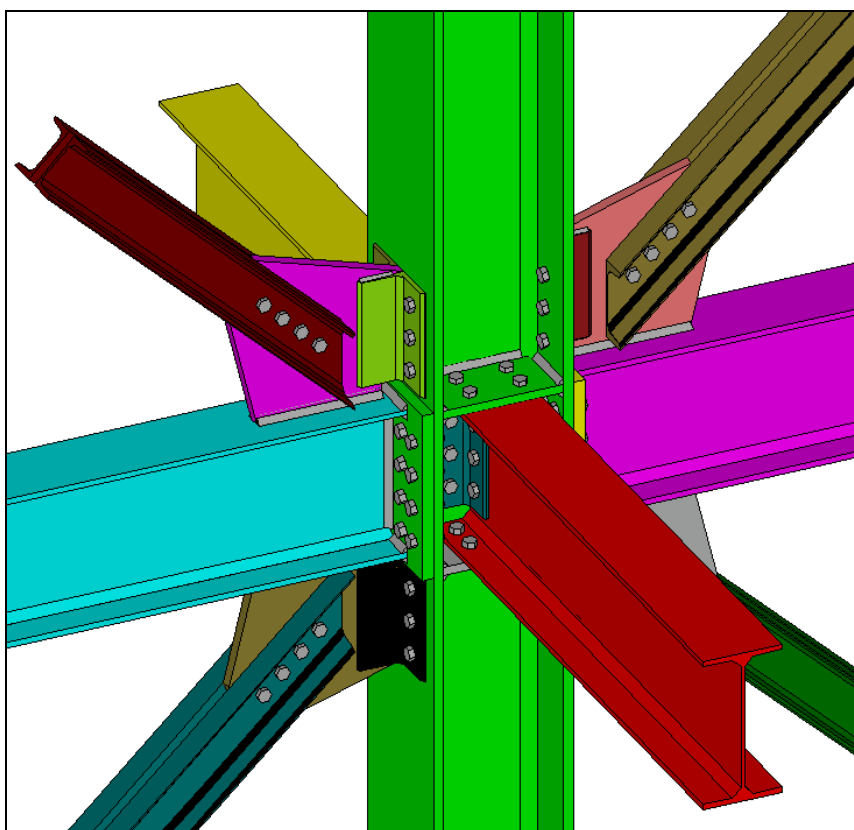




## Informazioni



Modellazione di nodo in CSE: posizionamento libero



Castalia s.r.l.  
tel. +39-2-26681083  
fax +39-2-26681876  
E-mail [info@castaliaweb.com](mailto:info@castaliaweb.com)  
Via Pinturicchio, 24  
20133 Milano (Italy)

Rev.7.0 del 8-6-2015

Left intentionally blank



Per una migliore comprensione delle informazioni si consiglia di vedere il documento a colori

Dato che questo documento viene aggiornato saltuariamente è possibile, e tanto più probabile quanto più lontana dalla data di ultima revisione è la data in cui si sta leggendo questo documento, che la versione attuale del programma contenga funzionalità non qui descritte né accennate.

Questo documento è volutamente sintetico, sebbene appaia esteso. Alcuni approfondimenti sono mantenuti con una dimensione di carattere minore, e possono essere saltati.

**Parole chiave: nodi, collegamenti, connessioni, strutture acciaio, saldature, cordoni, cordoni d'angolo, saldature a penetrazione, bulloni, bullonature, unioni, giunzioni, rifollamento, taglio, torsione, trazione, classe, taglio a blocco, eurocodice, norme verifica, verifiche, giunti, eurocodice 3, NTC.**

**Keywords: nodes, joints, steel structures, welding, fillet weld, bolts, bolt layout, bearing stress, shear, torsion, tension, class, eurocode, standards, checks, steel detailing,, cross-sections, bolt-spacing, block-tearing.**





Castalia s.r.l. – Via Pinturicchio, 24 – 20133 - Milano

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

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DEL MODELLO INIZIALE (BFEM).....</b>	<b>17</b>
<b>3</b>	<b>COSTRUZIONE DEL NODO REALE.....</b>	<b>21</b>
3.1	Generalità .....	21
3.2	Costruzione geometrica del nodo reale.....	21
3.2.1	Mediante i nodi parametrici disponibili (tutte le versioni).....	21
3.2.2	Mediante comandi interattivi (versioni FULL e STANDARD).....	22
3.2.3	Mediante nodoteca universale (versione FULL).....	24
3.2.4	Con modalità miste (versioni FULL e STANDARD).....	25
3.3	Aspetti della costruzione del nodo .....	25
3.3.1	La connessione.....	25
<b>4</b>	<b>VERIFICHE .....</b>	<b>29</b>
4.1	Verifiche eseguite .....	29
4.2	Saldature e bullonature .....	30
4.3	Verifiche semplificate.....	30
4.4	Verifiche FEM.....	31
4.5	Verifiche utente .....	35
4.6	Normative .....	37
<b>5</b>	<b>PARAMETRIZZAZIONE.....</b>	<b>39</b>
<b>6</b>	<b>REPORT ED OUTPUT .....</b>	<b>41</b>
<b>7</b>	<b>ESEMPI DI IMPIEGO DI C.S.E. ....</b>	<b>43</b>
7.1	Rendering del nodo .....	43



<b>7.2</b>	<b>Resa delle forze scambiate tra i componenti</b> .....	<b>43</b>
<b>7.3</b>	<b>Risultati del campo di tensioni normali sul contrasto per bullonature che lo impieghino</b> .....	<b>46</b>
<b>7.4</b>	<b>Risultati di sezione netta</b> .....	<b>48</b>
<b>7.5</b>	<b>Risultati di block tear</b> .....	<b>50</b>
<b>7.6</b>	<b>Modelli e risultati FEM</b> .....	<b>51</b>
<b>7.7</b>	<b>Modelli</b> .....	<b>58</b>
<b>8</b>	<b>SCHEDA TECNICA RIASSUNTIVA DI C.S.E.</b> .....	<b>81</b>
<b>9</b>	<b>INQUADRAMENTO COMMERCIALE</b> .....	<b>87</b>



# 1 Introduzione

C.S.E. (Connection Study Environment) è un vasto programma dedicato al progetto e alla verifica dei collegamenti delle strutture in acciaio, naturale evoluzione del software di calcolo agli elementi finiti (fem) denominato Sargon, anch'esso sviluppato da Castalia s.r.l..

In CSE sono confluiti i risultati di una ricerca iniziata a partire dall'anno 2000, e portata avanti a partire da quella data. CSE è il frutto di un ingente lavoro di ricerca ed è un progetto estremamente ambizioso, in questo momento unico al mondo per la possibilità di trattare collegamenti generici.

Autore del programma è l'ing. Paolo Rugarli.

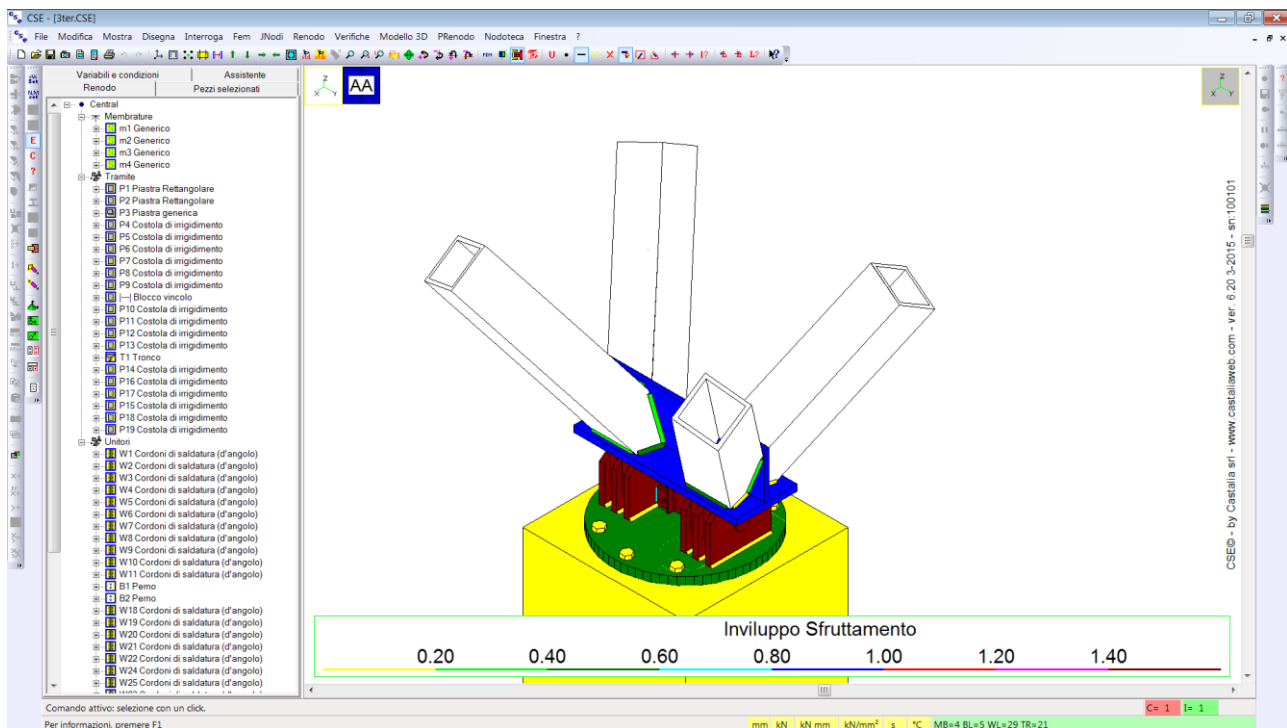


Figura 1-1. Cortesia Ing. Alborghetti, AMSIS srl



Castalia s.r.l. – Via Pinturicchio, 24 – 20133 - Milano

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

Il problema del calcolo dei collegamenti è estremamente vasto e complesso, ed a tutt'oggi rappresenta uno dei principali ostacoli rimasti sulla strada della completa automazione del progetto.

L'ing. Rugarli ha cominciato a lavorare a questo programma a partire dall'anno 2000, e sono subito apparsi evidenti i considerevoli problemi legati allo sviluppo di un software di questo tipo. Contrariamente a quanto fatto da altri, l'approccio seguito non è stato quello di partire da alcuni nodi elementari o particolarmente frequenti (approccio *estensivo*, o *a ricette di cucina*).

Questo approccio, infatti, presta il fianco a numerose critiche, essenzialmente legate all'eccessiva semplificazione ed all'intrinseco impoverimento richiesti. I nodi "standard" vengono spesso modificati per le esigenze più diverse, ed approcci basati su protocolli troppo rigidi possono comportare limitazioni troppo pesanti. L'approccio a nodi standard, detto anche 2D, trascura le geometrie non regolari, trascura componenti di sollecitazione non nulla, trascura l'interazione dei giunti tra loro, trascura le eccentricità ed i fuori asse, linea rizza i domini di interazione, e, nel suo complesso, non appare oggi più coerente con i modelli 3D che normalmente vengono trattati negli studi di progettazione.

Si è scelto di percorrere una strada diversa da quella che prevede l'approccio estensivo, cercando di affrontare il problema collegamenti nel modo più generale possibile.

CSE usa quindi una modellazione di tipo intensivo, eventualmente supportata, quando strettamente necessario, dall'intervento dell'utente. *Ciò implica il fatto fondamentale che in CSE la modellazione dei collegamenti è libera*: i componenti e le unioni vengono messe liberamente dal progettista dove crede meglio, ed è poi il programma a calcolare le unioni in modo conseguente, con le regole chiarite dall'utente. Alla base di tale funzionamento ci sono i seguenti pilastri fondamentali della meccanica dei continui:



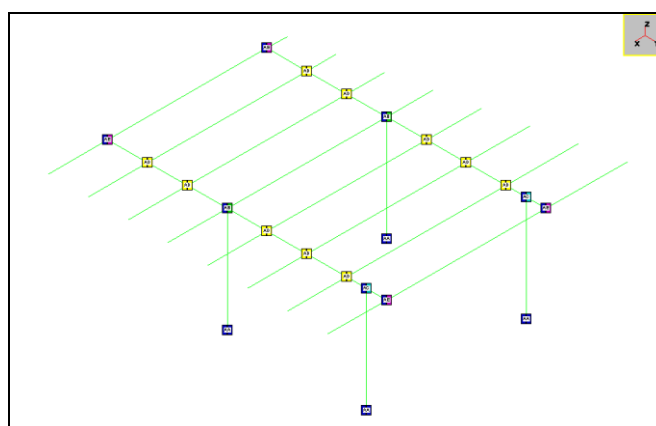


- L'equilibrio dei componenti in 3D sotto le azioni e reazioni applicate. Esso è garantito da un calcolo FEM che tiene conto di tutte le eccentricità e i fuori asse e di tutte le componenti di sollecitazione originariamente nel modello 3D.
- Il principio di azione e reazione. Ciò che A e B si scambiano agisce su A e B con segno opposto.
- Il teorema statico dell'analisi limite: una configurazione equilibrata con i carichi esterni applicati e compatibile con tutte le modalità di crisi è tale per cui i carichi applicati sono inferiori a quelli limite.

La esistenza di collegamenti tipici viene vista dal programma come un caso molto particolare di uno assai più generale che il programma è in grado di trattare. E' quindi evidente che la creazione di una biblioteca di collegamenti tipici, che è il punto di partenza dell'approccio estensivo, è il punto finale dell'approccio intensivo: CSE al momento ha 786 famiglie di nodi tipici. Prima di arrivare a questo devono essere risolti tutti i problemi legati allo studio del problema generale, e deve essere messo a punto un fruttuoso modello complessivo che possa poi essere specializzato ai casi particolari. Questo è il lavoro che Castalia srl ha compiuto.

Il progetto è estremamente vasto, ma consente di risolvere sia i problemi legati all'approccio estensivo (il programma è in grado di apprendere dall'analista nuovi nodi, non si limita ad alcune tipologie predefinite), sia quelli legati all'approccio intensivo (volendo il programma applica regole di calcolo che gli sono state spiegate dall'analista, e non procede in modo indiscriminatamente automatico al calcolo, se non, appunto, seguendo le regole chiarite dall'analista).

Dal punto di vista dell'utente l'uso del programma si articola nelle seguenti fasi:



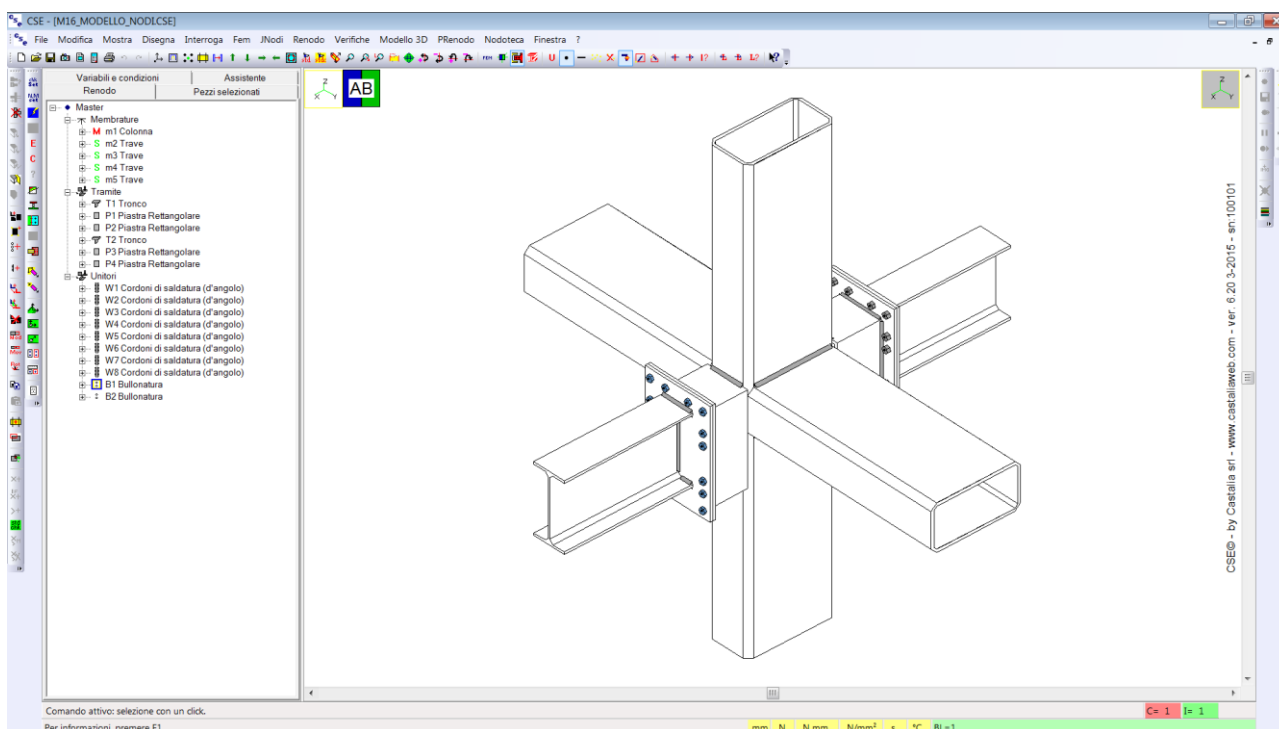
**Figura 1-2 Riconoscimento di nodi eguali in una struttura semplice. Il nodo in colore giallo (AD) è correntemente selezionato.**



1. **Riconoscimento dei nodi e loro catalogazione.** Nella prima fase il programma interpreta in modo automatico un modello fem<sup>1</sup> a travi e bielle così da trasformarlo in un modello a membrature (e non ad elementi finiti). Il programma cataloga i nodi e riconosce in modo totalmente automatico i nodi eguali.

In modo del tutto generale il programma estrae dal modello BFEM tutte le informazioni necessarie a descrivere sinteticamente la tipologia del nodo e di tutti i suoi giunti, cercando anche in automatico le informazioni salienti in termini di sollecitazioni. Prodotto automatico della prima fase è una lista di nodi, marcati opportunamente, ed opportunamente descritti in un tabulato, ove tutti i dati preliminari necessari al calcolo sono riepilogati (inclusi gli involuppi delle sollecitazioni nelle aste al variare delle combinazioni ed al variare delle occorrenze dei nodi trovati dentro la struttura).

In alternativa alla importazione FEM da un modello esterno (vari solutori supportati), CSE è in grado di creare un modello FEM, anche complesso, partendo da zero. In questo caso le sollecitazioni afferenti ai collegamenti saranno necessariamente scelte dall'utente, secondo varie possibili modalità.



**Figura 1-3. Modello di nodo (cortesia ing. Guccio Galluzzi, Firenze)**

<sup>1</sup> Questo modello iniziale è detto BFEM, per intendere che gli elementi di acciaio sono modellati alla Eulero-Bernoulli, con elementi beam e truss.

2. **Descrizione dei nodi nel mondo 3D “reale” (Re-nodi).** Nella fase successiva l’utente, preso un generico nodo tra quelli individuati nella fase 1, descrive tutte le lavorazioni necessarie a trasformarlo in un nodo reale, specificando la posizione di tutti i componenti ulteriori (piatti, squadrette, costole, ecc.) necessari ad individuarlo, e indicando tutti i mezzi di unione (saldature e bullonature).

In questa fase il programma funziona come una specie di LEGO™ elettronico. Sempre in questa fase l’utente descrive le unioni tra i vari componenti mediante bullonature o saldature. In questa fase è possibile aggiungere delle regole di calcolo *ad hoc* per la gestione delle verifiche “utente”, ovvero per verifiche svolte in modo automatico dal programma sulla base di regole specificate dall’utente. Il renodo definito interamente dalle sue lavorazioni può essere esportato in un modello DXF a facce 3D che può essere reso da programmi di disegno, anche in forma renderizzata.

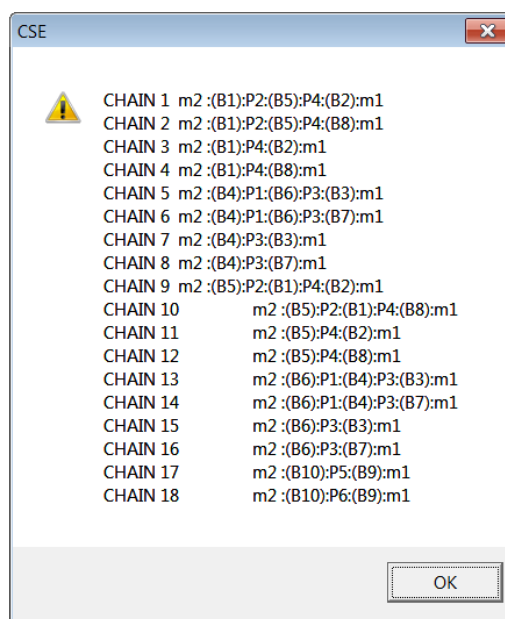


Figura 1-4. Lista delle catene da m2 a m1.

3. **Scelta delle azioni interne per le verifiche e controlli di coerenza del nodo.**

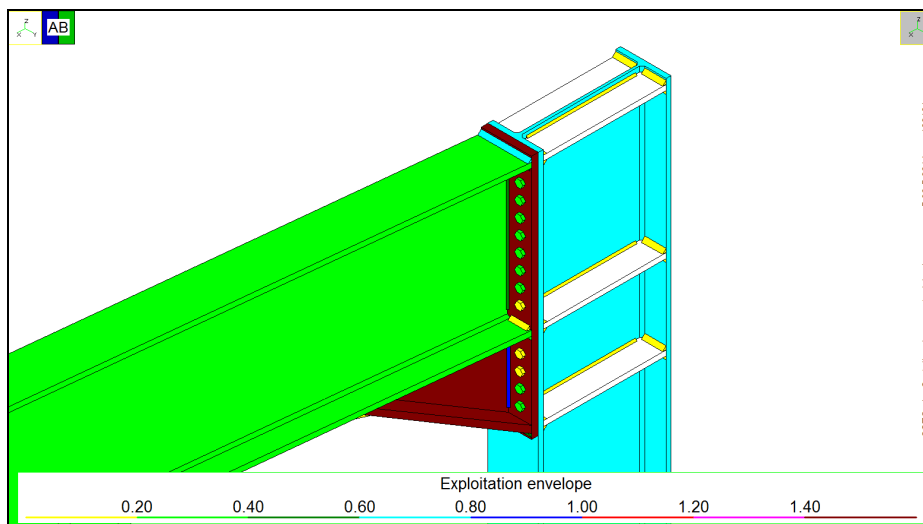
In questa fase si decidono le azioni interne da usare per le verifiche e si controlla che il nodo sia ben posto.

La scelta delle azioni interne si può fare in vari modi. Se il modello della struttura è stato importato da fuori, allora si possono usare le azioni interne calcolate con il programma esterno da cui è tratto il modello. Se no esse possono



essere prese come una certa frazione dei limiti elastici o plastici delle sezioni delle membrature, o come valori ben definiti. Le combinazioni possono essere generate automaticamente (24 per membratura) o possono essere ben precise tabelle di valori incollati da un foglio di lavoro.

Il controllo della coerenza del nodo si fa: (i) controllando che non vi siano compenetrazioni; (ii) controllando che tutti i componenti siano propriamente collegati; (iii) controllando che esista almeno un chiaro percorso di carico (*catena*) che vada da una membratura a quella di riferimento. Tutti i controlli sono automatici.

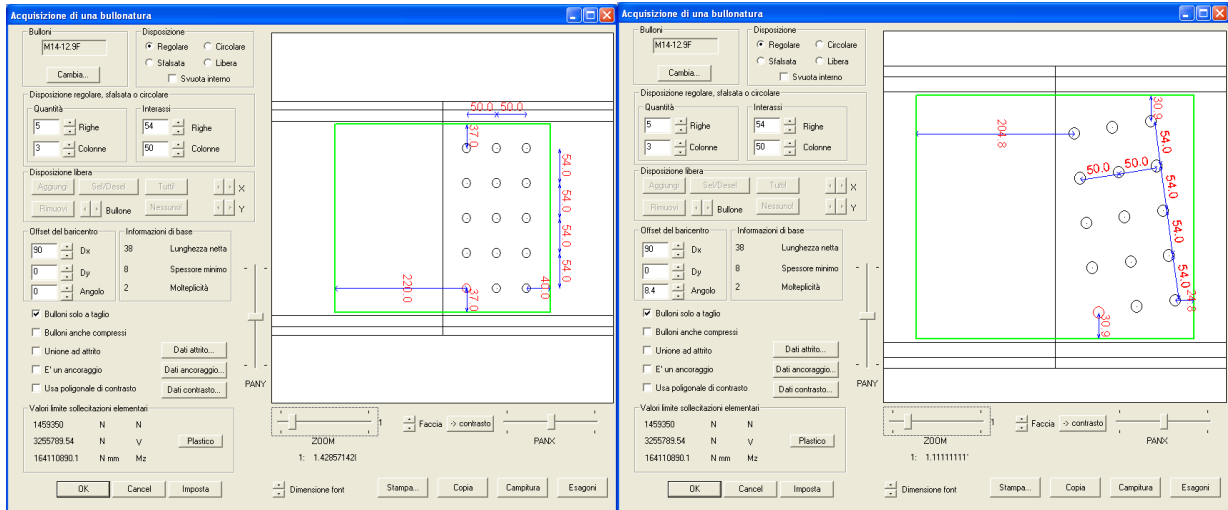


**Figura 1-5. Mappa in falsi colori con gli sfruttamenti di involuppo.**

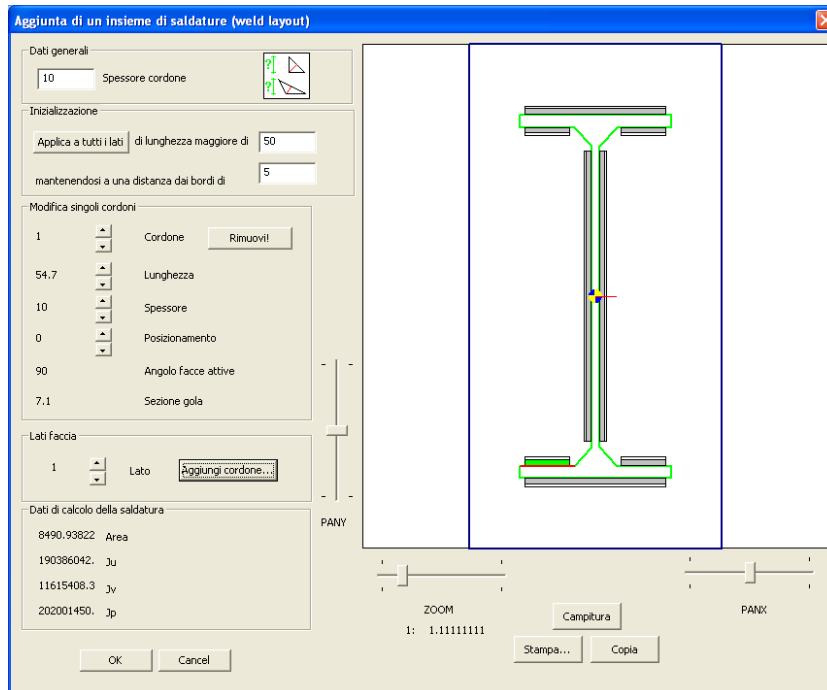
- 4. Verifiche.** Nella fase che segue vengono eseguite automaticamente le verifiche del renodo e viene restituito il risultato di queste, sia in forma grafica (mappe in falsi colori) che in forma tabulare, con un ampio e capillare tabulato e con report automatico (figure e tabelle).

Le verifiche sono sia quelle automatiche, compiute dal programma sulla base delle sue regole e delle impostazioni scelte dall'utente, sia quelle svolte automaticamente dal programma ma specificate dall'utente nella fase precedente, per mezzo di variabili e formule. La fase di modellazione creazione del renodo e delle verifiche vengono compiute idealmente dall'utente su tutti i jnodi diversi della struttura. In pratica ci si può anche limitare solo ad alcuni jnodi, se gli altri non interessano. Tra le verifiche che si possono richiedere quelle basate sulla modellazione FEM dei componenti e di aggregati dei componenti, sia in campo lineare che in campo non lineare (non linearità di materiale, geometrica e di contatto). I modelli FEM possono anche essere utilizzati per verifiche di buckling (con soluzione del problema agli auto valori e calcolo dei moltiplicatori critici).

Nelle sezioni successive si daranno delle informazioni di massima sulle varie fasi del lavoro, al fine di dare una idea di come funziona il programma e del suo raggio di azione.

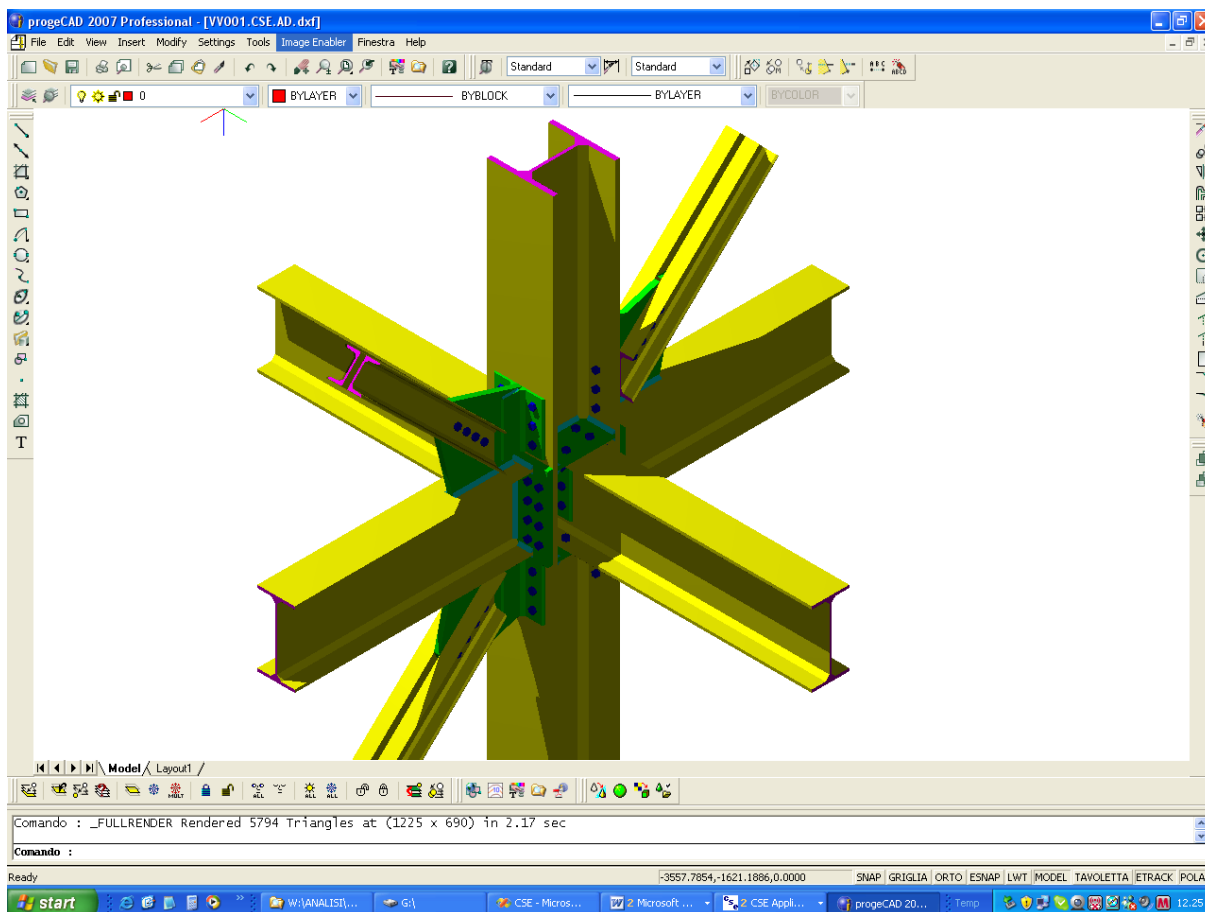


**Figura 1-6. Gestione di una bullonatura. Lo switch “Faccia” consente di esaminare la distanza dei bulloni da ciascuna faccia dei solidi coinvolti. La verifica dei limiti è automatica. La bullonatura può essere rototraslata sulla faccia scelta. La faccia scelta può essere qualsiasi faccia di qualsiasi solido presente sulla scena. Il riconoscimento degli oggetti uniti è automatico.**

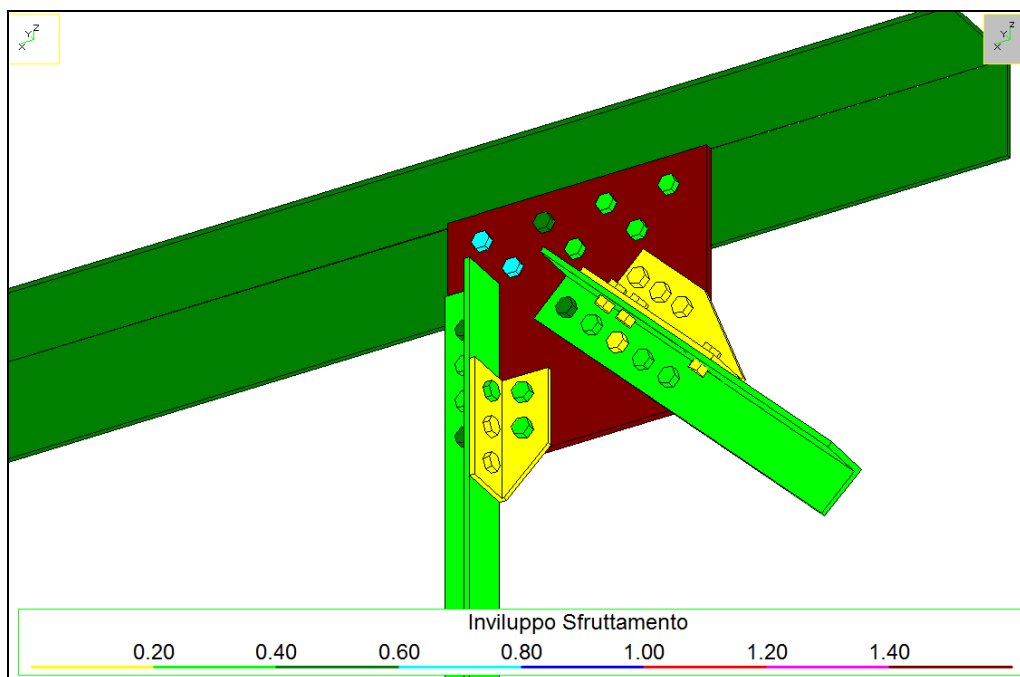


**Figura 1-7 Aggiunta di un layout di saldature. Il riempimento del perimetro è automatico. L’utente ha cliccato su una faccia terminale di una IPE con piastra di testa. E’ possibile cancellare cordoni pervenendo a schemi irregolari.**





**Figura 1-8** Vista renderizzata di un collegamento fatto in CSE ed esportato via DXF da CSE stesso (Intellicad)

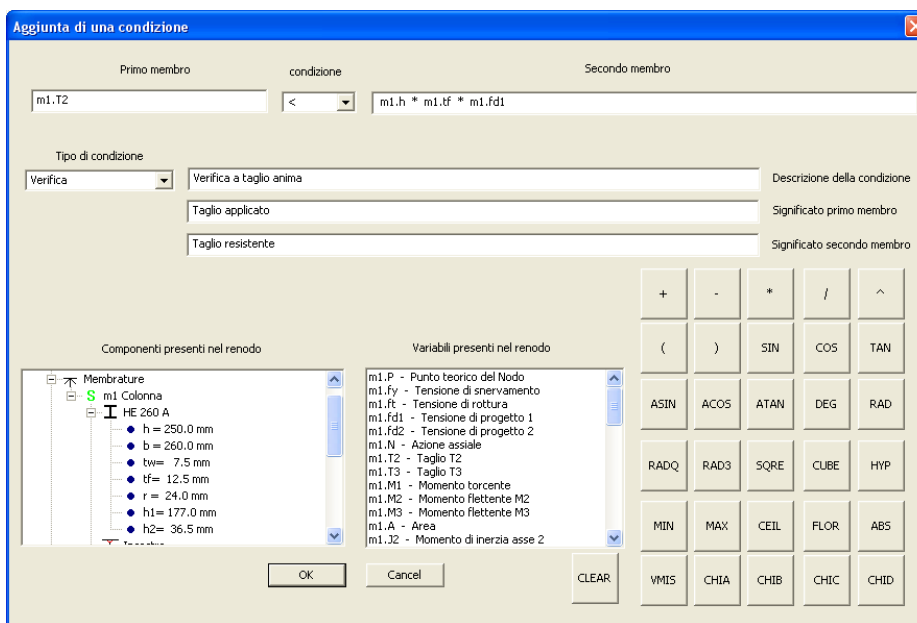


**Figura 1-9** Restituzione verifiche in falsi colori.



Castalia s.r.l. – Via Pinturicchio, 24 – 20133 - Milano

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



**Figura 1-10 Gestione di verifiche utente**





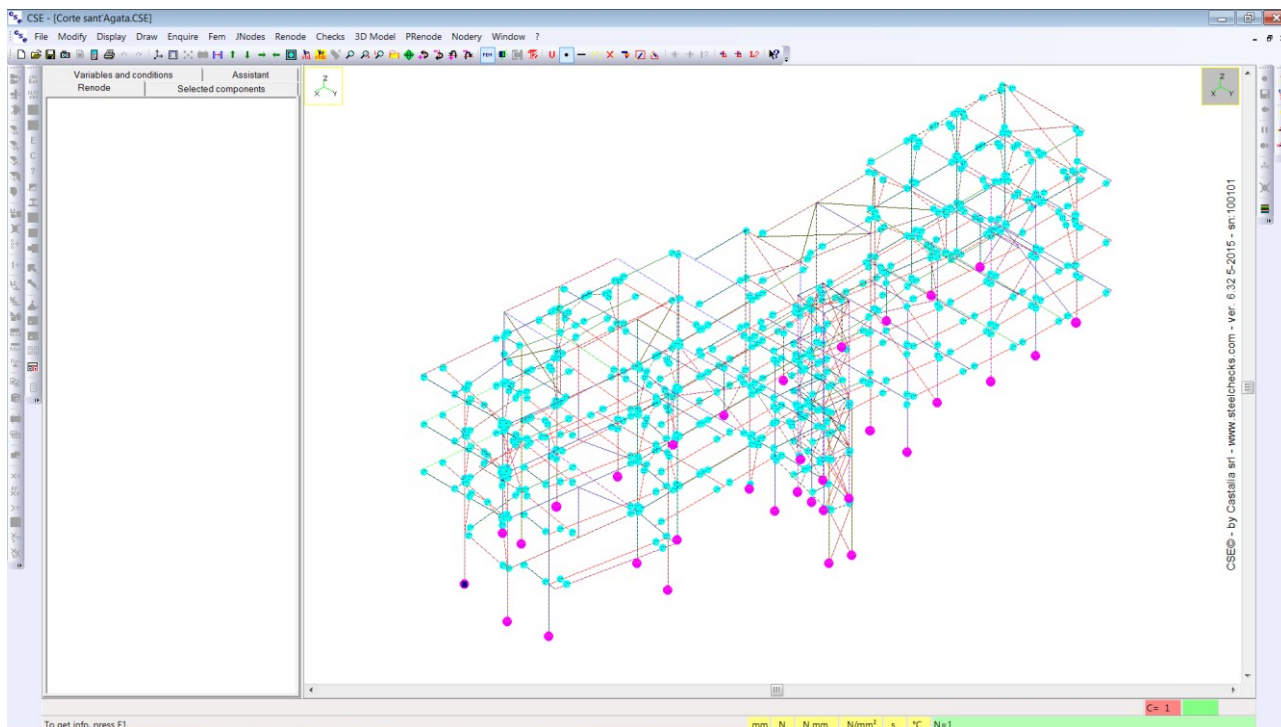
Castalia s.r.l. – Via Pinturicchio, 24 – 20133 - Milano

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



## 2 Descrizione del modello iniziale (BFEM)

In CSE serve un modello agli elementi finiti (FEM) di partenza che contenga la descrizione della struttura della quale si devono progettare e verificare i nodi.



**Modello BFEM in CSE (cortesia AMSIS srl)**

Questa struttura iniziale noi la chiamiamo modello BFEM, e contiene almeno un elemento trave o biella (ma può anche avere elementi membrana, piastra, molle e solidi). Il modello BFEM viene normalmente preparato per fare la progettazione e verifica delle membrature, ed in CSE può essere ottenuto in tre modi diversi:

1. Importando un modello già fatto con un altro programma, completo di combinazioni e azioni interne. Sebbene le azioni interne (ed il calcolo che le genera) siano utili, esse non sono indispensabili, perché ai fini del calcolo dei collegamenti in CSE è anche possibile dare le azioni interne direttamente. Al momento sono supportati i seguenti solutori (marchi registrati):
  - a. Sargon, di Castalia srl.



- b. Sap 2000. In tal caso Sap2000 deve essere installato e funzionante sulla macchina dove è presente CSE. Informarsi per le versioni supportate.
- c. Staad Pro.
- d. MIDAS
- e. STRAP
- f. RISA 3D
- g. CMP di CAIRE.
- h. Formato di scambio .SR4, è un file ASCII che può facilmente essere preparato da chi può programmare (si veda questa pagina per maggiori informazioni: <http://www.castaliaweb.com/ita/P/CSE/interface.asp> ). Si tratta di un file molto semplice da scrivere e che può essere creato con facilità da qualsiasi programma.

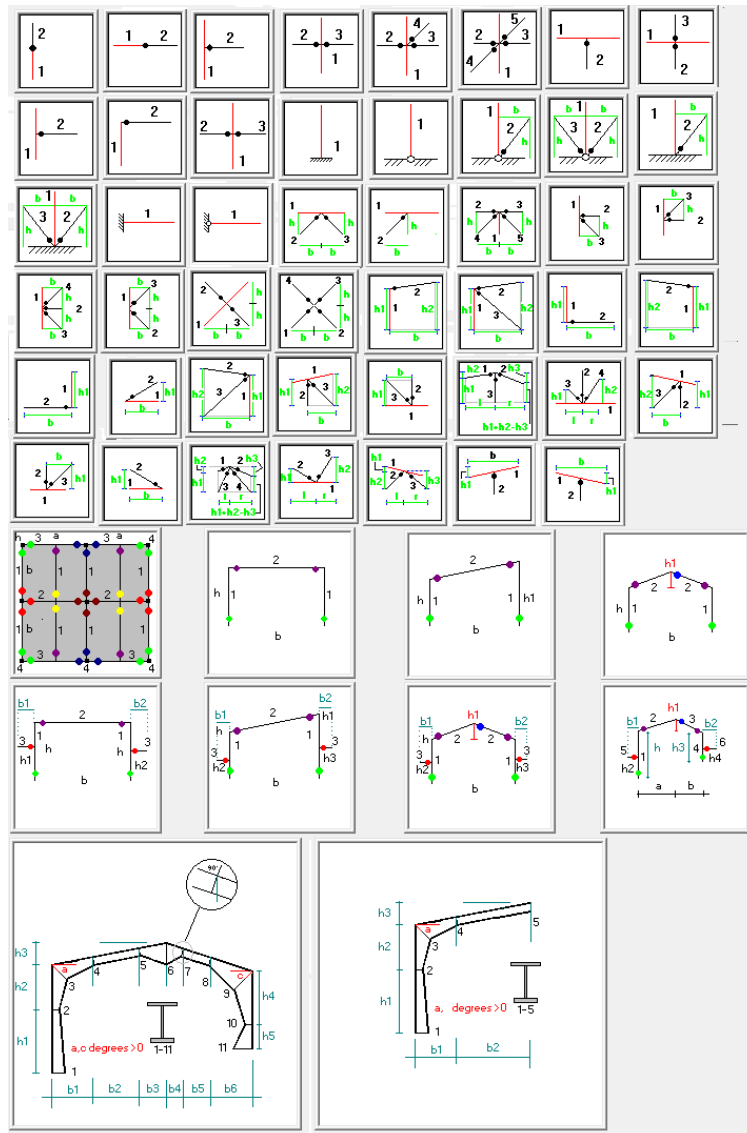
```

Senza nome - Blocco note
File Modifica Formato Visualizza ?
JOINT COORDINATES
4
1 0.000000e+000 0.000000e+000 0.000000e+000
2 0.000000e+000 0.000000e+000 4.000000e+003
3 6.000000e+003 0.000000e+000 4.000000e+003
4 6.000000e+003 0.000000e+000 0.000000e+000
JOINT CONSTRAINTS
1 1 1 1 1 1 1
2 0 0 0 0 0 0
3 0 0 0 0 0 0
4 1 1 1 1 1 1
MATERIALS
1
1 2.099997e+005 3.000000e-001 7.700850e-005 1.200000e-005 "S235"
CROSS SECTIONS
2
1 0 "HE180B"
2 0 "IPE220"
BEAMS
3
1 1 2 1 1 0.000000e+000 1.000000e+000 0.000000e+000
2 2 3 2 1 0.000000e+000 1.000000e+000 0.000000e+000
3 4 3 1 1 0.000000e+000 1.000000e+000 0.000000e+000
BEAM RELEASE
1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
BEAM CONNECTION CODES
1 0 0 0 0
2 1 1 0 0
3 0 0 0 0
LOAD CASES
2
1 2 "LIVE"
NODAL FORCES
0
BEAM CONCENTRATED FORCES
0
BEAM UNIFORM LOADS
1
2 1 0 0.000000e+000 0.000000e+000 -1.200000e+001
BEAM LINEAR LOADS
0
BEAM GENERAL LINEAR LOADS

```

**Figura 2-1. Esempio di file .SR4.**



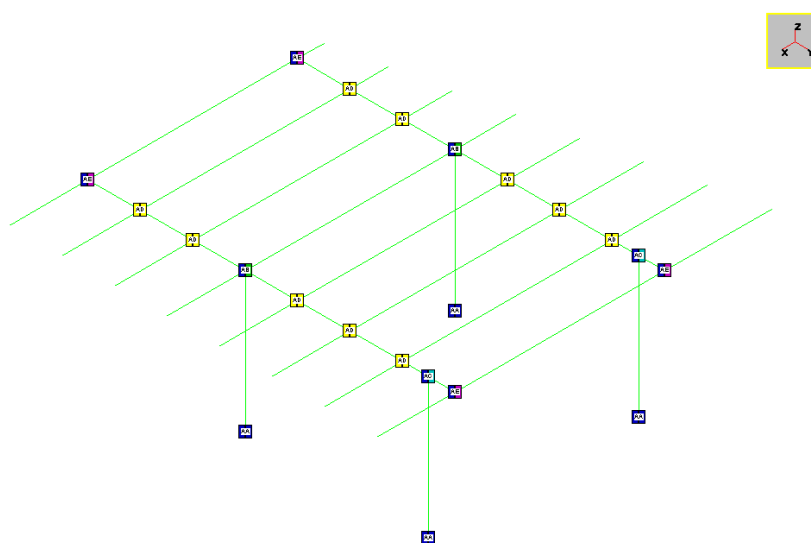


**Figura 2-2. Schemi tipici per input semplificato, versione 6.20**

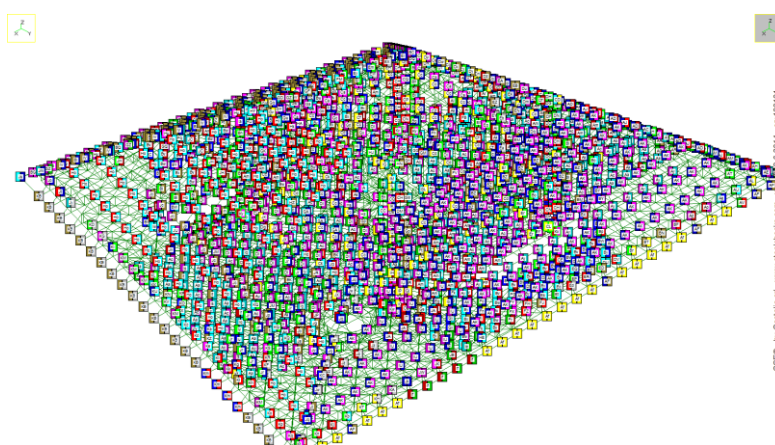
2. Creando il modello per uno o più nodi singoli disgiunti in un solo colpo, in modo guidato (fig. 2.2) . Sono disponibili molti “nodi tipici” per i quali basta in sostanza dare il materiale e la forma sezionale degli elementi: CSE crea automaticamente il corrispondente modello BFEM.
3. Creando liberamente il modello con comandi di meshing e di attribuzione di sezione e materiale. In questo caso la geometria è totalmente libera ed è possibile descrivere qualsiasi schema strutturale.



Se il modello è definito dentro CSE, non è necessario fornire i casi di carico, le azioni applicate, e nemmeno descrivere un modello calcolabile: è del tutto sufficiente la descrizione geometrica delle membrature, dato che le azioni interne necessarie al calcolo possono essere direttamente introdotte nelle fasi successive, quando si studiano i singoli nodi. E' dunque possibile descrivere, in un unico file, le “strutturine” di un certo numero di nodi, disgiunte ed indipendenti, in modo da conservare tutto in un unico file. In alternativa, è possibile descrivere la struttura per come è, e sarà poi CSE a trovare e catalogare i nodi.



**Figura 2-3 Riconoscimento dei nodi eguali in una struttura semplice**



**Figura 2-4. Riconoscimento dei nodi in una complessa struttura 3D. Cortesia ing. Guccio**

**Galluzzi, Firenze.**



Castalia s.r.l. – Via Pinturicchio, 24 – 20133 - Milano

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

## 3 Costruzione del nodo reale

### 3.1 Generalità

La creazione del nodo consiste nella descrizione geometrica dei collegamenti e dei vari pezzi componenti, nonché delle lavorazioni da farsi sulle membrature. Fanno anche parte della costruzione del nodo le impostazioni relative al funzionamento statico dei mezzi di unione e alla modalità di verifica dei componenti.

La costruzione geometrica del nodo può avvenire mediante varie metodologie:

- Mediante i nodi parametrici
- Mediante i comandi interattivi
- Mediante nodoteca universale.
- Mediante tecniche miste

### 3.2 Costruzione geometrica del nodo reale

#### 3.2.1 Mediante i nodi parametrici disponibili (tutte le versioni)

CSE ha una biblioteca di ben 786 famiglie di nodi parametrici disponibili (le versioni LIGHT ENTRY e BASIC ne hanno meno, rispettivamente 63 e 159). I nodi parametrici sono detti PRenodi (nodi reali parametrizzati).

Ogni nodo parametrico fissa una *topologia*, ma lascia liberi molti parametri che sono liberamente determinabili dall'utente.

Sono fissi e immutabili:

- Il numero delle membrature ed i loro angoli mutui se sono angoli di 0°, 90°, 180°.
- La tipologia delle sezioni (ad esempio IPE, HEA, HEB, HEM, W, M, I appartengono alla tipologia “sezioni ad I laminate”, che include migliaia di



possibili sezioni. Una sezione ad I saldata, appartiene a un'altra tipologia, un angolare un'altra ancora, e così via).

- Il numero dei componenti aggiuntivi, il loro tipo, ed i mezzi previsti per unirli.

Sono invece liberamente adattabili:

- Le dimensioni dei profili ed i materiali (ad esempio IPE200, HEA120 .
- Le dimensioni dei pezzi aggiunti, il loro spessore e le loro impostazioni di calcolo.
- Il numero dei bulloni il loro diametro e le loro impostazioni di calcolo.
- Il numero dei cordoni e le loro impostazioni di calcolo.

E' stato possibile creare una nodoteca parametrica così vasta grazie ai comandi che consentono di parametrizzare la creazione dei nodi e grazie alla generalità di approccio di CSE.

Per una lista dei nodi parametrici disponibili si vada alla pagina:

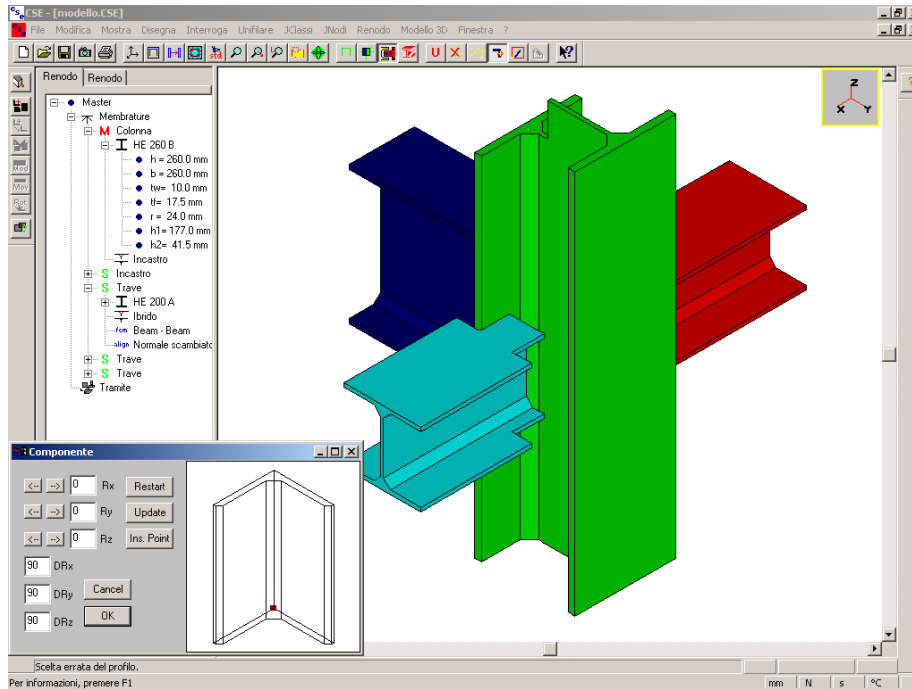
<http://www.castaliaweb.com/ita/P/CSE/typical.asp>

### **3.2.2 Mediante comandi interattivi (versioni FULL e STANDARD)**

CSE consente di creare liberamente ed in modo interattivo i propri nodi reali. In pratica è possibile realizzare i nodi in infiniti possibili modi diversi: il programma sarà sempre in grado di calcolarli. Sulle membrature è possibile applicare:

- Allungamenti, accorciamenti, smussi triangolari, quadrati, rettangolari e circolari, intagli, rotazioni di faccia, lavorazioni per taglio del tutto generiche.





**Figura 3-1. Aggiunta di un componente a un nodo. Si vedono alcune lavorazioni.**

E' poi possibile aggiungere pezzi (da noi detti *tramite*) per unire tra loro le membrature e per irrigidirle. La figura 3.2 dà una lista dei componenti disponibili. Tutti i pezzi possono avere misure liberamente scelte dall'utente e possono essere realizzati con un qualsiasi materiale.

Anche ai pezzi si possono applicare le stesse lavorazioni previste per le membrature.

I pezzi possono essere copiati, ruotati, traslati, specchiati, con varie metodologie, così da generare rapidamente le configurazioni di interesse. E' possibile copiare e incollare componenti da un altro nodo e anche da un nodo di un modello a un nodo di un altro modello.

Le stesse operazioni possono essere applicate anche a bullonature e saldature.

L'insieme dei comandi disponibili fa di CSE un completo ambiente di studio e definizione delle connessioni di strutture metalliche.

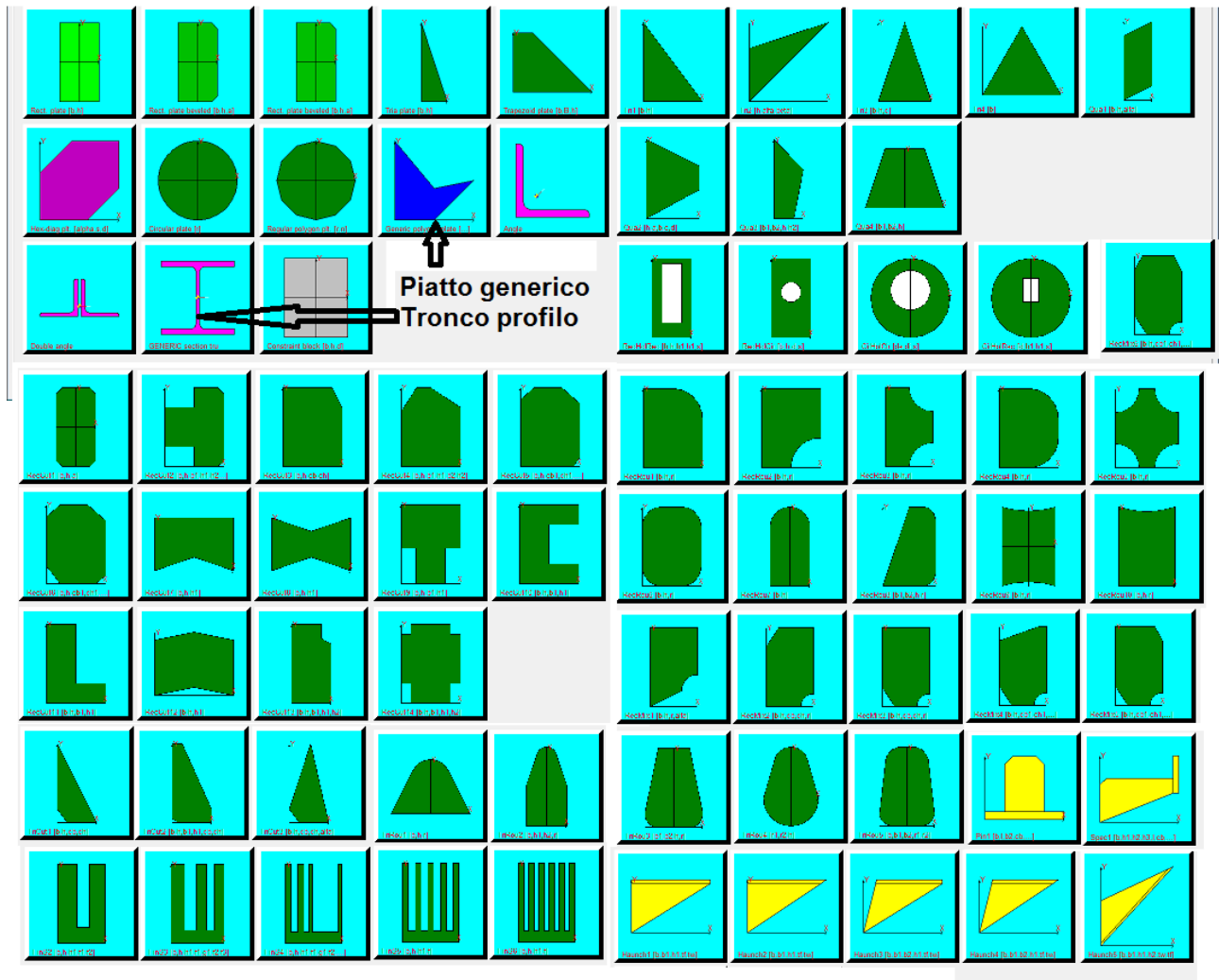


Figura 3-2. Possibili componenti da aggiungere per unire le membrature (versione 6.20)

### 3.2.3 Mediante nodoteca universale (versione FULL)

Gli utenti possono far affluire le loro connessioni ad un database che include collegamenti e nodi già progettati e calcolati per certi livelli di sollecitazione e per certe normative.

Se ci si trova a dover calcolare un nodo già presente nella nodoteca universale è possibile richiamarlo e applicarlo.

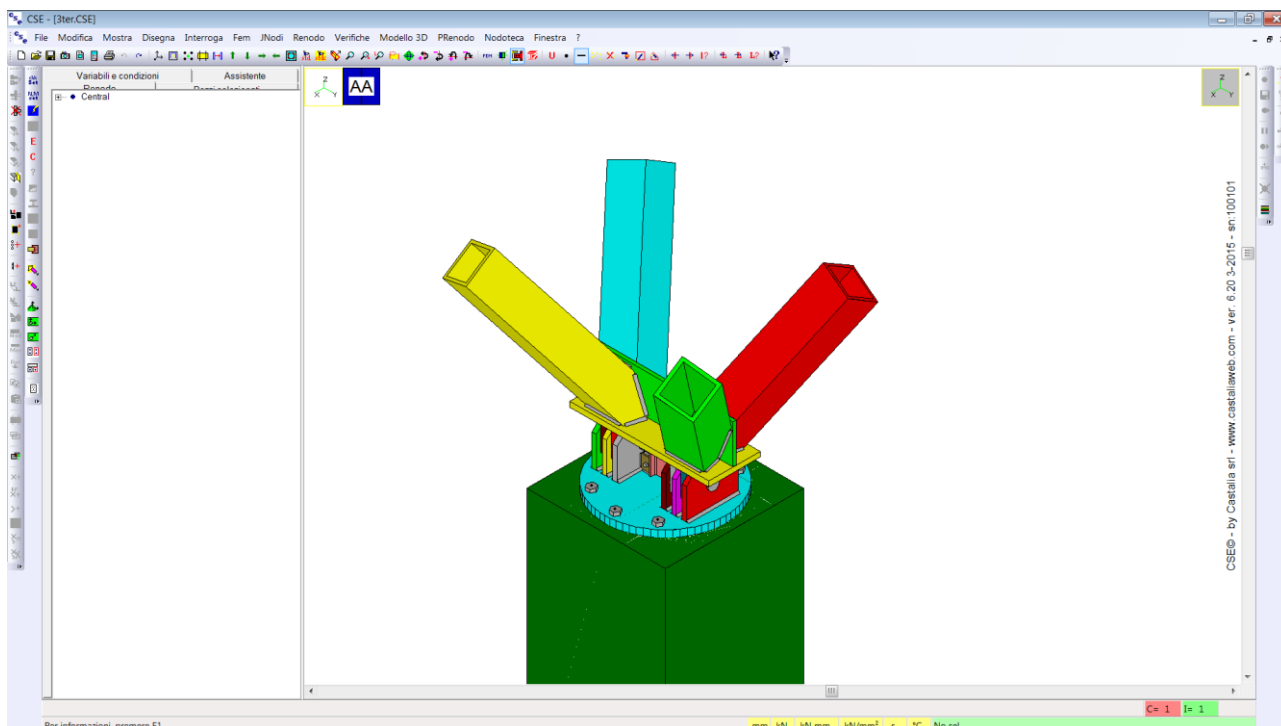




### 3.2.4 Con modalità miste (versioni FULL e STANDARD)

Un nodo parametrizzato può poi essere ulteriormente completato e modificato con i normali comandi, così come è possibile applicare nodi parametrizzati a sub-renodi, ovvero a sotto insiemi del nodo allo studio. Per fare ciò si seleziona un gruppo di membrature e si applica a loro un nodo parametrizzato esistente.

### 3.3 Aspetti della costruzione del nodo



**Figura 3-3. Renodo costruito. Cortesia ing. Alborghetti.**

La costruzione geometrica del nodo si fa posizionando i componenti in modo che abbiano facce complanari in contatto. E' molto importante, in CSE, che il posizionamento degli oggetti sia preciso e che non vi siano salti o gap atti a far perdere il contatto tra oggetti diversi. Il contatto tra facce è alla base del riconoscimento della connessione.

#### 3.3.1 La connessione

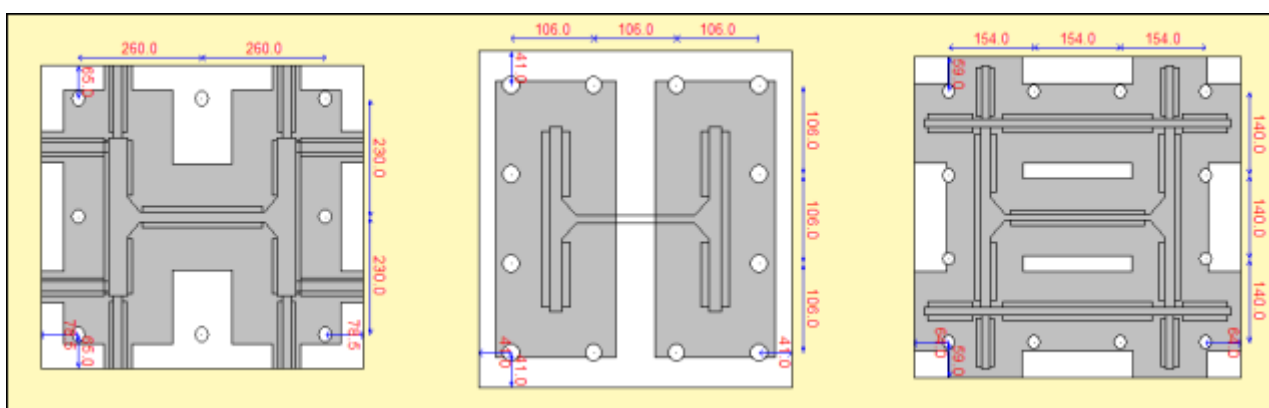
I mezzi di unione (unitori) attualmente previsti da CSE sono:



Castalia s.r.l. – Via Pinturicchio, 24 – 20133 - Milano

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

- Bullonature, che possono avere opzioni come:
  - Resistente solo a taglio o anche a momento ed azione assiale.
  - Facente uso o meno di una *superficie di contrasto*
  - Resistente ad attrito
  - Ancoraggio
- Perni
- Saldature a cordoni d'angolo
- Saldature a completa e parziale penetrazione.



**Figura 3-4. Esempi di possibili superfici di contrasto in CSE, ottenute mediante operazioni booleane tra poligoni.**

Le bullonature possono essere calcolate con una “superficie di contrasto” che si può definire con estrema generalità, dando luogo a modelli di calcolo molto precisi. Ciò grazie alla applicazione di operazioni booleane tra poligoni e tra poligoni “orlati” di quantità scelte dall’utente. Inoltre, si può tener conto delle forze dovute all’effetto leva, al momento parassita nei gambi e così via.

Le saldature possono riguardare solo alcuni lati e non altri di una faccia, possono essere intermittenti e possono essere lunghe quanto si vuole.

I controlli sulla distanza dai bordi e sugli interassi minimi e massimi, così come sulla sezione di gola sono automatici e dipendono dalla normativa in uso.

I sottocomponenti di ogni unitore (singoli cordoni, singoli bulloni) devono collegare tutti gli stessi componenti.

Gli unitori sono rappresentati da oggetti tridimensionali di forma opportuna ed hanno simboli aggiuntivi atti a individuarne ad occhio il tipo.

- I bulloni sono rappresentati convenzionalmente dalla testa della vite e dal dado.
- I cordoni sono rappresentati da prismi a base triangolare.

Questi “oggetti 3D” devono essere in perfetto contatto con gli oggetti che uniscono. Nel caso della bullonatura, solo il primo e l’ultimo oggetto bullonato devono essere in contatto.

In CSE non è dunque necessario specificare chi connette cosa, il riconoscimento della connessione è automatico.





Castalia s.r.l. – Via Pinturicchio, 24 – 20133 - Milano

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

## 4 Verifiche

### 4.1 Verifiche eseguite

Il programma esegue le seguenti verifiche.

- Corretta concezione del nodo
- Distanza dai bordi ed interassi bulloni
- Sezione gola cordoni e lunghezza cordoni
- Resistenza bullonature (anche con effetto leva)
- Resistenza saldature
- Sfilamento ancoraggi
- Slittamento bulloni con attrito
- Schiacciamento contrasto (bullonature inflesse o compresse)
- Punzonamento
- Rifollamento
- Taglio a blocco per tutti i componenti bullonati
- Resistenza componenti
  - Resistenza componenti con sezioni nette
  - Resistenza componenti con verifiche FEM
  - Resistenza componenti con verifiche standard
  - Resistenza componenti con verifiche utente (personalizzate)
- Stabilità componenti
  - Stabilità componenti con verifiche FEM
  - Stabilità componenti con verifiche standard (formule semplificate)
  - Stabilità di componenti con verifiche utente (personalizzate)
- Deformabilità



- Ordine di grandezza
- Deformabilità via modello FEM

## 4.2 Saldature e bullonature

Le verifiche delle saldature e delle bullonature sono totalmente automatiche e dipendono dal tipo della saldatura e della bullonatura. Ovviamente una saldatura a penetrazione è verificata con formule diverse che una saldatura a cordoni d'angolo, così come una bullonatura ad attrito è verificata in modo differente da una bullonatura ordinaria. Le formule di verifica sono quelle delle varie normative.

Calcolata mediante un modello FEM opportuno la sestupla di sollecitazioni afferente alla bullonatura o saldatura, vengono calcolate le forze elementari in ciascun sotto componente mediante le regole di normativa. Il singolo componente è poi verificato con le formule previste dalle varie norme. Queste azioni interne dei sotto componenti sono poi utilizzate per eseguire le verifiche dei componenti uniti.

## 4.3 Verifiche semplificate

Le verifiche dei componenti possono essere fatte in molti modi diversi, con diversi livelli di approssimazione. Un primo modo è eseguire delle verifiche semplificate, tipicamente di sezione netta, “affettando” gli oggetti con dei piani e poi calcolando che azioni interne affluiscono alle varie sezioni nette. Le sezioni nette sono calcolate dal programma e la loro verifica può essere considerata un modo ingegneristicamente semplificato di fare una verifica di resistenza.



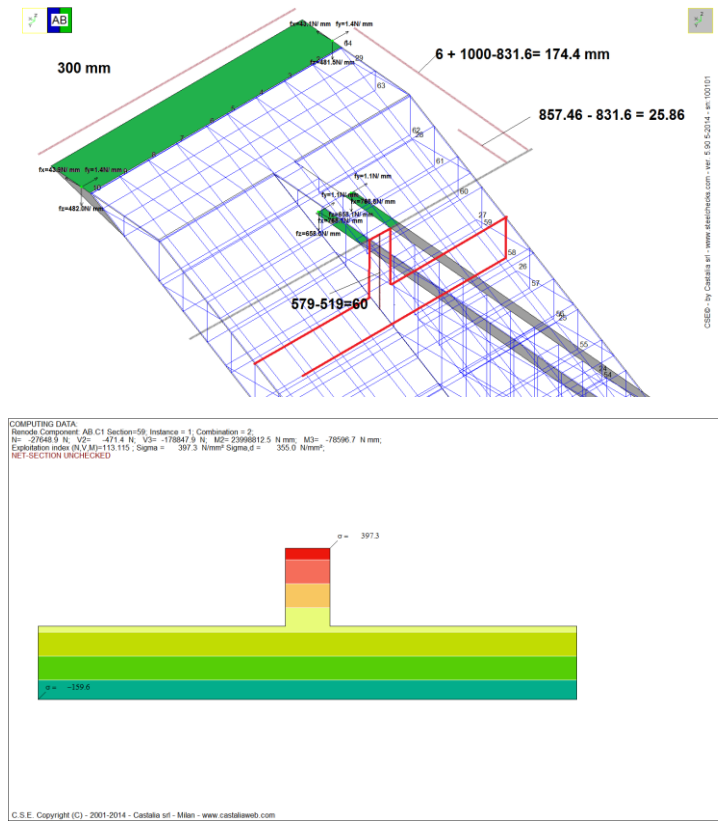


Figura 4-1. Esempio di calcolo di sezione netta.

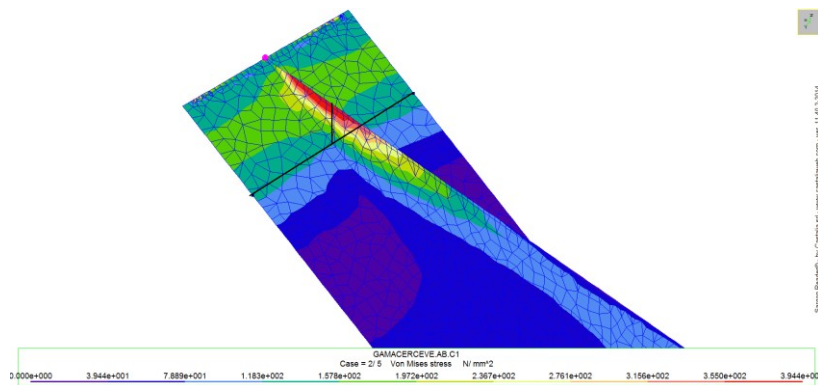
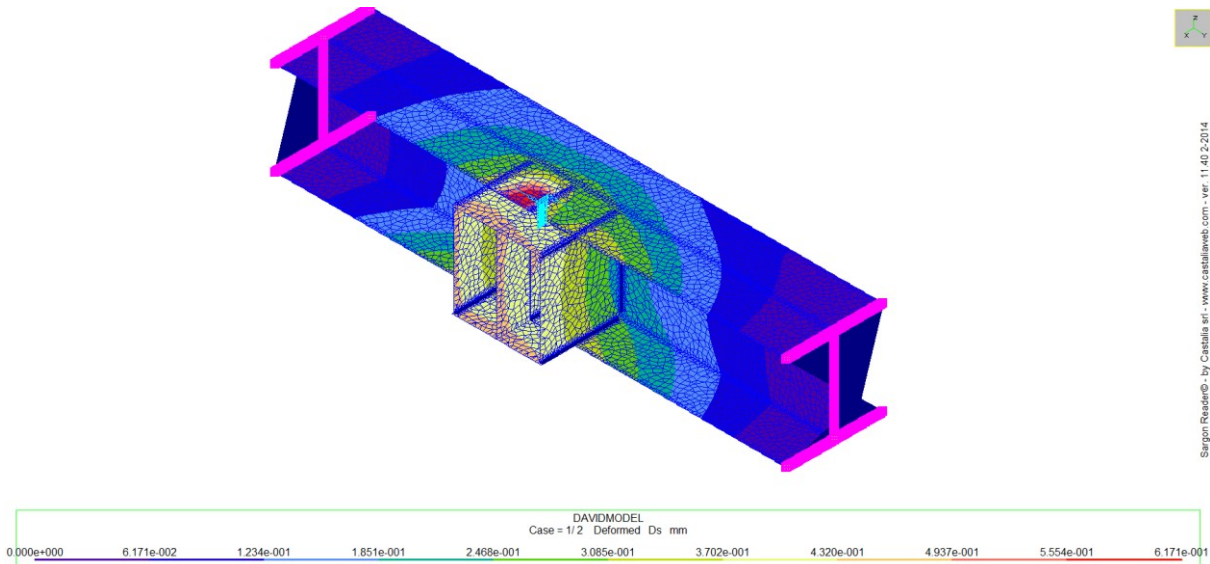


Figura 4-2... e raffronto con i risultati FEM.

## 4.4 Verifiche FEM

Le verifiche FEM sono verifiche ottenibili mediante analisi agli elementi finiti di singoli componenti o di insiemi di componenti, al limite dell'intero nodo. I modelli sono creati automaticamente da CSE e tengono conto di tutte le lavorazioni eseguite e di tutti i pezzi prescelti.





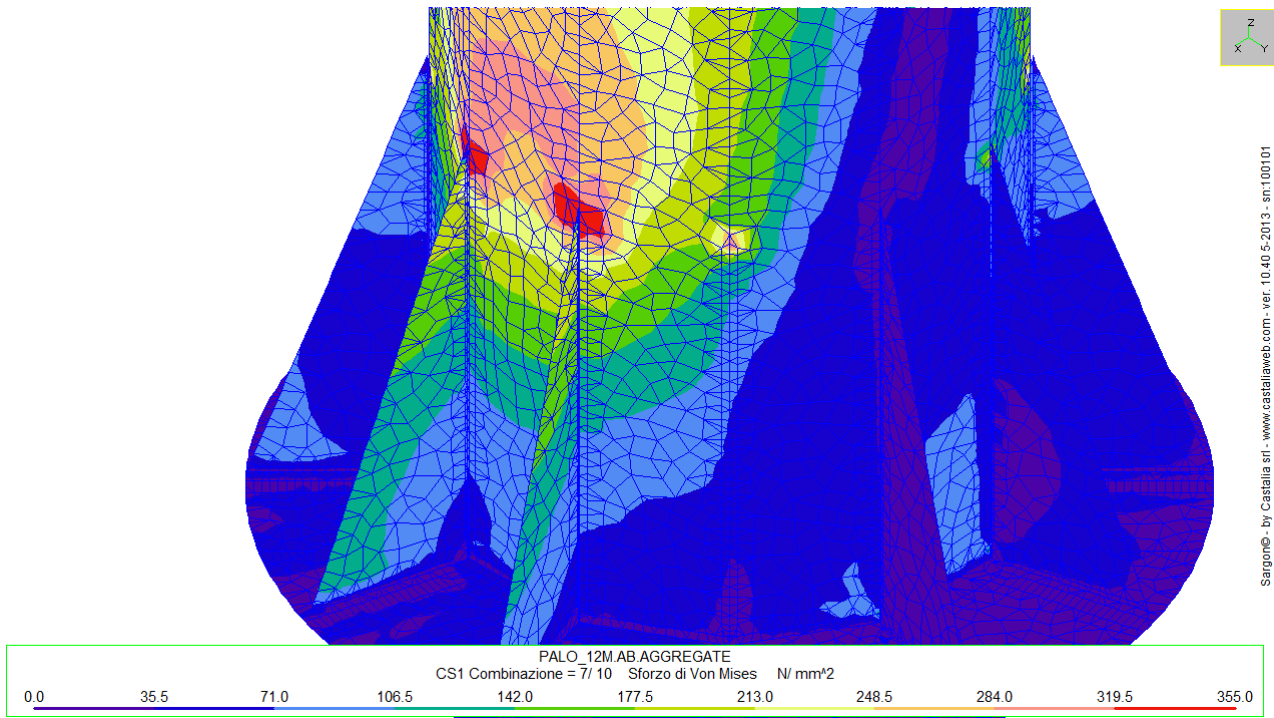
**Figura 4-3. Modello FEM di aggregato creato automaticamente da CSE.**

La creazione dei modelli e la loro soluzione impiega di solito da pochi secondi e qualche minuto a seconda della complessità dei modelli. Casi speciali possono richiedere tempi maggiori ma sempre molto limitati.

Le verifiche FEM possono essere:

- Lineari.
- In non linearità di materiale, di geometria o di contatto (selezione additiva o esclusiva).
- Con analisi di buckling
- Relative a componenti singoli o a più componenti, al limite relative all'intero nodo.





**Figura 4-4. Esempio di calcolo agli elementi finiti di nodo di base, modello creato automaticamente da CSE.**

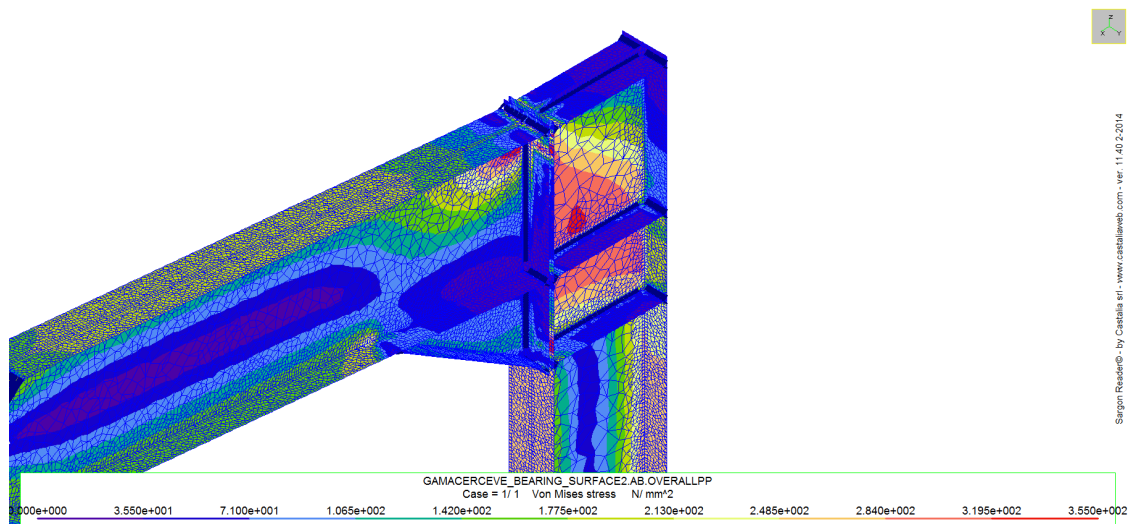
Le analisi FEM usano solutori sparse matrix sia in campo lineare che non lineare. I modelli sono modelli sostanzialmente ad elementi plate-shell di piastra spessa, pienamente adatti alla analisi non lineare. Lo studio delle mappe di Von Mises, dei picchi di tensione e degli spostamenti (fatto nel modulo Sargon Reader, dato assieme a CSE) libera il campo da tutte le tipiche approssimazioni della modellazione 2D, e consente di trattare il problema in modo molto generale.

I solutori sono stati abbondantemente provati e derivano dallo sviluppo di Sargon, iniziato nel 1991.

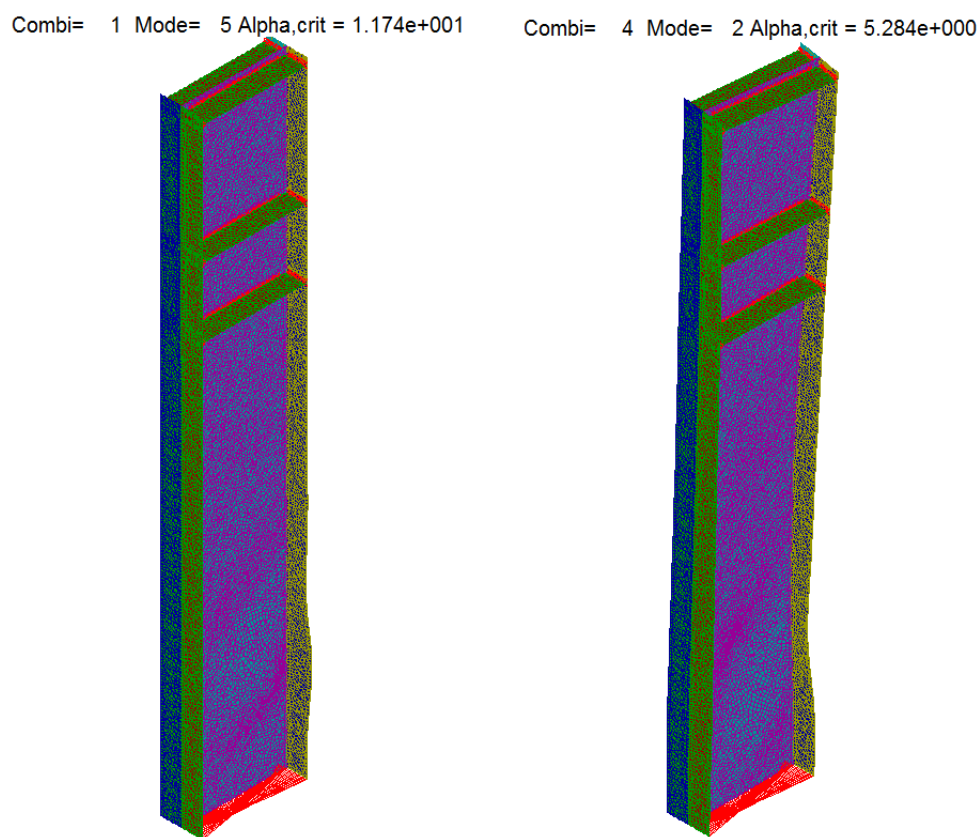
Qui il link alla pagina con le schede di validazione:

<http://www.castaliaweb.com/ita/S/VAL/validazione.asp>





**Figura 4-5. Modello in non linearità di materiale. Modello creato automaticamente da CSE.**



**Figura 4-6. Modellazione FEM per analisi di buckling in CSE. Modello creato automaticamente da CSE.**

## 4.5 Verifiche utente

Si tratta del fatto che l'utente può "insegnare" al programma come verificare un certo componente, mediante la introduzione esplicita di un certo numero di variabili e di formule. Una tale attività è fortemente semplificata dal fatto che vengono create automaticamente molte decine di "variabili predefinite" a corredo di ogni componente.

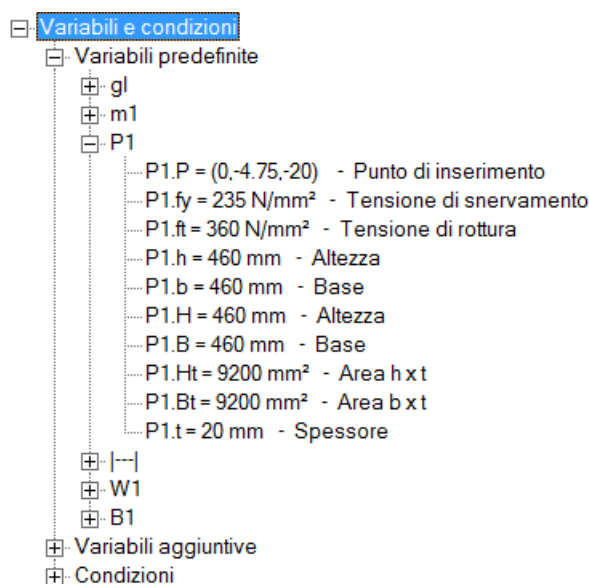
Ad esempio, la variabile  $m1.fy$  è la tensione di snervamento della membratura  $m1$ , mentre  $m1.M2$  è il suo momento flettente secondo l'asse forte.

A titolo di esempio si riportano le variabili standard associate a una membratura ed a una piastra:



Figura 4-7. Variabili predefinite per una membratura

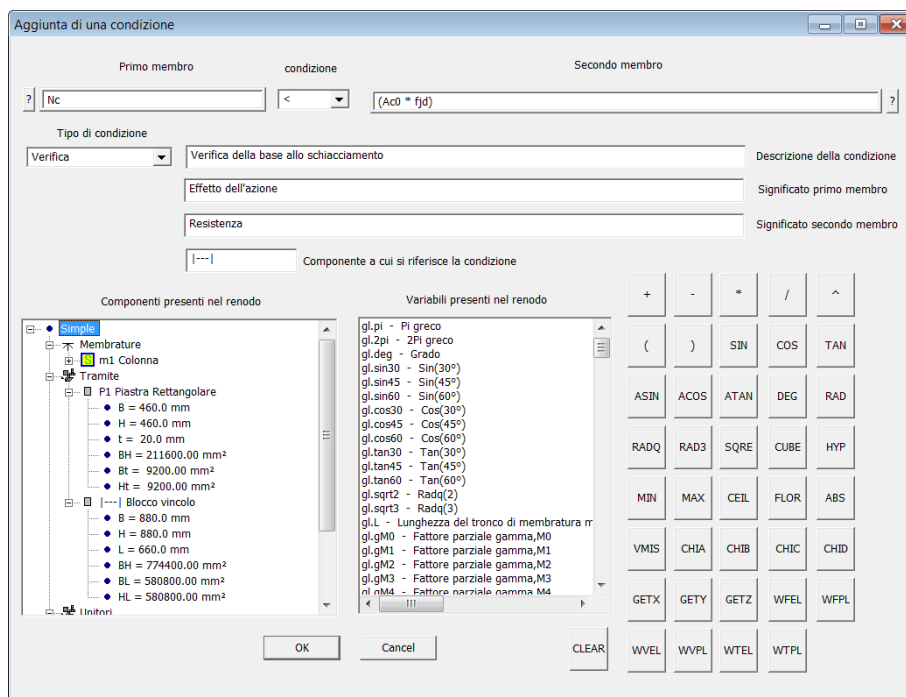




**Figura 4-8. Variabili predefinite per una piastra**

Usando le variabili predefinite e aggiungendo nuove variabili funzione di queste, è facile definire delle condizioni di verifica, in forma di disequazioni, che il programma è poi in grado di verificare.

Nella figura successiva si vede un esempio di tali verifiche aggiuntive.



**Figura 4-9. Esempio di verifica utente**



## 4.6 Normative

Sono al momento disponibili le seguenti norme di verifica in CSE versione 6.20 (Aprile 2015):

- Europee: Eurocodice 3
- USA: AISC ASD e LRFD
- UK: BS 5950
- Indiane: IS AS ed LS
- Russe: SNIIP

E' prevista l'aggiunta di nuove normative. Si consulti il sito web per una informazione aggiornata.





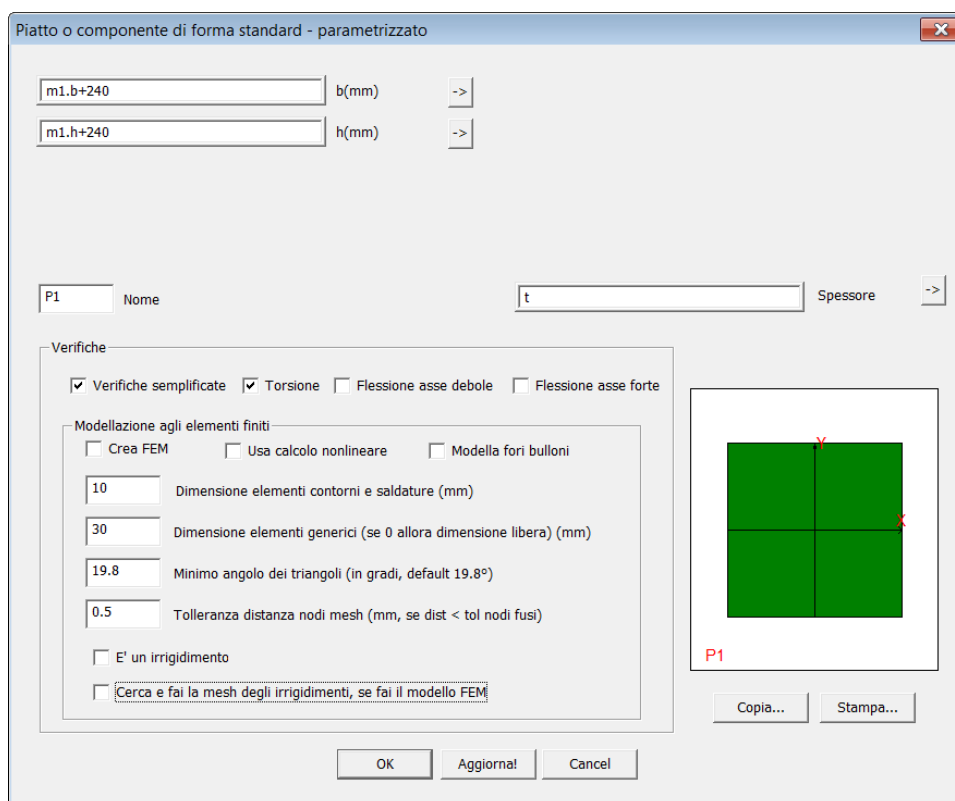
Castalia s.r.l. – Via Pinturicchio, 24 – 20133 - Milano

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

## 5 Parametrizzazione

La costruzione geometrica del nodo può essere automatizzata. Ciò si fa costruendo una volta per tutte un esemplare di nodo, e specificando le dimensioni dei componenti in forma parametrica e non numerica.

Ad esempio, considerando una semplice piastra di base, le sue misure potranno essere specificate non in valore numerico, ma come funzione delle dimensioni degli altri componenti e/o di altre variabili.



**Figura 5-1. Introduzione di dimensioni in forma parametrica**

Nell'esempio di figura le dimensioni della piastra sono funzione delle dimensioni della colonna " $m1.b + 240$ "), e lo spessore dipende dalla variabile " $t$ " che può essere direttamente fissata dall'utente nel momento in cui il nodo parametrico viene utilizzato.

La creazione di nodi parametrici avviene registrando le operazioni che portano da un nodo vuoto ad un nodo finito, e memorizzando le dimensioni degli oggetti sotto forma di formula. Di fatto, è come creare interattivamente un nodo, ma specificando formule e non solo numeri per le dimensioni dei componenti.



L'adattamento del nodo parametrizzato a nodi ove le dimensioni dei profili sono diverse da quelle usate originariamente per registrare il nodo è automatico.

Ogni nodo parametrizzato (ve ne sono al momento 786 disponibili), può anche essere descritto in un file di testo, che può essere editato e modificato, sia per introdurre cambiamenti, sia per generare rapidamente variazioni del nodo parametrico originario.

Dato che non ci sono limitazioni né alla geometria né al tipo di sezioni, è possibile parametrizzare nodi anche molto strani ma che però si presentino frequentemente a quel certo particolare progettista. Ovviamente, è anche possibile parametrizzare secondo i propri standard nodi tipici.

```

ADDVARIABLE                                ; addition of a variable
  DIM=LENGTH spessore del piatto           ; dimension of the variable, description
  t = 5 * cei(ml.tf / 5)                   ; namevariable = expression
ADDTHROUGH                                  ; addition of a Through
  0      8  P1                              ; object kind (0 plate, 1 composed plate, 2 cross-section trunk, 3
angle), object sub-kind, object name
  6.123e-017 1.000e+000 0.000e+000         ; Local orie vector V1 componetes: V1,x V1,y, V1,z
 -1.000e+000 6.123e-017 0.000e+000         ; Local orie vector V1 componetes: V2,x V2,y, V2,z
  0.000e+000 0.000e+000 1.000e+000         ; Local orie vector V1 componetes: V3,x V3,y, V3,z
NEWORIGIN 5 6 0 1                          ; point kind, face num, side num, position over side
POINT 2 1 2 13 1 1                         ; owner kind (2 for members, 3 for throughs), owner number, point
kind, face num, side num, pos
  0 0 0 0                                    ; 1=true, 0=false : dofem, nonlinear, isstiffener, search_stiffeners
  1.000e+001 3.000e+001 1.980e+001 5.000e-001 ; sizemesh(mm), sizemesh2(mm), minangle_mesh(deg), tolerance_mesh(mm)
  1 1 0 1 1 0 0                             ; 1=true, 0=false : do simplified checks, use torsion, is_shearkey,
weakaxis, strongaxis, femmodelbolthole, mode3d
  t(mm) = t                                   ; plate thickness
  b = ml.b+240                               ; variable = expression
  h = ml.h+240                               ; variable = expression

```

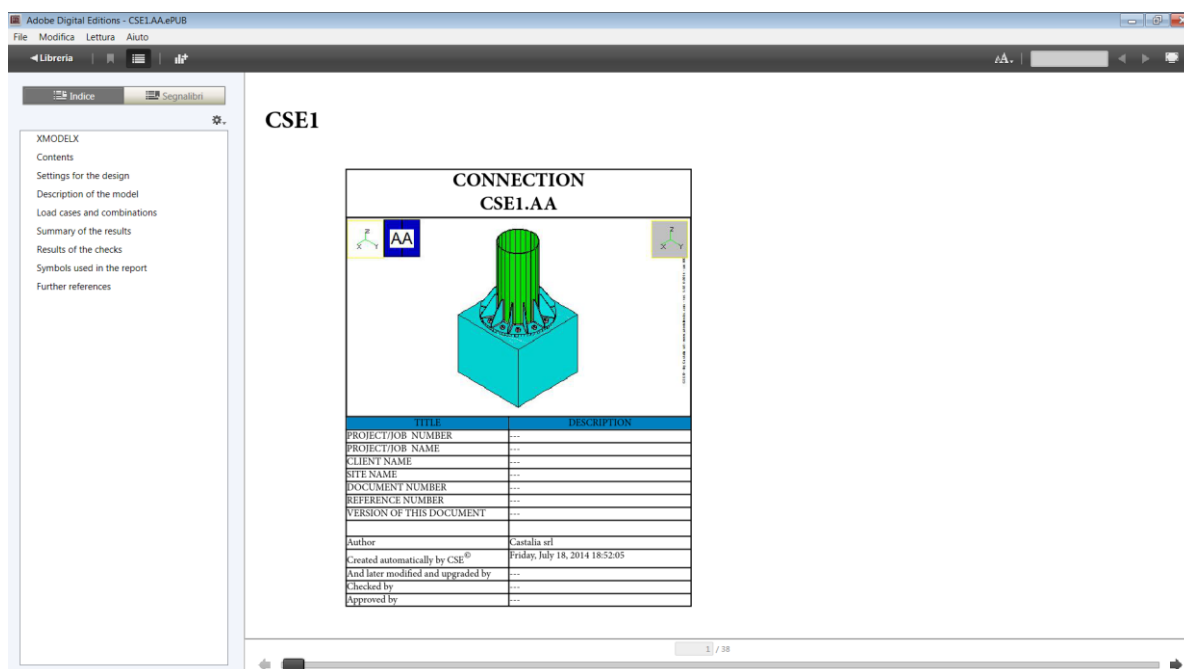
**Figura 5-2. Blocco di istruzioni relative all'aggiunta di una nuova variabile e di un piatto, editabile**



## 6 Report ed output

Le possibilità di output fornite dal programma sono numerose e vengono qui elencate:

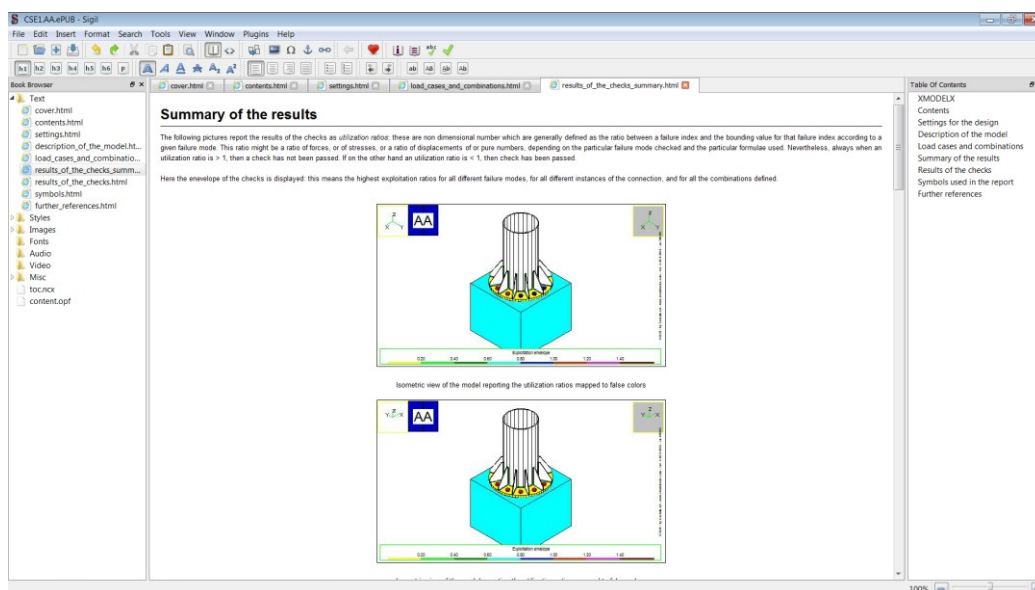
1. Tabulato ASCII con tutti i dati ed i risultati
2. Report in formato ODT o ePUB, pronto all'uso
3. Filmati in formato AVI sia del nodo che dei risultati (volo d'uccello su parallelo e meridiano, deformate, ecc.)
4. Immagini con viste del nodo e dei risultati (copia negli appunti)
5. File DXF “vestiti” con gli unifilari degli schemi
6. File DXF con il nodo (linee o facce), inclusivo delle saldature, delle bullonature, e delle lavorazioni eseguite



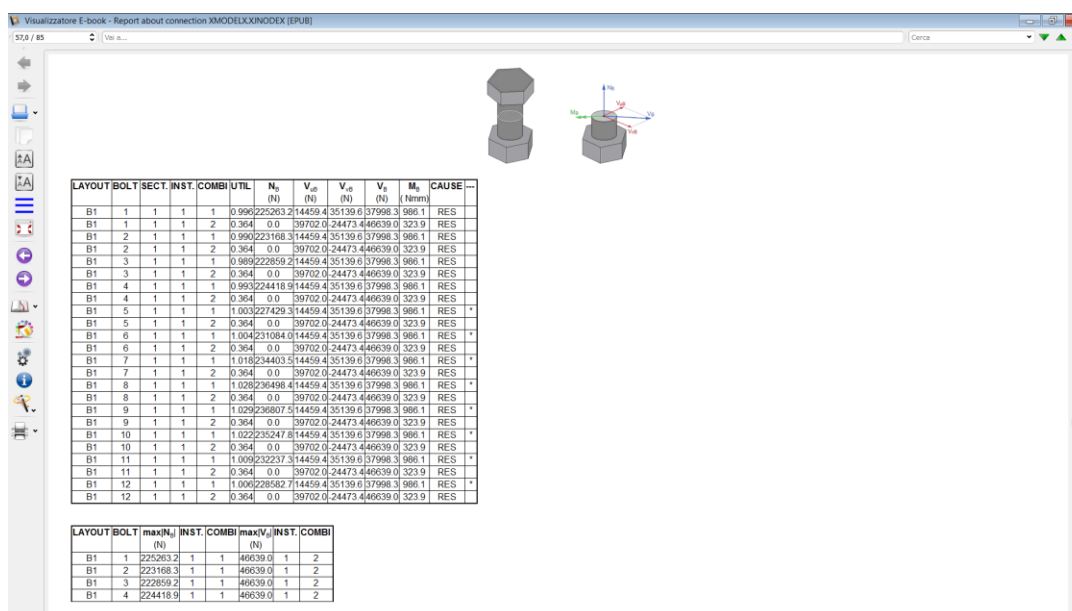
**Il report visualizzato in Adobe Digital Editions**



Castalia s.r.l. – Via Pinturicchio, 24 – 20133 - Milano



...in Sigil



E in Calibre

Il report in formato ODT o ePUB è un report pronto all'uso contenente sia testi che immagini e tabelle. Il formato ODT può essere aperto direttamente da Microsoft Word e da Open Office. Il formato ePUB può essere convertito in altri formati (PDF, DOC) mediante convertitori automatici, o direttamente editato e modificato con programmi gratuiti come Sigil, Calibre, o altri ancora.



Castalia s.r.l. – Via Pinturicchio, 24 – 20133 - Milano

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

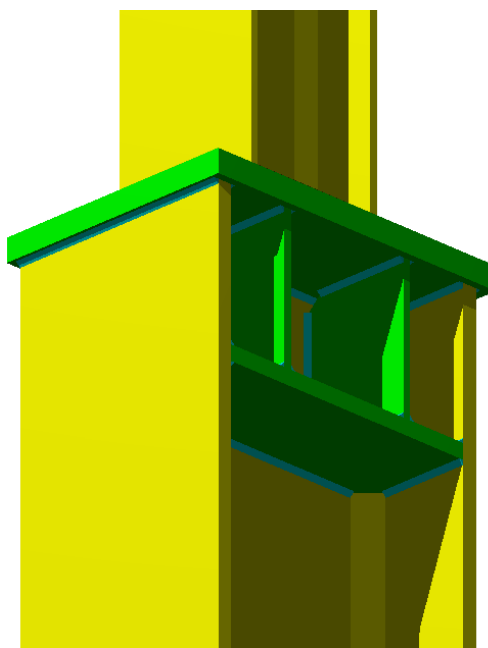
## 7 Esempi di impiego di C.S.E.

Al seguente indirizzo web si può scaricare un documento con la descrizione sommaria delle 786 famiglie di nodi tipici attualmente (Maggio 2015) disponibili:

[http://www.castaliaweb.com/ita/p/cse/TypicalNodes\\_ITA.PDF](http://www.castaliaweb.com/ita/p/cse/TypicalNodes_ITA.PDF)

Ciò dà anche una idea iniziale della libertà di modellazione offerta da CSE. Tuttavia, i nodi descritti in quel documento sono nodi tipici. Qui invece si faranno vedere anche nodi non tipici e alcune tipiche forme di output consentite dal programma.

### 7.1 Rendering del nodo

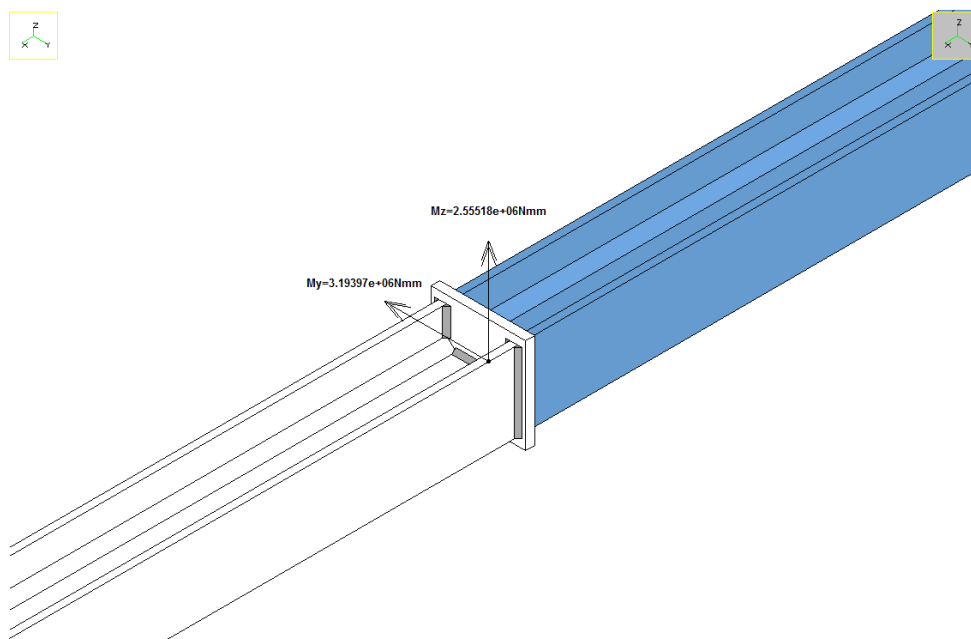


File .dxf del renodo - visualizzazione con IntelliCad (ProgeCad 2009): rendering di un dettaglio

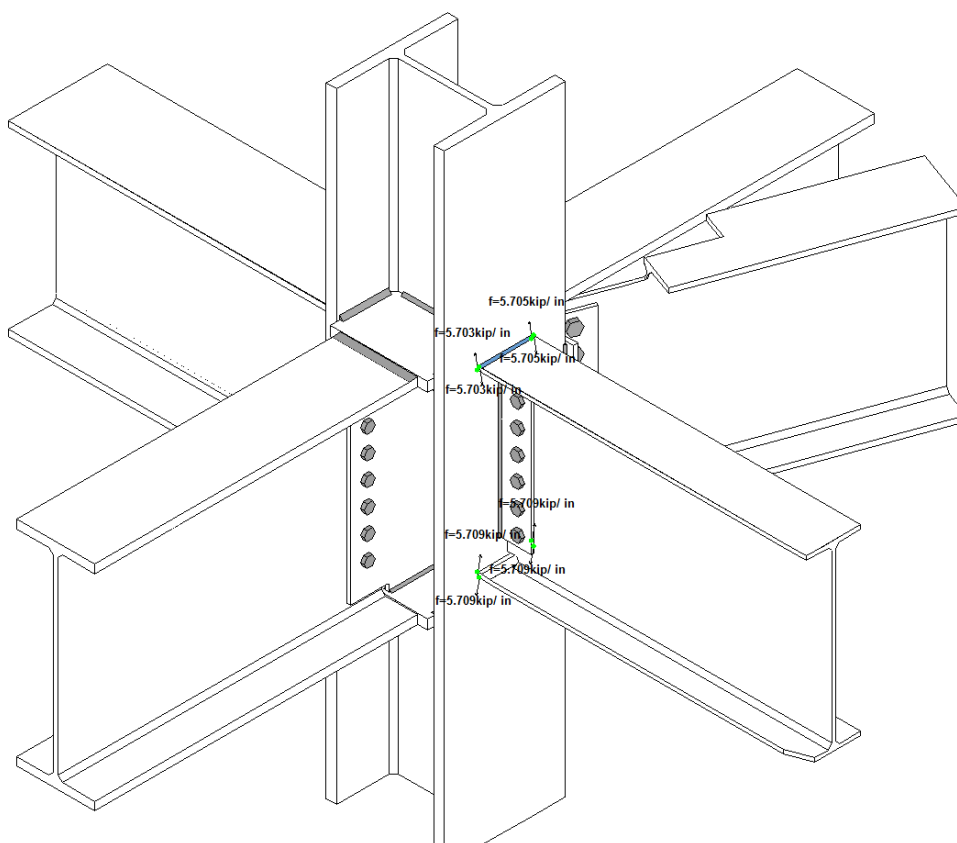
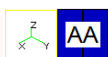
### 7.2 Resa delle forze scambiate tra i componenti

Il programma è in grado di calcolare e restituire tutte le forze scambiate tra i componenti e tutte le forze che sollecitano i singoli bulloni ed i singoli cordoni.





Azioni scambiate tra la membratura selezionata e i cordoni a essa saldati

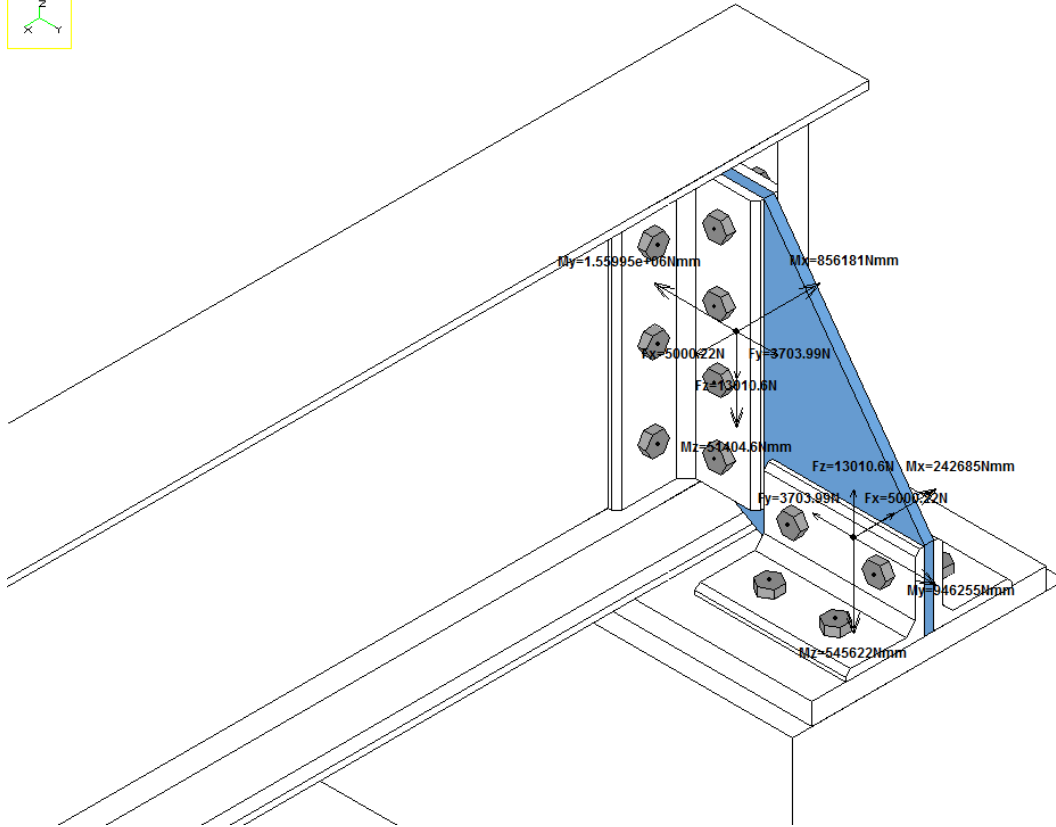


Forze per unità di lunghezza agenti sui cordoni della saldatura selezionata

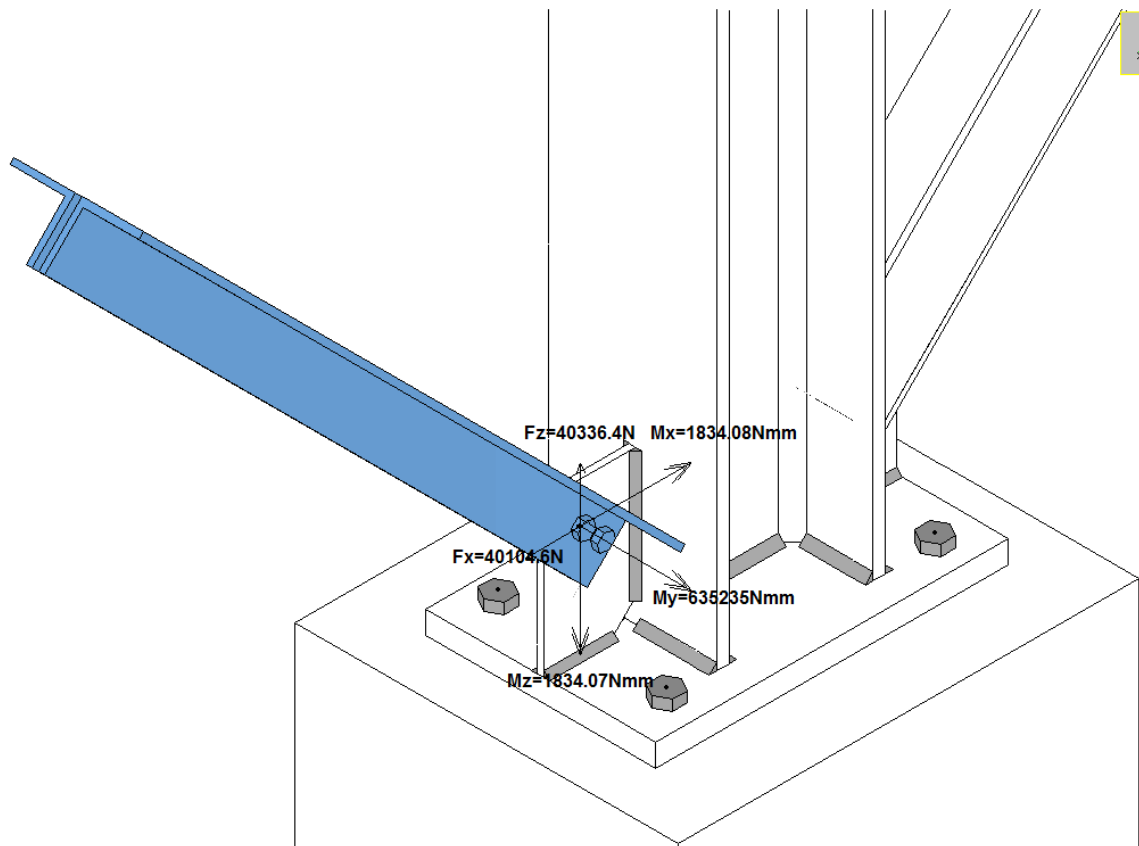


CSE© - by Castalia srl - www.steelchecks.com - Ver. 6.32.5-2015 - sn:100101





**Forze scambiate tra la piastra selezionata e le bullonature che la collegano agli angolari**

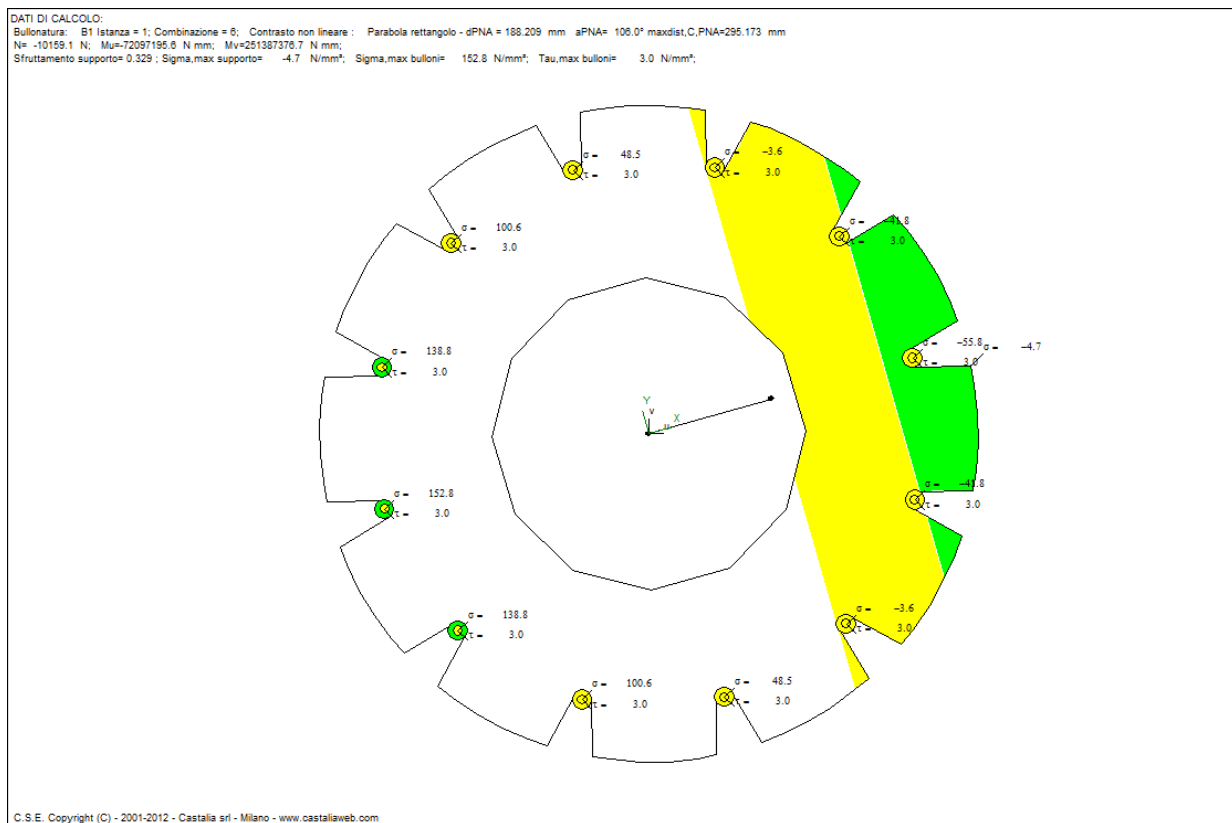


**Forze trasferite dalla bullonatura alla piastra nella combinazione corrente**



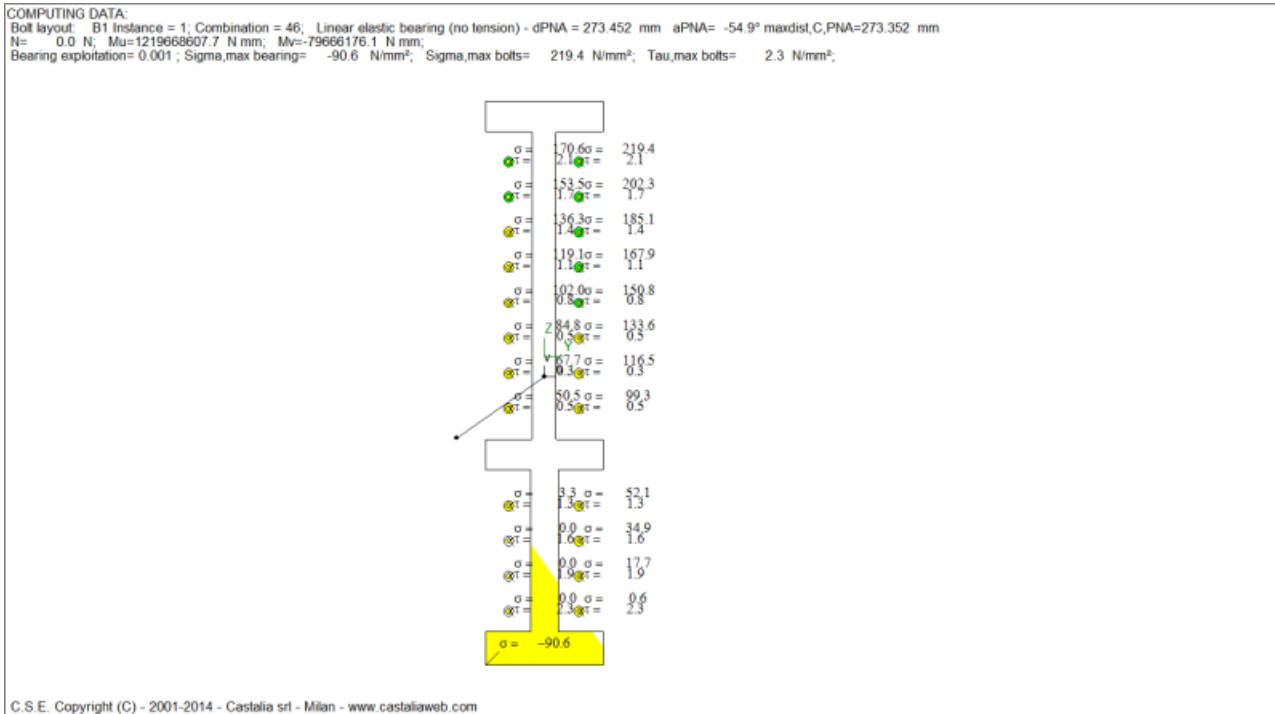
## 7.3 Risultati del campo di tensioni normali sul contrasto per bullonature che lo impieghino

A causa della compressione o della flessione la superficie di contrasto collabora a portare il carico applicato mediante pressioni di contatto. Il calcolo è di tipo non lineare, dato che la superficie di contrasto può reagire solo a compressione. In questo modo si determinano i tiri nei bulloni e le compressioni sul contrasto.

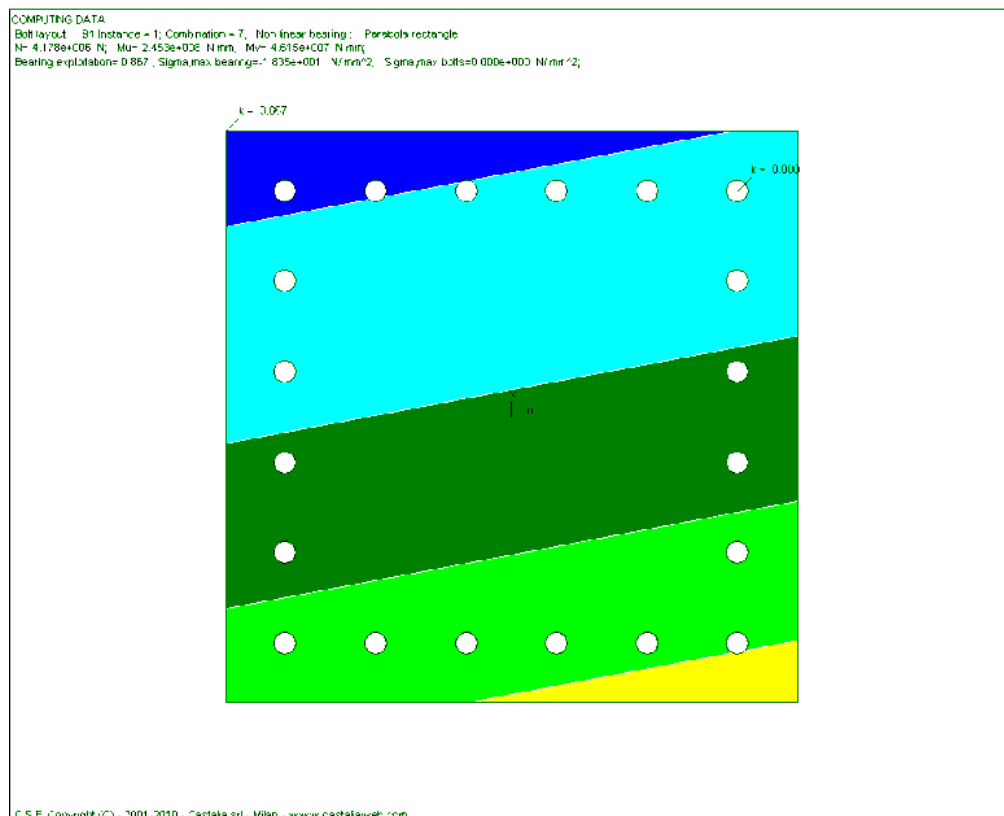


**Superficie di contrasto di forma complessa, soggetta a presso flessione deviata (piastra circolare di base, su palo eolico do decagonale): restituzione del campo di pressioni. Il cerchio interno in corrispondenza ai bulloni dà la tensione tangenziale. La corona circolare esterna la tensione normale.**





**Giunto flangiato di portale con cuneo: superficie di contrasto, resa delle tensioni normali**

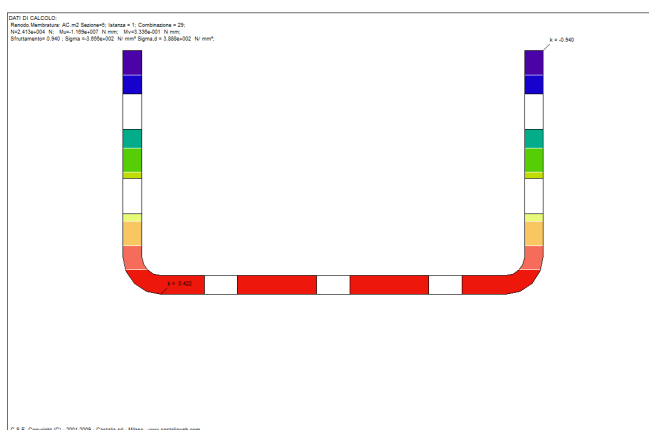


**Piastra di base in presso flessione deviata: bulloni non reagenti a compressione**

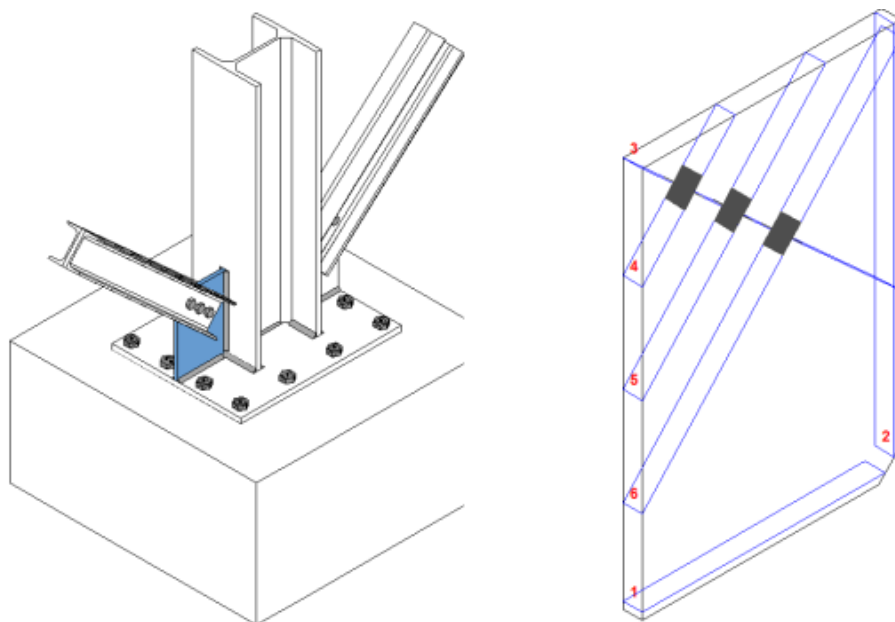


## 7.4 Risultati di sezione netta

Il programma “affetta” in automatico gli oggetti determinando le loro sezioni nette. Poi calcola che azioni affluiscono su tali sezioni nette ed esegue una verifica semplificata “a trave”. Tali verifiche semplificate sono sostanzialmente alternative a quelle FEM.



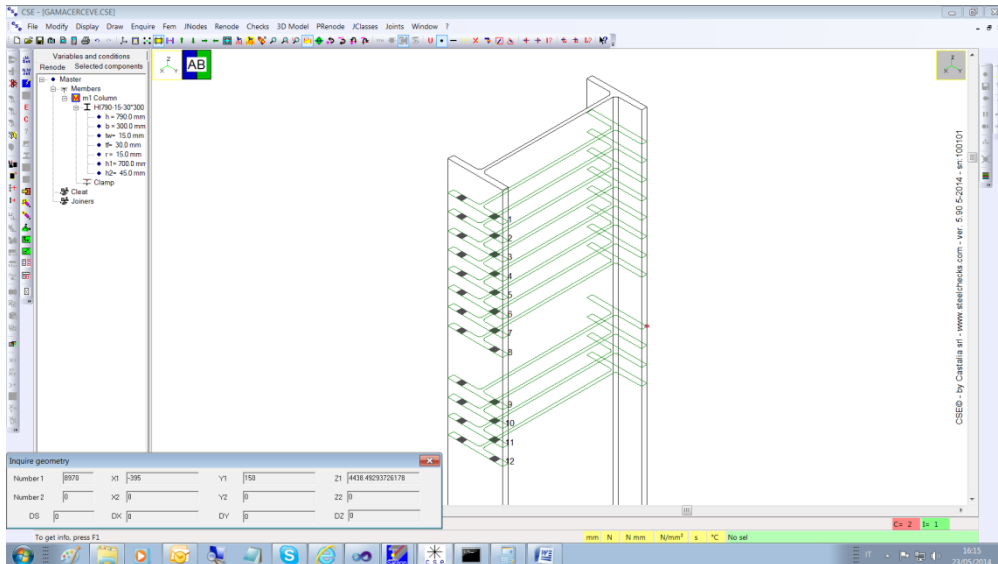
Calcolo di resistenza su sezione netta di profilo a C formato a freddo bullonato



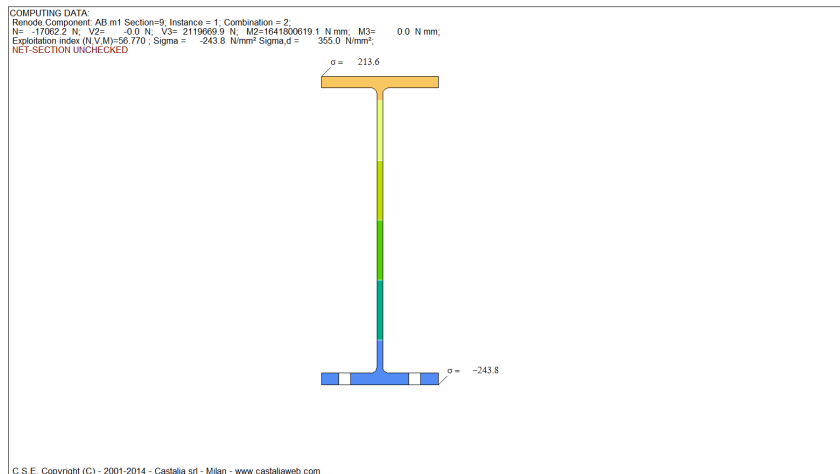
Sezioni nette per piastra d'attacco bullonata



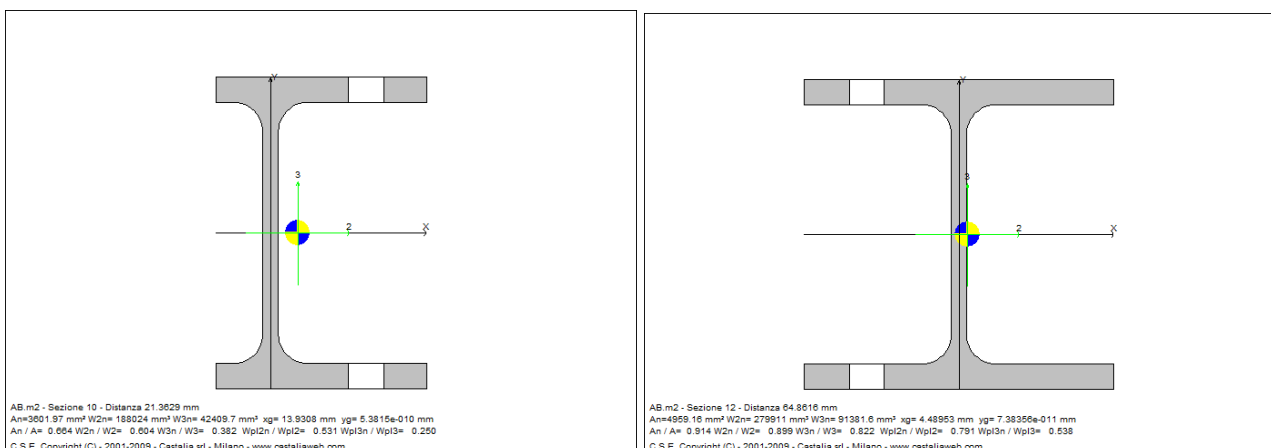




Sezioni nette per colonna con attacco a trave bullonato....



... e relativa verifica di resistenza semplificata



Alcune delle sezioni nette calcolate automaticamente da CSE

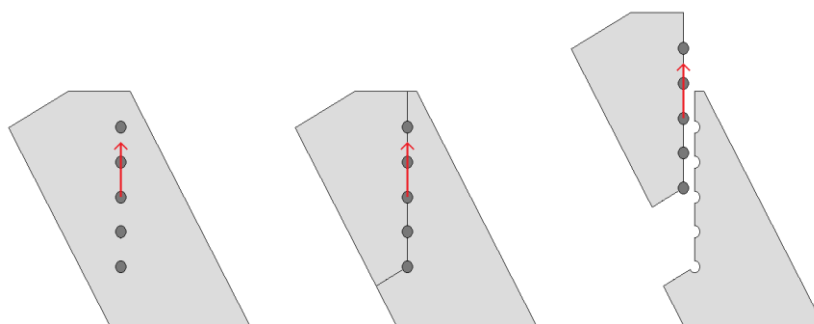
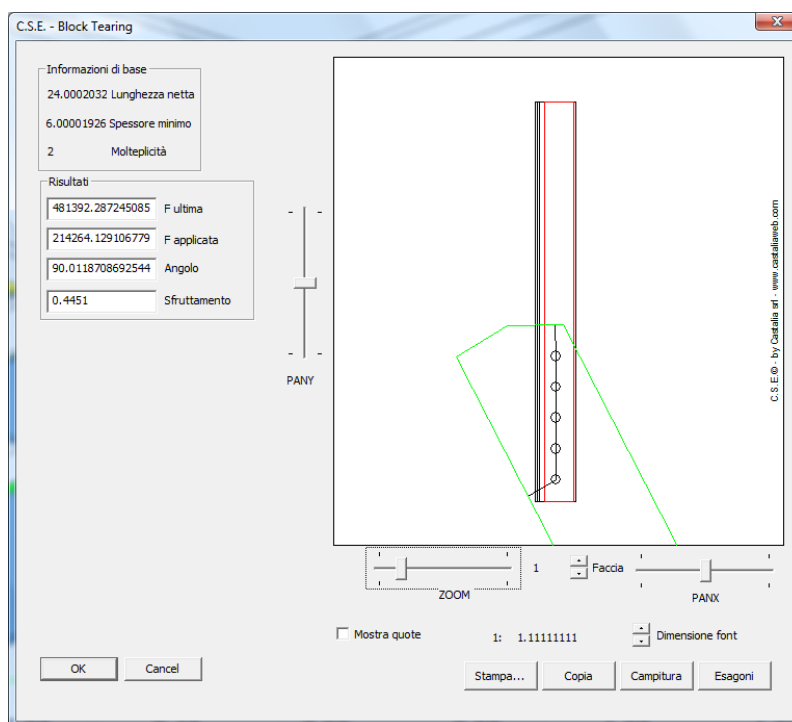


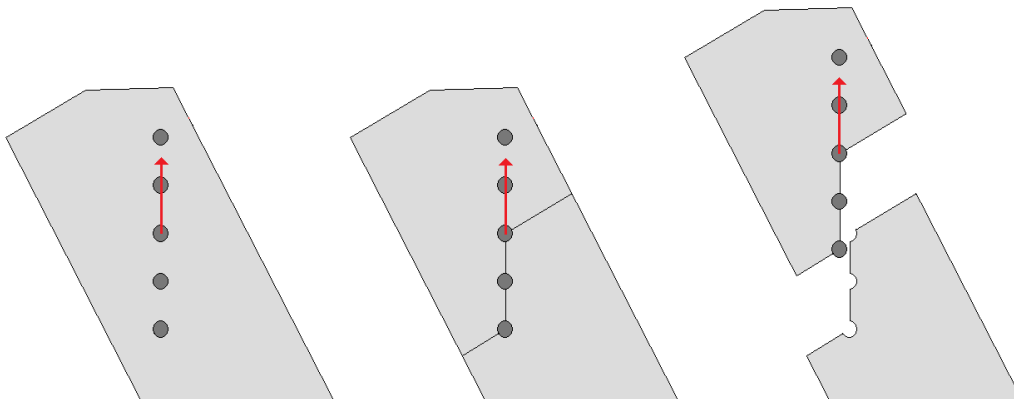
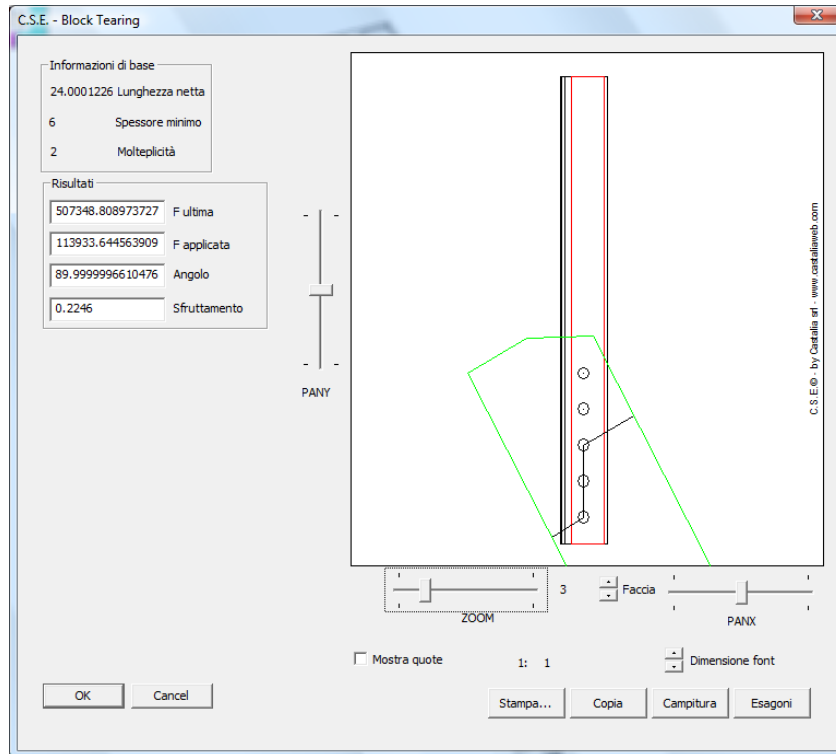
Castalia s.r.l. – Via Pinturicchio, 24 – 20133 - Milano

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

## 7.5 Risultati di block tear

Il programma cerca tra moltissimi possibili percorsi di rottura quello che comporta lo sfruttamento massimo. Ciò è ripetuto per tutti i componenti bullonati, ciascuno avente una diversa geometria, e per tutte le combinazioni di verifica.

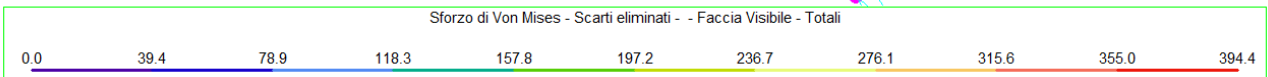
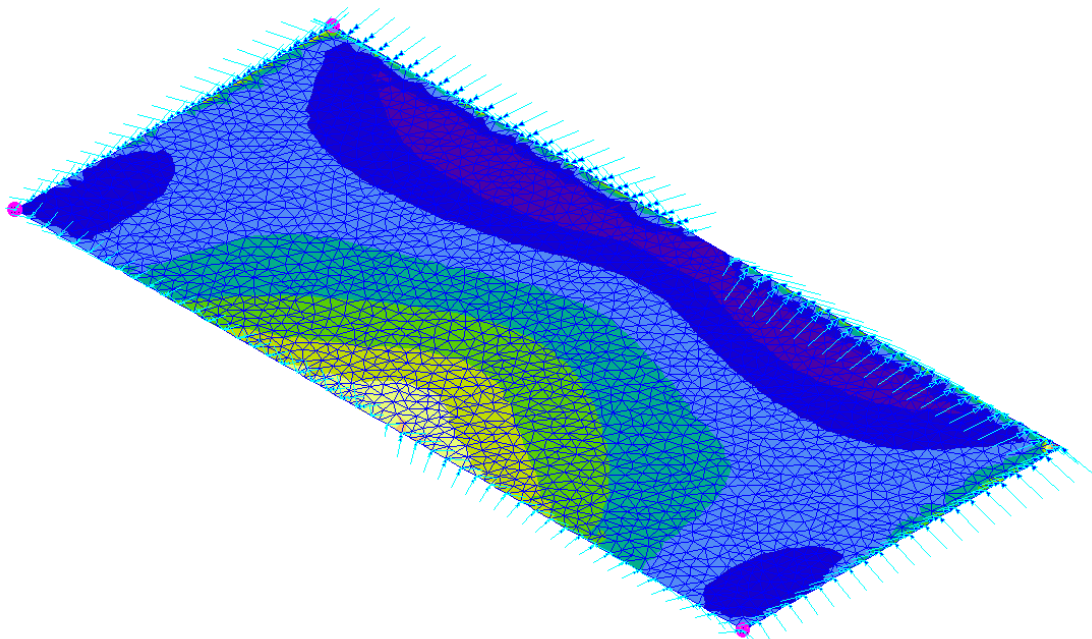




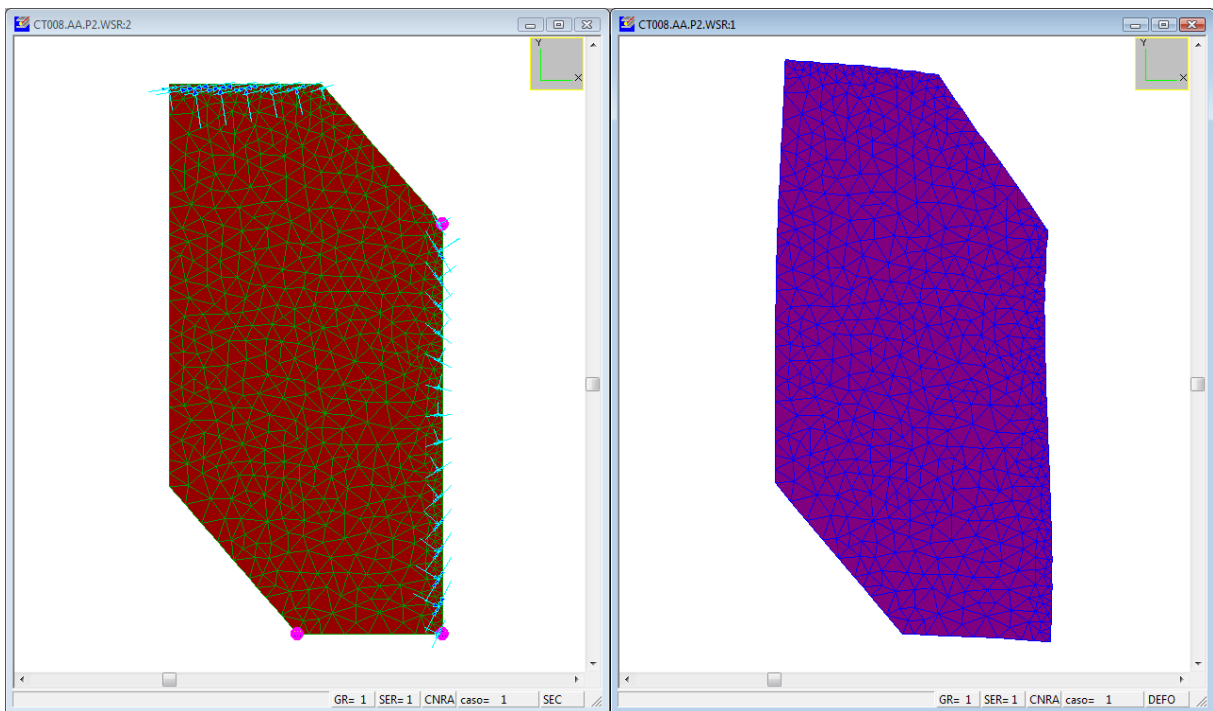
## 7.6 Modelli e risultati FEM

La creazione automatica di modelli FEM di singoli componenti o di aggregati, e la loro soluzione in campo lineare o non lineare dà la possibilità di eseguire verifiche molto più credibili sui componenti. I modelli FEM sono caricati da sistemi di forze globalmente in equilibrio con i carichi esterni applicati e coerenti con le verifiche eseguite sulle bullonature e sulle saldature.





**Modello fem di piastra, creato automaticamente da CSE, con le forze trasferite dai cordoni di saldatura in tutte le combinazioni di verifica - Sforzi di Von Mises**

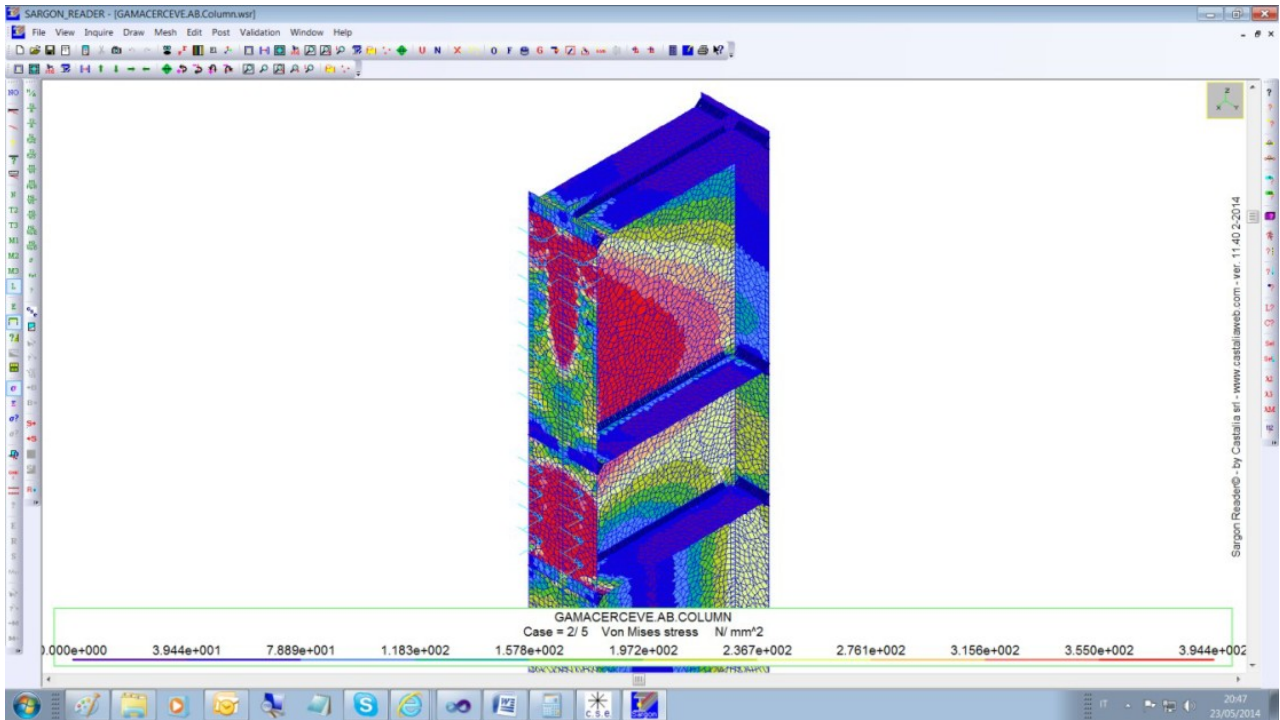


**Modello fem generato automaticamente di una piastra di irrigidimento, con vista deformata**

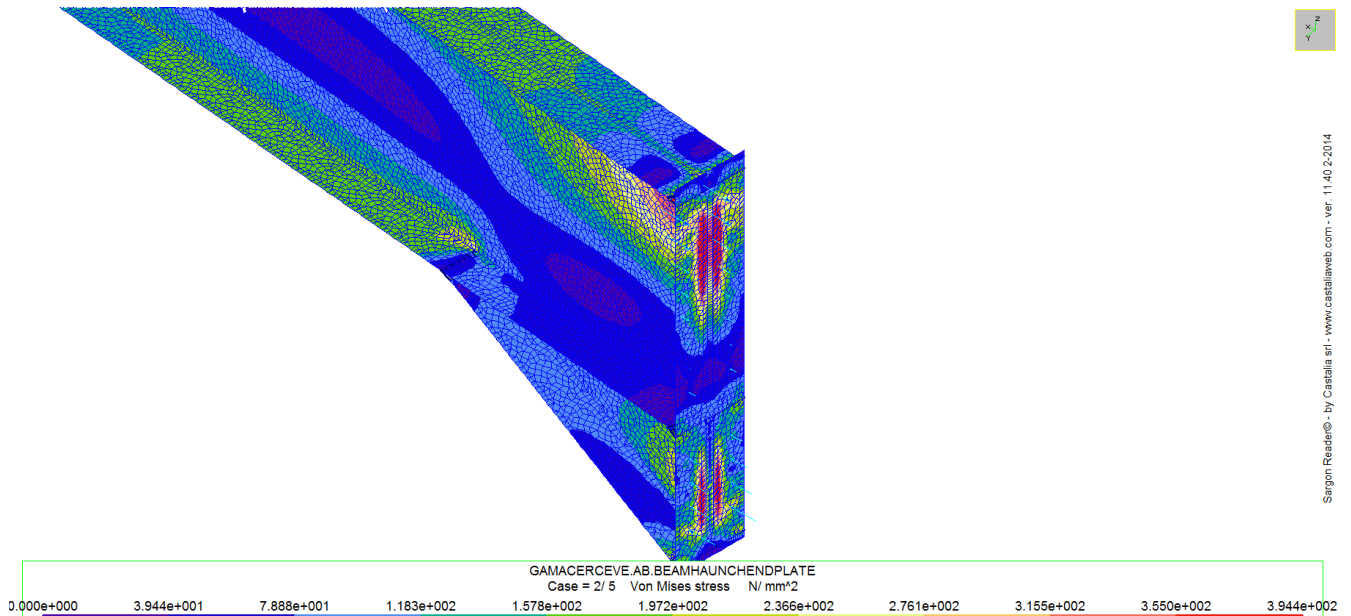


Castalia s.r.l. – Via Pinturicchio, 24 – 20133 - Milano

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



Colonna irrigidita di portale con travi a sezione variabile (cuneo)

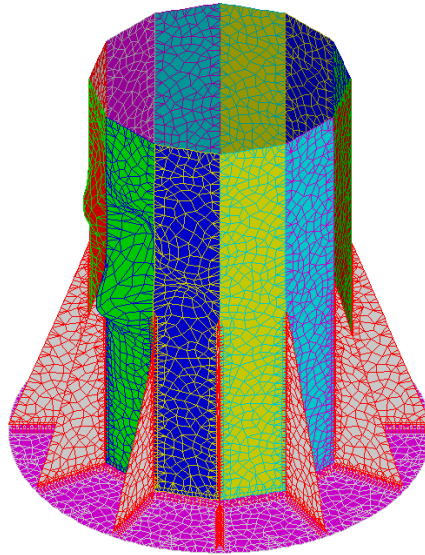


Analisi fem di trave con cuneo



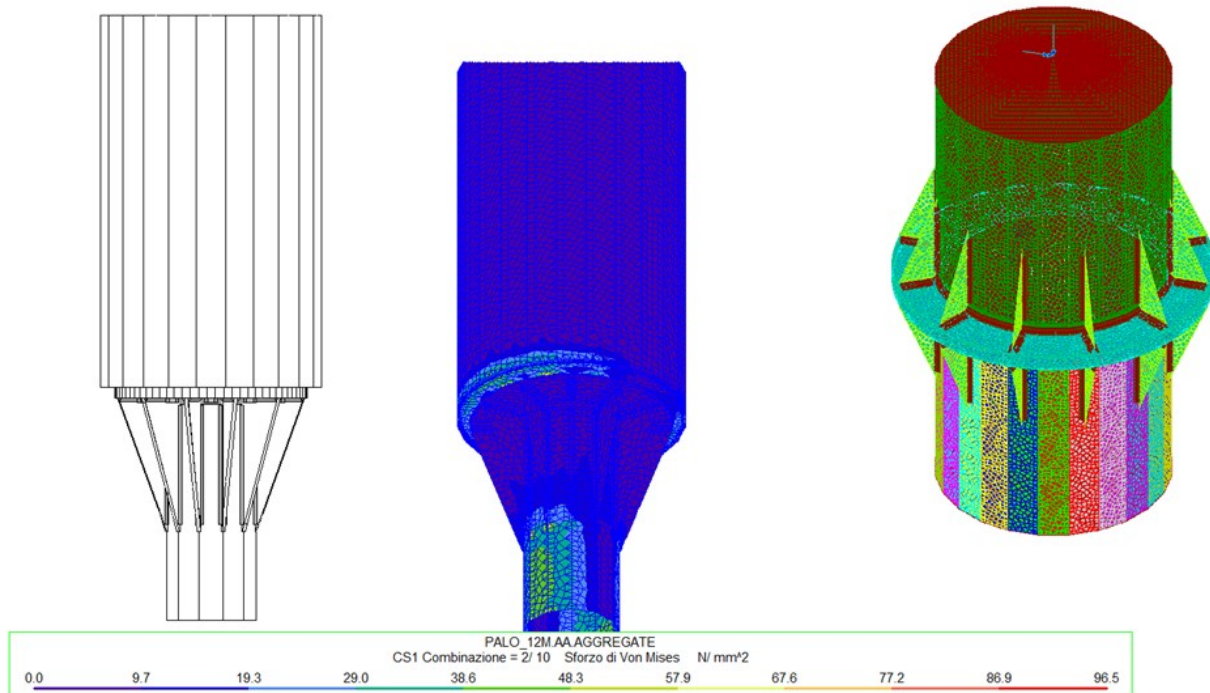


SargonE - by Castalia srl - www.castaliaweb.com - ver. 10.40.5.2013 - sm100101



Combi= 7 Mode= 1 Alpha,crit = 3.246e+000

### Analisi di buckling su giunto di base per palo eolico



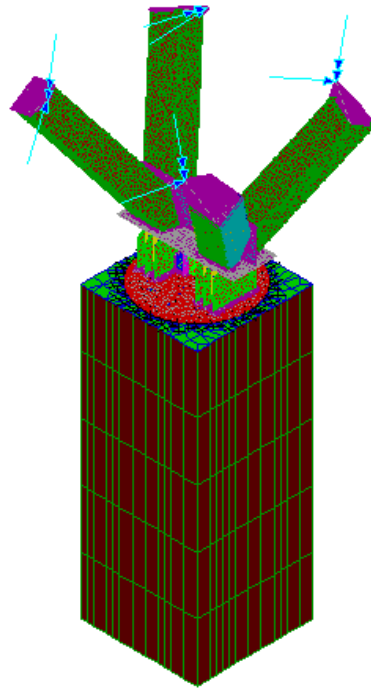
### Modelli FEM di giunti complessi



Castalia s.r.l. – Via Pinturicchio, 24 – 20133 - Milano

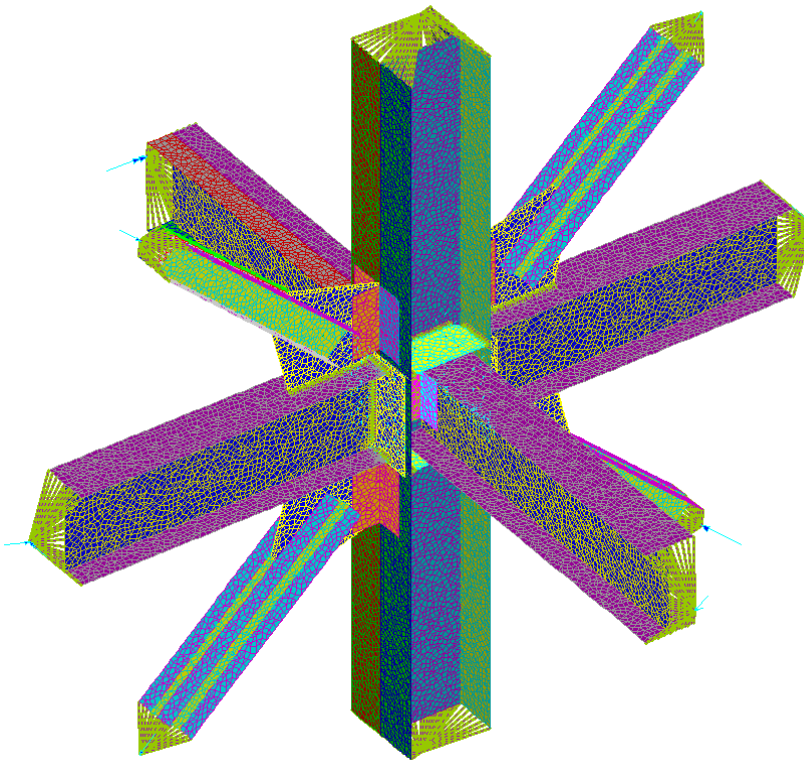
[www.castaliaweb.com](http://www.castaliaweb.com) – [staff@castaliaweb.com](mailto:staff@castaliaweb.com)





Sergio© - by Castalia srl - www.castaliaweb.com - ver. 11\_40\_2\_2014 - sm100101

**Modellazione fem di aggregato, con non linearità di contatto**

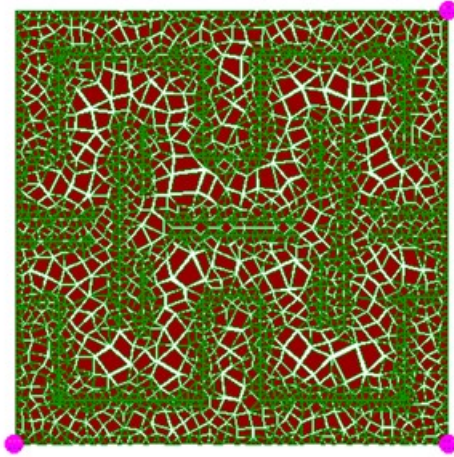
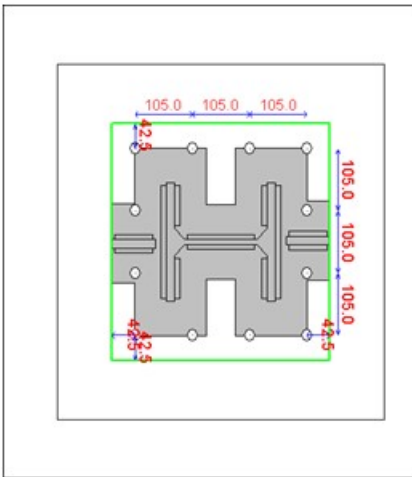


**Complesso modello di nodo**



Castalia s.r.l. – Via Pinturicchio, 24 – 20133 - Milano

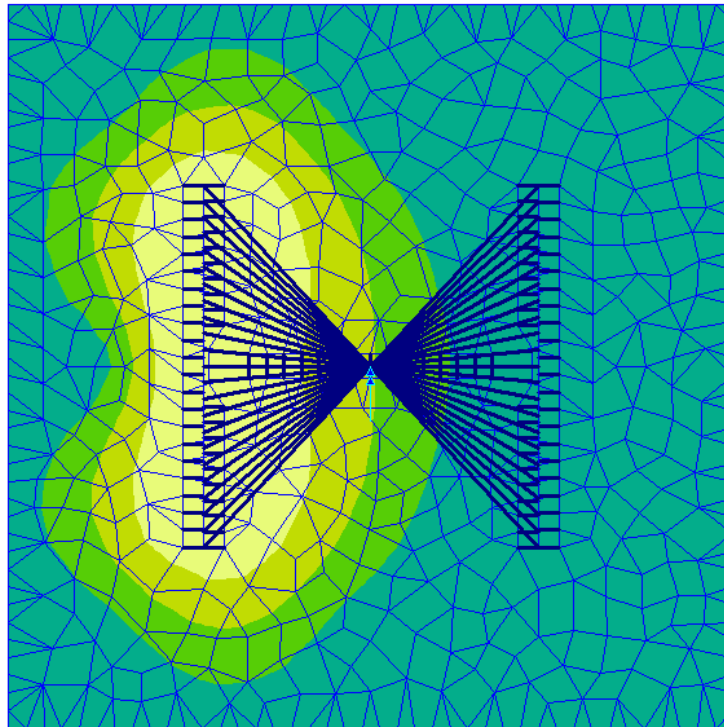
[www.castaliaweb.com](http://www.castaliaweb.com) – [staff@castaliaweb.com](mailto:staff@castaliaweb.com)



Stampa File/Stampa su Castalia per i-Vector/Stampa/Stampa...ver. 9.40 13/03/10

**Il modello FEM segue da vicino il contorno della superficie di contrasto, ottenuta orlando l'impronta di carico.**

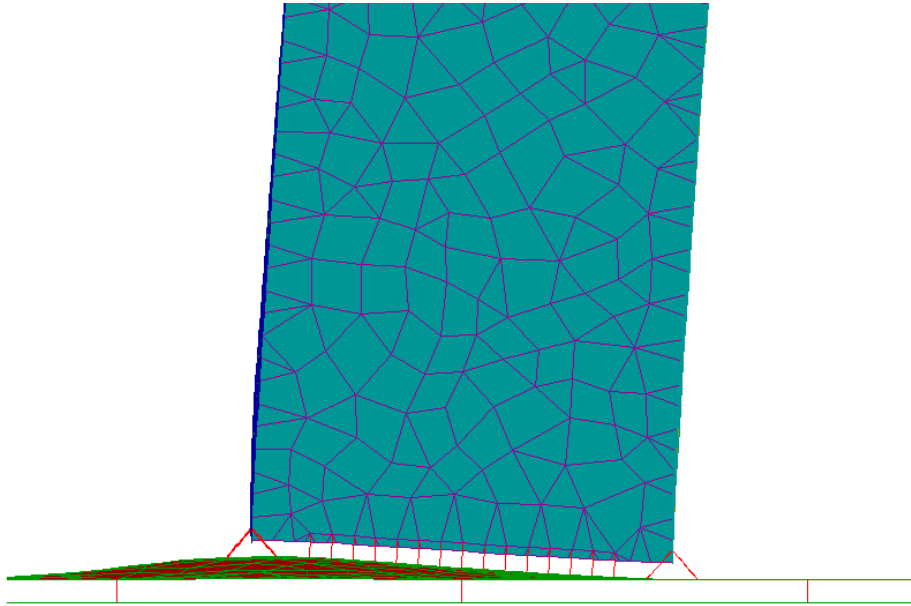
BASEJ2				
Caso = 3/6 Deformata Tz mm				
-1.401e-002	8.438e-002	1.828e-001	2.811e-001	3.795e-001



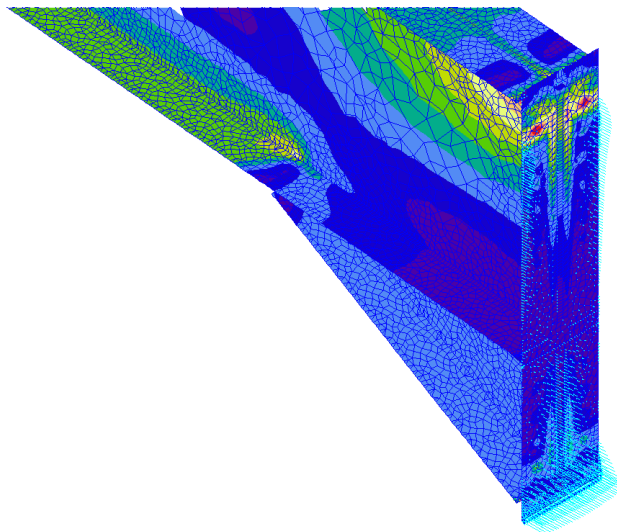
**Analisi in non linearità di contatto flessione retta su piastra di base.**





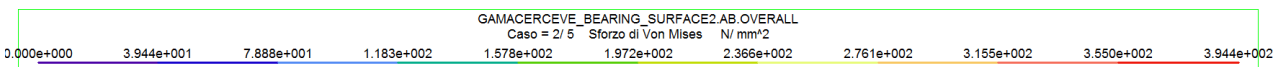


Come sopra: il campo di deformazione è complesso e non lineare



prying forces

contact forces



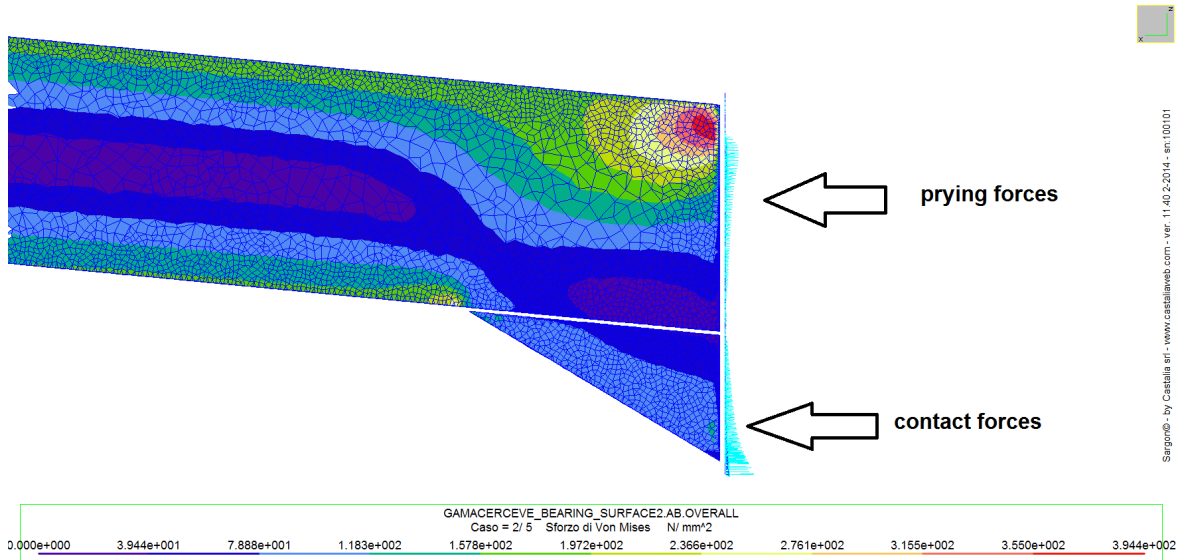
Un altro esempio di non linearità di contatto



Castalia s.r.l. – Via Pinturicchio, 24 – 20133 - Milano

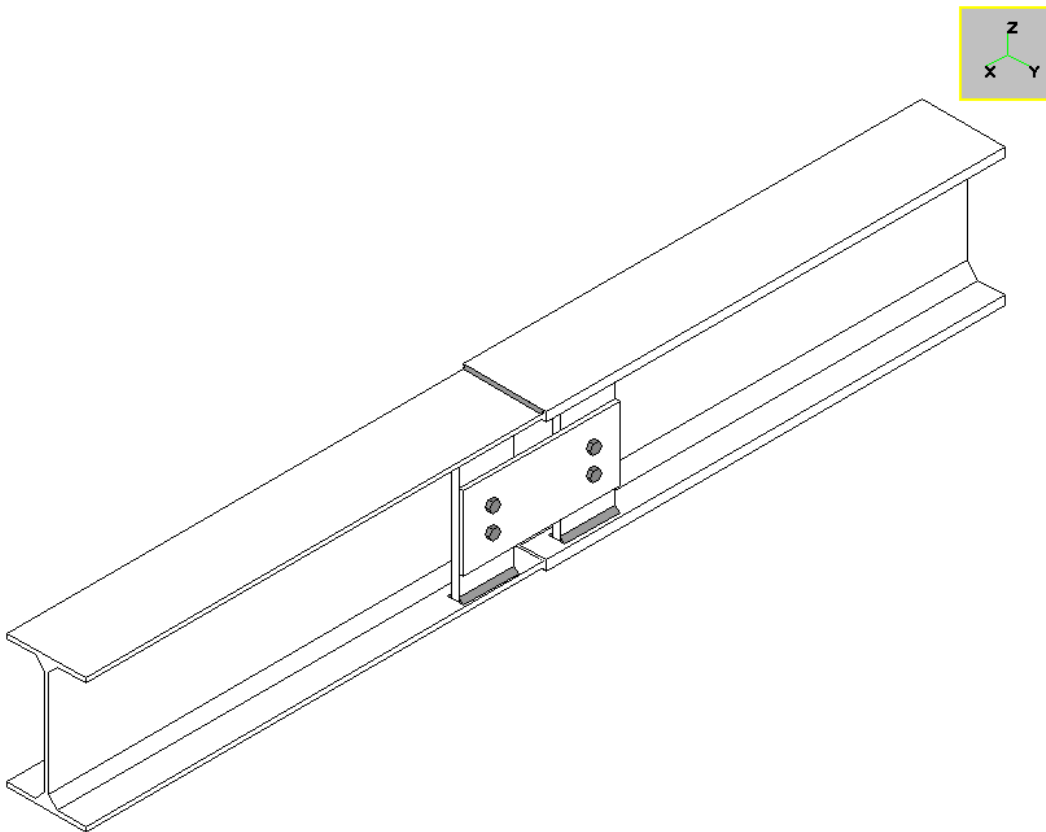
[www.castaliaweb.com](http://www.castaliaweb.com) – [staff@castaliaweb.com](mailto:staff@castaliaweb.com)





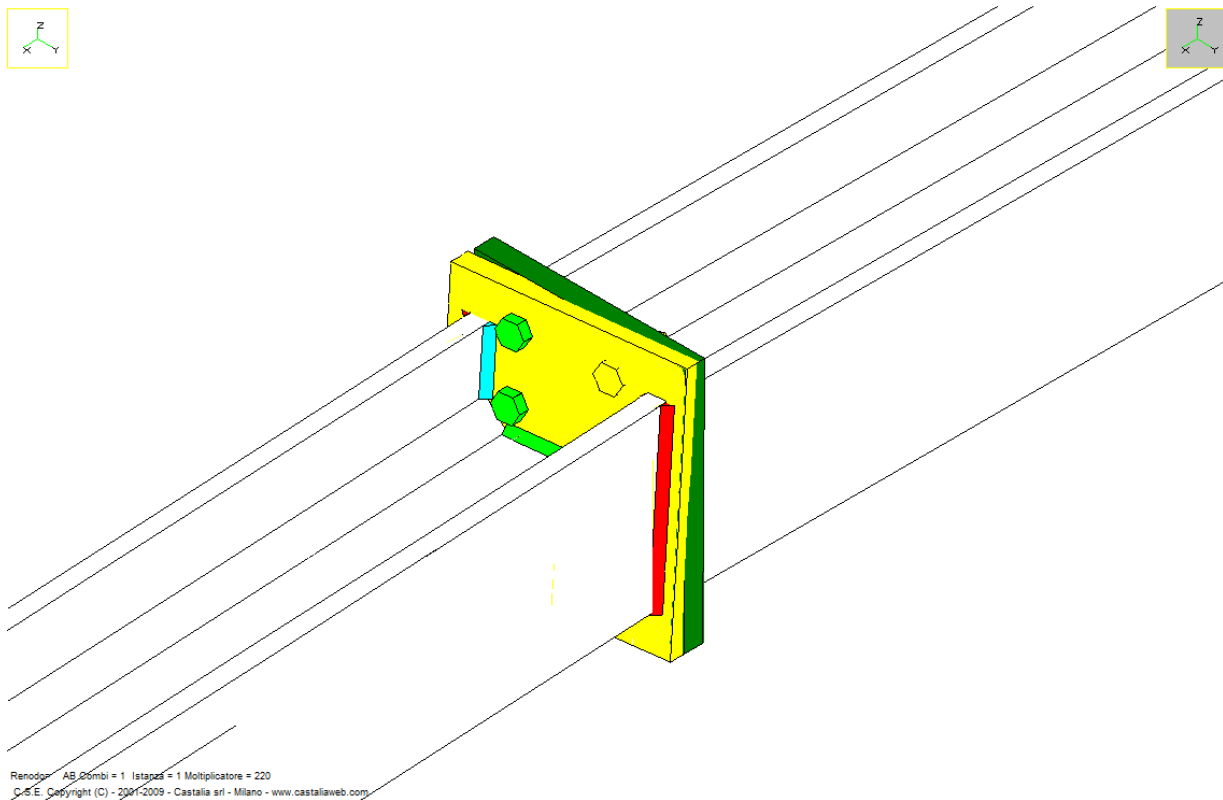
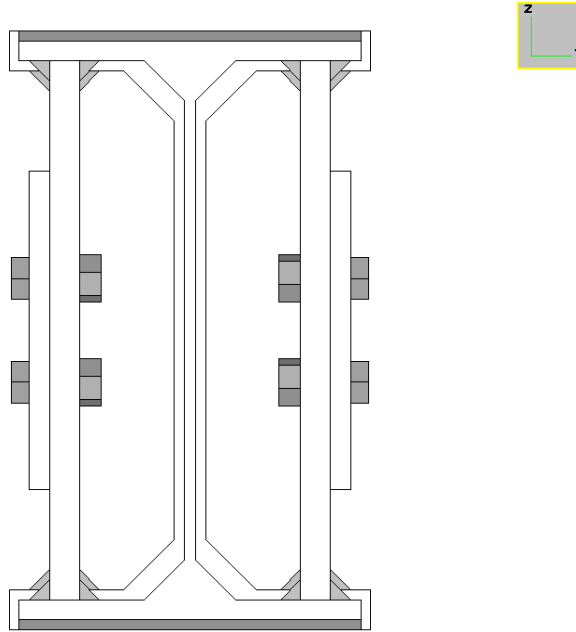
Come sopra

## 7.7 Modelli



Travi ad H di altezza differente: saldatura tra le flange, piastre saldate sulle flange e collegate da piastre bullonate.





Render: AB\_Dombi = 1 Istanza = 1 Moltiplicatore = 220  
C.S.E. Copyright (C) - 2007-2009 - Castalia s.r.l. - Milano - www.castaliaweb.com

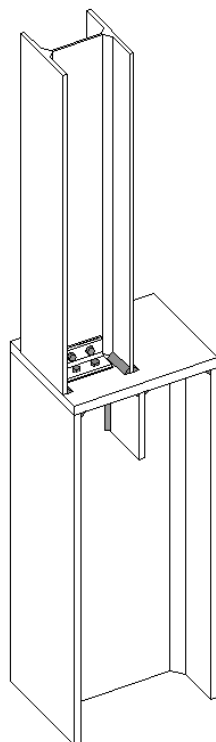
**Vista deformata amplificata con sfruttamento secondo Eurocodice 3**

**GP017**

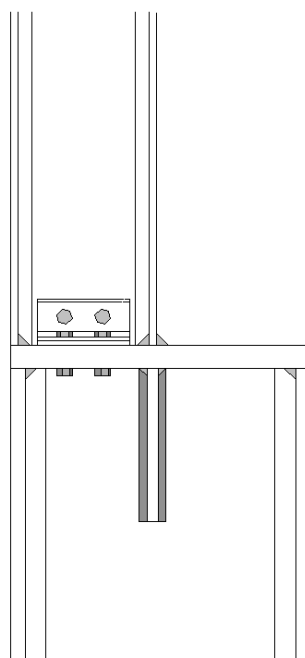


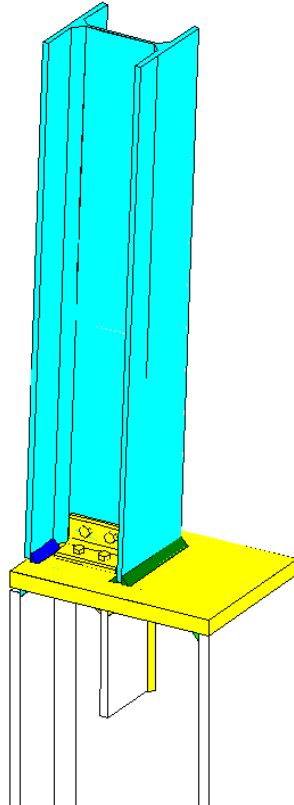
Castalia s.r.l. – Via Pinturicchio, 24 – 20133 - Milano

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



Giunto di prosecuzione tra due tronchi di colonna eccentrici e di dimensioni diverse tramite saldature a una piastra di testa e angolari bullonati; sono presenti costole di irrigidimento.





Renodo= AB Combi = 40 Istanza = 1 Moltiplicatore = 850  
C.S.E. Copyright (C) - 2001-2009 - Castalia srl - Milano - www.castaliaweb.com

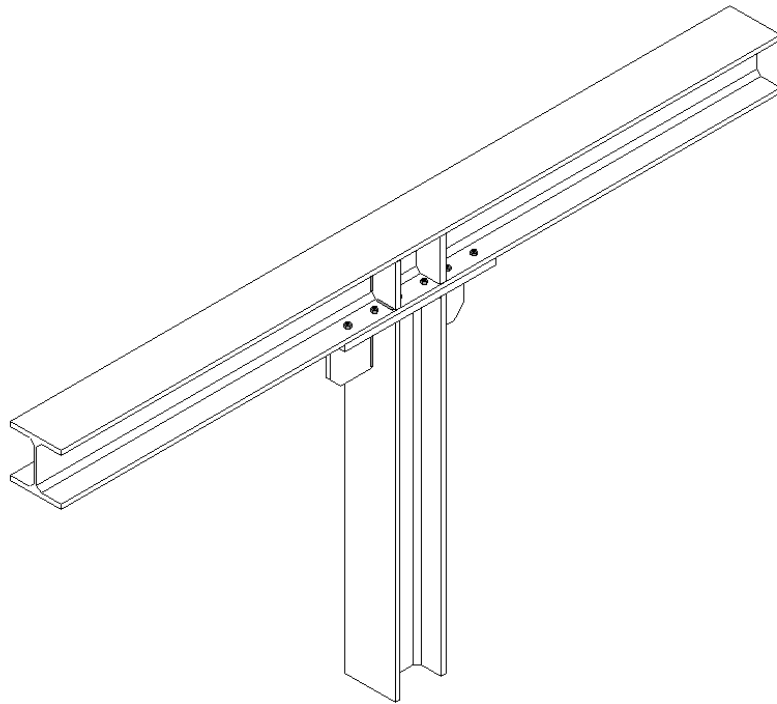
**Vista deformata amplificata, con sfruttamenti secondo Eurocodice 3**

**TC001**

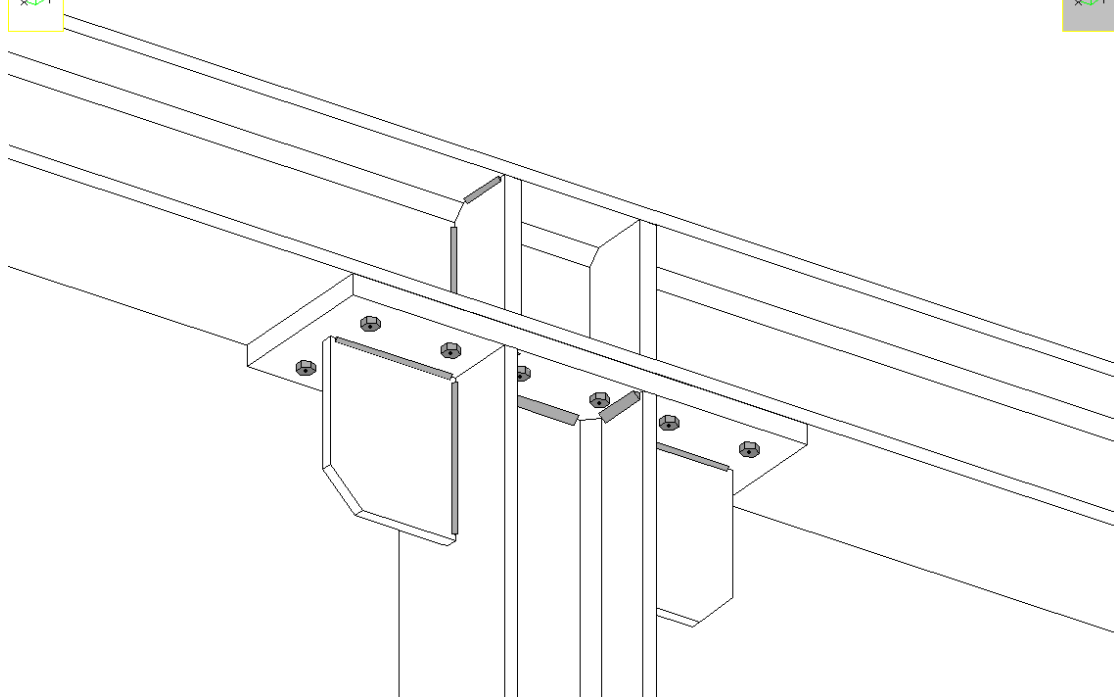


Castalia s.r.l. – Via Pinturicchio, 24 – 20133 - Milano

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



Colonna saldata a una piastra, a sua volta bullonata alla trave. Costole di irrigidimento saldate tra piastra e colonna e sulla trave.

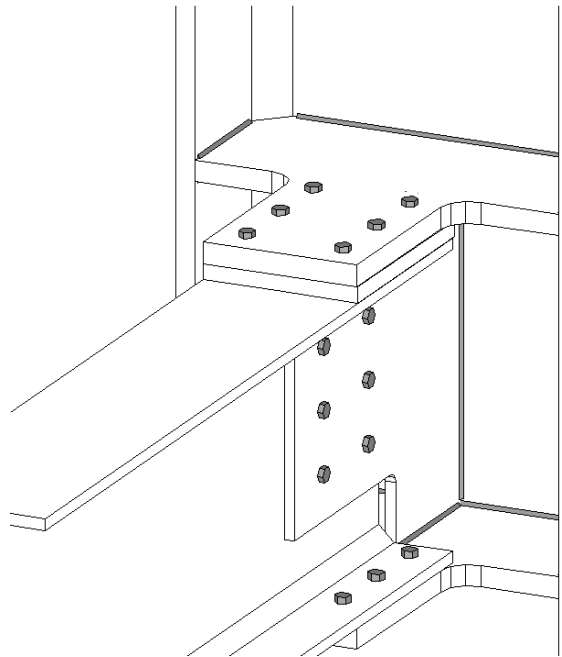
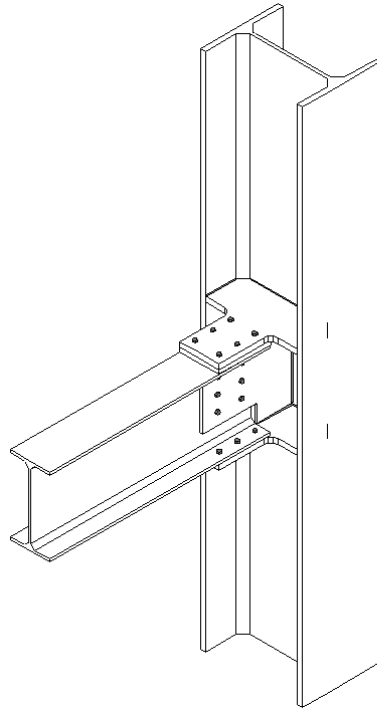


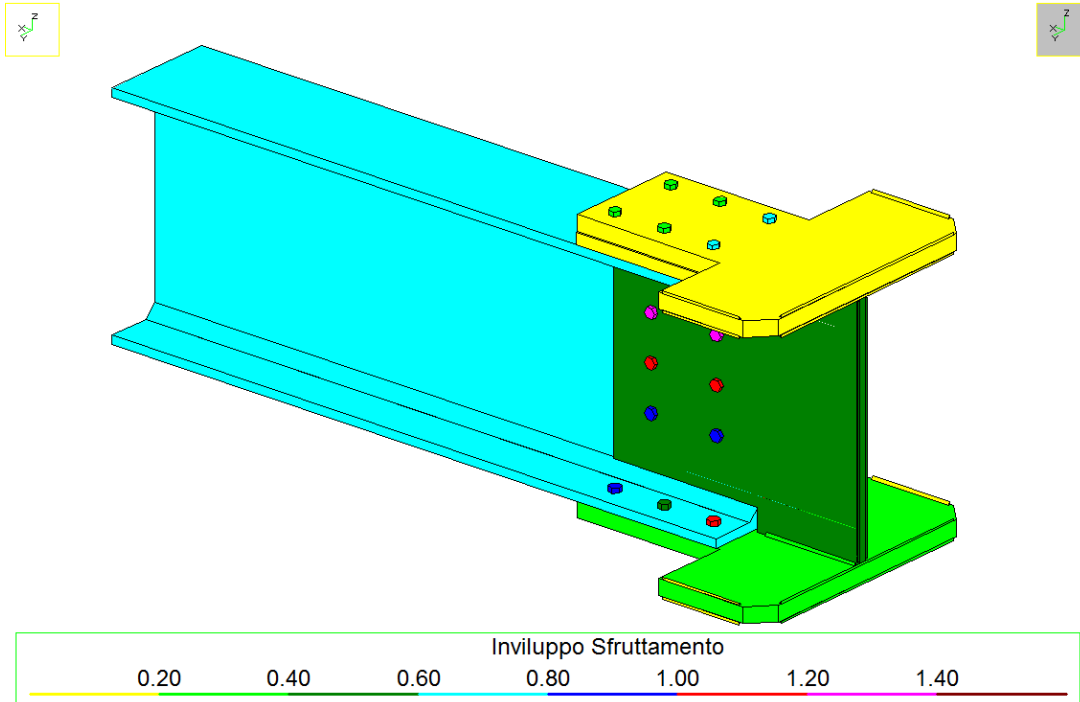
TC002



Castalia s.r.l. – Via Pinturicchio, 24 – 20133 - Milano

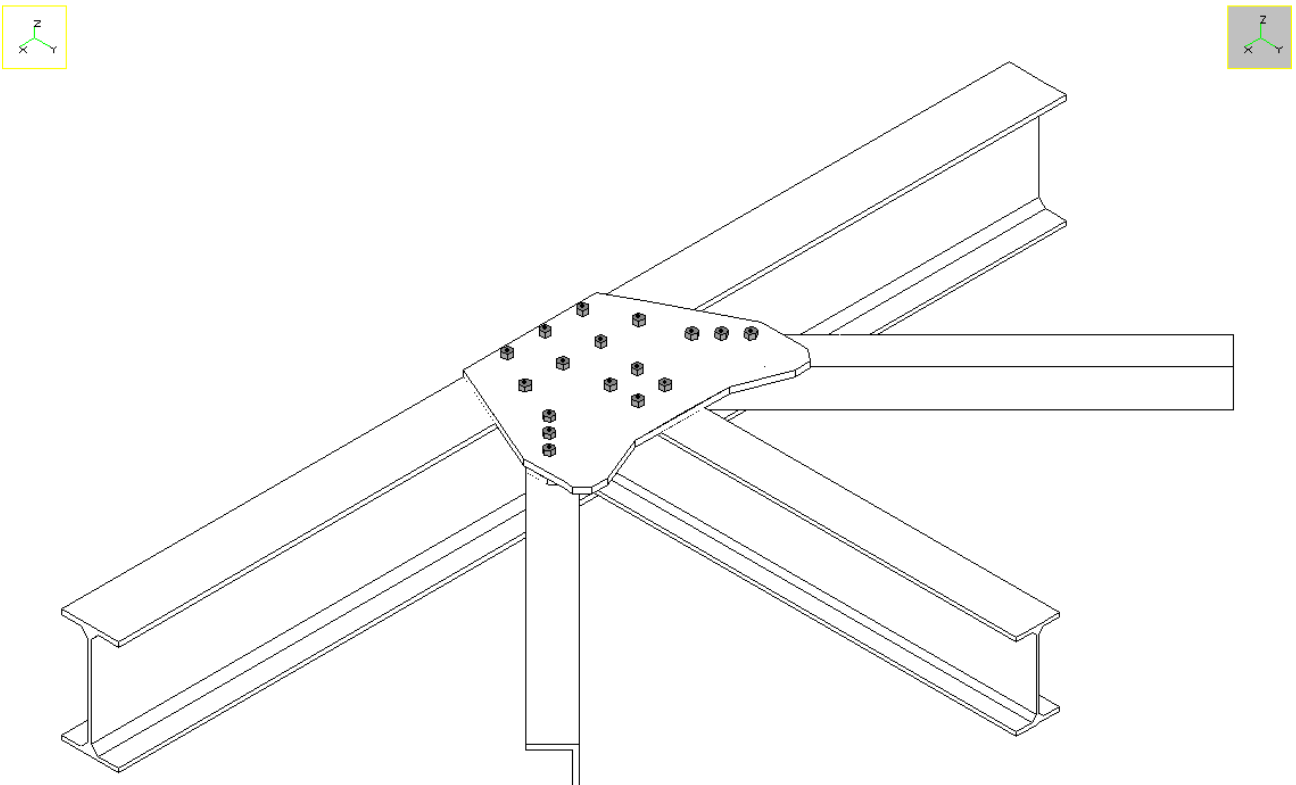
[www.castaliaweb.com](http://www.castaliaweb.com) – [staff@castaliaweb.com](mailto:staff@castaliaweb.com)





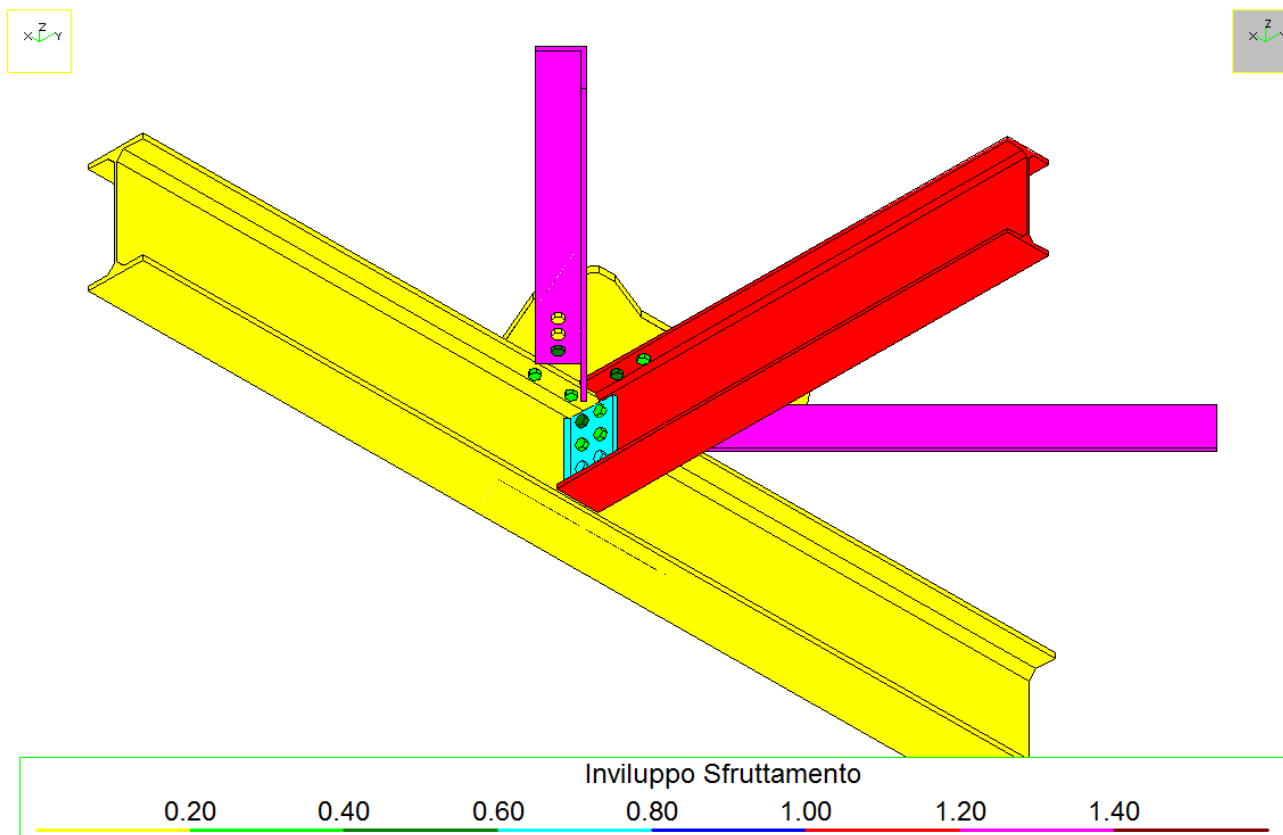
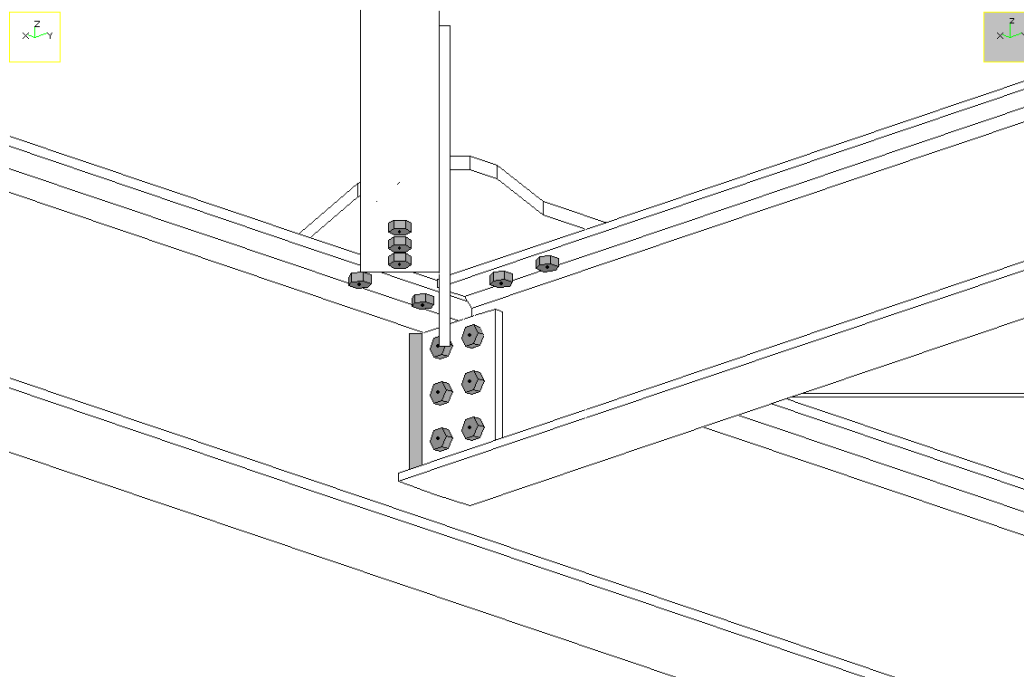
**Sfruttamento secondo Eurocodice 3 - Involuppo sulle combinazioni estrazione di alcuni componenti**

**TT012**





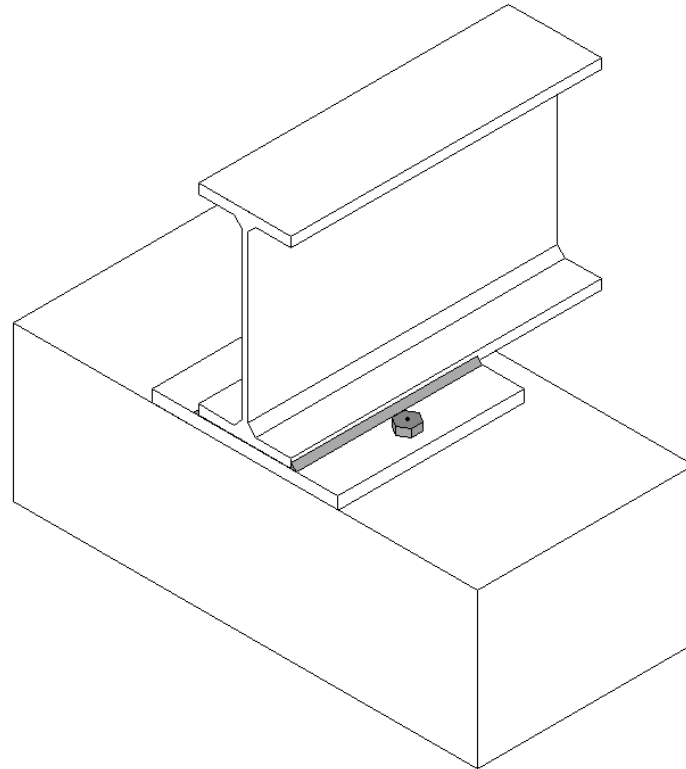
La piastra superiore collega la trave principale, la secondaria e i due diagonali attraverso bullonature. Sono presenti anche una piastra bullonata all'anima della secondaria e saldata a quella della principale e due imbottiture tra i diagonali e la piastra.



**Sfruttamento secondo Eurocodice 3 – Involuppo sulle combinazioni**

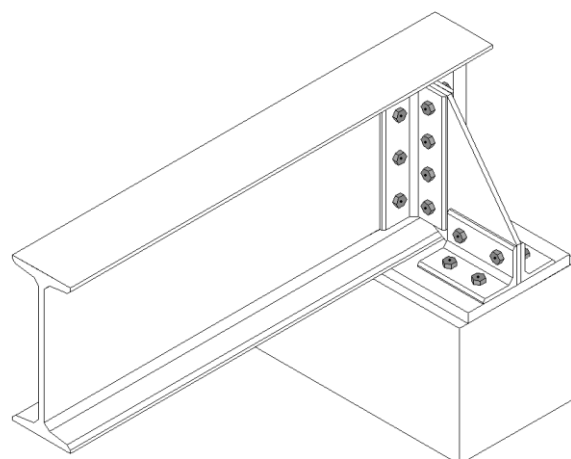


**CT010**



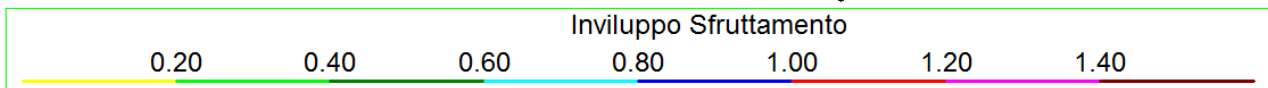
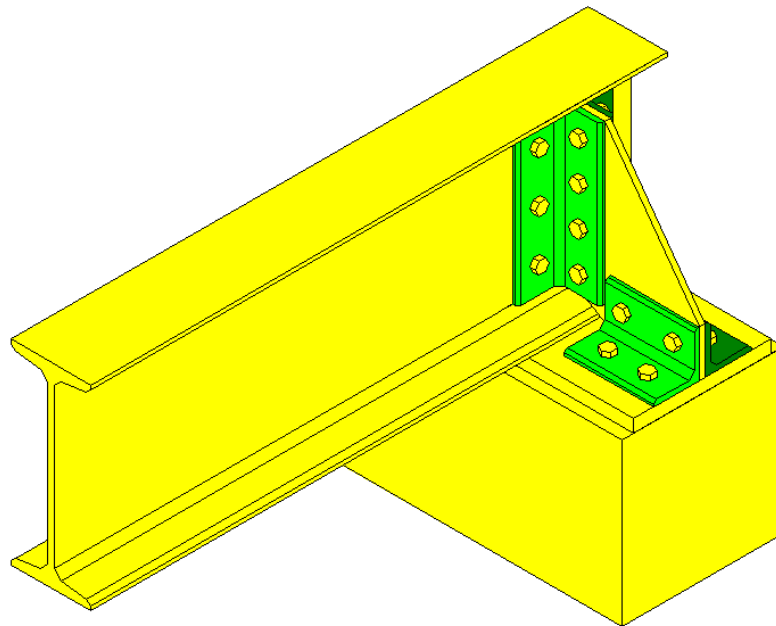
Trave collegata a terra tramite una piastra saldata alla flangia inferiore e bullonata al blocco rigido.

**CT011**



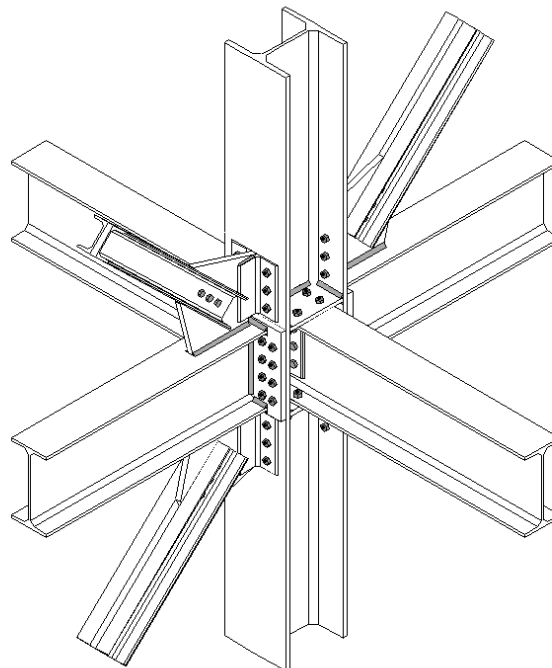
Trave IPN340 collegata a terra tramite angolari e piastre bullonate.



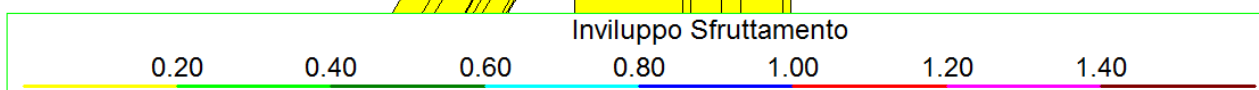
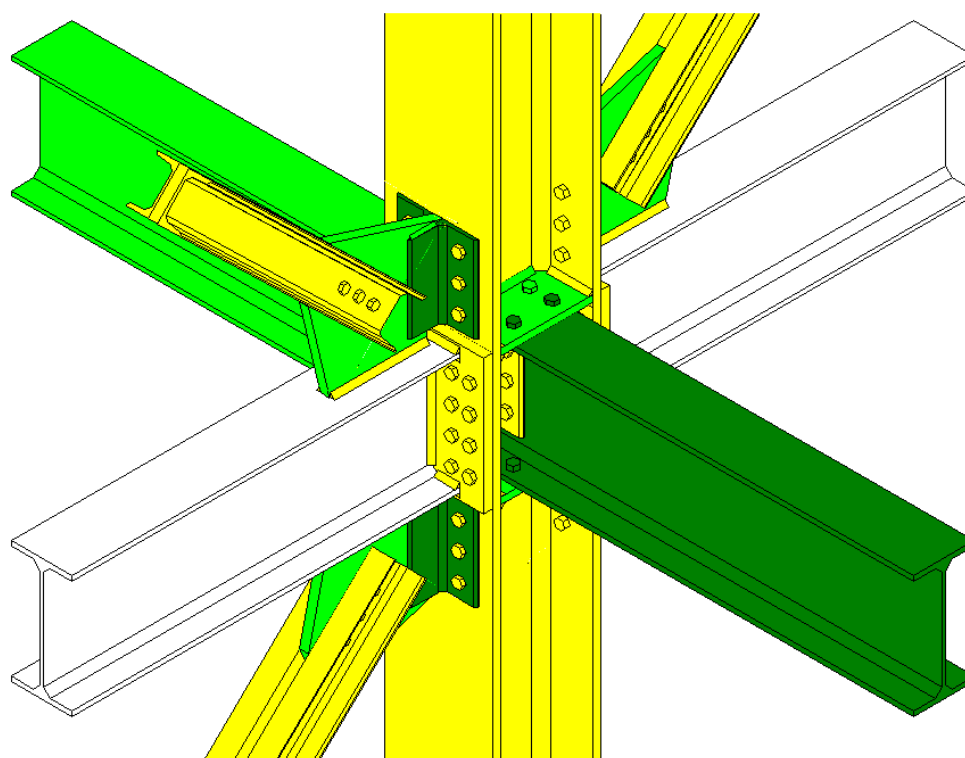
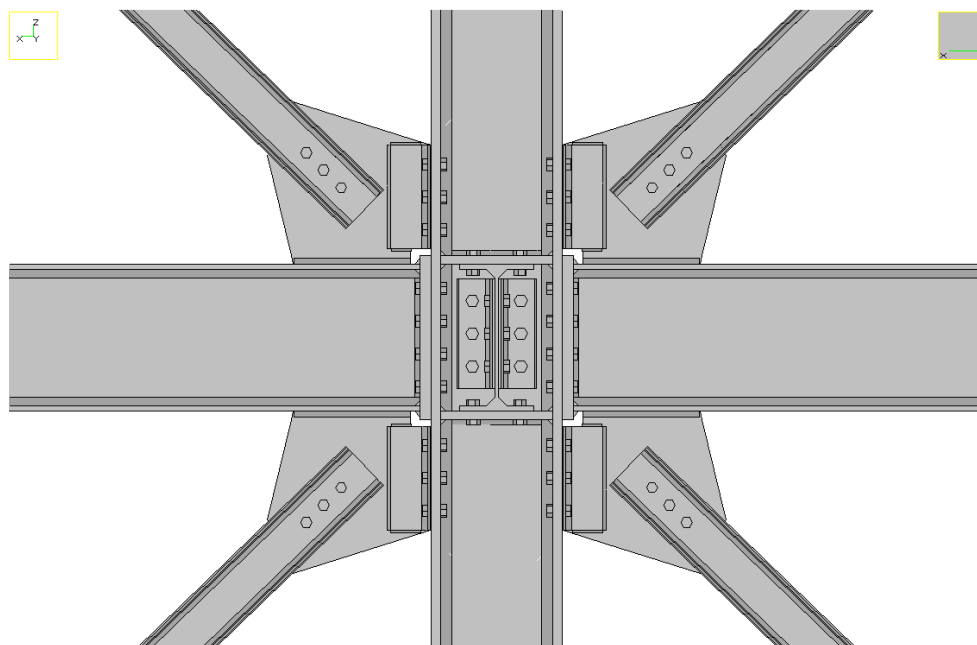


Sfruttamento secondo Eurocodice 3 - Involuppo sulle combinazioni

VV001



Alla colonna sono collegate quattro travi orizzontali (due per mezzo di piastre saldate di testa bullonate alle flange della colonna, due per mezzo di piastre e angolari bullonati) e quattro diagonali (bullonati a piastre saldate alle travi e collegate alla colonna con angolari)

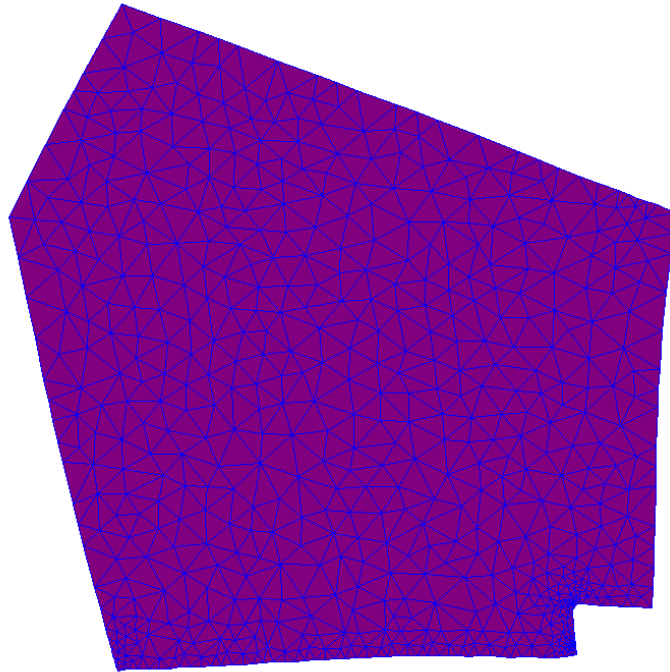


Sfruttamento secondo Eurocodice 3 - Involuppo sulle combinazioni



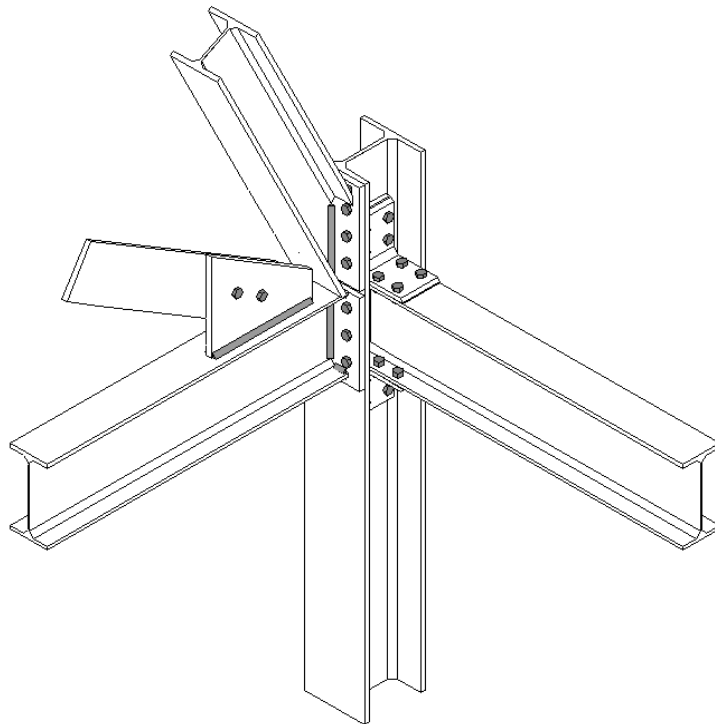
Castalia s.r.l. – Via Pinturicchio, 24 – 20133 - Milano

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



**Modello fem di una delle piastre, generato automaticamente da CSE – vista deformata in una delle combinazioni di verifica**

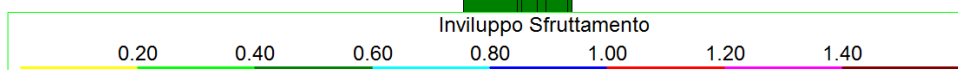
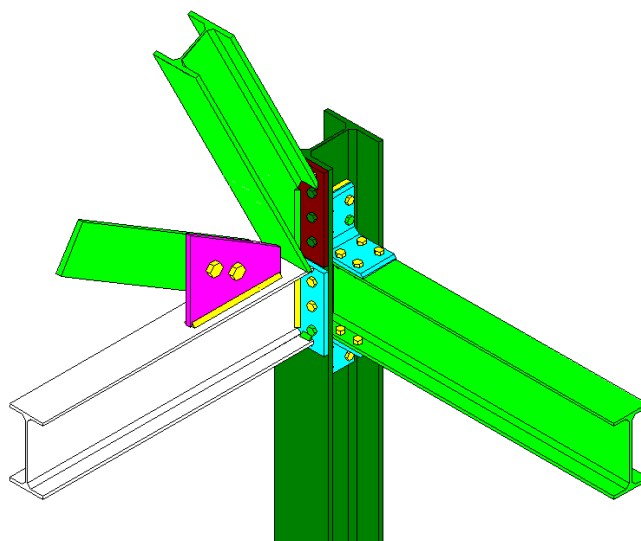
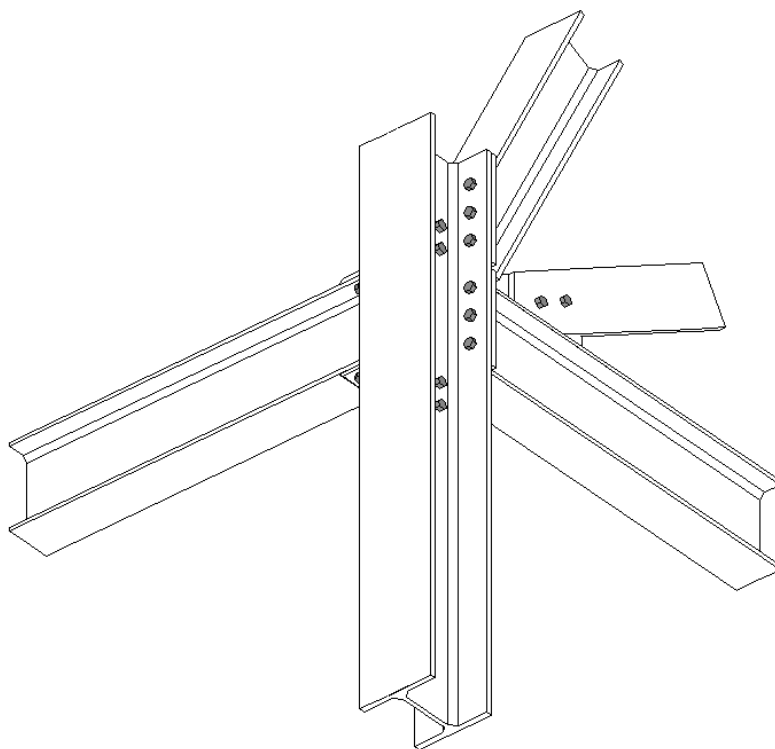
**VV002**



Castalia s.r.l. – Via Pinturicchio, 24 – 20133 - Milano

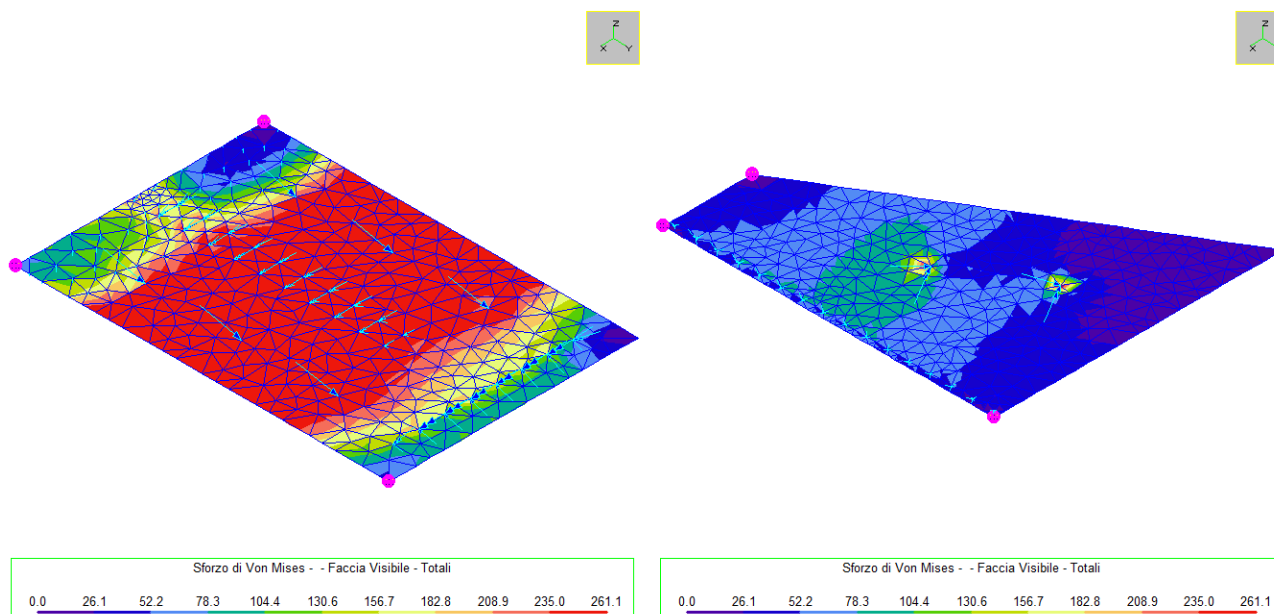
[www.castaliaweb.com](http://www.castaliaweb.com) – [staff@castaliaweb.com](mailto:staff@castaliaweb.com)

A una flangia della colonna sono collegate una trave orizzontale e una inclinata tramite piastre saldate in testa e bullonate alla flangia e una trave orizzontale tramite angolari bullonati alle flange. È presente un tirante bullonato a una piastra saldata a una trave.



**Sfruttamento secondo Eurocodice 3 - Involuppo sulle combinazioni**

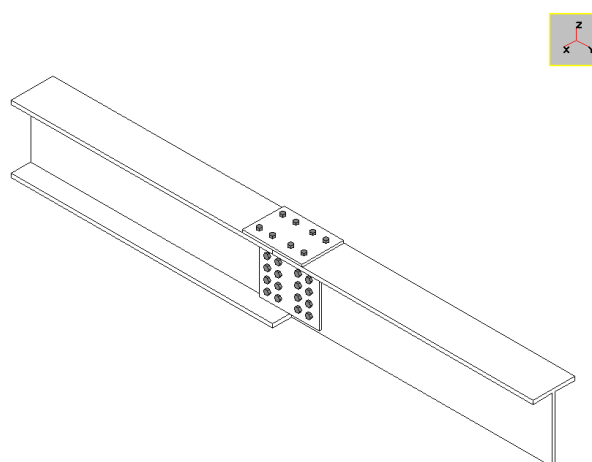




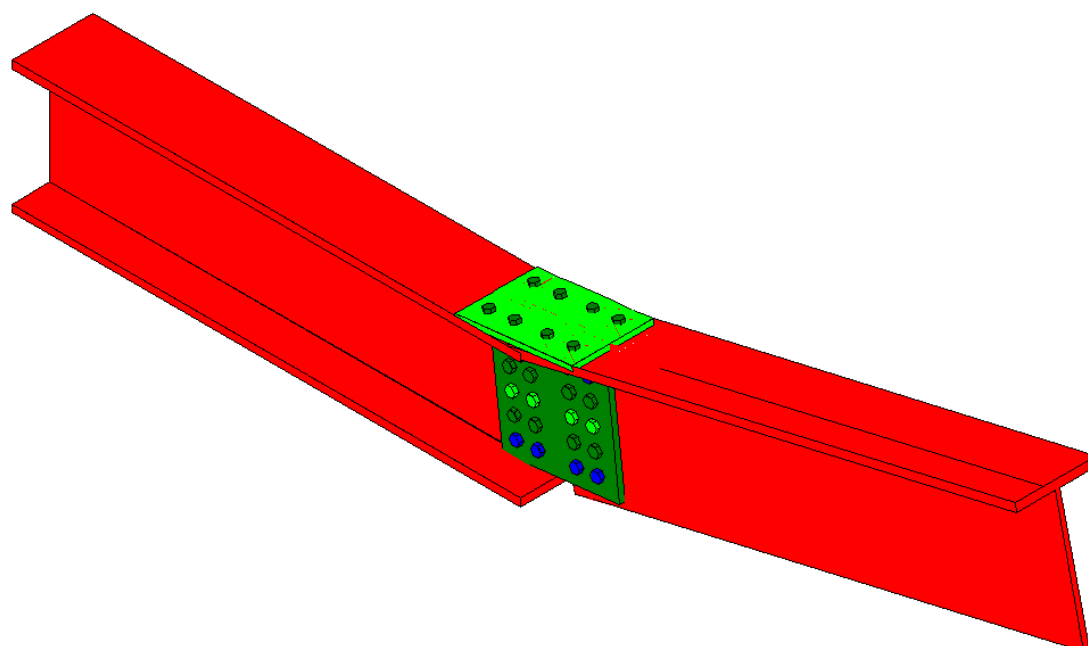
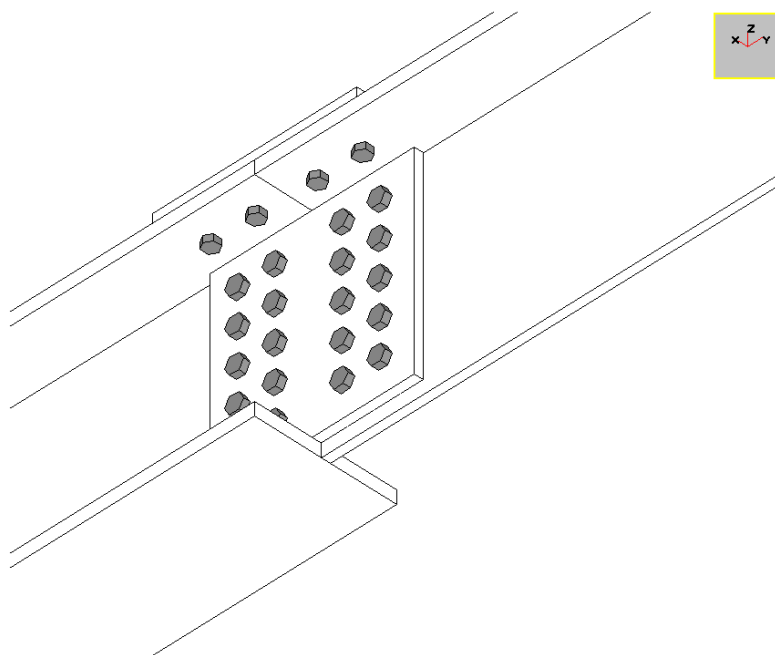
**Modelli fem generati in automatico delle due piastre non verificate – sforzi di Von Mises nelle combinazioni con massimo sfruttamento, in rosso vivo le zone con  $\sigma_{VM} > 235 \text{N/mm}^2$ , il valore di snervamento delle piastre**

Mentre la piastra di sinistra (quella marrone nell'immagine dell'involuppo) risulta ampiamente non verificata, quella di destra (in viola nell'involuppo) presenta sforzi piuttosto bassi, ma non passa le verifiche per piccolissime concentrazioni di sforzo nelle zone delle forze trasferite dai bulloni: nonostante l'involuppo dia una verifica non soddisfatta, dalla stress analysis del modello fem il progettista può assumere come verificato il componente.

## GP004



Trave saldata a H collegata a una trave saldata a T per mezzo di piastre bullonate sull'anima e sulla flangia.



Rendero= AB Combi = 1 Istanza = 1 Moltiplicatore = 150  
C.S.E. Copyright (C) - 2001-2009 - Castalia srl - Milano - www.castaliaweb.com

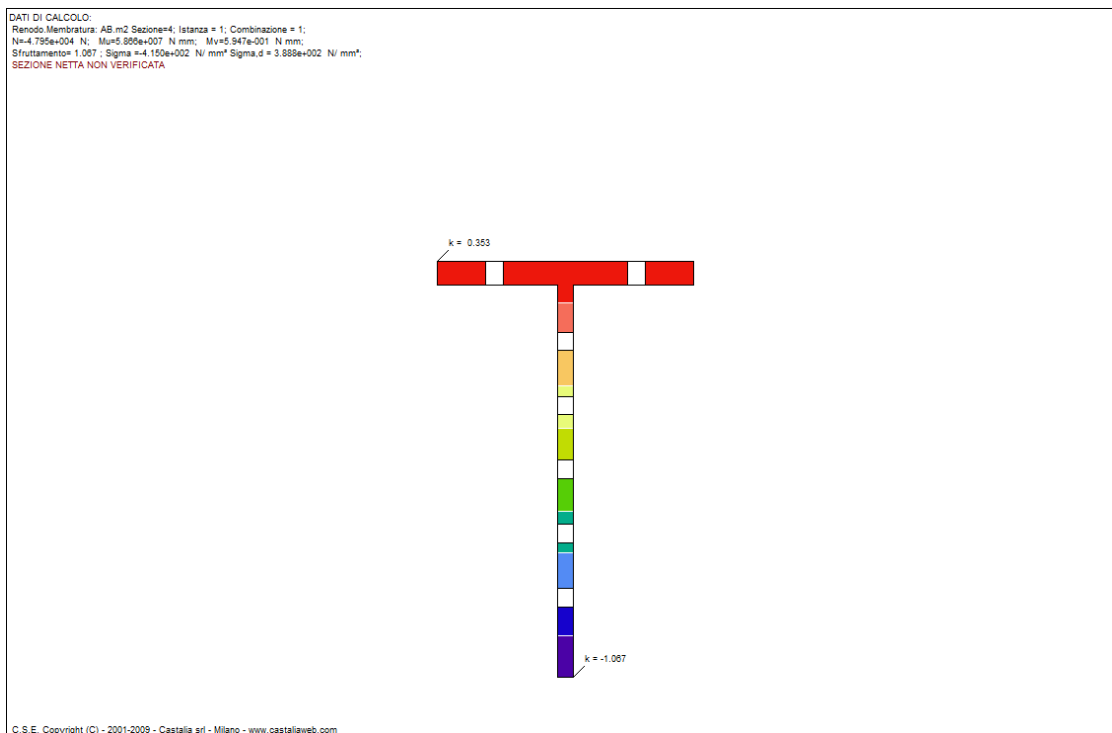
**Vista deformata con mappa degli sfruttamenti secondo Eurocodice 3**



Castalia s.r.l. – Via Pinturicchio, 24 – 20133 - Milano

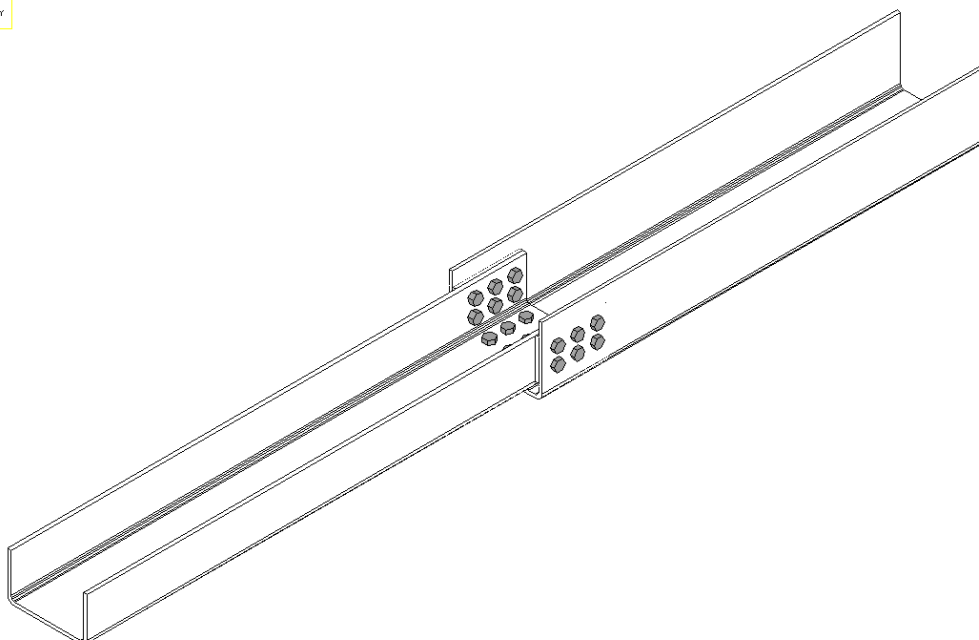
[www.castaliaweb.com](http://www.castaliaweb.com) – [staff@castaliaweb.com](mailto:staff@castaliaweb.com)





Risultati sulla sezione netta più critica

## VV003

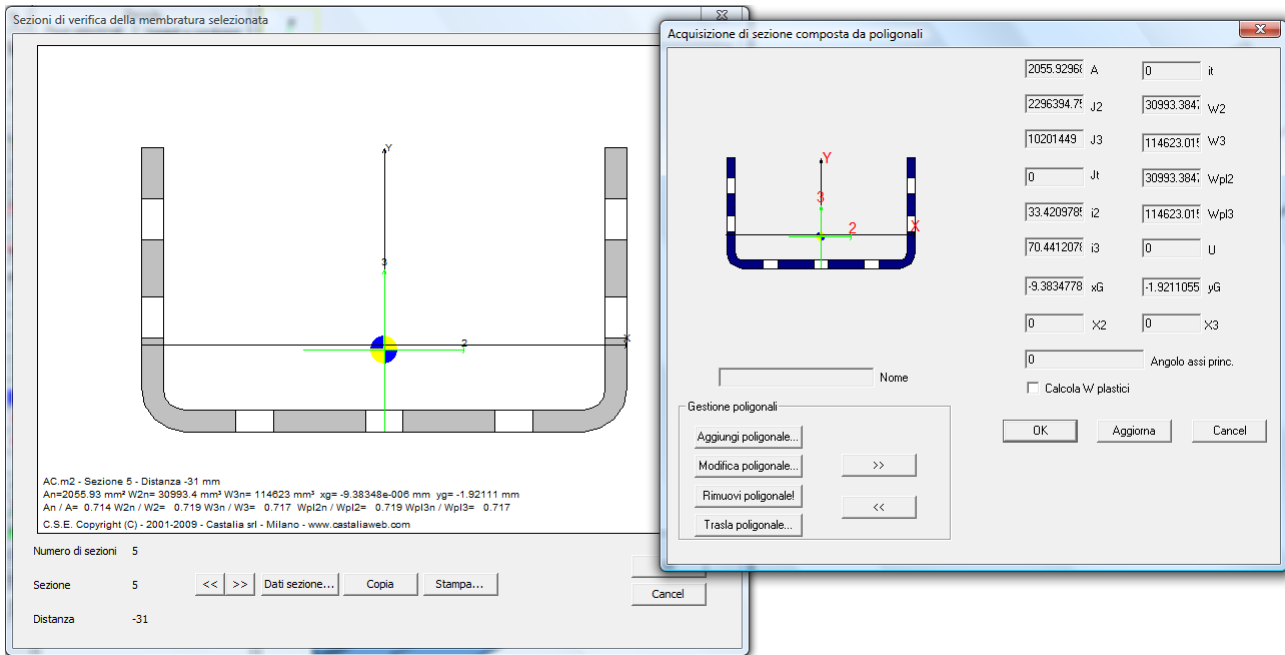


Utilizzando delle imbottiture sono stati collegati due profili a C di dimensioni diverse tramite bullonature.

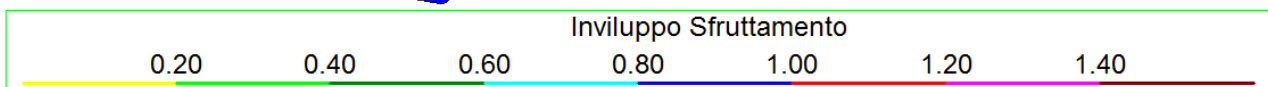
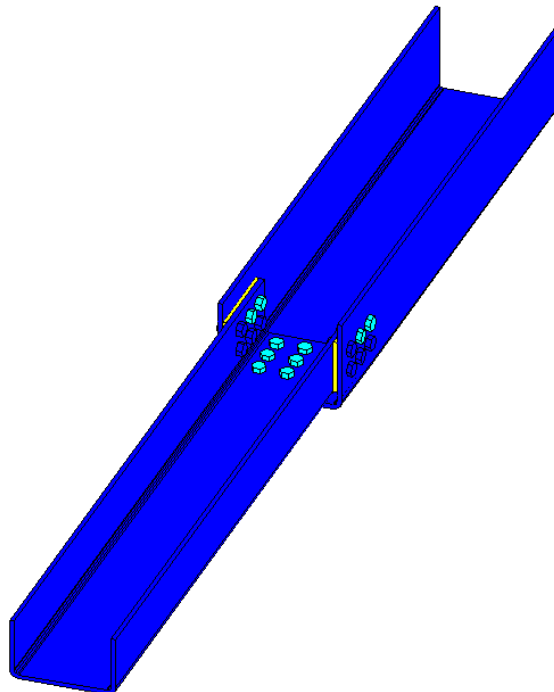


Castalia s.r.l. – Via Pinturicchio, 24 – 20133 - Milano

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



**Dati di calcolo, calcolati automaticamente, di una sezione netta di una membratura**

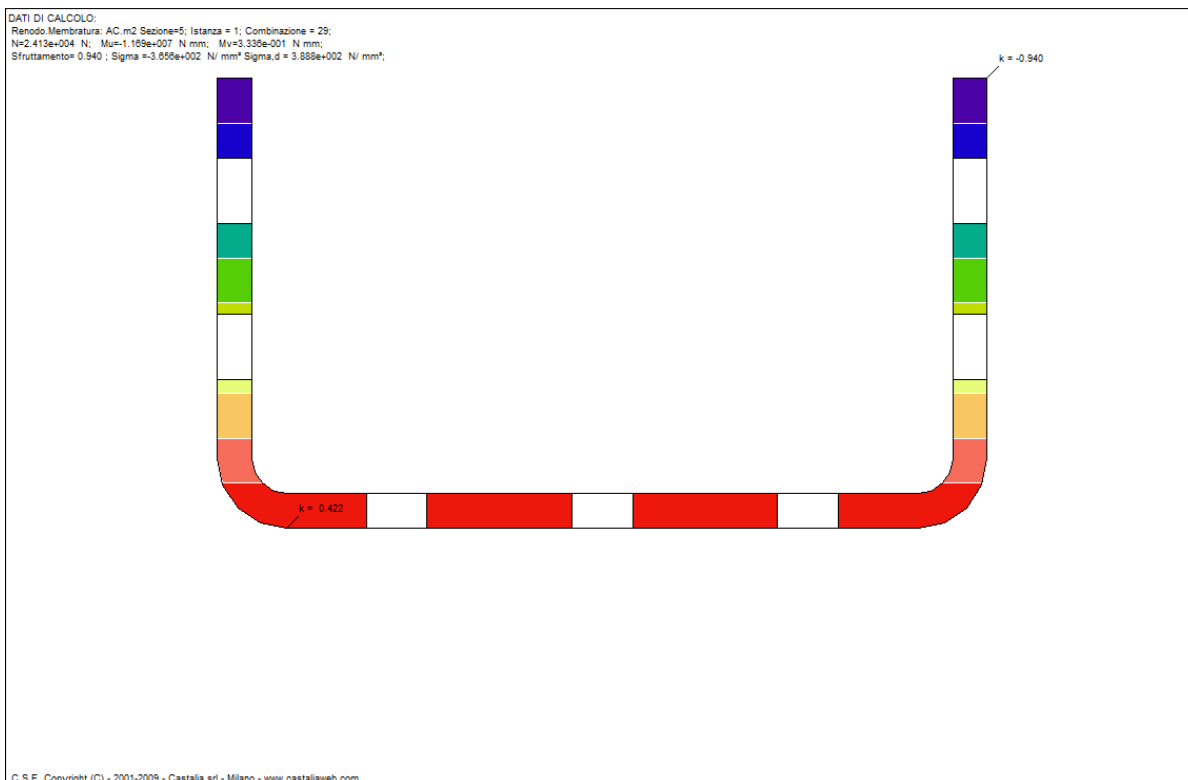


**Sfruttamento secondo Eurocodice 3 – Involuppo sulle combinazioni**



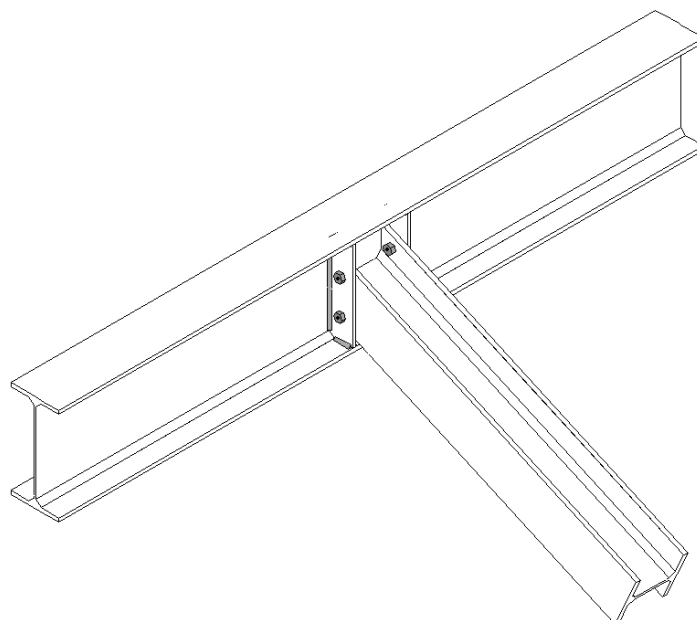
Castalia s.r.l. – Via Pinturicchio, 24 – 20133 - Milano

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



**Risultati sulla sezione netta più sollecitata, nella combinazione di verifica più critica**

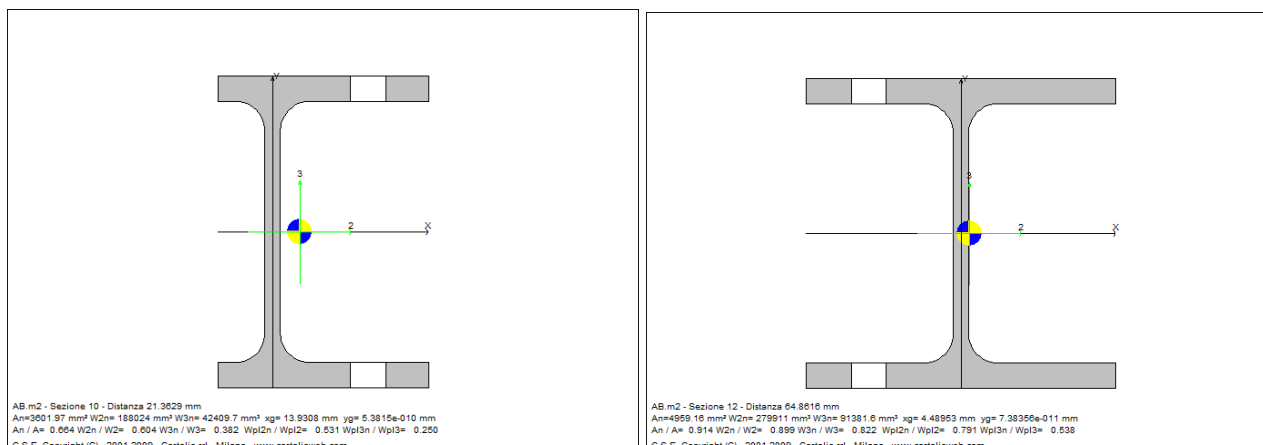
**GI005**



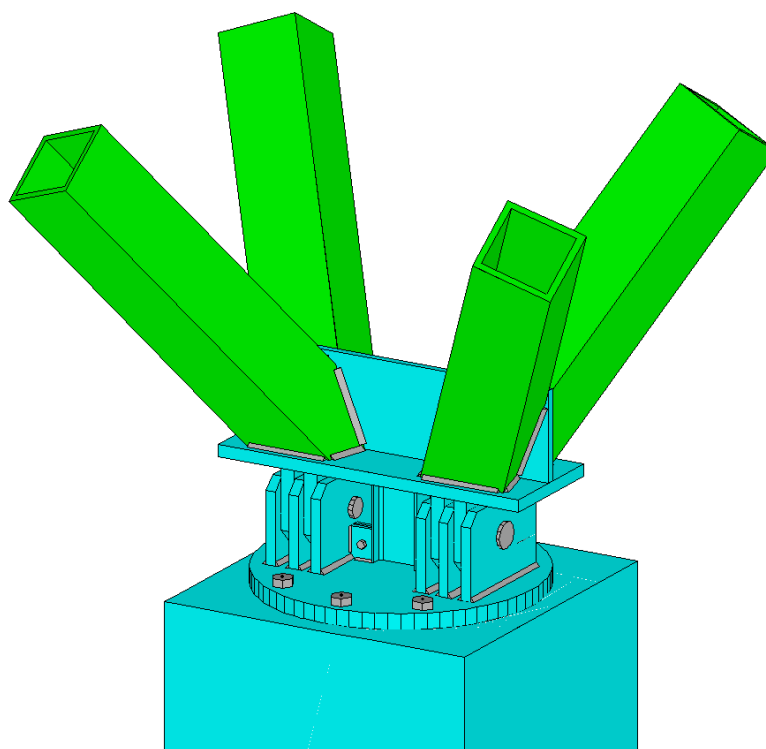
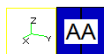
Castalia s.r.l. – Via Pinturicchio, 24 – 20133 - Milano

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

La trave secondaria inclinata è bullonata alle costole saldate alla principale.



Alcune delle sezioni nette calcolate automaticamente da CSE

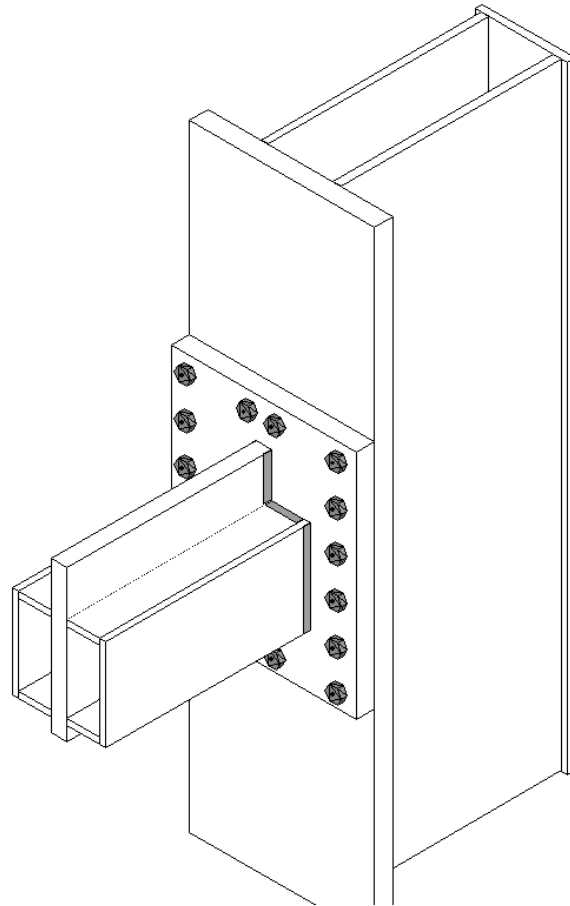


Complesso nodo di base: cortesia Ing. Alborghetti AMSIS srl

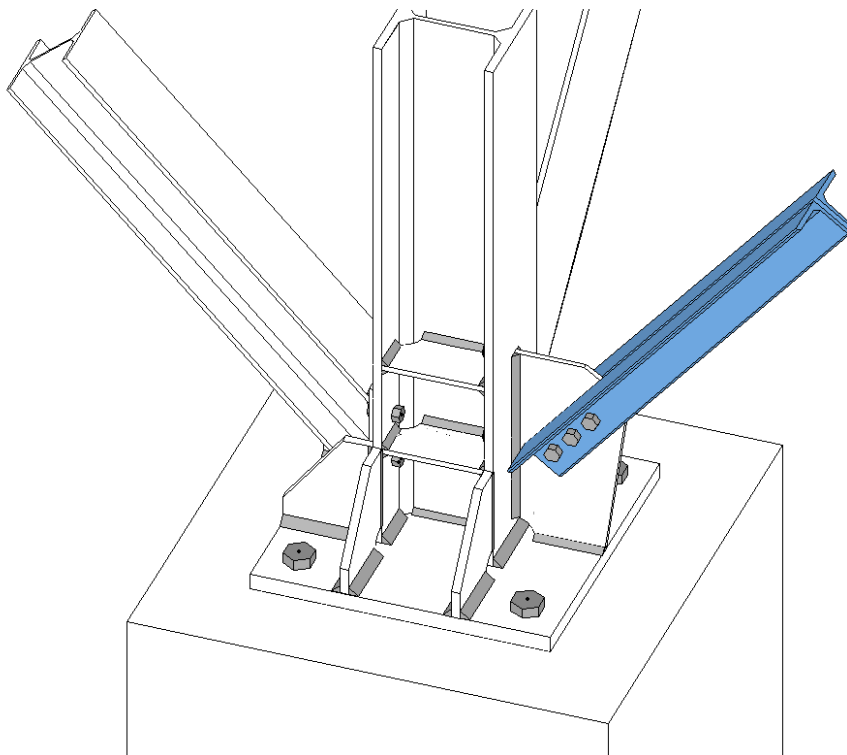


Castalia s.r.l. – Via Pinturicchio, 24 – 20133 - Milano

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



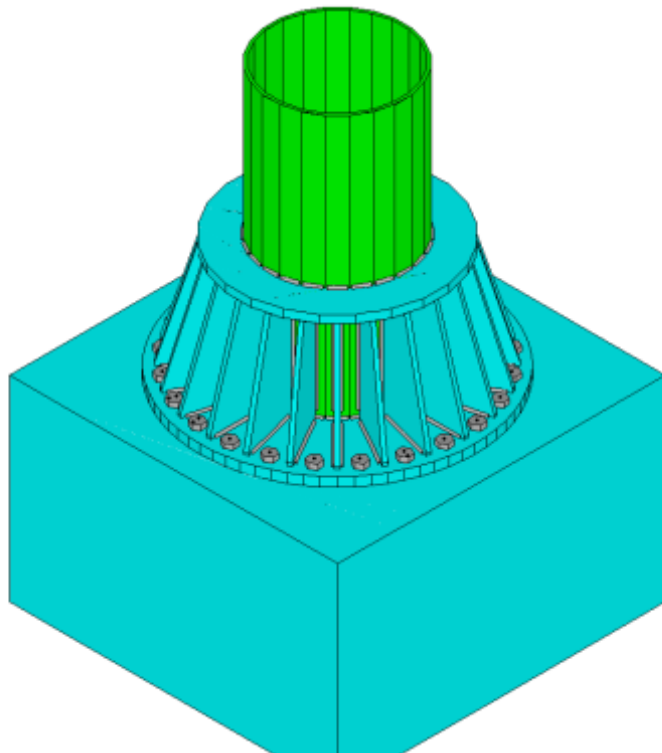
**Nodo trave colonna. Cortesia C.E.N. Bochum, Germany**



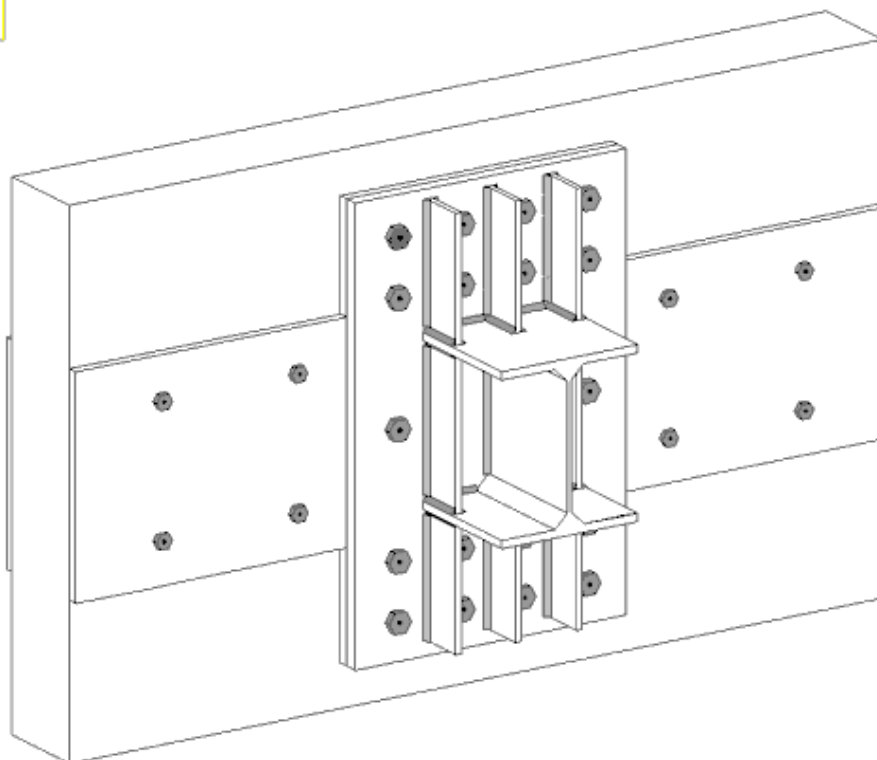
**Nodo di base. Cortesia SZF, Italy**



Castalia s.r.l. – Via Pinturicchio, 24 – 20133 - Milano



**Nodo di base. Cortesia ing. Bagnasco.**

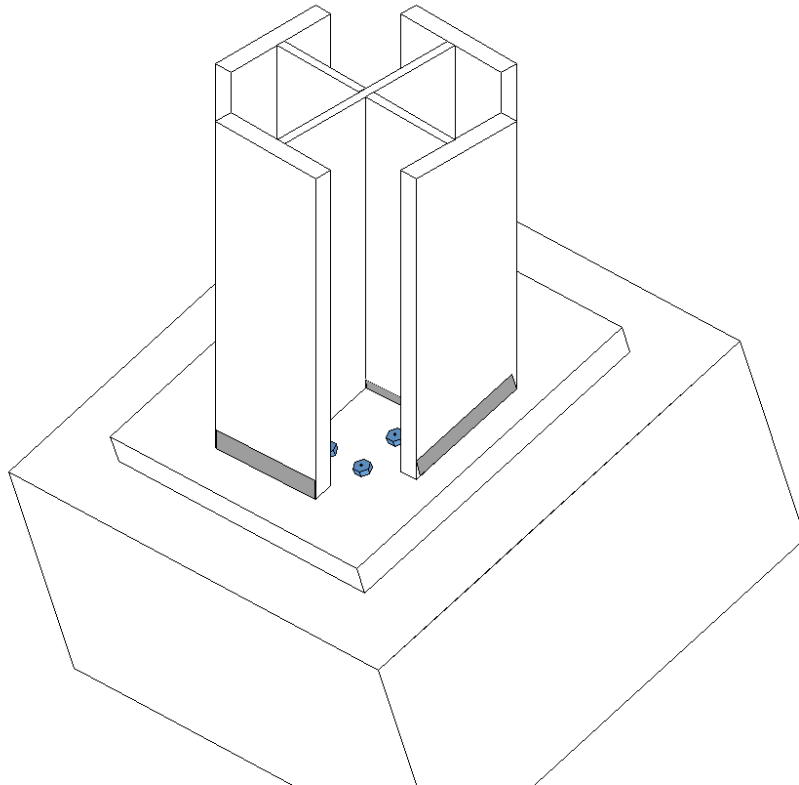


**Nodo trave a muro. Cortesia ing. Galluzzi.**



Castalia s.r.l. – Via Pinturicchio, 24 – 20133 - Milano

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



**Nodo di base con appoggio sghembo. Cortesia C.E.N., Bochum, Germany**



Castalia s.r.l. – Via Pinturicchio, 24 – 20133 - Milano

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



## 8 Scheda tecnica riassuntiva di C.S.E.

<b>Produttore e distributore</b>	Castalia s.r.l.
<b>Sistemi operativi</b>	Windows NT, Windows9X, Windows ME, Windows 2000, Windows XP, Windows Vista, 7, 8 o superiori a 32bit e 64 bit
<b>Requisiti hardware</b>	Quelli del sistema operativo
<b>Interfacciamenti input</b>	SARGON, SAP2000, STRAP, STAAD PRO, MIDAS, RISA3D, CMP, SR4 compatibili
<b>Solutori esterni supportati</b>	SARGON, STAAD PRO, SAP2000, MIDAS
<b>Solutori interni</b>	Statico CLEVER (lineare), CURAN (nonlineare), WBUCKLING (buckling)
<b>Normative (tutte incluse)</b>	CNR 10011 (TA o SL), EC3, IS-800 WS SL, AISC-ASD, AISC-LRFD, BS-5950, SNIp
<b>Lingue in output</b>	Italiano, inglese, su richiesta ogni lingua desiderata
<b>Caratteristiche software (estratto)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Help ipertestuale,</li> <li>- context sensitive help,</li> <li>- tool tip,</li> <li>- architettura MDI (Multiple Document Interface),</li> <li>- multitasking,</li> <li>- comandi accatastabili,</li> <li>- trasferimento immagini agli appunti,</li> <li>- interfaccia personalizzabile,</li> <li>- toolbars,</li> <li>- più di 100 bottoni,</li> <li>- Filmati multimediali per un totale di più di 11 ore di filmati.</li> <li>- Guida PDF più di 800 pagine a colori.</li> </ul>
<b>Caratteristiche tecniche generali (estratto)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Creazione di modelli fem all'interno del programma.</li> <li>- Importazione di modelli fem nel formato di Sargon o di Sap2000 o</li> </ul>



- SR3, o Sr4, o STRAP, o STAAD PRO, o MIDAS, o RISA3D.
- Riconoscimento automatico delle membrature.
  - Riconoscimento e catalogazione automatica dei jnodi eguali secondo casistiche di ampia generalità.
  - Creazione di un tabulato con la lista dei jnodi e con le loro caratteristiche, incluse le azioni interne di inviluppo al variare delle istanze utili per le verifiche.
  - Possibilità di trasformare un jnodo in renodo mediante la aggiunta di componenti come squadrette, doppie squadrette, piatti rettangolari, piatti rettangolari smussati (costole), piatti triangolari, piatti trapezoidali, piatti poligonali regolari, piatti circolari, piatti di forma poligonale irregolare, tronchi di profilato generico considerando le oltre 18000 sezioni presenti in SAMBA (sezioni IPE, HEA, HEB, HEM, UPN, M, W, WT, UB, UC, ASB, a T a L a C saldate, a T per taglio di H laminati, angolari, circolari, formate a freddo, composte generiche, ecc. ecc.), blocchi vincolo, chiavi di taglio. Operazioni di copia, rotazione, spostamento.
  - Possibilità di definire lavorazioni come intagli di forma generica con poligonale di taglio, intagli con box di taglio, rotazioni di facce, traslazioni di facce, smussi triangolari, smussi quadrati, smussi circolari. Tali lavorazioni consentono di modificare sia le membrature che i tramite.
  - Allungamenti e accorciamenti di membrature.
  - Possibilità di definire bullonature con disposizione rettangolare regolare o sfalsata, circolare e totalmente generica.
  - Perni.
  - Bullonature a solo taglio o a taglio e trazione/compressione, solo a trazione e non a compressione, ancoraggi, unioni ad attrito, bullonature con contrasto (con calcoli non lineari per la determinazione dell'asse neutro e della zona compressa del contrasto), contrasti con legge costitutiva no tension lineare, elastica perfettamente plastica, trilineare, parabola-rettangolo. Le bullonature possono riguardare qualsiasi faccia piana di qualsiasi oggetto in contatto con altri oggetti che saranno bullonati a questo (al momento successione di facce piane parallele), senza nessuna limitazione di giacitura o di orientazione.
  - Possibilità di definire layout di cordoni di saldatura d'angolo, e a



completa o parziale penetrazione, tra facce piane in contatto, con cordoni in numero e disposizione arbitraria.

- Possibilità di definire terne locali agli elementi o ai componenti come sistema di coordinate attivo.

- Possibilità di definire variabili e condizioni mediante formule memorizzate dal programma (senza necessità di saper programmare), partendo da variabili predefinite che includono le informazioni sui componenti presenti nella scena (ad esempio una variabile “pippo= $m2.fy / m2.ft$ ” o una condizione “ $N < m1.fy * m1.A / \text{gammaM0}$ ”).

- Aggiunta guidata verifiche di normativa.

- Riconoscimento automatico delle connessioni, senza bisogno di indicare i pezzi coinvolti.

- Ricostruzione della topologia e connettività del renodo, riconoscimento di compenetrazioni, di giunti mal posti di componenti non collegati. Ricostruzione automatica di tutte le catene di collegamento da una membratura al master o da una membratura al blocco vincolo o da una membratura al pezzo centrale (jnodi gerarchici, attacchi, jnodi centrali).

- Calcolo automatico in funzione delle combinazioni definite nel modello fem o, indipendentemente da questo, calcolo basato sui limiti elastici e plastici delle membrature opportunamente fattorizzati (indipendenza da modello fem o da programmi esterni), o su dati importati da EXCEL.

- Verifica in accordo a CNR alle tensioni ammissibili, CNR agli stati limite, Eurocodice 3 parte 1-8, IS-800 WS e LS, AISC-ASD AISC-LRFD, BS 5950, là dove applicabili (verifiche su bulloni e su cordoni di saldatura, verifiche di rifollamento, punching shear, block shear, ecc.).

- Creazione automatica dei modelli agli elementi finiti dei componenti, o di aggregati, incluso l'intero nodo, inclusivi delle lavorazioni e degli irrigidimenti, per il solutore Clever (statica lineare) o Curan (statica non lineare) o WBUCKLING di CSE, o per Sap2000 o MIDAS, importabili per approfondimento di studi in Sargon Sap2000 o MIDAS o risolti automaticamente da dentro CSE (no costi aggiuntivi).

I modelli sono meshati automaticamente con il passo di mesh desiderato ed includono tutte le azioni elementari trasmesse dai bulloni e dai cordoni, per un attento esame dello stato di sforzo di piastre di



- qualsiasi forma, anche in seguito alle lavorazioni applicate.
- Verifiche automatiche a rifollamento per tutti i pezzi collegati da bullonature.
  - Verifiche automatiche a scorrimento delle unioni.
  - Verifiche automatiche a sfilamento degli ancoraggi.
  - Verifiche automatiche del contrasto nelle bullonature con contrasto, rappresentazione degli sforzi di compressione nel contrasto e di trazione nelle bullonature.
  - Ricerca automatica delle sezioni nette delle membrature (a causa di intagli o fori dovuti a bullonature) e loro verifica automatica a presso o tensoflessione retta o deviata sotto l'azione delle forze pertinenti ricostruite sommando i contributi dei singoli bulloni o parti di cordoni pertinenti (gradazione della diffusione dello sforzo nelle membrature).
  - Rappresentazione della variazione di sforzo normale sulla sezione netta.
  - Verifica automatica semplificata dei tramite in opportune sezioni notevoli (sezioni d'attacco piatti). Verifiche di block shear e di punching shear.
  - Verifiche di deformabilità del renodo.
  - Verifiche utente basate su formule definite dall'utente stesso, memorizzate ed applicate dal programma e quindi piena personalizzabilità, estendibilità, automazione.
  - Rappresentazione in falsi colori dei coefficienti di sfruttamento di ogni singolo componente sottoposto a verifica.
  - Rappresentazione della deformata del renodo per una immediata comprensione dei fenomeni in gioco.
  - Rappresentazione delle azioni scambiate da ogni componente con gli altri, e quindi ricostruzione degli equilibri e del fluire delle forze da un componente all'altro.
  - Creazione di un **esteso tabulato con i risultati** di tutte le verifiche e con le informazioni relative a tutti i componenti, in italiano o inglese e con unità di misura variabili.
  - Creazione di report ODT (apribile da Microsoft Word<sup>®</sup> e Open Office<sup>®</sup>) o ePUB convertibile a DOC, PDF mediante tool esterni a CSE.
  - Possibilità di **esportare DXF con il modello 3D** del renodo (FACE3D o LINE3D).



- Possibilità di riaggiornare il modello dei renodi salvando tutto il lavoro salvabile a seguito di cambiamenti nel modello fem originario.
- Possibilità di **definire salvare e richiamare** (costruendo istantaneamente il nodo) famiglie di nodi parametrici.
- Possibilità di copiare e incollare nodi già fatti da un modello a un altro.
- Nodoteca di **nodi parametrici con 780 famiglie**.





Castalia s.r.l. – Via Pinturicchio, 24 – 20133 - Milano

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

## 9 Inquadramento commerciale

La seguente tabella dà conto delle varie versioni di CSE attualmente disponibili e dei prezzi per le varie versioni, nonché delle differenze esistenti.

	LIGHT ENTRY	LIGHT BASIC	LIGHT PREMIUM	STANDARD	FULL	DEMO 30 giorni
<b>Famiglie di Nodi Parametrizzati (PRenodi)<sup>1</sup></b>	<b>63</b>	<b>159</b>	<b>786</b>	<b>786</b>	<b>786</b>	<b>786</b>
<b>Massimo numero JNodi Modelli Singoli<sup>2</sup></b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>Illimitati</b>	<b>15</b>
<b>Samba<sup>3</sup></b>	X	X	X	X	√	X
<b>Parametrizzazione<sup>4</sup></b>	X	X	X	X	√	√
<b>Creazione libera nodi</b>	X	X	X	√	√	√
<b>Massimo numero nodi modelli FEM automatici<sup>5</sup></b>	<b>30 000</b>	<b>30 000</b>	<b>30 000</b>	<b>30 000</b>	<b>illimitati</b>	<b>10000</b>
<b>Verifica bulloni</b>	√	√	√	√	√	√
<b>Verifica saldature</b>	√	√	√	√	√	√
<b>Verifica rifollamento</b>	√	√	√	√	√	√
<b>Verifica punzona mento</b>	√	√	√	√	√	√
<b>Verifica block tear</b>	√	√	√	√	√	√
<b>Verifiche sezioni nette</b>	√	√	√	√	√	√
<b>Variabili utente e verifiche utente</b>	√	√	√	√	√	√
<b>Sargon Reader<sup>6</sup></b>	√	√	√	√	√	√
<b>Eurocodice</b>	√	√	√	√	√	√
<b>AISC ASD/LRFD</b>	√	√	√	√	√	√
<b>IS AS/LS</b>	√	√	√	√	√	√
<b>SNiP</b>	√	√	√	√	√	√
<b>BS 5950</b>	√	√	√	√	√	√
<b>Analisi FEM lineare</b>	√	√	√	√	√	√
<b>Analisi FEM non lineare</b>	√	√	√	√	√	√
<b>Interfacciamenti</b>	√	√	√	√	√	√
<b>PREZZI IVA ESCLUSA</b>						
<b>Prezzi Canone<sup>7</sup></b>	---	---	---	<b>1100</b>	<b>1500</b>	---
<b>Prezzi Acquisto</b>	<b>250</b>	<b>810</b>	<b>1800</b>	<b>3300</b>	<b>4500</b>	---
<b>Acquisto Università</b>	---	---	---	---	<b>700</b>	---

### Note

<sup>1</sup> Nodi parametrizzati. Ogni “nodo parametrizzato” è una famiglia di molte infinità di nodi, differenti per la dimensione dei profili delle membrature (mantenendo lo stesso numero di membrature, e lo stesso tipo di forma sezionale, con dimensioni variabili, ad esempio IPE 300 o HEB200), differenti per lo spessore e la dimensione dei componenti (mantenendo lo stesso numero e tipo), differenti per il diametro ed il numero dei bulloni, differenti per lo spessore ed il numero dei cordoni, ecc. In pratica ogni famiglia è un PRenodo, o Nodo Reale Parametrizzato.



- <sup>2</sup> Ogni file di CSE, ovvero ogni “modello singolo”, gestisce in generale una intera struttura e può degenerare in un singolo nodo o pochi nodi disgiunti. I JNodi sono i “nodi” differenti nello stesso modello singolo. Ogni JNodo può ripetersi varie volte identico nella struttura. Ad esempio un portale simmetrico ha 2 JNodi, ciascuno con 2 istanze, o ripetizioni identiche.
- <sup>3</sup> Samba è il modulo per la gestione degli archivi di sezioni e materiali. Senza Samba è comunque possibile aggiungere nuove forme sezionali, ma non è possibile modificare gli archivi di CSE.
- <sup>4</sup> In CSE FULL è possibile parametrizzare (ovvero trasformare in PRenodo) ogni possibile collegamento, anche della forma più strana e con le più strane forme sezionali. Ciò consente di automatizzare molte operazioni sui propri nodi ricorrenti, ed anche di personalizzare il modo in cui sono costruiti.
- <sup>5</sup> Tutte le versioni di CSE sono in grado di creare in modo automatico i modelli agli elementi finiti per l’analisi lineare e non lineare di singoli componenti e di aggregati di componenti (modelli con plate-shell). Alcune versioni, comunque, non possono creare modelli agli elementi finiti aventi più di un certo numero di nodi (nel senso dei modelli agli elementi finiti).
- <sup>6</sup> Sargon Reader è il modulo usato per vedere i risultati delle analisi FEM.
- <sup>7</sup> Il canone d’uso scade sempre il 31 dicembre di ogni anno. Ordini fatti nella prima metà dell’anno hanno i canoni scalati, ordini fatti nella seconda metà dell’anno vanno all’anno successivo.





Per informazioni:

**Castalia srl**  
**Via Pinturicchio, 24**  
**20133 Milano**  
**<http://www.castaliaweb.com>**  
**[info@castaliaweb.com](mailto:info@castaliaweb.com)**  
**tel: 02-266 81 083**  
**fax: 02-266 81 876**

