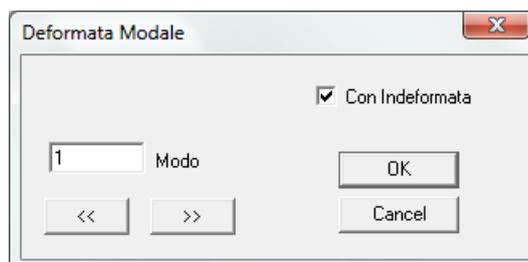
Innanzitutto, eseguiamo il comando **Post – Buckling – Interroga** . Il dialogo mostrato fornisce, per ogni combinazione, il moltiplicatore critico di ciascuno dei modi calcolati.



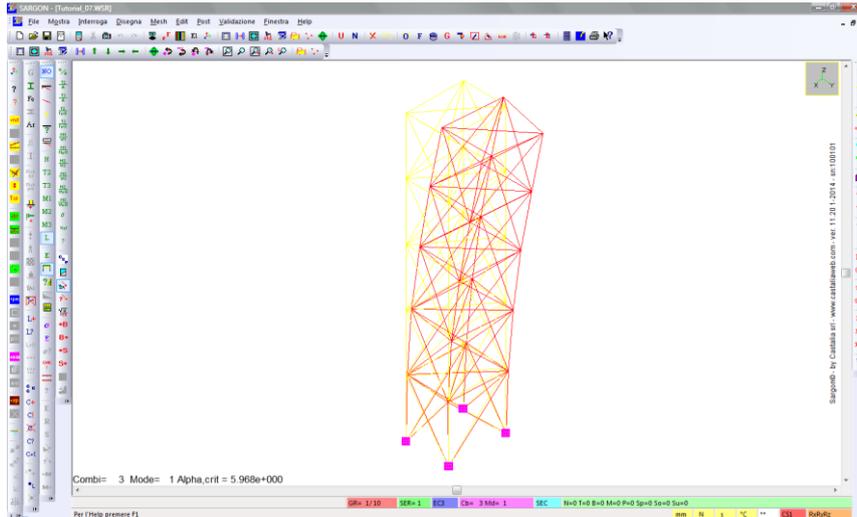
Tutti i moltiplicatori sono positivi; non è quindi necessario aumentare l'ordine del sottospazio. Notiamo anche che sono tutti maggiori dell'unità. Ciò significa che la struttura non si instabilizza in nessuna combinazione.

Vediamo ora le deformate di buckling, che sono disponibili **quando è attiva una combinazione**, non un caso di carico. Posizioniamoci ad esempio nella combinazione 3, quella che ha il minimo moltiplicatore critico: **Edit – Combinazioni – Modifica** , quindi evidenziamo con un click la combinazione 3 e premiamo OK.

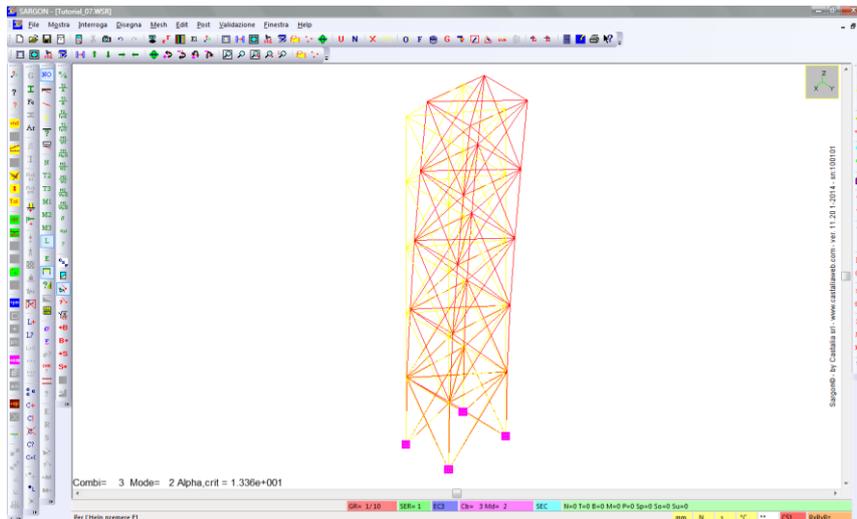
Ora vediamo che il comando **Post – Buckling – Mostra**  è attivo, poiché siamo in una combinazione. Eseguiamolo. Nel dialogo successivo scegliamo il modo del quale visualizzare la deformata (ad esempio il primo) e se mostrare o meno l'indeformata (si).



Clicchiamo OK e nella vista di Sargon sarà mostrata la vista deformata nel modo 1 della combinazione 3.

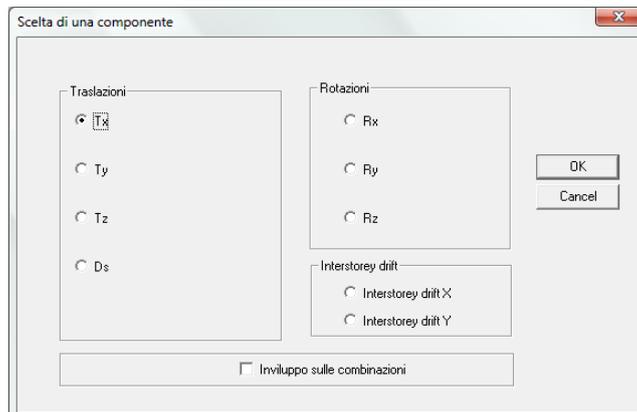


Eseguiamo **Post – Buckling – Modo successivo** **B+** per passare alla visualizzazione della deformata nel modo 2, sempre nella combinazione 3.

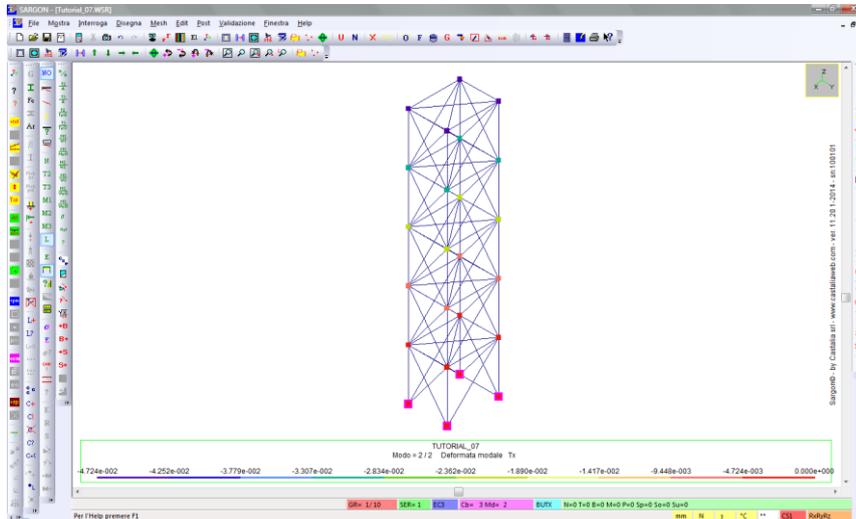


**Nota:** analogamente, **Post – Buckling – Modo precedente** **+B** consente di tornare al modo precedente.

Eseguiamo **Post – Buckling – Mappa**. Nel dialogo, scegliamo una traslazione, ad esempio TX, quindi premiamo OK.



Per visualizzare gli spostamenti nodali direttamente sui nodi, con i colori relativi alla scala sottostante (tarata automaticamente sui valori massimi e minimi) eseguiamo **Mostra – Oggetti** e spuntiamo la casella *Nodi*.



Vediamo che i nodi in sommità sono quelli con lo spostamento massimo (in valore assoluto) in direzione  $-X$ . Ciò è coerente con la corrispondente deformata (combinazione 3, modo 2).

Eseguiamo **Post – No post** per interrompere qualsiasi comando di post processing.

**Nota:** con il comando **Post – Buckling - Metodo Generale** , previa selezione di opportuni elementi finiti ritenuti rilevanti, è possibile effettuare una **verifica dell'interazione tra resistenza e stabilità** di un'intera struttura, condotta mediante un metodo che generalizza quanto si fa per il caso di semplici colonne compresse. Il metodo è descritto in EN 1993-1-1 al §6.3.4 relativamente allo svergolamento di travi inflesse, ma è di fatto adoperato anche in numerosi altri contesti all'interno della norma in questione. Il metodo è descritto e discusso nel testo *Calcolo di Strutture in Acciaio*, di Paolo Rugarli, EPC Libri, 2008, al §1.7.1. Per una descrizione sintetica si rimanda alla guida del programma, alla voce "Come eseguire la verifica con il metodo generale."