STACEC

FaTA NEXT

Software per la modellazione, l'analisi e la verifica di strutture

Manuale d'uso



Sommario

1 Introduzione 9
2 Aggiunte in questa versione del manuale 11
3 Ambiente principale 11
3.1 Barra multifunzione 15
3.1.1 File 20
3.1.2 Dati 21
3.1.2.1 Dati Generali 22
3.1.2.2 Materiali 43
3.1.2.3 Analisi, azioni e combinazioni 53
3.1.2.4 Carichi predefiniti 69
3.1.2.5 Livelli 70
3.1.2.6 Criteri di progetto 73
3.1.2.7 Criteri di modellazione 74
3.1.2.8 Rinforzi 76
3.1.2.9 Colonne stratigrafiche 78
3.1.2.10 Materiali uniassiali 82
3.1.2.11 Fattori di rigidezza 84
3.1.2.12 Durabilità 85
3.1.2.13 Modelli di degrado 88
3.1.2.14 Dati spinte terreno parete 89
3.1.2.15 Importa dati 91
3.1.2.16 Editor profilati 92
3.1.2.17 Editor solai 94
3.1.2.18 Editor tamponature 96
3.1.2.19 Editor mezzi di unione 98
3.1.2.20 Editor set Fattori di rigidezza 99
3.1.2.21 Editor Tipologie DAN 100
3.1.2.22 Editor layer 101
3.1.3 Tipologie elementi 102
3.1.3.1 Sezioni 103
3.1.3.2 Solai 122
3.1.3.3 Tamponature 124
3.1.3.4 Piastre 125
3.1.3.5 Dispositivi antisismici 126
3.1.3.6 Elementi Link 127
3.1.3.7 Plinti 128
3.1.3.8 Mezzi di unione 130
3.1.4 Geometria 130
3.1.4.1 Operazioni 131
3.1.4.2 Nodo 138
3.1.4.3 Aste 145
3.1.4.4 Elementi bidimensionali 156
3.1.4.5 Zoom e Viste 166
3.1.5 Modello 166
3.1.5.1 Modello Nodo 167

3.1.5.1.1 Armatura plinto 176
3.1.5.2 Modello Asta 179
3.1.5.2.1 Vincoli asta 180
3.1.5.2.2 Armatura asta 180
3.1.5.2.3 Nervature 185
3.1.5.3 Modello Piastra 191
3.1.5.3.1 Armatura piastra 193
3.1.5.3.2 Armatura pareti 197
3.1.6 Carichi 203
3.1.6.1 Carico neve 210
3.1.6.2 Carico vento 213
3.1.6.3 Carico di Pre Deformazione 216
3.1.7 Blocchi 218
3.1.7.1 Creazione di un blocco a partire da elementi presenti nel modello 219
3.1.7.2 Creazione di un blocco attraverso procedura di input di un sottomodello strutturale 220
3.1.7.3 Creazione di un blocco a partire da un file dwg/dxf 221
3.1.7.4 Creazione di un blocco a partire da un modello 222
3.1.7.5 Inserimento di un blocco nel modello strutturale 223
3.1.8 Elaborazione 224
3.1.8.1 Calcolo 225
3.1.8.2 Validazione input 228
3.1.8.3 Definizione modello 229
3.1.8.4 Verifiche 231
3.1.8.5 Riprogetta 235
3.1.8.6 Funzionalità Isolatori 235
3.1.9 Output 240
3.1.9.1 Risultati calcolo 241
3.1.9.2 Risultati analisi non lineare 244
3.1.9.3 Risultati "Solutore elementi discreti" 248
3.1.9.4 Graficizzazione 256
3.1.9.4.1 Gestione testata 261
3.1.9.4.2 Procedura per la generazione manuale delle tavole 263
3.1.9.4.3 Procedura per la generazione automatizzata delle tavole 265
3.1.9.5 Relazione di calcolo 267
3.1.9.6 Piano di manutenzione 271
3.1.9.7 Computo dei materiali 273
3.1.9.8 Sistemi informativi 276
3.1.9.8.1 SISMI.CA 276
3.1.9.8.2 OpenGenio (Allegato B) 276
3.1.9.9 Esportazione per IDEA StatiCa 277
3.2 Navigatore e filtri 279
3.2.1 Visualizzazione 280
3.2.2 Filtri 285
4 Unioni di forza 287
4.1 Operazioni 287

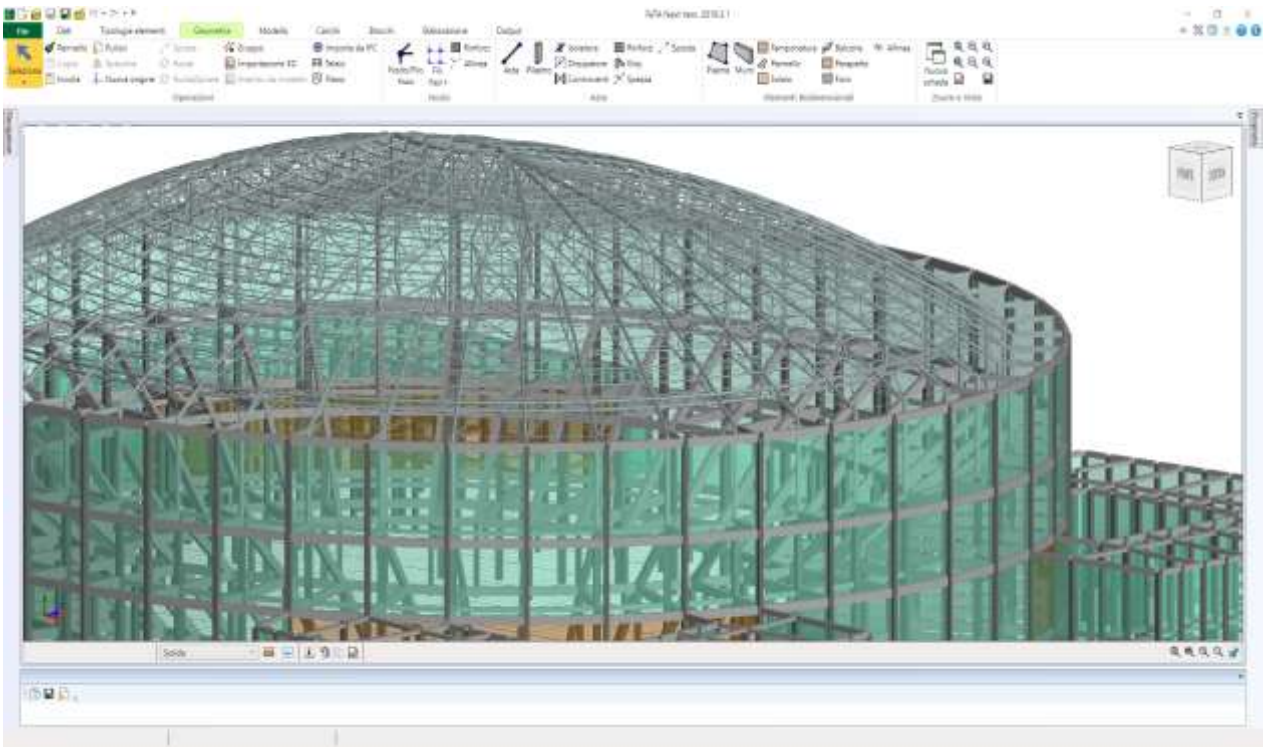
4.2 Definizione della geometria 292
4.3 Definizione unioni di forza 296
4.4 Gestione Unione 300
4.5 Dimensionamento piastra 305
4.6 Saldature 306
4.7 Mezzi di unione 308
4.8 Nervature 315
4.9 Graficizzazione e Relazione di calcolo 320
5 Calcolo 322
5.1 Modellazione e analisi agli elementi finiti 322
5.1.1 Oggetti ed elementi 323
5.1.2 Sistema di coordinate 324
5.1.3 Nodi e gradi di libertà 327
5.1.4 Relazioni Master/Slave 328
5.1.5 Proprietà dei materiali 330
5.1.6 Generazione della mesh 332
5.1.7 Elementi BEAM e TRUSS 334
5.1.8 Elemento FOND 336
5.1.9 Elemento ISOLATORE 337
5.1.10 Elemento DISSIPATORE VISCOSO 339
5.1.11 Elemento SHELL 342
5.1.12 Interazione plinti/terreno 344
5.1.13 Condizioni di carico 349
5.1.14 Modello con conci rigidi 350
5.1.15 Fondazione Non Lineare 351
5.1.16 Tipi di analisi 352
5.1.16.1 Analisi Lineare 353
5.1.16.1.1 Analisi Statica Lineare 353
5.1.16.1.2 Analisi Dinamica Lineare 354
5.1.16.2 Analisi Non Lineare 355
5.1.16.2.1 Analisi Statica Non Lineare 355
Tipi di spinta applicate 360
Elemento trave/colonna a plasticità diffusa 362
5.1.16.2.2 Analisi Dinamica Non Lineare 366
5.1.16.2.3 Materiale acciaio: Menegotto e Pinto (1973) 368
5.1.16.2.4 Materiale calcestruzzo: Kent e Park (1973) 369
5.1.16.2.5 Effetto del confinamento delle staffe 370
5.1.16.2.6 Resistenza a taglio 371
5.2 Modellazione degli elementi in muratura 372
5.2.1 Comportamento nel piano dei macro-elementi 372
5.2.2 Comportamento fuori piano 374
5.2.3 Elemento Corner 375
5.2.4 Caratteristiche del modello delle murature 377
5.2.5 Interazione con elementi FEM 378
5.2.6 Consigli per la realizzazione di un modello corretto 378
5.2.7 Particolari comportamenti modellabili 387
5.3 Modellazione delle pareti in c.a. 390

5.3.1 Presso-flessione 390
5.3.2 Taglio-fessurazione....392
5.4 Modellazione delle pareti con rinforzi FRCM....394
5.4.1 Presso-flessione 394
5.4.2 Taglio diagonale....395
5.5 Modellazione delle tamponature 396
6 Verifiche 399
6.1 Elementi in C.A.....399
6.1.1 Aste in C.A. 399
6.1.1.1 Flessione composta deviata 399
6.1.1.2 Taglio 402
6.1.1.3 Taglio ciclico (C8.7.2.3.5)....403
6.1.1.4 Torsione 403
6.1.1.5 Compressione massima....405
6.1.1.6 Stabilità 406
6.1.1.7 Stato tensionale 407
6.1.1.8 Fessurazione 408
6.1.1.9 Deformabilità 409
6.1.1.10 Spostamenti relativi (RIG) 410
6.1.1.11 Gerarchia delle resistenze (Travi)....410
6.1.1.12 Gerarchia delle resistenze (Pilastri) 411
6.1.1.13 Duttilità....412
6.1.2 Nodi in C.A.....415
6.1.2.1 Compressione 415
6.1.2.2 Trazione 416
6.1.2.3 Gerarchia delle resistenze 417
6.1.3 Solai e balconi in C.A. 418
6.1.3.1 Taglio (Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio) 418
6.1.3.2 Taglio/punzonamento 419
6.1.4 Pareti in C.A. 420
6.1.4.1 Presso/flessione 420
6.1.4.2 Taglio 421
6.1.4.3 Taglio/scorrimento 423
6.1.4.4 Duttilità....424
6.1.5 Tamponature 425
6.1.5.1 Verifica sismica....426
6.1.5.2 Verifica a carichi orizzontali Hk 428
6.1.5.3 Rinforzi 429
6.1.6 Elementi superficiali di fondazione 432
6.1.6.1 Portanza 433
6.1.6.2 Cedimenti 439
6.1.7 Pali di fondazione 440
6.1.7.1 Carico limite orizzontale 441
6.1.7.2 Carico limite verticale....443
6.2 Elementi in Acciaio 450
6.2.1 Verifiche di resistenza 451

6.2.1.1 Trazione 451
6.2.1.2 Compressione 452
6.2.1.3 Flessione....453
6.2.1.4 Taglio 453
6.2.1.5 Flessione e Taglio....454
6.2.1.6 Presso o tenso/flessione retta....454
6.2.1.7 Elastica puntuale 455
6.2.2 Effetti delle imperfezioni 455
6.2.3 Verifiche di stabilità 456
6.2.3.1 Aste compresse....456
6.2.3.2 Presso/flessionale....457
6.2.3.3 Flesso/torsionale 458
6.2.3.4 Taglio dei pannelli d'anima....459
6.2.4 Verifiche di deformabilità 461
6.2.5 Verifica degli spostamenti laterali 461
6.2.6 Spostamenti relativi (RIG)....462
6.2.7 Verifiche di duttilità....462
6.2.8 Gerarchia delle resistenze 462
6.3 Elementi in legno 462
6.3.1 Verifiche di resistenza....463
6.3.1.1 Trazione 463
6.3.1.2 Compressione 464
6.3.1.3 Flessione....464
6.3.1.4 Tensoflessione 464
6.3.1.5 Pressoflessione....465
6.3.1.6 Taglio 465
6.3.1.7 Torsione 465
6.3.1.8 Taglio e torsione 466
6.3.2 Verifiche di stabilità 466
6.3.2.1 Elementi inflessi (instabilità di trave)....466
6.3.2.2 Elementi compressi (instabilità di colonna)....467
6.3.3 Verifiche di deformabilità 468
6.4 Tamponature 468
6.4.1 Verifica sismica....468
6.4.2 Verifica a carichi orizzontali Hk....471
6.4.3 Rinforzi....473
6.5 Verifica a scorrimento/ribaltamento 476
6.5.1 Verifica a scorrimento SLV 476
6.5.2 Verifica a ribaltamento SLV 476
6.6 Effetti delle non linearità geometrica....476
7 Come fare per (FAQ) 477
7.1 Aggiungere un'immagine in relazione....477
7.2 Allineare due o più nodi rispetto un piano 479
7.3 Cambiare i colori dei vari elementi....481
7.4 Cambiare il tipo di analisi 482
7.5 Cambiare la vista 3D da ortografica a prospettica 482
7.6 Cambiare le unità di misura....483

7.7 Cambiare le unità di misura nella graficizzazione 484
7.8 Definire i fili fissi (Nuovo progetto) 486
7.9 Duplicare un piano 487
7.10 Copiare una parte di struttura 491
7.11 Eliminare il nodo master ad un generico livello 493
7.12 Eliminare un qualsiasi oggetto 495
7.13 Esportare un nodo per IDEA StatiCa 495
7.14 Gestire le preferenze verifiche 497
7.15 Graficizzare un telaio (ad es. in acciaio) 498
7.16 Importare uno sfondo dxf/dwg (2D) 500
7.17 Impostare un analisi per la muratura 502
7.18 Inserimento multiplo 504
7.19 Inserire i vincoli in fondazione 507
7.20 Inserire l'azione termica 508
7.21 Inserire un carico generico (Es. carico scala) 509
7.22 Inserire un cordolo per la tamponatura 511
7.23 Inserire un plinto 512
7.24 Inserire un rinforzo strutturale 514
7.25 Inserire una parete strutturale 516
7.26 Inserire una piastra 518
7.27 Inserire una piastra generica isotropa 520
7.28 Inserire una spinta terreno/parete 522
7.29 Inserire una tamponatura 526
7.30 Modificare i carichi di un solaio 527
7.31 Modificare i dati tipo ai piani 528
7.32 Modificare l'altezza di un pilastro 530
7.33 Personalizzare l'interfaccia grafica 532
7.34 Problemi con l'avvio dell'Analisi pushover 532
7.35 Raggruppare due o più elementi 535
7.36 Raggruppare due o più unioni 536
7.37 Selezione multipla rapida (Ctrl+A) 538
7.38 Spezzare un elemento strutturale 539
7.39 Utilizzare il box coordinate 541
7.40 Utilizzare il filtro per coordinate 543
7.41 Visualizzare insieme la vista 3D e una 2D 545
7.42 Visualizzare l'input 2D 547
7.43 Come configurare FaTA Next per la verifica globale Pushover per le murature applicando la Circolare 548
7.44 Come configurare FaTA Next per la verifica globale Pushover nel caso di strutture in c.a. (Elementi Discreti) 550
8 Procedure 552
8.1 Differenza tra Verifica e Riprogetta 552
8.2 Gestione armature su edifici esistenti 552
8.3 Importare da dxf/dwg 555
8.4 Selezione a box 556
8.5 Tasto destro del mouse dopo selezione elemento 557
9 Requisiti di sistema 558
10 Copyright 559

1 Introduzione



Il software è stato implementato nell'ambito della nuova e moderna piattaforma dei prodotti Stacec, basata sulle ultime tecnologie informatiche, e che offre una serie di innovazioni operative:

- input tridimensionale, con modalità integrata a nodi liberi e a fili fissi;
- gestione dell'input del modello "a oggetti";
- posizionamento degli elementi mediante funzioni grafiche 3D di ancoraggio (grip);
- gestione semplificata e "intelligente" delle operazioni di inserimento, modifica e cancellazione, singolo e multiplo;
- possibilità di importazione di file DXF sia 2D che 3D con funzionalità snap integrate nell'ambiente di input;
- gestione dei carichi tramite set predefiniti per oggetto;
- filtri per la visualizzazione degli oggetti, Piani di lavoro e Layer;
- gestione multi progetto, copia-incolla tra progetti e gestione di Blocchi di elementi di input;
- assegnazione personalizzabile all'elemento del criterio di progetto;
- gestione personalizzata delle unità di misura.

Tutti i comandi di input di FaTA Next sono disponibili sia in ambiente bidimensionale (utile alla gestione delle classiche strutture organizzate ad impalcati) che in ambito tridimensionale. Oltre alla geometria è possibile gestire aspetti propri della modellazione strutturale come: vincoli esterni per i vari oggetti, molle, carichi concentrati e coppie, rilasci dei gradi di libertà interni (ad es. cerniere interne), carichi ripartiti (nel riferimento globale o locale) sui vari oggetti.

L'interfaccia grafica è stata sviluppata con la più avanzata teconologia resa disponibile da Microsoft, la teconlogia Windows Presentation Foundation (WPF) che, dal punto di vista dell'utente finale offre i seguenti vantaggi principali:

- motore grafico vettoriale, che rende l'interfaccia grafica facilmente scalabile a adattabile a risoluzioni

diverse e dispositivi diversi;
- maggiore precisione, in quanto il sistema di coordinate WPF è espresso con numeri in virgola mobile a doppia precisione;
- utilizzo avanzato dell'accelerazione hardware e delle risorse grafiche hardware dedicate.

Nello sviluppo della nuova piattaforma, di cui FataNext è il prodotto di punta, il massimo impegno è stato messo per rendere tutti i software il più possibile uniformi dal punto di vista dell'impatto grafico e dell'utilizzo per l'utente finale.

Analisi

FaTA Next consente l'utilizzo di diversi tipi di analisi in modo da poter risolvere le varie problematiche strutturali. Con particolare riferimento alle analisi sismiche, è possibile l'elaborazione di:

- Analisi statica lineare equivalente;
- Analisi dinamica con spettro di risposta;
- Analisi statica non lineare (Pushover);
- Analisi dinamica non lineare;
- Analisi di capacità portante Push-down

Per le analisi dinamiche non lineari l'integrazione diretta nel tempo dell'equazione del moto viene effettuata tramite il metodo di Newmark, utilizzando una libreria di elementi finiti specifica per le problematiche della progettazione strutturale. In particolare sono disponibili elementi asta a plasticità diffusa mediante discretizzazione a fibre e appropriati modelli costitutivi per il calcestruzzo (Kent & Park) e l'acciaio (Menegotto-Pinto), isolatori elastomerici, isolatori elastomerici a nucleo in piombo, a scorrimento (friction pendulum), slitte, dissipatori viscosi e ricentranti. Il solutore è stato sviluppato utilizzando le funzionalità di calcolo multi-thread e librerie algebriche Intel® Math Kernel Library. Le parti strutturali in muratura vengono analizzate mediante il metodo degli “elementi discreti” utilizzando dei macro-elementi 3D (I. Caliò, M. Marletta, B. Pantò – Università di Catania).

Verifiche

Le verifiche strutturali elaborate da FaTA Next sono interamente personalizzabili. L'utente può scegliere la progettazione automatica delle armature proposta dal software (basata sui "criteri di progetto") o personalizzare completamente le armature (anche elemento per elemento) utilizzando FaTA Next esclusivamente come strumento di verifica. Dall'esperienza dei precedenti software Stacec, anche FaTA Next è un ambiente unico ed integrato per le verifiche strutturali. Ciò è particolarmente utile per la gestione delle strutture esistenti, per le quali il software consente progettazione e verifica dei vari elementi differenziandoli in "nuovi" ed "esistenti" e gli interventi di consolidamento.

Nel caso di strutture esistenti, in accordo con il Capitolo 8 sulle costruzioni esistenti delle NTC 2018, FaTA Next permette di scegliere tra i seguenti tipi di calcolo:

- Vulnerabilità sismica ;
- Adeguamento struttura esistente;
- Sopraelevazione;
- Ampliamento;
- Variazione destinazione d'uso;
- Inserimento nuovi elementi;
- Modifica classe d'uso;
- Miglioramento struttura esistente.

Output

I risultati delle varie elaborazioni possono essere visualizzati secondo diverse modalità:

- Output analisi;
- Output verifiche;
- Disegni esecutivi;
- Relazioni di calcolo (rel. generale, geotecnica e fondazioni, allegati);
- Piano di manutenzione;
- Computi metrici dei materiali.

Per le analisi dinamiche, i risultati delle singole condizioni di carico sono disponibili in termini di soluzione grafica step-by-step, diagrammi evolutivi nel tempo della risposta strutturale e delle traiettorie, e animazioni.

Per le altre analisi è possibile controllare deformate, sollecitazioni e curve di comportamento, sia globali come ad esempio il pushover, sia relative alle singole sezioni, come i diagrammi sollecitazione-deformazione.

I risultati delle verifiche strutturali (ad es. coefficienti di sicurezza e sollecitazioni di calcolo) sono rappresentati mediante colormap, scegliendo tra numerose opzioni utili ad approfondire il comportamento delle varie parti strutturali.

Gli esecutivi, personalizzabili con diverse opzioni grafiche, comprendono, piante delle carpenterie e dettagli costruttivi, dei vari elementi strutturali. Tutti gli elementi sono progettati secondo le indicazioni delle Norme Tecniche vigenti e degli Eurocodici. Gli elaborati sono componibili attraverso la creazione automatica delle tavole esecutive (personalizzando graficamente la disposizione dei vari elaborati) esportabili in formato DXF/DWG.

La relazione di calcolo (esportabile nel nuovo formato docx) può essere personalizzata componendo i documenti secondo le più diverse esigenze, comprendendo anche relazione geotecnica e sulle fondazioni.

2 Aggiunte in questa versione del manuale

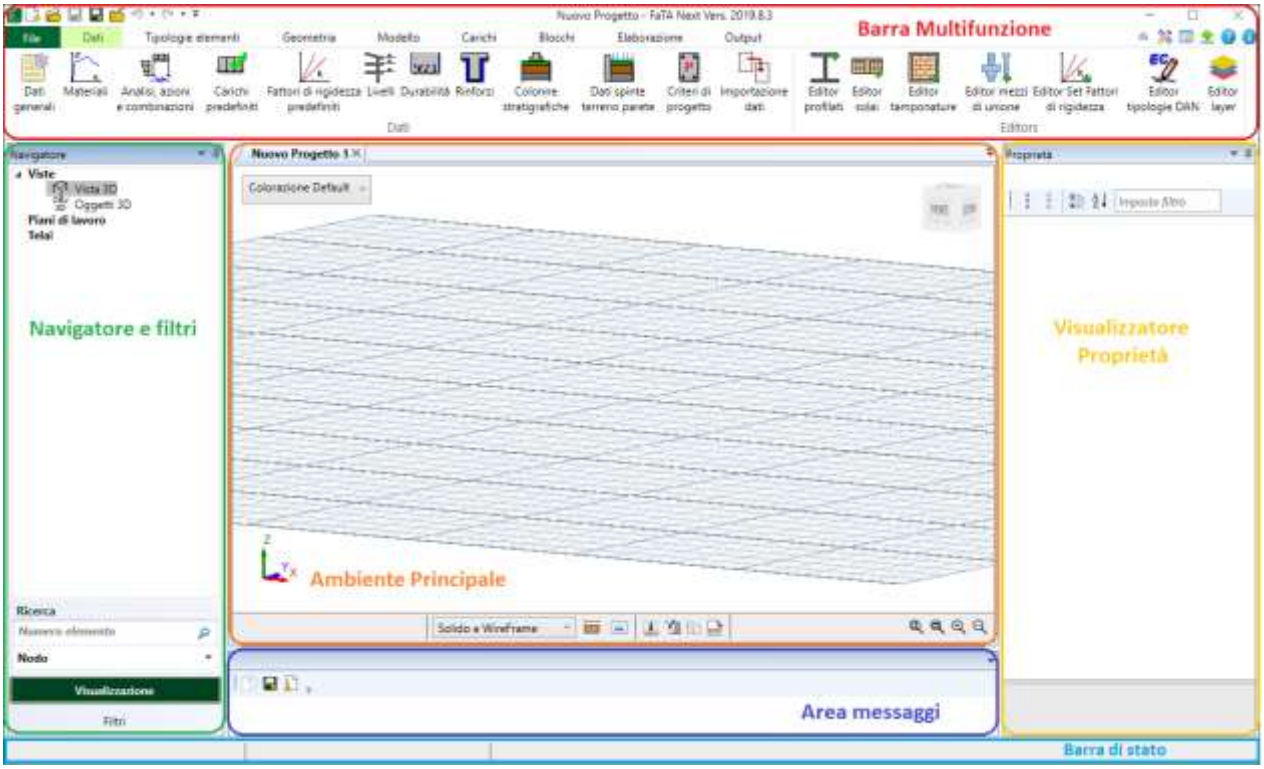
Esportazione per IDEA StatiCA

Nuove funzionalità di stampa delle verifiche delle unioni in acciaio

Aggiunte nuove FAQ

3 Ambiente principale

Il software è diviso in zone, ognuna con una funzione specifica.

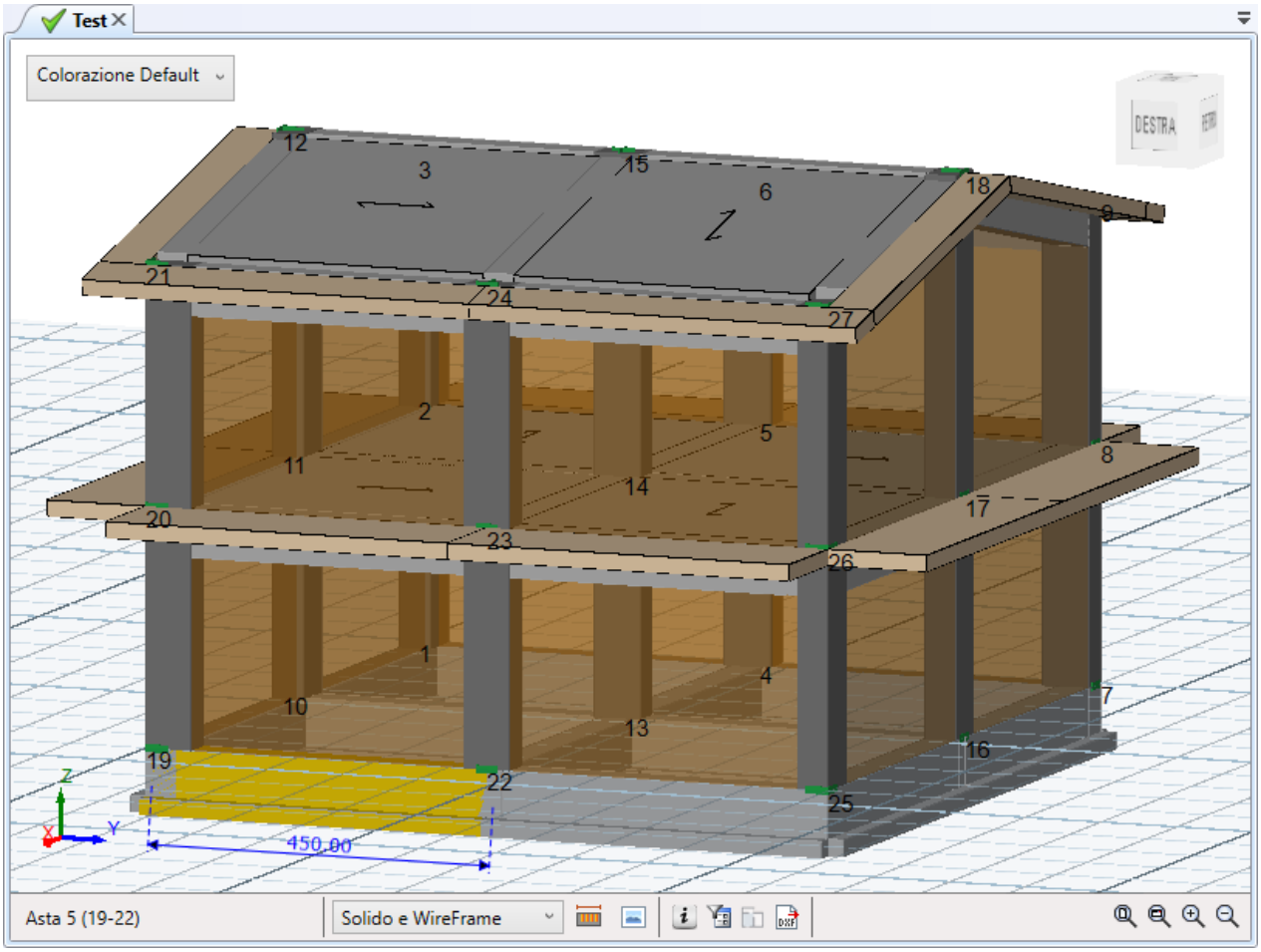


Ambiente Principale

E' l'ambiente all'interno del quale è possibile inputare e/o selezionare i vari elementi che andranno a definire il modello strutturale.

Fata Next consente di aprire più progetti contemporaneamente. Nella parte superiore dell'Ambiente

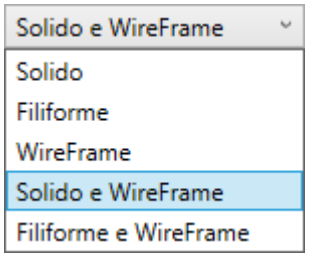
principale vengono visualizzati i nomi dei progetti aperti e viene evidenziato il nome del progetto attuale.



Nella parte bassa dell' "Ambiente Principale" è presente la seguente barra di comandi:

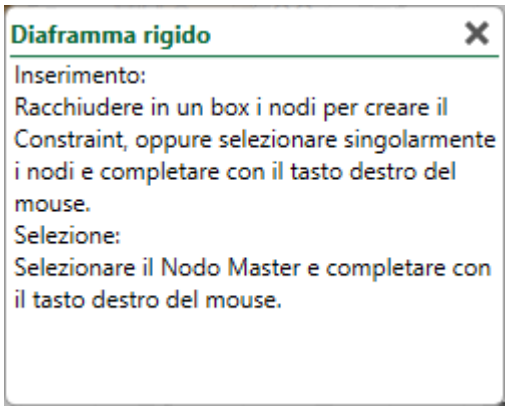


- Nella parte sinistra vengono indicate le coordinate del punto sul quale si trova il puntatore del mouse (opzione attiva solo nel caso di vista 2D) oppure il tipo e la numerazione dell'elemento sul quale si trova il puntatore del mouse (opzione attiva solo nel caso di vista 3D);
- ComboBox per selezionare la scelta del tipo di rappresentazione grafica degli oggetti fra le opzioni: Solido, Filiforme, WireFrame, Solido e WireFrame o Filiforme e WireFrame;

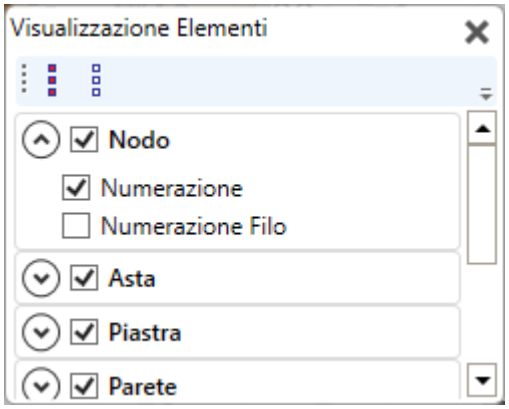


- **Strumento di misurazione**  . Consente di misurare le distanze (assoluta e lungo i tre assi x, y e z) e gli angoli (sui piani XY e XZ) fra due nodi selezionati;
- **Esporta la finestra corrente nel formato JPG**  . Consente di esportare la finestra corrente nel formato JPG;
- **Informazioni sull'operazione corrente**  . Consente di visualizzare una finestra con le informazioni

sull'operazione corrente. Cliccare sul corrispondente pulsante per visualizzare/nascondere la finestra. Cliccando ad esempio sul comando "Diaframma rigido", nell'ambiente "Modello", nel caso in cui è attivo il pulsante  si apre la seguente finestra:



- **Impostazione di visualizzazione**  . Consente di personalizzare le opzioni di visualizzazione. Cliccare sul corrispondente pulsante per visualizzare/nascondere la seguente finestra:



- **Gestione dxf/dwg come sfondo**  . Consente di importare un file dxf/dwg da utilizzare come sfondo per l'input (opzione attiva solo nel caso in cui si stia operando in ambiente grafico per livelli su un generico piano orizzontale);
- **Esporta la finestra corrente nel formato DXF**  . Consente di esportare la finestra corrente nel formato dxf.

Barra Multifunzione

Nella parte superiore dell'Ambiente Principale è presente la **"Barra Multifunzione"** con i seguenti menù:

- **File.** Contiene le funzionalità per la gestione dei file FaTA Next (Nuovo, Apri, Salva, File recenti, Importazione da FataE);
- **Dati.** Contiene l'accesso agli editor per la definizione in maniera centralizzata delle proprietà degli elementi dell'input (Dati generali, Materiali, Carichi predefiniti, ecc.);
- **Tipologie.** Consente la definizione di tipologie di elementi che verranno usati nell'input (Sezioni, Solai, Tamponature, ecc.);
- **Geometria.** Contiene la maggior parte delle funzionalità utili a definire la struttura e le operazioni più frequenti per interagire con gli oggetti;
- **Modello.** Consente di intervenire sugli oggetti di input per definire le proprietà avanzate utili per la modellazione strutturale;
- **Carichi.** Consente l'introduzione/modifica di carichi sugli oggetti di input;

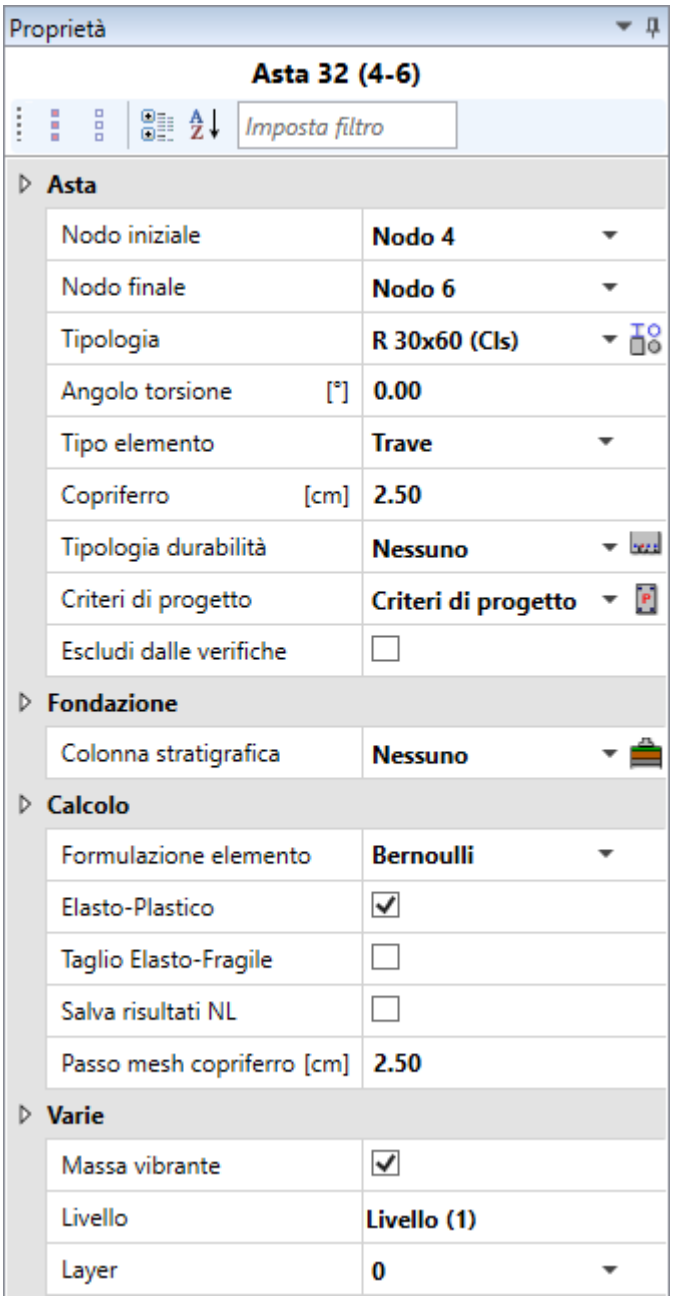
- **Blocchi.** Consente di creare degli insiemi di elementi sia dall'input che da file dxf/dwg, e utilizzare le varie istanze nell'input;
- **Elaborazione.** Consente l'esecuzione del calcolo e delle verifiche;
- **Output.** Contiene l'accesso alla visualizzazione dei risultati del calcolo, delle graficizzazioni, delle relazioni di calcolo e dei piani di manutenzione.

Navigatore e filtri

Sulla sinistra dell'Ambiente Principale è presente il **"Navigatore"** che consente di selezionare le varie opzioni di Visualizzazione e la gestione dei Filtri di visualizzazione.

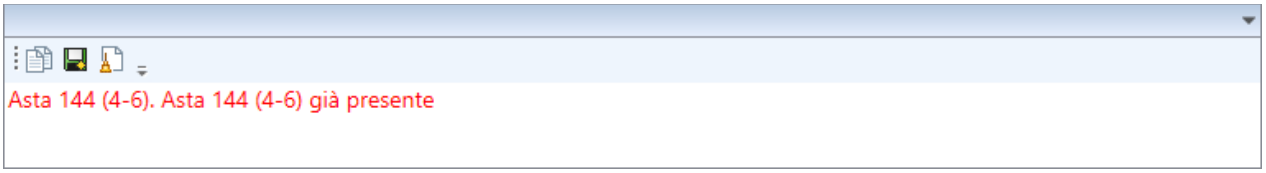
Visualizzatore Proprietà

Sulla destra dell'Ambiente Principale è presente la **"Barra delle Proprietà"** attraverso cui è possibile inputare e/o modificare le proprietà degli oggetti selezionati. Nel caso in cui si seleziona una generica asta si apre la seguente "Barra delle Proprietà":



Area messaggi

Inferiormente all'Ambiente Principale è presente una zona destinata alla visualizzazione dei messaggi forniti dal software. Se, ad esempio, andremo ad inserire un'asta già presente nel modello il software ci restituirà il seguente messaggio:



Nella parte superiore di essa è presente una barra dei comandi che consente di operare sui messaggi visualizzati.

- **Copia** . Copia i messaggi visualizzati.
- **Salva messaggi** . Salva i messaggi visualizzati.
- **Pulisci** . Cancella i messaggi visualizzati.

Barra di stato

Contiene le barre di avanzamento delle operazioni e altre informazioni generiche.

3.1 Barra multifunzione

Nella parte superiore dell'ambiente principale è presente la **"Barra Multifunzione"** contenente i seguenti menù di input:

- File: contiene le funzionalità per la gestione dei file FaTA Next (Nuovo, Apri, Salva, File recenti, Importazione da FataE);
- Dati: contiene l'accesso agli editor per la definizione in maniera centralizzata delle proprietà degli elementi dell'input (Dati generali, Materiali, Carichi predefiniti, ecc);
- Tipologie elementi: consente la definizione delle tipologie di elementi che verranno utilizzati nell'input;
- Geometria: contiene la maggior parte delle funzionalità utili a definire la struttura e le operazioni più frequenti per interagire con gli oggetti;
- Modello: consente di intervenire sugli oggetti di input per definire le proprietà avanzate utili per la modellazione strutturale;
- Carichi: consente l'introduzione/modifica di carichi sugli oggetti di input;
- Blocchi: consente di creare degli insiemi di elementi sia dall'input che da file dwg, e utilizzare le varie istanze nell'input;
- Elaborazione: consente l'esecuzione del calcolo e delle verifiche;
- Output: contiene l'accesso alla visualizzazione dei risultati del calcolo, delle graficizzazioni, delle relazioni di calcolo, dei piani di manutenzione e dei computi dei materiali.



Nella parte superiore sinistra dell' Ambiente Principale è presente il menu di accesso rapido contenente le funzionalità per la gestione dei file e le operazioni di annullamento/ripristino delle operazioni eseguite:



- **Nuovo** . Crea un nuovo progetto;
- **Apri progetto** . Consente l'apertura di un progetto precedentemente creato;
- **Salva progetto** . Salva l'archivio aperto sovrascrivendo il file;
- **Salva progetto con nome** . Salva l'archivio in una posizione e con un nome diverso;
- **Chiudi progetto** . Chiude il progetto su cui si sta lavorando;
- **Annulla** . Annulla l'ultima operazione effettuata;
- **Ripeti** . Ripristina l'ultima operazione annullata.

Nella parte superiore destra dell'Ambiente Principale sono disponibili i pulsanti di accesso ad alcune funzionalità:

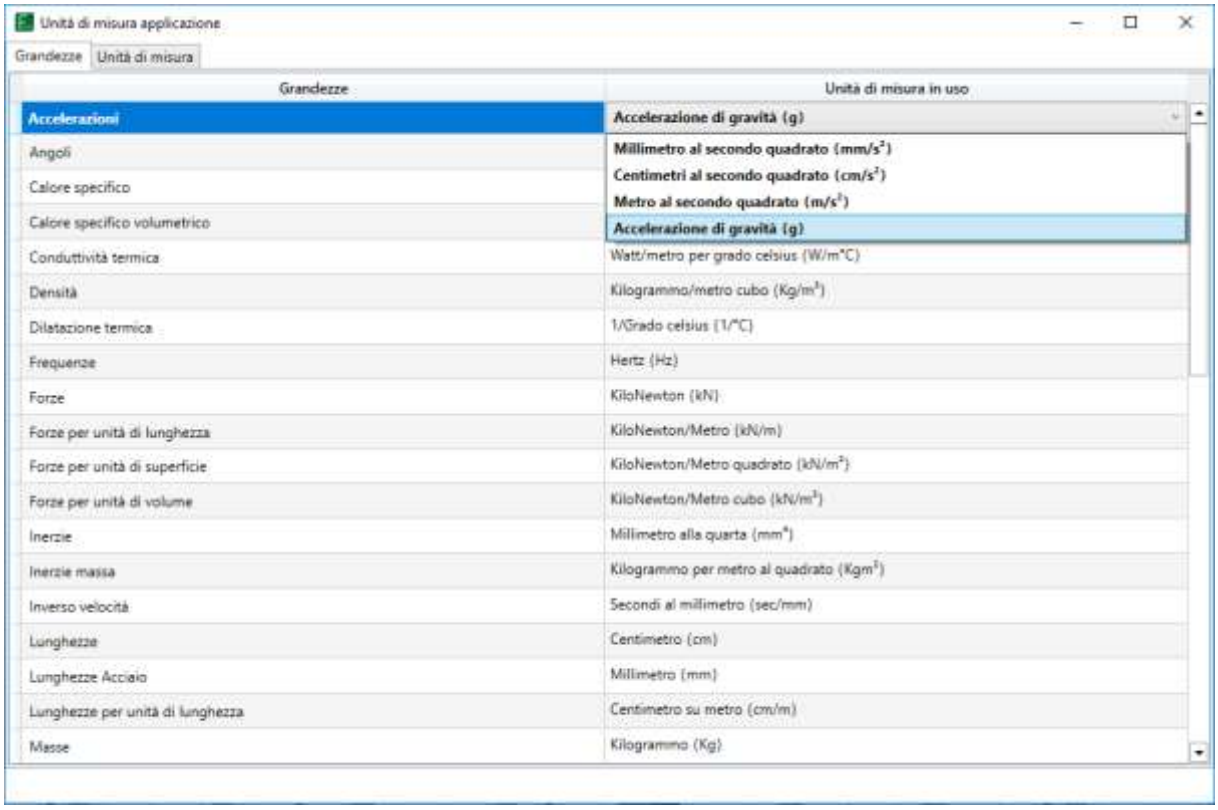


- **Riduci a icona barra multifunzione** . Riduce ad icona, nascondendola, la barra multifunzione.
- **Unità di misura applicazione** . Ambiente di gestione delle unità di misura delle varie grandezze.

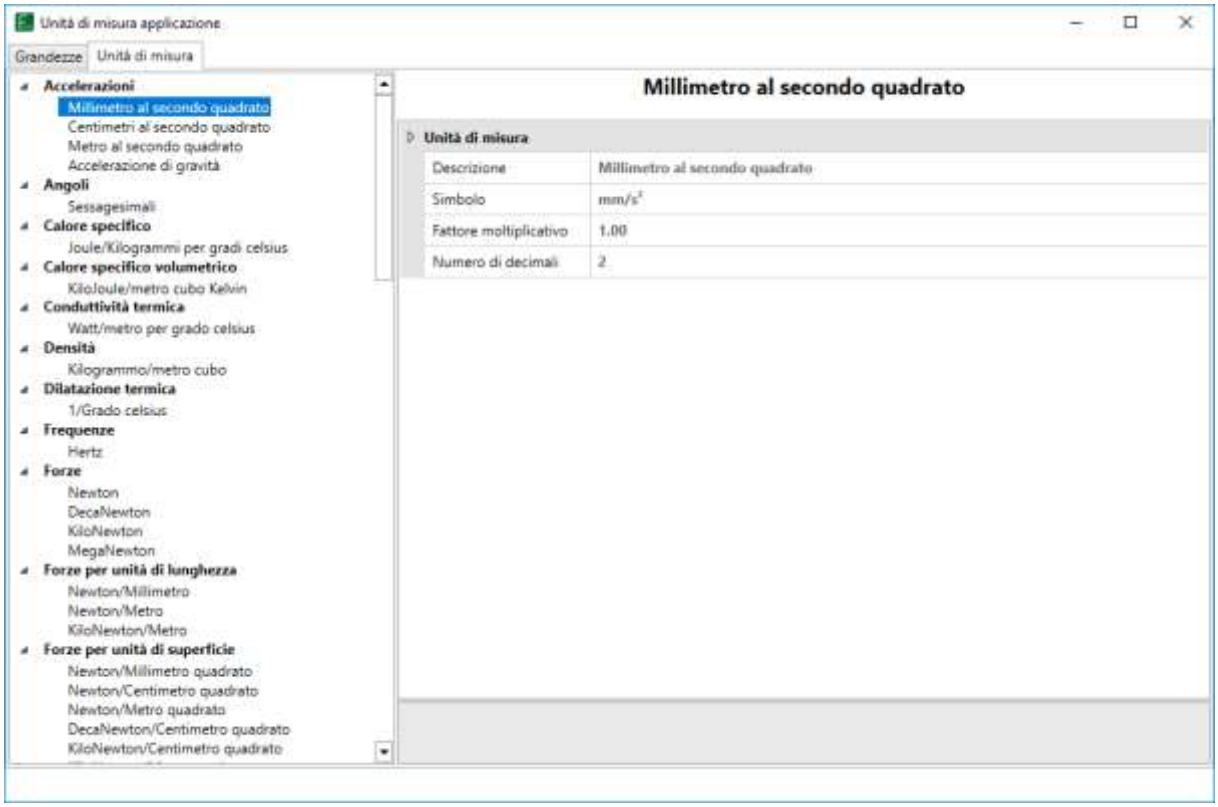


Grandezze	Unità di misura in uso
Accelerazioni	Accelerazione di gravità (g)
Angoli	Sessagesimali (°)
Calore specifico	Joule/Kilogrammi per gradi celsius (J/Kg*C)
Calore specifico volumetrico	KiloJoule/metro cubo Kelvin (kJ/m³K)
Conduttività termica	Watt/metro per grado celsius (W/m*C)
Densità	Kilogrammo/metro cubo (Kg/m³)
Dilatazione termica	1/Grado celsius (1/°C)
Frequenze	Hertz (Hz)
Forze	KiloNewton (kN)
Forze per unità di lunghezza	KiloNewton/Metro (kN/m)
Forze per unità di superficie	KiloNewton/Metro quadrato (kN/m²)
Forze per unità di volume	KiloNewton/Metro cubo (kN/m³)
Inerzie	Millimetro alla quarta (mm⁴)
Inerzie massa	Kilogrammo per metro al quadrato (Kgm²)
Inverso velocità	Secondi al millimetro (sec/mm)
Lunghezze	Centimetro (cm)
Lunghezze Acciaio	Millimetro (mm)
Lunghezze per unità di lunghezza	Centimetro su metro (cm/m)
Masse	Kilogrammo (Kg)

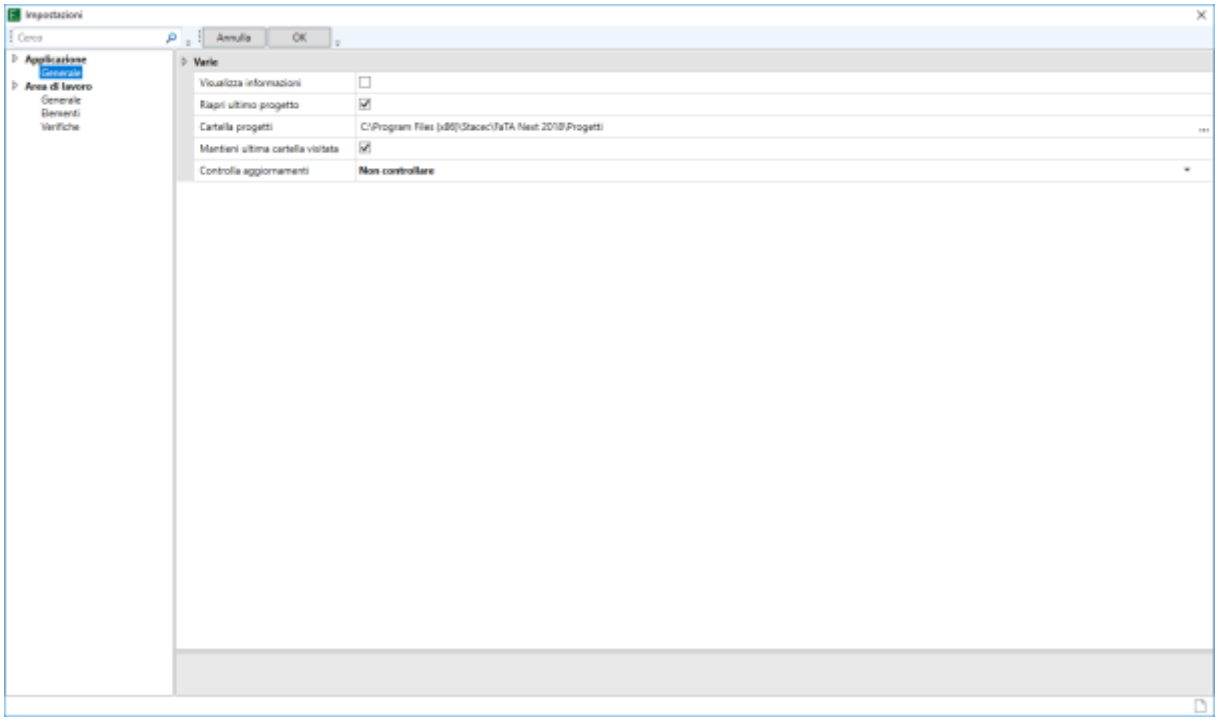
Nella finestra **"Grandezze"** si opera la scelta delle unità di misura per le varie grandezze. Per operare una scelta cliccare sulla riga della grandezza e poi sulla corrispondente unità di misura:



Nella interfaccia **"Unità di misura"** si hanno informazioni dettagliate sulle varie unità di misura.

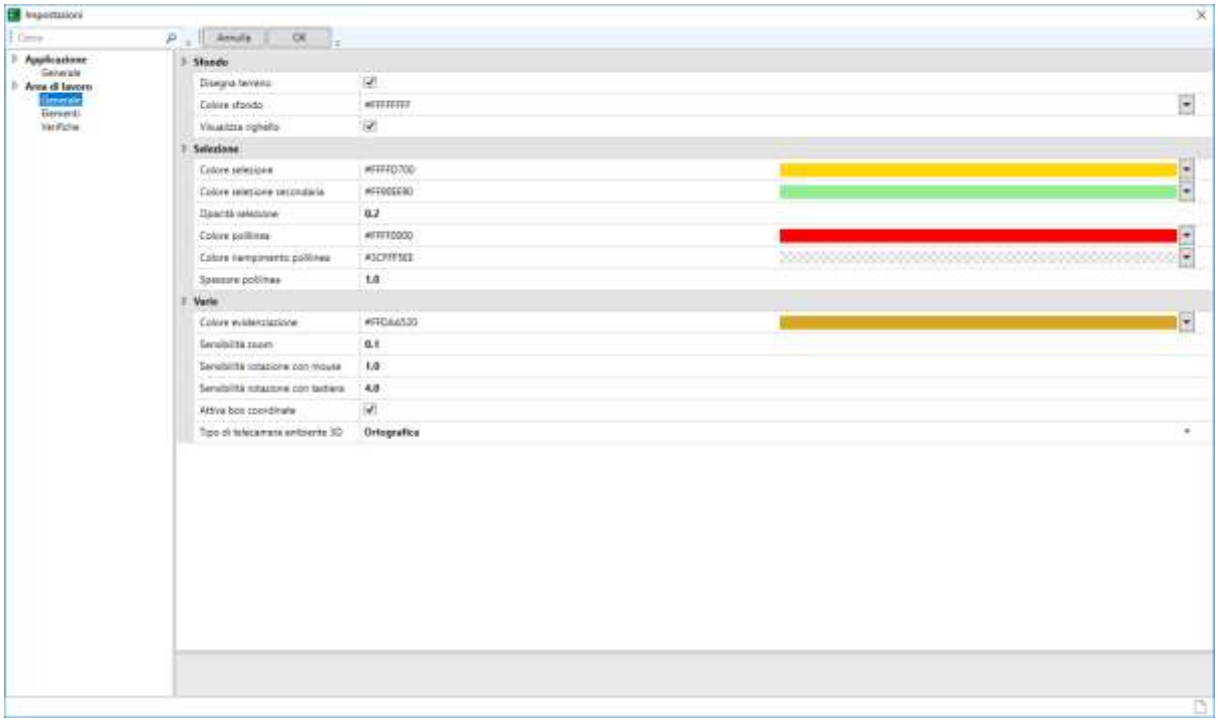


- **Impostazioni**  . Consente di definire le impostazioni generali per l'utilizzo di Fata Next.
  Nella pagina "Applicazione – Generale" è possibile personalizzare la gestione delle preferenze all'avvio del programma.

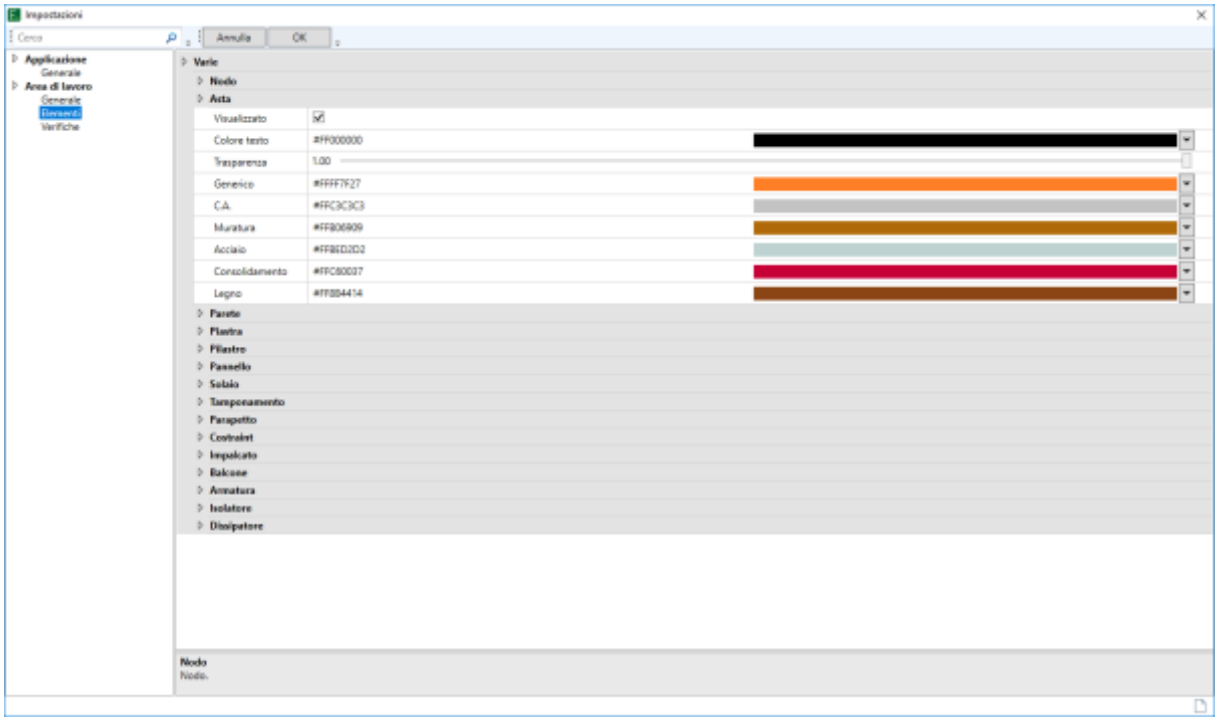


Nella pagina "Area di lavoro – Generale" è possibile personalizzare:

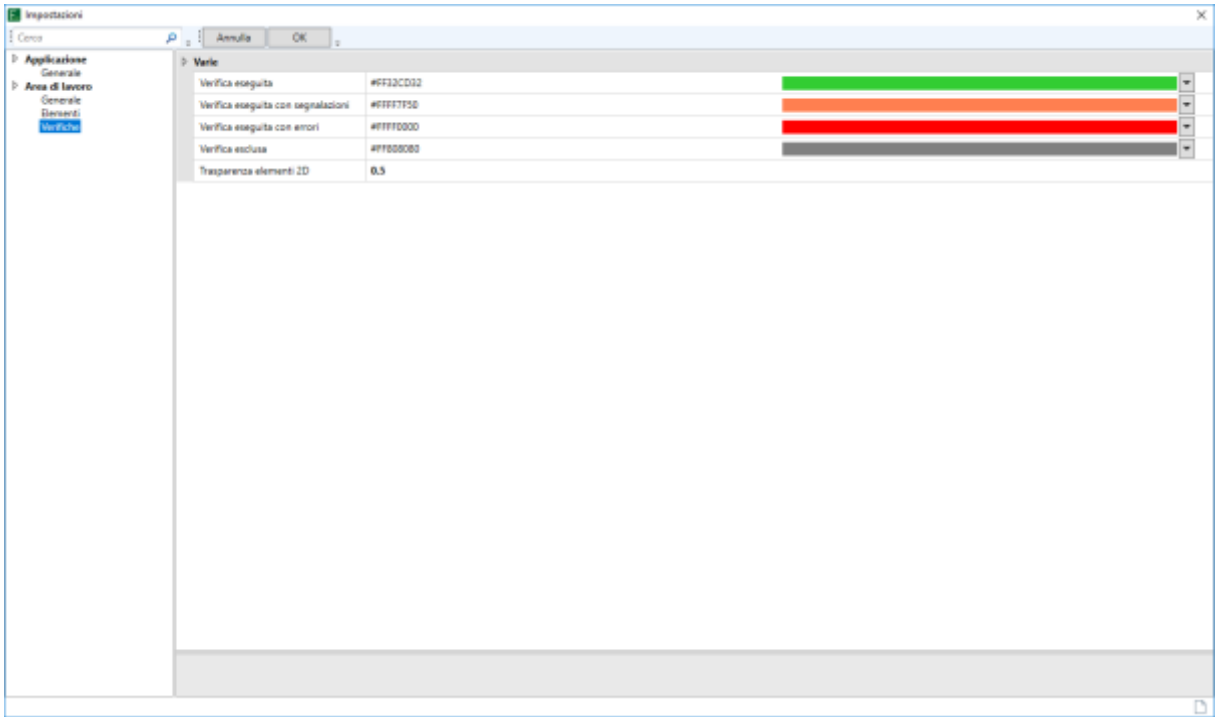
- colori e personalizzazioni dei vari ambienti di input;
- colori e opacità degli elementi selezionati;
- sensibilità di zoom del mouse e della tastiera.



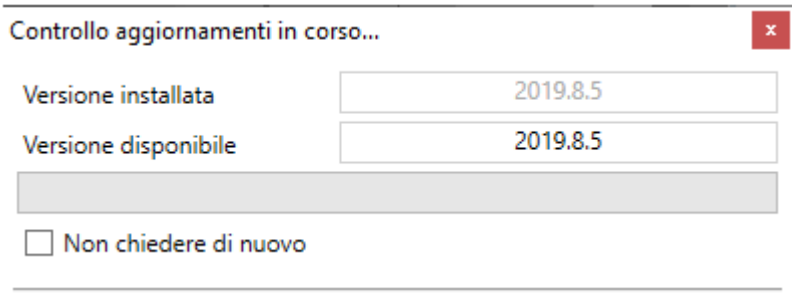
Nella pagina "Area di lavoro – Elementi" è possibile personalizzare i parametri relativi alla visualizzazione degli elementi strutturali.



Nella pagina "Area di lavoro – Verifiche" è possibile personalizzare i colori con i quali rappresentare visivamente gli esiti delle verifiche degli elementi strutturali.



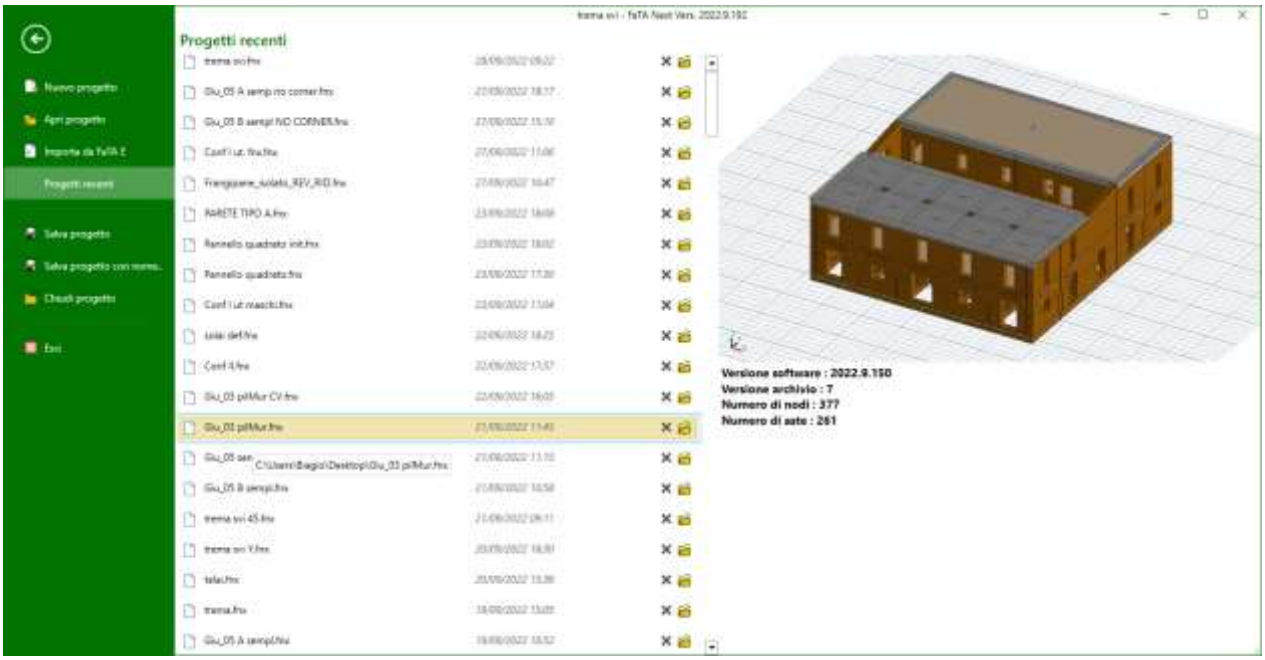
- **Controllo aggiornamenti**  . Controlla se in rete è disponibile una release aggiornata di Fata Next.



- **Help** . Consente di consultare il manuale d'uso del programma.
- **Informazioni su** . Fornice informazioni sulla release corrente e sul titolare della licenza di FaTA Next.

3.1.1 File

E' il menù di gestione dei file creati e utilizzati in FaTA Next. L'estensione propria utilizzata è identificata con il codice ".fnx".



I comandi disponibili sono:

- **Nuovo progetto.** Crea un nuovo progetto;
- **Apri progetto.** Consente l'apertura di un progetto precedentemente creato;
- **Importa da FaTA E.** Consente l'importazione di un archivio precedentemente creato con FaTA E. Una volta scelto il file da importare, il software controllerà se la versione del file FatA E è compatibile con la procedura di importazione in Fata Next, in caso contrario verrà visualizzato un messaggio del tipo ''Archivio non importabile: è necessario salvare l'archivio con la versione XX.XX.XX di FaTA E o successiva'';
- **Progetti recenti.** Visualizza un elenco degli ultimi progetti a cui si è lavorato con la possibilità di visualizzare l'orario di apertura e, passando sopra il nome con il mouse, l'anteprima del file e le informazioni principali del progetto. Cliccando su uno di essi si ha la possibilità di aprire direttamente il progetto stesso;
- **Salva progetto.** Salva l'archivio aperto sovrascrivendo il file;
- **Salva progetto con nome.** Salva l'archivio in una posizione e con un nome diverso;
- **Chiudi progetto.** Chiude il progetto su cui si sta lavorando;

- **Esci.** Termina l'esecuzione di FaTA Next.

Posizionandosi sul nome del file da aprire è possibile visualizzare l'anteprima dell'archivio ed alcuni dati. L'icona della cartella consente di aprire "esplora risorse" nella posizione del file corrispondente.

3.1.2 Dati

E' il menu di gestione di tutti gli editor utili per la definizione in maniera centralizzata delle proprietà degli elementi dell'input (Dati generali, Materiali, Carichi predefiniti, ecc);



Il menu contiene i seguenti pulsanti:

Dati generali
Avvia la finestra per l'input dei dati generali.

Materiali
Avvia la finestra per l'input dei materiali.

Analisi, azioni e combinazioni
Avvia la finestra per l'input delle azioni, delle combinazioni e delle analisi.

Carichi predefiniti
Avvia la finestra per l'input dei carichi predefiniti.

Livelli
Avvia la finestra per l'input dei Livelli.

Editor Criteri di progetto
Avvia la finestra per l'input dei criteri di progetto.

Tipologie consolidamenti
Avvia la finestra per l'input delle Tipologie dei consolidamenti.

Colonne stratigrafiche
Avvia la finestra per l'input delle colonne stratigrafiche.

Materiali uniassiali
Avvia la finestra per l'input delle tipologie di materiali uniassiali per gli Elementi Link.

Fattori di rigidezza predefiniti
Avvia la finestra per l'input delle tipologie di Fattore di rigidezza.

Tipologie Durabilità
Avvia la finestra per l'input delle Tipologie durabilità.

Dati spinte terreno pareti 

Avvia la finestra per l'input delle tipologie di spinta del terreno sulle pareti.

Importazione Dati 

Avvia la finestra per l'Importazione Dati da altri progetti di FaTA Next.

Immagine predefinita 

Al click imposta la visualizzazione corrente come immagine di copertina delle relazioni da elaborare.

Note 

Avvia la finestra per l'inserimento di note e appunti sul progetto corrente.

Editor Tipologie profilati 

Avvia la finestra per l'input delle Tipologie Profilati.

Editor Tipologie Solai 

Avvia la finestra per l'input delle tipologie solai.

Editor Tipologie Tamponamenti 

Avvia la finestra per l'input delle tipologie dei tamponamenti.

Editor Mezzi di unione 

Avvia la finestra per l'input delle tipologie dei mezzi di unione.

Editor Tipologie DAN 

Avvia la finestra per l'input delle tipologie DAN.

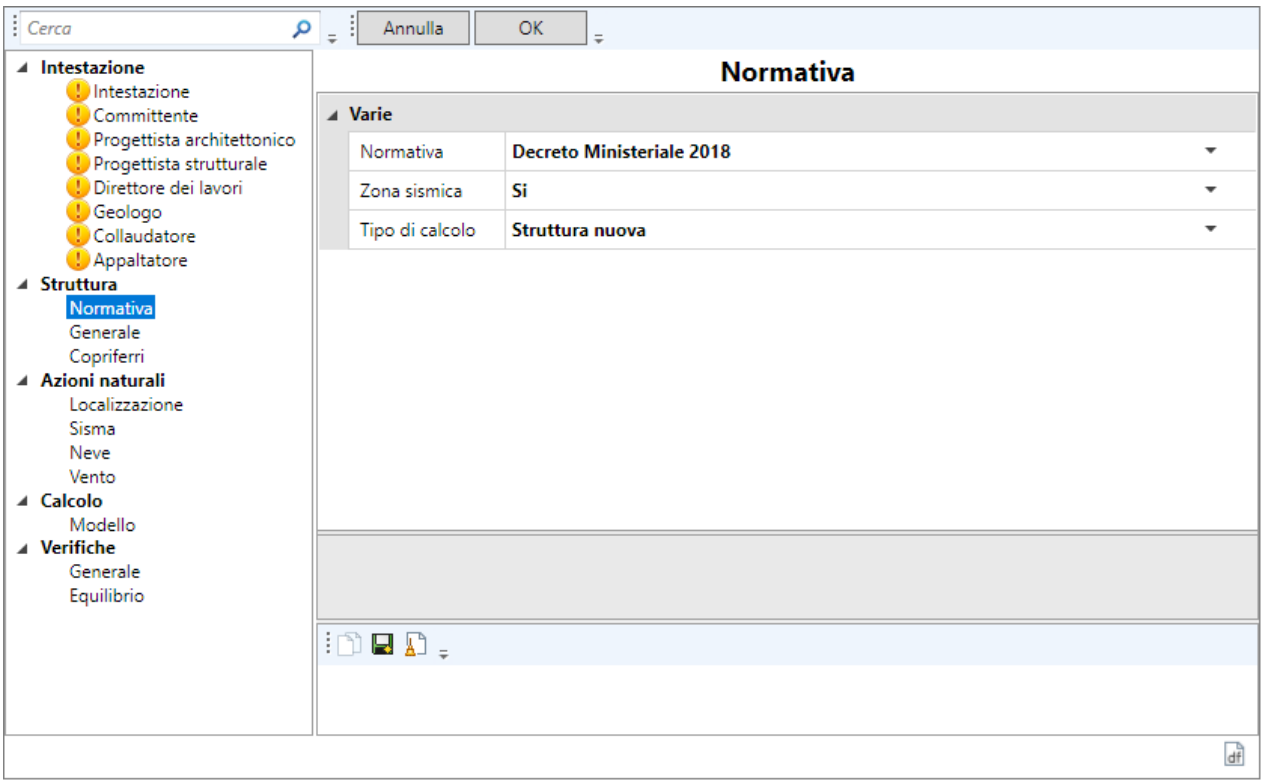
Editor Layers 

Avvia la finestra per l'input dei layers.

3.1.2.1 Dati Generali

Dati Generali 

Consente di definire i parametri generali della struttura (Intestazioni, parametri strutturali, parametri relativi agli spettri, al calcolo ed alle verifiche). Alla pressione del pulsante **"Dati generali"** viene visualizzato il seguente ambiente di input:



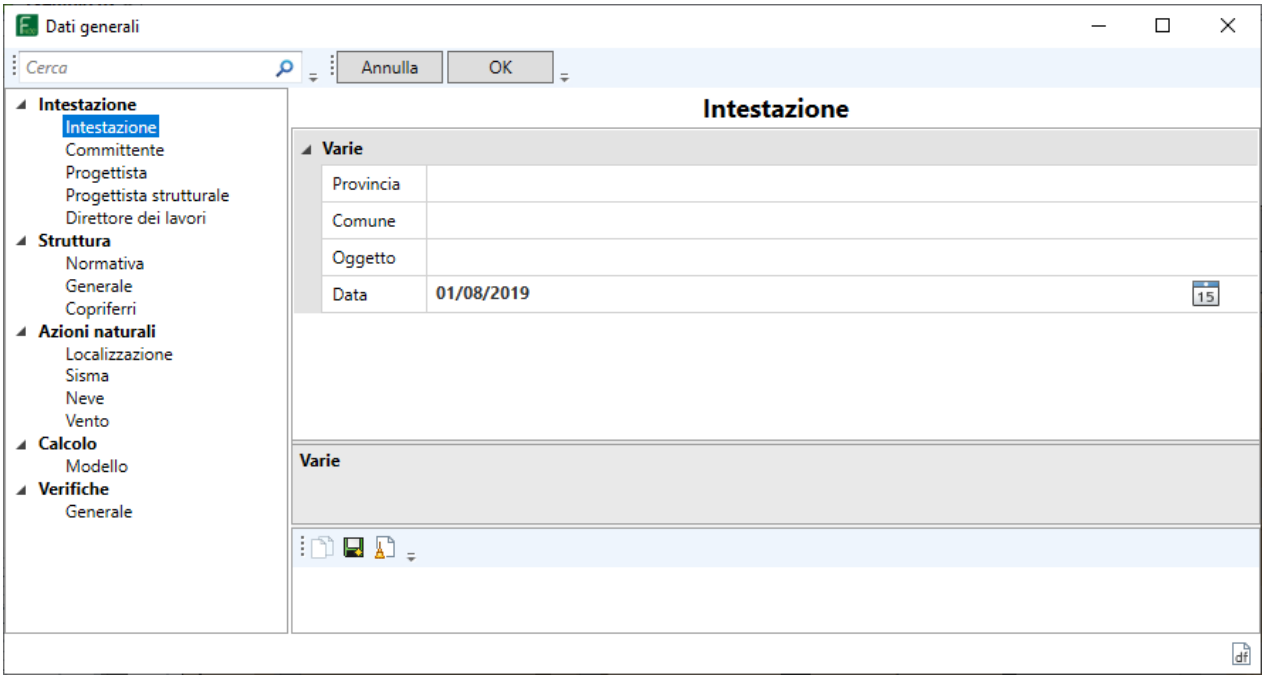
Sulla parte superiore dell'ambiente "Dati generali" sono presenti i seguenti pulsanti:

- Il pulsante **"Annulla"** chiude la finestra "Dati generali" annullando tutte le modifiche apportate ai parametri della stessa;
- La pressione del pulsante **"Ok"** comporta la conferma della modifiche apportate ai parametri della finestra "Dati generali" ma anche la necessità di ricalcolare la struttura.

Nell'ambiente "Dati Generali" i parametri di input sono organizzati per argomenti.

Intestazione

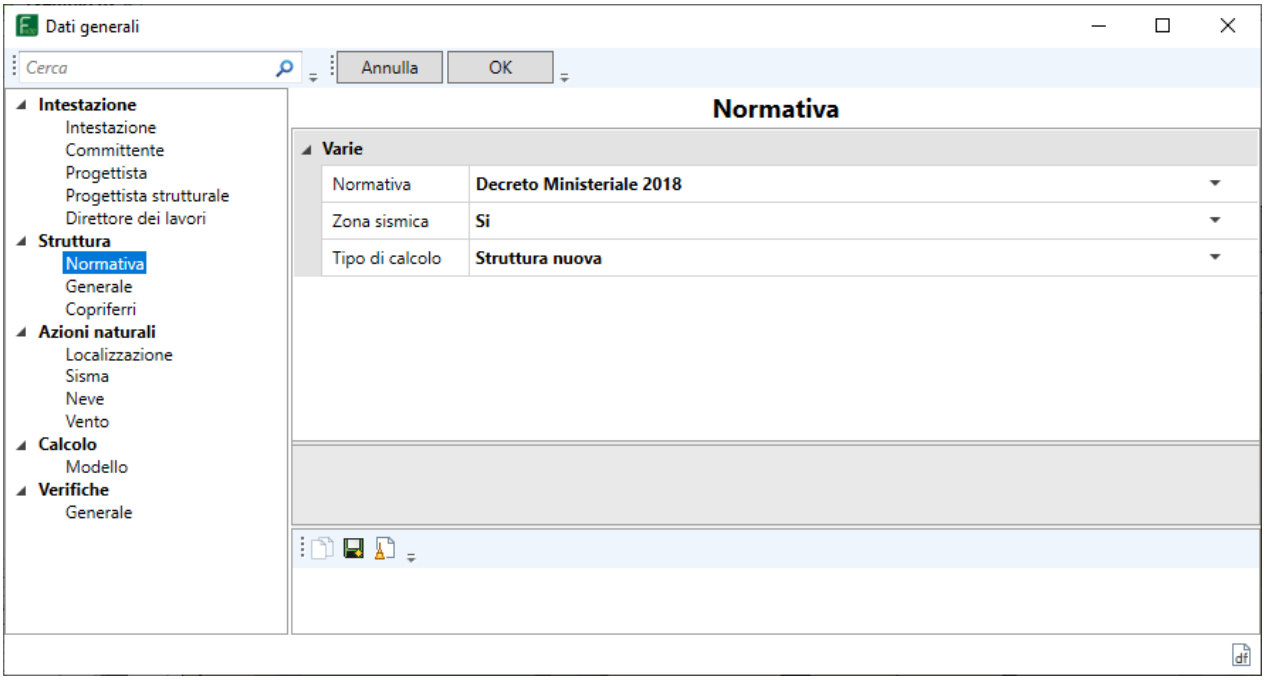
Nella pagina **"Intestazione"** sono riportati i dati di input inerenti alle informazioni e la descrizione dell'intervento progettuale. I vari parametri verranno utilizzati nell'intestazione della relazione di calcolo e dei disegni esecutivi.



Le altre pagine della sezione contengono i dati delle figure professionali coinvolte, per le quali risulta superfluo ogni commento.

Normativa

La pagina **"Normativa"** contiene le impostazioni generali del calcolo inerenti alle norme da utilizzare ed al tipo di intervento da eseguire:



Normativa

Per la normativa da applicare è possibile scegliere tra:

- **EUROCODICI**. Il calcolo viene eseguito utilizzando le indicazioni riportate nei vari documenti tecnici UNI-EN di diffusione europea, denominati Eurocodici;
- **DM 2018**. Il calcolo viene eseguito utilizzando il D.M. 17/01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni".

Zona sismica

L'opzione consente di definire la zona sismica secondo la classificazione delle precedenti norme rispetto al DM 2018, in quanto nella stessa ci sono ancora riferimenti a prescrizioni differenziate legate alle varie zone sismiche. E' possibile scegliere tra "no" o "si" per considerare tutte le prescrizioni e le indicazioni legate alla presenza dell'azione sismica.

Il campo "Zona sismica" agisce impostando automaticamente l'aspetto del software in modo da poter agire su:

- Spettri di progetto;
- Combinazioni di calcolo;
- Condizioni di carico;
- Modalità di calcolo e di svolgimento delle verifiche strutturali;
- Applicazione degli appositi particolari costruttivi;

Tipo di calcolo

FaTA Next offre la possibilità di affrontare l'elaborazione dei diversi tipi di calcolo selezionandolo dall'apposito menù. Le scelte possibili sono:

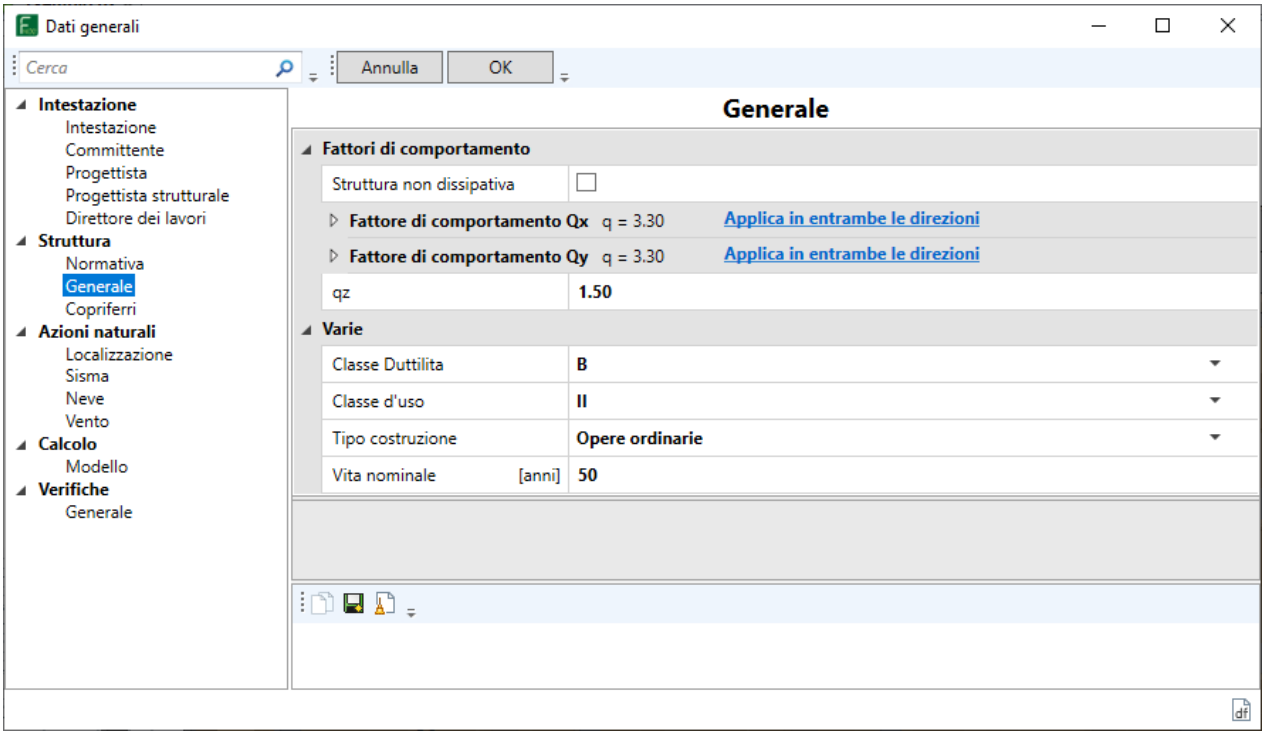
- Struttura nuova;
- Vulnerabilità sismica;
- Adeguamento struttura esistente;
- Sopraelevazione;
- Ampliamento;
- Variazione Destinazione Uso (§8.4.3 - caso c);
- Inserimento Nuovi Elementi;
- Modifica Classe Uso (§8.4.3 - caso e);
- Miglioramento struttura esistente;
- Indicatore azioni statiche.
- PushDown.

I tipi di calcolo "Vulnerabilità sismica" e "Indicatore azioni statiche" sono relativi a calcoli iterativi utili a stabilire i moltiplicatori critici delle azioni. Nel primo caso viene incrementata l'azione del sisma, nel secondo l'utente può scegliere le condizioni per le quali calcolare il moltiplicatore. Entrambi i tipi di calcolo forniscono gli indicatori della sicurezza per i vari stati limite. Il calcolo di tipo "PushDown" consente di analizzare la capacità portante a carichi verticali (concentrati e/o ripartiti) delle strutture, mediante analisi non lineare incrementale. La scelta di questo tipo di calcolo deve essere abbinata alla definizione di almeno un'azione di tipo "PushDown" (vedi par. Analisi, azioni e combinazioni)

Gli altri tipi di calcolo sono relativi alla presenza dell'azione sismica e vengono elaborati applicando le accelerazioni ag relative alla zona dove la struttura è ubicata.

Generale

Nella pagina **"Generale"** sono presenti i seguenti parametri:



Struttura non dissipativa

Selezionare nel caso in cui si abbia l'intensione di progettare la struttura come non dissipativa.

Classe duttilità

Il significato della "Classe duttilità" è quello definito dalle moderne norme antisismiche internazionali. Nell'ambito di applicazione delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" assume i valori "A" per la alta e "B" per la classe bassa. Per gli Eurocodici è possibile scegliere tra "L", "M" e "H".

Classe d'uso

La classe d'uso è definibile tra le 4 prescritte dalla normativa (cap. 2.4.2 delle NTC 18): I, II, III e IV.

Tipo costruzione

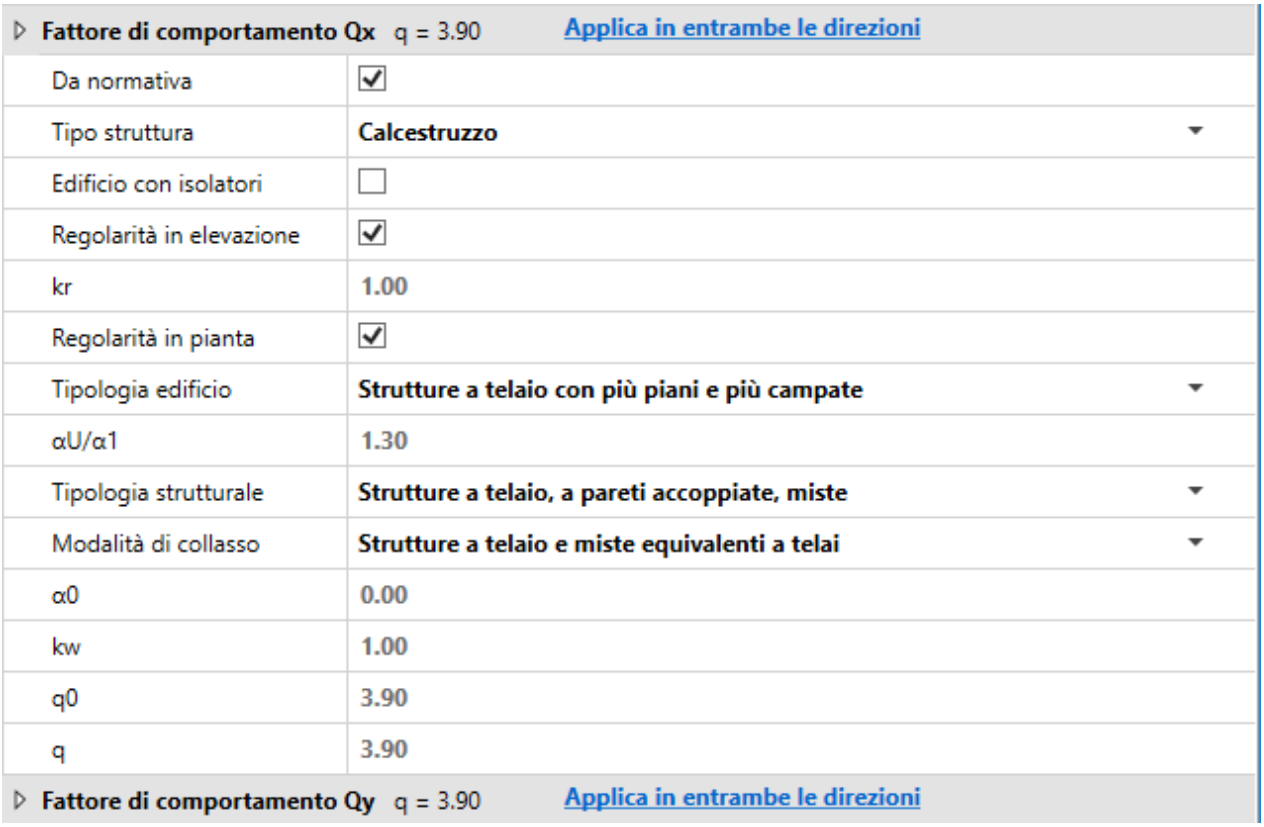
Viene stabilito dal progettista, in funzione della destinazione d'uso della costruzione, tra i tipi: "Opere provvisorie", "Opere ordinarie" e "Grandi Opere".

Vita nominale

Valore associato al parametro "Tipo costruzione". Di default il software propone il valore suggerito dalla norma, che può essere comunque personalizzato in funzione delle varie possibilità.

Fattore di comportamento Qx e Qy

Il Fattore di comportamento è definitio per le componenti orizzontali lungo gli assi di applicazione dell'azione sismica. Nel caso in cui si conoscesse il valore del fattore, l'utente può inserirlo direttamente eliminando la scelta sulla casella "Da normativa". In caso contrario, il fattore di comportamento può essere calcolato definendo i vari campi richiesti dal software, impostati secondo le indicazioni contenute nella normativa di riferimento scelta in precedenza.



Per calcolare il fattore utilizzando il wizard selezionare il campo "Da normativa" ed inserire i vari campi (per il significato si rimanda alla normativa di riferimento utilizzata):

- **Tipo struttura**. Si può scegliere tra i seguenti tipi di struttura:
  - Calcestruzzo
  - Acciaio
  - Legno
  - Acciaio/Calcestruzzo
- **Edificio con isolatori**. Da selezionare se nella struttura è presente un livello di dispositivi antisismici.
- **Regolarità in elevazione**. Da selezionare se la struttura è regolare in elevazione.
- **Kr**. Coefficiente di regolarità in elevazione.
- **Regolarità in pianta**. Da selezionare se la struttura è regolare in pianta.
- **Tipologia edificio**. Per la tipologia di edificio è possibile scegliere tra le seguenti opzioni:
  - Strutture a telaio a un piano;
  - Strutture a telaio con più piani ed a una sola campata;
  - Strutture a telaio con più piani e più campate;
  - Strutture con due sole pareti non accoppiate per direzione orizzontale;
  - Strutture a pareti non accoppiate;
  - Strutture a pareti accopiate o miste equivalenti a pareti.
- **αU/α1**
- **Tipologia strutturale**. Per la tipologia strutturale è possibile scegliere tra le seguenti opzioni:
  - Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste;
  - Strutture a pareti non accoppiate;
  - Strutture deformabili torsionalmente;
  - Strutture a pendolo inverso;
  - Strutture a pendolo inverso intelaiate monopiano.
- **Modalità di collasso**. Per la scelta della modalità di collasso è possibile scegliere tra le seguenti opzioni:
  - Strutture a telaio e miste equivalenti a telaio;
  - Strutture a pareti, miste equivalenti a pareti;
  - Strutture torsionalmente deformabili.
- **α0**

- **kw**
- **q0**
- **q**

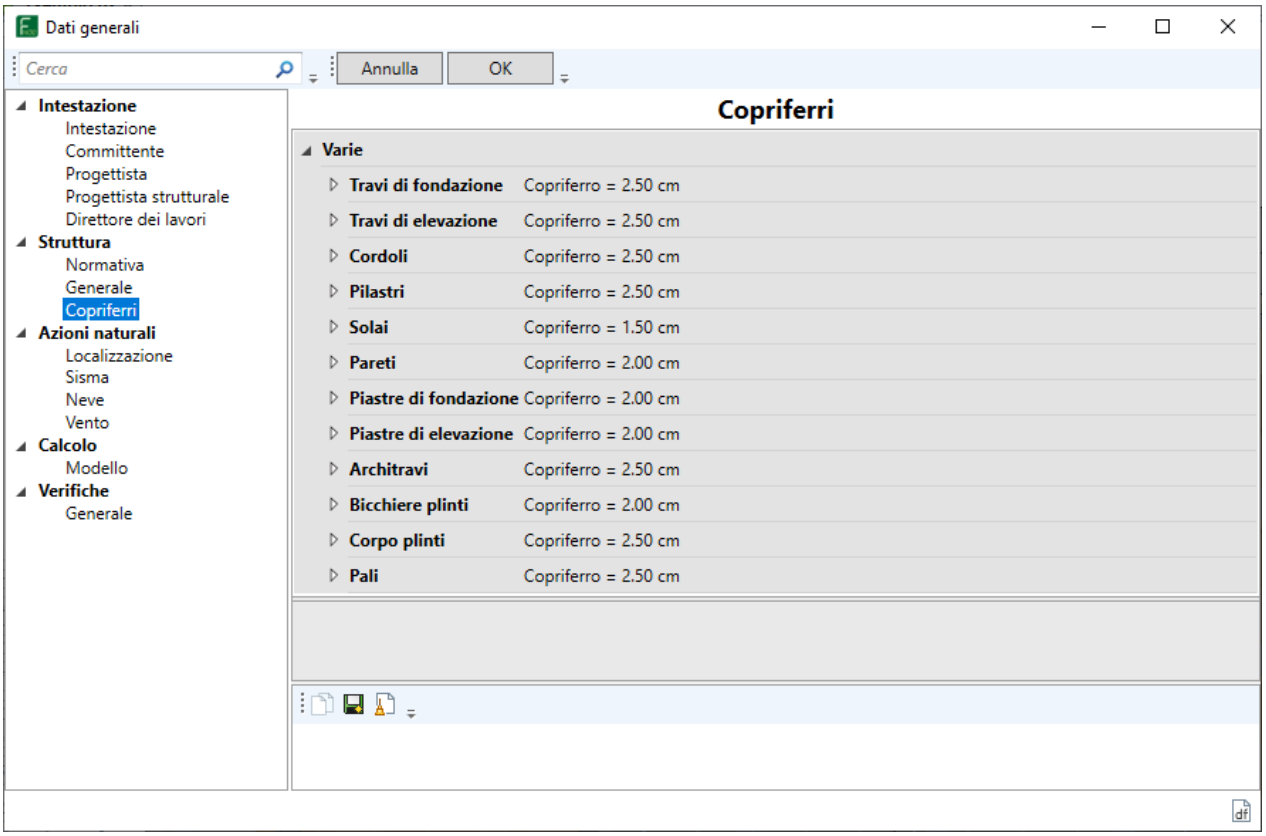
Una volta settati i vari parametri e definito il fattore di comportamento in una della due direzioni se lo si vuole mantere uguale anche nell'altra direzione è sufficiente cliccare su **"Applica in entrambe le direzioni"**.

Fattore di struttura qz

Fattore di struttura per la componente verticale dell'azione sismica.

Copriferri

Nella pagina **"Copriferri"**, sono presenti i seguenti campi per assegnare i copriferri ai diversi elementi strutturali:



- Travi di fondazione;
- Travi di elevazione;
- Cordoli;
- Pilastri;
- Solai;
- Pareti;
- Piastre di fondazione;
- Piastre di elevazione;
- Architravi;
- Bicchieri plinti;
- Corpi plinti;
- Pali.

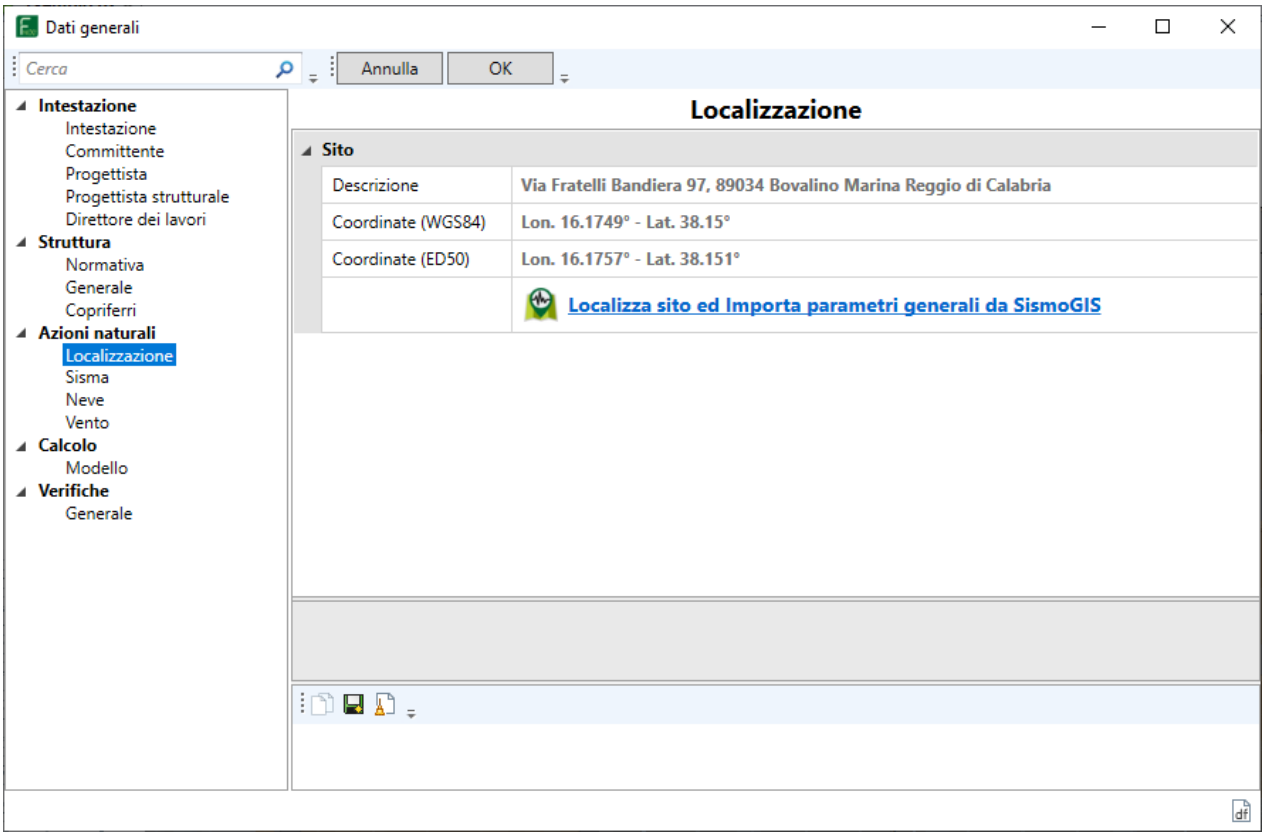
Il valore del copriferro scelto in questa sezione dell'input rappresenta il valore di default da utilizzare per i vari

elementi. In ogni momento è comunque possibile differenziare il valore ai singoli elementi strutturali,assegnando un determinato valore del copriferro o impostare la scelta di progettazione del copriferro nel rispetto di un'assegnata classe di durabilità.

Per imporre un valore al copriferro basta assegnare il valore al parametro dell'oggetto desiderato. Nel caso si assegni una tipologia al campo "Tipologia durabilità" sarà possibile effettuare la verifica del copriferro rispetto alle indicazioni dell'EC2. La tipologia di durabilità inserita in questa fase sarà utilizzata come valore di default all'inserimento dei vari oggetti.

Localizzazione

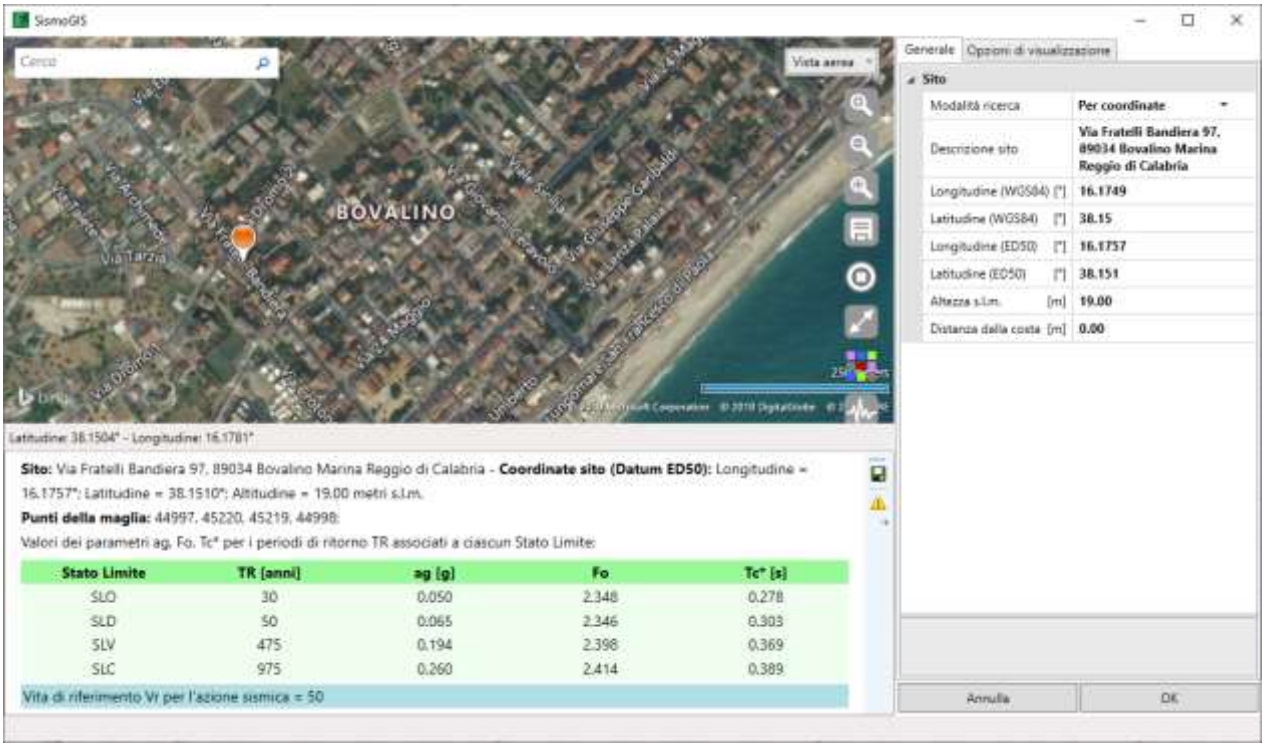
La pagina **"Localizzazione"** è ralativa alla localizzazione del sito necessaria per la successiva definizione delle azioni naturali (sisma, neve e vento) da applicare al calcolo in esame.



- **Descrizione.** Descrizione del sito (descrizione importata da "SismoGIS");
- **Coordinate (WGS84).** Coordinate del sito nel sistema di riferimento WGS84 (coordinate importate da "SismoGIS");
- **Coordinate (ED509).** Coordinate del sito nel sistema di riferimento ED509 (coordinate importate da "SismoGIS");

Localizzazione sito ed "Importa parametri generali da SismoGIS" 

Se risulta attiva una connessione ad Internet, in ambiente "SismoGIS" è possibile navigare nel sistema ***Bing*** di ***Microsoft*** al fine di ottenere le coordinate del sito ed altre informazioni aggiuntive. Se invece non si dispone di una connessione ad internet il sito dovrà essere definito per coordinate.

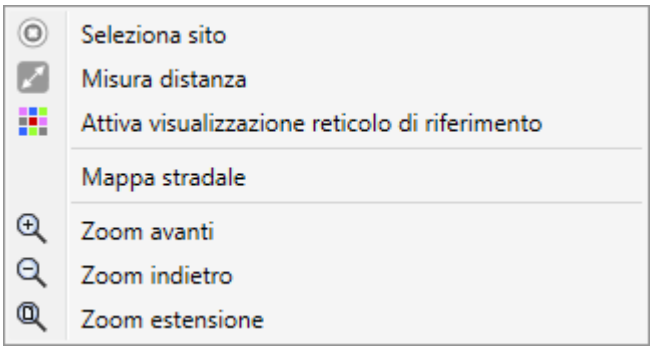


In funzione delle coordinate del sito, SismoGIS calcolerà i valori di **Ag, Fo** e **Tc*** relativi ad ognuno degli Stati Limite.

Gli strumenti di navigazione sono:

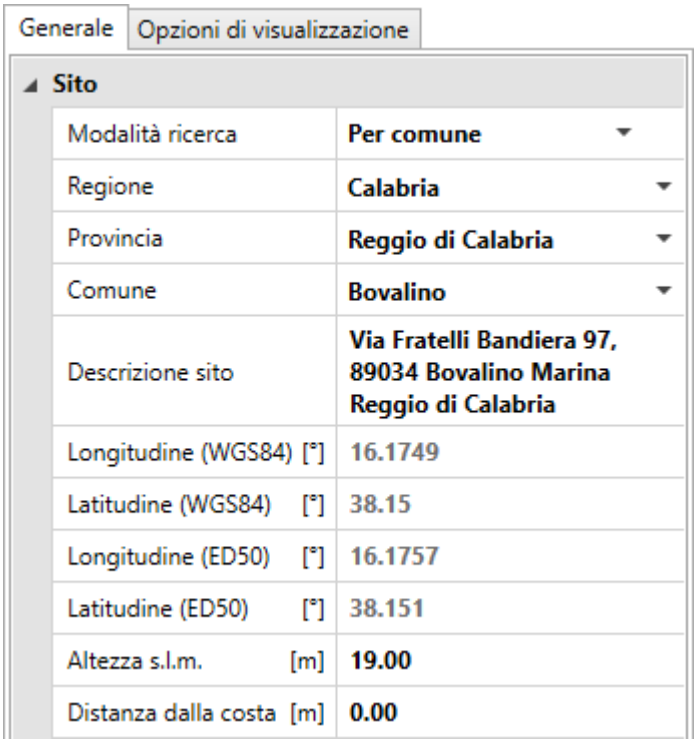
- Vista aerea;
- Mappa stradale.

Cliccare con il tasto destro del mouse sulla mappa per attivare i seguenti comandi:



- **Seleziona sito** . Consente di selezionare il sito e di importare i parametri relativi ad esso. Posizionare il puntatore del mouse sul sito, cliccare sul tasto destro del mouse e completare cliccando su "Seleziona sito";
- **Misura distanza** . Strumento per la misurazione della distanza tra il sito ed un punto della mappa. Cliccare su un punto della mappa per ottenerne il valore della distanza rispetto al sito;
- **Attiva visualizzazione reticolo di riferimento** . Cliccare per attivare\disattivare la visualizzazione del reticolo di riferimento.
- **Mappa stradale o Vista aerea**. Cliccare per passare da "Mappa stradale" a "Vista aerea" e viceversa;
- **Zoom avanti** . Zoom in avanti per ingrandire;
- **Zoom indietro** . Zoom in dietro per rimpicciolire;

- **Zoom tutto**  . Zoom tutto.

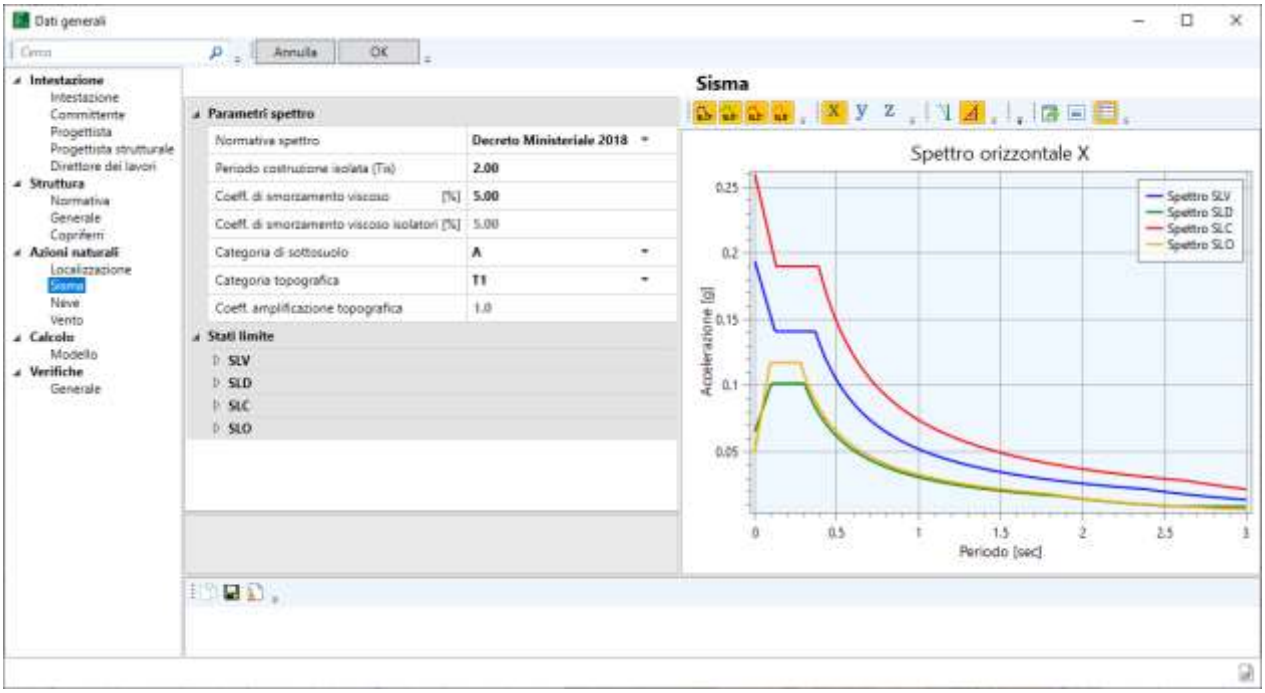


- **Modalità di ricerca**. Consente di selezionare la ricerca del sito nelle due modalità:
  - Per coordinate
  - Per comune.
- **Regione.** Regione del sito di riferimento (Visibile ed attivo nel caso di scelta "Modalità di ricerca per comune");
- **Provincia.** Provincia del sito di riferimento (Visibile ed attivo nel caso di scelta "Modalità di ricerca per comune");
- **Comune.** Comune del sito di riferimento (Visibile ed attivo nel caso di scelta "Modalità di ricerca per comune");
- **Descrizione sito**. Consente di editare una descrizione sintetica del sito (indirizzo, ecc.);
- **Longitudine (WGS84)**. Longitudine del sito riferita al sistema WGS84 (visibile ed editabile nel caso di scelta "Modalità di ricerca per coordinate");
- **Latitudine (WGS84)**. Latitudine del sito riferita al sistema WGS84 (visibile ed editabile nel caso di scelta "Modalità di ricerca per coordinate");
- **Longitudine (ED50)**. Longitudine del sito riferita al sistema ED50 (visibile ed editabile nel caso di scelta "Modalità di ricerca per coordinate");
- **Latitudine (ED50)**. Latitudine del sito riferita al sistema ED50 (visibile ed editabile nel caso di scelta "Modalità di ricerca per coordinate");
- **Altezza s.l.m.** Altezza sul livello del mare del sito;
- **Distanza dalla costa.** Distanza dalla costa del sito;

Dopo aver individuato il sito mediante l'ausilio degli strumenti dell'ambiente "SismoGIS", cliccare sul pulsante **"OK"** per importare i parametri delle forme spettrali inerenti al sito.

Sisma

La pagina **"Sisma"** è ralativa alla definizione dell'azione sismica da applicare per il calcolo in esame.



Nella pagina **"Spettro"** sono presenti i campi necessari per definire gli spettri di progetto per gli stati limite di salvaguardia delle vita (SLV), di danno (SLD), di operatività (SLO) e di collasso (SLC).

Per ognuno degli stati limite considerati e, relativamente a ciascuno di essi per le componenti X, Y e Z dell'azione sismica, è possibile definiere i vari dati dello spettro. Ciascuno spettro può essere inserito "per parametri" o "per punti".

- **Normativa spettro.** Normativa per la definizione dello spettro. Rispetto alla normativa di riferimento utilizzata per il calcolo, è possibile differenziare la norma di definizione dello spettro. (Ad esempio nel caso di calcolo con Eurocodici e spettri da NTC2018).
- **Periodo costruzione isolata (Tis).** Periodo equivalente della struttura isolata (campo da editare solo in caso di presenza di sistemi di isolamento sismico della struttura);
- **Coefficiente di smorzamento viscoso.** Coefficiente di smorzamento viscoso;
- **Categoria di sottosuolo.** Categoria di sottosuolo del sito;
- **Categoria topografica.** Categoria topografica del sito;
- **Coefficiente di amplificazione topografica.** Coefficiente di amplificazione topografica (funzione del campo Categoria topografica).

Per ogni SL (SLV,SLD, SLC, SLO) è possibile definire i dati seguenti:

SLV		
Aliquota acc. sism. (Ag)		0.194
Fo		2.398
Tc*	[sec]	0.369

- **Aliquota acc. Sism. (Ag)**. Aliquota dell'accelerazione orizzontale massima al sito per lo stato limite considerato;
- **Fo**. Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- **Tc*.** Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

I valori di Ag, F_0 e T_C* possono essere importati in funzione del sito di riferimento attraverso il programma **"SismoGis"** oppure possono essere editati.

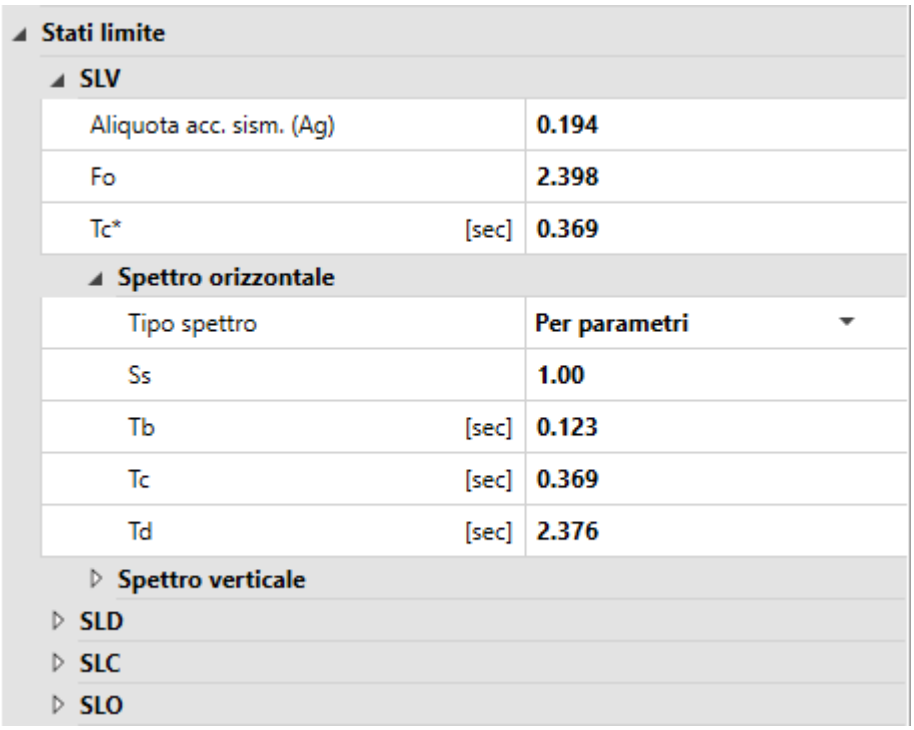
Per gli spettri orizzontali e verticale relativi a ciascun stato limite, è possibile definire gli spettri secondo due

diverse procedure: "per parametri" o "per punti".

Input spettro per parametri

La procedura di input prevede di:

1. Scegliere lo Stato Limite;
2. Scegliere il tipo di spettro (orizzontale o verticale);
3. Selezionare in Tipo spettro quello **"Per parametri"**;
4. Inserire i valori dei parametri dello spettro;



- **Ss** è il coefficiente di amplificazione stratigrafica;
- **Tb** è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;
- **Tc** è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a velocità costante;
- **Td** è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a spostamento costante.

Nella sezione **"Varie"** è possibile amplificare gli effetti dell'azione sismica SLV per la non linearità geometrica (**"Molt. NL Geom."**):



Input spettro per punti degli spettri ottenuti **mediante specifiche analisi di risposta sismica locale**

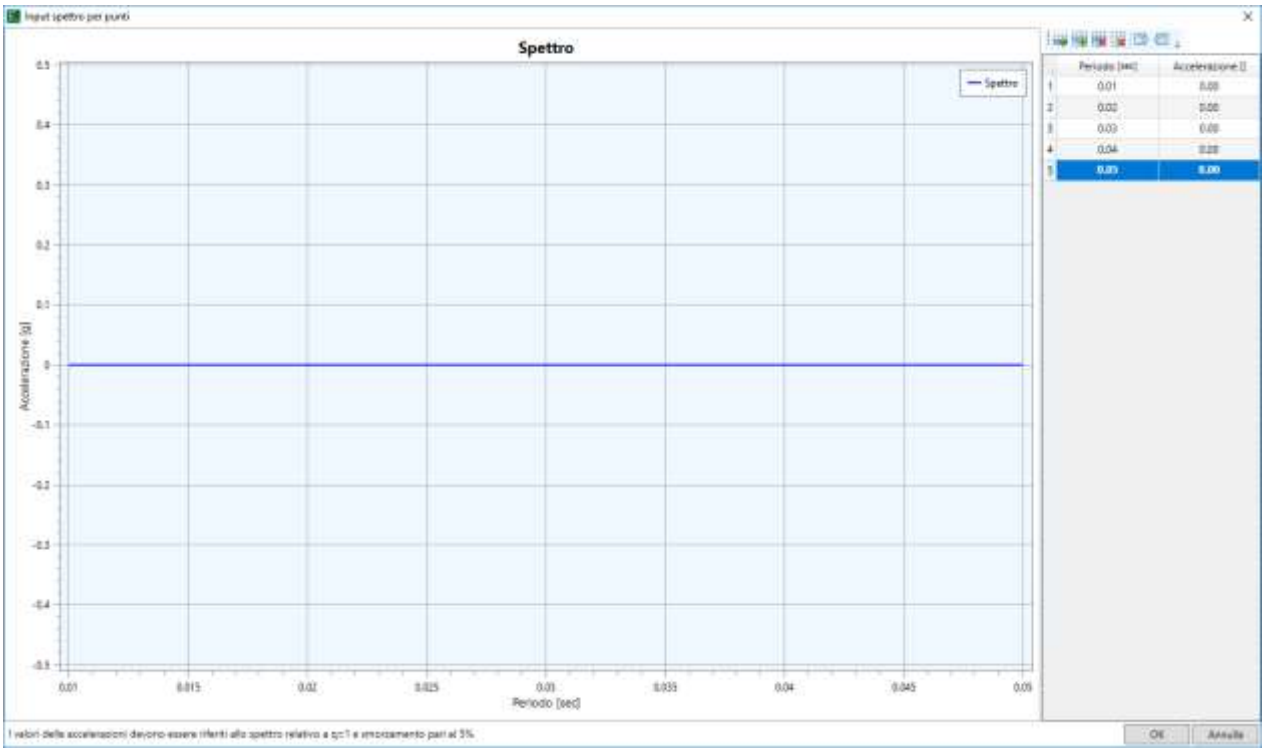
Qualora ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si sia provveduto a valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, si può procedere all'input dello spettro per punti.

La procedura di input prevede di:



1. Scegliere il tipo di spettro (orizzontale o verticale);
2. Selezionare in Tipo spettro quello **"Per punti"**;

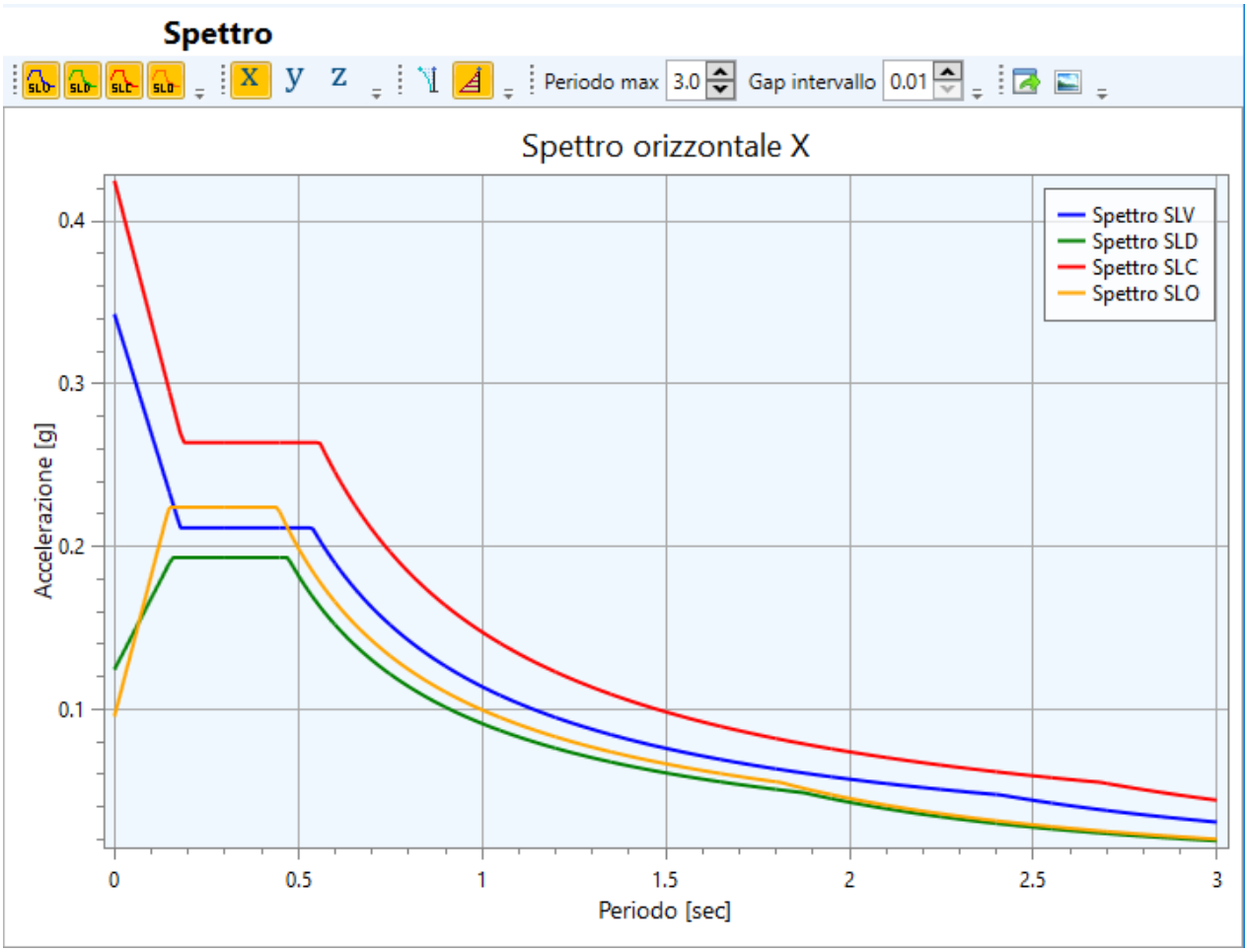
3. Cliccare su **"Modifica"**. Si accede all' ambiente Input spettro per punti. Inputare i pundi dello spettro utilizzando le varie funzioni.

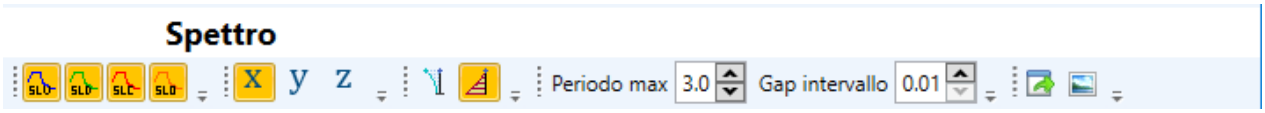


Sulla parte superiore destra dell'ambiente **"Input spettro per punti"** sono presenti i seguenti pulsanti per la gestione dell'input dei punti dello spettro:

- **Inserisci punto** . Inserisce un nuovo punto dello spettro;
- **Inserisci punto prima del punto selezionato** . Inserisce un nuovo punto dello spettro prima del punto selezionato;
- **Elimina punto** . Elimina un punto dello spettro;
- **Elimina tutti i punti** . Elimina tutti i punti dello spettro;
- **Esporta spettro** . Esporta in file .TXT i punti dello spettro;
- **Importa spettro** . Importa i punti dello spettro editati da un file .TXT.

Nella parte destra della pagina **"Spettro"** è possibile visualizzare, relativamente ad ognuna delle due direzioni, le forme spettrali per i diversi Stati Limite.

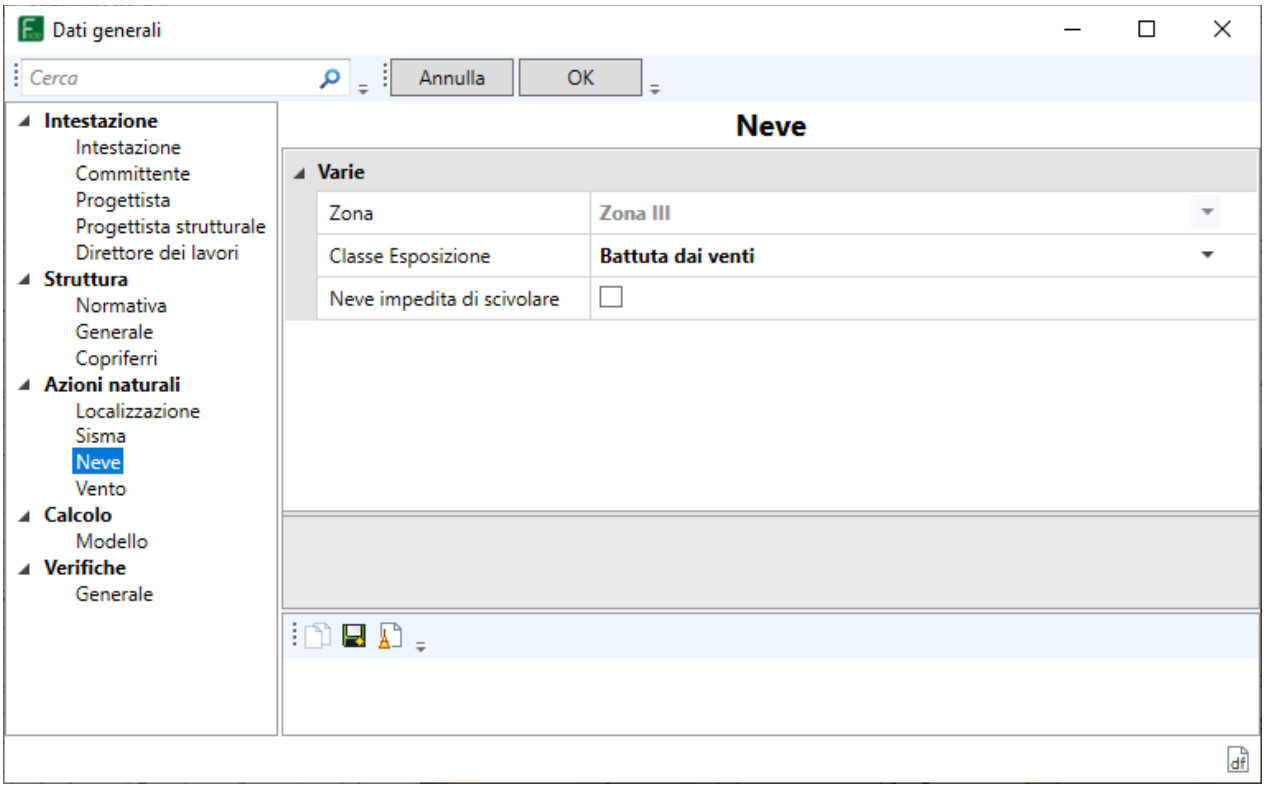




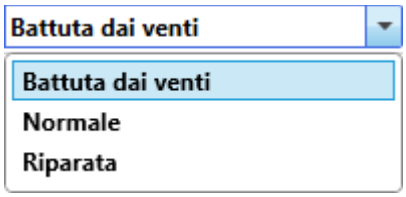
- **Spettro SLO** . Rende visibile\invisibile lo spettro SLV.
- **Spettro SLD** . Rende visibile\invisibile lo spettro SLD.
- **Spettro SLC** . Rende visibile\invisibile lo spettro SLC.
- **Spettro SLC** . Rende visibile\invisibile lo spettro SLO.
- **Spettro orizzontale X** . Rende visibili gli spettri relativi alla componente X dell'azione sismica.
- **Spettro orizzontale Y** . Rende visibili gli spettri relativi alla componente Y dell'azione sismica.
- **Spettro verticale Z** . Rende visibili gli spettri relativi alla componente Z dell'azione sismica.
- **Spettro elastico** . Rende visibili gli spettri utilizzati nell'analisi sismica per la valutazione degli spostamenti.
- **Spettro di progetto** . Rende visibili gli spettri utilizzati nell'analisi sismica per la valutazione delle sollecitazioni.
- **Periodo max**. Valore massimo del periodo dello spettro da visualizzare.
- **Gap intervallo**. Valore del passo di incremento del periodo dello spettro.
- **Esporta punti del grafico** . Esporta i valori numerici degli spettri in file TXT.
- **Esporta il grafico in formato immagine** . Esporta le immagini dello\degli spettro\i in formato JPEG.

Neve

La pagina **"Neve"** è ralativa alla definizione del carico neve da applicare alla struttura in esame.



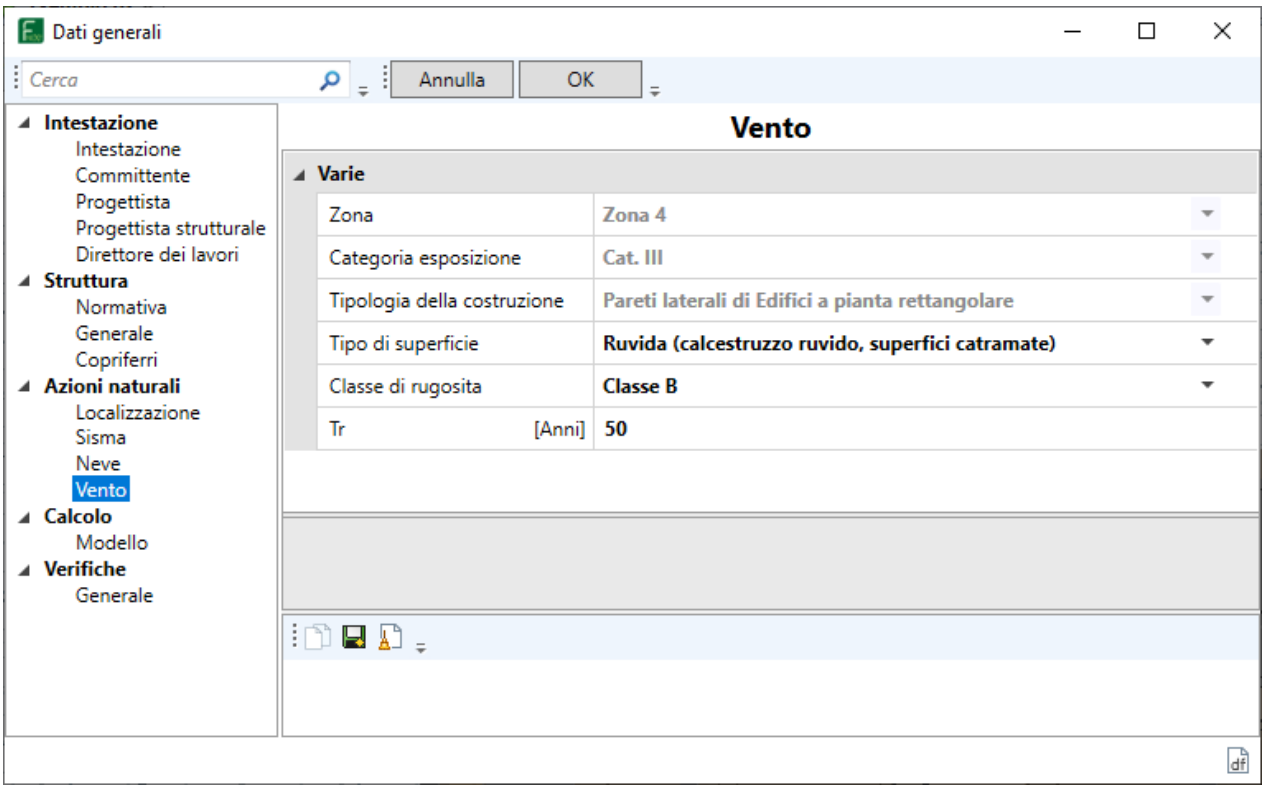
- **Zona.** La zona viene definita automaticamente dal software in base al sito di riferimento scelto nell'ambiente "Localizzazione" (vedi §3.4.2 NTC 2018);
- **Classe Esposizione.** In base alle disposizioni del §3.4.4 delle NTC 2018 è possibile scegliere tra se seguenti classi di esposizioni:



- **Neve impedita di scivolare.** Selezionare nel caso in cui la neve è impedita di scivolare.

Vento

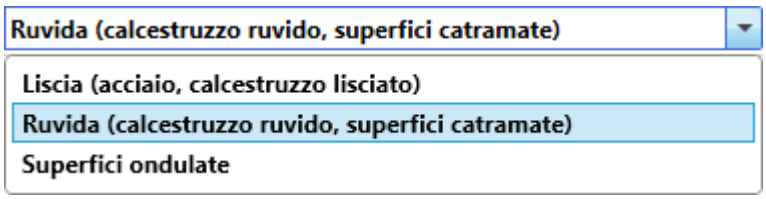
La pagina **"Vento"** è ralativa alla definizione del carico vento da applicare alla struttura in esame.



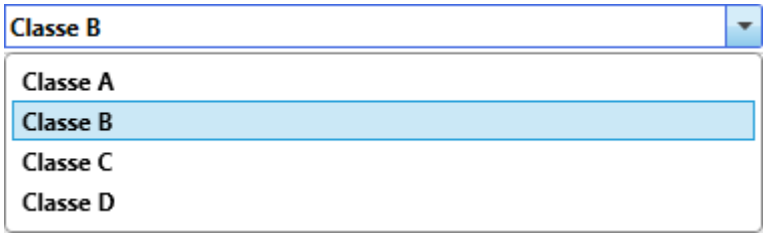
- **Zona.** La zona viene definita automaticamente dal software in base al sito di riferimento scelto nell'ambiente "Localizzazione" (vedi §3.3.1 NTC 2018);
- **Categoria esposizione.** La categoria di esposizione viene definita automaticamente dal software in base al sito di riferimento scelto nell'ambiente "Localizzazione" (vedi §3.3.7 NTC 2018);
- **Tipologia della costruzione.** Le tipologie di costruzione presenti sono le seguenti:

  - Pareti laterali di Edifici a pianta rettangolare;
  - Coperture piane;
  - Copertura a semplice falda;
  - Copertura a doppia falda;

- **Tipo di superficie.** In base alle disposizioni dell' Appendice G.12 CNR DT 207 è possibile scegliere tra se seguenti classi di esposizioni:



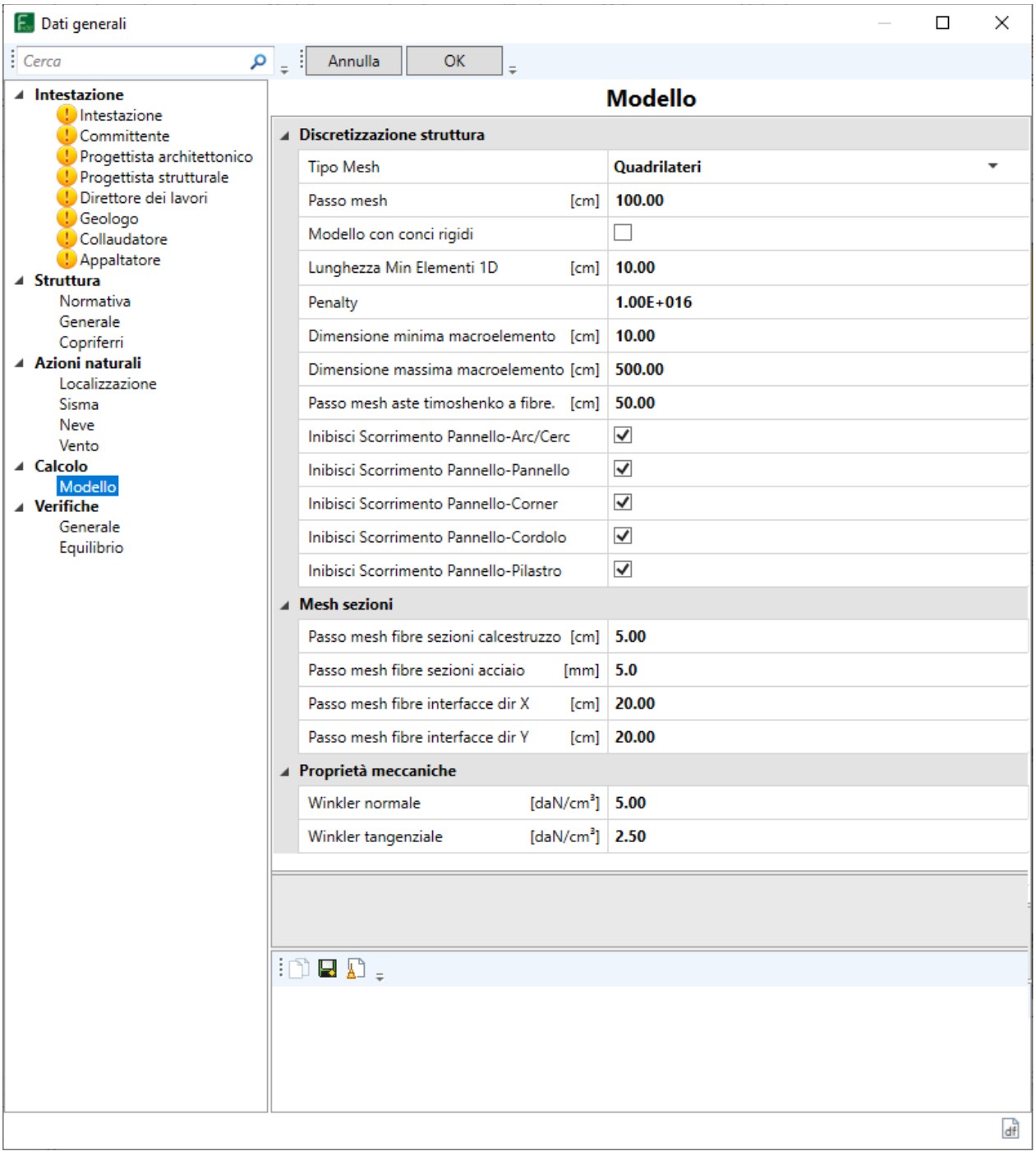
- **Classe di rugosità.** In base alle disposizioni del §3.3.7 delle NTC 2018 è possibile scegliere tra se seguenti classi di rugosità:



- **Tr.** Tempo di ritorno (vedi §3.3.2 NTC 2018).

Modello

La pagina **"Modello"** è l'ambiente di input per i parametri del modello strutturale.



Tipo mesh

Forma della mesh, da scegliere tra triangolare e quadrangolare.

Passo mesh

Passo massimo adottato dal codice di calcolo per la discretizzazione a mesh degli elementi bidimensionali. Il valore inserito viene utilizzato come default per i vari elementi. Per i singoli elementi (piastre e pareti) è possibile personalizzarne il valore. Modificando il valore dell'oggetto Nodo, è possibile applicare degli infittimenti nei punti critici della mesh.

Modello con conci rigidi

Selezionare per attivare la generazione del modello con i tratti rigidi relativi ai nodi trave-pilastro e bordo-piastra. Questa opzione è obbligatoria per calcoli con elementi in muratura agli "Elementi discreti".

Formulazione conci rigidi

Consente di scegliere quale formulzione usare per la modellazione dei conci rigidi di estremità tra:

- Classica (disponibile solo per elementi finiti): realizzata con legami cinematici master-slave
- Penaty function: realizzata con algoritmi di ottimizzazione dei vincoli della soluzione

Lunghezza min Elementi 1D

Rappresenta il valore minimo, al di sotto del quale gli elementi 1D (aste) vengono eleminati dal calcolo e sostituiti:

- con tratti rigidi, nel caso di modello a conci rigidi
- con la fusione dei nodi di estremità, se il modello è senza conci rigidi.

Penalty

Valore della costante di Penalty, utilizzato per il modello a conci rigidi "Penalty Function".

Dimensione minima macroelemento

Dimensione minima del macroelemento usato nel modello agli elementi discreti.

Dimensione massima macroelemento

Dimensione massima del macroelemento usato nel modello agli elementi discreti.

Passo mesh sezioni calcestruzzo

Passo massimo adottato dal codice di calcolo per la discretizzazione a mesh delle sezioni degli elementi in calcestruzzo (utilizzato per Analisi Statica non lineare e Analisi Dinamica non lineare).

Passo mesh sezioni acciaio

Passo massimo adottato dal codice di calcolo per la discretizzazione a mesh delle sezioni degli elementi in acciaio. (utilizzato per Analisi Statica non lineare e Analisi Dinamica non lineare).

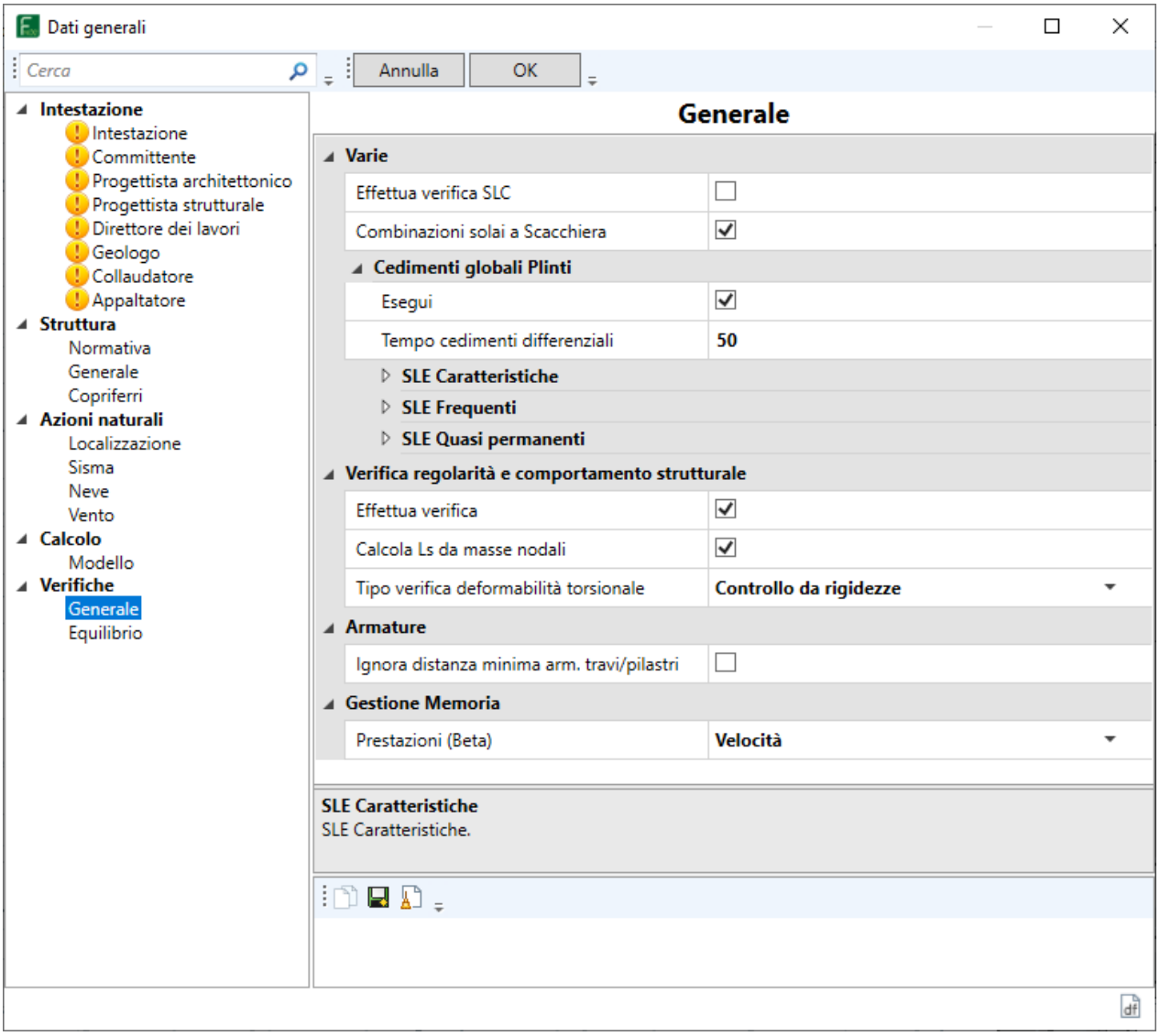
Winkler normale

Modulo di Winkler normale in daN/cm³. Per i singoli elementi (piastre, plinti e travi) è possibile personalizzarne il valore.

Winker tangenziale

Modulo di Winkler tangenziale in daN/cm³. Per i singoli elementi (piastre, plinti e travi) è possibile personalizzarne il valore.

Generale



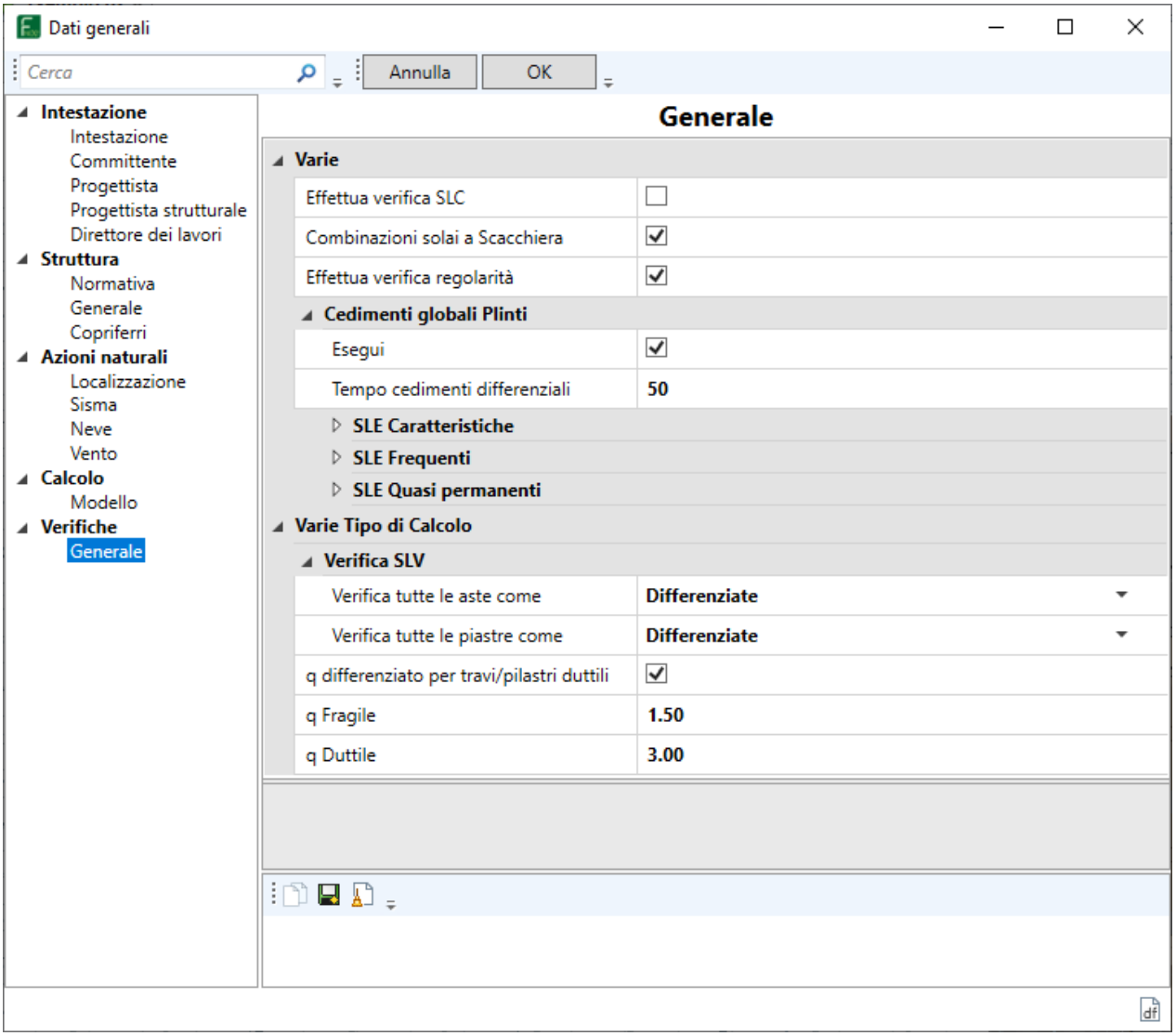
Nella pagina **"Generale"** sono presenti i seguenti campi:

- **Effettua verifica SLC.** Consente di attivare\disattivare le verifiche secondo gli Stati Limite di Collasso;
- **Combinazioni solai a scacchiera.** Consente di attivare\disattivare le combinazioni a scacchiera per la verifica dei solai;
- **Cedimenti globali Plinti**
  - **Esegui.** Consente di attivare\disattivare le verifiche sui cedimenti globali dei plinti;
  - **Tempo cedimenti differenziali.** Consente di definire il tempo per il calcolo dei cedimenti differenziali dei plinti;
  - **SLE Caratteristiche**
    - **Esegui.** Consente di attivare\disattivare le verifiche agli SLE per le combinazioni Caratteristiche;
  - **SLE Frequenti**
    - **Esegui.** Consente di attivare\disattivare le verifiche agli SLE per le combinazioni Frequenti;
  - **SLE Quasi Permanenti**
    - **Esegui.** Consente di attivare\disattivare le verifiche agli SLE per le combinazioni Quasi Permanenti;
- **Verifica regolarità e comportamento strutturale**

- **Effettua verifica.** Se selezionato effettua il controllo di regolarità e sul comportamento strutturale;
- **Calcola Ls da masse nodali.** Se selezionato calcola Ls considerando l'effettiva posizione delle masse nodali anzichè la formula sempificata per forme pseudo-rettangolari ($Ls^2 = [L^2 + B^2] / 12$);
- **Tipo verifica deformabilità torsionale.** Consente di selezionare le modalità di controllo del comportamento tra:
  - **Controllo da rigidezze.** Controllo ad ogni piano della condizione $r^2/Ls^2 \geq 1$;
  - **Controllo da modi di vibrare.** Controllo del rapporto dei periodi $T/T\theta > 1$;
  - **Entrambi.** Controlla entrambi i metodi e restituisce i dati del più gravoso;

- **Armature**
  - **Ignora distanza minima arm. travi/pilastri.** Se selezionato non effettua il controllo sulla distanza minima (minimo tra 2Ø e 2 cm) tra le armature longitudinali;

Nel caso di analisi su strutture esistenti è necessario impostare i parametri relativi alle Verifiche SLV:



- **Verifica tutte le aste come.** Consente di scegliere il tipo di verifica da utilizzare per tutte le aste. Opzioni previste:
  - **Differenziate.** Scegliere questa opzione per consentire al programma di differenziare gli elementi in fragili e duttili;
  - **Fragili.** Considera tutte le aste come elementi fragili;
  - **Duttili.** Considera tutte le aste come elementi duttili.
- **Verifica tutte le piastre come.** Consente di scegliere il tipo di verifica da utilizzare per tutte le piastre.

Opzioni previste:

- **Differenziate.** Scegliere questa opzione per consentire al programma di differenziare gli elementi in fragili e duttili;
- **Fragili.** Considera tutte le piastre come elementi fragili;
- **Duttili.** Considera tutte le piastre come elementi duttili.

- **q differenziato per travi/pilastri duttili.** Selezionare per consentire al programma di assegnare un fattore di comportamento q differenziato per travi/pilastri duttili;
- **q Fragile.** Fattore di comportamento per gli elementi fragili;
- **q Duttile.** Fattore di comportamento per gli elementi duttili. Nel caso in cui si è scelto un q differenziato per travi/pilastri duttili questo campo assume il significato di valore limite.

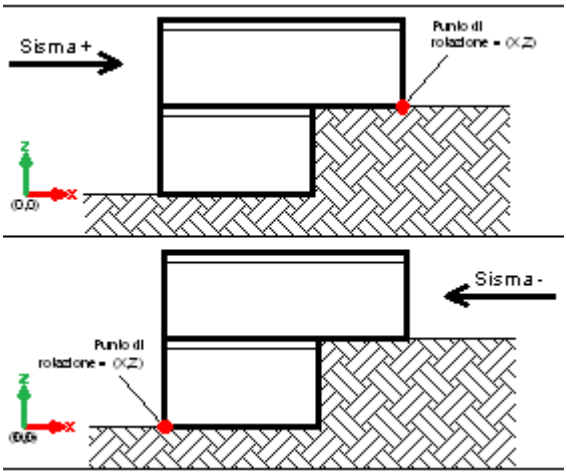
Relativamente alle analisi "Vulnerabilità sismica" ed "Indicatore azioni statiche" è necessario impostare i valori limite del moltiplicatore:

Moltiplicatore	
λmin	0.00
λmax	1.00
Passo	0.05

- **λmin.** Valore minimo del moltiplicatore;
- **λmax.** Valore massimo del moltiplicatore;
- **Passo.** Passo di iterazione delle verifiche strutturali.

Nella pagina **"Equilibrio"** sono presenti i seguenti campi:

- **Verifiche scorrimento**
  - **Esegui verifiche scorrimento.** Se attivato esegue le verifiche scorrimento;
  - **δ (attrito).** Angolo di attrito all'interfaccia del contatto;
  - **Aderenza drenata.** Aderenza dell'interfaccia di contatto in condizioni drenate;
- **Verifiche ribaltamento**
  - **Esegui verifiche ribaltamento.**
  - **Quota SectionCut.**
  - **Punto di rotazione (X+, X-, Y+, Y-).**
    - **Attiva.** Se selezionato attiva la direzione di verifica;
    - **Ascissa.** Ascissa locale del punto di rotazione per la direzione corrente;
    - **Quota.** Quota assoluta del punto di rotazione per la direzione corrente;

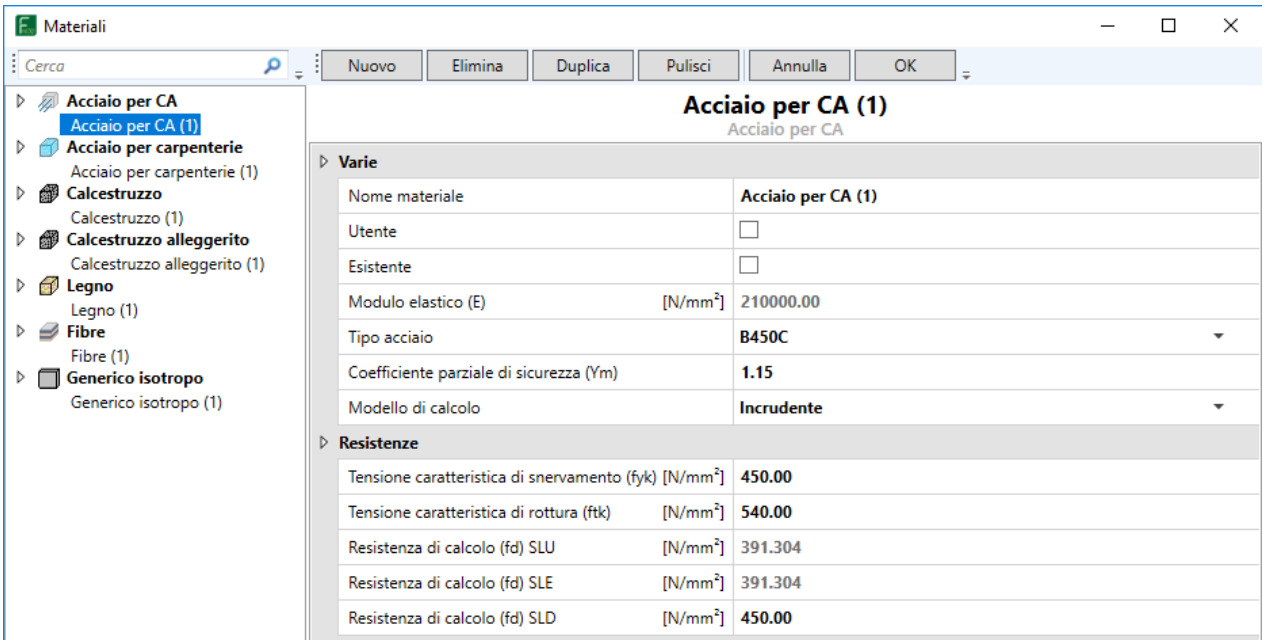


3.1.2.2 Materiali

Materiali 

Consente di definire i materiali degli elementi strutturali relativi all'archivio. Alla pressione del pulsante **"Materiali"** viene aperta e visualizzato l'ambiente "Editor Materiali" in cui è possibile definire le caratteristiche dei seguenti materiali:

- Acciaio per CA
- Acciaio per carpenterie
- Calcestruzzo
- Calcestruzzo allegerito
- Legno
- Fibre
- Generico isotropo



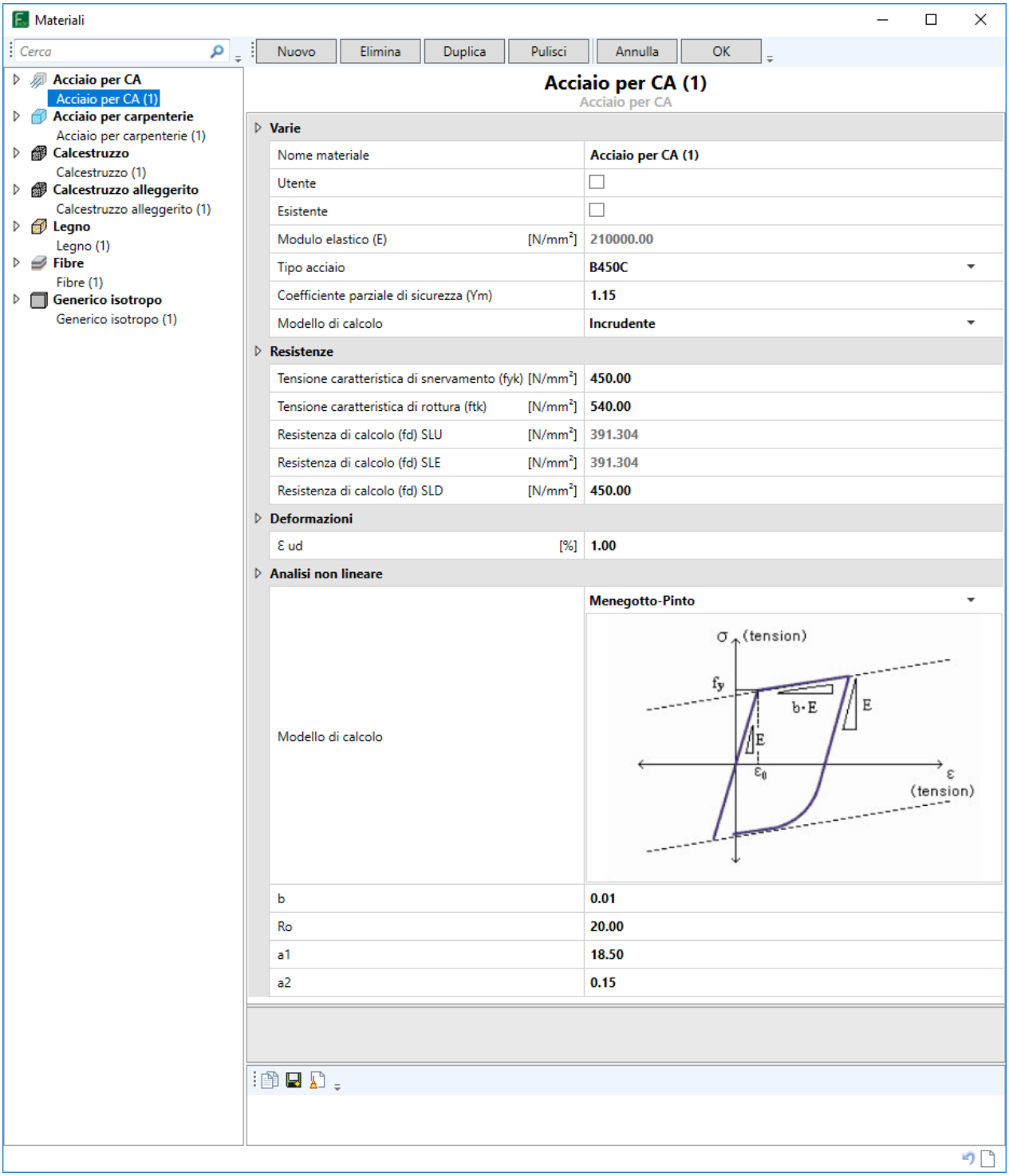
Nella parte superiore della finestra "Materiali" sono presenti i seguenti pulsanti:

- **Nuovo**: da utilizzare per aggiungere una nuova tipologia di materiale selezionando un tipo di materiale dall'elenco ad albero;
- **Elimina**: dopo la selezione di un materiale ha la funzione di eliminare l'elemento selezionato;
- **Duplica**: ha la funzione di duplicare il materiale selezionato creandone uno nuovo con le stesse caratteristiche;
- **Pulisci**: elimina tutte le tipologie di materiali non utilizzate nel modello fra quelle presenti nella lista (ad esclusione della prima che è di sistema);
- **Annulla**: chiude la presente finestra annullando tutte le modifiche in essa apportate;
- **OK**: chiude l'ambiente di definizione delle tipologie materiali confermando tutte le modifiche effettuate.

Per tutti i tipi di materiale sono presenti alcuni campi che hanno significato comune:

- **Nome materiale**: nome con il quale identificare il materiale aggiunto;
- **Utente**: se selezionato consente di definire un materiale assegnando ogni valore personalizzato;
- **Esistente**: selezionare per materiale esistente.

Acciaio per CA

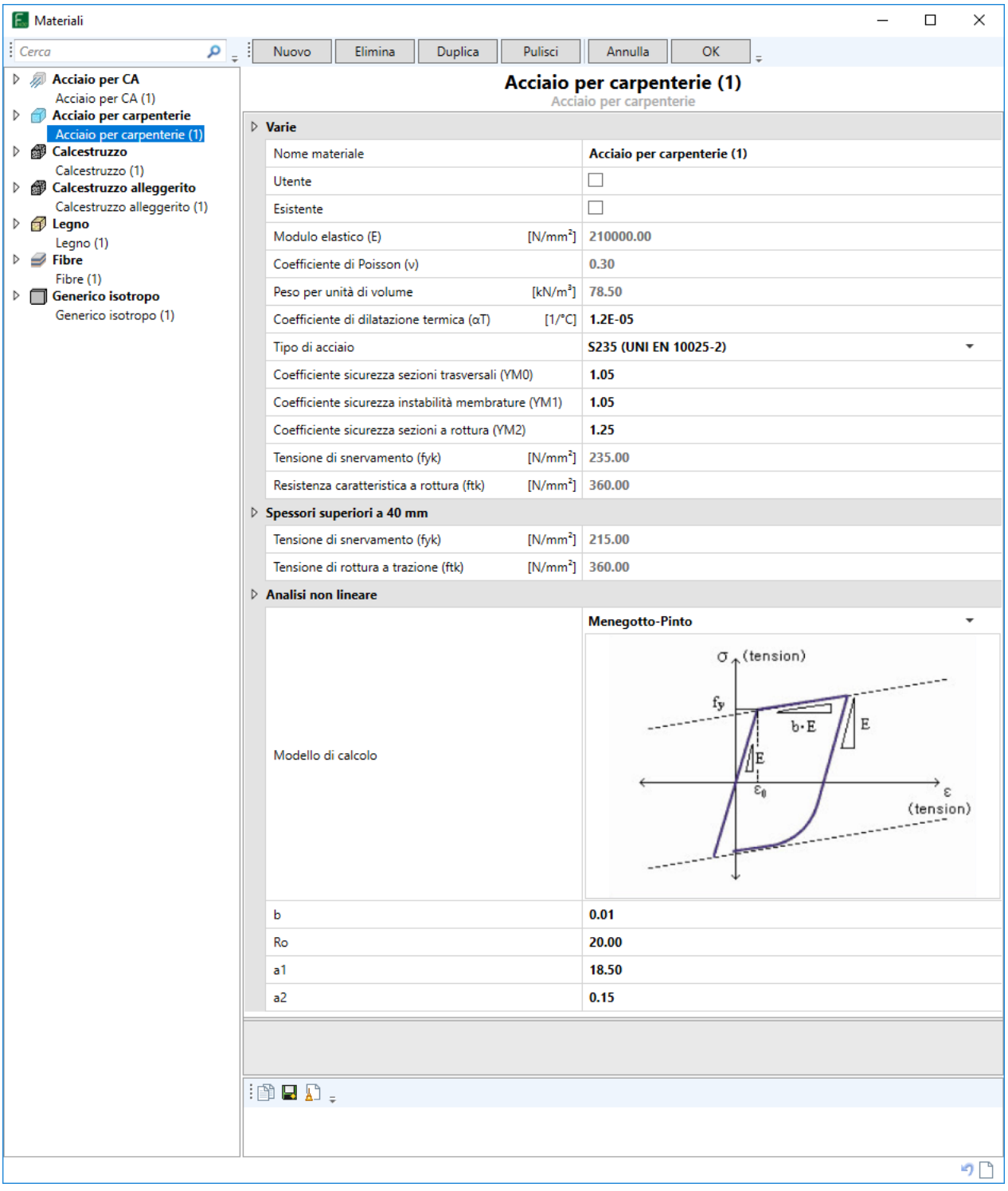


Nella pagina materiale **"Acciaio per CA"** è possibile definire i seguenti parametri:

- **Aderenza migliorata.** Selezionare se le barre esistenti sono barre ad aderenza migliorata (editabile solo se campo "Utente" e\o il campo "Esistente" selezionato\i);
- **Incrudente.** Selezionare nel caso di modello di calcolo di tipo "incrudente" (editabile solo se campo "Utente" e\o il campo "Esistente" selezionato\i);
- **Modulo elastico.** Modulo elastico del materiale (editabile solo se campo "Utente" e\o il campo "Esistente" selezionato\i);
- **Tipo acciaio.** Nomenclatura da normativa dell'acciaio da c.a. (campo visibile ed editabile se il campo "Utente" risulta non selezionato);

- **Fattore di confidenza (FC).** Valore da assegnare al fattore di confidenza in funzione del Livello di conoscenza (visibile solo per campo "Esistente" selezionato).
- **Coefficiente parziale di sicurezza (Ym).** Coefficiente parziale di sicurezza del materiale (utilizzato nelle verifiche);
- **Modello di calcolo.** Modello tensione-deformazione per l'implementazione del comportamento del materiale (è possibile scegliere fra "Incrudente" e "Non incrudente");
- **Tensione caratteristica di snervamento fyk.** Resistenza caratteristica di snervamento dell'acciaio da calcestruzzo armato;
- **Tensione caratteristica di rottura ftk.** Resistenza caratteristica di rottura dell'acciaio da calcestruzzo armato;
- **Resistenza di calcolo (fd) SLU** : Resistenza di calcolo dell'acciaio in barre da adottare per le verifiche relative agli SLU, SLV ed SLC;
- **Resistenza di calcolo (fd) SLE** : Resistenza di calcolo dell'acciaio in barre da adottare per le verifiche agli SLE;
- **Resistenza di calcolo (fd) SLD** : Resistenza di calcolo dell'acciaio in barre da adottare per le verifiche agli SLD;
- **εc ud.** Deformazione ultima di calcolo a compressione;
- **εt ud.** Deformazione ultima di calcolo a trazione;
- **Limitato a compressione**: se attivato utilizza il valore εc ud come limite superiore**.**
- **Limitato a trazione**: se attivato utilizza il valore εt ud come limite superiore**.**
- **Modello di calcolo** (analisi non lineare). Modello di calcolo da adottare per analisi non lineare (a scelta fra "Bilineare finito con incrudimento" e "Menegotto-Pinto");
- **b.** Fattore di riduzione della rigidezza;
- **Ro, a1, a2.** Costanti del modello di "Menegotto-Pinto";

Acciaio per carpenterie



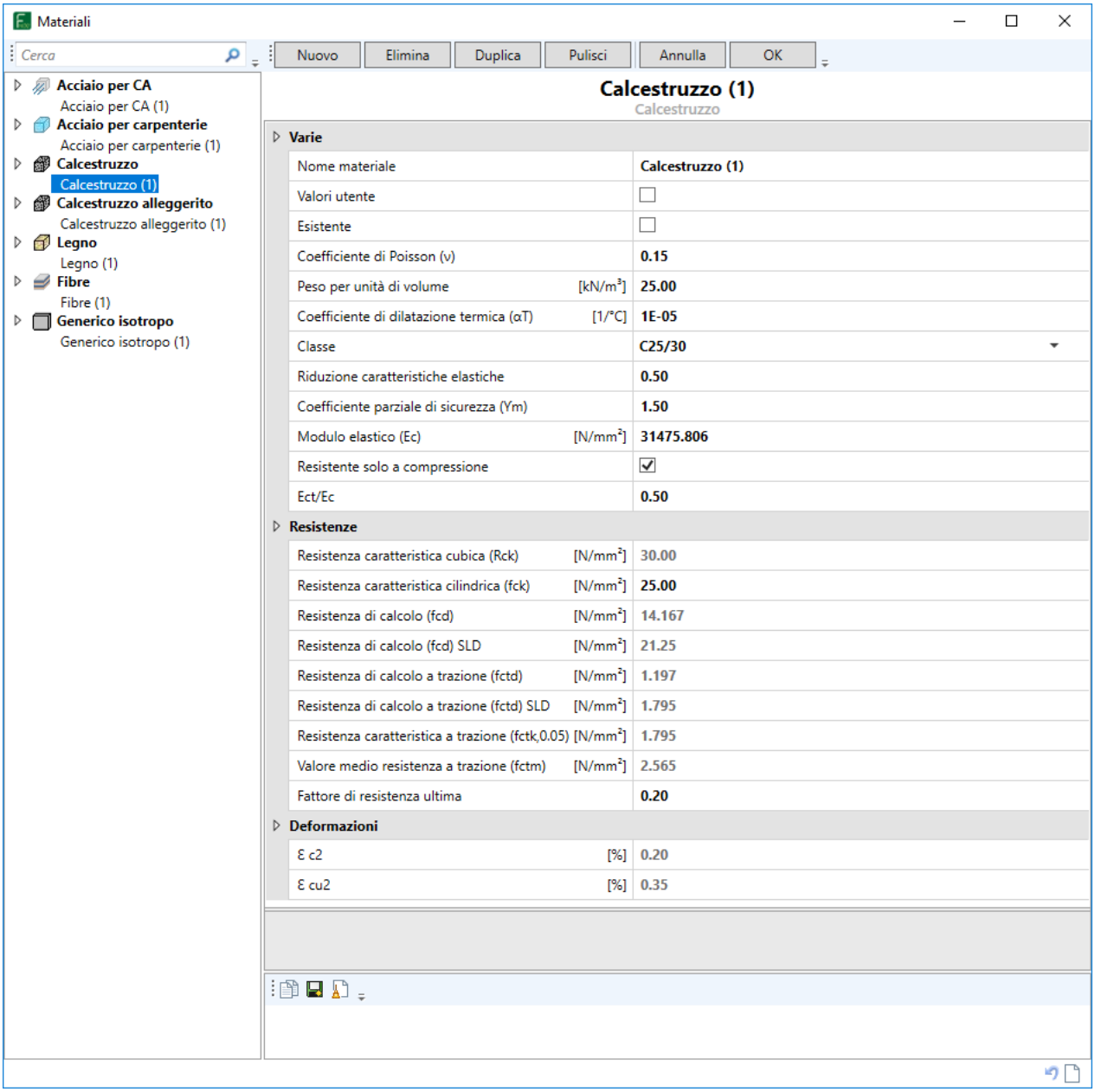
Nella pagina materiale **"Acciaio per carpenterie"** è possibile definire i seguenti parametri:

- **Modulo elastico.** Modulo elastico del materiale (editabile solo se campo "Utente" è selezionato);
- **Coefficiente di Poisson (ν).** Coefficiente di Poisson (editabile solo se campo "Utente" è selezionato);
- **Peso per unità di volume.** Peso per unità di volume (editabile solo se campo "Utente" è selezionato);
- **Coefficiente di dilatazione termica (αT).** Coefficiente di dilatazione termica;
- **Tipo acciaio.** Nomenclatura da normativa dell'acciaio da carpenteria metallica;
- **Fattore di confidenza (FC).** Valore da assegnare al fattore di confidenza in funzione del Livello di

conoscenza (visibile solo per campo "Esistente" selezionato).

- **Coefficiente sicurezza sezioni trasversali (γM0).** Coefficiente parziale di sicurezza del materiale per verifiche di resistenza;
- **Coefficiente sicurezza instabilità membrature (γM1).** Coefficiente parziale di sicurezza del materiale per verifiche di instabilità;
- **Coefficiente di sicurezza sezioni a rottura (γM2).** Coefficiente parziale di sicurezza del materiale per verifiche a rottura;
- **Tensione di snervamento (fyk).** Resistenza caratteristica di snervamento;
- **Resistenza caratteristica a rottura (ftk).** Resistenza caratteristica a rottura;
- **Tensione di snervamento (fyk) per spessori superiori a 40 mm.** Tensione caratteristica di snervamento per i profilati aventi spessore >40 mm;
- **Tensione di rottura a tazione (ftk) per spessori superiori a 40 mm.** Tensione caratteristica a rottura per i profilati aventi spessore >40 mm;
- **Modello di calcolo** (analisi non lineare). Modello di calcolo da adottare per analisi non lineare (a scelta fra "Bilineare finito con incrudimento" e "Menegotto-Pinto");
- **εc ud.** Deformazione ultima di calcolo a compressione;
- **εt ud.** Deformazione ultima di calcolo a trazione;
- **Limitato a compressione**: se attivato utilizza il valore εc ud come limite superiore**.**
- **Limitato a trazione**: se attivato utilizza il valore εt ud come limite superiore**.**
- **b.** Fattore di riduzione della rigidezza;
- **Ro, a1, a2.** Costanti del modello di "Menegotto-Pinto";

Calcestruzzo e Calcestruzzo alleggerito



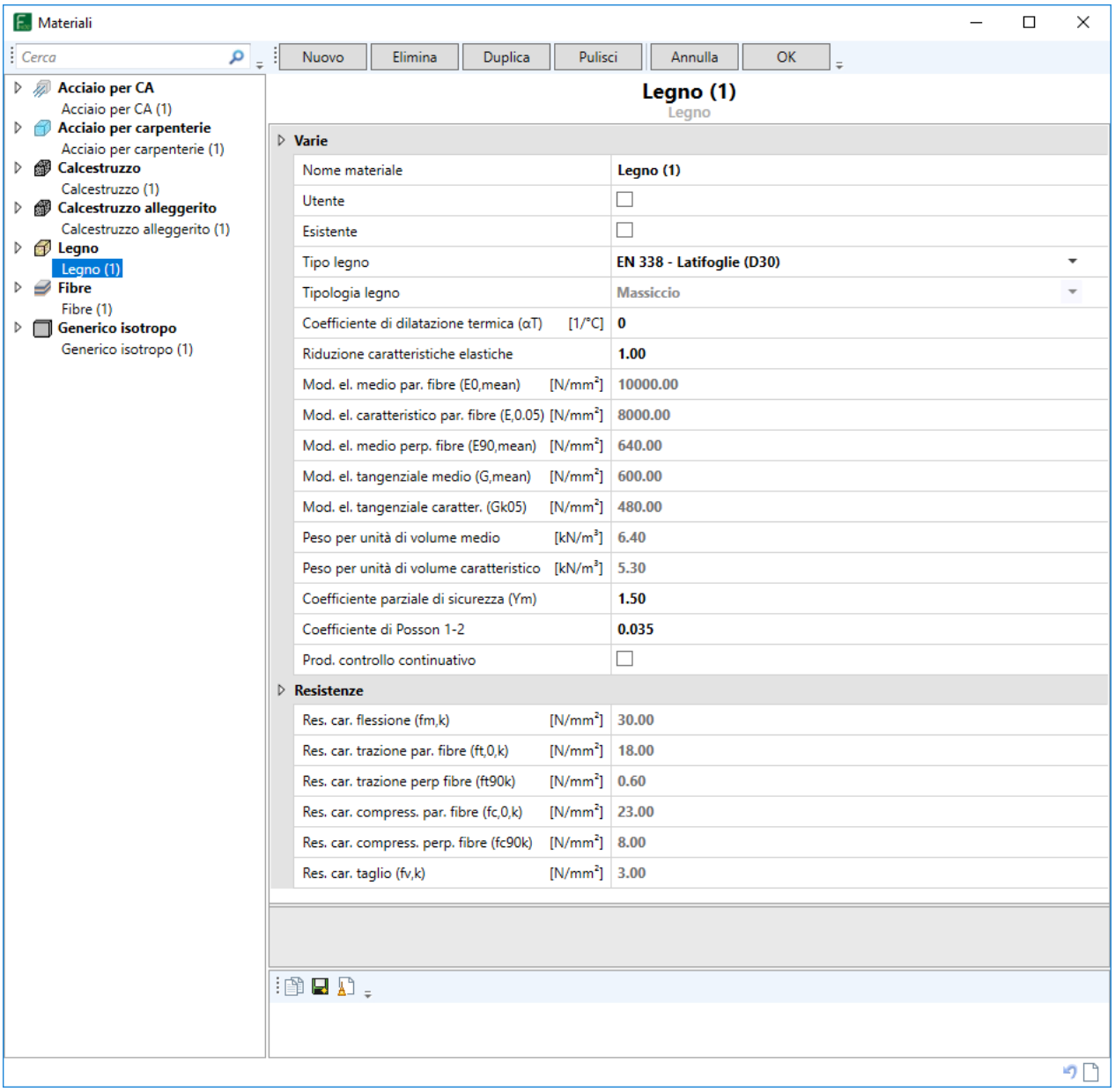
Nella pagina materiale **"Calcestruzzo"** è possibile definire i seguenti parametri:

- **Coefficiente di Poisson (ν).** Coefficiente di Poisson (editabile solo se campo "Utente" è selezionato);
- **Peso per unità di volume.** Peso per unità di volume (editabile solo se campo "Utente" è selezionato);
- **Coefficiente di dilatazione termica (αT).** Coefficiente di dilatazione termica;
- **Classe.** Classe di resistenza. (editabile solo se campo "Utente" non è attivato);
- **Riduzione caratteristiche elastiche.** Coefficiente di riduzione delle caratteristiche elastiche per effetto delle distorsioni termiche Δt;
- **Fattore di confidenza (FC).** Valore da assegnare al fattore di confidenza in funzione del Livello di conoscenza (visibile solo per campo "Esistente" selezionato);
- **Coefficiente parziale di sicurezza (γm).** Coefficiente parziale di sicurezza del materiale;
- **Modulo elastico Ec.** Modulo elastico a compressione del materiale;
- **Resistente solo a compressione.** Nel caso di analisi non lineari consente di considerare solo la resistenza a compressione;

- **Ect\Et** : Rapporto tra il modulo elastico a trazione ed il modulo elastico a compressione;
- **Resistenza caratteristica cubica (Rck).** Resistenza caratteristica cubica (Rck);
- **Resistenza caratteristica cilindrica (fck).** Resistenza caratteristica cilindrica (fck);
- **Resistenza di calcolo (fcd).** Resistenza di calcolo (fcd);
- **Resistenza di calcolo (fcd) SLD.** Resistenza di calcolo (fcd) per verifiche agli SLD;
- **Resistenza di calcolo a trazione (fctd).** Resistenza di calcolo a trazione (fctd);
- **Resistenza di calcolo a trazione (fctd) SLD.** Resistenza di calcolo a trazione (fctd) SLD per verifiche agli SLD;
- **Resistenza caratteristica a trazione (fctk,0.05).** Resistenza caratteristica a trazione (fctk0.05);
- **Valore medio resistenza a trazione (fctm).** Valore medio resistenza a trazione;
- **Fattore di resistenza ultima.** Fattore di resistenza ultima per analisi non lineare;
- **ε c2.** Deformazione al raggiungimento della massima tensione;
- **ε uc2.** Deformazione ultima;
- **Limitato**: se attivato utilizza il valore ε uc2 come limite superiore.

Per il calcestruzzo allegerito i valori vengono calcolati in funzione del peso per unità di volume inserito in base alle indicazioni delle norme UNI EN 206:2016.

Legno

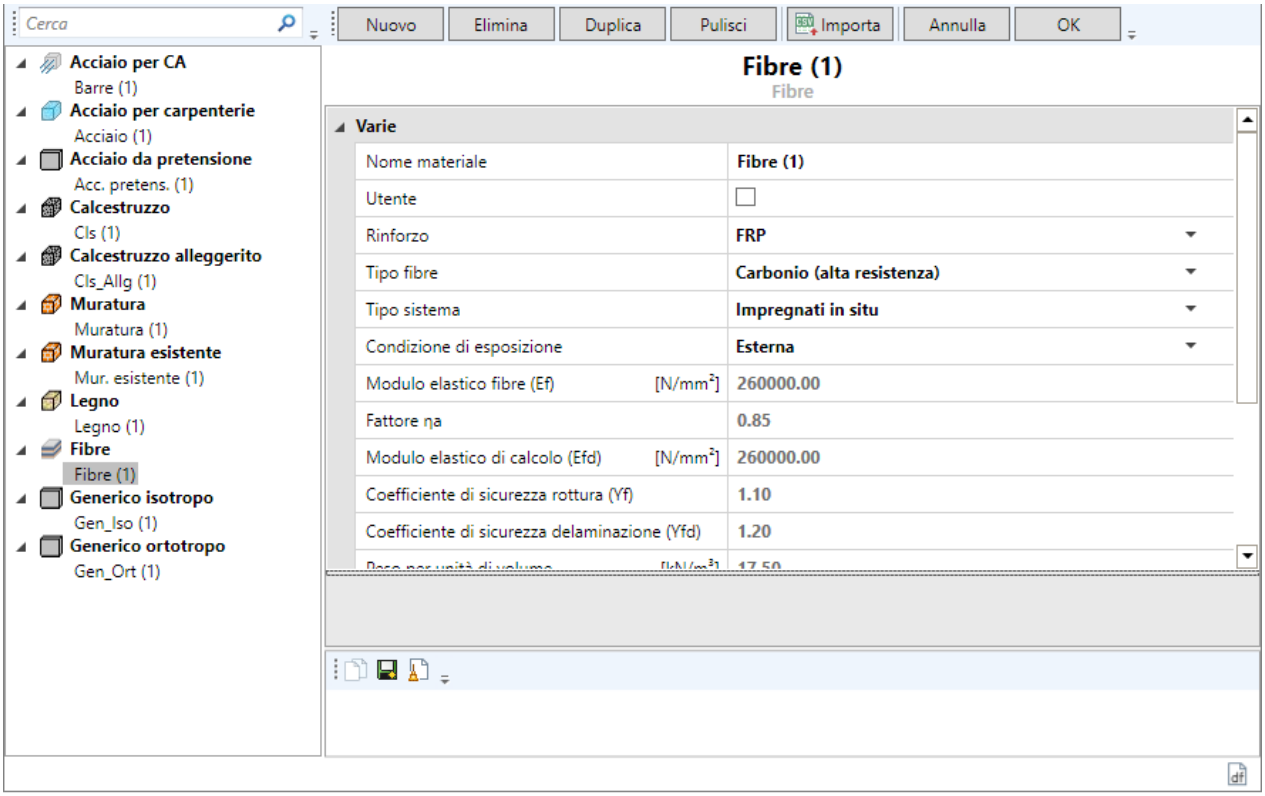


Nella pagina materiale **"Legno"** è possibile definire i seguenti parametri:

- **Tipo legno.** Classe di resistenza del legno;
- **Tipologia legno.** Da scegliere tra Lamellare o massiccio (editabile solo se campo "Utente" è selezionato);
- **Coefficiente di dilatazione termica (αT).** Coefficiente di dilatazione termica;
- **Riduzione caratteristiche elastiche.** Coefficiente di riduzione delle caratteristiche elastiche per effetto delle distorsioni termiche Δt;
- **Fattore di confidenza (FC).** Valore da assegnare al fattore di confidenza in funzione del Livello di conoscenza (visibile solo per campo ‘’Esistente’’ selezionato);
- **Mod. el. medio par. fibre (E0,mean).** Modulo elastico medio parallelo alle fibre (editabile solo se campo "Utente" è selezionato);
- **Mod. el. caratteristico par. fibre (E,0.05).** Modulo elastico caratteristico parallelo alle fibre (editabile solo se campo "Utente" è selezionato);
- **Mod. el. medio perp. fibre (E90,mean).** Modulo elastico medio perpendicolare alle fibre (editabile solo se campo "Utente" è selezionato);

- **Mod. el. tangenziale medio (G,mean).** Modulo elastico tangenziale medio (editabile solo se campo "Utente" è selezionato);
- **Mod. el. tangenziale caratter. (Gk05).** Modulo elastico tangenziale caratteristico (editabile solo se campo "Utente" è selezionato);
- **Peso per unità di volume medio.** Peso per unità di volume (editabile solo se campo "Utente" è selezionato);
- **Peso per unità di volume caratteristico.** Peso per unità di volume caratteristico (editabile solo se campo "Utente" è selezionato);
- **Coefficiente parziale di sicurezza (γm).** Coefficiente parziale di sicurezza del materiale;
- **Coefficiente di Poisson 1-2.**
- **Prod. controllo continuativo.** Produzione soggetta a controllo continuativo (NTC18 §4.4.6 Tab. 4.4.III);
- **Res. car. flessione (fm,k).** Resistenza caratteristica a flessione (editabile solo se campo "Utente" è selezionato);
- **Res. car. trazione par. fibre (ft,0,k).** Resistenza caratteristica a trazione parallela alle fibre (editabile solo se campo "Utente" è selezionato);
- **Res. car. trazione perp. fibre (ft90k).** Resistenza caratteristica a trazione ortogonale alle fibre (editabile solo se campo "Utente" è selezionato);
- **Res. car. compress.e par. fibre (fc,0,k).** Resistenza caratteristica a compressione parallela alle fibre (editabile solo se campo "Utente" è selezionato);
- **Res. car. compress. perp. fibre (fc90k).** Resistenza caratteristica a trazione perpendicolare alle fibre (editabile solo se campo "Utente" è selezionato);
- **Res. car. taglio (fv,k).** Resistenza caratteristica a taglio (editabile solo se campo "Utente" è selezionato).

Fibre



Nella pagina materiale **"Fibre"** è possibile definire i parametri relativi agli **FRP** (valori e significato come da **CNR DT 200**):

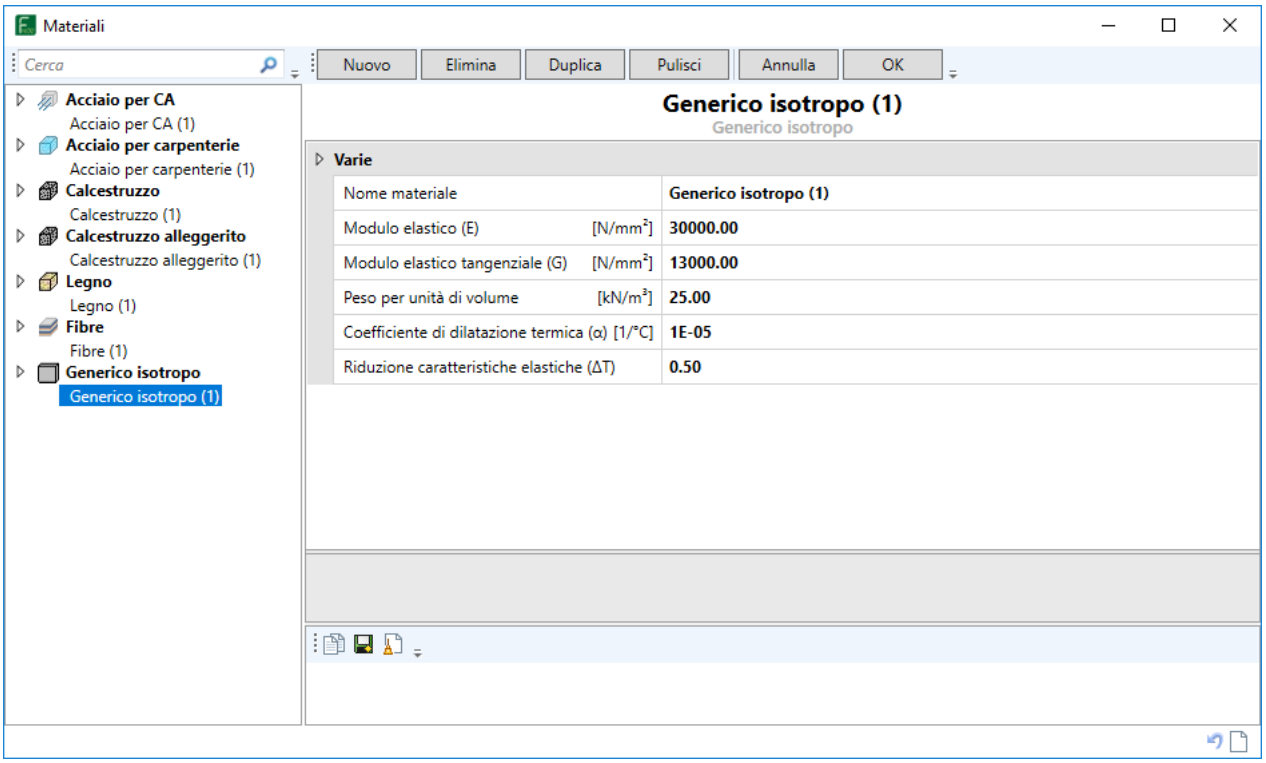
- **Tipo Fibre.** Tipologie del materiale delle fibre (Vetro E, Vetro S, Carbonio (alto modulo), Carbonio (alta resistenza), Arammidiche), (editabile solo se campo "Utente" non è selezionato);
- **Tipo applicazione.** Tipo di applicazione in funzione della difficoltà operativa e il controllo di qualità (Tipo A e Tipo B), (editabile solo se campo "Utente" non è selezionato);
- **Tipo sistema.** Tipo di sistema del rinforzo (in situ o preformati);
- **Condizione di esposizione.** Tipo di esposizione secondo le norme di riferimento (Interna, Esterna, Ambiente aggressivo), (editabile solo se campo "Utente" non è selezionato);
- **Modulo elastico fibre (Ef).** Modulo di elasticità assiale delle fibre utilizzate;
- **Fattore ηa.** Fattore di conversione ambientale (variabile tra 0.5 e 0.95 in funzione di "Tipo Fibre" e "Condizioni di esposizione");
- **Modulo elastico di calcolo (Efd).** Modulo elastico di calcolo delle fibre ridotto dall'applicazione dei relativi coefficienti (editabile solo se campo "Utente" è selezionato);
- **Coefficiente di sicurezza rottura (γf).** Coefficiente parziale di sicurezza a rottura del materiale;
- **Coefficiente di sicurezza delaminazione (γfd).** Coefficiente parziale di sicurezza del materiale per il fenomeno della delaminazione;
- **Peso per unità di volume.** Peso per unità di volume;
- **Spessore.** Spessore del singolo strato del materiale;
- **Resistenza caratteristica (ffk).** Resistenza caratteristica delle fibbre (editabile solo se campo "Utente" è selezionato);
- **Resistenza di calcolo (ffd).** Resistenza di calcolo delle fibbre (editabile solo se campo "Utente" è selezionato);
- **Deformazione caratteristica (εfk).** Deformazione caratteristica.

Per gli **FRCM** i parametri sono (valori e significato come da **CNR DT 215**):

- **Condizione di esposizione.** Tipo di esposizione secondo le norme di riferimento (Interna, Esterna, Ambiente aggressivo), (editabile solo se campo "Utente" non è selezionato);
- **Modulo elastico fibre (Ef).** Modulo di elasticità assiale delle fibre utilizzate;
- **Fattore ηa.** Fattore di conversione ambientale (variabile tra 0.5 e 0.95 in funzione di "Tipo Fibre" e "Condizioni di esposizione");
- **Modulo elastico di calcolo (Efd).** Modulo elastico di calcolo delle fibre ridotto dall'applicazione dei relativi coefficienti (editabile solo se campo "Utente" è selezionato);
- **Coefficiente di sicurezza rottura (γf).** Coefficiente parziale di sicurezza a rottura del materiale;
- **Coefficiente di sicurezza delaminazione (γfd).** Coefficiente parziale di sicurezza del materiale per il fenomeno della delaminazione;
- **Peso per unità di volume.** Peso per unità di volume;
- **Spessore.** Spessore del singolo strato del materiale;
- **Tens. limite conv (σlim,conv).** Tensione limite convenzionale;
- **Tens. ultima a rottura (σuf).** Tensione ultima a rottura;
- **Resistenza di calcolo (ffd).** Resistenza di calcolo delle fibbre (editabile solo se campo "Utente" è selezionato);
- **Deformazione caratteristica (εfk).** Deformazione caratteristica.

Il pulsante **"Importa"** consente di importare un file csv contenente i dati di un cataloghi di **FRP/FRCM** creato con l'applicativo **Stacec DB Fibers**.

Generico isotropo



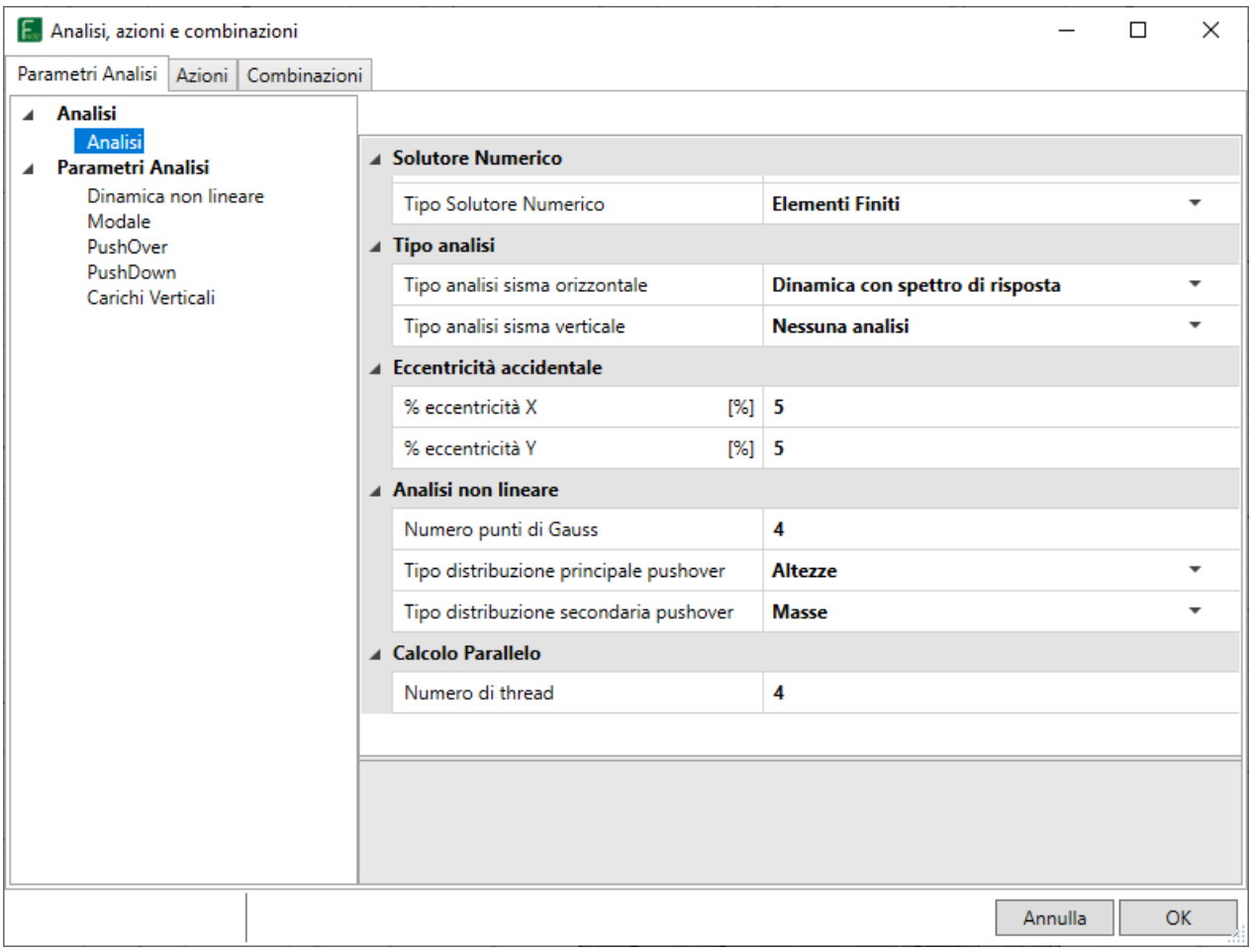
Nella pagina materiale **"Generico Isotropo"** è possibile definire i consueti parametri dell'elasticità dei materiali:

- **Modulo elastico (E).** Modulo elastico del materiale;
- **Modulo elastico tangenziale (G).** Modulo elastico tangenziale;
- **Peso per unità di volume.** Peso per unità di volume;
- **Coefficiente di dilatazione termica (α).** Coefficiente di dilatazione termica;
- **Riduzione caratteristiche elastiche.** Coefficiente di riduzione per l'azione termica, per considerare fenomeni come la perdita di rigidezza per i materiali soggetti a fessurazione (il valore 1 indica nessuna riduzione).

3.1.2.3 Analisi, azioni e combinazioni

Analisi, azioni e combinazioni 

Consente di visualizzare e definire le combinazioni di calcolo, i coefficienti e le condizioni considerate nelle verifiche strutturali. Alla click del pulsante **"Analisi, azioni e combinazioni"** viene visualizzata la seguente interfaccia:



Nella maschera sono presenti 3 finestre principali: "**Parametri Analisi", "Azioni" e "Combinazioni"**.

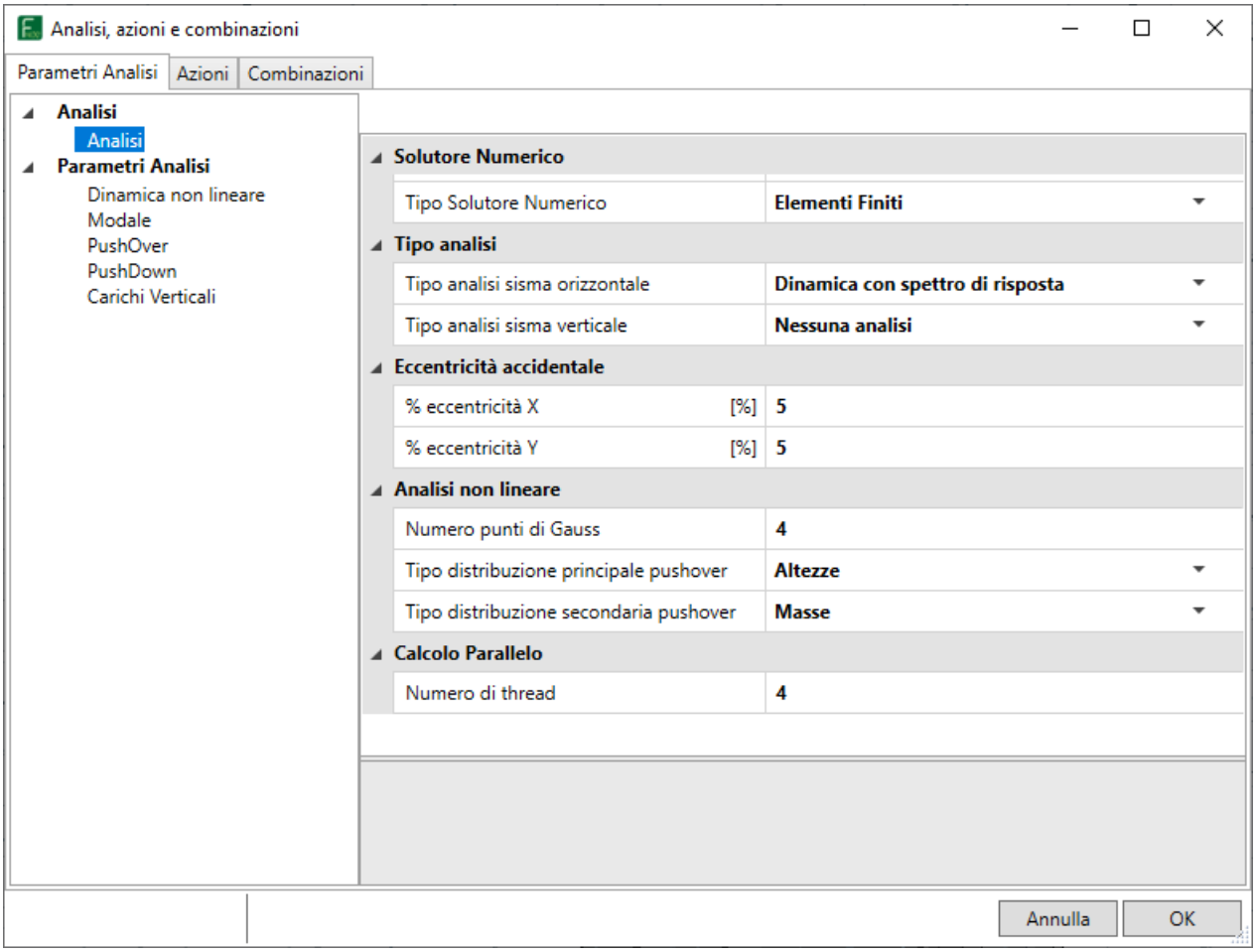
Parametri Analisi

Nell'ambiente **"Parametri Analisi"** sono presenti le seguenti pagine:

- Analisi
- Dinamica non lineare
- Modale
- PushOver
- PushDown
- Carichi verticali

Analisi

Nella pagina **"Analisi"** si definisce il tipo di analisi che si adotterà nei confronti dell'azione sismica e gli altri parametri d'input generali relativi all'analisi scelta.



Nel dettaglio nella pagina **"Analisi"** sono presenti i seguenti campi:

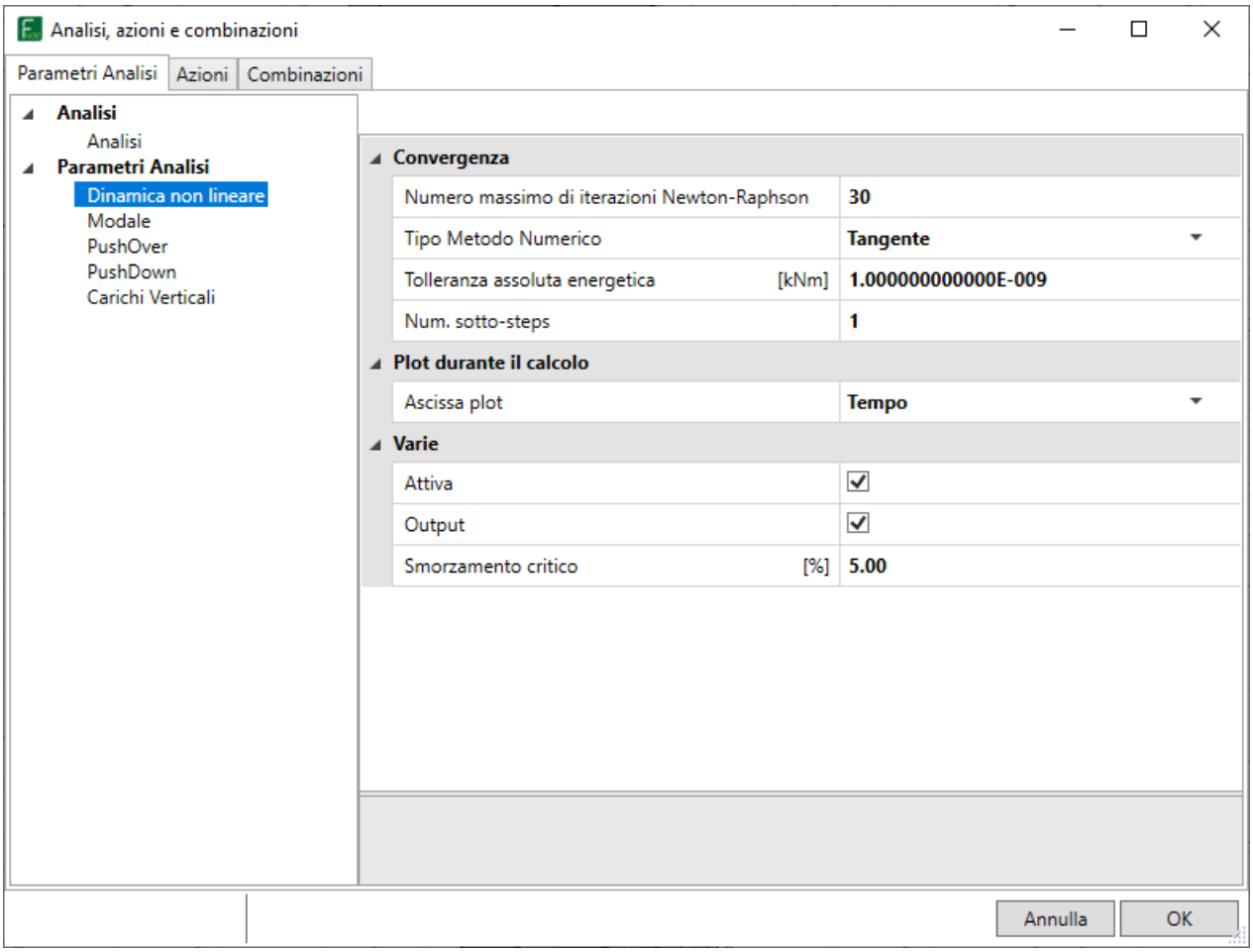
- **Tipo Solutore Numerico**: tipo del solutore da utilizzare
  - **Elementi finiti**: solutore per modello agli elementi finiti (utilizzabile per strutture senza muratura per analisi dinamica non linerare, modale, pushover, pushdown);
  - **Elementi discreti**: solutore per modello DEM (utilizzabile per strutture con e senza muratura per analisi pushover, pushdown)
- **Tipo Analisi Sisma Orizzontale**: analisi rispetto alla quale valutare gli effetti sulla struttura dovuti alle componenti orizzontali dell'azione sismica. Da scegliere tra le seguenti opzioni: Nessuna Analisi, Dinamica con spettro di risposta, Dinamica non lineare, Push-Over, Statica lineare;
- **Tipo Analisi Sisma Verticale**: analisi rispetto alla quale valutare gli effetti sulla struttura dovuti alla componente verticale dell'azione sismica. Da scegliere tra le seguenti opzioni: Nessuna Analisi , Dinamica con Spettro di Risposta, Dinamica non lineare, Statica lineare;
- **% di eccentricità accidentale in direzione X**: percentuale di eccentricità accidentale per sisma in direzione X;
- **% di eccentricità accidentale in direzione Y**: percentuale di eccentricità accidentale per sisma in direzione Y;
- **Numero punti di Gauss**: numero di punti di Gauss per l'elaborazione delle matrici dell'analisi non lineare;
- **Tipo distribuzione principale PushOver**: tipo distribuzione principale nell'analisi non lineare (scelta tra Altezze e Modo);
- **Tipo distribuzione secondaria PushOver**: tipo distribuzione secondaria nell'analisi non lineare;
- **Numero di thread**: suddivisione del processo di calcolo nel numero di sottoprocessi che vengono eseguiti concorrentemente dal sistema di elaborazione.

Nell'ambito dei **dispositivi antisismici**, mediante il solutore agli Elementi Discreti è possibile analizzare

strutture con controventi a stabilità impedita. Nel caso di **dissipatori e isolatori**, il solutore da utilizzare è quello agli Elementi Finiti.

Dinamica non lineare

Nella pagina **"Dinamica non lineare"** è possibile personalizzare i parametri relativi a questo tipo di analisi.

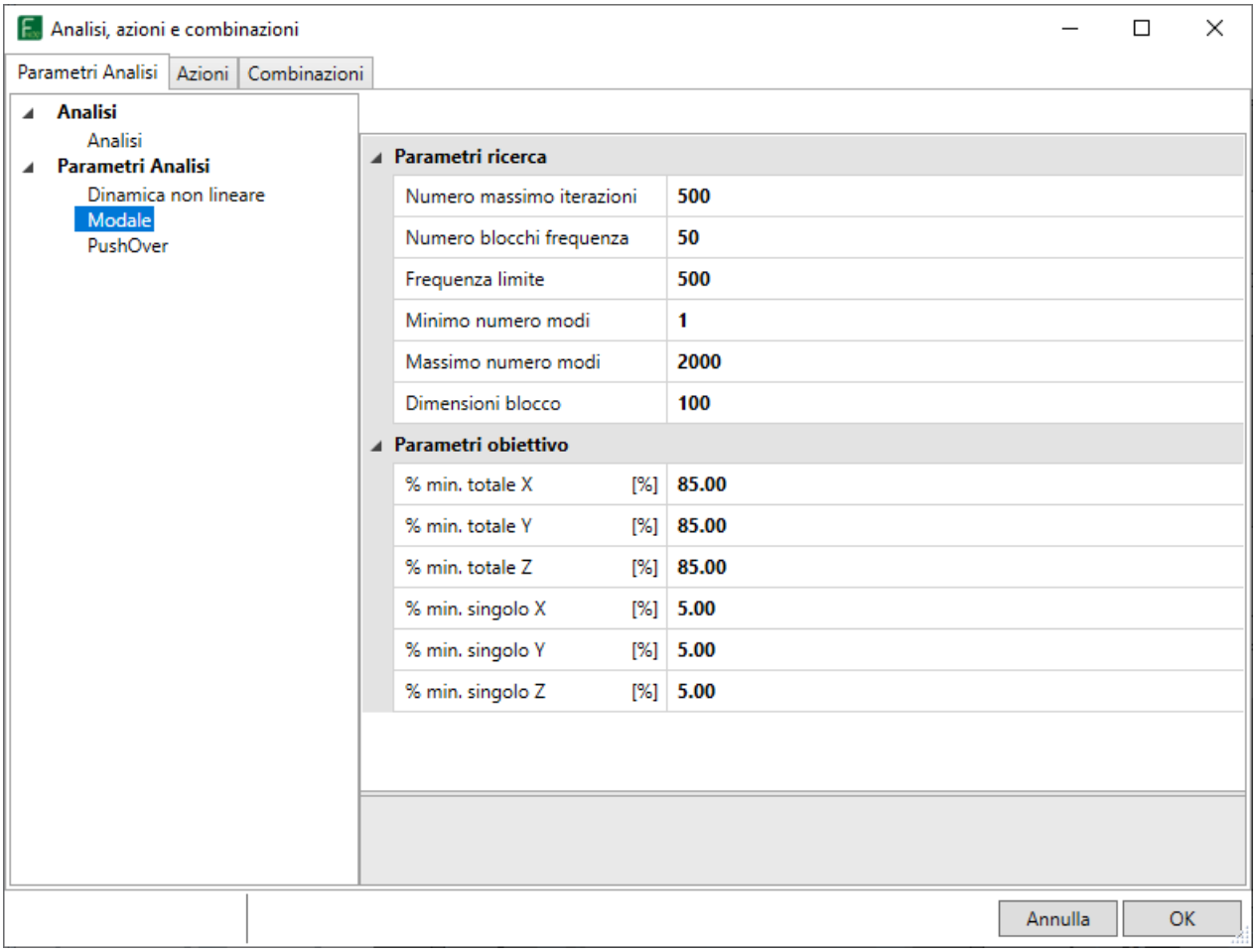


I campi presenti sono:

- **Numero massimo di iterazioni Newton-Raphson**: il parametro indica quante iterazioni massime eseguire per la ricerca della soluzione non lineare:
- **Tipo Metodo Numerico**: modalità di soluzione del metodo numerico (Tangente, Tangente Iniziale);
- **Numero massimo di iterazioni Newton Raphson**: numero massimo di iterazioni per la convergenza della soluzione;
- **Tolleranza assoluta energetica**: valore della tolleranza assoluta sull'energia per la convergenza della soluzione;
- **Ascissa Plot**: variabile utilizzata in ascissa nel grafico della finestra della soluzione eseguita durante il calcolo (scelta tra "spostamento" e "tempo");
- **Attiva**: se selezionata si attiva l'analisi Dinamica non lineare relativamente a tutte le condizioni di carico. In ogni momento è possibile attivare o disattivare l'analisi relativamente ad una o più combinazioni di carico, agendo dalla griglia delle combinazioni (foglio Parametri);
- **Output**: se selezionata, verranno creati i files di output relativi all'analisi Dinamica non lineare;
- **Smorzamento critico**: valore dello smorzamento critico.

Modale

Nella pagina **"Modale"** è possibile personalizzare i parametri relativi a questo tipo di analisi.



Per l'analisi modale è possibile scegliere tra i seguenti metodi di estrazione dei modi di vibrare:

- **Autovalori**
- **Vettori di Ritz**

I campi presenti per l'analisi agli **Autovalori** sono:

- **Numero massimo iterazioni**: numero massimo di iterazioni per la soluzione del problema strutturale nell'analisi modale;
- **Toll. blocco**: tolleranza sul calcolo del blocco di autovalori;
- **Numero blocchi frequenza**: numero massimo di modi da ricercare all'interno di ciascun blocco;
- **Frequenza limite**: frequenza limite per la ricerca dei modi di vibrare;
- **Minimo numero modi**: numero minimo di modi da tenere in conto per la soluzione del problema strutturale nell'analisi modale;
- **Massimo numero di modi**: massimo numero di modi da processare nell'analisi modale.
- **Dimensioni blocco**: numero massimo di autovalori da ricercare all'interno di ciascun blocco al fine di ottimizzare l'algoritmo;
- **% toll. singolo X**: Tolleranza della percentuale di massa del singolo modo lungo X;
- **% toll. singolo Y**: Tolleranza della percentuale di massa del singolo modo lungo Y;
- **% toll. singolo Z**: Tolleranza della percentuale di massa del singolo modo lungo Z;

I campi presenti per l'analisi mediante i **Vettori di Ritz** sono:

- **Dimensioni blocco**: numero massimo di autovalori da ricercare all'interno di ciascun blocco al fine di ottimizzare l'algoritmo;
- **% toll. singolo X**: Tolleranza della percentuale di massa del singolo modo lungo X;
- **% toll. singolo Y**: Tolleranza della percentuale di massa del singolo modo lungo Y;

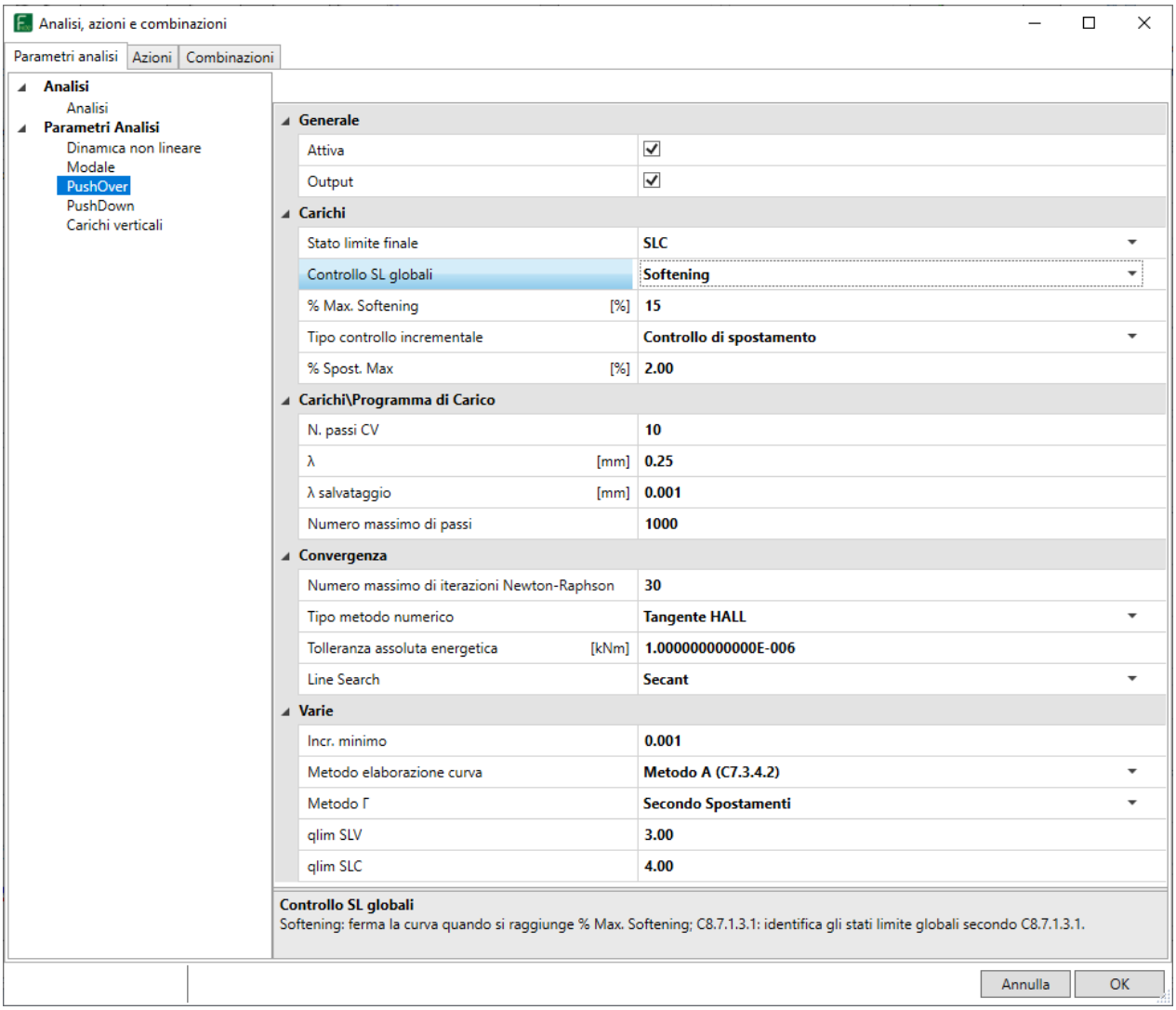
- **% toll. singolo Z**: Tolleranza della percentuale di massa del singolo modo lungo Z;

Per entrambi i tipi di analisi modale i **Parametri Obiettivo** sono i seguenti:

- **% min Totale X**: percentuale minima da raggiungere per la massa totale eccitata lungo X nell'analisi modale;
- **% min Totale Y**: percentuale minima da raggiungere per la massa totale eccitata lungo Y nell'analisi modale;
- **% min Totale Z**: percentuale minima da raggiungere per la massa totale eccitata lungo Z nell'analisi modale;
- **% min singolo X**: percentuale minima di massa eccitata dal singolo modo lungo X che renda il modo significativo per detta direzione;
- **% min singolo Y**: percentuale minima di massa eccitata dal singolo modo lungo Y che renda il modo significativo per detta direzione;
- **% min singolo Z**: percentuale minima di massa eccitata dal singolo modo lungo Z che renda il modo significativo per detta direzione;

PushOver

Nella pagina **"Pushover"** è possibile personalizzare i parametri relativi a questo tipo di analisi.



I campi presenti sono:

- **Attiva**: se selezionato attiva l'analisi relativamente a tutte le condizioni di carico. In ogni momento è

possibile attivare o disattivare l'analisi relativamente ad una o più combinazioni di carico, agendo dalla griglia delle combinazioni (foglio Parametri);

- **Output**: se selezionata, verranno creati i files di output relativi all'analisi;
- **Stato limite finale**: stato limite da controllare per terminare l'analisi;
- Controllo SL globali: Criterio di calcolo delle capacità globale. "Softening" taglia la curva entro il valore definito in "% Max Softening" (indicato per strutture in c.a.). La scelta "C8.7.1.3.1" applica le indicazioni della Circolare per strutture in muratura;
- **% Max Softening**: percentuale massima di riduzione della resistenza dopo il picco;
- **Tipo controllo incrementale**: da scegliere tra "Controllo di forza" e "Controllo di spostamento";
- **% Spost. Max**: massimo spostamento per analisi a controllo di spostamento calcolato in percentuale dell'altezza totale della struttura;
- **N. passi CV**: numero passi di calcolo per l'applicazione iniziale dei carichi verticali;
- λ: incremento di spostamento;
- λ **salvataggio**: passo in termini di spostamento per i salvataggio dei risultati;
- **Numero di passi per l'azione sismica**: numero massimo passi di calcolo per l'analisi;
- **Numero massimo di iterazioni Newton Raphson**: numero massimo di iterazioni per la convergenza;
- **Tipo metodo numerico**: tipo di metodo numerico per la ricerca della soluzione (Tangente, Tangente iniziale, Tangent Hall);
- **Tolleranza assoluta energetica**: valore di tolleranza energetica per la ricerca della convergenza
- **Line Search**: algoritmo di ottimizzazione della soluzione per solutore agli elementi discreti (Nessuno, Secant, Bisection, Regula Falsi);
- **Metodo Elaborazione Curva**: metodo per la verifica della curva pushover in base alla classificazione della Circ. 7/2019:
  - **Metodo A** (metodo N2)
  - **Metodo B** (metodo CSM - capacity spectrum method).

PushDown

Per l'analisi di capacità portante **"PushDown"**, è possibile modificare i parametri dell'analisi. Per l'elaborazione dell'analisi è necessario avere almeno un'azione di tipo "PushDown" (vedi il paragrafo seguente Azioni).

I campi disponibili variano in funzione del solutore scelto.

Le opzioni comuni sia per il solutore agli elementi finiti che discreti sono i seguenti:

- **Attiva**: se selezionato attiva l'analisi relativamente a tutte le condizioni di carico. In ogni momento è possibile attivare o disattivare l'analisi relativamente ad una o più combinazioni di carico, agendo dalla griglia delle combinazioni (foglio Parametri);
- **Output**: se selezionata, verranno creati i files di output relativi all'analisi;
- **Spost. Max**: massimo spostamento di controllo per terminare l'analisi;
- λ: incremento di spostamento;
- λ **salvataggio**: passo in termini di spostamento per i salvataggio dei risultati;
- **Numero massimo di iterazioni Newton Raphson**: numero massimo di iterazioni per la convergenza;
- **Tipo metodo numerico**: tipo di metodo numerico per la ricerca della soluzione (Tangente, Tangente iniziale, Tangent Hall);
- **Tolleranza assoluta energetica**: valore di tolleranza energetica per la ricerca della convergenza
- **Line Search**: algoritmo di ottimizzazione della soluzione per solutore agli elementi discreti (Nessuno, Secant, Bisection, Regula Falsi);

In aggiunte a queste, solo per il solutore agli **elementi discreti** è possibile personalizzare anche:

- **Tipo controllo incrementale**: da scegliere tra "Controllo di forza", "Controllo di spostamento" e "Arco di curva" (noto come Arc Length (metodo di Riks, 1972), utile per curve con snap-back e snap-through);
- **N. passi CV**: numero passi di calcolo per l'applicazione iniziale dei carichi non incrementali;
- **Numero di passi**: numero massimo passi di calcolo per l'analisi;

Carichi verticali

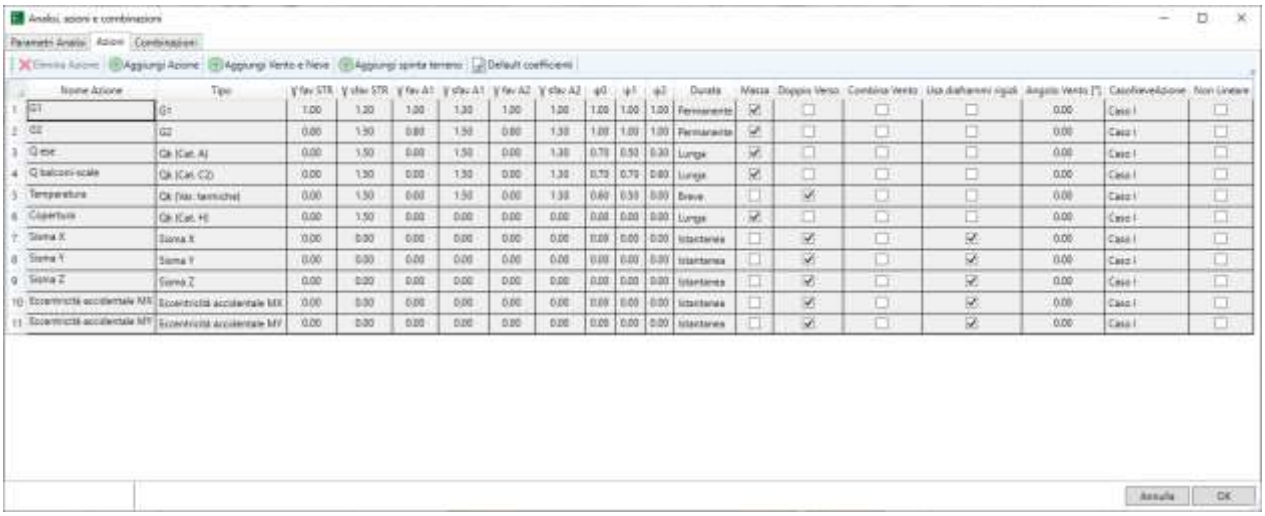
Nel caso di solutore agli elementi discreti, è possibile effettuare le analisi non lineari anche dei carichi verticali per gli stati limite SLU ed SLE.

I campi disponibili sono:

- **Attiva**: se selezionato attiva l'analisi relativamente a tutte le condizioni di carico. In ogni momento è possibile attivare o disattivare l'analisi relativamente ad una o più combinazioni di carico, agendo dalla griglia delle combinazioni (foglio Parametri);
- **Output**: se selezionata, verranno creati i files di output relativi all'analisi;
- **Tipo controllo incrementale**: da scegliere tra "Controllo di forza", "Controllo di spostamento" e "Arco di curva" (noto come Arc Length (metodo di Riks, 1972), utile per curve con snap-back e snap-through);
- **Numero di passi**: numero massimo passi di calcolo per l'analisi;
- λ **salvataggio**: passo in termini di spostamento per i salvataggio dei risultati;
- **Numero massimo di iterazioni Newton Raphson**: numero massimo di iterazioni per la convergenza;
- **Tipo metodo numerico**: tipo di metodo numerico per la ricerca della soluzione (Tangente, Tangente iniziale, Tangent Hall);
- **Tolleranza assoluta energetica**: valore di tolleranza energetica per la ricerca della convergenza
- **Line Search**: algoritmo di ottimizzazione della soluzione per solutore agli elementi discreti (Nessuno, Secant, Bisection, Regula Falsi);

Azioni

Nell'ambiente **"Azioni"** vengono visualizzate ed inputate le azioni da analizzare per l'elaborazione della struttura.

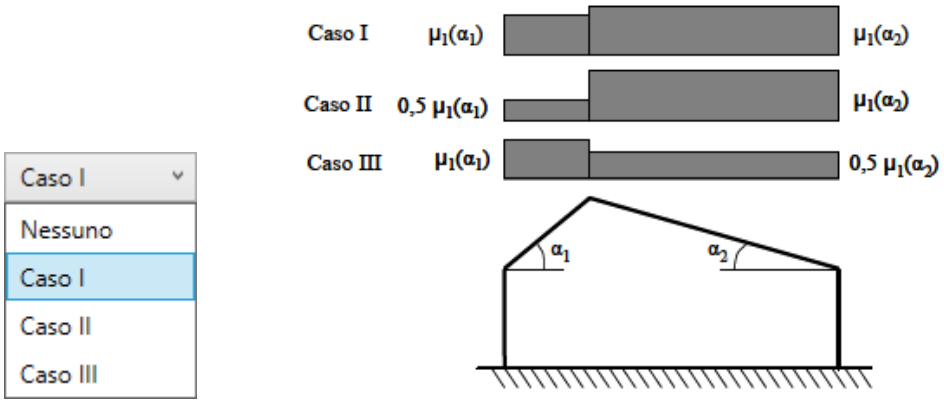


Ciascuna azione è caratterizzata dai seguenti campi:

- **Nome azione**;
- **Tipo**: E' il tipo dell'azione in base alle indicazioni della normativa. Assume i seguenti valori:
  - Generico
  - G1
  - G2
  - Qk (Cat.A, B1, B2, C1, C2, C3, D1, D2, E1, E2, F, G, H, I, K, Neve<1000m, Neve>1000m, Vento, Var.Termiche)

- P (Pretensione)
- Sisma X
- Sisma Y
- Sisma Z
- Eccentricità Accidentale MX
- Eccentricità Accidentale MY
- Spinte Terreno Statica
- Spinte Terreno Sisma X
- Spinte Terreno Sisma Y
- Distribuzione PushOver

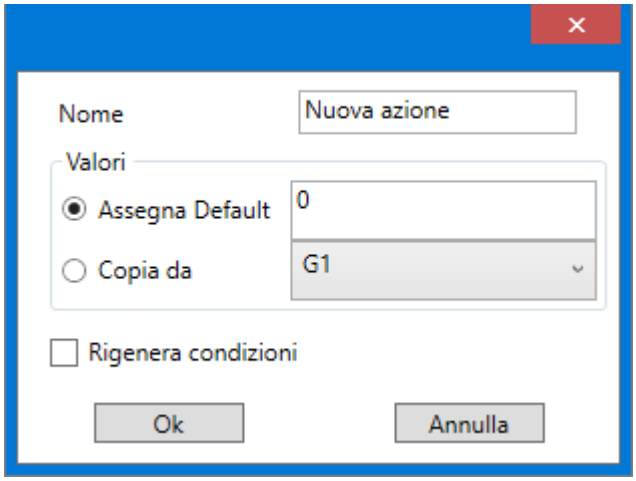
- **γ fav STR**: valore favorevole del coefficiente per le azioni o per l'effetto delle azioni da utilizzare negli stati limite ultimi strutturali;
- **γ sfav STR**: valore sfavorevole del coefficiente per le azioni o per l'effetto delle azioni da utilizzare negli stati limite ultimi strutturali;
- **γ fav A1**: valore favorevole del coefficiente per le azioni o per l'effetto delle azioni da utilizzare negli stati limite ultimi strutturali da utilizzare nella combinazione 1 dell'approccio 1, o nell'unica combinazione dell'approccio 2;
- **γ sfav A1**: valore sfavorevole del coefficiente per le azioni o per l'effetto delle azioni da utilizzare negli stati limite ultimi strutturali da utilizzare nella combinazione 1 dell'approccio 1, o nell'unica combinazione dell'approccio 2;
- **γ fav A2:** valore favorevole del coefficiente per le azioni o per l'effetto delle azioni da utilizzare negli stati limite ultimi strutturali da utilizzare nella combinazione 2 dell'approccio 1;
- **γ sfav A2**: valore sfavorevole del coefficiente per le azioni o per l'effetto delle azioni da utilizzare negli stati limite ultimi strutturali da utilizzare nella combinazione 2 dell'approccio 1;
- **ψ0, ψ1 e ψ2**: coefficienti di combinazioni da combinare con le azioni variabili. Essi sono funzione del campo **"Tipo"** della relativa azione e sono personalizzabili;
- **Durata**: durata della singola azione (da scegliere tra Permanente, Lunga, Media, Breve, Istantanea);
- **Massa**: se selezionato, le relative azioni verranno computate come masse equivalenti nel calcolo dell'azione sismica;
- **Doppio Verso**: se selezionato, le relative azioni verranno conbinate dal motore automatico in entrambi i versi della relativa retta d'azione;
- **Combina vento**: se selezionato, le relative azioni verranno combinate con le azioni del vento;
- **Usa diaframmi rigidi**: se selezionato, per le relative azioni, verrà presa in conto la presenza dei diaframmi rigidi (relazioni Master-Slave);
- **Angolo Vento**: nel caso di azioni di tipo "Vento" questo valore indica l'angolo di direzione del vento con verso positivo antiorario rispetto l'asse x; Di default il software lo pone pari a 0° per l'azione "Vento +X", 180° per "Vento -X", 90° per "Vento +Y" e 270° per "Vento -Y", ma possono essere modificati a piacere dall'utente;
- **Caso Neve Azioni**: in base alle disposizioni del §3.4.3.3 delle NTC 2018 nel caso di azioni di tipo "Neve", per coperture a due falde per ognuna delle tre azioni aggiunte bisogna associare uno dei tre casi come riportato sulla Normativa:



- **Non lineare**: se selezionato consente di analizzare la singola azione mediante analisi non lineare (solo per solutore ad elementi finiti).

La gestione delle azioni viene effettuata mediante l'utilizzo dei pulsanti posti sulla parte superiore della pagina "**Azioni**". Le funzioni presenti sono:

- **Elimina Azione.** Per eliminare un'azione di carico selezionare la riga relativa all'azione da cancellare e cliccare su "Elimina Azione";
- **Aggiungi Azione.** Consente di aggiungere azioni e di definire in maniera automatica le condizioni di carico. Per aggiungere un'azione utente cliccare su **"Aggiungi Azione"** e definire i parametri richiesti:

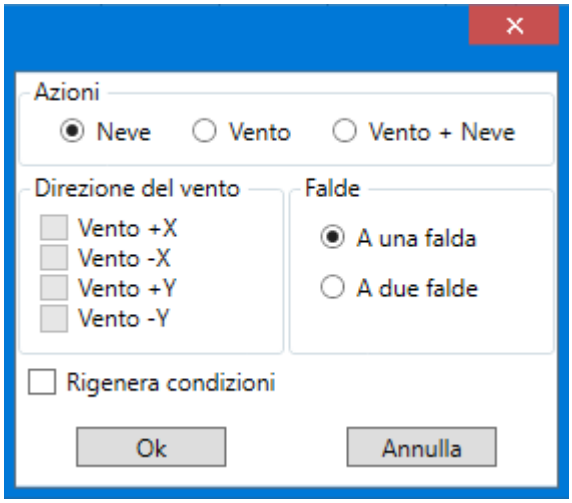


  Nella maschera di input delle azioni utente inserire i seguenti dati:

  - **Nome**: nome da assegnare all'azione aggiunta;
  - **Assegna default**: è utile ad assegnare un valore di default ai coefficienti di combinazione per l'azione da aggiungere. Il valore da inserire è alternativa alla funzione "Copia da";
  - **Copia da**: se selezionato utilizza gli stessi coefficienti (per ogni condizione di carico e per ogni stato limite) dell'azione dalla quale vengono copiate;
  - **Rigenera condizioni**: consente di resettare ed elaborare nuovamente le condizioni di carico in seguito all'aggiunta dell'azione.

- **Aggiungi Neve e Vento.** Consente di aggiungere le azioni di vento e\o neve mediante un wizard e di definire in maniera automatica le combinazioni di carico previste dalla Normativa in presenza delle suddette azioni.

  Per aggiungere le azioni da neve e/o vento cliccare su **"Aggiungi Neve e Vento".** La finestra di input è la seguente:

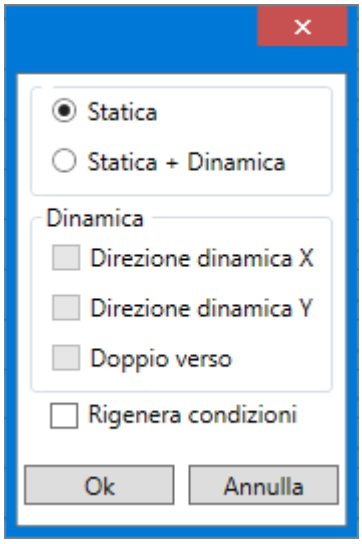


I dati da definire sono:

- **Azioni**: selezionare "Neve" oppure "Vento" oppure "Vento + Neve" in funzione delle azioni da aggiungere sulla struttura;
- **Direzioni del vento**: per le azioni da vento è possibile, selezionando i corrispondenti campi, scegliere le direzioni lungo le quali applicare il carico vento;
- **Falde**: per la neve indicare, selezionando i corrispondenti campi, la presenza di una ("A una falda") o più falde ("A due falde");
- **Rigenera condizioni**: consente di resettare ed elaborare nuovamente le condizioni di carico in seguito all'aggiunta delle azioni.

- **Aggiungi Spinta Terreno.** Consente di aggiungere le azioni dovute alle spinte statica e/o dinamica mediante un apposito wizard e di definire in maniera automatica le combinazioni di carico previste dalla Normativa in presenza delle suddette azioni.

  Per aggiungere le azioni dovute alla spinta del terreno cliccare su **"Aggiungi Spinta Terreno".** La finestra di input è la seguente:



I dati da definire sono:

- **Statica**: aggiunge solo la spinta statica del terreno;
- **Statica + Dinamica**: aggiunge sia la spinta statica che il contributo addizionale di spinta dinamica equivalente dovuta al sisma;
- **Direzione dinamica X**: selezionare se si desidera definire l'azione dinamica in direzione X;
- **Direzione dinamica Y**: selezionare se si desidera definire l'azione dinamica in direzione Y;
- **Doppio Verso**: selezionare se si desidera che nella generazione automatica delle condizioni si

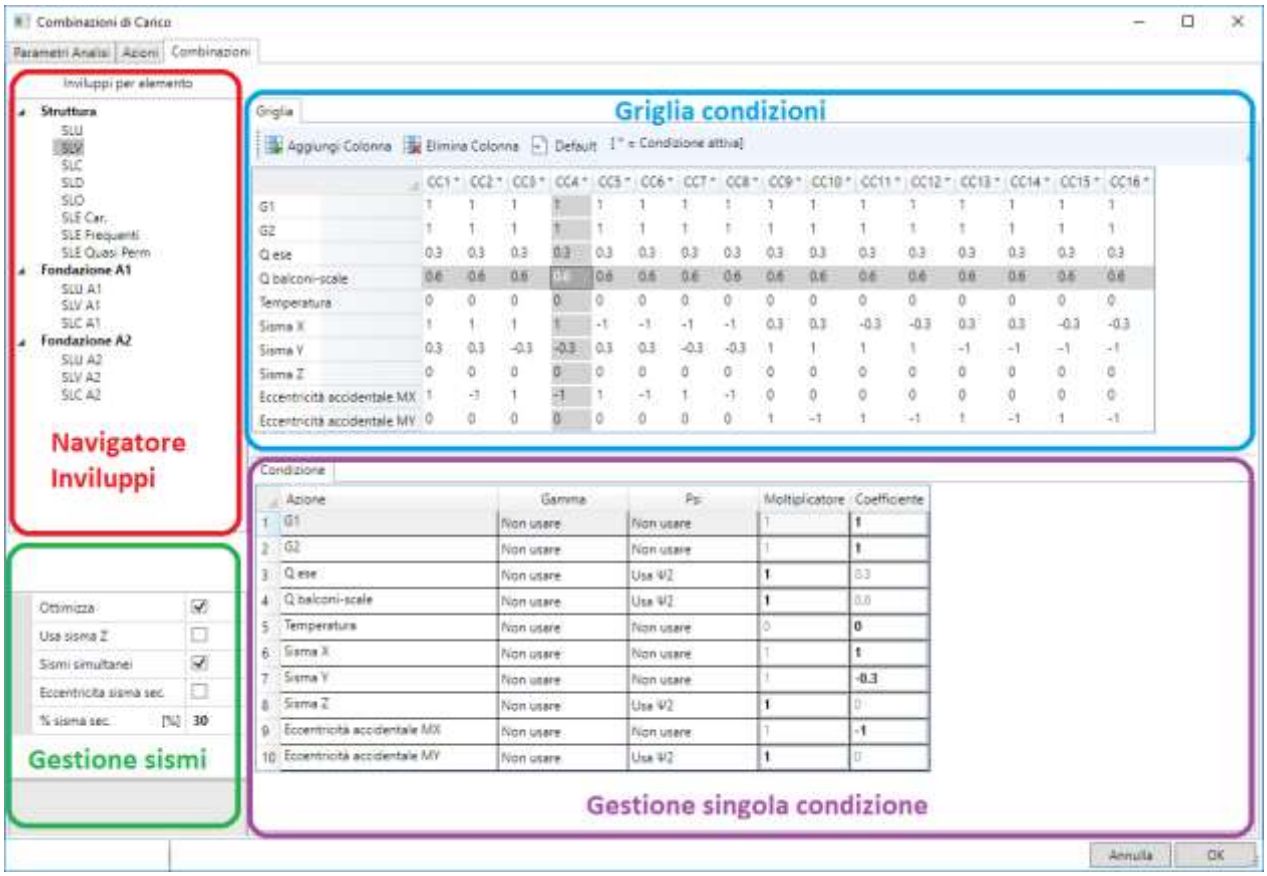
considerino entrambi i versi delle azioni dinamiche;

- **Rigenera condizioni**: consente di resettare ed elaborare nuovamente le condizioni di carico in seguito all'aggiunta delle azioni.

- **Default coefficienti.** Consente di ripristinare i coefficienti di default delle azioni.

Combinazioni

Nell'ambiente **"Combinazioni"** vi è la possibilità di gestire le condizioni di carico per ogni stato limite (selezionandolo dal "Navigatore Inviluppi"). Assume diverso aspetto in funzione del tipo di analisi selezionata.



Nell'ambiente "Combinazioni" sono presenti quattro zone:

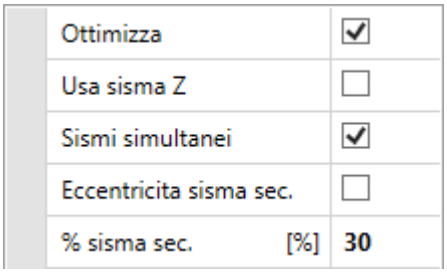
Navigatore Inviluppi

In questa zona della finestra è possibile selezionare lo stato limite rispetto al quale visualizzare le relative condizioni di carico presenti nell'ambiente "Griglia condizioni".



Gestione Sismi

Ha la funzione di definire i parametri rispetto ai quali generare le condizioni di carico sismiche.



Le opzioni presenti sono:

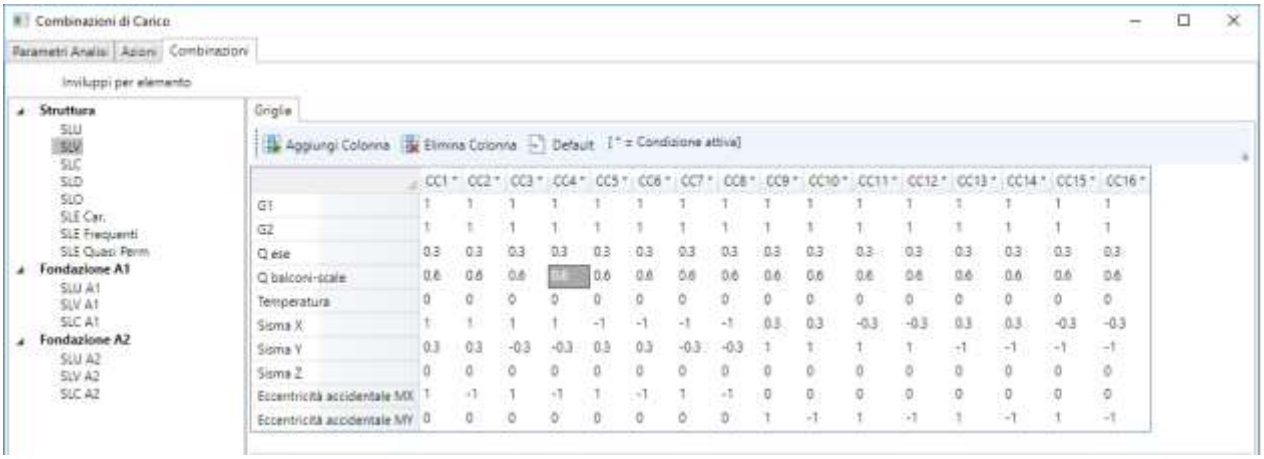
- **Ottimizza**: ottimizza le condizioni di carico eliminando eventuali ripetizioni;
- **Usa sisma z**: se selezionato genera il set di condizioni considerando la presenza del sisma z;
- **Sismi simultanei**: se selezionato genera il set di condizioni considerando la presenza simultanea delle direzioni dell'azione sismica;
- **Eccentricità sisma sec.**: se selezionato elabora le combinazioni considerando l'eccentricità accidentale anche per il sisma secondario;
- **% sisma secondario**: percentuale di compartecipazione del sisma secondario (default 30%).

Griglia condizioni

E' l'ambiente in cui è possibile gestire le varie condizioni di carico aggiungendone o modificando quelle già definite. La griglia viene aggiornata automaticamente in funzione dello stato limite selezionato nel "Navigatore Inviluppi".

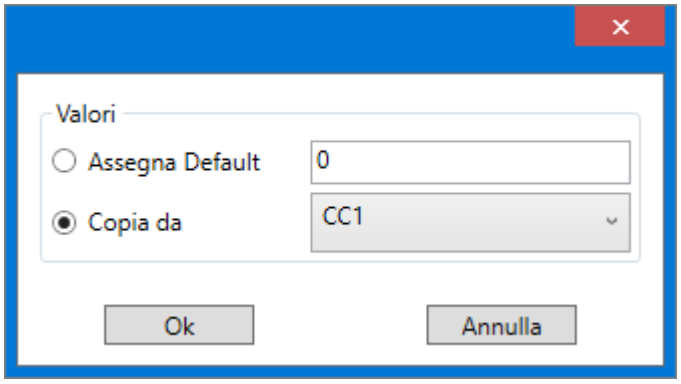
Ciascuna colonna indica una condizione di carico. Ciascuna condizione di carico ha il nome riportato nella testata della colonna. Il nome è formato dall'insieme del simbolo "CC" affiancato da un identificatore numerico che rappresenta il numero della condizione di carico. Affianco al nome può comparire il simbolo "*"; se

presente significa che la condizione di carico risulta attiva.



I comandi di gestione delle condizioni sono:

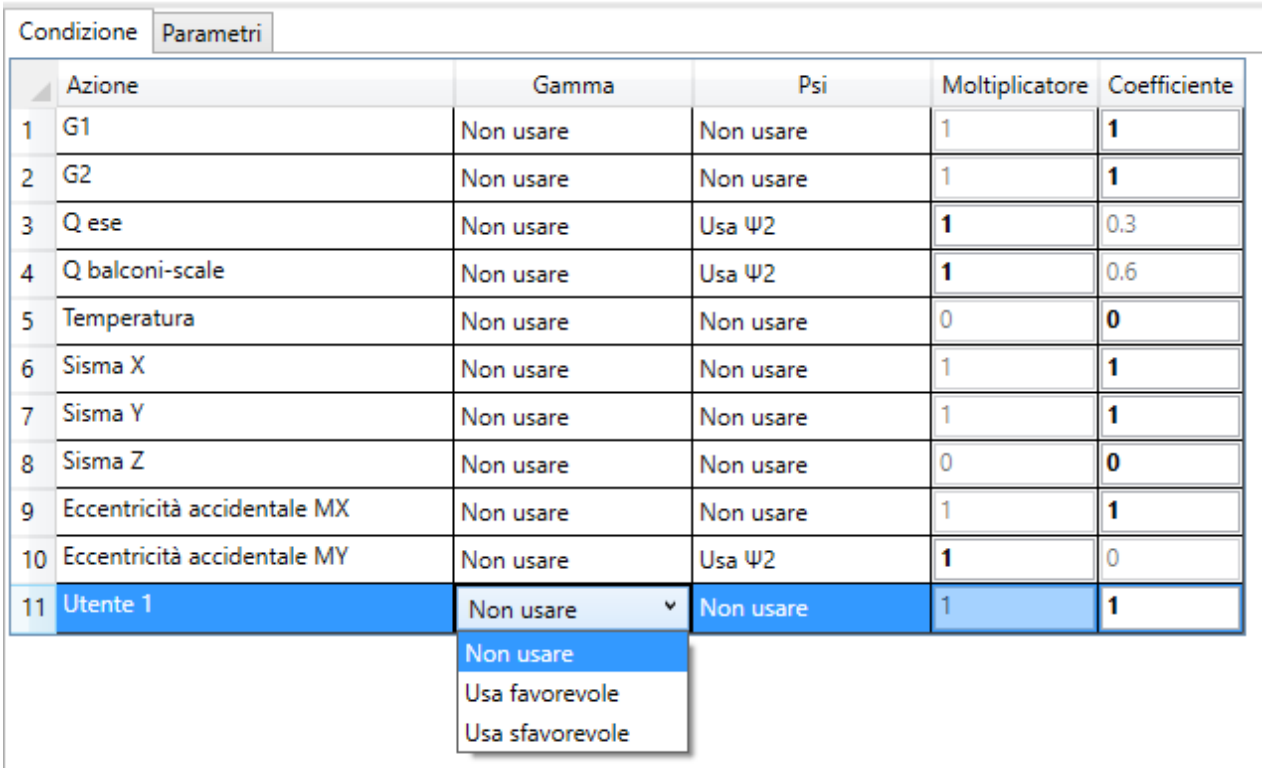
- **Aggiungi colonna**  **.** Cliccare per aggiungere una condizione di carico (è possibile assegnare un valore a tutte le azioni "Assegna default" o copiare i dati di una combinazione già presente "Copia da");



- **Elimina colonna**  **.** Cliccare in una casella della condizione di carico da eliminare e quindi cliccare su "Elimina colonna" per eliminarla;
- **Default**  **.** Resetta tutte le modifiche apportate alla tabella corrente delle combinazioni di carico ripristinando i valori di default;

Gestione singola condizione

Selezionando una colonna (condizione) verranno visualizzati i dati che generano i coefficienti attribuiti alle varie azioni.

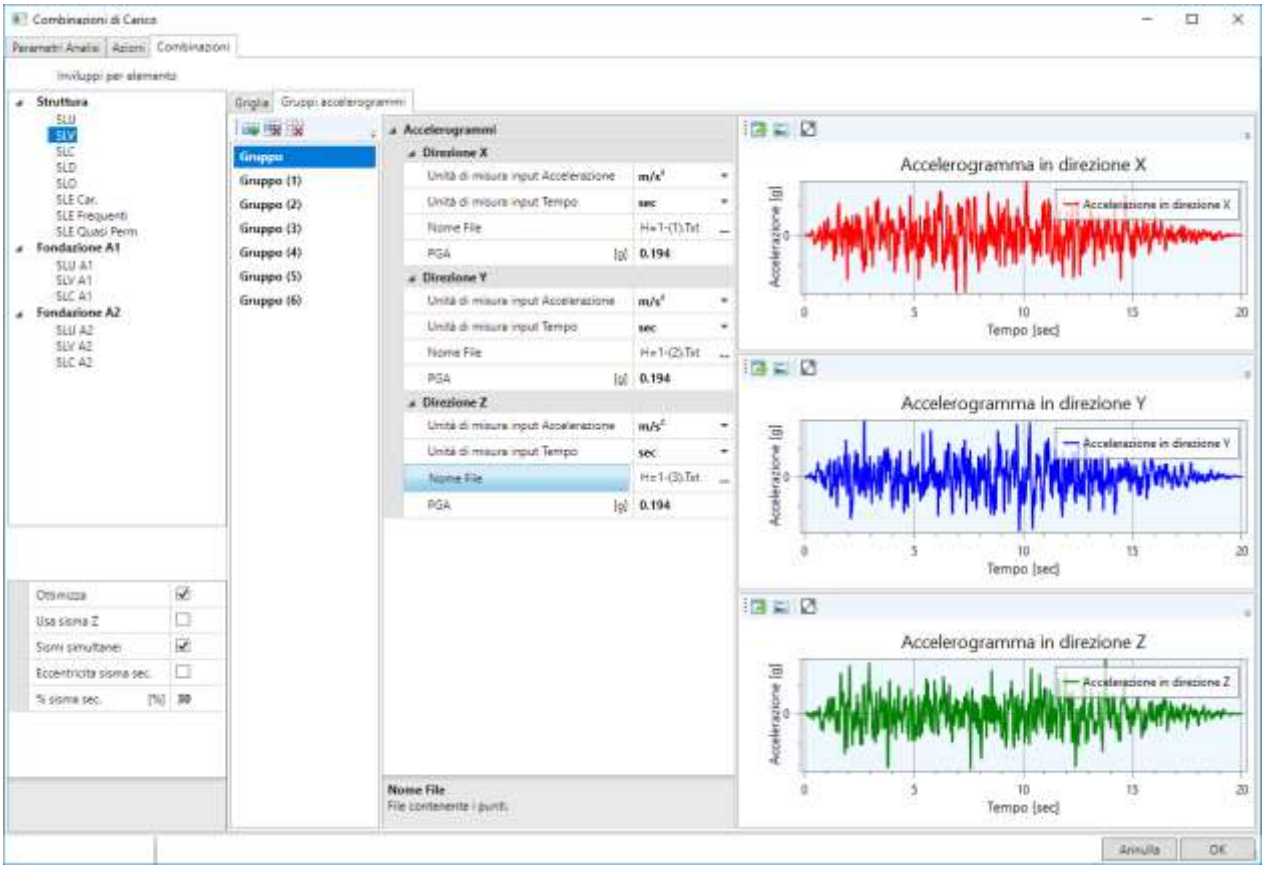


Nell'ambiente gestione singola condizione verrà evidenziata la griglia con i parametri relativi ai singoli coefficienti della condizione di carico. Relativamente a ciascuna riga della griglia, sono presenti i campi:

- **Gamma**: per il campo "Gamma" sono previste le opzioni: "Non Usare" (attribuisce il valore 1), "Usa favorevole" e "Usa sfavorevole";
- **Psi**: per "Psi" sono previste le opzioni "Non usare", "Usa ψ0", "Usa ψ1" e "Usa ψ2";
- **Moltiplicatore**: è un coefficiente amplificativo o riduttivo che si può assegnare all'azione;
- **Coefficiente**: è il valore ottenuto dal prodotto dei valori dei campi "Gamma", "Psi" e "Moltiplicatore".

Gruppi Accelerogrammi

Selezionando l'analisi **"Dinamica non lineare"** viene visualizzata la pagina **"Gruppi accelerogrammi"** nella quale è possibile inserire gli accelerogrammi rispetto ai quali effettuare l'analisi. Ogni gruppo di accelerogrammi è rappresentato da una terna di dati da assegnare alle tre direzioni. Il numero minimo di gruppi al fine di rispettare le prescrizioni di norma è 3. Per un numero minimo pari a 3 ed inferiore a 7 la Normativa prevede di effettuare le verifiche sulla base dei valori massimi (inviluppi) delle sollecitazioni calcolate per i singoli gruppi. Per un numero di gruppi pari o superiore a 7 , la Normativa prevede di effettuare le verifiche sulla base dei valori medi delle sollecitazioni calcolate per i singoli gruppi.

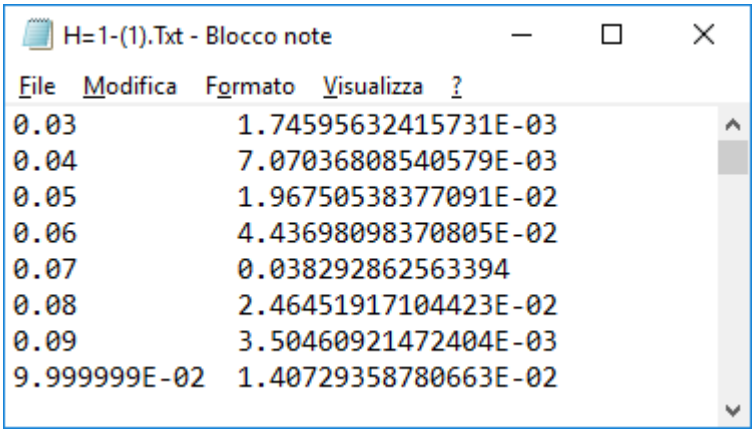


La gestione di ogni gruppo avviene mediante i comandi di seguito descritti:

- **Inserisci un nuovo gruppo**  . Inserisce nella lista un nuovo gruppo di accelerogrammi;
- **Elimina il gruppo selezionato**  . Elimina dalla lista il gruppo di accelerogrammi selezionato;
- **Elimina tutti i gruppi**  . Elimina dalla lista tutti i gruppi presenti.

L'inserimento di ogni accelerogramma avviene, dopo aver selezionato il gruppo corrente, caricando un file con estensione ".txt" nel campo "Nome File" cliccando su  . Il file deve essere formattato in due colonne (la prima è il tempo e la seconda è l'accelerazione) divise dal carattere "spazio" o "tab". Prima dell'importazione è necessario specificare al software le unità di misura delle due colonne del file, selezionandole dagli appositi campi denominati con "Unità di misura input Accelerazione" e "Unità di misura input Tempo". Il valore della PGA per ogni stato limite viene automaticamente aggiornato dalla modifica del sito di interesse. In ogni caso è possibile anche attribuire in questa fase un diverso valore rispetto a quello di base della zona.

Si riporta un esempio di file:



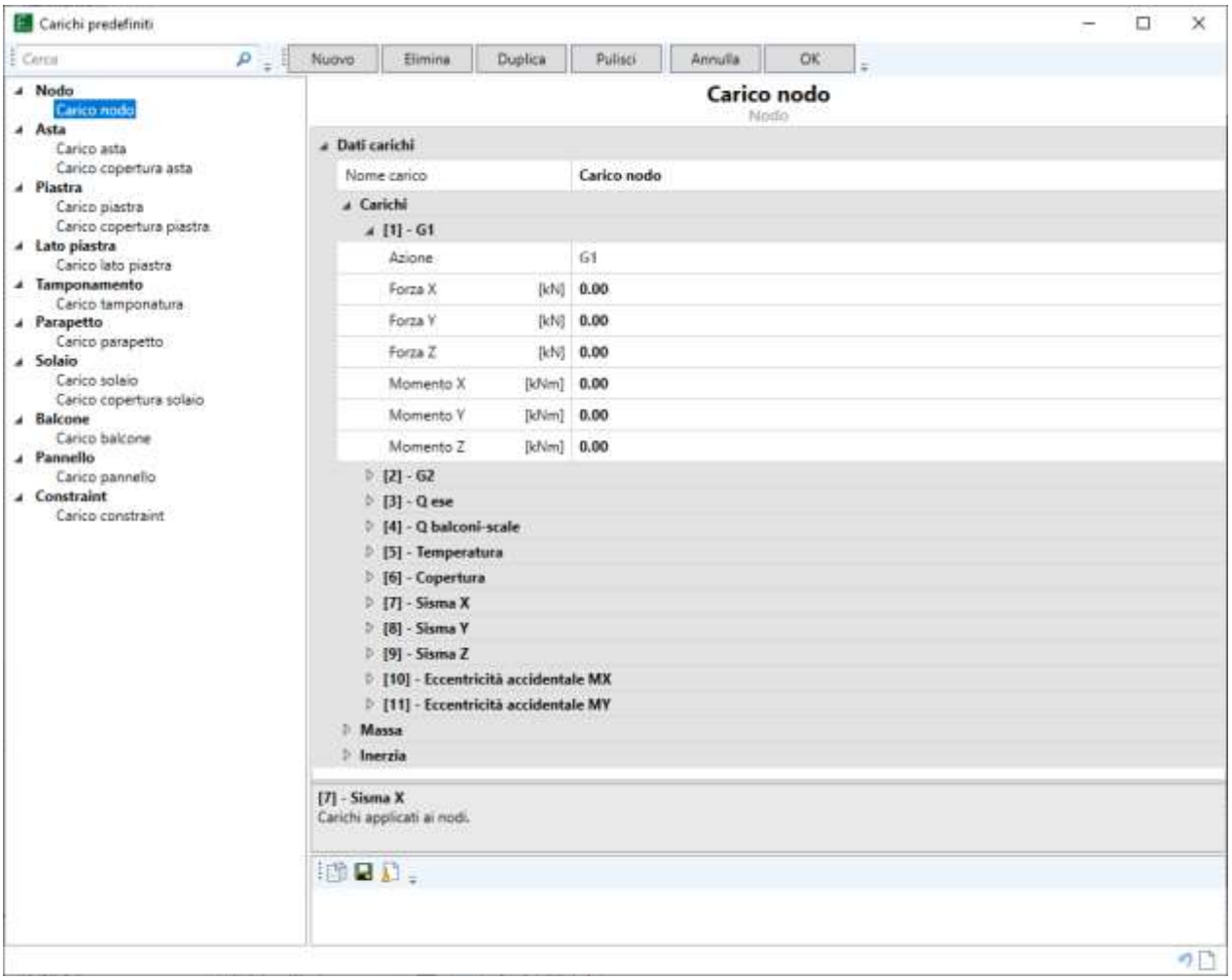
Gestione parametri singola condizione

Nel caso di analisi non lineari verrà aggiunta alla visualizzazione la pagina "Parametri". Per Analisi Dinamica Non Lineare i parametri presenti sono stati già commentati nella sezione "Dinamica non lineare".
In aggiunta ai dati è presente il campo **"Indice Gruppo Accelerogrammi"** usato per attribuire alla condizione selezionata gli accelerogrammi da utilizzare.
Nel caso di analisi PushOver ,oltre ai dati base per l'analisi, è presente il campo **"Distribuzione"** che serve a specificare li tipo di profilo di spinta per la condizione corrente.

3.1.2.4 Carichi predefiniti

Carichi predefiniti 

Alla pressione del pulsante **"Carichi predefiniti"** viene visualizzata la seguente finestra di gestione:



L'ambiente **"Carichi predefiniti"** consente la definizione di uno o più set di carichi da applicare ai vari oggetti di input di FaTA Next. E' possibile agire sui seguenti carichi:

- **Nodi** (forze e coppie per le tre direzioni globali, massa applicata ai nodi e inerzia della massa applicata);
- **Aste** (carichi distribuiti e coppie per le tre direzioni locali e globali);
- **Piastre** (carichi distribuiti e coppie per le tre direzioni locali e globali);
- **Lati** di bordo delle **piastre** (carichi distribuiti e coppie per le tre direzioni locali e globali);

- **Tamponature** (carichi distribuiti per le tre direzioni locali e globali);
- **Parapetti** (carichi distribuiti per le tre direzioni locali e globali);
- **Solai** (carichi distribuiti e coppie per le tre direzioni locali e globali);
- **Balconi** (carichi distribuiti e coppie per le tre direzioni locali e globali);
- **Pannelli** di carico generici (carichi distribuiti e coppie per le tre direzioni locali e globali);
- **Constraint** di impalcato rigido (forze e coppie per le tre direzioni globali, massa applicata ai nodi e inerzia della massa applicata).

Per i nodi è possibile definire anche masse ed inerzie concentrate differenziate per azione di carico e utilizzate dal software in funzione delle combinazioni di massa assegnate. Oltre ai carichi classici descritti prima sono presenti per gli oggetti strutturali anche dei carichi tipici utilizzati dal software per la ripartizione automatica sul modello di calcolo. Per ogni oggetto i campi presenti sono:

- **Aste** (sovraccarico permanente, incidenza tramezzi, carico esercizio, azione termica);
- **Piastre** (incidenza tramezzi, sovraccarico permanente, azione termica, carico esercizio, carico concentrato Qk);
- **Tamponature** (carico esercizio Hk);
- **Parapetti** (carico esercizio Hk);
- **Solai** (incidenza tramezzi, sovraccarico permanente, azione termica, carico esercizio, carico concentrato Qk);
- **Balconi** (peso balaustra, sovraccarico permanente, azione termica, carico esercizio, carico concentrato Qk);

Ad ogni tipo di carico automatico si può assegnare l'azione alla quale attribuire il carico inserito.

Il concetto dei **"set di carichi"** è stato formulato per rendere più rapido e controllabile l'inserimento dei carichi ripetitivi. E' frequente che su una struttura si ripetano dimensioni strutturali modulari e quindi anche i valori dei carichi statici. Creando un set e attribuendolo ad un gruppo di oggetti è possibile gestirne i valori modificando solo il set scelto. Inoltre la gestione con i set di carico rende più leggibile anche la relazione di carico attribuendo il nome voluto mediante il campo **"Nome Carico"**.

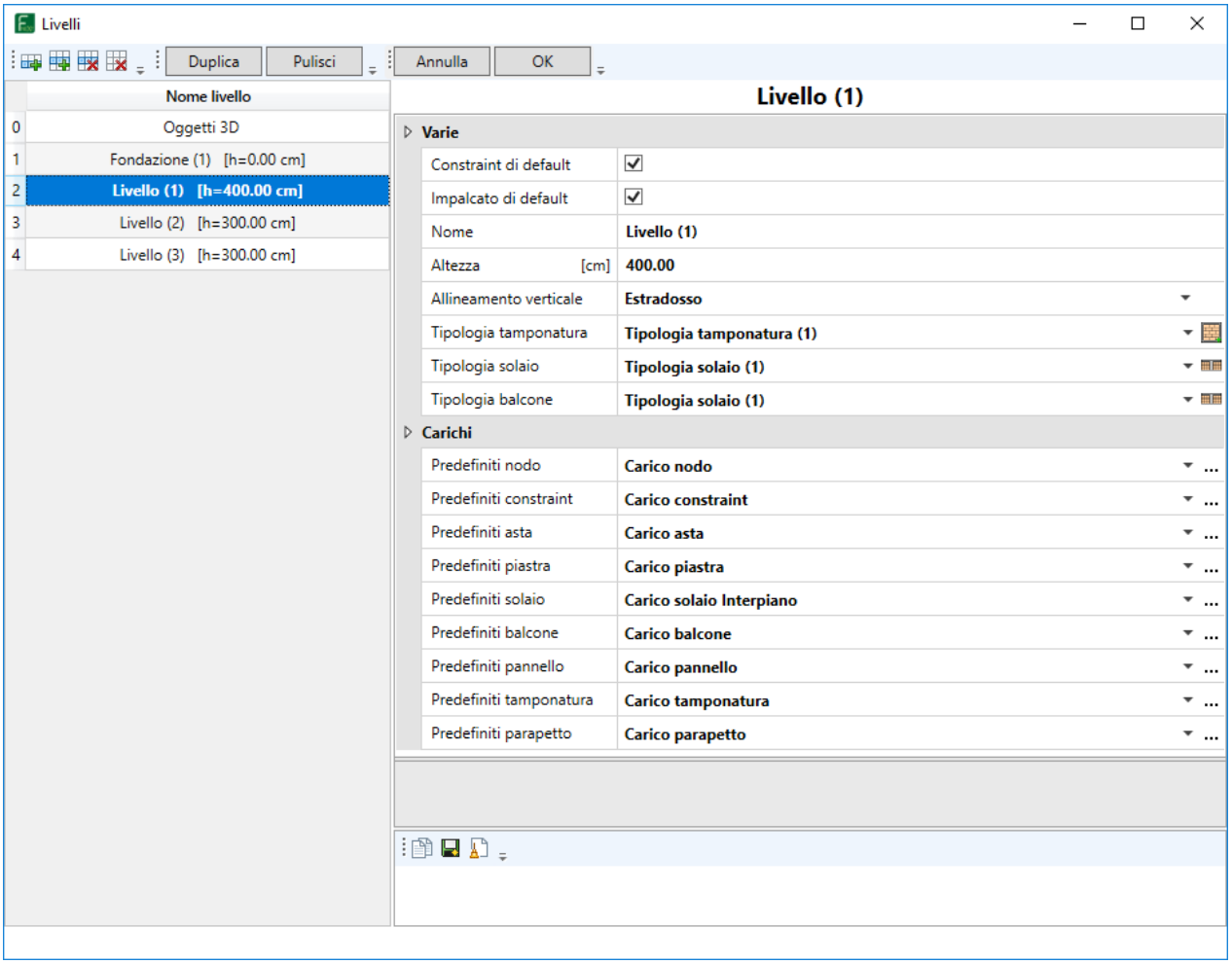
I carichi possono essere attribuiti a tutte le azioni presenti nel calcolo corrente escluse le azioni del sisma. Per queste azioni (Sisma X, Y e Z ed Ecc. Acc. Mx ed My) i carichi non saranno presi in considerazione in quanto il software ne elabora automaticamente i risultati, sia per analisi statica equivaelente, che dinamica modale.

L'aggiunta di un nuovo set di carico avviene utilizzando il comando "Nuovo" posto sulla barra superiore orizzontale della finestra.

3.1.2.5 Livelli

Livelli 

FaTA Next consente di gestire l'input del modello strutturale direttamente da ambiente 3D ma anche con il più classico approccio per impalcati (Livelli), in continuità con il software FaTA-e. I due tipi di input possono coesistere per l'implementazione di uno stesso modello. La gestione dell'input con l'approccio per livelli avviene attraverso l'ambiente denominato "Livelli".



Sulla parte superiore dell'ambiente sono presenti i seguenti pulsanti:

- **Aggiungi livello** . Aggiunge un livello in coda a quelli presenti.
- **Aggiungi livello prima del livello selezionato** . Aggiunge un livello prima del livello selezionato.
- **Elimina livello** . Elimina il livello selezionato. Questa operazione eliminerà tutti gli elementi precedentemente inputati al livello.
- **Elimina tutti i livello** . Elimina i livelli presenti nella lista e tutti gli elementi precedentemente inputati sui livelli.
- **Duplica**. Ha la funzione di duplicare il piano selezionato creandone uno nuovo. Cliccando su questo tasto comparirà la seguente finestra tramite la quale sarà possibile scegliere gli elementi da copiare nel nuovo piano:



- **Pulisci**. Elimina tutti i piani non utilizzati nel modello fra quelli presenti nella lista (ad esclusione del primo che è di sistema);
- **Annulla**.Chiude la presente finestra annullando tutte le modifiche in essa apportate;
- **OK**. Chiude l'ambiente di definizione dei livelli confermando tutte le modifiche effettuate.

Per ogni livello inputato è possibile personalizzare i seguenti parametri:

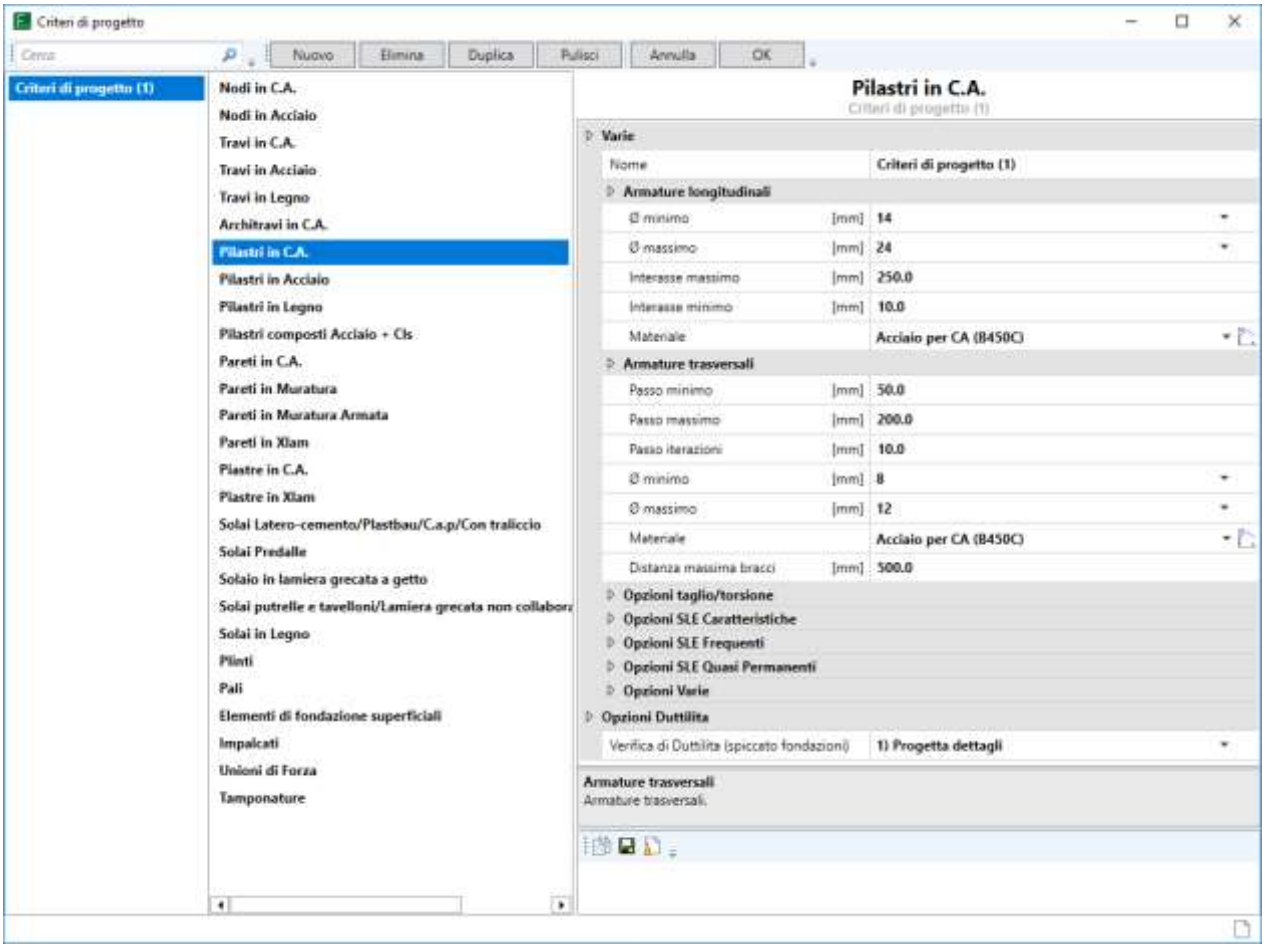
- **Constraint di default.** Se selezionato assegna il comportamento di impalcato rigido a tutti i nodi aggiunti al livello;
- **Impalcato di default.** Se selezionato assegna un impalcato di default ai nodi aggiunti al livello;
- **Nome.** Nome da assegnare al livello selezionato;
- **Altezza.** L'altezza del livello è da intendersi come differenza di quota tra il livello i-esimo e quello immediatamente sottostante (intesa da estradosso a estradosso). In presenza di altezze diverse sullo stesso livello (ad es. piano di copertura), si può inserire l'altezza media e, successivamente, assegnare un'altezza diversa ai vari pilastri;
- **Allineamento verticale.** Il campo imposta i valori di default dell'allineamento delle travi scegliendo tra estradosso, mediano o all'intradosso;
- **Tipologia tamponatura.** Tipologia di tamponamento di default per il livello corrente;
- **Tipologia solaio.** Tipologia di solaio di default per il livello corrente;
- **Tipologia balcone.** Tipologia di balcone di default per il livello corrente;
- **Predefiniti nodo.** Carichi predefiniti per i nodi del livello corrente;
- **Predefiniti constraint.** Constraint predefiniti per i nodi del livello corrente;
- **Predefiniti asta.** Carichi predefiniti per le aste del livello corrente;
- **Predefiniti piastra.** Carichi predefiniti per le piastre del livello corrente;
- **Predefiniti solaio.** Carichi predefiniti per i solai del livello corrente;
- **Predefiniti balcone.** Carichi predefiniti per i balconi del livello corrente;
- **Predefiniti pannello.** Carichi predefiniti per i pannelli del livello corrente;
- **Predefiniti lato piastra.** Carichi predefiniti da applicare ai lati delle piastre del livello corrente;
- **Predefiniti tamponatura.** Carichi predefiniti da applicare sulle tamponature del livello corrente;
- **Predefiniti parapetto.** Carichi predefiniti da applicare sui parapetti del livello corrente.

I dati inseriti in questo ambiente rappresentano i valori di default che verranno assegnati ai vari oggetti inseriti nell'ambiente grafico 3D. In ogni momento è comunque possibile personalizzare i vari campi relativamente ad ogni oggetto.

3.1.2.6 Criteri di progetto

Criteri di progetto 

Tramite l'ambiente **"Criteri di progetto"** si ha la possibilità di definire diversi criteri di progetto per poi assegnarli ai diversi elementi strutturali.



Sulla parte superiore dell'ambiente **"Criteri di progetto"** sono presenti i seguenti pulsanti:

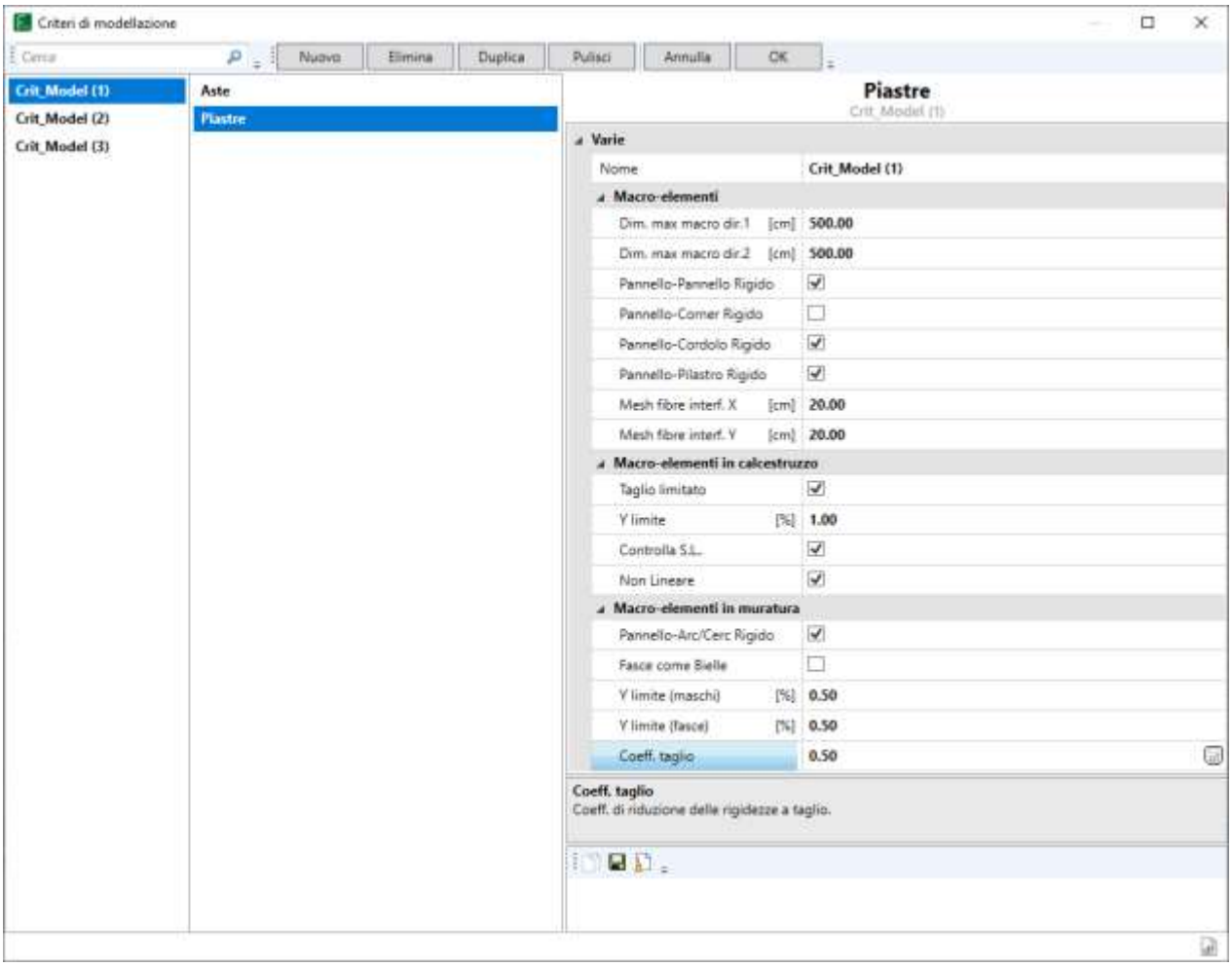
- **Nuovo.** Il pulsante "Nuovo" ha la funzione di inputare un nuovo criterio di progetto;
- **Elimina.** Il pulsante "Elimina" ha la funzione di eliminare il criterio di progetto selezionato;
- **Duplica.** Il pulsante "Duplica" ha la funzione di duplicare il criterio di progetto selezionato;
- **Pulisci.** Il pulsante "Pulisci" ha la funzione di eliminare tutti i criteri di progetto (ad esclusione del primo) presenti nella lista;
- **Annulla.** Il pulsante "Annulla" chiude la finestra criterio di progetto annullando tutte le modifiche in essa apportate;
- **OK.** Il pulsante "OK" chiude la finestra criterio di progetto confermando tutte le modifiche in essa apportate.

Per ogni Criterio di progetto è possibile personalizzare le preferenze progetto e verifica relativo a ciascuna tipologia di elemento strutturale.

3.1.2.7 Criteri di modellazione

Criteri di modellazione 

Tramite l'ambiente **"Criteri di modellazione"** si ha la possibilità di definire diversi criteri parametrici per la modellazione nell'ambito del solutore "Elementi Discreti". I criteri di modellazione sono gestiti per ogni elemento strutturale. L'ambiente di gestione è il seguente:



Sulla parte superiore dell'ambiente **"Criteri di modellazione"** sono presenti i pulsanti di gestione degli oggetti:

- **Nuovo.** Il pulsante "Nuovo" ha la funzione di inserimento di un nuovo criterio di modellazione;
- **Elimina.** Il pulsante "Elimina" ha la funzione di eliminare il criterio di modellazione selezionato;
- **Duplica.** Il pulsante "Duplica" ha la funzione di duplicare il criterio di modellazione selezionato;
- **Pulisci.** Il pulsante "Pulisci" ha la funzione di eliminare tutti i criteri di modellazione (ad esclusione del primo) presenti nella lista;
- **Annulla.** Il pulsante "Annulla" chiude la finestra criterio di modellazione annullando tutte le modifiche in essa apportate;
- **OK.** Il pulsante "OK" chiude la finestra criterio di modellazione confermando tutte le modifiche in essa apportate.

Per ogni Criterio di modellazione è possibile personalizzare le preferenze progetto e verifica relativo a

ciascuna tipologia di elemento strutturale.

Per gli elementi **"Asta"** è possibile definire i seguenti parametri:

- **Taglio Elasto-Fragile**. Se attivato applica all'elemento il modello elasto-fragile per il controllo dell'azione di taglio;
- **Lv = L/2**. Se attivato utilizza come valore di luce di taglio Lv il valore costante L/2, indipendentemente dalla forma del diagramma dei momenti;
- **Controlla S.L. Ini.**: Se attivato, durante l'analisi effettua per i vari stati limite il controllo della rotazione alla corda all'estermo iniziale;
- **Controlla S.L. Fin.**: Se attivato, durante l'analisi effettua per i vari stati limite il controllo della rotazione alla corda all'estermo finale;
- **Capacità rotazionale Profili**: Capacità rotazione R per i diversi tipi di profili per analisi non lineare (impostare secondo la classe di appartenenza delle sezioni - 1,2,3,4).

Per tutti i tipi di **macro-elemento** le opzioni possibili sono:

- **Dim. max macro dir.1**: Dimensione massima macroelemento in direzione 1 locale (orizz.);
- **Dim. max macro dir.2**: Dimensione massima macroelemento in direzione 2 locale (vert.);
- **Pannello-Pannello Rigido**: Se attivato il comportamento dell'interfaccia tra pannelli è RIGIDO, altrimenti è RIGIDO-PLASTICO;
- **Pannello-Corner Rigido**: Se attivato il comportamento dell'interfaccia tra pannello e corner (elemento discreto per la modellazione degli incroci tra muri) è RIGIDO, altrimenti è RIGIDO-PLASTICO;
- **Pannello-Cordolo Rigido**: Se attivato il comportamento dell'interfaccia tra pannello e cordolo è RIGIDO, altrimenti è RIGIDO-PLASTICO;
- **Pannello-Pilastro Rigido**: Se attivato il comportamento dell'interfaccia tra pannello e pilastro è RIGIDO, altrimenti è RIGIDO-PLASTICO;
- **Mesh fibre interf. X**: Passo mesh per le fibre delle interfacce in direzione X;
- **Mesh fibre interf. Y**: Passo mesh per le fibre delle interfacce in direzione Y.

Per i **"Macro-elementi" in calcestruzzo** (Pareti c.a.), i parametri sono i seguenti:

- **Taglio limitato**. Se attivato applica all'elemento il limite della deformazione massima per il comportamento a taglio;
- **γ limite**. Valore percentuale della deformazione massima per il comportamento a taglio (presente se attivo "Taglio limitato");
- **Controlla S.L.**: Se attivato, durante l'analisi effettua per i vari stati limite il controllo della rotazione alla corda;
- **Non lineare**. Se attivato applica all'elemento la non linearità meccanica.

Per i **"Macro-elementi" in muratura**, i parametri sono i seguenti:

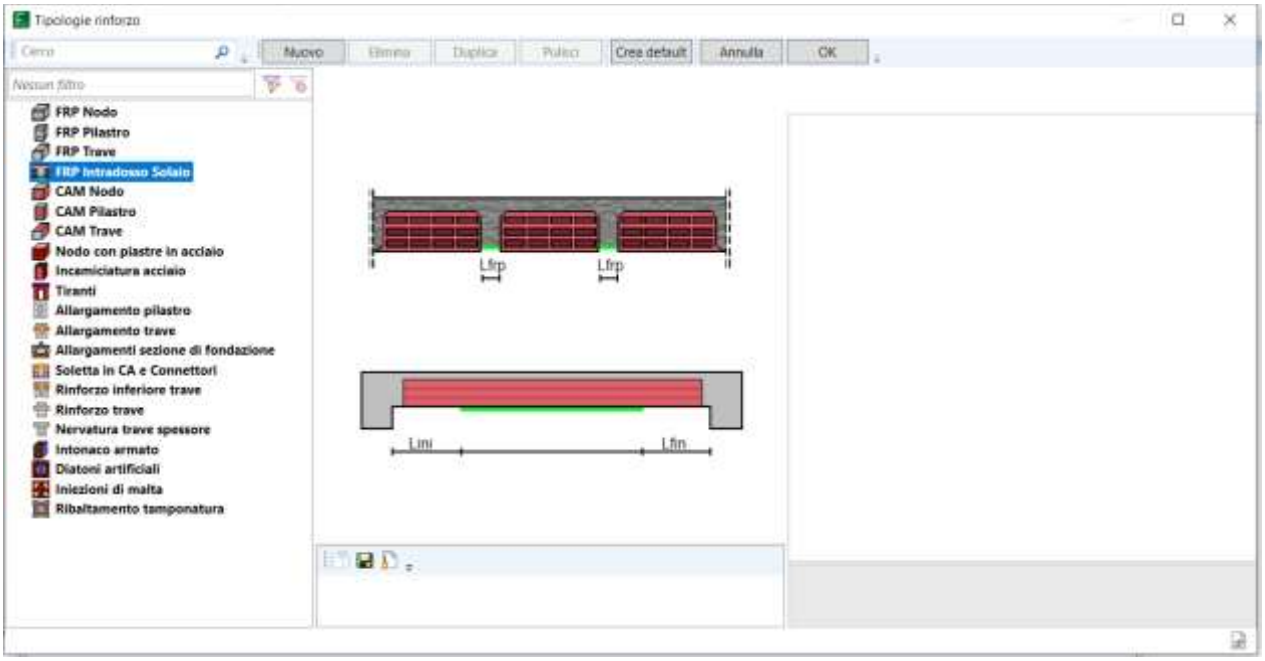
- **Controllo SL taglio (maschi)**: Se attivato, durante l'analisi effettua per i vari stati limite il controllo relativo al taglio nel piano (maschi);
- **Controllo SL NP (maschi)**: Se attivato, durante l'analisi effettua per i vari stati limite il controllo relativo alla flessione nel piano (maschi);
- **Controllo SL FP (maschi)**: Se attivato, durante l'analisi effettua per i vari stati limite il controllo relativo alla flessione fuori piano (maschi);
- **Valore limite Slc (maschi)**: Valore limite della capacità di rotazione SLC per i maschi murari (muratura 1% - muratura confinata 1.25%);
- **Controllo SL taglio (fasce)**: Se attivato, durante l'analisi effettua per i vari stati limite il controllo relativo al taglio nel piano (fasce);
- **Controllo SL NP (fasce)**: Se attivato, durante l'analisi effettua per i vari stati limite il controllo relativo alla flessione nel piano (fasce);
- **Controllo SL FP (fasce)**: Se attivato, durante l'analisi effettua per i vari stati limite il controllo relativo alla flessione fuori piano (fasce);
- **Controllo SL taglio (nodali)**: Se attivato, durante l'analisi effettua per i vari stati limite il controllo relativo al taglio nel piano (pannelli nodali);
- **Controllo SL NP (nodali)**: Se attivato, durante l'analisi effettua per i vari stati limite il controllo relativo alla flessione nel piano (pannelli nodali);

- **Controllo SL FP (nodali)**: Se attivato, durante l'analisi effettua per i vari stati limite il controllo relativo alla flessione fuori piano (pannelli nodali);
- **Pannello-Arc/Cerc Rigido**: Se attivato il comportamento dell'interfaccia tra pannello e architravi/cerchiature è RIGIDO, altrimenti è RIGIDO-PLASTICO;
- **Fasce come bielle**: Se attivato le Fasce di piano vengono modellate come Bielle;
- **γ limite (Maschi)**: Deformazione massima per il comportamento a Taglio per i maschi murari;
- **γ limite (Fasce)**: Deformazione massima per il comportamento a Taglio per le fasce;
- **Coeff. taglio**: Coefficiente di riduzione delle rigidezze a taglio.

3.1.2.8 Rinforzi

Rinforzi 

Tramite l'ambiente **"Tipologie rinforzi"** è possibile configurare le varie tipologie di consolidamento che potranno essere utilizzate per consolidare gli elementi di una struttura esistente.
Bisogna tenere presente che i rinforzi possono essere utilizzati per qualsiasi tipo di calcolo (scelto in dati generali) ad eccezione di **"Struttura nuova"**.

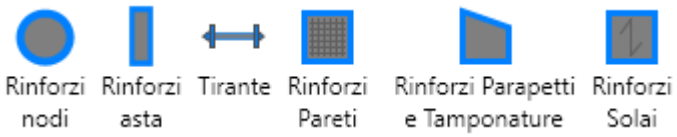


La gestione delle tipologie avviene come gli altri editor di FaTA Next, utilizzando i comandi standard "Nuovo", "Elimina", "Duplica", ecc.
L'ambiente di gestione consente di realizzare i seguenti tipi di consolidamento:

- **Intonaco armato**: per elementi in muratura;
- **Parete in c.a.**: per elementi in muratura (presto disponibile);
- **Telaio acciaio**: per elementi in muratura (presto disponibile);
- **Diatoni artificiali**: per elementi in muratura;
- **Iniezioni di malta**: per elementi in muratura;
- **Cerchiature**: per elementi in muratura (presto disponibile);
- **Tiranti**: per elementi in muratura;
- **FRP rete rinforzo su fessura**: per elementi in muratura (presto disponibile);

- **FRP rete rinforzo su parete**: per elementi in muratura (presto disponibile);
- **FRP cerchiatura esterna**: per elementi in muratura (presto disponibile);
- **FRP pressoflessione e taglio**: per elementi in muratura (presto disponibile);
- **Tiranti arco**: per elementi in muratura (presto disponibile);
- **FRP arco**: per elementi in muratura (presto disponibile);
- **Resine per aumento portanza**: per elementi di fondazione (presto disponibile);
- **FRP nodo**: per nodi in c.a., consente l'intervento di rinforzo con fibre di carbonio (secondo due diverse configurazioni - orizzontali e inclinate) applicate con resina epossidica;
- **FRP pilastro**: per colonne in c.a. con sezione "rettangolare", consente l'intervento di rinforzo con fibre di carbonio ("trasversali", per il taglio e "spigoli" per la flessione);
- **FRP trave**: per travi in c.a. con sezione "rettangolare" e "a T", consente l'intervento di rinforzo con fibre di carbonio ("trasversali", per il taglio e "longitudinali" per la flessione);
- **Allargamenti sezione di fondazione**: per elementi di fondazione, consente diverse possibilità per i vari tipi di sezione ("rettangolare", "a T rovescia");
- **Allargamento pilastro**: per colonne in c.a. di sezione rettangolare, consente di differenziare lo spessore di allargamento nelle due direzioni;
- **Rinforzo inferiore trave**: per travi in c.a. di sezione rettangolare;
- **Allargamento trave**: per travi in c.a. di sezione rettangolare, consente di differenziare lo spessore di allargamento nelle due direzioni;
- **Rinforzo trave**: per travi in c.a. di sezione rettangolare, consiste nell'aumento dell'altezza sia superiormente che inferiormente;
- **Rinforzo CAM pilastro**: per colonne in c.a. con sezione "rettangolare", mediante la tecnica CAM ("spigoli" e "trasversali");
- **Rinforzo CAM trave**: per travi in c.a. con sezione "rettangolare", sia "in avvolgimento" che "sottotrave" mediante tecnica CAM;
- **Rinforzo CAM nodo**: per nodi in c.a. mediante tecnica CAM;
- **Nodo con piastre in acciaio**: per nodi in c.a. realizzato mediante piastre e bulloni passanti;
- **Incamiciatura acciaio**: si realizza con angolari e calastrelli in acciaio (per colonne e travi in c.a. di sezione rettangolare);
- **Nervatura trave spessore**: indicato per travi a spessore, consiste nella costruzione di una nervatura inferiore;
- **Rinforzo intradosso FRP**: rinforzo all'intradosso dei travetti di solai in c.a. mediante fibre di carbonio applicate con resina epossidica;
- **Soletta in CA e connettori**: rinforzo all'estradosso di solai in c.a. mediante solette aggiuntive e connettori a taglio-scorrimento;
- **Ribaltamento tamponatura**: rinforzo a ribaltamento di tamponature e parapetti mediante FRP ed FRCM, secondo due configurazioni ("solo bordi" e "diffusa")

La tipologia viene assegnata all'elemento interessato mediante l'utilizzo dei comandi dedicati:

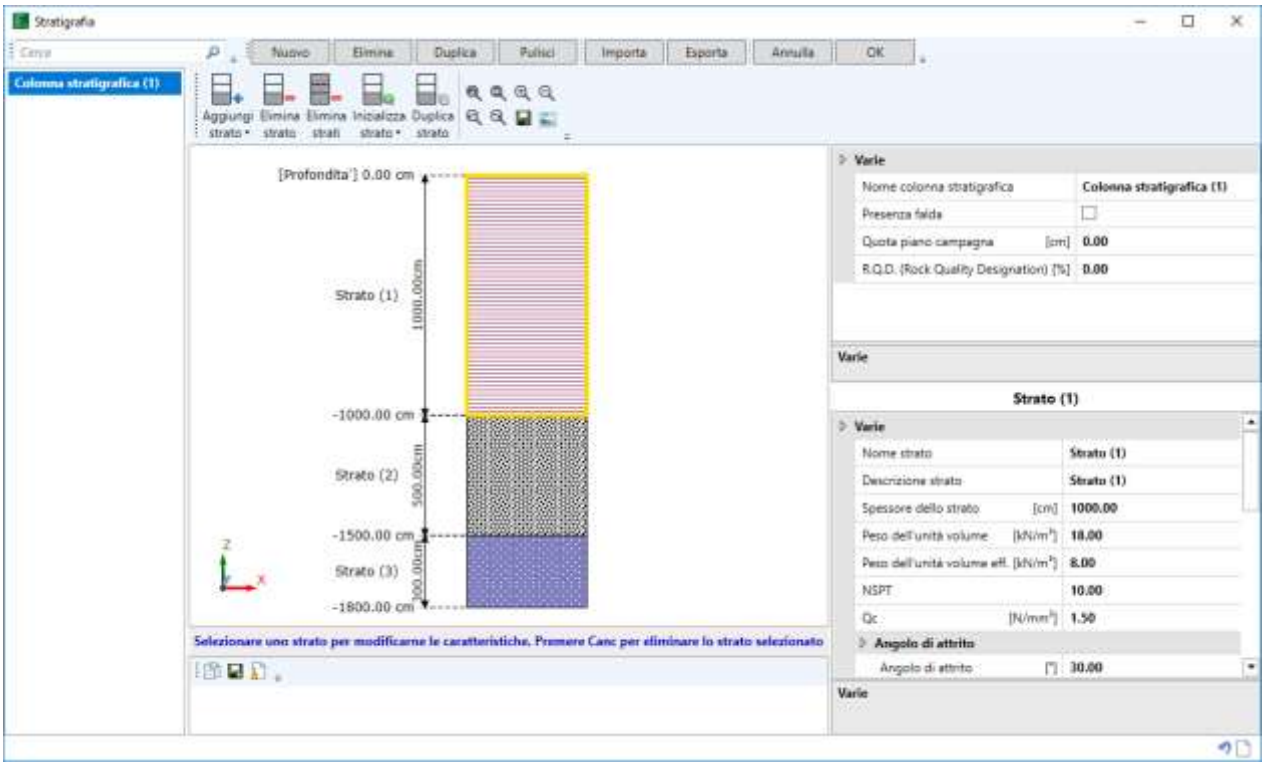


Il comando si trova nella Barra **"Geometria",** nella zona "Rinforzi", sia per nodi, aste, pareti, solai, tamponature, parapetti.

3.1.2.9 Colonne stratigrafiche

Colonne stratigrafiche

Tramite tale ambiente è possibile gestire l'input delle tipologie delle colonne stratigrafiche.

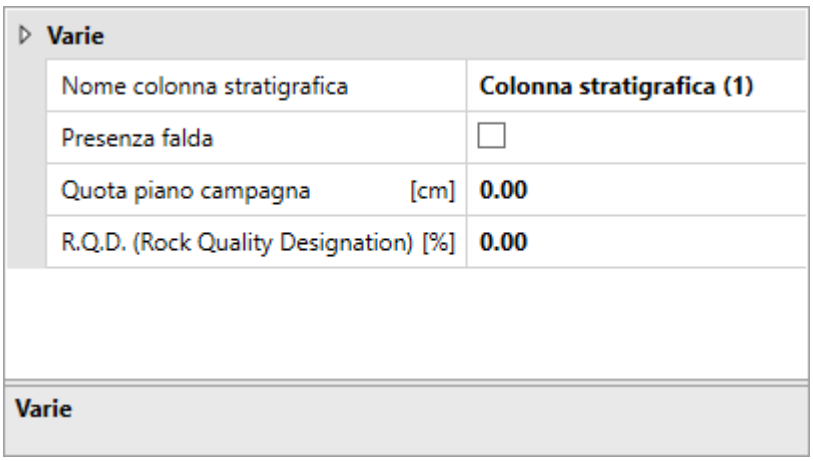


Una Colonna Stratigrafica è la sovrapposizione, a partire dal piano campagna verso il basso, dei singoli strati di terreni e rocce che si susseguono fino ad una determinata profondità.

Sulla parte superiore dell'ambiente **"Colonne stratigrafiche"** sono presenti i seguenti pulsanti:

- **Nuovo**: ha la funzione di inputare una nuova colonna stratigrafica;
- **Elimina**: ha la funzione di eliminare la colonna stratigrafica selezionata;
- **Duplica**: ha la funzione di duplicare la colonna stratigrafica selezionata;
- **Pulisci**: ha la funzione di eliminare tutte le colonne stratigrafiche (ad esclusione della prima) presenti nella lista;
- **Importa**: ha la funzione di importare colonne stratigrafiche precedentemente definite in un altro progetto;
- **Esporta**: ha la funzione di esportare colonne stratigrafiche al fine di poter essere utilizzate in altri progetti;
- **Annulla**: chiude la finestra "Colonne Stratigrafiche" annullando tutte le modifiche in essa apportate;
- **Ok**: chiude la finestra "Colonne Stratigrafiche" confermando tutte le modifiche in essa apportate.

Per ogni colonna sono presenti i seguenti campi:



- **Nome colonna stratigrafica**. Nome della colonna stratigrafica.
- **Presenza falda**. Se selezionato indica la presenza della falda.
  - **Profondità Falda.** Tale comando si attiva solamente se è stata selezionata la presenza della falda. Permette di inserire la profondità della falda a partire dal piano campagna.
- **Quota piano campagna.** Quota assoluta del piano campagna.
- **R.Q.D. (Rock Quality Designation).** Percentuale di recupero in roccia di spezzoni con L>10 cm rispetto alla lunghezza totale perforata [0.1].

I seguenti comandi operano sulla singola colonna stratigrafica.



Aggiungi strato **.** Aggiunge uno strato alla colonna stratigrafica selezionata assegnando i parametri di default previsti per il litotipo selezionato.

Elimina strato **.** Elimina lo strato selezionato dalla colonna.

Elimina strati **.** Elimina tutti gli strati (ad esclusione del primo) dalla colonna selezionata.

Inizializza strato **.** Inizializza i parametri per lo strato selezionato assegnando i parametri di default previsti per il litotipo selezionato.

Duplica strato **.** Aggiunge uno strato al di sotto di quello selezionato duplicandone i parametri**.**

Per ogni strato sono presenti i seguenti campi di input:

Strato (1)

Varie		
Nome strato		**Strato (1)**
Descrizione strato		**Strato (1)**
Spessore dello strato	[cm]	**1000.00**
Peso dell'unità volume	[kN/m³]	**18.00**
Peso dell'unità volume eff.	[kN/m³]	**8.00**
NSPT		**10.00**
Qc	[N/mm²]	**1.50**
Angolo di attrito		
Angolo di attrito	[°]	**30.00**
Valore stimato		☐
Delta (ang. attr. terreno/parete)	[°]	**20.00**
Inclinazione strato	[°]	**0.00**
Coesione drenata	[N/mm²]	**0.03**
Coesione non drenata		
Coesione non drenata	[N/mm²]	**0.07**
Valore stimato		☐
Modulo elastico		
Modulo elastico E	[N/mm²]	**20.00**
Valore stimato		☐
Modulo di taglio		
Modulo di taglio G	[N/mm²]	**10.00**
Valore stimato		☐
Coefficiente di Poisson		**0.35**
Modulo edometrico		
Modulo Edometrico	[N/mm²]	**8.00**
Valore stimato		☐
OCR		**1.00**

Varie

- **Nome strato**. Nome da assegnare al singolo strato.
- **Descrizione strato**: Descrizione sintetica per lo strato.
- **Spessore dello strato**. Spessore dello strato.
- **Peso dell'unità di volume**. Peso dell'unità di volume dello strato.
- **Peso dell'unità di volume eff**. Peso dell'unità di volume efficace dello strato.
- **NSPT**. Numero di colpi medi misurati per lo strato in una prova penetrometrica standard (SPT-Standard Penetration Test).

- **Qc**. Resistenza alla punta media misurata nello strato.
- **Angolo di attrito**. Angolo di attrito dello strato.
- **Valore stimato (Angolo di attrito)**. Se selezionato, il programma restituirà una stima dell'angolo di attrito dello strato rispetto ad uno dei modelli di calcolo implementati.
    - **Tipo di prova**. Tipo di prova penetrometrica (NSPT o Qc) rispetto alla quale ottenere la stima del valore dell'angolo di attrito dello strato (attivo solo se il campo "Valore stimato" risulta selezionato).
    - **Teoria di calcolo**. Modello di calcolo rispetto al quale ottenere la stima dell'angolo di attrito dello strato (attivo solo se il campo "Valore stimato" risulta selezionato).
    - **σ**. Pressione litostatica efficace a metà strato necessario per la stima dell'angolo di attrito (attivo solo se il campo "Valore stimato" risulta selezionato e solo per alcuni modelli di calcolo).
- **Delta (ang. attr. terreno/parete)**. Angolo di attrito terreno/parete.
- **Inclinazione strato**. Angolo di inclinazione dello strato rispetto all'orizzontale.
- **Coesione drenata**. Valore della coesione drenata.
- **Coesione non drenata**. Valore della coesione non drenata.
- **Valore stimato (Coesione non drenata)**. Se selezionato, il programma restituirà una stima del valore della coesione non drenata rispetto ad uno dei modelli di calcolo implementati.
    - **Tipo di prova**. Tipo di prova penetrometrica (NSPT o Qc) rispetto alla quale ottenere la stima del valore della coesione non drenata (attivo solo se il campo "Valore stimato" risulta selezionato).
    - **Teoria di calcolo**. Modello di calcolo rispetto al quale ottenere la stima della coesione non drenata (attivo solo se il campo "Valore stimato" risulta selezionato).
    - **σ**. Pressione litostatica efficace a metà strato necessario per la stima della coesione non drenata (attivo solo se il campo "Valore stimato" risulta selezionato e solo per alcuni modelli di calcolo).
    - **(IP) Indice di plasticità.** Indice di plasticità medio per lo strato (attivo solo se il campo "Valore stimato" risulta selezionato e solo per alcuni modelli di calcolo).
- **Modulo elastico E.** Modulo di elasticità del terreno.
- **Valore stimato (Modulo elastico E)**. Se selezionato, il programma restituirà una stima del valore rispetto ad uno dei modelli di calcolo implementati.
    - **Tipo di prova**. Tipo di prova penetrometrica (NSPT o Qc) rispetto alla quale stimare il valore del Modulo elastico (attivo solo se il campo "Valore stimato" risulta selezionato).
    - **Teoria di calcolo**. Modello di calcolo da utilizzare per la stima del modulo elastico dello strato (attivo solo se il campo "Valore stimato" risulta selezionato).
- **Coefficiente di Poisson**. Coefficiente di Poisson.
- **Modulo di taglio G**. Modulo di taglio.
- **Valore stimato (Modulo di taglio G)**. Se selezionato, il programma restituirà una stima del Modulo di taglio rispetto ad uno dei modelli di calcolo implementati.
    - **Tipo di prova**. Tipo di prova penetrometrica (NSPT o Qc) rispetto alla quale ottenere la stima del valore del Modulo di taglio dello strato (attivo solo se il campo "Valore stimato" risulta selezionato).
    - **Teoria di calcolo**. Modello di calcolo rispetto al quale ottenere la stima del modulo di taglio dello strato (attivo solo se il campo "Valore stimato" risulta selezionato).
- **Modulo edometrico**. Valore del modulo edometrico.
- **Valore stimato (Modulo edometrico)**. Se selezionato, il programma restituirà una stima del Modulo edometrico rispetto ad uno dei modelli di calcolo implementati.
    - **Tipo di prova**. Tipo di prova penetrometrica (NSPT o Qc) rispetto alla quale ottenere la stima del valore del modulo edometrico dello strato (attivo solo se il campo "Valore stimato" risulta selezionato).
    - **Teoria di calcolo**. Modello di calcolo rispetto al quale ottenere la stima del modulo edometrico dello strato (attivo solo se il campo "Valore stimato" risulta selezionato).
    - **σ.** Pressione litostatica efficace a metà strato necessario per la stima del modulo edometrico (attivo solo se il campo "Valore stimato" risulta selezionato e solo per alcuni modelli di calcolo).
    - **Dr.** Densità relativa media per lo strato (attivo solo se il campo "Valore stimato" risulta selezionato e solo per alcuni modelli di calcolo).

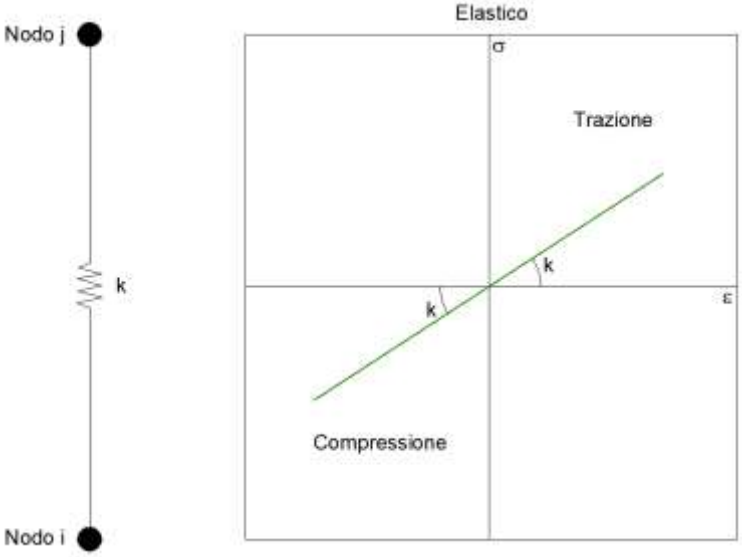
- **OCR.** Grado di sovraconsolidazione del terreno (valore ≥ 1).

3.1.2.10 Materiali uniassiali

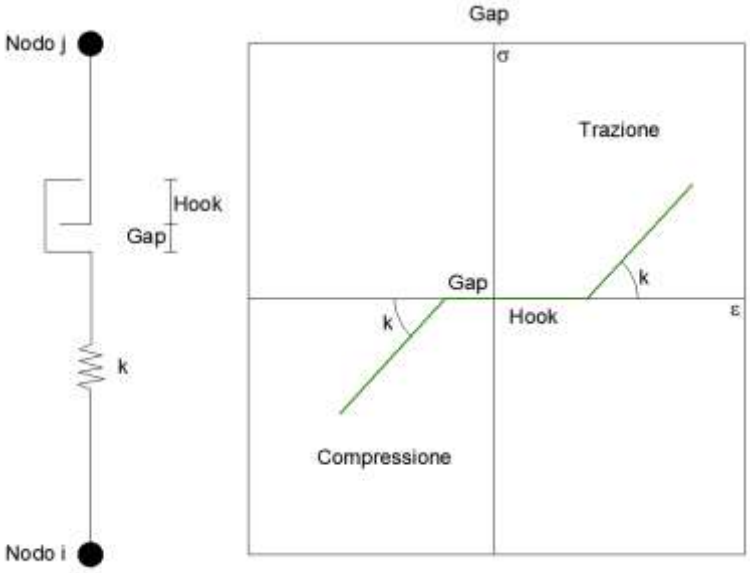
Materiali uniassiali 

L'ambiente consente di definire le caratteristiche dei materiali uniassiali da associare ai diversi gradi di libertà deli elementi "Link". I tipi di materiali presenti sono:

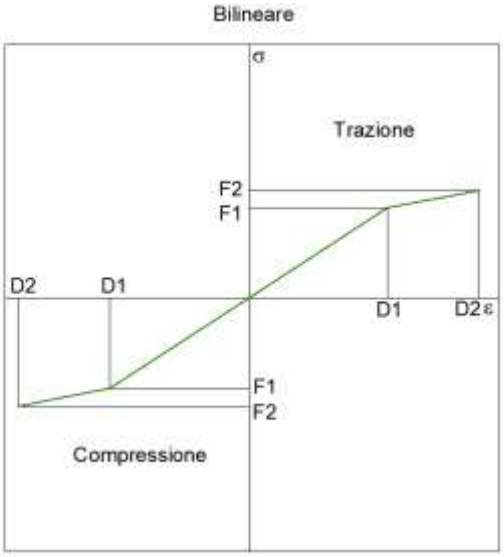
- **Elastico Traslazione:** modello elastico lineare indefinito per gradi di libertà traslazionali 1, 2, 3 locali;
- **Elastico Rotazione:** modello elastico lineare indefinito per gradi di libertà rotazionali 4, 5, 6 locali;



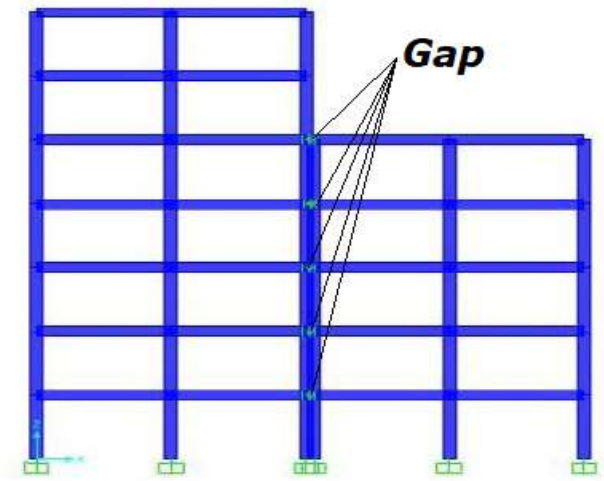
- **Gap:** modello elastico lineare indefinito con partenza (gap o hook) differita;



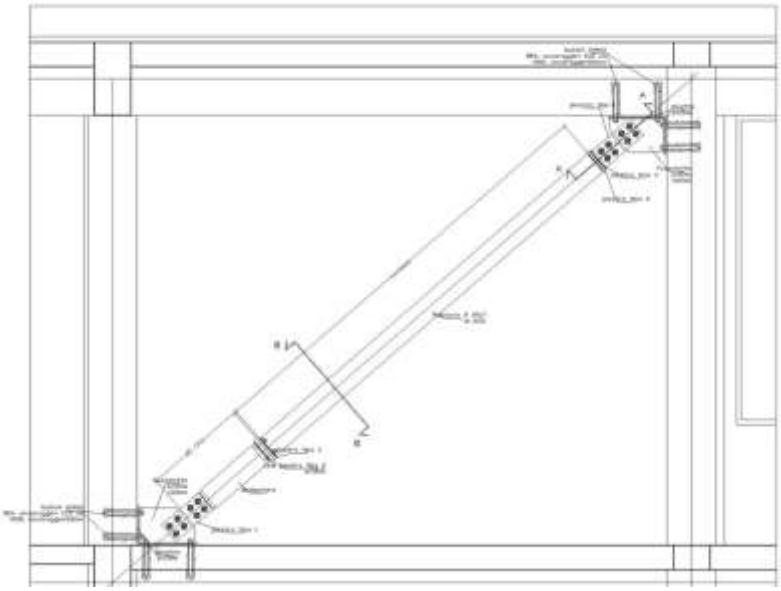
- **Bilineare:** modello elasto-plastico (anche con incrudimento) indefinito.

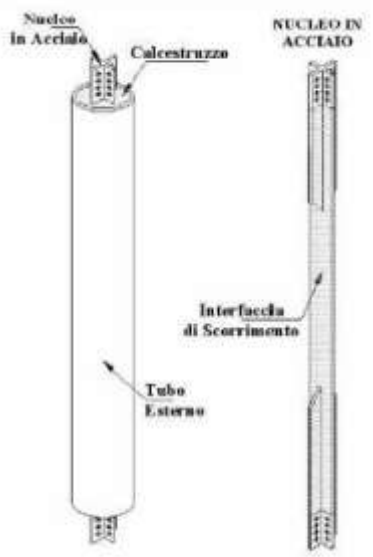


Il significato dei vari parametri richiesti si può desumere dalle varie figure dei modelli di comportamento.
Il modello **"Gap"** può essere utilizzato per modellare oggetti distanziati che possono venire a contatto. Il caso tipico è rappresentato dal fenomeno del **martellamento**, nel quale il "giunto tecnico" rappresenta il gap e il contatto può essere rappresentato da un valore tendente ad infinito della rigidezza:



Un esempio di utilizzo del modello **"Bilineare"** è quello dei **controventi a stabilità impedita**, utilizzabile mediante il solutore per elementi discreti.

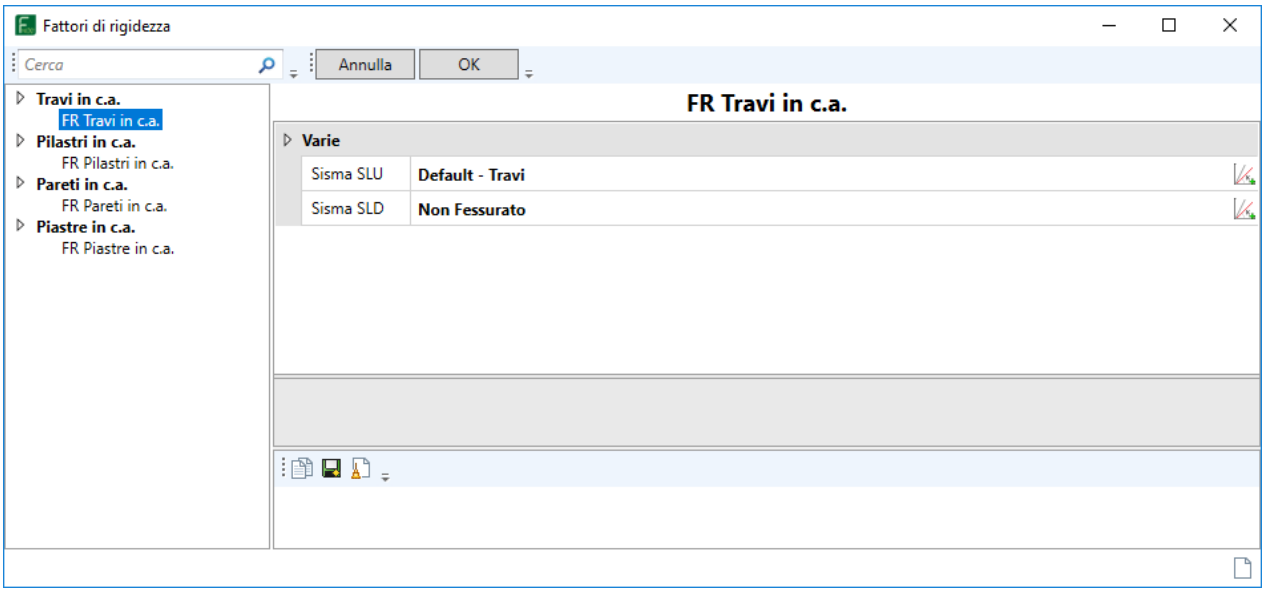




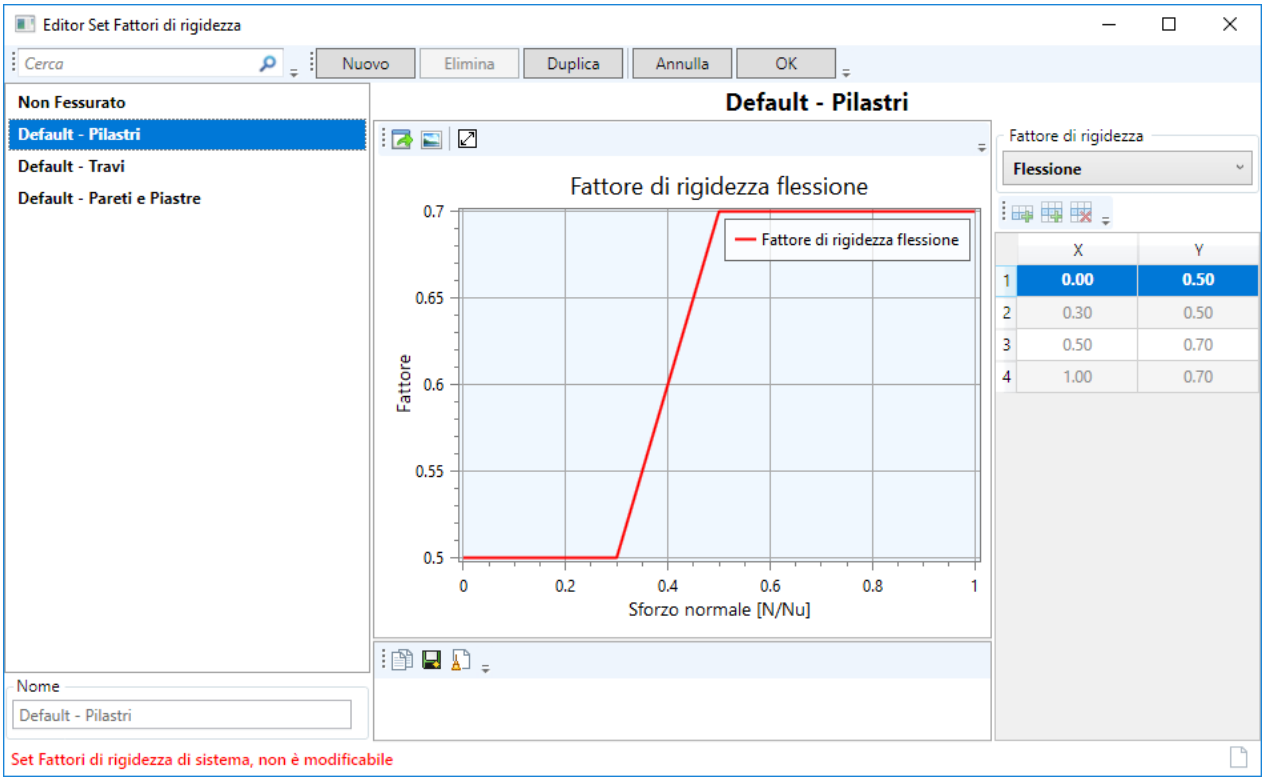
3.1.2.11 Fattori di rigidezza

Fattori di rigidezza 

L'ambiente consente di selezionare per Travi, Pilastri, Pareti e Piastre dei set di fattori di rigidezza. La modifica della rigidezza, per le condizioni sismica, è una richiesta delle norme per valutare lo stato deformativo (e la susseguente riduzione delle rigidezze) in condizioni di elevati spostamenti, quali sono quelle che riguardano l'evento sismico.



Cliccando sui pulsante di navigazione  si accederà all'ambiente per la personalizzazione dei set Fattori di rigidezza:

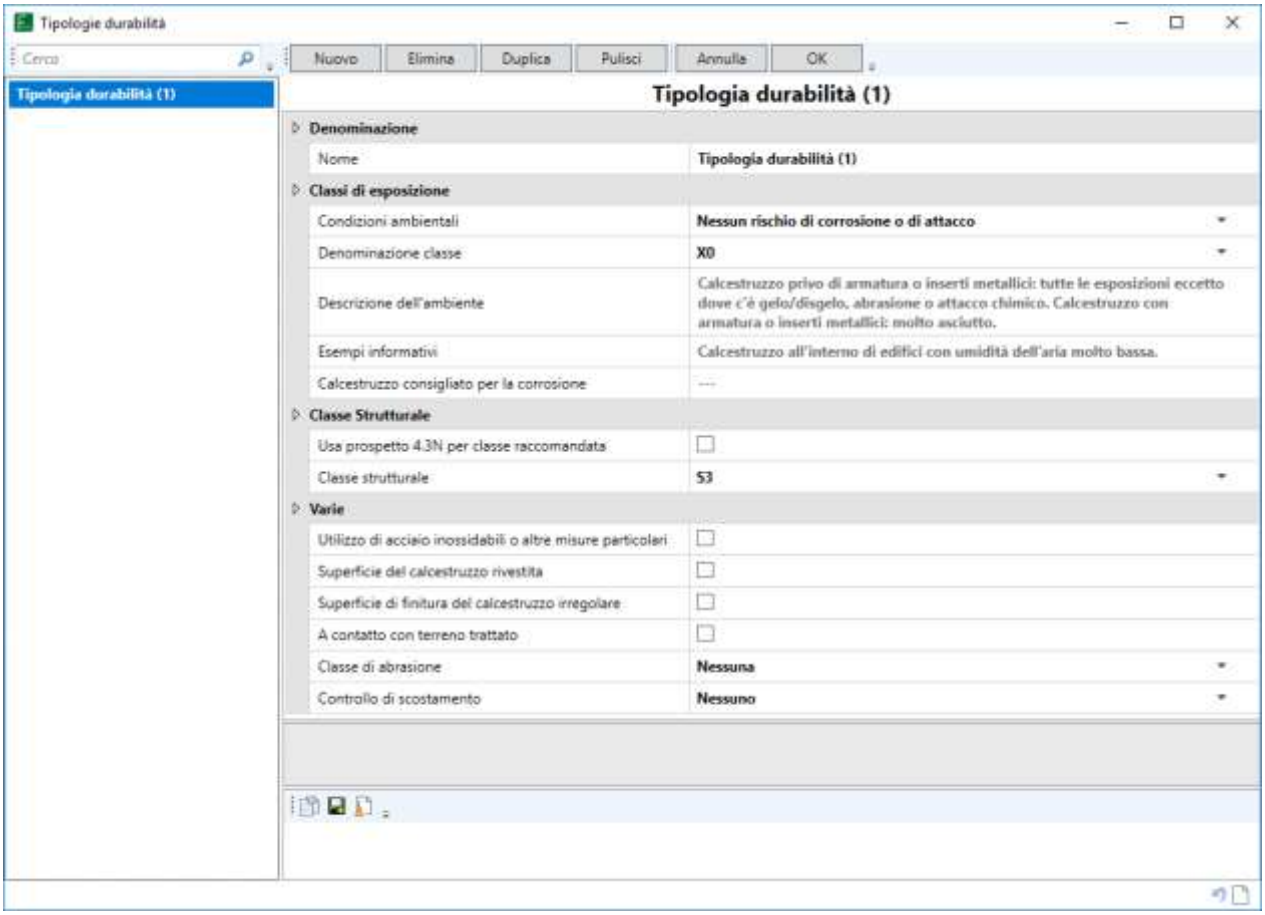


Per ogni elemento strutturale primario e per le componenti interessate per l'elaborazione delle rigidezze (Sforzo normale, Flessione e Taglio) è possibile definire il coefficiente riduttivo delle rigidezze in funzione dello sforzo normale. Il default delle curve è impostato in base alle indicazioni delle norme tecniche per le costruzioni.

3.1.2.12 Durabilità

Durabilità 

FaTA Next consente di progettare copriferri e armature considerando i diversi fenomeni di degrado e aggressività verso la durabilità del calcestruzzo, secondo le norme UNI EN 206 e UNI 11104, alle quale si rimanda per gli approfondimenti tecnici.



Sulla parte superiore dell'ambiente sono presenti i pulsanti standard delle finestre di FaTA Next.

Per ogni tipologia di durabilità è possibile personalizzare i seguenti parametri:

- **Nome.** Nome da assegnare alla tipologia di durabilità selezionata;
- **Condizioni ambientali.** Condizione ambientale per la tipologia di durabilità. La scelta possibile è tra le seguenti opzioni:
  - Nessun rischio di corrosione o attacco;
  - Corrosione indotta da carbonatazione;
  - Corrosione indotta da cloruri;
  - Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua del mare.
- **Denominazione classe.** Denominazione della classe di durabilità in funzione delle condizioni ambientali;

prospetto 4.1 **Classi di esposizione in relazione alle condizioni ambientali, in conformità alla EN 206-1**

Denominazione della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione
1 Nessun rischio di corrosione o di attacco		
X0	Calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo/disgelo, abrasione o attacco chimico. Calcestruzzo con armatura o inserti metallici: molto asciutto.	Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità dell'aria molto bassa
2 Corrosione indotta da carbonatazione		
XC1	Asciutto o permanentemente bagnato	Calcestruzzo all'interno di edifici con bassa umidità relativa Calcestruzzo costantemente immerso in acqua
XC2	Bagnato, raramente asciutto	Superfici di calcestruzzo a contatto con acqua per lungo tempo Molte fondazioni
XC3	Umidità moderata	Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità dell'aria moderata oppure elevata Calcestruzzo esposto all'esterno protetto dalla pioggia
XC4	Ciclicamente bagnato e asciutto	Superfici di calcestruzzo soggette al contatto con acqua, non nella classe di esposizione XC2
3 Corrosione indotta da cloruri		
XD1	Umidità moderata	Superfici di calcestruzzo esposte ad atmosfera salina
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Piscine Calcestruzzo esposto ad acque industriali contenenti cloruri
XD3	Ciclicamente bagnato e asciutto	Parti di ponti esposte a spruzzi contenenti cloruri Pavimentazioni Pavimentazioni di parcheggi
4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare		
XS1	Esposto a nebbia salina ma non in contatto diretto con acqua di mare	Strutture prossime oppure sulla costa
XS2	Permanentemente sommerso	Parti di strutture marine
XS3	Zone esposte alle onde, agli spruzzi oppure alle maree	Parti di strutture marine

- **Descrizione dell'ambiente.** Descrizione dell'ambiente in funzione della Classe;
- **Esempi informativi.** Esempi funzione delle condizioni ambientali;
- **Calcestruzzo consigliato per la corrosione.** Classe di resistenza del calcestruzzo consigliata in funzione delle condizioni e della classe ambientale;
- **Usa prospetto 4.3N per classe raccomandata.** Selezionare se si vuol utilizzare il prospetto 4.3N dell'EC2;

prospetto 4.3N **Classificazione strutturale raccomandata**

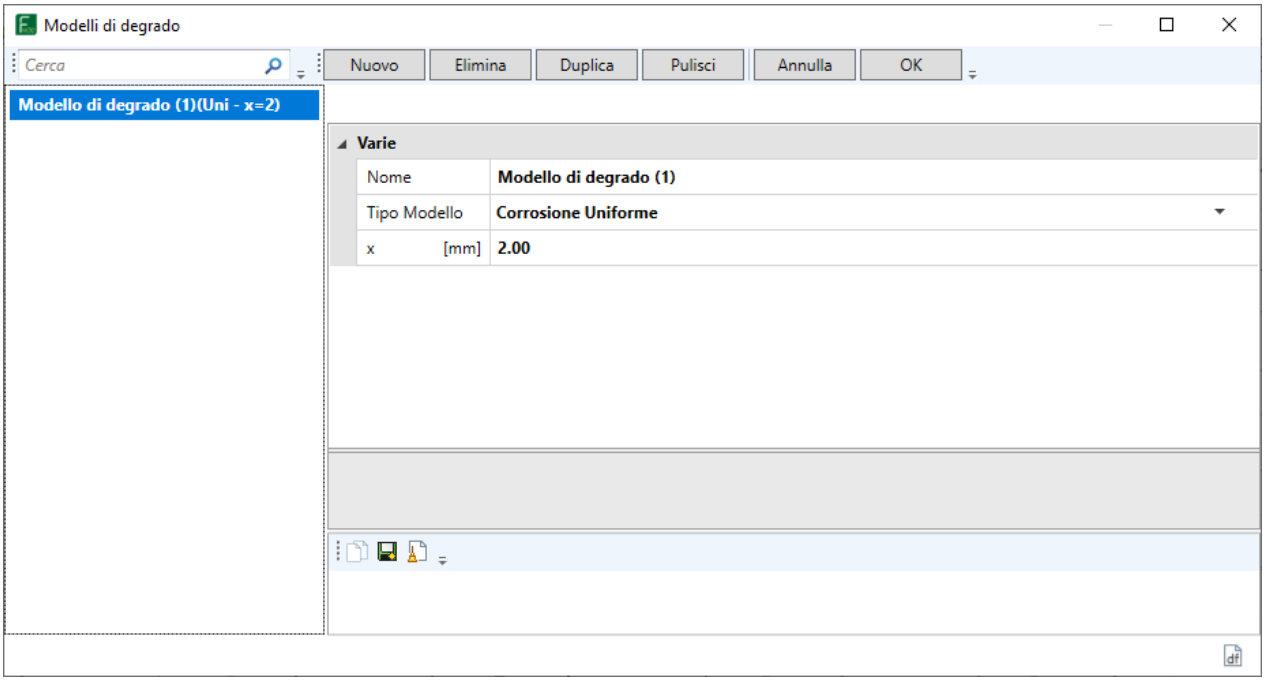
Classe Strutturale							
Criterio	Classe di esposizione secondo il prospetto 4.1						
	X0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1	XD2 / XS1	XD3 / XS2 / XS3
Vita utile di progetto di 100 anni	aumentare di 2 classi	aumentare di 2 classi	aumentare di 2 classi	aumentare di 2 classi	aumentare di 2 classi	aumentare di 2 classi	aumentare di 2 classi
Classe di resistenza [1) 2)]	≥C30/37 ridurre di 1 classe	≥C30/37 ridurre di 1 classe	≥C35/45 ridurre di 1 classe	≥C40/50 ridurre di 1 classe	≥C40/50 ridurre di 1 classe	≥C40/50 ridurre di 1 classe	≥C45/55 ridurre di 1 classe
Elemento di forma simile ad una soletta (posizione delle armature non influenzata dal processo costruttivo)	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe
È assicurato un controllo di qualità speciale della produzione del calcestruzzo	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe

- **Classe strutturale.** Classe strutturale (da S1 a S6);
- **Utilizza acciaio inossidabile o altre misure particolari.** Selezionare se si utilizzano acciai inossidabili o altre misure atte ad inibire la corrosione delle armature;
- **Superficie del calcestruzzo rivestita.** Selezionare nel caso in cui si preveda un rivestimento protettivo per le superfici esposte;
- **Superficie di finitura del calcestruzzo irregolare.** Selazionare nel caso in cui la superficiè di finitura del calcestruzzo è irregolare;
- **A contatto con terreno trattato.** Selezionare nel caso in cui le superfici esposte sono a contatto con terreno trattato;
- **Classe di abrasione.** Operare una scelta tra le seguenti opzioni:
  - Nessuna;
  - XM1;
  - XM2;
  - XM3.
- **Controllo di scostamento.** Operare una scelta tra le seguenti opzioni:
  - Nessuno;
  - Misura copriferri (qualità);
  - Monitoraggio molto accurato.

3.1.2.13 Modelli di degrado

Modelli di degrado 

I modelli di degrado vengono gestiti mediante l'apposita finestra:



I tipi di **modello** personalizzabili sono:

- Corrosione uniforme
- Corrosione localizzata

Nel caso di **corrosione uniforme** l'unico parametro di personalizzazione è la proprietà "x" definita come la

"Penetrazione raggiunta dalla corrosione".

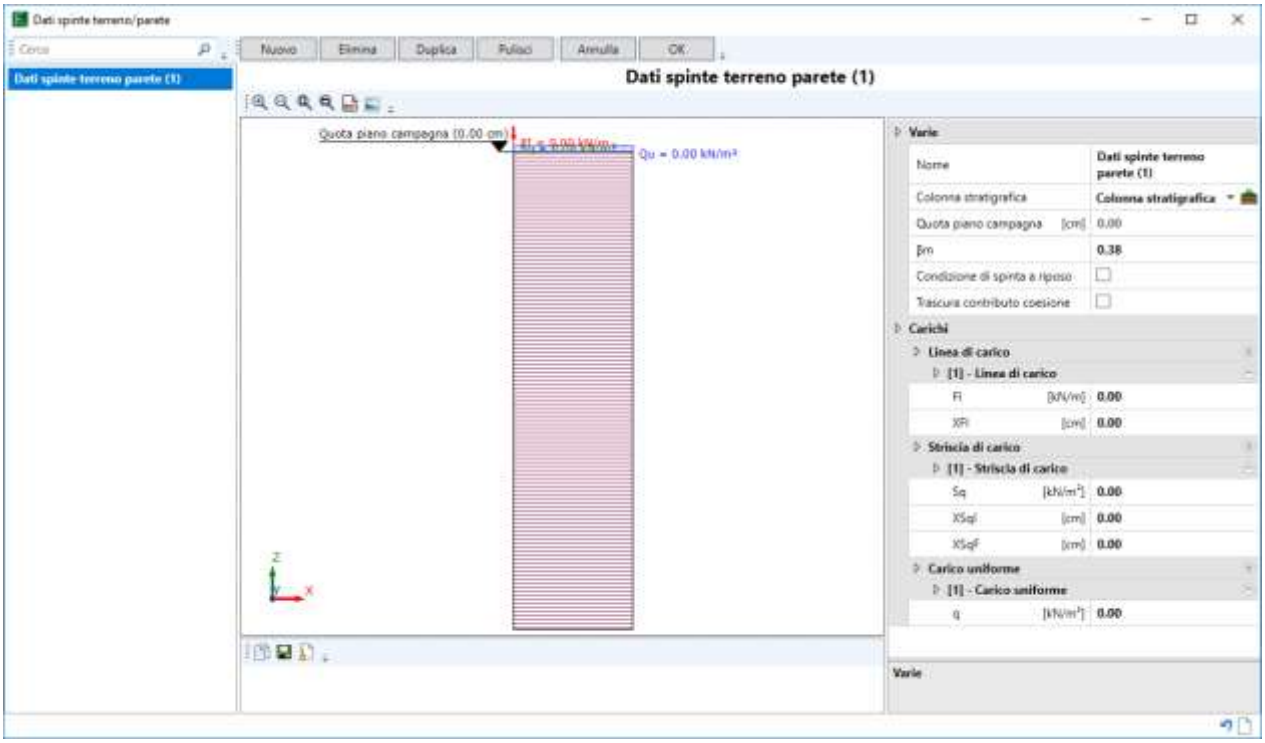
Nel caso di **corrosione localizzata** è possibile personalizzare:

- Modello corrosione localizzata (la scelta è tra "Rodriguez, Vidal" o "Val-Melchers, Vidal"
- x (Penetrazione raggiunta dalla corrosione)
- R (Fattore di pitting

3.1.2.14 Dati spinte terreno parete

Dati spinte terreno parete 

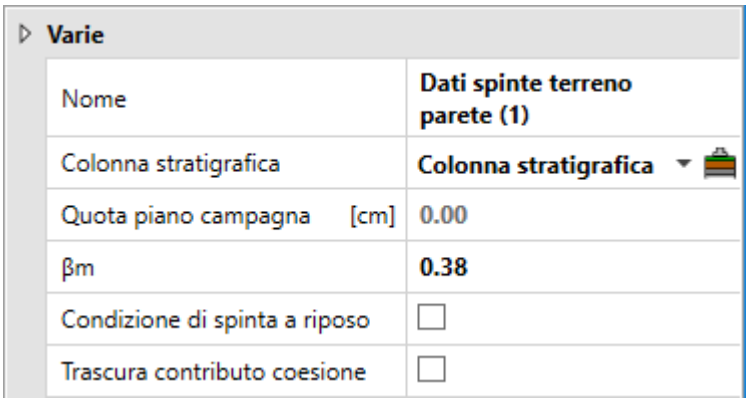
Tramite l'ambiente **"Dati spinte terreno/pareti"** viene visualizzato l'ambiente in cui effettuare l'input delle tipologie di spinta sulle pareti. Una tipologia di spinta terreno/parete consiste nella definizione del terreno (tramite l'attribuzione di una determinata colonna strtigrafica) e dei carichi su di esso agenti che, a contatto con una parete, ne determinano spinte statiche e/o dinamiche.



Sulla parte superiore dell'ambiente **"Dati spinta terreno/parete"** sono presenti i seguenti pulsanti:

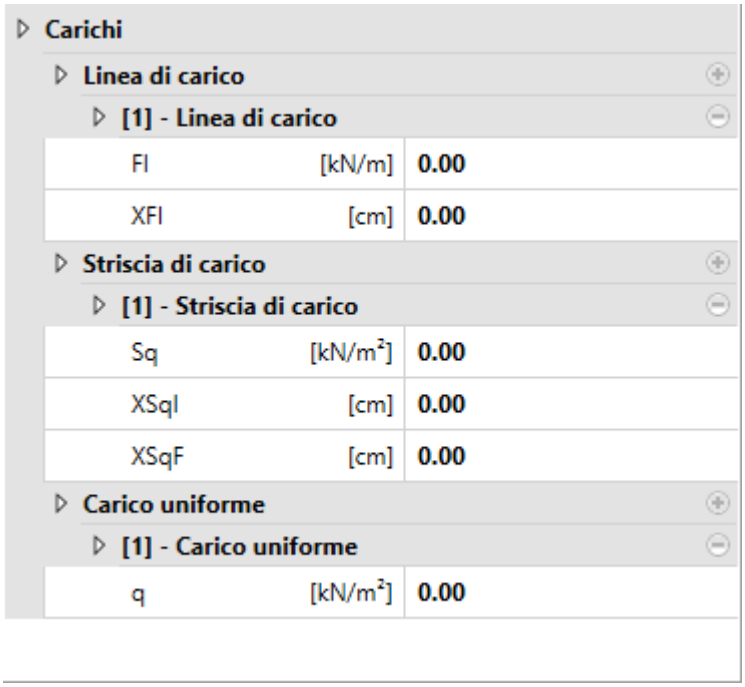
- **Nuovo**: ha la funzione di inputare una nuova tipologia di spinta terreno/parete;
- **Elimina**: ha la funzione di eliminare la tipologia di spinta terreno/parete selezionata;
- **Duplica**: ha la funzione di duplicare la tipologia di spinta terreno/parete selezionata;
- **Pulisci**: ha la funzione di eliminare tutte le tipologie di spinta terreno/parete (ad esclusione della prima) presenti nella lista;
- **Annulla**: chiude la finestra tipologia di spinta terreno/parete annullando tutte le modifiche in essa apportate;
- **OK**: chiude la finestra tipologia di spinta terreno/parete confermando tutte le modifiche in essa apportate.

Per ogni tipologia di spinta terreno/parete sono presenti i seguenti campi:



- **Nome.** Nome da assegnare alla tipologia di spinta terreno/parete;
- **Colonna stratigrafica**. Colonna stratigrafica (fra quelle precedentemente inputate nell'apposito ambiente di input) da associare alla tipologia di spinta terreno/parete;
- **Quota piano campagna**. Quota del piano campagna del terreno a contatto con la parete (valore relativo alla colonna stratigrafica associata alla tipologia di spinta terreno/parete);
- **βm**. Coefficiente di riduzione accelerazione sismica;
- **Condizione di spinta a riposo**. Se selezionato, la spinta del terreno verrà calcolata utilizzando il coefficiente di spinta a riposo;
- **Trascura contributo coesione**. Se selezionato, per il calcolo della spinta del terreno verrà trascurato il contributo della coesione.

I tipi di carico agenti sul terreno posto a ridosso della parete sono:



Linea di carico. Carico lineare distribuito agente sul terreno posto a ridosso della parete. Cliccare sul pulsante ⊕ alla destra del campo per aggiungere una Linea di carico. Cliccare sul pulsante ⊖ per elimirare la Linea di carico corrispondente.

- **Fl**. Valore per unità di lunghezza del carico lineare distribuito;
- **XFl**. Distanza del carico lineare rispetto alla parete.

Striscia di carico. Striscia di carico agente sul terreno posto a ridosso della parete. Cliccare sul pulsante ⊕ alla destra del campo per aggiungere una Striscia di carico. Cliccare sul pulsante ⊖ per elimirare la Striscia di carico corrispondente.

- **Sq**. Valore per unità di superficie del carico agente sulla striscia di carico;
- **XSqI**. Distanza minima della striscia di carico rispetto alla parete;
- **XSqF**. Distanza massima della striscia di carico rispetto alla parete.

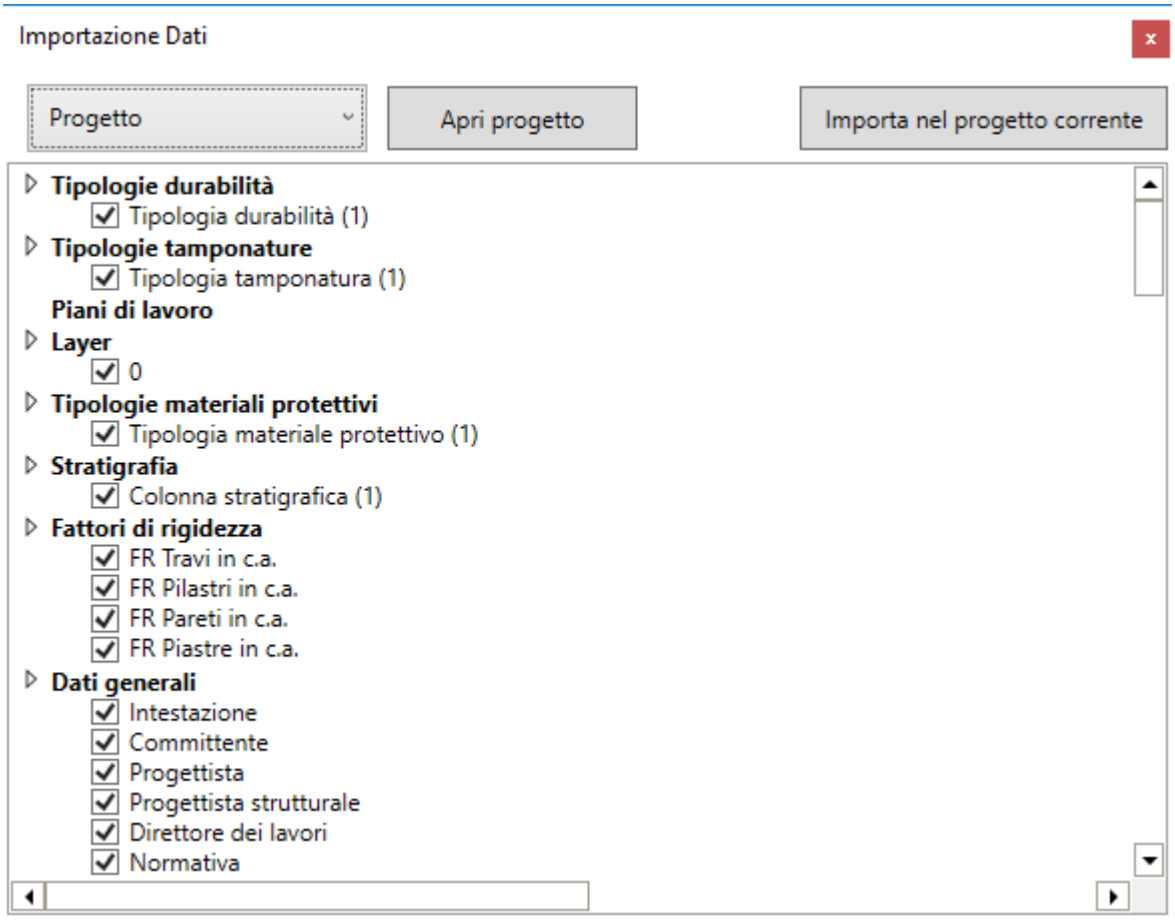
Carico uniforme. Carico uniforme agente sul terreno posto a ridosso della parete. Cliccare sul pulsante ⊕ alla destra del campo per aggiungere un carico uniforme. Cliccare sul pulsante ⊖ per elimirare il Carico uniforme corrispondente.

- **q**. Valore per unità di superficie del carico uniforme agente sul terreno.

3.1.2.15 Importa dati

Importa Dati

Alla pressione del pulsante **"Importazione Dati"** viene visualizzato un ambiente che consente di importare nel progetto corrente i dati già definiti in un progetto precedentemente inputato.



E' possibile caricare i dati esterni selezionando dal menù un progetto dalla lista (progetti recenti) o cliccando sul pulsante **"Apri progetto"**.

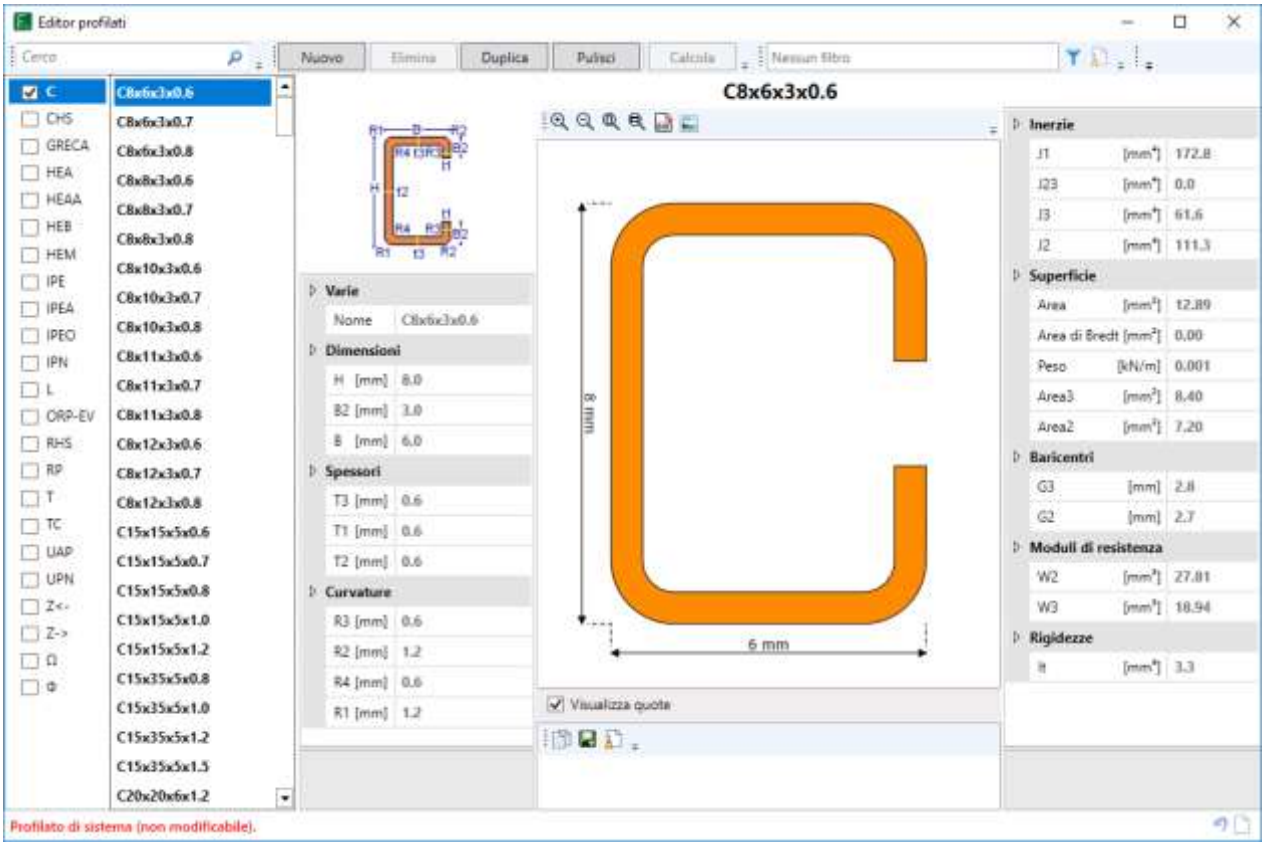
Una volta caricato il progetto verrano visualizzati gli elementi possibili da importare nel documento corrente.

Infine, scelti gli elementi da importare, per completare l'importazione dei dati, cliccare sul pulsante **"Importa nel progetto corrente"**.

3.1.2.16 Editor profilati

Editor profilati

L' **"Editor Tipologie Profilati"** consente di aggiungere, al database tipologie profilati, nuovi profilati non presenti in esso.



Nel database è presente un vasto elenco di sezioni fornite dai produttori, alle quali è possibile aggiungere ulteriori sezioni tra i tipi presenti o modificare, rinominare e cancellare le sezioni esistenti.

Il database è gestito secondo la codifica standard riconosciuta nel campo delle strutture in acciaio ed utilizza come unità di misura il mm.

La scelta della forma da aggiungere o modificare avviene selezionando il tipo di profilato dalla prima colonna posta sul lato sinistro della finestra. Dopo aver selezionato il tipo di forma, nella seconda colonna verranno riportati tutti i profilati presenti. La scelta del profilato voluto avviene operando la selezione nella seconda colonna appena descritta.

Per aggiungere un nuovo profilato tra i tipi presenti si procede come segue. A titolo esemplificativo creiamo una sezione di tipo "L" di dimensione 85 x 65 mm e di spessore pari a 15 mm:

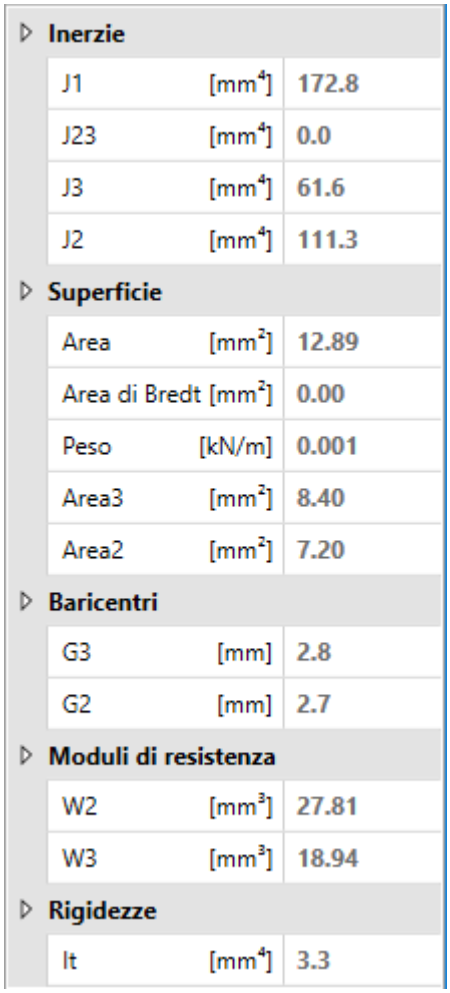
1. Posizionarsi nello schema ad albero in corrispondenza del tipo voluto (ad esempio "L");
2. Digitare nel campo "Nome" il nome indicativo della dimensione della sezione (ad esempio 85x65x15);
3. Riempire tutti i campi relativi alla dimensione;
4. Cliccare su "OK" per aggiungere definitivamente la sezione al file di database del profilatario.

Sulla parte superiore dell'ambiente **"Editor Tipologie Profilati"** sono presenti i seguenti pulsanti:

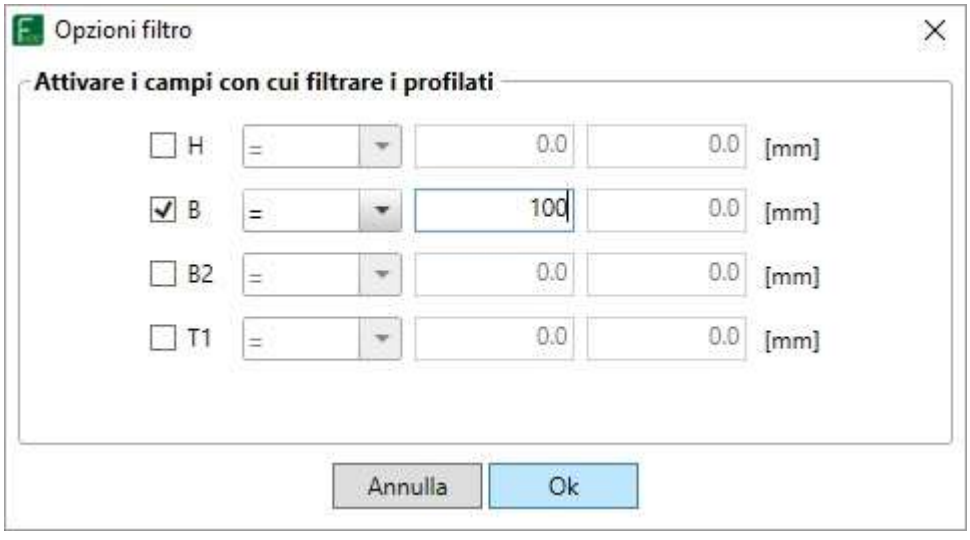
- **Nuovo.** Il pulsante "Nuovo" ha la funzione di imputare un nuovo profilato con le dimensioni di default;
- **Elimina.** Il pulsante "Elimina" ha la funzione di eliminare il profilato selezionato (tranne i profilati di sistema);
- **Duplica.** Il pulsante "Duplica" ha la funzione di duplicare il profilato selezionato;
- **Pulisci.** Il pulsante "Pulisci" ha la funzione di eliminare tutti i profilati (ad esclusione dei profilati di

sistema) presenti nella lista;

- **Annulla.** Il pulsante "Annulla" chiude la finestra Editor Tipologie Profilati annullando tutte le modifiche in essa apportate;
- **OK.** Il pulsante "OK" chiude la finestra Editor Tipologie Profilati confermando tutte le modifiche in essa apportate;
- **Calcola.** Il pulsante "Calcola" ha la funzione di calcolare i parametri geometrici della sezione.



- **Filtra** : consente di filtrare i profilati secondo dei parametri definiti dall'utente, utilizzando la seguente finestra di comando:



Ad esempio, nel caso riportato sopra verranno selezionati tutti i profili con base pari a 100 mm. Il menu a tendina presente consente di scegliere tra i vari operatori logici:

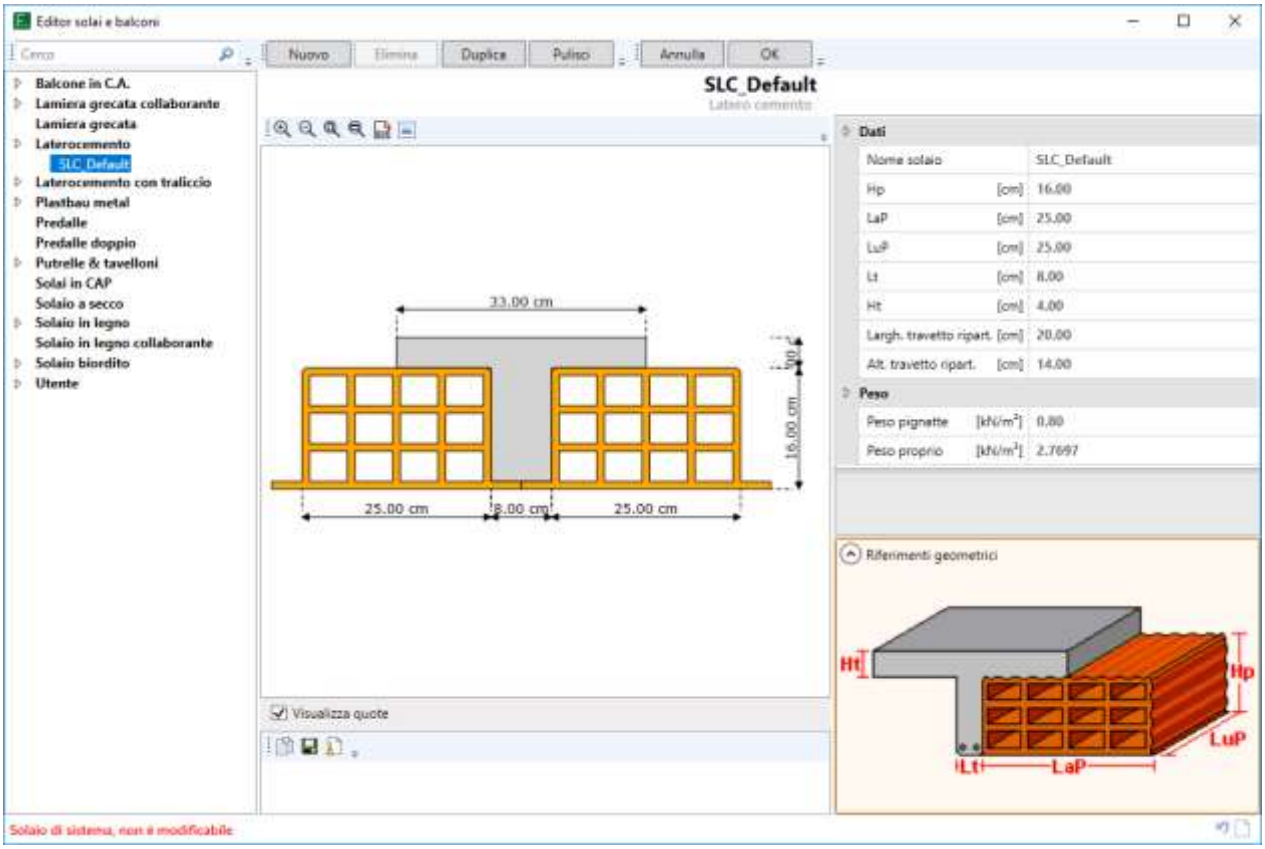


- = (uguale);
- >= (maggiore o uguale);
- <= (minore o uguale);
- != (diverso);
- <= x <= (compreso).

3.1.2.17 Editor solai

Editor Solai

Alla pressione del pulsante **"Editor Solai"** viene visualizzato il seguente ambiente che consente di aggiungere nuove tipologie e modificare quelle già esistenti nel database delle tipologie solai.



Sulla parte superiore dell'ambiente **"Editor solai e balconi"** sono presenti i seguenti pulsanti:

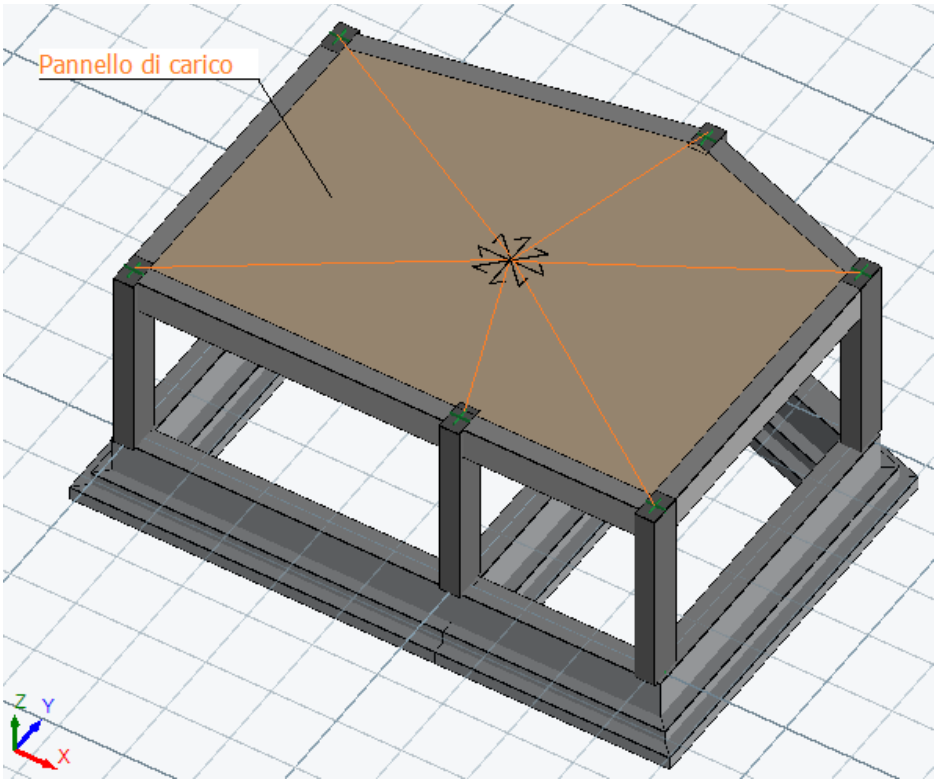
- **Nuovo.** Il pulsante "Nuovo" ha la funzione di imputare una nuova tipologie di solaio nel database delle tipologie solai;
- **Elimina.** Il pulsante "Elimina" ha la funzione di eliminare dal database la tipologia di solaio selezionato;
- **Duplica.** Il pulsante "Duplica" ha la funzione di duplicare nel database la tipologia di solaio selezionato;
- **Pulisci.** Il pulsante "Pulisci" ha la funzione di eliminare tutte le tipologie di solaio (ad esclusione di quelle di sistema) presenti nella lista;
- **Annulla.** Il pulsante "Annulla" chiude la finestra "Editor solai e balconi" annullando tutte le modifiche in essa apportate;
- **OK.** Il pulsante "OK" chiude la finestra "Editor solai e balconi" confermando tutte le modifiche in essa apportate;

Sul lato sinistro della finestra è presente lo schema ad albero delle tipologie presenti, da cui è possibile visionare i dati correnti associati ai vari tipi. I tipi presenti sono:

- **Balcone pieno in c.a.**
- **Lamiera grecata collaborante**
- **Lamiera grecata**
- **Laterocemento**
- **Laterocemento con traliccio**
- **Plastbau metal**
- **Predalle**
- **Predalle doppio**
- **Putrelle & tavelloni**
- **Solai in CAP**
- **Solaio a secco**

- **Solaio in legno**
- **Solaio in legno collaborante**

In aggiunta ai tipi indicati è possibile introdurre un tipo **"Utente"**, in cui è possibile definire il peso proprio e lo spessore. Per questa tipologia è disponibile l'opzione **"Scarico Isotropo"**, in base alla quale i pannelli di carico verranno elaborati secondo una ripartizione geometrica indipendente dalla direzione. Il metodo utilizzato è rappresentato nella figura sottostante:



Per ogni tipologia di solaio aggiunta è possibile personalizzare i parametri caratterizzanti.

Per tutti i solai è possibile considerarne la rigidezza nel proprio piano secondo un modello a lastra ortropa. Per le varie tipologie il calcolo delle rigidezze avviene automaticamente, per la tipologia di solaio "Utente" è possibile inserire i seguenti valori numerici:

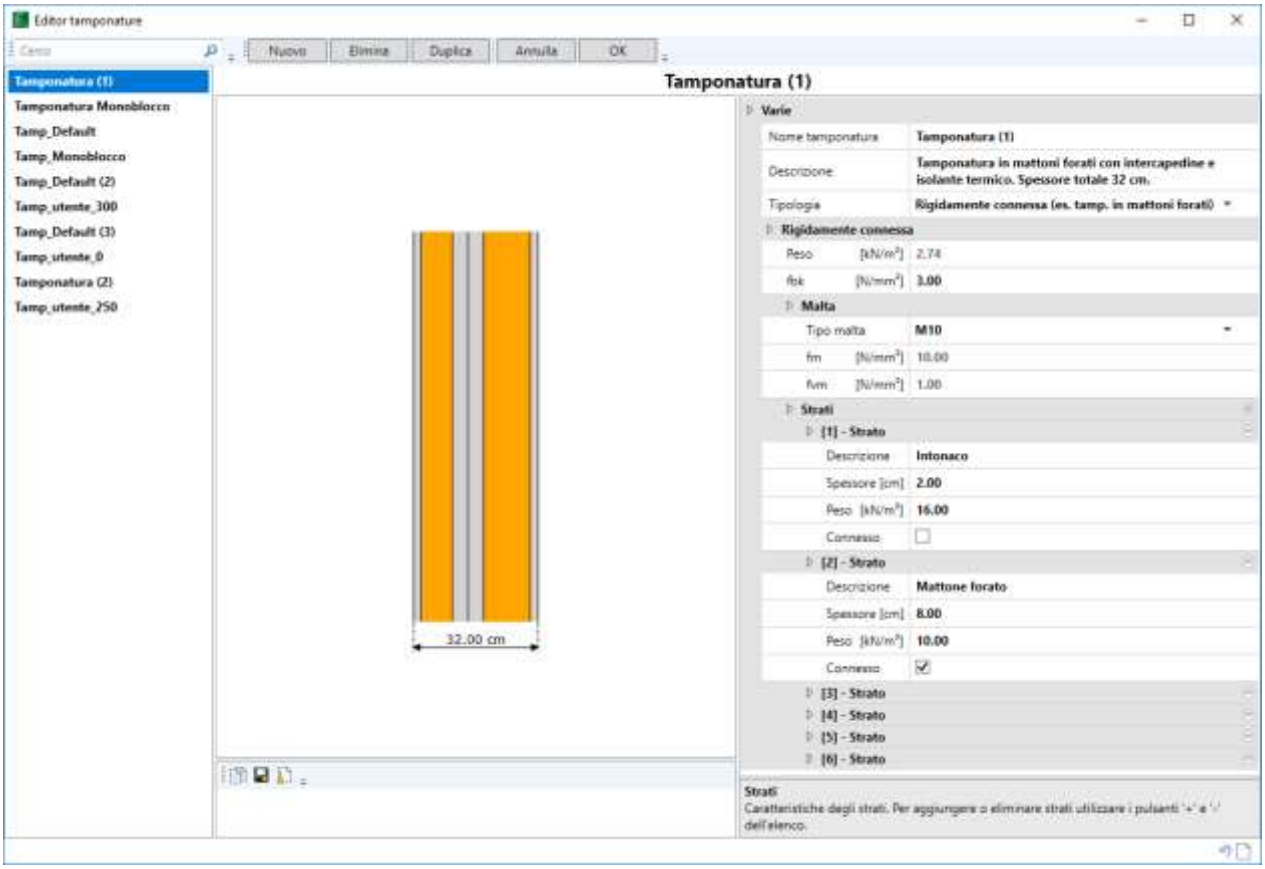
- **Spessore**
- **Modulo elastico (E1)**: modulo elastico nella direzione dell'orditura;
- **Modulo elastico (E2)**: modulo elastico nella direzione ortogonale all'orditura;
- **ν12**: modulo di poisson nel piano del solaio;
- **Modulo elastico (G12)**: modulo di taglio nel piano.

Si ricorda che per modellare l'effettiva rigidezza di un solaio, oltre ai valore descritti è necessario attivare il campo "Lastra" nell'oggetto di tipo "Solaio".

3.1.2.18 Editor tamponature

Editor Tamponature 

Alla pressione del pulsante **"Editor Tipologie Tamponature"** viene visualizzato il seguente ambiente che ci consente di definire nuove tipologie nel database e di personalizzare i parametri delle tipologie presenti.



Sulla parte superiore dell'ambiente **"Editor Tamponature"** sono presenti i seguenti pulsanti:

- **Nuovo.** Il pulsante "Nuovo" ha la funzione di imputare una nuova tipologia di tamponamento nel database;
- **Elimina.** Il pulsante "Elimina" ha la funzione di eliminare dal database la tipologia di tamponamento selezionata;
- **Duplica.** Il pulsante "Duplica" ha la funzione di duplicare nel database la tipologia di tamponamento selezionata;
- **Annulla.** Il pulsante "Annulla" chiude la finestra Editor tipologie tamponature annullando tutte le modifiche in essa apportate;
- **Ok.** Il pulsante "OK" chiude la finestra Editor tipologie tamponature confermando tutte le modifiche in essa apportate;

Per ogni tipologia di tamponamento aggiunta è possibile personalizzare i parametri caratterizzanti.

La scelta della tipologia da modificare avviene tramite la lista presente sul lato sinistro del pannello. Nel caso in cui si vuole creare una nuova tipologia di tamponamento si può scegliere tra le seguenti due tipologie:

- **Rigidamente connessa** (es. tamp. in mattoni forati)
- **Utente** (solo per considerarne il peso)

Per la tipologia "Rigidamente connessa" sulla parte destra della finestra "Editor tamponature" sono presenti i seguenti campi:

- **Nome tamponatura.** Nome da assegnare alla tipologia di tamponatura aggiunta;
- **Descrizione.** Descrizione della tamponatura aggiunta, utile anche per la compilazione della relazione di calcolo;
- **Tipologia.** Tipologia di tamponatura da aggiungere. Le tipologie possibili sono:
  - Rigidamente connessa;
  - Utente;

- **Peso.** Peso per unità di superficie della tamponatura;
- **fbk.** Resistenza caratterisca a rottura del blocco;

Per la malta sono presenti i seguenti campi:

- **Tipo di malta.** Il tipo di malta è codificato secondo il paragrafo 11.10.2.1 delle NTC 2018, secondo la seguente tabella:

Tab. 11.10.II - *Classi di malte a prestazione garantita*

Classe	M 2,5	M 5	M 10	M 15	M 20	M d
Resistenza a compressione N/mm²	2,5	5	10	15	20	d
d è una resistenza a compressione maggiore di 25 N/mm² dichiarata dal fabbricante						

- **fm.** Resistenza media a compressione della malta;
- **fvm.** Resistenza media a taglio della malta;

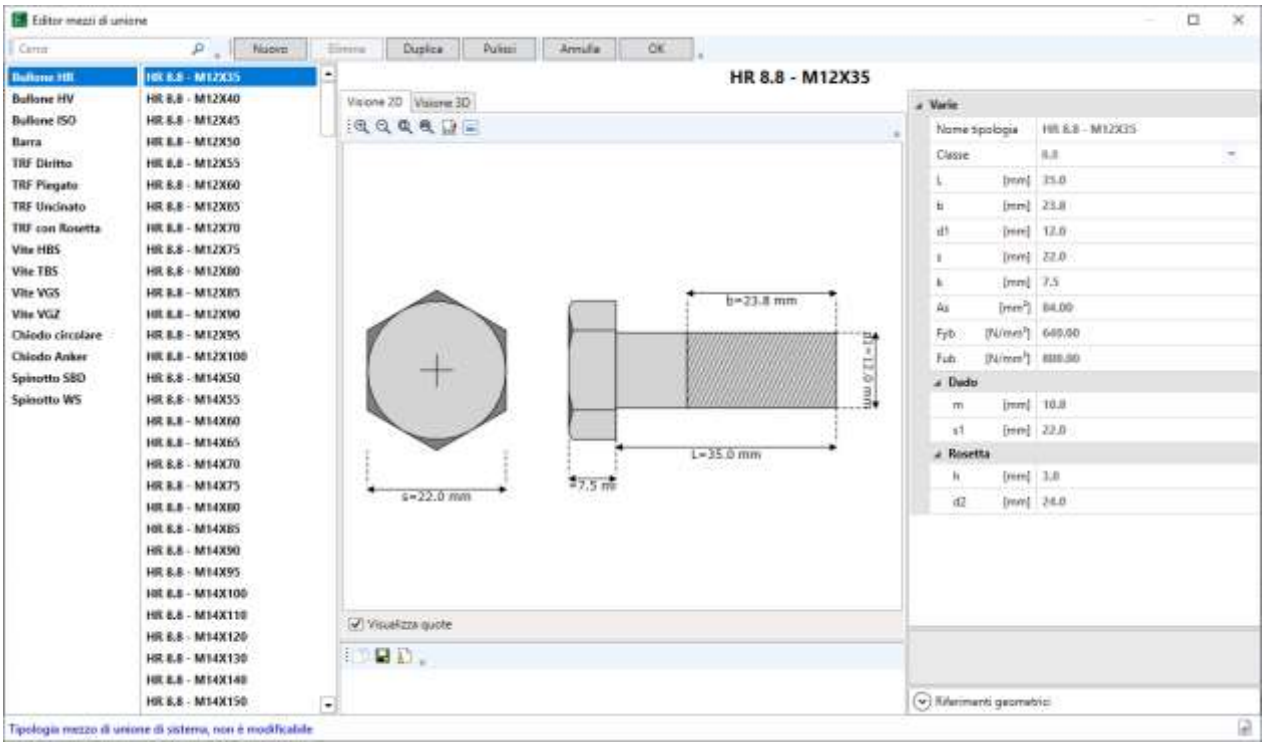
Per ogni singolo strato, invece, sono presenti i seguenti campi:

- **Descrizione.** Descrizione del singolo strato;
- **Spessore.** Spessore del singolo strato;
- **Peso.** Peso per unità di volume del materiale dello strato;
- **Connesso.** Se attivo considera che lo strato corrente è da considerare nelle verifiche come collegato alla struttura portante.

3.1.2.19 Editor mezzi di unione

Editor mezzi di unione 

Alla pressione del pulsante **"Editor mezzi di unione"** viene visualizzato il seguente ambiente che ci consente di definire nuove tipologie nel database e di personalizzare i parametri delle tipologie presenti.

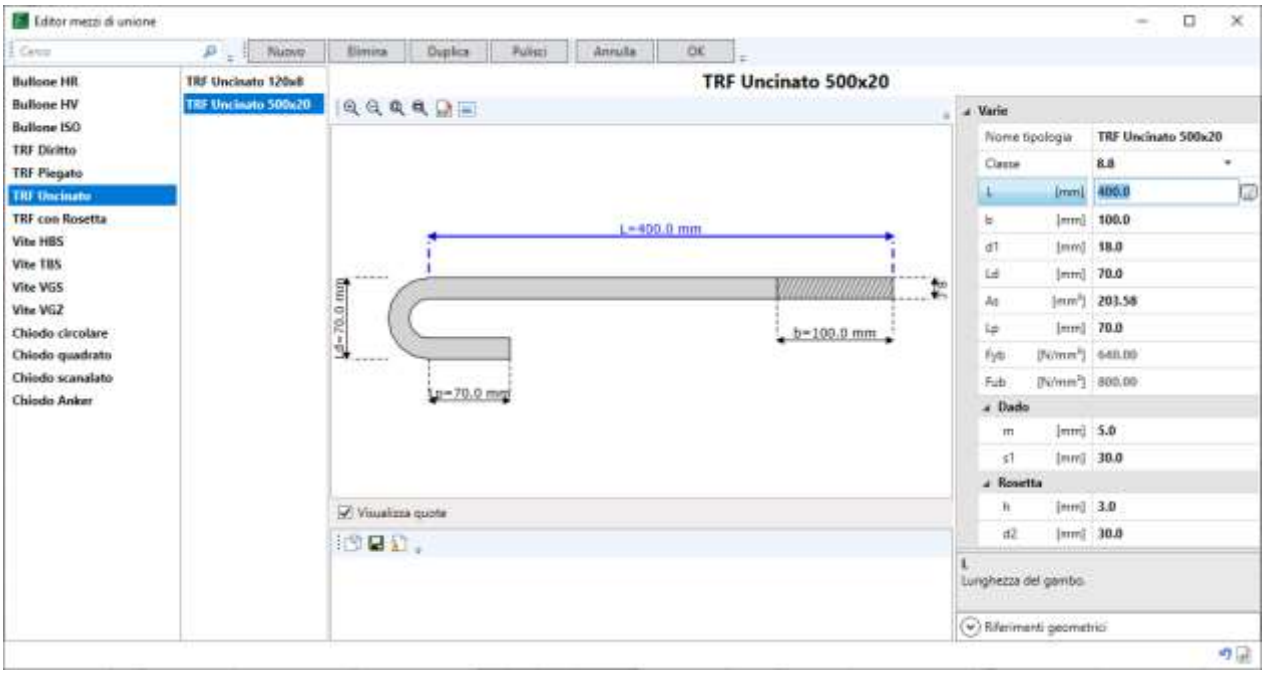


Nel database è presente un vasto elenco di mezzi di unione forniti dai produttori, ai quali è possibile aggiungere ulteriori tra i tipi presenti o modificare, rinominare e cancellare i mezzi di unione esistenti (ad eccezione delle tipologie di sistema che non sono modificabili).

La scelta della tipologia da aggiungere o modificare avviene selezionando il tipo di mezzo di unione dalla prima colonna posta sul lato sinistro della finestra. Dopo aver selezionato il tipo, nella seconda colonna verranno riportati tutti i mezzi di unione presenti. La scelta del mezzo di unione voluto avviene operando la selezione nella seconda colonna appena descritta.

Per aggiungere un nuovo mezzo di unione tra i tipi presenti si procede come segue. A titolo esemplificativo creiamo una nuova tipologia di tirafondo uncinato "TRF Uncinato" di dimensione 500 x 20 mm (dove 500 mm rappresenta la lunghezza del gambo e 20 mm il diametro).

1. Posizionarsi nello schema ad albero in corrispondenza del tipo voluto (ad esempio "TRF Uncinato");
2. Cliccare sul pulsante "Nuovo";
3. Digitare nel campo "Nome tipologia" il nome indicativo del mezzo di unione (ad esempio "TRF Uncinato 500 x 20");
4. Riempire tutti i campi relativi alle dimensioni;
5. Cliccare su "OK" per aggiungere definitivamente il mezzo di unione al database.



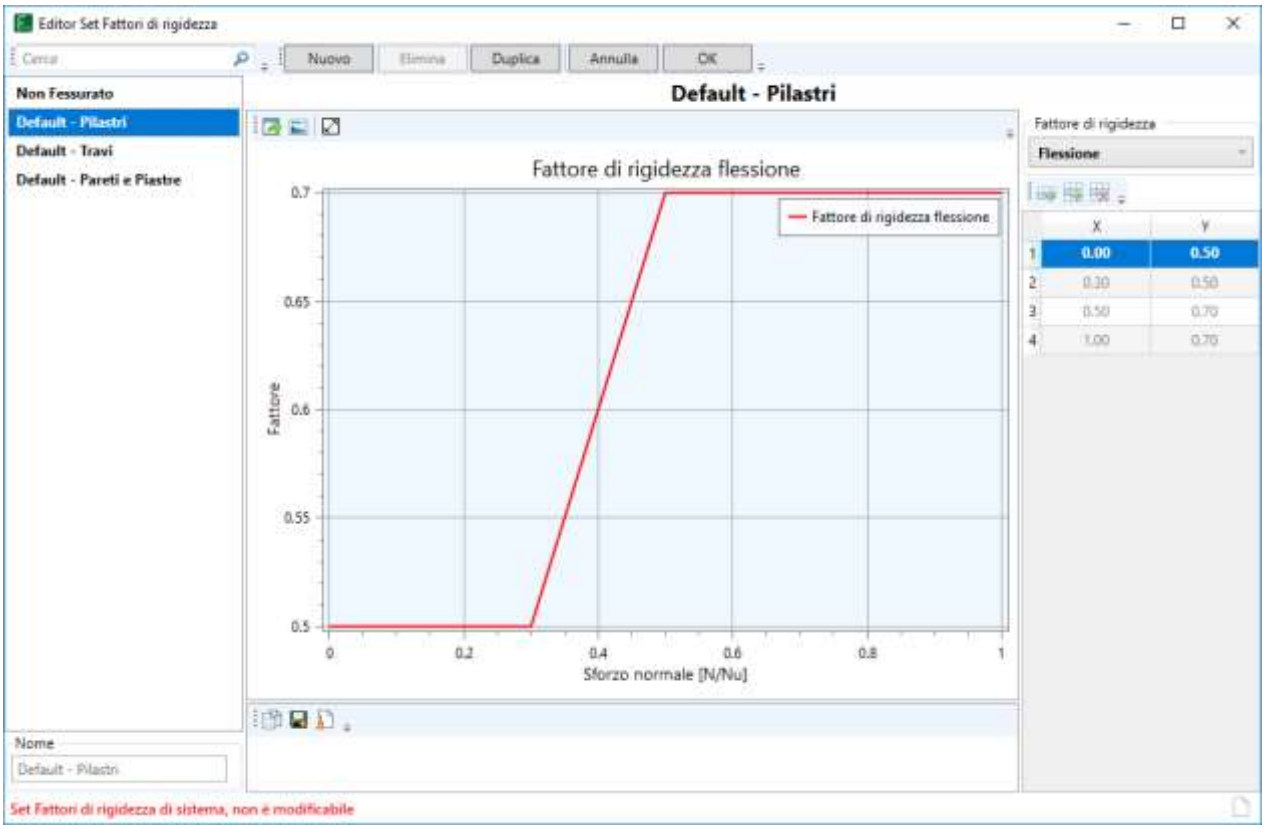
Sulla parte superiore dell'ambiente **"Editor mezzi di unione"** sono presenti i seguenti pulsanti:

- **Nuovo.** Il pulsante "Nuovo" ha la funzione di inserire un nuovo mezzo di unione con le dimensioni di default;
- **Elimina.** Il pulsante "Elimina" ha la funzione di eliminare il mezzo di unione selezionato (ad eccezione dei mezzi di unione di sistema che non sono eliminabili);
- **Duplica.** Il pulsante "Duplica" ha la funzione di duplicare il mezzo di unione selezionato;
- **Pulisci.** Il pulsante "Pulisci" ha la funzione di eliminare tutti i mezzi di unione (ad esclusione dei mezzi di unione di sistema) presenti nella lista;
- **Annulla.** Il pulsante "Annulla" chiude la finestra "Editor mezzi di unione" annullando tutte le modifiche in essa apportate;
- **OK.** Il pulsante "OK" chiude la finestra "Editor mezzi di unione" confermando tutte le modifiche in essa apportate;

3.1.2.20 Editor set Fattori di rigidezza

Editor Set Fattori di rigidezza 

Alla pressione del pulsante **"Editor Set Fattori di rigidezza"** viene visualizzato il seguente ambiente che ci consente di definire nuove tipologie nel database e di personalizzare i parametri delle tipologie presenti.



Sulla parte superiore dell'ambiente **"Editor Set Fattori di rigidezza"** sono presenti i seguenti pulsanti:

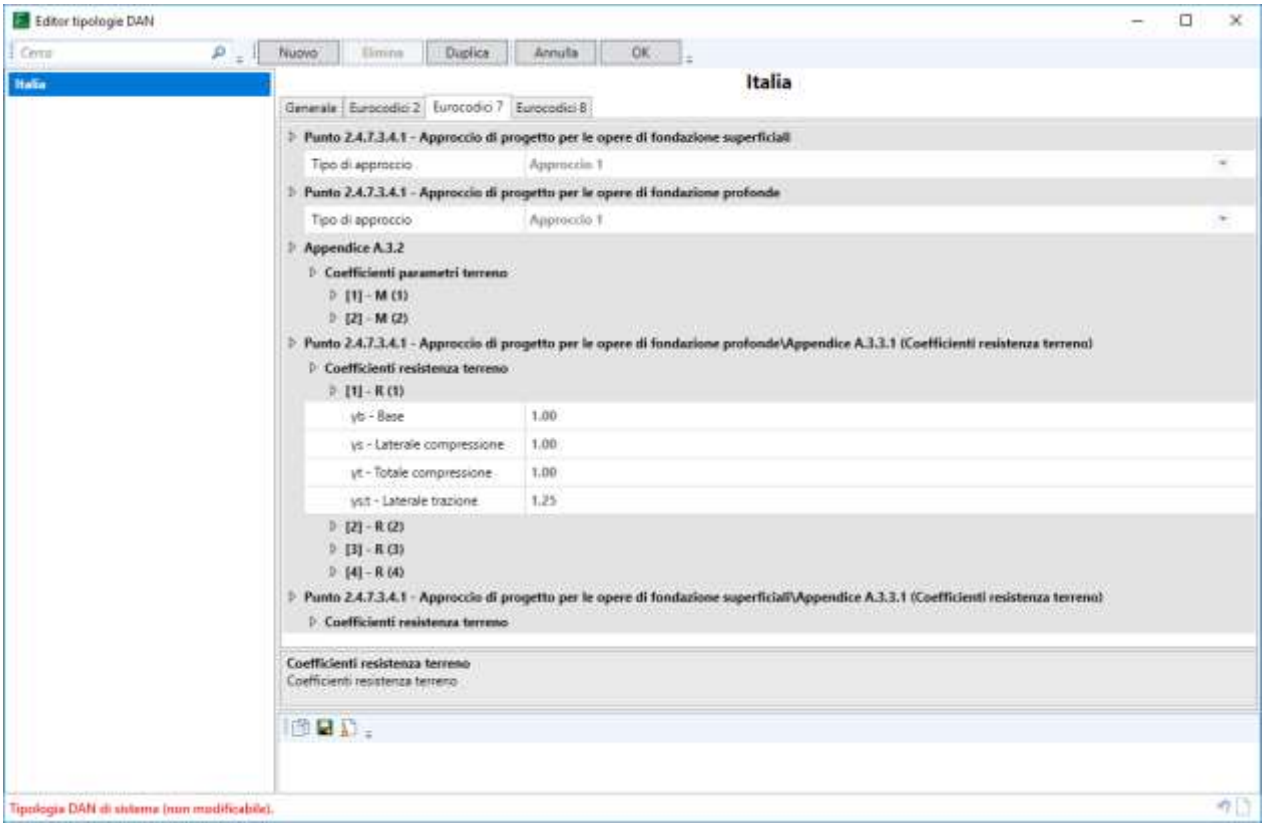
- **Nuovo.** Il pulsante "Nuovo" ha la funzione di imputare una nuova tipologia di fattore di rigidezza nel database;
- **Elimina.** Il pulsante "Elimina" ha la funzione di eliminare dal database la tipologia di fattore di rigidezza selezionata;
- **Duplica.** Il pulsante "Duplica" ha la funzione di duplicare nel database la tipologia di fattore di rigidezza selezionata;
- **Annulla.** Il pulsante "Annulla" chiude la finestra "Editor Set Fattori di rigidezza" annullando tutte le modifiche in essa apportate;
- **OK.** Il pulsante "OK" chiude la finestra "Editor Set Fattori di rigidezza" confermando tutte le modifiche in essa apportate;

Per ogni tipologia di fattore di rigidezza aggiunta è possibile personalizzare i parametri caratterizzanti.

3.1.2.21 Editor Tipologie DAN

Editor Tipologie DAN

Alla pressione del pulsante **"Editor Tipologie DAN"** viene visualizzato il seguente ambiente che consente di aggiungere nuove tipologie nel database delle tipologie DAN.



Sulla parte superiore dell'ambiente **"Editor Tipologie DAN"** sono presenti i seguenti pulsanti:

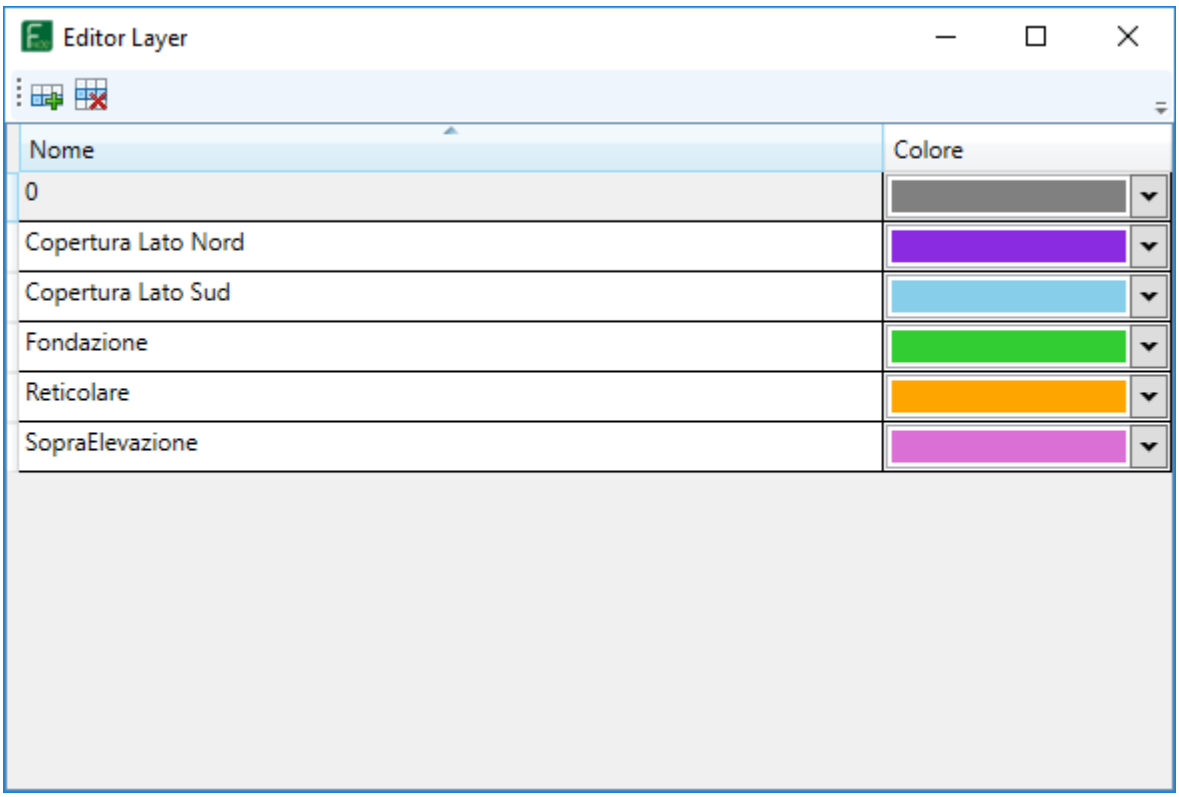
- **Nuovo.** Il pulsante "Nuovo" ha la funzione di imputare una nuova tipologia DAN;
- **Elimina.** Il pulsante "Elimina" ha la funzione di eliminare la tipologia DAN selezionata;
- **Duplica.** Il pulsante "Duplica" ha la funzione di duplicare la tipologia DAN selezionata;
- **Annulla.** Il pulsante "Annulla" chiude la finestra "Editor tipologie DAN" annullando tutte le modifiche in essa apportate;
- **OK.** Il pulsante "OK" chiude la finestra "Editor Tipologie DAN" confermando tutte le modifiche in essa apportate;

Per ogni tipologia DAN aggiunta è possibile personalizzare i parametri caratterizzanti.

3.1.2.22 Editor layer

Editor Layer

Tramite l'ambiente **"Editor Layer"** è possibile definire i layers.



Sulla parte superiore dell'ambiente **"Editor Layer"** sono presenti i seguenti pulsanti:

Aggiungi layer  . Consente di aggiungere un nuovo layer;

Elimina layer  .Consente di eliminare il layer selezionato (ad esclusione del layer 0 che non può essere eliminato);

Per ciascun layer aggiunto è possibile inputare i seguenti parametri:

- **Nome.** Nome da associare;
- **Colore.** Colore da associare.

Per il layer 0 è possibile assegnare solamente il colore.

3.1.3 Tipologie elementi

E' il menu che consente di gestire le tipologie di elementi.



Il menu contiene i seguenti pulsanti:

Tipologie Sezioni 

Avvia l'ambiente per la definizione delle tipologie delle sezioni.

Tipologie Solai 

Avvia l'ambiente per la definizione delle tipologie dei solai.

Tipologie Tamponamenti

Avvia l'ambiente per la definizione delle tipologie dei tamponamenti.

Tipologie piastre

Avvia l'ambiente per la definizione delle tipologie delle piastre.

Tipologie Dispositivi Antisismici

Avvia l'ambiente per la definizione delle tipologie dei dispositivi antisismici.

Elementi Link

Avvia l'ambiente per la definizione delle tipologie degli elementi finiti di tipo Link.

Tipologie Plinti

Avvia l'ambiente per la definizione delle tipologie dei plinti e dei pali di fondazione.

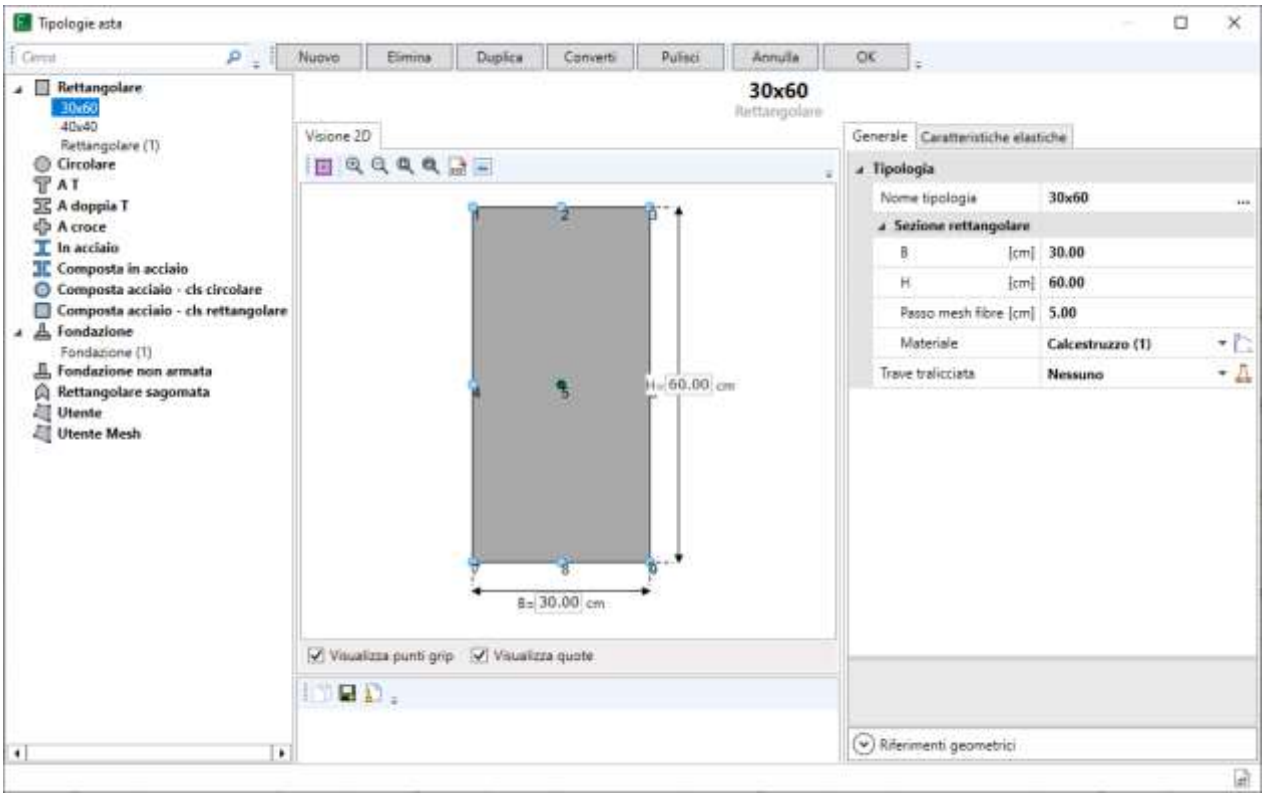
Tipologie Mezzi di unione

Avvia l'ambiente per la definizione delle tipologie dei mezzi di unione.

3.1.3.1 Sezioni

Tipologie Sezioni

Consente di accedere all'ambiente **"Tipologie Asta"** in cui potranno essere definire le caratteristiche delle sezioni delle varie aste che verranno imputate nel modello strutturale.

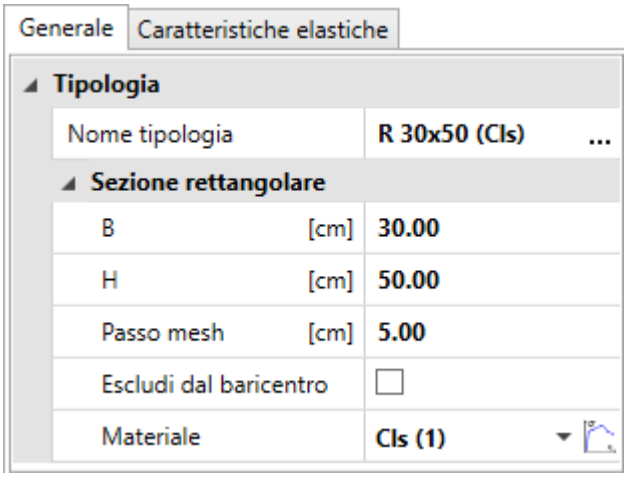


Sulla parte superiore dell'ambiente **"Tipologie asta"** sono presenti i seguenti pulsanti:

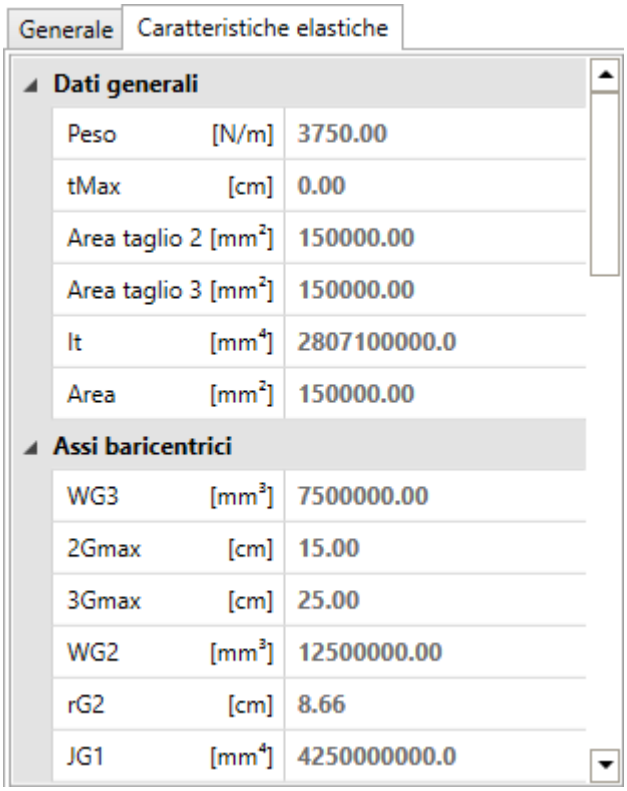
- **Nuovo.** Il pulsante "Nuovo" ha la funzione di aggiungere alla lista una nuova sezione;

- **Elimina.** Il pulsante "Elimina" ha la funzione di eliminare dalla lista la sezione selezionata;
- **Pulisci.** Il pulsante "Pulisci" ha la funzione di eliminare dalla lista tutte le sezioni non utilizzate nel progetto attuale;
- **Duplica.** Il pulsante "Duplica" ha la funzione di duplicare la sezione selezionata;
- **Converti.** Il pulsante "Converti" ha la funzione di convertire la sezione selezionata in un'altra;
- **Annulla** Il pulsante "Annulla" chiude la finestra annullando tutte le modifiche in essa apportate;
- **OK.** Il pulsante "OK" chiude la finestra confermando tutte le modifiche in essa apportate.

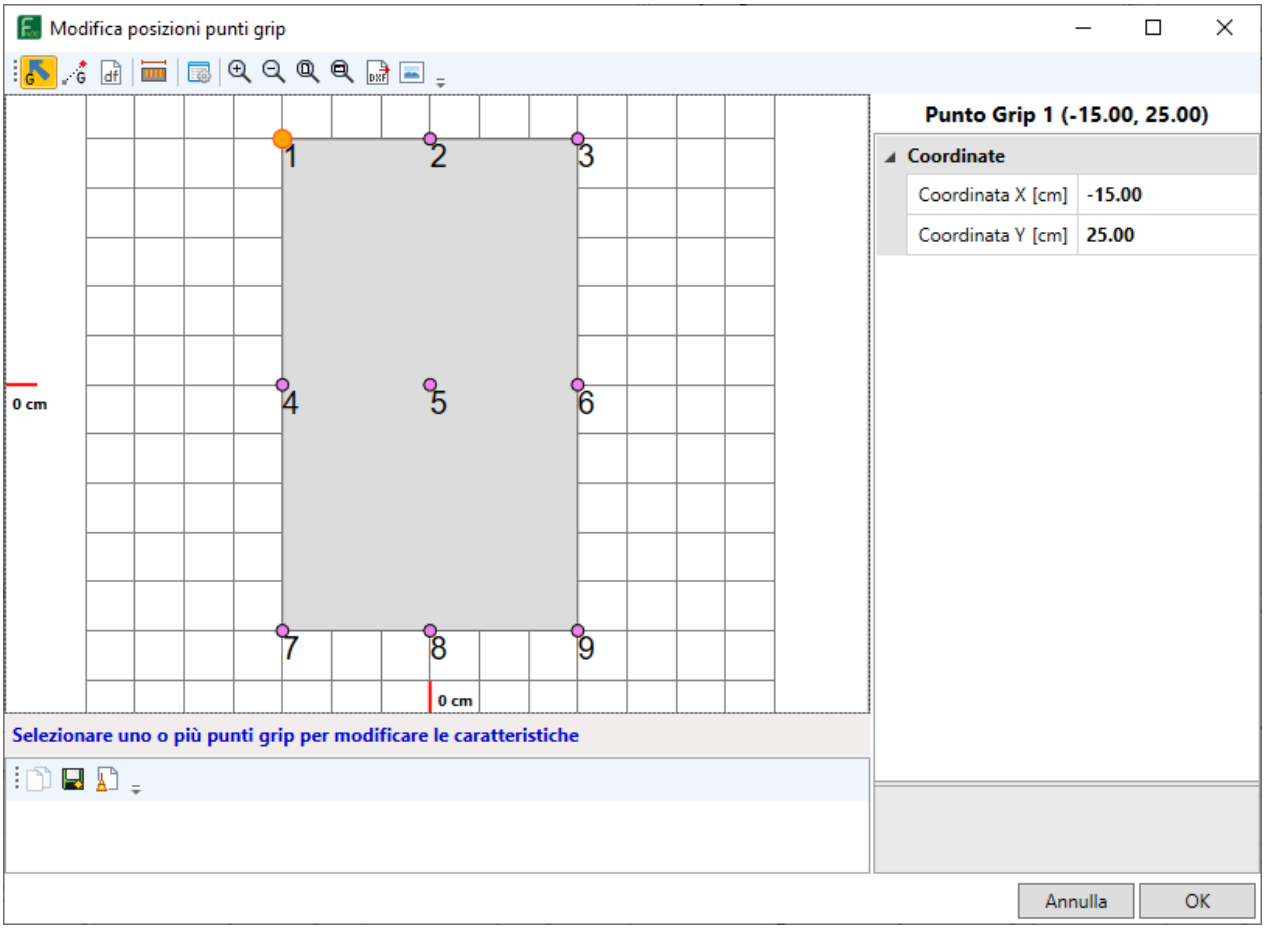
Per ogni tipologia di sezione aggiunta è possibile personalizzare i parametri caratterizzanti:



E' possibile, inoltre, visualizzare le caratteristiche elastiche della sezione aggiunta:



Sempre all'interno di questo ambiente, per ogni tipologia di sezione, è possibile modificare la posizione dei punti grip sulla sezione in esame. Per accedre all'ambiente "Modifica posizioni punti grip" è necessario cliccare sul pulsante  . Contestualmente si apre la seguente finestra:

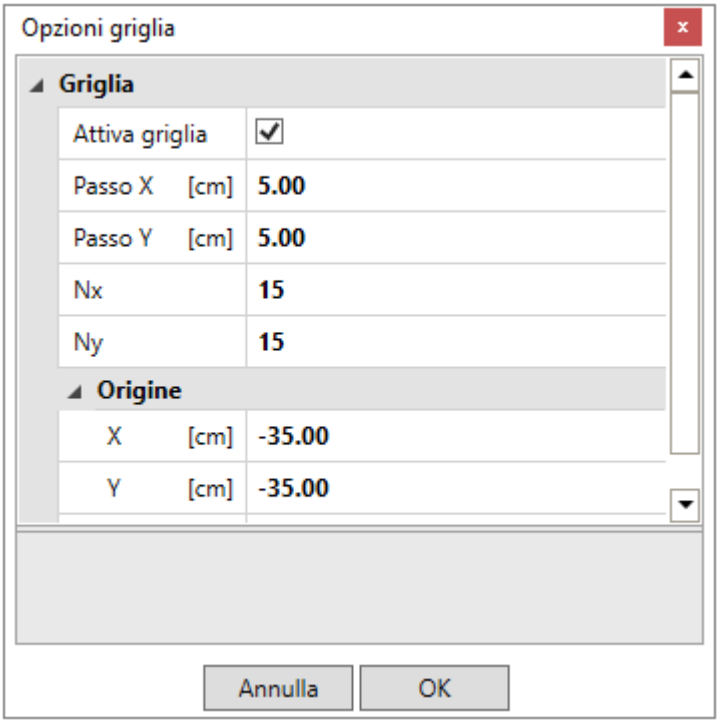


Sulla parte superiore sono presenti i seguenti pulsanti:

- **Selezione punti grip.** Consente di selezionare uno o più punti grip per modificarne le coordinate;

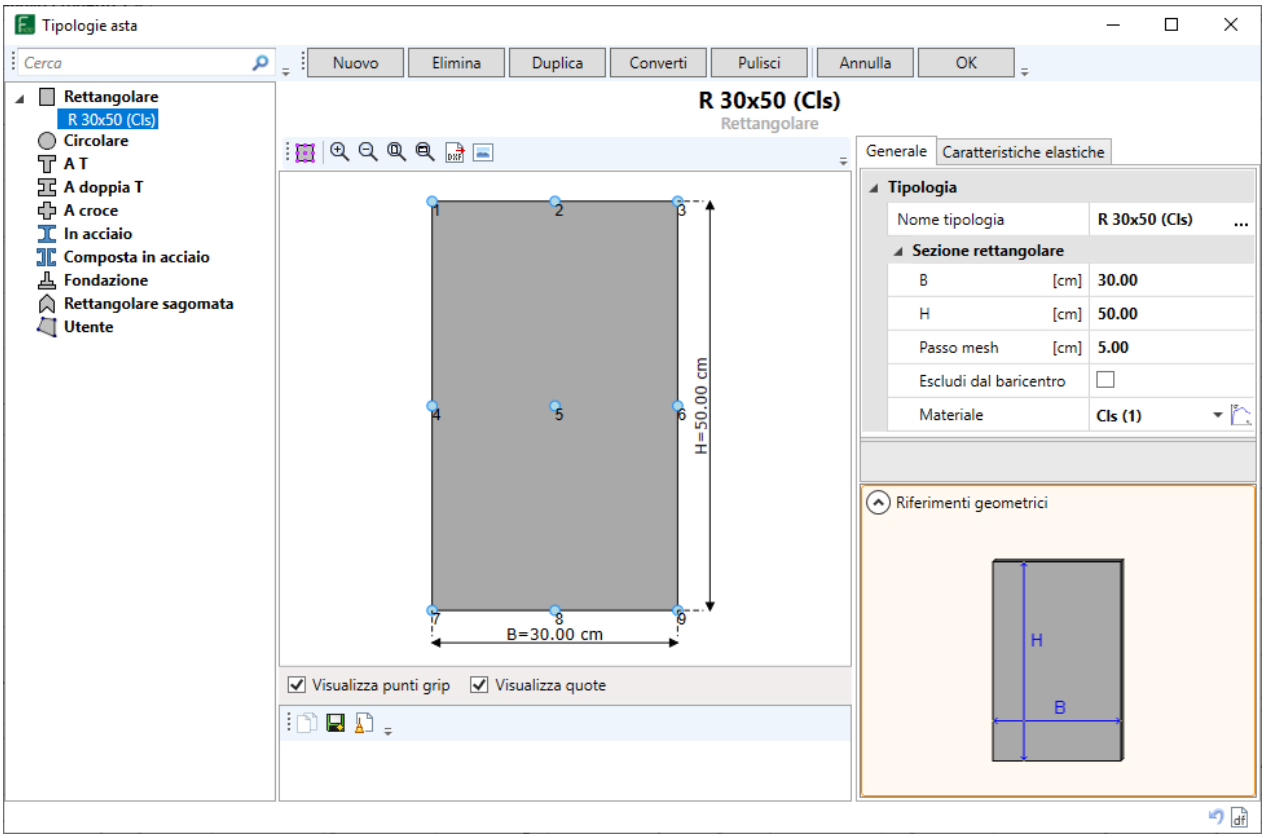


- **Sposta punti grip.** Cliccare su un punto grip per spostarlo su un punto attivo lungo la poligonale;
- **Rigenera punti grip di default.** Consente di riposizionare i punti grip al default;
- **Calcola la distanza tra due punti.** Cliccare su due punti per misurare la distanza;
- **Opzioni griglia.** Consente di modificare le proprietà della griglia di sfondo:



Sezione rettangolare

Interfaccia per la definizione di sezioni rettangolari o quadrate. Le sezioni rettangolari o quadrate possono essere assegnate ad elementi travi di elevazione, travi di accoppiamento o pilastri.



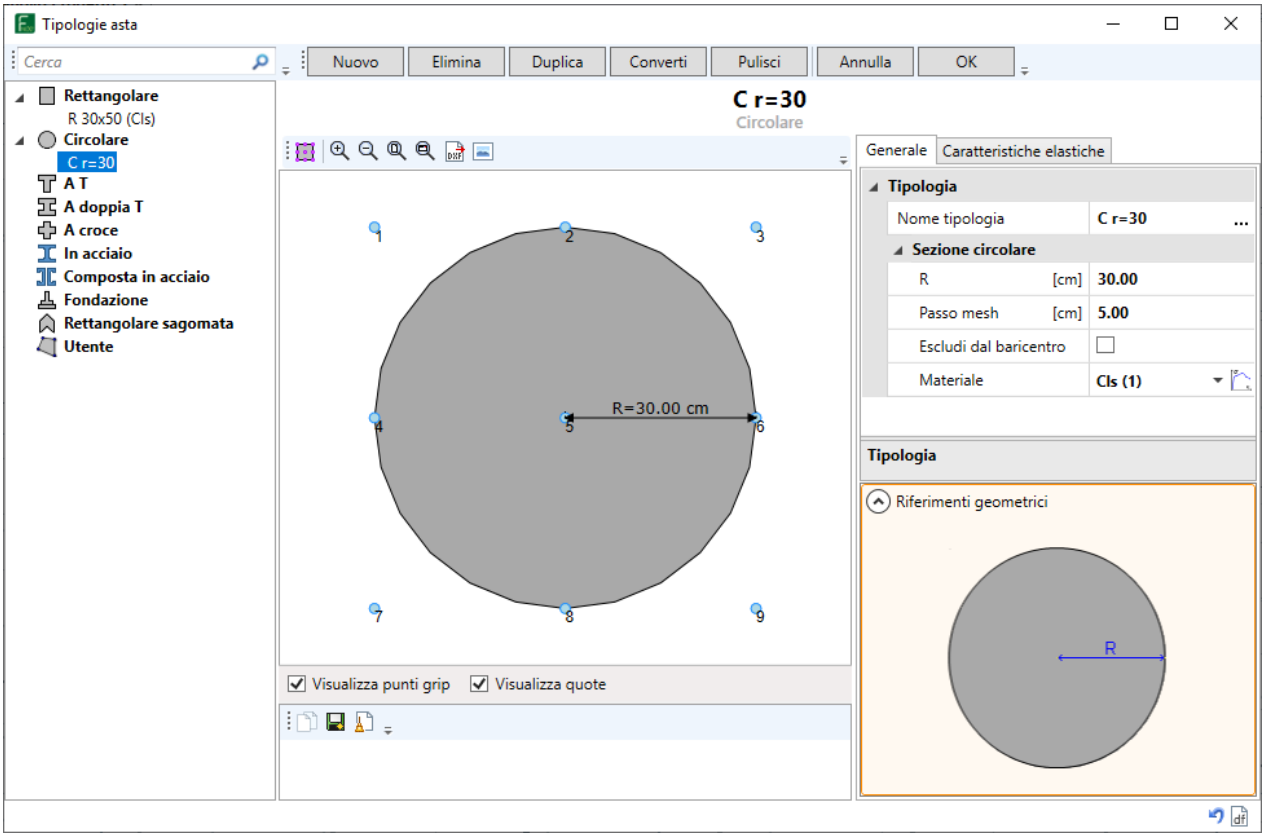
Per ciascuna tipologia di sezione sono presenti i seguenti campi:

- **Nome tipologia**. Nome da assegnare alla tipologia della sezione;

  - **Suggerimento nome** . Consente di attribuire il nome alla sezione del tipo "R Base x Altezza";
- **B**. Base della sezione;
- **H**. Altezza della sezione;
- **Passo mesh**. Passo mesh della sezione;
- **Escludi dal baricentro**. Esclude la sezione dal calcolo del baricentro (Per esempio nel caso dei consolidamenti);
- **Materiale**. Materiale della sezione;
  - **Apri Editor** . Permette di andare all' editor delle tipologie materiali;

Sezione Circolare

Interfaccia per la definizione di sezioni circolari. Le sezioni circolari possono essere assegnate ad elementi pilastri.



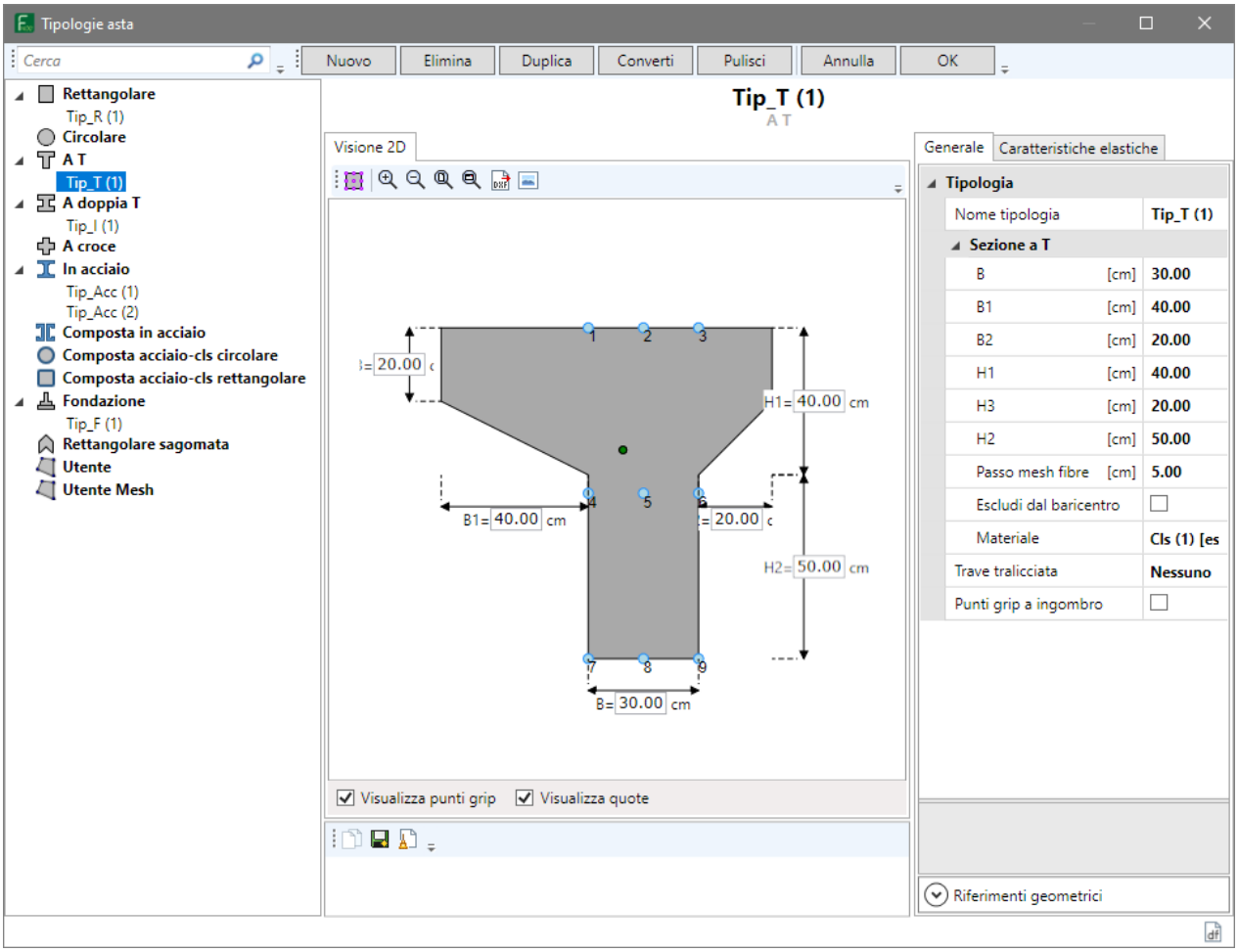
Per ciascuna tipologia di sezione sono presenti i seguenti campi:

- **Nome tipologia**. Nome da assegnare alla tipologia della sezione;
  - **Suggerimento nome** . Consente di attribuire il nome alla sezione del tipo "C r = Raggio";
- **R**. Raggio della sezione;
- **Passo mesh**. Passo mesh della sezione;
- **Escludi dal baricentro**. Esclude la sezione dal calcolo del baricentro (Per esempio nel caso dei consolidamenti);
- **Materiale**. Materiale della sezione;
  - **Apri Editor** . Permette di andare all' editor delle tipologie materiali.

Sezione a T

Interfaccia per la definizione di sezioni a T o di sezioni a L. Le sezioni a T o a L possono essere assegnate

ad elementi travi di elevazione o pilastri.



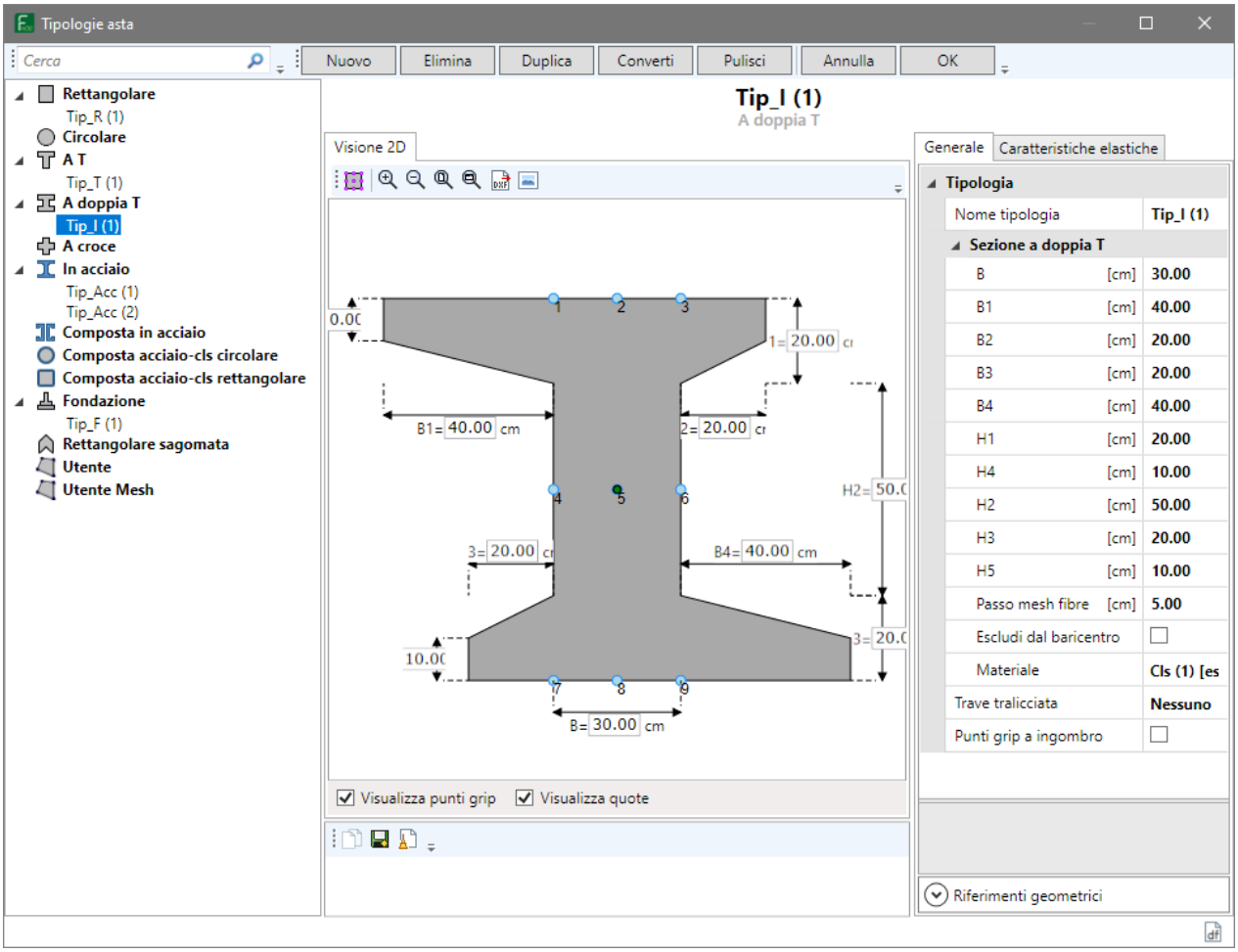
Per ciascuna tipologia di sezione sono presenti i seguenti campi:

- **Nome tipologia**. Nome da assegnare alla tipologia della sezione;
  - **Suggerimento nome** ... . Consente di attribuire il nome alla sezione del tipo "T B1+B+B2 x H1+H2";
- **B**. Larghezza dell'anima;
- **B1**. Larghezza ala sinistra. Assegnando valore '0' se sezione a T viene trasformata in sezione a L (se B2 = 0 allora l'assegnazione non viene accettata);
- **B2**. Larghezza ala destra. Assegnando valore '0' se sezione a T viene trasformata in sezione a L (se B1 = 0 allora l'assegnazione non viene accettata);
- **H1**. Altezza interna delle ali;
- **H2**. Altezza dell'anima (escluse le ali);
- **H3**. Altezza esterna delle ali (per ali a sezione variabile);
- **Passo mesh**. Passo mesh della sezione;
- **Escludi dal baricentro**. Esclude la sezione dal calcolo del baricentro (Per esempio nel caso dei consolidamenti);
- **Materiale**. Materiale della sezione;
  - **Apri Editor** . Permette di andare all' editor delle tipologie materiali;
- **Punti grip a ingombro**. Peremette di attribuire i punti del grip all'ingombro massimo della sezione.

Sezione a doppia T

Interfaccia per la definizione di sezioni a doppia T o per sezioni che si possono ottenere dalla doppia T. Esse

possono essere assegnate ad elementi travi di elevazione o pilastri.



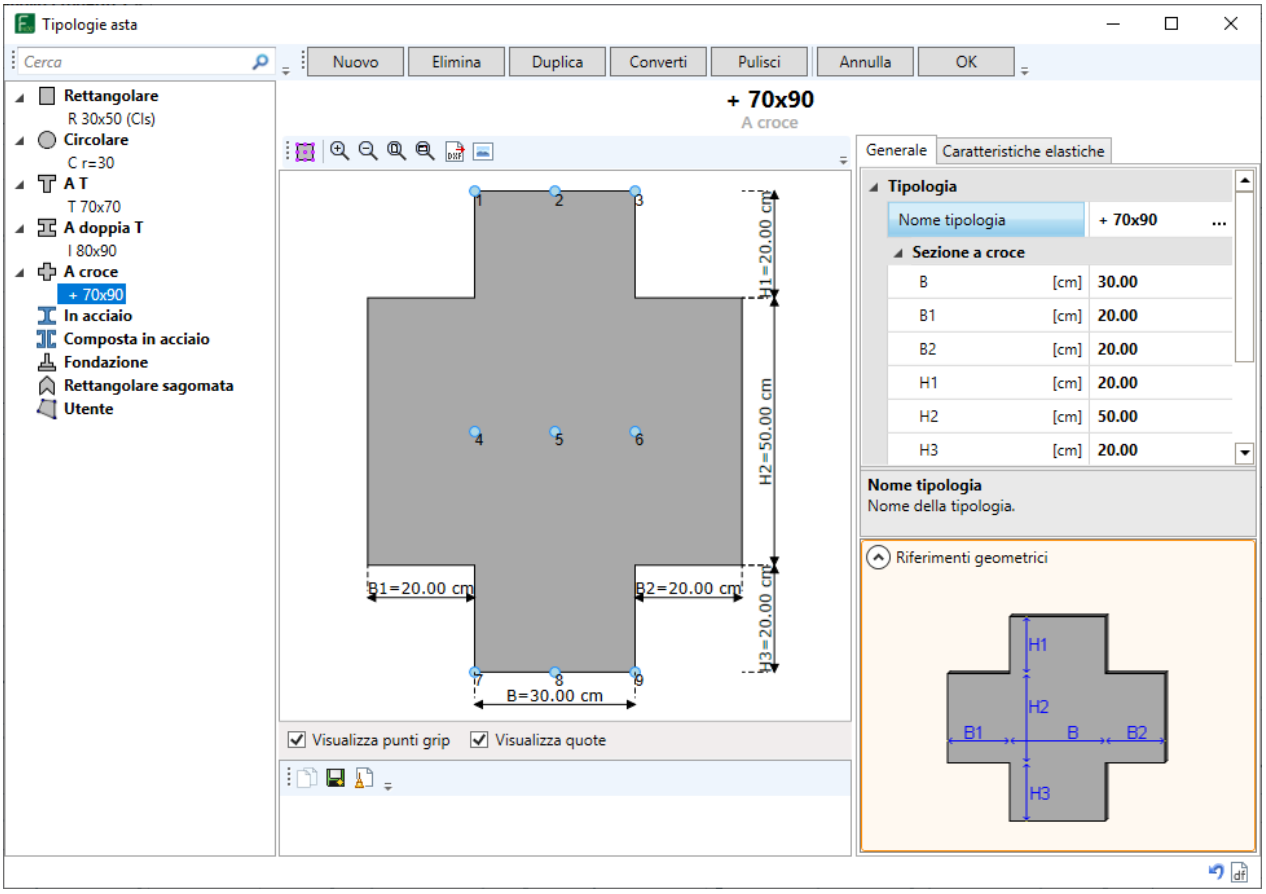
Per ciascuna tipologia di sezione sono presenti i seguenti campi:

- **Nome tipologia**. Nome da assegnare alla tipologia della sezione;
  - **Suggerimento nome**  . Consente di attribuire il nome alla sezione del tipo "I B1+B+B2 x H1+H2+H3";
- **B**. Larghezza dell'anima;
- **B1**. Larghezza ala superiore sinistra;
- **B2**. Larghezza ala superiore destra;
- **B3**. Larghezza ala inferiore sinistra;
- **B4**. Larghezza ala inferiore destra;
- **H1**. Altezza interna ali superiori;
- **H2**. Altezza dell'anima (escluse le ali);
- **H3**. Altezza interna ali inferiori;
- **H4**. Altezza esterna ali superiori (per ali a sezione variabile);
- **H5**. Altezza esterna ali inferiori (per ali a sezione variabile);
- **Passo mesh**. Passo mesh della sezione;
- **Materiale**. Materiale della sezione;
  - **Apri Editor**  . Permette di andare all' editor delle tipologie materiali;
- **Punti grip a ingombro**. Peremette di attribuire i punti del grip all'ingombro massimo della sezione.

Sezione a croce

Interfaccia per la definizione di sezioni a croce o per sezioni che si possono ottenere dalla forma a croce.

Esse possono essere assegnate ad elementi travi di elevazione o pilastri.

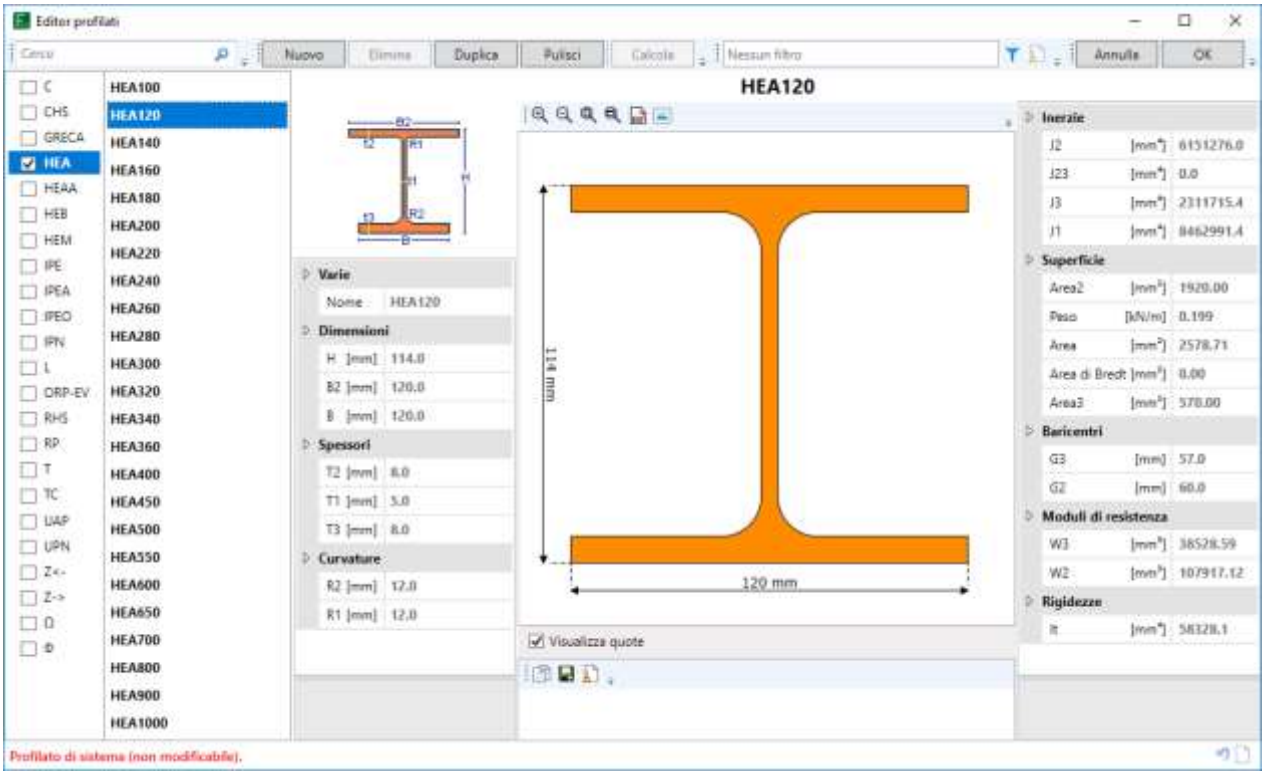


Per ciascuna tipologia di sezione sono presenti i seguenti campi:

- **Nome tipologia**. Nome da assegnare alla tipologia della sezione;
  - **Suggerimento nome** ... . Consente di attribuire il nome alla sezione del tipo "+ B1+B+B2 x H1+H2+H3";
- **B**. Larghezza dell'anima;
- **B1**. Larghezza ala sinistra;
- **B2**. Larghezza ala destra;
- **H1**. Altezza parte superiore dell'anima (escluse ali e parte inferiore);
- **H2**. Altezza ali;
- **H3**. Altezza parte inferiore dell'anima (escluse ali e parte superiore);
- **Passo mesh**. Passo mesh della sezione;
- **Materiale**. Materiale della sezione;
  - **Apri Editor** . Permette di andare all' editor delle tipologie materiali;
- **Punti grip a ingombro**. Peremette di attribuire i punti del grip all'ingombro massimo della sezione.

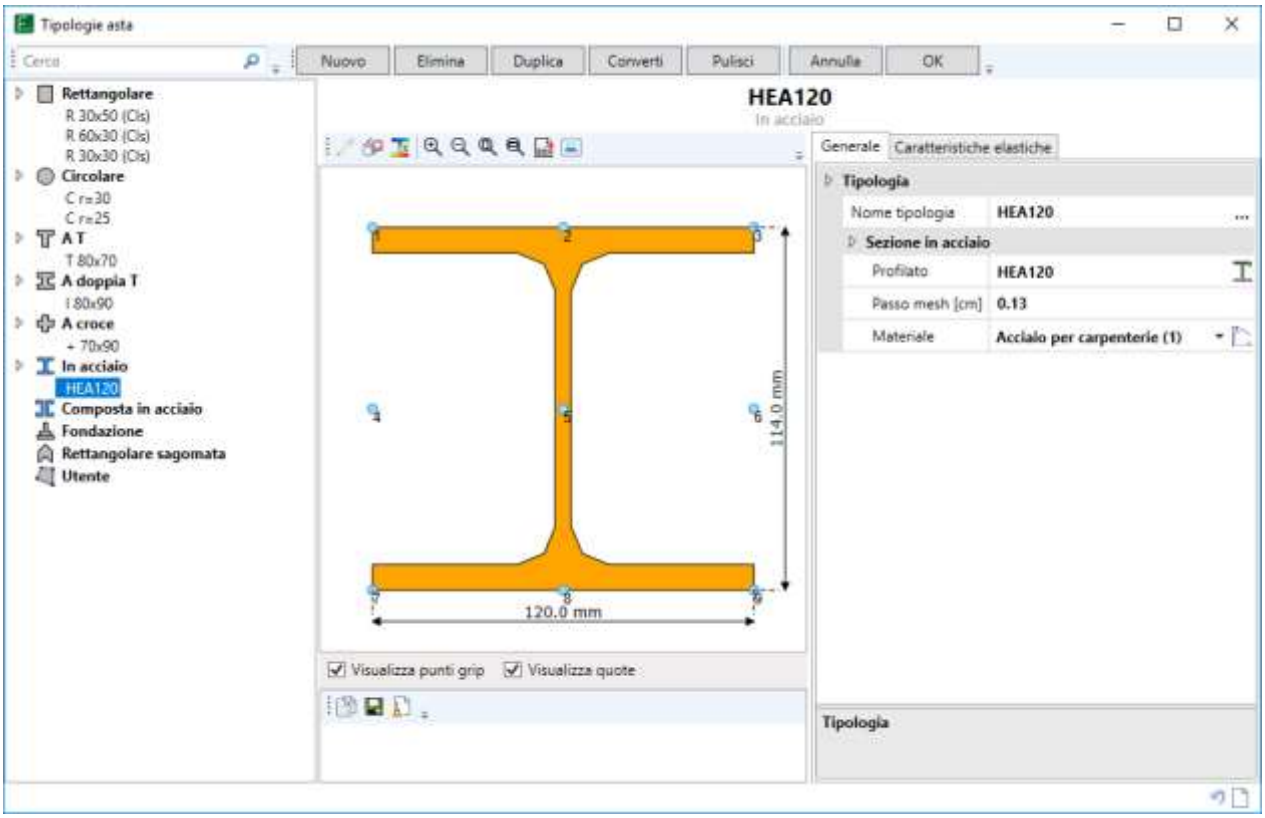
Sezione in acciaio

Scegliendo la sezione "In acciaio" si apre la finestra relativa all' "Editor profilati":



La scelta dell'inseriemento delle sezioni in acciaio avviene scegliendo l'apposito campo dalla lista "tipologia asta". Il profilato può essere facilmente selezionato dallo schema ad albero similmente a quanto descritto nella sezione relativa all' "Editor profilati". Si rimanda alla stessa sezione per la lista dei profilati presenti e per la gestione degli stessi.

Scelta la sezione del profilato si apre la seguente finestra:

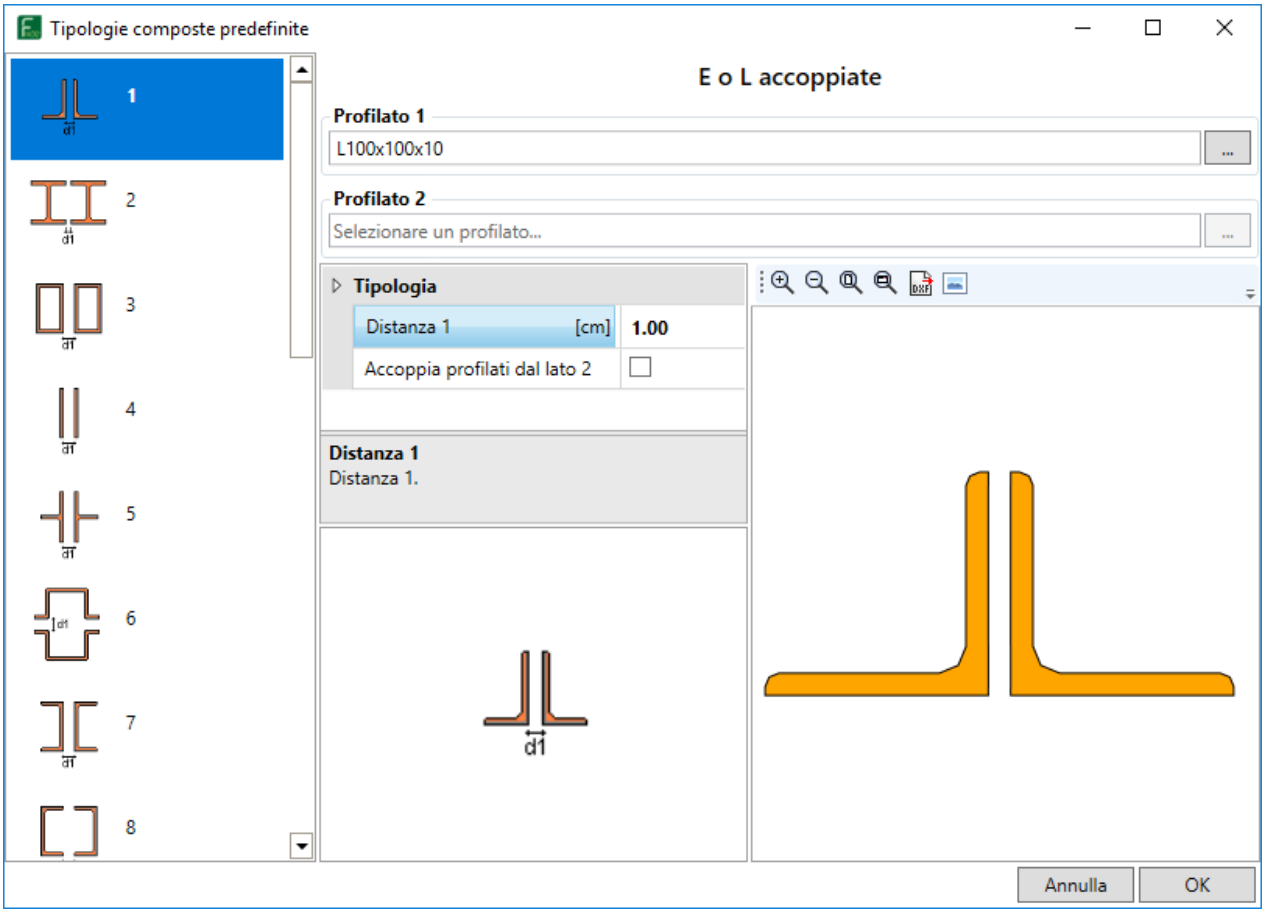


Per ciascuna tipologia di sezione sono presenti i seguenti campi:

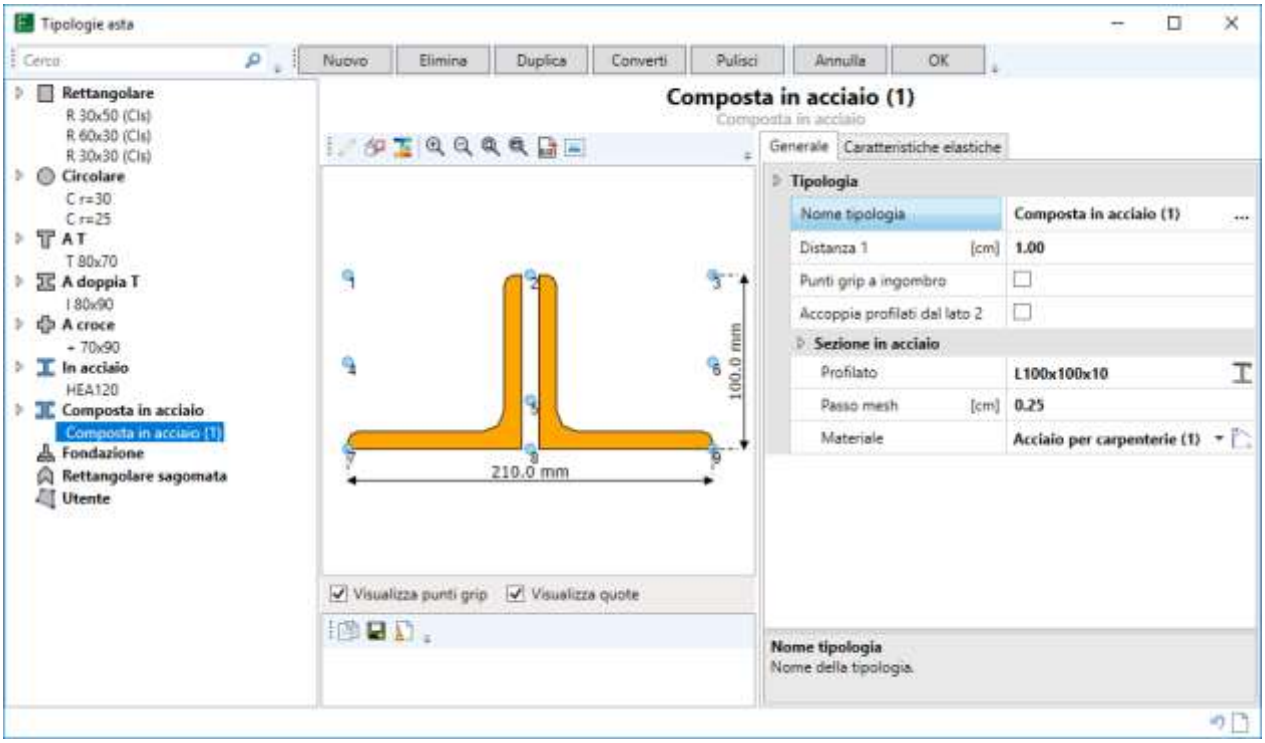
- **Nome tipologia**. Nome da assegnare alla tipologia della sezione;
  - **Suggerimento nome** ...;
- **Profilato**. Tipologia di profilato scelto nell' apposito editor;
  - **Apri Editor** . Permette di andare all'editor delle tipologie dei profilati;
- **Passo mesh**. Passo mesh della sezione;
- **Materiale**. Materiale della sezione;
  - **Apri Editor** . Permette di andare all'editor delle tipologie materiali;

Sezione composta in acciaio

Scegliendo la sezione "Composta in acciaio" si apre la finestra relativa all'editor "Tipologia composte predefinite":



Definito il tipo di sezione composta e la tipologia di profilato si apre la seguente finestra:

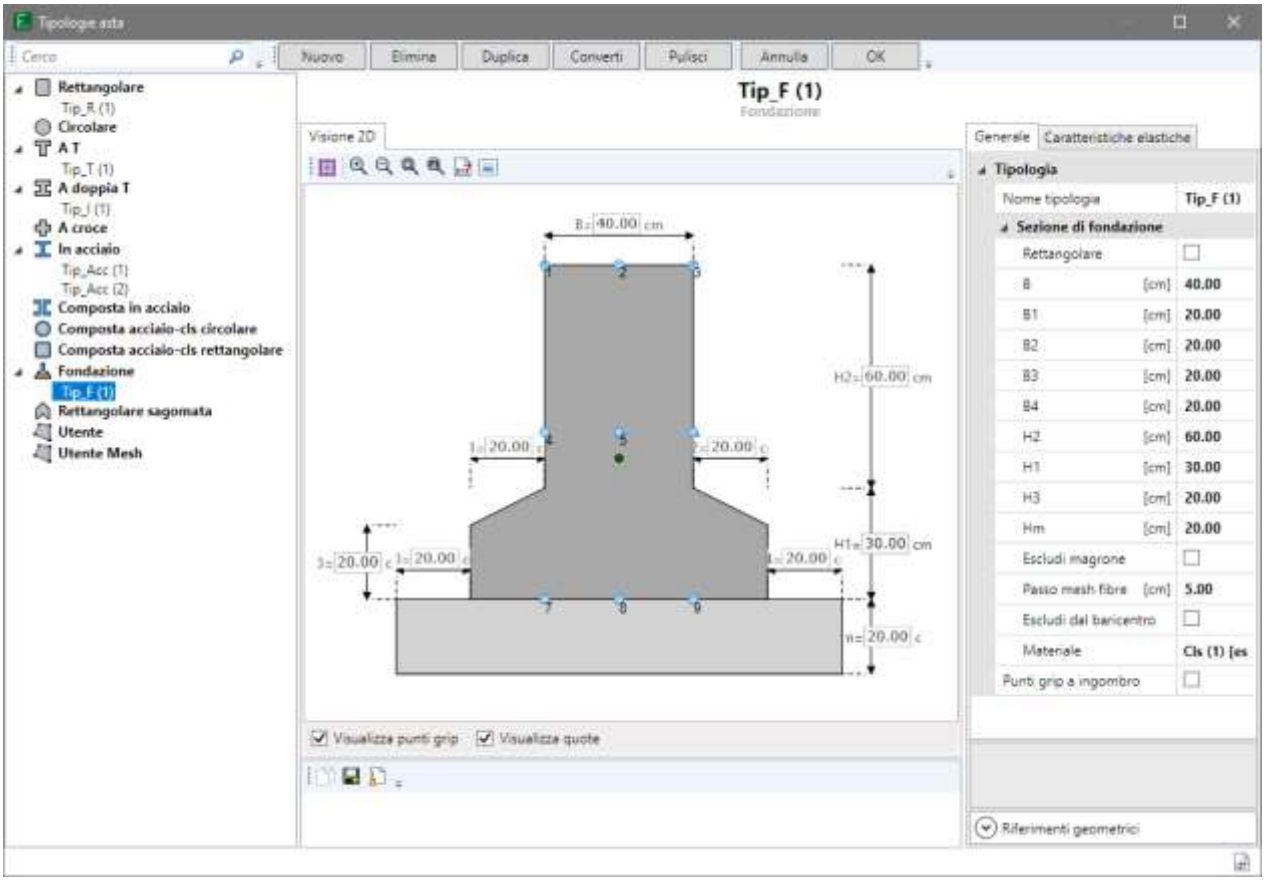


Per ciascuna tipologia di sezione sono presenti i seguenti campi:

- **Nome tipologia**. Nome da assegnare alla tipologia della sezione;
  - **Suggerimento nome** ...;
- **Distanza**. Distanza tra i due profilati;
- **Punti grip a ingombro**. Peremette di attribuire i punti del grip all'ingombro massimo della sezione;
- **Profilato**. Tipologia di profilato scelto nell' apposito editor;
  - **Apri Editor**. Permette di andare all'editor delle tipologie dei profilati;
- **Passo mesh**. Passo mesh della sezione;
- **Materiale**. Materiale della sezione;
  - **Apri Editor**. Permette di andare all'editor delle tipologie materiali.

Sezione di Fondazione

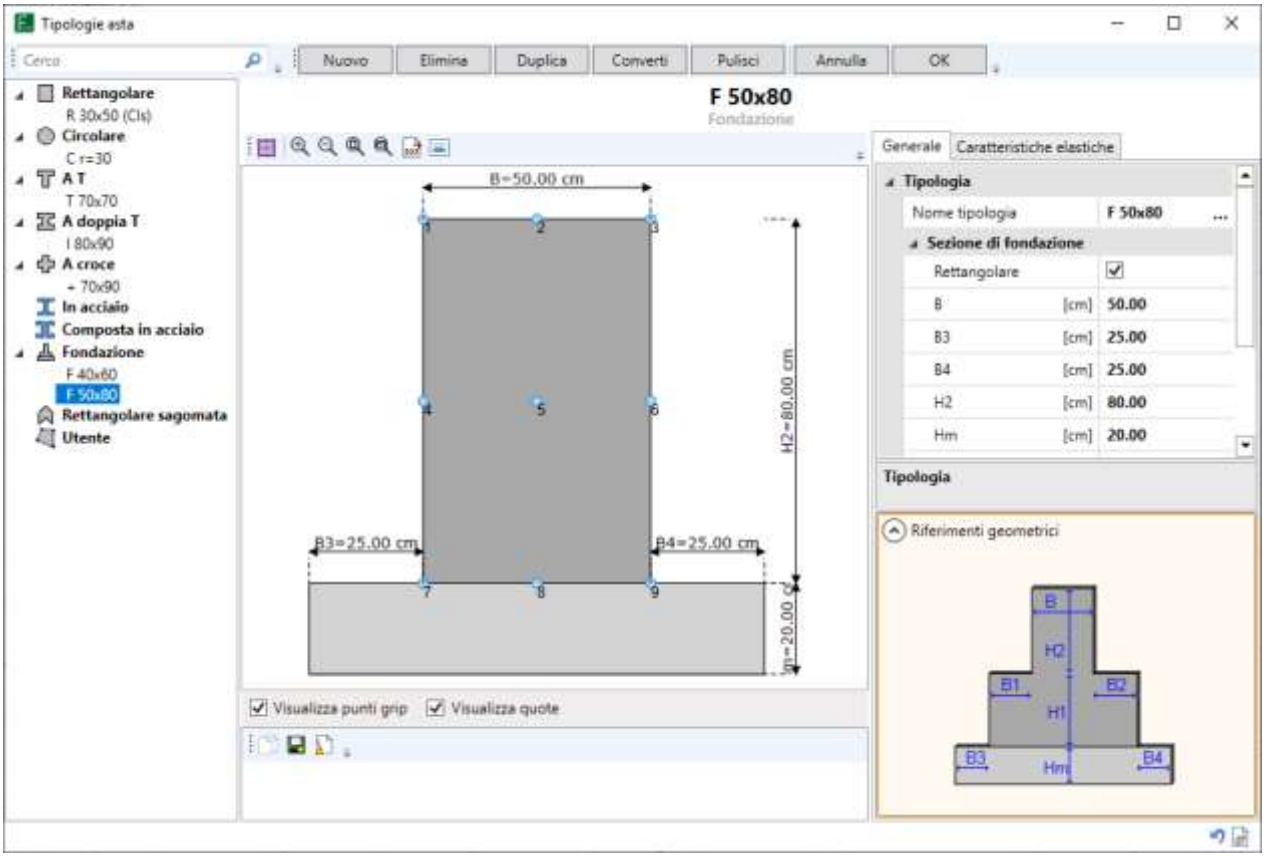
Interfaccia per la definizione di sezioni di fondazione a forma di T rovescia o rettangolare.



Per ciascuna tipologia di sezione sono presenti i seguenti campi:

- **Nome tipologia**. Nome da assegnare alla tipologia della sezione;
  - **Suggerimento nome** ... . Consente di attribuire il nome alla sezione del tipo "F B1+B+B2 x H1+H2";
- **Rettangolare**. Se selezionato imposta automaticamente la forma Rettangolare per la sezione di fondazione;
- **B**. Spessore dell'anima della trave a T rovescia;
- **B1**. Larghezza dell'ala sinistra della sezione;
- **B2**. Larghezza dell'ala destra della sezione;
- **B3**. Risega sinistra del magrone di sottofondazione;
- **B4**. Risega destra del magrone di sottofondazione;
- **H2**. Altezza dell'anima (esclusa quella delle ali);
- **H1**. Altezza interna delle ali della sezione;
- **H3**. Altezza esterna delle ali della sezione (per sezioni ad ali variabili);
- **Hm**. Altezza del magrone di sottofondazione;
- **Passo mesh**. Passo di discretizzazione della sezione nel caso di analisi non lineare;
- **Materiale**. Materiale da assegnare alla sezione;
  - **Apri Editor** . Permette di andare all' editor delle tipologie materiali;
- **Punti grip a ingombro**. Peremette di attribuire i punti del grip all'ingombro massimo della sezione.

Nel caso in cui si sceglie la sezione rettangolare si ha:

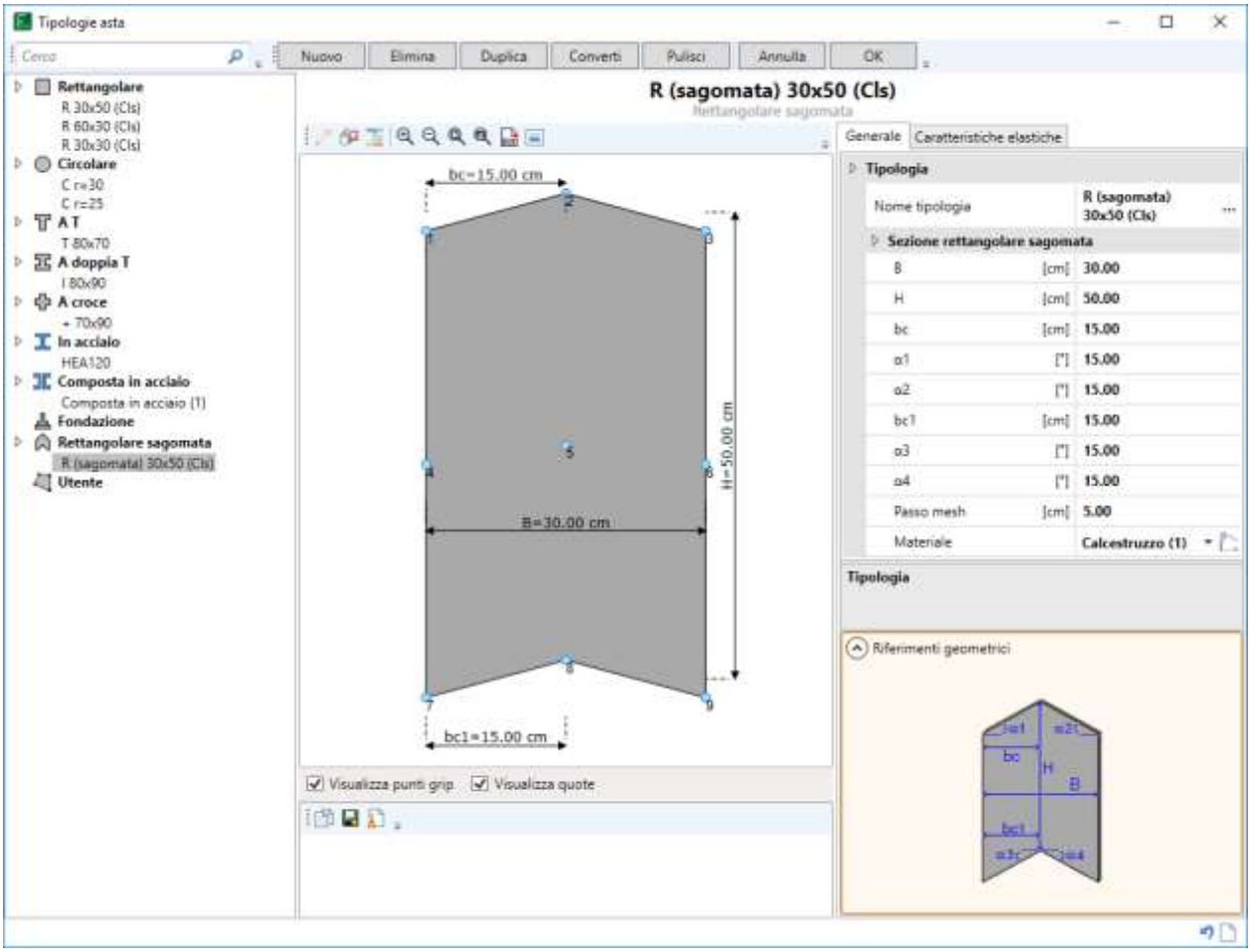


Per ciascuna tipologia di sezione sono presenti i seguenti campi:

- **Nome tipologia**. Nome da assegnare alla tipologia della sezione;
  - **Suggerimento nome** ... . Consente di attribuire il nome alla sezione del tipo "F B1+B+B2 x H1+H2";
- **Rettangolare**. Se selezionato imposta automaticamente la forma Rettangolare per la sezione di fondazione;
- **B**. Base della sezione;
- **B3**. Risega sinistra del magrone di sottofondazione;
- **B4**. Risega destra del magrone di sottofondazione;
- **H2**. Altezza della sezione;
- **Hm**. Altezza del magrone di sottofondazione;
- **Passo mesh**. Passo di discretizzazione della sezione nel caso di analisi non lineare;
- **Materiale**. Materiale da assegnare alla sezione;
  - **Apri Editor** . Permette di andare all' editor delle tipologie materiali;
- **Punti grip a ingombro**. Peremette di attribuire i punti del grip all'ingombro massimo della sezione.

Sezione rettangolare sagomata

Interfaccia per la definizione di sezioni che si possono ottenere a partire dalla forma rettangolare. Esse possono essere assegnate ad elementi travi di elevazione o pilastri.



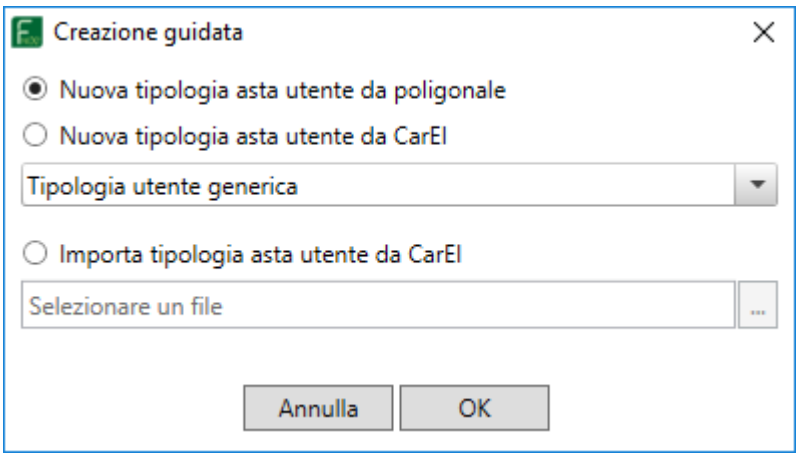
Per ciascuna tipologia di sezione sono presenti i seguenti campi:

- **Nome tipologia**. Nome da assegnare alla tipologia della sezione;
  - **Suggerimento nome** ... . Consente di attribuire il nome alla sezione del tipo "R (sagomata) Base x Altezza";
- **B**. Base della sezione;
- **H**. Altezza della sezione;
- **bc, b, α1, α2, bc1, α3, α4**. Parametri geometrici utili a sagomare la sezione come riportato in figura;
- **Passo mesh**. Passo mesh della sezione;
- **Materiale**. Materiale della sezione;
  - **Apri Editor** . Permette di andare all' editor delle tipologie materiali.

Sezione Utente

Il tipo "sezione utente" può essere utilizzato per modellare, usando elementi finiti di tipo beam, elementi particolari presenti nel modello strutturale.

Scegliendo la sezione "Utente" si apre la finestra per la creazione guidata di una nuova sezione utente.

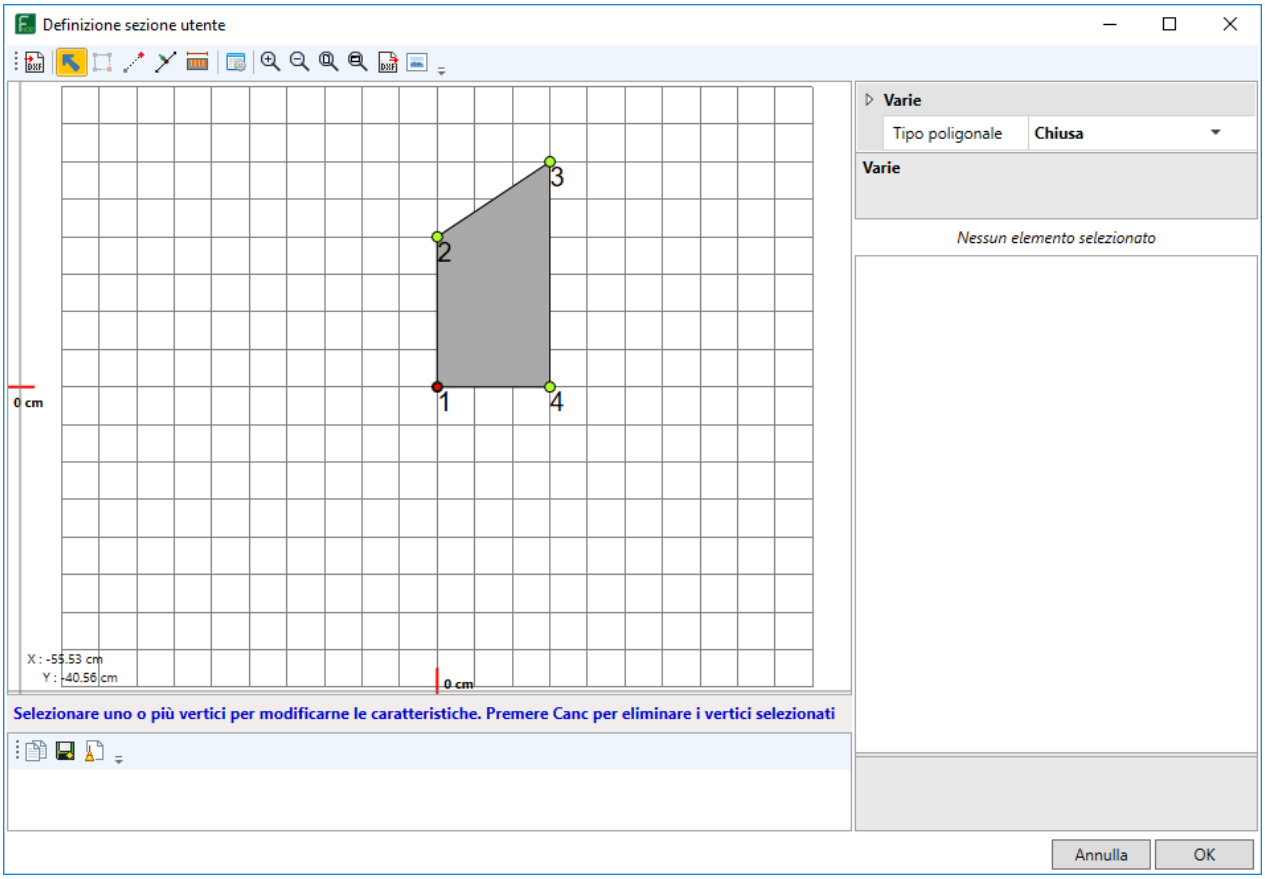


- **Nuova tipologia asta utente da poligonale**. Consente di creare una nuova tipologia asta utente a partire da una poligonale;
- **Nuova tipologia asta utente da CarEl**. Consente di creare una nuova tipologia asta utente tramite il software "CarEl";



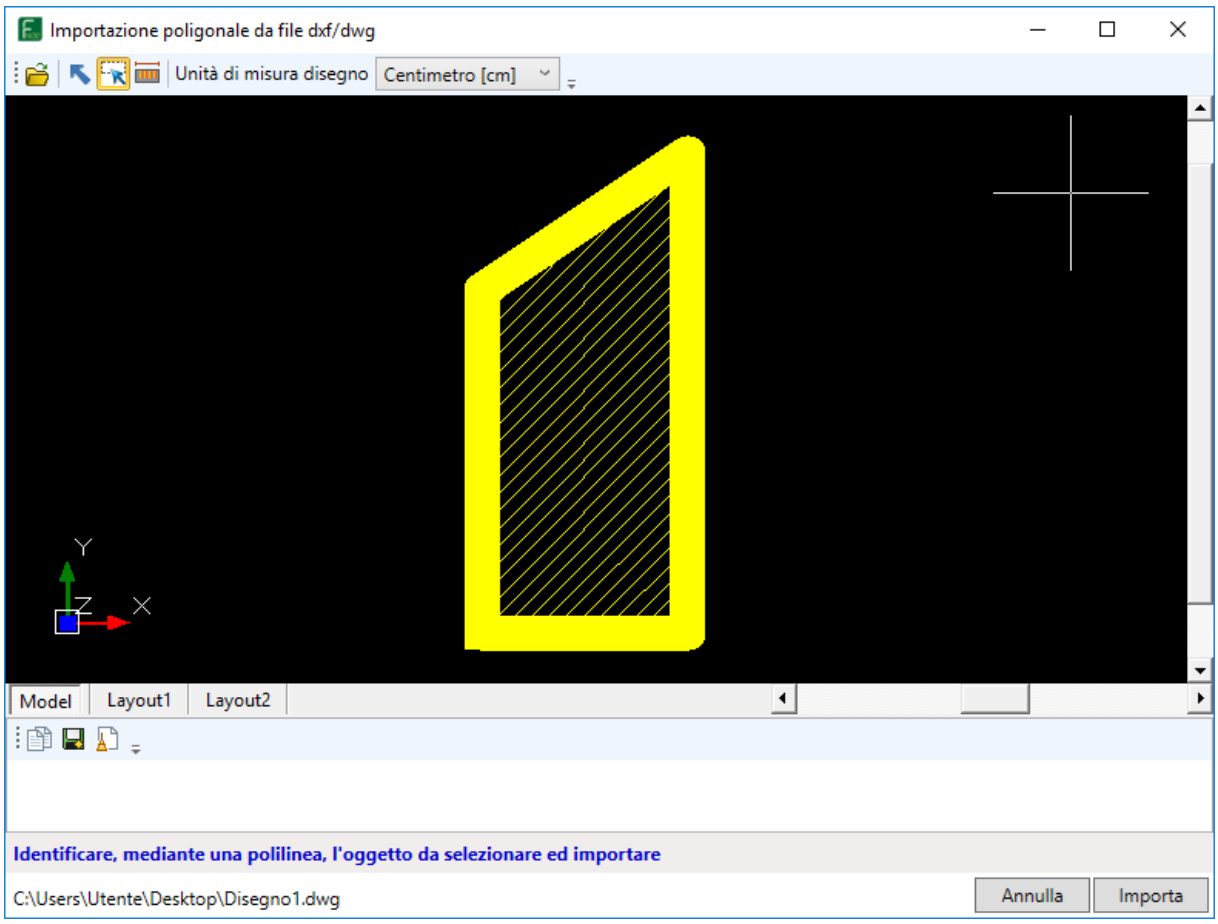
  - **Tipologia utente generica.** Consente di creare una nuova tipologia asta utente di materiale generico.
  - **Tipologia utente in acciaio.** Consente di creare una nuova tipologia asta utente in acciaio.
- **Importa tipologia asta utente da CarEl.** Consente di importare una tipologia di asta utente dal software "CarEl".

Supponendo di scegliere "Nuova tipologia asta utente da poligonale" di conseguenza si apre la seguente finestra per la definizione della sezione utente:



Sulla parte superiore di questo ambiente sono presenti i seguenti pulsanti:

- **Importa poligonale da file dxf/dwg** . Consente di importare un file dxf/dwg contenente il poligono della sezione utente. Alla pressione del corrispondente pulsante si apre la seguente finestra:

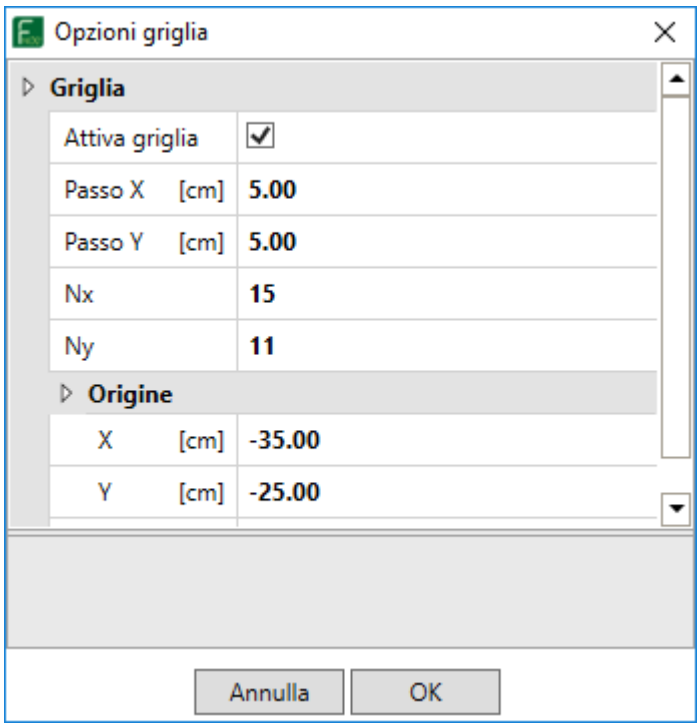


Sulla parte superiore di questo ambiente sono presenti i seguenti pulsanti:

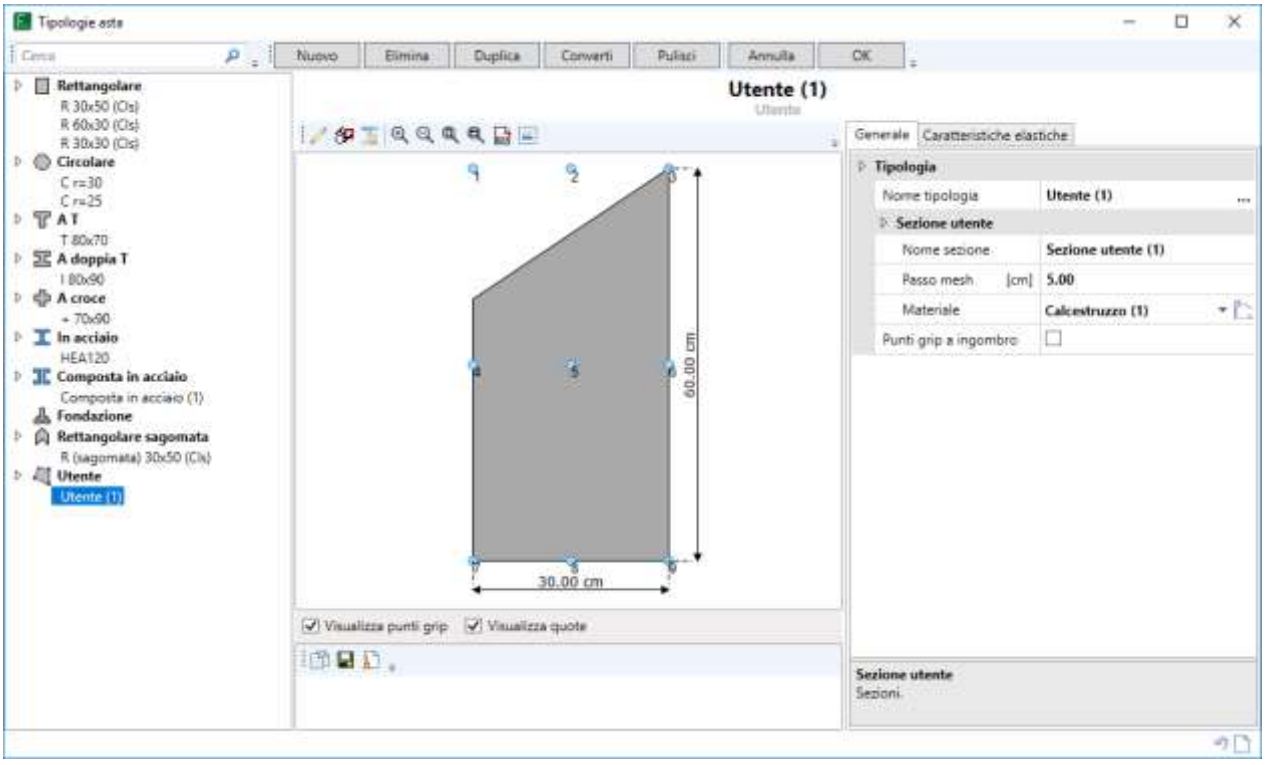
- **Apri file dxf/dwg** . Consente di scegliere il file da importare;
- **Seleziona** . Selezionare un oggetto, tra quelli evidenziati, da importare;
- **Seleziona polilinea** . Identifica, mediante una polilinea, l'oggetto da selezionare e importare;
- **Calcola la distanza tra due punti** . Consente di misurare la distanza tra due punti sul disegno.

Selezionata la polilinea dell'oggetto da importare si completa cliccando sul pulsante "Importa".

- **Seleziona** . Permette di selezionare uno o più vertici per modificarne le caratteristiche. Premere "Canc" per eliminare i vertici selezionati.
- **Attiva/disattiva input grafico poligonale** . Consente di definire la poligonale per ottenere la sezione compatta chiusa. Premere il tasto destro del mouse per completare l'operazione.
- **Sosta punto** . Consente di spostare un punto della poligonale.
- **Spezza poligonale** . Consente di spezzare la polingonale della sezione.
- **Calcola la distanza tra due punti** . Consente di misurare la distanza tra due punti sul disegno.
- **Opzioni griglia** . Consente di modificare la griglia per l'introduzione delle coordinate dei vertici della sezione.



Una volta definito il poligono della sezione, cliccando sul tasto "OK" si apre la seguente finestra:



Per ciascuna tipologia di sezione sono presenti i seguenti campi:

- **Nome tipologia**. Nome da assegnare alla tipologia della sezione;
  - **Suggerimento nome** ...
- **Nome sezione**.
- **Passo mesh**. Passo mesh della sezione;
- **Materiale**. Materiale della sezione;
  - **Apri Editor** . Permette di andare all' editor delle tipologie materiali.

- **Punti grip a ingombro**. Peremette di attribuire i punti del grip all'ingombro massimo della sezione.ù

Sezione Utente Mesh

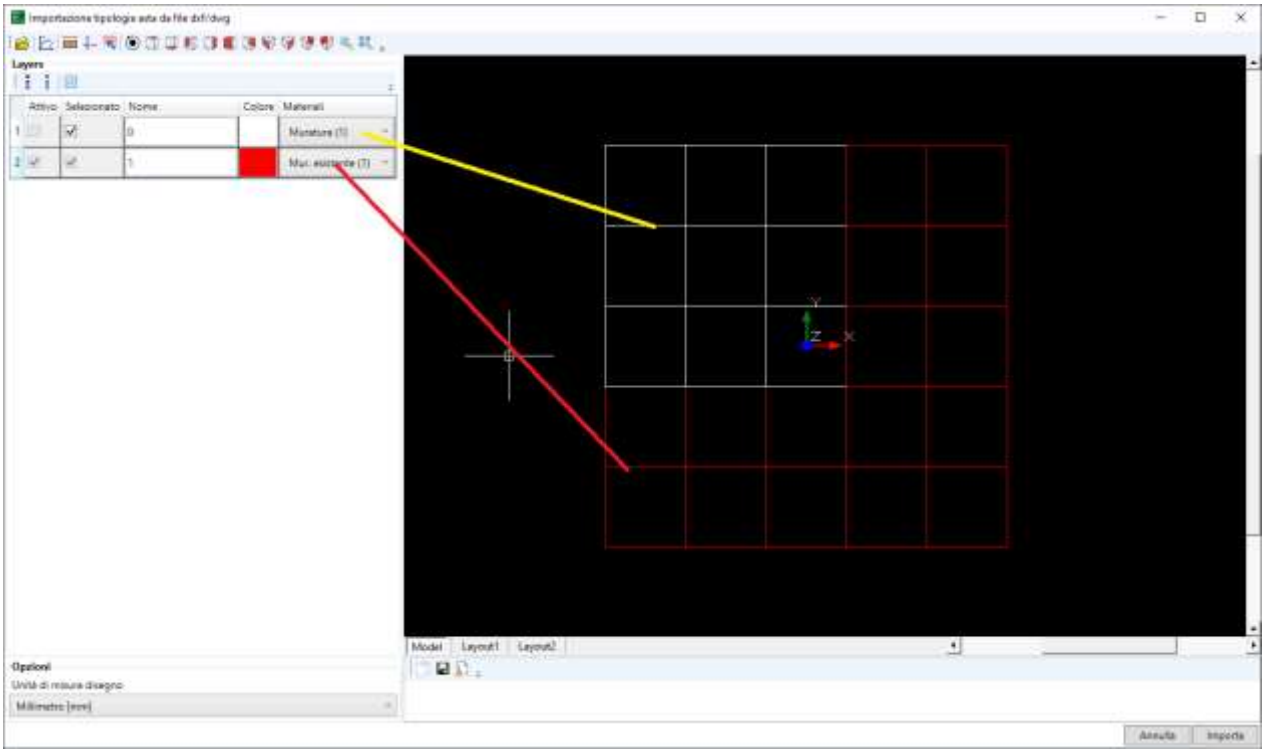
Il tipo "Sezione Utente Mesh" può essere utilizzato dall'utente per creare una modellazione a fibre da utilizzare con il solutore agli elementi discreti. I materiali consentiti sono i seguenti:

- Acciaio da carpenteria
- Muratura

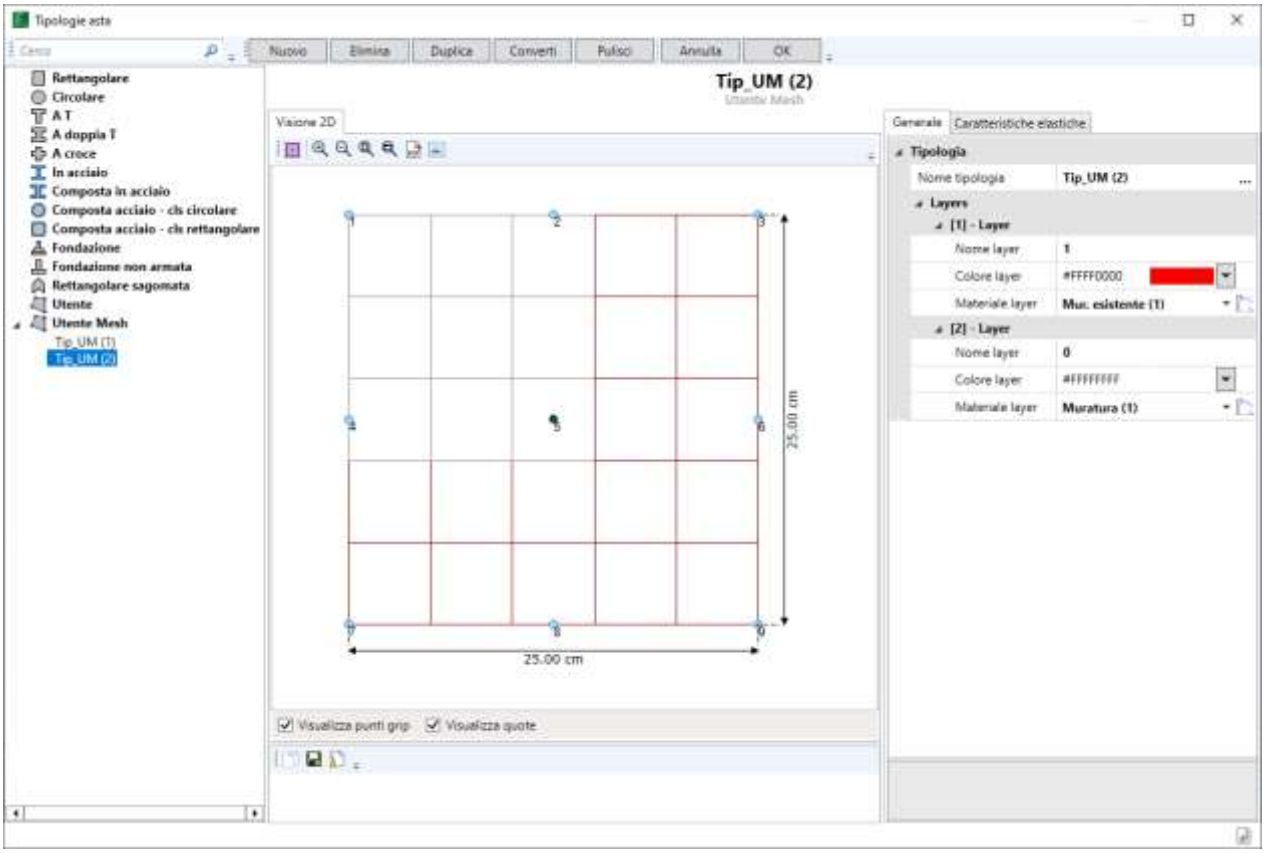
In ogni caso la sezione deve essere omogenea, cioè tutte le fibre devono essere dello tipo di materiale. E' consentito differenziare le resistenze dei materiali fibra per fibra. L'input della sezione si basa sull'importazione di un disegno dxf/dwg. Il disegno deve avere le seguenti caratterisitiche:

1. ogni fibra deve essere rapresentata da un poligono quadrilatero chiuso (anche irregolare)
2. le fibre dello stesso materiale devono essere associate allo stesso layer

Scegliendo la sezione "Utente Mesh" verrà visualizzata la finestra per l'apertura di file di disegno dxf/dwg.



Nell'apposita tabella è possibile associare i materiali ad ogni livello. Questa prima assegnazione constituisce un default, una volta conclusa l'importazione sarà possibile modificare il materiale associato in qualsiasi momento:

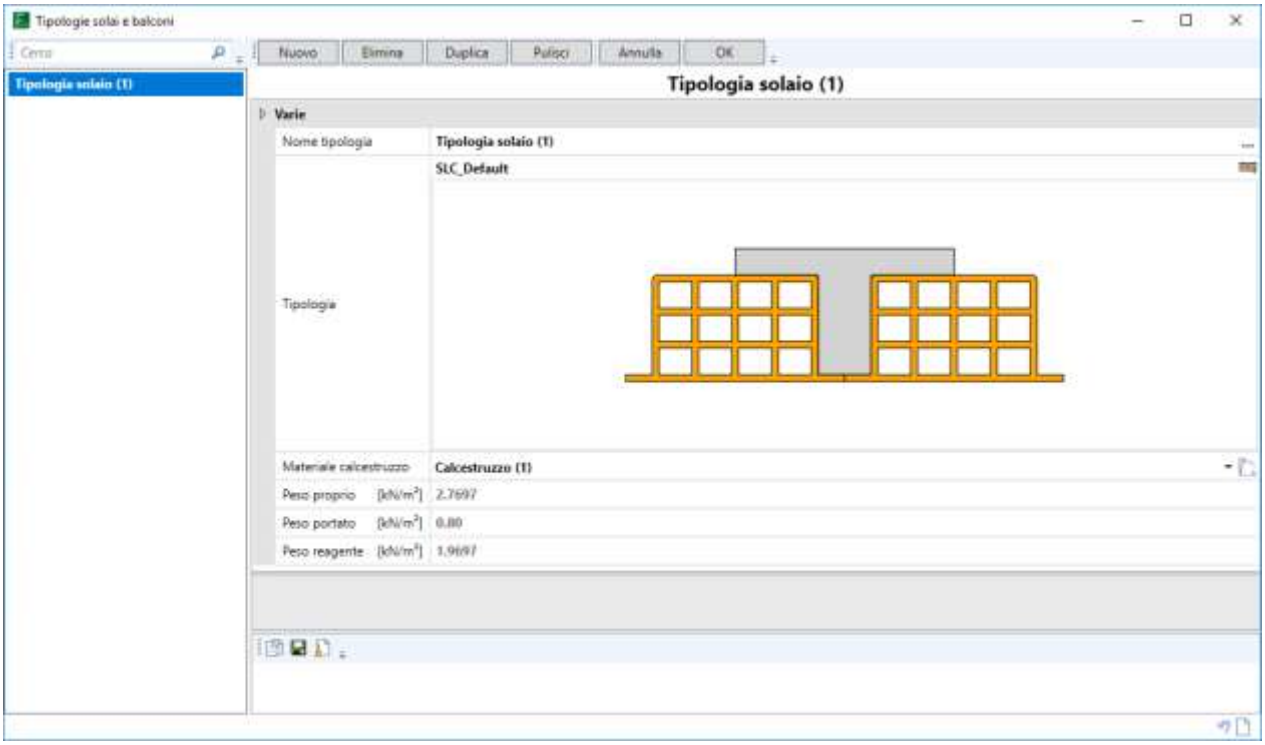


La modifica avviene agendo dall'apposito campo "Materiale Layer". La creazione di un nuovo materiale avviene cliccando sul pulsante  .

3.1.3.2 Solai

Tipologie Solai 

Consente di creare la lista dei solai da utilizzare nel progetto attuale tra quelli presenti nell'editor delle tipologie solai e di assegnare a ciascun elemento della lista i materiali. Alla pressione del pulsante **"Tipologie Solai"** viene visualizzato il seguente ambiente.



Sulla parte superiore dell'ambiente **"Tipologie solai e balconi"** sono presenti i pulsanti per la gestione delle tipologie di solai necessari alla implementazione del modello.

- **Nuovo.** Il pulsante "Nuovo" ha la funzione di aggiungere alla lista un nuovo solaio nel progetto corrente;
- **Elimina.** Il pulsante "Elimina" ha la funzione di eliminare dalla lista il solaio selezionato;
- **Duplica.** Il pulsante **"**Duplica" ha la funzione di duplicare nella lista il solaio selezionato;
- **Pulisci.** Il pulsante "Pulisci" ha la funzione di eliminare dalla lista tutti i solai non utilizzati nel progetto attuale;
- **Annulla.** Il pulsante "Annulla" chiude la finestra Tipologie solai annullando tutte le modifiche in essa apportate;
- **OK.** Il pulsante "OK" chiude la finestra Tipologie solai confermando tutte le modifiche in essa apportate.

Per ogni solaio aggiunto nella lista sono presenti i seguenti parametri:

- **Nome tipologia.** Nome della tipologia;
- **Tipologia.** Consente di accedere all' "Editor Tipologie Solai" e di selezionare una fra le tipologie presenti nel database. Per accedere all'editor cliccare sul pulsante collocato alla destra del campo stesso**.** Cliccare quindi sul solaio e quindi sul pulsante **OK.** Il solaio selezionato verrà assegnato al campo tipologia;
- **Materiale calcestruzzo.** (Campo attivo solo per tipologie di solaio in calcestruzzo armato). Assegna il materiale calcestruzzo al solaio. Per accedere all'editor materiali cliccare sul pulsante collocato alla destra del campo stesso**.** Cliccare sul materiale calcestruzzo e quindi sul pulsante OK per confermare la selezione;
- **Materiale acciaio carpenteria.** (Campo attivo solo per tipologie di solaio in carpenteria metallica). Assegna il materiale acciaio per carpenteria agli elementi in acciaio del solaio. Per accedere all'editor materiali cliccare sul pulsante collocato alla destra del campo stesso. Cliccare sul materiale acciaio e quindi sul pulsante OK per confermare la selezione;
- **Materiale legno travi.** (Campo attivo solo per tipologie si solaio in legno). Assegna il materiale legno ai travetto del solaio**.** Per accedere all'editor materiali cliccare sul pulsante collocato alla destra del campo stesso**.** Cliccare sul materiale legno e quindi sul pulsante OK per confermare la selezione;
- **Materiale legno tavolato.** (Campo attivo solo per tipologie si solaio in legno). Assegna il materiale legno

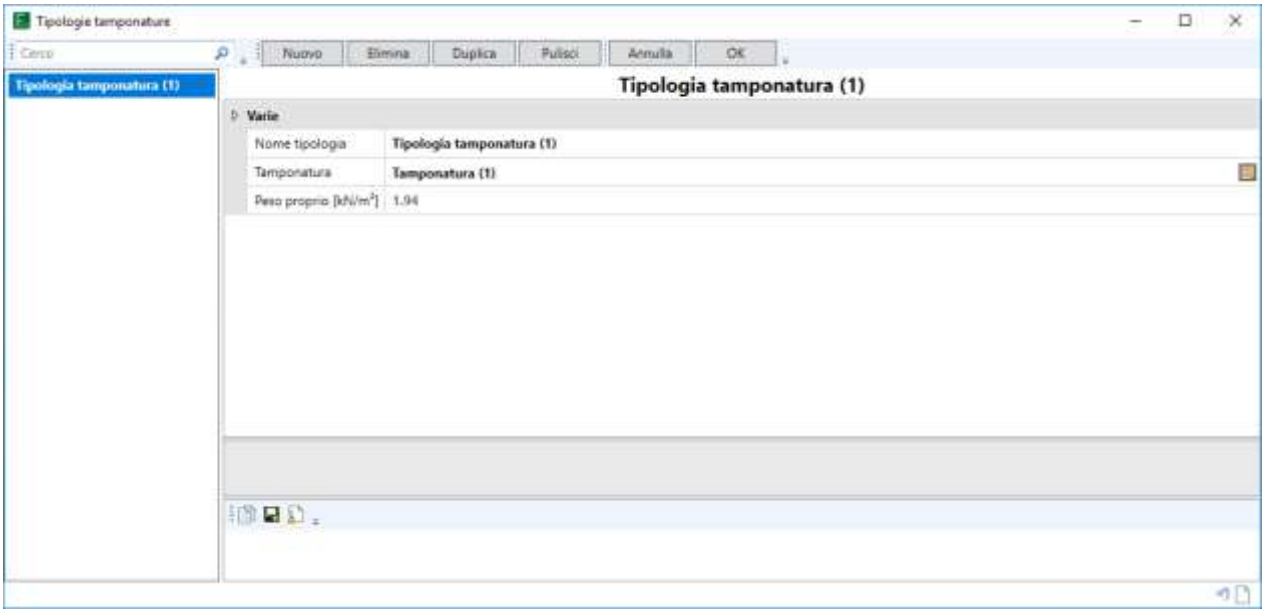
al tavolato del solaio. Per accedere all'editor materiali cliccare sul pulsante collocato alla destra del campo stesso. Cliccare sul materiale legno e quindi sul pulsante OK per confermare la selezione;

- **Peso proprio.** Riporta il valore del peso per unità superficie del solaio selezionato;
- **Peso portato.** Riporta il carico non portante totale per unità superficie;
- **Peso reagente.** Riporta il carico portante totale per unità superficie.

3.1.3.3 Tamponature

Tipologie Tamponature

Consente di creare la lista dei tamponamenti da utilizzare nel progetto attuale tra quelli presenti nell'editor tamponature. Alla pressione del pulsante **"Tipologie Tamponature"** viene visualizzato il seguente ambiente.



Sulla parte superiore dell'ambiente **"Tipologie Tamponature"** sono presenti i seguenti pulsanti:

- **Nuovo.** Il pulsante "Nuovo" ha la funzione di aggiungere alla lista un nuovo tamponamento nel progetto corrente;
- **Elimina.** Il pulsante "Elimina" ha la funzione di eliminare dalla lista il tamponamento selezionato;
- **Duplica.** Il pulsante "Duplica" ha la funzione di duplicare nella lista il tamponamento selezionato;
- **Pulisci.** Il pulsante "Pulisci" ha la funzione di eliminare dalla lista tutti i tamponamenti non utilizzati nel progetto attuale;
- **Annulla.** Il pulsante "Annulla" chiude la finestra Tipologie tamponature annullando tutte le modifiche in essa apportate;
- **OK.** Il pulsante "OK" chiude la finestra Tipologie tamponature confermando tutte le modifiche in essa apportate.

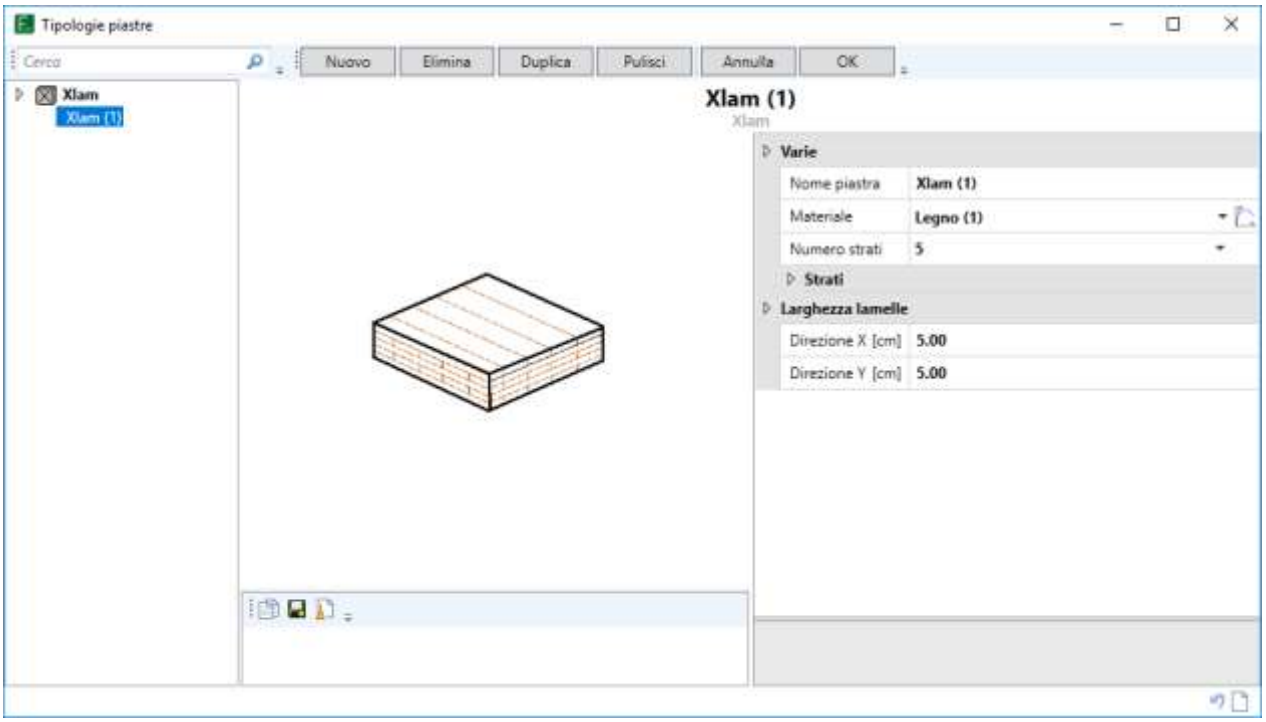
Per ogni tipologia di tamponamento sono presenti i seguenti parametri:

- **Nome tipologia.** Nome della tipologia;
- **Tamponatura.** Consente di accedere all'Editor Tipologie Tamponature e di selezionare una fra le tipologie presenti nel database. Per accedere all'editor cliccare sul pulsante collocato alla destra del campo stesso;
- **Peso proprio.** Riporta il valore del peso per unità di lunghezza del tamponamento selezionato;

3.1.3.4 Piastre

Tipologie Piastre 

Consente di definire la lista delle piastre che potranno essere imputate nel modello strutturale. Alla pressione del pulsante **"Tipologie piastre"** viene visualizzato il seguente ambiente.



Sulla parte superiore dell'ambiente **"Tipologie piastre"** sono presenti i seguenti pulsanti:

- **Nuovo.** Il pulsante "Nuovo" ha la funzione di aggiungere alla lista una nuova tipologia piastra;
- **Elimina.** Il pulsante "Elimina" ha la funzione di eliminare dalla lista la tipologia piastra selezionata;
- **Duplica.** Il pulsante "Duplica" ha la funzione di duplicare nella lista la tipologia piastra selezionata;
- **Pulisci.** Il pulsante "Pulisci" ha la funzione di eliminare dalla lista tutte le tipologie piastra non utilizzate nel progetto attuale;
- **Annulla.** Il pulsante "Annulla" chiude la finestra Tipologie piastre annullando tutte le modifiche in essa apportate;
- **Ok.** Il pulsante "Ok" chiude la finestra Tipologie piastre confermando tutte le modifiche in essa apportate.

Per ogni tipologia pistra aggiunta nella lista è possibile personalizzare i seguenti parametri caratterizzanti:

- **Nome piastra.** Nome da assegnare alla piastra selezionata;
- **Materiale.** Materiale da assegnare alla pistra selezionata. Per accedere all'editor materiali cliccare sul pulsante  collocato alla destra del campo stesso**.** Cliccare sul materiale legno e quindi sul pulsante OK per confermare la selezione;
- **Numero strati.** Numero degli strati della pistra selezionata;
- **Direzione X.** Larghezza delle lamelle della piastra in direzione X;
- **Direzione Y.** Larghezza delle lamelle della piastra in direzione Y.

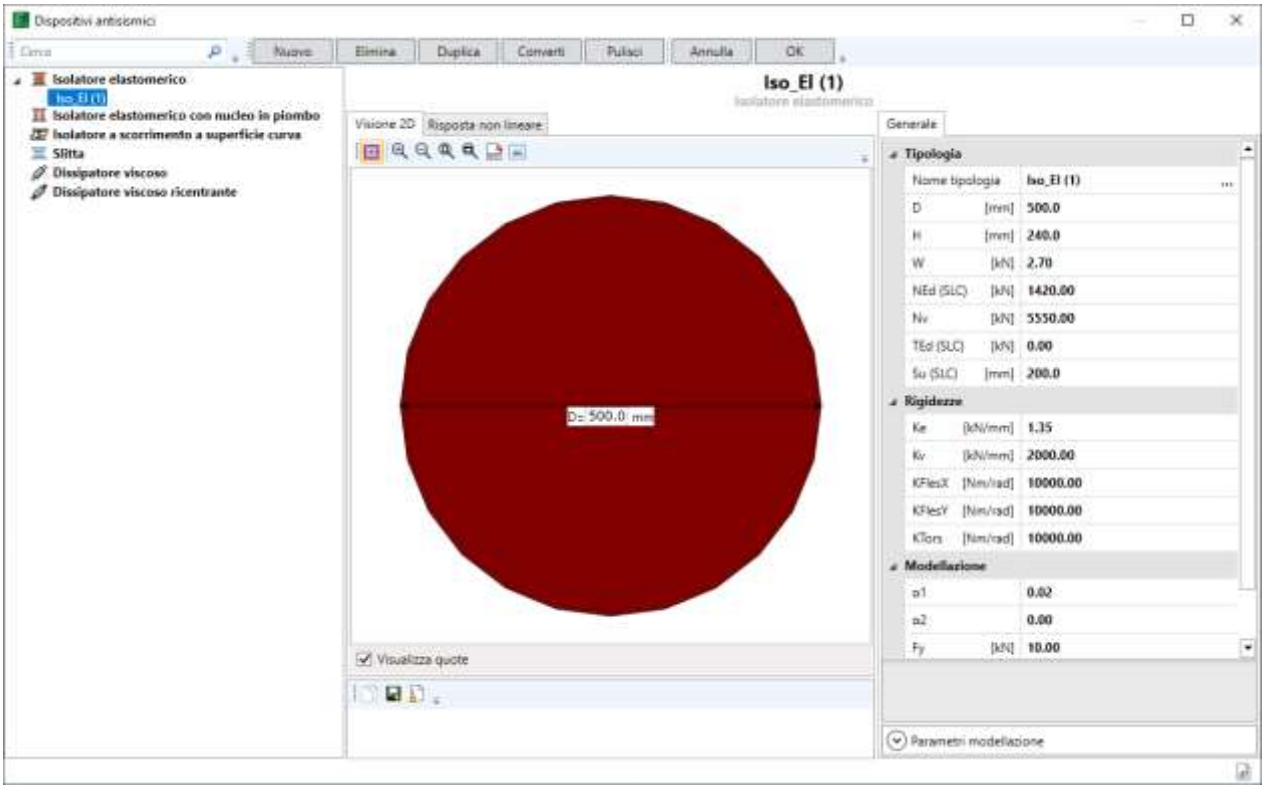
3.1.3.5 Dispositivi antisismici

Dispositivi Antisismici 

Consente di creare la lista dei dispositivi di isolatori e dissipatori antisismici da utilizzare nel progetto attuale. Nel programma è possibile modellare i seguenti dispositivi antisismici:

- **Isolatori elastomerici**
- **Isolatori elastomerici con nucleo in piombo**
- **Isolatori Friction Pendulum**
- **Slitte**
- **Dissipatori viscosi**
- **Dissipatori viscosi ricentranti**

Alla pressione del pulsante **"Dispositivi Antisismici"** viene visualizzato il seguente ambiente:

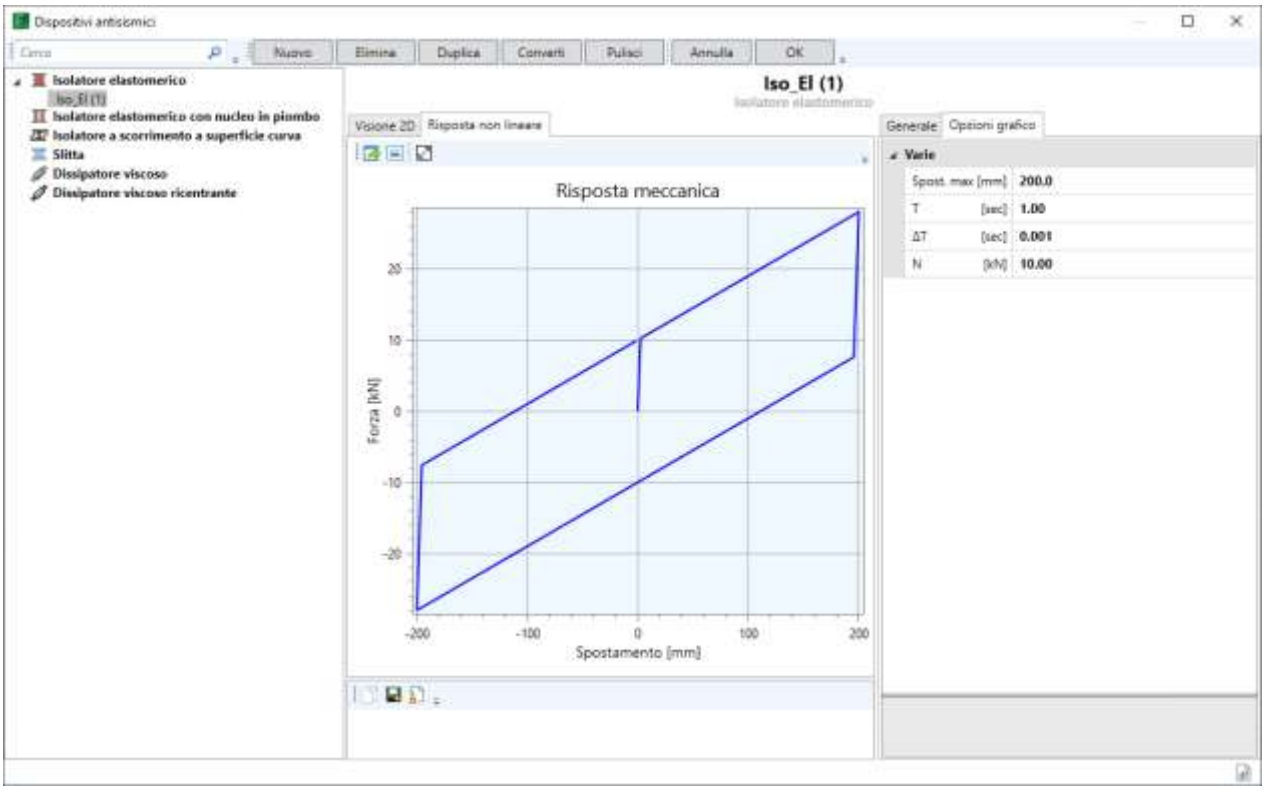


Sulla parte superiore dell'ambiente **"Tipologie Dispositivi Antisismici"** sono presenti i seguenti pulsanti:

- **Nuovo.** Il pulsante "Nuovo" ha la funzione di aggiungere alla lista una nuova tipologia di dispositivo antisismico;
- **Elimina.** Il pulsante "Elimina" ha la funzione di eliminare dalla lista la tipologia di dispositivo antisismico selezionata;
- **Duplica.** Il pulsante "Duplica" ha la funzione di duplicare nella lista la tipologia di dispositivo antisismico selezionata;
- **Converti.** Il pulsante "Converti" ha la funzione di convertire la tipologia di dispositivo antisismico selezionato in un altro di caratteristiche differenti;
- **Pulisci.** Il pulsante "Pulisci" ha la funzione di eliminare dalla lista tutte le tipologie di dispositivi antisismici non utilizzate nel progetto attuale;
- **Annulla.** Il pulsante "Annulla" chiude la finestra "Tipologie dispositivi antisismici" annullando tutte le modifiche in essa apportate;
- **OK.** Il pulsante "OK" chiude la finestra "Tipologie dispositivi antisismici" confermando le modifiche in

essa apportate.

Per ogni tipologia di dispositivi antisismici presenti nella lista è possibile personalizzare i parametri caratterizzanti. Per le analisi non lineari è possibile visualizzare il grafico della risposta del dispositivo, creato in base ai parametri caratteristici dell'isolatore:



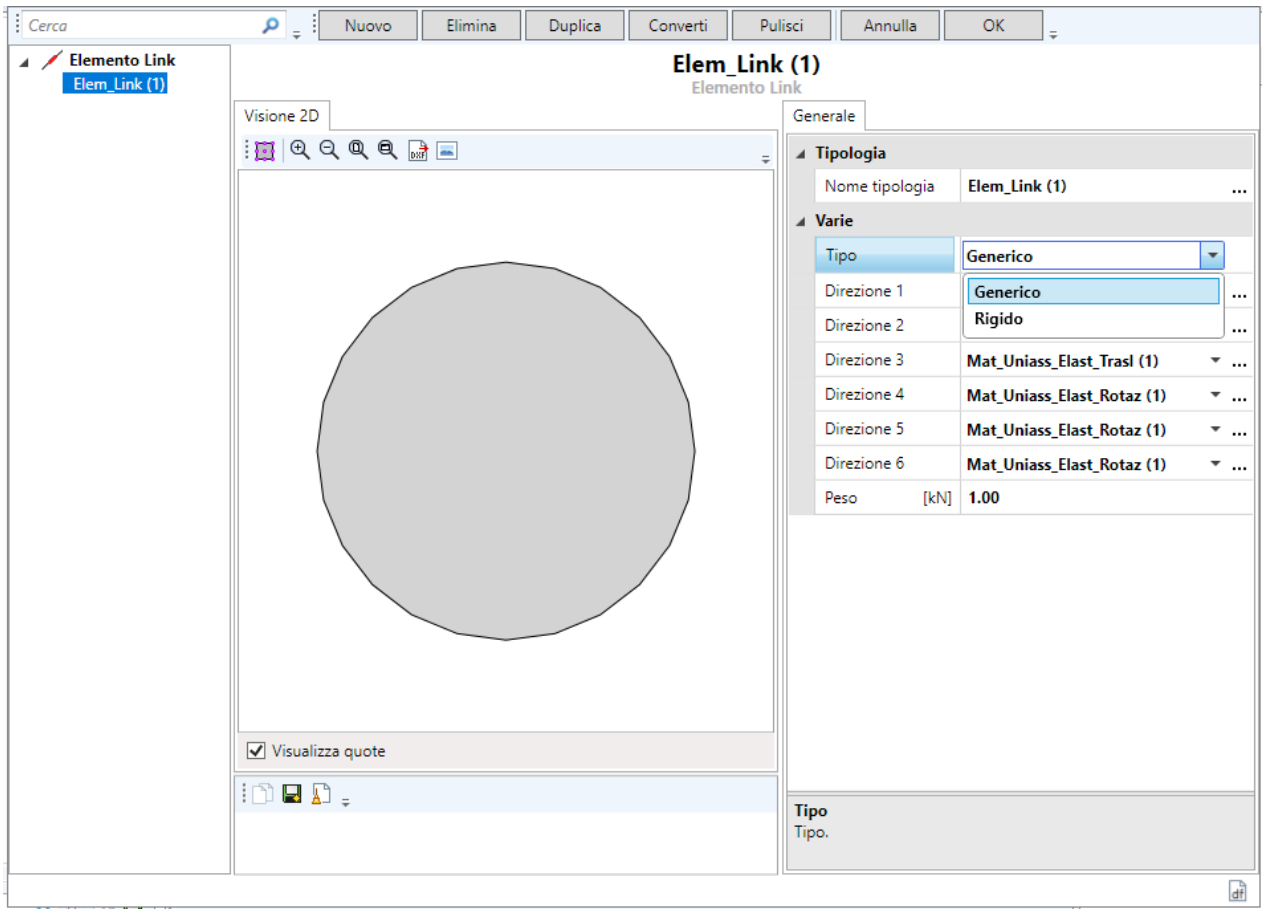
3.1.3.6 Elementi Link

Elementi Link 

Consente di creare elementi Link tra tra due nodi da utilizzare nel progetto attuale. Nel programma è possibile scegliere tra i seguenti tipi :

- **Generico.** Consente di modellare link lineari con rigidezza del valore desiderato per ogni grado di libertà;
- **Rigido.** Consente di modellare ling rigidi in cui tutte le componenti sono infinitamente rigide (non disponibile per solutore agli elementi discreti).

Alla pressione del pulsante **"Elementi Link"** viene visualizzato il seguente ambiente:



Sulla parte superiore dell'ambiente **"Elementi Link"** sono presenti i seguenti pulsanti:

- **Nuovo.** Il pulsante "Nuovo" ha la funzione di aggiungere alla lista una nuova tipologia di dispositivo antisismico;
- **Elimina.** Il pulsante "Elimina" ha la funzione di eliminare dalla lista la tipologia di dispositivo antisismico selezionata;
- **Duplica.** Il pulsante "Duplica" ha la funzione di duplicare nella lista la tipologia di dispositivo antisismico selezionata;
- **Converti.** Il pulsante "Converti" ha la funzione di convertire la tipologia di dispositivo antisismico selezionato in un altro di caratteristiche differenti;
- **Pulisci.** Il pulsante "Pulisci" ha la funzione di eliminare dalla lista tutte le tipologie di dispositivi antisismici non utilizzate nel progetto attuale;
- **Annulla.** Il pulsante "Annulla" chiude la finestra "Tipologie dispositivi antisismici" annullando tutte le modifiche in essa apportate;
- **OK.** Il pulsante "OK" chiude la finestra "Tipologie dispositivi antisismici" confermando le modifiche in essa apportate.

Per ogni tipologia di dispositivi antisismici presenti nella lista è possibile personalizzare i parametri caratterizzanti. E' possibile attriubuire un diverso comportamento per ogni grado di libertà. Per i tipi di comportamento disponibili vedere il paragrafo "Materiali uniassiali".

3.1.3.7 Plinti

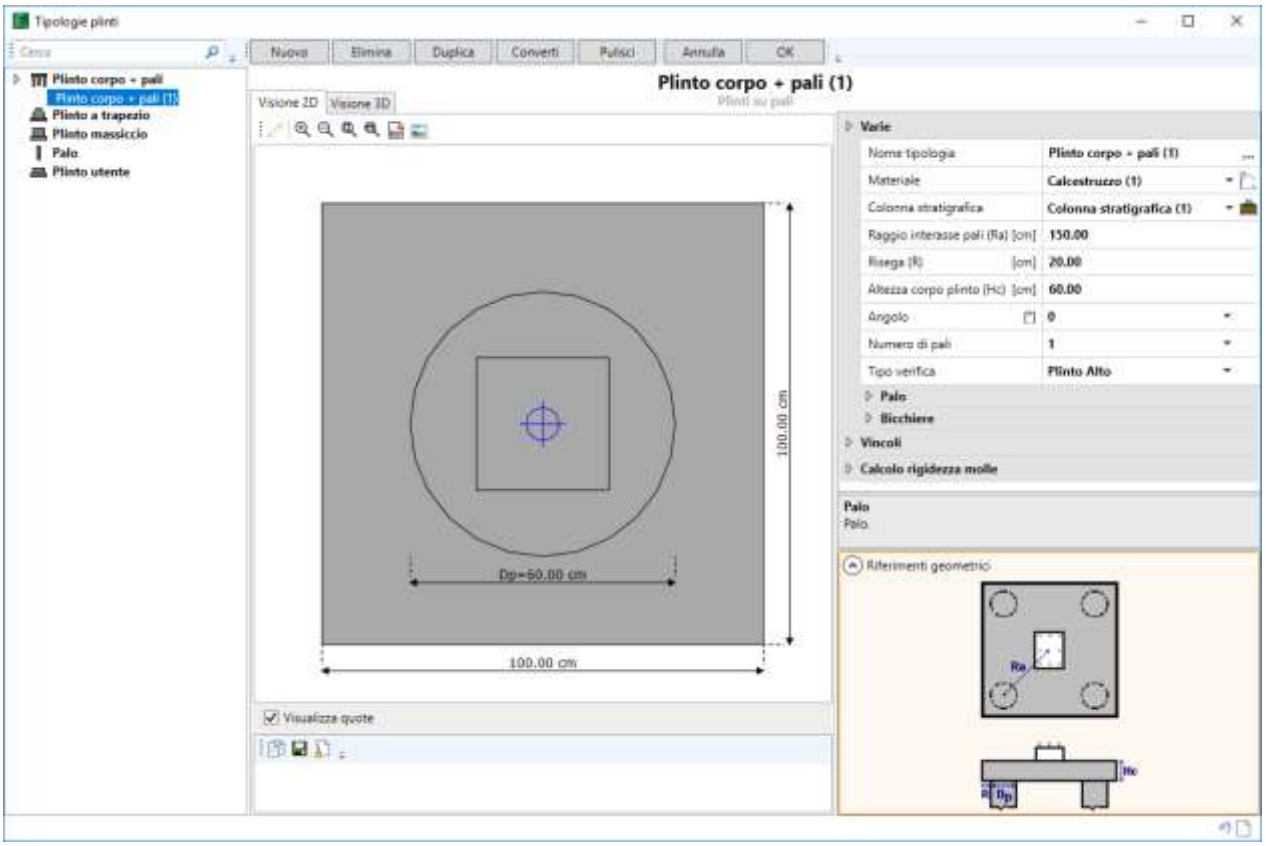
Tipologie Plinti 

Consente di definire la lista di tipologie plinti da utilizzare nel modello strutturale. Nel programma è

possibile modellare le seguenti tipologie di pali e plinti:

- **Plinto Corpo + pali**
- **Plinto a trapezio**
- **Plinto massiccio**
- **Palo**
- **Plinto utente**

Alla pressione del pulsante **"Tipologie Plinti"** viene visualizzato il seguente ambiente:



Sulla parte superiore dell'ambiente **"Tipologie plinti"** sono presenti i seguenti pulsanti:

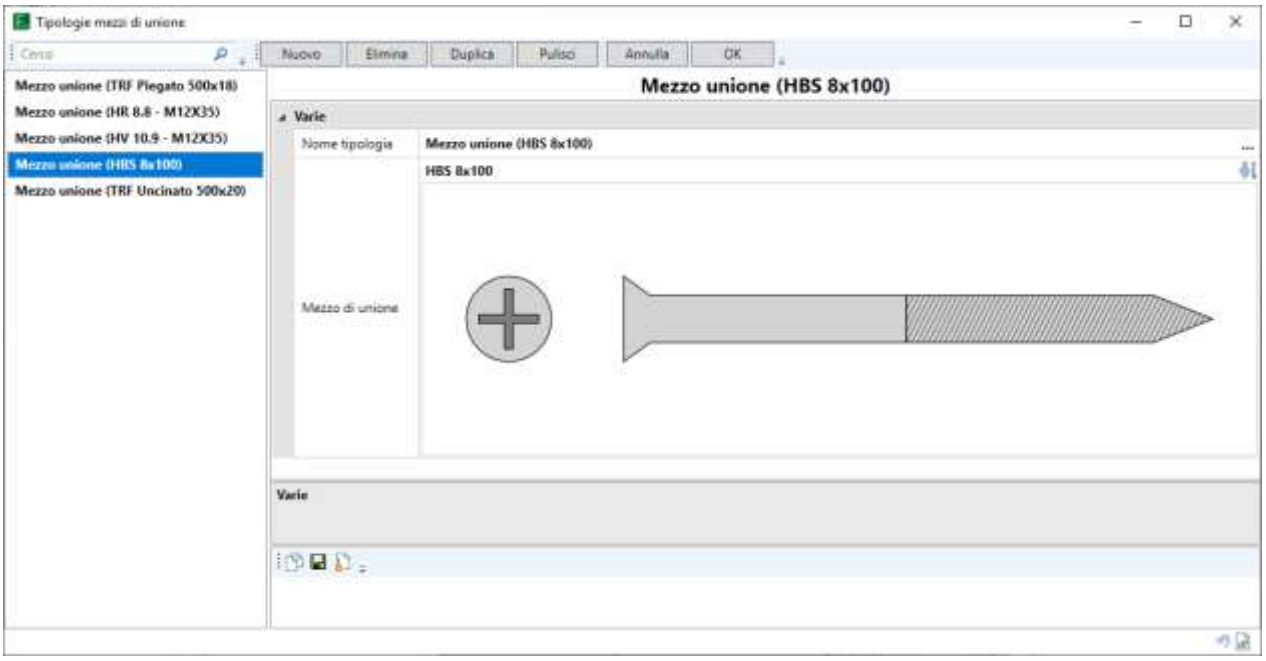
- **Nuovo.** Il pulsante "Nuovo" ha la funzione di aggiungere alla lista una nuova tipologia di palo o plinto;
- **Elimina.** Il pulsante "Elimina" ha la funzione di eliminare dalla lista la tipologia di palo o plinto selezionata;
- **Duplica.** Il pulsante "Duplica" ha la funzione di duplicare nella lista la tipologia di palo o plinto selezionata;
- **Converti.** Il pulsante "Converti" ha la funzione di convertire la tipologia di palo o plinto selezionata in un altra di caratteristiche differenti;
- **Pulisci.** Il pulsante "Pulisci" ha la funzione di eliminare dalla lista tutte le tipologie di pali o plinti non utilizzate nel progetto attuale;
- **Annulla.** Il pulsante "Annulla" chiude la finestra "Tipologie plinti" annullando tutte le modifiche in essa apportate;
- **OK.** Il pulsante "OK" chiude la finestra "Tipologie plinti" confermando tutte le modifiche in essa apportate.

Per ogni tipologia di palo o plinto presenti nella lista è possibile personalizzare i parametri caratterizzanti.

3.1.3.8 Mezzi di unione

Tipologie Mezzi di unione

Consente di creare la lista dei mezzi di unione da utilizzare nel progetto attuale, scegliendo tra quelli presenti nell'editor delle tipologie mezzi di unione. Alla pressione del pulsante **"Tipologie mezzi di unione"** viene visualizzato il seguente ambiente.



Sulla parte superiore dell'ambiente **"Tipologie mezzi di unione"** sono presenti i pulsanti per la gestione delle tipologie dei mezzi di unione necessari all' implementazione del modello.

- **Nuovo.** Il pulsante "Nuovo" ha la funzione di aggiungere alla lista un nuovo mezzo di unione nel progetto corrente;
- **Elimina.** Il pulsante "Elimina" ha la funzione di eliminare dalla lista il mezzo di unione selezionato;
- **Duplica.** Il pulsante **"**Duplica" ha la funzione di duplicare nella lista il mezzo di unione selezionato;
- **Pulisci.** Il pulsante "Pulisci" ha la funzione di eliminare dalla lista tutti i mezzi di unione non utilizzati nel progetto attuale;
- **Annulla.** Il pulsante "Annulla" chiude la finestra "Tipologie mezzi di unione" annullando tutte le modifiche in essa apportate;
- **OK.** Il pulsante "OK" chiude la finestra "Tipologie mezzi di unione" confermando tutte le modifiche in essa apportate.

Per ogni mezzo di unione aggiunto nella lista sono presenti i seguenti parametri:

- **Nome tipologia.** Nome della tipologia.
- **Mezzo di unione.** Consente di accedere all' "Editor mezzi di unione" e di selezionarne uno fra le tipologie presenti nel database. Per accedere all'editor cliccare sul pulsante collocato alla destra del campo stesso**.** Scegliere, quindi, il mezzo di unione voluto e completare cliccando sul pulsante **OK.** Il mezzo di unione selezionato verrà assegnato al campo tipologia.

3.1.4 Geometria

E' il menu che consente di definire la geometria del modello strutturale



Il menu contiene le seguenti funzioni:

Operazioni

Gruoppo operazioni per input nodi

Gruoppo operazioni per input elementi monodimensionali

Gruoppo operazioni per input elementi bidimensionali

Zoom e viste

3.1.4.1 Operazioni

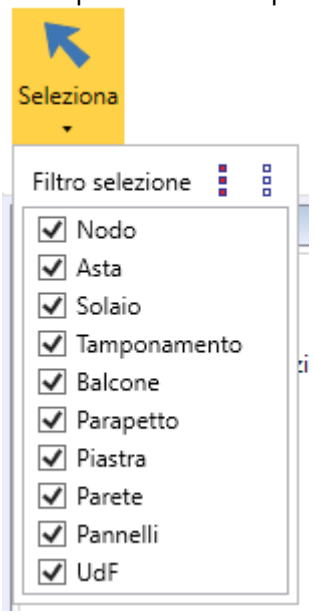
Operazioni

E' il menu per la gestione delle operazioni sugli elementi del modello.



Seleziona

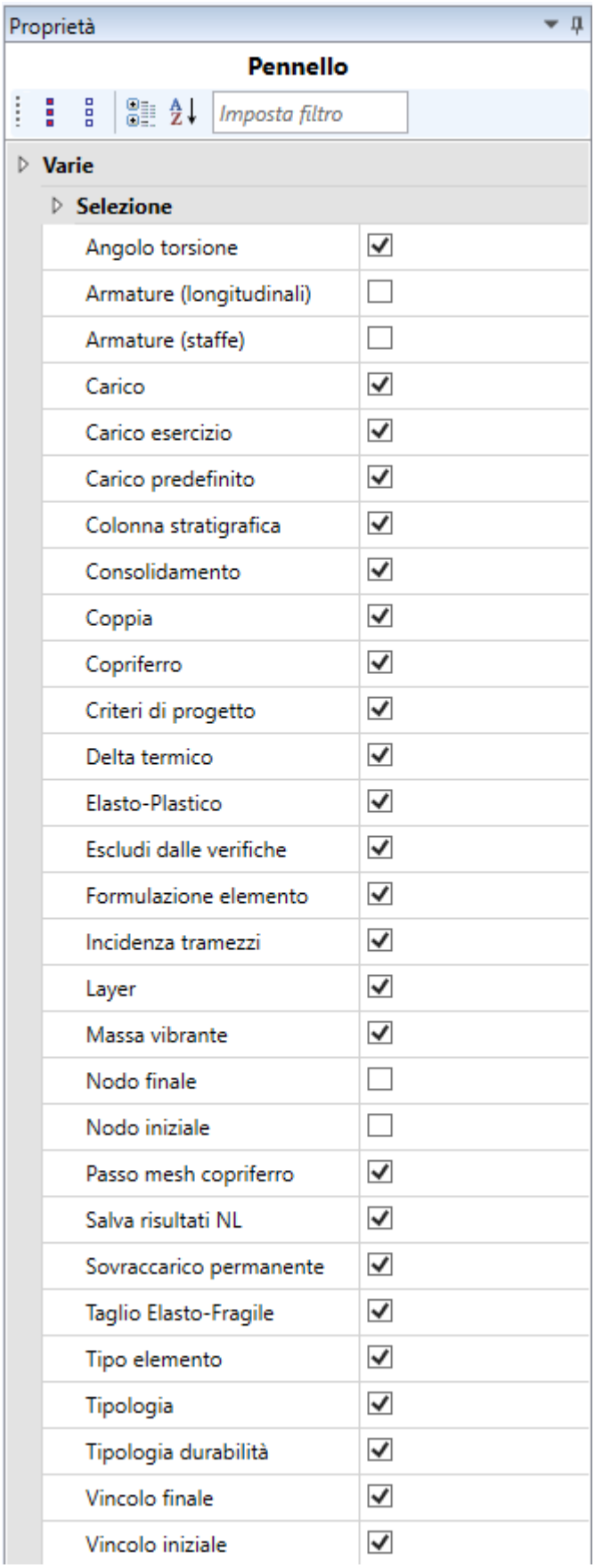
Consente di **selezionare** i vari elementi del modello. Le caratteristiche degli elementi selezionati vengono visualizzate nella barra laterale delle proprietà. E' possibile filtrare gli elementi da selezionare mediante il menu presente sotto il pulsante, nel quale è presente la lista degli elementi principali di FaTA Next.



Pennello

Consente di **copiare** le proprietà di un elemento sorgente su uno o più elementi di destinazione. Al click sull'elemento sorgente, nella barra delle proprietà verrà visualizzata una lista delle proprietà comuni all'elemento (vedi figura). A questo punto basta attivare le voci della lista che si vuol copiare e quindi

selezionare gli elementi di destinazione.

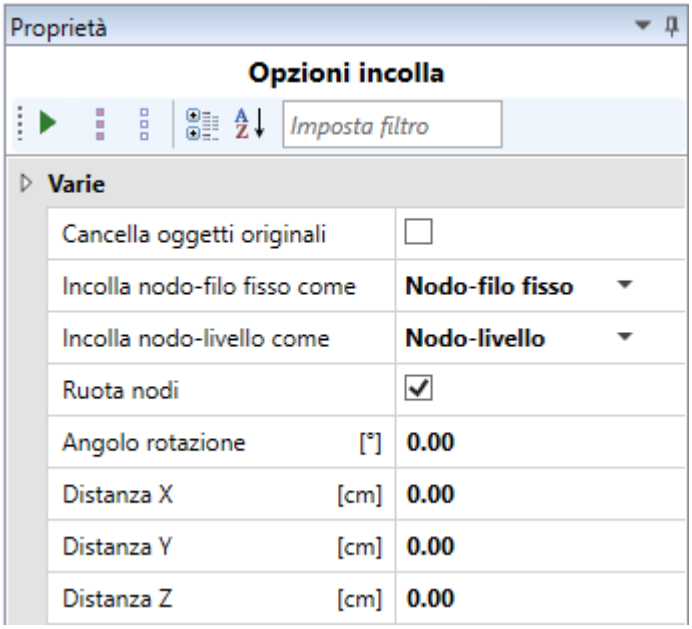


Copia

La funzione **Copia (oppure combinazione di tasti Ctrl+C)** consente di copiare gli elementi selezionati fornendo un punto base per la copia. Per copiare è sufficiente selezionare gli elementi desiderati e quindi cliccare su Copia o mediante la combinazione Ctrl+C. Successivamente selezionare un punto base per completare l'operazione.

Incolla

Incolla **(oppure combinazione di tasti Ctrl+V)** gli elementi presenti in copia selezionando un punto con il mouse oppure utilizzando le "Opzioni Incolla" che vengono visualizzate nel "Visualizzatore proprietà".

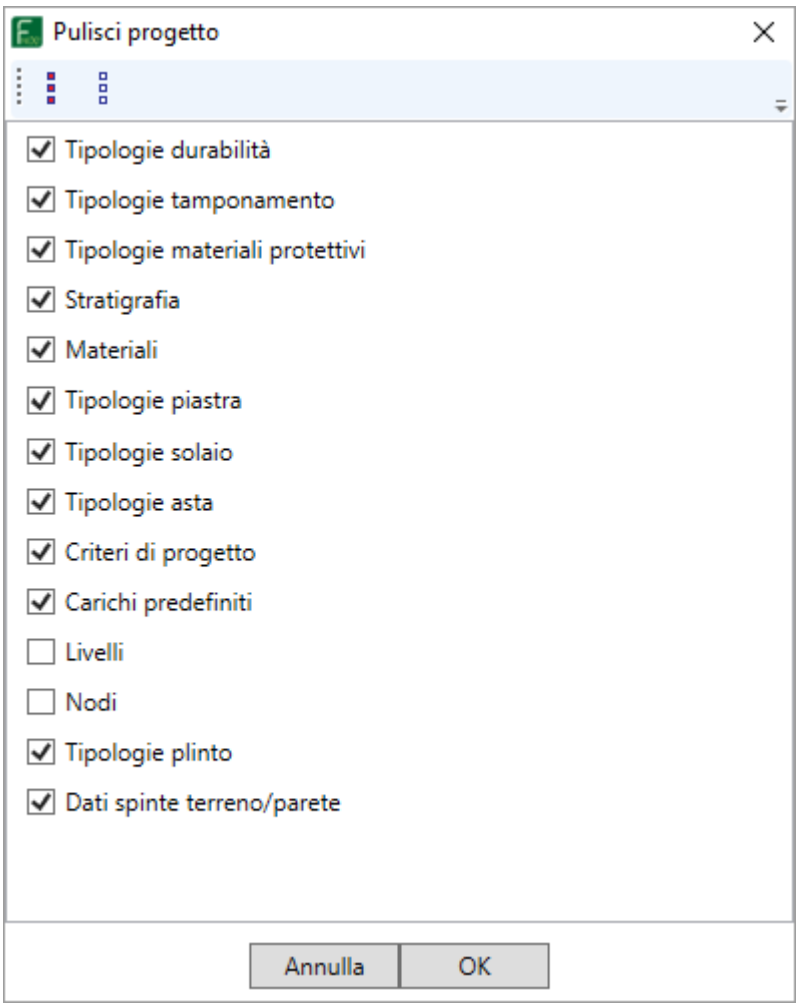


Cliccare sul pulsante "Esegui" per apportare le modiifche.

La funzione "Incolla" è attiva solo se in precedenza è stata fatta un operazione di Copia.

Pulisci

Viene visualizzato un ambiente che consente di eliminare gli elementi non utilizzati nel modello. Al click compare la seguente finestra. Attivare le voci della lista che si desidera eliminare. Il click sul pulsante **"OK"** elimina gli elementi e chiude la finestra, mentre il click sul pulsante **"Annulla"** chiude la finestra senza eliminare nulla.



Specchia

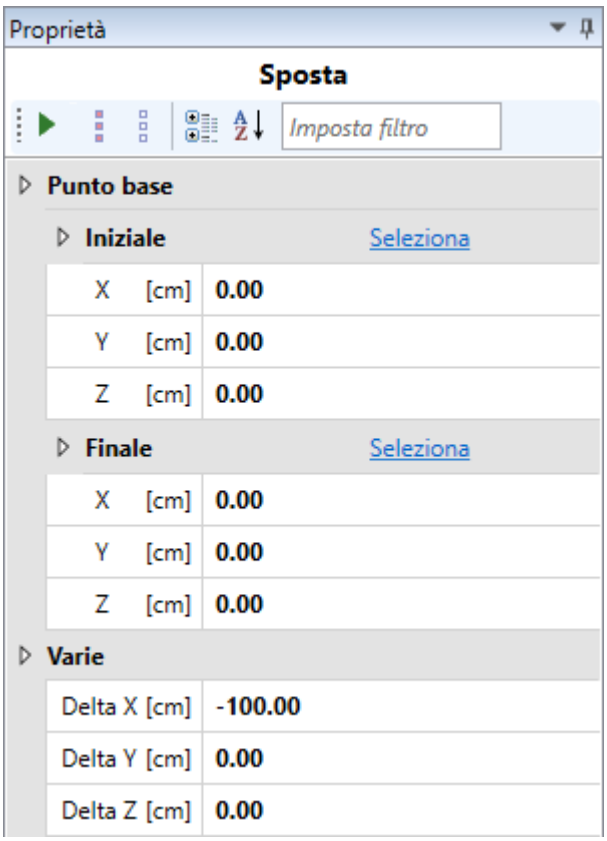
Crea una copia degli oggetti selezionati specchiandoli rispetto ad un asse fornito mediante la selezione di due nodi sulla struttura.

Nuova origine

Consente di spostare l'origine del modello in un nuovo nodo scelto dall'utente. Quindi, sopo aver attivato il comando, è sufficiente cliccare su un nodo.

Sposta

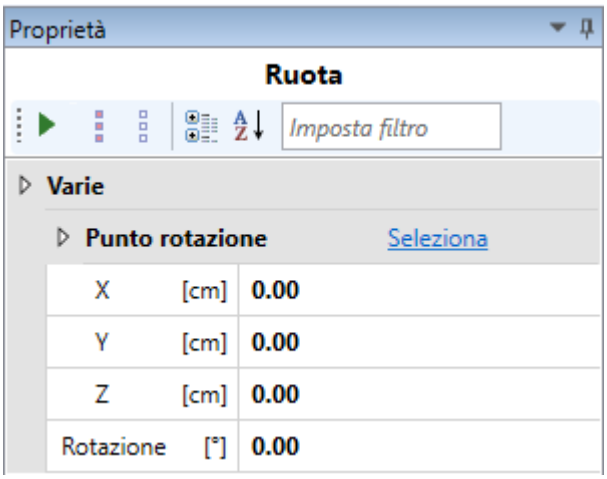
Sposta i nodi (la funzione si attiva se già compresi nella selezione) utilizzando i seguenti parametri:



Cliccare sul pulsante "Esegui" per apportare le modiifche. Cliccando su "Seleziona" è possibile scegliere graficamente le coordinate da utilizzare.

Ruota

Ruota i nodi (la funzione si attiva se già compresi nella selezione) utilizzando i parametri scelti.



Cliccare sul pulsante "Esegui" per apportare le modiifche. Cliccando su "Seleziona" è possibile scegliere graficamente le coordinate da utilizzare.

Ruota|Sposta

Ruota e/o trasla gli elementi selezionati utilizzando i parametri scelti**.** Cliccando su "Seleziona" è possibile scegliere graficamente le coordinate da utilizzare.

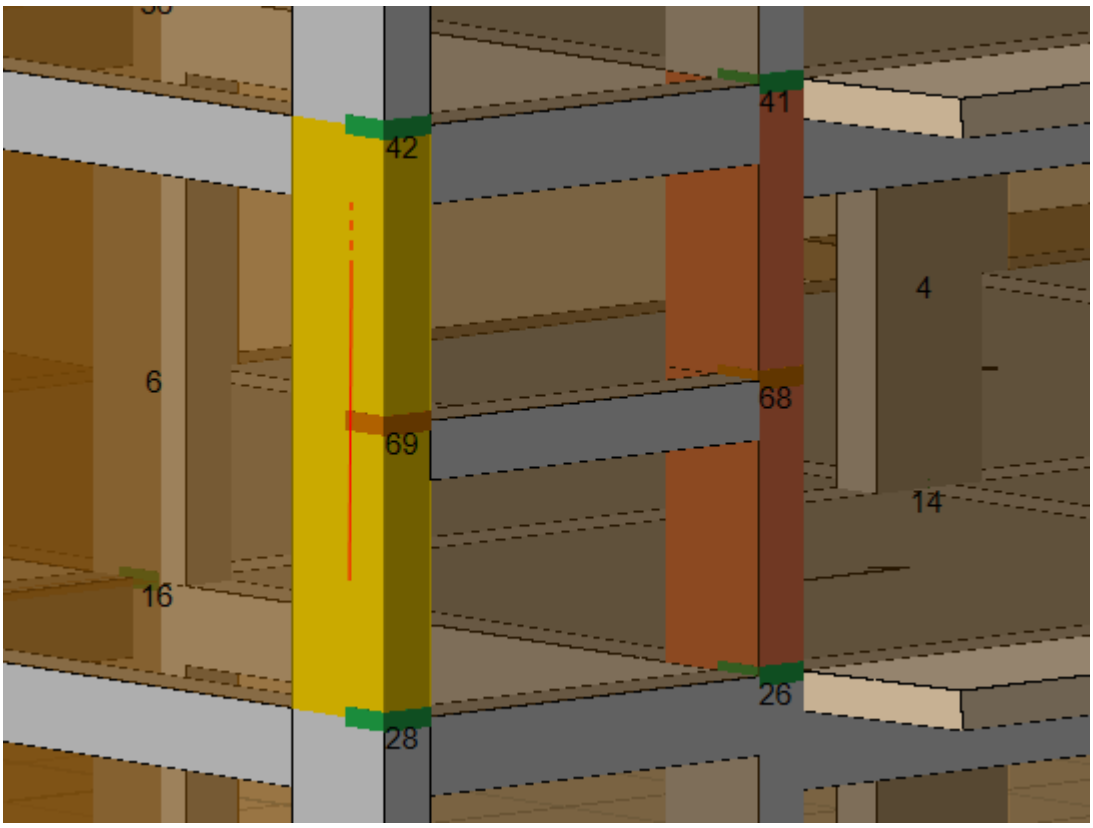


Cliccare sul pulsante "Esegui"  per apportare le modiifche. La funzione si attiva se già compresi nella selezione.

Gruppo 

Crea un gruppo di elementi dello stesso tipo (aste, piastre, solai, ecc). Il gruppo sarà confermato una volta controllate le regole specifiche per ogni tipo di elemento.

Ad esempio creando un gruppo di aste queste devono avere la stessa tipologia e lo stesso angolo di torsione.



Per creare un gruppo è possibile anche utilizzare la funzione "Raggruppa" presente nel tasto destro del mouse, da utilizzare dopo aver selezionato gli oggetti da raggruppare.

Importa 3D

Consente di **importare** un input 3D di una struttura da un file CAD di tipo DXF o DWG.

Si ricorda che al fine di una corretta importazione è indispensabile aver effettuato un disegno CAD con l'attribuzione esatta dei diversi elementi nei corrispondenti layer. Grazie a queste regole di disegno sarà possibile assegnare correttamente le sezioni ai diversi elementi strutturali durante il processo di importazione. Il disegno CAD deve essere effettuato con "Linee" per quanto riguarda gli elementi monodimensionali (travi e pilastri) e "Facce3D" per gli elementi bidimensionali (Piastre, Pareti, Solai e Tamponature).

Per maggiori informazioni fare riferimento alla procedura per l'importazione di elementi da un disegno dxf/dwg

Esporta IFC

Consente di esportare il modello realizzato in FaTA Next, mediante la creazione di un file BIM di tipo IFC.

Telaio

Consente di definire un **telaio verticale** a partire da due nodi. Faranno parte del telaio tutti gli elementi del modello i cui nodi iniziale e finale appartengono al piano verticale individuato. I telai definiti verranno aggiunti nella lista telai del navigatore e potranno essere richiamati al fine di poter effettuare operazioni sui propri elementi.

Piano

Consente di creare un **piano** passante per tre nodi qualsiasi dello spazio dell'Input 3D. Tutti gli elementi del

modello i cui nodi iniziale e finale appartengono al piano individuato ne faranno parte. I piani definiti verranno aggiunti nella lista "Piani di lavoro" del navigatore e potranno essere richiamati al fine di poter effettuare operazioni sui propri elementi.

3.1.4.2 Nodo

Nodi

E' il menu che contiene le funzioni per la gestione dell'input dei nodi.



In FaTA Next sono previsti tre tipi di nodi:

a) Nodo di tipo **"Filo fisso"** (nodo appartenente ad un filo fisso). Il nodo filo fisso è un'entità legata ai livelli di input. Relativamente al filo fisso inputato verrà generata sulla semiretta positiva z un nodo per ogni livello di input. Tutti i nodi appartenenti ad un filo fisso così generato condividono le seguenti proprietà: Rotazione, Allineamento, Coordinate. Se si modifica una qualunque di queste proprietà ad un nodo del filo sarà automaticamente modificata a tutti gli altri nodi facenti parte dello stesso filo;

b) Nodo di tipo **"Livello"** è un nodo collegato al livello di appartenenza, per cui ad esempio la sua Coordinata Z (quota) sarà modificata in automatico se si modifica l'altezza del livello di appartenenza;

c) Nodo di tipo **"Libero"** è un nodo libero nello spazio.

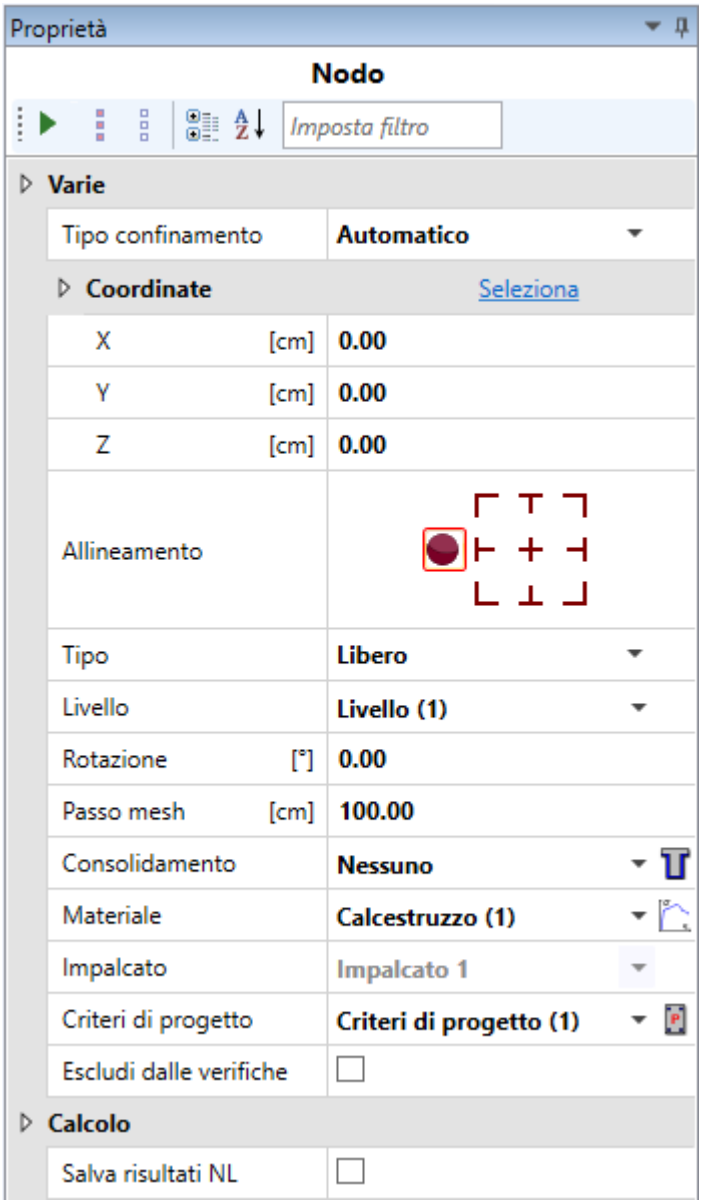
Dopo aver inserito un nodo è sempre possibile modificarne il tipo. Tale funzionaità risulta per esempio molto utile nel caso in cui si voglia i nodi di un filo fisso, rendendoli ad esempio nodi liberi.

Per ciascun nodo esistono 10 tipi di allineamento (9 relativi al posizionamento rispetto all'ingombro del pilastro ed uno relativo al posizionamento rispetto al baricentro dell'elemento):



Nodo-Filo fisso

Inserisce un nuovo nodo nel modello o consente di selezionare uno o più nodi del modello al fine di modificarne le proprietà. Cliccare sul pulsante **"Nodo-filo fisso"**, inputare i seguenti campi della barra delle proprietà e quindi cliccare nello spazio di lavoro o in alternativa cliccare sul esegui .



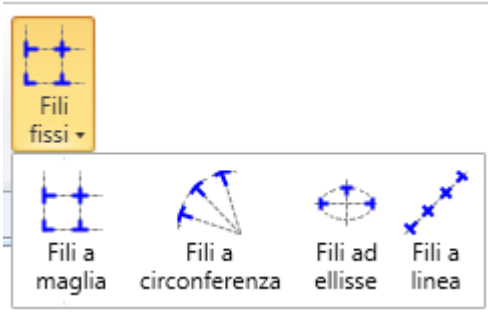
I comandi presenti nella barra delle proprietà sono:

- **Tipo confinamento.** Consente di operare una scelta tra : "Automatico", "Interamente confinato" o "Non interamente confinato".
- **X.** Coordinata X del nodo.
- **Y.** Coordinata Y del nodo.
- **Z.** Coordinata Z del nodo.
- **Allineamento.** Tipo di allineamento. Per ciascun nodo esistono 10 tipi di allineamento (9 relativi al posizionamento rispetto all'ingombro del pilastro ed uno relativo al posizionamento rispetto al baricentro dell'elemento).
- **Tipo.** Tipo di nodo. Consente di operare una scelta tra i seguenti tipi di nodo: Libero, Nodo-livello, Nodo-filo fisso.
- **Livello.** Livello di appartenenza del nodo (il campo ha significato solo per nodo di tipo Nodo-livello).
- **Rotazione.** Angolo di rotazione del nodo.
- **Passo mesh.** Passo mesh per la discretizzazione del nodo.
- **Consolidamento.** Tipo di consolidamento applicato al nodo.
- **Materiale.** Tipo di materiale calcestruzzo del nodo.
- **Impalcato.** Impalcato di appartenenza del nodo.

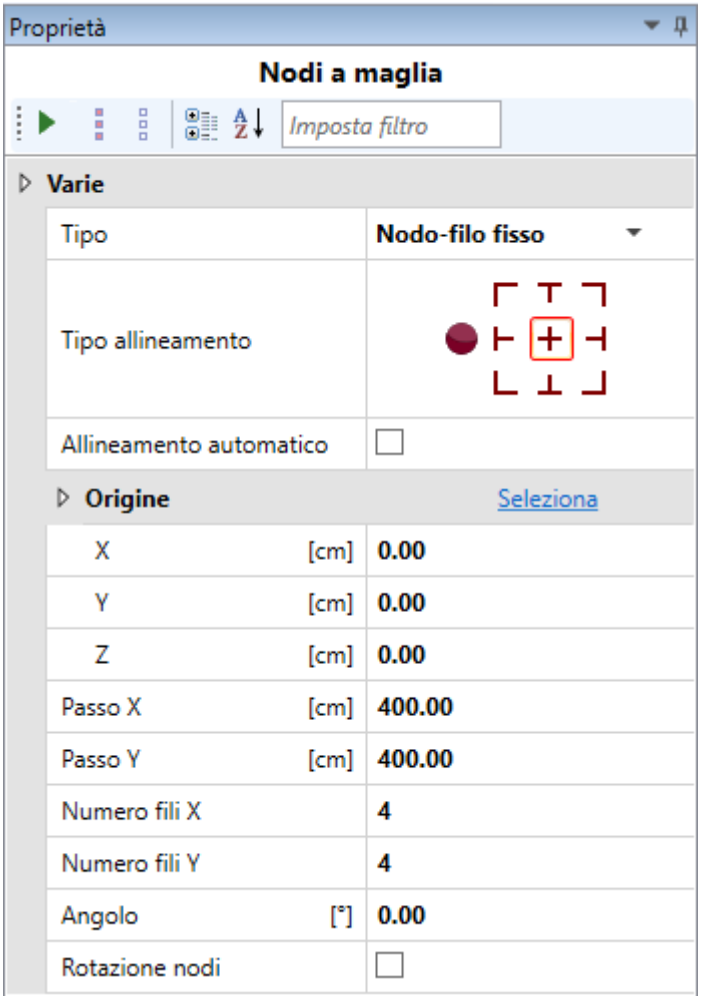
- **Criteri di progetto.** Criterio di progetto per la progettazione del nodo trave-pilastro in CA (il campo ha significato solo per nodo in CA).
- **Escludi dalle verifiche.** Se selezionato permette di escludere il nodo dalle verifiche.
- **Salva risultati NL.** Se selezionato consente di salvare i risultati dell'analisi incrementale.

Fili fissi

Inserisce un insieme di nodi di tipo filo fisso organizzandoli nel piano e creando un numero di copie pari al numero di livelli imputati, secondo 4 modelli : **a maglia, a circonferenza, ad ellisse e a linea**



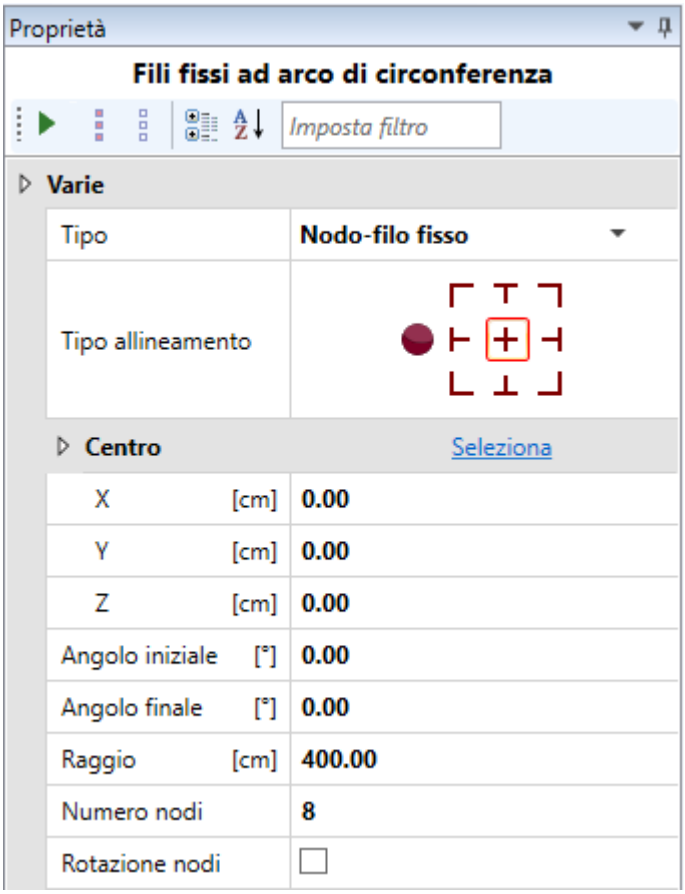
a) Fili a maglia. Cliccare su **Fili a maglia** per inputare nodi secondo una maglia regolare, inputare i seguenti campi della barra delle proprietà e quindi cliccare nello spazio di lavoro o in alternativa cliccare su esegui .



I comandi presenti nella barra delle proprietà sono:

- **Tipo.** Tipo di nodo. Consente di operare una scelta tra i seguenti tipi di nodo: Nodo-livello, Nodo-filo fisso.
- **Tipo allineamento.** Tipo di allineamento. Per ciascun nodo esistono 10 tipi di allineamento.
- **Allineamento automatico.** Selezionare per allineamento automatico dei nodi.
- **X.** Coordinata X dell'origine.
- **Y.** Coordinata Y dell'origine.
- **Z.** Coordinata Z dell'origine.
- **Passo X.** Dimensione in direzione X della maglia.
- **Passo Y.** Dimensione in direzione Y della maglia.
- **Numero fili X.** Numero di nodi da disporre lungo l'asse X.
- **Numero fili Y.** Numero di nodi da disporre lungo l'asse Y.
- **Angolo.** Angolo del quale ruotare la maglia rispetto all'asse X (positiva la rotazione antioraria).
- **Rotazione nodi.** Se attivato assegna ai fili la stessa rotazione del campo "Angolo".

b) Fili a circonferenza. Cliccare su **Fili a circonferenza** per inputare nodi secondo un arco di circonferenza, inputare i seguenti campi della barra delle proprietà e quindi cliccare nello spazio di lavoro o in alternativa cliccare sul pulsante esegui .

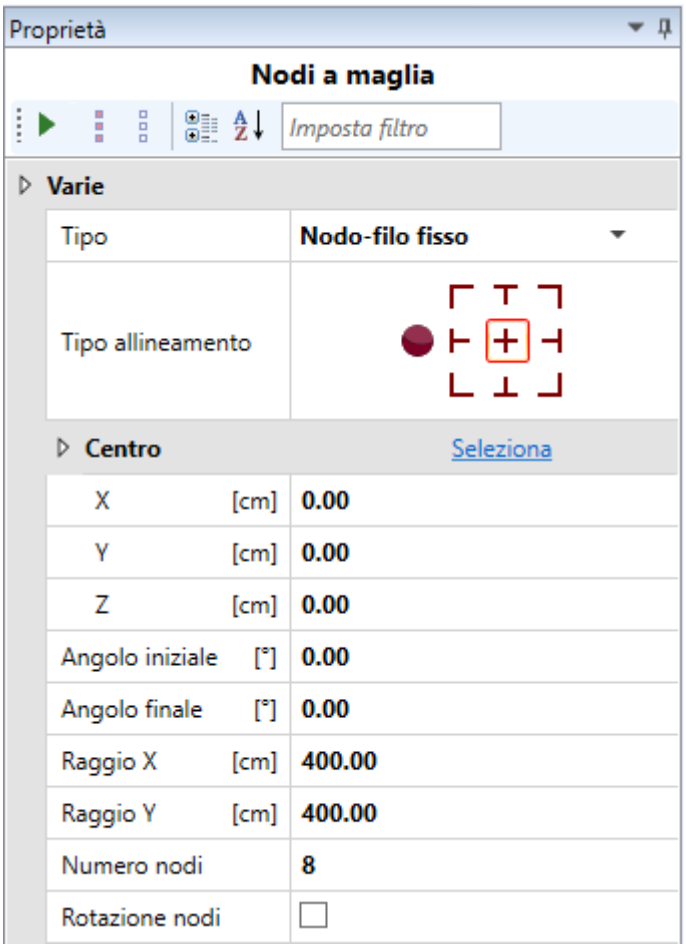


I comandi presenti nella barra delle proprietà sono:

- **Tipo.** Tipo di nodo. Consente di operare una scelta tra i seguenti tipi di nodo: Nodo-livello, Nodo-filo fisso.
- **Tipo allineamento.** Tipo di allineamento. Per ciascun nodo esistono 10 tipi di allineamento.
- **X.** Coordinata X dell'origine.
- **Y.** Coordinata Y dell'origine.

- **Z.** Coordinata Z dell'origine.
- **Angolo iniziale.** Angolo iniziale dell'arco.
- **Angolo finale.** Angolo finale dell'arco.
- **Raggio.** Raggio della circonferenza.
- **Numero di nodi.** Numero di nodi da disporre lungo l'arco.
- **Rotazione nodi.** Se attivato assegna ai fili iniziale e finale la rotazione del corrispondente campo "Angolo", e per i nodi interni allo sviluppo dell'arco una rotazione progressiva.

c) **Fili ad ellisse**. Cliccare su **Fili ad ellisse** per inputare nodi secondo un arco di ellisse, inputare i seguenti campi della barra delle proprietà e quindi cliccare nello spazio di lavoro o in alternativa cliccare sul pulsante esegui .

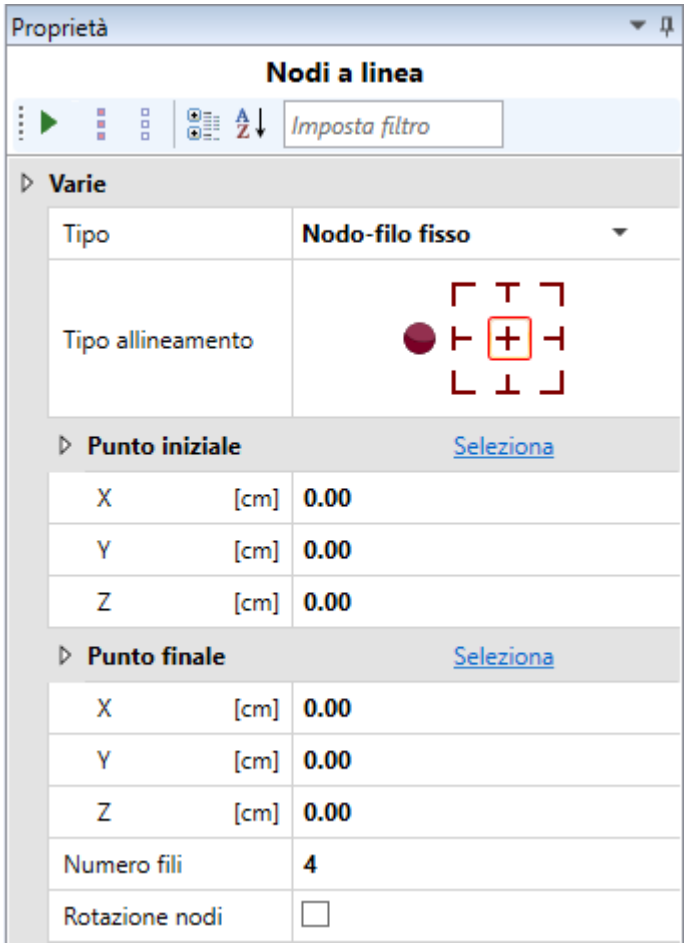


I comandi presenti nella barra delle proprietà sono:

- **Tipo.** Tipo di nodo. Consente di operare una scelta tra i seguenti tipi di nodo: Nodo-livello, Nodo-filo fisso.
- **Tipo allineamento.** Tipo di allineamento. Per ciascun nodo esistono 10 tipi di allineamento.
- **X.** Coordinata X dell'origine.
- **Y.** Coordinata Y dell'origine.
- **Z.** Coordinata Z dell'origine.
- **Angolo iniziale.** Angolo iniziale dell'arco.
- **Angolo finale.** Angolo finale dell'arco.
- **Raggio X.** Semiasse dell'ellisse in direzione X.
- **Raggio Y.** Semiasse dell'ellisse in direzione Y.
- **Numero di nodi.** Numero di nodi da disporre lungo l'arco.

- **Rotazione nodi.** Se attivato assegna ai fili iniziale e finale la rotazione del corrispondente campo "Angolo" , e per i nodi interni allo sviluppo dell'arco una rotazione progressiva.

d) Fili a Linea. Cliccare su **Fili a Linea** per inputare nodi lungo una linea, inputare i seguenti campi della barra delle proprietà e quindi cliccare nello spazio di lavoro o in alternativa cliccare sul pulsante esegui .



Le proprietà presenti nella barra sono le seguenti:

- **Tipo.** Tipo di nodo. Consente di operare una scelta tra i seguenti tipi di nodo: Nodo-livello, Nodo-filo fisso.
- **Tipo allineamento.** Tipo di allineamento. Per ciascun nodo esistono 10 tipi di allineamento.
- **X Punto Iniziale.** Coordinata X del primo nodo.
- **Y Punto Iniziale.** Coordinata Y del primo nodo.
- **Z Punto Iniziale.** Coordinata Z del primo nodo.
- **X Punto finale.** Coordinata X dell'ultimo nodo.
- **Y Punto finale.** Coordinata Y dell'ultimo nodo.
- **Z Punto finale.** Coordinata Z dell'ultimo nodo.
- **Numero fili**. Numero complessivo di nodi da disporre.
- **Rotazione nodi.** Se attivato assegna ai fili la stessa rotazione del corrispondente campo della congiungente i nodi iniziale e finale.

Allinea

La funzione consente di allineare uno o più nodi secondo due modalità:

- **Proietta su piano**: modifica la coordinata Z dei nodi selezionati;
- **Allinea su retta**: proietta i punti su una retta orientata nello spazio.

Nel caso di "Proietta su piano" è chiaramente non valido il piano verticale.

I passi da seguire per l'utilizzo della funzione sono:

1. Selezionare i nodi da allineare e cliccare il tasto destro del mouse per confermare;
2. Scegliere la modalità di allineamento (Proietta su piano, Allinea su retta);
3. Selezionare una direzione con 2 click sui nodi o un piano con 3 click.

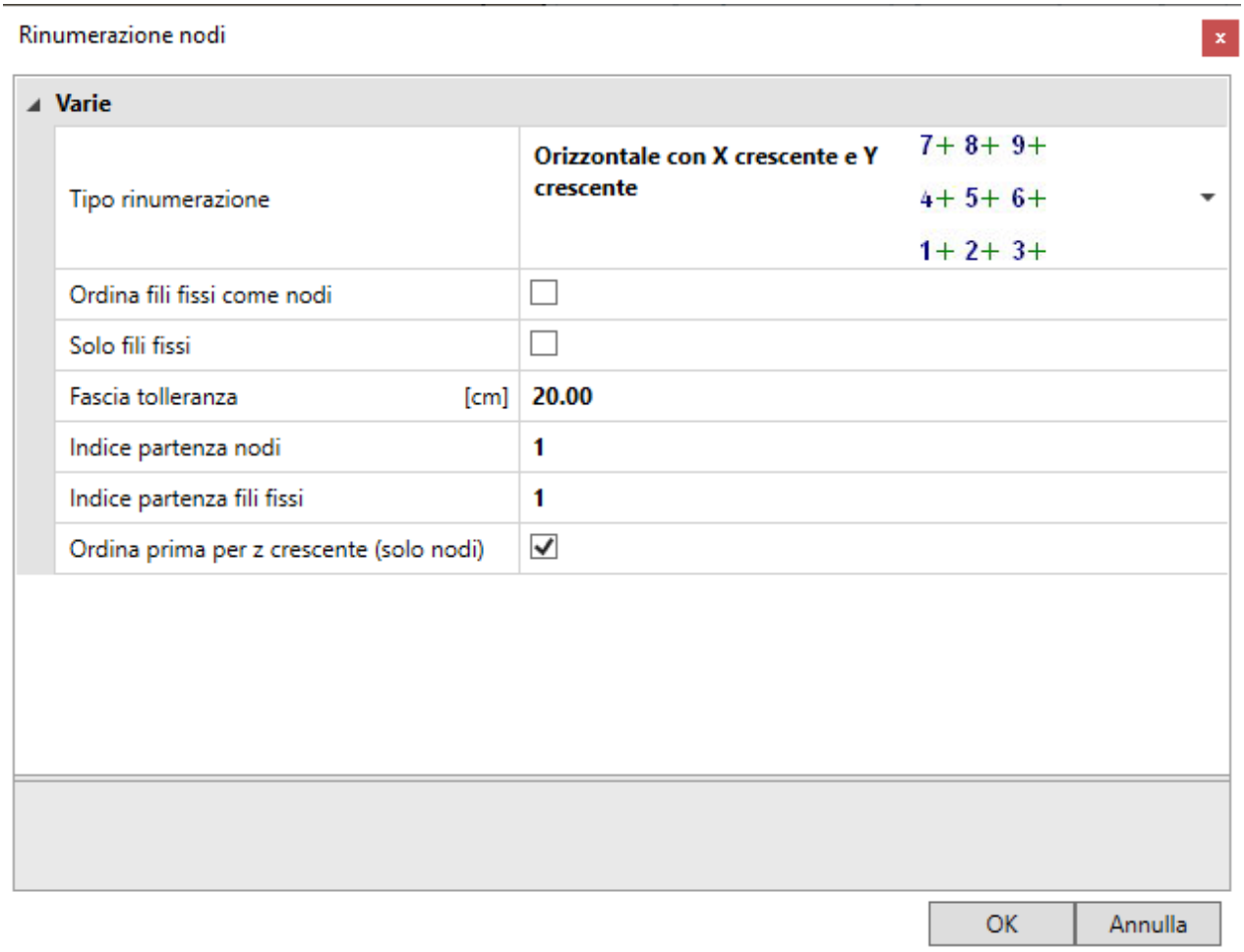
Nel caso di "Allinea su retta" verrano utilizzati solo i primi due punti della definizione della poligonale.

Sposta

La funzione consente di spostare un nodo rispetto ad un altro, attribuendo delle distanza relative rispetto al nodo di riferimento.

Rinumera

La funzione consente di numerare i nodi secondo varie regole di rinumerazione.



I diversi tipi sono:

- **Orizzontale**
  - con X e Y crescenti
  - con X crescente e Y decrescente

- **Verticale**
  - con X e Y crescenti
  - con X crescente e Y decrescente
- **Manuale**

I parametri comuni ai vari tipi di rinumerazione sono:

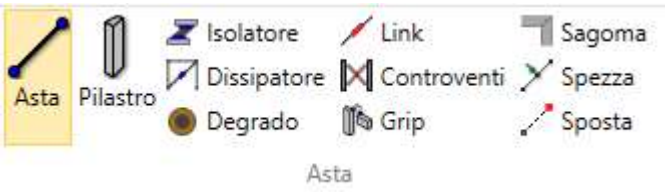
- **Ordina fili fissi come nodi**: esegue la rinumerazione di tutti i tipi di nodi senza applicare filtri;
- **Fascia di tolleranza**: dimensione della fascia di tolleranza da utilizzare per la numerazione;
- **Indice partenza nodi**: valore dell'indice dal quale partire (nodi);
- **Indice partenza fili fissi**: valore dell'indice dal quale partire (nodi di tipo Filo Fisso)
- **Ordina prima per Z crescente (solo nodi)**.

Nel caso si utilizzi uno dei metodi non manuali è possibile scegliere di rinumerare solo i Fili Fissi (attivare prorpietà "Solo fili fissi").
Nel caso di rinumerazione "manuale" dopo il click sul pulsante "OK" è necessario selezionare i nodi nell'ordine esatto di numerazione voluta.

3.1.4.3 Aste

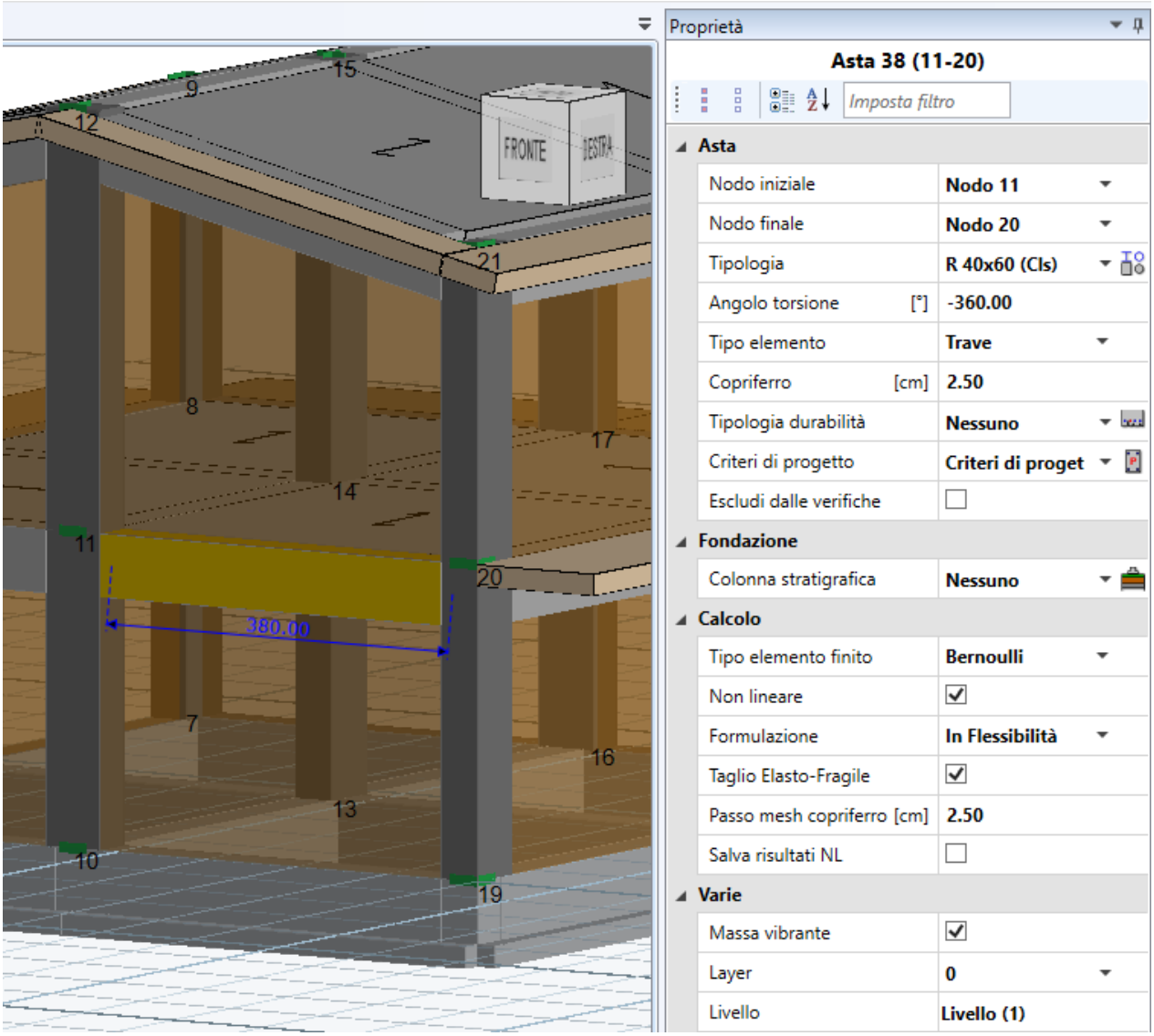
Aste

E' il menu per la gestione delle operazioni di input sugli elementi monodimensionali e sui dissipatori.



Asta 

Cliccare su **"Asta"** per selezionare o inserire aste fra due o più nodi. Attraverso i campi della barra proprietà e possibile personalizzare le caratteristiche delle aste.



La barra delle proprietà fornisce informazioni sull'asta e consente di effettuare operazioni di input o di modifica dei suoi parametri.

Asta

- **Nodo iniziale**. Nodo iniziale dell'asta;
- **Nodo finale**. Nodo finale dell'asta;
- **Tipologia**. Tipologia di sezione assegnata all'elemento fra quelle definite nell' apposito editor;
- **Angolo torsione**. Angolo di torsione dell'elemento rispetto al proprio asse;
- **Tipo elemento**. Consente di definire l'elemento come tipo Trave, Pilastro, Arcareccio, Controvento, Travatura reticolare, Tirante, Accoppiamento pareti, Collegamento plinti, Mensola;
- **Copriferro**. Spessore del copriferro;
- **Tipologia durabilità**. Consente di progettare l'elemento assegnando o meno una classe di durabilità. Opzioni: nessuna oppure una delle classi di durabilità definite nell' apposito editor;
- **Criterio di progetto**. Consente di assegnare un criterio di progetto fra quelli definiti nell' apposito editor;
- **Escludi dalle verifiche**. Selezionare se si desidera che l'elemento non venga sottoposto a verifiche;

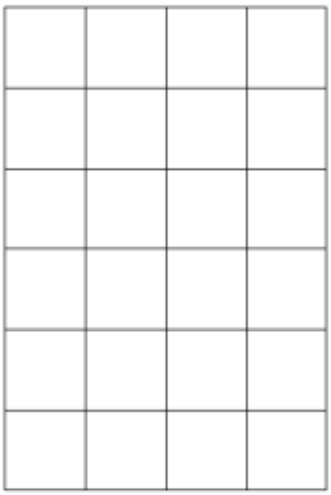
Fondazione

- **Colonna stratigrafica**. Consente di assegnare o meno una determinata stratigrafia di terreno (opzione da assegnare solo nel caso in cui l'elemento è definito come trave di fondazione). Opzioni: nessuna oppure una delle colonne stratigrafiche definite nell' apposito editor;

- **Interazione terreno struttura** (disponibile per solutore elementi discreti): scelta tra:
  - **Elast./Incastr.**: trave elastica su suolo rigido
  - **Elast./Elast.**: trave elastica su suolo elastico
  - **Elast./Plast.**: trave elastica su suolo non lineare

Calcolo

- **Tipo elemento finito**. Formulazione del modello per elemento. Opzioni: Bernoulli, Truss Lineare, Truss Corotazionale, Bernoulli P-Delta, Bernoulli Corotazionale;
- **Non lineare**. Se attivato applica all'elemento la non linearità meccanica;
- **Opzione Mesh**: a scelta tra "Mesh uniforme" e "Lungo l'altezza";



Mesh uniforme



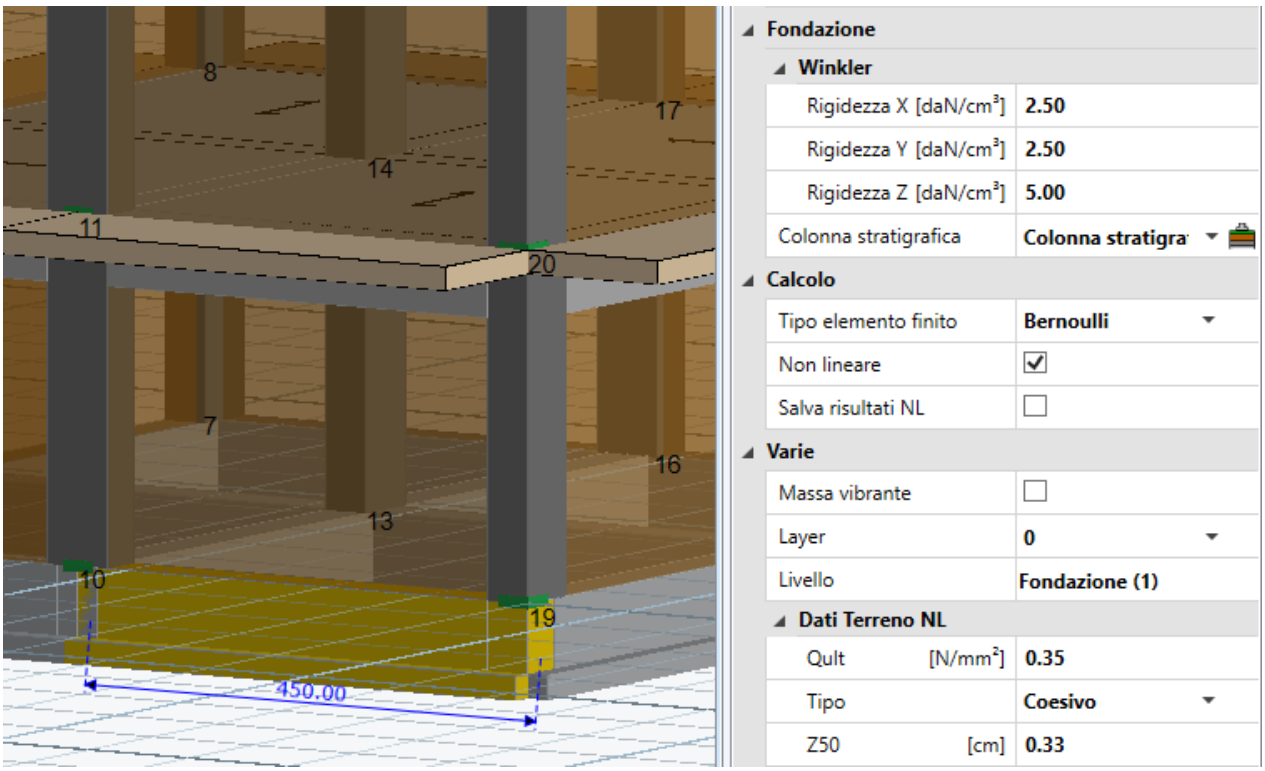
Lungo l'altezza

- **Formulazione**. Nel caso in cui all'elemento sia stata attivata la non linearità meccanica è possibile scegliere tra la formulazione in flessibilità e quella in rigidezza (presente solo per solutore ad elementi finiti);
- **Formulazione materiale**. Nel caso di elemento "Truss" (sia lineare che corotazionale) è possibile scegliere la formulazione del materiale. Opzioni presenti: Bilatero, Solo compressione, Solo trazione;
- **Passo Fibre cop.**. Passo mesh delle fibre del calcestruzzo del copriferro;
- **Salva risultati NL**: scelta tra "Tutti gli step" e "Tutti gli step con dettaglio": nel caso di "dettaglio" consente di visualizzare i risultati su ogni fibra della sezione;
- **Massa vibrante**: Se selezionata considera la massa dell'elemento inclusa nelle analisi dinamiche;
- **Opzione verifica**: scelta tra "Classico" (metodo analitico) e "A fibre" (modellazione FEM a fibre).

Varie

- **Layer**. Consente di assegnare uno dei layer definiti nell'apposito editor;
- **Livello**. Fornisce indicazioni sul livello di appartenenza dell'elemento selezionato;

Nel caso di aste di fondazione è necessario definire ulteriori parametri rispetto a quelli di una trave di elevazione:



Winkler

- **Rigidezza X**. Modulo di Winkler tangenziale in direzione X;
- **Rigidezza Y**. Modulo di Winkler tangenziale in direzione Y;
- **Rigidezza Z**. Modulo di Winkler normale in direzione Z;

Dati Terreno NL

Nel caso in cui si vuole tenere in considerazione la risposta non-lineare del terreno è necessario attivare il campo "Non lineare" in "Calcolo" e di conseguenza definire i seguenti parametri:

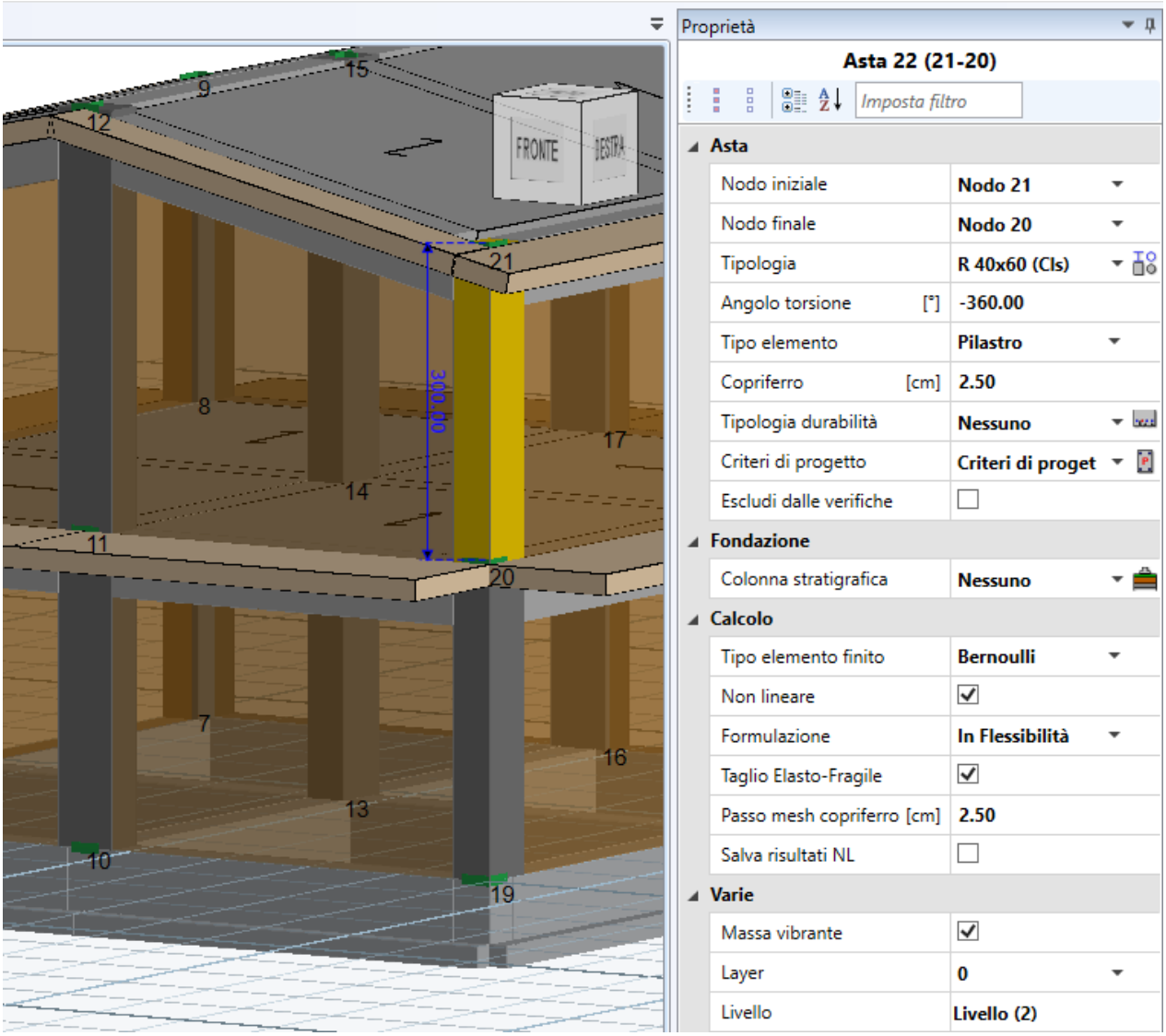
- **Tipo**: scelta tra "Coesivo" e "Granulare"- (solo per solutore ad elementi finiti);
- **Qult**. Carico ultimo;
- **K init**. Rigidezza iniziale del modello iperbolico di Duncan - (solo per solutore ad elementi discreti);
- **Z50**. Cedimento pari al 50% - (solo per solutore ad elementi finiti).

Per una trattazione più approfondita sull'argomento consultare il paragrafo del manuale Fondazione Non-Lineare.

Pilastro

Cliccare su **"Pilastro"** per selezionare o inserire un pilastro. Si ricorda che i pilastri immessi sono riferiti alla quota di testa e sono posizionati sotto quello attivo, per cui al livello "fondazione" non è possibile inserirli.

Per l'introduzione singola dei pilastri è sufficiente cliccare sul nodo di testa se il nodo è di tipo filo fisso, altrimenti collegare due nodi con elementi "Asta" e successivamente modificare il tipo elemento in "Pilastro" nel box delle proprietà. Per l'introduzione multipla di pilastri aventi stessa sezione è necessario racchiudere i fili fissi desiderati all'interno del "box di selezione". Tale operazione si effettua tenendo premuta la combinazione tasto sinistro del mouse, da destra verso sinistra per modalità intercetta, da sinistra verso destra per modalità contenuto, e il tasto "Ctrl" della tastiera. Attraverso i campi della barra proprietà è possibile personalizzare le caratteristiche dei pilastri.



La barra delle proprietà fornisce informazioni sul pilastro e consente di effettuare operazioni di input o di modifica dei suoi parametri.

Asta

- **Nodo iniziale**. Nodo iniziale del pilastro;
- **Nodo finale**. Nodo finale del pilastro;
- **Tipologia**. Tipologia di sezione assegnata all'elemento fra quelle definite nell' apposito editor;
- **Angolo di torsione**. Angolo di torsione dell'elemento rispetto al proprio asse;
- **Tipologia elemento**. Consente di definire l'elemento come tipo Trave, Pilastro, Arcareccio, Controvento, Travatura reticolare, Tirante, Accoppiamento pareti, Collegamento plinti, Mensola;
- **Copriferro**. Spessore del copriferro;
- **Tipologia durabilità**. Consente di progettare l'elemento assegnando o meno una classe di durabilità. Opzioni: nessuna oppure una delle classi di durabilità definite nell' apposito editor;
- **Criterio di progetto**. Consente di assegnare un criterio di progetto fra quelli definiti nell'apposito editor;
- **Escludi dalle verifiche**. Selezionare se si desidera che l'elemento non venga sottoposto a verifiche;

Fondazione

- **Colonna stratigrafica**. Consente di assegnare o meno una determinata stratigrafia di terreno (opzione da assegnare solo nel caso in cui l'elemento è definito come trave di fondazione). Opzioni: nessuna oppure una colonne stratigrafiche definite nell' apposito editor;

Calcolo

- **Tipo elemento finito**. Formulazione del modello per elemento. Opzioni: Bernoulli, Truss Lineare, Truss Corotazionale, Bernoulli P-Delta;
- **Non lineare**. Se attivato applica all'elemento la non linearità meccanica;
- **Formulazione**. Nel caso in cui all'elemento sia stata attivata la non linearità meccanica è possibile scegliere tra la formulazione in flessibilità e quella in rigidezza;
- **Formulazione materiale**. Nel caso di elemento truss è possibile scegliere la formulazione del materiale. Opzioni: Bilatero, Solo compressione, Solo trazione;
- **Taglio Elasto-Fragile**. Se attivato applica all'elemento il modello elasto-fragile per il controllo dell'azione di taglio;
- **Passo mesh copriferro**. Passo mesh calcestruzzo presente nella zona copriferro;
- **Salva risultati NL**. Se attivato salva i risultati nell'analisi incrementale;

Varie

- **Massa vibrante**. Se selezionata considera la massa dell'elemento inclusa nelle vibrazioni;
- **Layer**. Consente di assegnare uno dei layer definiti nell'apposito editor;
- **Livello**. Fornisce indicazioni sul livello di appartenenza dell'elemento selezionato;

Isolatore 

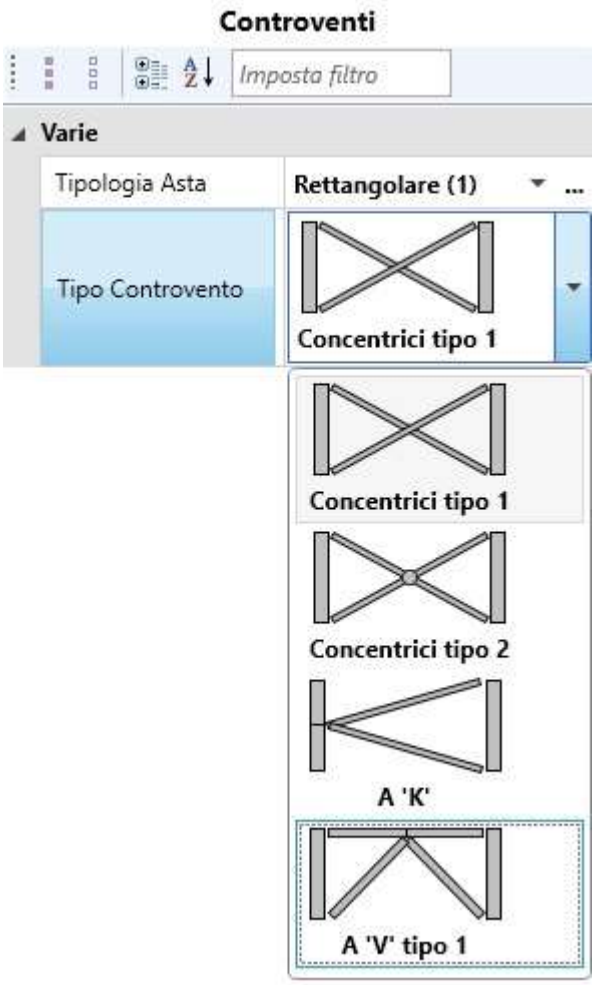
Consente di inputare isolatori nel modello selezionando uno o più nodi di tipo filo fisso.
Consente di selezionare uno o più isolatori inputati nel modello al fine di modificarne le proprietà.

Dissipatore 

Consente di inputare dissipatori nel modello selezionado uno o più nodi.
Consente di selezionare uno o più dissipatori inputati nel modello al fine di modificarne le proprietà.

Controventi 

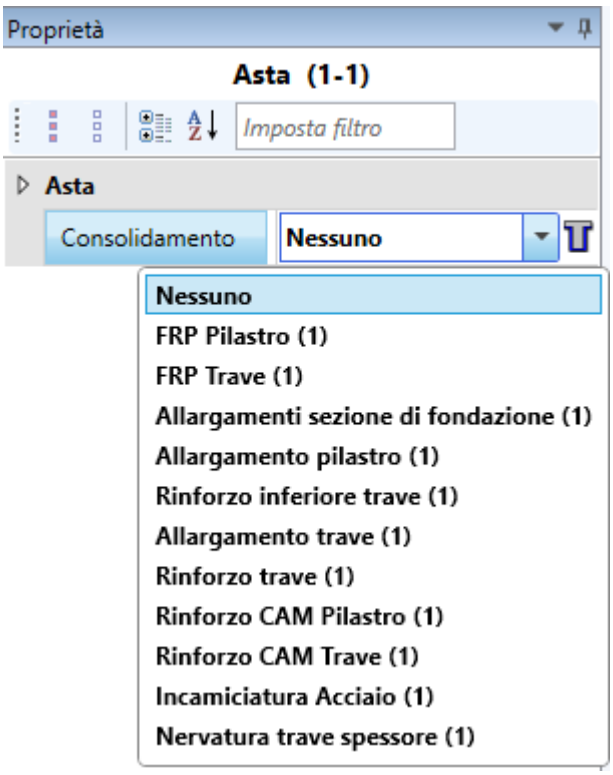
Consente di inserire nel modello dei controventi tra le aste selezionate. Tramite la barra delle proprietà è possibile scegliere la tipologia delle aste di controvento e il tipo di controvento da inserire.



Rinforzi

Bisogna tenere presente che i rinforzi possono essere utilizzati per qualsiasi tipo di calcolo (scelto nell'ambiente "Dati genarali") ad eccezione di **"Struttura nuova"**.

Questo comando consente, una volta selezionate una o più aste, di applicare un rinforzo strutturale. Tramite la barra delle proprietà è possibile scegliere la tipologia di consolidamento da assegnare all'asta selezionata.



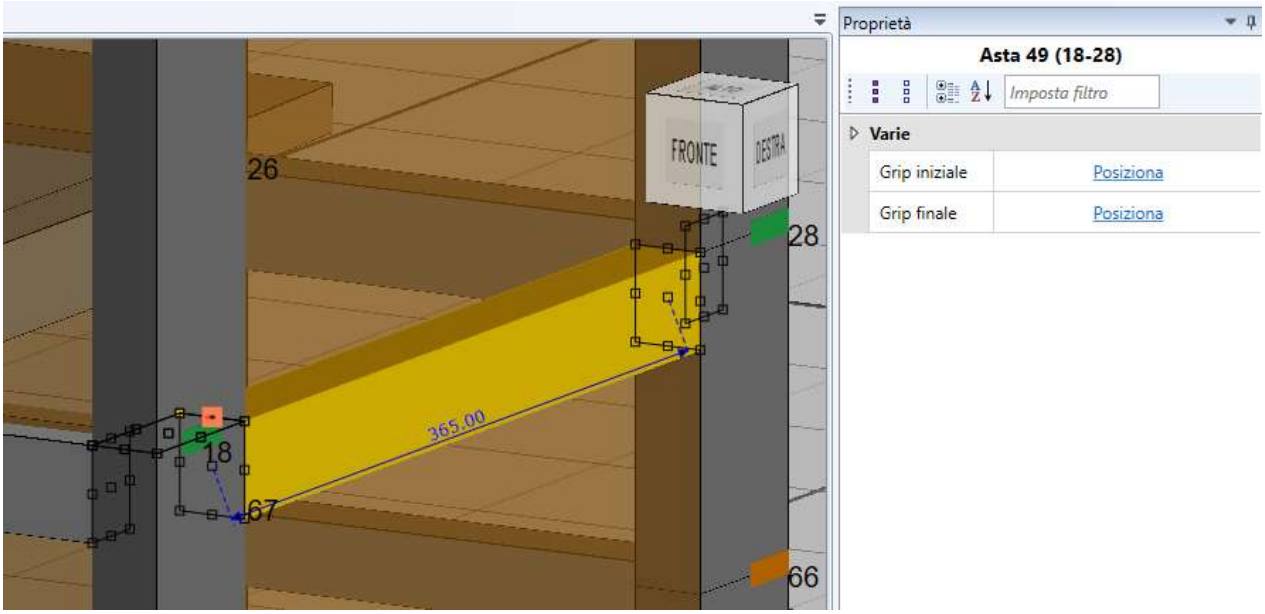
Grip 

Consente di modificare l'aggancio di un'asta ad un'altra.

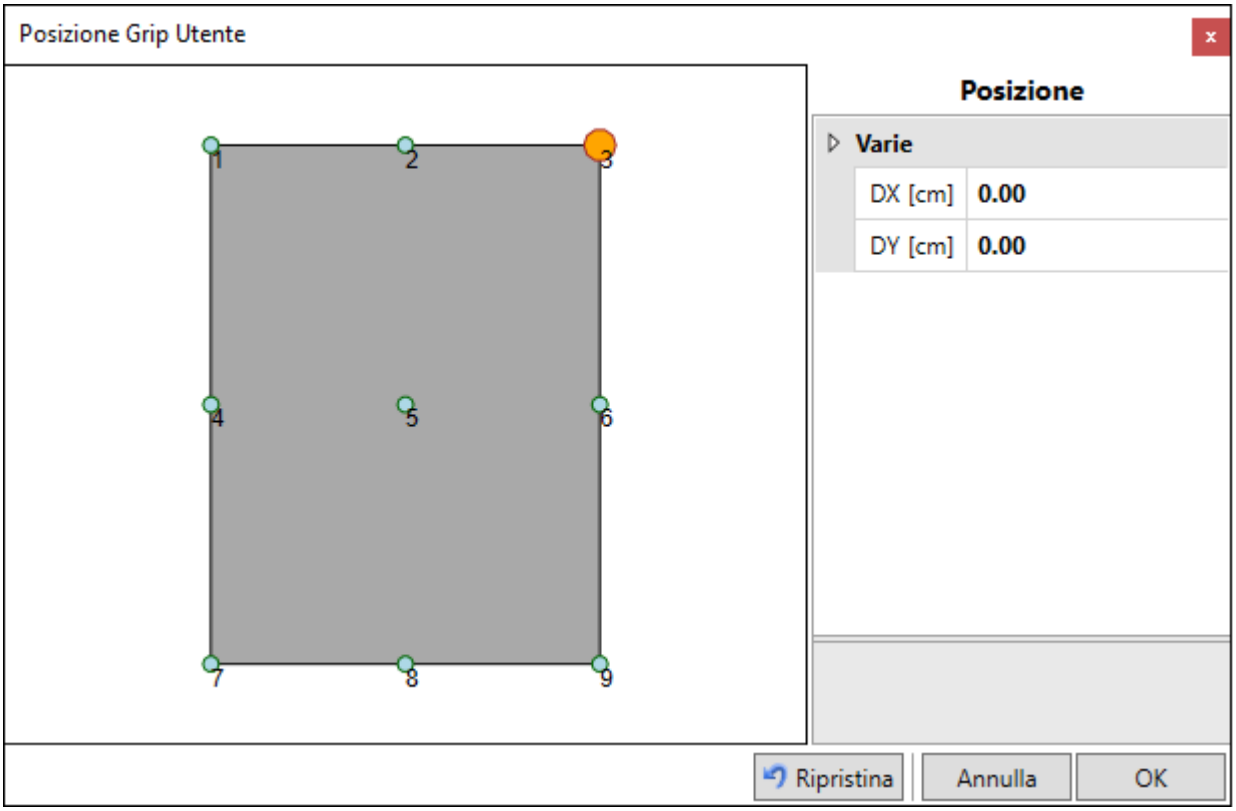
La procedura di modifica prevede i seguenti passi:

1) Cliccare su **"Grip"**;
2) Selezionare l'asta da modificare;
3) Selezionare il punto di grip per l'asta selezionata;
4) Selezionare il punto di grip di destinazione dell'asta nel nodo interessato.

Per ripristinare la posizione predefinita bisogna selezionare l'elemento, cliccare con il tasto destro del mouse e completare scegliendo "Reset posizione".



Tramite la barra delle proprietà è possibile agire direttamente sul grip del nodo finale e iniziale cliccando pul pulsante "Posiziona":



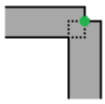
Sagoma



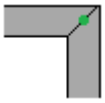
Consente di modificare il criterio di sagomazione degli estremi di un'asta. Le scelte disponibili sono:

- **Automatico**: taglio o intersezione in funzione del criterio automatico scelto dal software (considerando anche i gruppi);
- **Nessuna**: l'estremo non sarà sagomato con alcun taglio o sagomazione (la faccia di chiusura

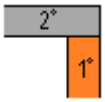
all'estremo sarà ortogonale all'asse dell'asta);



- **Taglia**: entrambe le aste vengono tagliate secondo la bisettrice dell'angolo tra i due assi;



- **Accorcia**: la prima asta scelta verrà tagliata utilizzando il solido della seconda asta scelta;



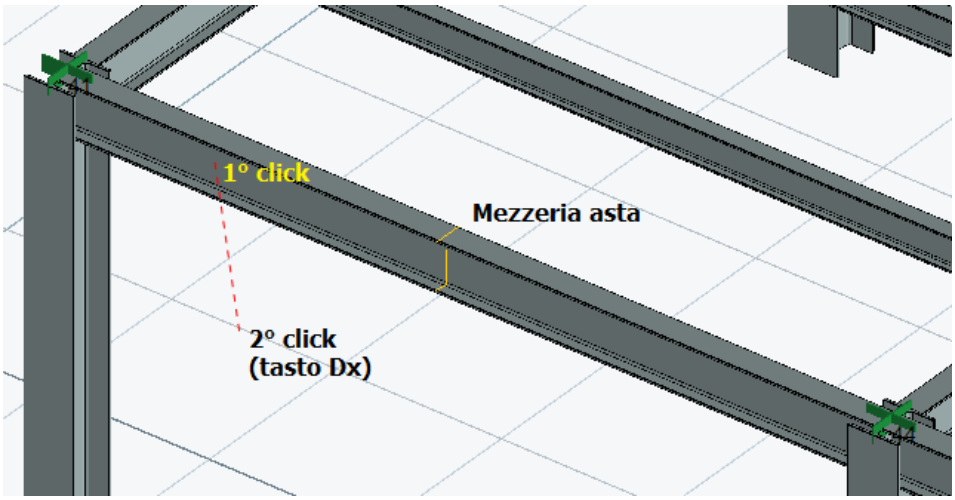
- **Estendi**: allunga/accorcia l'estremo selezionato di una quantità definita dall'utente;



Le scelte disponibili vengono automaticamente filtrate in funzione dalla modalità d'input eseguito:

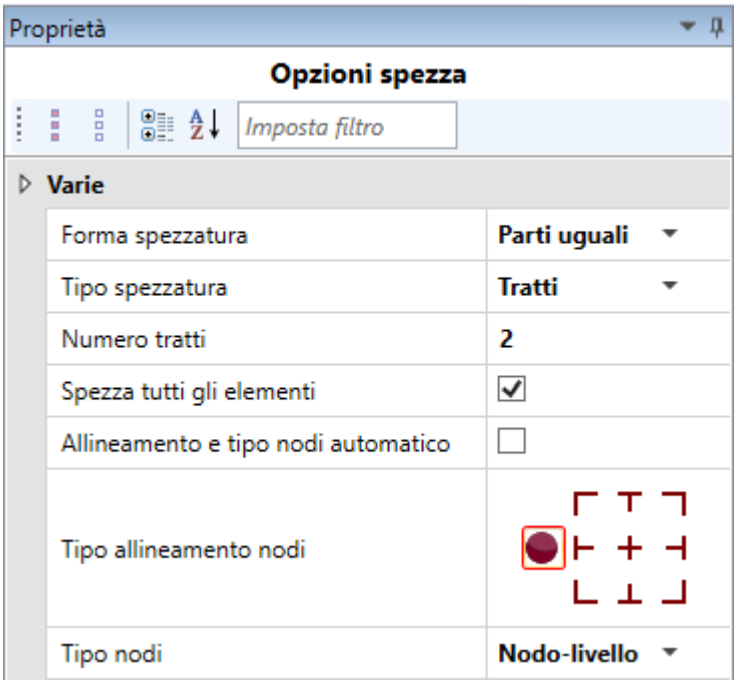
- Selezione di una sola asta
- Selezione di due aste

La selezione dell'asta inizia utilizzando il tasto sinistro del mouse e si completa mediante il tasto destro. Nel caso di scelta di una sola asta la selezione dell'estremo avviene in funzione della posizione in cui il primo click è avvenuto rispetto alla mezzeria dell'asta:



Spezza 

Spezza l'asta selezionata in un numero stabilito di elementi andando a creare un nuovo nodo.
Per spezzare l'elemento è sufficiente selezionare l'elemento voluto dopo aver impostato i parametri di spezzatura nella barra delle proprietà di seguito riportata.

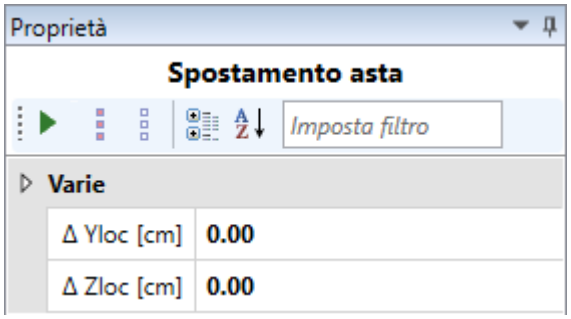


Sposta 

Sposta l'asta selezionata secondo la seguente procedura.

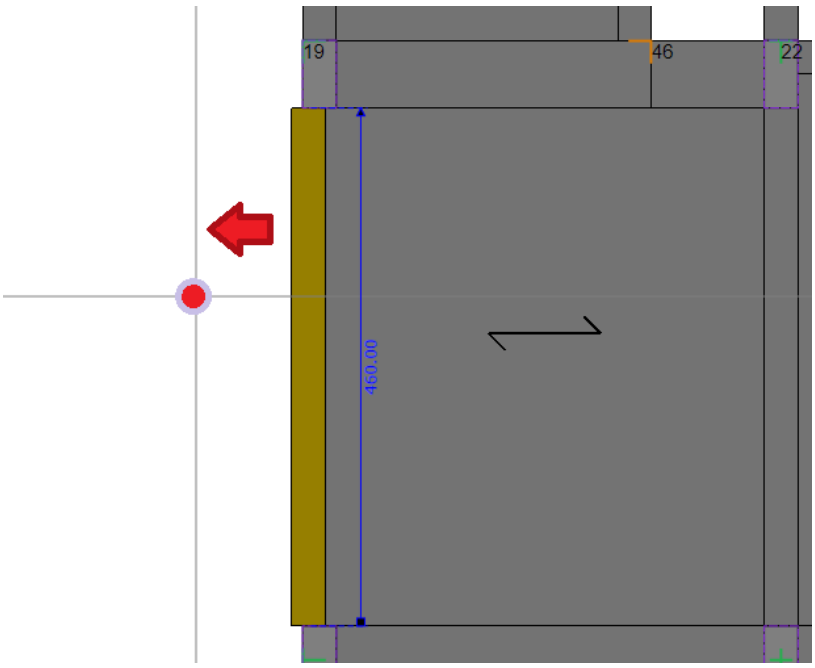
1) Selezionare le aste da spostare;

2) Inserire i valori di spostamento rispetto all'asse;



3) Cliccare sul pulsante esegui  .

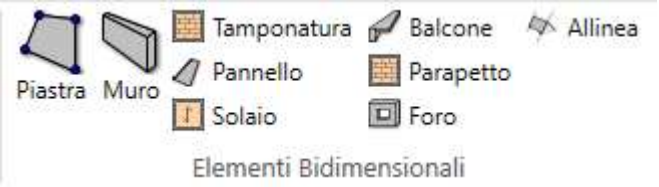
Se siamo posizionati in un "Livello", la funzionalità può essere utilizzata anche in maniera grafica cliccando dal lato verso il quale spostare l'estremo. Per cui, dopo aver impostato (con segno positivo) le lunghezze relative ΔYloc è sufficiente cliccare dal lato desiderato:



3.1.4.4 Elementi bidimensionali

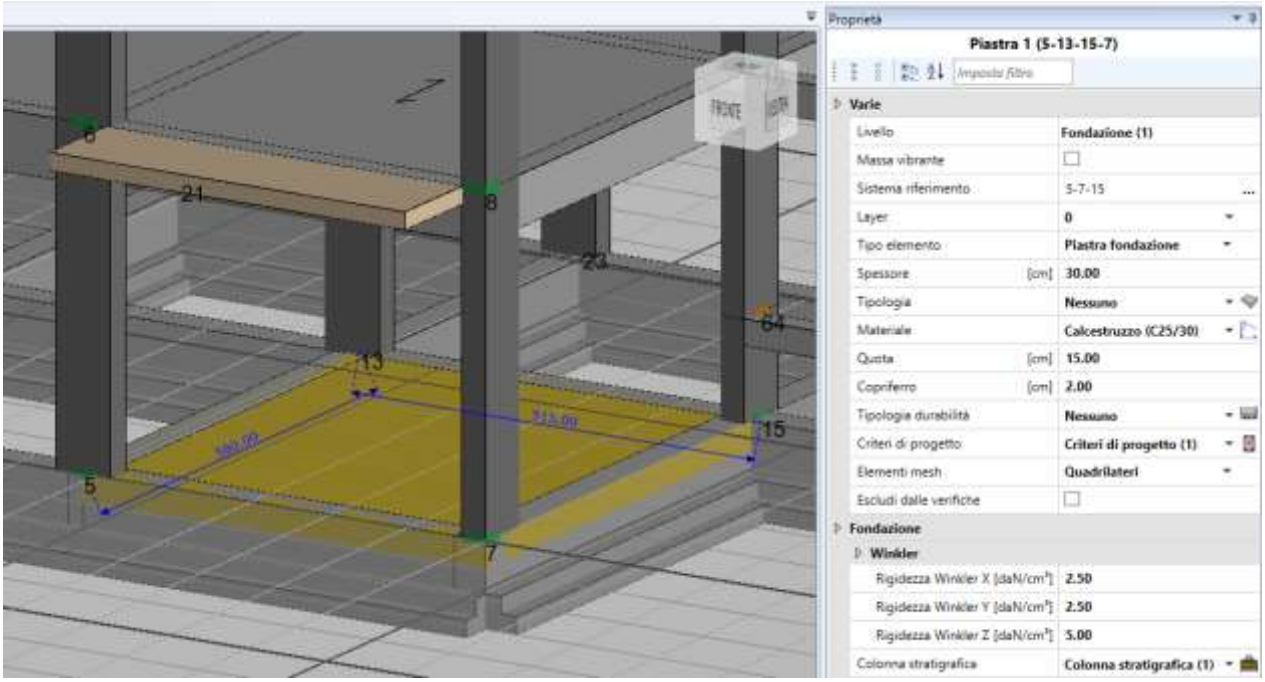
Elementi bidimensionali

E' il menu per la gestione delle operazioni di input sugli elementi bidimensionali.



Piastra 

Consente di inputare nuove piastre nel modello o di selezionarne una o più precedentemente inserite al fine di modificarne le proprietà.



La barra delle proprietà fornisce informazioni sulla piastra e consente di effettuare operazioni di input o di modifica dei parametri.

- **Livello**. Fornisce indicazioni sul livello di appartenenza;
- **Massa vibrante**. Se selezionata considera la massa dell'elemento inclusa nelle vibrazioni;
- **Sistema riferimento**. Indicazioni sul sistema di riferimento locale alla piastra;
- **Layer**. Consente di assegnare uno dei layer definiti nell'apposito editor;
- **Tipo elemento**. Consente di definire il tipo di elemento come tipo "Piastra elevazione" oppure "Piastra fondazione";
- **Spessore.** Spessore della parete;
- **Materiale.** Materiale calcestruzzo da assegnare tra quelli definiti nell' apposito editor;
- **Quota.** Quota;
- **Copriferro**. Spessore del copriferro;
- **Tipologia durabilità**. Consente di progettare l'elemento assegnando o meno una classe di durabilità. Opzioni: nessuna oppure una delle classi di durabilità definite nell' apposito editor;
- **Criteri di progetto**. Consente di assegnare un criterio di progetto fra quelli definiti nell' apposito editor;
- **Tipo mesh**. Tipo di elemeto mesh utilizzato per la discretizzazione. Opzioni: triangoli o quadrilateri;
- **Escludi dalle verifiche**. Selezionare se si desidera che l'elemento non venga sottoposto a verifiche;
- **Colonna stratigrafica**. Consente di assegnare o meno una determinata stratigrafia di terreno (opzione presente solo nel caso di piastra di fondazione). Opzioni: nessuna oppure una delle colonne stratigrafiche definite nell'apposito editor;
- **Salva risultati NL**: scelta tra "Tutti gli step" e "Tutti gli step con dettaglio": nel caso di "dettaglio" consente di visualizzare i risultati su ogni fibra della sezione.

Winkler

- **Kw X**. Modulo di Winkler tangenziale in direzione X;
- **Kw Y**. Modulo di Winkler tangenziale in direzione Y;
- **Kw Z**. Modulo di Winkler normale in direzione Z;

Dati Terreno NL

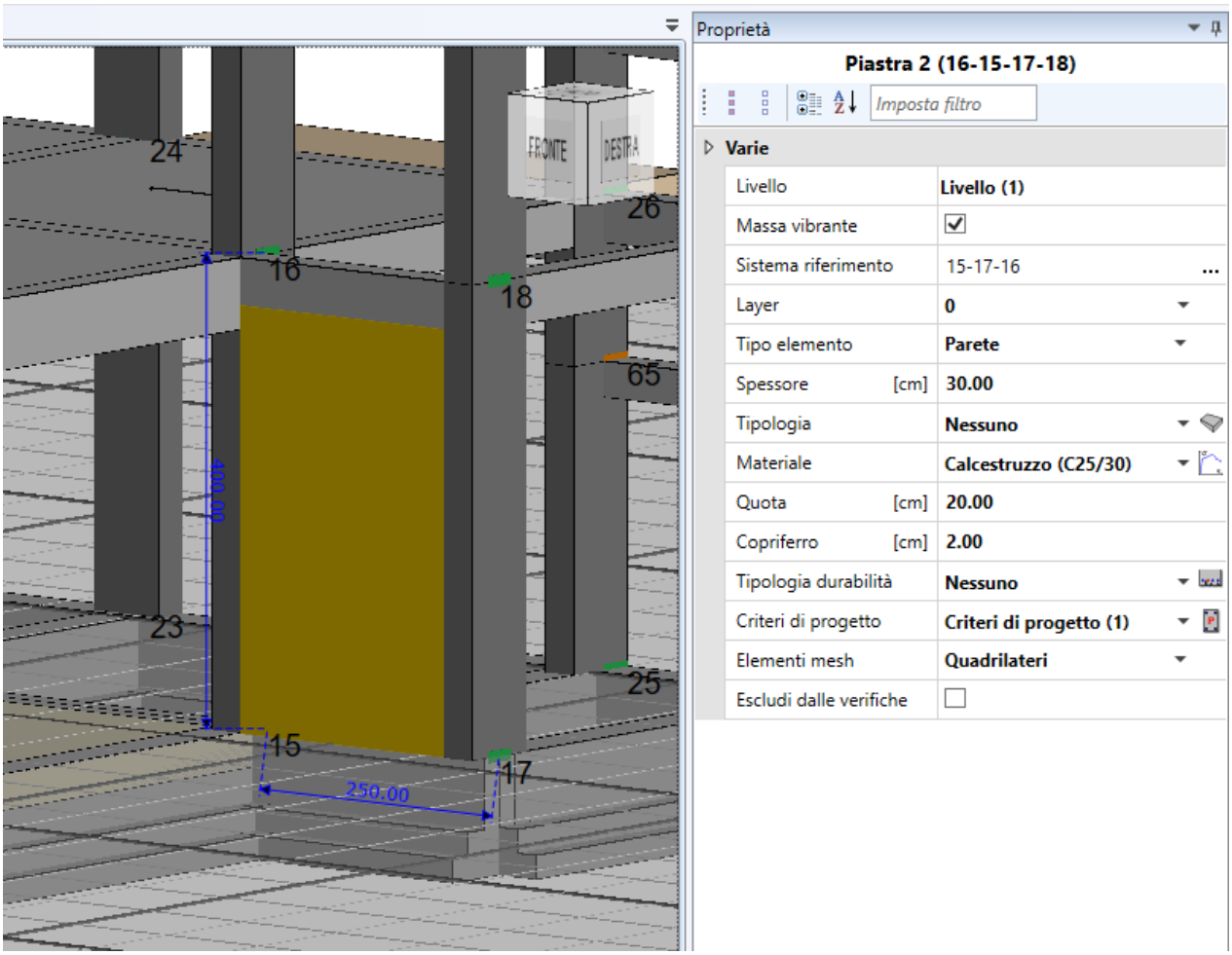
Nel caso in cui si vuole tenere in considerazione la risposta non-lineare del terreno è necessario attivare il campo "Non lineare" in "Calcolo" e di conseguenza definire i seguenti parametri:

- **Qult**. Carico ultimo;
- **K init**. Rigidezza iniziale del modello iperbolico di Duncan - (solo per solutore ad elementi discreti);
- **Z50**. Cedimento pari al 50% - (solo per solutore ad elementi finiti).

Per una trattazione più approfondita sull'argomento consultare il paragrafo del manuale Fondazione Non-Lineare.

Muro 

Consente di inputare nuove pareti strutturali nel modello o di selezionarne una o più precedentemente inserite al fine di modificarne le proprietà.



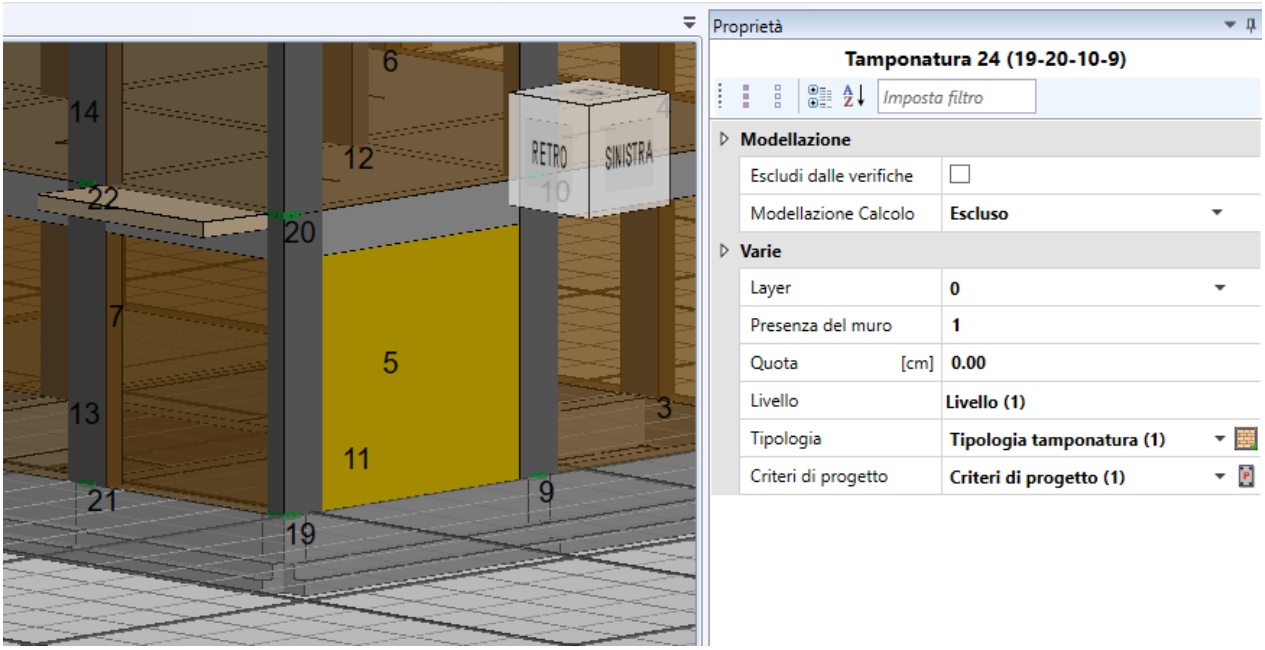
La barra delle proprietà fornisce informazioni sulla parete e consente di effettuare operazioni di input o di modifica dei parametri.

- **Livello**. Fornisce indicazioni sul livello di appartenenza;
- **Massa vibrante**. Se selezionata considera la massa dell'elemento inclusa nelle vibrazioni;
- **Sistema riferimento**. Indicazioni sul sistema di riferimento locale della parete;
- **Layer**. Consente di assegnare uno dei layer definiti nell'apposito editor;
- **Tipo elemento**. Consente di definire il tipo di elemento come tipo "Parete", "Parete dissipativa" o "Parete debolmente armata";
- **Spessore.** Spessore della parete;

- **Materiale.** Materiale calcestruzzo da assegnare tra quelli definiti nell' apposito editor;
- **Quota. Q**uota;
- **Copriferro**. Spessore del copriferro;
- **Tipologia durabilità**. Consente di progettare l'elemento assegnando o meno una classe di durabilità. Opzioni: nessuna oppure una delle classi di durabilità definite nell' apposito editor;
- **Criteri di progetto**. Consente di assegnare un criterio di progetto fra quelli definiti nell' apposito editor;
- **Tipo mesh**. Tipo di elemeto mesh utilizzato per la discretizzazione. Opzioni: triangoli o quadrilateri;
- **Escludi dalle verifiche**. Selezionare se si desidera che l'elemento non venga sottoposto a verifiche.

Tamponatura 

Consente di inputare nuovi tamponamenti nel modello o di selezionarne uno o più precedentemente inseriti al fine di modificarne le proprietà.

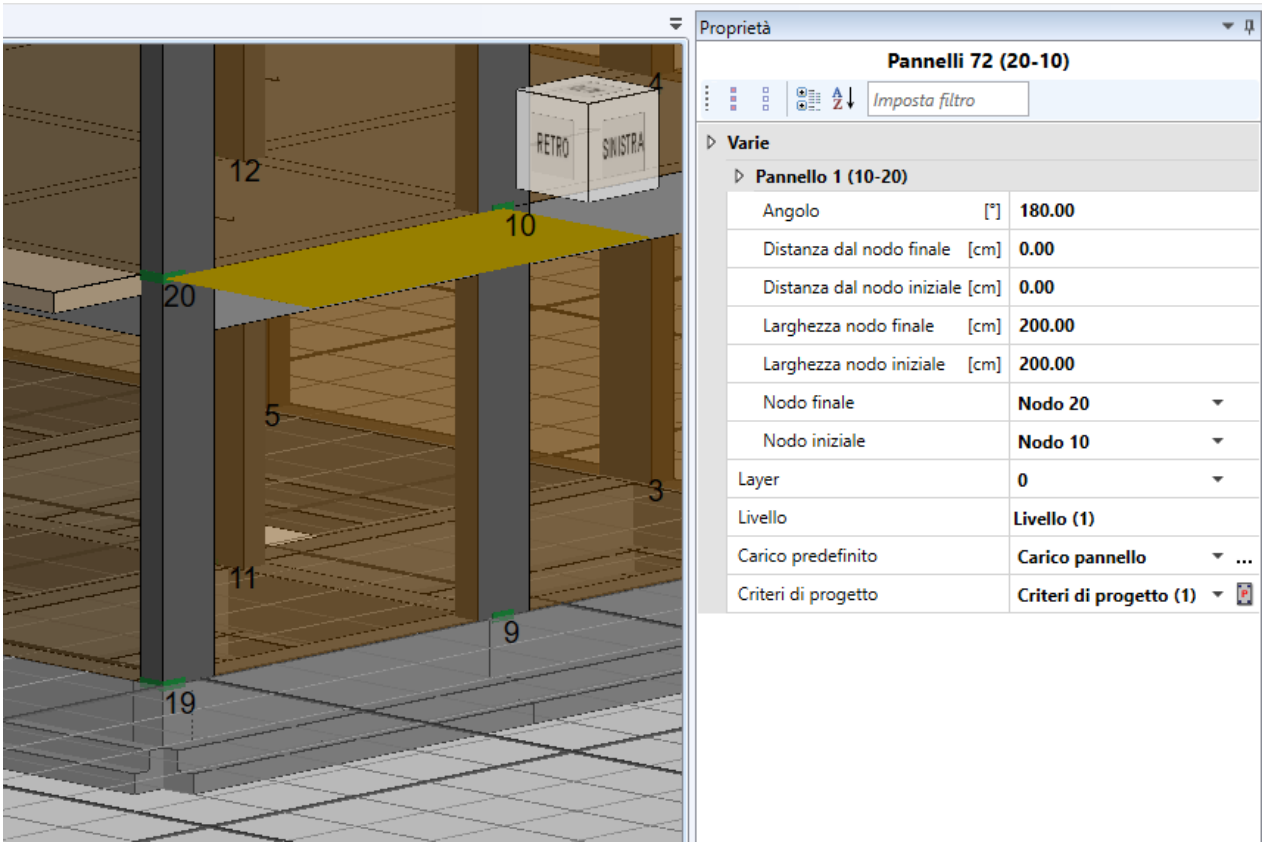


La barra delle proprietà fornisce informazioni sul tamponamento e consente di effettuare operazioni di input o di modifica dei parametri.

- **Layer**. Consente di assegnare uno dei layer definiti nell'apposito editor;
- **Livello**. Fornisce indicazioni sul livello di appartenenza;
- **Presenza del muro**. Percentuale di presenza di un muro. Varia da 0 a 1;
- **Quota.** Quota;
- **Tipologia.** Tipologia di tamponamento da inputare fra quelle definite nell'apposito editor;
- **Criteri di progetto**. Consente di assegnare un criterio di progetto fra quelli definiti nell'apposito editor.
- **Escludi dalle verifiche**. Selezionare se si desidera che l'elemento non venga sottoposto a verifiche;
- **Modellazione Calcolo**. Consente di includere o meno delle bielle nel modello di calcolo della struttura principale. Opzioni: "Escluso" oppure "Lineare";
- **Cordolo orizzontale**
  - **Presente**: se attivato considera la presenza di un cordolo di collegamento;
  - **Quota**: quota dalla base della tamponatura del cordolo di collegamento;
  - **Spessore**: spessore in altezza del cordolo di collegamento.

Pannello

Consente di inputare nuovi Pannelli di carico nel modello o di selezionarne uno o più precedentemente inseriti al fine di modificarne le proprietà.

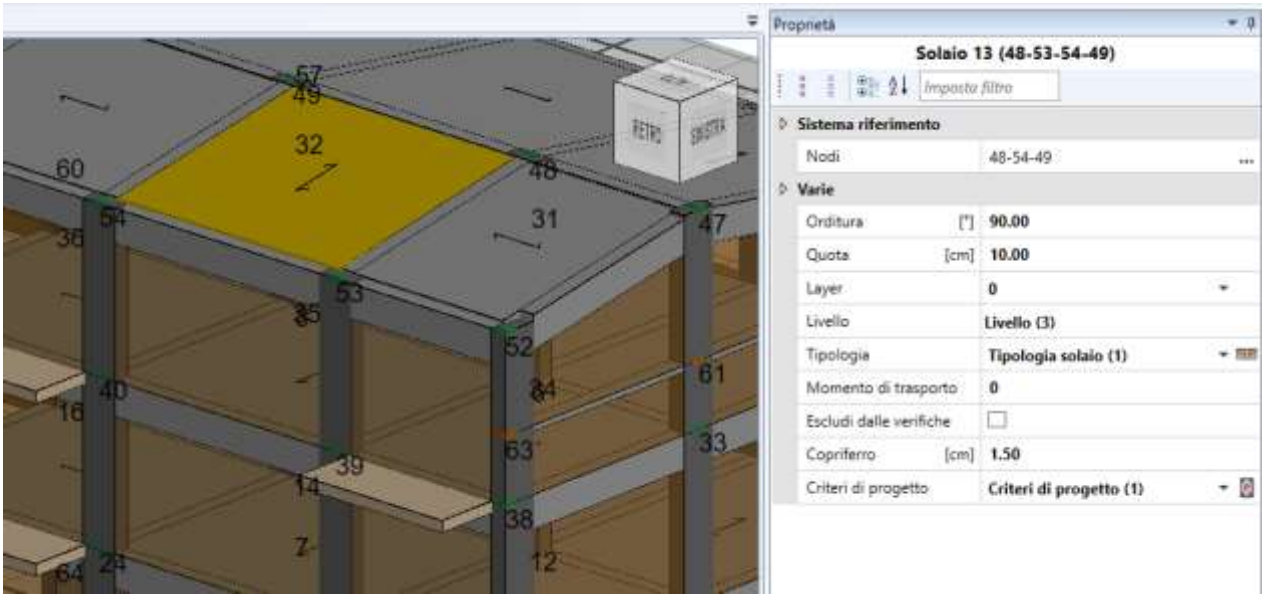


La barra delle proprietà fornisce informazioni sul pannello e consente di effettuare operazioni di input o di modifica dei parametri.

- **Angolo**. Parametro per il posizionamento del pannello;
- **Distanza dal nodo finale**. Distanza del pannello rispetto al nodo finale;
- **Distanza dal nodo iniziale**. Distanza del pannello rispetto al nodo iniziale;
- **Larghezza nodo finale**. Luce del pannello in corrispondenza del nodo finale;
- **Larghezza nodo iniziale**. Luce del pannello in corrispondenza del nodo iniziale;
- **Nodo finale**. Nodo finale del pannello;
- **Nodo iniziale**. Nodo iniziale del pannello;
- **Layer**. Consente di assegnare uno dei layer definiti nell'apposito editor;
- **Livello**. Fornisce indicazioni sul livello di appartenenza;
- **Carico predefinito**. Consente di assegnare un carico predefinito fra quelli definiti nell'apposito editor;
- **Criteri di progetto**. Consente di assegnare un criterio di progetto fra quelli definiti nell'apposito editor.

Solaio

Consente di inputare nuovi solai nel modello o di selezionarne uno o più precedentemente inseriti al fine di modificarne le proprietà.



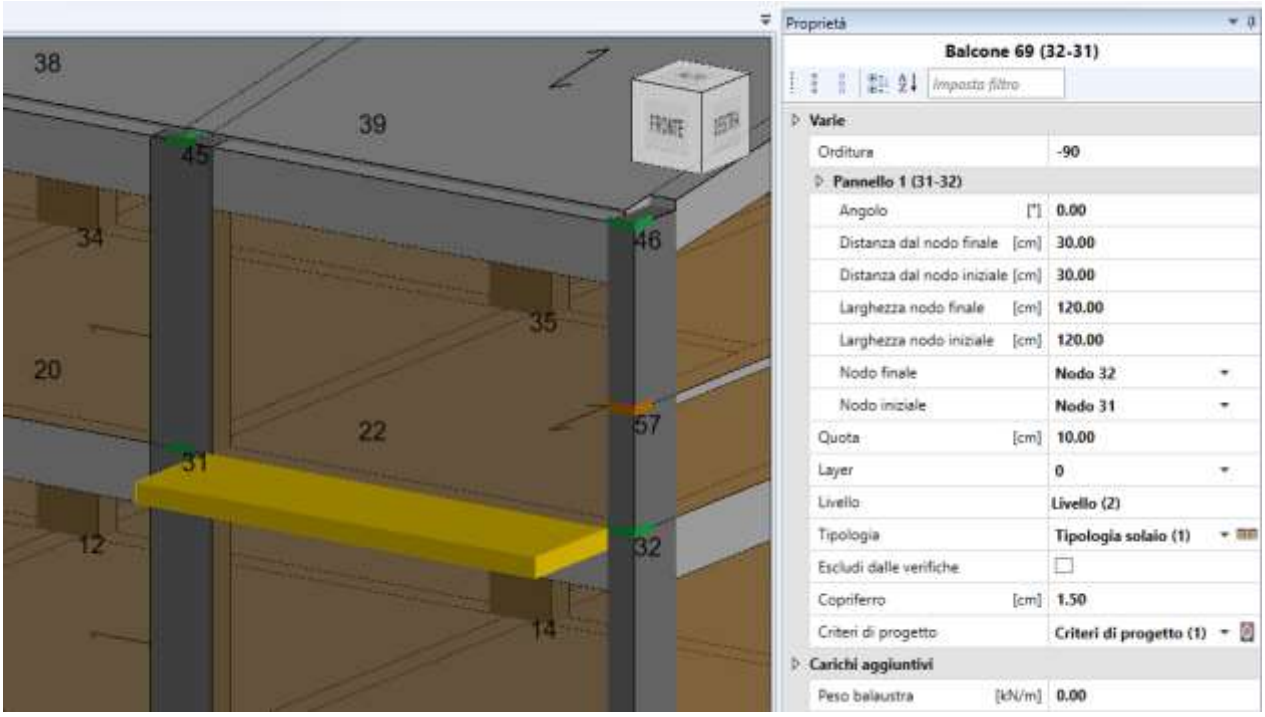
La barra delle proprietà fornisce informazioni sul solaio e consente di effettuare operazioni di input o di modifica dei parametri.

- **Nodi**. Nodi del sistema di riferimento;
- **Orditura**. Orditura dei travetti;
- **Quota**. Quota;
- **Layer**. Consente di assegnare uno dei layer definiti nell'apposito editor;
- **Livello**. Fornisce indicazioni sul livello di appartenenza;
- **Tipologia**. Tipologia di solaio da inputare fra quelle definite nell'apposito editor;
- **Momento di trasporto**. Denominatore del momento di trasporto per considerare diversi gradi di vincolo (carico per lunghezza^2 / denominatore). Il valore zero corrisponde al vincolo cerniera;
- **Escludi dalle verifiche**. Selezionare se si desidera che l'elemento non venga sottoposto a verifiche;
- **Copriferro**. Spessore del copriferro;
- **Criterio di progetto**. Consente di assegnare un criterio di progetto fra quelli definiti nell' apposito editor;
- **Lastra**: se attivato modella il solaio con l'effettiva rigidezza ortotropa;

Nel caso di solutore agli elementi discreti, è possibile modellare l'**effettiva rigidezza** del solaio attivando il campo **"Lastra"** presente nella zona delle proprietà "Calcolo".

Balcone 

Consente di inputare nuovi sbalzi nel modello o di selezionarne uno o più precedentemente inseriti al fine di modificarne le proprietà.

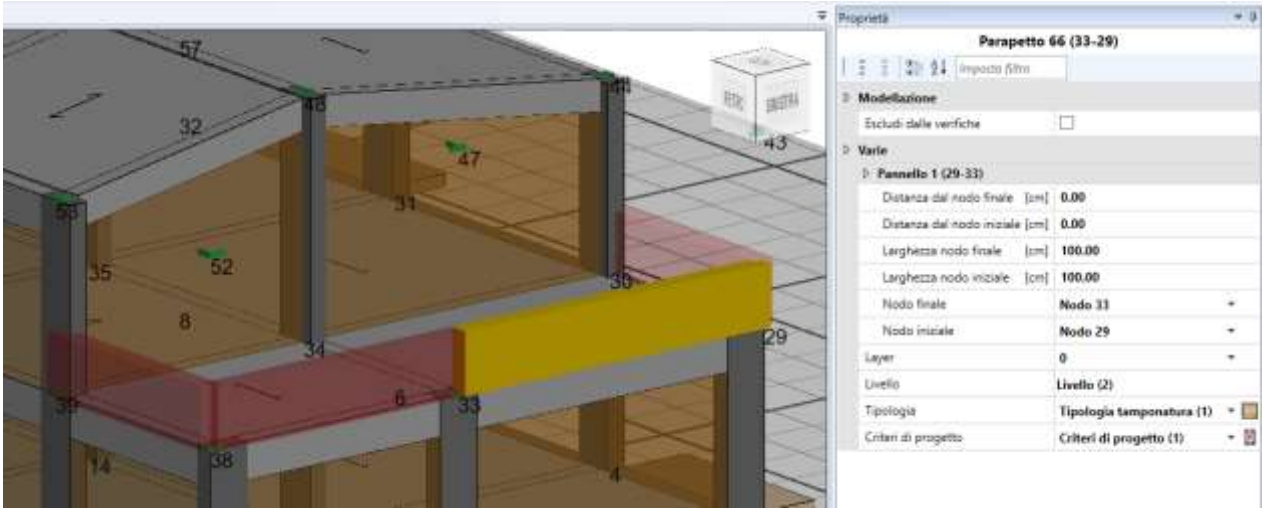


La barra delle proprietà fornisce informazioni sul balcone e consente di effettuare operazioni di input o di modifica dei parametri.

- **Orditura**. Orditura dei travetti;
- **Angolo**. Parametro per il posizionamento del balcone;
- **Distanza dal nodo finale.** Distanza del balcone rispetto al nodo finale;
- **Distanza dal nodo iniziale**. Distanza del balcone rispetto al nodo iniziale;
- **Larghezza nodo finale**. Luce del balcone in corrispondenza del nodo finale;
- **Larghezza nodo iniziale**. Luce del balcone in corrispondenza del nodo iniziale;
- **Nodo finale**. Nodo finale del balcone;
- **Nodo Iniziale**. Nodo iniziale del balcone;
- **Quota**. Quota;
- **Layer**. Consente di assegnare uno dei layer definiti nell'apposito editor;
- **Livello**. Fornisce indicazioni sul livello di appartenenza;
- **Tipologia**. Tipologia di solaio da inputare fra quelle definite nell'apposito editor;
- **Escludi dalle verifiche**. Selezionare se si desidera che l'elemento non venga sottoposto a verifiche;
- **Copriferro**. Spessore del copriferro;
- **Criterio di progetto**. Consente di assegnare un criterio di progetto fra quelli definiti nell' apposito editor;
- **Peso balaustra**. Peso della balaustra sul balcone.

Parapetto 

Consente di inputare nuovi parapetti nel modello o di selezionarne uno o più precedentemente inseriti al fine di modificarne le proprietà.

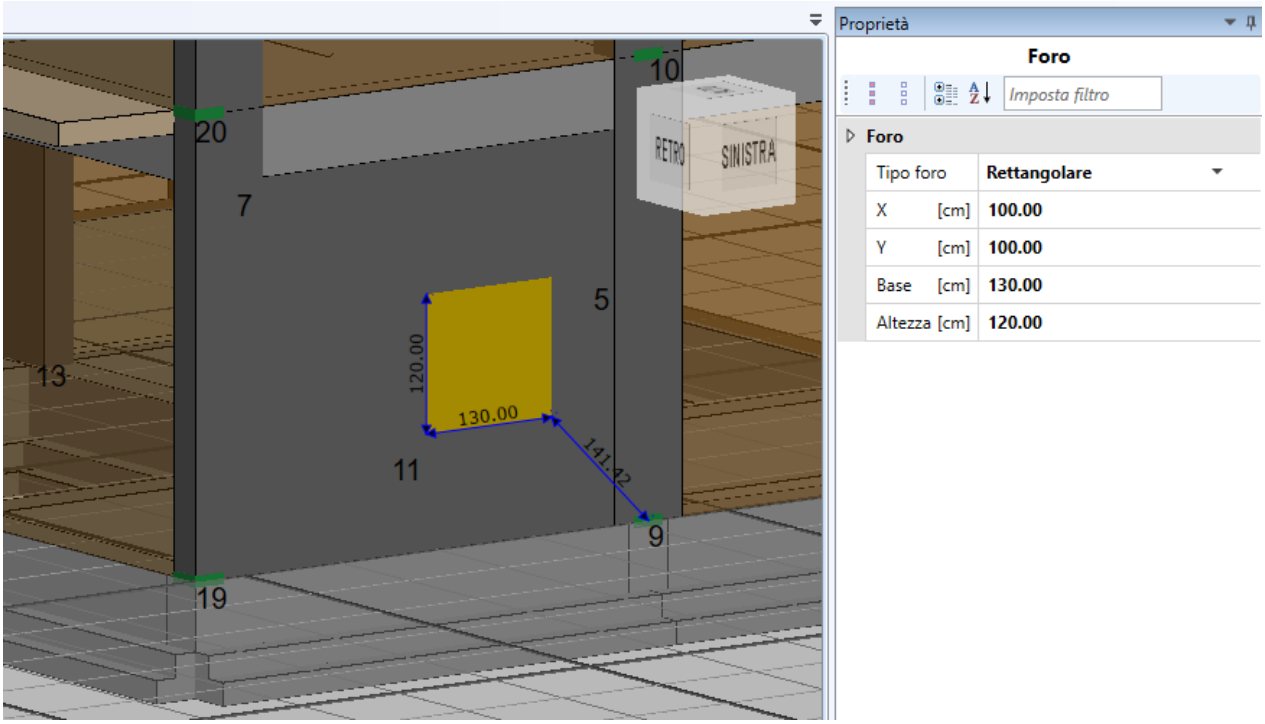


La barra delle proprietà fornisce informazioni sul parapetto e consente di effettuare operazioni di input o di modifica dei parametri.

- **Escludi dalle verifiche**. Selezionare se si desidera che l'elemento non venga sottoposto a verifiche;
- **Distanza dal nodo finale**. Distanza del parapetto rispetto al nodo finale;
- **Distanza dal nodo iniziale**. Distanza del parapetto rispetto al nodo iniziale;
- **Larghezza nodo finale**. Altezza del parapetto in corrispondenza del nodo finale;
- **Larghezza nodo iniziale**. Altezza del parapetto in corrispondenza del nodo iniziale;
- **Nodo finale**. Nodo finale del parapetto;
- **Nodo Iniziale**. Nodo iniziale del parapetto;
- **Layer**. Consente di assegnare uno dei layer definiti nell'apposito editor;
- **Livello**. Fornisce indicazioni sul livello di appartenenza;
- **Tipologia**. Tipologia di tamponatura da inputare fra quelle definite nell'apposito editor;
- **Criteri di progetto**. Consente di assegnare un criterio di progetto fra quelli definiti nell' apposito editor.

Foro 

Consente di inputare nuovi fori nel modello o di selezionarne uno o più precedentemente inseriti al fine di modificarne le proprietà.



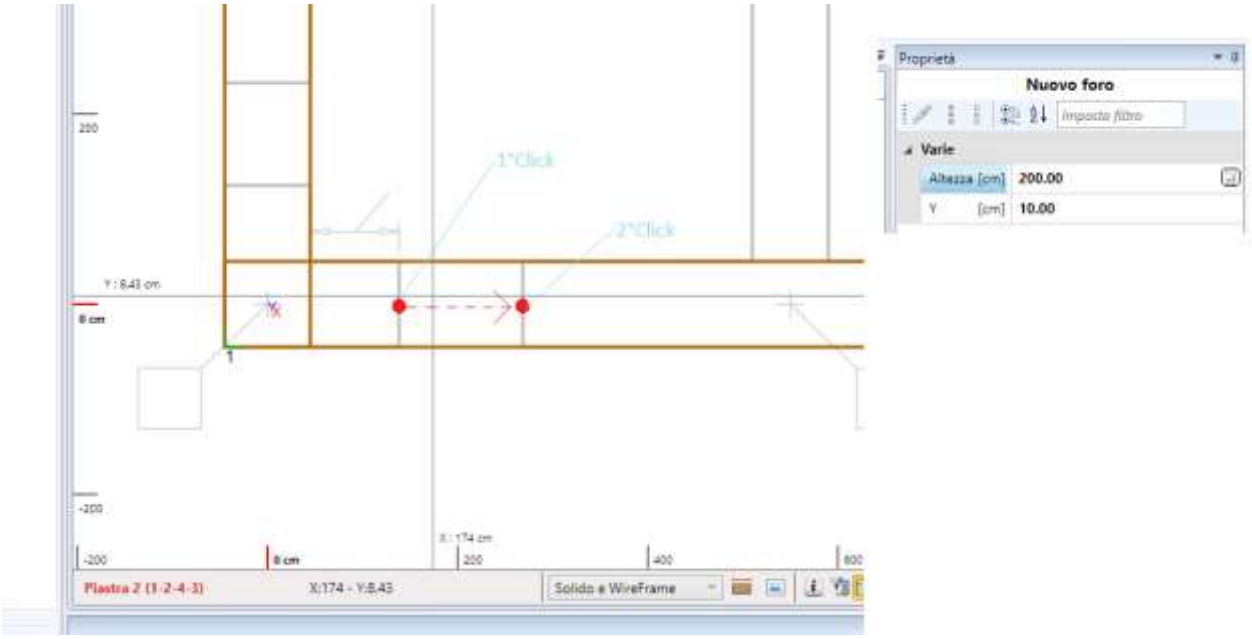
La barra delle proprietà fornisce informazioni sul foro e consente di effettuare operazioni di input o di modifica dei parametri.

- **Tipo foro**. Forma del foro;
- **X**. Ascissa rispetto al punto di origine del foro;
- **Y**. Ordinata rispetto al punto di origine del foro;
- **Base**. Base del foro;
- **Altezza**. Altezza del foro.

Se siamo posizionati in un "Livello" è possibile inserire i fori mediante la funzionalità in pianta. Per ottenere la massima utilità della funzionalità è necessario inserire un elaborato DWG come sfondo. L'inserimento avviene cliccando sul pulsante "Gestione dxf/dwg come sfondo":



L'inserimento del foro avverrà disegnando una linea all'interno dello spessore del muro, come riportato nell'esempio della figura sottostante:



Le dimensioni da definire per l'inserimento del foro sono le seguenti:

- Altezza : altezza del foro
- Y : quota della base del foro rispetto alla base della parete

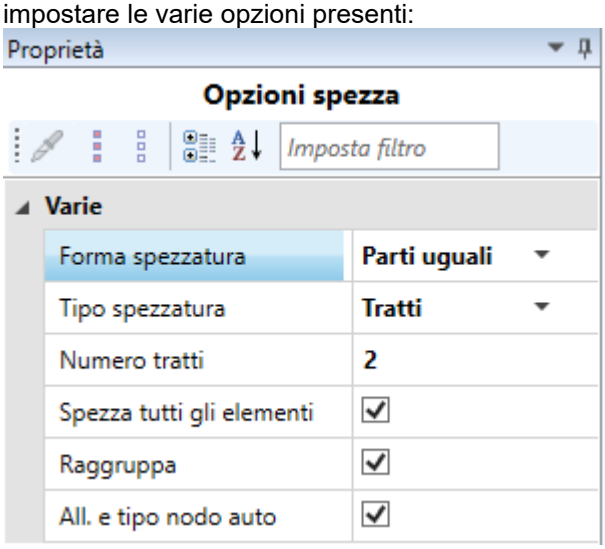
Per l'input tridimensionale, selezionando il foro la modifica avviene direttamente in 3D. Nel caso si voglia inserire o modificare un foro localmete della parete, è sufficiente cliccare sulla parete di appartenza. Nel caso fossero stati definiti i telai verrà visualizzato tutti gli oggetti appartenenti al telaio.

L'**inserimento** dei fori può avvenire secondo due modalità di utilizzo del mouse:

- **1 click tasto sinistro e 1 tasto destro**: il foro verrà inserito nella posizione del primo click con le dimensioni inserite (default 50x50 cm);
- **2 click tasto sinistro**: il foro verrà inserito nella posizione del primo click con le dimensioni ricavate dalla diagonale della linea disegnata.

Spezza

Operazione che consente di spezzare il lato di un elemento bidimensionale. Per spezzare è sufficiente cliccare sul lato, la cui selezione compare in colore giallo. La funzione Spezza aggiunge nodi a tutti gli elementi con il lato in comune (aste, solai, piastre, balconi, tamponamenti, ecc.). Prima del click, è necessario impostare le varie opzioni presenti:



Allinea

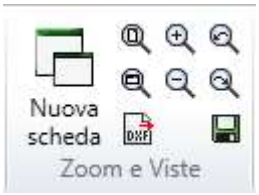
Operazione che consente di allineare un elemento bidimensionale rispetto a un piano fornito.

1. Selezionare l'elemento e premere il tasto destro del mouse per confermare;
2. Selezionare un piano con 3 nodi e premere il tasto destro del mouse per confermare.

3.1.4.5 Zoom e Viste

Zoom e Viste

E' il menù che contiene gli strumenti per aprire una nuova vista nel progetto corrente e le operazioni di zoom finestra , zoom avanti, zoom indietro, l'esportazione in Dxf. Esiste inoltre la possibilità di salvare il punto di vista della struttura e il livello di zoom e richiamarle succesivamente.



I comandi presenti in quest'ambiente sono:

- **Nuova scheda di imput** . Consente di aprire una nuova scheda del progetto corrente;
- **Zoom to fit** . Effettua uno zoom in maniera tale da rendere visibili tutti gli elementi ottimizzandone le dimensioni rispetto alla finestra dell'interfaccia;
- **Zoom finestra** . Effettua uno zoom in avanti per gli elementi racchiusi nella finestra;
- **Zoom in** . Effettua uno zoom in avanti;
- **Zoom out** . Effettua uno zoom indietro;
- **Imposta la vista precedente** ;
- **Imposta la vista successiva** ;
- **Esporta su DXF** . Esporta nel formato DXF la finestra corrente;
- **Salva la vista attuale** . Salva il punto di vista della struttura e il livello di zoom della finestra corrente.

3.1.5 Modello

E' il menu che consente di operare personalizzazioni sul modello dei nodi, delle aste e degli elementi bidimensionali.



Il menù contiene le seguenti funzioni:

Modello nodo

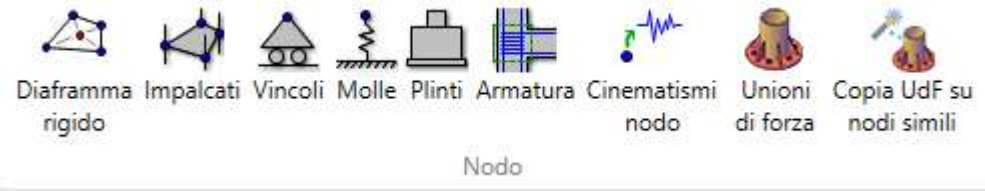
Modello asta

Modello piastra

3.1.5.1 Modello Nodo

Modello Nodo

Contiene le funzioni che consentono di operare sugli elementi nodi.



Diaframma rigido 

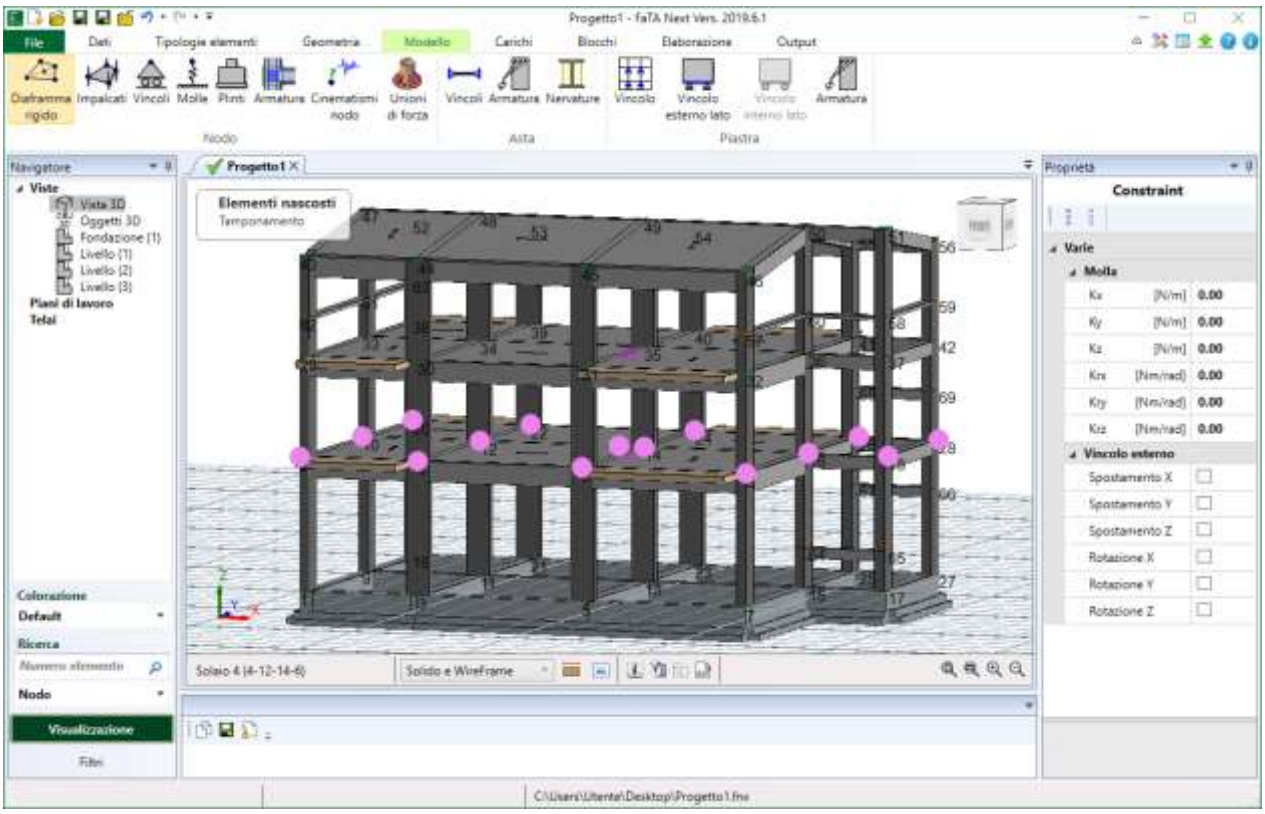
Il programma consente di inserire impalcati con comportamento a diaframmi rigidi. La presenza di un diaframma rigido è caratterizzato da un nodo posizionato nel baricentro del diaframma il cui nome è formato dalla consonante "C" e dal numero del diaframma.

Di default il programma predispone un master per ogni impalcato e associa tutti i nodi dell'impalcato come "slave", ossia legati al master per i tre gradi di libertà nel piano orizzontale (spostamento lungo x, spostamento lungo y e rotazione attorno a z del sistema di riferimento globale). Se necessario è possibile intervenire sulla definizione dei master agendo sul pulsante **"Diaframma rigido"** presente nell'ambiente "Modello".

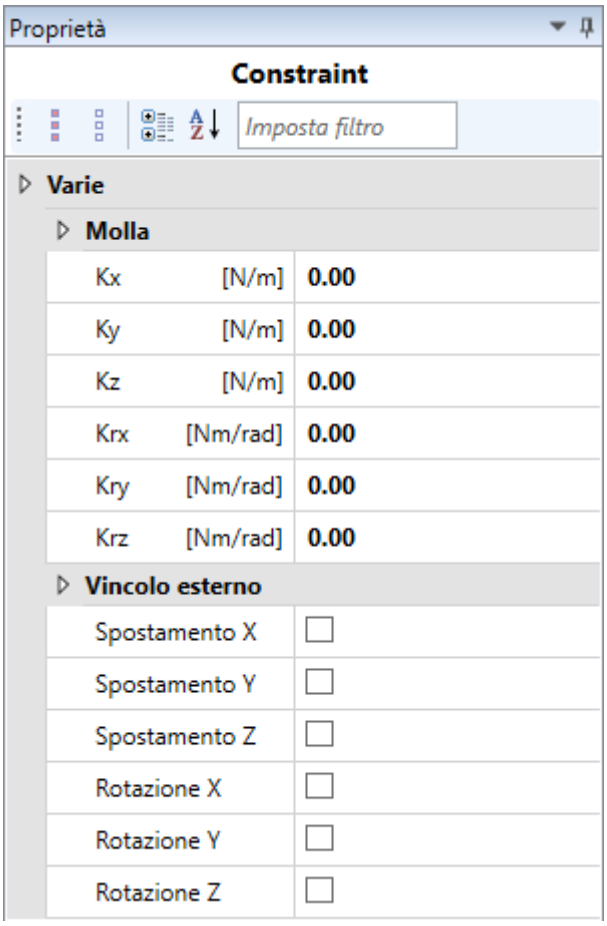
Cliccando sul pulsante saranno visualizzati tutti i master della struttura (uno per impalcato), e si potrà intervenire sul master cancellandolo (rendendo così l'impalcato privo di qualsiasi masterizzazione e quindi deformabile) oppure scollegare dei nodi dal master di piano lasciando l'impalcato parzialmente deformabile e parzialmente indeformabile. Si potrà, inoltre, introdurre nuovi diaframmi rigidi a cui associare i nodi di pertinenza.

Per inserire un diaframma rigido è necessario cliccare sul pulsante **"Diaframma rigido"**, selezionare i nodi secondo una delle procedure di selezione e completare con il tasto destro del mouse.

Per cancellare un diaframma rigido è necessario cliccare sul pulsante **"Diaframma rigido"**, selezionare il nodo caratteristico del diaframma rigido, completare con il tasto destro del mouse e cliccare sul tasto "Canc" della tastiera. Nel caso in cui, invece di eliminare il nodo master ad un generico livello, si vogliono scollegare dei nodi dal master di piano bisogna selezionare uno ad uno i nodi da scollegare (oppure selezionarli tramite la selezione a box), completare con il tasto destro del mouse (solamente nel caso di selezione ad uno ad uno dei nodi) e cliccare sul tasto "Canc" della tastiera.



La barra delle proprietà fornisce informazioni sul diaframma rigido e consente di effettuare operazioni di input o di modifica dei suoi parametri.

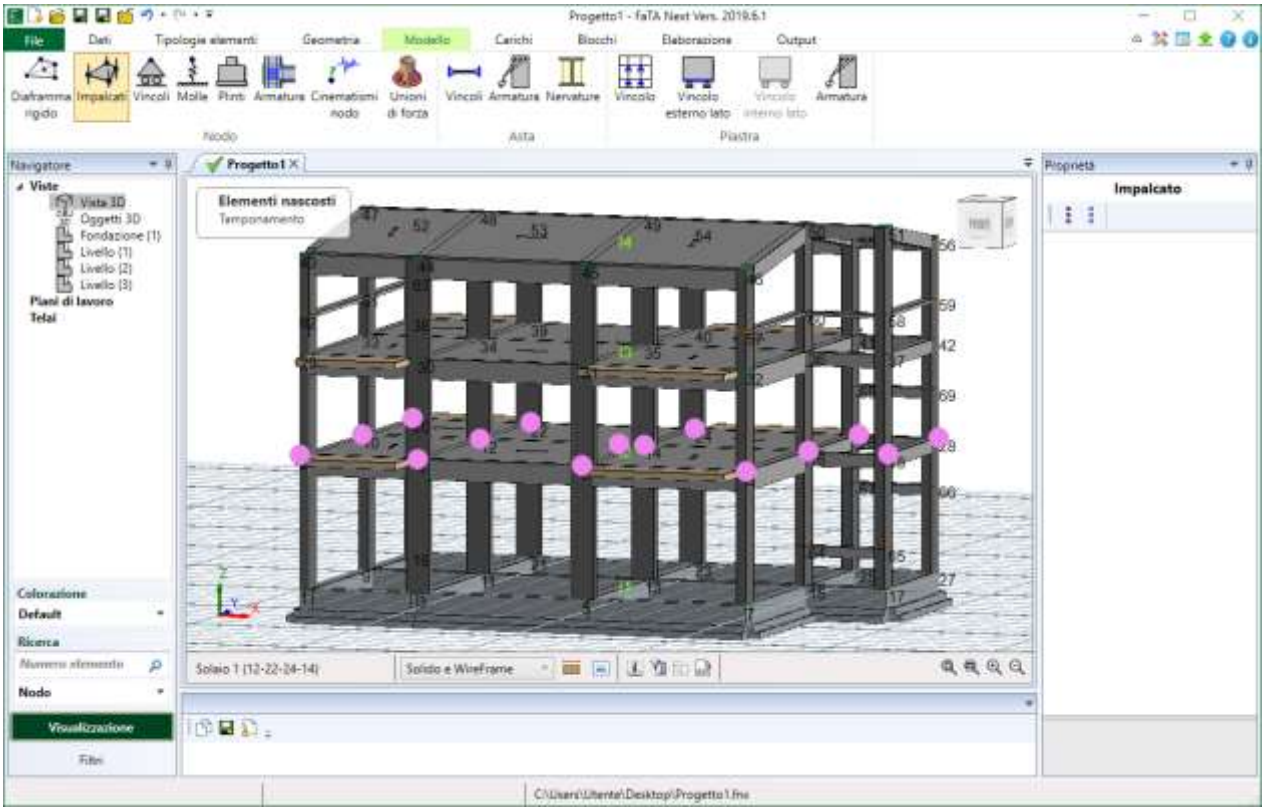


Impalcati 

Il programma consente di definire o modificare i piani reali della struttura analizzata. La presenza di un impalcato è caratterizzato da un nodo (posizionato nel baricentro dell'impalcato) il cui nome è formato dalla vocale "I" e dal numero dell'impalcato.

Per inserire un impalcato è necessario cliccare sul pulsante **"Impalcati"**, selezionare i nodi secondo una delle procedure di selezione e completare con il tasto destro del mouse.

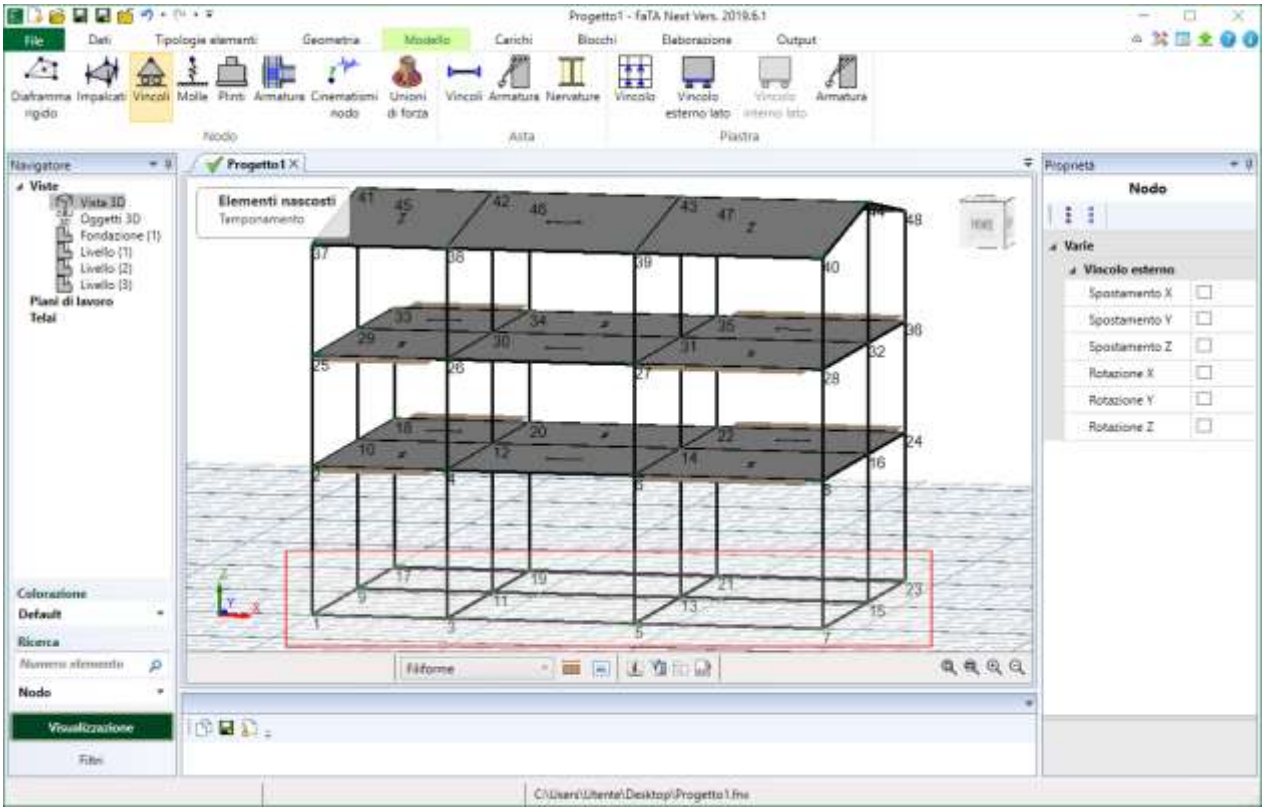
Per cancellare un impalcato è necessario cliccare sul pulsante **"Impalcati"**, selezionare il nodo caratteristico dell'impalcato, completare con il tasto destro del mouse e cliccare sul tasto "Canc" della tastiera. Nel caso in cui, invece di eliminare l'intero impalcato, si vogliono scollegare dei nodi dal corrispondente impalcato bisogna selezionare uno ad uno i nodi da scollegare (oppure selezionarli tramite la selezione a box), completare con il tasto destro del mouse (solamente nel caso di selezione ad uno ad uno dei nodi) e cliccare sul tasto "Canc" della tastiera.



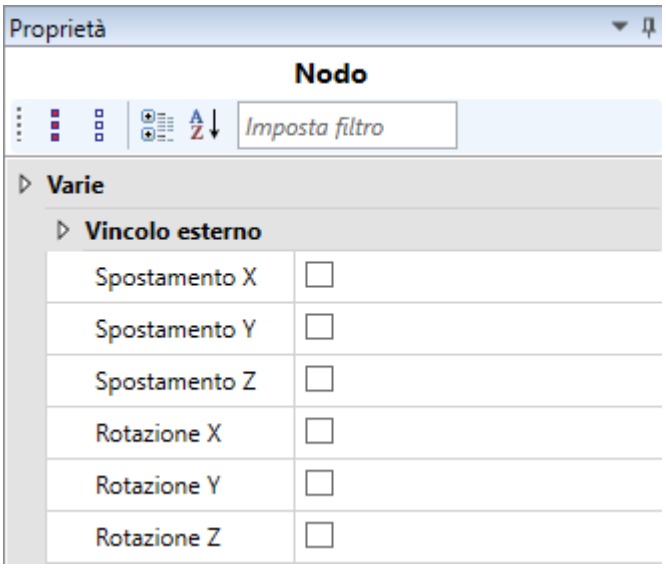
Vincoli nodali 

Nel modello è possibile inserire dei vincoli nodali (vincoli perfetti) che annullano una o più componenti di spostamento.

Per inputare dei vincoli nodali è necessario cliccare sul comando "**Vincoli"** e quindi selezionare i nodi nei quali si voglioni applicare i vincoli. Si selezionano i cinematismi da vincolare sulla barra delle proprietà e infine si clicca sul tasto "Esc" della tastiera per completare l'input.



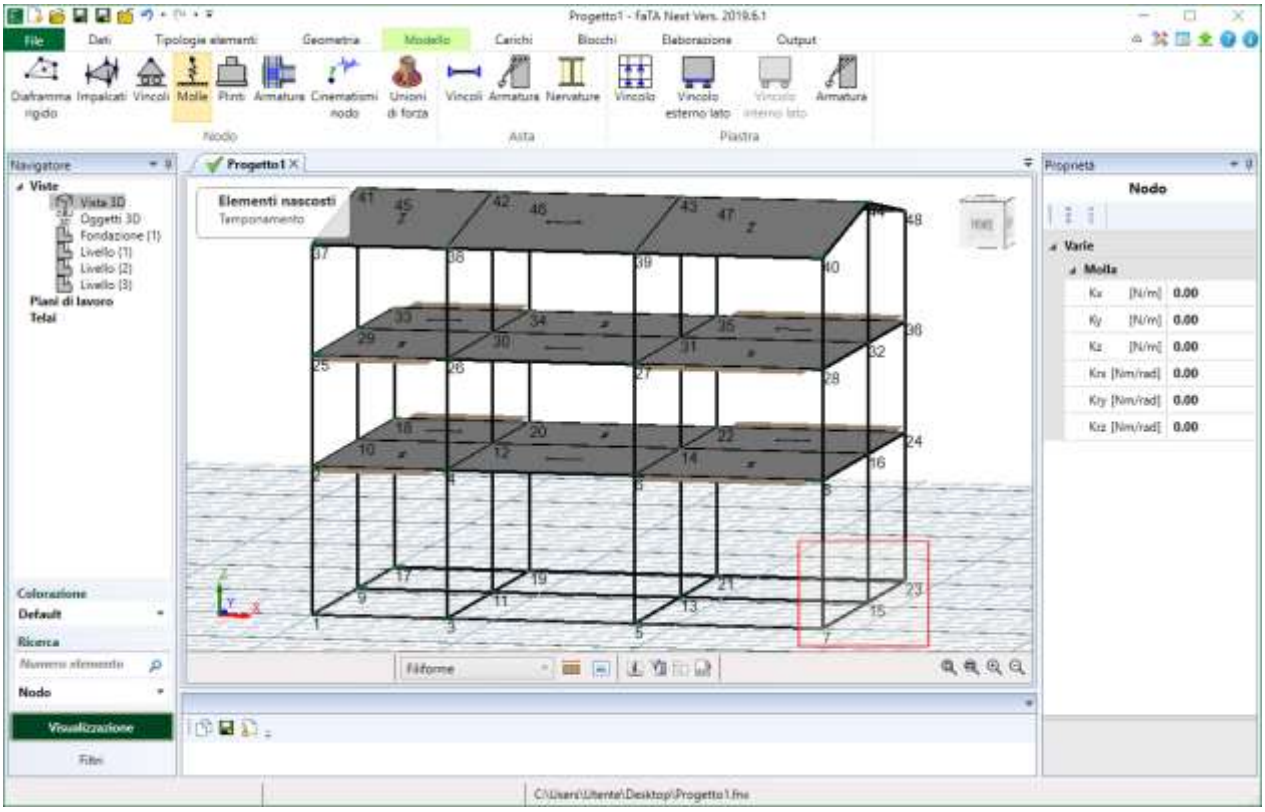
La barra delle proprietà fornisce informazioni sui vincoli e consente di effettuare operazioni di input o di modifica dei suoi parametri.



Molle nodali

Nel modello è possibile inserire dei vincoli cedevoli (molle nodali) che agiscono su una o più componenti di spostamento.

Per inputare dei vincoli elastici cedevoli è necessario cliccare sul comando **"Molle"** e quindi selezionare i nodi nei quali si vogliono applicare i vincoli. Si definiscono i parametri di rigidezza delle molle nelle varie direzioni sulla barra delle proprietà e infine si clicca sul tasto "Esc" della tastiera per completare l'input.



La barra delle proprietà fornisce informazioni sulle molle nodali e consente di effettuare operazioni di input o di modifica dei suoi parametri.

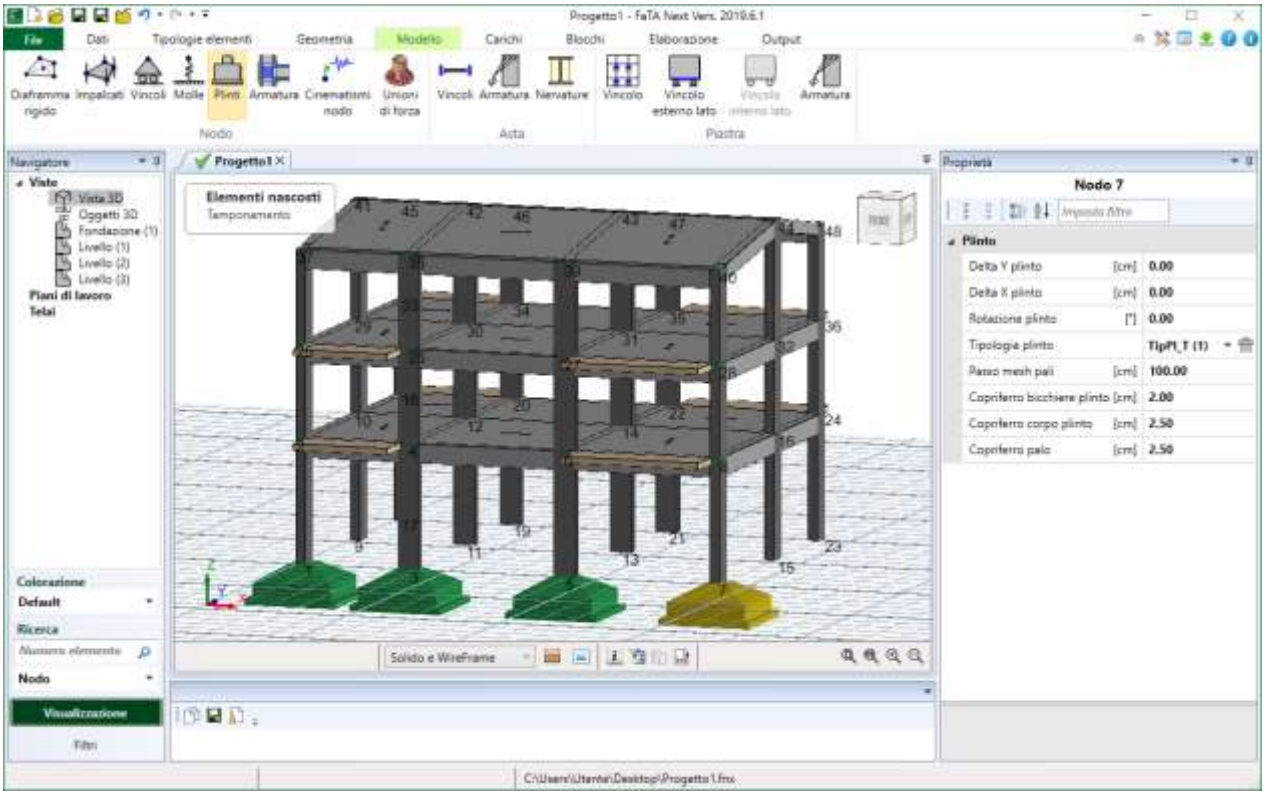


Plinti 

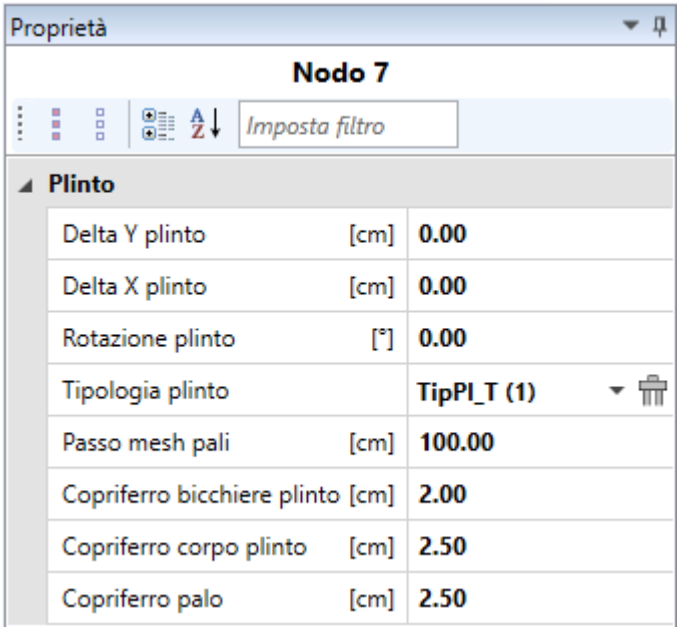
Nel modello è possibile inputare dei plinti/pali o modificare quelli precedentemete assegnati ad uno o più nodi.

Per inputare dei plinti/pali nel modello è necessario cliccare sul comando **"Plinti"**, selezionare i nodi nei quali si vogliono applicare i plinti, definire i parametri del plinto/palo dalla barra delle proprietà e completare scegliendo la tipologia di plinto sempre dalla barra delle proprietà.

Per modificare un plinto/palo già inputato, cliccare sul comando **"Plinti"**, selezionare il nodo ed effettuare le modifiche dalla barra delle proprietà.



La barra delle proprietà fornisce informazioni sulla tipologia di plinto/palo e consente di effettuare operazioni di input o di modifica dei suoi parametri.



- **Delta Y plinto**. Spostamento in direzione Y del plinto rispetto al nodo;
- **Delta X plinto**. Spostamento in direzione X del plinto rispetto al nodo;
- **Rotazione plinto**. Angolo di rotazione del plinto;
- **Tipologia plinto**. Tipologia di plinto da inputare fra quelle definite nell'apposito editor;
- **Elementi mesh corpo**. Tipo di elemeto mesh utilizzato per la discretizzazione. Opzioni: triangoli o quadrilateri;
- **Passo mesh pali**. Passo adottato per la discretizzazione a mesh dei pali di fondazione;
- **Copriferro bicchiere plinto**. Spessore copriferro del bicchiere del plinto;

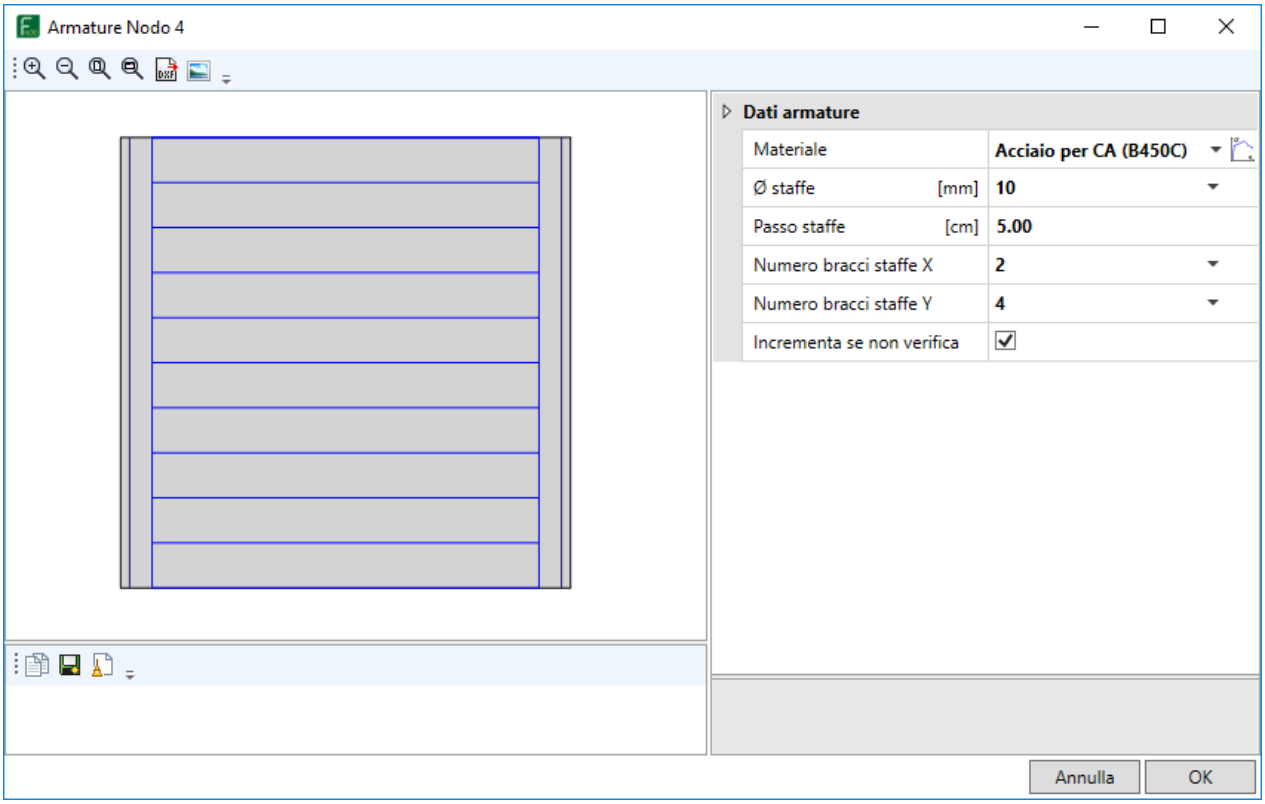
- **Copriferro corpo plinto**. Spessore copriferro del corpo del plinto;
- **Copriferro palo**. Spessore copriferro del palo di fondazione.

Armatura sul nodo 

Il programma prevede la possibilità di inputare l'armatura nei nodi travi-pilastro in CA o di modificare quella già presente.

Per inserire l'armatura nei nodi travi-pilastro è necessario cliccare su **"Armature Nodo"**, selezionare il nodo sul quale si intende applicare l'armatura, settare i relativi parametri dalla finestra **"Armatura Nodo"** e completare cliccando su **"OK"** in basso a destra della finestra di seguito riportata.

Per modificare l'armatura, cliccare su **"Armature nodo"**, scegliere il nodo, modificare i parametri della finestra **"Armatura nodo"** e cliccare su **"OK"**.

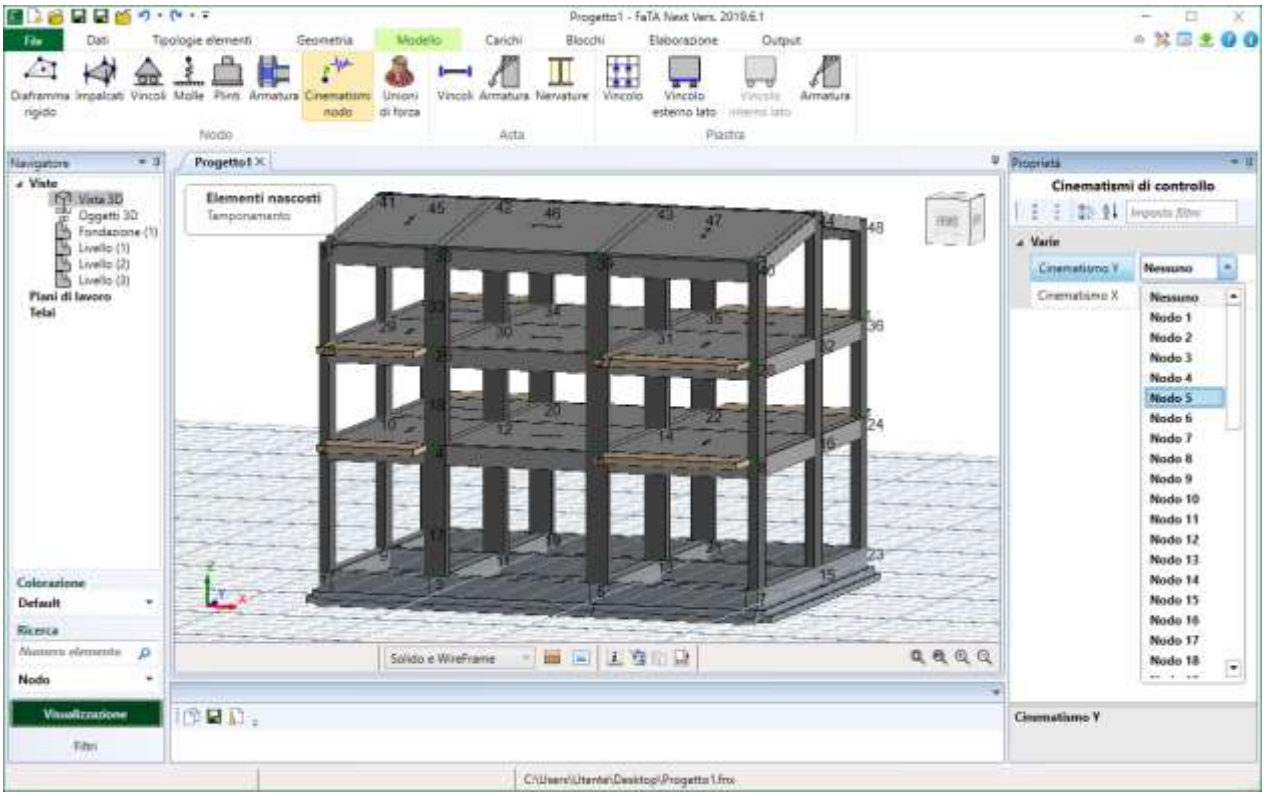


- **Materiale.** Materiale per acciaio delle staffe;
- **ϕ Staffe.** Diametro delle staffe da disporre all'interno del nodo;
- **Passo staffe.** Passo delle staffe da disporre all'interno del nodo;
- **Numero bracci staffe X.** Numero di bracci per staffe in direzione X;
- **Numero bracci staffe Y.** Numero di bracci per staffe in direzione Y;
- **Incrementa se non verifica.** Se selezionato incrementa l'armatura qualora quella inputata dovesse risultare insufficiente.

Cinematismi nodo 

Nel caso di analisi non lineari è necessario definire, relativamente ad ognuna delle condizioni sismiche, i nodi di controllo relativi a ciascun cinematismo.

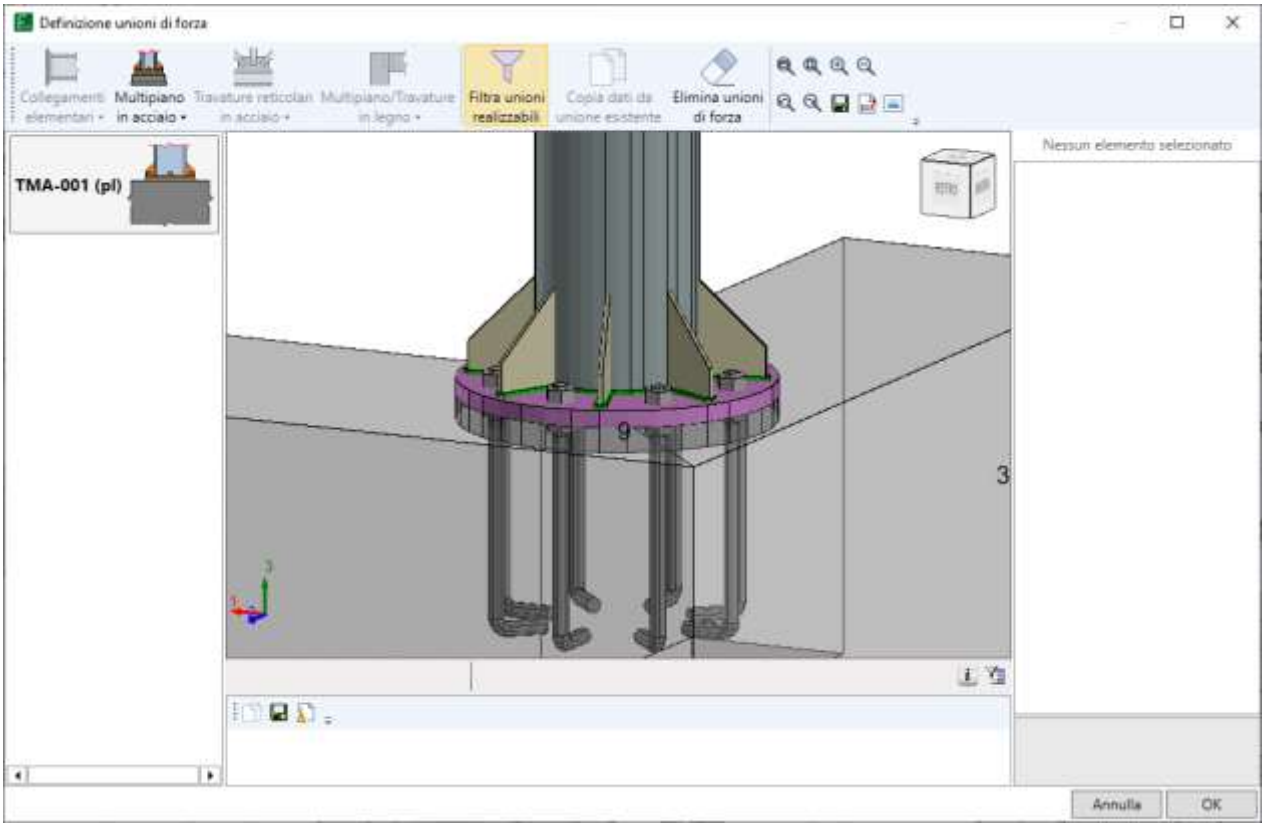
Cliccare su **"Cinematismi nodo"** e selezionare i nodi di controllo dei parametri della barra delle proprietà.



Unioni di forza 

In FaTA-Next è possibile definire e verificare i collegamenti tra aste in acciaio o modificare quelli precedentemete assegnati ad uno o più nodi.

Per inserire un collegamento nel modello è necessario cliccare sul comando **"Unione di forza"** e selezionare il nodo nel quale si vuole applicare il collegamento. Contestualmente si aprirà la seguente finestra all'interno del quale andremo a progettare il collegamento in esame.

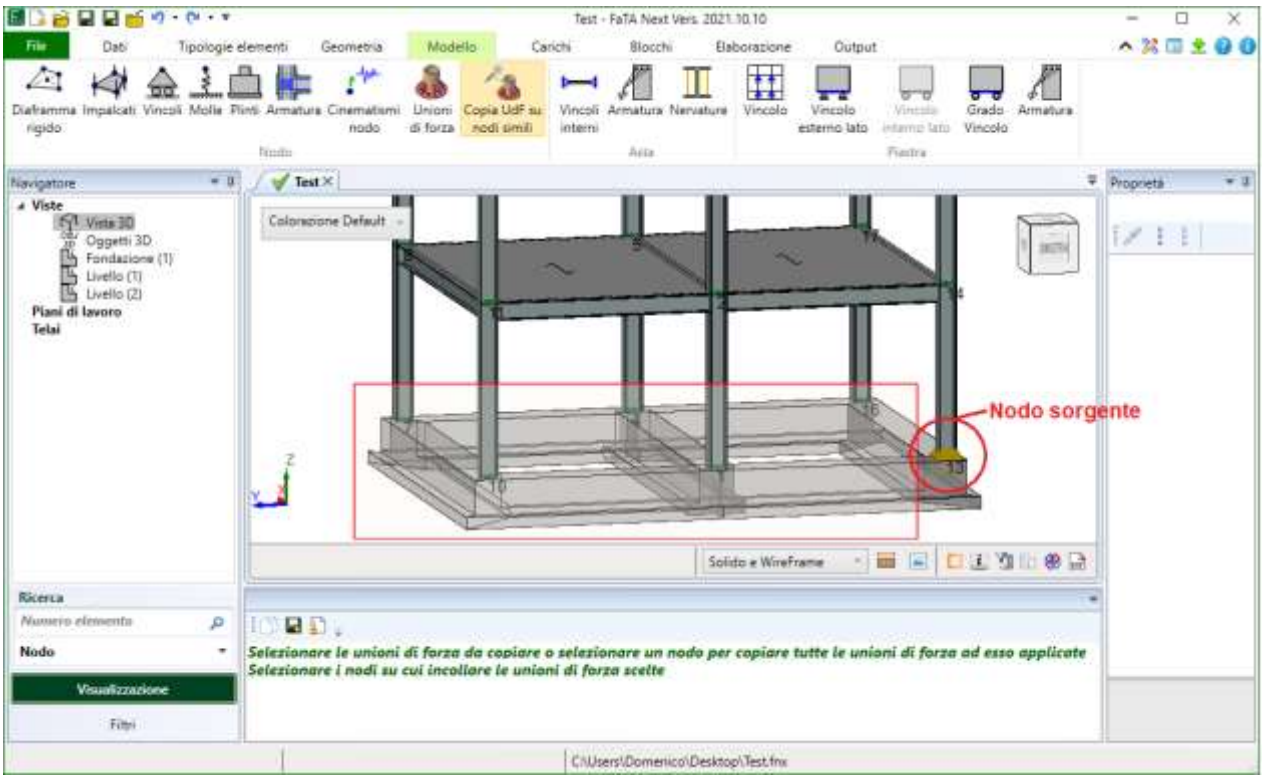


Per maggiori informazioni fare riferimento al Capitolo sulle Unioni di Forza.

Copia UdF su unioni simili

In FaTA Next, elezionata un'unione già inserita oppure un nodo su cui è presente una o più unioni (in modo da copiare tutte le unioni presenti su esso) è possibile andare a ricercare nell'intera struttura o su una parte di essa tutti i nodi compatibili su cui incollare le unioni selezionate.

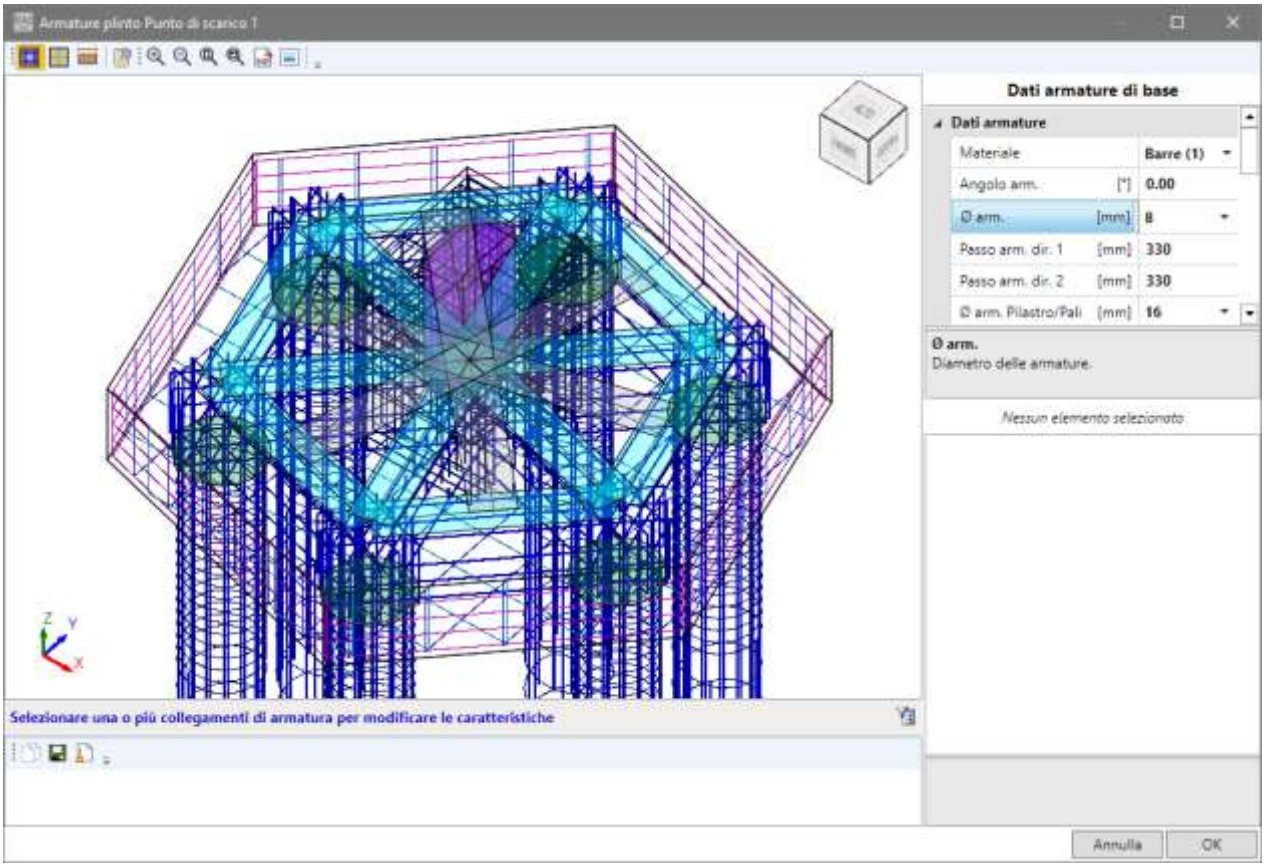
Per effettuare questa questa procedura, una volta scelta l'unione o il nodo da copiare e sufficiente selezionare i nodi oppure racchiudere in un box la parte di struttura sulla quale andare a ricercare i nodi compatibili sui quali incollare l'unione sorgente. Ad esempio, come è riportato nella figura successiva, selezionata l'unione al piede della colonna (nodo 13) si è racchiuso in un box tutti i nodi di fondazione in modo che in automatico il software inserisca la medesima unione su tutti i nodi possibili selezionati.



3.1.5.1.1 Armatura plinto

Armatura plinto 

Consente la personalizzazione delle armature delle varie parti del plinto: bicchiere, corpo, pali.



L'armature del plinto è concepita considerando delle possibili linee di diffusione chiamate "Collegamenti". Lungo i collegamenti saranno disposte le armature principali secondo uno schema a trave flessibile o a trave tozza (metodo Strut&Tie) in funzione della scelta del tipo di plinto presente nell'editor delle tipologie (vedi campo "Tipo verifica").

Le varie funzionalità dell'ambiente vengono gestite mediante la barra dei comandi orizzontale posta in alto alla finestra:



- **Selezione collegamenti.** Comando per selezionare i collegamenti di armatura;
- **Selezione pali.** Comando per selezionare i pali di armatura;
- **Calcola la distanza tra due punti.** Abilita il comando misura;
- **Disposizione armatura minima.** Al click imposta l'armatura al default secondo i parametri da normativa;
- **Zoom in.** Al click effettua un passo di zoom (ingradimento) sulla visualizzazione corrente;
- **Zoom out.** Al click effettua un passo di zoom (riduzione) sulla visualizzazione corrente;
- **Zoom estensione.** Al click effettua il calcolo dello zoom ottimale;
- **Zoom finestra.** Se attivato, mediante due click verrà effettuato lo zoom dell'area interessata.

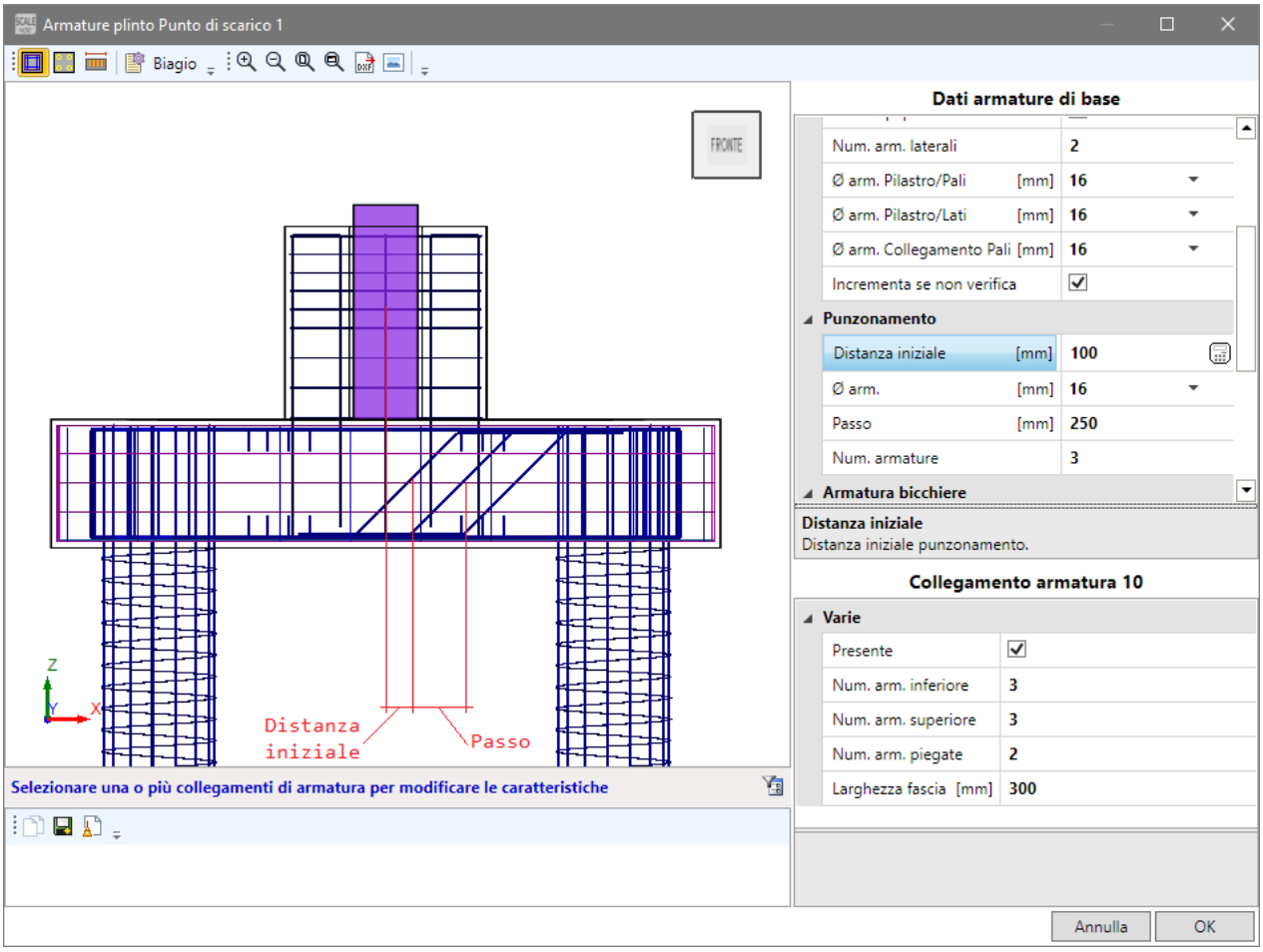
Le opzioni presenti sulla parte destra della schermata hanno il seguente significato:

- **Materiale.** Materiale da associare alle barre per le verifiche strutturali;
- **Angolo arm.** Angolo della gabbia di armatura di base;
- **Plinto basso.** Diametro delle armature della gabbia di base;
- **Passo arm. dir. 1.** Passo delle armature della gabbia di base in direzione 1 locale;
- **Passo arm. dir. 2.** Passo delle armature della gabbia di base in direzione 2 locale;
- **Arm. sup. presenti.** Presenza di armature superiore nella gabbia di base;
- **Num. arm. laterali.** Numero totale di armature laterali cerchianti della gabbia di base;
- **Ø arm. Pilastro/Pali.** Diametro armature dei collegamenti tra pilastro e pali;
- **Ø arm. Pilastro/Lati.** Diametro armature dei collegamenti tra pilastro e lati;
- **Ø arm. Collegamento Pali.** Diametro armature dei collegamenti tra pilastro e lati;
- **Incrementa se non verifica.** Se attivato, il software procede al dimensionamento delle armature nel caso non siano sufficienti. Se non attivato, il software elabora le verfiche strutturali utilizzando le armature inserite dall'utente.

Le armature per il punzonamento sono costituite da apposite armature sagomate presenti in ogni collegamento. Per il punzonamento le opzioni sono:

- **Distanza iniziale.** Distanza di posizionamento della piegatura rispetto alla posizione del pilastro. Se pari a zero significa che la metà della piegatura corrisponde con il pilastro;
- **Ø arm.** Diametro delle armature sagomate per il punzonamento;
- **Passo.** Passo nella direzione del collegamento delle armature per il punzonamento;
- **Num. armature.** Numero nella direzione del collegamento delle armature per il punzonamento.

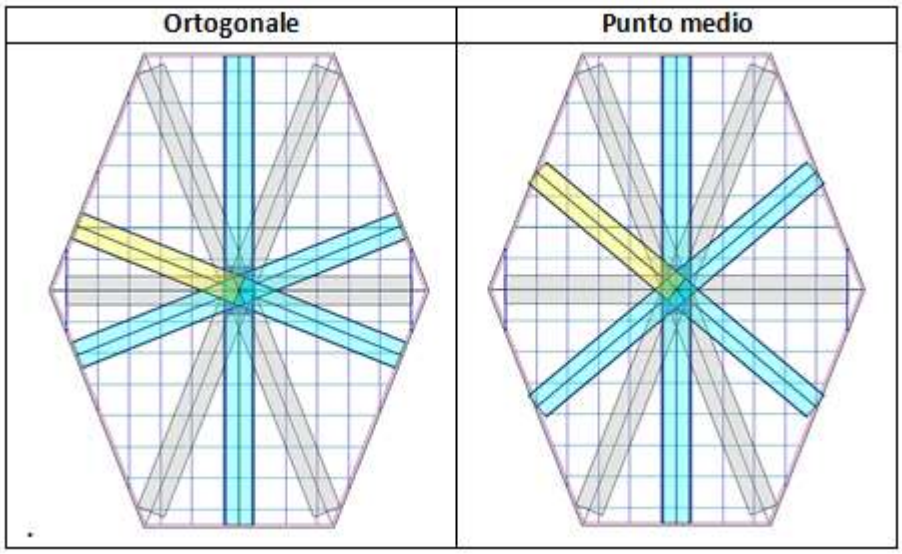
Nella figura sotto, per il singolo collegamento, sono rappresentati i dati geometrici delle armature da punzonamento:



Per il bicchiere le opzioni sono:

- **Ø arm. orizzontale.** Diametro delle armature orizzontali;
- **Ø arm. verticale.** Diametro delle armature verticali;
- **Passo max. arm. oriz. sup.** Passo delle armature confinanti orizzontali posta nella metà superiore del bicchiere;
- **Passo max. arm. oriz. inf.** Passo delle armature confinanti orizzontali posta nella metà inferiore del bicchiere;
- **Passo max. arm. angolo.** Passo delle armature verticali degli angoli;
- **Passo max. arm. lato.** Passo delle armature verticali dei lati.

E' presente anche un opzione utile nel caso di plinti di tipo "utente". Mediante l'opzione **"Tipo collegamento"** è possibile scegliere come realizzare geometricamente le armature del collegamento scegliendo tra i due tipi:



Nel caso della scelta "Ortogonale" il collegamento di armatura di tipo pilastro-lato collega il centro del plinto con il lato secondo la direzione ortogonale al lato. Nel caso di "Punto medio" il pilastro verrà collegato al metà del lato considerato.

Per i vari collegamenti è possibile definire i parametri di costruzione delle armature:

- **Presente.** Se selezionato attiva la presenza delle armature del collegamento;
- **Num.arm. inferiore.** Numero delle armature longitudinali dritte inferiori;
- **Num.arm. superiore.** Numero delle armature longitudinali dritte superiori;
- **Num.arm. piegate.** Numero delle armature sagomate per il punzonamento;
- **Larghezza fascia.** Larghezza della fascia per l'inserimento delle armature

Attivando il pulsante  è possibile selezionare i singoli pali per personalizzare le armture di ogni palo. I parametri disponibili per le **armature longitudinali** sono:

- **Ø.** Diametro delle armature longitudinali;
- **Lunghezza arm. testa.** Lunghezza a partire dalla testa del palo in cui sono presenti le armature secondo il parametro "Num. arm. testa";
- **Num. arm. testa.** Numero di armature della zona di testa;
- **Num. arm. corpo.** Numero di armature della zona esterna a quella di testa definita in precedenza.

Per le **armature trasversali** dei pali i parametri sono i seguenti:

- **Ø staffe.** Diametro delle armature trasversali;
- **Lunghezza infittimento.** Lunghezza a partire dalla testa del palo in cui si utiliizza "Passo infittimento";
- **Passo.** Passo delle armature del corpo;
- **Passo infittimento.** Passo delle armature della parte infittita;
- **Corpo a spirale.** Se attivato le armature trasversali del corpo verranno realizzate a spirale;
- **Infittimento a spirale.** Se attivato le armature trasversali della parte infittita verranno realizzate a spirale.

3.1.5.2 Modello Asta

Modello Asta

Contiene le funzioni che consentono di operare sugli elementi strutturali monodimensionali.



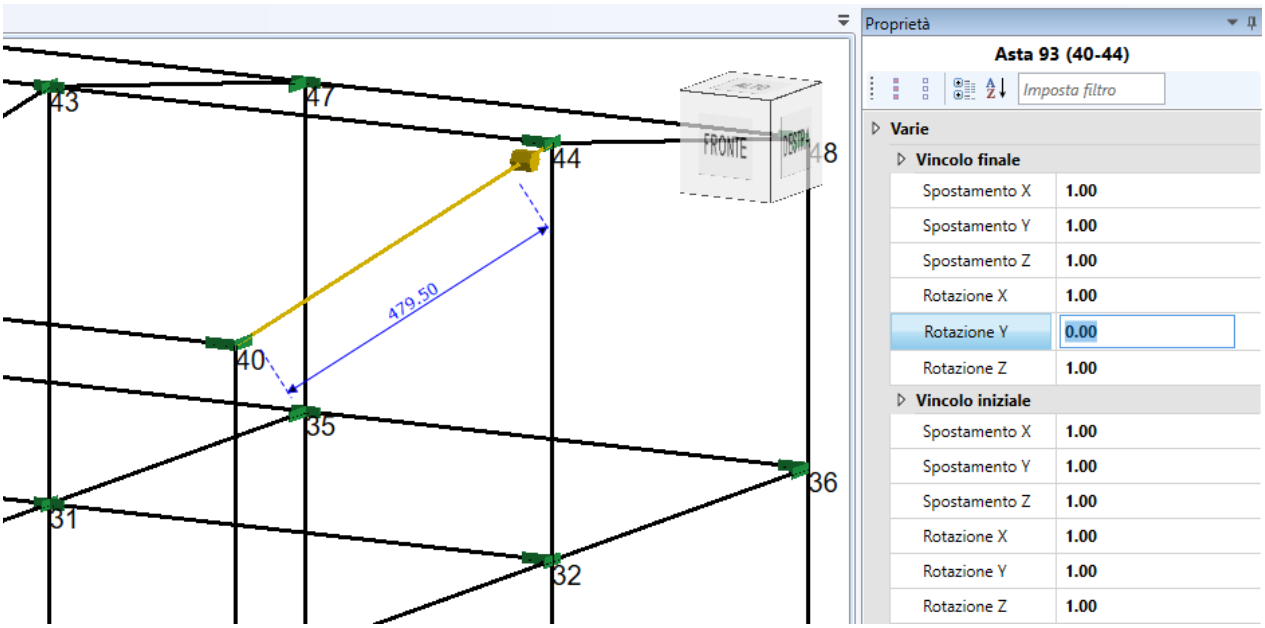
Asta

3.1.5.2.1 Vincoli asta

Vincoli asta

Tutti gli elementi inputati nel modello ipotizzano, per default, un vincolo interno che impedisce le sei componenti di spostamento generalizzate relative. Il programma tuttavia consente di modificare tale vincolo.

A tal fine, cliccare su **"Vincoli asta"** , selezionare uno o più elementi asta e quindi modificare secondo le esigenze i valori dei parametri di vincolo relativi ai nodi iniziali e finali nella barra delle proprietà.

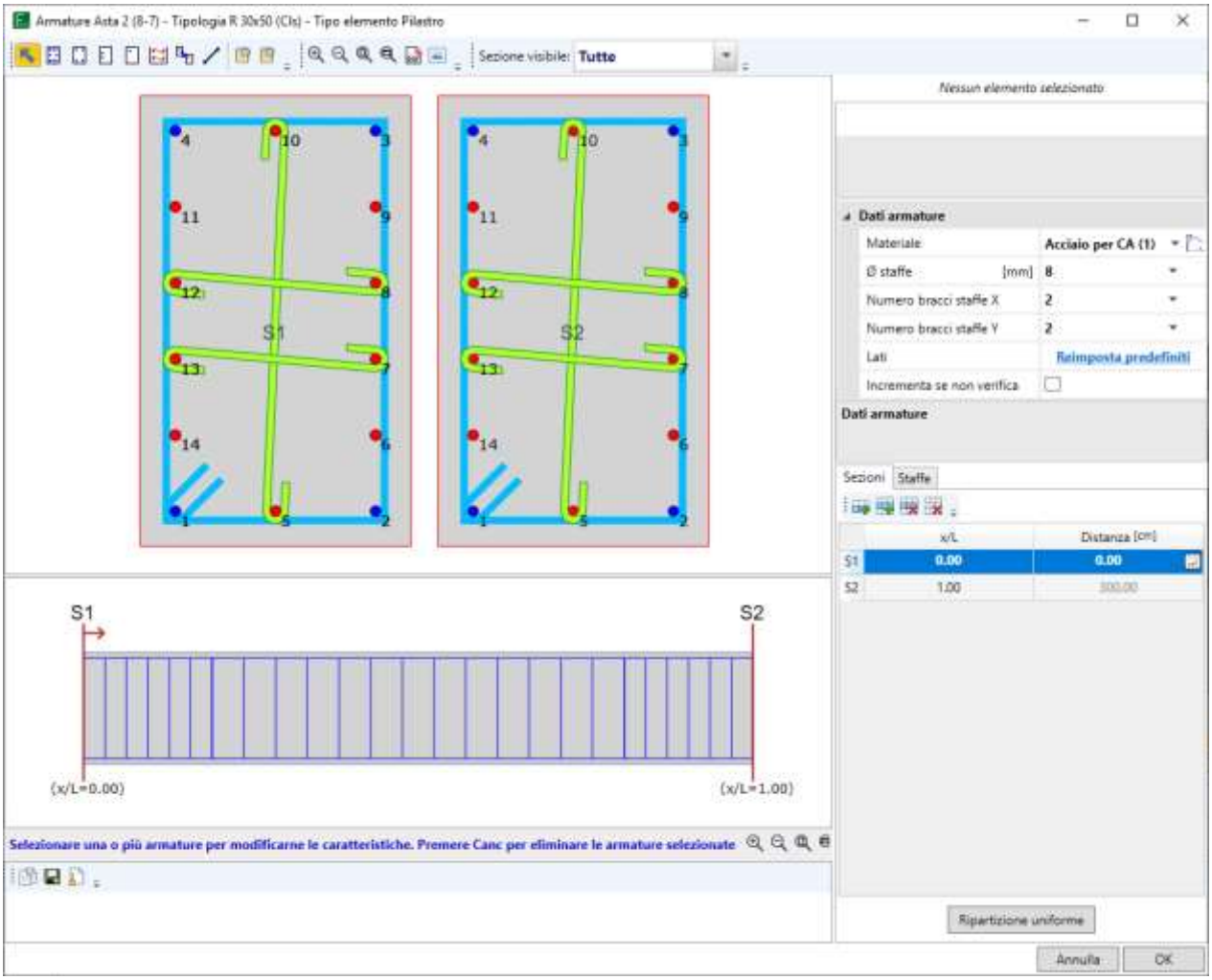


3.1.5.2.2 Armatura asta

Armatura asta

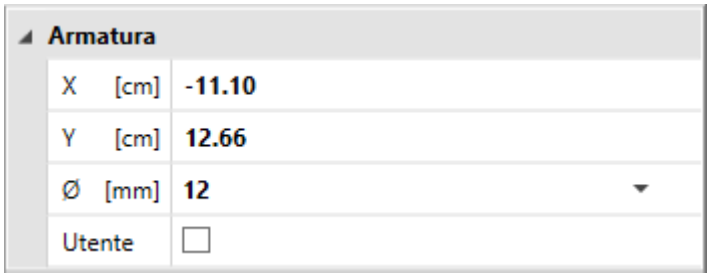
Il programma prevede la possibilità di inserire l'armatura sulle singole aste in CA o di modificare quella presente.

Per inputare l'armatura è necessario cliccare sul comando **"Armatura Asta"** e selezionare l'asta voluta. Si avvia la finestra di input per l'armatura sull'asta.



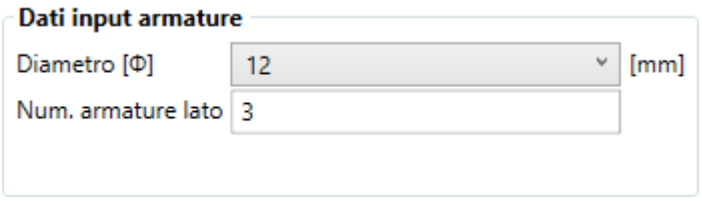
Sulla parte superiore dell'ambiente **"Armature Asta"** sono presenti i seguenti pulsanti:

- **Seleziona armatura** . Selezionata una o più armature è possibile modificare le seguenti caratteristiche nella parte destra della finestra precedente:



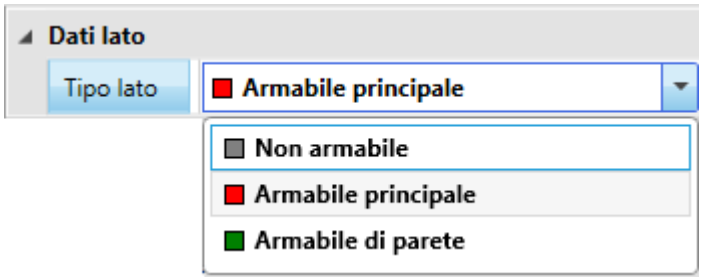
  - **X** : Coordinata X della\e barra\e rispetto alla sezione;
  - **Y** : Coordinata Y della\e barra\e rispetto alla sezione;
  - ϕ : Diametro della\e barra\e;
  - **Utente**. Consente il posizionamento libero dell'armatura.

- **Posizionamento automatico di tutte le armature** . Cliccare nella sezione iniziale di un tratto per il posizionamento automatico dell'armatura longitudinale; Al click su questo pulsante, nella parte destra della finestra principale, è possibile settere le seguenti caratteristiche per il posizionamento automatico delle armature:



- **Diametro [ϕ]**. Diametro dell'armatura da inserire;
- **Num. armature lato**. Numero delle armature da inserire per lato.

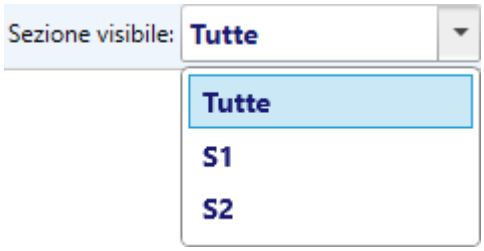
- **Posizionamento automatico di tutte le armature agli spigoli** . Cliccare nella sezione iniziale di un tratto per il posizionamento automatico dell'armatura agli spigoli; Al click su questo pulsante, nella parte destra dell'ambiente principale si apre la finestra "Dati input armature" (come sopra) in cui è possibile settare il diametro delle armature da inserire agli spigoli;
- **Posizionamento automatico di tutte le armature lungo un lato** . Cliccare su un lato nella sezione iniziale di un tratto per il posizionamento automatico dell'armatura lungo un lato della sezione stessa; Al click su questo pulsante, nella parte destra dell'ambiente principale si apre la finestra "Dati input armature" (come sopra) in cui è possibile settare il diametro e il numero delle armature da inserire per lato;
- **Inserimento singola armatura** . Cliccare in un punto per la posizione libera dell'armatura all'interno della sezione iniziale di un tratto; Al click su questo pulsante, nella parte destra dell'ambiente principale si apre la finestra "Dati input armature" (come sopra) in cui è possibile settare il diametro delle armature da inserire;
- **Inserimento/Selezione/Cancellazione armature** . Cliccare due armature su un tratto per inserire una legatura. Selezionare a box una o più legature esistenti per eliminarle. Per attivare questo pulsante, e quindi gestire manualmente le legature, bisogna disattivare il campo "Incrementa se non verifica";
- **Copia armature tra tratti** . Cliccare sul tratto sorgente e successivamente sugli elementi di destinazione. Completare con il tasto destro del mouse per confermare;
- **Selezione dei lati** . Selezionare uno o più lati per modificarne le caratteristiche; Selezionati uno o più lati è possibile scegliere tra:



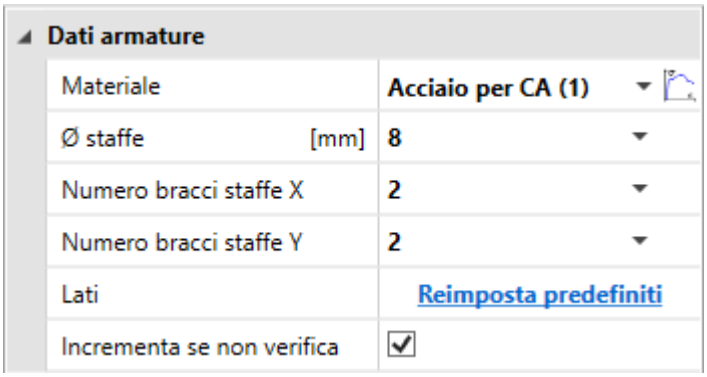
  - **Non armabile**. Il lato selezionato non verrà armato;
  - **Armabile principale**. Il lato selezionato verrà considerato come armabile principale;
  - **Armabile di parete**. Il lato selezionato verrà armato con ferri di parete.

- **Disposizione armatura minima da normativa** . Dispone l'armatura minima (sia longitudinale che trasversale) di normativa;
- **Disposizione legature da normativa** . Nel caso di pilastri, dispone le legature minime di normativa; Per attivare questo pulsante, e quindi gestire manualmente le legature, bisogna disattivare il campo "Incrementa se non verifica";
- **Zoom in** . Effettua uno zoom in avanti;
- **Zoom out** . Effettua uno zoom indietro;
- **Zoom estensione** . Effettua uno zoom in maniera tale da rendere visibili tutti gli elementi ottimizzandone le dimensioni rispetto alla finestra dell'interfaccia;

- **Zoom finestra**  . Effettua uno zoom in avanti per gli elementi racchiusi nella finestra;
- **Esporta nel formato DXF**  . Esporta nel formato DXF la finestra corrente;
- **Esporta nel formato JPG**  . Esporta nel formato JPG la finestra corrente;
- **Sezione visibile**. Permette la visualizzazione di una singola sezione della lista oppure di tutte insieme.



Dati armature



- **Materiale**. Materiale da assegnare alle armature dell'elemento;
- **ϕ staffe**. Diametro delle staffe;
- **Numero Bracci X**. Numero dei bracci delle staffe in direzione X;
- **Numero Bracci Y**. Numero dei bracci delle staffe in direzione Y;
- **Lati** + **Reimposta predefiniti**. Cliccando su **"Reimposta predefiniti"** nelle sezioni delle travi verrà re-inputata l'armatura di parete predefinita;
- **Incrementa se non verifica**. Gli elementi per i quali si è inserita l'armatura, nel calcolo di "Elaborazione Verifiche" verranno sottoposti a verifica. Qualora l'esito delle verifiche dovesse risultare negativo, per gli elementi per i quali il campo **"Incrementa se non verifica"** risulta selezionato il programma incrementa l'armatura inputata riprogettandola. Nel caso in cui si vogliono gestire manualmente le legature dei pilastri è necessario disattivare questo campo.

Concetto di "tratto" per il posizionamento dell'armatura longitudinale

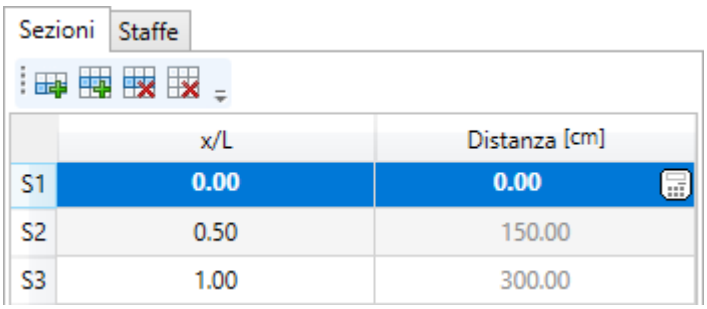
Ogni **"tratto"** è caratterizzato dall'ascissa della sezione di inizio concio (normalizzata rispetto alla luce dell'elemento);

In ogni elemento dovranno essere definiti almeno 2 tratti: per il primo tratto l'ascissa dovrà essere sempre pari a 0 mentre per l'ultimo l'ascissa dovrà essere sempre pari a 1;

L'armatura inputata nel tratto j-esimo definito da una determinata ascissa (x\l del tratto j) si mantiene inalterata per tutto il concio di trave che termina nella sezione di inizio del tratto j+1;

Se lungo lo sviluppo longitudinale di un elemento in CA in una determinata sezione vi sarà una variazione di armatura, in corrispondenza di tale sezione, dovranno essere definiti un nuovo tratto ed una nuova disposizione di armatura.

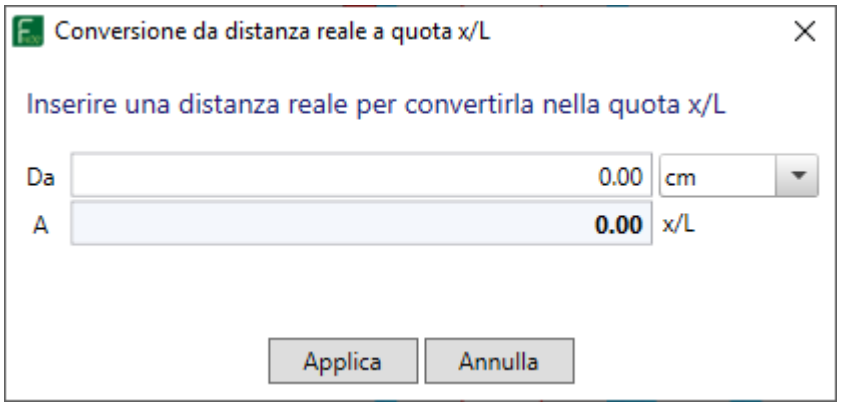
Operazioni sui tratti (Sezioni)



- **Inserisci una nuova sezione**. Inserisce un nuovo tratto in fondo alla lista;
- **Inserisci una nuova sezione prima della sezione selezionata**. Inserisce un nuovo tratto prima del tratto selezionato;
- **Elimina la sezione selezionata**. Elimina il tratto selezionato;
- **Elimina tutte le sezioni mantenedo le predefinite**. Elimina tutti i tratti ad eccezione di quelli predefiniti;
- Pulsante **"Ripartizione Uniforme"**. Ripartisce uniformemente i tratti lungo la trave.

Parametro input tratto

- **x\l**. Posizione dell'ascissa della sezione di inizio del tratto espressa in percentuale rispetto alla lunghezza dell'elemento.
- **Distanza**. Posizione dell'ascissa della sezione di inizio del tratto rispetto alla sezione iniziale della trave (S1).
- **Conversione da distanza reale a quota x/L**. Questo comando consente di convertire una distanza reale nella quota x/L.

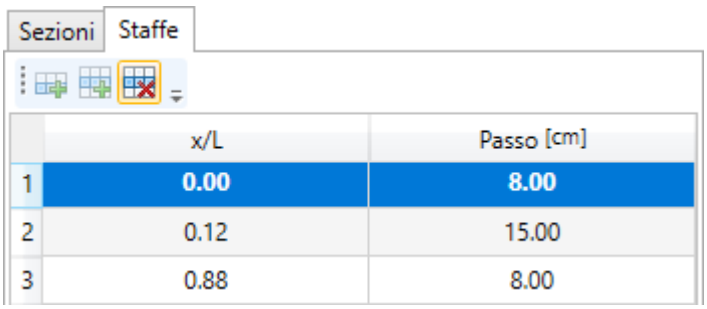


Concetto di "blocco" per il posizionamento dell'armatura trasversale

Il **"blocco"** rappresenta un concio di trave per il quale la disposizione delle staffe rimane costante. Ogni blocco staffe è caratterizzato da un'ascissa della sezione di inizio concio (normalizzata rispetto alla luce dell'elemento) e da un passo staffe.

Il numero minimo di blocchi staffe all'interno di un elemento longitudinale è pari a 1 e corrisponde al caso di distribuzione uniforme di staffe. Il numero massimo di blocchi è pari a 3.

Operazioni sui blocchi (Staffe)



- **Inserisci un nuovo blocco di staffe** . Inserisce un nuovo blocco di staffe in fondo alla lista;
- **Inserisci un nuovo blocco di staffe prima del blocco di staffe selezionato** . Inserisce un nuovo blocco di staffe prima del blocco selezionato;
- **Elimina il blocco di staffe selezionato** . Elimina il blocco di staffe selezionato;
- Pulsante **"Ripartizione Uniforme"**. Ripartisce uniformemente i blocchi di staffe lungo la trave.

Parametri input Blocco

- **x\l.** Posizione dell'ascissa normalizzata della sezione di inizio del blocco di staffe (espressa in percentuale rispetto alla lunghezza dell'elemento).
- **Passo.** Passo delle staffe all'interno del blocco (espresso in cm).

Sulla parte inferiore destra dell'ambiente **"Armature Aste"** sono presenti i seguenti pulsanti:

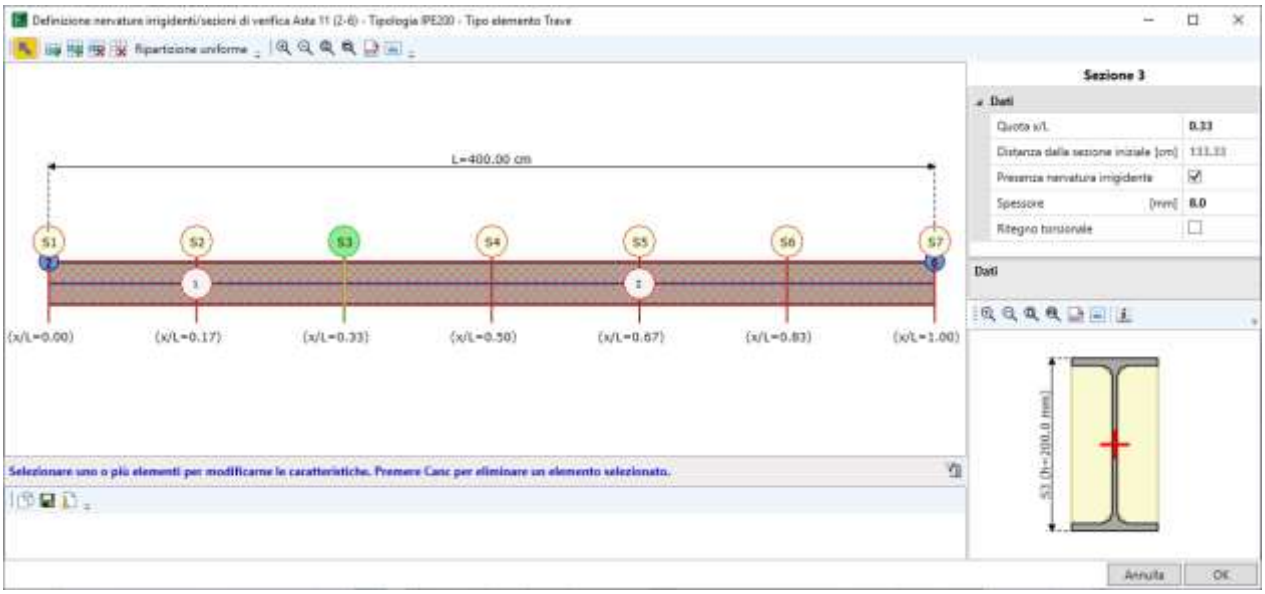
- **Annulla**. Chiude la finestra **"Armature Aste"** annullando tutte le modifiche apportate ai parametri della stessa.
- **Ok**. Chiude la finestra confermando le modifiche apportate ai parametri della stessa.

3.1.5.2.3 Nervature

Nervature

Il programma prevede la possibilità di inserire e/o modificare sulle singole aste in acciaio delle nervature irrigidenti e/o ulteriori sezioni di verifica oltre quelle di default.

Per inserire le nervature e/o le sezioni di verifica è necessario cliccare sul comando **"Nervature"** e selezionare l'asta voluta. Contestualmente, si avvia la corrispondente finestra di input.

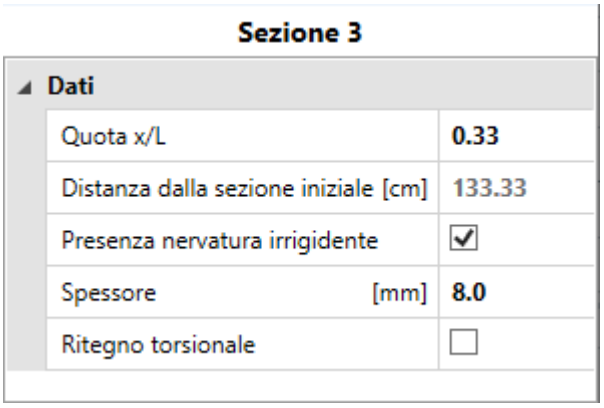


Sulla parte superiore dell'ambiente **"Definizione nervature irrigidenti/sezioni di verifica"** sono presenti i seguenti pulsanti:

- **Selezione** . Consente di selezionare uno o più elementi per modificarne le caratteristiche. Premere "Canc" per eliminare un elemento selezionato;
- **Inserisci una nervatura irrigidente/sezione di verifica** . Inserisce una nuova nervatura irrigidente/sezione di verifica;
- **Inserisci una nervatura irrigidente/sezione di verifica prima della nervatura/sezione selezionata** . Inserisce una nuova nervatura irrigidente/sezione di verifica prima di quella selezionata;
- **Elimina la nervatura irrigidente/sezione di verifica selezionata** . Elimina la nervatura irrigidente/sezione di verifica selezionata;
- **Elimina tutte le nervature irrigidenti/sezioni di verifica mantenendo le predefinite** . Elimina tutte le nervature irrigidenti/sezioni di verifica mantenendo le predefinite;
- Pulsante **"Ripartizione Uniforme"**. Ripartisce uniformemente le nervature/sezioni di verifica introdotte sull'asta;
- **Zoom in** . Effettua uno zoom in avanti;
- **Zoom out** . Effettua uno zoom indietro;
- **Zoom estensione** . Effettua uno zoom in maniera tale da rendere visibili tutti gli elementi ottimizzandone le dimensioni rispetto alla finestra dell'interfaccia;
- **Zoom finestra** . Effettua uno zoom in avanti per gli elementi racchiusi nella finestra;
- **Esporta nel formato DXF** . Esporta nel formato DXF la finestra corrente;
- **Esporta nel formato JPG** . Esporta nel formato JPG la finestra corrente;

Dati "Sezione"

Per selezionare una sezione di verifica è sufficiente cliccare sull'icona corrispondente alla sezione desiderata S3 (ad esempio la sezione S3 della figura precedente). Contestualmente, sulla parte destra della finestra precedente, si apre la maschera per la definizione dei corrispondenti dati:

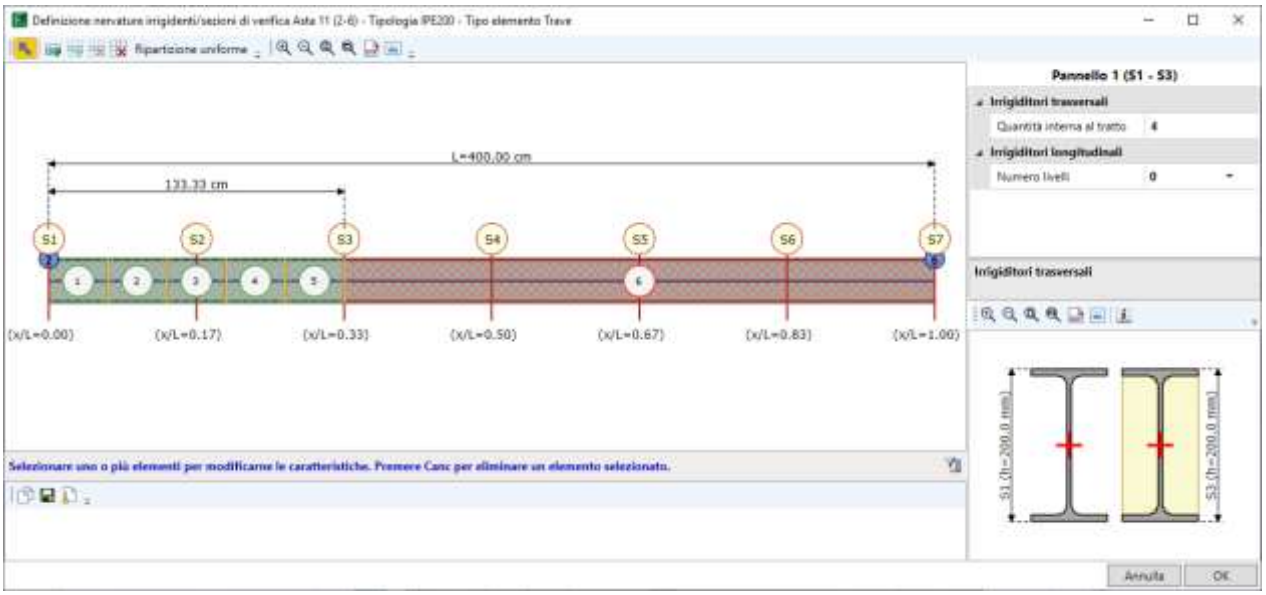


- **Quota x\l**. Posizione dell'ascissa della sezione di inizio del tratto espressa in percentuale rispetto alla lunghezza dell'elemento.
- **Distanza dalla sezione iniziale [cm]**. Posizione dell'ascissa della sezione di inizio del tratto rispetto alla sezione iniziale della trave (S1).
- **Presenza nervatura irrigidente**. Selezionere nel caso in cui sulla sezione in esame si vuole inserire una nervatura irrigidente. Per evidenziare la presenza della nervatura sull'asta, la sezione in esame assumerà la colorazione gialla (vedi figura precedente);

- **Spessore [mm]**. Spessore degli irrigiditori trasversali;
- **Ritegno torsionale**. Selezionare nel caso in cui si vuole considerare la nervatura irrigidente in esame come un ritegno torsionale.

Dati "Pannello"

Per selezionare un pannello d'anima è sufficiente cliccare sul tratto interessato (ad esempio il "Pannello 1" compreso tra le sezioni S1 e S3 della figura precedente). Supponendo di inserire 4 irrigiditori trasversali avremo la seguente situazione:



Sulla parte destra della finestra precedente, si apre la maschera per la definizione dei dati corrispondanti agli irrigitori da inserire:

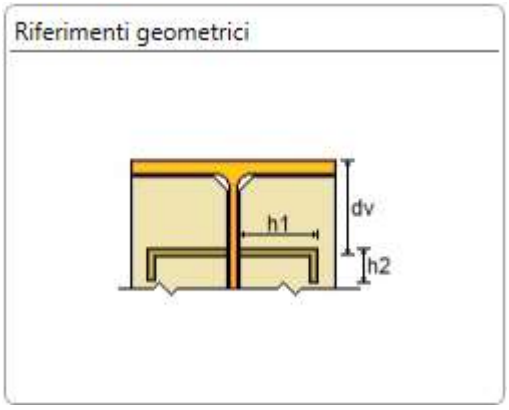
Pannello 1 (S1 - S3)

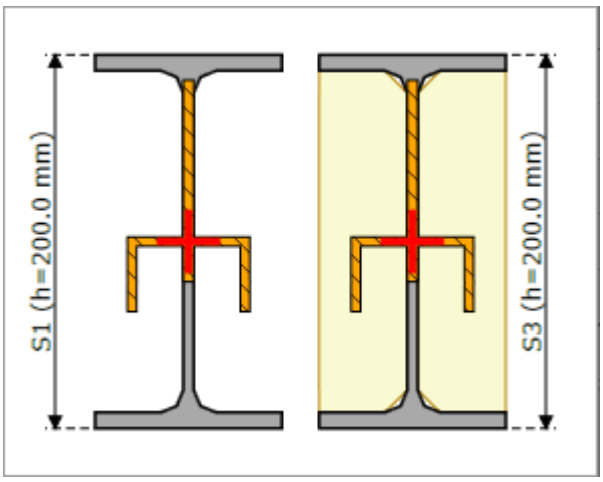
Irrigiditori trasversali		
Quantità interna al tratto		**4**
Irrigiditori longitudinali		
Numero livelli		**1**
Singoli		☐
h1	[mm]	**30.0**
Spessore	[mm]	**5.0**
dv 1° Livello	[mm]	**75.0**
h2 1° Livello	[mm]	**30.0**

Irrigiditori trasversali

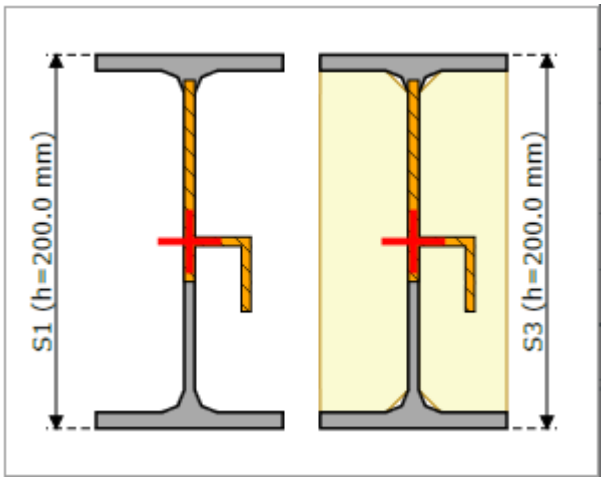
- **Quantità interna al tratto**. Numero di irrigiditori trasversali da inserire all'interno del tratto in esame.

Irrigiditori longitudinali





- **Numero livelli**. Numero di livelli di irrigiditori longitudinali da inserire all'interno del tratto in esame;
- **Singoli**. Selezionare nel caso in cui si vuole inserire un solo irrigiditore longitudinale (come riportato nella seguente figura);

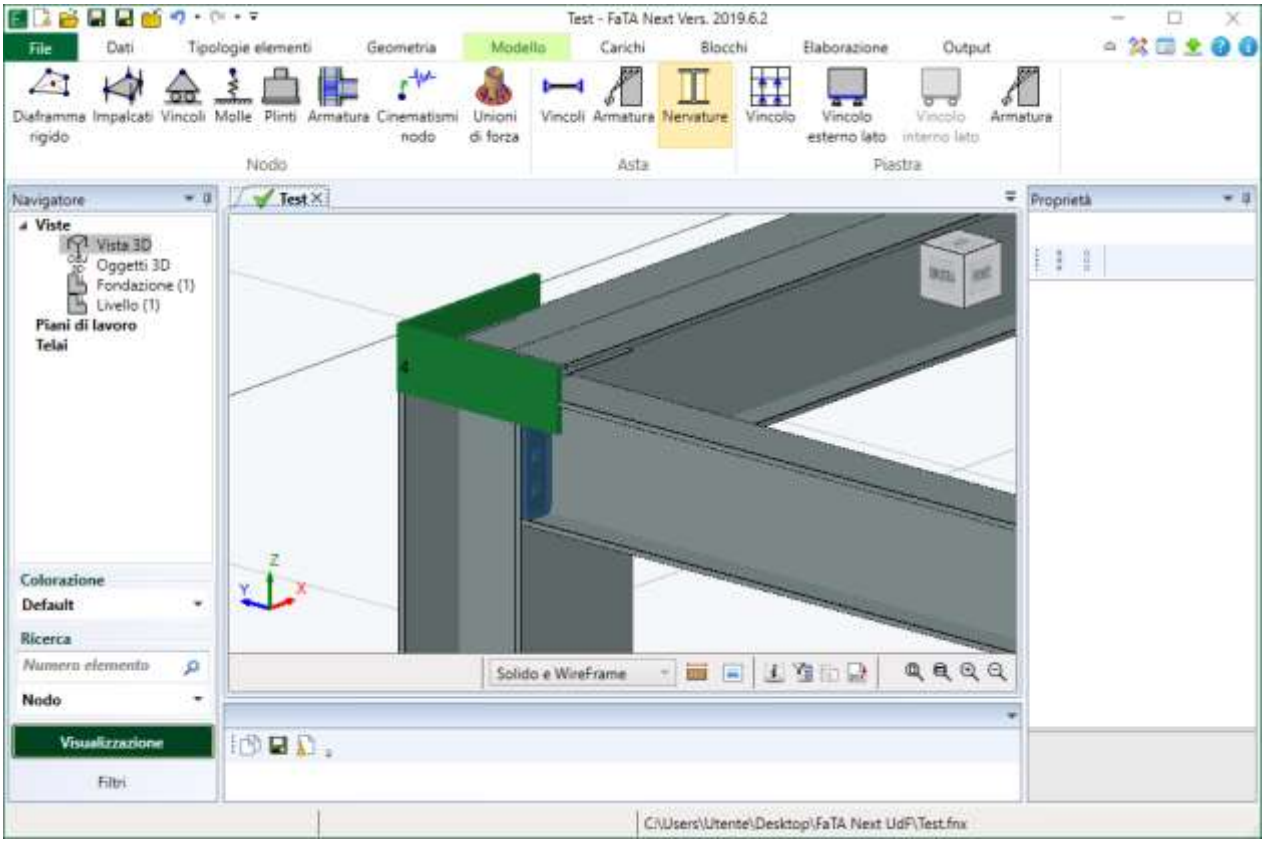


- **h1**. Larghezza dell'irrigiditore rispetto l'anima dell'asta (vedi figura "Riferimenti geometrici");
- **Spessore**. Spessore degli irrigiditori longitudinali;
- **dv 1° Livello**. Distanza dell'irrigiditore rispetto l'ala superiore dell'asta (vedi figura "Riferimenti geometrici");
- **h2 1° Livello**. Dimensione verticale dell'irrigiditore (vedi figura "Riferimenti geometrici").

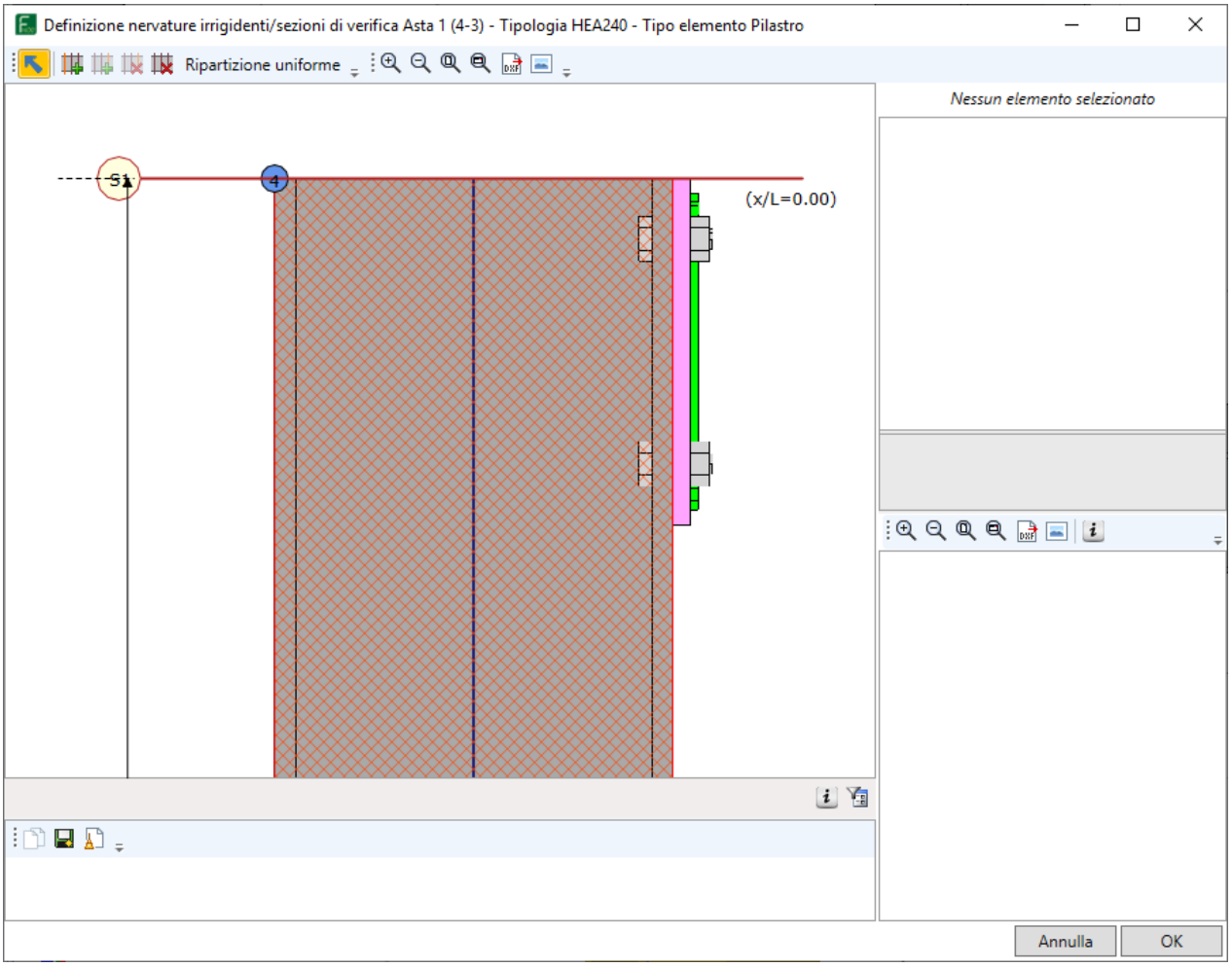
Gestione nervature in corrispondenza dei collegamenti

Sempre all'interno di questo ambiente è possibile generare automaticamente delle nervature irrigidenti sulle aste in corrispondenza dell'unione in esame.

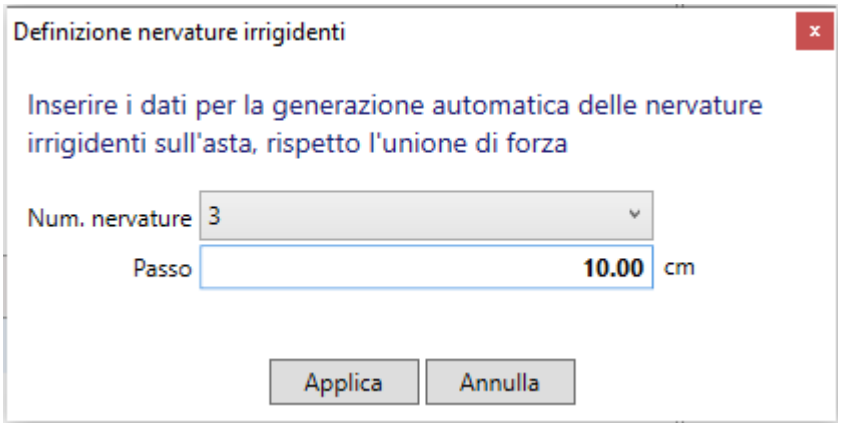
Supponiamo di avere questa unione trave-colonna e di voler inserire delle nervature irrigidenti sulla colonna in corrispondenza dell'unione.



Quindi, scelto il comando "Nervature", clicchiamo sulla colonna sulla quale inserire gli irrigidimenti. Contestualmente, si apre il seguente ambiente per la definizione delle nervature irrigidenti:



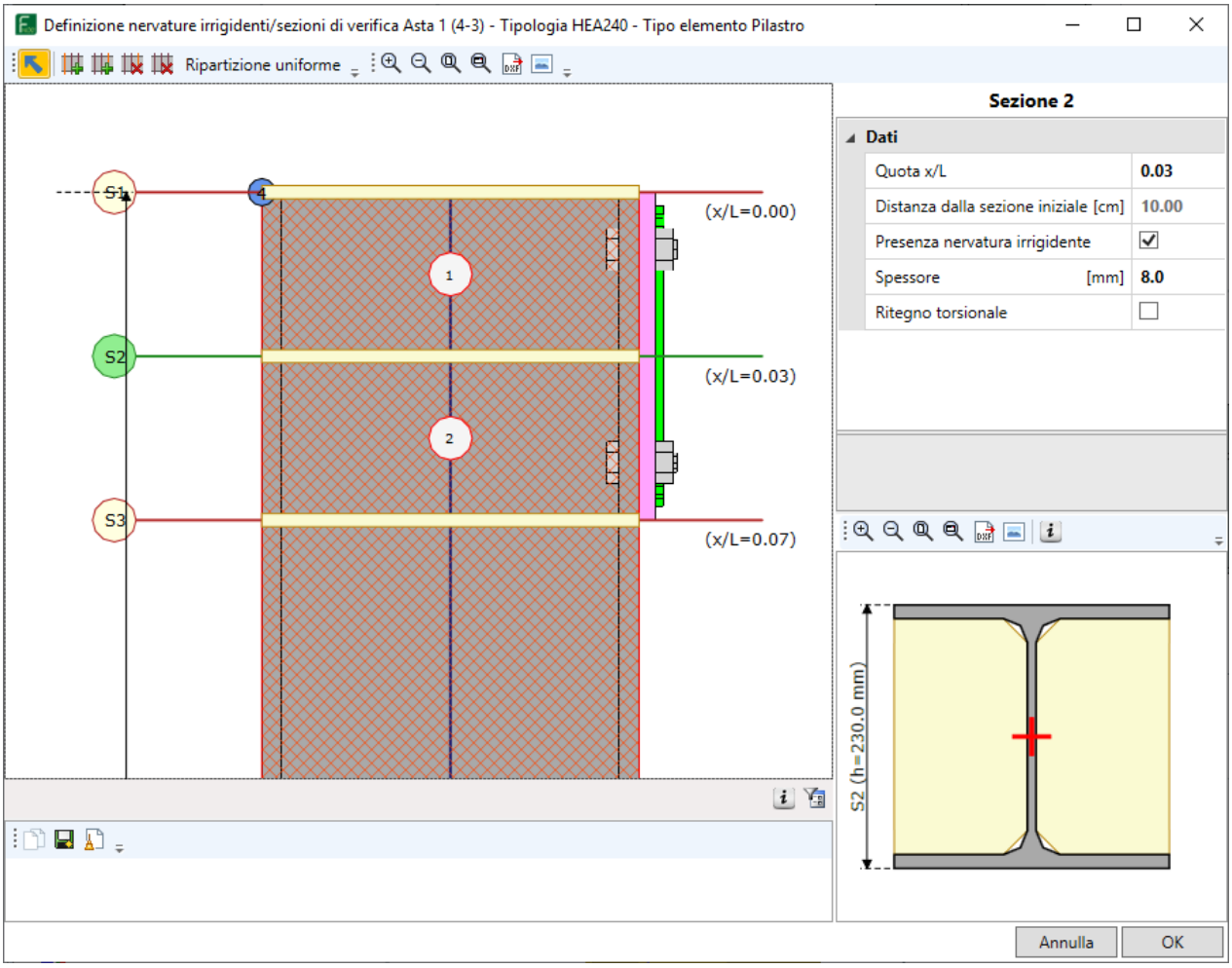
Cliccando sull'unione si apre la seguente finestra per la definizione delle nervature irrigidenti:



Tramite questo ambiente è possibile inserire i dati per la generazione automanica delle nervature irrigidenti sull'asta rispetto l'unione in esame:

- **Num. nervature.** Numero di nervature da inserire sull'asta in corrispondenza dell'unione in esame;
- **Passo.** Passo delle nervature irrigidenti in corrispondenza dell'unione in esame (espresso in cm).

Supponendo di inserire 3 nervature al passo di 10 cm si ottiene il seguente risultato:



A questo punto è possibile agire sulle singole nervature (ad esempio la Sez. 2 della figura precedente) e sui singoli pannelli d'anima come visto in precedenza.

3.1.5.3 Modello Piastra

Modello Piastra

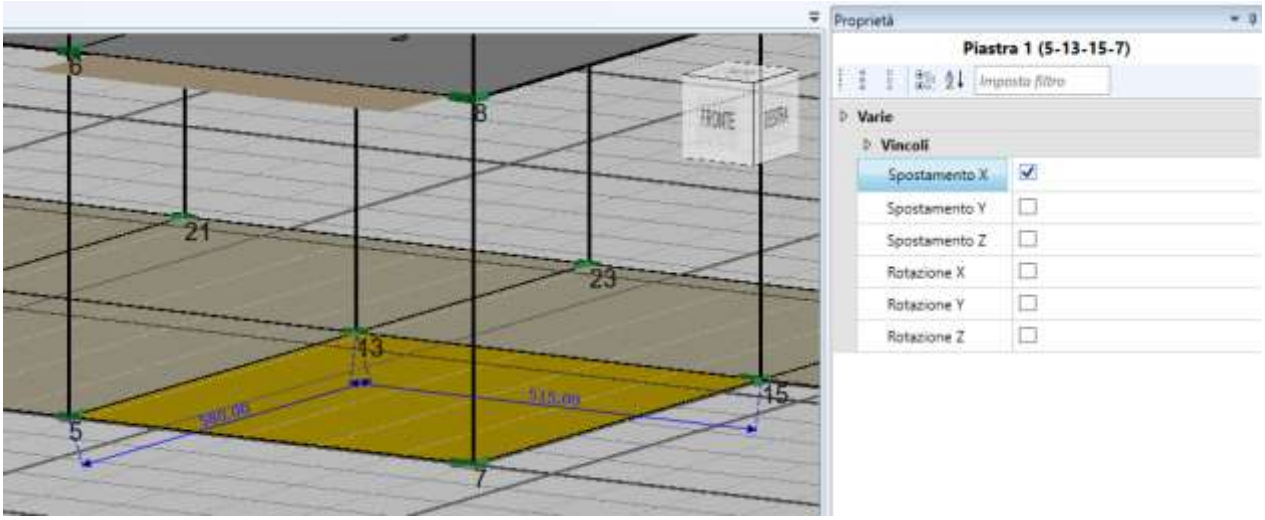
Contiene le funzioni che consentono di operare sugli elementi strutturali bidimensionali.



Vincoli piastra 

FaTA Next contempla la possibilità di vincolare una o più componenti di spostamento generalizzato dei nodi di una piastra.

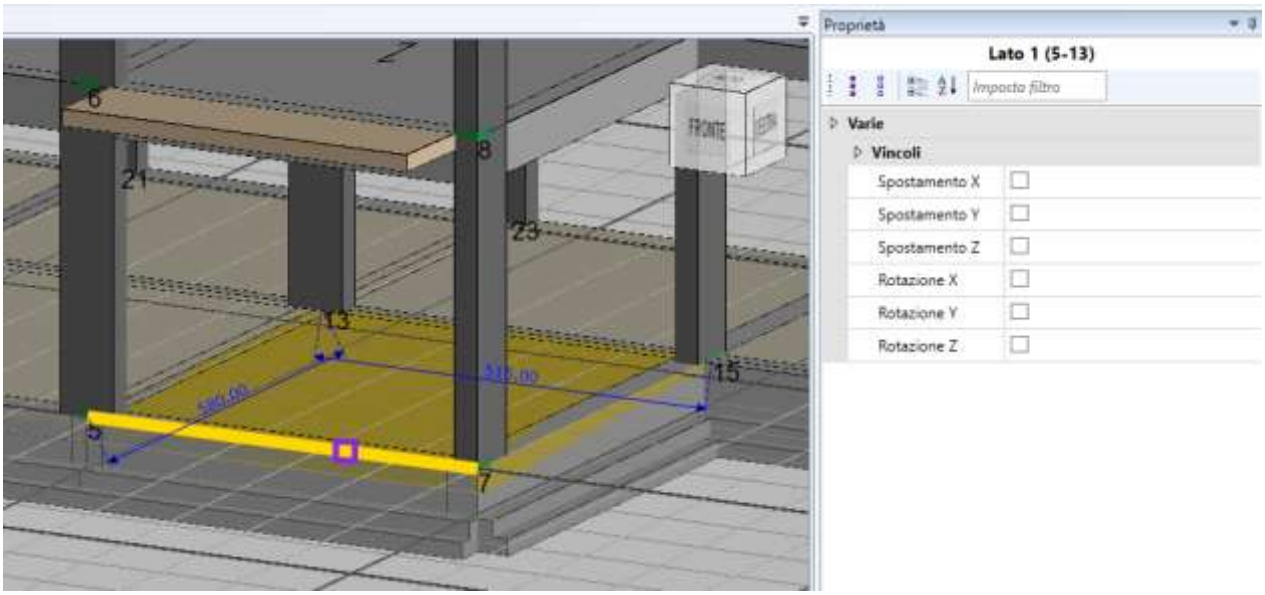
Per inserire dei vincoli sui nodi della piastra cliccare sul comando **"Vincolo Piastra"**, quindi selezionare la\le piastre con una delle procedure di selezione e completare scegliendo le componenti di spostamento da vincolare dalla barra delle proprietà.



Vincolo esterno lato

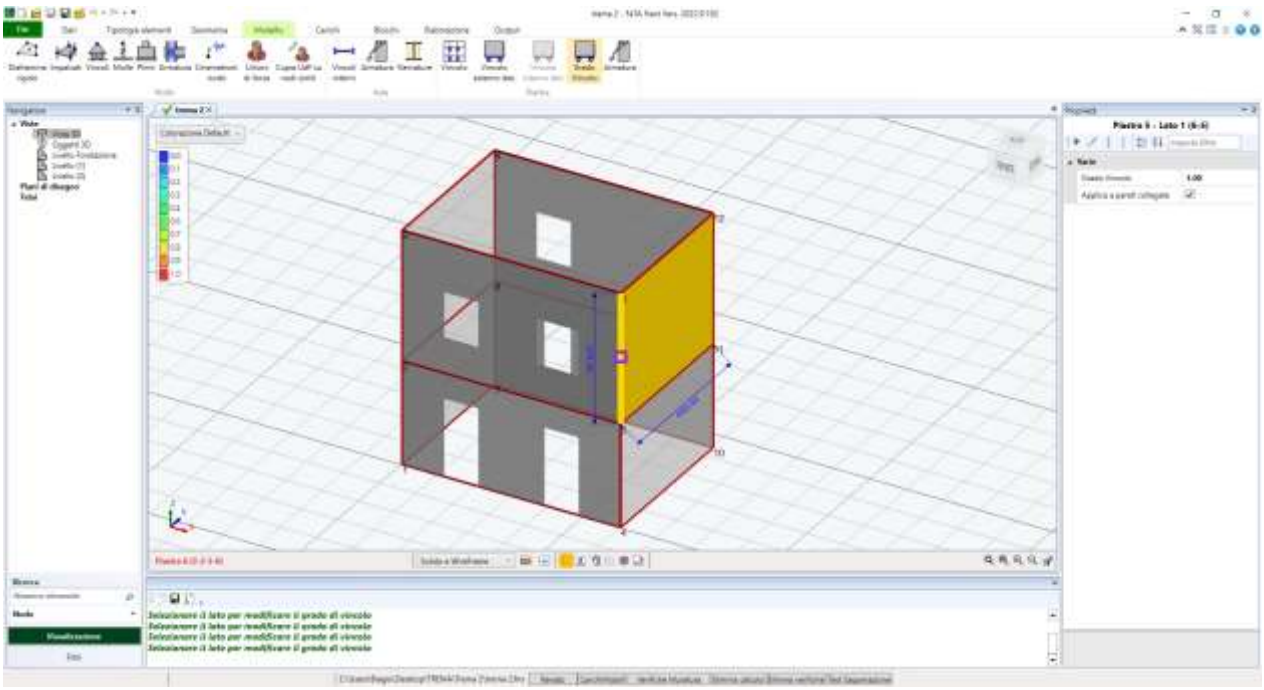
FaTA Next consente di vincolare uno o più componenti di spostamento generalizzato dei nodi presenti su uno o più lati della frontiera di una piastra.

Per inputare dei vincoli sui nodi presenti su uno o più lati della frontiera di una piastra cliccare sul comando **"Vincolo esterno lato piastra"**, quindi selezionare un lato della frontiera e completare scegliendo le componenti di spostamento da bloccare dalla barra delle proprietà.



Grado Vincolo

Questa funzione, disponibile solo per le pareti in muratura, consente di differenziare il grado di vincolo (o ammorsamento) con i muri adiacenti. La selezione del lato avviene cliccando prima sulla parete e successivamente sul lato scelto. Dopo aver inserito il valore desiderato (compreso tra 0 e 3) è possibile applicare cliccando sul pulsante con la freccia verde. Valori superiori ad 1 sono relativi a possibili consolidamenti che migliorano il grado di connessione tra gli elementi.



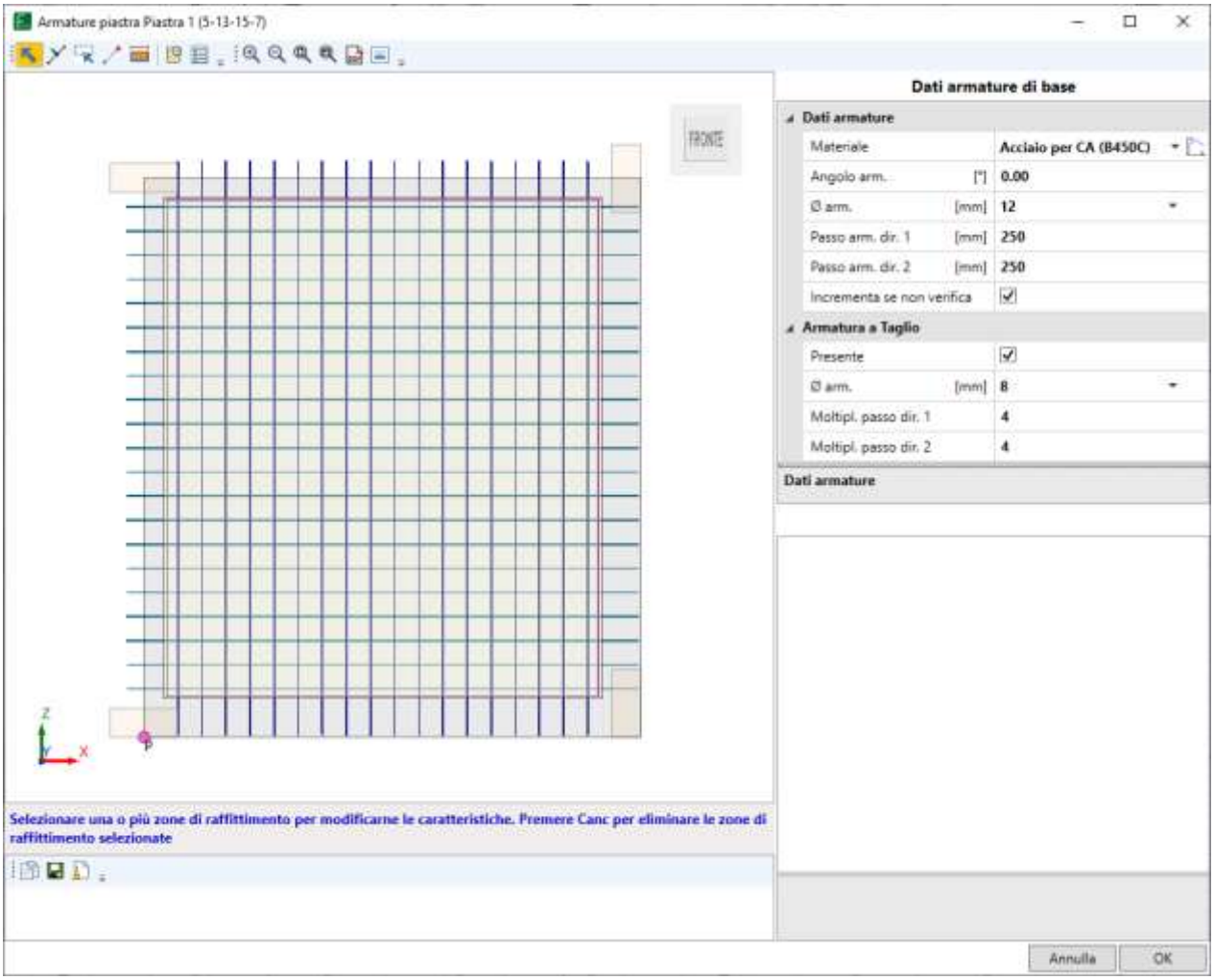
Selezionando "Applica a pareti collegate" è possibile attribuire il valore a tutti gli elementi adiacenti al lato. La rappresentazione grafica dei lati assume colorazione variabile in funzione del grado di vincolo associato.

3.1.5.3.1 Armatura piastra

Armatura piastra 

Il programma prevede la possibilità di inserire l'armatura sulle singole piastre.

Per inputare l'armatura su una singola piastra cliccare su **"Armatura piastra"** e selezionare la piastra voluta. Si accederà al seguente ambiente di input delle armature delle piastre.



Sulla parte superiore dell'ambiente sono presenti i seguenti pulsanti:

- **Seleziona** . Consente di selezionare una o più zone di raffittimento per modificarne le armature.
- **Input zone di raffittimento puntuali** . Consente di cliccare in un punto all'interno della piastra per inserire i baricentri delle zone di raffittimento delle armature.
- **Input zone di raffittimento a box** . Consente di definire delle zone di raffittimento delle armature mediante delle selezioni a box.
- **Sposta zone di raffittimento** . Selezionare per spostare una zona di infittimento.
- **Calcola distanza fra due punti** . Strumento di misurazione della distanza fra due punti.
- **Disposizione armatura minima da normativa** . Cliccare per disporre nella piastra l'armatura minima di Norma.
- **Generazione automatica zone di raffittimento** . Cliccare per richiedere la generazione automatica delle zone di raffittimento delle armature.
- **Zoom in** . Zoom in avanti per ingrandire.
- **Zoom out** . Zoom indietro per rimpicciolire.
- **Zoom estensione** . Zoom in per rendere visibili tutti gli elementi ottimizzandone le dimensioni rispetto alla finestra dell'interfaccia.
- **Zoom finestra** . Zoom in per gli elementi ricchiusi nella finestra.

- **Esporta nel format DXF**  . Esporta l'armatura inputata in formato DXF.
- **Esporta nel format JPEG**  . Esporta l'armatura inputata in formato JPG.

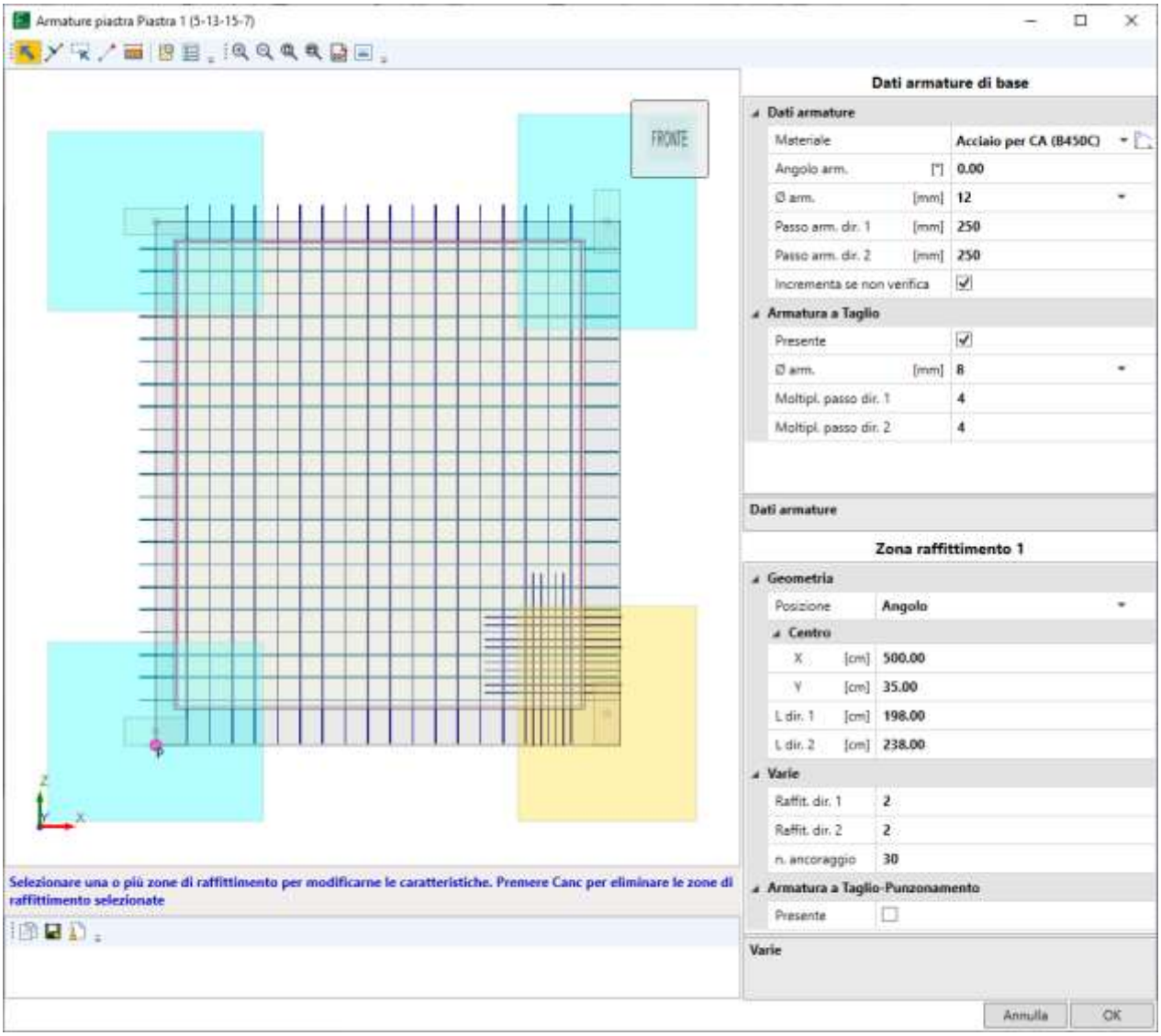
La barra delle proprietà contiene i seguenti dati di input delle armature:

Dati armature di base

Dati armature		
Materiale		Acciaio per CA (B450C)
Angolo arm.	[°]	0.00
Ø arm.	[mm]	12
Passo arm. dir. 1	[mm]	250
Passo arm. dir. 2	[mm]	250
Incrementa se non verifica		☑
Armatura a Taglio		
Presente		☑
Ø arm.	[mm]	8
Moltipl. passo dir. 1		4
Moltipl. passo dir. 2		4

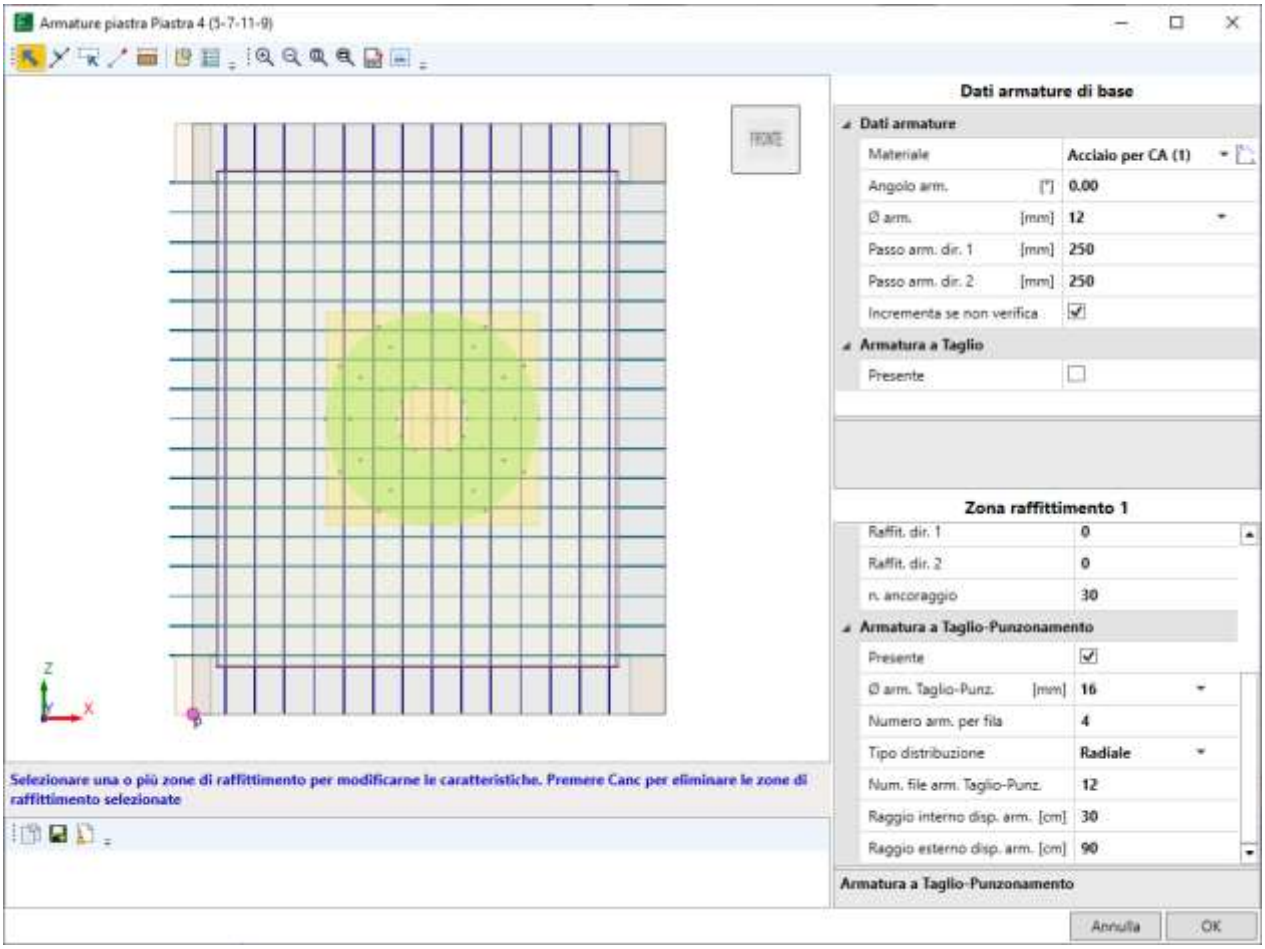
- **Materiale**. Materiale acciaio per le barre di armatura;
- **Angolo**. Angolo che indica la direzione delle armature;
- **ϕ arm**. Diametro dell'armatura longitudinale;
- **Passo arm. dir. 1**. Interasse dell'armatura longitudinale lungo la direzione 1;
- **Passo arm. dir. 2**. Interasse dell'armatura longitudinale lungo la direzione 2;
- **Incrementa se non verifica**. Selezionare se si desidera che l'armatura inputata venga incrementata qualora risultasse insufficiente in fase di verifica;
- **Armatura a taglio (Presente)**. Se selezionata viene inserita l'armatura a taglio;
- **ϕ arm**. Diametro dell'armatura a taglio;
- **Moltipl. passo dir. 1**. Moltiplicatore passo dell'armatura a taglio rispetto l'armatura longitudinale lungo la direzione 1;
- **Moltipl. passo dir. 2**. Moltiplicatore passo dell'armatura a taglio rispetto l'armatura longitudinale lungo la direzione 2.

Nel caso di zone di raffittimento l'interfaccia di input assume la seguente forma:



- **Posizione**. Posizione del centro del poligono di raffittimento;
- **X**. Coordinata X del centro del poligono di raffittimento rispetto all'origine P;
- **Y**. Coordinata Y del centro del poligono di raffittimento rispetto all'origine P;
- **L dir. 1**. Larghezza della zona di raffittimento in direzione 1;
- **L dir. 2**. Larghezza della zona di raffittimento in direzione 2;
- **Raffit. dir. 1**. Numero di armature aggiuntive contenute all'interno del "Pass. arm. dir. 1";
- **Raffit. dir. 2**. Numero di armature aggiuntive contenute all'interno del "Pass. arm. dir. 2";
- **n. ancoraggio**. Moltiplicatore per la lunghezza di ancoraggio dell'armatura di raffittimento.

Nel caso di presenza di armatura per taglio-punzonamento:



- **Armatura a taglio-punzonamento (Presente)**. Se selezionata viene inserita l'armatura a taglio;
- **ϕ arm. Taglio-Punz.** Diametro delle armature per taglio-punzonamento;
- **Numero arm. per fila.** Numero delle armature per ogni singola fila;
- **Tipo distribuzione.** Consente di definire il tipo di distribuzione delle armature come "Radiale" o "Direzione armature";
- **Num. file arm. Taglio-Punz.** Numero di file di armature per taglio-punzonamento;
- **Raggio interno disp. arm.** Raggio corrispondente all'ingombro della zona di carico;
- **Raggio esterno disp. arm.** Raggio esterno rispetto al quale disporre l'armatura a taglio-punzonamento.

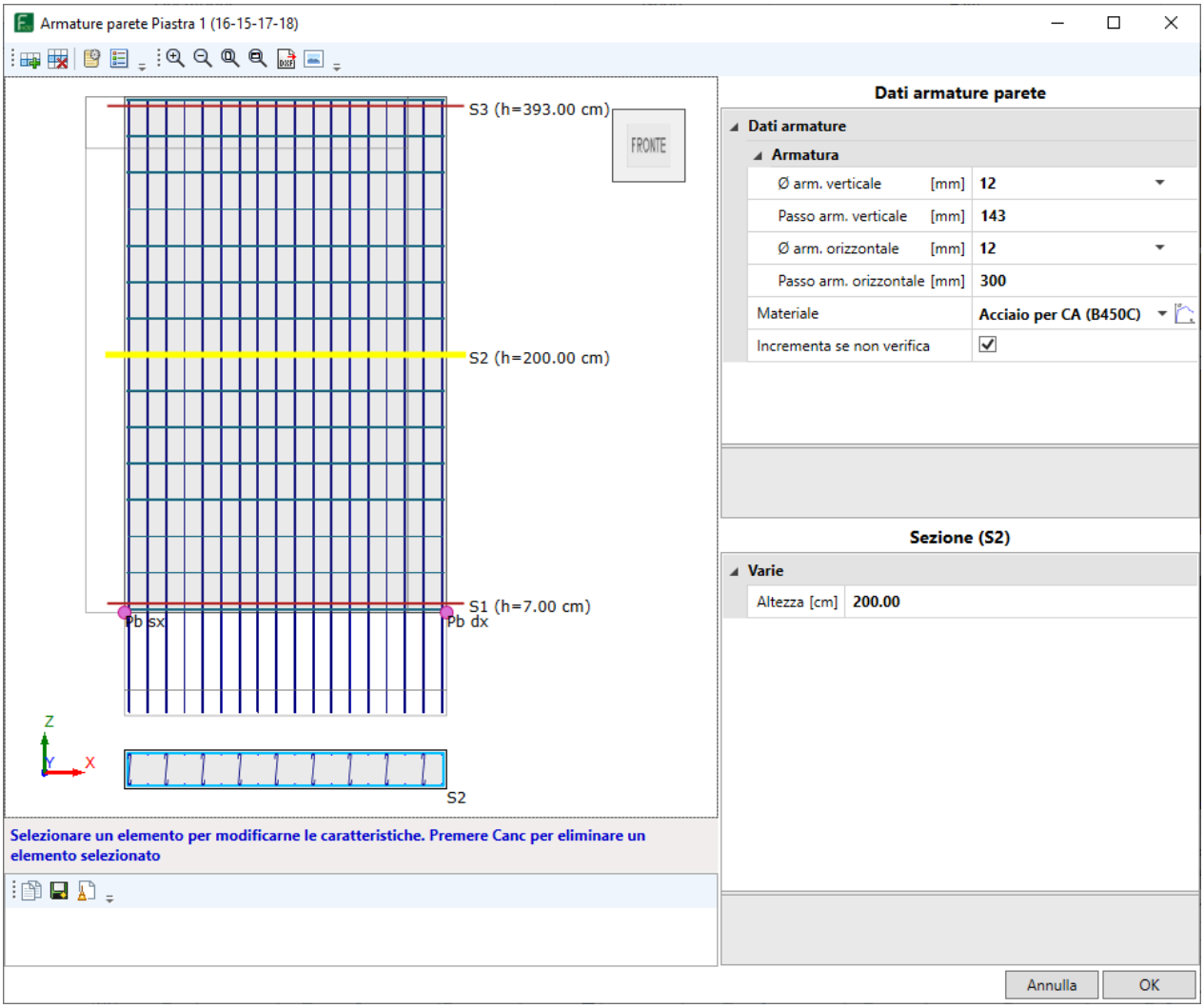
3.1.5.3.2 Armatura pareti

Armatura parete 

Il programma prevede la possibilità di inserire l'armatura sulle singole pareti.

Per inputare l'armatura su una singola parete cliccare sul comando **"Armatura piastra"** e selezionare la parete voluta. Si accederà al seguente ambiente di input delle armature delle pareti. L'ambiente di input si differenzia a seconda che la parete in CA selezionata sia stata definita come tipo elemento "Parete", "Parete dissipativa" o "Parete debolmente armata".

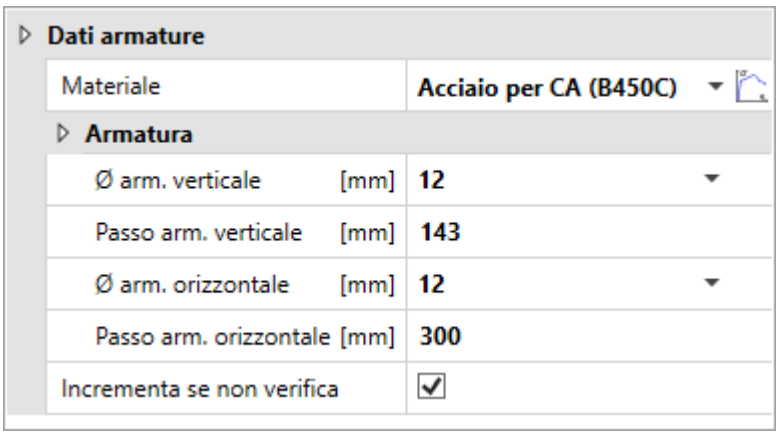
Nel caso in cui il tipo elemento risulti **"Parete"** o **"Parete debolmente armata"**, l'interfaccia di input per le armature assume la forma seguente:



Sulla parte superiore dell'ambiente "Armature parete" sono presenti i seguenti pulsanti:

- **Aggiungi una nuova sezione** . Inserisce una nuova sezione di verifica;
- **Elimina la sezione selezionata** . Elimina la sezione di verifica selezionata;
- **Disposizione armatura minima da normativa** . Cliccare per disporre nella parete l'armatura minima di normativa;
- **Creazione automatica sezioni di verifica** . Cliccare per generare automaticamente le sezioni di verifica;
- **Zoom in** . Zoom in avanti per ingrandire;
- **Zoom out** . Zoom indietro per rimpicciolire;
- **Zoom estensione** . Zoom in per rendere visibili tutti gli elementi ottimizzandone le dimensioni rispetto alla finestra dell'interfaccia;
- **Zoom finestra** . Zoom in per gli elementi ricchiusi nella finestra;
- **Esporta nel format DXF** . Esporta l'armatura inputata in formato DXF;
- **Esporta nel format JPEG** . Esporta l'armatura inputata in formato JPG.

La barra delle proprietà contiene i dati di input delle armature.

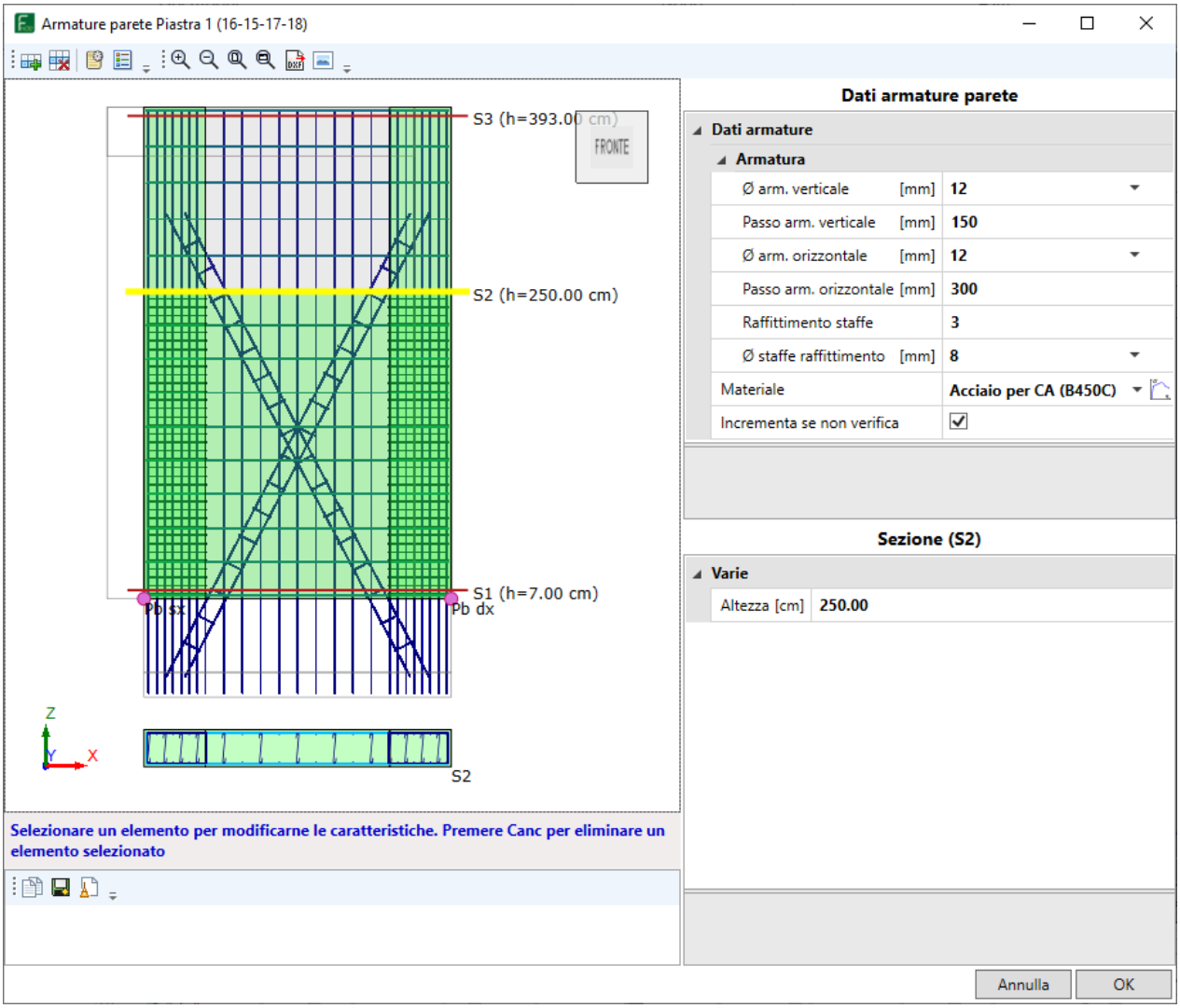


- **Materiale**. Materiale acciaio per le barre di armatura;
- **ϕ arm. verticale**. Diametro dell'armatura verticale;
- **Passo arm. verticale**. Interasse dell'armatura verticale;
- **ϕ arm. orizzontale**. Diametro dell'armatura orizzontale;
- **Passo arm. orizzontale**. Interasse dell'armatura orizzontale;
- **Incrementa se non verifica**. Selezionare se si desidera che l'armatura inputata venga incrementata qualora risultasse insufficiente in fase di verifica.

Per ogni sezione di verifica selezionata è possibile modificare il posizionamento della stessa (altezza rispetto alla base della parete).



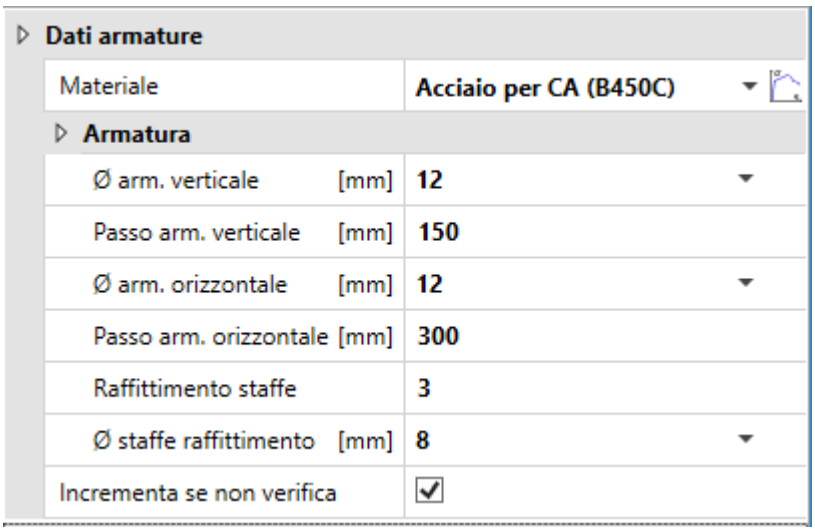
Nel caso in cui il tipo elemento risulti **"Parete dissipativa"** l'interfaccia di input per le armature assume la forma seguente:



Sulla parte superiore dell'interfaccia sono presenti i seguenti pulsanti:

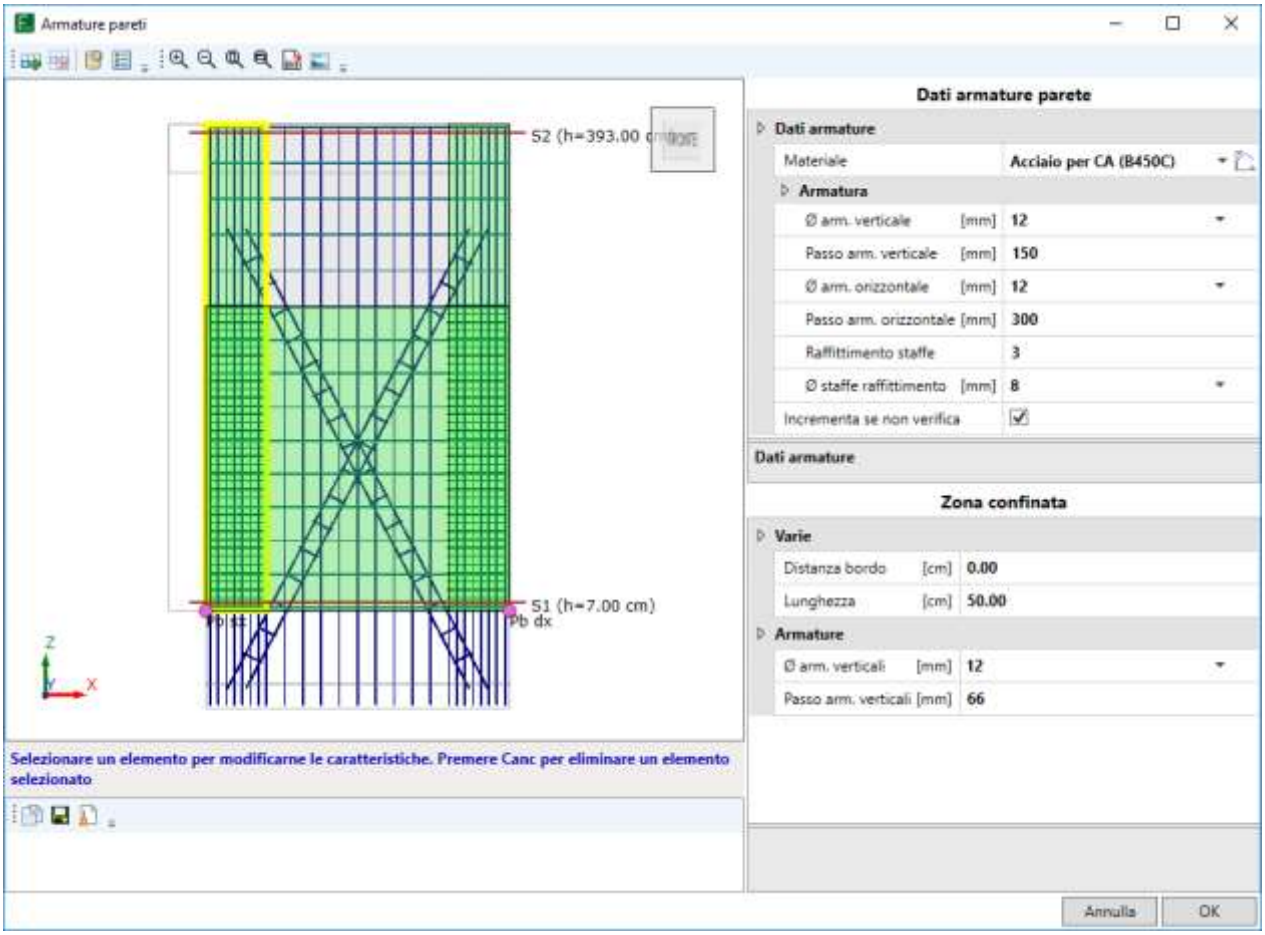
- **Aggiungi una nuova sezione** . Inserisce una nuova sezione di verifica;
- **Elimina la sezione selezionata** . Elimina la sezione di verifica selezionata;
- **Disposizione armatura minima da normativa** . Cliccare per disporre nella parete l'armatura minima di normativa;
- **Creazione automatica sezioni di verifica** . Cliccare per generare automaticamente le sezioni di verifica;
- **Zoom in** . Zoom in avanti per ingrandire;
- **Zoom out** . Zoom indietro per rimpicciolire;
- **Zoom estensione** . Zoom in per rendere visibili tutti gli elementi ottimizzandone le dimensioni rispetto alla finestra dell'interfaccia;
- **Zoom finestra** . Zoom in per gli elementi ricchiusi nella finestra;
- **Esporta nel format DXF** . Esporta l'armatura inputata in formato DXF;
- **Esporta nel format JPEG** . Esporta l'armatura inputata in formato JPG.

La barra delle proprietà contiene i dati di input delle armature.



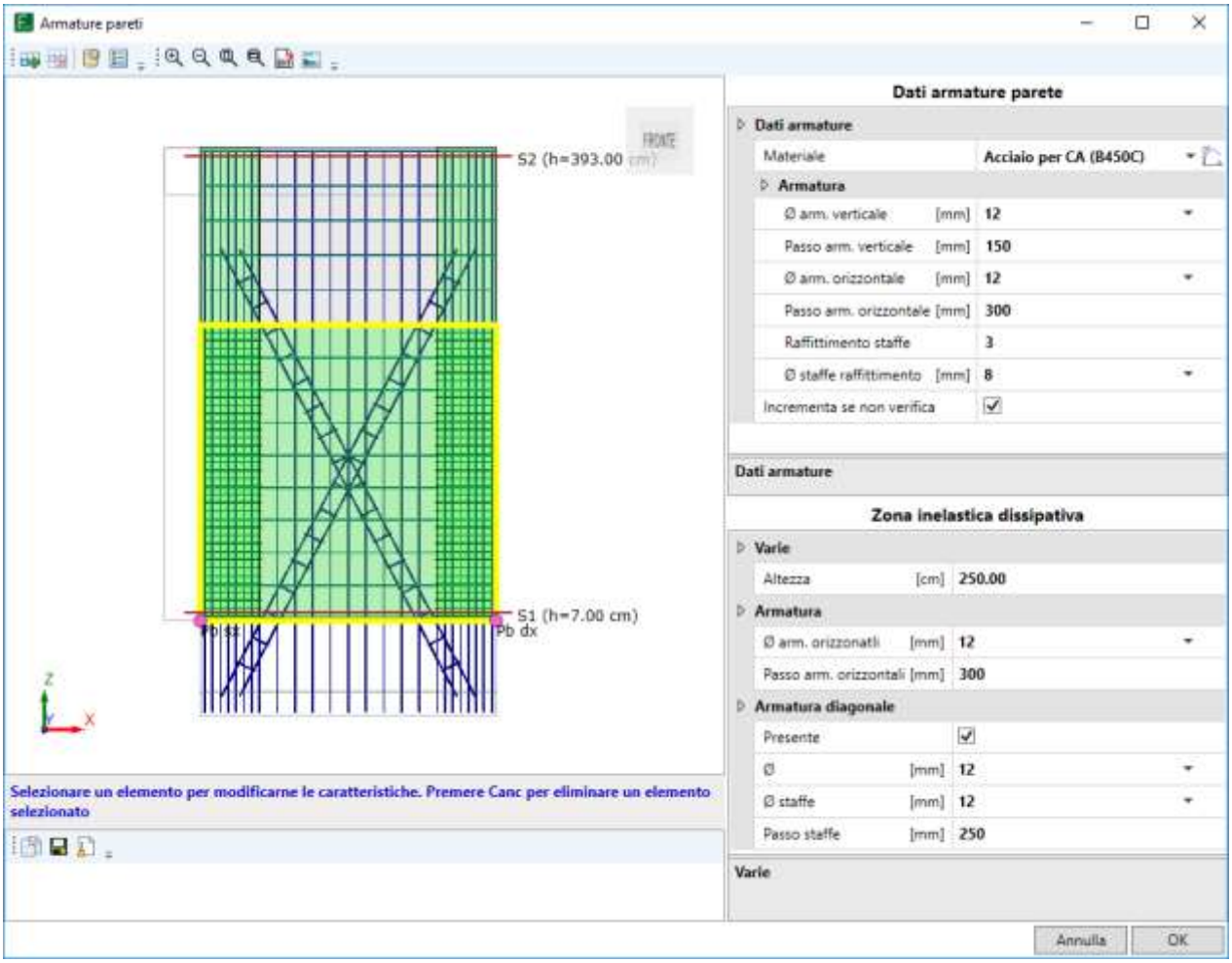
- **Materiale**. Materiale acciaio per le barre di armatura;
- **ϕ arm. verticale**. Diametro dell'armatura verticale;
- **Passo arm. verticale**. Interasse dell'armatura verticale;
- **ϕ arm. orizzontale**. Diametro dell'armatura orizzontale;
- **Passo arm. orizzontale**. Interasse dell'armatura orizzontale;
- **Raffittimento staffe**. Numero di staffe contenute all'interno del passo "Passo arm. orizzontale" limitatamente alla zona confinata lungo l'altezza della zona inelastica dissipativa;
- **ϕ staffe raffittimento**. Diametro delle staffe di raffittimento;
- **Incrementa se non verifica**. Selezionare se si desidera che l'armatura inputata venga incrementata qualora risultasse insufficiente in fase di verifica.

Per modificare l'armatura della zona confinata l'inerfaccia di input assume la seguente forma:



- **Distanza bordo**. Distanza della zona confinata dal bordo della parete;
- **Lunghezza**. Larghezza della zona confinata;
- **ϕ arm. verticale**. Diametro dell'armatura verticale della zona confinata;
- **Passo arm. verticale**. Interasse dell'armatura verticale della zona confinata;

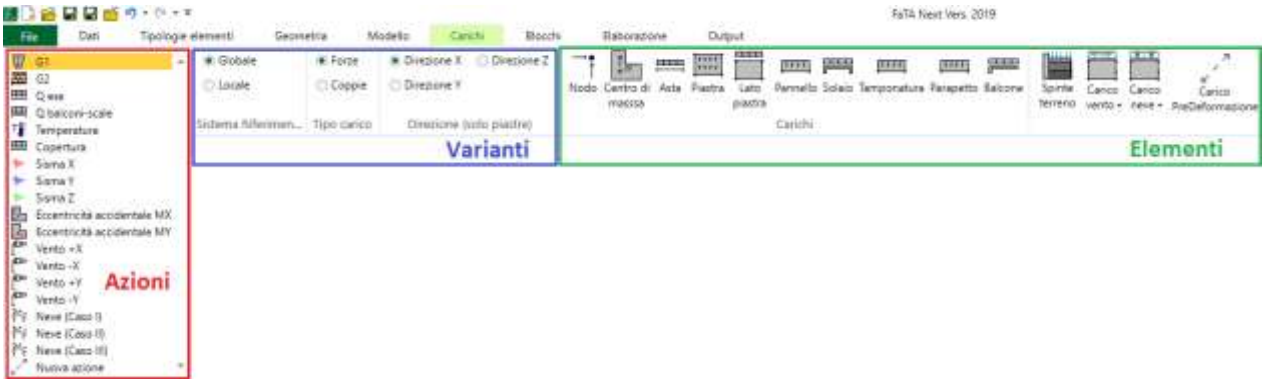
Per modificare l'armatura della zona inelastica dissipativa l'interfaccia di input assume la seguente forma:



- **Altezza**. Altezza della zona inelastica dissipativa della parete;
- **ϕ arm. orizzontale**. Diametro dell'armatura orizzontale della zona inelastica;
- **Passo arm. orizzontale**. Interasse dell'armatura orizzontale della zona inelastica;
- **Armatura diagonale (Presente)**. Selezionare se si desidera inserire l'armatura diagonale aggiuntiva;
- **ϕ**. Diametro dell'armatura diagonale;
- **ϕ staffe**. Diametro delle staffe dell'armatura diagonale;
- **Passo staffe**. Interasse delle staffe dell'armatura diagonale;

3.1.6 Carichi

Il menù **"Carichi"** è l'ambiente predisposto all'input dei carichi sugli elementi del modello strutturale consentendo di gestire tutte le azioni attive per il progetto corrente.



Tramite il menù a tendina delle **"Azioni"** è possibile scegliere l'azione rispetto alla quale assegnare i carichi relativi agli elementi desiderati.

Il blocco **"Varianti"** contiene le seguenti funzionalità:

- **Sistema Riferimento.** Consente di scegliere il sistema di riferimento rispetto al quale assegnare i carichi sui diversi elementi. Si può scegliere tra il sistema di riferimento globale e locale;
- **Tipo carico.** Consente di scegliere se si vogliono inserire delle forze oppure delle coppie sui diversi elementi strutturali;
- **Direzione (solo piastre).** Direzione di visualizzazione dei carichi assegnati sui vari elementi bidimensionali del modello.

Attraverso il menù **"Elementi"** è possibile scegliere l'elemento sul quale applicare il carico.

Una volta scelto l'elemento (Elementi) su cui intervenire, cliccando sul relativo pulsante, verranno visualizzati i carichi relativi all'azione scelta (Azioni) e le opzioni selezionate (Varianti).

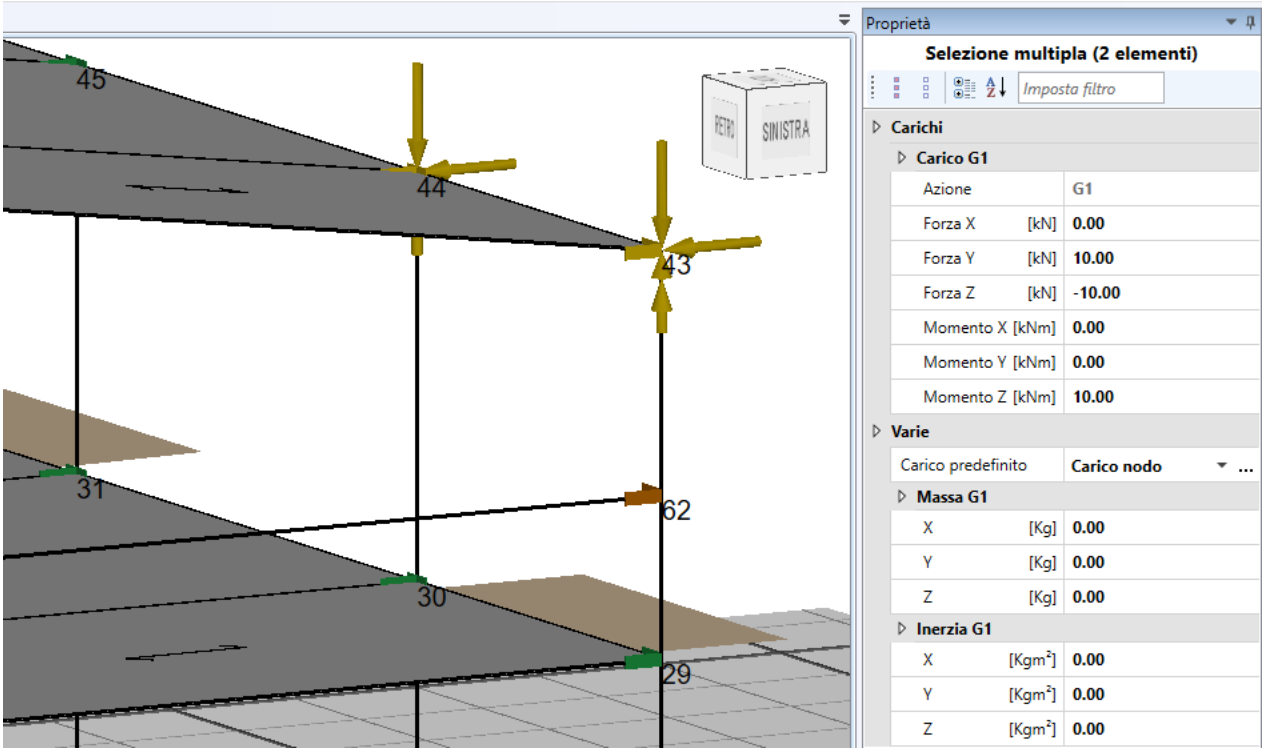
E' importante notare che nella barra delle proprietà verranno visualizzati i carichi predefiniti associati ad ogni elemento.

Per inserire un generico carico su un'elemento qualsiasi si procede come segue:

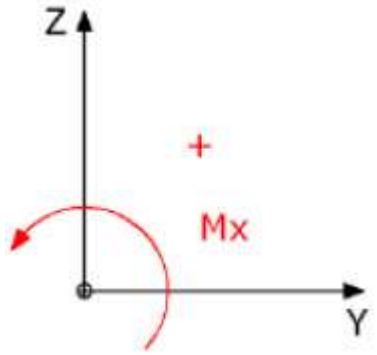
1. Scegliere il tipo di elemento sul quale applicare il carico (Elementi);
2. Selezionare uno o più elementi sui quali applicare il carico;
3. Selezionare dalla finestra delle condizioni (Azioni) l'azione rispetto alla quale assegnare i relativi carichi;
4. Selezionare il sistema di riferimento rispetto al quale assegnare i carichi sui diversi elementi. Si può scegliere tra il sistema di riferimento globale e locale (dove previsto);
5. Selezionare il tipo di carico da assegnare. Si può scegliere tra forze o coppie (dove previsto);
6. Sulla barra delle proprietà comparirà il menù contestuale relativo alla condizione di carico selezionata; selezionare come carico predefinito uno di quelli della lista dei carichi precedentemente definiti nell'ambiente **"Carichi predefiniti"**. Di conseguenza, sulla barra della proprietà, saranno visibili i valori delle componenti delle azioni associate al carico predefinito selezionato. In alternativa, per assegnare un generico carico su un'elemento qualsiasi, sempre tramite la barra delle proprietà, si possono settare i valori delle componenti delle azioni associate agli elementi selezionati;
7. Cliccare sul tasto "Esc" per completare l'input.

Carico nodo 

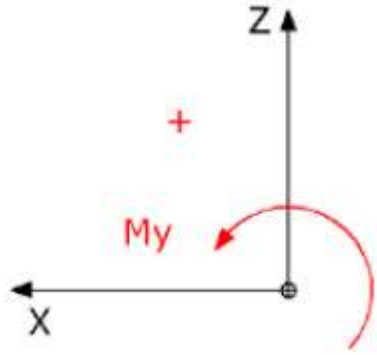
Tramite il comando **"Carico nodo"** è possibile assegnare carichi nodali ai diversi nodi del modello strutturale. Attraverso la barra della proprietà si possono settare i valori delle forze, delle coppie, delle masse e delle inerzie associate al nodo selezionato.



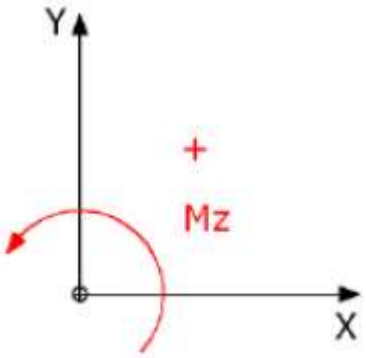
Il verso delle coppie è considerato positivo se antiorario. Per la coppia intorno ad X il verso positivo è quello evidenziato nella seguente figura, considerando l'asse X uscente dallo schermo:



Per la coppia intorno ad Y il verso positivo è quello evidenziato nella seguente figura, considerando l'asse Y uscente dallo schermo:

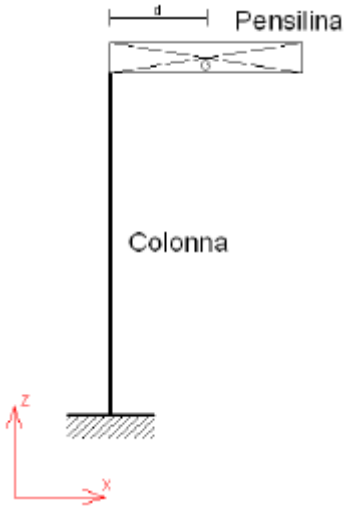


Per la coppia intorno a Z il verso positivo è quello evidenziato nella seguente figura, considerando l'asse Z uscente dallo schermo:



Oltre alle forze e alle coppie è possibile inserire delle masse nodali utili, in fase di analisi dinamica modale, a modellare delle masse concentrate ai nodi.

Per capire il significato del valori "Massa" e "Inerzia" riportiamo un piccolo esempio in modo da comprendere anche le unità di misure adottate. Supponiamo di voler trasformare gli effetti della massa della pensilina sulla colonna:



La massa della pensilina può essere calcolata come:

$$Massa = \frac{Peso\ [daN]}{9.81} \quad [kg]$$

E' da notare che il valore dell'accelerazione di gravità deve essere obbligatoriamente in m/s^2 e il peso in daN, in quanto vengono fatte le conversioni utili al solutore.
I valori d'inerzia associati alla massa rispetto ai tre assi sono i seguenti:

$$InerziaX = 0 \quad [kgm^2]$$
$$InerziaY = Massa \cdot d^2 \quad [kgm^2]$$
$$InerziaZ = Massa \cdot d^2 \quad [kgm^2]$$

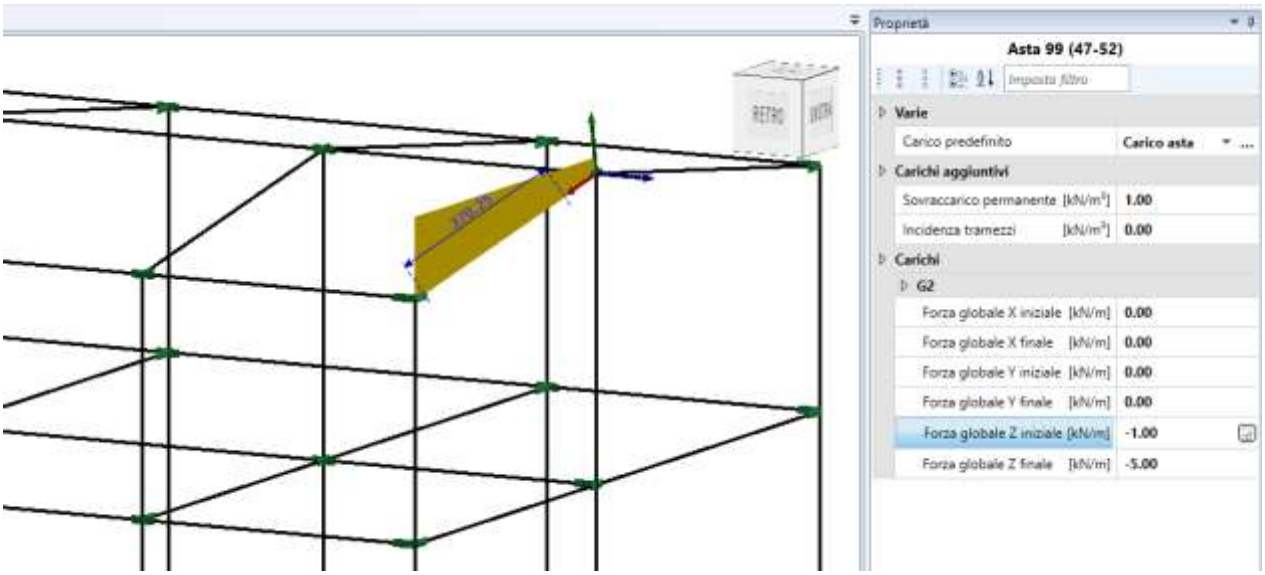
La distanza del baricentro d deve essere misurata in m.

Carico centro di massa 

Tramite il comando **"Carico centro di massa"** è possibile assegnare carichi nodali ai diversi centri di massa. Attraverso la barra della proprietà si possono settare i valori delle forze, delle coppie, delle masse e delle inerzie associate al centro di massa selezionato.

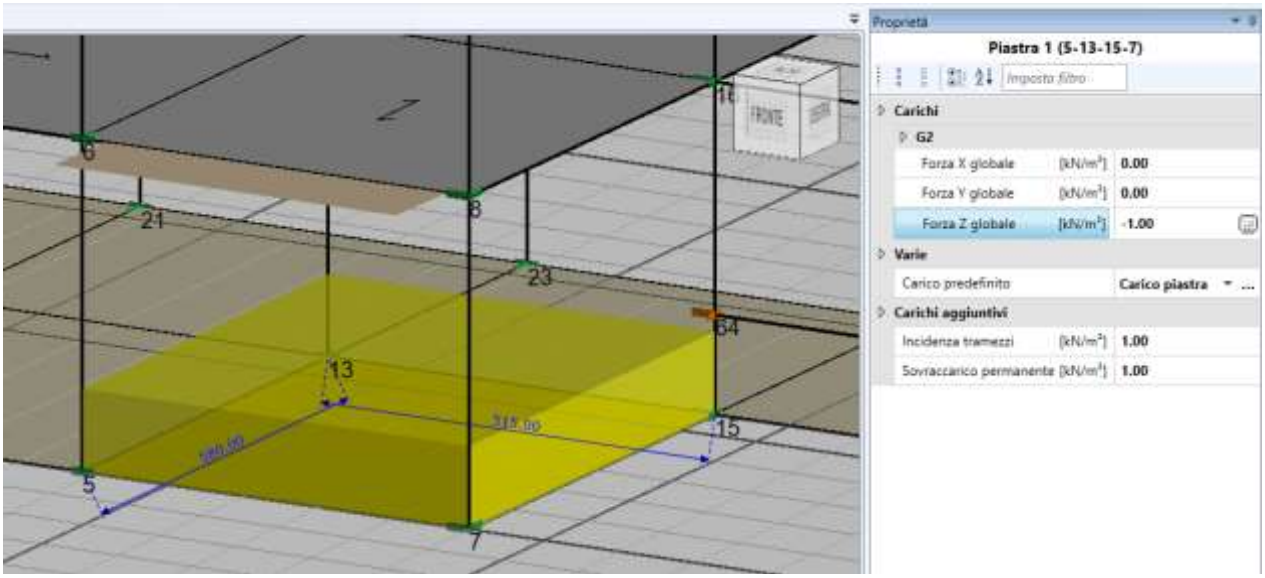
Carico asta

Tramite il comando **"Carico asta"** è possibile assegnare carichi lineari e coppie distribuite sulle singole aste.



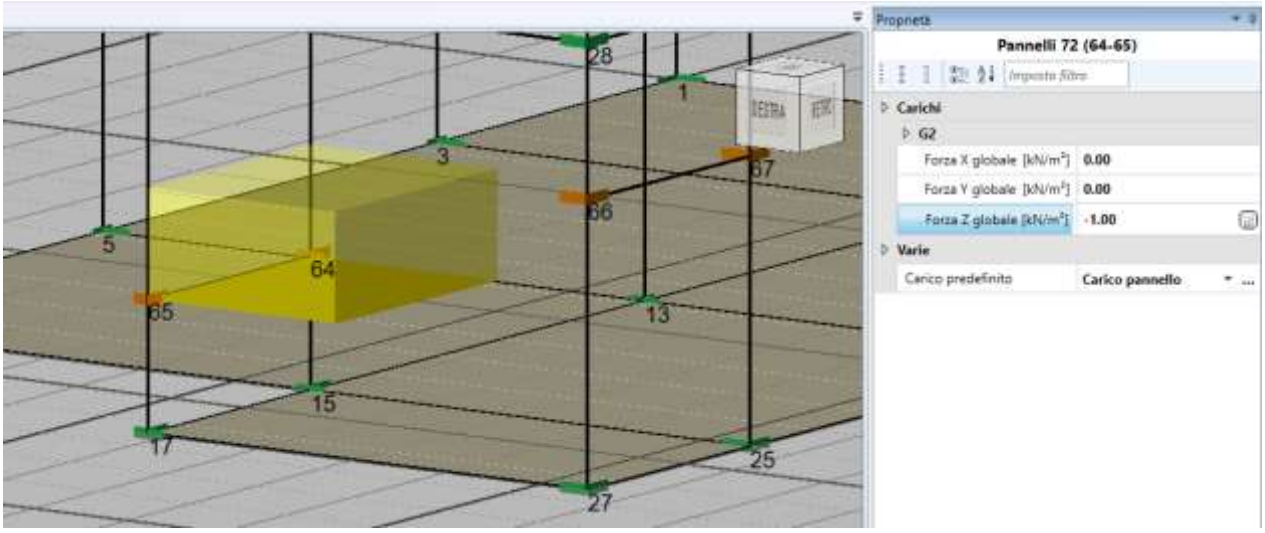
Carico Piastra

Tramite il comando **"Carico piastra"** è possibile applicare carichi ripartiti sulle piastre.



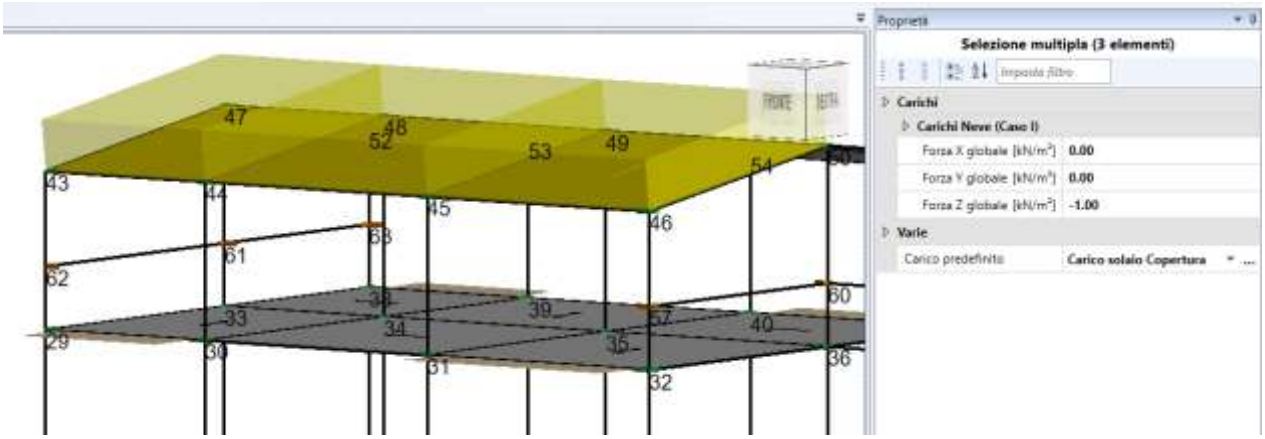
Carico pannello

Tramite il comando **"Carico pannello"** è possibile applicare carichi ripartiti sui singoli pannelli di carico.



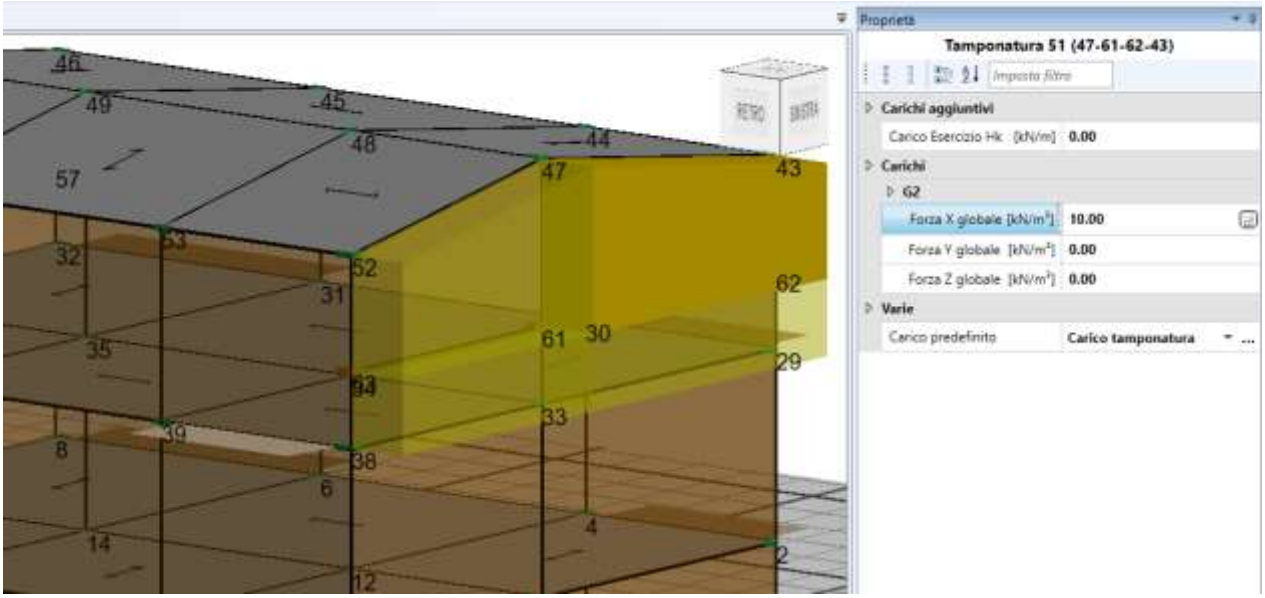
Carico Solaio

Tramite il comando **"Carico solaio"** è possibile applicare carichi ripartiti sui solai.



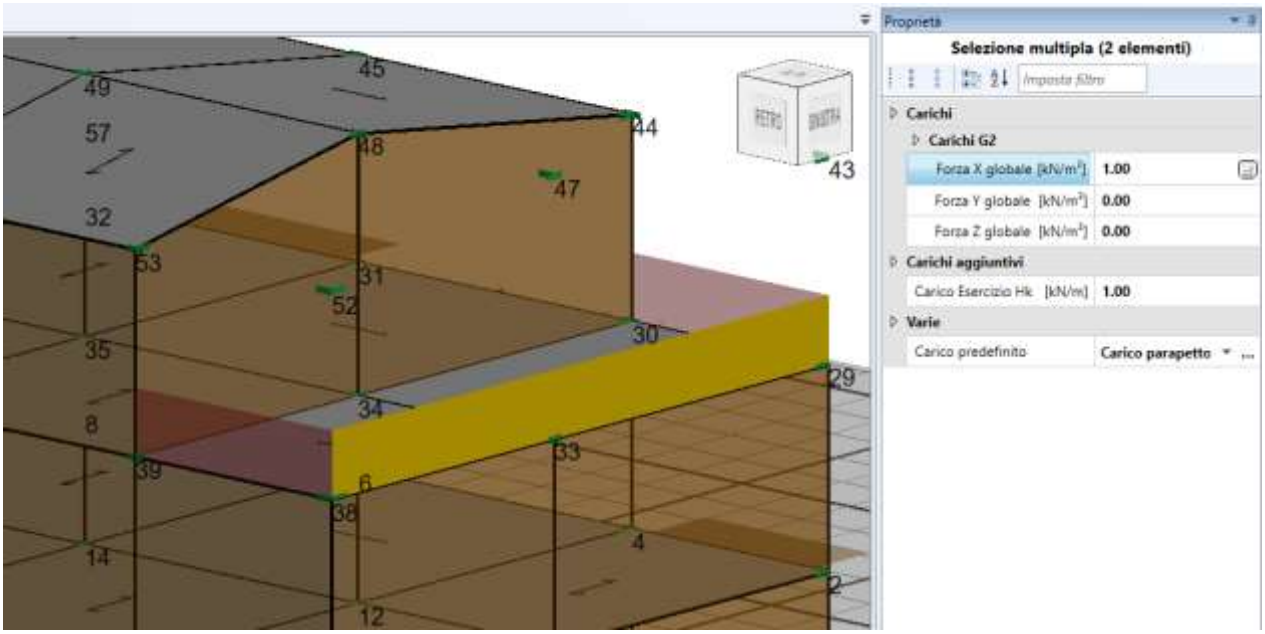
Carico Tamponatura

Tramite il comando **"Carico tamponatura"** è possibile applicare carichi ripartiti sulle tamponature.



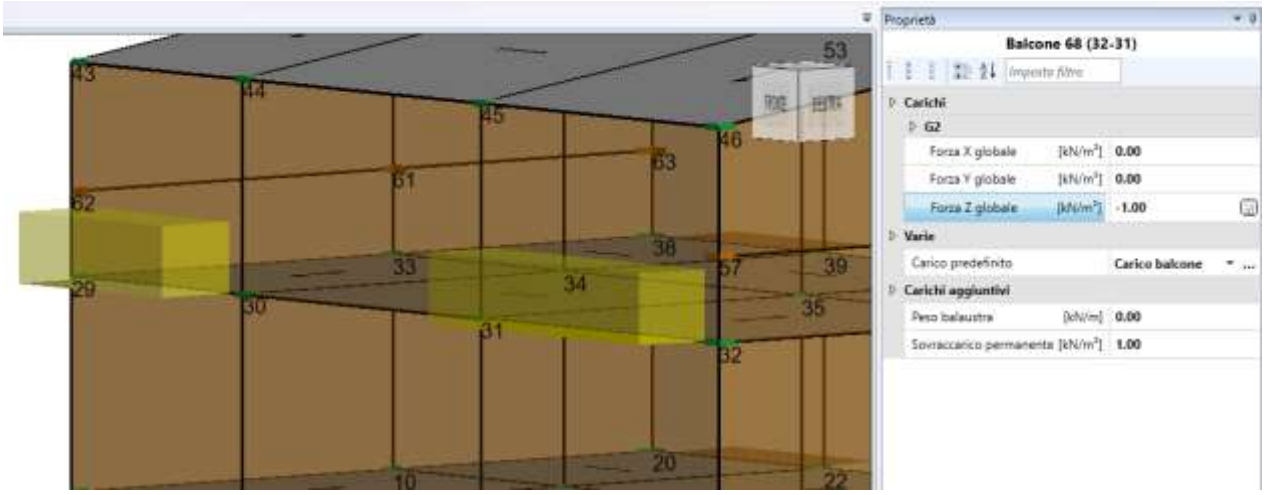
Carico Parapetto

Tramite il comando **"Carico parapetto"** è possibile applicare carichi ripartiti sui parapetti.



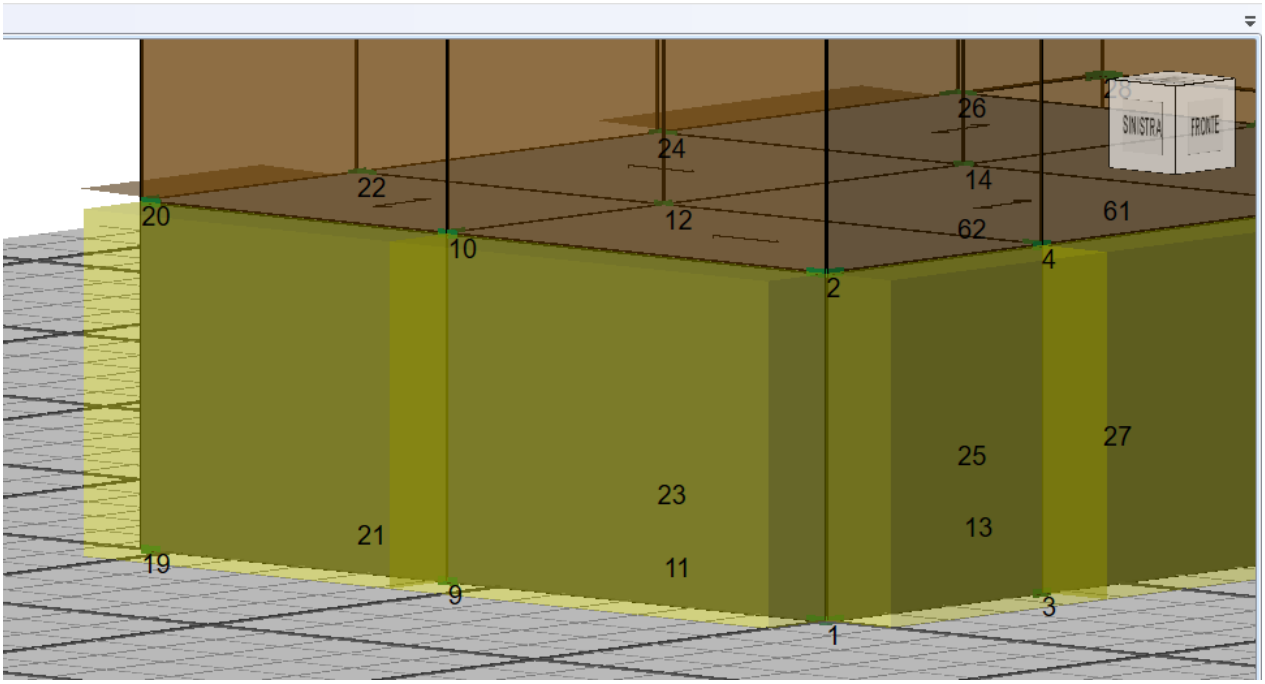
Carico balcone

Tramite il comando **"Carico balcone"** è possibile applicare carichi ripartiti sui parapetti.



Spinte terreno

Tramite il comando **"Spinte terreno"** è possibile visualizzare le spinte esercitate dal terreno sulle pareti.



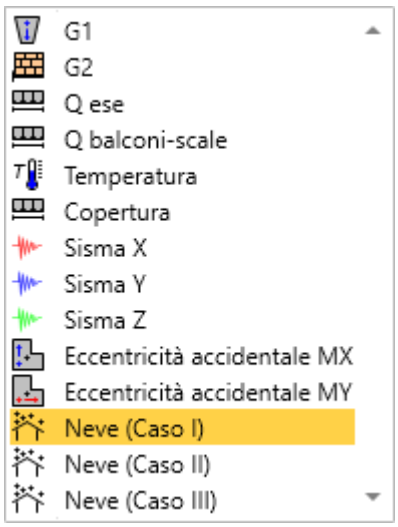
3.1.6.1 Carico neve

Carico Neve

Tramite il comando **"Carico neve"** è possibile applicare il carico neve sui vari elementi strutturali.

Per inserire il carico neve sulla struttura dobbiamo procedere nel modo seguente:

1. Scegliere il tipo di azione dal menù a tendina delle "Azioni". Se è presente più di una azione di tipo neve (come nel caso delle coperture a due falde di seguito riportato) è sufficiente scegliere una e automaticamente il software provvederà ad inserire il carico anche sulle altre;

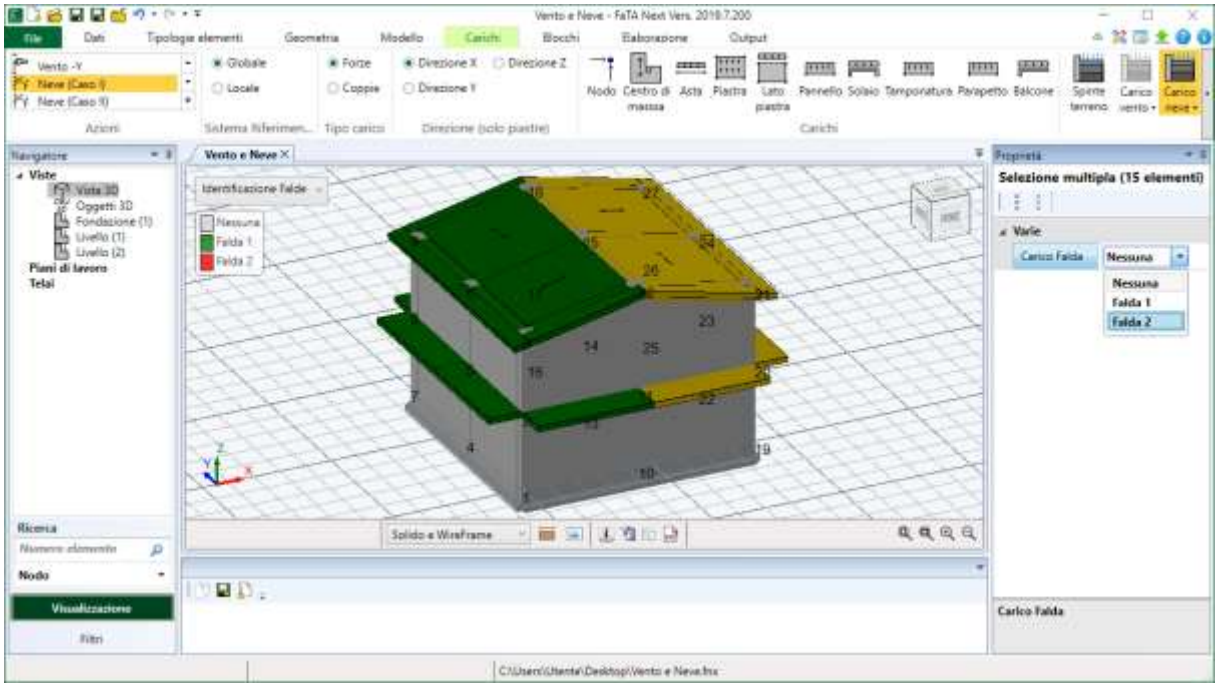


2. Scegliere se procedere con l'inserimento manuale o automatico del carico. Nel caso di inserimento manuale bisogna cliccare sull'icona 

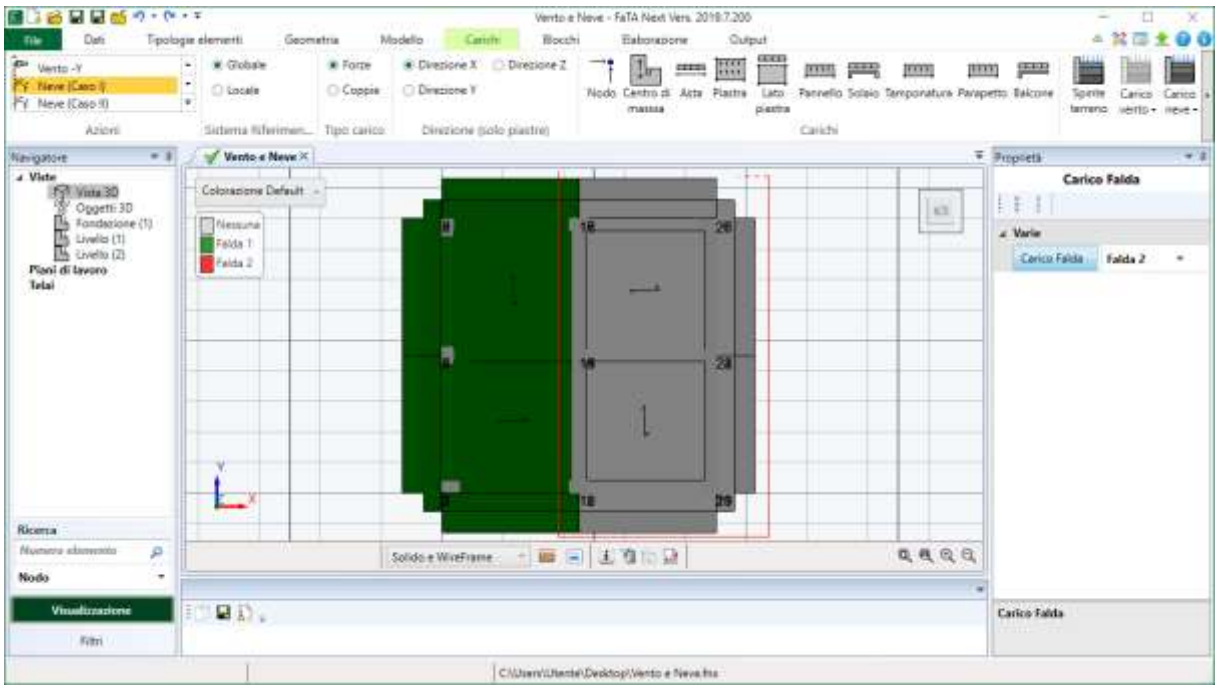
, nel caso di inserimento automatico cliccare sul testo "Carico neve" 

.

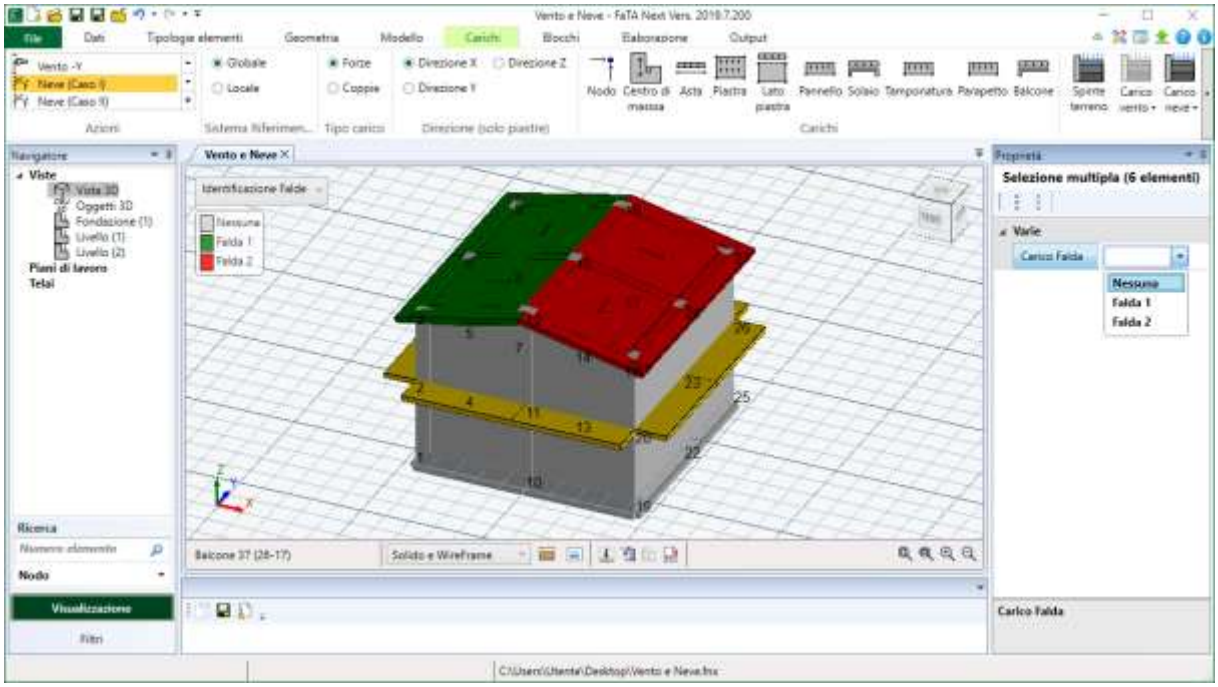
3. Nel caso di **"Inserimento manuale"** è necessario cliccare sugli elementi (solai, aste, balconi ecc.) sui quali inserire il carico e scegliere a quale falda (Falda 1 o Falda 2) associare gli elementi selezionati. Di conseguenza, verrà attribuito il carico corrispondente in base alle impostazioni definite nei "Dati Generali".



4. Nel caso di **"Inserimento automatico"** per prima cosa è necessario scegliere a quale falda (Falda 1 o Falda 2) appartengono gli elementi che andremo a selezionare. Successivamente bisogna racchiudere gli elementi (solai, aste, balconi ecc.) sui quali inserire il carico all'interno del box di selezione e completare con tasto destro del mause. Di conseguenza, anche in questo caso, verrà attribuito il carico corrispondente in base alle impostazioni definite nei "Dati Generali".



Nel caso in cui si vuole modificare l'appartenenza di uno o più elementi alla falda appena definita è sufficiente selezionare gli elementi voluti e scegliere la falda nel quale includerli. Se, invece, si vuole non associare l'elemento ad alcuna falda e quindi non inserire il carico neve corrispondente bisogna scegliere "Nessuna" come di seguito riportato.



E' possibile, inoltre, proseguire con l'inserimento manuale per associare ulteriori elementi alle falde precedentemente definite con l'inserimento automatico.

L'inserimento del carico neve è possibile solo per le azioni di tipo "Qk(Neve)". La definizione deve essere effettuata dall'ambiente "Analisi, azioni e combinazioni" presente nel menù "Dati". Per aggiungere tali azioni è sufficiente cliccare sul pulsante "Aggiungi vento e neve" presente in alto nella scheda "Azioni":

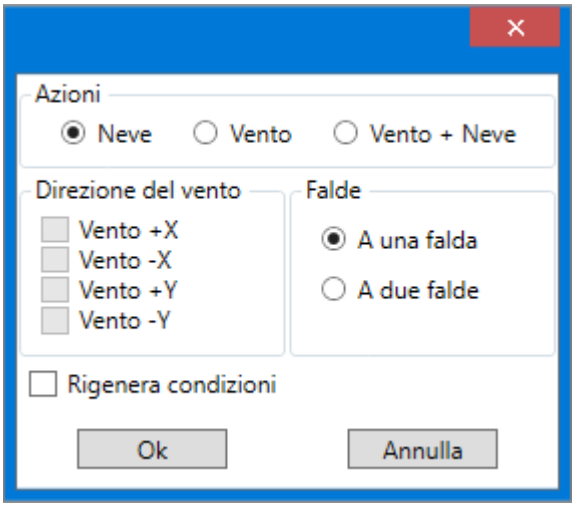
Analisi, azioni e combinazioni

Parametri Analisi | Azioni | Combinazioni

Elimina Azione | Aggiungi Azione | Aggiungi Vento e Neve | Aggiungi spinta terreno | Default coefficienti

	Nome Azione	Tipo	γ fav STR	γ sfav STR	γ fav A1	γ sfav A1	γ fav A2	γ sfav A2	ψ0	ψ1	ψ2	Durata
1	G1	G1	1.00	1.30	1.00	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Permanente
2	G2	G2	0.80	1.50	0.80	1.50	0.80	1.30	1.00	1.00	1.00	Permanente
3	Q ese	Qk (Cat. A)	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.30	0.70	0.50	0.30	Lunga
4	Q balconi-scale	Qk (Cat. C2)	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.30	0.70	0.70	0.60	Lunga
5	Temperatura	Qk (Var. termiche)	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.30	0.60	0.50	0.00	Breve
6	Copertura	Qk (Cat. H)	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Lunga
7	Sisma X	Sisma X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Istantanea
8	Sisma Y	Sisma Y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Istantanea
9	Sisma Z	Sisma Z	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Istantanea
10	Eccentricità accidentale MX	Eccentricità accidentale MX	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Istantanea
11	Eccentricità accidentale MY	Eccentricità accidentale MY	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Istantanea
12	Neve (Caso I)	Qk (Neve <= 1000 m)	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.30	0.50	0.20	0.00	Breve
13	Neve (Caso II)	Qk (Neve <= 1000 m)	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.30	0.50	0.20	0.00	Breve
14	Neve (Caso III)	Qk (Neve <= 1000 m)	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.30	0.50	0.20	0.00	Breve

Contestualmente si apre la seguente finestra dove è possibile definire i tipi di azione (solo neve, solo vento oppure vento+neve) da inserire:

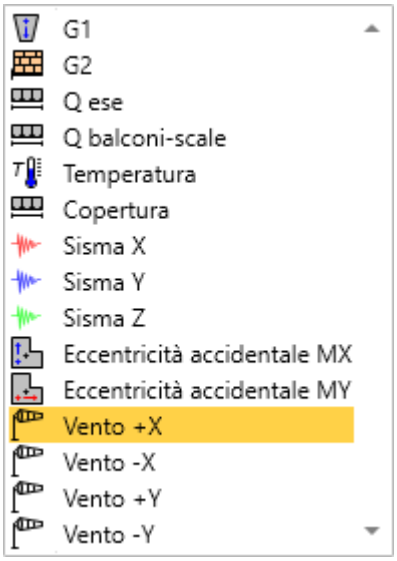


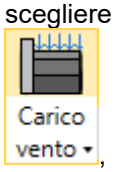
3.1.6.2 Carico vento

Carico Vento 

Tramite il comando **"Carico vento"** è possibile applicare il carico vento sui vari elementi strutturali.

In questo caso, a differenza del carico neve in cui è sufficiente definire solamente una delle azioni presenti, è necessario definire tutte le azioni di tipo vento aggiunte precedentemente (ad esempio, Vento +X, Vento -X, Vento +Y, Vento -Y).

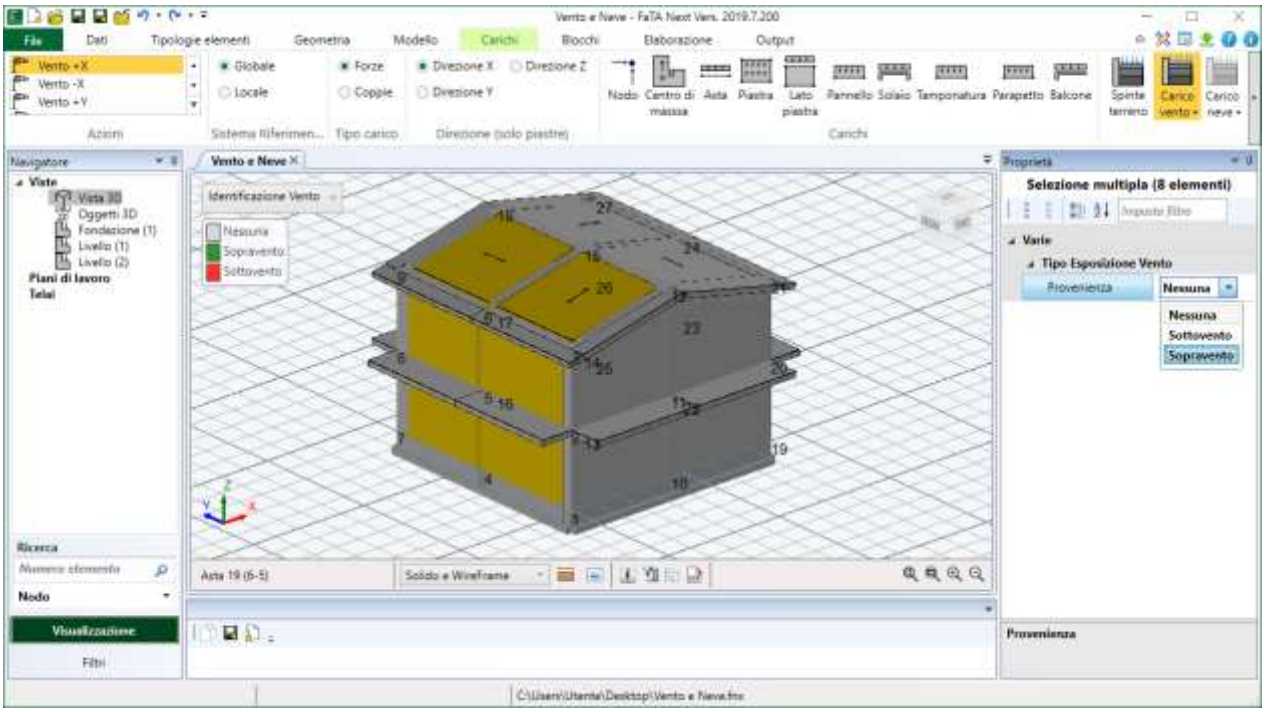


Come per il "Carico Neve", è possibile scegliere tra la definizione manuale e quella automatica. Per l'inserimento manuale cliccare sull'icona 

, nel caso di inserimento automatico cliccare sul testo "Carico vento" 

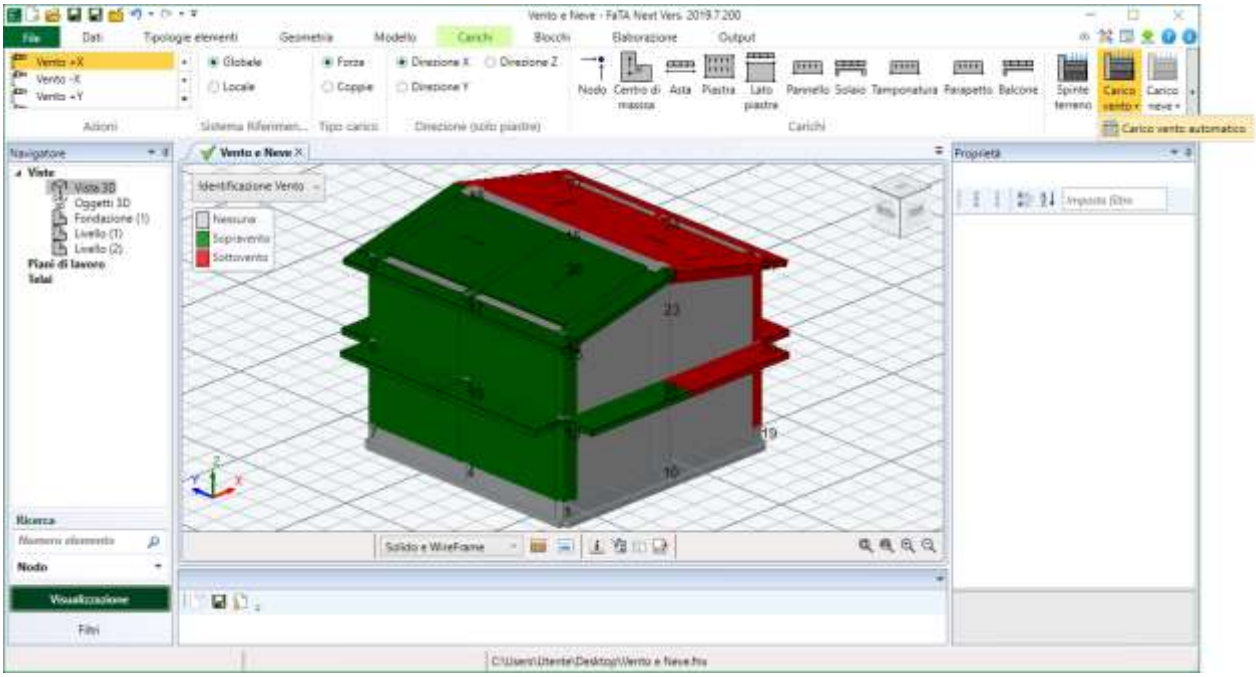
.

Nel caso dell' **"Inserimento manuale"**, scelto il tipo di azione dal menù a tendina delle "Azioni" (ad esempio "Vento +X"), è necessario cliccare sugli elementi (tamponature, solai, aste, balconi ecc.) sui quali inserire il carico e scegliere il tipo di esposione del vento per gli elementi selezionati (sottovento o sopravento). Di conseguenza, verrà attribuito il carico corrispondente in base alle impostazioni definite nei "Dati Generali".

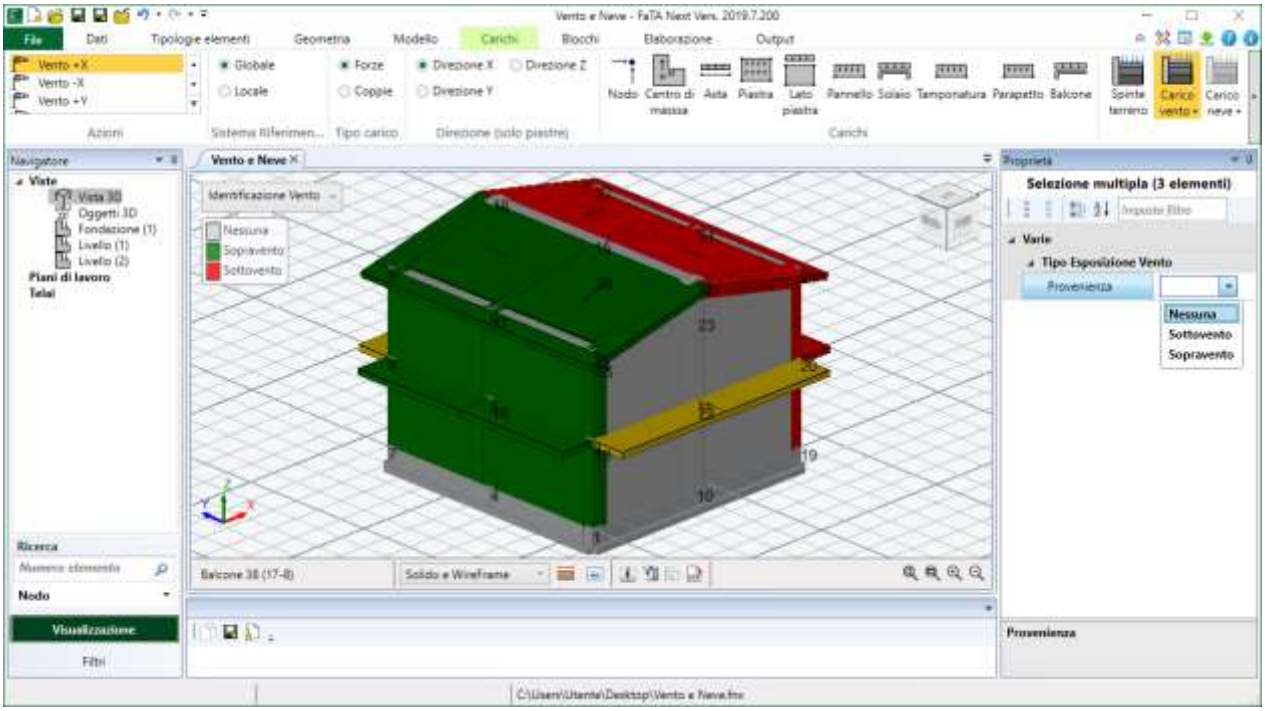


Nel caso dell' **"Inserimento automatico"**, invece, scelto il tipo di azione dal menù a tendina delle "Azioni" (ad esempio "Vento +X"), è necessario cliccare sul pulsante "Carico vento automatico" e di conseguenza verranno definiti gli elementi sopravento e sottovento in base alla direzione di applicazione del vento. Di conseguenza, sia sugli elementi sopravento che sottovento, verrà attribuito il carico corrispondente in base

alle impostazioni definite nei "Dati Generali".



Nel caso in cui si vuole modificare il tipo di esposizione (sopravento e sottovento) è sufficiente selezionare gli elementi e scegliere la provenienza voluta. Se, invece, si vuole non associare l'elemento ad alcuna esposizione del vento e quindi non inserire il carico vento corrispondente bisogna scegliere "Provenienza: Nessuna" come di seguito riportato.



E' possibile, inoltre, proseguire con l'inserimento manuale per associare ulteriori elementi sottovento o sopravento a quelli precedentemente definiti con l'inserimento automatico.

L'inserimento del carico vento è possibile solo per le azioni di tipo "Qk(Vento)". La definizione deve essere effettuata dall'ambiente "Analisi, azioni e combinazioni" presente nel menù "Dati". Per aggiungere tali azioni è sufficiente cliccare sul pulsante "Aggiungi vento e neve" presente in alto nella scheda "Azioni":

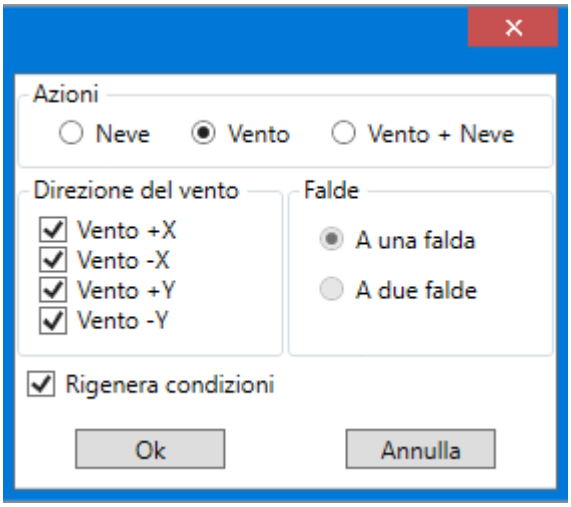
Analisi, azioni e combinazioni

Parametri Analisi | Azioni | Combinazioni

Elimina Azione | Aggiungi Azione | Aggiungi Vento e Neve | Aggiungi spinta terreno | Default coefficienti

	Nome Azione	Tipo	γ fav STR	γ sfav STR	γ fav A1	γ sfav A1	γ fav A2	γ sfav A2	ψ0	ψ1	ψ2	Durata
1	G1	G1	1.00	1.30	1.00	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Permanente
2	G2	G2	0.80	1.50	0.80	1.50	0.80	1.30	1.00	1.00	1.00	Permanente
3	Q ese	Qk (Cat. A)	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.30	0.70	0.50	0.30	Lunga
4	Q balconi-scale	Qk (Cat. C2)	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.30	0.70	0.70	0.60	Lunga
5	Temperatura	Qk (Var. termiche)	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.30	0.60	0.50	0.00	Breve
6	Copertura	Qk (Cat. H)	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Lunga
7	Sisma X	Sisma X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Istantanea
8	Sisma Y	Sisma Y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Istantanea
9	Sisma Z	Sisma Z	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Istantanea
10	Eccentricità accidentale MX	Eccentricità accidentale MX	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Istantanea
11	Eccentricità accidentale MY	Eccentricità accidentale MY	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Istantanea
12	Vento +X	Qk (Vento)	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.30	0.60	0.20	0.00	Breve
13	Vento -X	Qk (Vento)	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.30	0.60	0.20	0.00	Breve
14	Vento +Y	Qk (Vento)	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.30	0.60	0.20	0.00	Breve
15	Vento -Y	Qk (Vento)	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.30	0.60	0.20	0.00	Breve

Contestualmente si apre la seguente finestra dove è possibile definire i tipi di azione (solo neve, solo vento oppure vento+neve) da inserire:

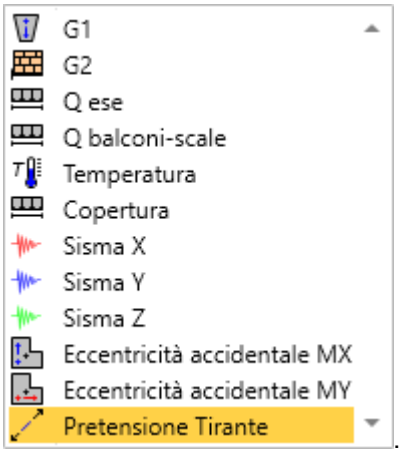


3.1.6.3 Carico di Pre Deformazione

Carico PreDeformazione

Tramite il comando **"Carico PreDeformazione"** è possibile applicare il valore di pretensione agli elementi di tipo "tirante".

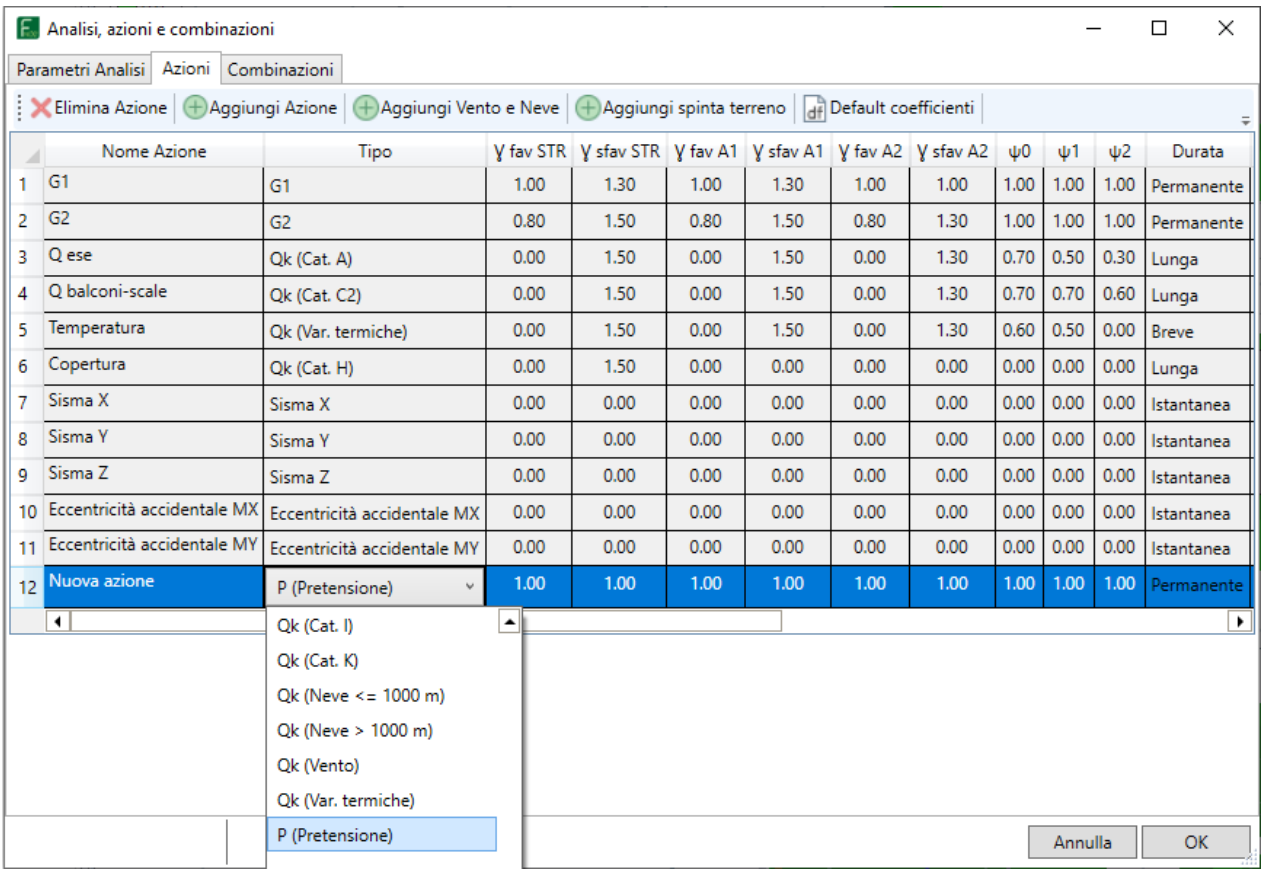
Per inserire il carico di pretensione per prima cosa bisogna scegliere il tipo di azione dal menù a tendina delle "Azioni":



Alla pressione del tasto e dopo aver selezionato uno o più elementi sui quali applicare la pretensione, sul lato destro dello schermo (box delle proprietà) compare la seguente finestra:



L'inserimento della pretensione è possibile solo per le azioni utente di tipo "P (Pretensione)". La definizione deve essere effettuata dall'ambiente "Analisi, azioni e combinazioni" presente nel menù "Dati". La scelta viene effettuata dall'apposito menù a tendina "Tipo" presente nella scheda "Azioni":



3.1.7 Blocchi

Per "***blocco***" si intende un insieme di entità che possono essere inserite e cancellate in un'unica operazione. Il blocco costituisce un "sotto-progetto" a tutti gli effetti e supporta tutte le entità e le operazioni del progetto principale. Con il progetto principale condivide la maggior parte dei dati generali mentre è indipendente per le altre informazioni.

La creazione di blocchi avviene tramite i seguenti meccanismi principali:

- creazione manuale;
- creazione da lettura file dwg\dxf;
- creazione da elementi già presenti nel progetto principale;
- creazione da wizard (capriate, scale).

In generale la gestione consente in maniera molto semplice di indirizzare verso un blocco o verso il progetto principale le entità create tramite un qualunque meccanismo e di copiarle successivamente in una o nell'altra direzione.

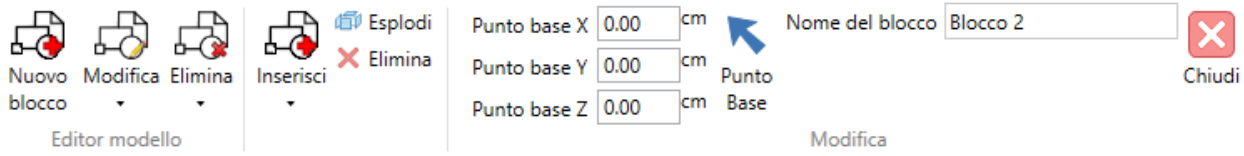
Dato un blocco, nel progetto principale possono essere inserite uno o più *"istanze di blocco"*.

Le principalì funzionalità di base previste sono:

- inserimento di una istanza di blocco nel progetto principiale principale;
- cancellazione di una istanza precedentemente inserita;
- *"esplosione"* di una istanza, cioè separazione degli oggetti che saranno quindi da ora in avanti indipendenti dal blocco;
- cancellazione di un blocco non usato;
- aggiornamento di tutte le istanze in seguito all'aggiornamento del blocco stesso.

Il menù **"Blocchi"** è l'ambiente nel quale vengono gestite le operazioni sui blocchi.

Il programma prevede la possibilità di creare e gestire i blocchi. Il blocco è una porzione di struttura che viene modellata in un ambiente separato da quello di input. Il blocco può essere aggiunto al modello della struttura principale con una semplice operazione di inserimento.



Il menù "Blocchi" è composto dai seguenti comandi:

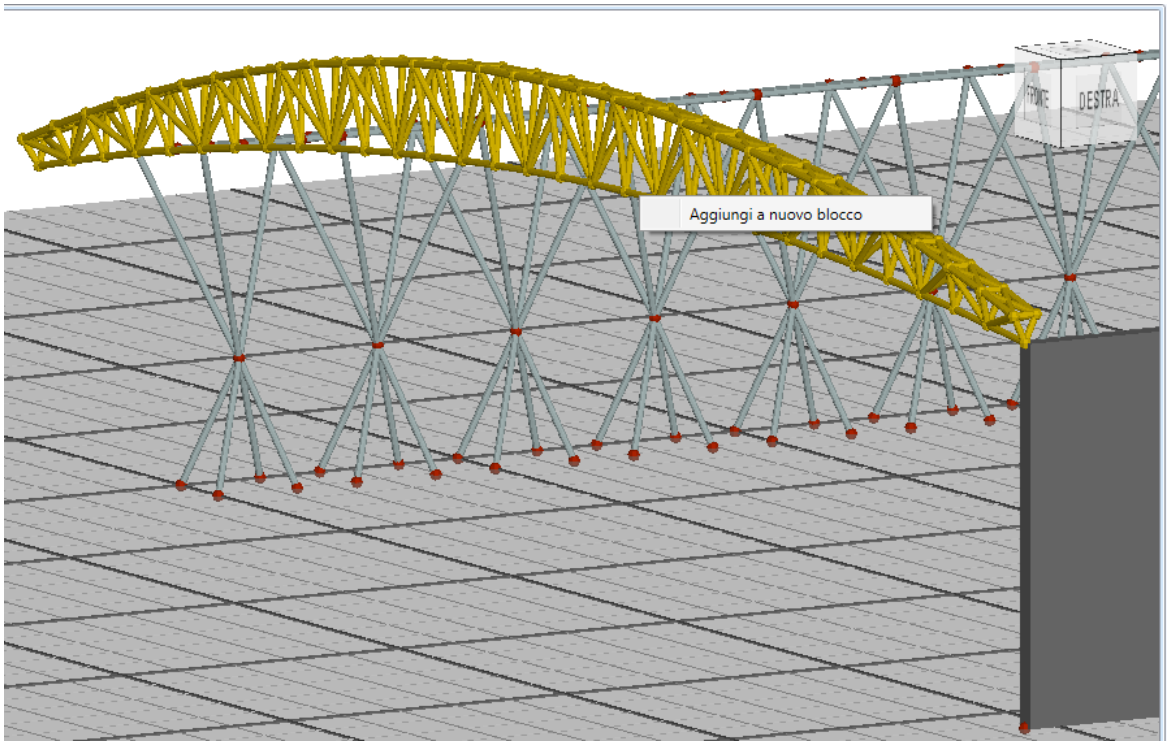
- **Nuovo blocco** . Consente di aggiungere un nuovo editor blocco. Le tipologie di blocco che possono essere create sono:
  - **Nuovo blocco vuoto.** Consente di creare un nuovo blocco a partire dai menù di input classici del programma. In questo caso, il blocco potrà essere inputato e gestito alla stessa maniera secondo cui si inputa e si gestisce una generica struttura;
  - **Blocco da DWG.** Consente di creare un nuoco blocco a partire da un file dwg/dxf tramite il comando "Importa 3D" dal menù "Geometria" ;
  - **Nuovo blocco da modello.** Consente di creare un nuovo blocco a partire da un modello presente nel sistema (capriate, scale);
- **Modifica** . Consente di apportare modifiche al blocco corrente;
- **Elimina** . Cancella il blocco corrente;

- **Inserisci** . Consente di introdurre nel modello il blocco corrente;
- **Esplodi** . Consente di eplodere gli elementi del blocco;
- **Elimina** . Elimina il blocco selezionato nel progetto corrente;
- **Punto Base X.** Coordinata x del punto base del blocco;
- **Punto Base Y.** Coordinata y del punto base del blocco;
- **Punto Base Z.** Coordinata z del punto base del blocco;
- **Punto Base** . Definisce come punto base del blocco il nodo selezionato. Il punto base rappresenta il nodo di ancoraggio del blocco alla struttura;
- **Nome blocco.** Nome del blocco corrente;
- **Chiudi** . Chiude l'ambiente di modifica del blocco corrente.

3.1.7.1 Creazione di un blocco a partire da elementi presenti nel modello

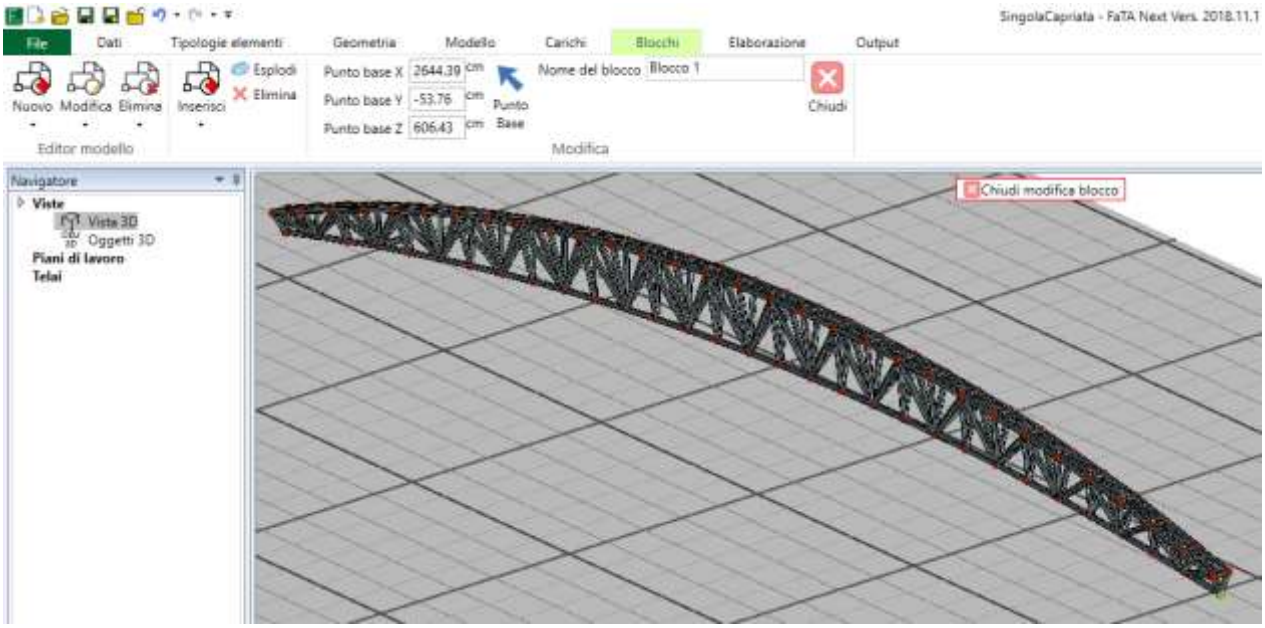
Per creare un blocco a partire da elementi presenti nel modello bisogna seguire la seguente procedura:

1. Selezionare gli elementi del modello da aggiungere al blocco che si sta creando;
2. Cliccare sul tasto destro del mouse e quindi su **"Aggiungi a nuovo blocco"**;



Nell'ambiente "Editor blocchi" viene creato un nuovo blocco del quale fanno parte gli elementi precedentemente selezionati.

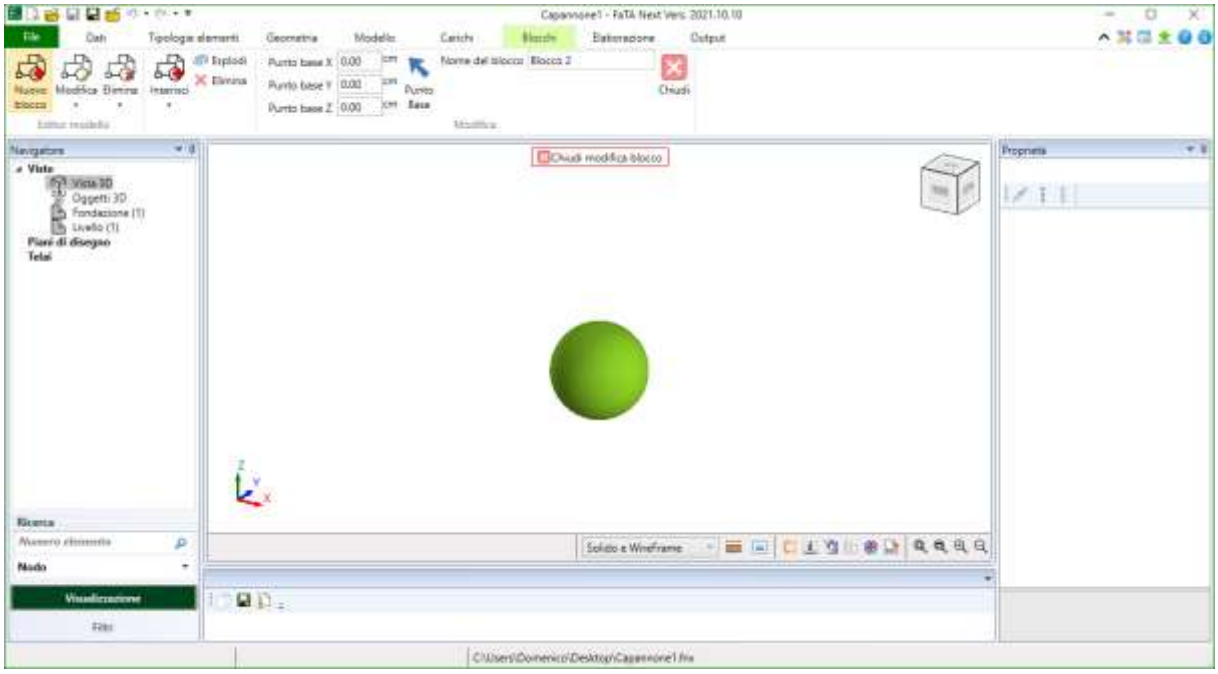
E' possibile sfruttare tutti i menu di input per aggiungere altri elementi al blocco corrente o modificare il blocco corrente (ad esempio il punto base del blocco).



3.1.7.2 Creazione di un blocco attraverso procedura di input di un sottomodello strutturale

Per creare un blocco attraverso procedura di input di un sottomodello strutturale bisogna seguire i seguenti passaggi:

1. Accedere al menù "Blocchi" e cliccare sul comando "Nuovo blocco"  . Di conseguenza verrà creato un blocco n-esimo.



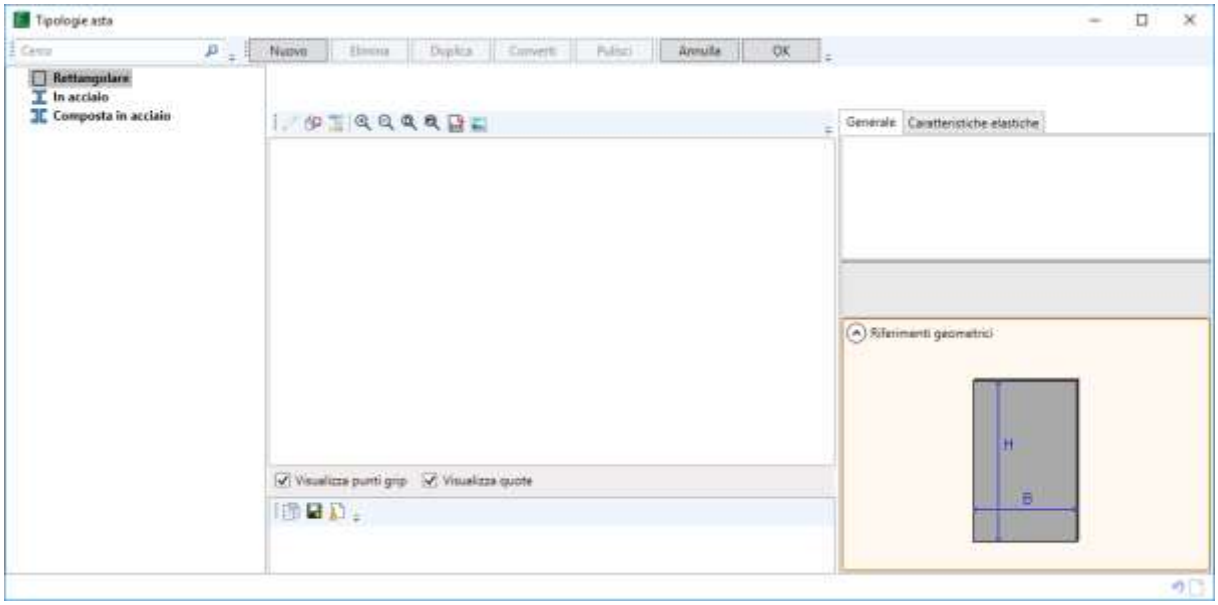
2. Per l'input degli elementi del blocco sono disponibili tutti i menù di input classici del programma. Il blocco potrà essere inputato e gestito alla stessa maniera secondo cui si inputa e si gestisce una generica struttura.

Pertanto sarà possibile inserire tutti gli elementi strutturali normalmente inseribili, tramite i comandi del menù "Geometria", e definire infine il punto base per l'ancoraggio.

3.1.7.3 Creazione di un blocco a partire da un file dwg/dxf

La procedura per la creazione di un blocco a partire da un file dwg/dxf prevede i seguenti passaggi:

1. Accedere al menù "Blocchi" e cliccare sul comando "Nuovo blocco"  ;
2. Scegliere le tipologie di aste dall'ambiente **"Sezioni"**, dal menù "Tipologie elementi", in cui potranno essere definite le caratteristiche delle sezioni delle varie aste che verranno inputate nel blocco;



3. Accedere al menù "Geometria" e scgliere il comando "Importa 3D"  ;
4. Cliccare sul pulsante ''Apri file dxf/dwg''  e quindi aprire il file da importare.



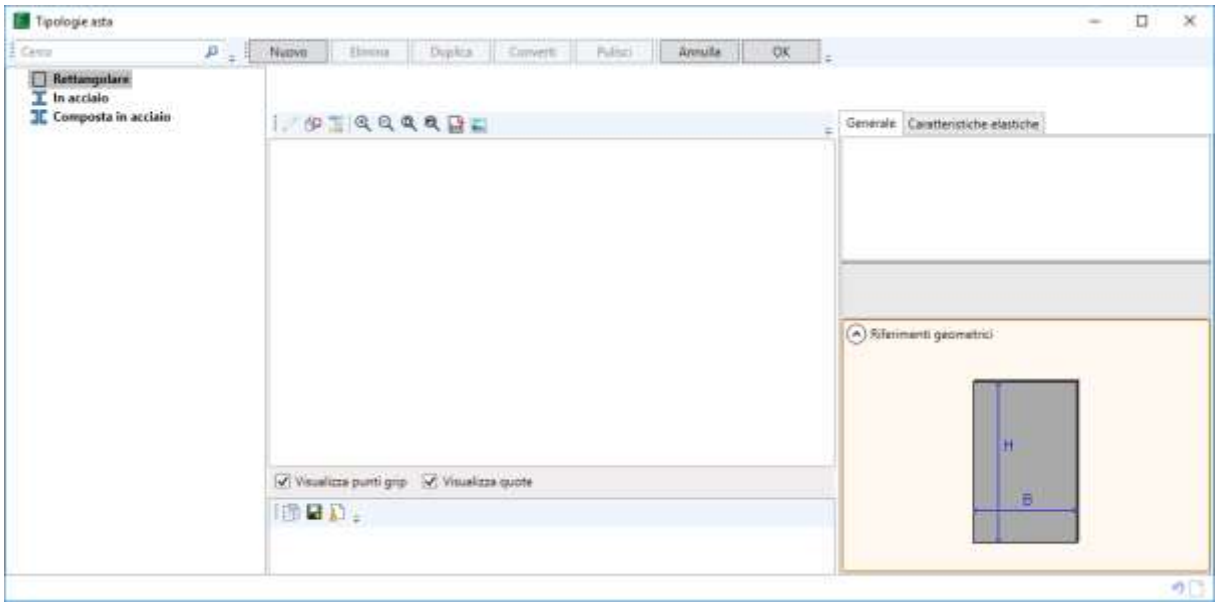
5. Definire dal pulsante "Posizionamento disegno"  il nuovo sistema di riferimento del blocco.

6. Dal menù Opzioni "Unità di misura del disegno" selezionare l'unità di misura del disegno corrente.
7. Per ogni layer sono presenti i seguenti campi:
   - **Check.** Per rendere attivo e visibile in layer corrente;
   - **Nome.** Identificativo del layer importato;
   - **Colore.** Colore del layer importato;
   - **Tipologia aste.** Tipologia di sezione da associare agli elementi asta presenti nel layer importato;
   - **Superfici.** Tipologia di piastra da associare agli elementi bidimensionali presenti nel layer importato.
8. Dopo aver assegnato i campi ad i layers importati, cliccare sul pulsante **"Importa"**.

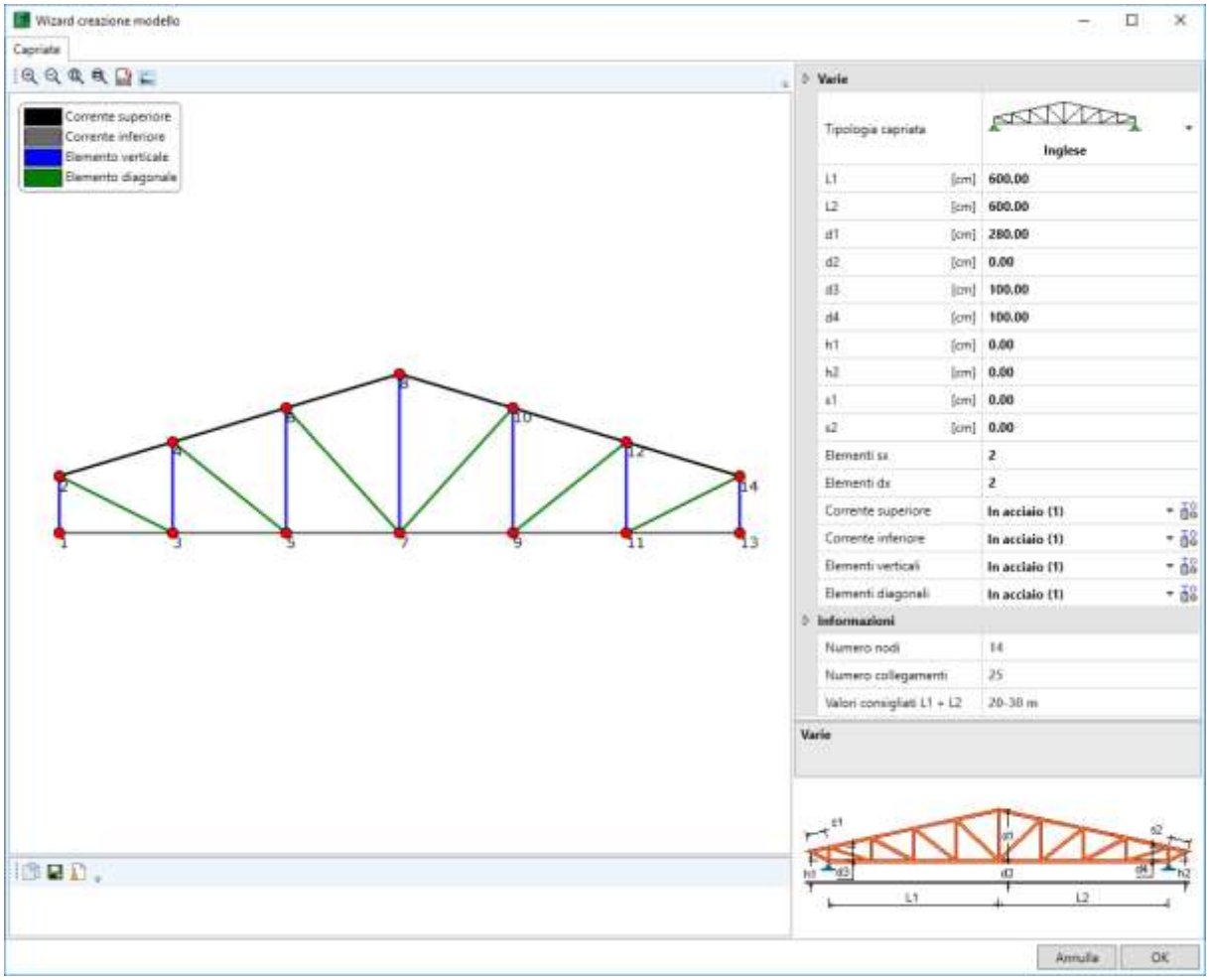
3.1.7.4 Creazione di un blocco a partire da un modello

Per creare un blocco a partire da un modello strutturale bisogna seguire la seguente procedura:

1. Accedere al menù "Blocchi" e cliccare sul comando "Nuovo blocco"  ;
2. Scegliere le tipologie di aste dall'ambiente **"Sezioni"**, dal menù "Tipologie elementi", in cui potranno essere definite le caratteristiche delle sezioni delle varie aste che verranno inputate nel blocco;



3. Accedere al menù "Geometria" e scgliere in "Modelli" il tipo di modello da aggiungere (scala, capriate);
4. Settare tutti i parametri relativi al tipo di modello scelto. Nel caso della capriata va scelta la tipologia, le caratteristiche geometriche e le tipologie di aste da utilizzare per i vari elementi della capriata;

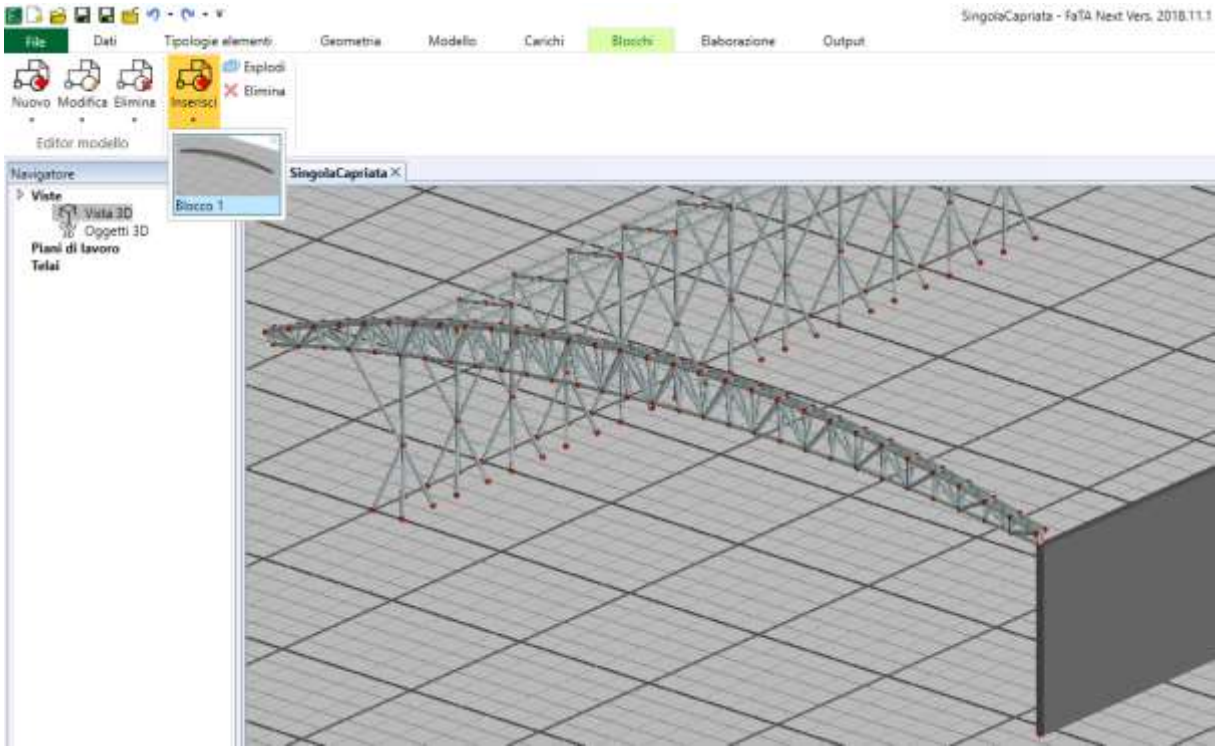


5. Completare cliccando sul tasto "OK" in basso a destra della finestra precedente.

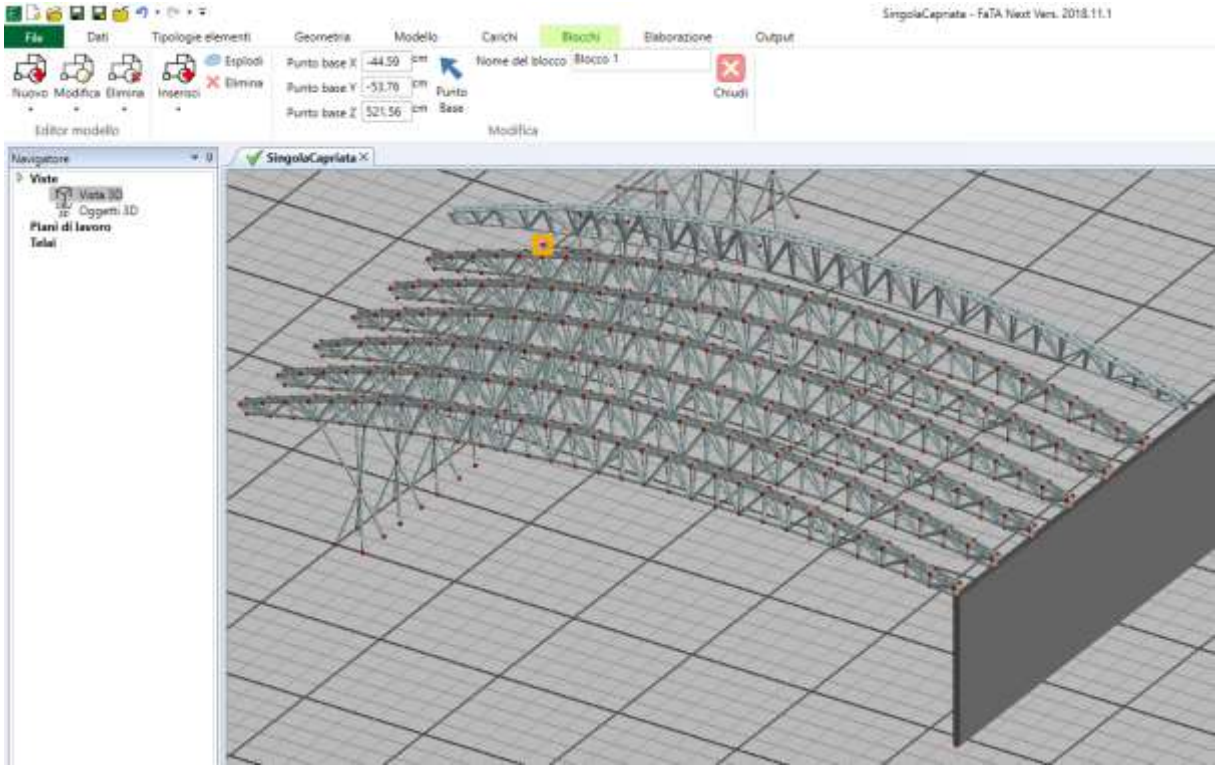
3.1.7.5 Inserimento di un blocco nel modello strutturale

La procedura di inserimento di un blocco nel modello strutturale prevede i seguenti passaggi:

1. Accedere al menù "Blocchi";
2. Cliccare sul pulsante "Inserisci" e selezionare il blocco da inserire;

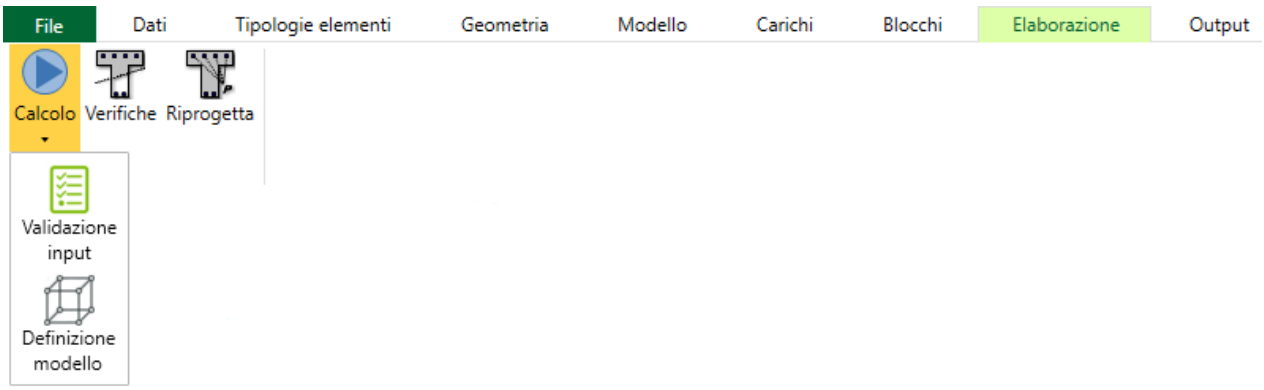


3. Agganciare il nodo del punto base del blocco corrente nel punto voluto della struttura.



3.1.8 Elaborazione

E' il menù predisposto alle elaborazioni di calcolo e verifiche.



Il menù contiene le seguenti funzioni:

Calcolo

Validazione input

Definizione modello

Verifiche

Riprogetta

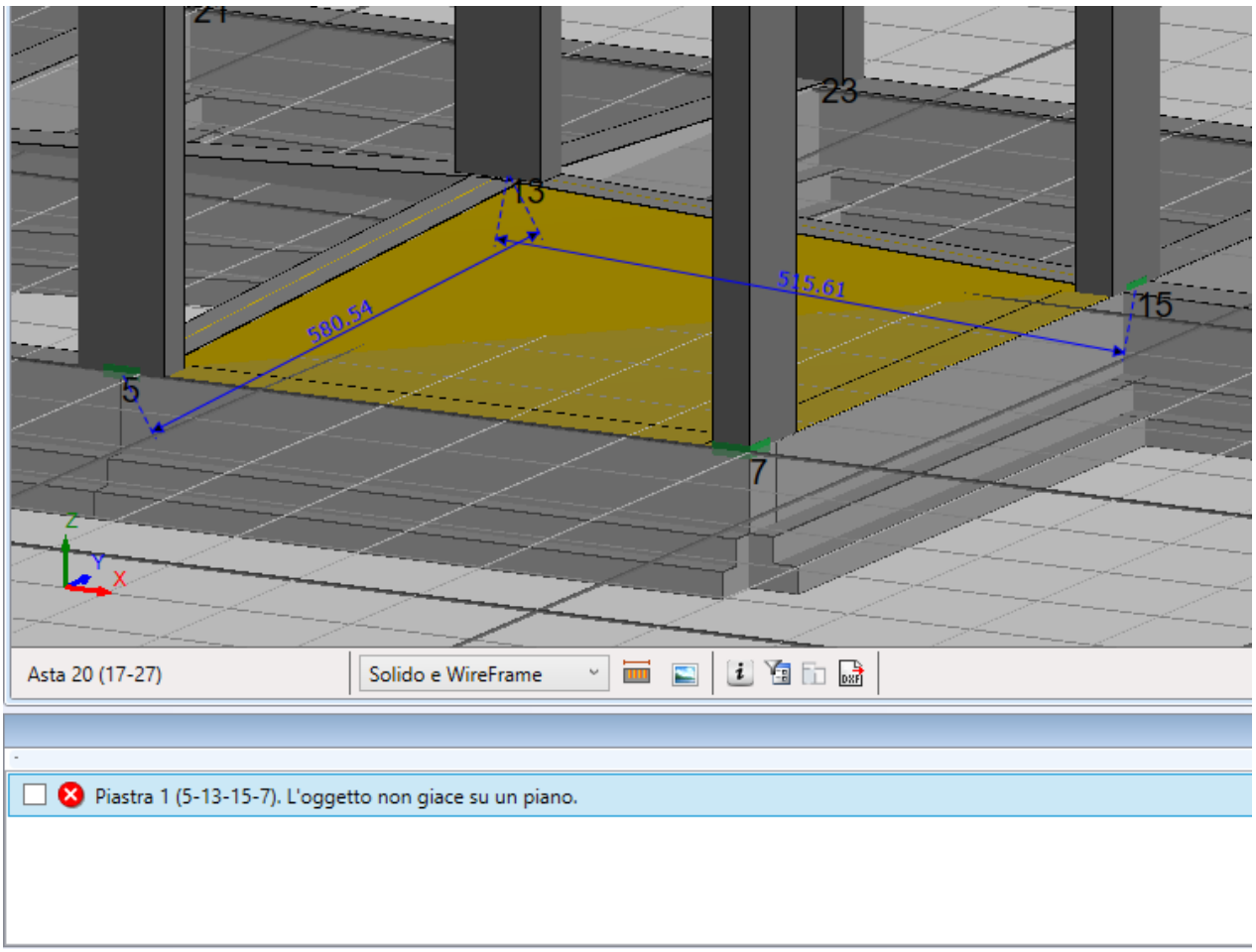
3.1.8.1 Calcolo

Calcolo

Il pulsante **"Calcolo"** ha la funzione di avviare la calcolazione del modello. Prima di avviare il calcolo il programma effettua un controllo di validazione del modello. Se il controllo non segnala anomalie viene avviato il calcolo. Se il controllo riscontra anomalie le stesse vengono segnalate come "Errori di modello" o "Avvisi" nella barra delle segnalazioni.

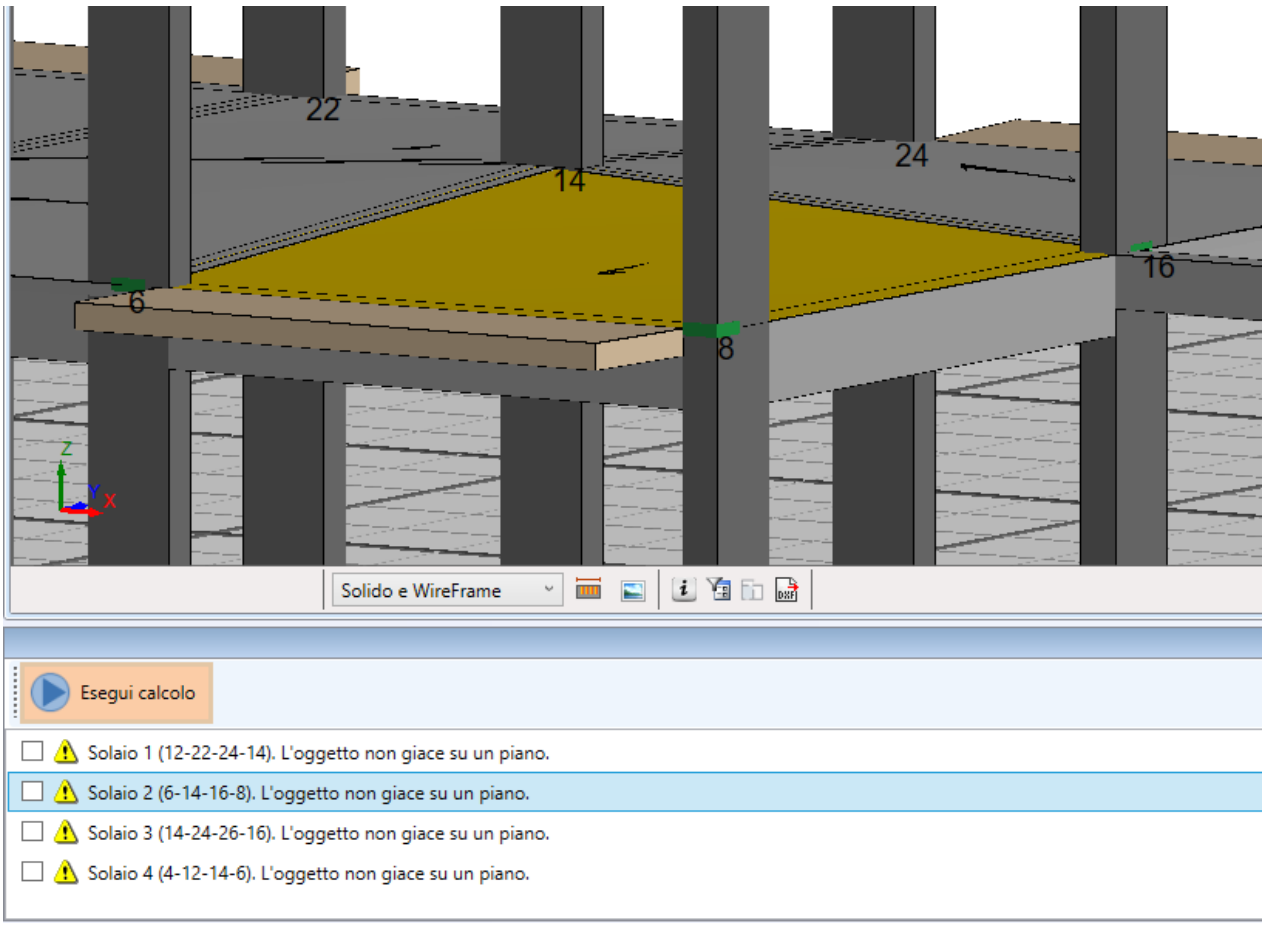
L'errore di modello è contraddistinto da una stringa che descrive l'errore stesso e dal simbolo posto alla sinistra dello stesso. L'errore nel modello non consente di procedere con il calcolo, pertanto l'errore va eliminato dal modello strutturale.

Nell'immagine seguente, viene segnalato un errore di modello che si riferisce ad un input non corretto di una piastra: viene segnalato infatti che i quattro vertici della piastra non giacciono su un piano. Il programma richiede di rimuovere l'errore di modello prima di consentire di procedere con il calcolo.



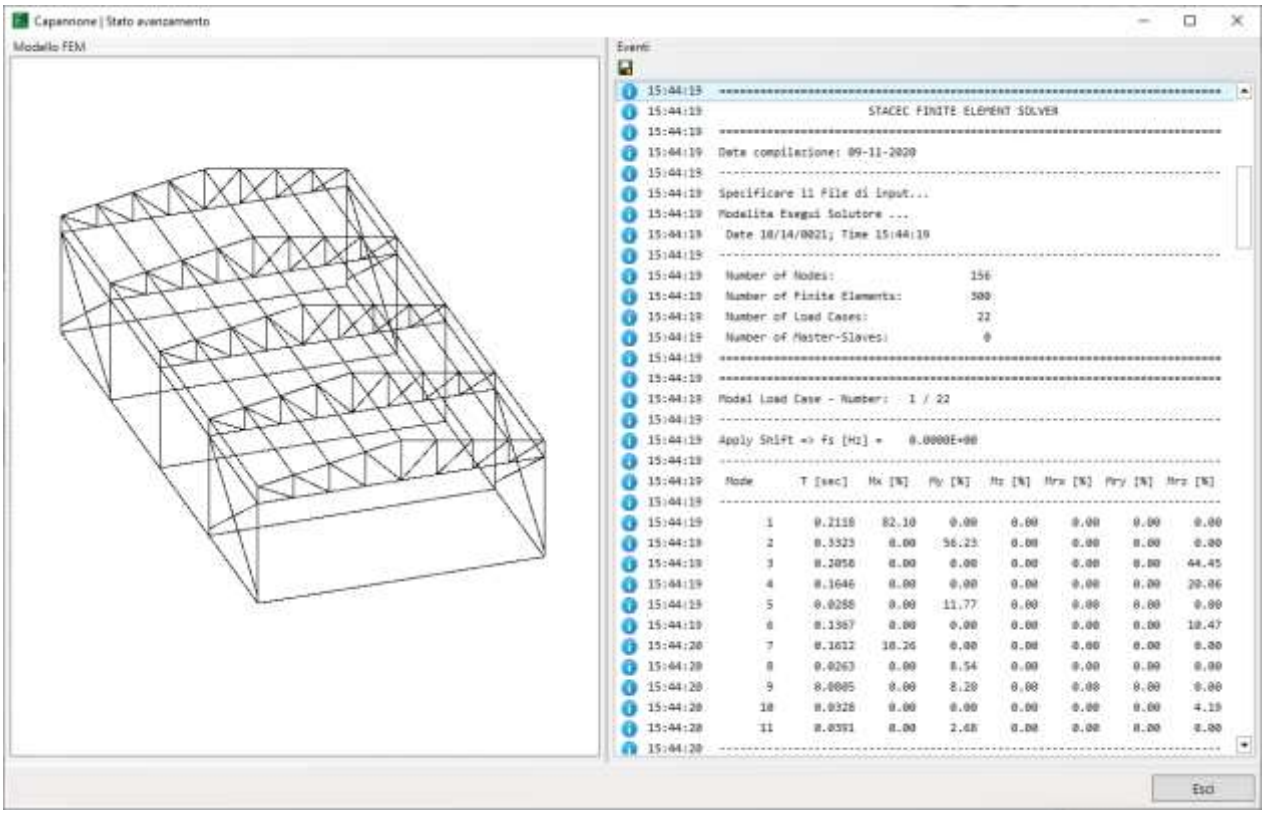
L’avviso è contraddistinto da una stringa che descrive l’errore stesso e dal simbolo posto alla sinistra dello stesso. L’avviso consente di procedere con il calcolo.

Nell’immagine seguente viene segnalato un avviso che avverte che i vertici dei un solaio non giacciono su un piano. In questo caso essendo assenti errori di modello, sulla barra delle segnalazioni sarà presente il pulsante "Esegui Calcolo" cliccando il quale sarà possibile proseguire e completare il calcolo.

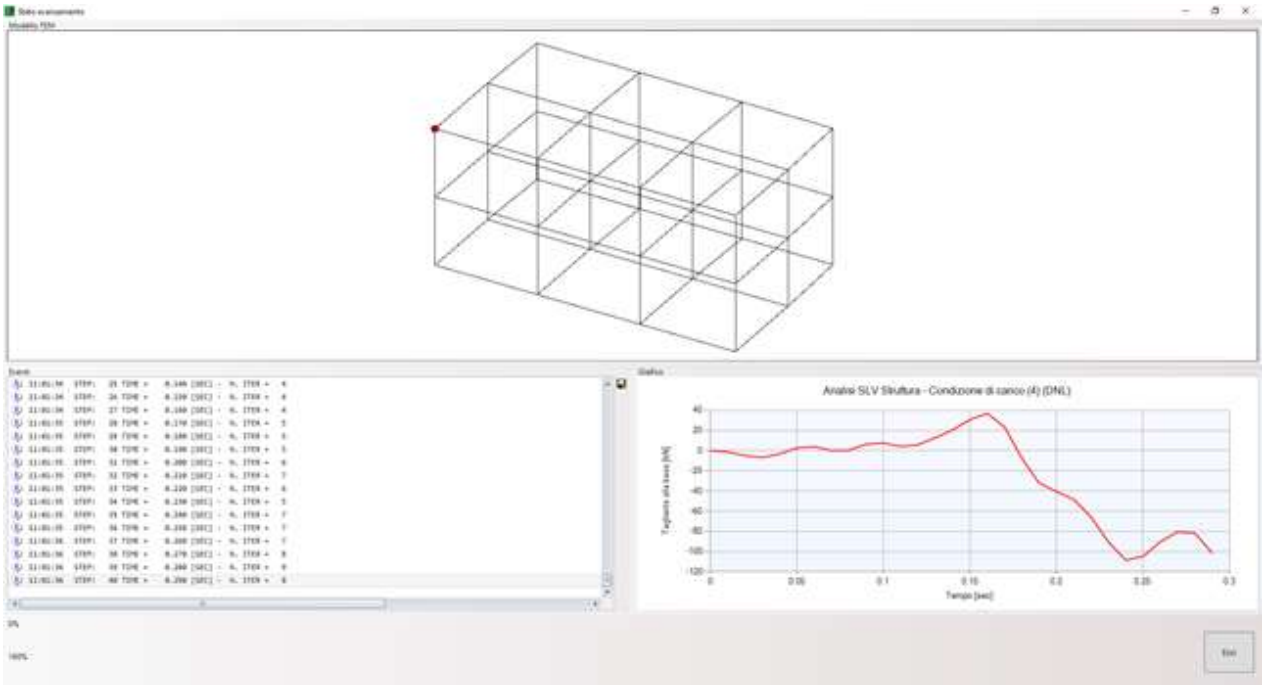


Durante l'elaborazione vengono fornite informazioni sulla fase di avanzamento del calcolo.

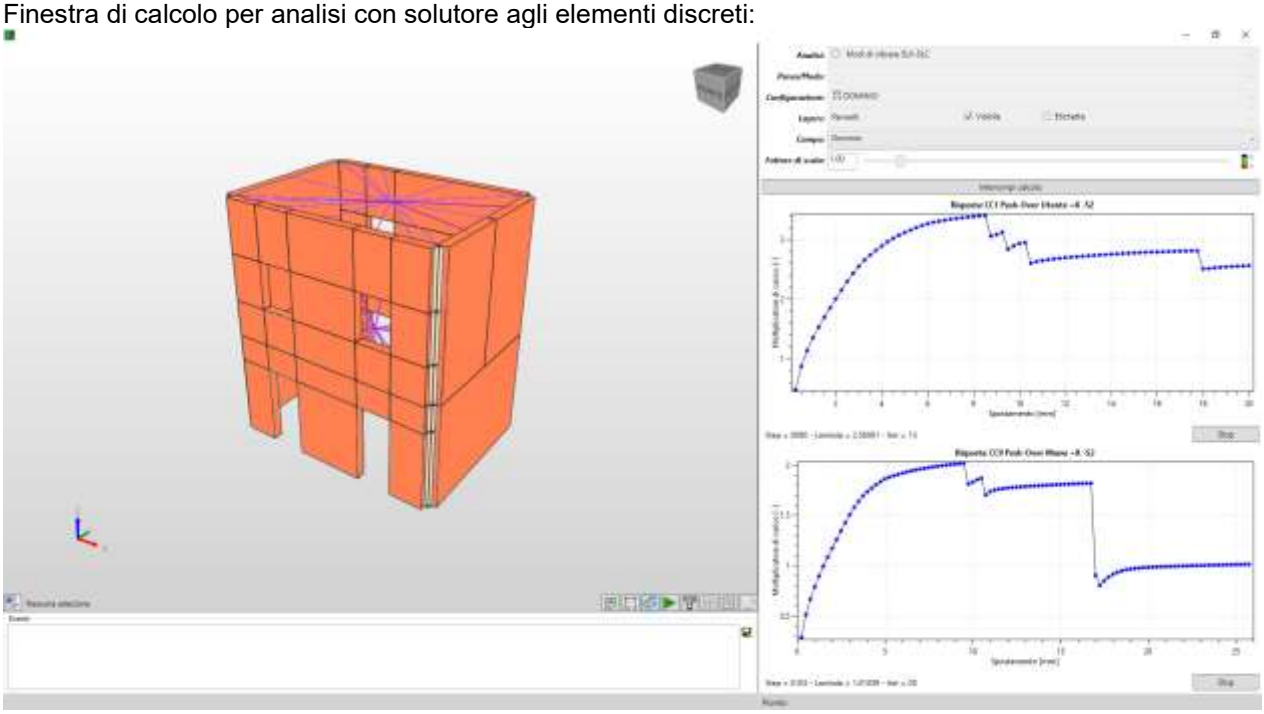
Finestra di calcolo per analisi dinamica modale:



Finestra di calcolo per analisi dinamica non lineare:



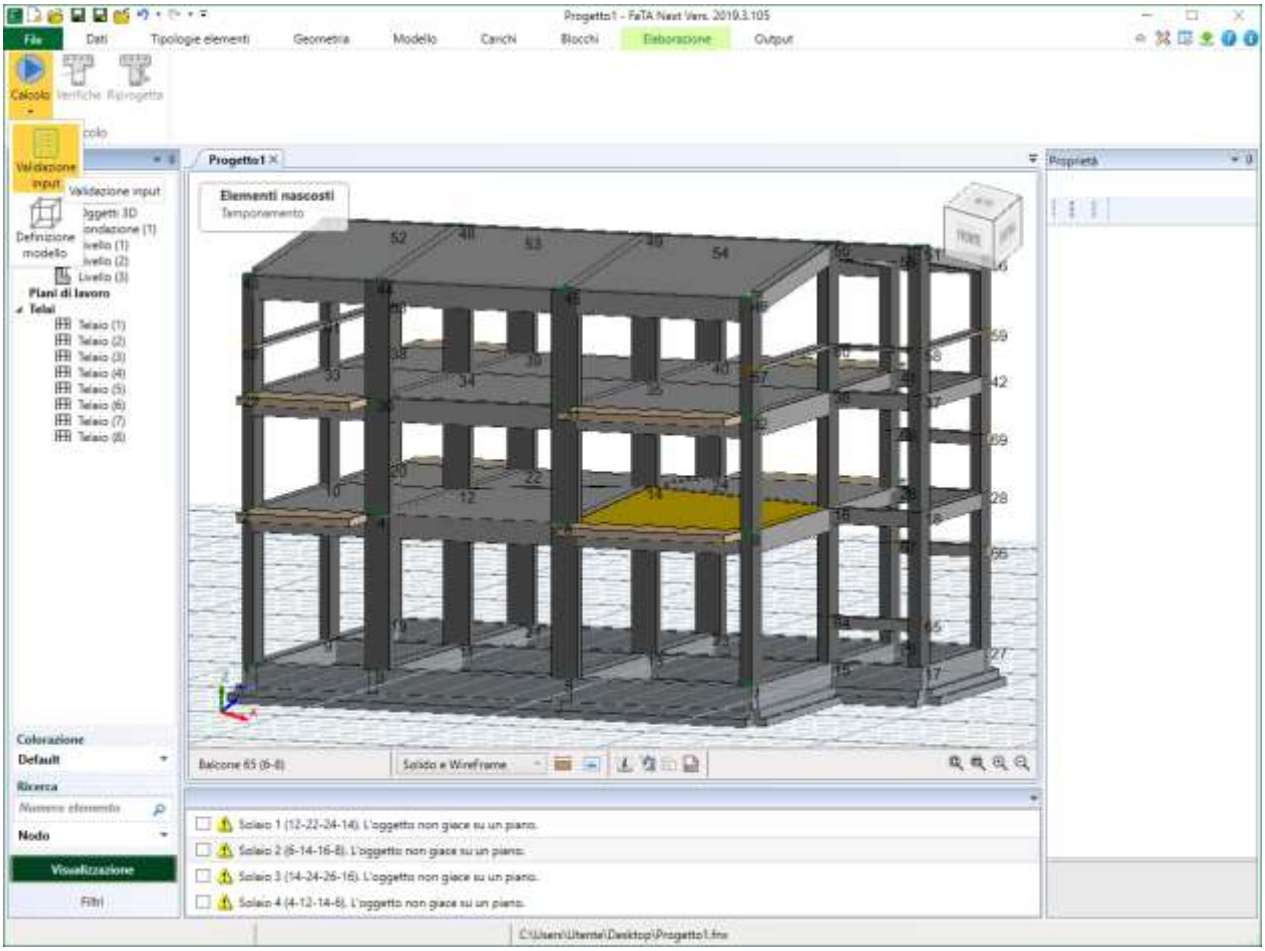
Finestra di calcolo per analisi con solutore agli elementi discreti:



3.1.8.2 Validazione input

Validazione input

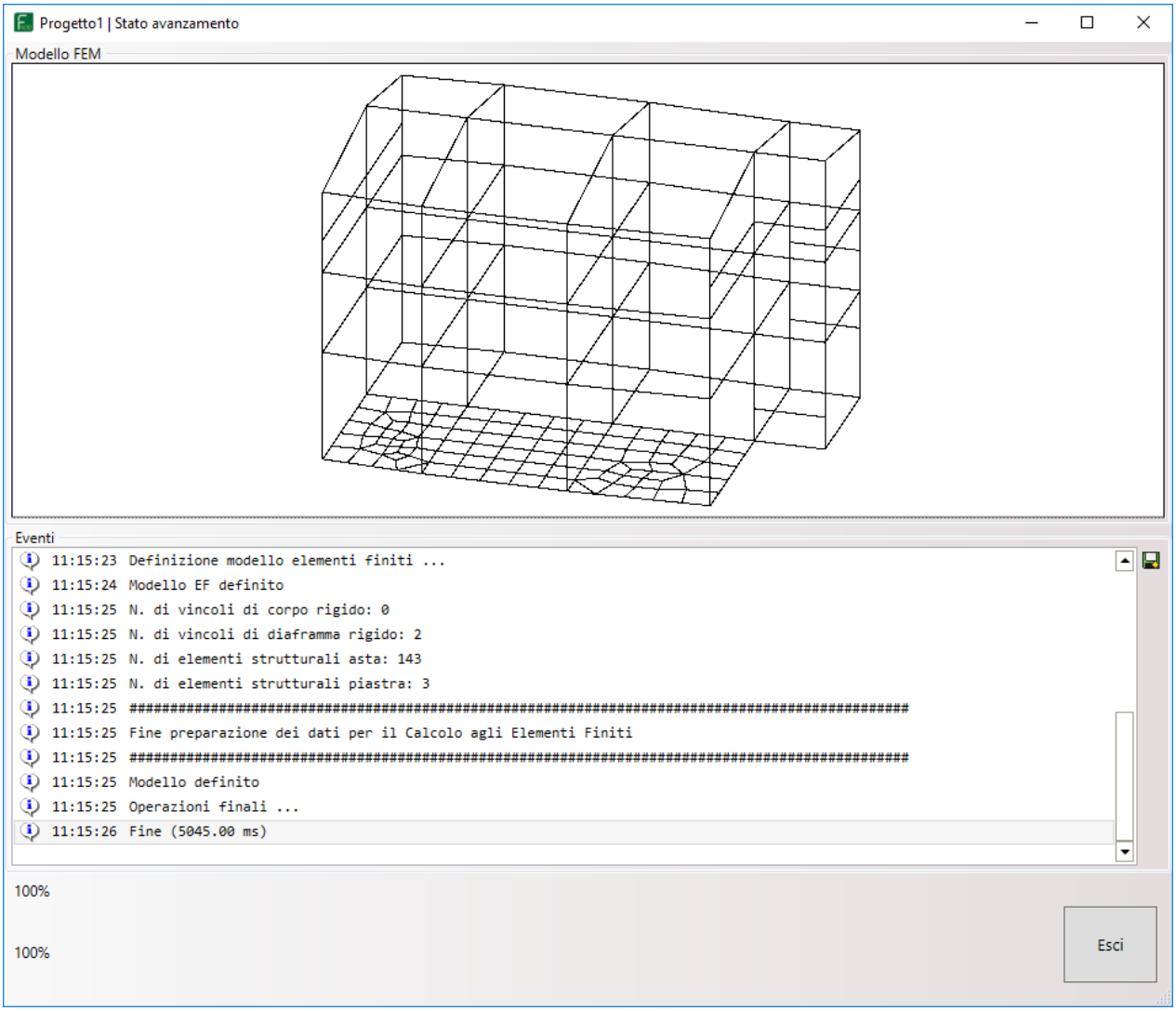
Il pulsante **"Validazione input"** ha la funzione di effettuare un precalcolo al fine di operare un controllo sull' implementazione del modello. Gli eventuali errori di modellazione verranno elencati nell'apposita barra delle segnalazioni.



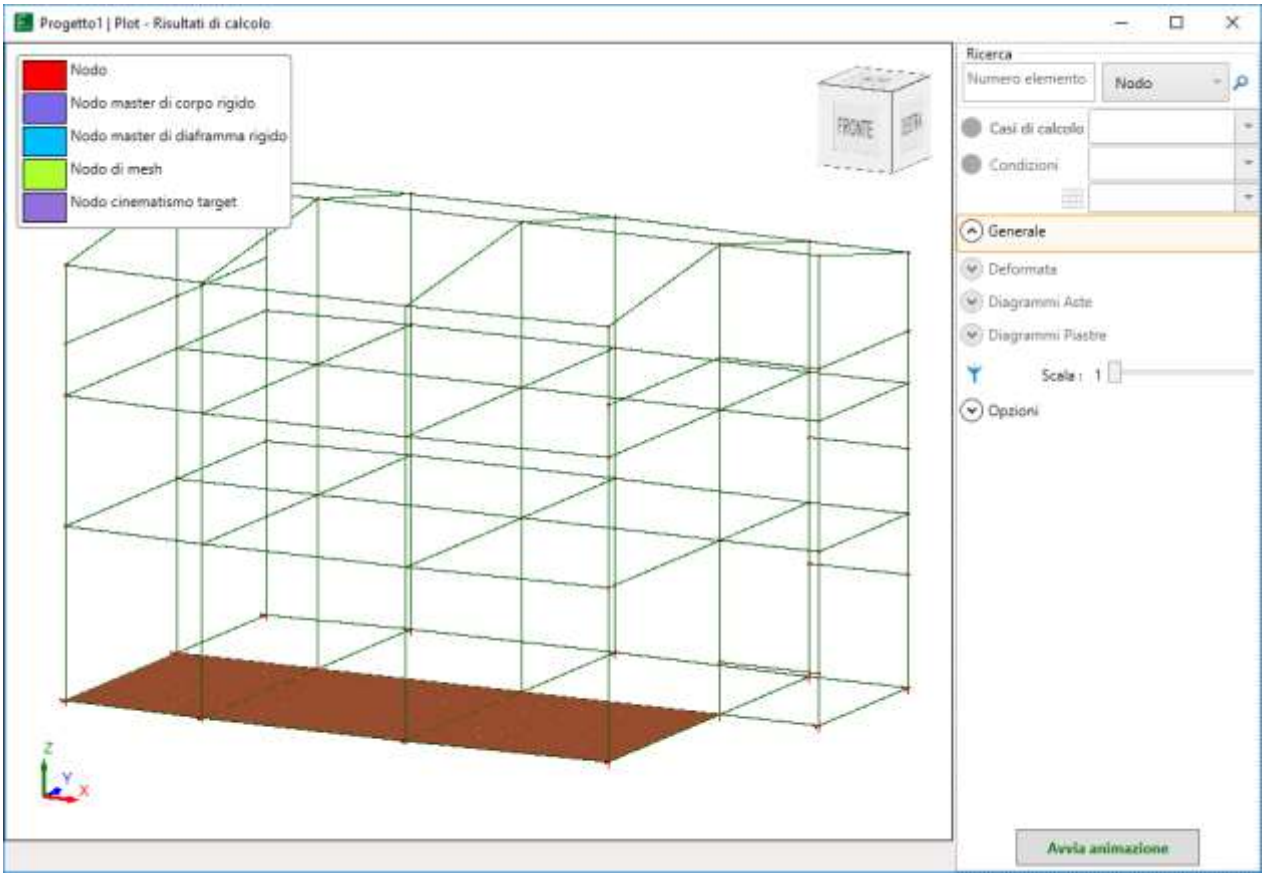
3.1.8.3 Definizione modello

Definizione modello 

Il pulsante **"Definizione modello"** ha la funzione di generare il modello strutturale. Tale operazione consiste nella definizione degli elementi e nella preparazione dei dati per il calcolo algli elementi finiti.



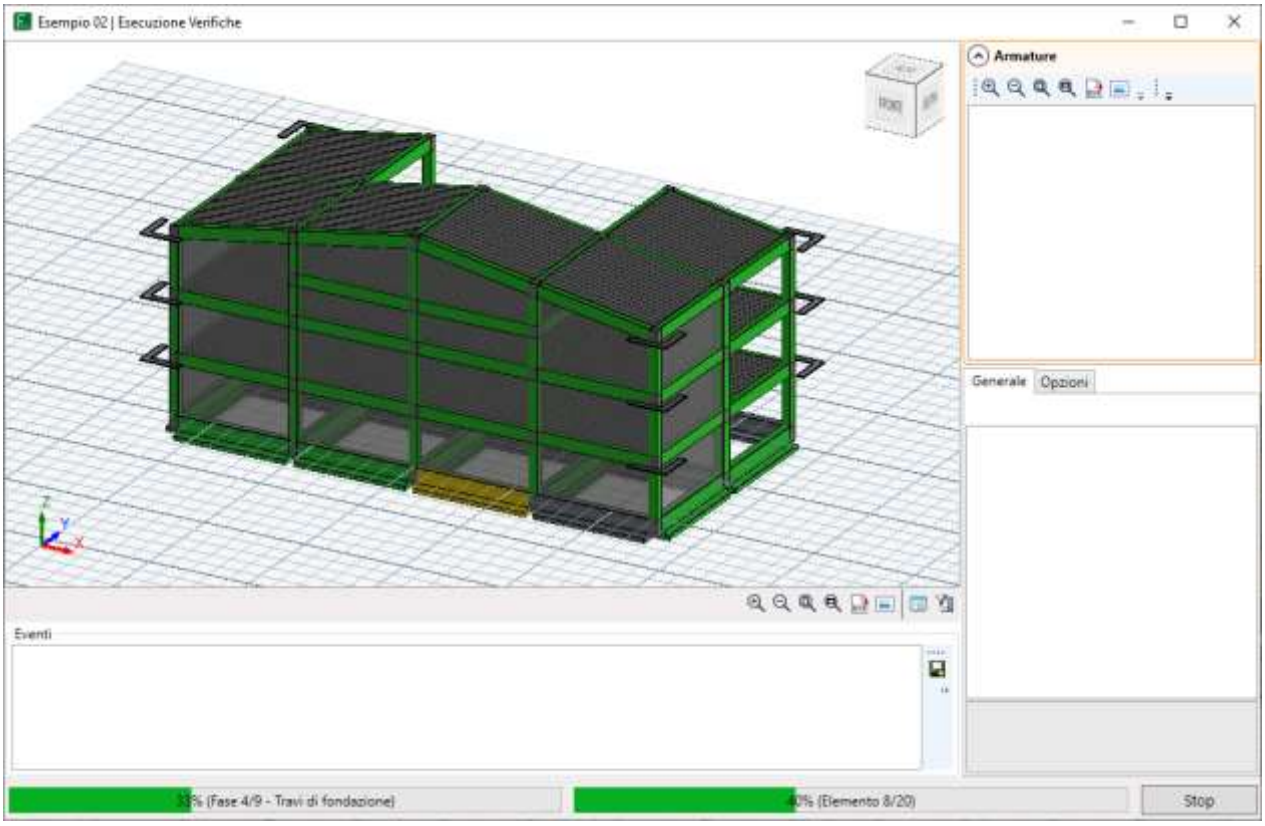
Cliccando sul pulsando "Esci" in basso a destra della finestra precedente si apre la seguente finestra con il modello strutturale generato.



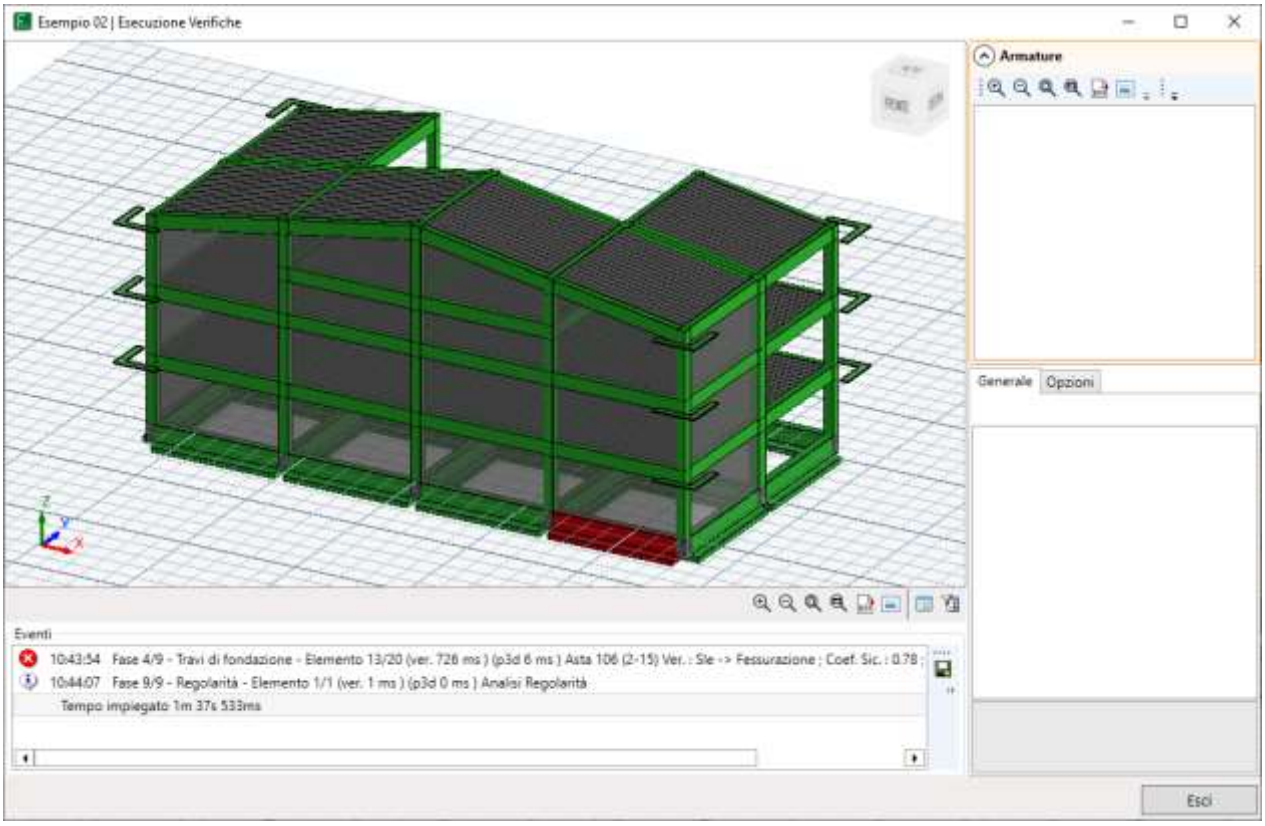
3.1.8.4 Verifiche

Verifiche 

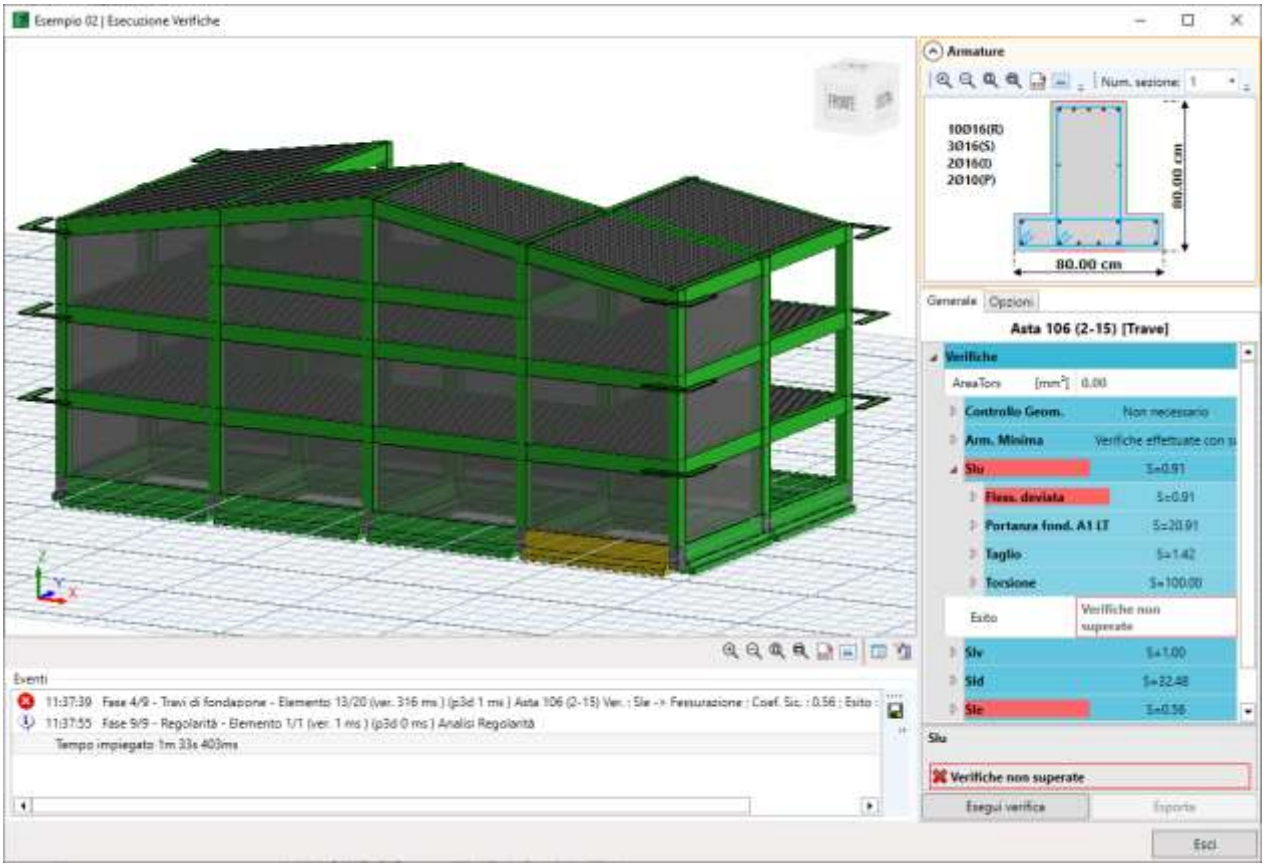
Il pulsante **"Verifiche"** ha la funzione di avviare le verifiche strutturali per i vari elementi del modello. Per gli elementi in CA per i quali l'armatura non è stata ancora inserita essa verrà progettata in base alle impostazioni correnti e sulla base dell'armatura progettata verranno generate le verifiche strutturali; per gli elementi in CA per i quali l'armatura è stata precedentemente inputata il programma genera sia le verifiche strutturali che le verifiche sul rispetto dei minimi di norma.



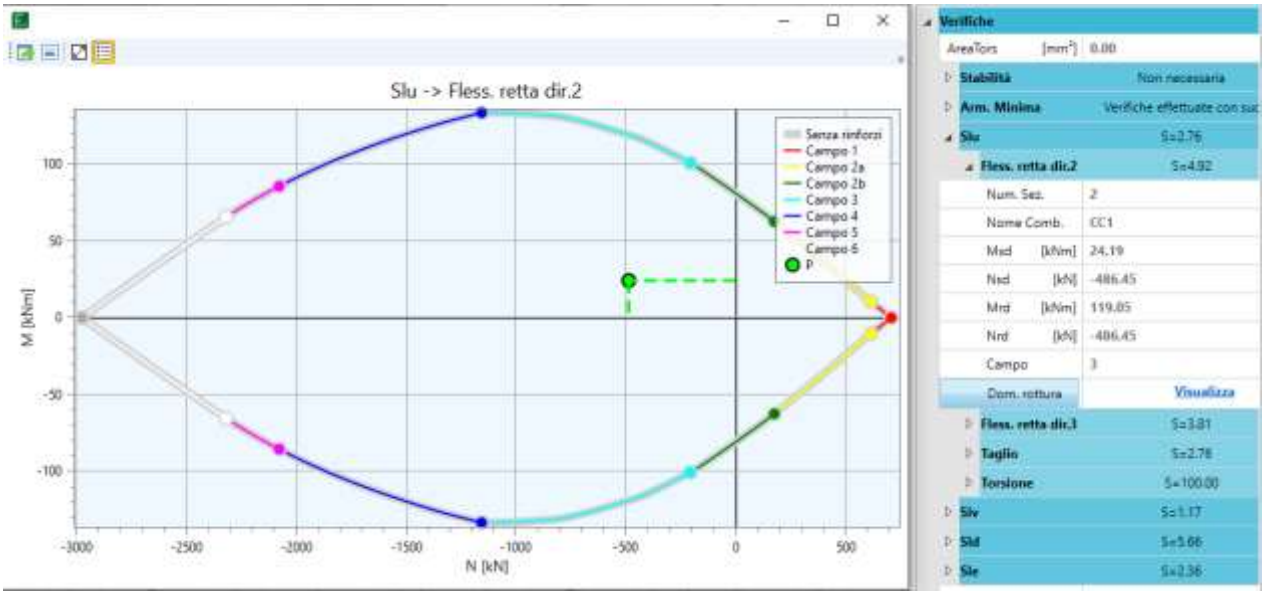
Nell'ambiente inferiore, destinato alla descrizione degli eventi, vengono riportati gli elementi rispetto ai quali le verifiche generate hanno restituito esito negativo. Cliccando su tale messaggio il programma evidenzierà, nell'ambiente principale, l'elemento selezionato.



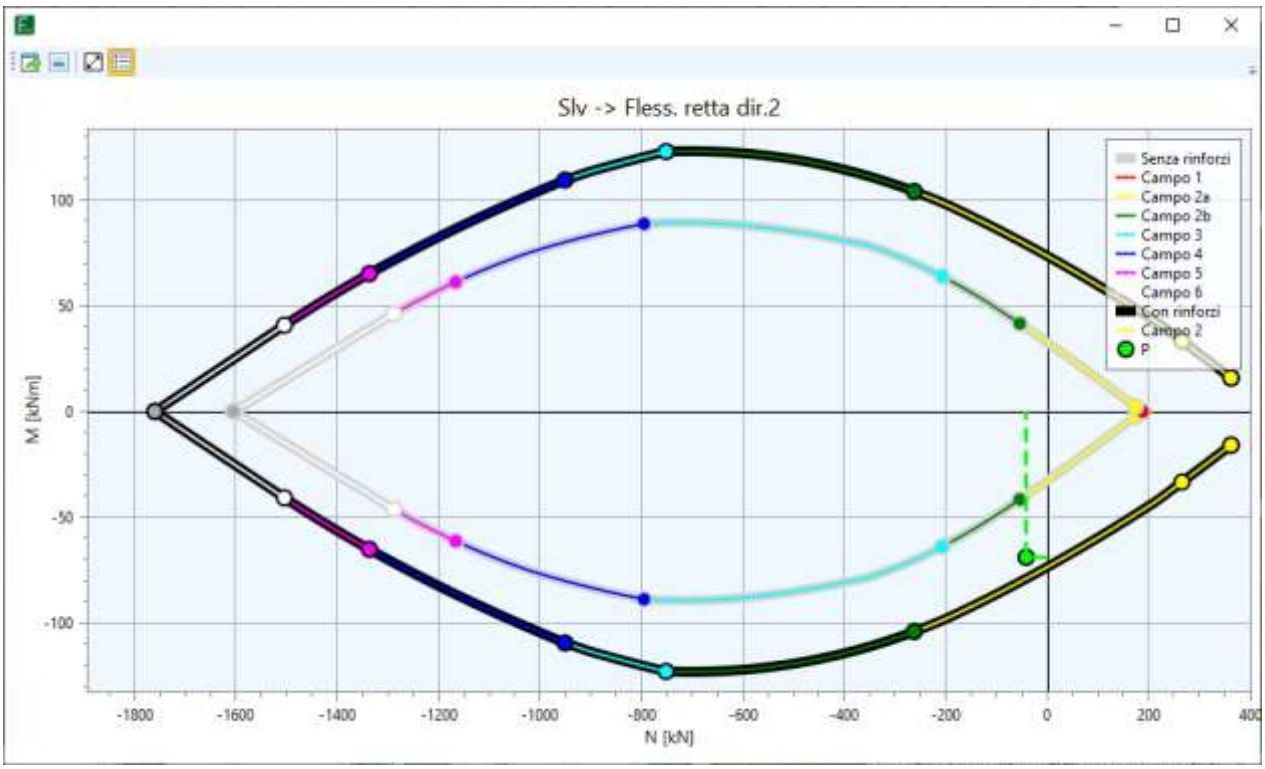
Nell'ambiente verifiche è possibile cliccare su un generico elemento per poter visualizzare i risultati delle verifiche reletive all'elemento selezionato.



Nel caso di verifica a flessione retta o deviata, all'interno di questo ambiente, è possibile visualizzare il corrispondente dominio di rottura. Per visualizzare il dominio è sufficiente cliccare sul pulsante **"Visualizza"** nel campo "Dom. rottura" all'interno della corrispondente verifica. Nel seguente diagramma sono riportati i vari campi del dominio di rottura, ognuno con una colorazione diversificata:



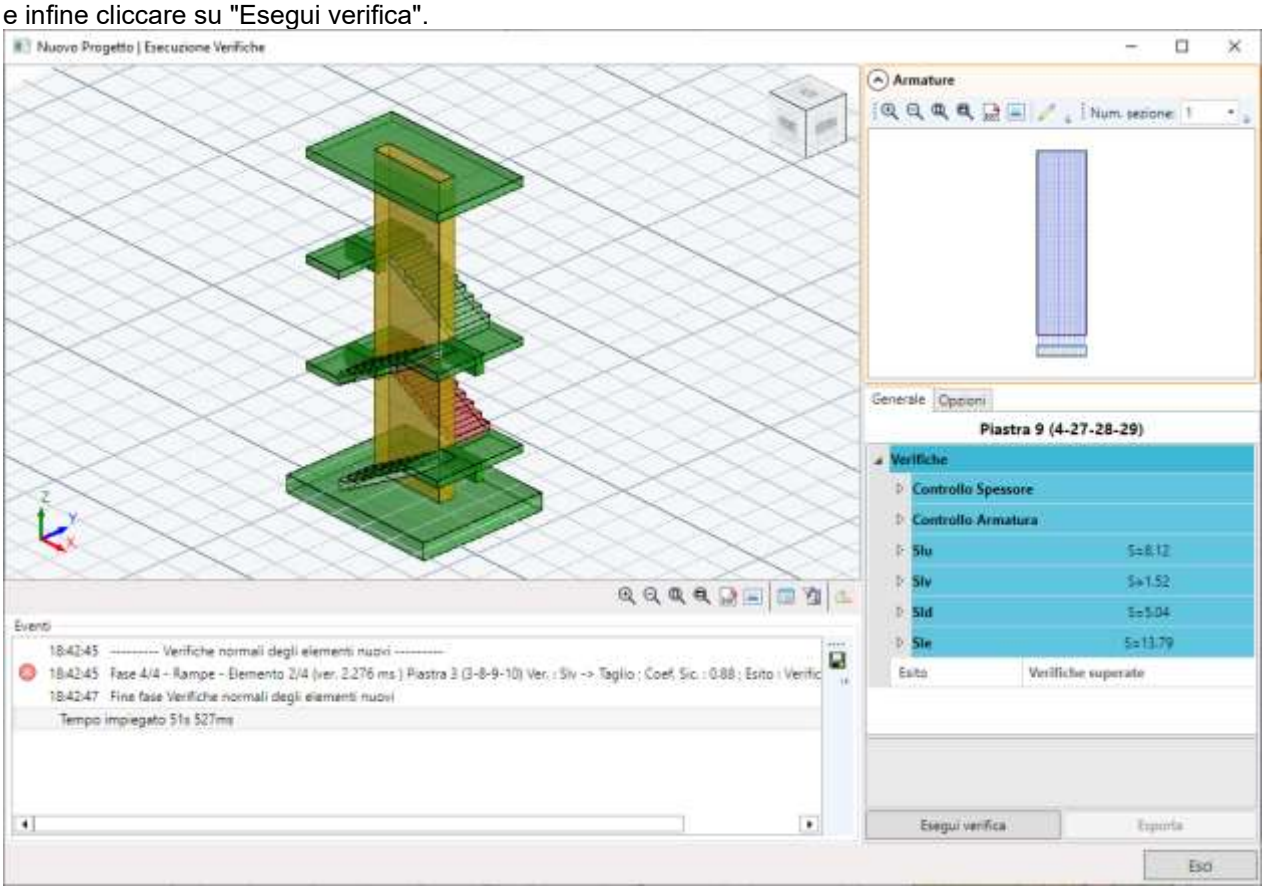
Nel caso in cui sull'elemento in esame sono presenti dei rinforzi strutturali, nel seguente diagramma sono riportati sia il dominio di rottura dell'elemento senza rinforzi che quello rinforzato.



Nel caso di esito negativo della verifica è possibile modificare le armature riverificando solo l'elemento selezionato. Per utilizzare questa funzionalità selezionare l'elemento, cliccare sul pulsante "Modifica armatura" che rappresentato dalla seguente icona:



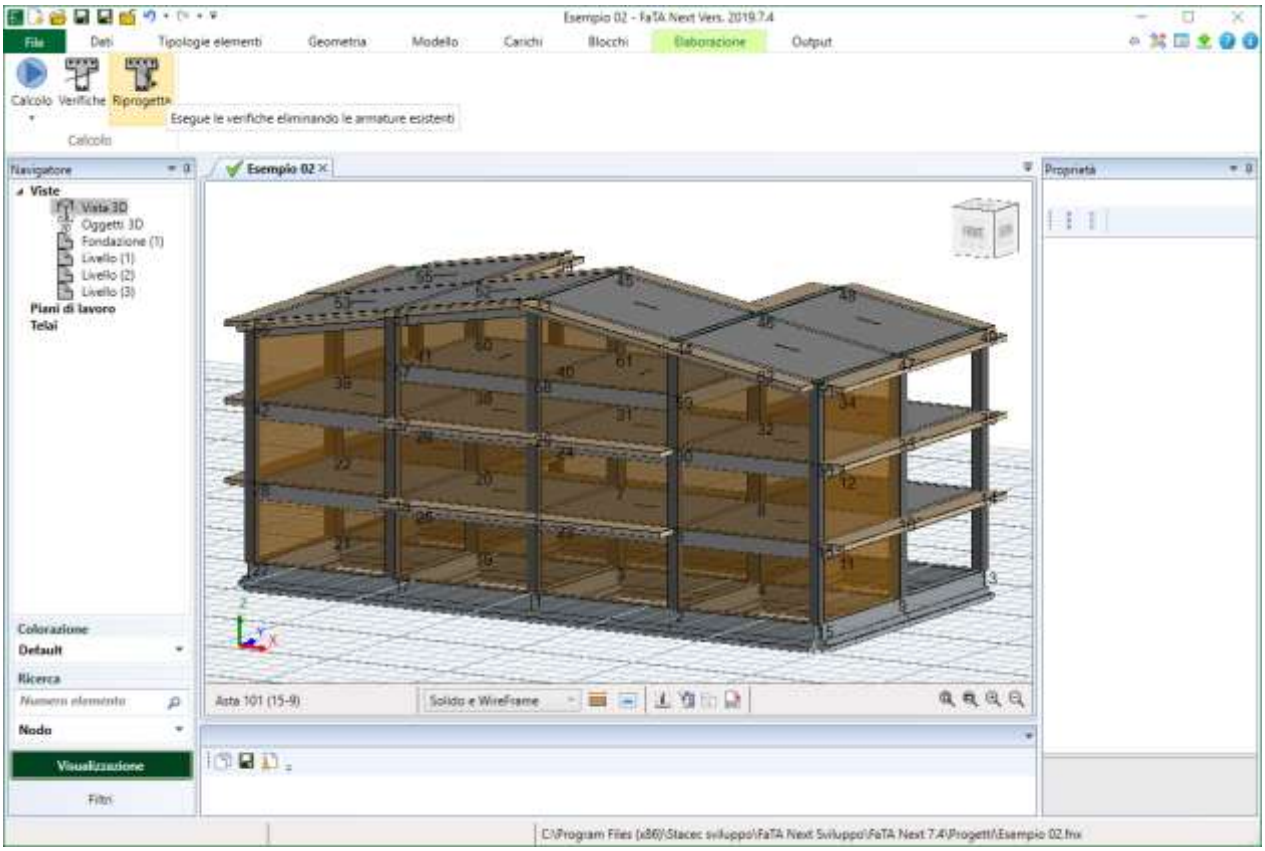
e infine cliccare su "Esegui verifica".



3.1.8.5 Riprogetta

Riprogetta 

Il pulsante **"Riprogetta"** ha la funzione di avviare le verifiche strutturali per i vari elementi del modello. Inoltre, ha la funzione di avviare la riprogettazione delle armature di tutti gli elementi in CA (ignorando le eventuali armature precedentemente inputate) e di generare le relative verifiche.



3.1.8.6 Funzionalità Isolatori

Funzionalità Isolatori

FaTaNext consente, attraverso alcune funzionalità dedicate, la **progettazione e l'ottimizzazione** di sistemi di isolamenti sismico, per le diverse tipologie di isolatori. Le funzioni implementate consentono di:

- Visualizzare e ricalcolare in tempo reale il baricentro del sistema di isolamento
- Calcolare la rigidezza lineare equivalente per i sistemi di isolamento mediante elastomeri e slitte
- "Linearizzare" la risposta in modo da applicare il modello lineare (per sistemi con elastomeri con nucleo in piombo e isolatori a scorrimento a superficie curva)

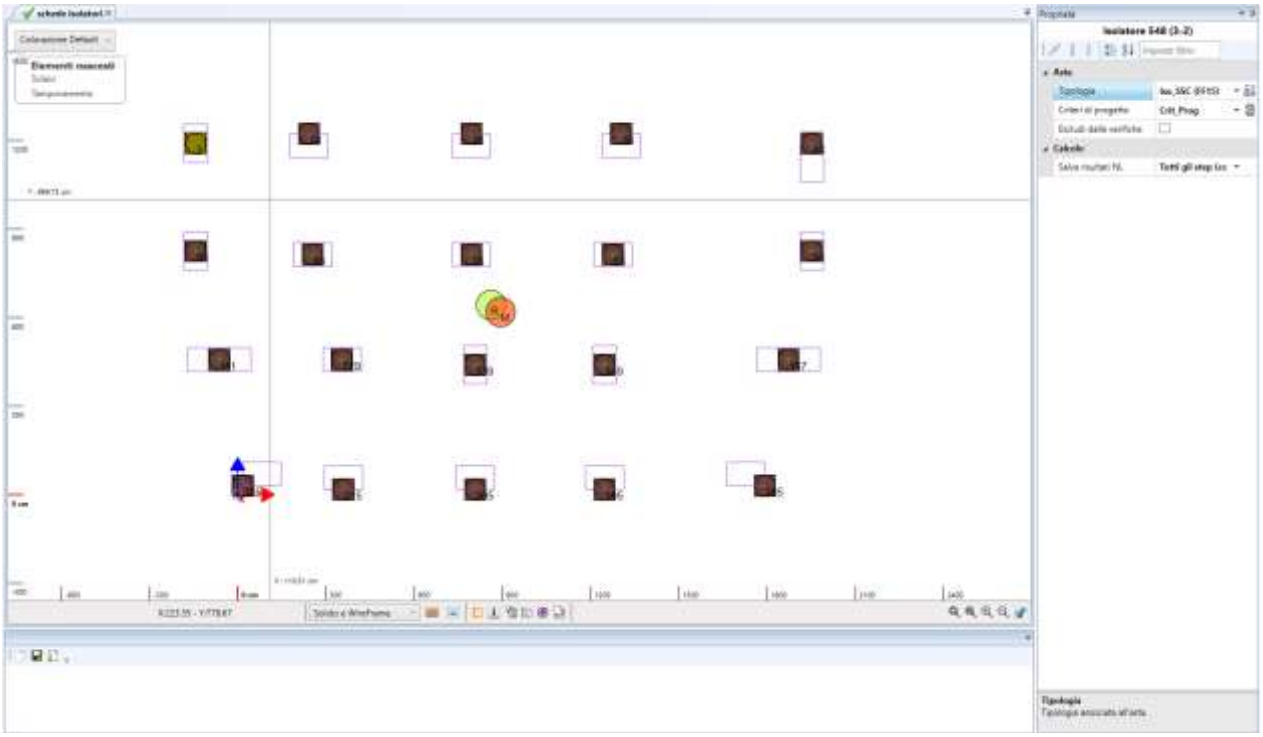
Per le operazioni di "linearizzazione" sono presenti i controlli di applicabilità definiti dalle NTC 2018 §7.10.5.2. Tutte le funzioni per gli isolatori vengono attivare dopo aver effettuato il calcolo del modello corrente.

Baricentri

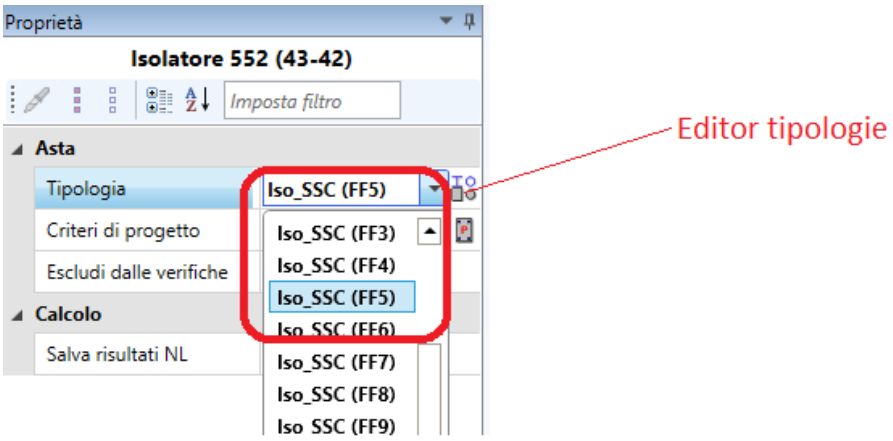
La modifica "interattiva" dei baricentri del sistema viene attivata cliccando sul seguente pulsante:



A questo punto il software identificherà il piano di isolamento sismico e si posizionerà automaticamente nella vista in pianta al livello identificato. Per utilizzare la funzione "Baricentri" dovrà essere presente o un livello o un impalcato che raggruppi gli isolatori.



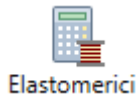
Selezionando ogni singolo isolatore, sarà possibile ricalcolarne la posizione alla modifica della "Tipologia":



Dall'apposito pulsante "Editor tipologie" è possibile, in questa fase, aggiungere/modificare le tipologie presenti.

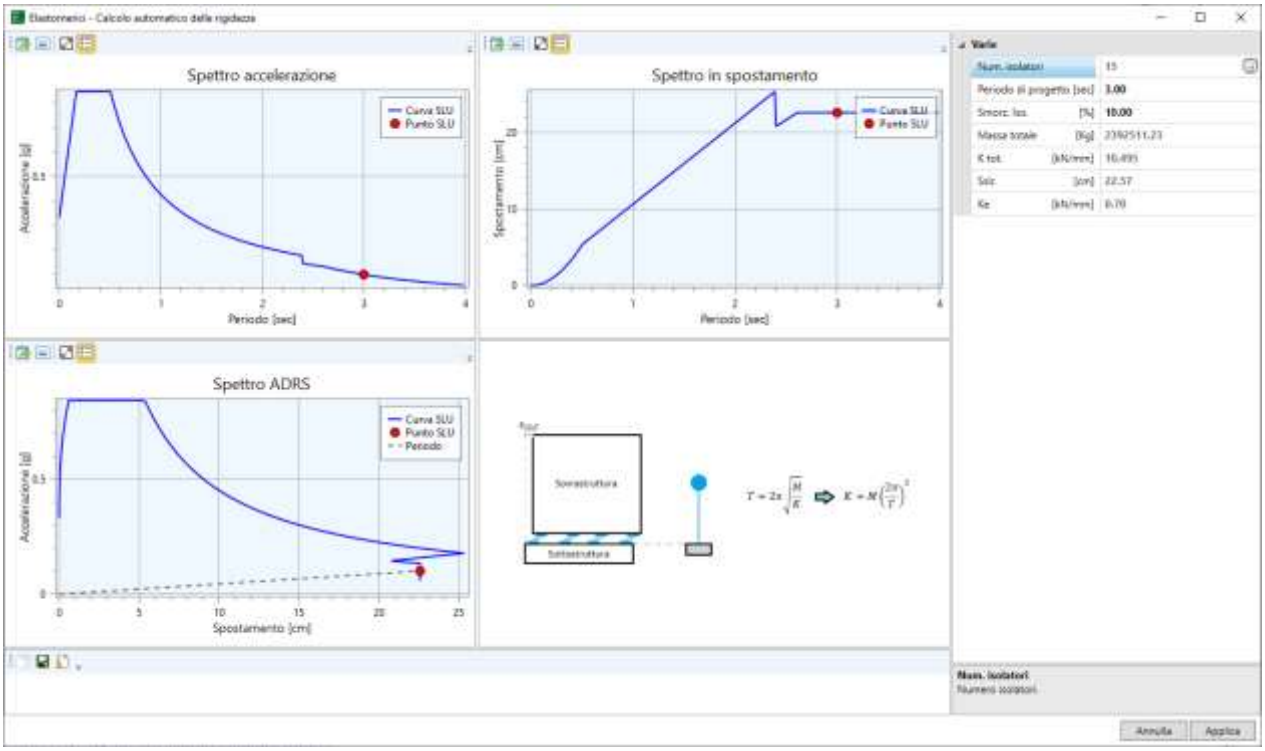
Elastomerici

Il progetto di sistemi di isolamento basati su isolatori elastomerici e slitte può essere agevolmente affrontato mediante il comando con la seguente icona:



Il pulsante viene attivato automaticamente con la presenza di isolatori. La posizione, ottimizzando il baricentro, degli isolatori (e delle slitte) dovranno essere stabiliti in una fase precedente all'utilizzo di questa

funzione. Al click del pulsante verrà visualizzata la seguente schermata:



Il numero di isolatori sarà calcolato considerando quelli già presenti ed inseriti dall'utente. La massa sismica totale viene elaborata in automatico dal software. I dati da inserire sono:

- Periodo di progetto
- Smorzamento equivalente del sistema di isolamento

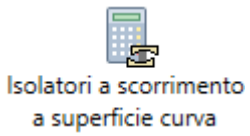
Il risultato del calcolo sono i valori:

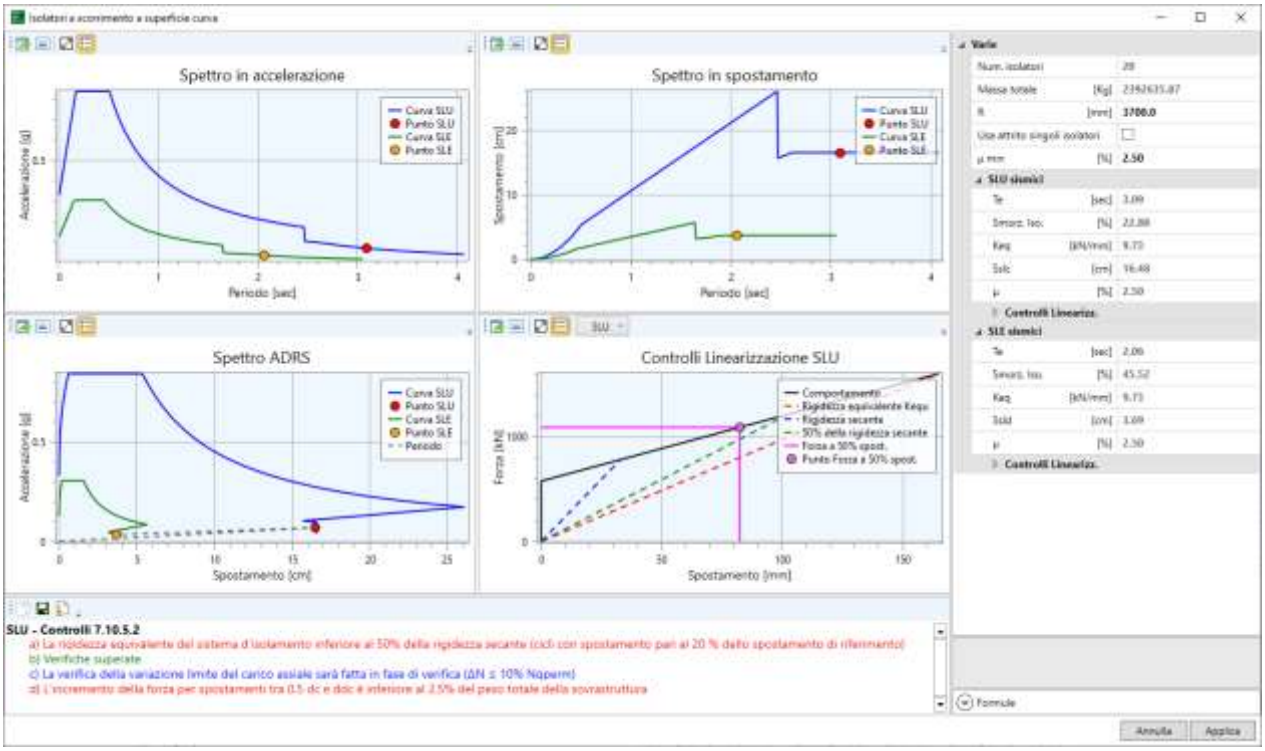
- Ktot. : rigidezza equivalente totale del sistema
- Sslc : spostamento allo stato limite di collasso
- Ke : rigidezza equivalente del singolo isolatore.

Cliccando sul pulsante "Applica" (e dopo aver confermato) verranno assegnati automaticamente i valori di Ke e Smorz. Iso. agli isolatori presenti, lasciando inalterate le slitte.

Isolatori a scorrimento a superficie curva

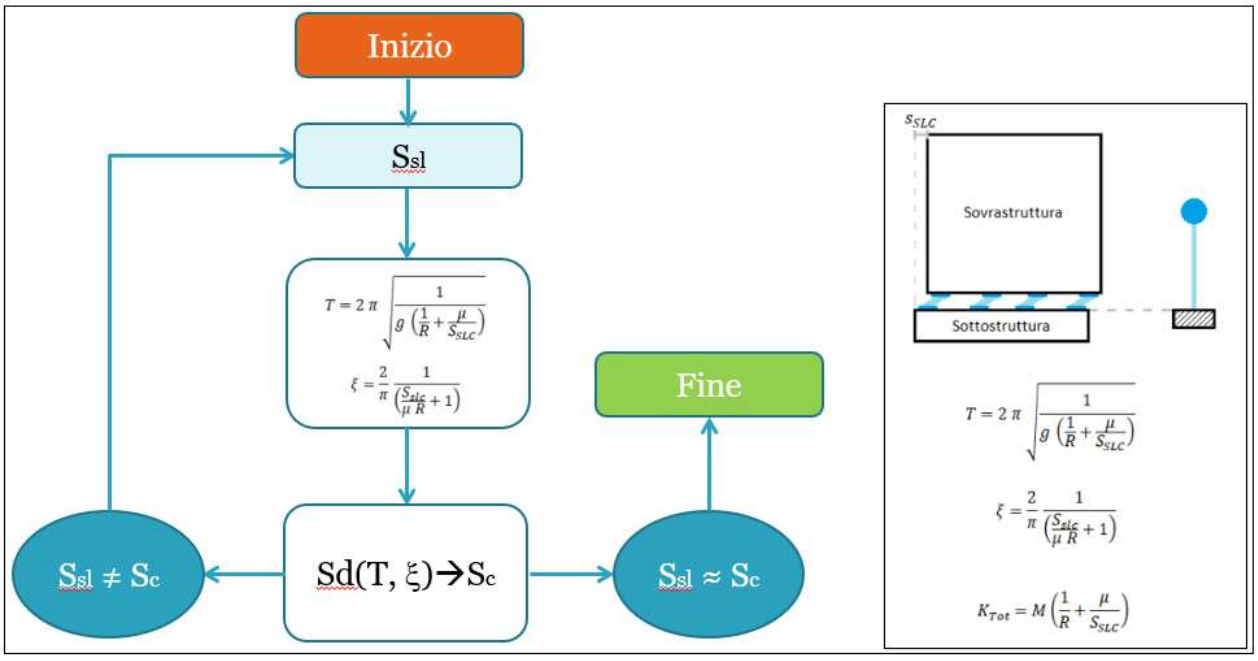
Nel caso di sistemi di isolamento basati su isolatori a scorrimento a superficie curva, è possibile utilizzare semplici analisi lineari solo se si rientra nelle condizioni indicate al §7.10.5.2 delle NTC2018. L'ambiente di calcolo viene visualizzato mediante il comando con la seguente icona:





L'utente può interagire inserendo il **raggio** della superficie curva dell'isolatore e **l'attrito minimo**. In alternativa, nel caso si voglia utilizzare isolatori con attrito diverso è sufficiente inserire i diversi isolatori nel modello 3D.

La procedura di linearizzazione verrà effettuate mediante il seguente flusso:



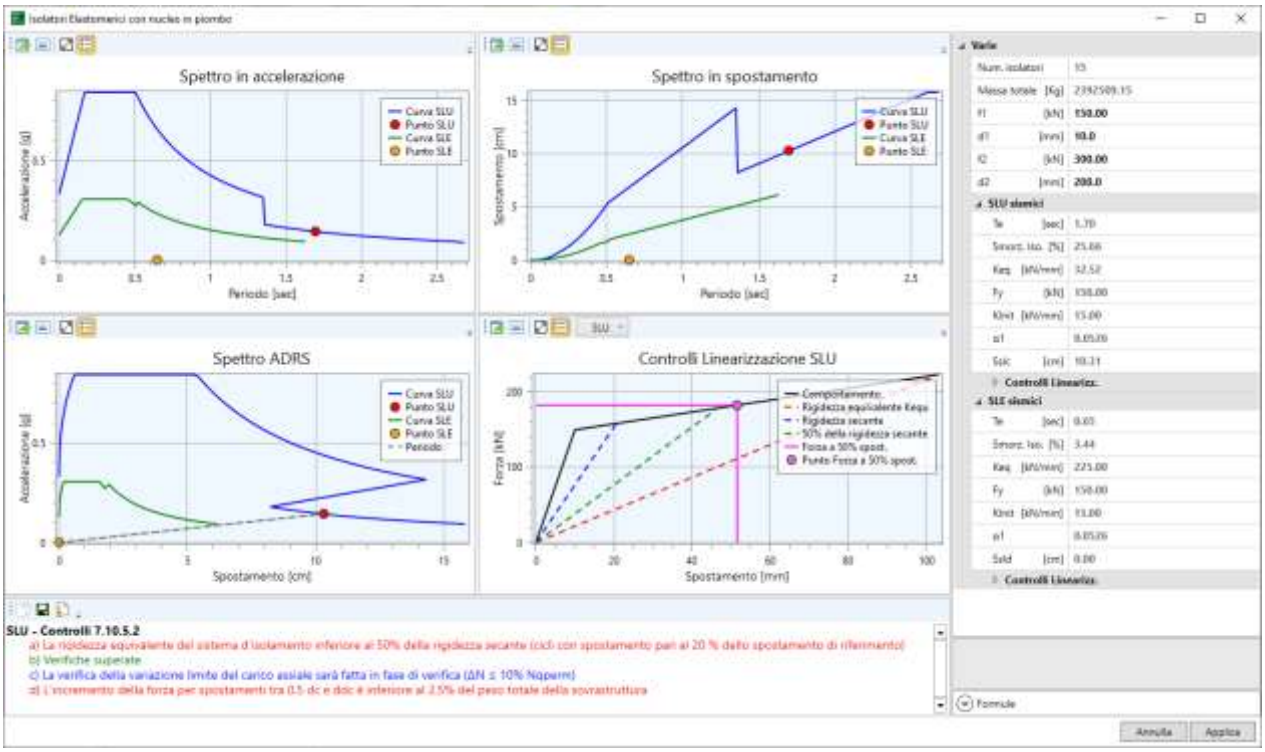
L'operazione di "linearizzazione" del modello sarà superata quando i controlli a), b) e d) daranno esito positivo. Il controllo c), così come indicato, verrà effettuato in un secondo momento alla fine dell'elaborazione delle Verifiche.

Elastomerici con nucleo in piombo

Nel caso di sistemi di isolamento basati su isolatori elastomerci, è possibile utilizzare semplici analisi lineari solo se si rientra nelle condizioni indicate al §7.10.5.2 delle NTC2018. L'ambiente di calcolo viene visualizzato mediante il comando con la seguente icona:

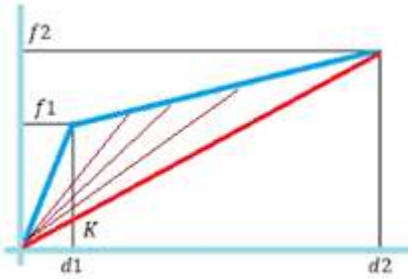


Elastomerici con nucleo in piombo

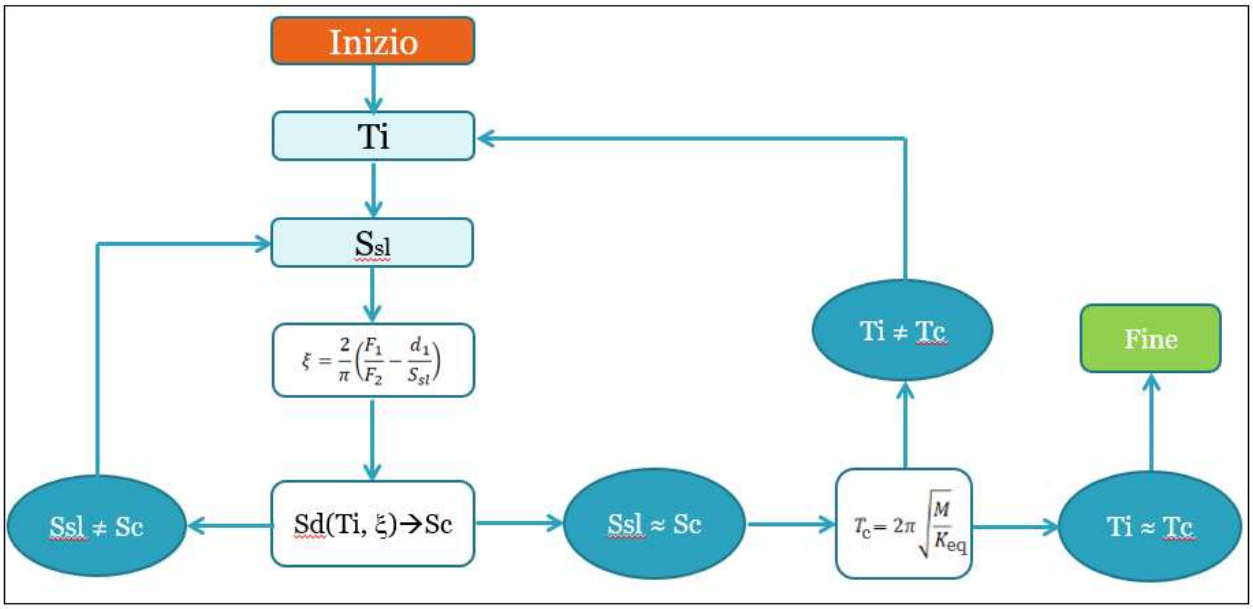


L'utente può interagire inserendo i parametri della corva di comportamento bilinieare degli isolatori:

- f1 : Forza di snervamento
- d1 : spostamento corrispondente a f1
- f2 : Massima forza orizzontale corrispondente a d2
- d2 : Spostamento di riferimento per il calcolo di f2



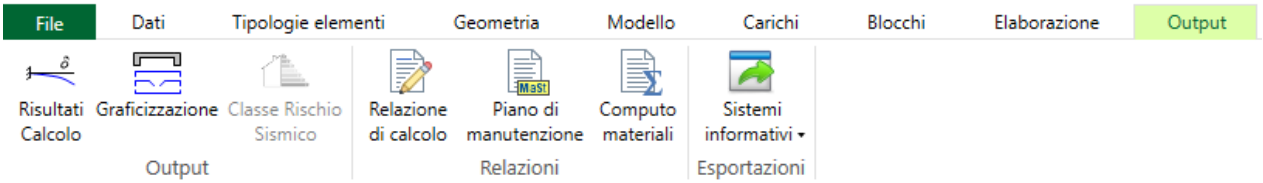
La procedura di linearizzazione verrà effettuate mediante il seguente flusso:



L'operazione di "linearizzazione" del modello sarà superata quando i controlli a), b) e d) daranno esito positivo. Il controllo c), così come indicato, verrà effettuato in un secondo momento alla fine dell'elaborazione delle Verifiche.

3.1.9 Output

E' il menù predisposto per la gestione dei risultati di calcolo e degli elaborati progettuali.



Risultati Calcolo

Avvia la finestra per la visualizzazione del plot risultati calcolo.

Graficizzazione

Avvia la finestra per la gestione della graficizzazione.

Classe Rischio Sismico

Avvia la finestra per la gestione delle operazioni relative alla classificazione del rischio sismico delle costruzioni.

Relazione di calcolo

Avvia la finestra per la gestione delle operazioni relative alla creazione della "Relazione di Calcolo".

Piano di manutenzione

Avvia la finestra per la gestione delle operazioni relative alla creazione del "Piano di manutenzione".

Computo materiali 

Avvia la finestra per la gestione delle operazioni relative alla creazione della relazione sul computo dei materiali.

Sistemi informativi 

Avvia la finestra per la gestione automatica dei files necessari alla compilazione dei fascicoli generati all'interno delle diverse piattaforme telematiche regionali.

Esportazione per IDEA StatiCa 

Avvia la funzione per l'esportazione verso il software ***IDEA StatiCa*** per la progettazione e la verifica dei collegamenti in acciaio.

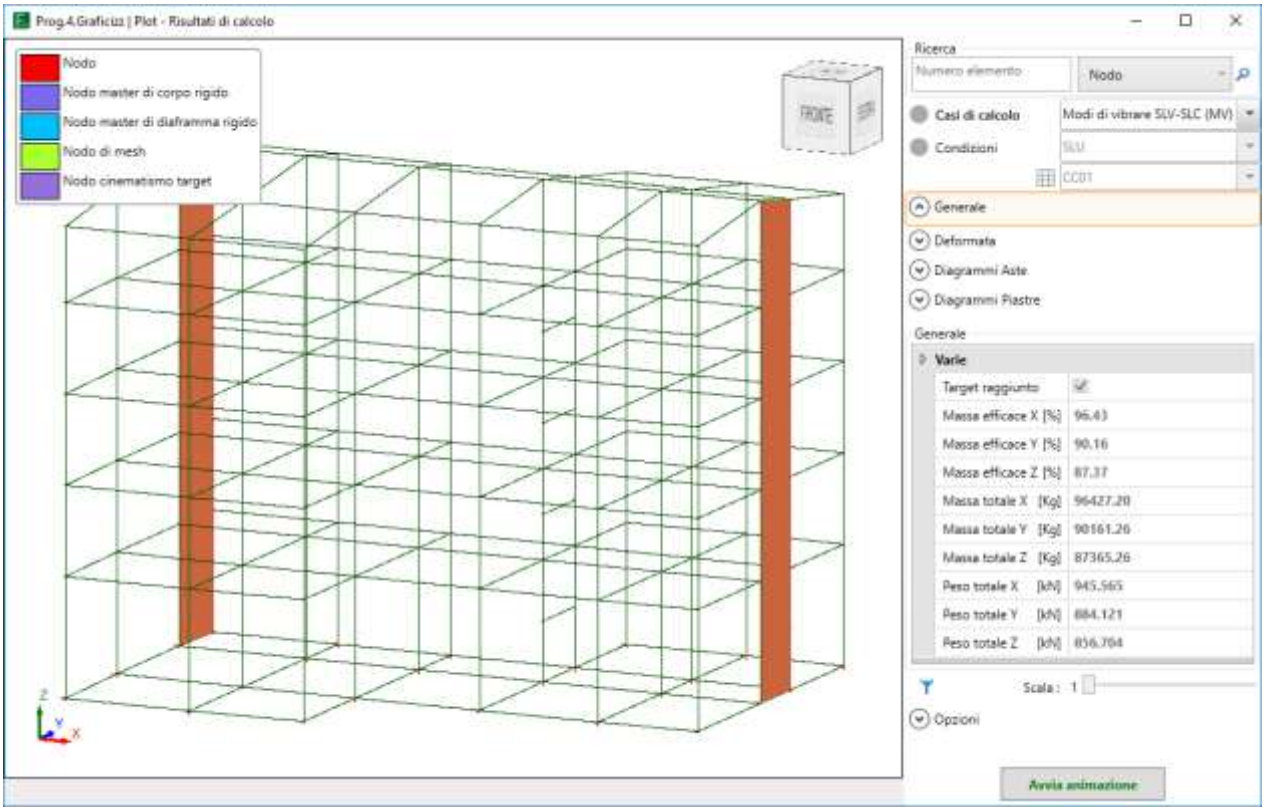
3.1.9.1 Risultati calcolo

Risultati calcolo 

Il pulsante **"Risultati calcolo"** avvia la finestra per la visualizzazione del plot risultati calcolo. In questo ambiente è possibile :

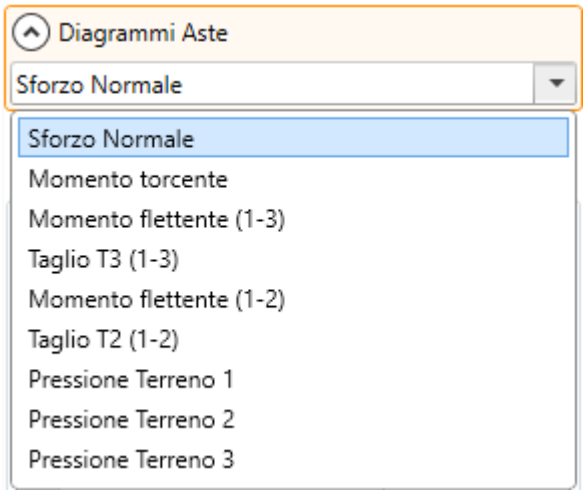
- Ottenere informazioni sul modello inputato;
- Visualizzare i diagrammi delle deformate della struttura relativamente ad ognuno dei casi di carico implementati;
- Visualizzare i diagrammi delle sollecitazioni degli elementi strutturali monodimensionali e delle pressioni del terreno al di sotto di essi relativamente ai singoli casi di carico, alle singole combinazioni di carico a agli inviluppi delle combinazioni di carico;
- Visualizzare i diagrammi delle sollecitazioni degli elementi strutturali bidimensionali e delle pressioni del terreno al di sotto di essi relativamente ai singoli casi di carico, alle singole combinazioni di carico a agli inviluppi delle combinazioni di carico.

Al click sul corrispondente pulsante verrà visualizzato l'ambiente **"Plot - Risultati di calcolo"**.

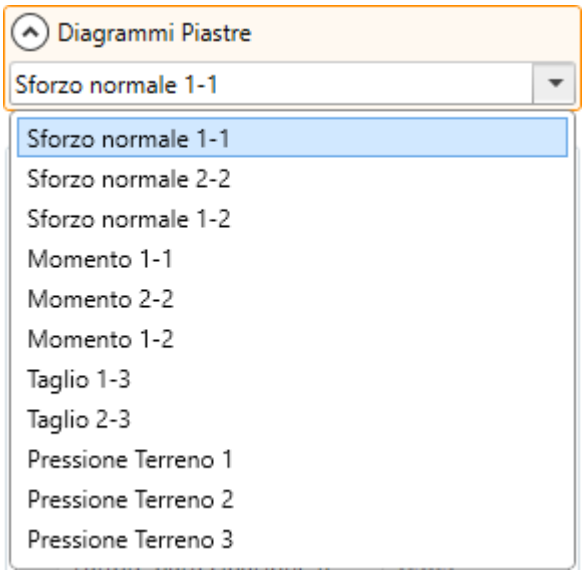


Sulla destra dell'ambiente sono presenti i seguenti campi:

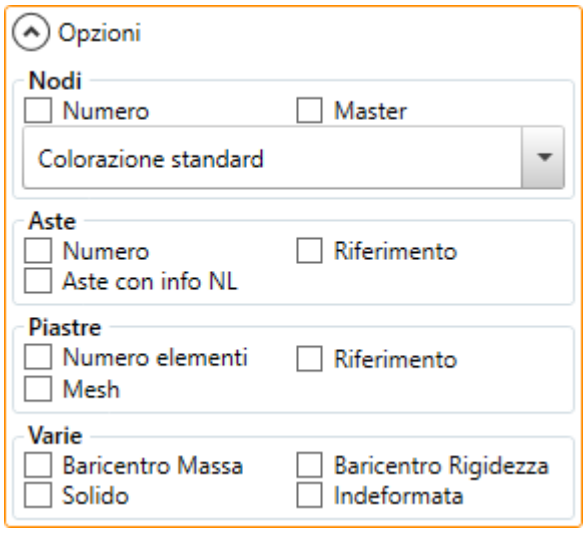
- **Casi di calcolo.** Consente di selezionare i singoli casi di calcolo rispetto ai quali richiedere la restituzione del comportamento della struttura in termini di diagrammi delle deformate o delle sollecitazioni;
- **Condizioni di calcolo.** Consente di selezionare i singoli stati limite e con riferimento ad essi le singole combinazioni di carico rispetto alle quali richiedere la restituzione del comportamento della struttura in termini di diagrammi delle deformate o delle sollecitazioni;
- Selezionare **"Generale"** e quindi cliccare su un'asta per ottenere informazioni generali sull'elemento selezionato (comportamento, lunghezza, informazioni sui vincoli interni relativi ai suoi nodi iniziale e finale, informazioni varie sui materiali, informazioni geometriche relative alla sezione trasversale, ecc…);
- Selezionare **"Deformata"** per ottenere la risposta della struttura in termini di deformate. Cliccando su un elemento asta è possibile visionare i valori delle tre componenti della deformata relativamente ad ogni sezione dell'asta stessa;
- Selezionare **"Diagrammi Aste"** e quindi selezionare una scelta tra Sforzo normale, Momento torcente, Momento flettente (1-3), Taglio T3 (1-3), Momento flettente (1-2), Taglio T2 (1-2), Pressione terreno 1, Pressione terreno 2, Pressione terreno 3, per ottenere la risposta della struttura in termini di sollecitazioni. Cliccando su un elemento asta è possibile visionare i valori sollecitazione selezionata relativamente ad ogni sezione dell'asta stessa;



- Selezionare **"Diagrammi Piastre"** e quindi selezionare una scelta tra Sforzo normale 1-1, Sforzo normale 2-2, Sforzo normale 1-2, Momento 1-1, Momento 2-2, Momento 1-2, Taglio 1-3, Taglio 2-3, Pressione terreno 1, Pressione terreno 2, Pressione terreno 3, per ottenere la risposta degli elementi bidimensionali della struttura in termini di sollecitazioni;



- Personalizzare il **"Valore scala"** per amplificare la scala dei diagrammi secondo le proprie preferenze;
- Scegliere **"Opzioni"** per aggiungere alla visualizzazione ulteriori informazioni sul modello strutturale implementato.

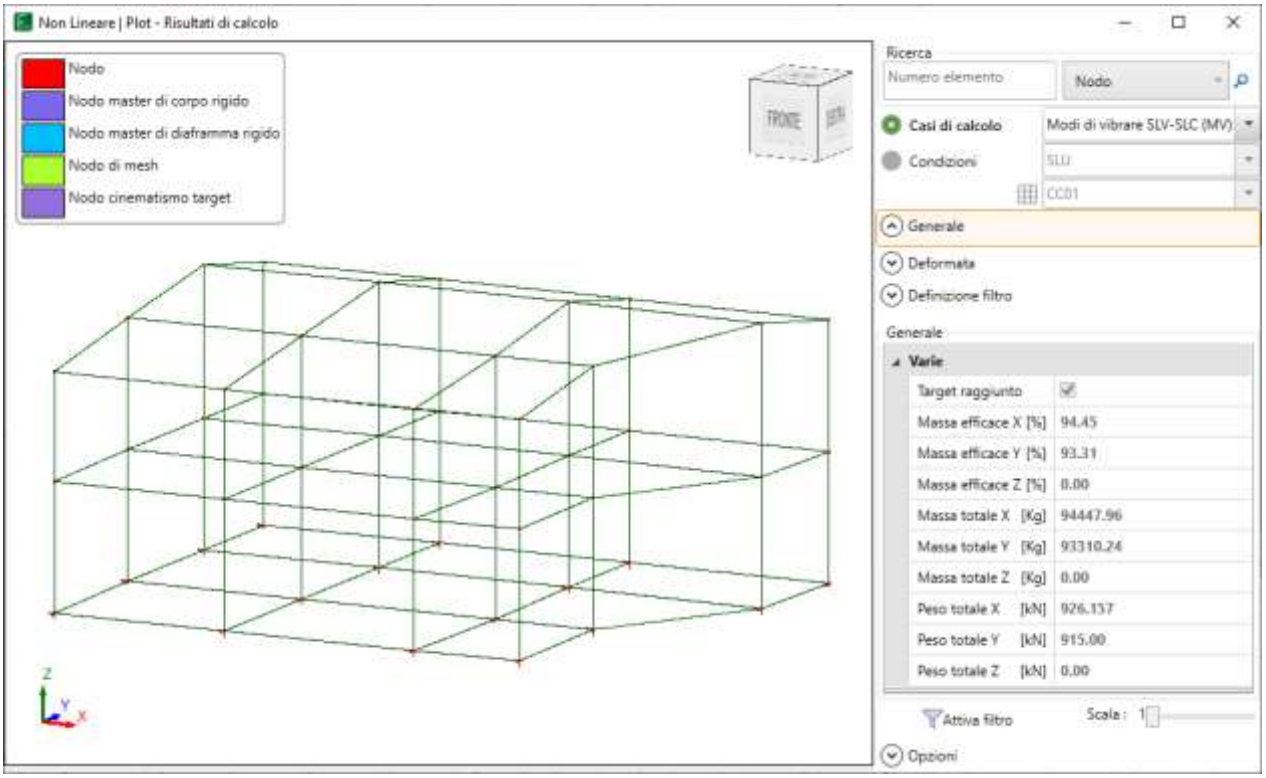


3.1.9.2 Risultati analisi non lineare

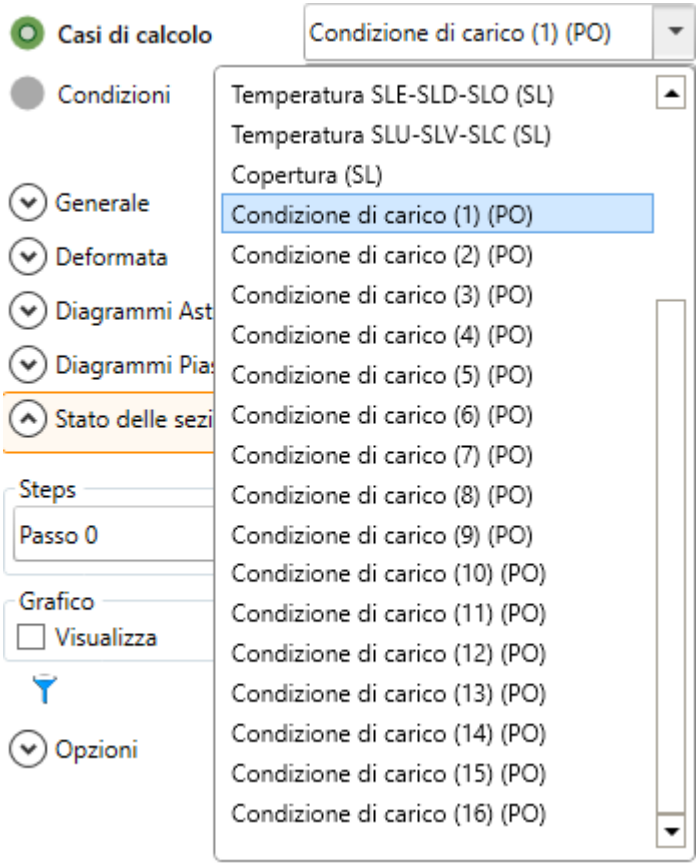
Risultati analisi non lineare

Il pulsante **"Risultati calcolo"** avvia la finestra per la visualizzazione del plot risultati di calcolo. In questo ambiente, nel caso di analisi non lineare, oltre alle informazioni sul modello, ai diagrammi delle deformate e delle sollecitazioni (sia degli elementi monodimensionali che bidimensionali), è possibile visualizzare lo stato delle sezioni degli elementi della struttura per i diversi step dell'analisi non lineare.

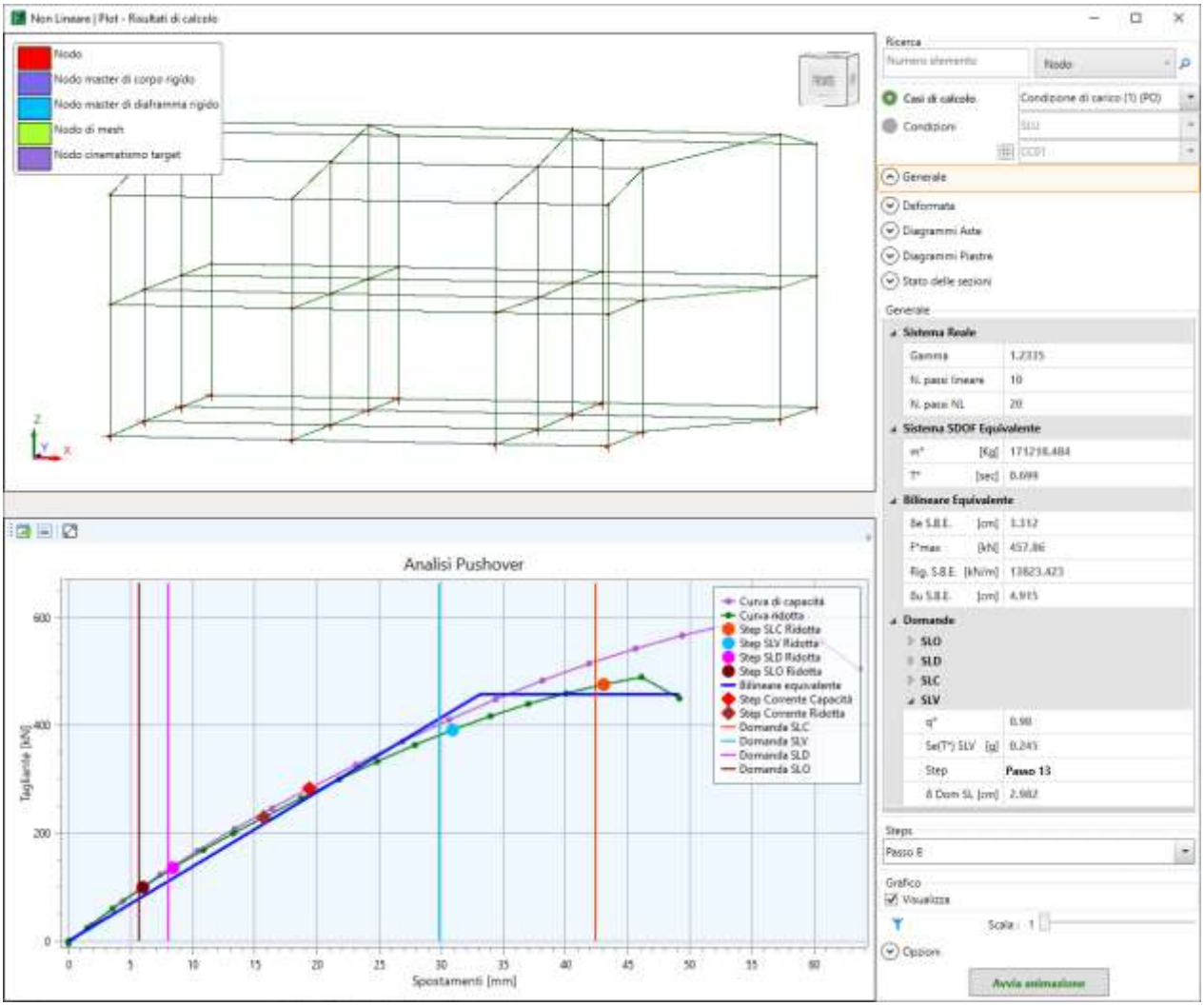
Al click sul corrispondente pulsante verrà visualizzato l'ambiente **"Plot - Risultati di calcolo"**.



Per visualizzare i risultati dell'analisi non lineare, ed in particolare la curva di capacità e i relativi risultati, dobbiamo scegliere una delle condizioni di carico push-over (PO) dal menù a tendina "Casi di calcolo".



Per ognuna delle condizioni di carico presenti è possibile visualizzare la corrispondente curva forza/spostamento e i relativi risultati. Per visualizzare tale curva è necessario attivare il check "Visualizza" in "Grafico".



Dal menù "Generale" è possibile visualizzare le seguenti quantità:

Sistema reale

- **Gamma.** Fattore di partecipazione modale.
- **N. passi lineare.** Numero di passi per l'applicazione dei carichi dovuti alle azioni non sismiche nell'analisi PushOver.
- **N. passi NL.** Numero di passi per l'applicazione dei carichi dovuti all'azione sismica nell'analisi PushOver.

Sistema SDOF Equivalente

- **m*.** Massa del sistema strutturale equivalente a un grado di libertà.
- **T*.** Periodo di vibrazione del sistema strutturale equivalente a un grado di libertà.

Bilineare Equivalente

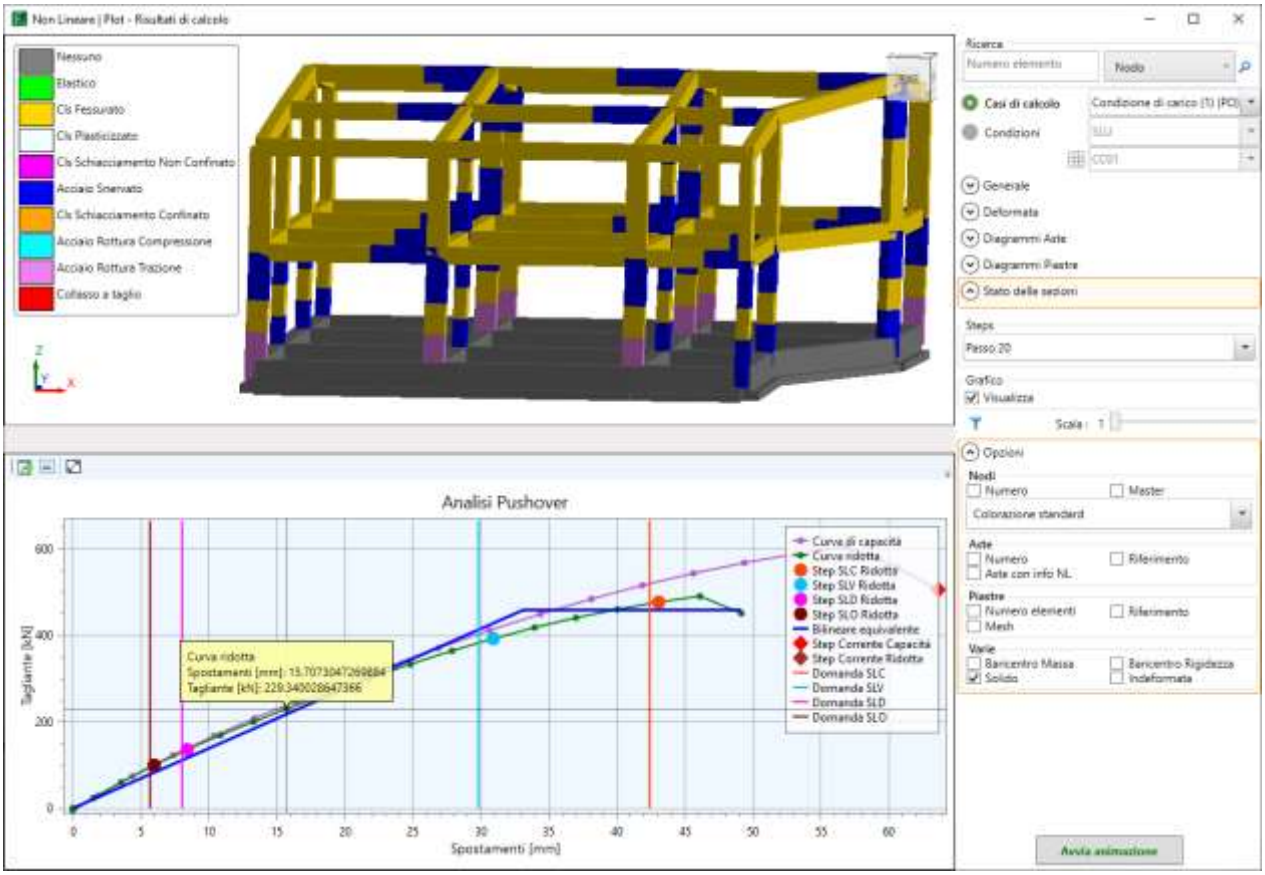
- **δe S.B.E.** Spostamento al limite elastico del sistema bilineare equivalente.
- **F*max.** Tagliante massimo del sistema bilineare equivalente.
- **Rig. S.B.E.** Rigidezza del tratto elastico del sistema bilineare equivalente.
- **δu S.B.E.** Spostamento ultimo del sistema bilineare equivalente.

Domande

Per ognuno dei quattro stati limite vengono riportati i parametri per il calcolo della domanda di spostamento relativi allo stato limite considerato.

- **q*.** Rapporto tra la forza di risposta elastica e la forza di snervamento del sistema equivalente.
- **Se(T*) SLV.** Spettro di risposta elastico in accelerazione relativo allo SLV.
- **Step.** Step rispetto al quale verranno eseguite le verifiche sui diversi elementi strutturali per calcolare le corrispondenti domande.
- δ **Dom SL.** Domanda in spostamento relativa allo stato limite considerato.

Dal menù "Stato delle sezioni" è possibile visualizzare la "storia" di plasticizzazione dei diversi elementi della struttura:

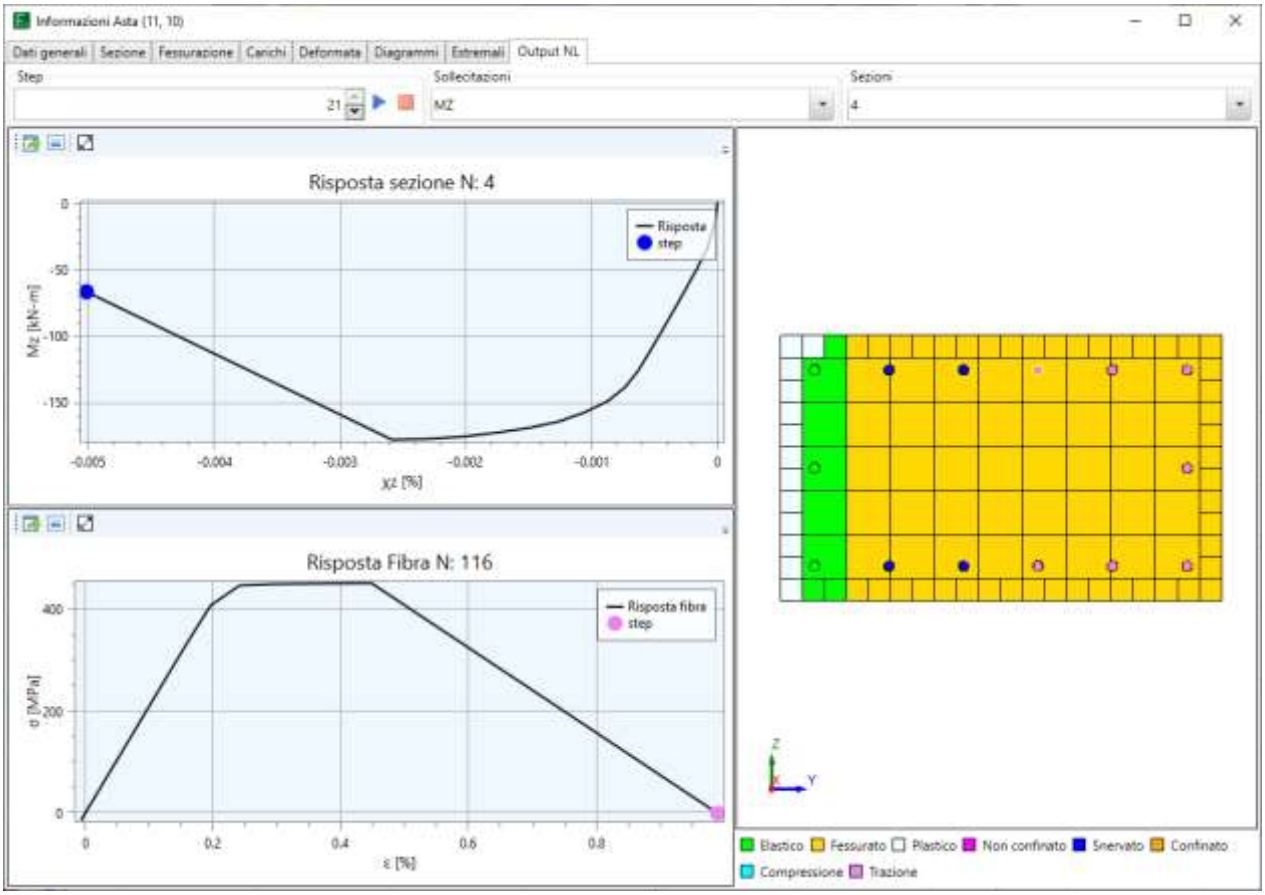


In merito allo "Stato" delle sezioni, i possibili casi che si possono presentare sono:

- **Elastico.** Sezione in campo elastico;
- **Cls Fessurato.** Sezione con calcestruzzo fessurato;
- **Cls Plasticizzato.** Sezione con calcestruzzo plasticizzato;
- **Cls Schiacciamento Non Confinato.** Rottura della sezione per schiacciamento del calcestruzzo non confinato;
- **Acciaio Snervato.** Sezione con acciaio snervato;
- **Cls Schiacciamento Confinato.** Rottura della sezione per schiacciamento del calcestruzzo confinato;
- **Acciaio Rottura compressione.** Rottura della sezione per compressione dell'acciaio;
- **Acciaio Rottura Trazione.** Rottura della sezione per trazione dell'acciao;
- **Collasso a taglio.** Rottura della sezione per taglio.

Come possiamo notare dalla figura precedente, per ogni tipo di curva (curva di capacità, curva ridotta e bilineare equivalente), al click su un punto della curva stessa, è possibile visualizzare i valori dello spostamento e del tagliante corrispondenti al punto selezionato.

Nel caso in cui in fase di input, per i diversi elementi strutturali, erano stati salvati i risultati dell'analisi non lineare (check su **"Salva risultati NL"** all'interno del box proprietà nell'ambiente "Geometria") è possibile cliccare su questi elementi e si apre la seguente finestra:



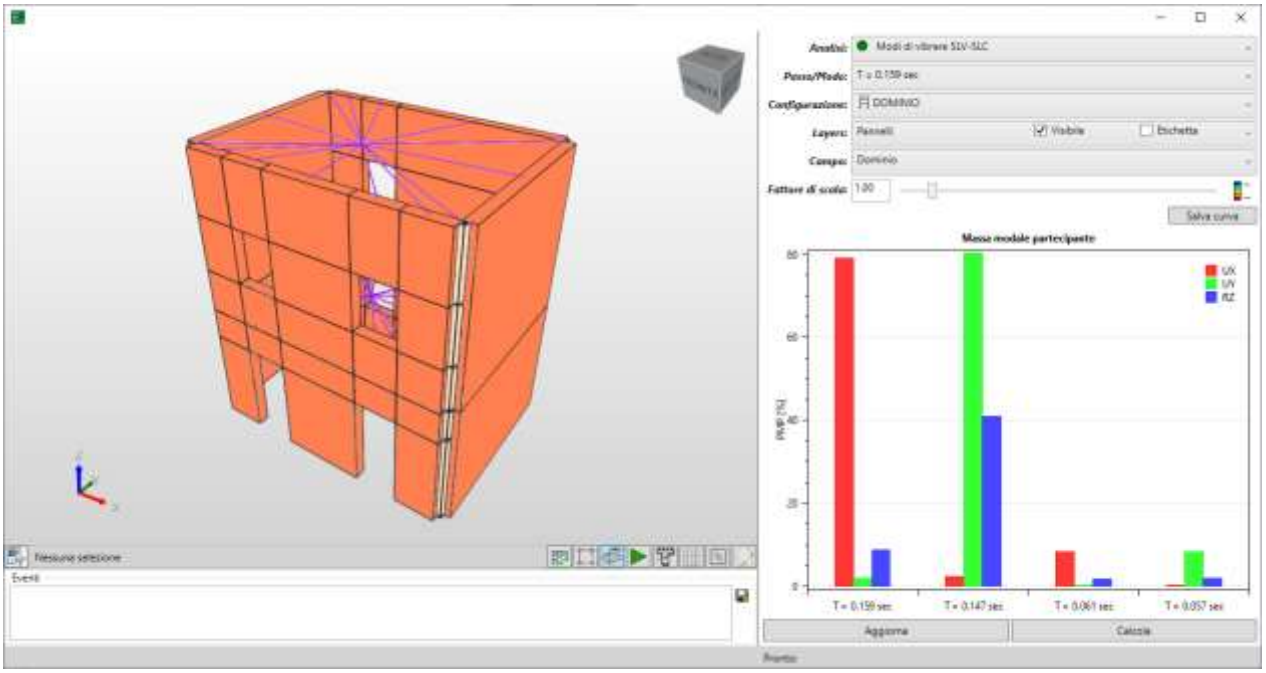
Per i singoli elementi strutturali è possibile controllare lo stato tensione-deformazione sia dell'intera sezione (diagramma in alto a sinistra), sia delle singole fibre (diagramma in basso a sinistra) in modo da ottenere la risposta alla plasticizzazione della sezione. Per visualizzare la risposta di una singola fibra è sufficiente cliccare sulla fibra voluta all'interno della sezione.

Dai menù a tendina "Sollecitazioni" e "Sezioni" è possibile scegliere rispettivante il tipo di sollecitazione rispetto al quale costruire il diagramma tensione-deformazione e il numero della sezione dell'elemento selezionato rispetto al quale vogliamo visualizzare la risposta alla plasticizzazione.

3.1.9.3 Risultati "Solutore elementi discreti"

Risultati "Solutore elementi discreti"

Il pulsante **"Risultati calcolo",** avvia la finestra per la visualizzazione del plot risultati di calcolo. In questo ambiente, nel caso di analisi non lineare, oltre alle informazioni sul modello, ai diagrammi delle deformate e delle sollecitazioni (sia degli elementi monodimensionali che bidimensionali), è possibile visualizzare lo stato di sezioni e pannelli della struttura per i diversi step dell'analisi non lineare.



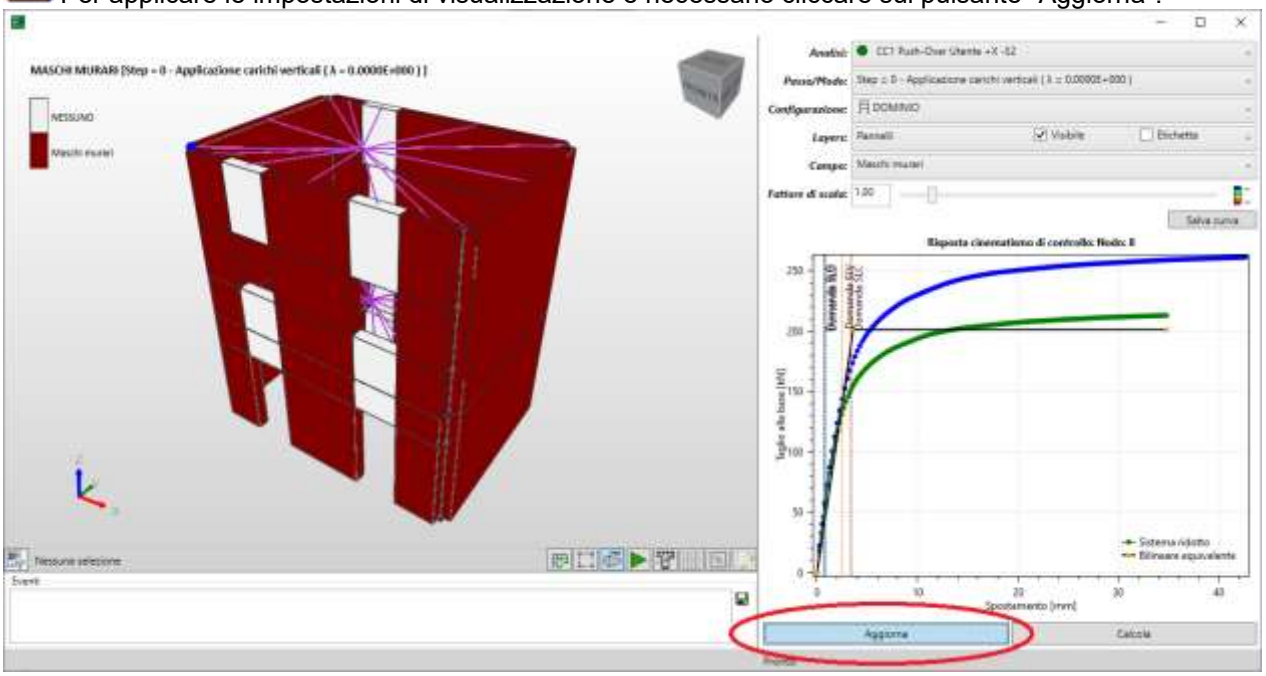
La scelta sui dati da visualizzare sul modello globale avviene dai vari menu a tendina posti a destra della schermata. I campi disponibili sono:

- **Analisi**: scelta della'analisi eseguita tra i seguenti tipi:
  - **Modi di vibrare**
  - **Carichi verticali**
  - **Push-Over**
- **Passo/Modo**: scelta del passo da visualizzare o del modo di vibrare;
- **Configurazione**: tipo di dati da rappresentare (ad ogni scelta corrispondono diverse possibilità nella lista "Campo", descritti nell'elenco puntato subordinato)
  - **Dominio:**
    - Dominio: modello di calcolo con differenziazione tra tipi di elementi
    - Maschi murari: sul modello vengono evidenziti tutti i maschi murari
  - **Deformata**
    - Deformata: sul modello viene rappresenta la colormap deformata degli spostamenti
  - **Stato materiali:** per ogni tipo di materiali viene rappresenta la colormap deformata dello stato in cui si trova il materiale tra:
    - Nessuno
    - Elastico
    - Plastico in trazione
    - Plastico in compressione
    - Rottura per trazione
    - Rottura per compressione
    - Plastico Taglio
    - Rottura Taglio
  - **Interfacce**: il modello verrà unicamente rappresentato mediante le interfaccie, che assumono colore in funzione del valore della sollecitazione
    - Tensione normale 2
    - Tensione tangenziale 1
    - Tensione tangenziale 3
    - F1 Interfaccia
    - F2 Interfaccia
    - F3 Interfaccia
    - M1 Interfaccia
    - M2 Interfaccia
    - M3 Interfaccia

- **Stato limite sismico:** stato limire raggiunto dai vari elementi:
  - Disabilitato
  - Nessuno
  - SLO
  - SLD
  - SLV
  - SLC
- **Pannelli**: viene riportata la colormap dello sforzo scelto tra:
  - Sforzo normale medio
  - Taglio Pannello
- **Diagrammi aste**: sulle aste vengono riportati i diagrammi dello sforzo scelto tra:
  - Sforzo normale
  - Taglio 2
  - Taglio 3
  - Momento torcente
  - Momento 2
  - Momento 3
  - Pressione X (locale)
  - Pressione Y (locale)
  - Pressione Z (locale)
- **Carichi puntuali**: vengono visualizzati in scala e colormap i carichi applicati tra:
  - Forza X (Globale)
  - Forza Y (Globale)
  - Forza Z (Globale)
  - Momento X (Globale)
  - Momento Y (Globale)
  - Momento Z (Globale)
  - Forza X (Locale)
  - Forza Y (Locale)
  - Forza Z (Locale)
  - Momento X (Locale)
  - Momento Y (Locale)
  - Momento Z (Locale)
- **Carichi lineari**: vengono visualizzati in scala e colormap i carichi applicati tra:
  - Carico lineare X (Locale)
  - Carico lineare Y (Locale)
  - Carico lineare Z (Locale)
  - Coppia lineare X (Locale)
- **Carichi superficiali**: vengono visualizzati in scala e colormap i carichi applicati tra:
  - Carico superficie X (Locale)
  - Carico superficie Y (Locale)
  - Carico superficie Z (Locale)
- **Reazioni**
  - Reazione X (Locale)
  - Reazione Y (Locale)
  - Reazione Z (Locale)
  - Reazione X (Locale)
  - Reazione Y (Locale)
  - Reazione Z (Locale)
- **Rotazioni alla corda**
  - Rotazione alla corda XY (Locale)
  - Rotazione alla corda XZ (Locale)
  - Rotazione alla corda snervamento XY (Locale)
  - Rotazione alla corda snervamento XZ (Locale)
  - Rotazione alla corda collasso XY (Locale)

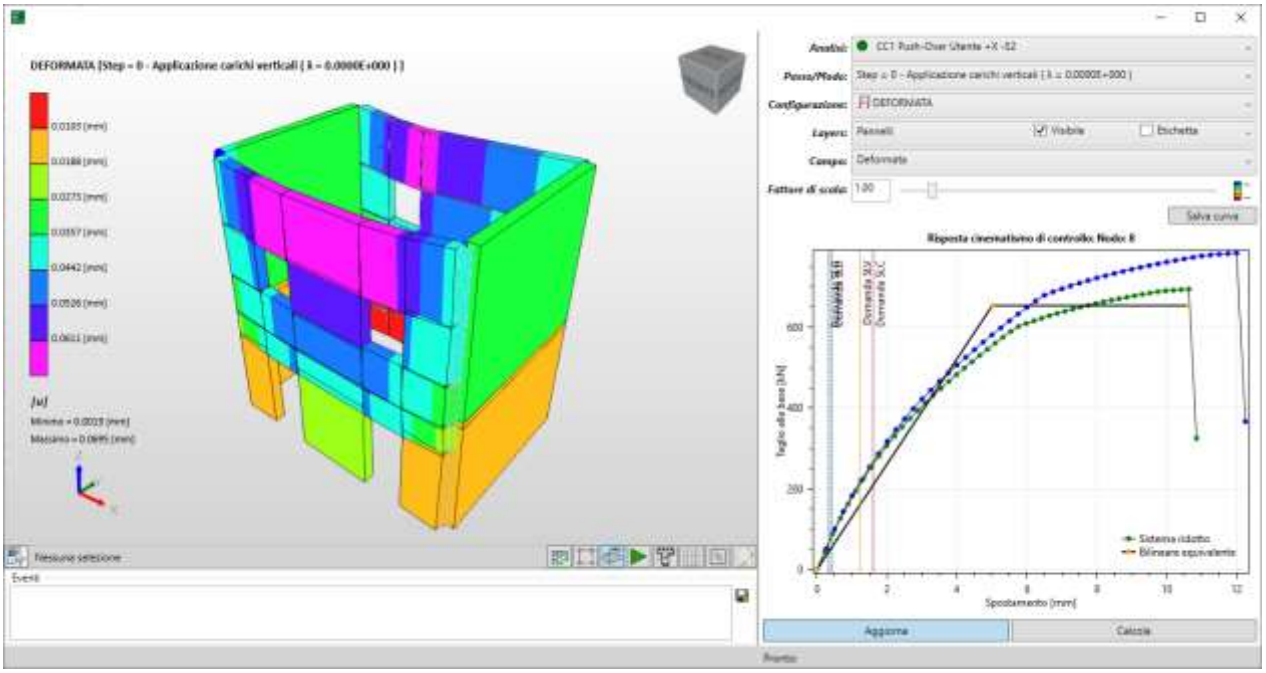
        - Rotazione alla corda collasso XZ (Locale)
        - Fattore di sicurezza rotazione alla corda
    - **Piastre**
        - N11
        - N22
        - N12
        - M11
        - M22
        - M12
        - V13
        - V23
        - Pressione X (locale)
        - Pressione Y (locale)
        - Pressione Z (locale)
- **Layers**: opzioni sugli oggetti da visualizzare.

 Per applicare le impostazioni di visualizzazione è necessario cliccare sul pulsante "Aggiorna":

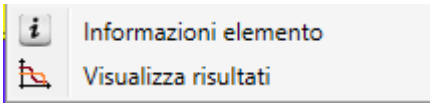


Dettaglio dei risultati sui singoli elementi

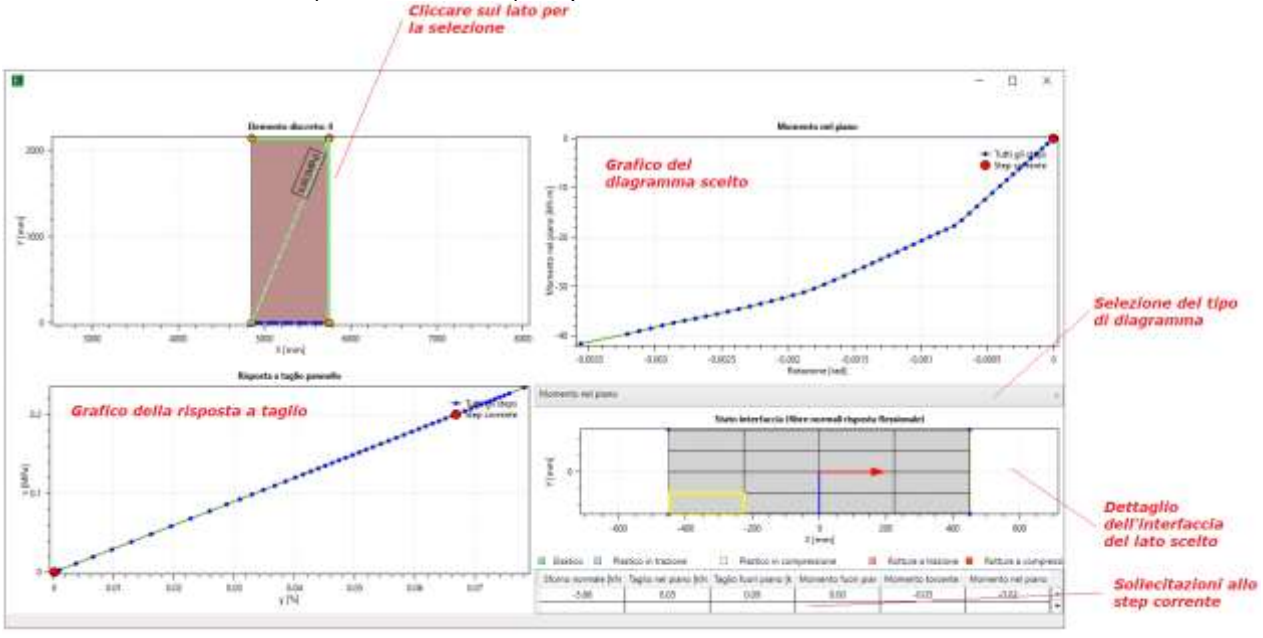
Al click sul corrispondente pulsante verrà visualizzato il seguente ambiente:



Selezionando ogni oggetto è possibile visualizzare tutti i dati relativi all'analisi eseguita. Dopo la selezione è sufficiente cliccare con il tasto destro per far comparire il menu di scelta:

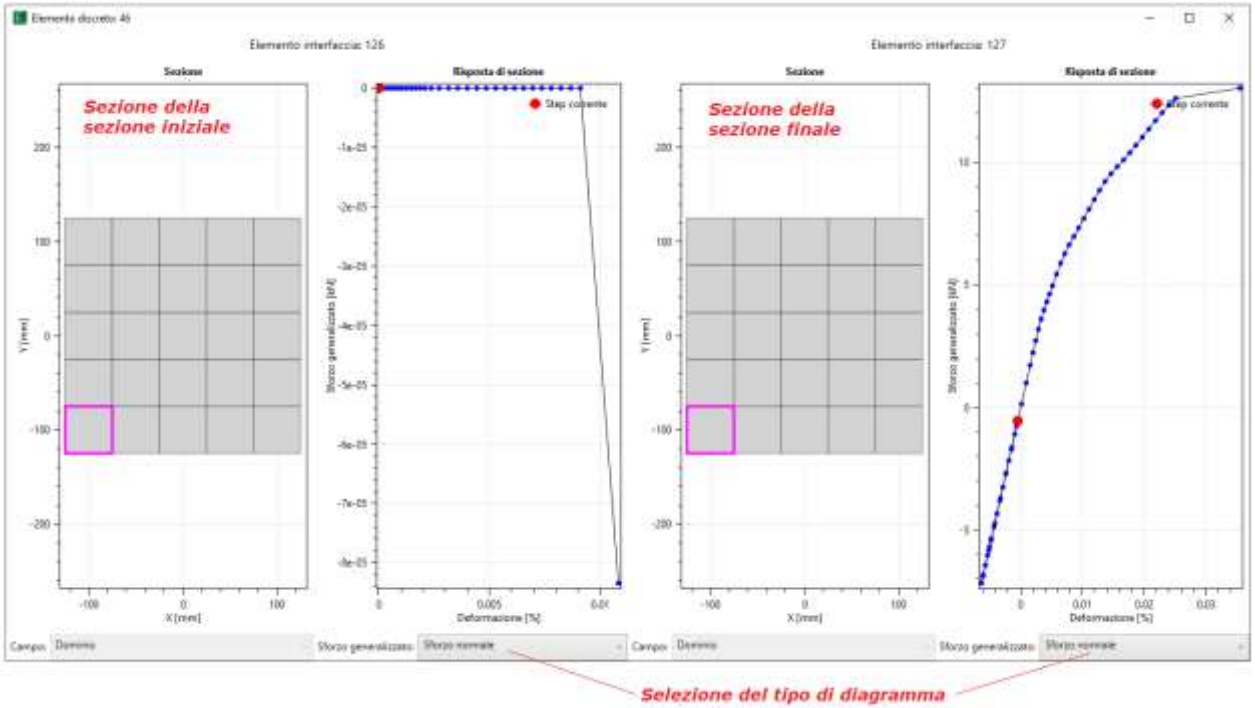


Scegliendo "Informazioni elemento" verranno visualizzati, in funzione del tipo di 'elemento scelto, i dati dcome: nome, forma, geometria, tipo elemento, coordinate, sistemi di riferimento, vincoli.
Se si sceglie "Visualizza risultati", in funzione del tipo di oggetto scelta verranno visualizzati i risultati dell'analisi. Per i **Pannelli** (maschie e fasce) si riporta la schermata visualizzata commentata in rosso:

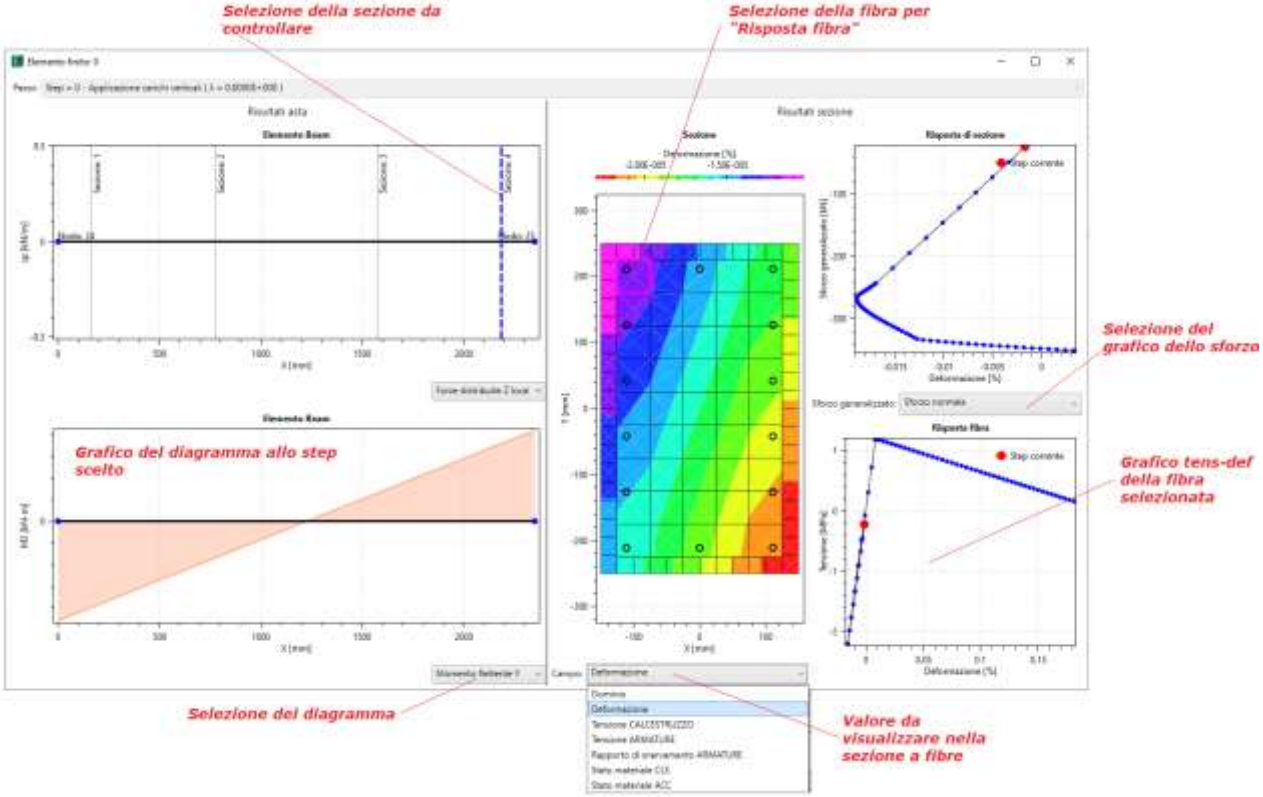


Le diverse colorazioni delle fibre di interfaccia stanno ad indicare lo stato elasto-plastico raggiunto dal materiale; in particolare, il colore verde indica lo stato elastico della fibra, i colori azzurro e giallo indicano rispettivamente il superamento del limite di snervamento per trazione e compressione ed i colori arancione e rosso la rottura della singola fibra rispettivamente per trazione e compressione.

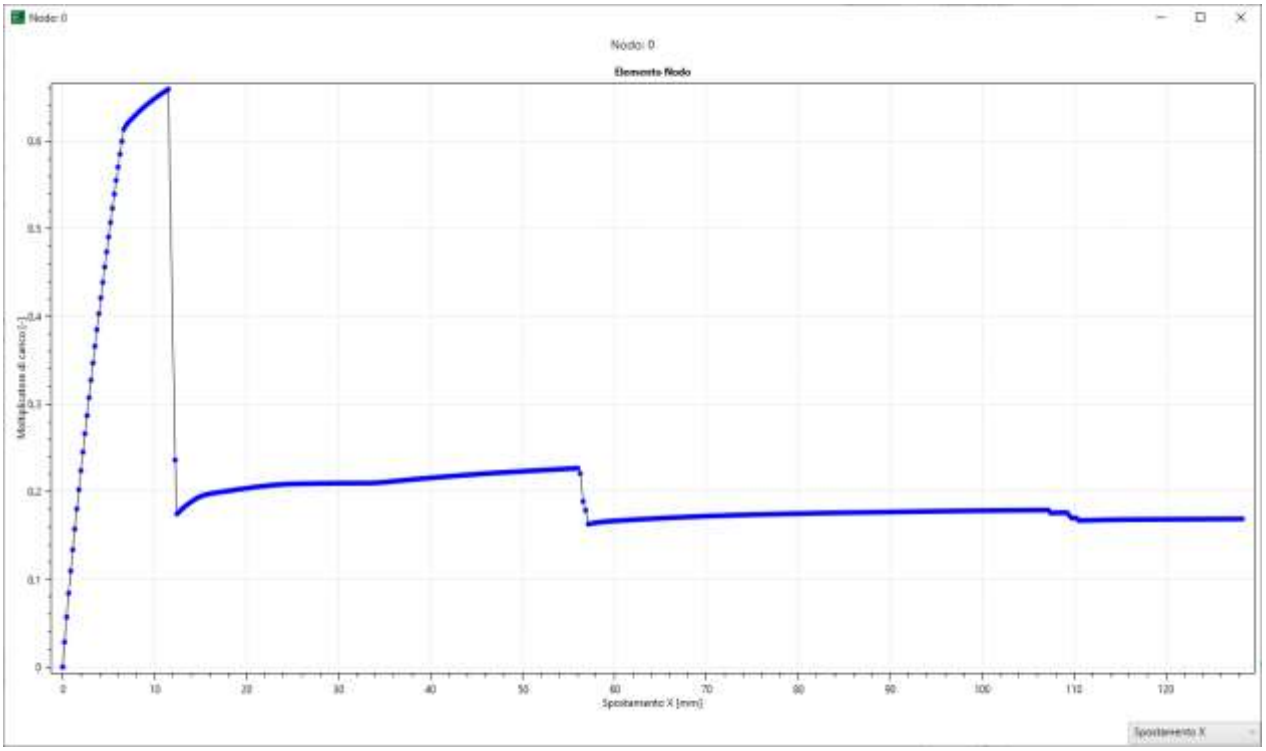
Per i **Corner** si riporta la schermata visualizzata commentata in rosso:



Per le **Aste** si riporta la schermata visualizzata commentata in rosso:

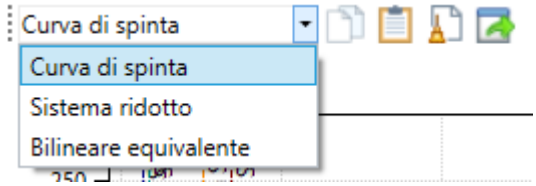


Per i **nodi** è possibile visualizzare il grafico spostamento/moltiplicatore:



Per poter confrontare curve di diverse soluzioni tecniche o di modellazione è possibile, mediante appositi comandi, copiare e incollare grafici di altre condizioni e altri file di calcolo.

Nella parte superiore del grafico delle curve sono presenti i seguenti pulsanti:



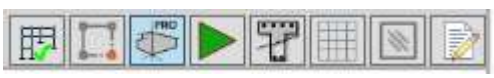
Mediante il menu a tendina è possibile scegliere la curva da copiare tra le seguenti:

- **Curva di spinta**: curva direttamente ottenuta dalla'analisi;
- **Sistema ridotto**: curve ridotta del fattore di partecipazione della distribuzione di spinta;
- **Bilineare equivalente**: bilineare construita secondo il metodo scelto nelle impostazioni di calcolo

I vari pulsanti hanno le seguenti funzioni:

Copia: dopo aver selezionato la curva effettua la copia dei punti in memoria
Incolla: dopo aver copiato effettua l'incolla dei punti nel grafico corrente
Pulisci: elimina le curve precedentemente incollate sul grafico
Esporta: esporta come file di testo la curva scelta nel menu a tendina

Nella zona dove è rappresentata la visualizzazione 3D della struttura è presente un barra di pulsanti:;



Le varie funzionalità presenti sono:

: Esegue un check per verificare che non vi siano elementi sconnessi alla struttura;

 : Esegue una section-cut alla base della struttura visualizzando in una finestra le forze F (X, Y, Z) e i momenti M (X, Y, Z) della condizione di carico corrente;

 : Attiva/disattiva la visualizzazione prospettica;

 : Crea un video con l'animazione dell'analisi corrente;

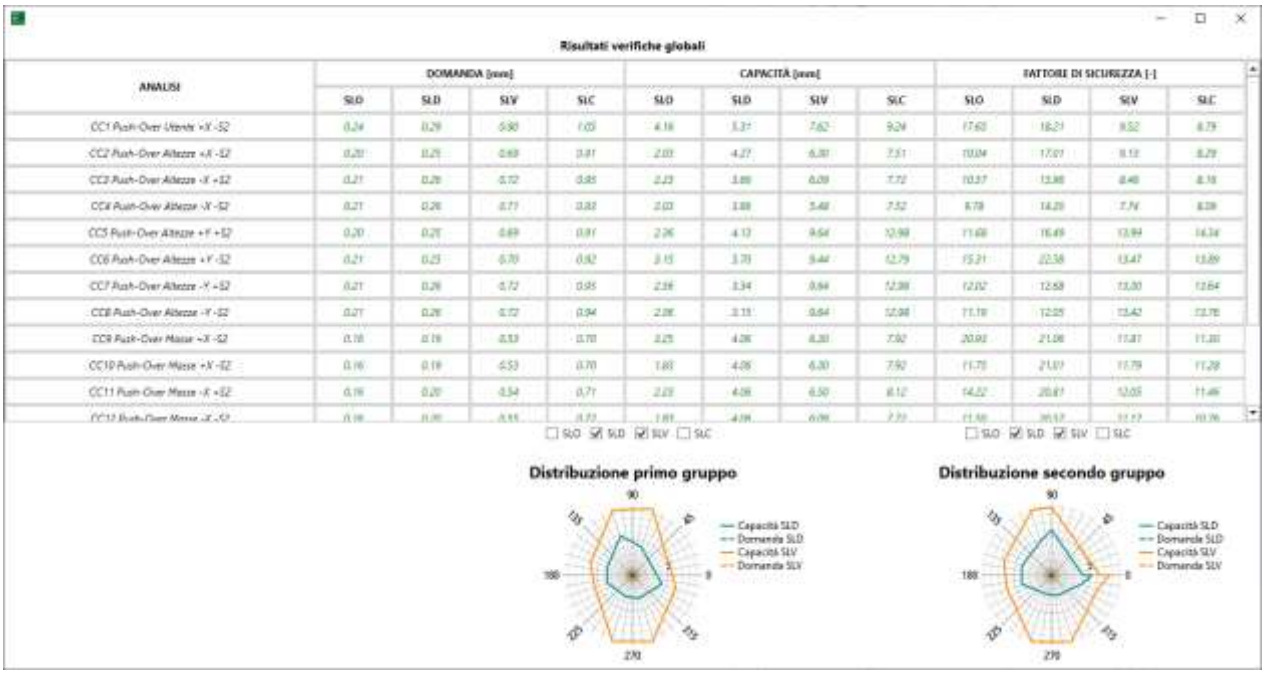
 : Esegue le verifiche domanda/capacità relative alle analisi non lineari;

 : Attiva/disattiva la visualizzazione della griglia di base

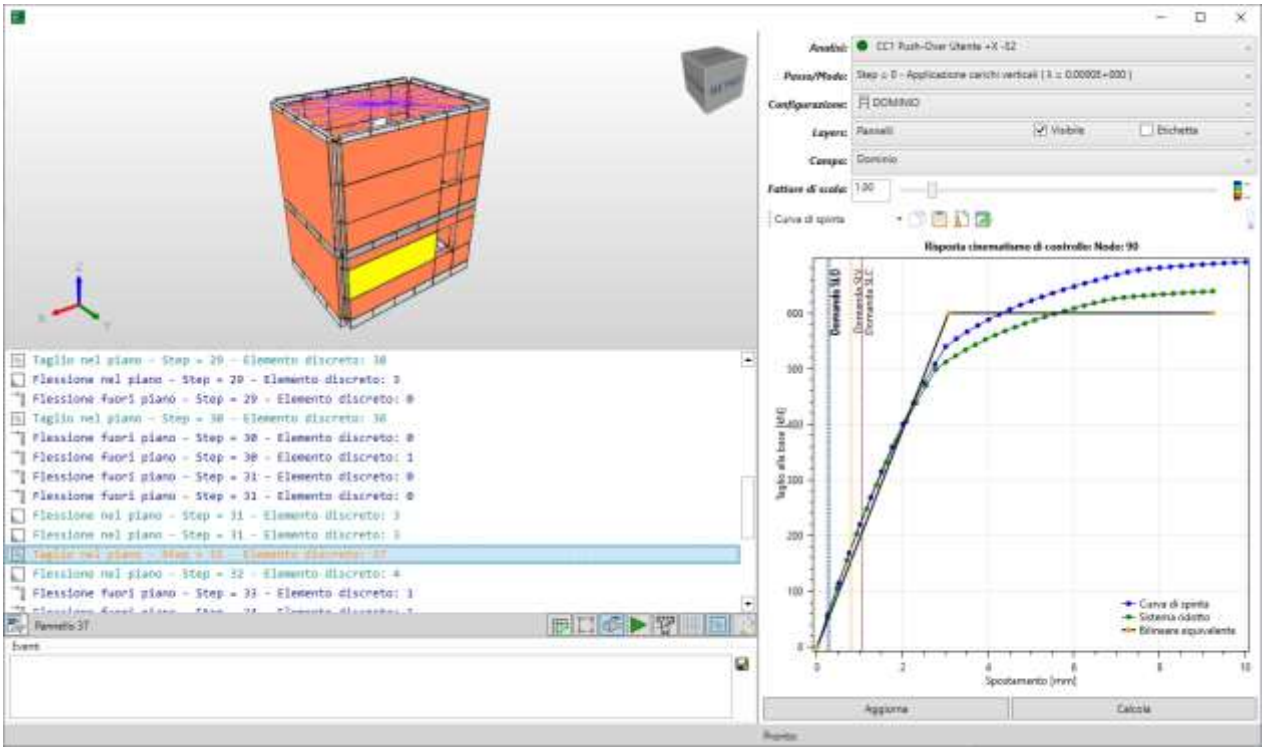
 : Visualizza Report degli eventi elastoplastici degli elementi;

 : Visualizza Report dell'analisi.

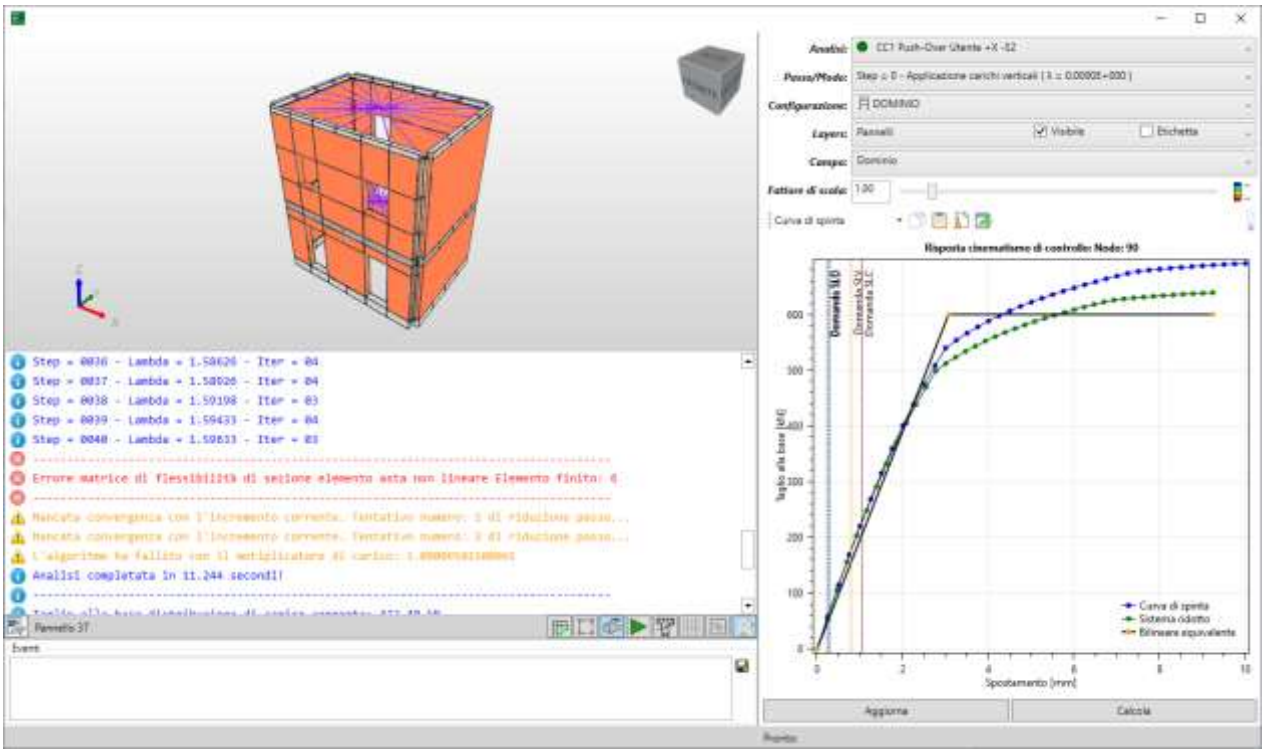
In particolare, eseguendo le verifiche, mediante il pulsante  , viene visualizzata la seguente schermata, nella quale è possibile trovare Domanda, Capacità e Fattore di sicurezza delle analisi pushover eseguite:



Cliccando sul pulsante  , verrà visualizzato l'elenco degli eventi fondamentali rilevati dall'analisi. Cliccando sul singolo evento, sarà possibile capire l'elemento interessato (evidenziato in giallo):



Cliccando sul pulsante  , verrà visualizzato il report dell'analisi, dal quale è possibile capire ciò che ha portato all'interruzione dell'analisi (es. "mancata convergenza").

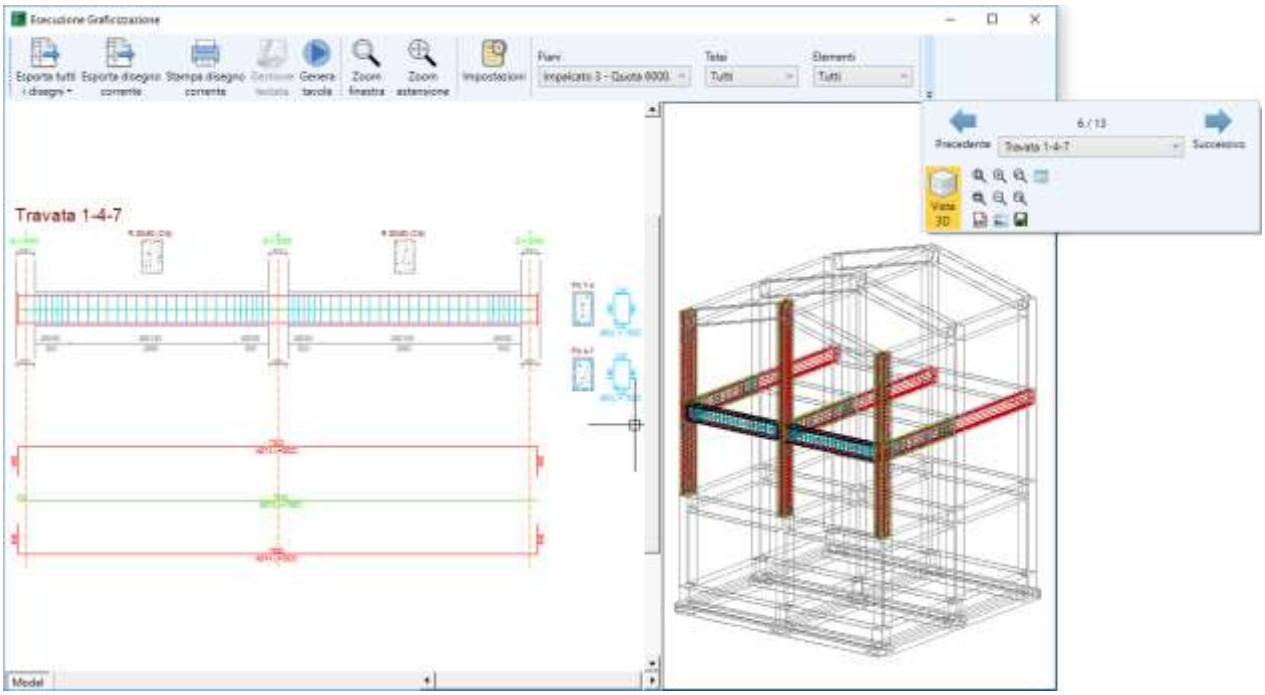


3.1.9.4 Graficizzazione

Graficizzazione 

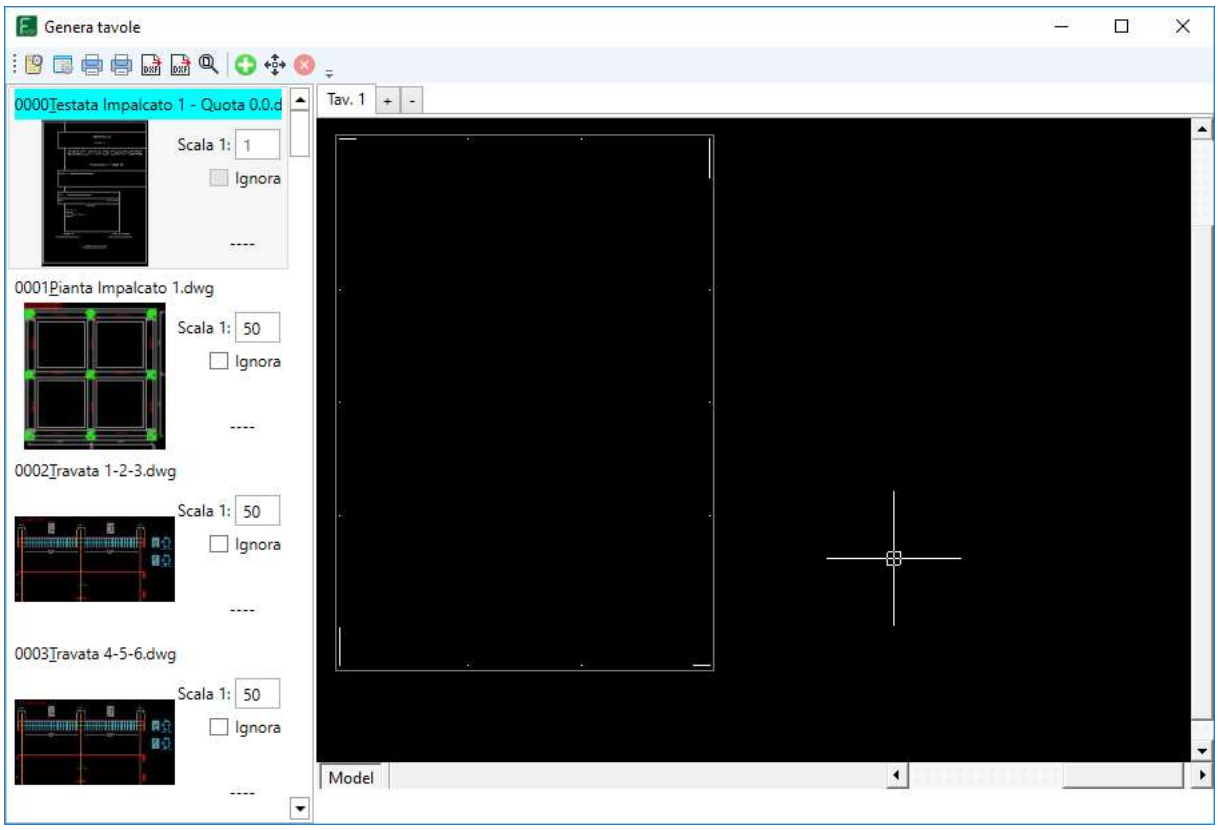
Il pulsante **"Graficizzazione"** avvia la finestra per la gestione della graficizzazione. Alla pressione del

pulsante viene visualizzato l'ambiente "Esecuzione Graficizzazione", preposto alla generazione dei singoli elaborati grafici ed alla loro gestione, alla generazione delle tavole ed alla loro gestione.



Nella parte superiore dell'ambiente "Esecuzione Graficizzazione" sono presenti i seguenti pulsanti:

- **Esporta tutti i disegni**  **.** Esporta tutti gli elementi (testate e disegni) nella cartella indicata. Si può scegliere tra le seguenti opzioni:
  - Esporta tutti i disegni in un formato a scelta nella cartella indicata (dxf, dwg, pdf, jpg, ecc.);
  - Esporta tutti i disegni in formato jpg nella cartella indicata.
- **Esporta disegno corrente**  **.** Esporta l'elemento corrente (testata o disegno) in un formato a scelta (dxf, dwg, pdf, jpg, ecc.);
- **Stampa disegno corrente**  **.** Consente di stampare il disegno corrente;
- **Gestione testata**  **.** Consente di accedere all'ambiente per la gestione delle testate;
- **Genera tavole**  **.** Consente di accedere all'ambiente "Genera Tavole", in cui i singoli elaborati relativi agli elementi strutturale potranno essere composti per formare delle tavole;

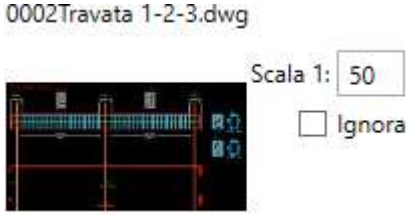


Nella parte sinistra dell'ambiente "Gestione Tavole" sono incolonnati i singoli elaborati. Per la creazione delle tavole si potrà procedere in maniera "manuale" o sfruttando la funzione che le genera in maniera "automatizzata". Una volta create le tavole potranno essere stampate o salvate.

Nella parte superiore dell'area di disegno della finestra precedente sono presenti i pulsanti:

-  Aggiunge un'altra tavola;
-  Elimina la tavola selezionata.

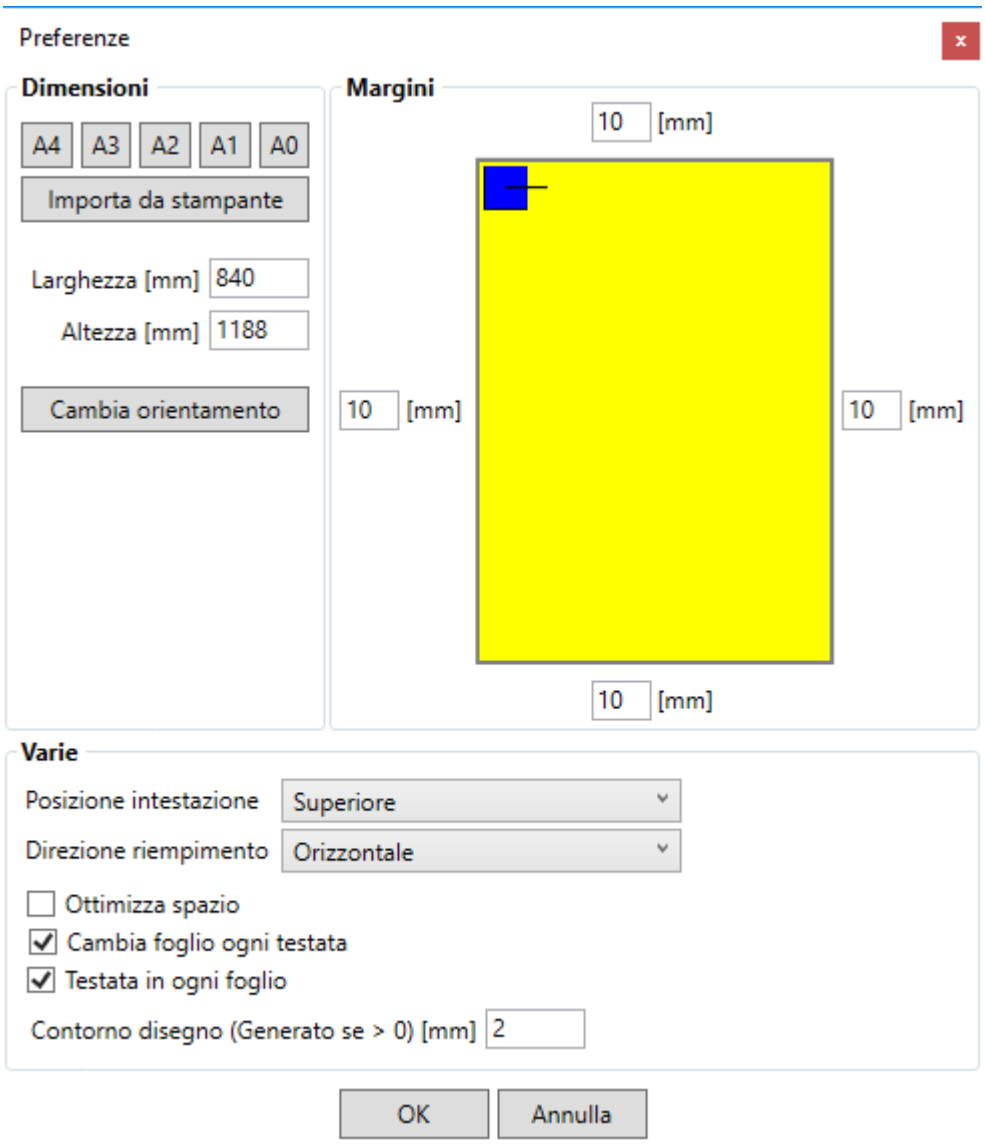
Per ciascun elaborato è possibile settare i due parametri:



- **Scala.** Definisce il fattore di scala rispetto al quale l'elaborato verrà creato all'interno della tavola.
- **Ignora.** Se selezionato l'elemento non verrà inserito all'interno delle tavole generate con procedura automatizzata (vedi avanti).

Nella parte superiore dell'ambiente "Gestione Tavole" sono presenti i seguenti pulsanti:

- **Impostazioni**  **.** Consente di impostare i parametri al fine di personalizzare la generazione delle tavole. Alla pressione del pulsante verrà visualizzata la finestra delle "preferenze" in cui è possibile personalizzare i seguenti campi:



Dimensioni

E' possibile scegliere uno tra i formati standard ISO 216 (da A4 ad A0) o in alternativa settare le dimensioni del foglio.

Larghezza. Larghezza del foglio in mm.

Altezza. Altezza del foglio in mm.

Cambia orientamento. Cambia l'orientamento del foglio.

Margini

E' possibile scegliere le quote dei margni per ogni lato del foglio.

Varie

Posizione intestazione. Consente di scegliere la posizione dell'intestazione. L' intestazione può essere posizionata superiormente o inferiormente al foglio;

Direzione riempimento. Direzione di riempimento del foglio. Opzioni di scelta: orizzontale o verticale;

Ottimizza spazio. Se selezionato, ottimizza lo spazio al fine di ridurre gli spazi.

Cambia foglio ogni testata. Se selezionato, ad ogni cambio di piano verrà generato un nuovo foglio ed una nuova testata.

Testata in ogni foglio. Se selezionato, verrà generata una intestazione in ogni foglio. Se non selezionato le intestazioni verranno generarte solo per i fogli di cambio piano.

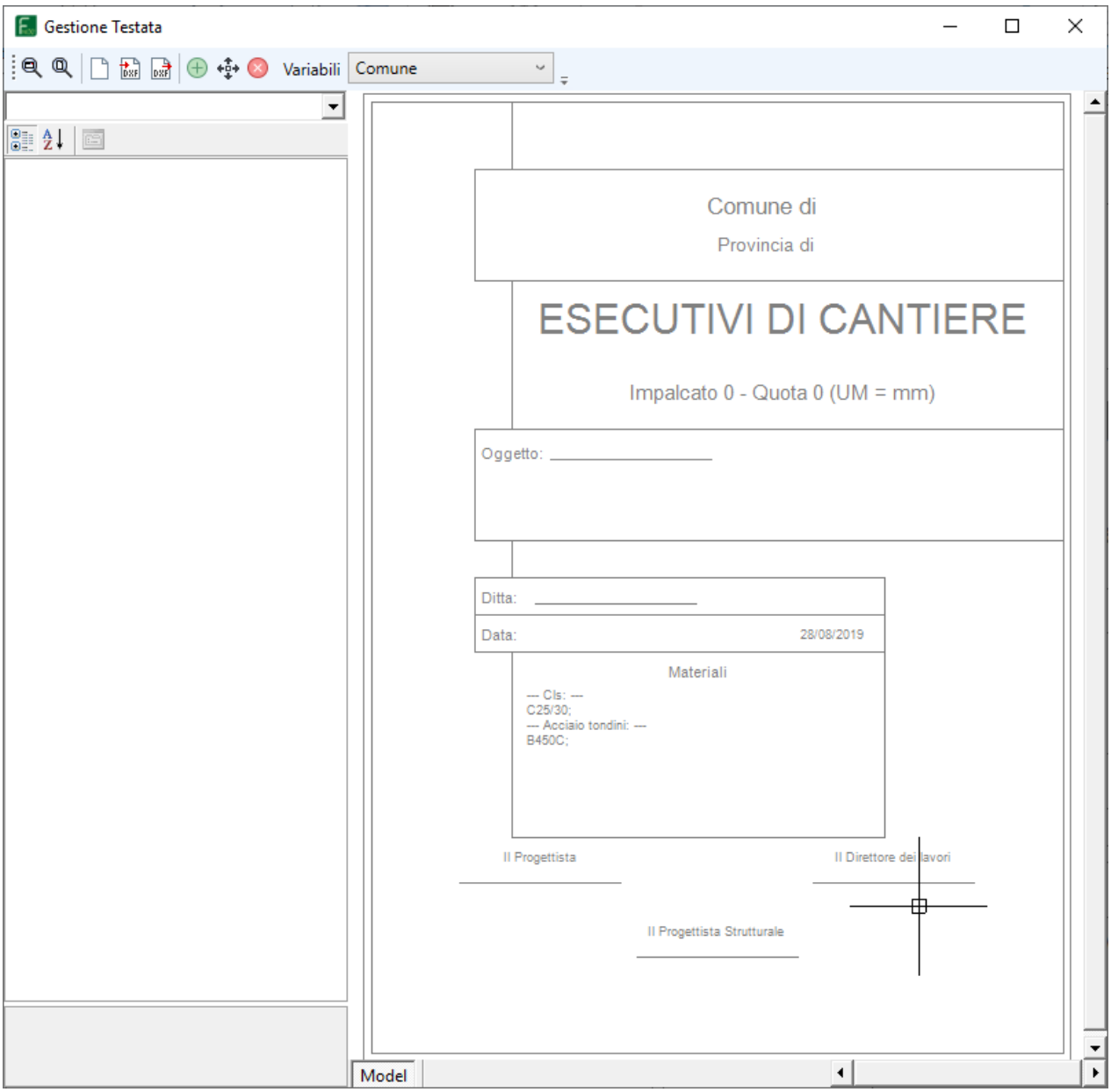
  - **Genera tavole**  . Genera le tavole secondo i parametri definiti nell'ambiente impostazioni.
  - **Stampa tavola corrente**  . Manda in stampa la tavola corrente.
  - **Stampa tutte le tavole**  . Manda in stampa tutte le tavole generate.
  - **Esporta tavola corrente**  . Esporta in formato dxf la tavola corrente.
  - **Esporta tutte le tavole**  . Esporta in formato dxf tutte le tavole generate.
  - **Inserisci il disegno**  . Consente di selezionare un disegno tra quelli presenti sulla sinistra della finestra e di inserirlo nella posizione voluta all'interno della tavola corrente.
  - **Sposta il disegno**  . Sposta un disegno inserito nella tavola corrente in un'altra posizione della stessa.
  - **Cancella il disegno**  . Cancella il disegno selezionato all'interno della tavola corrente.

- **Zoom finestra**  . Consente di fare uno zoom per ingrandire un particolare dell'elemento graficizzato.
- **Zoom estensione**  . Zoom estensione.
- **Impostazioni Graficizzazione**  . Consente di settare le dimensioni dei testi, i nomi, i colori, le unità di misura e gli stili delle linee dei vari elementi da graficizzare.
- **Filtro Piani.** La graficizzazione può essere generata utilizzando un filtro per piani. Selezionare:
  - Tutti se si desidera la graficizzazione degli elementi di tutti i piani.
  - Il singolo piano se si desidera la graficizzazione dei soli elementi dello stesso.
- **Filtro Telai.** La graficizzazione può essere generata utilizzando un filtro per telai. Selezionare:
  - Tutti se si desidera la graficizzazione degli elementi di tutti i telai.
  - Il singolo telaio se si desidera la graficizzazione dei soli elementi dello stesso.
- **Filtro Elementi.** La graficizzazione può essere generata utilizzando un filtro per elementi. Opzioni:
  - Tutti;
  - Travate;
  - Piante;
  - Tabelle Pilastri;
  - Piastre;
  - Testate.
- **Precedente**  . Cliccare per visualizzare il dxf precedente.
- **Successivo**  . Cliccare per visualizzare il dxf sunnessivo.
- **Vista 3D**  . Attiva/disattiva la vista 3D. Se Attivata, alla destra della graficizzazione dell'elemento sarà presente l'immagine della struttura 3D con evidenziato l'elemento stesso all'interno della struttura. Attivando la vista 3D si attivano i seguenti pulsanti:
  - **Zoom estensione**  . Effettua uno zoom in maniera tale da rendere visibili tutti gli elementi ottimizzandone le dimensioni rispetto alla finestra dell'interfaccia.
  - **Zoom finestra**  . Effettua uno zoom in avanti per gli elementi racchiusi nella finestra.

- **Zoom in**  . Effettua uno zoom in avanti.
- **Zoom out**  . Effettua uno zoom indietro.
- **Imposta la vista precedente**  .
- **Imposta la vista successiva**  .
- **Esporta nel formato DXF**  . Esporta nel formato DXF la finestra corrente.
- **Esporta nel formato JPG**  . Esporta nel formato JPG la finestra corrente.
- **Salva la vista attuale**  . Salva il punto di vista della struttura e il livello di zoom della finestra corrente.

3.1.9.4.1 Gestione testata

In Fata Next è possibile personalizzare la testata da utilizzare per la stampa degli elaborati esecutivi. La gestione della testata avviene in un apposito ambiente richiamato al click del pulsante **"Gestione testata"**  .



Nella parte superiore dell'ambiente "Gestione Testata" sono presenti i seguenti pulsanti:

- **Zoom finestra** . Effettua uno zoom in avanti per gli elementi racchiusi nella finestra;
- **Zoom estensione** . Effettua uno zoom in maniera tale da rendere visibili tutti gli elementi ottimizzandone le dimensioni rispetto alla finestra dell'interfaccia;
- **Genera testata predefinita** . Consente di ritornare alla testata predifinita della tavola;
- **Importa disegno** . Consente di importare un file DXF nella finestra corrente;
- **Esporta disegno** . Consente di esportare nel formato DXF la finestra corrente;
- **Aggiunge la variabile selezionata nel disegno** . Consente di aggiungere una variabile tra quelle presenti e di inserirla nella posizione voluta all'interno della tavola corrente;
- **Sposta la variabile selezionata nel disegno** . Sposta la variabile selezionata nella tavola corrente in un'altra posizione della stessa.
- **Cancella la variabile selezionata nel disegno** . Cancella la variabile selezionata all'interno della tavola corrente. Per cancellare una variabile bisogna selezionare il campo da eliminare sulla testata e

completare l'operazione cliccando con il tasto destro del mouse.

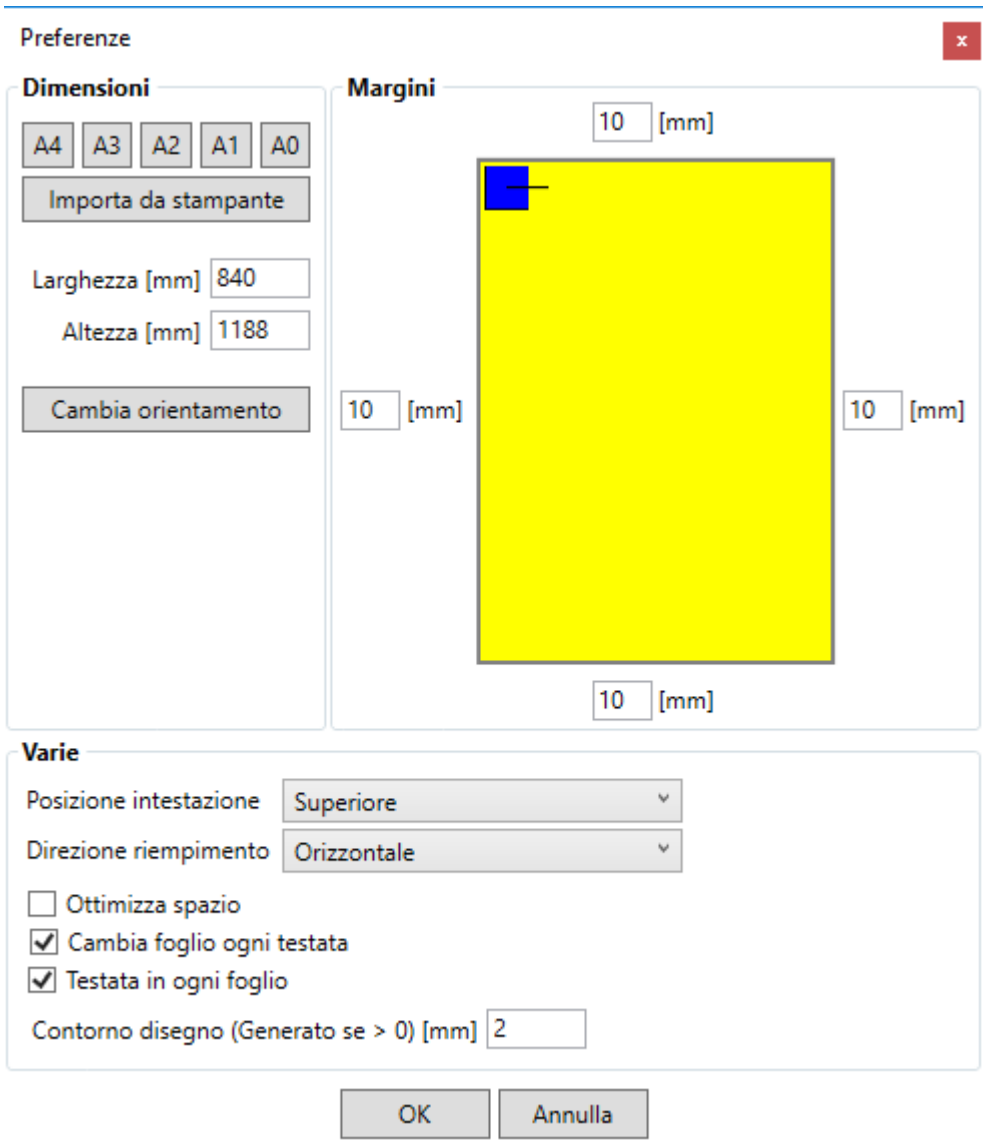
Le "variabili" presenti sono:

- Comune;
- Provincia;
- Titolo;
- Oggetto;
- Ditta;
- Data;
- Materiale;
- Fase;
- Progettista;
- Progettista Strutturale;
- Direttore dei lavori.

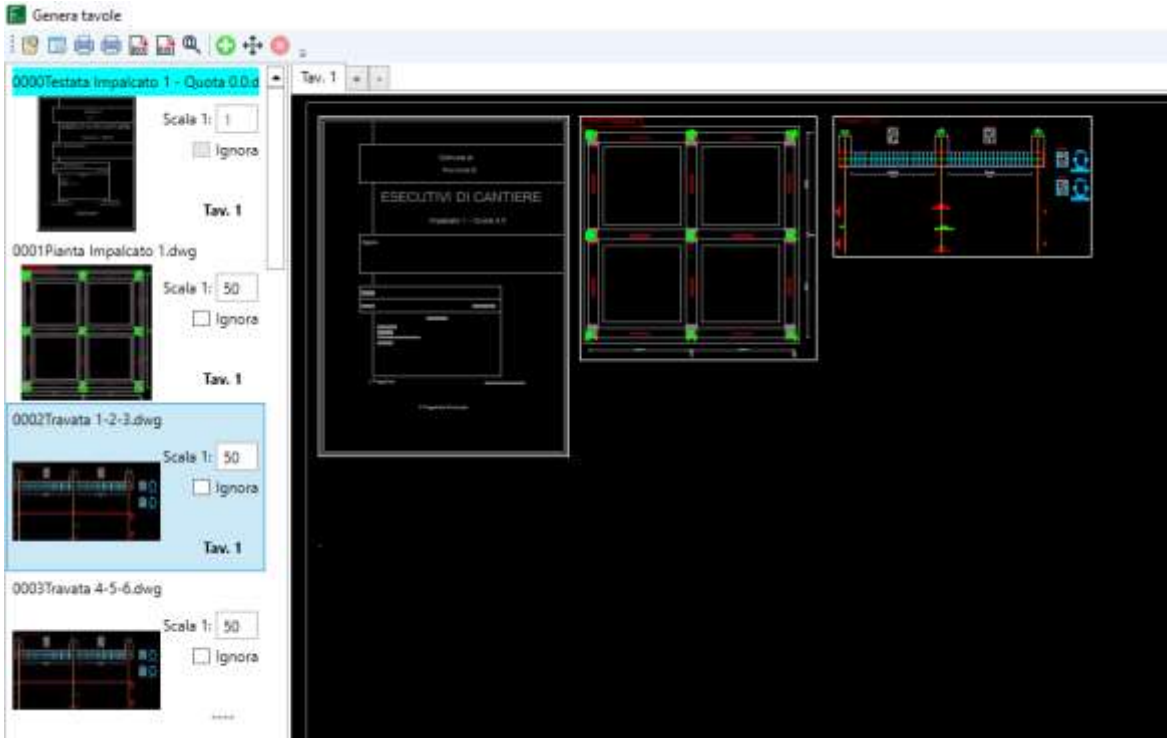
3.1.9.4.2 Procedura per la generazione manuale delle tavole

La procedura per la generazione manuale delle tavole prevede i seguenti passaggi:

1. Nella parte superiore dell'ambiente "Esecuzione Graficizzazione" cliccare sul pulsante **"Genera Tavole"**  ;
2. Nell'ambiente "Genera tavole" cliccare sul pulsante **"Impostazioni"**  per definire il formato e gli altri parametri della tavola;



3. Cliccare sul pulsante **"OK"** posto in basso alla finestra precedente per confermare la scelta;
4. Cliccare sui singoli elaborati nella parte sinistra dell'ambiente "Gestione Tavole", trascinarli all'interno della tavola e posizionarli nel punto desiderato;



5. Ripetere l'operazione e completare la composizione della tavola.

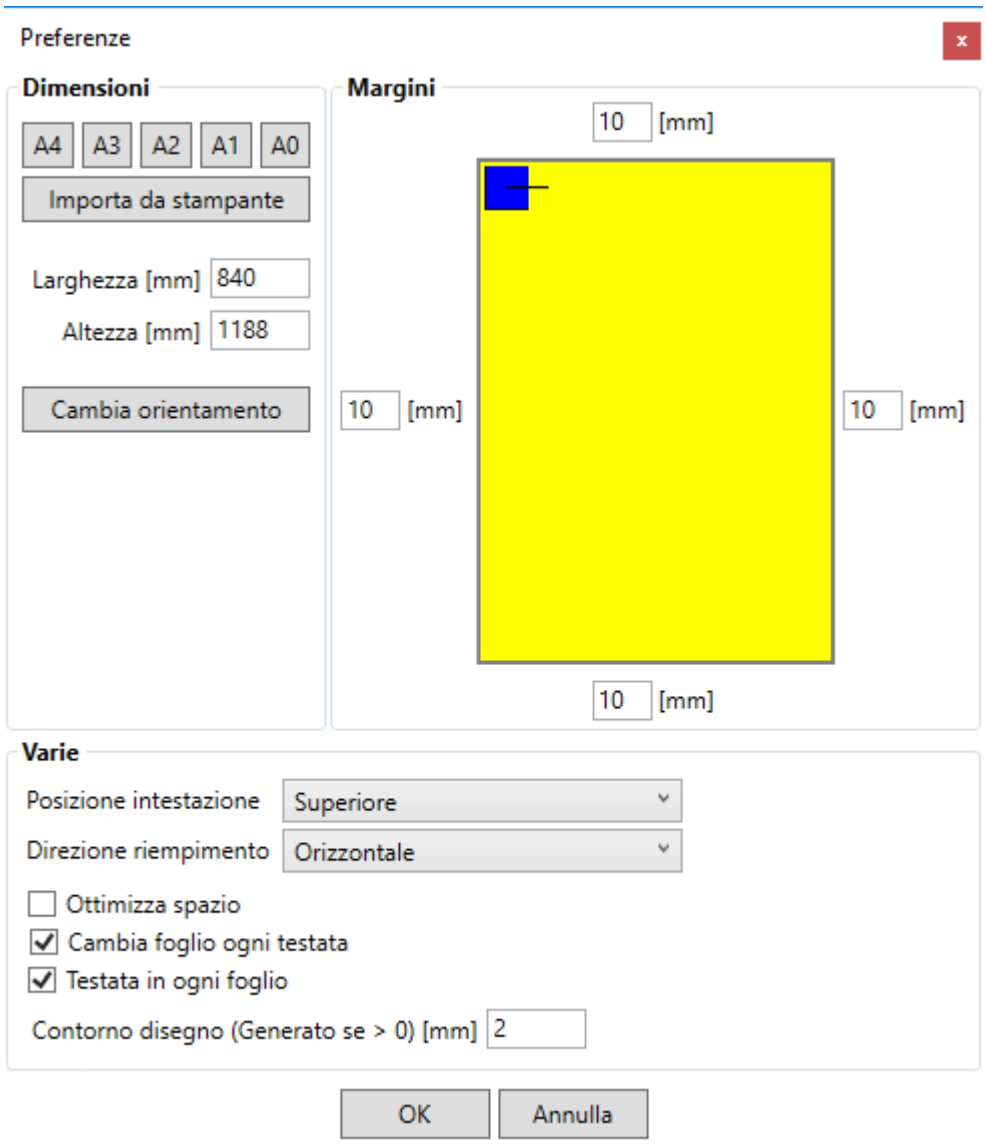
Per creare una nuova tavola, cliccare sul tasto + che si trova nella parte superiore sinistra dell'area di disegno (immagine precedente); procedere quindi con la composizione della tavola stessa secondo quanto riportato sopra.

Per eliminare la tavola attiva, cliccare sul tasto - che si trova nella parte superiore sinistra dell'area di disegno (immagine precedente).

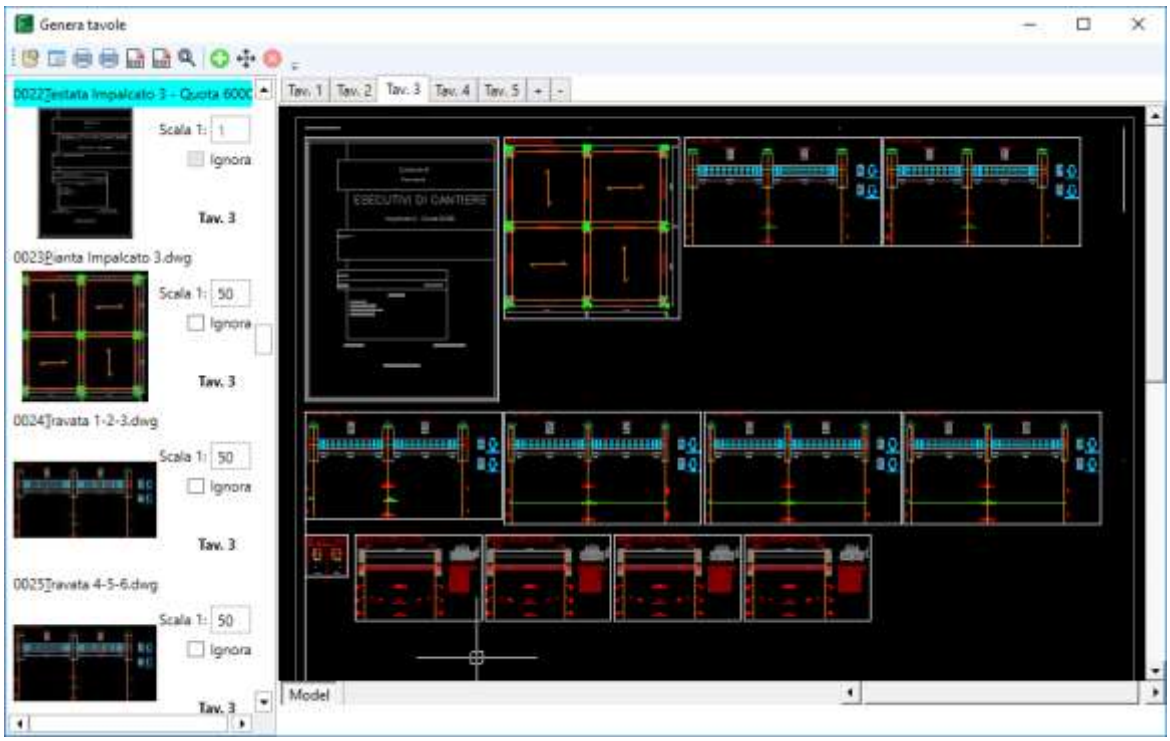
3.1.9.4.3 Procedura per la generazione automatizzata delle tavole

La procedura per la generazione automatizzata delle tavole prevede i seguenti passaggi:

1. Nella parte superiore dell'ambiente "Esecuzione Graficizzazione" cliccare sul pulsante **"Genera Tavole"**  ;
2. Nell'ambiente "Genera tavole" cliccare sul pulsante **"Impostazioni"**  per definire il formato e gli altri parametri della tavola;



3. Cliccare sul pulsante **"OK"** posto in basso alla finestra precedente per confermare la scelta;
4. Cliccare sul pulsante **"Genera tavole"** nell'ambiente "Genera tavole" al fine delle generazione automatizzata delle tavole.

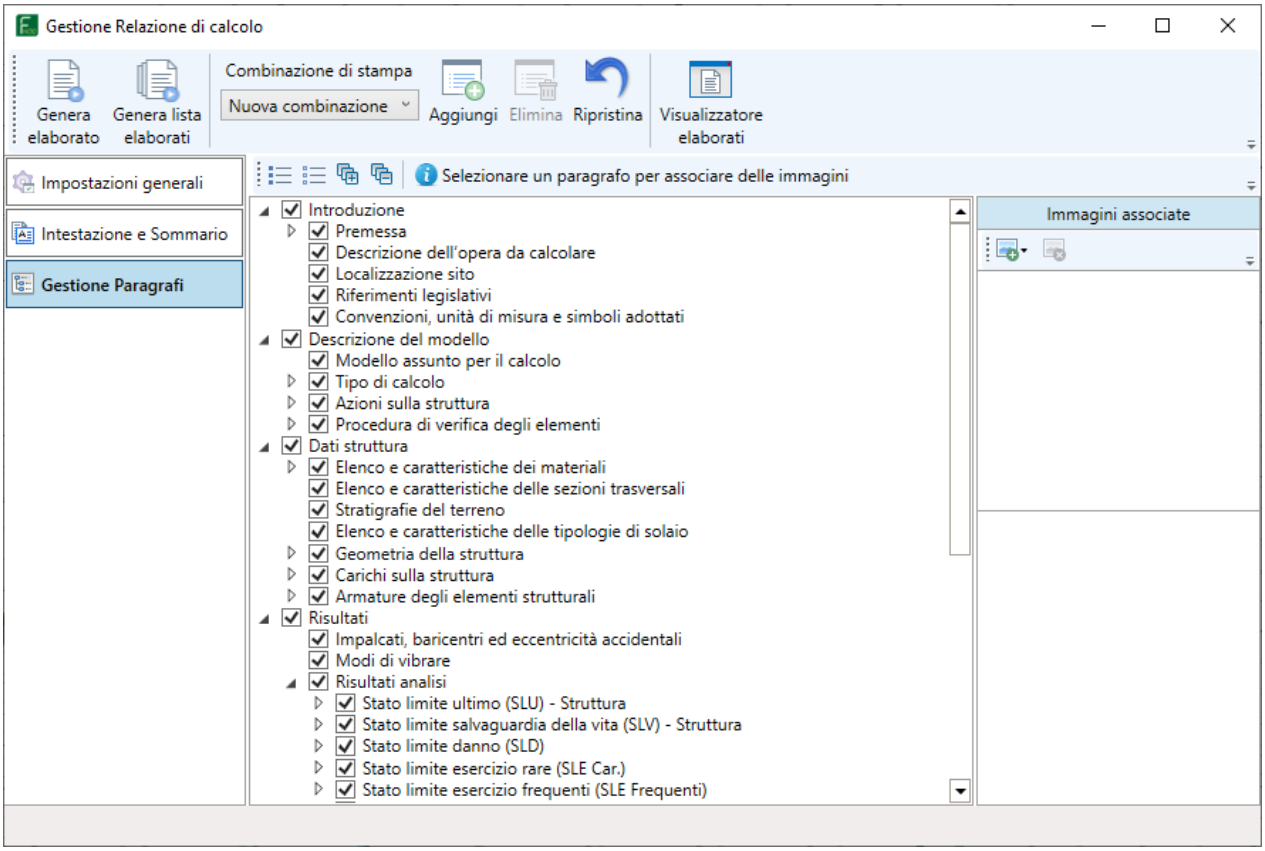


3.1.9.5 Relazione di calcolo

Relazione di calcolo

Il pulsante **"Relazione di calcolo"** consente di definire le operazioni relative alla creazione della relazione di calcolo.

La relazione di calcolo può essere creata in formato standard .docx (Documento di Word) oppure .pdf (File PDF). In automatico viene richiamato l'editor installato sul pc al quale sono associati i file .docx oppure .pdf. Alla pressione del pulsante corrispondente viene visualizzato il seguente ambiente:



Le opzioni presenti consentono di personalizzare la relazione attraverso le scelte relative a:

- Impostazioni generali;
- Intestazione e Sommario;
- Gestione Paragrafi.

La combinazione di stampa è rappresentata da un elenco di paragrafi da stampare. Nell'ambiente "Gestione Paragrafi" si ha la possibilità di personalizzare le combinazioni di stampa operando una selezione dalla lista ad albero.

Nella parte superiore dell'ambiente "Gestione Relazione di calcolo" sono presenti i seguenti pulsanti:

- **Genera elaborato**  . Genera la relazione di calcolo in un unico file.
- **Genera lista elaborati**  . Utilizzando questo comando verranno generate con un'unica operazione le seguenti relazioni. Bisogna tenere presente che verranno generate solamente le relazioni selezionate nell'ambiente "Gestione Paragrafi" dalla lista ad albero.
  - Relazione di calcolo (contiene gli aspetti generali e il riassunto dei risultati);
  - Tabulati di calcolo (contiene le tabelle dei risultati di calcolo);
  - Relazione geotecnica;
  - Relazione sulle fondazioni;
  - Relazione sui materiali;
  - Allegati alla relazione (contiene le verifiche delle tamponature, dei solai, dei plinti, dei pali, dei balconi, ecc…).

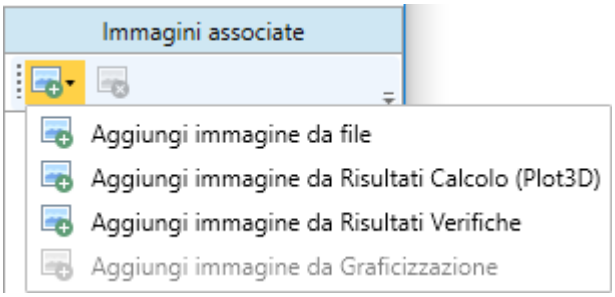
  Dopo la generazione è possibile visualizzare singolarmente gli elaborati. La generazione "a lista" salva gli elaborati all'interno di una cartella: essa viene creata con il nome dell'archivio di calcolo e nella posizione scelta dall'utente.
- **Combinazione di stampa**. Consente di selezionare una combinazione di stampa dalla lista delle combinazioni di stampa precedentemente create.
- **Aggiungi combinazione di stampa**  . Consente di salvare nella lista "Combinazioni di stampa" la combinazione di stampa creata nell'ambiente "Gestione Paragrafi".

- **Elimina combinazione di stampa** . Consente di eliminare dalla lista "Combinazioni di stampa" la combinazione di stampa selezionata.
- **Ripristina combinazione di stampa** . Ripristina il default nella selezione dei paragrafi da stampare.

Nell'ambiente "Gestione Paragrafi" l'elenco dei paragrafi della relazione è riportato in una struttura ad albero. Ogni voce dell'elenco ad albero può essere selezionata/deselezionata. Nella parte superiore sono presenti i seguenti pulsanti:

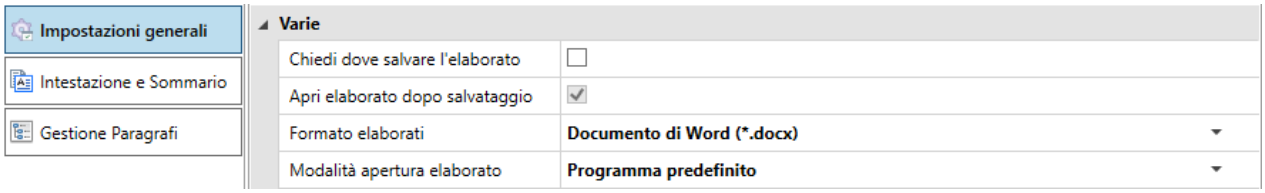
- **Seleziona tutto** . Seleziona tutte le voci dell'elenco ad albero;
- **Deseleziona tutto** . Deseleziona tutte le voci dell'elenco ad albero;
- **Espandi tutto** . Espande l'elenco ad albero visualizzando i paragrafi annidati;
- **Comprimi tutto** . Comprime l'elenco dei paragrafi.

Nella parte destra dell'ambiente "Gestione Paragrafi" è presente l'area dedicata all'inserimento delle immagini nella relazione. Una volta selezionato il paragrafo al quale associare l'immagine è possibile scegliere da dove importare le immagini per inserirle in relazione:

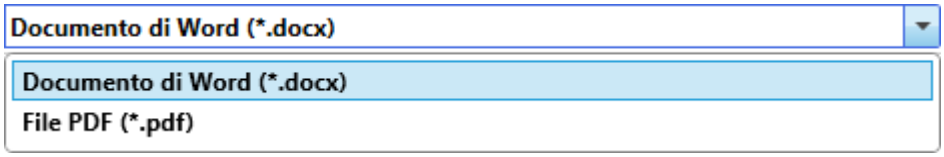


- **Aggiungi immagine da file.** Cosente di importare nella relazione un'immagine da un file qualsiasi;
- **Aggiungi immagine da Risultati Calcolo (Plot 3D).** Consente di importare nella relazione un'immagine dal Plot-Risultati di calcolo;
- **Aggiungi immagine da Risultati Verifivhe.** Consente di importare nella relazione un'immagine dall'ambiente "Verifiche";
- **Aggiungi immagine da Graficizzazione.** Consente di importare nella relazione un'immagine dall'ambiente "Graficizzazione".

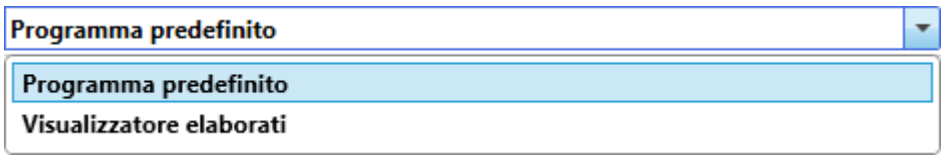
Nell'ambiente "Impostazioni generali" sono presenti le seguenti voci:



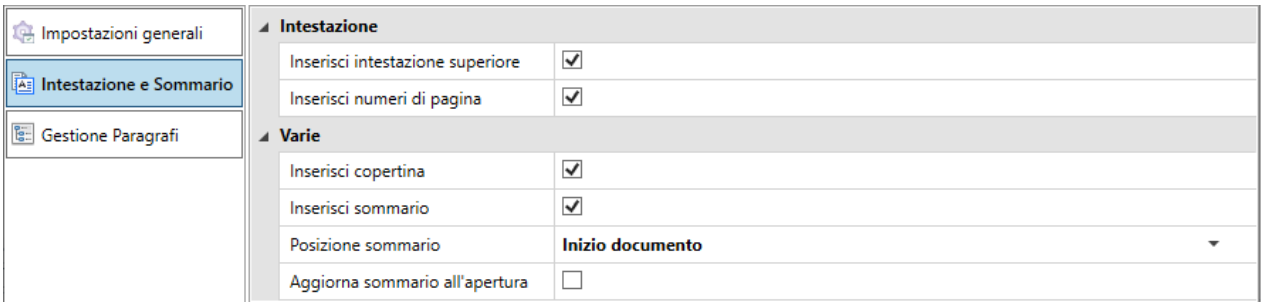
- **Chiedi dove salvare la relazione.** Se attivo viene chiesto il percorso dove salvare la relazione;
- **Apri elaborato dopo salvataggio.** Se attivo l'elaborato viene aperto automaticamente subito dopo il salvataggio del file;
- **Formato elaborati.** Consente di scegliere se salvare l'elaborato in formato "Documento di Word (*.docx)" oppure "PDF (*.pdf)";



- **Modalità apertura elaborato.** Consente di scegliere la modalità di apertura del file, scegliendo tra "Programma predefinito" oppure "Visualizzatore elaborati".



Nell'ambiente "Intestazione e Sommario" sono presenti le seguenti voci:



- **Inserisci intestazione superiore.** Se attivo su ogni pagina verrà stampata l'intestazione che avrà per dicitura "Relazione" + in nome del committente;
- **Inserisci numeri di pagina.** Se attivo i numeri di pagina saranno stampati a piè di pagina;
- **Inserisci copertina.** Se attivo verrà creata la copertina della relazione;
- **Inserisci sommario.** Se attivo alla fine della relazione verrà creato il sommario della relazione;
- **Posizione sommario.** Consente di scegliere se posizionare il sommario a inizio o a fine documento;
- **Aggiorna sommario all'apertura.** Se il formato del file è "Documento di Word (*.docx)" attiva la richiesta di aggiornamento del sommario all'apertura. In caso di problemi nell'apertura del file, con alcune versioni di softwere specifici, disattivare questa opzione.

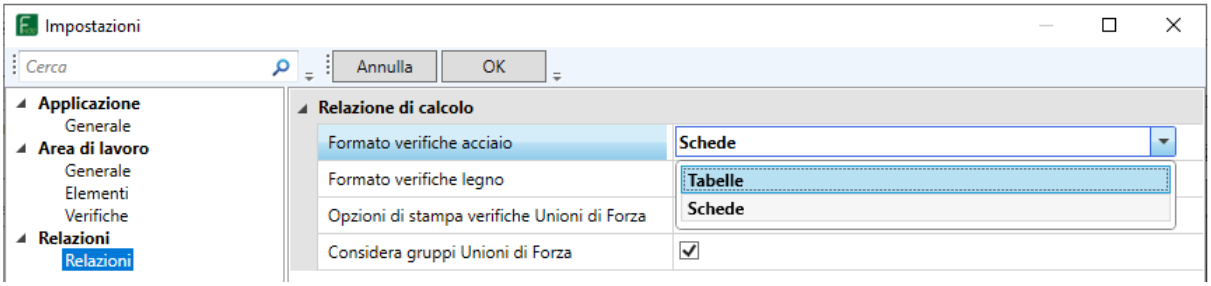
E' possibile scegliere la modalità di stampa dei risultati delle verifiche di alcuni oggetti. L'opzione di scelta è contenuta tra le opzioni generali del programma accessibili dal pulsante **"Impostazioni"**:



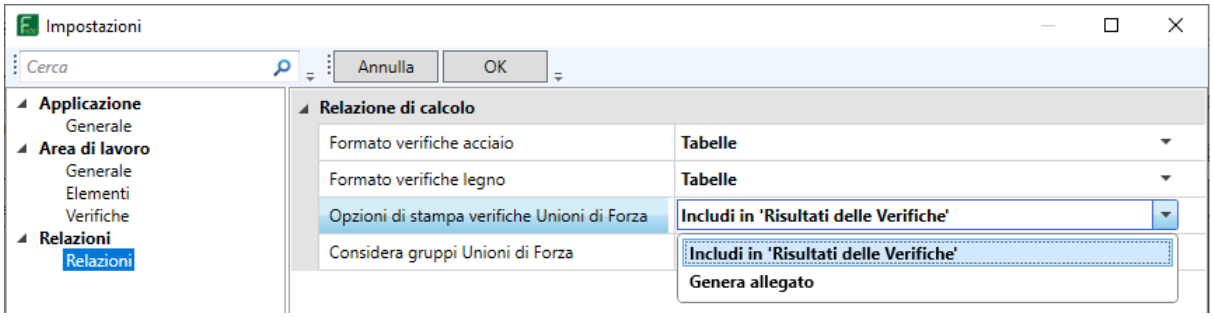


L'opzione è contenuta nell'albero "Relazioni". In particolare è possibile scegliere:

- **Formato verifiche acciaio/legno.** Nel caso di scelta "Tabelle", le verifiche strutturali verranno composte in tabelle anzichè a schede, per un'impaginazione più compatta della relazione.



- **Opzioni di stampa verifiche Unioni di Forza.** Nel caso di scelta "Includi in 'Risultati delle Verifiche' ", le verifiche delle unioni di forza verranno inserite all'interno del capitolo "Risultati delle verifiche" dei tabulati di calcolo. Nel caso di "Genera allegato", invece, le verifiche delle unioni di forza verranno inserite all'interno di un apposito allegato.



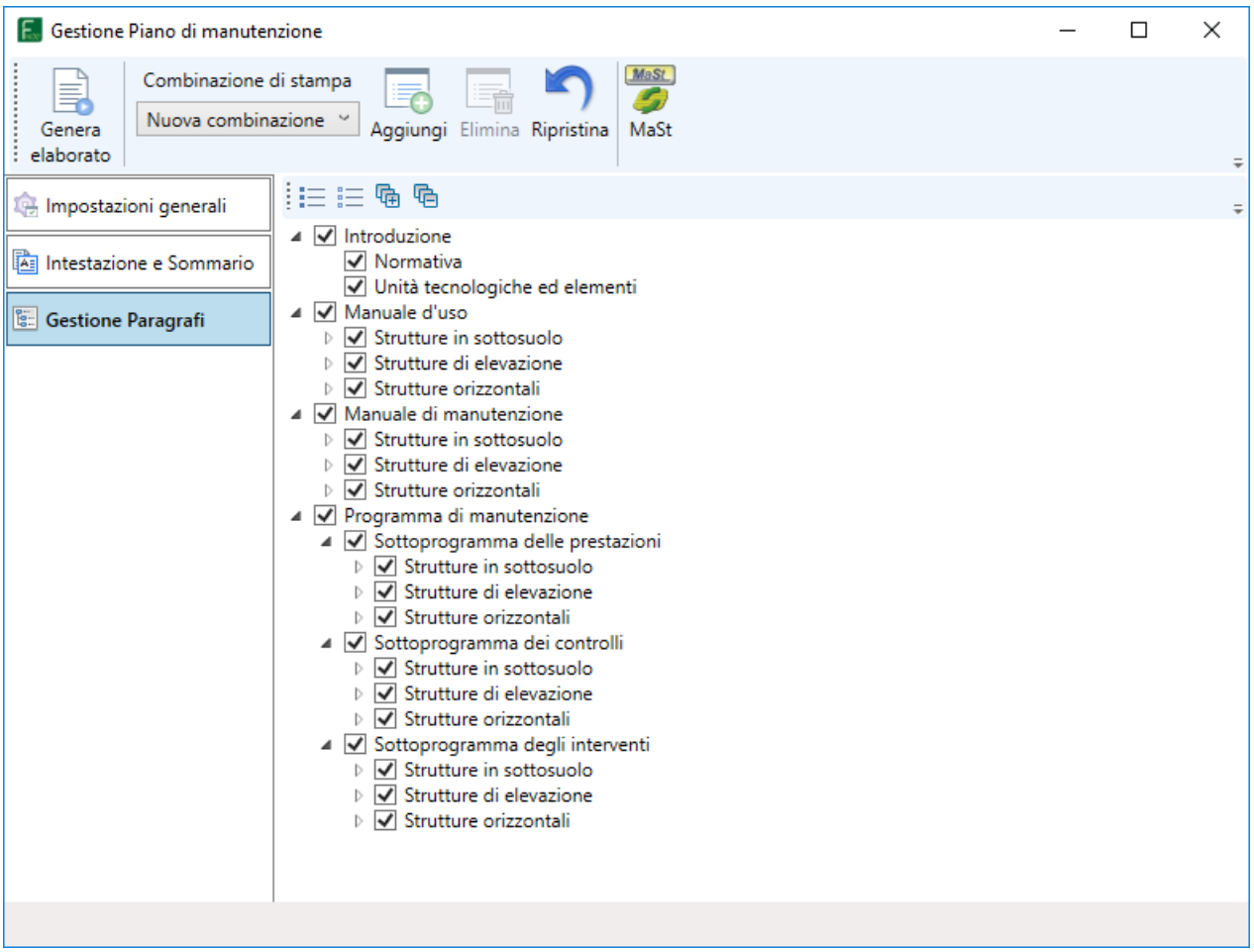
- **Considera gruppi Unioni di Forza.** Se attivo, in presenza di unioni raggruppate, viene elaborata una relazione di sintesi relativa al singolo gruppo.

3.1.9.6 Piano di manutenzione

Piano di manutenzione

Questa funzionalità del FaTA Next può essere utilizzata solamente se si è in possesso del software **"MaSt"** per la redazione automatica del piano di manutenzione.

Il pulsante **"Piano di manutenzione"** consente di definire le operazioni relative alla creazione del piano di manutenzione. Alla pressione del pulsante corrispondente viene visualizzato il seguente ambiente:



Il software permette di eleborare le seguenti relazioni:

- Manuale d'uso;
- Manuale di manutenzione;
- Programma di manutenzione.

Le opzioni presenti consentono di personalizzare la relazione attraverso le scelte relative a:

- Impostazioni generali;
- Intestazione e Sommario;
- Gestione Paragrafi.

La combinazione di stampa è rappresentata da un elenco di paragrafi da stampare. Nell'ambiente "Gestione Paragrafi" si ha la possibilità di personalizzare le combinazioni di stampa operando una selezione dalla lista ad albero.

Nella parte superiore dell'ambiente "Gestione Piano di manutenzione" sono presenti i seguenti pulsanti:

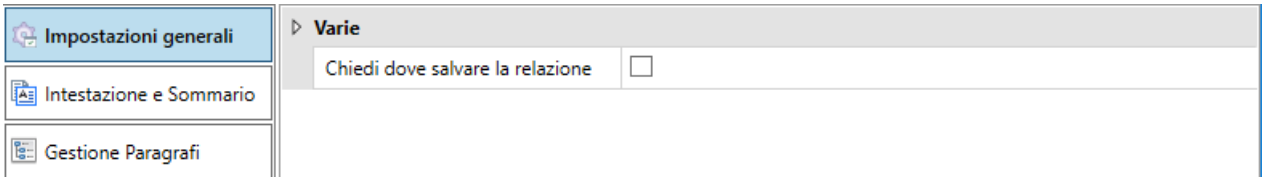
- **Genera elaborato** . Genera la relazione relativa al piano di manutenzione in un unico file;
- **Combinazione di stampa**. Consente di selezionare una combinazione di stampa dalla lista delle combinazioni di stampa precedentemente create;
- **Aggiungi combinazione di stampa** . Consente di salvare nella lista "Combinazioni di stampa" la combinazione di stampa creata nell'ambiente "Gestione Paragrafi";
- **Elimina combinazione di stampa** . Consente di eliminare dalla lista "Combinazioni di stampa" la combinazione di stampa selezionata;
- **Ripristina combinazione di stampa** . Ripristina il default nella selezione dei paragrafi da stampare;

- **Avvia MaSt**  . Consente di avviare il software "MaSt" per la redazione automatica del "Piano di manutenzione".

Nell'ambiente "Gestione Paragrafi" l'elenco dei paragrafi della relazione è riportato in una struttura ad albero. Ogni voce dell'elenco ad albero può essere selezionata/deselezionata. Nella parte superiore sono presenti i seguenti pulsanti:

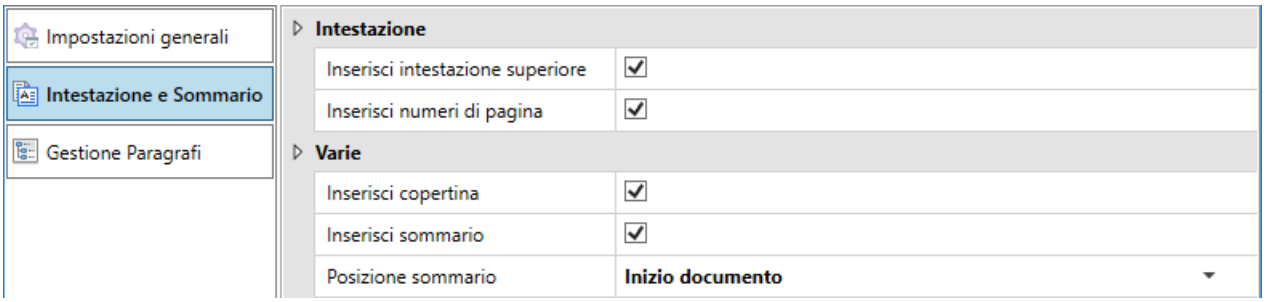
- **Seleziona tutto**  . Seleziona tutte le voci dell'elenco ad albero;
- **Deseleziona tutto**  . Seleziona tutte le voci dell'elenco ad albero;
- **Espandi tutto**  . Espande l'elenco ad albero visualizzando i paragrafi annidati;
- **Comprimi tutto**  . Comprime l'elenco dei paragrafi.

Nell'ambiente "Impostazioni generali" sono presenti le seguenti voci:



- **Chiedi dove salvare la relazione.** Se selezionato vieni chiesto il percorso dove salvare la relazione.

Nell'ambiente "Intestazione e Sommario" sono presenti le seguenti voci:



- **Inserisci intestazione superiore.** Se attivo su ogni pagine verrà stampata l'intestazione che avrà per dicitura ''Relazione'' + in nome del committente;
- **Inserisci numeri di pagina.** Se attivo i numeri di pagina saranno stampati a piè di pagina;
- **Inserisci copertina.** Se attivo verrà creata la copertina della relazione;
- **Inserisci sommario.** Se attivo alla fine della relazione verrà creato il sommario della relazione;
- **Posizione sommario.** Consente di scegliere se posizionare il sommario a inizio o a fine documento.

3.1.9.7 Computo dei materiali

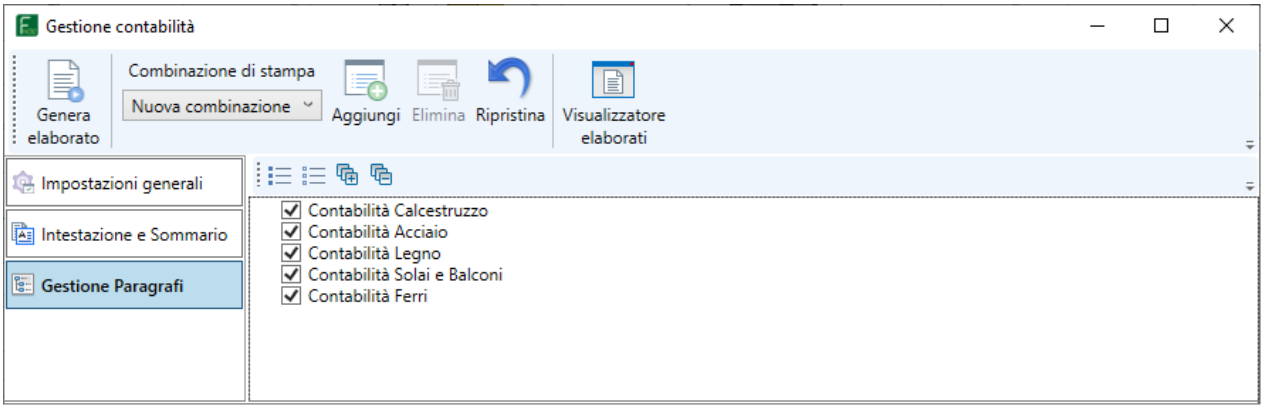
Computo dei materiali 

Il pulsante **"Computo materiali"** consente di definire le operazioni relative alla creazione della relazione sul computo dei materiali.

La relazione sul computo dei materiali può essere creata in formato standard .docx (Documento di Word) oppure .pdf (File PDF). In automatico viene richiamato l'editor installato sul pc al quale sono associati i file

.docx oppure .pdf.

Alla pressione del pulsante corrispondente viene visualizzato il seguente ambiente:



Le opzioni presenti consentono di personalizzare la relazione attraverso le scelte relative a:

- Impostazioni generali;
- Intestazione e Sommario;
- Gestione Paragrafi.

La combinazione di stampa è rappresentata da un elenco di materiali dei quali stampare la corrispondente contabilità. Nell'ambiente "Gestione Paragrafi" si ha la possibilità di personalizzare le combinazioni di stampa operando una selezione dalla lista ad albero:

- Contabilità Calcestruzzo. Consente la creazione in formato .docx oppure .pdf, con richiamo automatico all'editor presente sul pc, del computo del calcestruzzo utilizzato.
Il computo è differenziato per piano, tipologia di elemento, tipo di materiale, area delle sezioni in m^2, luce degli elementi strutturali, volume in m^3, peso, superficie delle carpenterie. Nel caso siano presenti travi di fondazione viene computata anche la quantità di magrone in m^3.

- Contabilità Acciaio. Consente la creazione in formato .docx oppure .pdf, con richiamo automatico all'editor presente sul pc, del computo dell'acciaio da carpenteria usato.
Il computo è differenziato per piano, tipologia delle aste, tipo di materiale, peso unitario, sviluppo in metri, peso in kN.

- Contabilità Legno. Consente la creazione in formato .docx oppure .pdf, con richiamo automatico all'editor presente sul pc, del computo del legno utilizzato.
Il computo è differenziato per piano, tipologia dell'elemento strutturale, tipo di materiale, sviluppo in metri, volume in m^3, peso in kN.

- Contabilità Solai e Balconi. Consente la creazione in formato .docx oppure .pdf, con richiamo automatico all'editor presente sul pc, del computo dei solai e balconi utilizzati.
Il computo è differenziato per piano, tipologia di solaio, materiale, superficie in m^2, volume in m^3 e peso in kN.

- Contabilità Ferri. Consente la creazione in formato .docx oppure .pdf, con richiamo automatico all'editor presente sul pc, del computo delle armature presenti.
Il computo è differenziato per piano, tipologia dell'elemento strutturale, tipo di materiale, diametro, sviluppo in metri, peso in kN.

Nella parte superiore dell'ambiente "Gestione contabilità" sono presenti i seguenti pulsanti:

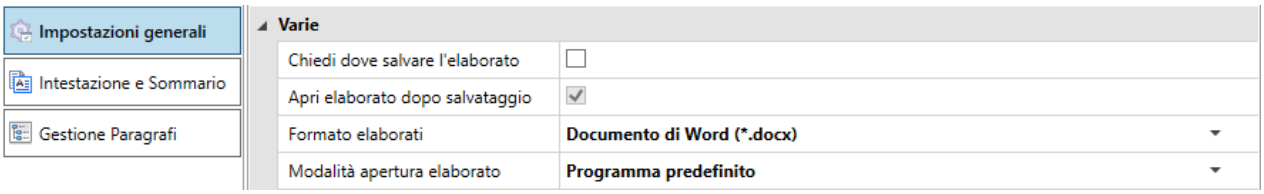
- **Genera elaborato**  . Genera la relazione sul computo dei materiali in un unico file.
- **Combinazione di stampa**. Consente di selezionare una combinazione di stampa dalla lista delle combinazioni di stampa precedentemente create.
- **Aggiungi combinazione di stampa**  . Consente di salvare nella lista "Combinazioni di stampa" la combinazione di stampa creata nell'ambiente "Gestione Paragrafi".
- **Elimina combinazione di stampa**  . Consente di eliminare dalla lista "Combinazioni di stampa" la combinazione di stampa selezionata.

- **Ripristina combinazione di stampa** . Ripristina il default nella selezione dei paragrafi da stampare.

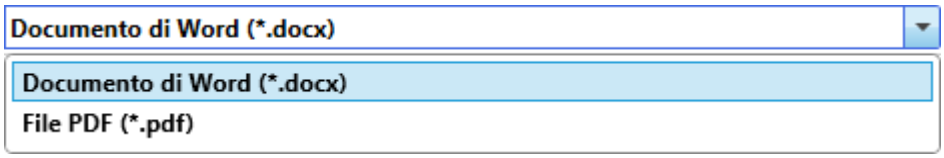
Nell'ambiente "Gestione Paragrafi" l'elenco dei materiali dei quali stampare la corrispondente contabilità è riportato in una struttura ad albero. Ogni voce dell'elenco ad albero può essere selezionata/deselezionata. Nella parte superiore sono presenti i seguenti pulsanti:

- **Seleziona tutto** . Seleziona tutte le voci dell'elenco ad albero;
- **Deseleziona tutto** . Deseleziona tutte le voci dell'elenco ad albero;
- **Espandi tutto** . Espande l'elenco ad albero visualizzando i paragrafi annidati;
- **Comprimi tutto** . Comprime l'elenco dei paragrafi.

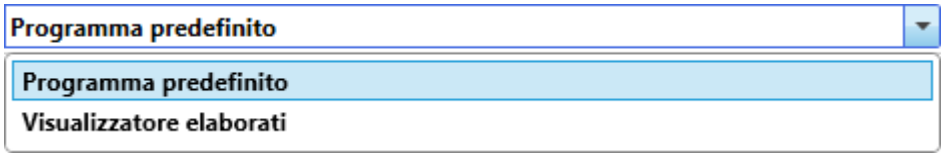
Nell'ambiente "Impostazioni generali" sono presenti le seguenti voci:



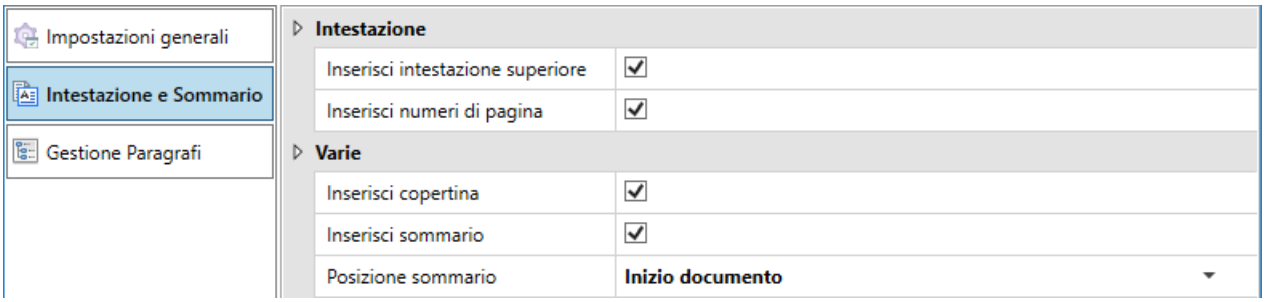
- **Chiedi dove salvare la relazione.** Se attivo viene chiesto il percorso dove salvare la relazione;
- **Apri elaborato dopo salvataggio.** Se attivo l'elaborato viene aperto automaticamente subito dopo il salvataggio del file;
- **Formato elaborati.** Consente di scegliere se salvare l'elaborato in formato Documento di Word (*.docx) oppure PDF (*.pdf);



- **Modalità apertura elaborato.** Consente di scegliere la modalità di apertura del file, scegliendo tra "Programma predefinito" oppure "Visualizzatore elaborati".



Nell'ambiente "Intestazione e Sommario" sono presenti le seguenti voci:



- **Inserisci intestazione superiore.** Se attivo su ogni pagina verrà stampata l'intestazione che avrà per dicitura ''Relazione'' + in nome del committente;
- **Inserisci numeri di pagina.** Se attivo i numeri di pagina saranno stampati a piè di pagina;
- **Inserisci copertina.** Se attivo verrà creata la copertina della relazione;
- **Inserisci sommario.** Se attivo alla fine della relazione verrà creato il sommario della relazione;
- **Posizione sommario.** Consente di scegliere se posizionare il sommario a inizio o a fine documento.

3.1.9.8 Sistemi informativi

Sistemi informativi

Il pulsante **"Sistemi informativi"** consente di definire le operazioni relative alle esportazioni dei dati utili per i diversi sistemi informativi regionali.



I sistemi informativi disponibili sono:

- Regione Calabria - SISMI.CA
- Regione Lazio - OpenGenio (Allegato B)

3.1.9.8.1 SISMI.CA

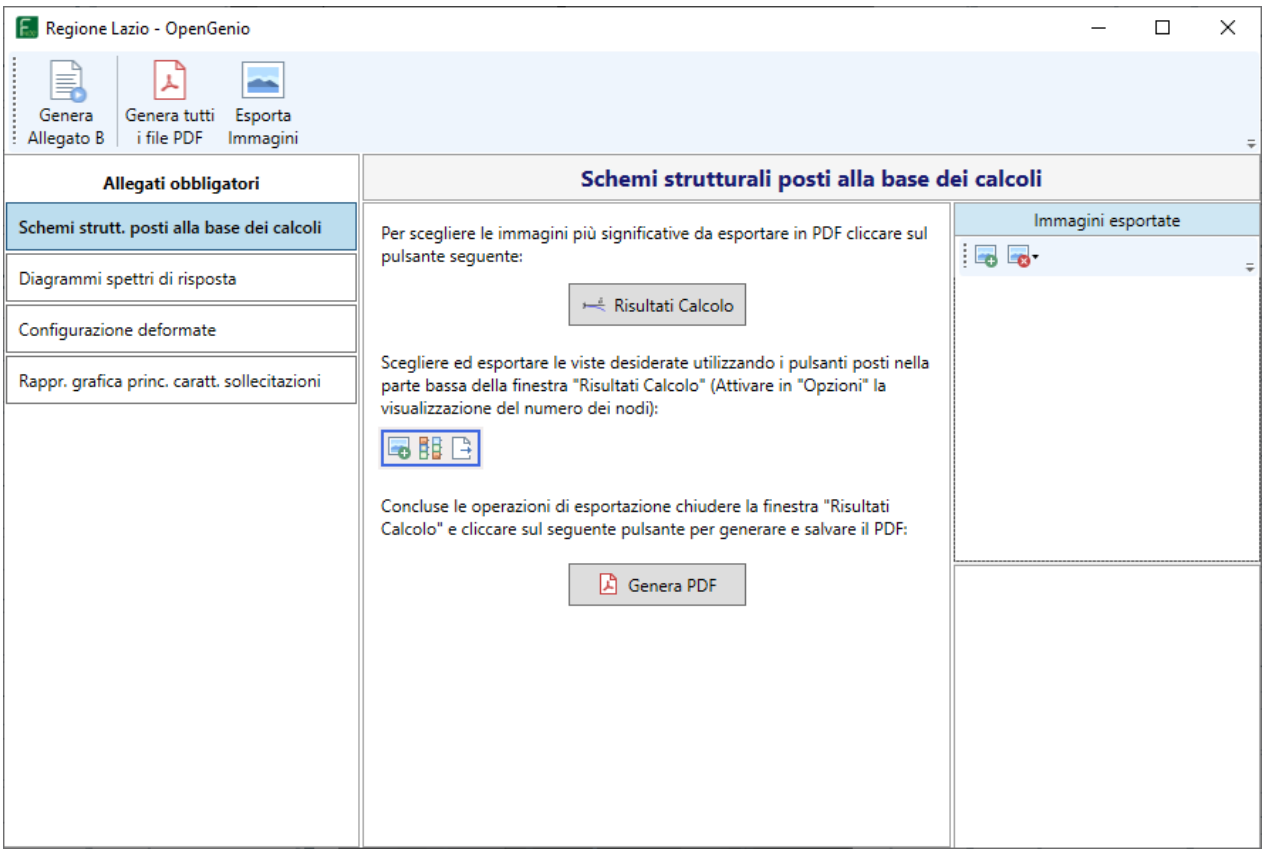
Questa funzionalità del FaTA Next può essere utilizzata solamente se si è in possesso del software **"SismiCA Compiler"**.

Consente di inviare i dati, utili per la procedura di presentazione dei progetti al Servizio Tecnico della Regione Calabria mediante la procedura SISMI.CA, da esportare direttamente al software "SismiCA Compiler".

3.1.9.8.2 OpenGenio (Allegato B)

Questa funzionalità consente la definizione dei dati aggiuntivi per la compilazione e l'esportazione dei dati per il Sistema Informativo OpenGenio (Allegato B) della Regione Lazio.

Al click dell'apposito comando viene visualizzato il seguente ambiente di gestione:



Il software elabora automaticamente l'allegato e provvede ad attivare solo i campi indispensabili, in base al tipo di struttura analizzata. E' possibile, inoltre, scegliere le immagini più significative da associare alla successiva esportazione in PDF degli Allegati Obbligatori.

Nella parte superiore di questo ambiente sono presenti i seguenti pulsanti:

- **Genera Allegato B** . Genera la relazione relativa all'Allegato B;
- **Genera tutti i file PDF** . Genera tutti i file in formato PDF degli allegati obbligatori;
- **Esporta Immagini** . Esporta tutte le immagini associate agli allegati obbligatori.

3.1.9.9 Esportazione per IDEA StatiCa

Esportazione per *IDEA StatiCa*

Tramite questo modulo opzionale è possibile effettuare l'otuput verso il software ***IDEA StatiCa*** per la progettazione e la verifica dei collegamenti in acciaio.

L'applicativo consente di esportare la geometria e le sollecitazioni delle aste in acciaio di un modello realizzato con *FaTA Next* per poi eseguire il calcolo dei collegamenti all'interno dell'ambiente *Idea Connection*.

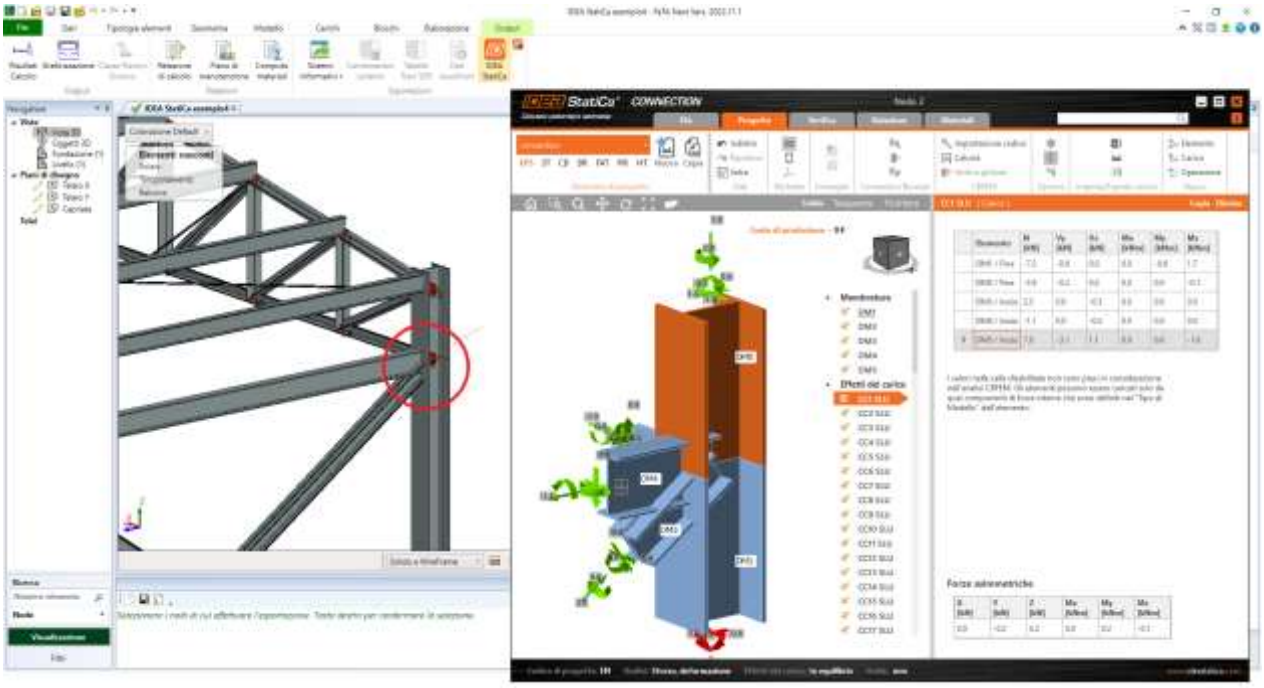
L'esportazione è possibile solamente per i possessori di entrambi i software (*FaTA Next* e *IDEA StatiCa*).

L'esportazione può essere effettuata secondo due diverse modalità:

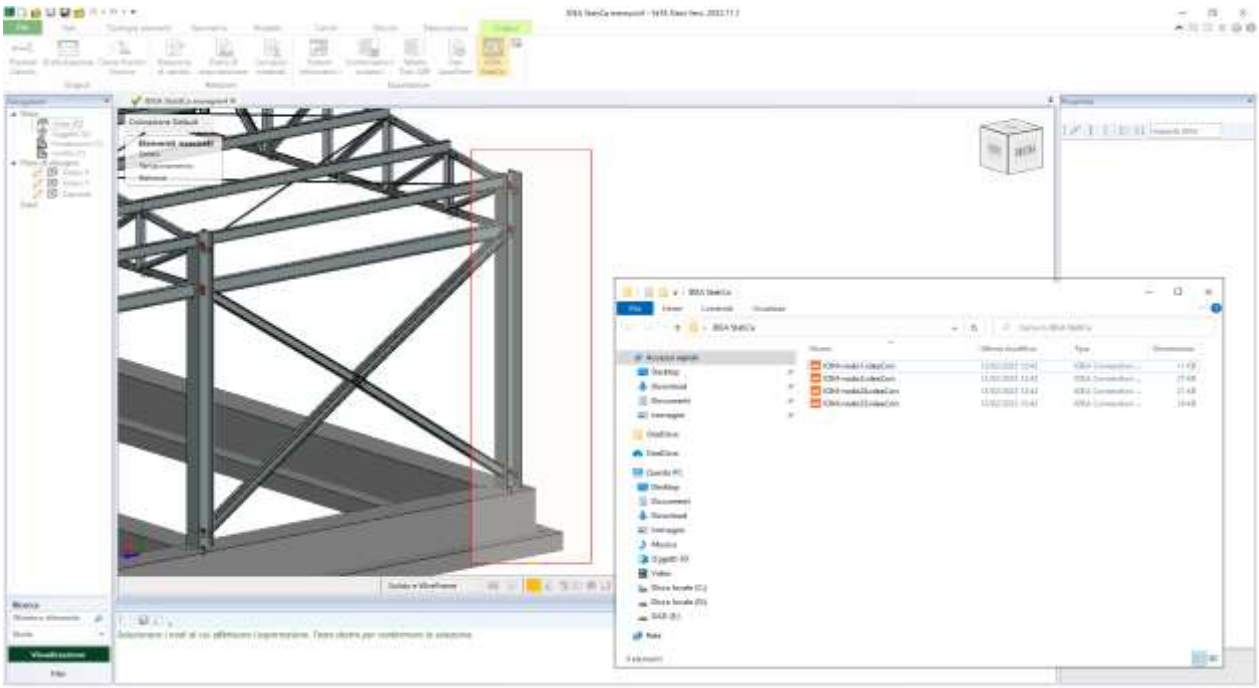
1. singolo nodo, con apertura automatica del software *Idea StatiCa;*
2. multipla, con scelta del percorso di salvataggio dei singoli file (uno per ogni nodo esportato).

Per effettuare l'esportazione, una volta eseguito il calcolo e le verifiche, dal menù "Output" bisogna cliccare

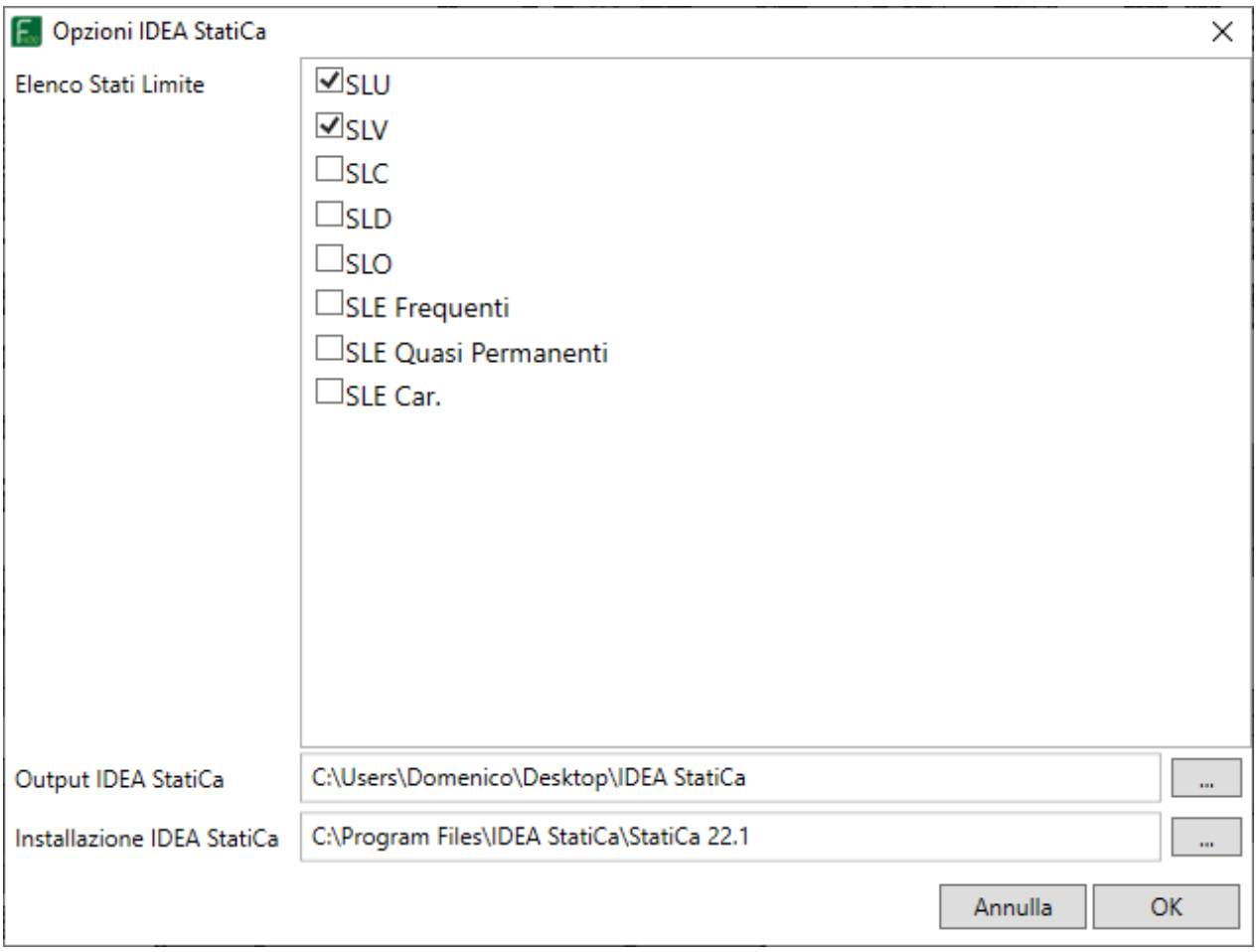
sul pulsante **"IDEA StatiCa"**, selezionare uno o più nodi (anche tramite seleazione a box) dei quali si vuole eseguire l'esportazione e confermare con il tasto destro del mouse. Nel caso di selezione di un singolo nodo (come nella seguente immagine) verrà avviato automaticamente il software *IDEA StatiCa.*



Nel caso di selezione di due o più nodi (esportazione multipla), i file (.ideaCon) con le informazioni dei vari nodi esportati verranno salvati in una cartella, precedentemente scelta nelle "Opzioni IDEA StatiCa" , per poi essere gestiti singolarmente in un secondo momento tramite il software *IDEA StatiCa*:



Tramite il pulsante "Opzioni IDEA StatiCa" è possibile settare le seguenti proprietà:

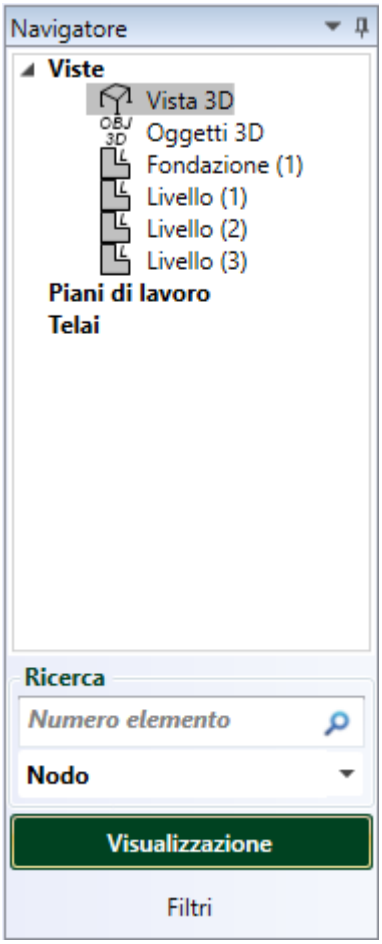


- **Elenco Stati Limite.** Tramite questa opzione è possibile definire per quali stati limite bisogna importare le sollecitazioni in IDEA StatiCa.
- **Output IDEA StatiCa**  **.** Cliccando su questo pulsante è possibile definire il percorso di salvataggio dei file esportati (.ideaCon).
- **Installazione IDEA StatiCa**  **.** Cliccando su questo pulsante è possibile definire il percorso di istallazion edel software IDEA StatiCa.

3.2 Navigatore e filtri

Il **"Navigatore"** consente di gestire quali elementi visualizzare in funzione delle scelte fatte con le opzioni presenti in "Visualizzazione" e "Filtri".

L'utilizzo di questo strumento consente di agire su parti della struttura o oggetti specifici nascondendo temporaneamente elementi non utili all'operazione corrente.



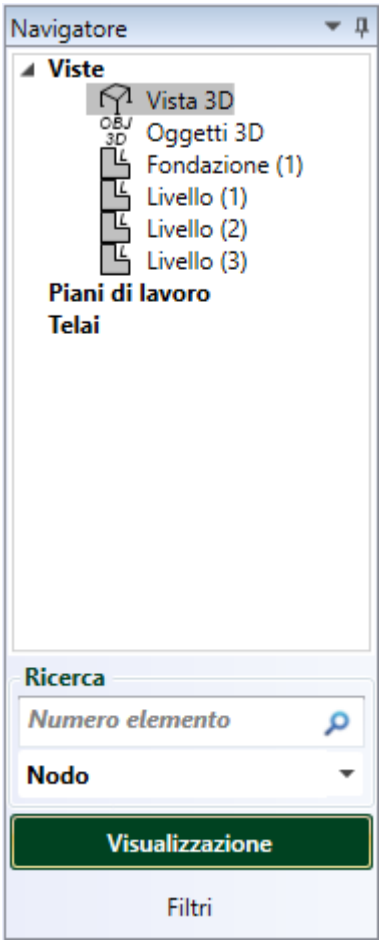
Il menù contiene le seguenti funzioni:

Visualizzazione

Filtri

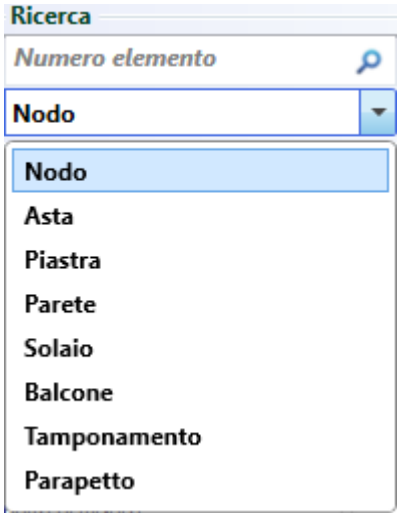
3.2.1 Visualizzazione

Alla pressione del pulsante **"Visualizzazione"** viene visualizzato il seguente ambiente:

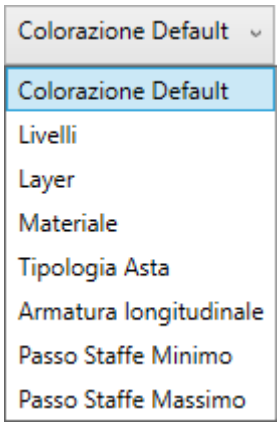


All'interno del precedente ambiente sono presenti i seguenti campi:

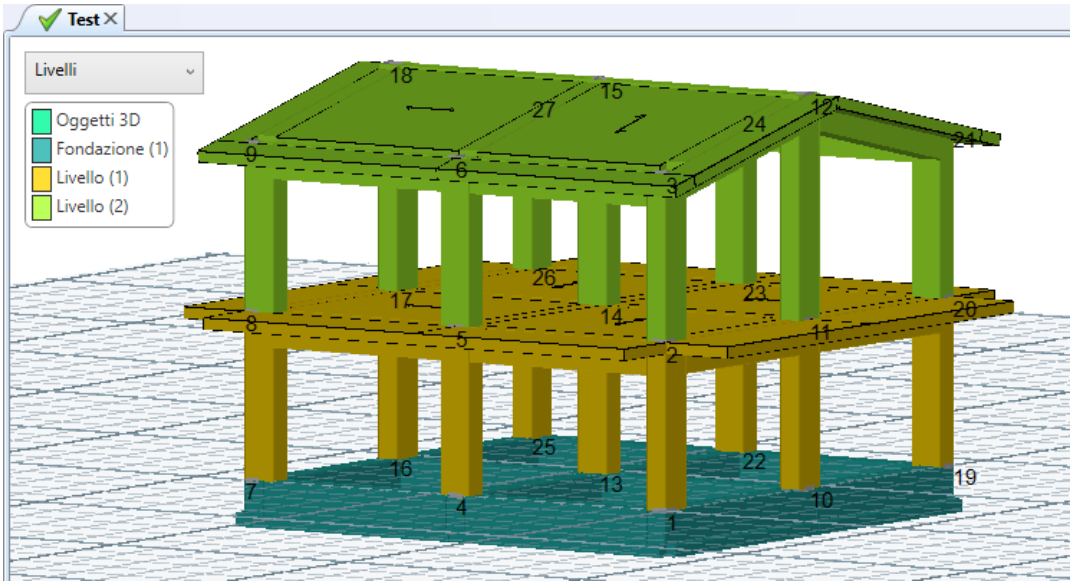
- **Viste.** Consente di scegliere il tipo di vista da utilizzare nell'ambiente principale. Per scegliere una vista 2D di un generico piano è sufficiente cliccare sul corrispondente livello presente in "Viste". Tramite il pulsante "Vista 3D" si ottiene una vista tridimensionale della struttura;
- **Piani di lavoro.** Consente di scegliere di operare in uno dei piani tra quelli presenti nella lista "Piani di lavoro", definiti precedentemente nell'apposito ambiente, in modo da poter effettuare operazioni sui propri elementi;
- **Telai.** Consente di scegliere di operare in uno dei telai tra quelli presenti nella lista "Telai", definiti precedentemente nell'apposito ambiente, in modo da poter effettuare operazioni sui propri elementi;
- **Ricerca.** Consente di effetuare la ricerca di un elemento, tramite il proprio numero, rispetto alla tipologia scelta nel menù a tendina.



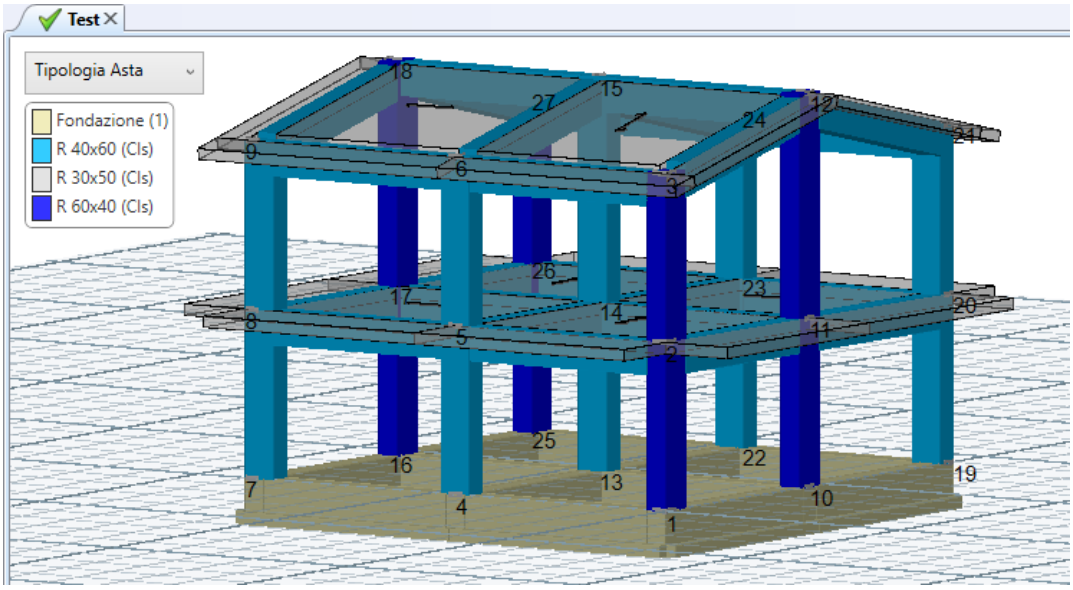
- **Colorazione.** Tramite il menù a tendina presente in alto a sinistra nell'ambiente principale è possibile scegliere il tipo di colorazione da attribuire ai diversi elementi nella vista corrente. Le tipologie di colorazioni presenti nel programma sono:



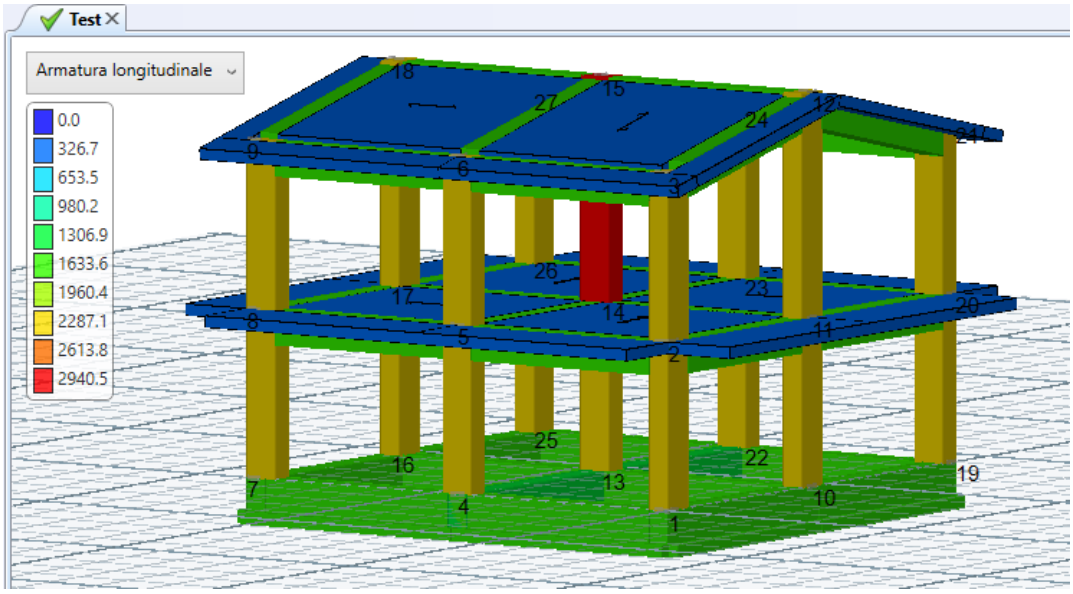
  - **Colorazione Default.** Attribuisce ai diversi elementi strutturali la colorazione di default (personalizzabile nelle impostazioni);
  - **Livelli.** Attribuisce ai diversi elementi strutturali una colorazione diversificata per ogni livello;



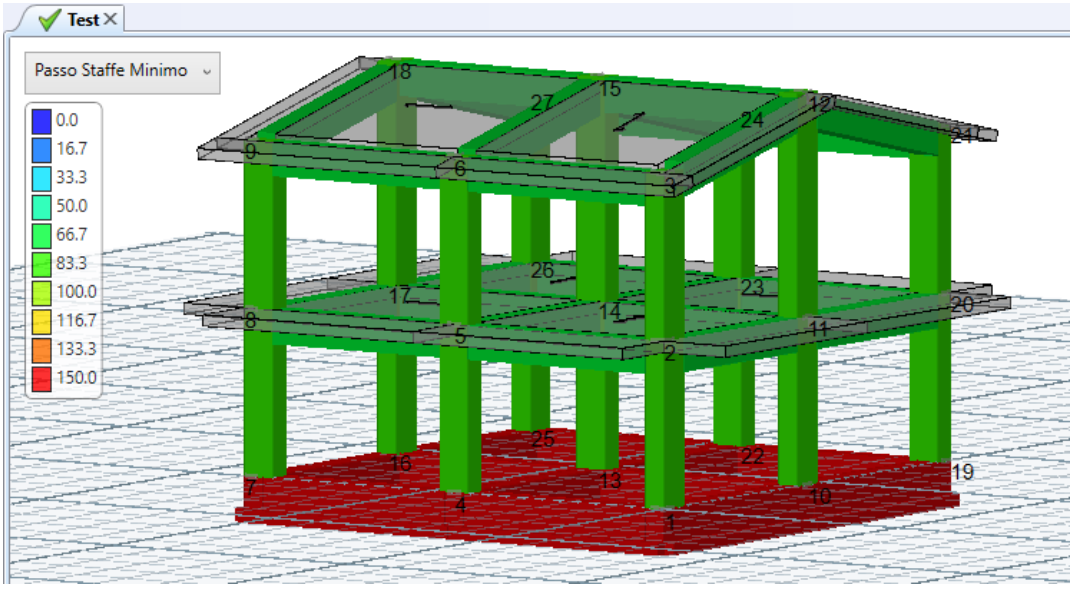
  - **Layer.** Attribuisce ai diversi elementi la colorazione del layer corrispondente;
  - **Materiale.** Attribuisce ai diversi elementi una colarazione diversificata per ogni tipo di materiale;
  - **Tipologia asta.** Attribuisce ai diversi elementi una colarazione diversificata per ogni tipologia di sezione;



- **Armatura longitudinale.** Attribuisce ai diversi elementi una colorazione diversificata a seconda del quantitativo di armatura longitudinale presente; Nel caso di pareti strutturali, la quantità di armatura longitudianle viene calcolata rispetto ad una superficie di 1 mq;

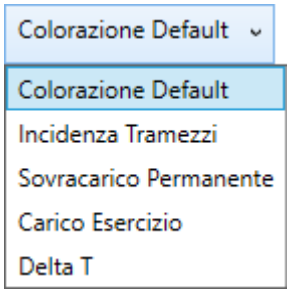


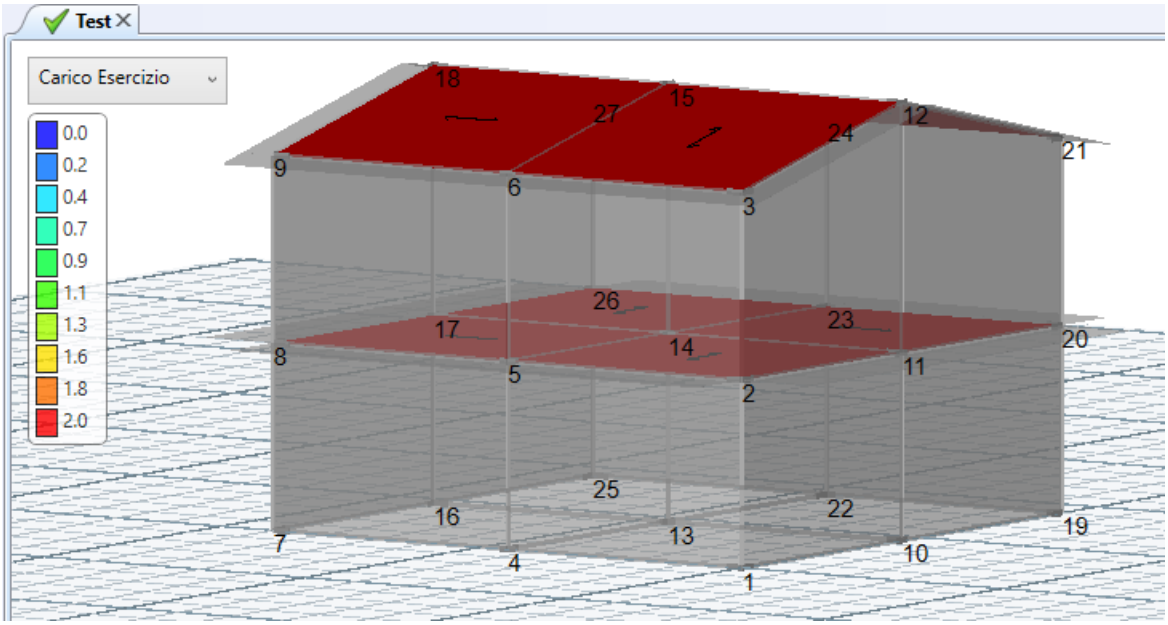
- **Passo staffe minimo.** Attribuisce ai diversi elementi una colorazione diversificata a seconda del passo dell'armatura trasversale minima presente;



- **Passo staffe massimo.** Attribuisce ai diversi elementi una colorazione diversificata a seconda del passo dell'armatura trasversale massima presente.

Questa funzione è presente anche per la visualizzazione dei diversi carichi applicati (all'interno del menù "Carichi"). In particolare, per ogni tipo di azione e per ogni tipologia di elemento, è possibile visualizzare una colormap in base alla quantità carico presente:

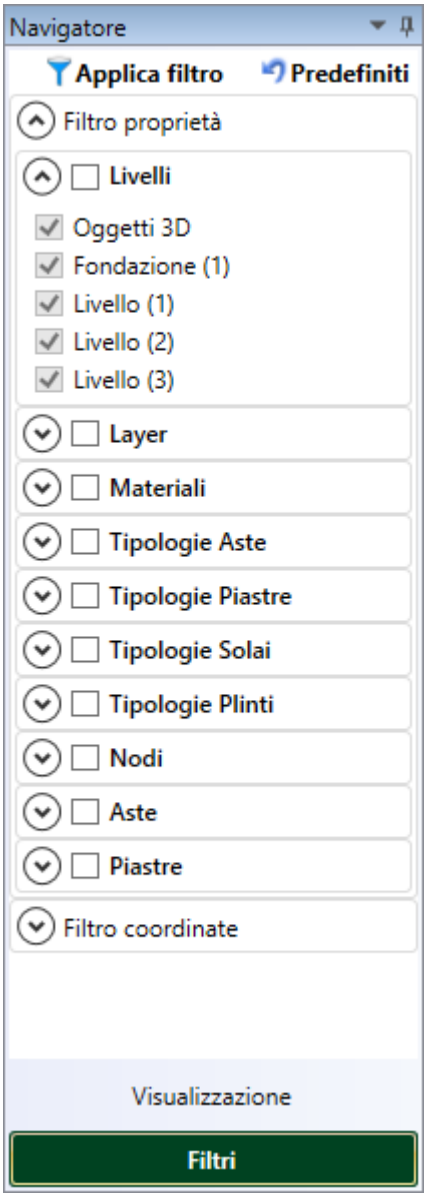




3.2.2 Filtri

I filtri consentono di visualizzare gli oggetti della struttura in funzione dei valori delle proprietà stesse degli oggetti o delle coordinate dei nodi.

Alla pressione del pulsante **"Filtri"** viene visualizzato il seguente ambiente:



Sulla parte superiore dell'ambiente "Filtri" sono presenti i seguenti pulsanti:

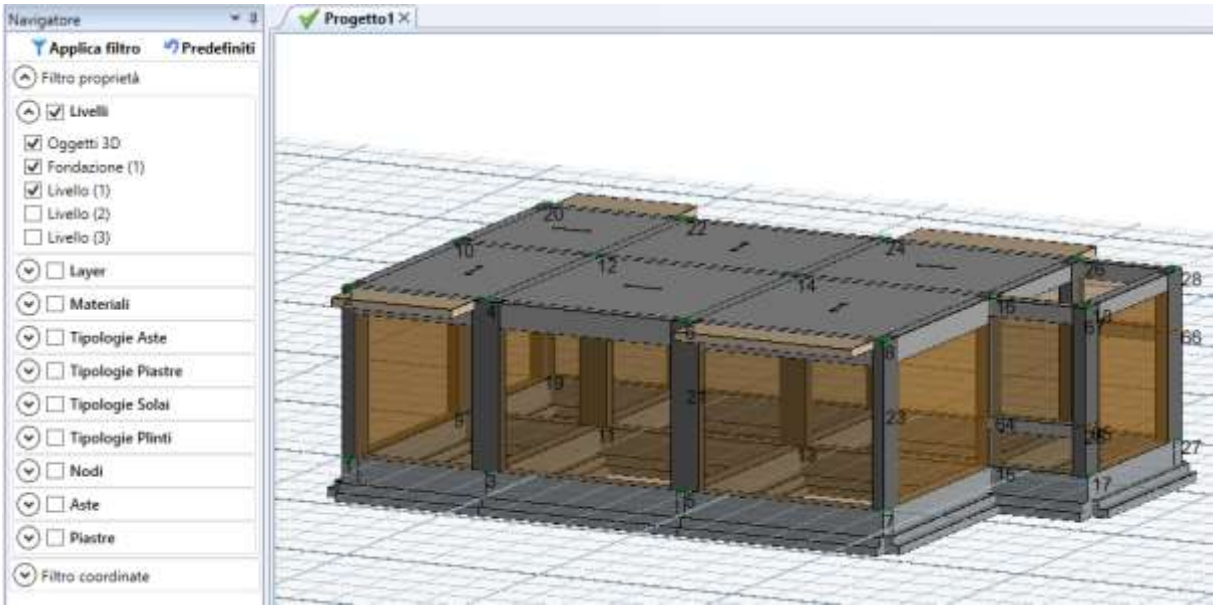
- **Applica filtro** . Cliccando sul tasto corrispondente si applica il filtro selezionato alla struttura corrente;
- **Predefiniti** . Ripristina il default nella selezione degli elementi da filtrare.

All'interno del precedente ambiente sono presenti i seguenti campi:

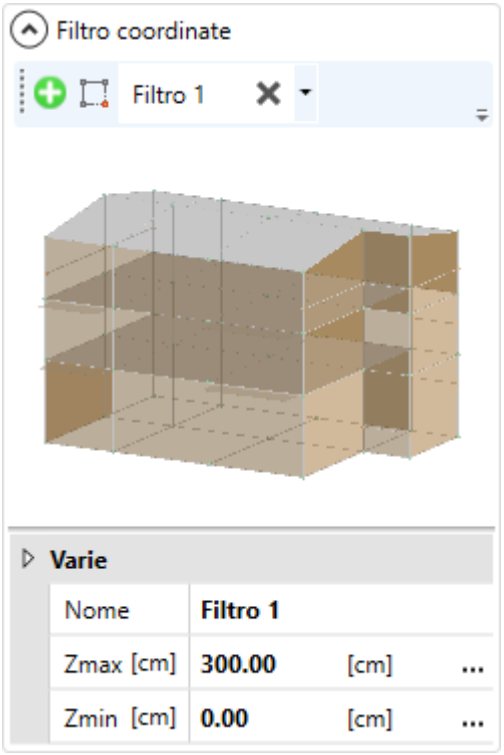
- **Filtro proprietà.** Consente di visualizzare gli oggetti della struttura in funzione dei valori delle proprietà stesse degli oggetti. Per filtrare un'oggetto è sufficiente scegliere l'oggetto tra quelli presenti nella lista dell'ambiente "Filtro proprietà", selezionare a sua volta le proprità dell'oggetto da filtrare e completare cliccando sul pulsante "Applica filtro".

  Se ad esempio si vuole filtrare la fondazione e il primo piano bisogna selezionere l'oggetto "Livelli" e

cliccare sui corrispondenti piani da filtrare:



- **Filtro coordinate.** Consente di visualizzare gli oggetti della struttura in funzione delle coordinate dei nodi.



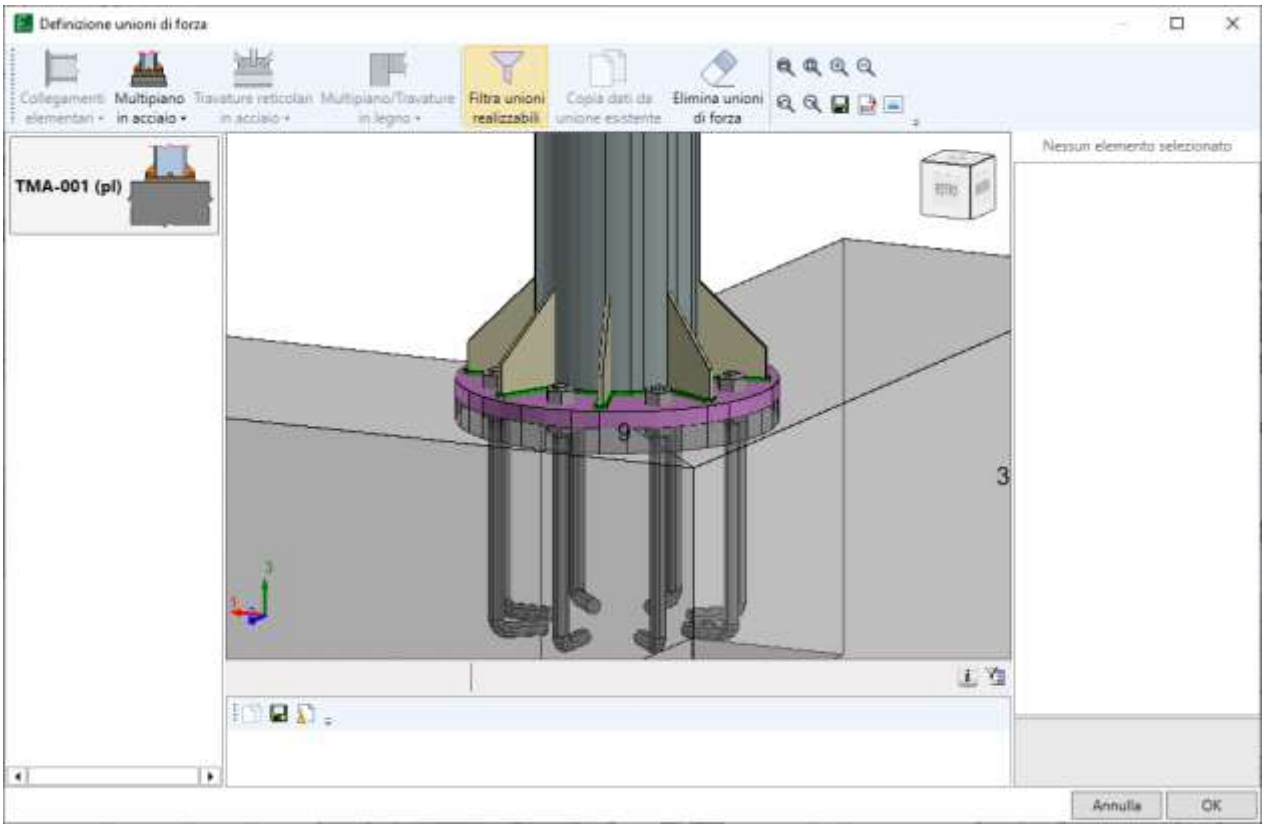
Per maggiori informazioni fare riferimento alla procedura per l'utilizzo del filtro per coordinate (vedi FAQ).

4 Unioni di forza

Unioni di forza 

In FaTA Next è possibile verificare i collegamenti tra elementi in acciaio secondo l' Eurocodice 3 e il DM 17 Gennaio 2018. Il software restituisce dettagliati disegni esecutivi con la possibilità di esportarli in diversi formati (dxf, dwg, pdf, jpg, ecc.) oltre ad una relazione di calcolo in formato standard .docx (Documento di Word) oppure .pdf (File PDF).

Per accedere all'ambiente di realizzazione delle unioni di forza è sufficiente cliccare sul pulsante "Unioni di forza"  dal menù "Modello" e scegliere il nodo sul quale vogliamo inserire il collegamento.

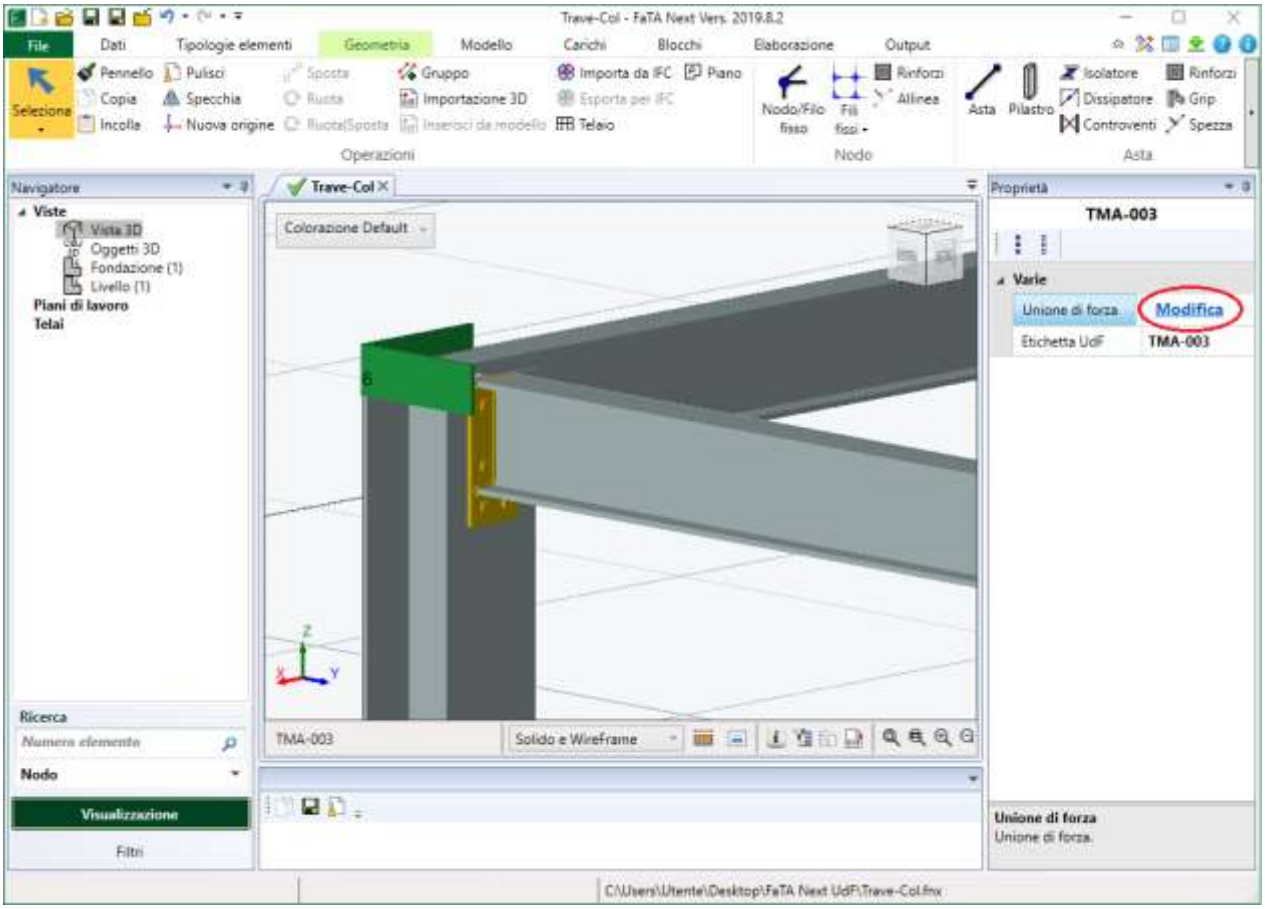


4.1 Operazioni

Le operazioni che è possibile effettuare sulle unioni presenti nel modello sono:

Seleziona 

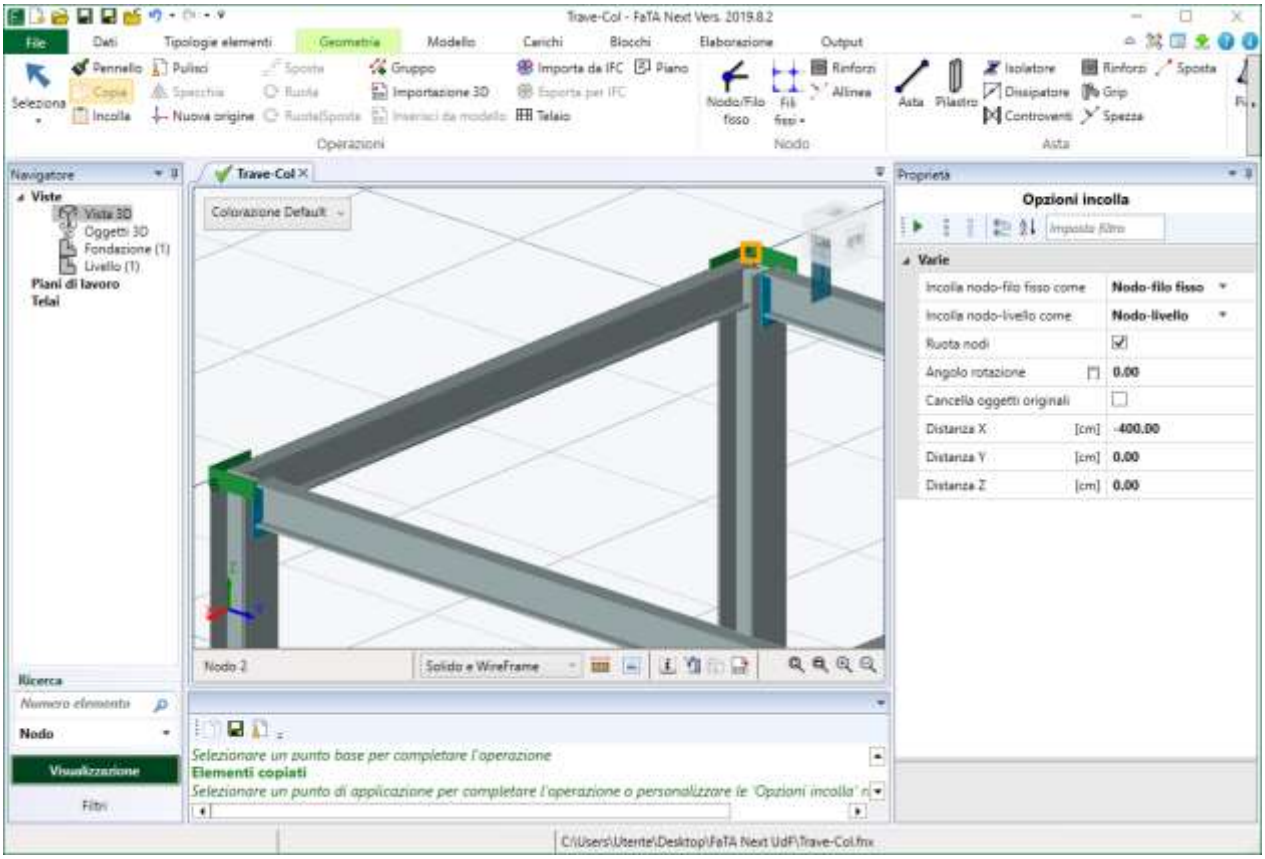
Consente di selezionare le unioni presenti nel modello. Le caratteristiche degli elementi selezionati vengono visualizzate nella barra delle proprietà.



Cliccando sul pulsante "Modifica" (vedi figura precedente) si accede all'ambiente delle unioni di forza relativo al collegamento selezionato.

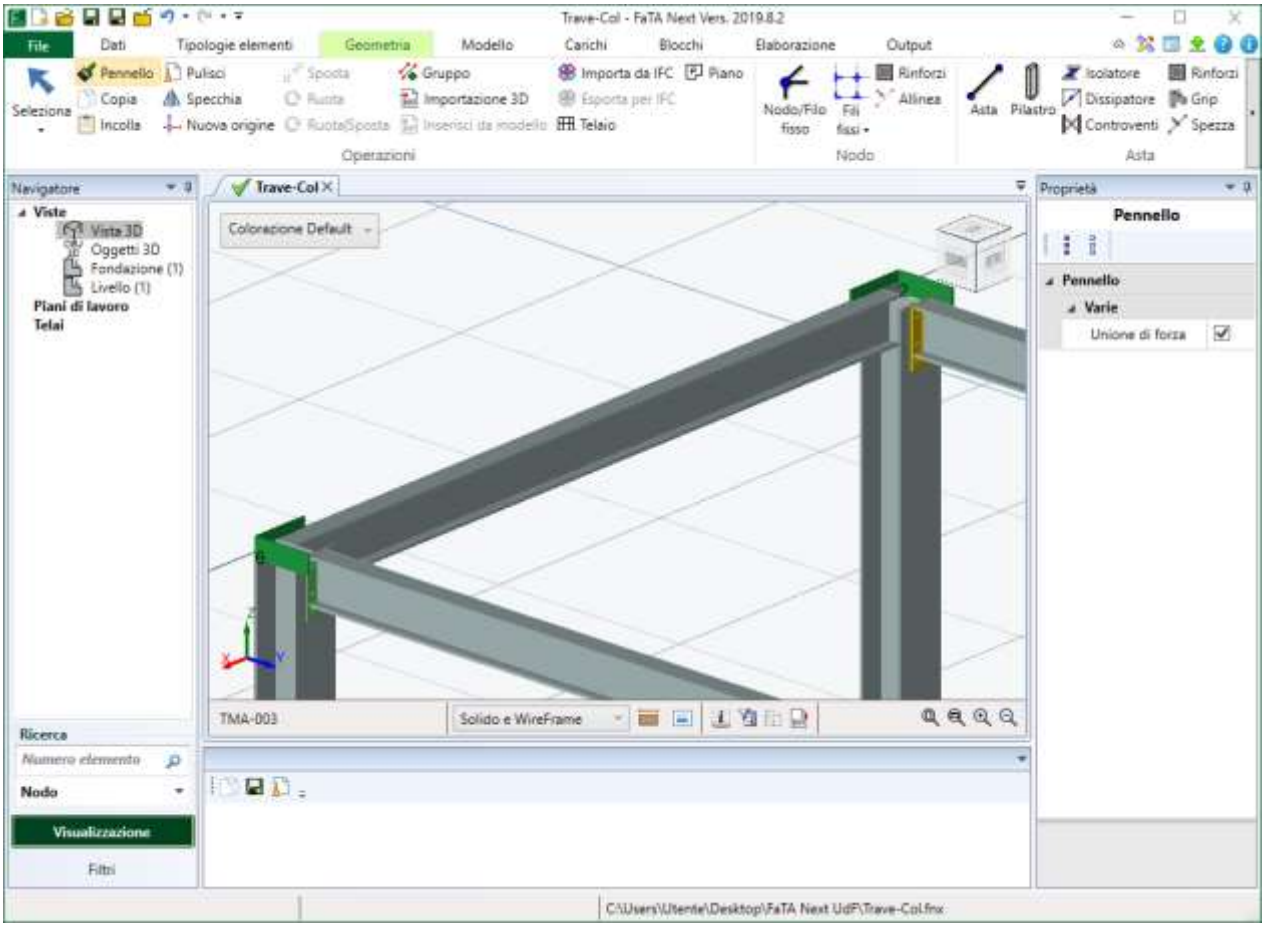
Copia

Come per tutti gli altri elementi presenti in FaTA Next, anche nel caso delle unioni, il pulsante "Copia" **(oppure la combinazione di tasti Ctrl+C)** consente di copiare gli oggetti selezionati fornendo un punto base per la copia.



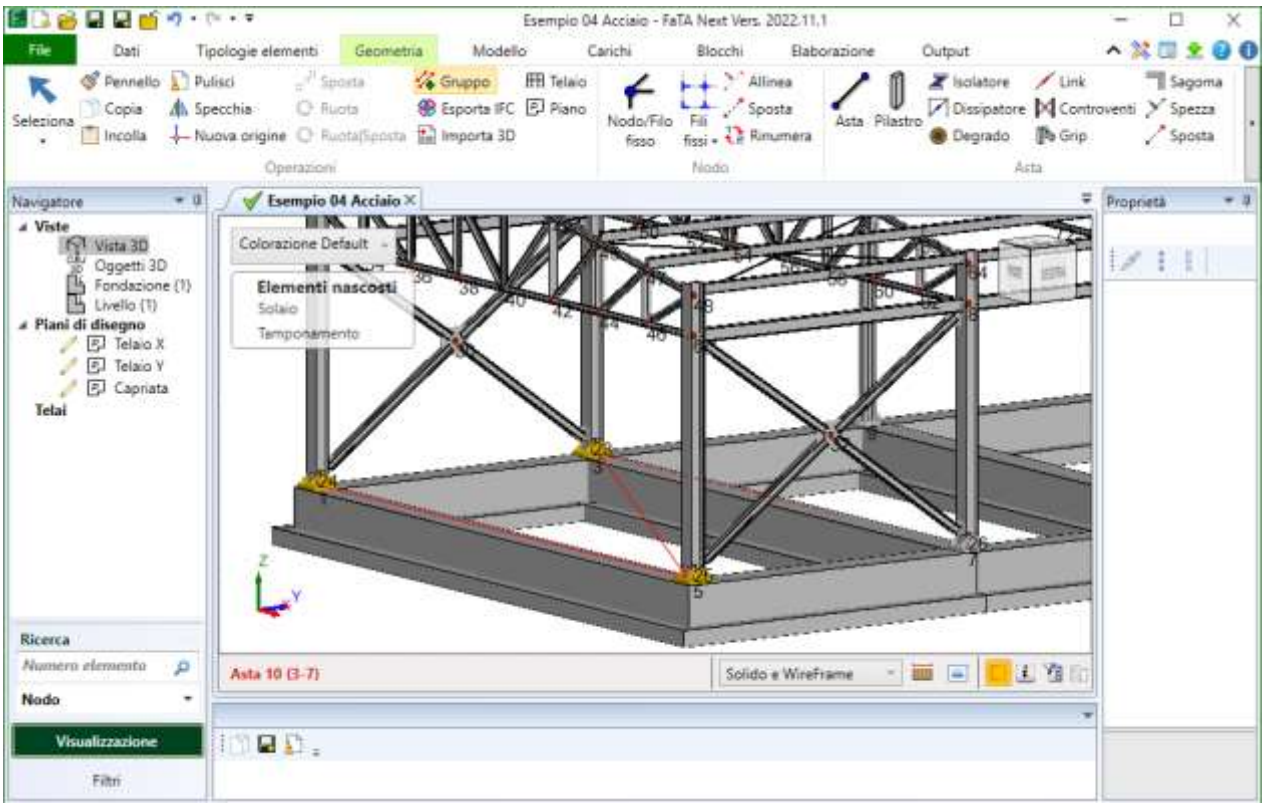
Pennello

Così come per gli altri elementi presenti in FaTA Next, anche nel caso delle unioni, il "Pennello" consente di copiare le proprietà di un'unione sorgente su una o più unioni di destinazione. Al click sull'elemento sorgente nella barra delle proprietà verrà visualizzata una lista delle proprietà comuni all'elemento (come di seguito riportato). Attivare le voci della lista che si vuol copiare e quindi selezionare gli elementi di destinazione.

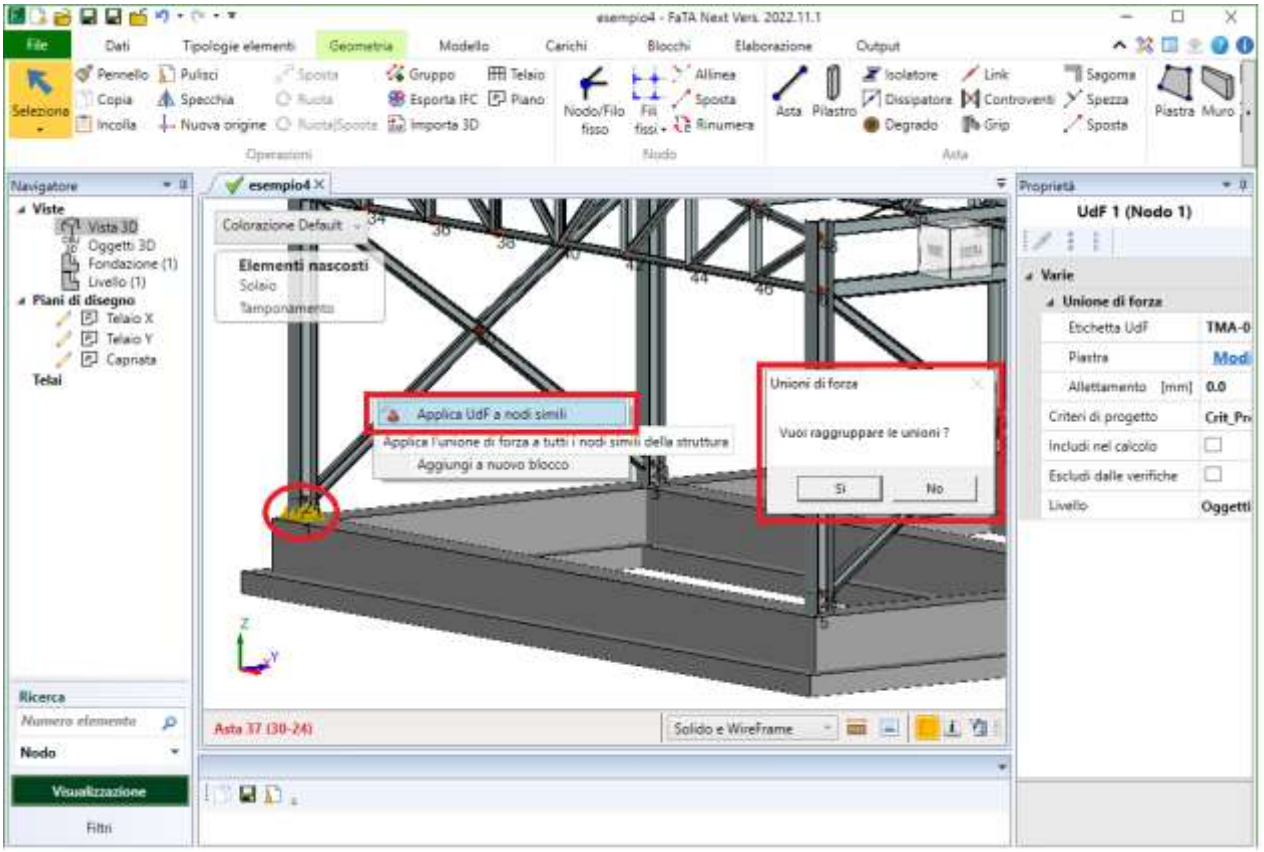


Gruppo

Così come per gli altri elementi presenti in FaTA Next, anche nel caso delle unioni, è possibile raggruppare i collegamenti della stessa tipologia e con caratteristiche (dimensioni, bulloni, nervature, ecc.) identiche. In questo modo, ogni modifica che verrà effettuata su una singola unione facente parte del gruppo verrà riportata su tutte le unioni del gruppo stesso. Per fare questo, una volta cliccato sul pulsante "Gruppo", è sufficiente selezionare tutte le unioni che si vuole raggruppare e completare con il tasto destro del mouse.



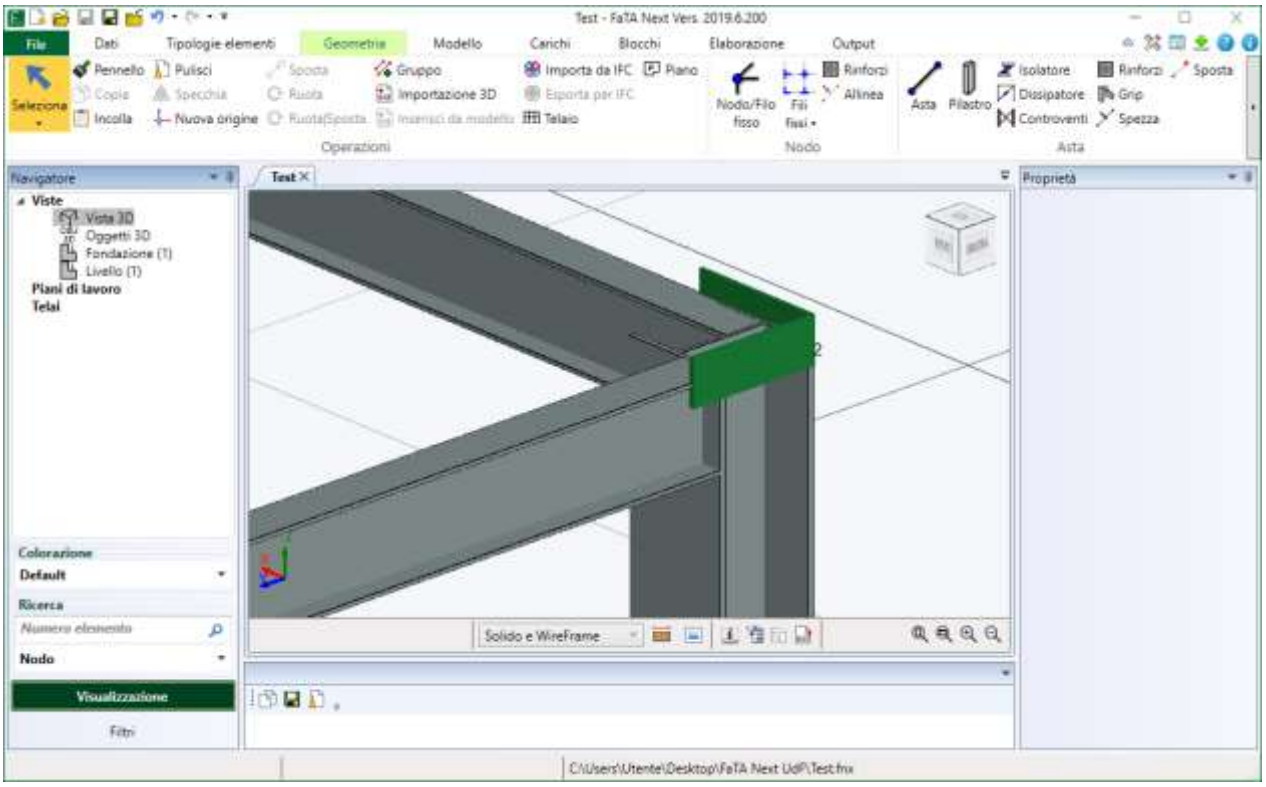
E' possibile, inoltre, raggruppare le unioni prima di ricercare i nodi simili sui quali applicare l'unione sorgente. Una volta scelta l'unione che si vuole copiare e cliccato sul tasto destro del mouse bisogna scegliere "Applica UdF a nodi simili". In automatico, si apre una finestra dalla quale bisogna scegliere se si vogliono raggruppare o meno le unioni che si andranno ad inserire.



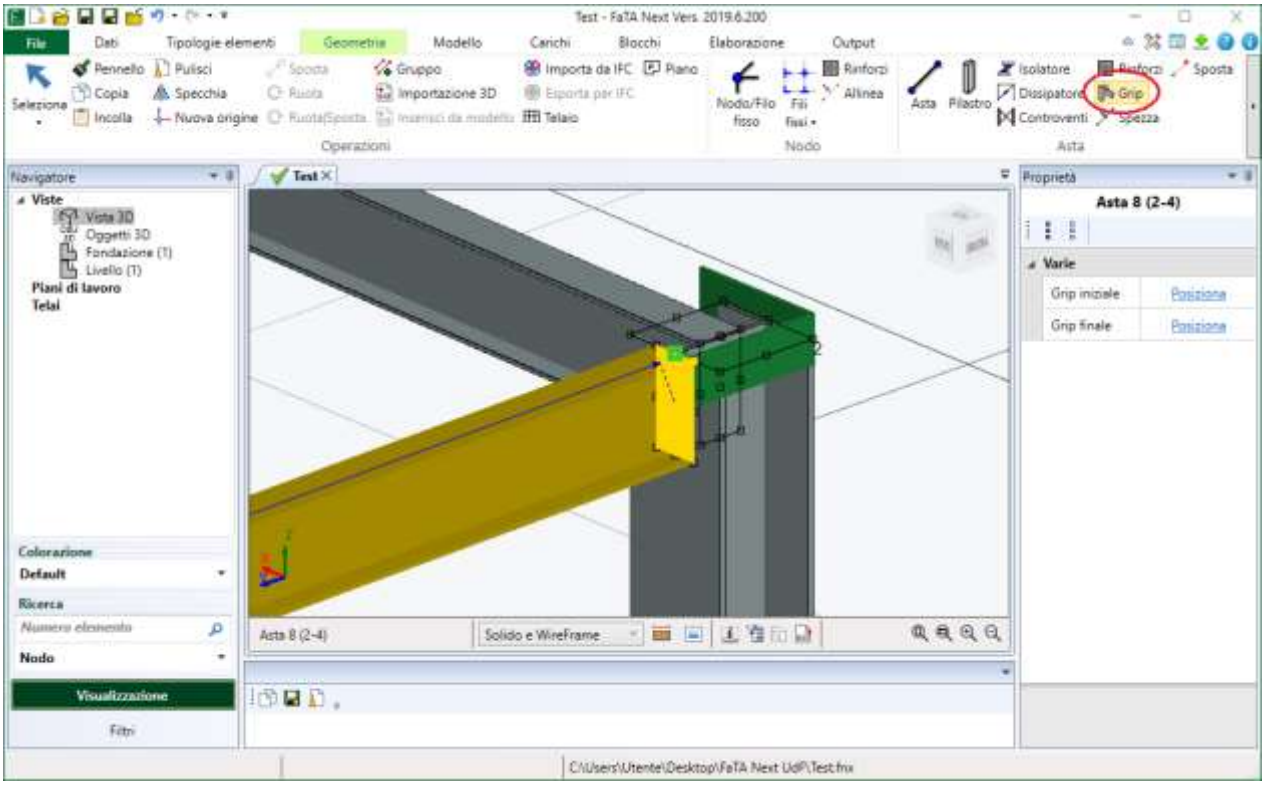
4.2 Definizione della geometria

Bisogna tenere presente che prima di accedere all'ambiente di definizione dell'unione, è necessario procedere al corretto posizionamento dei vari elementi che andranno a formare il collegamento, utilizzando i diversi comandi presenti nel menù "Geometria" (ad esempio i comandi "Grip", "Sposta" e "Sagoma" per le aste). Questa fase è di fondamentale importanza in quanto il software, in base alla geometria definità dall'utente, provvederà ad effettuare dei rigorosi controlli geometrici di fattibilità. Si controlla, ad esempio, se i profilati utilizzati sono compatibili con la tipologia del collegamento, se lo spazio massimo disponibile per l'inserimento dei bulloni è sufficiente o se le parti in calcestruzzo hanno dimensioni tali da poter ospitare le piastre o le flange.

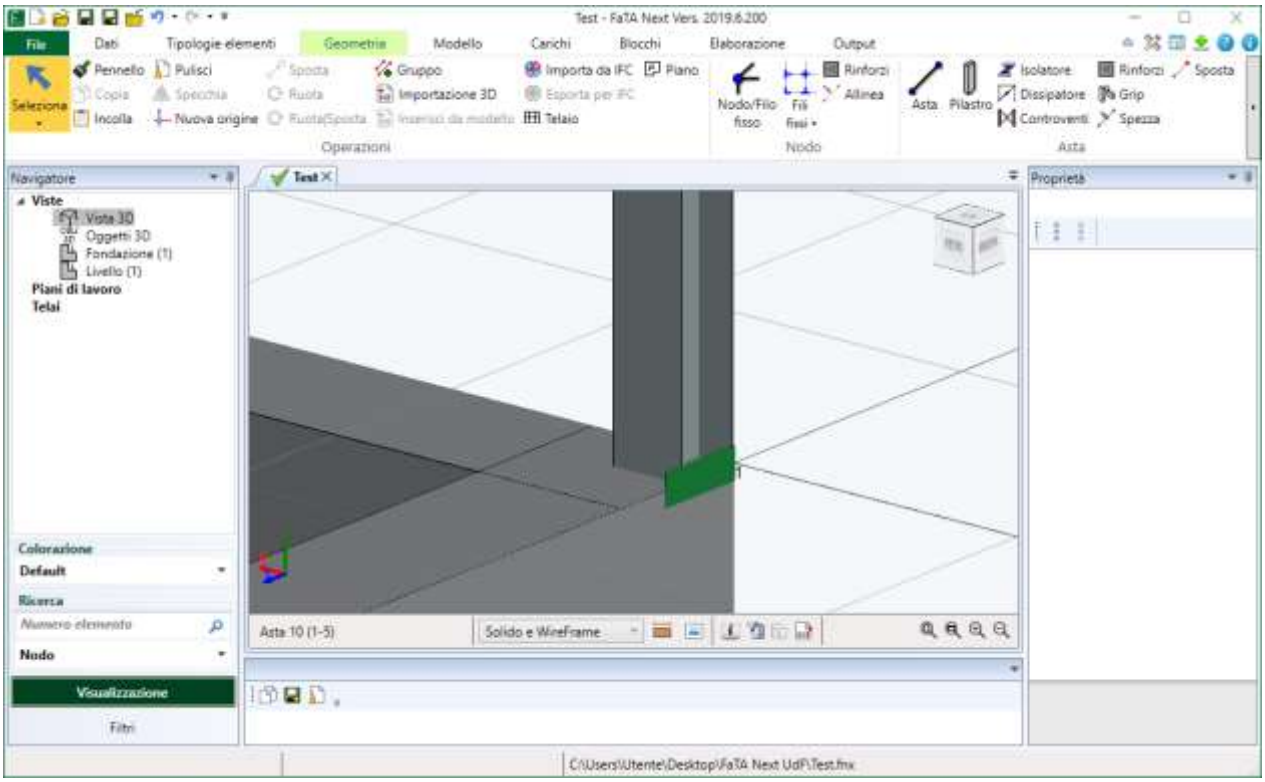
Se ad esempio volessimo realizzare un'unione trave-colonna con flangia e abbiamo la geometria riportata nella figura seguente, per prima cosa dobbiamo modificare l'aggancio delle travi sulle colonne (utilizzando, ad esempio, il comando "Grip" presente nell'ambiente "Geometria"):



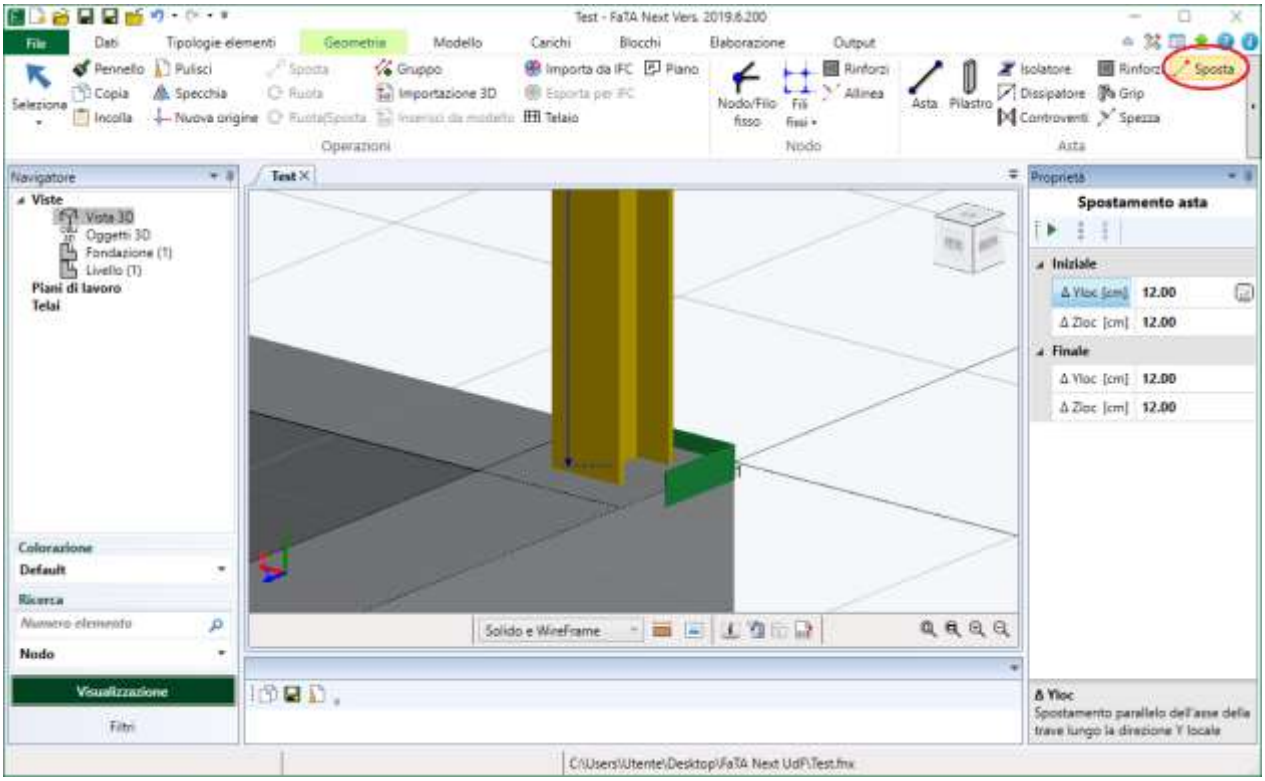
Di conseguenza, a seguito delle modifiche apportate, otteniamo il seguente risultato:



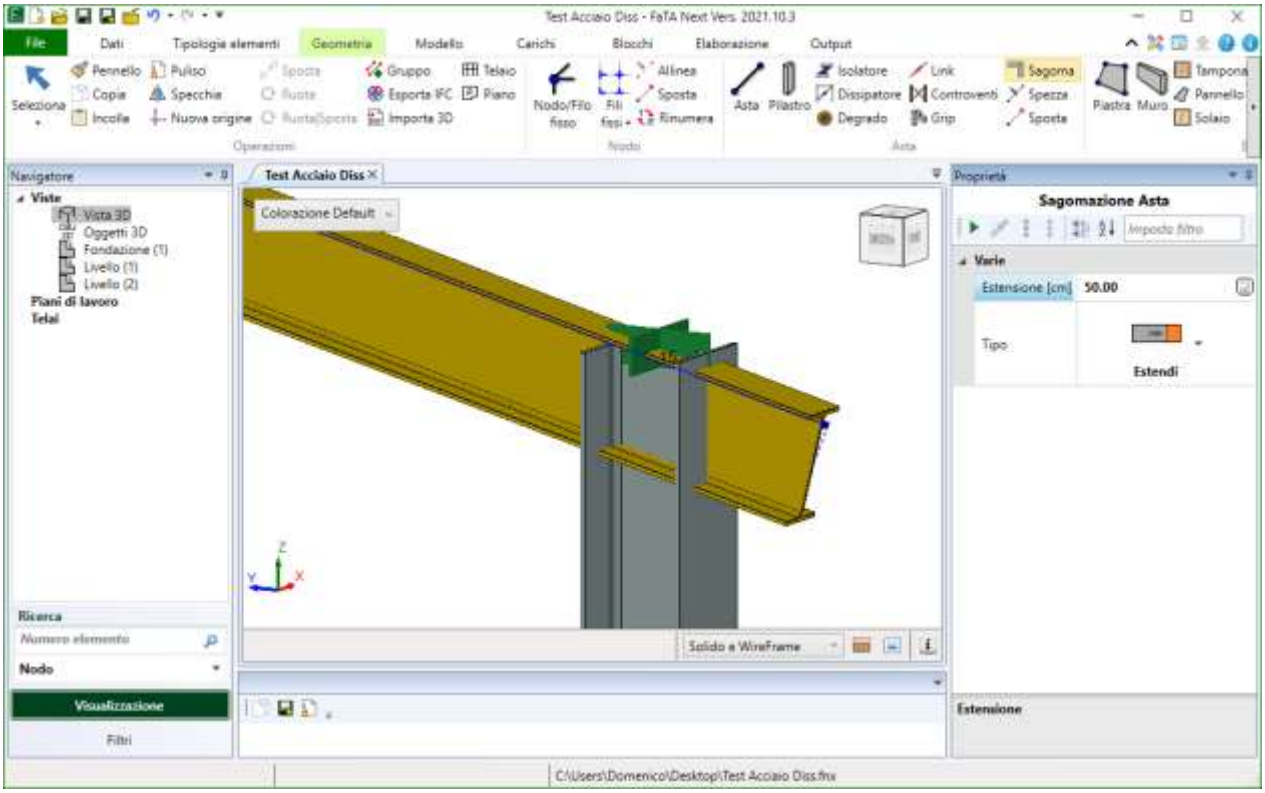
Nel caso in cui, invece, volessimo realizzare un collegamento colonna-fondazione con piastra di testa con tirafondi, anche in questo caso prima di definire l'unione, dobbiamo posizionare il pilastro nel punto della struttura voluto (ad esempio, in modo che la parte in calcestruzzo ha dimensioni tali da poter ospitare la piastra). Per riposizionare il pilastro nel punto corretto della struttura utilizziamo il comando "Sposta":



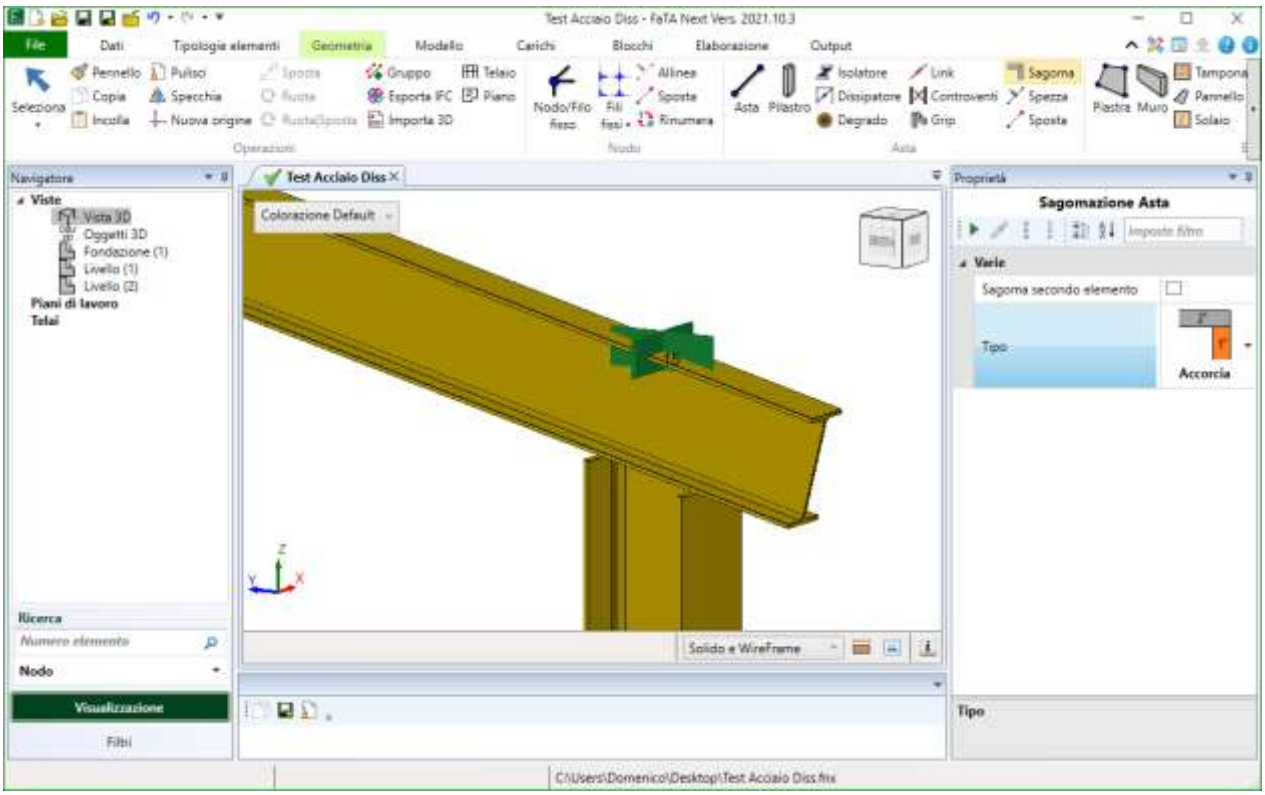
Di conseguenza, a seguito delle modifiche apportate, otteniamo il seguente risultato:



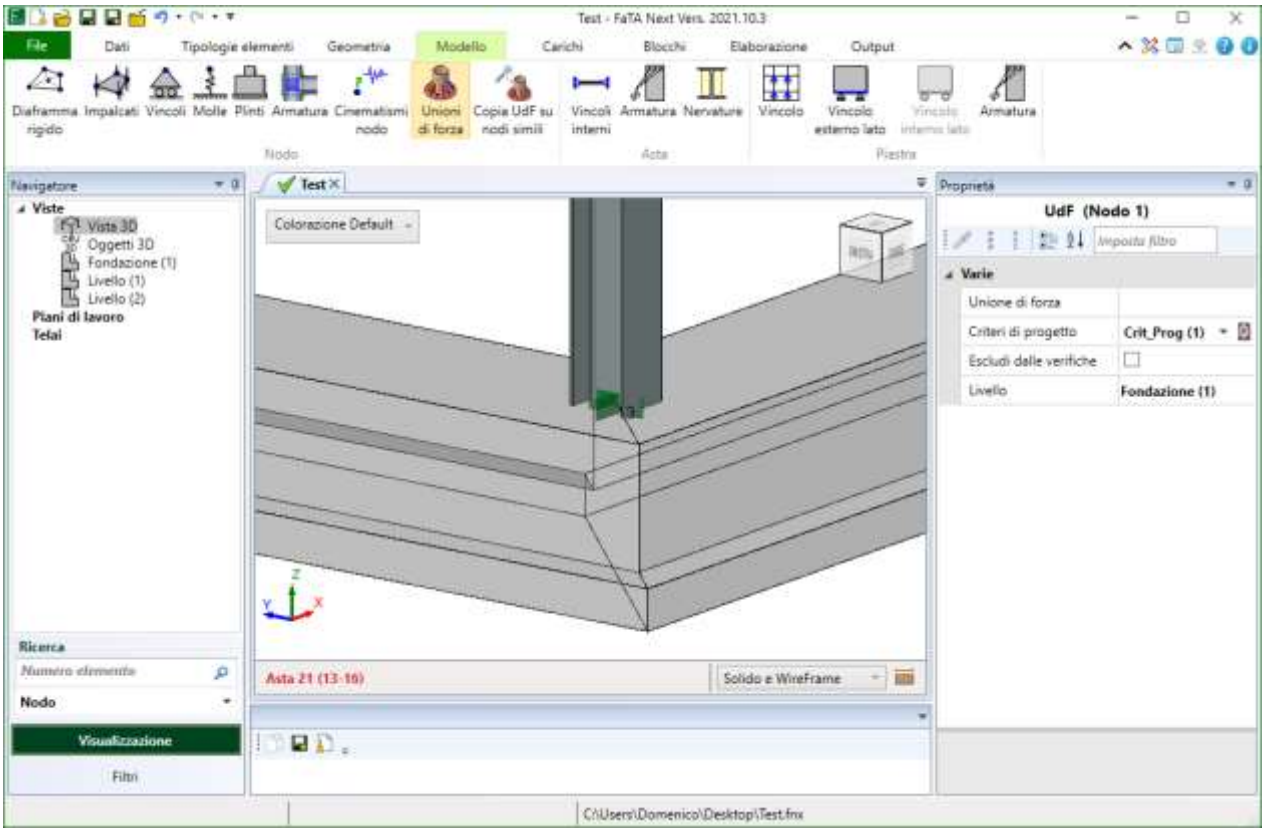
Nel caso in cui volessimo realizzare un collegamento testa colonna-trave, anche in questo caso prima di definire l'unione, dobbiamo procedere alla corretta sagomazione del pilastro e della trave convergenti nel nodo in esame. In particolare, per prima cosa, è necessario sagomare il pilastro rendendo la trave passante su di esso. Per fare questo bisogna utilizzare il comando "Sagoma". In questo caso le operazioni da effettuare sono due: la prima consiste nel prolungare la trave tramite la funzione "Estendi":



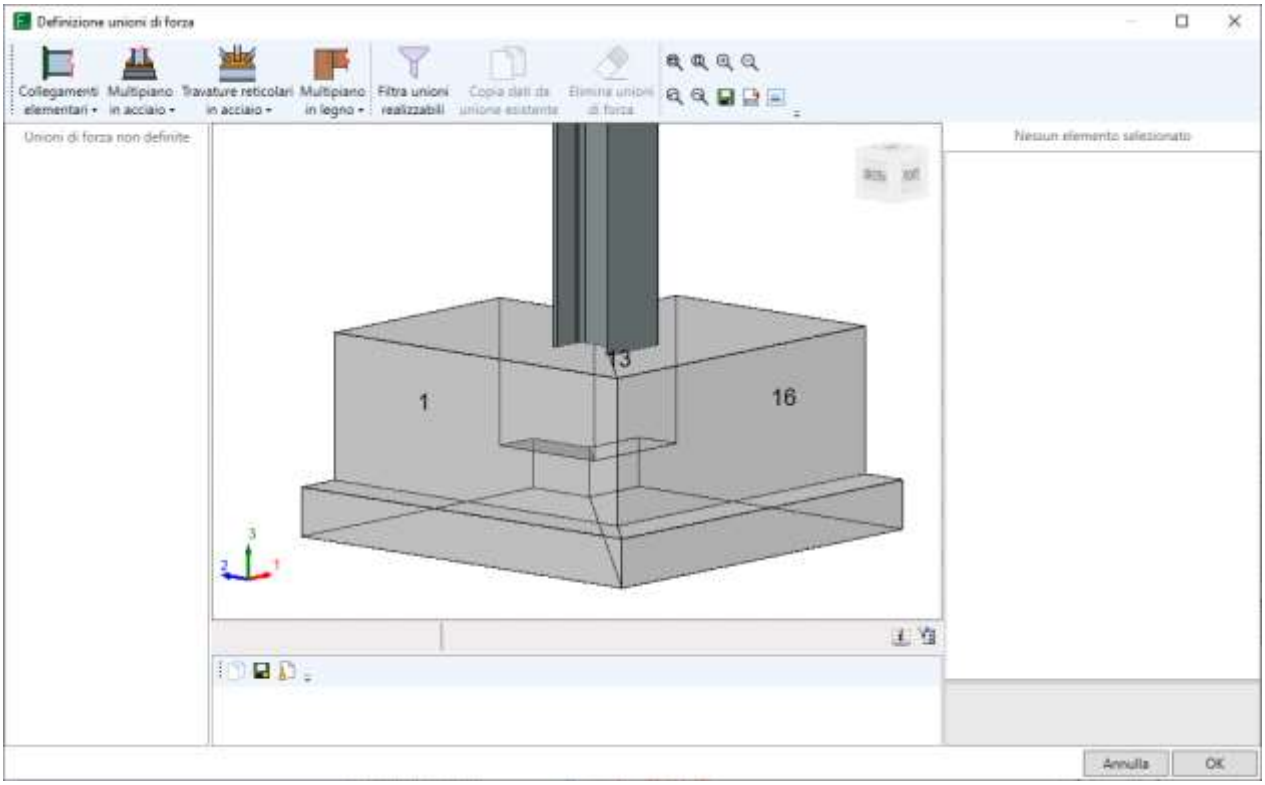
La seconda nel tagliare il piastro tramite la funzione "Accorcia":



Definita la posizione delle aste che a andranno a definire l'unione, possiamo accedere all'ambiente di realizzazione delle unioni di forza cliccando sul pulsante "Unioni di forza"  all'interno del menù "Modello" e scegliendo il nodo sul quale vorremmo andare ad inserire il collegamento (ad esempio il nodo della seguente figura):

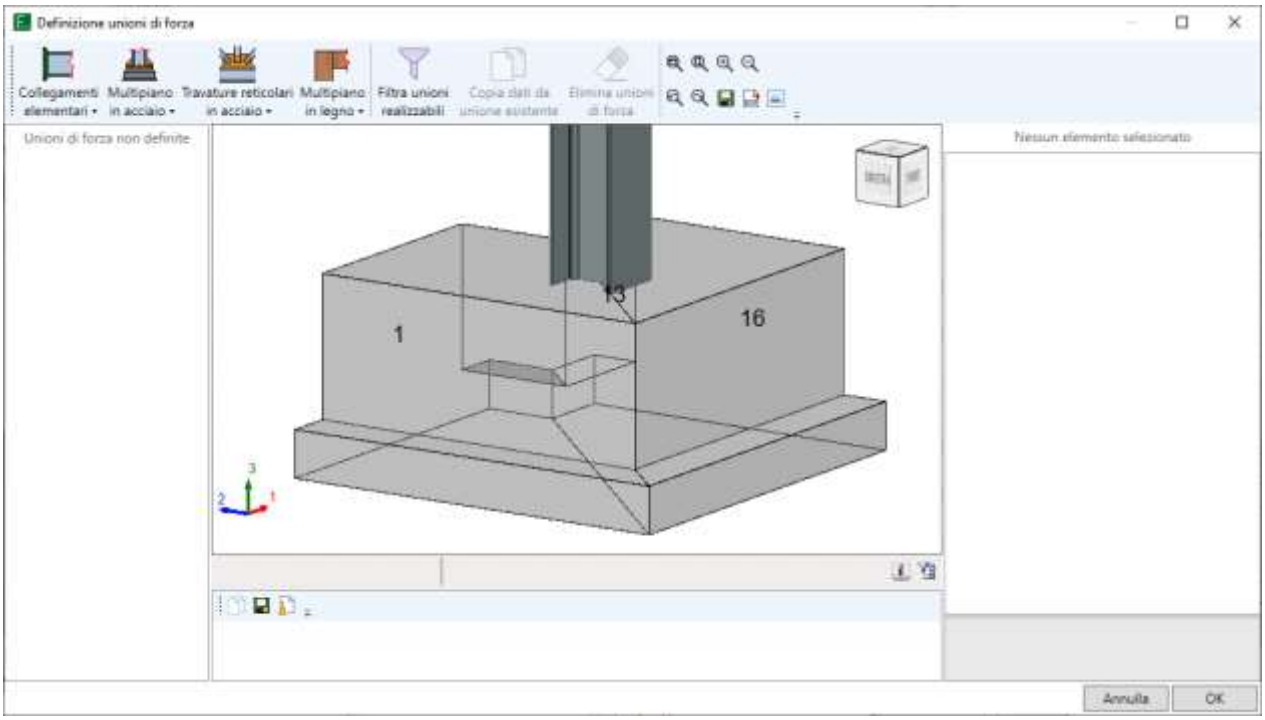


Contestualmente si apre l'ambiente "Definizioni unioni di forza":



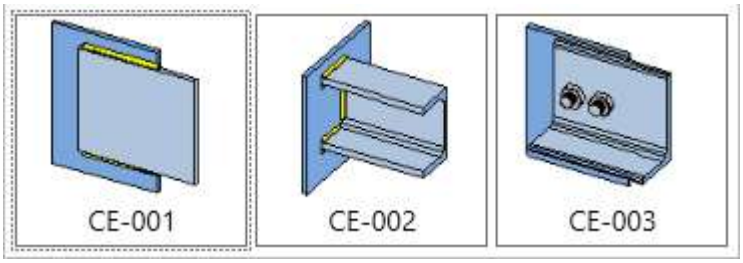
4.3 Definizione unioni di forza

All'interno dell'ambiente "Definizione unioni di forza", dalla barra multifunzione posta nella parte superiore della seguente finestra è possibile scegliere la tipologia di unione da inserire.

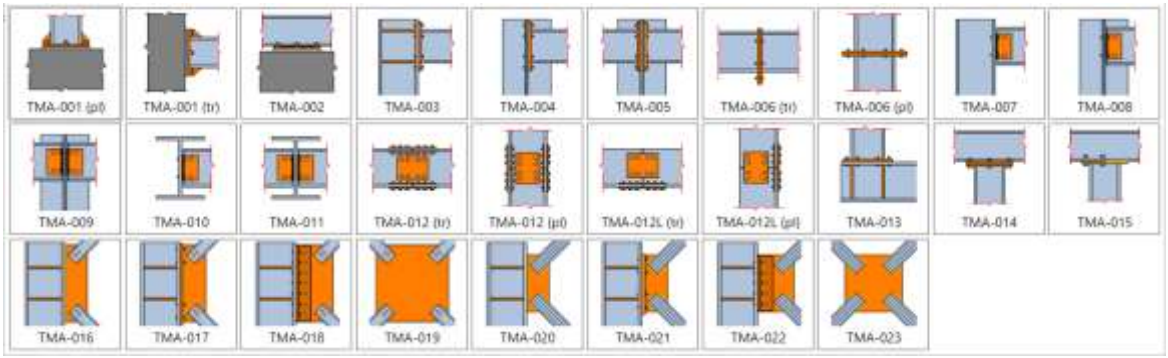


Le famiglie di unioni presenti sono:

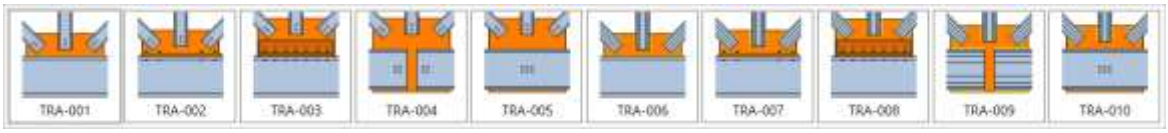
- **Collegamenti elementari**  . Tipologie di collegamenti tra un'asta in acciaio e un elemento esterno all'asta.



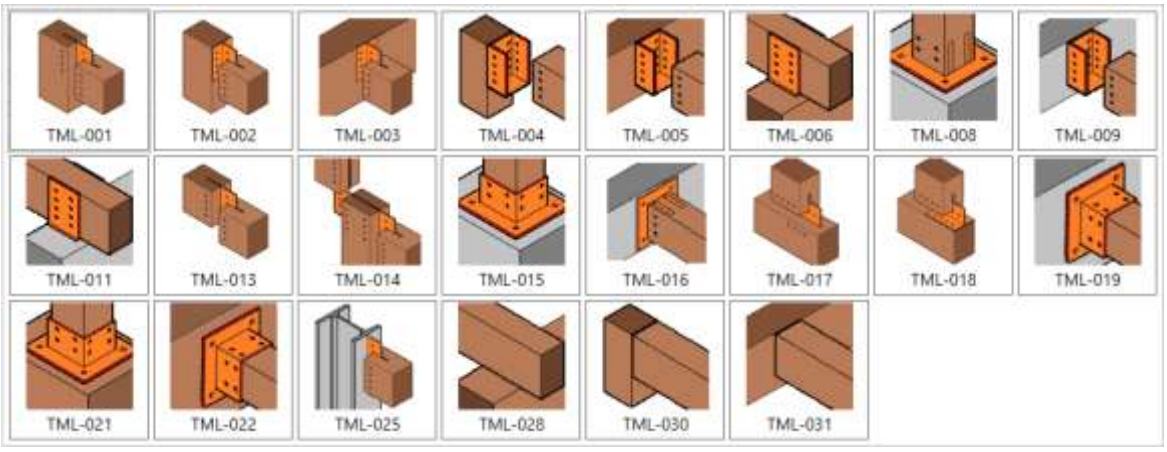
- **Multipiano in acciaio**  **.** Tipologie di collegamenti tra soli elementi in acciaio o tra elementi in acciaio e parti in c.a.



- **Travature reticolari in acciaio**  **.** Tipologie di collegamenti tra elementi di travatura reticolare in acciaio.



- **Multipiano in legno**  **.** Tipologie di collegamenti tra elementi in legno o tra elementi in legno e parti in c.a. Attualmente, fin quando la verifica delle unioni in legno sarà gestita interamete all'interno di FaTA Next (così come avviene già per le unioni in acciaio), è possibile scegliere la tipologia di unione da realizzare in FaTA Next per poi effetuare l'esportazione (all'interno dell'ambiente di verifica), sia della geometria che delle sollecitazioni, verso la piattaforma **Udf TR Legno** (in ***SWStructure***).

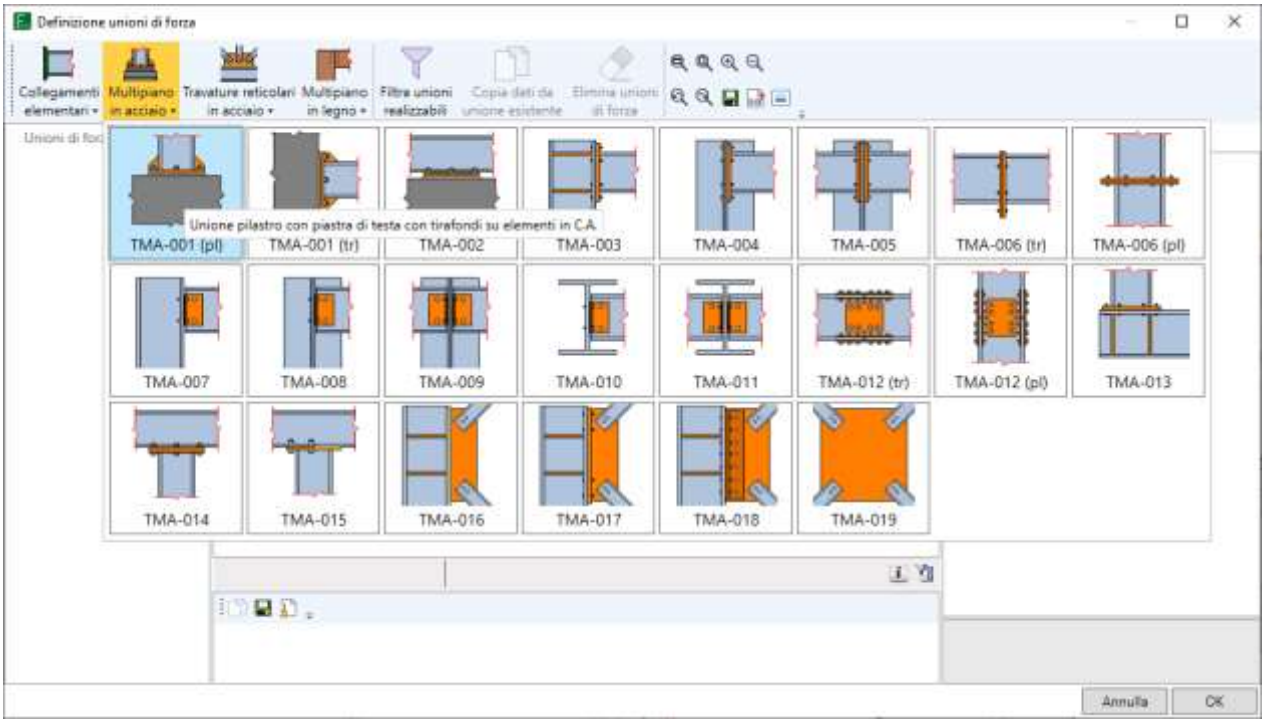


Gli altri comandi presenti nella barra multifunzione sono:

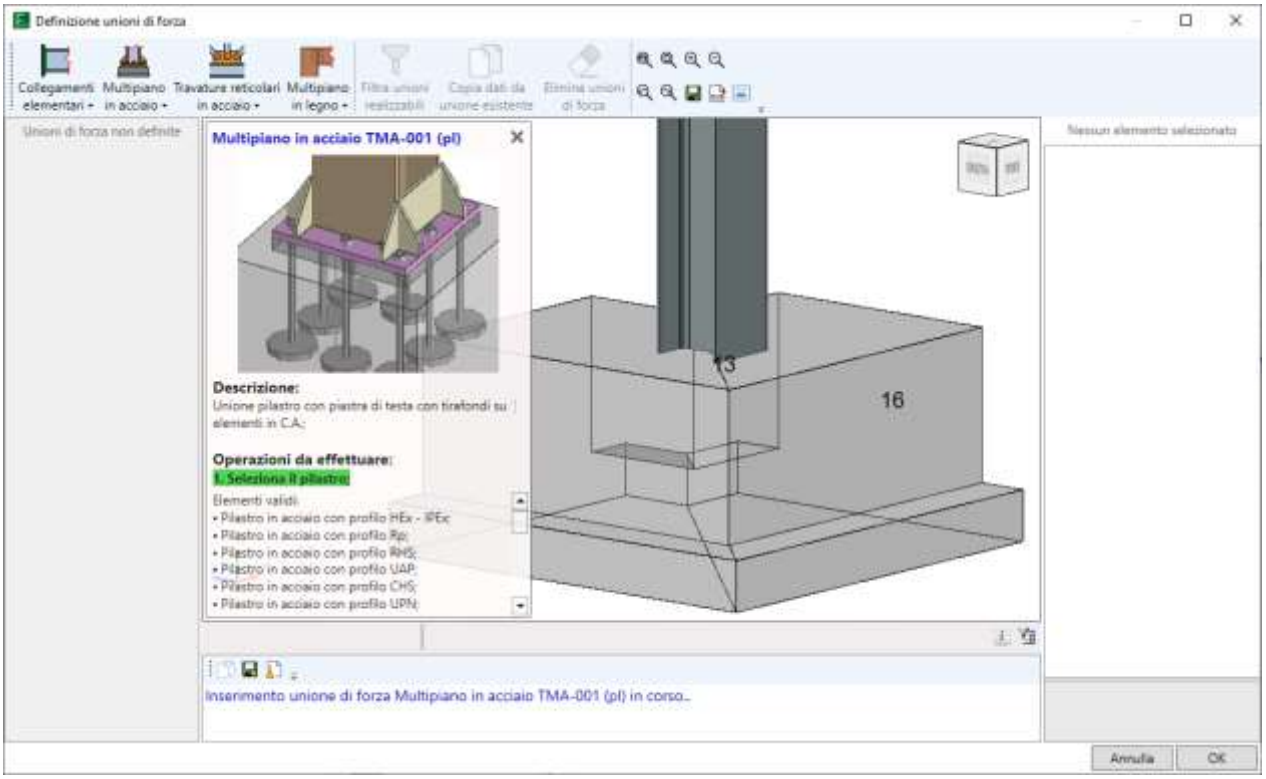
- **Filtra unioni realizzabili**  **.** Se attivo, filtra tutte le unioni realizzabili in fuonzione del tipo di aste che convergono sul nodo scelto;

- **Copia dati da unione esistente** **.** Nel caso in cui sullo stesso nodo è possibile realizzare due o più unioni con la stessa tipologia, una volta dimensionata una, è possibile copiare le proprietà di una sulle altre;
- **Cancella unioni di forza** **.** Cancella tutte le unioni di forza presenti sul nodo in esame;
- **Zoom in**. Effettua uno zoom in avanti;
- **Zoom out**. Effettua uno zoom indietro;
- **Zoom estensione**. Effettua uno zoom in maniera tale da rendere visibili tutti gli elementi ottimizzandone le dimensioni rispetto alla finestra dell'interfaccia;
- **Zoom finestra**. Effettua uno zoom in avanti per gli elementi racchiusi nella finestra;
- **Esporta nel formato DXF**. Esporta nel formato DXF la finestra corrente;
- **Esporta nel formato JPG**. Esporta nel formato JPG la finestra corrente.

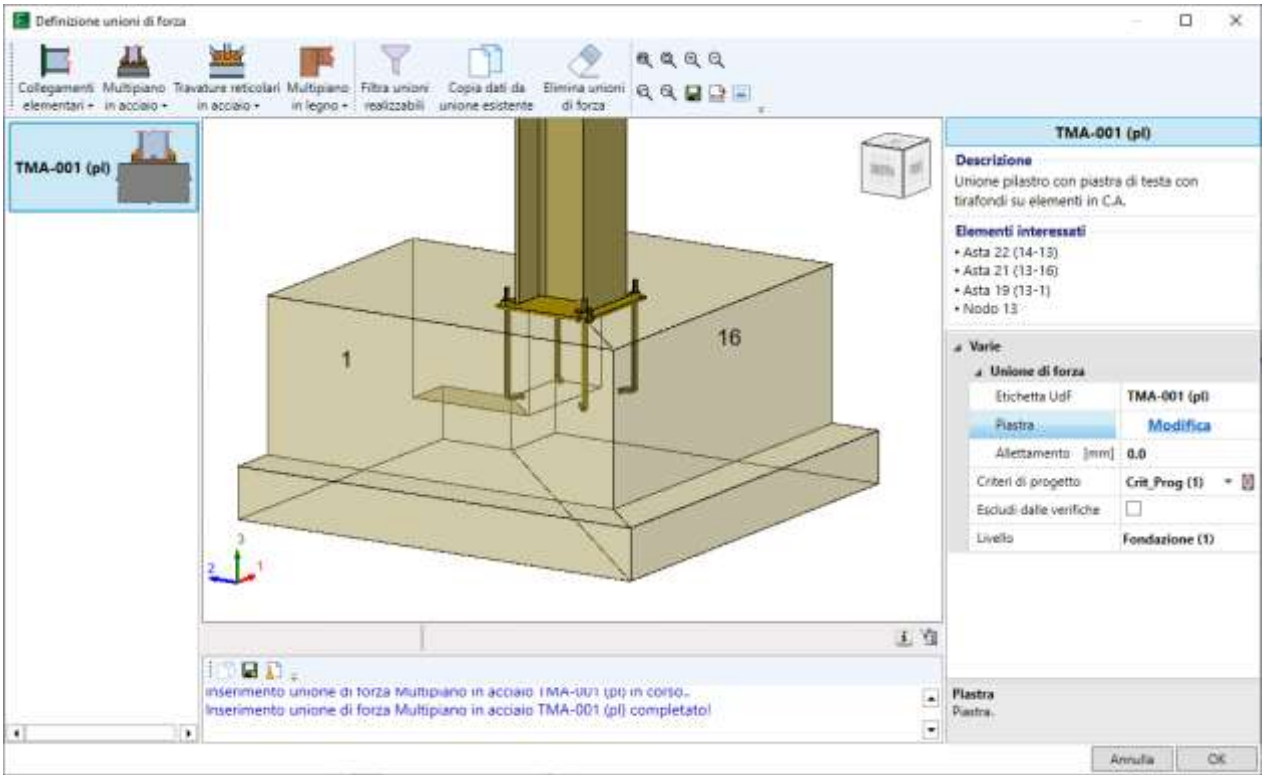
Per inserire un'unione sul nodo in esame è necessario, per prima cosa, come detto in precedenza, scegliere la tipologia di collegamento dalla barra multifunzione. Supponendo di voler definire l'unione colonna-fondazione del nodo riportato nella figura precedente, scegliamo la tipologia voluta cliccando sul pulsante "Multipianno in acciaio", quindi sulla tipologia "Unione con piastra di testa con tirafondi" (TMA-001):



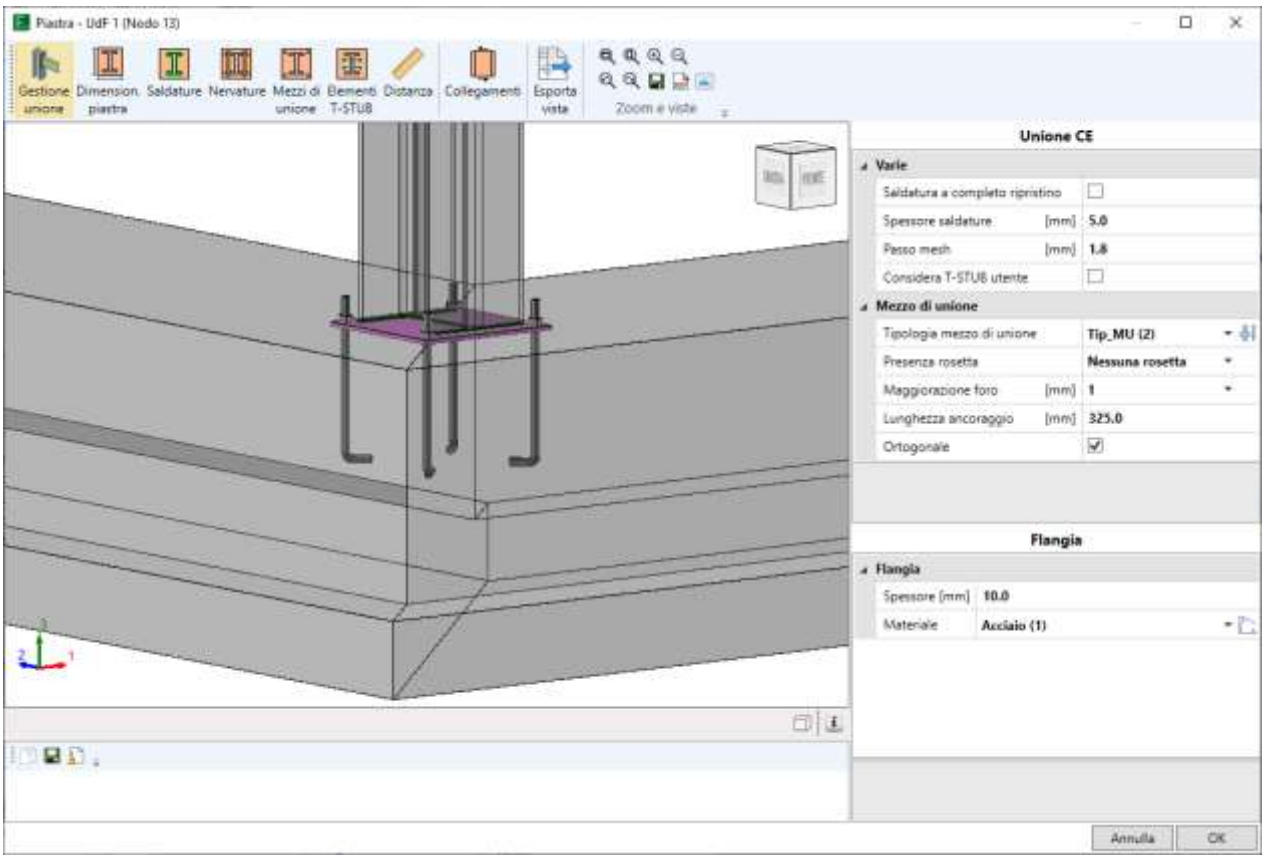
Contestualmente, si apre la finestra (corrispondente alla tipologia di unione scelta) dove vengono elencate le operazioni da effettuare (evidenziate in colore verde) per inserire l'unione in esame. Vengono riportate, inoltre, tutte le tipologie di elementi compatibili con il tipo di unione scelta.



Definita l'unione, oppure dopo aver selezionato una precedentemente definita al fine di modificarne le caratteristiche, sulla parte destra di codesto ambiente viene riportata la descrizione del tipo di unione in esame e tutti gli elementi, con la propria numerazione assunta in input, presenti nel collegamento. E' possibile, inoltre, cambiare la denominazione da utilizzare per l'unione corrente modificando il campo "Etichetta UdF" e modificare alcune proprietà dell'unione in esame.

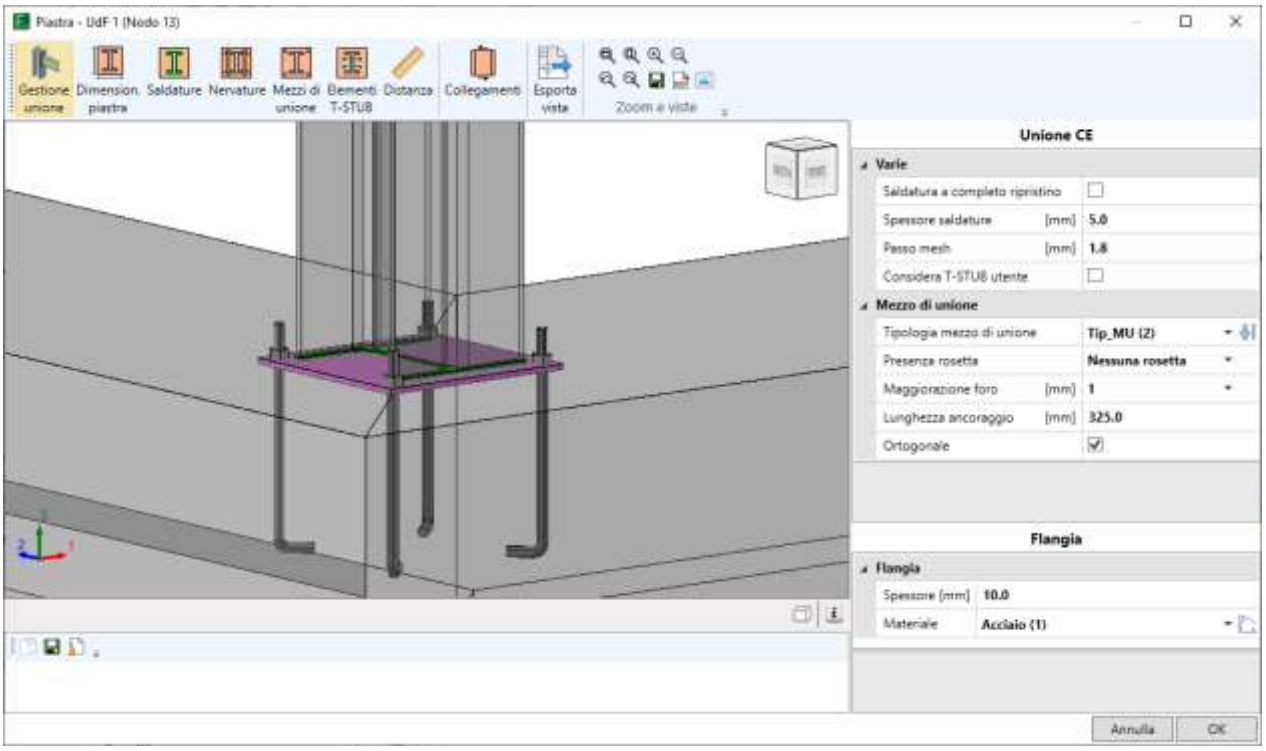


Per accedere all'ambiente di modifica dell'unione bisogna cliccare sul campo "Modifica" in "Piastra di base". Contestualmente si apre il seguente ambiente:

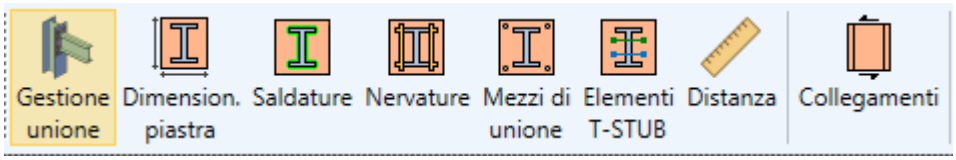


4.4 Gestione Unione

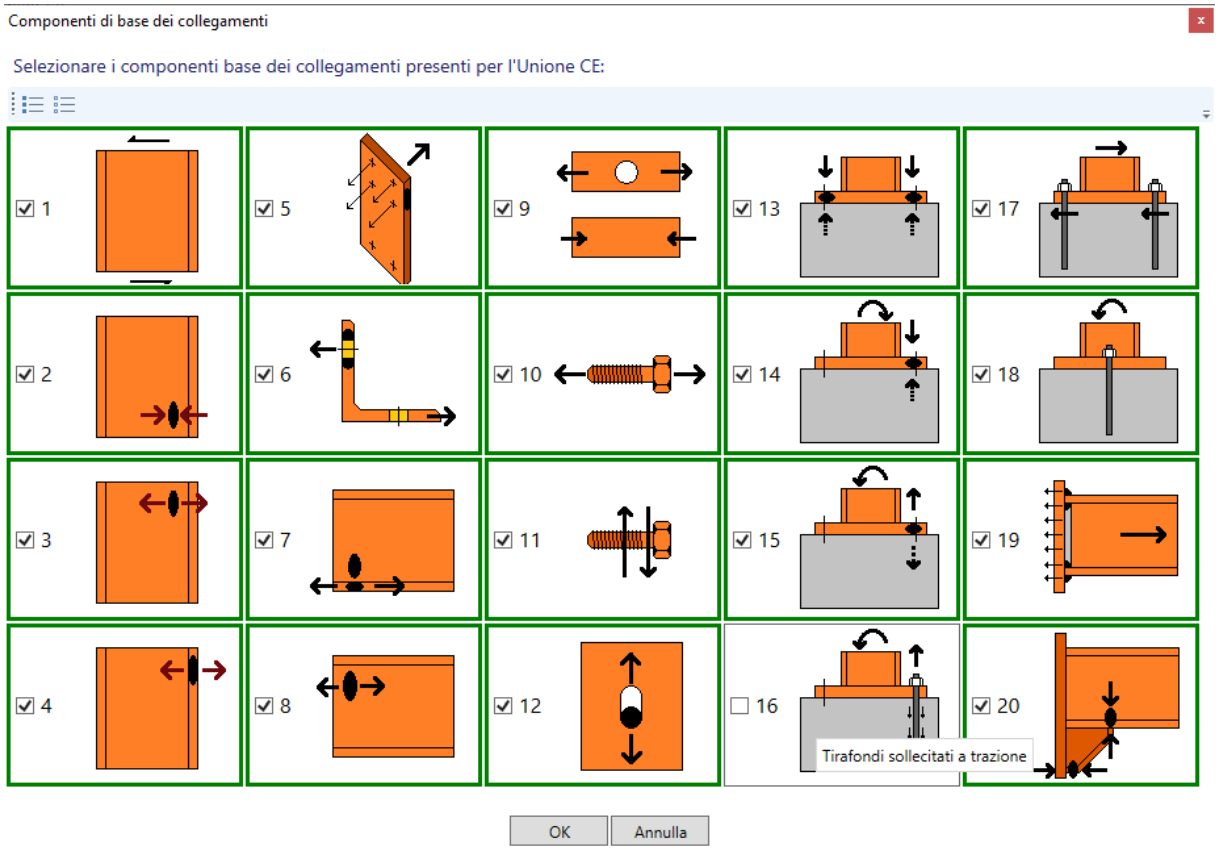
All'interno dell'ambiente "Gestione Unione" è possibile definire ed eventualmente modificare le caratteristiche del collegamento elementare modificando le opportune proprietà.



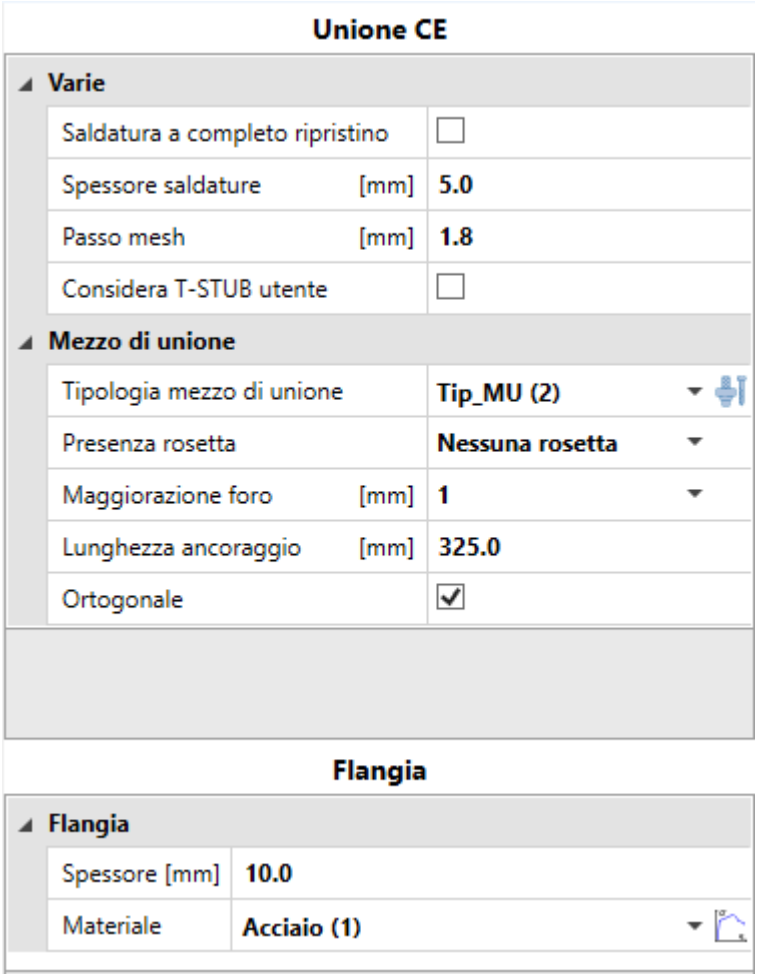
Nella parte superiore del suddetto ambiente è presente il menù dove scegliere quale specifica parte del collegamento andarea a definire:



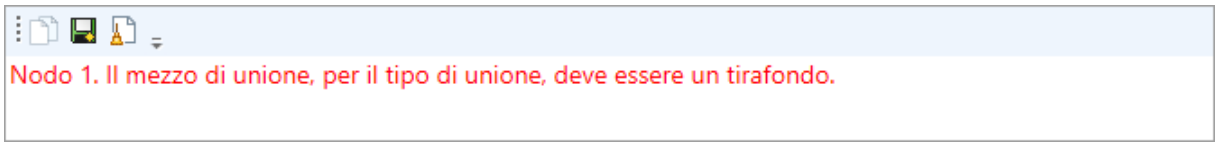
- **Gestione Unione.** Ambiente preposto alla definizione delle caratteristiche del collegamento elementare in esame;
- **Dimensionamento piastra.** Ambiente preposto alla definizione della forma e al dimensionamento della flangia;
- **Saldature.** Ambiente preposto alla gestione delle caratteristiche dei cordoni di saldatura presenti nell'unione;
- **Mezzi di unione.** Ambiente preposto al posizionamento dei mezzi di unione sul collegamento in esame;
- **Nervature.** Ambiente preposto all'inserimento e alla gestione delle nervature presenti sull'unione;
- **Elementi T-STUB.** Ambiente preposto alla definizione degli elementi T-STUB;
- **Collegamenti.** Ambiente preposto alla definizione delle componeti base. Di default sono tutte attive e poi, a seconda della tipologia di unione in esame, il software in automatico stabilisce quali sono le verifiche da effettuare. Nel caso in cui, ad esempio per la piastra di fondazione TMA-001, non si vuole esuire la verifica a estrazione dei tirafondi è sufficiente andare a deselezionare il componente base 16 "Tirafondi sollecitati a trazione".



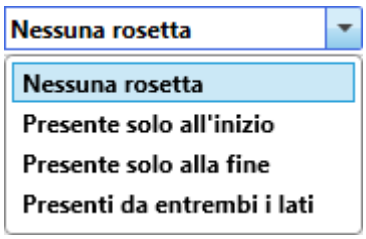
La barra delle proprietà fornisce informazioni sul collegamento elementare in esame e consente di effettuare operazioni di input o di modifica dei suoi parametri. I campi presenti per la definizione del collegamento si differenziano a seconda della tipologia di unione scelta. Nel caso dell'unione colonna-fondazione con piastra di testa con tirafondi i campi presenti in quest'ambiente sono:



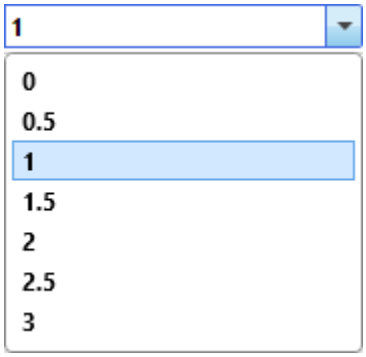
- **Saldatura a completo ripristino.** Selezionare nel caso in cui si vogliono considerare le saldature a completa penetrazione;
- **Spessore saldature.** Spessore dei cordoni di saldatura (campo visibile ed editabile se il campo "Saldatura a completo ripristino" risulta non selezionato);
- **Passo mesh.** Passo adottato dal codice di calcolo per la discretizzazione a mesh delle saldature;
- **Considera T-STUB Utente.** Selezionare nel caso in cui si vogliono considerare nelle verifiche elementi T-STUB definiti dall'utente;
- **Tipologia mezzo di unione.** Tipologia di mezzo di unione assegnata al collegamento fra quelle definite nell' apposito editor; Nel caso in cui si scegliesse un mezzo di unione non compatibile con la tipologia di unione in esame il software ci restituirà un messaggio di warning. Nel caso in esame:



  - **Apri Editor**  . Permette di accedere all' "Editor mezzi di unione";
- **Presenza rosetta.** Presenza della rosetta nel mezzo di unione. E' possibile scegliere se prevedere la presenza della rosetta o meno nel mezzo di unione. In caso affermativo è possibile scegliere se posizionare la rosetta solo all'inizio del collegamento, solo alla fine oppure su entrambi i lati.



- **Maggiorazione foro.** Maggiorazione del foro da aggiungere al diametro del gambo del connettore metallico presente nell'unione;

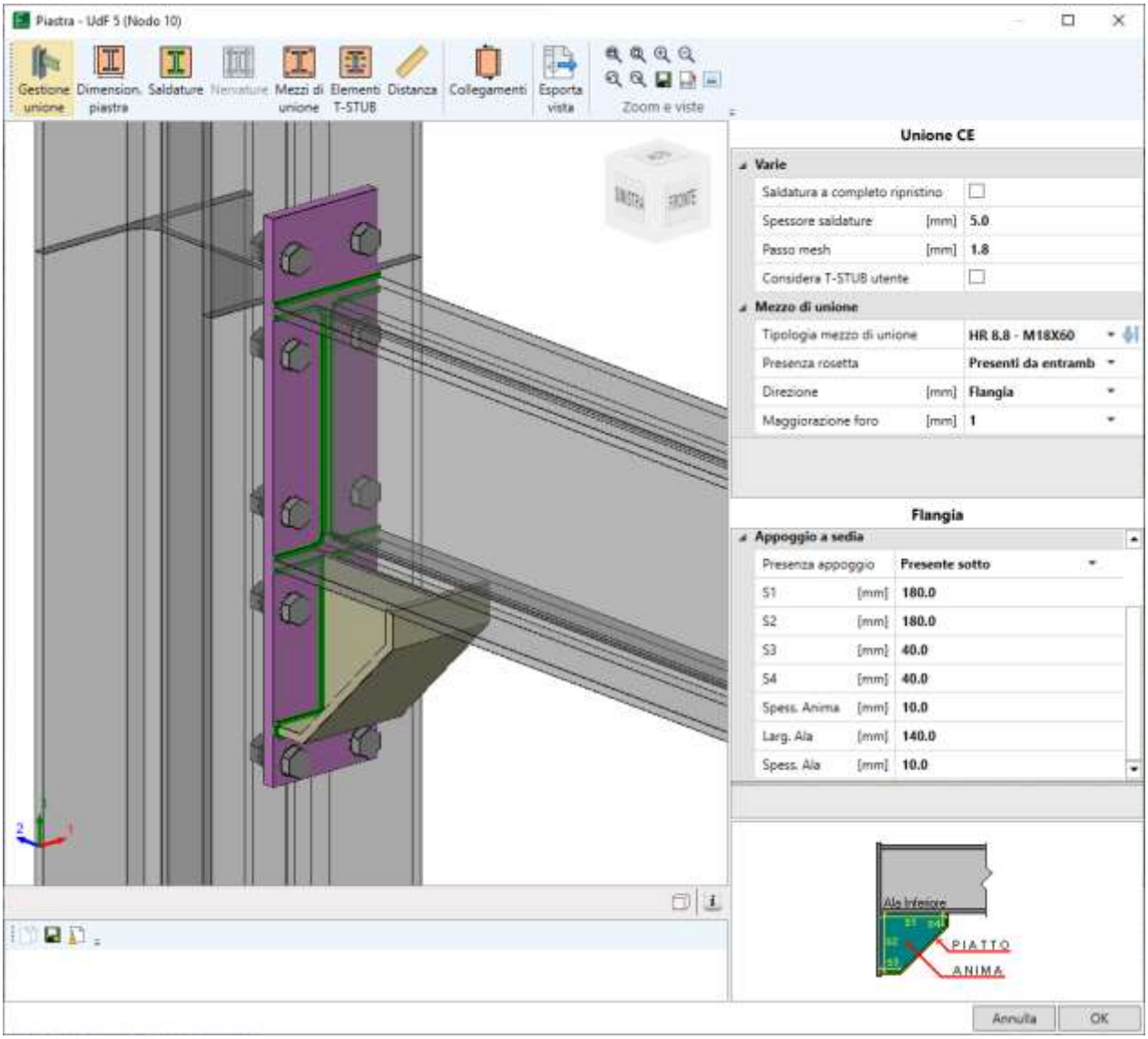


- **Lunghezza di ancoraggio.** Lunghezza di ancoraggio dei tirafondi.

Flangia

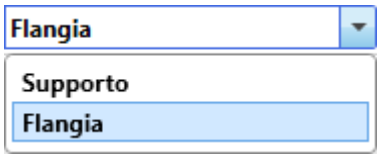
- **Spessore.** Spessore della piastra di base;
- **Materiale.** Materiale da assegnare alla piastra di base;
  - **Apri Editor**  . Permette di accedere all' editor "Tipologie materiali";

Nel caso di unione trave-colonna con flangia in presenza di rinforzo (con mensola di sostegno all'estremità della trave), sempre all'interno di questo ambiente, è necessario definire le dimensioni dell'appoggio a sedia:



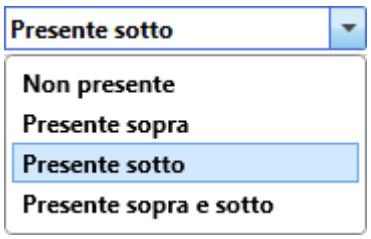
Per questa tipologia di unione, oltre ai campi presenti nell'unione colonna-fondazione, sono presenti i seguenti campi:

- **Direzione assieme.** Direzione di inserimento dell'assieme. E' possibile scegliere se inserire l'assieme dalla parte della flangia oppure del supporto.



Facendo riferimento alla figura riportata nello specchietto in basso a destra della finestra precedente, che riporta i riferimenti geometrici dell'appoggio a sedia, dobbiamo definire le seguenti quantità:

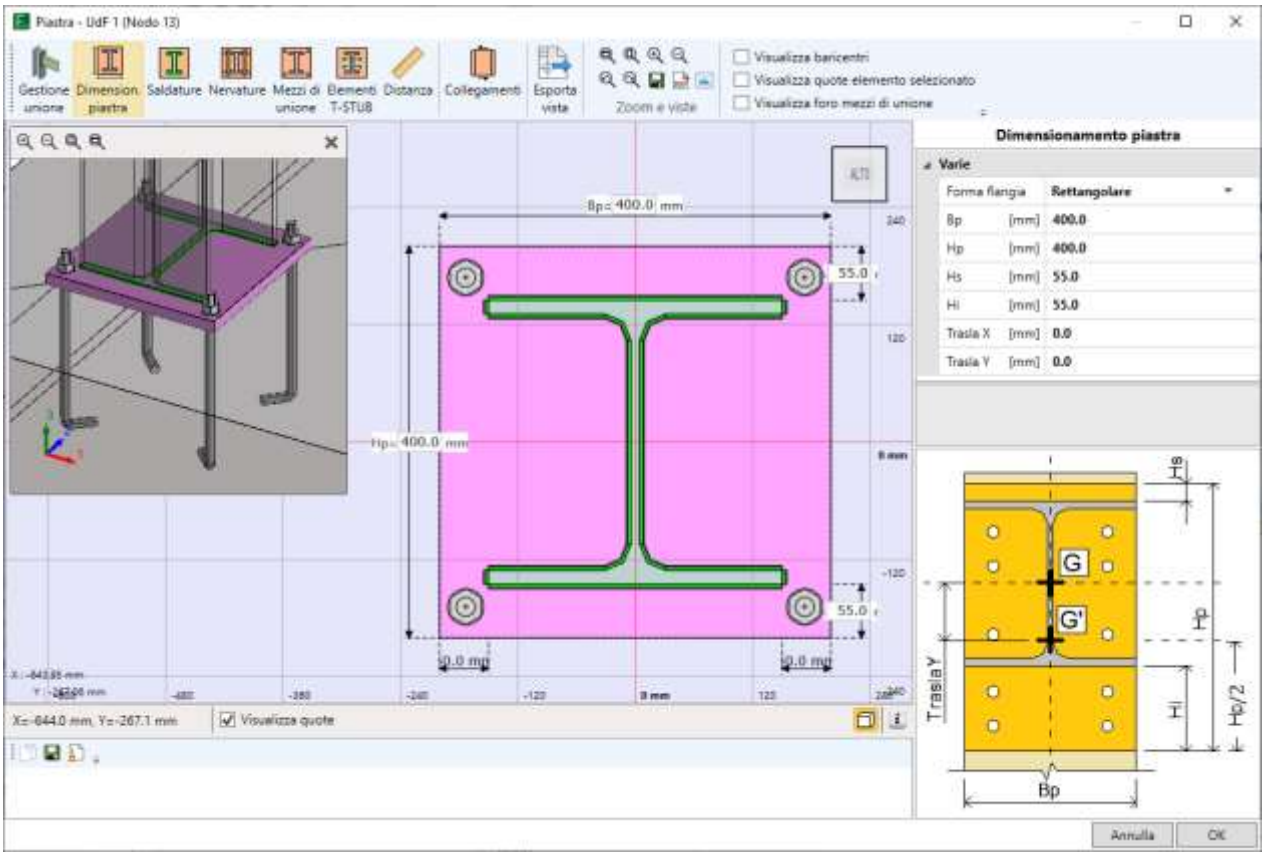
- **Presenza appoggio.** Presenza dell'appoggio a sedia sull'unione in esame. E' possibile scegliere se prevedere la presenza dell'appoggio o meno sull'unione. In caso affermativo è possibile scegliere se posizionare l'appoggio solo sopra la trave, solo sotto la trave oppure su entrambi i lati.



- **S1.** Dimensione S1 dell'appoggio;
- **S2.** Dimensione S2 dell'appoggio;
- **S3.** Dimensione S3 dell'appoggio;
- **S4.** Dimensione S4 dell'appoggio;
- **Spess. Anima.** Spessore dell'anima dell'appoggio;
- **Larg. Ala.** Larghezza dell'ala dell'appoggio;
- **Spess. Ala.** Spessore dell'ala dell'appoggio.

4.5 Dimensionamento piastra

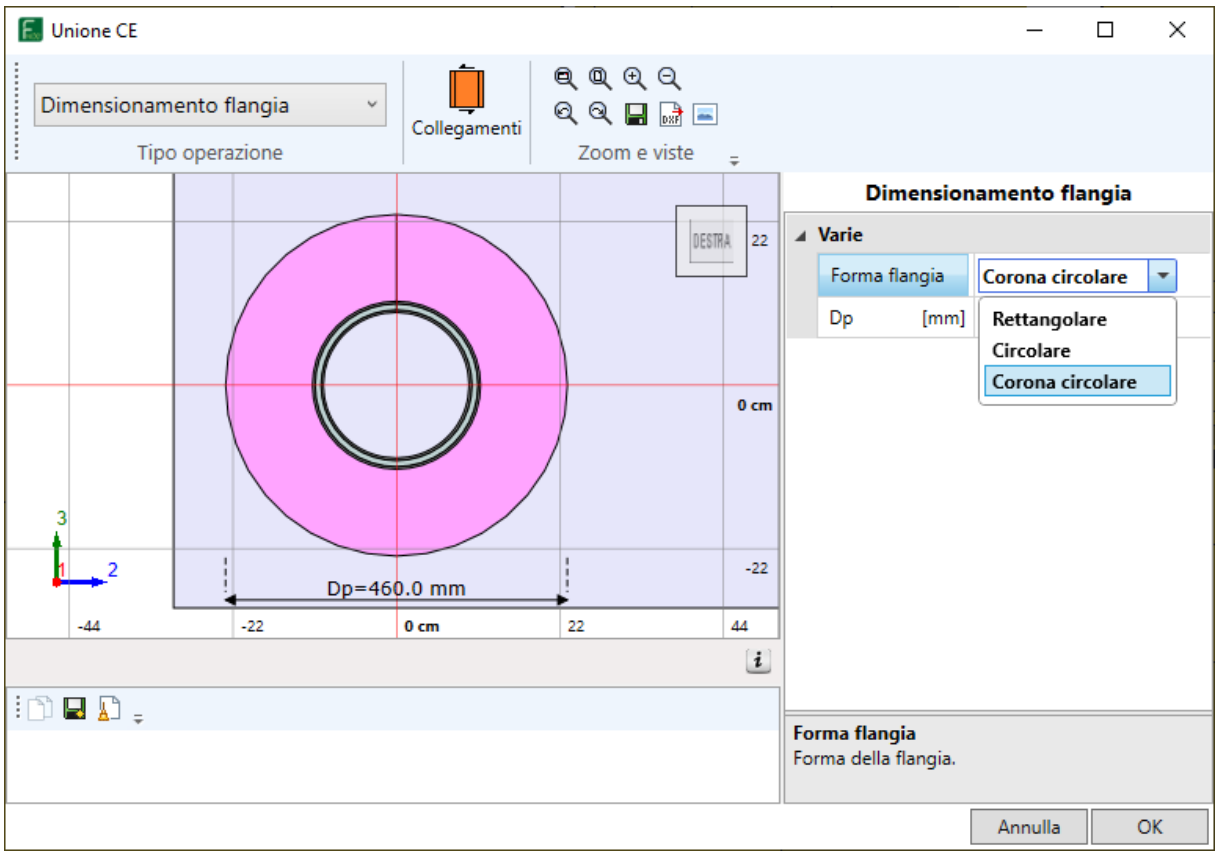
All'interno dell'ambiente "Dimensionamento piastra" è possibile definire la forma e la dimensione della flangia modificando le opportune grandezze.



I campi da definire sono:

- **Forma flangia.** Per alcune tipologie di unione è possibile scegliere la forma che deve assumere la flangia. Nel caso di unione colonna-fondazione con piastra di base, in cui la colonna in acciaio ha forma circolare, è possibile sceglire tra le seguenti forme:

  - Rettangolare;
  - Circolare;
  - Corona circolare.



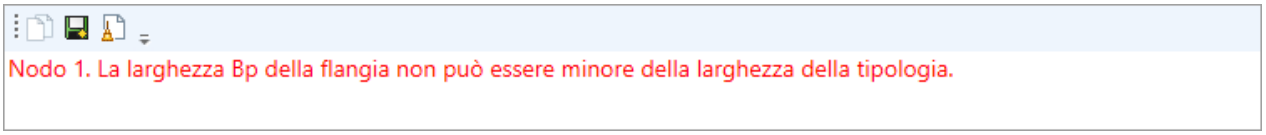
- **Dp.** Diametro della flangia (campo presente solamente nel caso di flangia circolare);
- **Bp.** Larghezza della flangia (o piastra);
- **Hp.** Altezza della flangia (o piastra);
- **Trasla X.** Traslazione della flangia in direzione X locale;
- **Trasla Y.** Traslazione della flangia in direzione Y locale;

Alcune di queste grandezze oltre ad essere modificate dal box a destra possono essere editate direttamente sull'oggetto.

Anche in questa fase, il programma provvederà ad effettuare dei controlli geometrici di fattibilità. Inserendo una dimensione della flangia non compatibile il software ci segnalerà tale anomalia. Nel caso in cui andremo a definire una dimensione della flangia maggiore di quella consentita, ad esempio una dimensione della piastra è maggiore del supporto in calcestruzzo, il software ci restituirà il seguente messaggio:

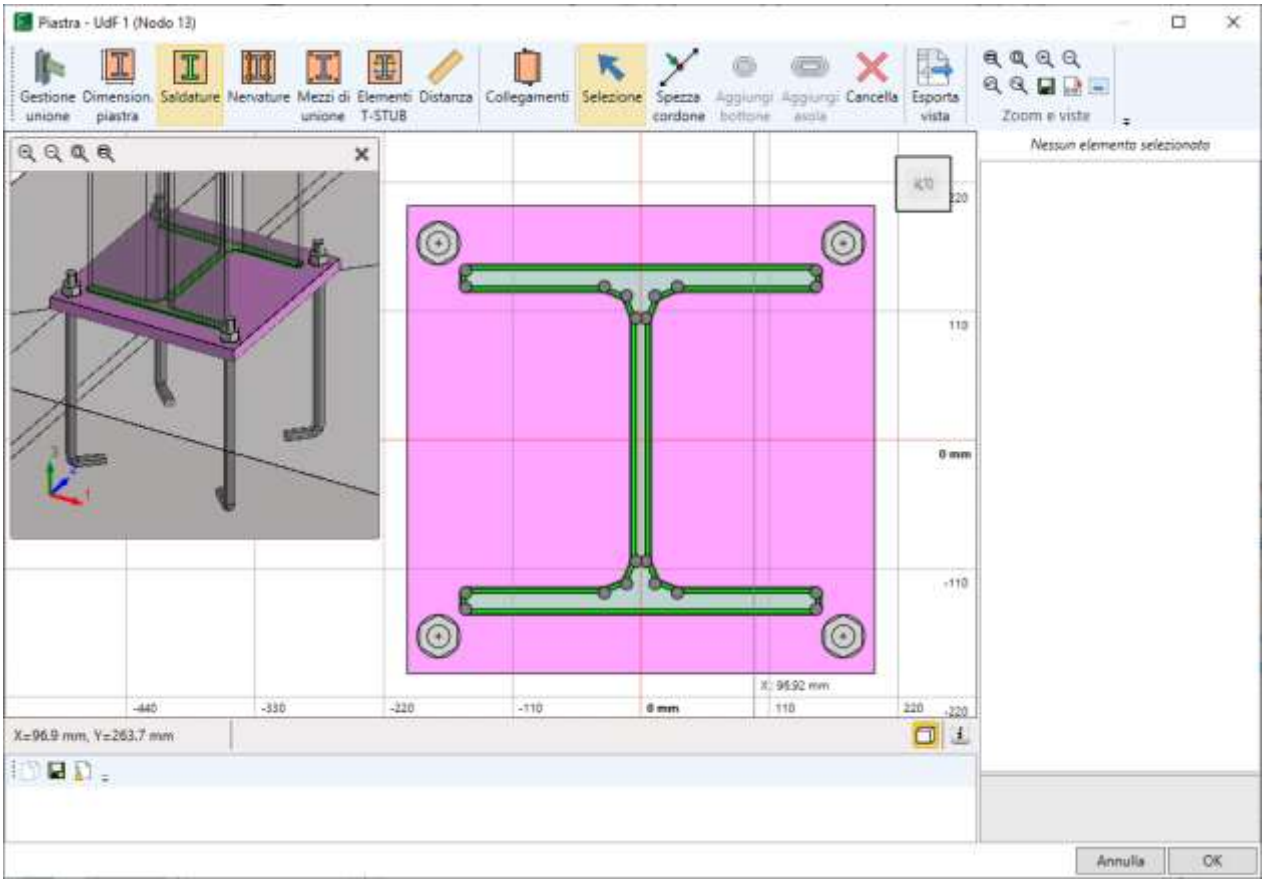


Se, invece, inseriamo una dimensione della flangia (ad esempio la larghezza della flangia Bp) minore di quella del profilato il software ci restituisce il seguente messaggio:



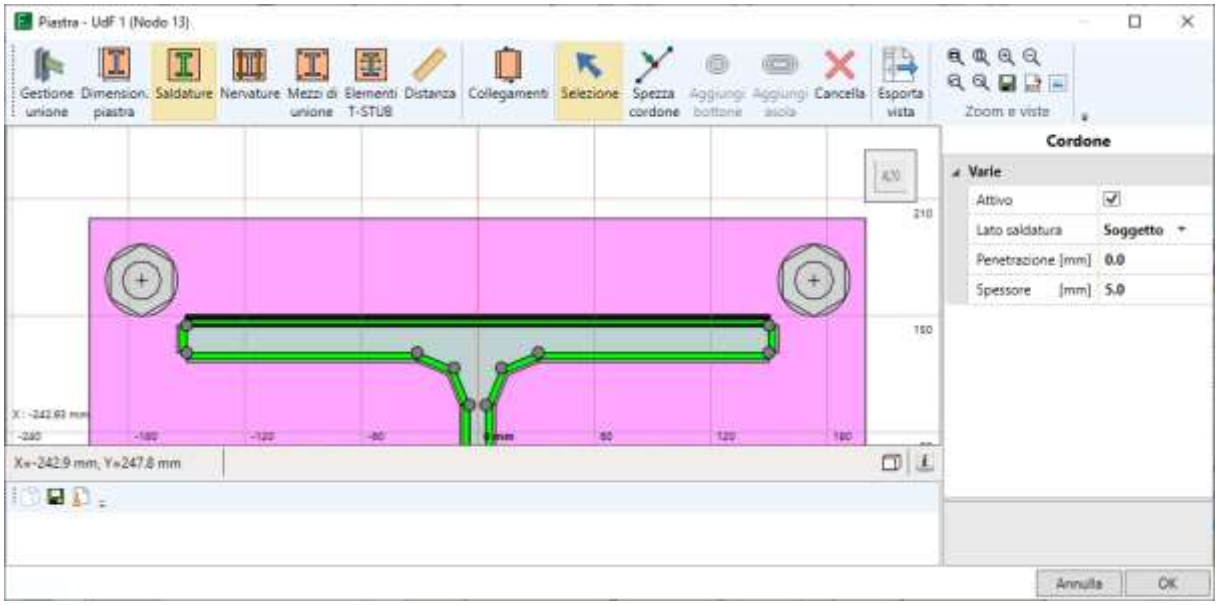
4.6 Saldature

All'interno dell'ambiente "Saldature" è possibile definire le caratteristiche dei cordoni di saldatura presenti sull'unione in esame.



Nella parte superiore del suddetto ambiente sono presenti, in aggiunta a quelli definiti nei precedenti paragrafi, i seguenti comandi:

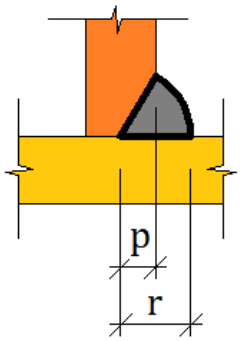
- **Selezione.** Permette di selezionare uno più cordoni di saldatura per modificare le caratteristiche; Uno volta selezionato il cordone, questo verrà evidenziato come riportato nella seguente figura:



Contestualmente alla selezione, sulla destra della precedente figura verranno riportati le caratteristiche del cordone selezionato. In particolare:

- Attivo. Deselezionare nel caso in cui si vuole che un lato del profilato non venga saldato. Di default il software inserirà le saldature lungo tutti i lati del profilato a contatto con la flangia.

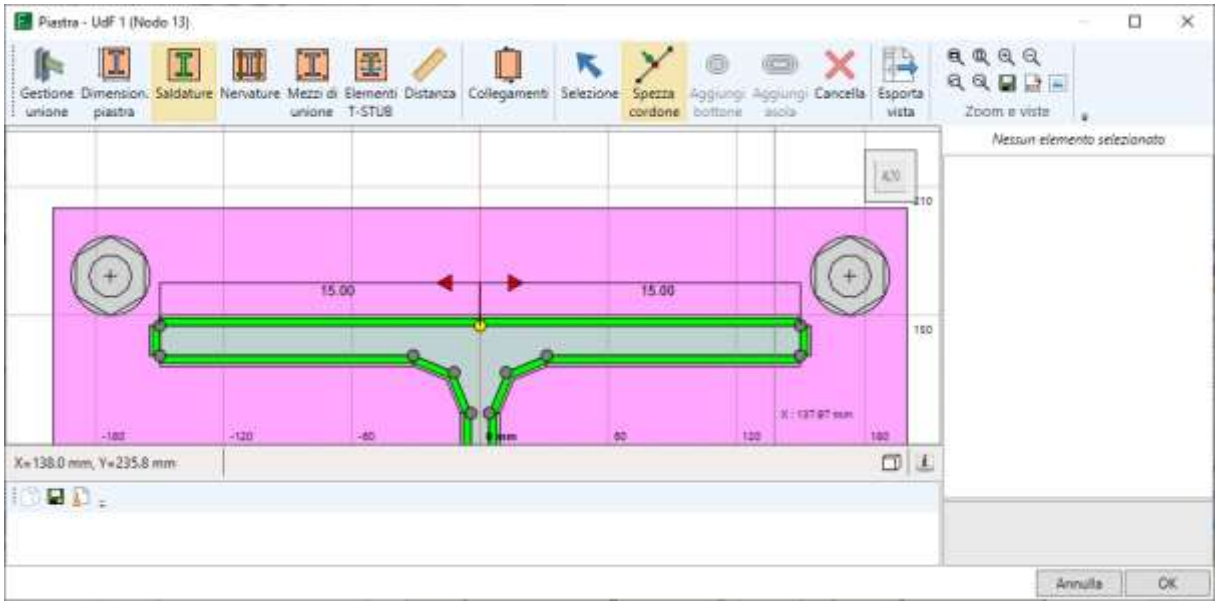
- **Penetrazione.** Valore del rientro (distanza p della seguente figuara) della saldatura nel caso di saldatura a parziale penetrazione;



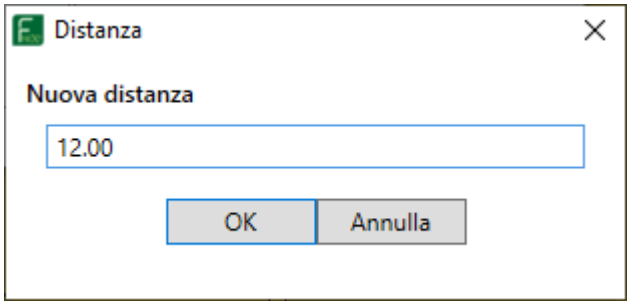
- Lato saldatura.

- Spessore. Spessore del cordone di saldatura. Di default tutti gli spessori dei cordoni vengono impostati al valore definito nell'ambiente "Gestione Unione CE". In questa fase è possibile personalizzare lo spessore di uno o più cordoni selezionati;

- **Spezza cordone.** Cliccare su un punto lungo il cordone per spezzarlo aggiungendo un nuovo punto.



Per modificare la posizione del punto inserito bisogna selezionare uno degli estremi della quota (freccia rossa) e modificare il valore.

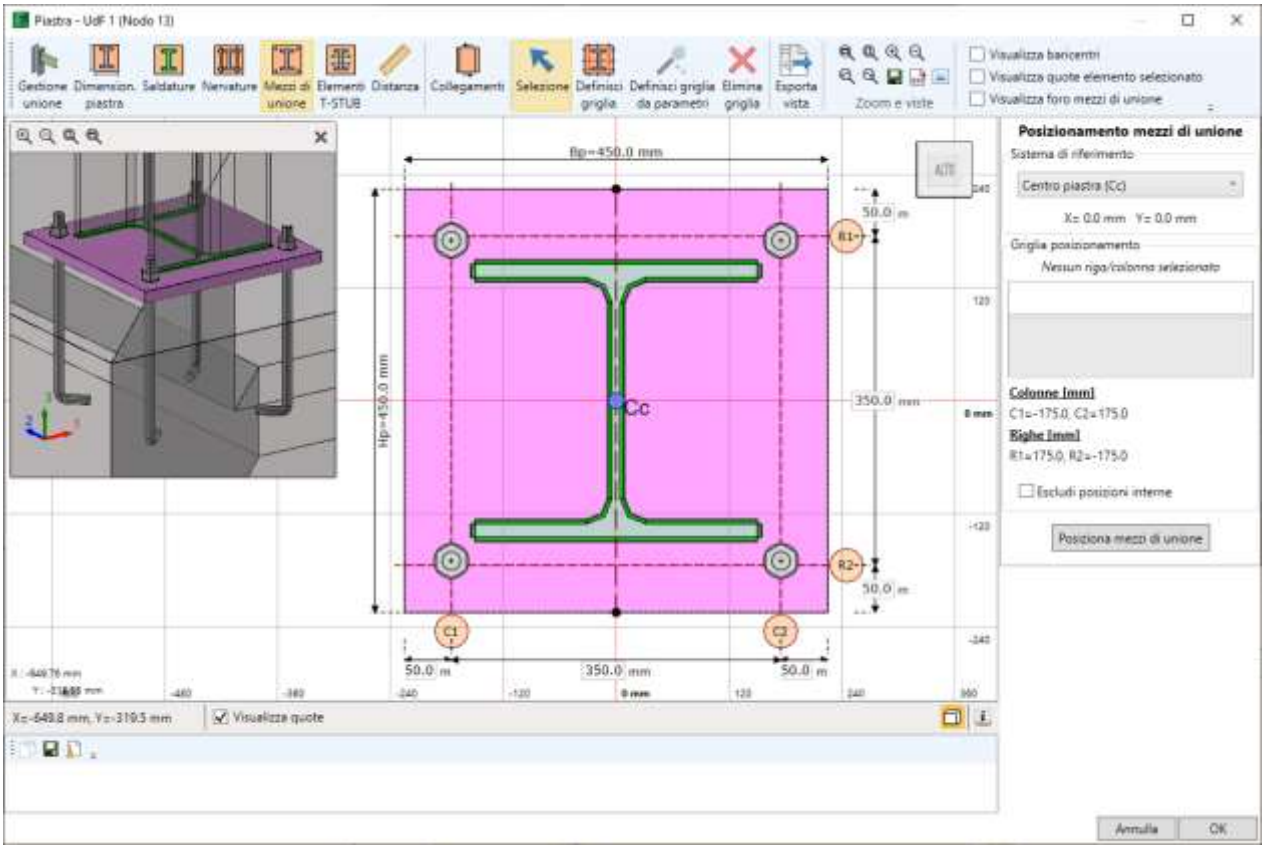


- **Aggiungi bottone.**
- **Aggiungi asola.**
- **Cancella.** Cliccare su un punto eliminabile per cancellarlo ed unire due cordoni.

4.7 Mezzi di unione

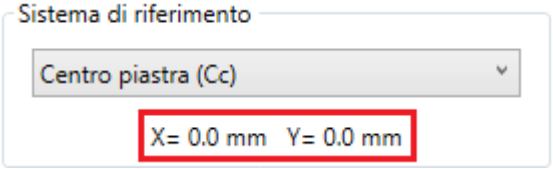
All'interno dell'ambiente "Mezzi di unione" è possibile definire il posizionamento degli stessi sul collegamento

in esame.

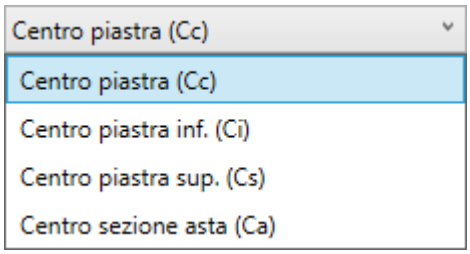


Sulla destra della finestra precedente sono presenti i campi per la definizione della posizione dei mezzi di unione.

- **Sistema di riferimento.** Sistema di riferimento rispetto al quale definire le coordinate X e Y dei centri di foratura per l'inserimento dei mezzi di unione; Sotto il sistema di riferimento scelto (come evidenziato nella seguente figura) vengono riportate le coordinate dell'origine del sistema di riferimento stesso rispetto al centro della piastra Cc.



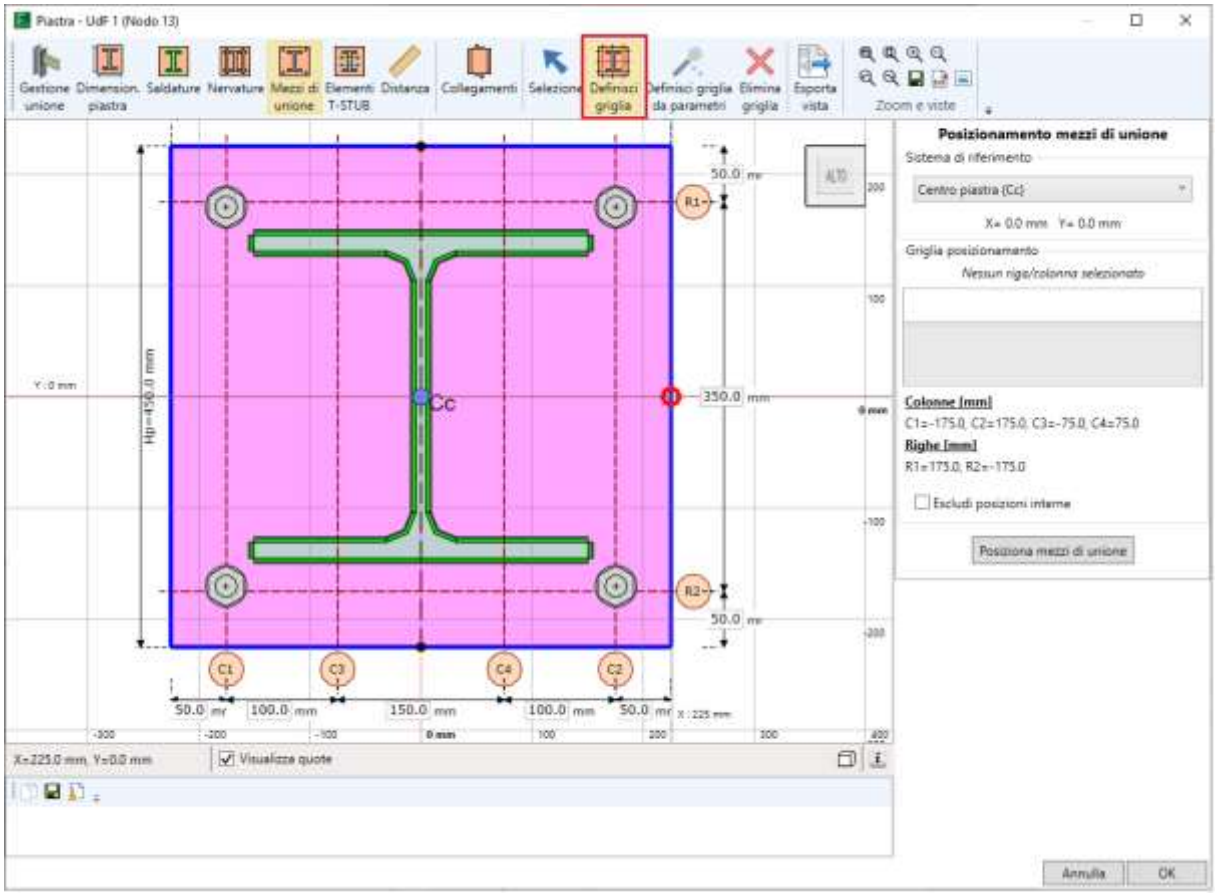
I sistemi di riferimento presenti sono:



Per posizionare i mezzi di unione si può procedere secondo due diverse modalità:

- **1) <u>DEFINISCI GRIGLIA</u>** 

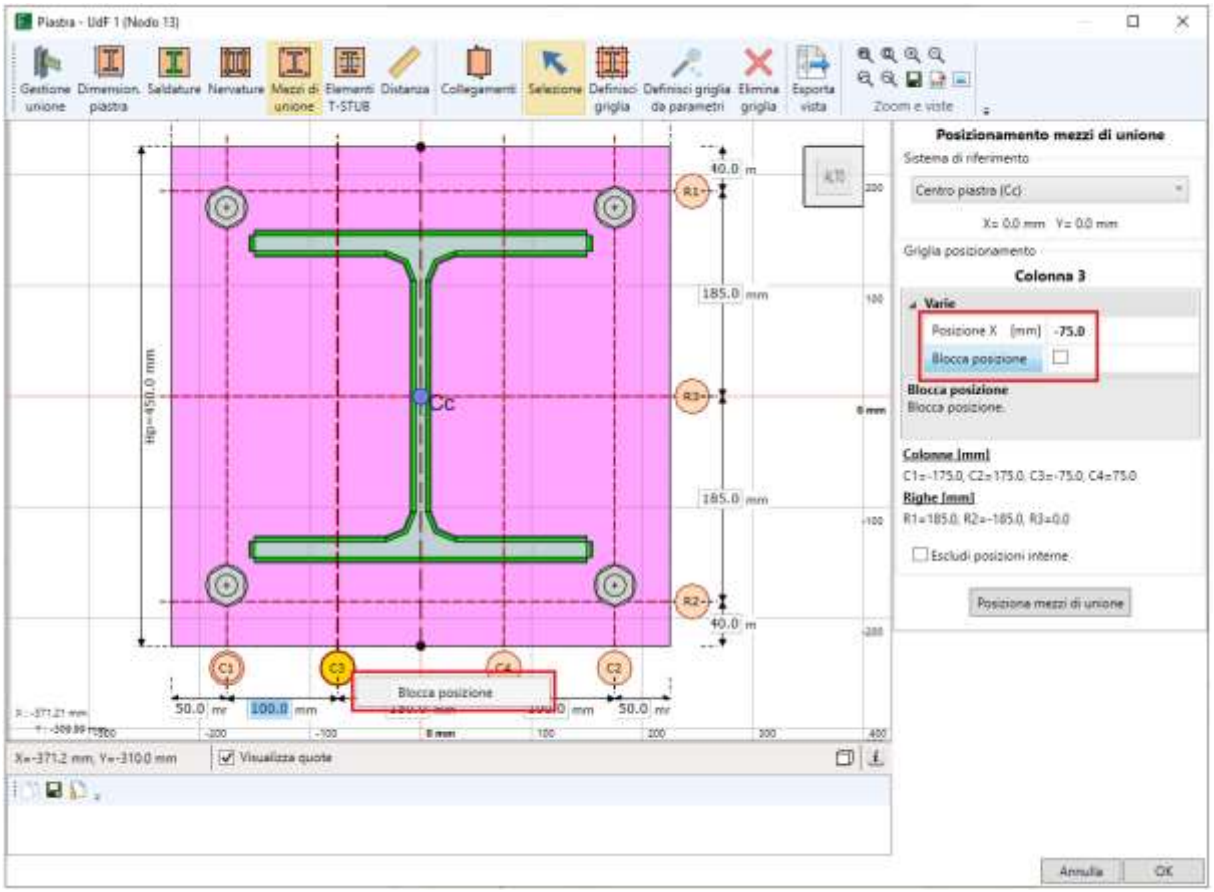
Contestualmente all'attivazione di tale funzione ("Definisci Griglia") sul perimetro del della piastra/flangia, che verrà evidenziato in blu e diventerà "snappabile", sarà possibile selezionare e inserire le righe e le colonne che andranno a definire la griglia per il posizionamento delìi mezzi di unioni.



Una volta inserite le righe e le colonne è possibile modificare la distanza tra e esse o dal bordo editando la misura direttamente sulla quota. E' possibile bloccare la posizione di una riga o colonna, per variare le distanze delle altre ma lasciando invariata la posizione di una o più righe/colonne bloccate, selezionando la riga/colonna interessata 

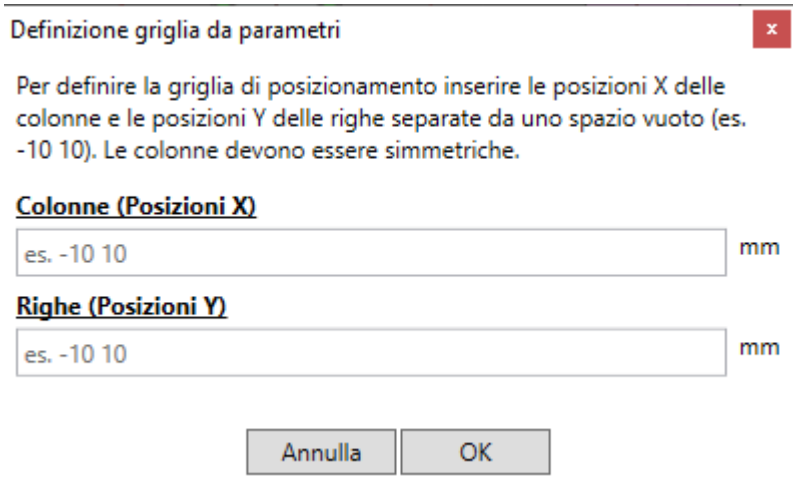
e cliccando sul tasto destro del mouse scegliendo "Blocca posizione" oppure selezionando nel box a destra "Blocca posizione". Contestualmente l'icona assumera il seguente aspetto 

(il doppio cerchio indica che la posizione è bloccata). Oltre a bloccare la posizione, nel box a destra è possibile variare la posizione della riga/colonna selezionata rispetto al sistema di riferimento scelto.

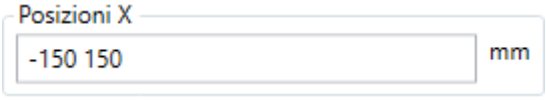


- **2) <u>DEFINISCI GRIGLIA DA PARAMETRI</u>** 

In alternativa alla definizione della griglia tramite l'inserimeto munuale delle righe e colonne sul perimetro della piastra è possibile definire la griglia da parametri:



  - **Posizione X.** Coordinate in direzione X dei mezzi di unione da inserire. Nel caso in cui bisogna inserire più valori, questi devono essere separati da uno spazio vuoto.

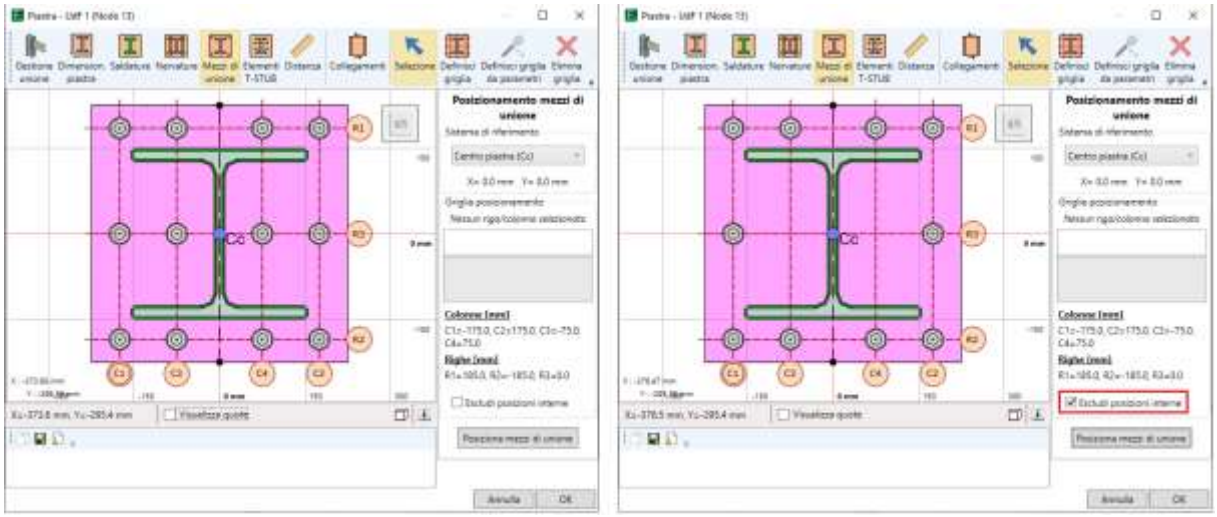


Per alcune tipologie di unioni, le posizioni dei mezzi di unione da inserire in questa direzione devono essere simmetriche. In caso contrario, ad es. -150 130, il software ci restituirà il seguente messaggio di errore:

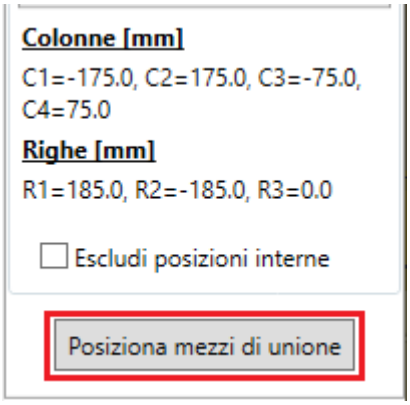


- **Posizione Y.** Coordinate in direzione Y dei mezzi di unione da inserire.

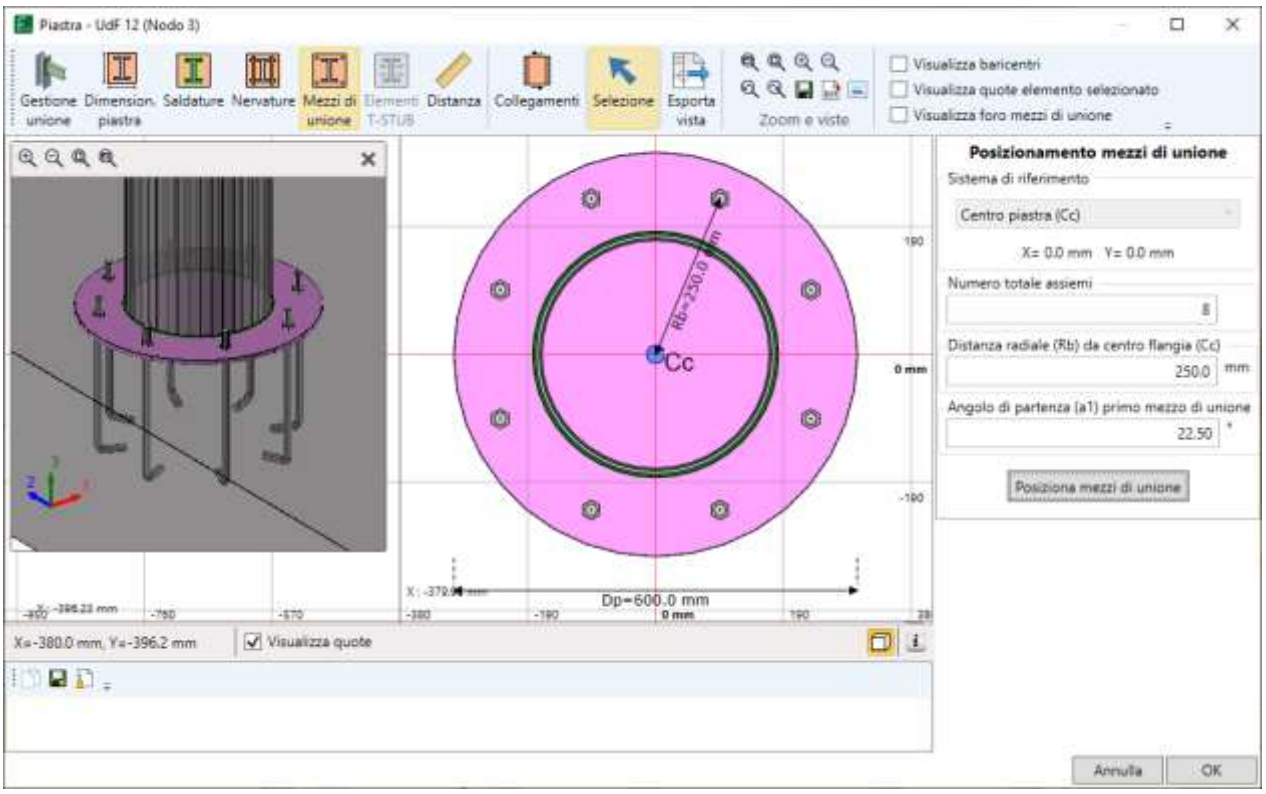
- **Escludi posizioni interne.** Se selezionato, esclude il posizionamento dei mezzi di unione all'interno del perimetro del profilato (figura seguente a destra).



- **Posiziona mezzi di unione.** Una volta definita griglia (con una delle due modalità viste sopra) per posizionare i mezzi di unione è necessario cliccare su "Posiziona mezzi di unione":



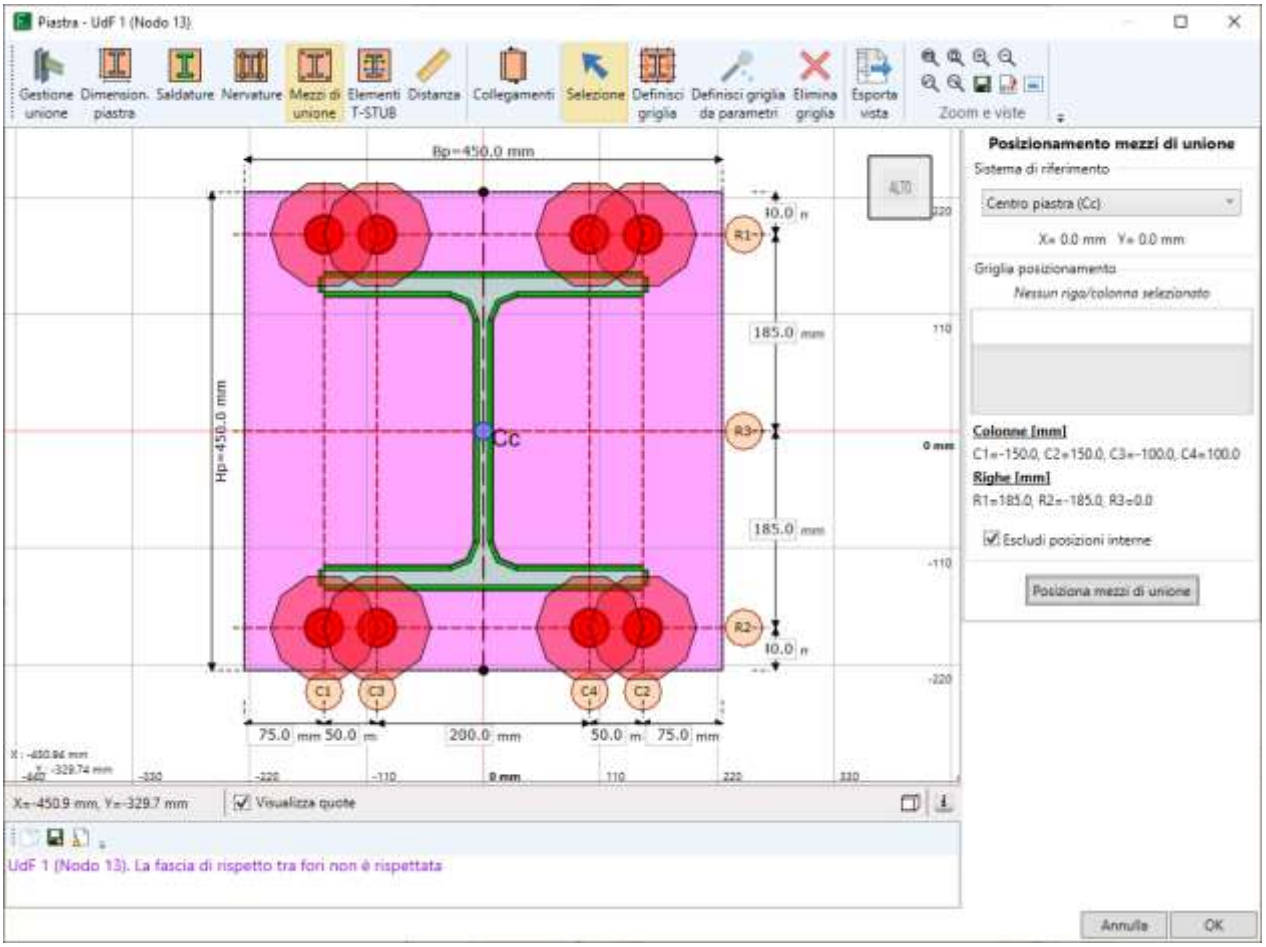
Nel caso di unione colonna-fondazione con piastra di base, in cui la colonna in acciaio ha forma circolare, i campi per la definizione della posizione dei mezzi di unione, in aggiunta a quelli descritti sopra, sono:



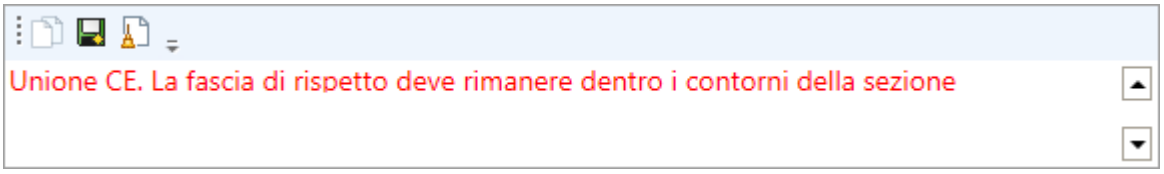
- **Numero totale assiemi.** Numero totale dei mezzi di unione da inserire sul collegamento;
- **Distanza radiale (Rb) da centro flangia (Cc).** Distanza radiale dall'origine del sistema di riferimento Cc rispetto al quale posizionere i mezzi di unione;
- **Angolo di partenza (a1) primo mezzo di unione.** Angolo di partenza per il posizionamento dei mezzi di unione misurato a partire dal primo rispetto la direzione 3 del sistema di riferimento.

Anche in questa fase dell'input il software provvederà ad eseguire dei controlli geometrici di fattibilità sul posizionamento dei mezzi di unione.

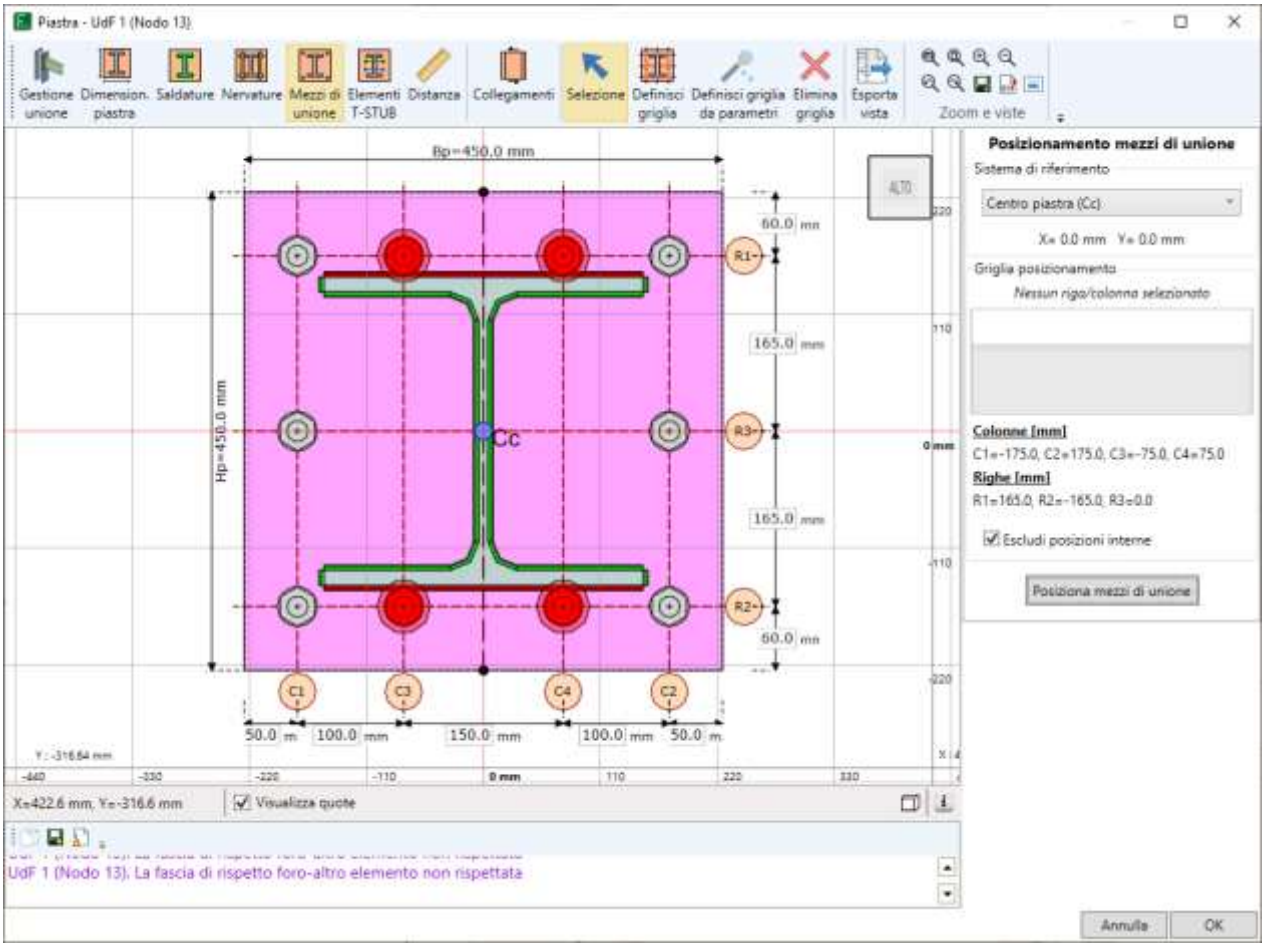
Nel caso in cui l'interasse minimo tra i fori per l'inserimento dei mezzi di unione non è rispettato sul collegamento verrà evidenziato come la fascia di rispetto (di colorazione rossa) intersechi il foro adiacente. Contestualmente il software genererà il messaggio di errore riportato nella seguente figura:



Nel caso in cui la distanza dal centro del foro all'estremità della flangia non è rispettata il software genererà il seguente messaggio di errore:

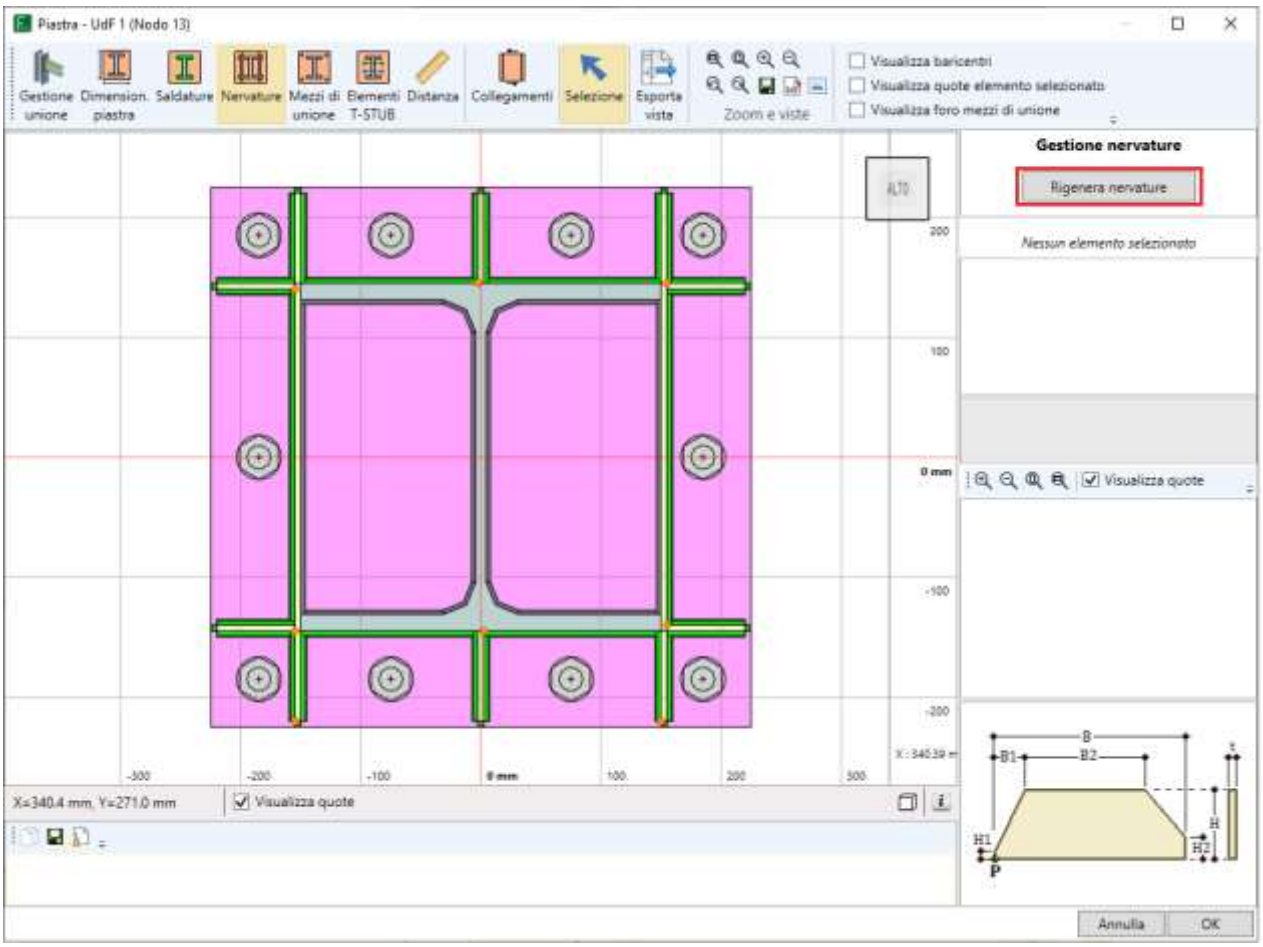


Se, invece, la distanza minima tra il centro del foro e un qualsiasi altro elemento presente sul collegamento (ad esempio il profilato oppure le nervature di irrigidimento) non è rispettata si presenterà la situazione di seguito riportata e il software ci restituirà il messagio di errore:

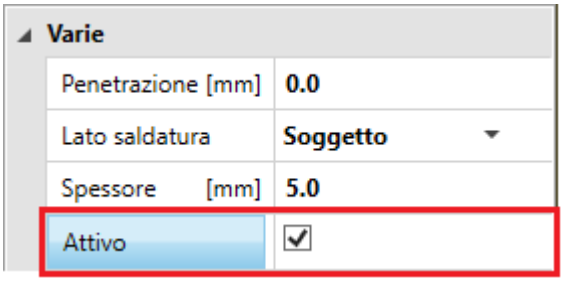


4.8 Nervature

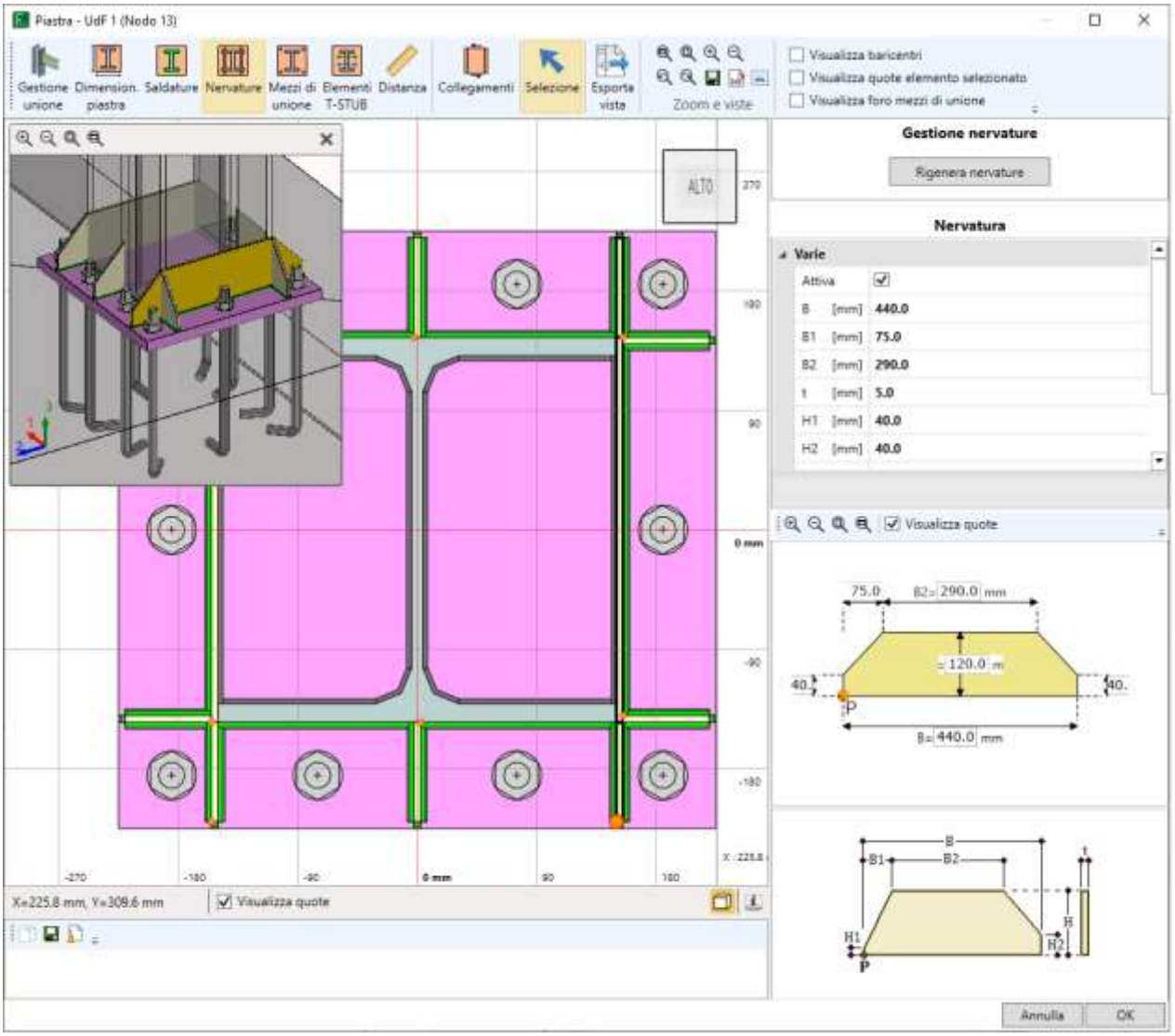
All'interno dell'ambiente "Nervature" è possibile inserire e gestire le nervature irrigidenti presenti sull'unione; Di default il software inserirà tutte le nervature possibili per il collegamento in esame e successivamente si andranno a disattivare le eventuali nervature irrigidenti non volute. Per inserire le nervature sul collegamento è necessario cliccare sul comando "Rigenera nervature" come evidenziato nella seguente figura:



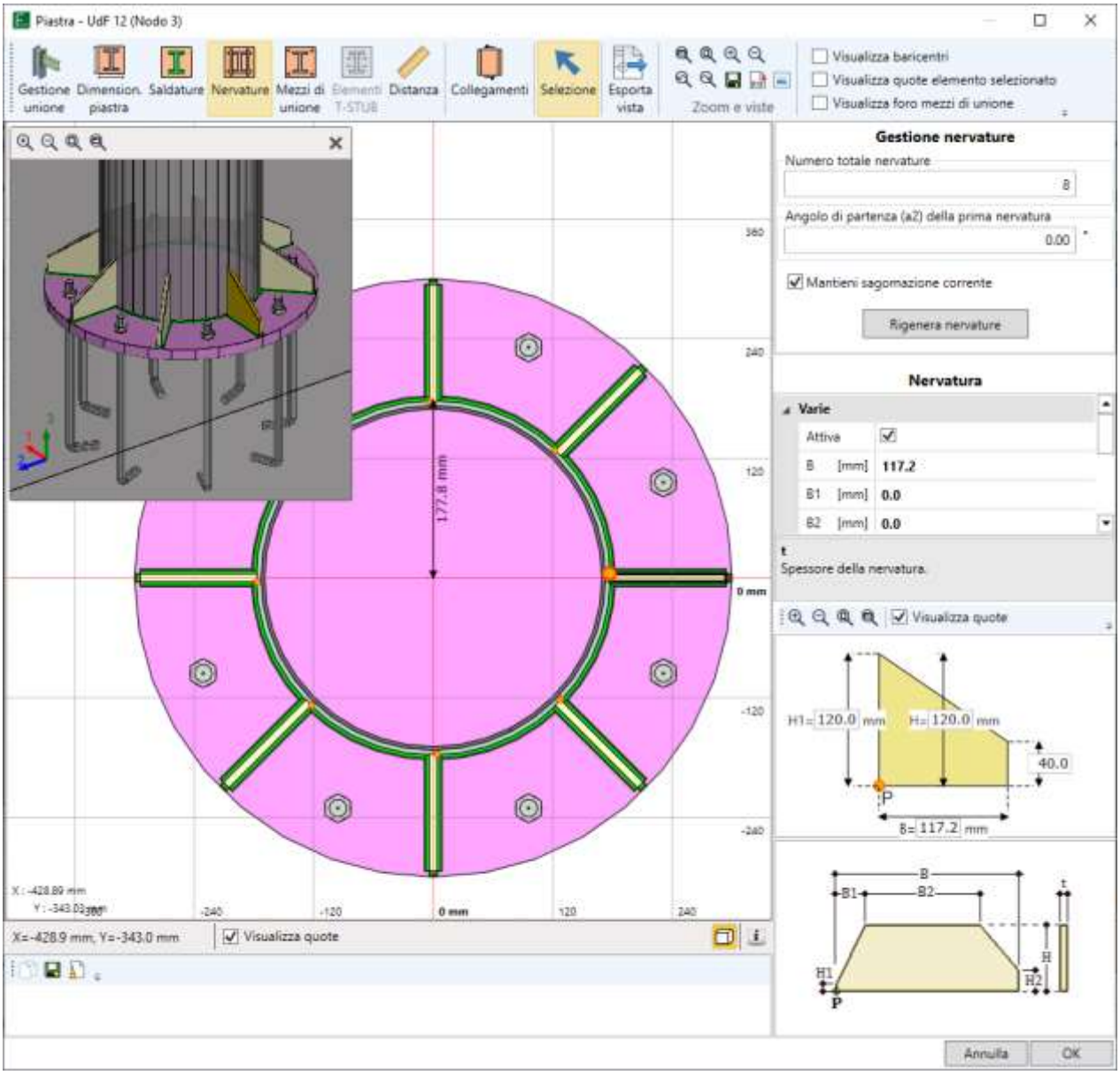
Come si evince dalla figura precedente, una volta inserite le nervature, il software di default provvederà a disattivare le saldature interne. Nel caso in cui si volesse attivare una o più saldature è necessario andare nell'ambiente "Saldature", selezionare le saldature volute e attivare le stesse:



Per modificare la geometria di una nervatura, una volta selezionata, bisogna andare a definire le caratteristiche geometriche all'interno del box delle proprietà oppure editando manualme le misure nelle quote della nervatura selezionata (all'interno del riquadro in rosso della figura successiva). Come si può notare nella seguente figura, sulla pianta viene evidenziata la nervatura selezionate e il punto P della nervatura rispetto al quale inserire i dati geometrici facendo riferimento allo specchietto in basso a destra nella seguente finestra:



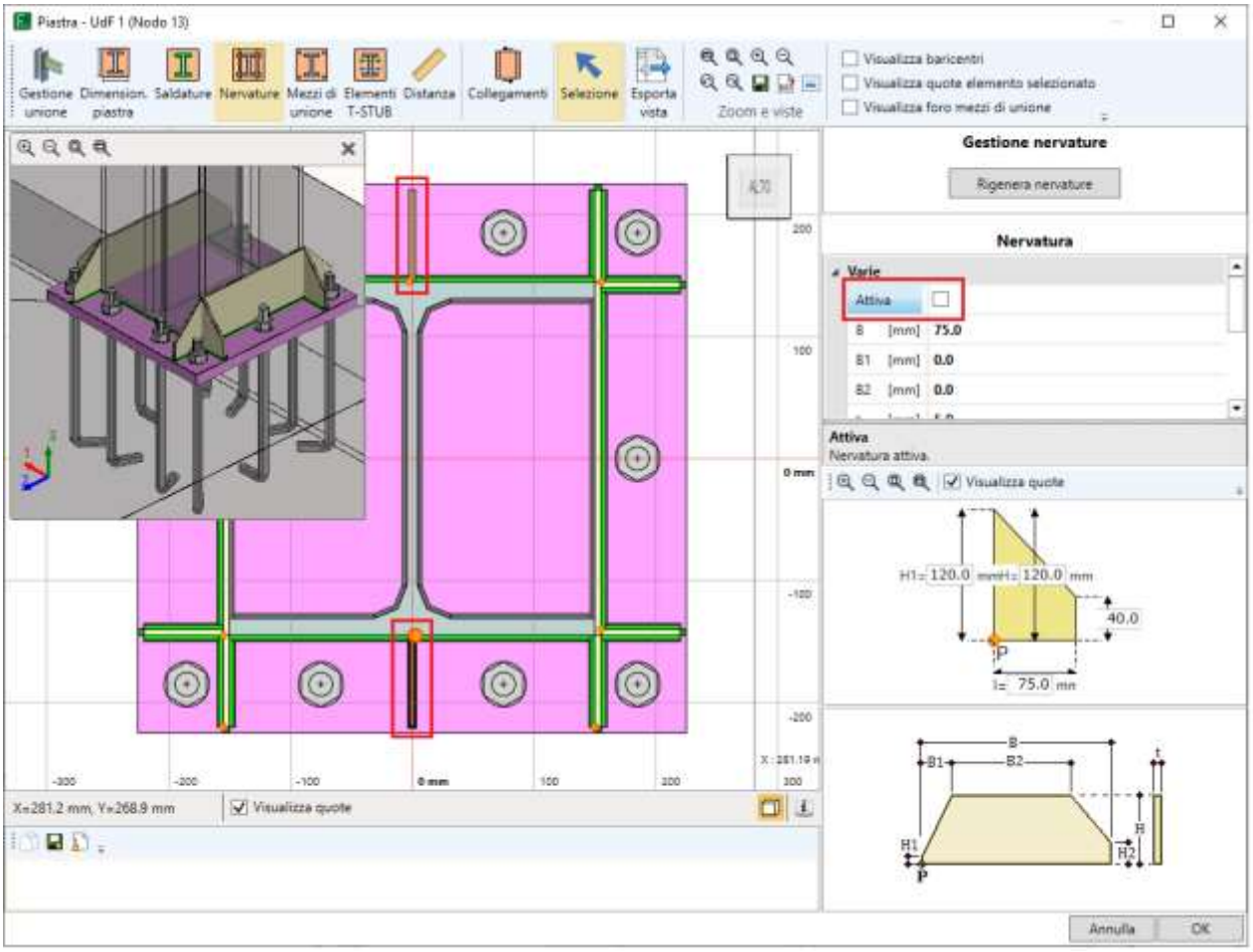
Nel caso di unione colonna-fondazione con piastra di base, in cui la colonna in acciaio ha forma circolare, i campi per la definizione della nervature sono:



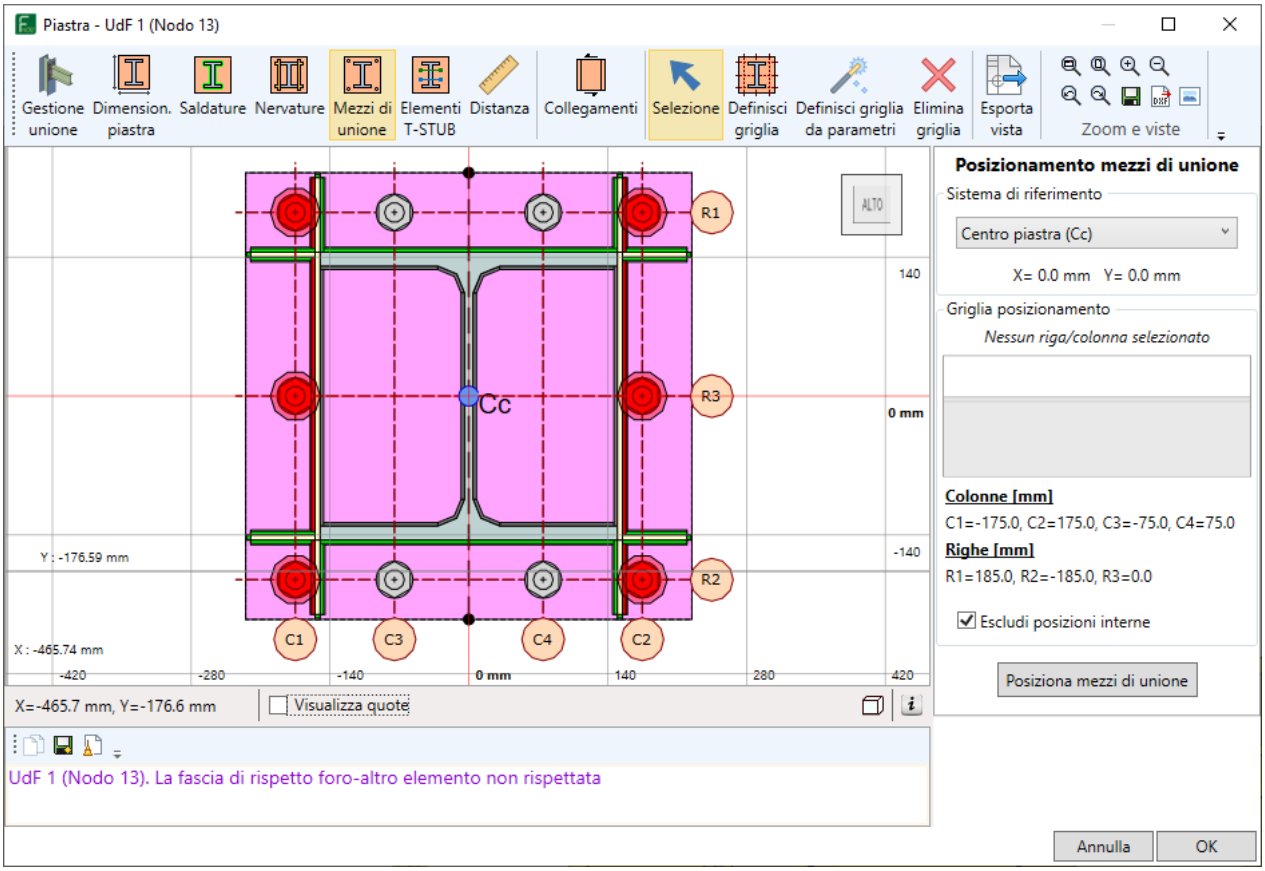
- **Numero totale nervature.** Numero tatale delle nervature da inserire sul collegamento;
- **Angolo di partenza (a2) della prima nervatura.** Angolo di partenza per il posizionamento delle nervature misurato a partire dalla prima rispetto la direzione 3 del sistema di riferimento.

Come detto in precedenza, una volta definito il numero totale delle nervature e l'angolo di partenza (a2), per inserire le stesse sul collegamento è necessario cliccare su **"Rigenera Nervature"**.

Nel caso in cui si vuole disattivare una o più nervature, una volta selezionate, bisogna deselezionare il check sul campo "Attiva":



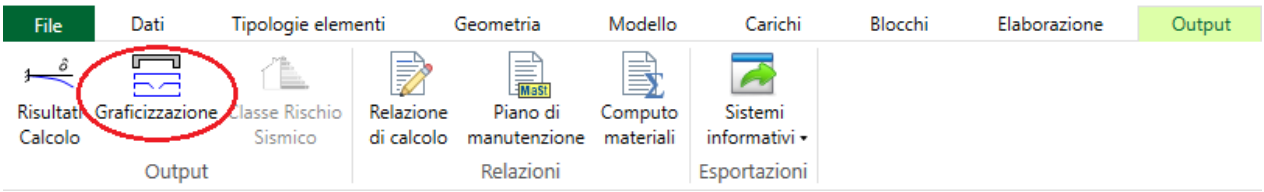
Anche in questa fase, come in tutte le altre, il software eseguirà dei controlli geometrici di fattibilità. Dunque, nel caso in cui si andranno a generare le nervature sul collegamento e queste non sono compatibili con il posizionamento dei mezzi di unione, in quanto non è verificata la fascia di rispetto del foro dalla nervatura, si presenterà la seguente situazione e con la corrispondente segnalazione di errore:



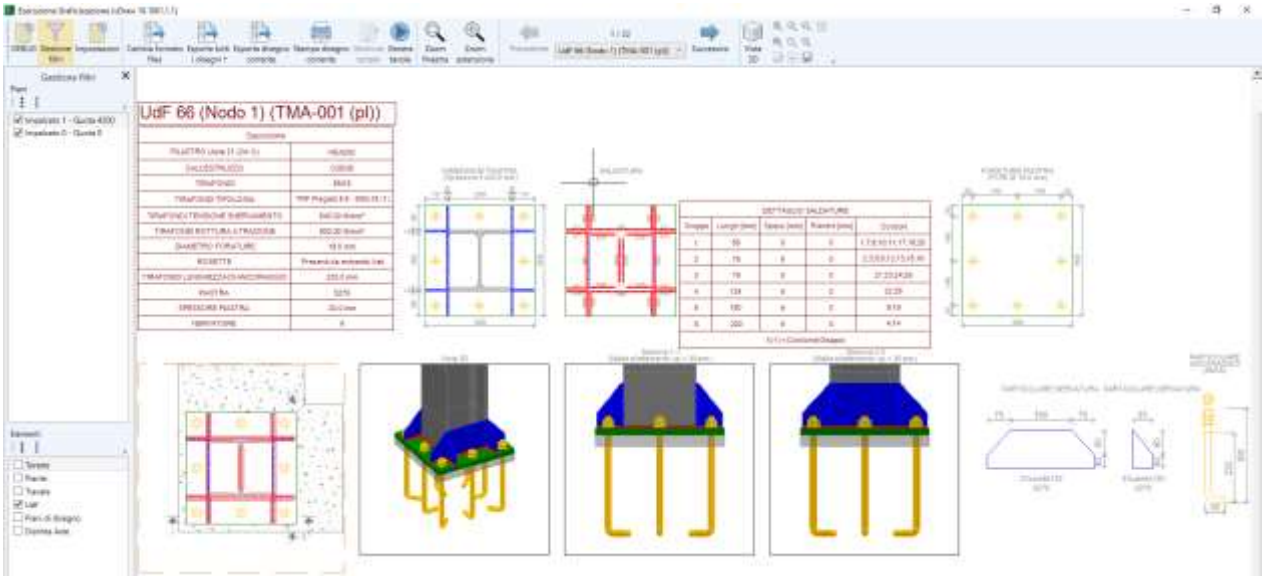
4.9 Graficizzazione e Relazione di calcolo

Graficizzazione

Come per tutti gli altri elementi del modello, anche nel caso delle unioni di forza, per accedere all'ambiente di graficizzazione è necessario andare nel menù "Output" e cliccare sul pulsante **"Graficizzazione"**.



Per accedere direttamente ai disegni esecutivi delle unioni è sufficiente deselezionare tutte le voci dall'albero degli elementi nel box "Gestione filtri" e attivare solamente la voce "UdF":

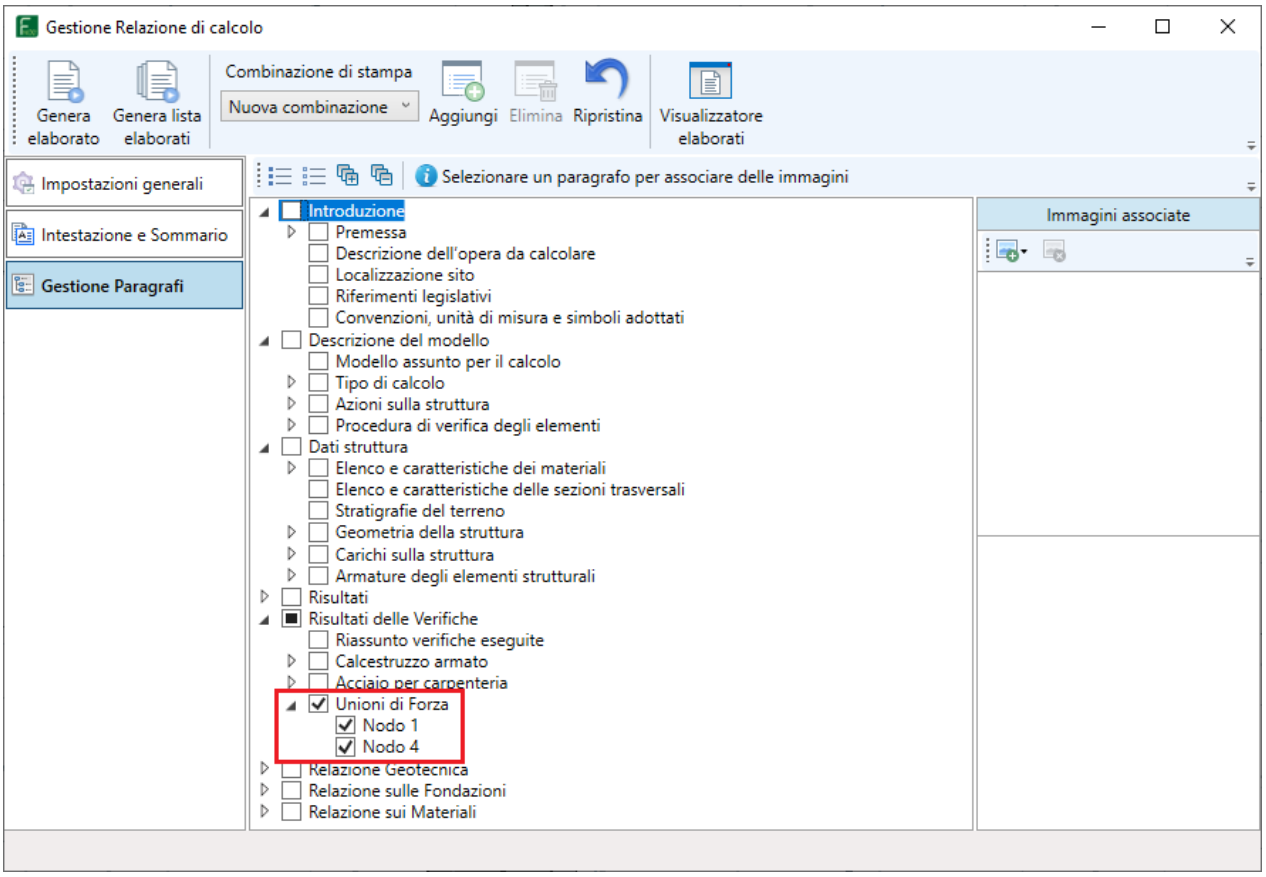


Per una trattazione più approfondita consultare il paragrafo relativo alla graficizzazione.

Relazione di calcolo

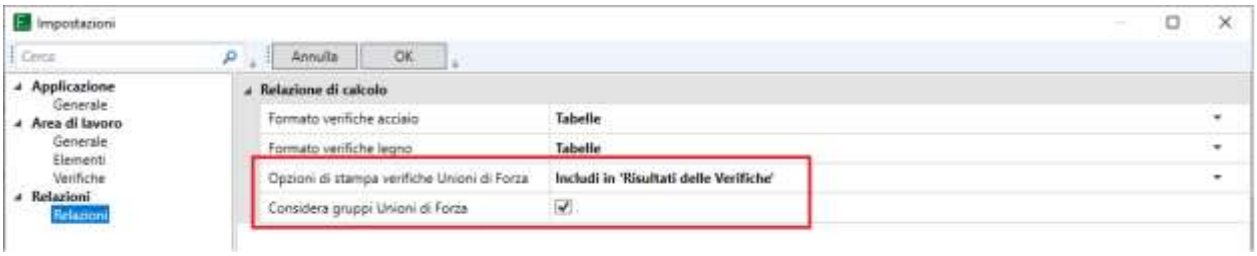
Anche nel caso delle unioni, per poter generare la relazione di calcolo è necessario andare nel menù "Output" e cliccare sul pulsante **"Relazione di calcolo"**.

La relazione di calcolo può essere creata in formato standard .docx (Documento di Word) oppure .pdf (File PDF). In automatico viene richiamato l'editor installato sul pc al quale sono associati i file .docx oppure .pdf. Alla pressione del pulsante corrispondente viene visualizzato il seguente ambiente:



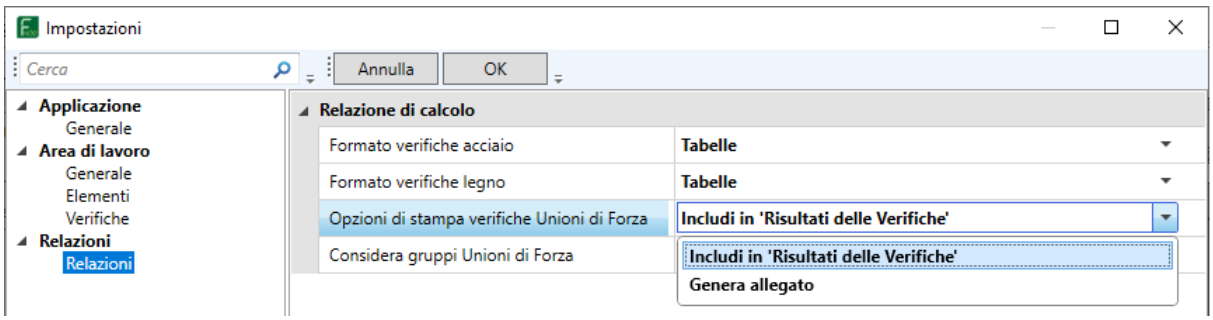
E' possibile scegliere la modalità di stampa dei risultati delle verifiche delle unioni di forza. L'opzione di scelta è contenuta tra le opzioni generali del programma accessibili dal pulsante **"Impostazioni"**:





L'opzione è contenuta nell'albero "Relazioni". In particolare è possibile scegliere:

- **Opzioni di stampa verifiche Unioni di Forza.** Nel caso di scelta "Includi in 'Risultati delle Verifiche' ", le verifiche delle unioni di forza verranno inserite all'interno del capitolo "Risultati delle verifiche" dei tabulati di calcolo. Nel caso di "Genera allegato", invece, le verifiche delle unioni di forza verranno inserite all'interno di un apposito allegato.



- **Considera gruppi Unioni di Forza.** Se attivo, in presenza di unioni raggruppate, viene elaborata una relazione di sintesi relativa al singolo gruppo.

Per una trattazione più approfondita consultare il paragrafo relativo alla relazione di calcolo.

5 Calcolo

5.1 Modellazione e analisi agli elementi finiti

Questa sezione del manuale descrive i concetti teorici e la modellazione strutturale su cui poggia il calcolo di FaTA Next. La descrizione è relativa alla soluzione delle incognite strutturali e alle sollecitazioni di calcolo agenti sulle varie parti della struttura. Per tutto ciò che concerne le verifiche strutturali dei singoli elementi si rimanda il lettore all'apposito capitolo.

L'analisi numerica della struttura viene condotta attraverso l'utilizzo del metodo degli elementi finiti in campo lineare e no.

Il metodo degli elementi finiti consiste nel sostituire il modello continuo della struttura con un modello discreto

equivalente e di approssimare la funzione di spostamento con un polinomio algebrico, definito in regioni (dette appunto elementi finiti) che sono delle funzioni interpolanti il valore di spostamento definito in punti discreti (detti nodi).

Gli elementi finiti utilizzabili ai fini della corretta modellazione della struttura verranno descritti di seguito.
Il modello di calcolo può essere articolato sulla base dell'ipotesi di impalcato rigido, in funzione della reale presenza di solai continui atti a irrigidire tutto l'impalcato. Tale ipotesi viene realizzata attraverso l'introduzione di adeguate relazioni cinematiche tra i gradi di libertà dei nodi costituenti l'impalcato e i gradi di libertà del nodo "master" posizionato nel centro di massa dell'impalcato stesso.

5.1.1 Oggetti ed elementi

Le parti fisiche della struttura vengono rappresentati nel solutore di FaTA Next come elementi. Tali elementi, automaticamente associati dal programma agli oggetti reali introdotti dall'input, sono i seguenti:

- **Nodi**. Sono entità geometriche determinate tramite le tre coordinate nel riferimento globale. I nodi, nello spazio tridimensionale, posseggono tre gradi di libertà traslazionali e tre rotazionali. Essi sono posizionati in modo da definire gli estremi degli elementi finiti e, di regola, in ogni discontinuità strutturale, di carico, di caratteristiche meccaniche, di campo di spostamento.

- **Vincoli e Molle**. I gradi di libertà possono essere vincolati, bloccando il cinematismo nella direzione voluta o assegnando "molle" applicate ai nodi tramite valori di rigidezza finiti. Un vincolo assegna a priori un valore di spostamento nullo, e quindi la variabile corrispondente viene eliminata.

- **Vincoli interni**. Tali vincoli servono a definire le modalità di trasmissione degli sforzi dall'elemento finito ai nodi. Ciò viene associato al concetto di trasferimento della rigidezza.
  Generalmente l'elemento considerato è rigidamente connesso ai nodi che lo definiscono, in modo da bloccare tutti i gradi di libertà relativi. E' possibile, comunque "rilasciare" le caratteristiche delle sollecitazioni, in modo da svincolare i gradi di libertà corrispondenti. Nel caso particolare, il modello utilizzato consente di svincolare le tre rotazioni intorno agli assi locali dell'asta.

- **Aste**. Si tratta di elementi finiti monodimensionali ad asse rettilineo delimitate da 2 nodi (i nodi di estremità). Per questi elementi, generalmente, la funzione interpolante è quella del modello analitico per cui la mesh non influisce sensibilmente sulla convergenza. Le aste sono dotate di rigidezza assiale, flessionale, e a taglio, secondo i due modelli classici della trave inflessa: Eulero-Bernoulli e Timoshenko. Comunque quest'ultimo tipo non viene al momento utilizzato in FaTA Next. Alla singola asta è possibile associare una sezione costante per tutta la sua lunghezza. Le aste possono essere di tipo "Beam" e "Truss". In quest'ultime gli estremi dell'elemento vengono considerati non reagenti a nessun tipo di momento, in modo da simulare la presenza di cerniere sferiche.

- **Asta su suolo elastico**. Si tratta di elementi finiti monodimensionali ad asse rettilineo, di definizione simile alle "aste". Sono utili a modellare travi di fondazione, considerate poggianti su suolo alla Winkler, e reagenti sia rispetto alle componenti traslazionali di cinematismo, sia rotazionali.

- **Asta con plasticità diffusa**. Si tratta di un elemento finito monodimensionale in grado di modellare la risposta elastoplastica in ogni punto dello stesso. A tal proposito l'asse della trave viene discretizzato in un numero finito di sezioni (significative ai fini dell'integrazione numerica) ognuna delle quali viene a sua volta suddivisa in un certo numero di fibre. La risposta 3D assiale e flessionale viene ottenuta attraverso l'integrazione delle sollecitazioni relative alla singola fibra sull'intera sezione trasversale.

- **Lastra-piastra**. Si tratta di elementi finiti bidimensionali, definiti da 3 o 4 nodi, posti ai vertici rispettivamente di un triangolo o di un quadrilatero irregolare. La geometria reale dell'elemento viene ricondotta ad un triangolo rettangolo (elemento a 3 nodi) o a un quadrato definito nella trattazione isoparametrica. L'elemento lastra-piastra non ha rigidezza per la rotazione intorno all'asse perpendicolare al suo piano e viene trattato secondo la teoria di Mindlin-Reissner. Nel modello considerato si tiene conto dell'accoppiamento tra azioni flessionali e membranali.

- **Forze e coppie concentrate**. Per la risoluzione statica della struttura, tutti i carichi applicati agli elementi

vengono trasferiti ai nodi. Ciò avviene in automatico per il peso delle aste, delle piastre, delle pareti, dei pannelli di carico presenti sulle aste e per la distribuzione di carico applicate agli elementi bidimensionali. Il modello di calcolo consente anche l'introduzione di forze e coppie ai nodi. Le forze sono dirette lungo le tre direzioni del sistema di riferimento globale ed in entrambi i versi per ogni direzione. Le coppie concentrate sono riferite ai tre assi del riferimento globale, in entrambi i versi di rotazione di ciascun asse.

- **Carichi distribuiti**. Il modello di calcolo consente anche l'introduzione di carichi ripartiti sulle aste e di distribuzione di carico su piastre e pareti.
  I carichi ripartiti sulle aste possono essere riferite sia al riferimento globale, sia al riferimento locale, lungo le tre direzioni ed in entrambe i versi. E' possibile anche introdurre carichi distribuiti torcenti agenti intorno all'asse dell'asta ed in entrambe i versi di rotazione. Tutti i tipi di carico ripartito devono avere forma trapezia.
  Sugli elementi bidimensionali, che fanno parte della mesh di piastre e pareti, è possibile assegnare una distribuzione uniforme, avente le caratteristiche di una pressione diretta ortogonalmente all'elemento.

- **Pannelli di carico**. Il pannello di carico è un concetto legato alla reale distribuzione di carichi gravanti sulle aste. Ne fanno parte: solai, balconi, scale.
  Da tali pannelli, di forma irregolare come definiti dalla geometria dell'input, si passa alla quantificazione dei carichi trapezoidali ripartiti sulle aste. Per meglio simulare l'effetto dei pannelli, vengono generati in modo automatico anche dei carichi ripartiti torcenti, anch'essi di forma trapezia, relativi ai carichi distribuiti equivalenti al pannello.

- **Sezioni**. Le sezioni assegnabili alle aste sono definite attraverso le caratteristiche geometrico-elastiche, i moduli di resistenza plastici (sezioni in acciaio) ed il materiale.

Tutti gli elementi descritti sono utilizzati dal programma per modellare la struttura. All'avvio del calcolo il programma converte gli oggetti introdotti in elementi di calcolo. La mesh relativa alla struttura viene identificata con la generazione automatica dei nodi e la creazioni degli elementi finiti per simulare il comportamento strutturale.

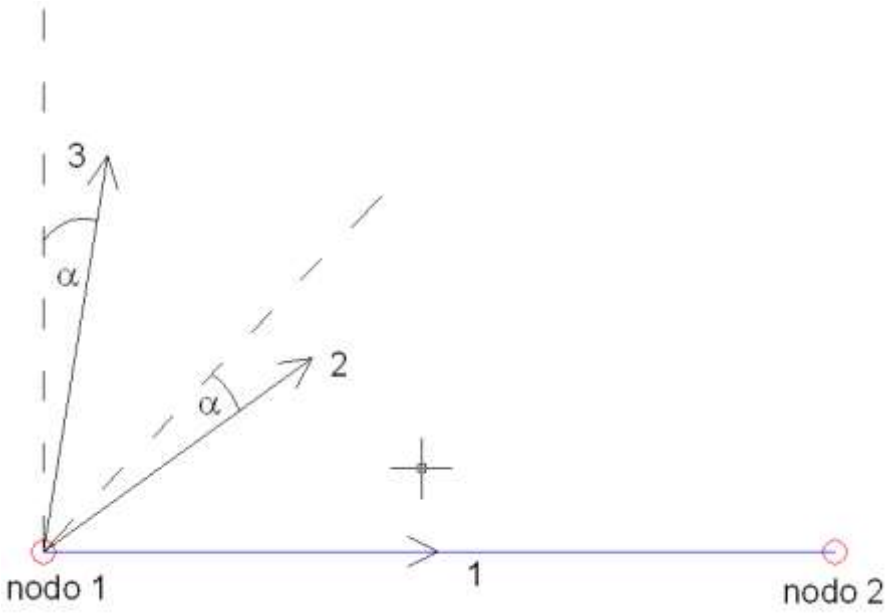
5.1.2 Sistema di coordinate

I sistemi di riferimento sono usati per definire localmente le parti del modello strutturale e per riferire i carichi, gli spostamenti, le sollecitazioni, le tensioni, le reazioni. Per la risoluzione della struttura il programma utilizza due distinti sistemi di riferimento tridimensionali:

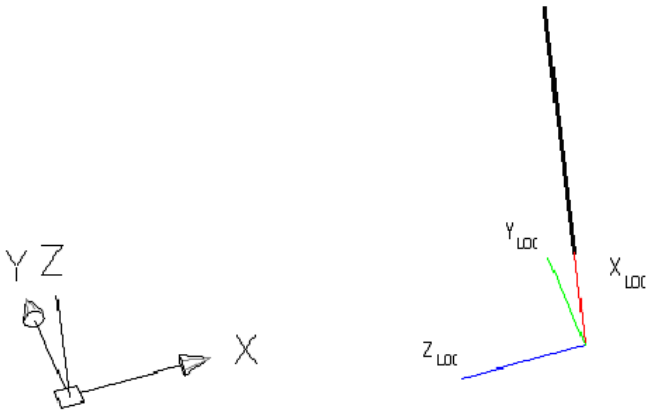
- **Globale**: unico per tutti gli elementi finiti e utile a risolvere l'intera struttura. Viene definito con l'asse Z lungo la direzione della forza di gravità ma con verso positivo opposto, e gli assi X e Y tali da formare una terna ortogonale levogira (identificabile con la "regola della mano destra");

- **Locale**: definito per ogni elemento e utile a riferire la rigidezza e i carichi locali.

Per gli elementi **"BEAM"** il sistema di riferimento locale viene definito in base alla geometria dell'asta. L'asse 1 è il versore coincidente con la direzione dell'asta indicata dal primo al secondo nodo, secondo la seguente figura:



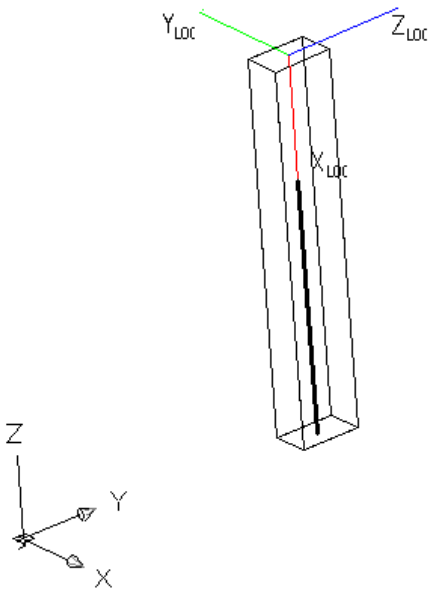
L’asse 2 e il 3 vengono costruiti realizzando una roto-traslazione rigida nello spazio del sistema di riferimento globale, in modo che l’asse X coincida con l’asse 1 locale. Il sistema di riferimento locale è dotato di un angolo α di deviazione (positivo antiorario) relativamente alla torsione intorno all’asse 1 in modo da considerare eventuali torsioni della sezione.
La matrice di rotazione, utile a definire le traformazioni di base, è calcolata in modo tale che il sistema di riferimento locale e globale coincidano in direzione e verso se i due punti hanno angolo nullo nel piano XY (il segmento che li congiunge ha direzione e verso dell'asse x) e la torsione è nulla.
Un caso particolare si presenta quando i due nodi sono perfettamente allineati in verticale (angolo di 90 o 270 gradi dal piano XY). In tal caso è possibile scegliere tra infiniti sistemi di riferimento, uno per ogni possibile angolo nel piano XY. Per eliminare questa arbitrarietà, nella generazione automatica del modello in FaTA Next, è stata prevista la possibilità di imporre due angoli di torsione diversi: uno per il caso verticale (*angTorsVert*) ed uno per gli altri casi (*angTors*).
La scelta di tali angoli dipende dall'utilizzo della matrice di rotazione stessa, come sarà chiaro dagli esempi seguenti. Quando l'angolo di torsione verticale è nullo se il sistema di riferimento è quello illustrato in figura (è stata impostata la continuità con il caso di due punti aventi angolo nullo nel piano XY angolo pressoché pari a 90 dal piano XY).



Per comprendere meglio la modellazione automatica di FaTANext, riportiamo due esempi relativi al caso pilastro e trave supponendo che non siano presenti angoli di torsione propri delle aste (tipologia, filo fisso, angolo di torsione imposto all'asta). In caso di presenza di questi angoli di torsione i sistemi di riferimento descritti sotto ruotano in maniera solidale con l'asta.

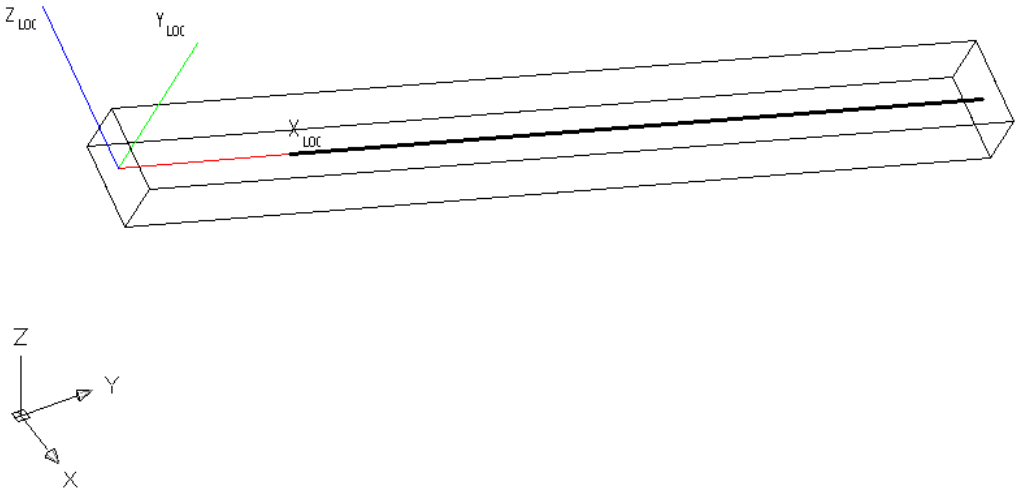
ESEMPIO 1: MATRICE DI ROTAZIONE DEL PILASTRO DEL FATA NEXT

Nel FatA Next, per scelta di input, il pilastro può essere pensato come una trave verticale avente angolo di -90° nel piano XY. Inoltre nel caso in cui l'asta del pilastro non è esattamente verticale per mantenere il sistema di riferimento coerente con il caso verticale è necessario imporre un ulteriore angolo di torsione *Alfa* pari all'angolo dell'asta nel piano XY (confondendo quest'angolo con un angolo di torsione). Per cui si pone *angTorsVert*=-90 e *angTors=angTorsVert-Alfa.*
Il sistema di riferimento del pilastro è, con queste assunzioni, sempre quello illustrato in figura:

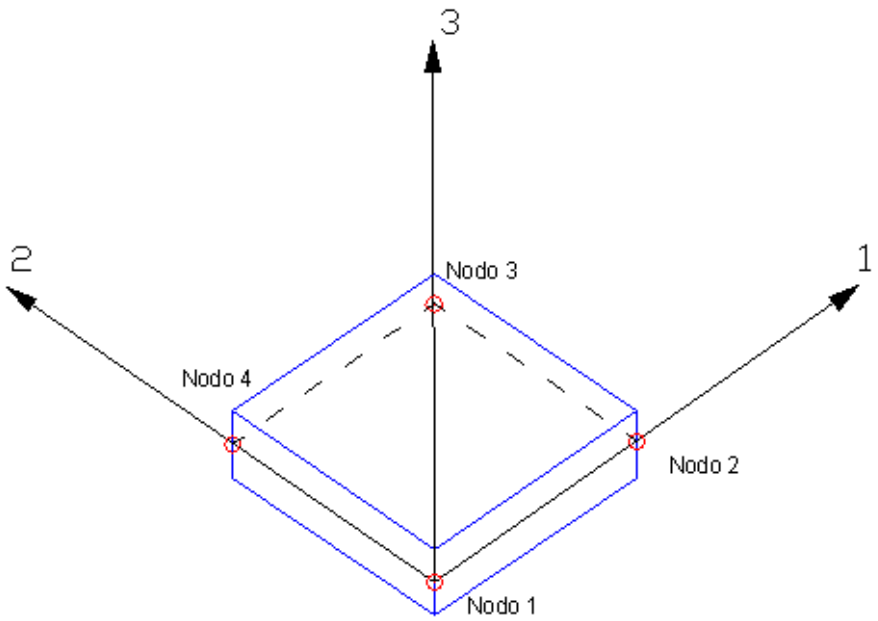


ESEMPIO 2: MATRICE DI ROTAZIONE DELLA TRAVE DEL FATA NEXT

Per la trave non verticale non è necessaria la presenza di angoli di torsione. Per la trave verticale, se è un tratto di asta spezzata oppure un'asta derivante da una travatura reticolare, è necessaria la presenza di un angolo di torsione pari all'angolo dell'asta originale nel piano XY.



Anche per gli elementi SHELL il sistema di riferimento è legato alla geometria. In particolare, l'asse 1 ha direzione coincidente con il vettore congiungente il primo e il secondo nodo dell'elemento. Gli altri due assi sono creati in modo da formare una terna ortogonale levogira (identificabile con la "regola della mano destra");



Più precisamente, nel caso di modellazione di pareti e piastre le sollecitazioni relative ai singoli elementini finiti (automaticamente creati secondo una mesh i cui criteri vengono riportati in seguito) vengono riferiti al sistema di riferimento locale del macroelemento piastra o parete.

5.1.3 Nodi e gradi di libertà

I nodi nell'analisi agli elementi finiti giocano un ruolo fondamentale, in quanto rappresentano i punti in cui sono definite le funzioni interpolanti degli spostamenti. È in questi punti che vengono calcolati gli spostamenti della struttura (spostamenti nodali) attraverso la risoluzione dei sistemi lineari.

I nodi vengono automaticamente creati dal programma il quale provvede ad inserirli nelle discontinuità strutturali, in modo che gli estremi degli elementi ne vengano definiti. Le tre coordinate di posizionamento dei nodi sono riferite al sistema globale.

L'entità "nodo" è importante in quanto in esso è possibile:

- Connettere gli elementi strutturali attraverso il trasferimento di carichi e masse dagli elementi;
- Limitare i gradi di libertà attraverso l'applicazione di vincoli cinematici e molle (rigidezze concentrate);
- Caricare la struttura attraverso forze e coppie concentrate applicate o riportate dagli elementi.

I nodi vengono creati all'intersezione degli elementi strutturali (pilastri e travi) ed internamente ad oggetti parete e piastra. In quest'ultimo caso i nodi sono definiti dal passo della meshatura scelta.

Le deformazioni della struttura sono governate dagli spostamenti dei nodi. Le componenti di spostamento (traslazioni e rotazioni) dei nodi sono chiamati ***gradi di libertà*** del problema. Ogni nodo, nello spazio, ha sei gradi di libertà: tre traslazionali e tre rotazionali riferiti al sistema di riferimento globale. I vincoli applicati annullano i gradi di libertà (cioè il valore dello spostamento) i quali vengono ignorati come incognite ed utilizzati per il calcolo delle reazioni vincolari. Tali reazioni vengono esplicate nella direzione dei gradi di libertà bloccati.

Tra i vincoli più familiari ricordiamo:

- **Incastro**: reagisce con tre forze e tre momenti in quanto vengono bloccati tutte le componenti di spostamento (traslazionali e rotazionali);
- **Cerniera sferica**: reagisce con tre forze concentrate in quanto vengono bloccati solo le componenti traslazionali;
- **Cerniera cilindrica**: reagisce con due forze contenute nel piano ortogonale all'asse di rotazione della cerniera;

- **Carrello**: reagisce con una forza diretta lungo l'asse del carrello.

Gli spostamenti nodali possono anche essere limitati applicando delle molle. Le molle sono valori di rigidezza aggiuntiva applicate ai nodi.

Il sistema lineare da risolvere è, relativamente ad un nodo, il seguente:

$$\begin{bmatrix} Fx \\ Fy \\ Fz \\ Mx \\ My \\ Mz \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Kxx & Kxy & Kxz & Kx\phi x & Kx\phi y & Kx\phi z \\ & Kyy & Kyz & Ky\phi x & Ky\phi y & Ky\phi z \\ & & Kzz & Kz\phi x & Kz\phi y & Kz\phi z \\ & & & K\phi x\phi x & K\phi x\phi y & K\phi x\phi z \\ & Sym & & & K\phi y\phi y & K\phi y\phi z \\ & & & & & K\phi z\phi z \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} ux \\ uy \\ uz \\ \phi x \\ \phi y \\ \phi z \end{bmatrix}$$

La matrice di rigidezza è del tipo pieno. L'introduzione delle molle comporta un'aggiunta alla matrice di rigidezza della seguente matrice:

$$\begin{bmatrix} Kx & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & Ky & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & Kz & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & K\varphi x & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & K\varphi y & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & K\varphi z \end{bmatrix}$$

Il valore delle rigidezze sulla diagonale viene inserito sui nodi nell' ambiente "Modello" in "Molle" di FaTA Next.

In questo caso le reazioni verranno automaticamente calcolate moltiplicando lo spostamento nodale per il valore della rigidezza introdotta corrispondente alla reazione cercata. Sia i valori di spostamento che delle rigidezze sono riportati sulla relazione di calcolo generata da FaTA Next.

5.1.4 Relazioni Master/Slave

I gradi di libertà della struttura possono essere relazionati attraverso delle equazioni ai fini di modellare il comportamento ad impalcato rigido.

In FaTA Next è possibile definire anche impalcati parzialmente definiti come rigidi oppure creare più relazioni master-slave per ogni piano.

Di default il programma predispone un master per ogni impalcato e associa tutti i nodi dell'impalcato come "slave", ossia legati al master per i tre gradi di libertà nel piano orizzontale (spostamento lungo x, spostamento lungo y e rotazione attorno a z del sistema di riferimento globale). Se necessario è possibile intervenire sulla definizione dei master agendo sul pulsante "Diaframma Rigido" presente nell'ambiente "Modello".

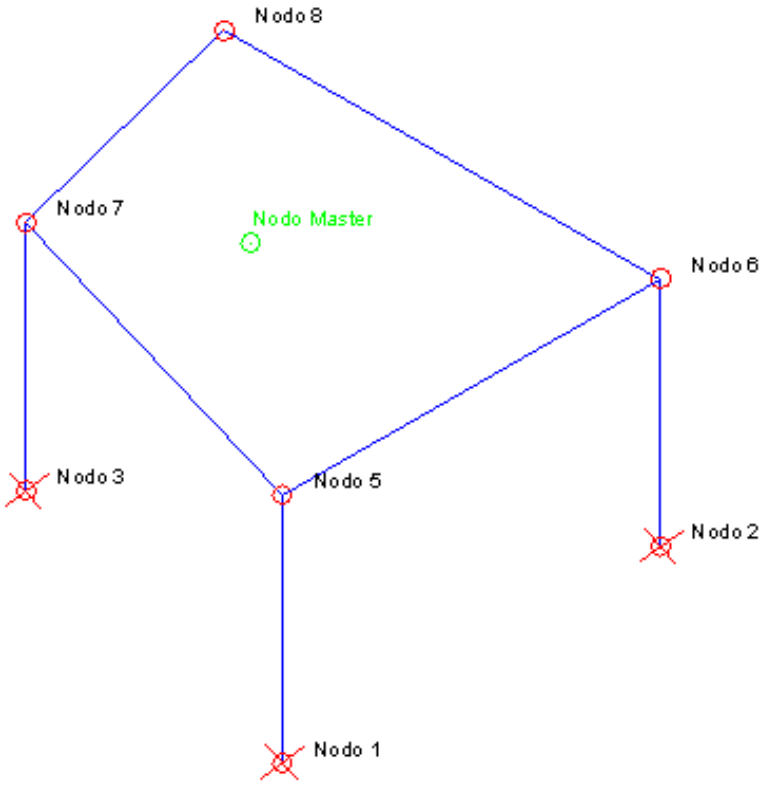
Cliccando sul pulsante saranno visualizzati tutti i master della struttura (uno per impalcato), e si potrà intervenire sul master cancellandolo (rendendo in questo modo l'impalcato privo di qualsiasi masterizzazione (quindi deformabile)) oppure cancellare alcuni slave lasciando l'impalcato parzialmente deformabile e parzialmente indeformabile. E' possibile inoltre introdurre nuovi master e associare gli slave di pertinenza.

Ogni modellazione viene eseguita attraverso delle relazioni cinematiche tra gli spostamenti dei nodi chiamati "slave" e gli spostamenti di un nodo rappresentativo chiamato "master".

Nel caso di ***impalcato rigido*** l'ipotesi viene condotta in modo che l'impalcato sia infinitamente rigido ad azioni complanari e deformabile ad azioni ortogonali al piano.

L'ipotesi di rigidità è realistica se viene utilizzata su nodi appartenti ad uno stesso piano orizzontale. Si ricorda che il programma, dal momento che non può riconoscere la forma dell'edificio, genera automaticamente un nodo master per piano. In molti casi (ampi fori nel solaio, coperture inclinati, strutture reticolari, ecc.) è opportuno eliminare il master di piano, in quanto il modello potrebbe presentare un comportamento non vicino al reale. Tutte le operazioni di introduzione, cancellazione e modifica dei nodi master sono attuabili dall'ambiente "Modello" in "Diaframma Rigido".

Nella seguente figura sono mostrati i significati dei vari elementi:



Nella figura i nodi contrassegnati dai numeri 5,6,7,8 sono legati al nodo master (di colore verde) attraverso le seguenti relazioni:

$$Ux_s = Ux_m + (y_m - y_s) \times Rz_m$$

$$Uy_s = Uy_m - (x_s - x_m) \times Rz_m$$

$$Rz_s = Rz_m$$

Dove i pedici "s" e "m" indicano rispettivamente il nodo "slave" e "master". Il nodo master è rappresentativo dell'impalcato, per cui in esso è contenuta tutta la massa dell'impalcato e le componenti di rigidezza relative alle trasformazioni matriciali.

Per tali motivi esso viene posizionato nel centro di massa dei nodi appartenenti allo stesso master. Per quanto riguarda i nodi 1,2,3,4 essi non vengono associati a nessun master in quanto appartenenti all'impalcato fondazioni. È chiaro che qualora fosse presente un solaio rigido in fondazione, può essere necessario introdurre le relazioni master-slave anche per in nodi appartenenti a tale impalcato.

Nel caso di ***corpo rigido*** l'ipotesi viene condotta in modo che i nodi selezionati, rappresentativi del corpo siano legati da relazioni di spostamento rigido nello spazio. Le relazioni che regolano il fenomeno sono le seguenti:

$$Ux_s = Ux_m - (z_m - z_s) \times Ry_m + (y_m - y_s) \times Rz_m$$

$$Uy_s = Uy_m - (x_s - x_m) \times Rz_m + (z_s - z_m) \times Rx_m$$

$$Uz_s = Uz_m - (y_s - y_m) \times Rx_m + (x_s - x_m) \times Ry_m$$

$$Rx_s = Rx_m$$

$$Ry_s = Ry_m$$

$$Rz_s = Rz_m$$

L'ipotesi di ***platea rigida*** è relativa al comportamento di piastra rigida alle deformazioni flessionali. Le relazioni cinematiche utili a modellare il comportamento sono:

$$Uz_s = Uz_m - (y_s - y_m) \times Rx_m + (x_s - x_m) \times Ry_m$$

$$Rx_s = Rx_m$$

$$Ry_s = Ry_m$$

L'ultimo modello vincola i nodi interessati a spostarsi presentando gli stessi spostamenti, secondo le seguenti relazioni:

$$Ux_s = Ux_m$$

$$Uy_s = Uy_m$$

$$Uz_s = Uz_m$$

$$Rx_s = Rx_m$$

$$Ry_s = Ry_m$$

$$Rz_s = Rz_m$$

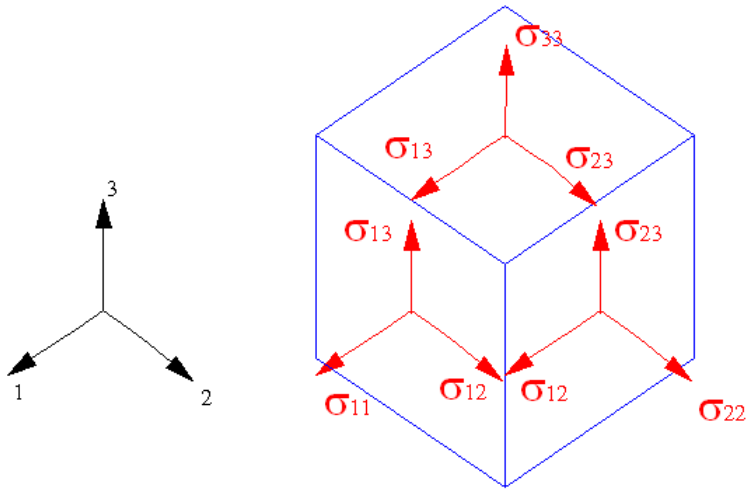
I cinematismi *masterizzati* non possono essere vincolati. Il programma informa l'utente di tale errore durante il calcolo della struttura.
La modellazione master-slave introduce anche un vantaggio prestazionale riguardante la velocità di calcolo. Infatti, considerando la struttura della figura precedente, se non si effettua nessuna "masterizzazione" si hanno 24 incognite da calcolare (per cui la matrice di rigidezza di calcolo è 24x24), con l'ipotesi di impalcato rigido si hanno solo 15 incognite (matrice di rigidezza di calcolo è 15x15). È ovvio che il vantaggio computazionale aumenta calcolando strutture più grandi.

5.1.5 Proprietà dei materiali

Il comportamento dei materiali utilizzati nel calcolo è di tipo omogeneo isotropo con legame elastico-lineare. Le proprietà elastiche e meccaniche dei materiali sono definite rispetto al sistema di riferimento locale. Il sistema di riferimento locale è importante nel caso di materiale anisotropi o ortotropi, è indifferente nel caso di materiali isotropi, in quanto le caratteristiche meccaniche e elastiche sono indipendenti da ogni sistema di riferimento utilizzato.

Le caratteristiche elastiche sono relazionate alle tensioni e alle deformazioni attraverso il materiale. Le tensioni sono definite come forze per unità di superficie agenti sulle faccie di un solido che chiameremo “cubetto elementare”.

Utilizzando il sistema di riferimento locale possiamo riassumere il tutto nella seguente figura:



I termini σ_{11}, σ_{22}, σ_{33} sono le componenti di tensione che provocano l'allungamento del cubetto nella dimensione considerata. I termini σ_{12}, σ_{13}, σ_{23} sono le componenti di tensione che provocano distorsioni angolari tra le direzioni considerate.

Alcune delle componenti di tensione non sono presenti in tutti gli elementi. Per esempio nelle aste sono assunte nulle le σ_{22}, σ_{33}, σ_{23}, mentre nelle piastre è nulla la σ_{33}.

Le componenti di deformazione del cubetto si calcolano come:

$$\varepsilon_{11} = \frac{\partial u_1}{\partial x_1}$$

$$\varepsilon_{22} = \frac{\partial u_2}{\partial x2}$$

$$\varepsilon_{33} = \frac{\partial u_3}{\partial x_3}$$

$$\gamma_{12} = \frac{\partial u_1}{\partial x_2} + \frac{\partial u_2}{\partial x_1}$$

$$\gamma_{13} = \frac{\partial u_1}{\partial x_3} + \frac{\partial u_3}{\partial x_1}$$

$$\gamma_{23} = \frac{\partial u_2}{\partial x_3} + \frac{\partial u_3}{\partial x_2}$$

dove u_1, u_2, u_3 sono gli spostamenti riferiti al sistema di riferimento locale. Le deformazioni possono essere anche causate da dilatazioni termiche applicate sugli elementi strutturali.

Come già accennato il comportamento dei materiali in FaTA Next è di tipo isotropico. Ciò vuol dire che l’elementino solido ha il medesimo comportamento indipendentemente dalla direzione considerata.

La correlazione tra deformazioni e tensioni è riportata nella seguente relazione:

$$\begin{bmatrix}\varepsilon_{11}\\ \varepsilon_{22}\\ \varepsilon_{33}\\ \gamma_{12}\\ \gamma_{13}\\ \gamma_{23}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\frac{1}{E} & -\frac{\nu}{E} & -\frac{\nu}{E} & 0 & 0 & 0\\ & \frac{1}{E} & -\frac{\nu}{E} & 0 & 0 & 0\\ & & \frac{1}{E} & 0 & 0 & 0\\ & & & \frac{1}{G} & 0 & 0\\ & & & & \frac{1}{G} & 0\\ & & sym & & & \frac{1}{G}\end{bmatrix}\times\begin{bmatrix}\sigma_{11}\\ \sigma_{22}\\ \sigma_{33}\\ \sigma_{12}\\ \sigma_{13}\\ \sigma_{23}\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}\alpha\\ \alpha\\ \alpha\\ 0\\ 0\\ 0\end{bmatrix}\Delta T$$

Dove *E* è il modulo elastico longitudinale, ν è il coefficiente di Poisson, *G* è il modulo elastico a taglio e α è il coefficiente di espansione termica. Il modulo elastico a taglio è calcolabile dalla seguente relazione:

$$G=\frac{E}{2(1+\nu)}$$

Il modulo elastico longitudinale è sempre positivo e il coefficiente di Poisson deve soddisfare le seguenti limitazioni:

$$-1<\nu<0.5$$

5.1.6 Generazione della mesh

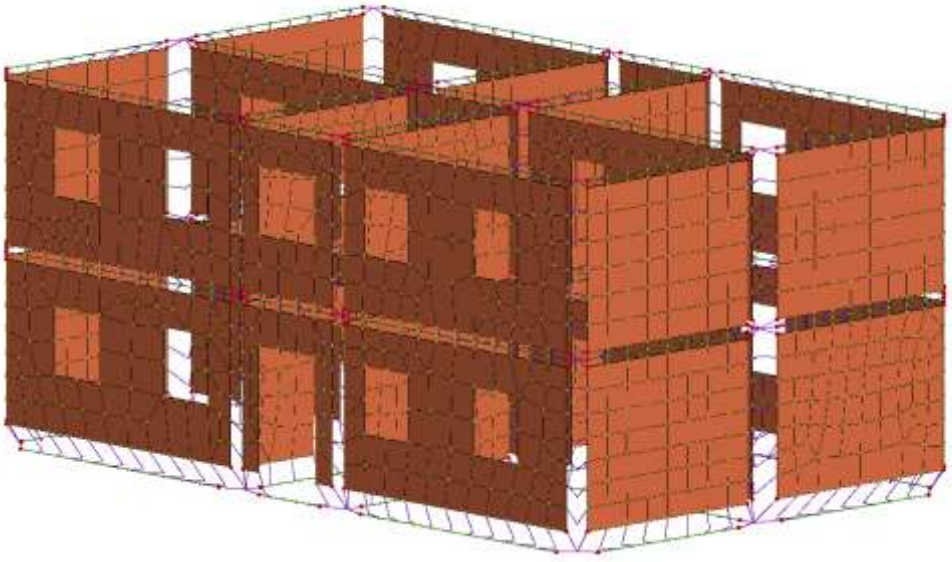
Parallelamente allo sviluppo del metodo FEM è nata la necessità di automatizzare e rendere sempre più efficiente ed affidabile la fase di *pre-processing* durante la quale, a partire dell'input dell'utente, si preparano i dati per la fase di analisi strutturale vera e propria. La generazione automatica della mesh costituisce la parte più complessa del *pre-processing* e a partire dagli anni '90 del secolo scorso sono state elaborate soluzioni sempre più robuste ed efficienti.

Un algoritmo di generazione della mesh effettua una suddivisione di un dominio continuo in tanti elementi più piccoli di forma e dimensioni il più possibile omogenee che non si sovrappongono tra di loro e ricoprono l'intero dominio.

I requisiti fondamentali per un algoritmo di generazione automatica di generazione della mesh sono:

- discretizzazione corretta e coerente dei contorni;
- buona qualità e regolarità della forma degli elementi generati;
- significatività dal punto di vista delle successive analisi numeriche applicate;
- generalità, robustezza e ampio range di applicabilità;
- possibilità di introdurre vincoli e raffinamenti locali all'interno della regione da suddividere;
- efficienza computazionale.

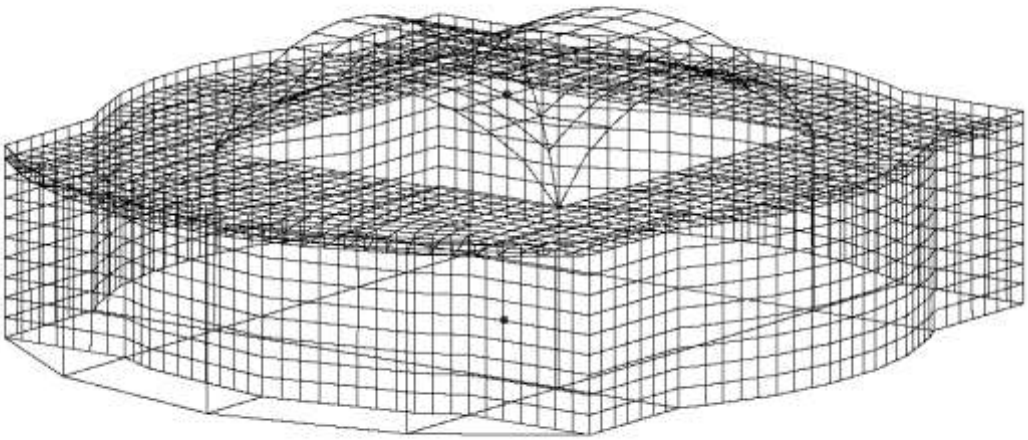
Negli ultimi decenni sono stati proposti numerosi metodi per la generazione di mesh triangolari e quadrilatere di regioni bidimensionali poligonali. Le mesh triangolari sono più flessibili per la suddivisione di regioni piane irregolari e con aperture e altri vincoli e consentono di infittire la mesh localmente senza perdere in qualità. Esistono numerosi algoritmi per la generazione di ottime mesh triangolari tra cui il più noto ed utilizzato è quello di Delaunay.
Tuttavia per l'applicazione del metodo FEM è preferibile utilizzare mesh quadrilatere che garantiscono maggiore affidabilità e stabilità dei risultati numerici, nonostante la maggiore difficoltà di ottenere una suddivisione ottimale.
Sono state sviluppate numerose tecniche tra cui il metodo di *paving*, la suddivisione tramite l'utilizzo dei *quadtree,* le tecniche *ad avanzamento di fronte*.



I metodi elencati in precedenza presentano alcune problematiche. Per esempio nel metodo dei *quad-tree* la regione è suddivisa, in una prima fase, in quadrati di misura differente. Il problema è come scegliere la suddivisione per avere una buona approssimazione dei contorni della regione 2D. Una cattiva scelta crea elementi di cattiva qualità sul contorno. Al contrario, le tecniche *ad avanzamento di fronte* partono dal contorno della regione per evitare questo tipo di problemi, ma criticità nascono all'interno della regione in particolare nei punti in cui i vari fronti si intersecano.
Per questo motivo, si è scelto di utilizzare una tecnica ibrida adattandola alle esigenze degli ambiti applicativi del FataNext e degli altri software aziendali.

L'algoritmo si occupa, in una fase preliminare, di ottimizzare il modello effettuando controlli geometriici piuttosto articolati tra cui:

- unione di fori adiacenti e rimodellazione del contorno per tenere conto dei fori stessi;
- aggancio di elementi monodimensionali agli elementi bidimensionali in base al contatto geometrico tra gli stessi. Per esempio i pilastri sono automaticamente agganciati alle eventuali platee su cui scaricano;
- spezzatura di elementi monodimensionali che si intersecano geometricamente e creazione di un nodo intermedio comune;
- fusione di elementi coincidenti con caratteristiche omogenee.



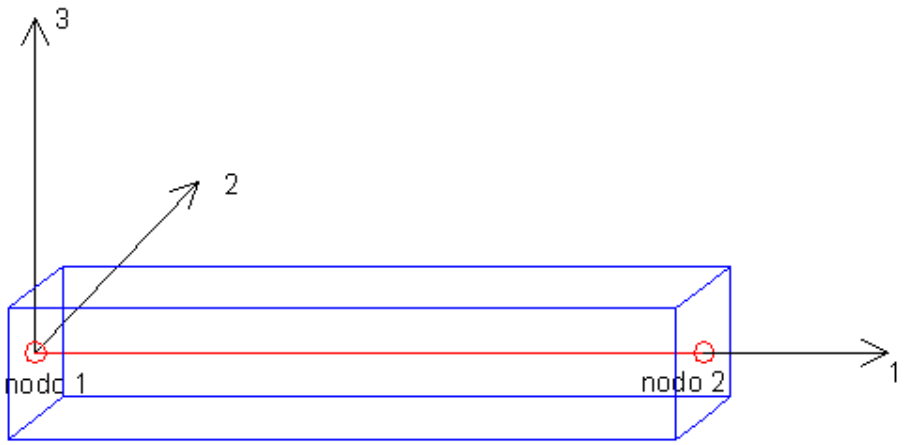
5.1.7 Elementi BEAM e TRUSS

In questa sezione approfondiremo la trattazione degli elementi finiti **"Beam"** e **"Truss"**, utili alla modellazione di travi, pilastri e aste di travature reticolari, comunque e sempre ad asse rettilineo.

La differenza tra "beam" e "truss" sta nel grado di connessione alle estremità. Infatti l'elemento "truss" (noto come biella) presenta sconnessioni ai momenti flettenti e torcenti di estremità.

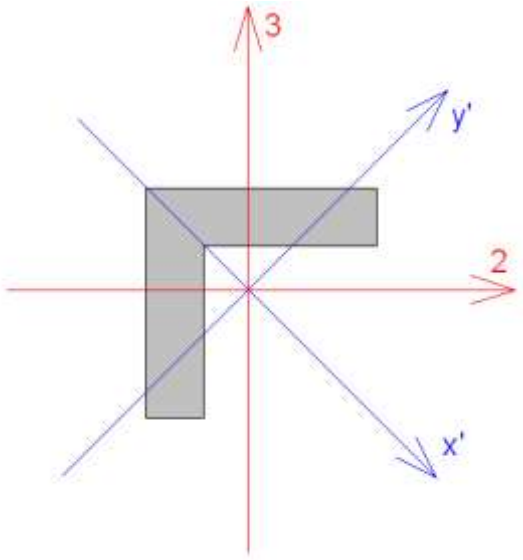
D'ora in avanti intenderemo approfondire solo l'elemento **"Beam"**.

Questo elemento finito possiede 12 gradi di libertà in quanto i due nodi di estremità hanno 6 gradi di libertà ciascuno: 3 alla traslazione e 3 alla rotazione:

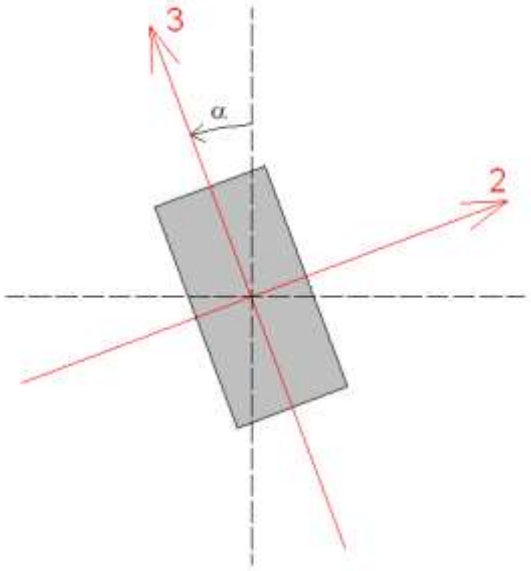


Il sistema di riferimento locale viene costruito partendo dall'asse 1 fatto coincidere con la linea d'asse della trave e orientato positivamente dal nodo 1 al 2. Gli altri due assi sono costruiti attraverso una roto-traslazione rigida del sistema di riferimento in modo da sovrapporre l'asse x all'asse 1, secondo le indicazioni riportate precedentemente. I momenti di inerzia della sezione sono riferiti agli assi 2 e 3.

Per le sezioni doppiamente non simmetriche (ad esempio le sezioni a L) i momenti d'inerzia non sono riferiti agli assi principali ma ai due assi identificati con 2 e 3 orientati secondo la seguente figura:



Tutte le proprietà delle sezioni, i carichi e le caratteristiche della sollecitazione sono riferite agli assi locali della trave. Eventuali rotazioni della sezione vengono considerate ruotando il sistema di sistema di riferimento locale coerentemente all'angolo α:



I dati relativi alla sezione sono:

- Area della sezione trasversale;
- Momenti principali di inerzia;
- Momento d'inerzia torsionale.

Come già spiegato, il materiale costituente la trave è assunto essere di tipo isotropo. I parametri atti a definirlo sono il modulo elastico longitudinale E e il coefficiente di Poisson. Le altre caratteristiche del materiale sono costituite dal peso proprio per unità di lunghezza della trave (automaticamente calcolato dal programma), dalla massa per unità di lunghezza (automaticamente calcolato dal programma) e dal coefficiente termico di dilatazione lineare.

Sulla linea d'asse della trave possono agire contemporaneamente una molteplicità di carichi:

- Carichi distribuiti uniformi espressi nel sistema di riferimento locale dell'asta;
- Carichi distribuiti uniformi espressi nel sistema di riferimento globale;

- Carichi trapezoidali espressi nel sistema di riferimento locale dell'asta;
- Variazioni termiche uniformi.

I carichi ripartiti (uniformi o trapezoidali) interessano tutta la lunghezza dell'asta ed hanno componenti lungo gli assi locali 1,2,3 del sistema di riferimento locale. È tuttavia possibile introdurre lo stesso tipo di carico riferito al riferimento globale X, Y, Z.

Tutti i tipi di carico ripartito possono essere forze o momenti, entrambi riferiti all'unità di lunghezza. I carichi termici introducibili sono del tipo lineare costante e provocano allungamenti della trave lungo il proprio asse.

La connessione interna tra le aste è per default sempre del tipo rigido, ovvero le aste generano ai nodi reazioni di incastro perfetto. Dall'ambiente "Modello" è possibile "svincolare" localmente la risposta flessionale ai nodi di estremità. In poche parole è possibile introdurre cerniere cilindriche (orientate localmente) o sferiche.

Come accennato l'elemento "Truss" ha, nella sua definizione, automaticamente liberi le componenti di reazione a rotazione.
Per modellare la compenetrazione delle aste ai nodi è possibile introdurre tratti rigidi agli estremi. La lunghezza di questi tratti (lr_i e lr_j) viene automaticamente calcolata dal programma. Per cui la lunghezza della parte deformabile della trave viene quindi ad essere assunta pari a:

$$\overline{L} = L - (lr_i + lr_j)$$

La valutazione dei momenti di incastro perfetto indotti dagli schemi di carico tiene conto della presenza all'estremità della trave dei tronchi rigidi.

I dati di output relativi agli elementi "beam" e "truss" sono:

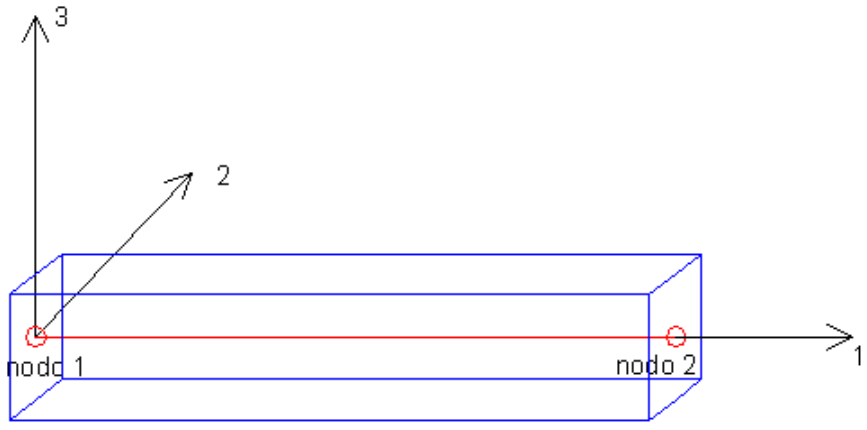
- forze interne (N_1, T_2, T_3);
- momenti interni (M_T, M_{12}, M_{13}).

5.1.8 Elemento FOND

Questo tipo di elemento finito viene utilizzato per modellare travi rovesce di fondazione. Questo elemento si discosta dal "beam" in quanto è vincolato attraverso delle molle traslazionali e rotazionali atte a simulare l'iterazione terreno-fondazione.

Il programma aggiunge alla matrice di rigidezza elastica dell'asta quella del contributo delle molle ripartite sulle facce della fondazione. I valori di tali contributi sono calcolati computando i coefficienti in funzione delle aree di contatto terreno-fondazione. Tutti i calcoli sono effettuati sulla base di cinematismi unitari.

Questo elemento finito possiede 12 gradi di libertà in quanto i due nodi di estremità hanno 6 gradi di libertà ciascuno: 3 alla traslazione e 3 alla rotazione.



Il sistema di riferimento locale viene costruito partendo dall'asse 1 fatto coincidere con la linea d'asse della trave e orientato positivamente dal nodo 1 al 2. Gli altri due assi sono costruiti attraverso una roto-traslazione rigida del sistema di riferimento globale in modo da sovrapporre l'asse x all'asse 1. I momenti di inerzia della

sezione sono riferiti agli assi 2 e 3.

Tutte le proprietà delle sezioni, i carichi e le caratteristiche della sollecitazione sono riferite agli assi locali della trave. Eventuali rotazioni della sezione vengono considerate riferendo le inerzie agli assi locali di riferimento.

I dati relativi alla sezione sono:

- Area della sezione trasversale;
- Momenti principali di inerzia;
- Momento d'inerzia torsionale;
- Modulo di Winkler normale (Rigidezza Z);
- Modulo di Winkler tangenziale (Rigidezza X e Y).

In particolare, il modulo normale simula una distribuzione di molle continua ortogonale alle facce della fondazione, mentre il modulo tangenziale agisce in direzione parallela alle facce stesse. Il modulo di Winkler viene utilizzato negli elementi BEAM, negli elementi SHELL e nei plinti di fondazione per modellare l'interazione terreno-sovrastruttura.

Come già spiegato, il materiale costituente la trave è assunto essere di tipo isotropo. I parametri atti a definirlo sono il modulo elastico longitudinale E e il coefficiente di Poisson. Le altre caratteristiche del materiale sono costituite dal peso proprio per unità di lunghezza della trave (automaticamente calcolato dal programma), dalla massa per unità di lunghezza (automaticamente calcolato dal programma) e dal coefficiente termico di dilatazione lineare.

Sulla linea d'asse della trave possono agire contemporaneamente una molteplicità di carichi:

- Carichi distribuiti uniformi espressi nel sistema di riferimento locale dell'asta;
- Carichi distribuiti uniformi espressi nel sistema di riferimento globale;
- Carichi trapezoidali espressi nel sistema di riferimento locale dell'asta;
- Variazioni termiche uniformi.

I carichi ripartiti (uniformi o trapezoidali) interessano tutta la lunghezza dell'asta ed hanno componenti lungo gli assi locali 1,2,3 del sistema di riferimento locale. È tuttavia possibile introdurre lo stesso tipo di carico riferito al riferimento globale X, Y, Z.

Tutti i tipi di carico ripartito possono essere forze o momenti, entrambi riferiti all'unità di lunghezza. I carichi termici introducibili sono del tipo lineare costante e provocano allungamenti della trave lungo il proprio asse.

Per modellare la compenetrazione delle aste ai nodi è possibile introdurre tratti rigidi agli estremi. La lunghezza di questi tratti (lr_i e lr_j) viene automaticamente calcolata dal programma. Per cui la lunghezza della parte deformabile della trave viene quindi ad essere assunta pari a:

$$\overline{L} = L - (lr_i + lr_j)$$

La valutazione dei momenti di incastro perfetto indotti dagli schemi di carico tiene conto della presenza all'estremità della trave dei tronchi rigidi.

I dati di output relativi agli elementi "beam" e "truss" sono:

- forze interne (N_1, T_2, T_3);
- momenti interni (M_T, M_{12}, M_{13}).

5.1.9 Elemento ISOLATORE

Questo tipo di elemento finito viene utilizzato per modellare isolatori in campo elastico lineare equivalente. Diversamente dall'elemento "beam", questo tipo di elemento possiede rigidezza solo nella direzione verticale e a spostamenti ortogonali all'asse dell'elemento. La rigidezza nella direzione verticale e orizzontale viene assegnata direttamente tramite i parametri definiti dal costruttore di isolatori.

Agendo in campo elastico lineare equivalente, non viene tenuta in conto alcuna forma di dissipazione energetica, ne alcuna forma di diagramma isteretico dell'isolatore. L'applicabilità del metodo deve essere validata dal fornitore del sistema di isolamento sismico, in quanto non tutti i tipi di isolatori consentono di applicare le semplificazioni del campo elastico lineare.

L'isolatore sarà soggetto a:

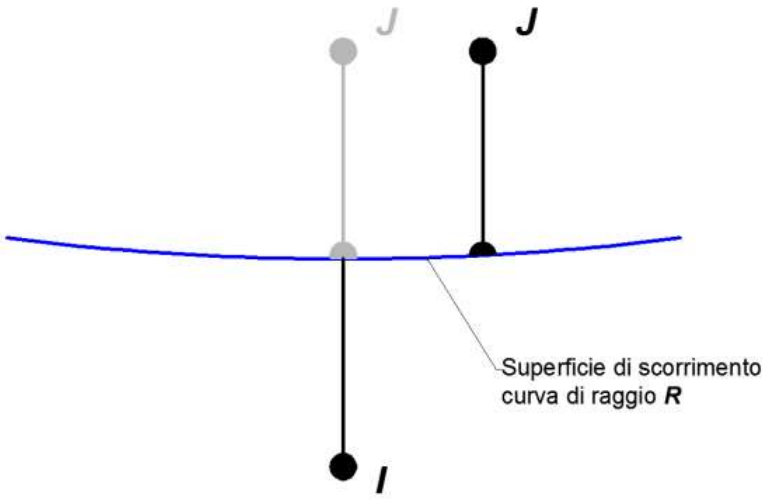
- Sforzo Normale;
- Taglio 1-3;
- Taglio 1-2.

Le rimanenti caratteristiche di sollecitazione, momenti flettenti e torcenti, risultano nulli.

Un'estensione di questo elemento finito è utilizzato per modellare gli "scivolatori", in cui risulta non nulla solo la rigidezza a carichi verticali.

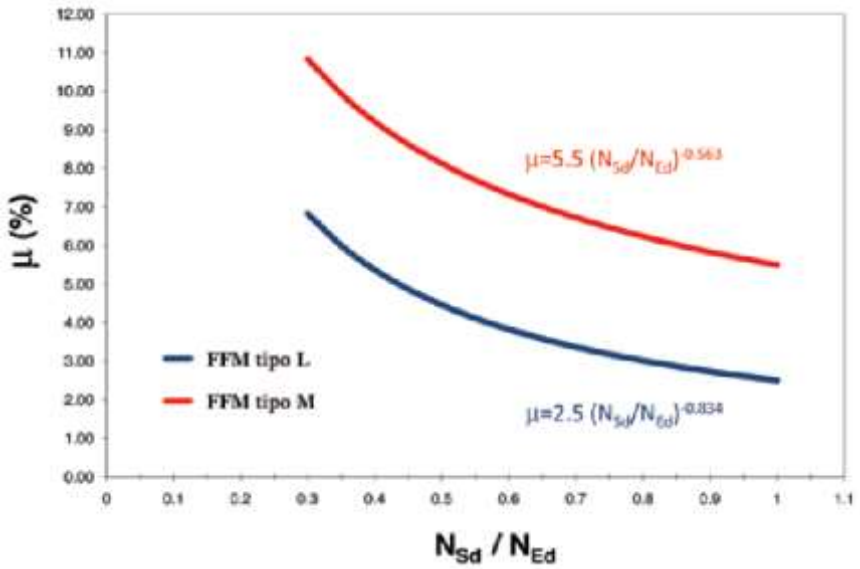
Elemento isolatore a superficie curva (FPS)

Si tratta di un elemento finito a due nodi *I* e *J* in grado di modellare il comportamento di isolatori biassiali ad attrito che accoppiano le proprietà di attrito per le due deformazioni a taglio. Le deformazioni a taglio avvengono con le ipotesi di slittamento su una superficie curva. Questo elemento accoppia anche funzione di Gap assiale (ovvero è incapace di resistere a trazione) ed è resistente a momento nelle 2 direzioni.



Un valore pari a zero del raggio indica una superficie di scorrimento è piatta e la corrispondente azione di taglio risulta nulla. Se la superficie di slittamento è concava, il dispositivo oltre a garantire uno slittamento e un comportamento isteretico prodotto dall'attrito ha la duplice funzione di ricentraggio, ovvero, la capacità di tornare nella posizione iniziale successivamente all'azione sismica.

Il modello di attrito è riportato nella figura seguente e risulta funzione dello sforzo normale agente sulla superficie di scorrimento.



Il modello matematico per il calcolo della risposta di tali dispositivi viene espresso mediante la seguente espressione:

$$F_t = \mu(N_{Sd}/N_{Ed})N_{sd} + \frac{N_{sd}}{R}d$$

dove:

F_t: risposta orizzontale del dispositivo;

$\mu(N_{Sd}/N_{Ed})$: coefficiente d'attrito;

N_{Sd}: carico verticale agente sul dispositivo;

N_{Ed}: massimo carico verticale di progetto del dispositivo;

R: raggio di curvatura equivalente;

d: spostamento orizzontale.

5.1.10 Elemento DISSIPATORE VISCOSO

Si tratta di un elemento finito in grado di modellare la risposta non lineare di dispositivi meccanici che hanno il compito di smorzare il moto ad esso impresso trasformandolo in attrito viscoso. La forza viscosa con cui il dissipatore risponde alla sollecitazione è proporzionale alla velocità e ha verso opposto alla forza impressa, per cui la forza risultante è minore della forza che viene impartita al dispositivo e conseguentemente si ha un rallentamento del moto.
I dispositivi maggiormente utilizzati a tali fini nella progettazione strutturale sono di due tipi:

Dissipatori viscosi semplici

Si tratta di dispositivi costituiti da un sistema cilindro/pistone in cui la laminazione di un fluido siliconico attraverso un idoneo circuito idraulico permette la dissipazione di energia. Il tipico legame forza-velocità che ne risulta è non lineare, cioè:

$$F = C\,v^{\alpha}$$

dove:

F è la forza;

C è la costante di smorzamento;

v è la velocità;

α è una costante che generalmente vale 0.15.

Dissipatori viscosi ricentranti

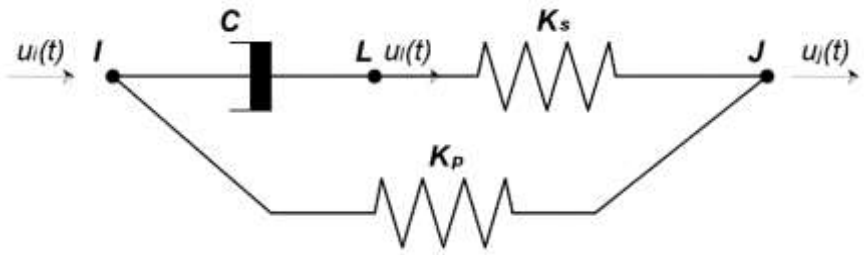
Si tratta di dispositivi costituiti anch'essi da un sistema cilindro/pistone caratterizzati da un legame costitutivo in cui la forza di reazione F dipende sia dalla velocità che dallo spostamento u secondo la seguente legge:

$$F = F_0 + C\, v^{\alpha} + K\, u$$

dove:

F_0 è l'eventuale forza di precarico;
K è la rigidezza;
C è la costante di smorzamento;
v è la velocità;
α è una costante che generalmente vale 0.15.

L'elemento finito in esame, in grado di modellare entrambe le tipologie di dispositivi, è costituito (vedi figura) da due nodi di estremità I, J ed un nodo interno L. Mentre i nodi di estremità consentono la connessione con gli altri elementi finiti, il nodo interno ha la funzione ausiliaria di connettere il dashpot avente parametri C ed α con la molla (collegamento in serie) di costante K_s. Inoltre l'elemento presenta una molla (collegamento in parallelo) di costante K_p connessa ai due nodi di estremità.



Di seguito si riporta la formulazione di tale elemento.
Il vettore degli spostamenti dell'elemento è:

$$U(t) = [u_I(t) \quad u_J(t)]^T$$

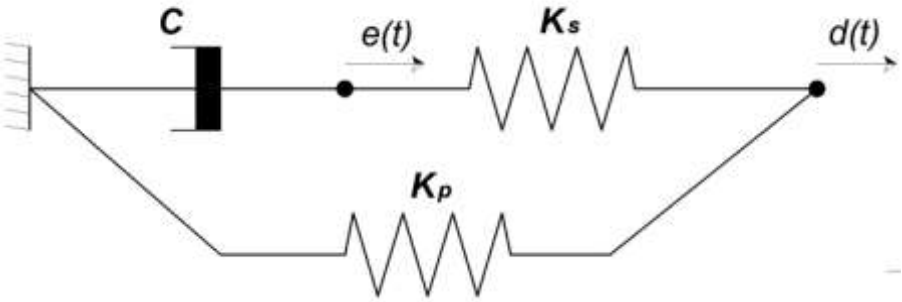
al quale vengono associate le forze:

$$F(t) = [F_I(t) \quad F_J(t)]^T$$

Al fine di operare in termini di deformazioni pure di elemento si faccia riferimento alle seguenti definizioni:

$$e(t) = u_L(t) - u_I(t)$$

$$d(t) = u_J(t) - u_I(t)$$



Lo spostamento $d(t)$ è legato al vettore degli spostamenti dei nodi di estremità $U(t)$ mediante la seguente relazione matriciale:

$$d(t) = [-1 \quad 1] \begin{bmatrix} u_I(t) \\ u_J(t) \end{bmatrix} = TU(t)$$

al quale viene associata la forza $F_d(t)$.

Per ottenere l'espressione del vettore delle forze nodali F a partire da quelle pure $F_d(t)$ è necessario scrivere il *PLV*:

$$F^T(t)\delta U(t) = F_d(t)\delta d(t) = F_d(t)T\delta U(t)$$

Trasponendo entrambi i membri e semplificando si ottiene:

$$\cancel{\delta U(t)^T} F(t) = \cancel{\delta U(t)^T} T^T F_d(t)$$

$$F(t) = T^T F_d(t)$$

L'espressione della risposta del sistema risulta:

$$F_d(t) = F_0 + F_s(t) + K_p d(t)$$

con:

$$F_s(t) = K_s(d(t) - e(t)) = C|\dot{e}(t)|^\alpha \ \text{sign}(\dot{e}(t))$$

Per calcolare il contributo $F_s(t)$ viene utilizzata una procedura iterativa di seguito descritta.

Al generico istante di tempo t la forza F_s non può essere calcolata direttamente perché non è noto il termine $e(t)$, pertanto si procede utilizzando una prima approssimazione del valore di $e(t)$ data da:

$$e(t)^{j=1} = e(t - \Delta t)$$

viene calcolata la forza:

$$F_s(t)^{j=1} = K_s\,(d(t) - e(t)^{j=1})$$

che deve risultare pari a:

$$F_s(t)^{j=1} = C\left|\dot{e}(t)^{j=1}\right|^\alpha \ \text{sign}(\dot{e}(t)^{j=1})$$

da cui:

$$\dot{e}(t)^{j=1} = \left|\frac{F_s(t)^{j=1}}{C}\right|^{\frac{1}{\alpha}} \ \text{sign}(F_s(t)^{j=1})$$

Utilizzando la seguente espressione:

$$e(t) = e(t - \Delta t) + \int_{t-\Delta t}^{t} \dot{e}(\tau)\, d\tau$$

e come algoritmo di integrazione il metodo dei trapezi risulta:

$$e(t)^{j=2} \cong e(t - \Delta t) + \left[\dot{e}(t) + \dot{e}(t)^{j=1}\right]\frac{\Delta t}{2}$$

A questo punto $e(t)^{j=2}$ viene utilizzata come seconda approssimazione di $e(t)$ e si itera nuovamente. Il raggiungimento della convergenza si ha quando:

$$\frac{F_s(t)^j - F_s(t)^{j-1}}{F_s(t)^{j-1}} < ERT$$

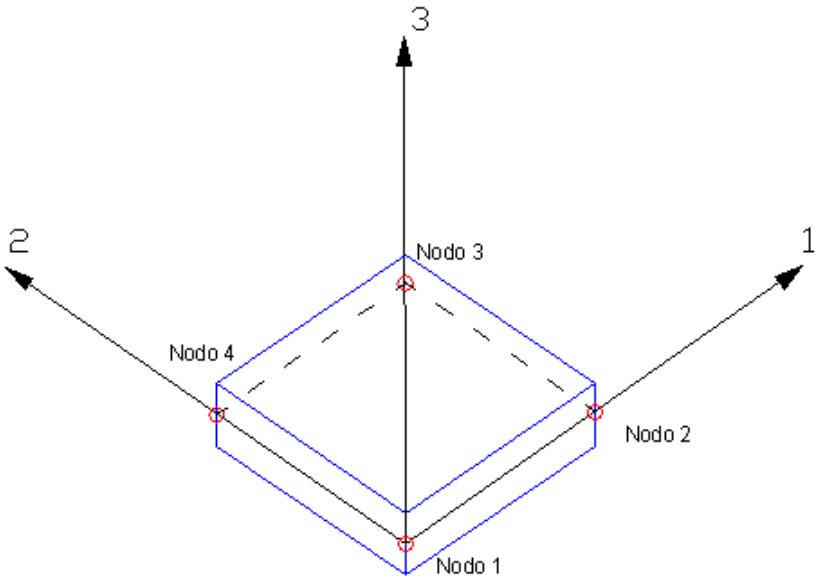
dove ERT rappresenta la tolleranza relativa.

5.1.11 Elemento SHELL

In questa sezione approfondiremo la trattazione dell'elemento finito **"Shell"**, utile alla modellazione di piastre orizzontali, platee di fondazione, pareti verticali e volte di varia forma. Questo tipo di elemento finito segue sempre la giacitura di un piano.

L'elemento lastra-piastra, nel seguito denominato guscio, possiede nel sistema di riferimento locale come in quello globale 6 gradi di libertà per nodo. L'elemento è computato sovrapponendo il comportamento lastra o membrana, che possiede 3 gradi di libertà per nodo (una coppia di spostamenti planari e un grado di libertà alla rotazione intorno ad un asse perpendicolare al piano medio), e il comportamento piastra, che possiede 3 gradi di libertà per nodo (uno spostamento perpendicolare al piano medio e una coppia di rotazioni ortogonali aventi assi sostegno paralleli al piano medio).

La geometria dell'elemento finito "shell" può essere definita attraverso 3 o 4 nodi. La trattazione nei due casi è completamente diversa. L'elemento a 3 nodi viene usato per creare esclusivamente mesh di transizione nel caso di figure irregolari. Il sistema di riferimento locale viene posizionato attraverso una roto-traslazione rigida facendo coincidere il vettore congiungente il primo e il secondo nodo dell'elemento con l'asse X del sistema di riferimento e denominandolo come asse 1:



Tutte le proprietà della sezione, i carichi e le caratteristiche della sollecitazione sono riferite agli assi locali dell'elemento.

Il parametro geometrico che definisce l'elemento, oltre le coordinate dei nodi, è lo spessore della sezione trasversale.

Il materiale costituente il guscio è assunto essere di tipo isotropo. I parametri atti a definirlo sono il modulo elastico longitudinale E e il coefficiente di Poisson. Le altre caratteristiche del materiale sono costituite dal peso proprio per unità di superficie (automaticamente calcolato dal programma), dalla massa per unità di superficie (automaticamente calcolato dal programma) e dal coefficiente termico di dilatazione lineare.

Sull'elemento "shell" è possibile introdurre vari tipi di carico:

- Carichi ripartiti per unità di superficie agenti ortogonalmente al piano dell'elemento;
- Carichi (rispetto al sistema di riferimento locale e globale) ripartiti trapezoidali per unità di lunghezza applicati sui lati dell'elemento;
- Variazioni termiche costanti sul volume dell'elemento.

La formulazione dell'elemento è basata sulla teoria di Mindlin-Reissner in cui viene considerato anche il contributo della deformazione dovuta al taglio risolvendolo secondo la formulazione isoparametrica. Tutte le

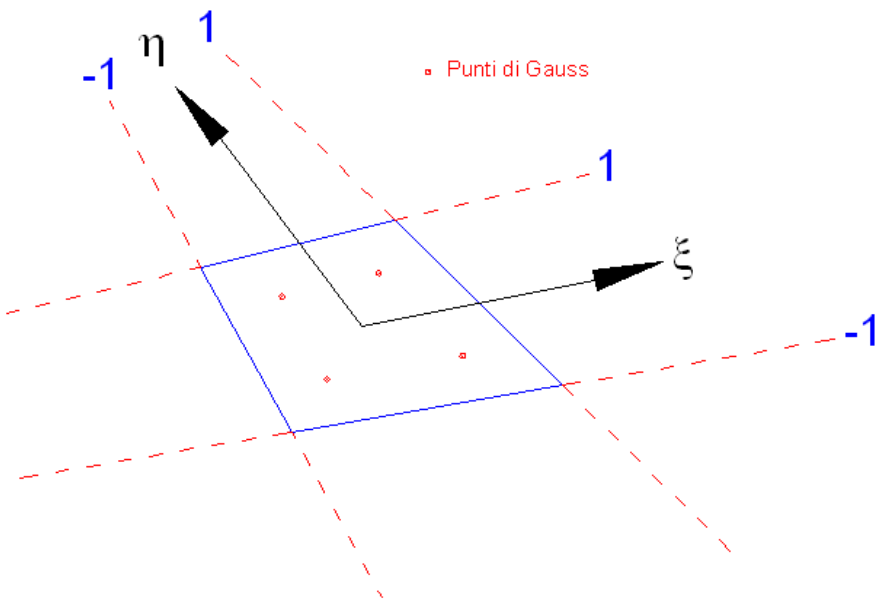
caratteristiche sono calcolate attraverso l'integrazione numerica ai punti di Gauss secondo la regola 2x2 ed estrapolate ai nodi.

Una volta ricondotte alle coordinate isoparametriche, le funzioni di forma nei due casi sono le seguenti:

$$\textit{Elementi Quadrangolari}\begin{cases} N_1 = \frac{1}{4}(1-\xi)(1-\eta) \\ N_2 = \frac{1}{4}(1+\xi)(1-\eta) \\ N_3 = \frac{1}{4}(1-\xi)(1+\eta) \\ N_4 = \frac{1}{4}(1+\xi)(1+\eta) \end{cases}$$

$$\textit{Elementi Triangolari}\begin{cases} N_1 = (1-\xi-\eta) \\ N_2 = \xi \\ N_3 = \eta \end{cases}$$

Il significato delle coordinate parametriche è spiegato, per gli elementi quadrangolari, nella seguente figura:



Ogni oggetto piastra o parete introdotto dall'input viene meshato automaticamente dal programma secondo algoritmi di calcolo geometrici. La definizione della mesh è fondamentale per la corretta risoluzione della struttura.

Lo stesso elemento "shell" può essere utilizzato per modellare platee di fondazione attraverso l'introduzione di molle distribuite sulla superficie dell'elemento che vengono automaticamente concentrate (rappresentative della propria area di influenza e calcolate attraverso l'integrazione di Gauss) e applicate ai nodi di estremità.

La massa dell'elemento viene calcolata e rappresentata dai valori nodali (lumped).

I dati di output relativi agli elementi SHELL sono:

- Forze interne per unità di lunghezza (F_{11}, F_{22}, F_{12});
- Momenti interni per unità di lunghezza (M_{11}, M_{22}, M_{12});
- Risultanti di taglio interno per unità di lunghezza (V_{13}, V_{23}).

Le forze interne sono correlate alle tensioni dalle seguenti relazioni:

$$\sigma_{11} = \frac{F_{11}}{s} - \frac{6M_{11}}{s^2}$$

$$\sigma_{22} = \frac{F_{22}}{s} - \frac{6M_{22}}{s^2}$$

$$\sigma_{12} = \frac{F_{12}}{s} - \frac{6M_{12}}{s^2}$$

$$\sigma_{13} = \frac{V_{13}}{s}$$

$$\sigma_{23} = \frac{V_{23}}{s}$$

$$\sigma_{33} = 0$$

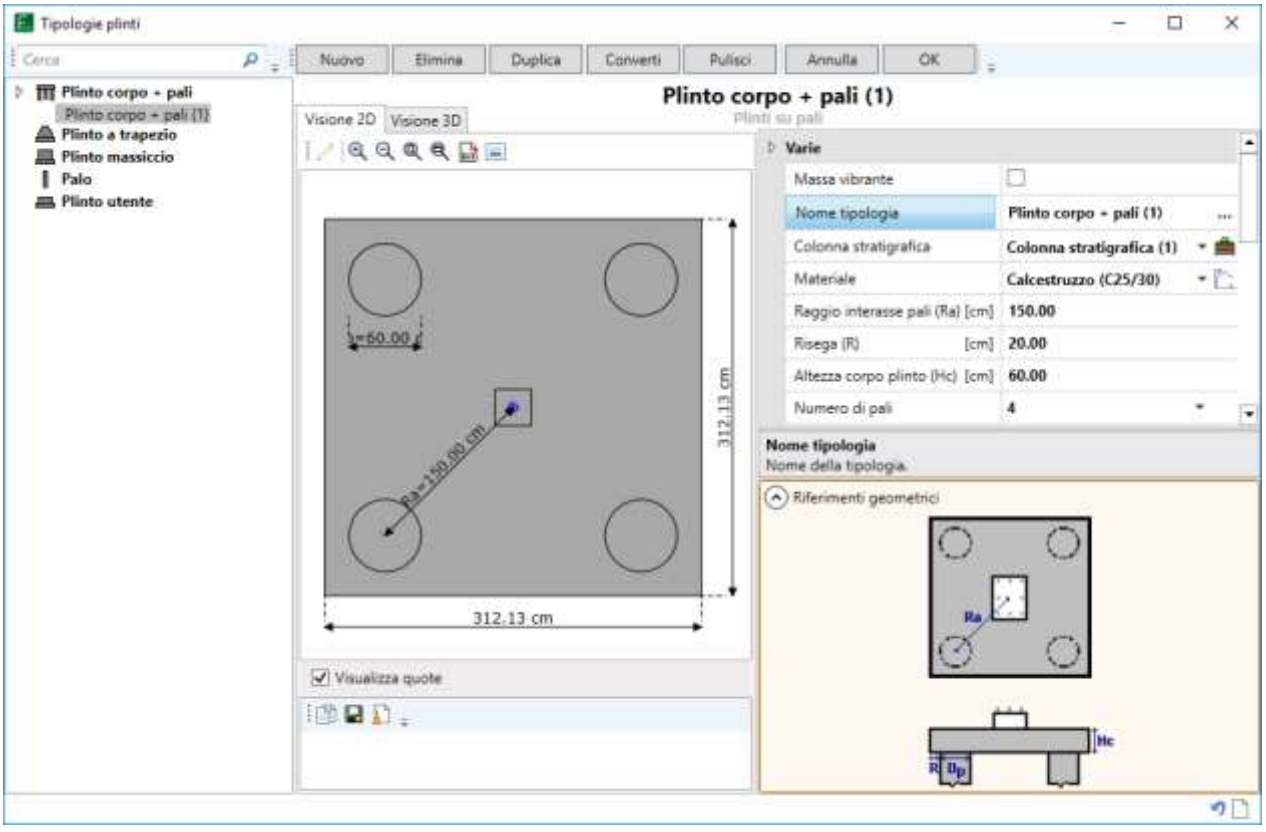
dove s è lo spessore trasversale dell'elemento.

Per gli elementi strutturali in Xlam e la tipologia generica ortotropa, il calcolo agli elementi finiti utilizza un opportuno legame costitutivo. In particolare, per gli elementi Xlam, si tiene in conto dei vari strati, del loro spessore e dell'orientazione, e per ciascun strato si assume un comportamento ortotropo.

Per tali tipi di elementi non è possibile tenere conto dell'interazione con il terreno mediante l'utilizzo del modulo di Winkler.

5.1.12 Interazione plinti/terreno

In questa sezione verrà trattata la schematizzazione dei vincoli relativi ai plinti. Per quanto concerne le verifiche strutturali si rimanda all'apposito capitolo di questo manuale.



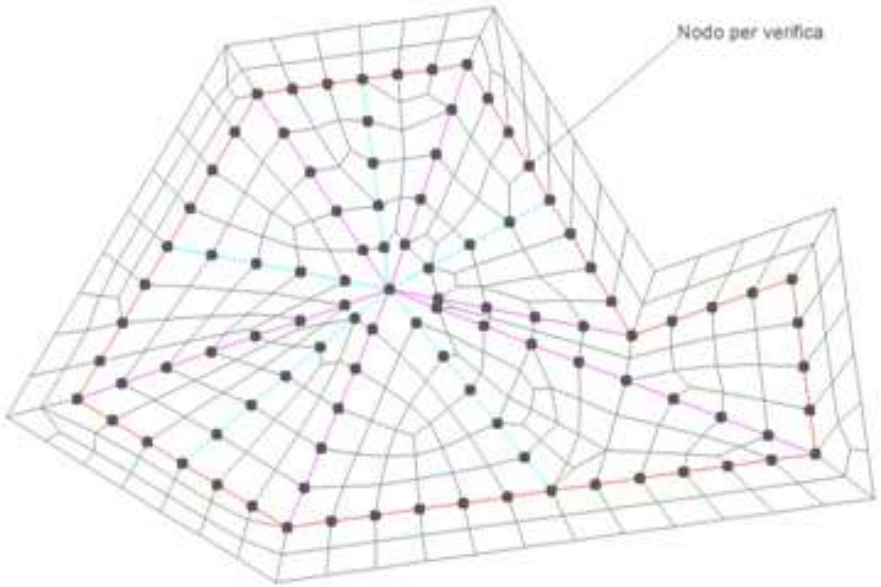
I tipi di plinto disponibili sono:

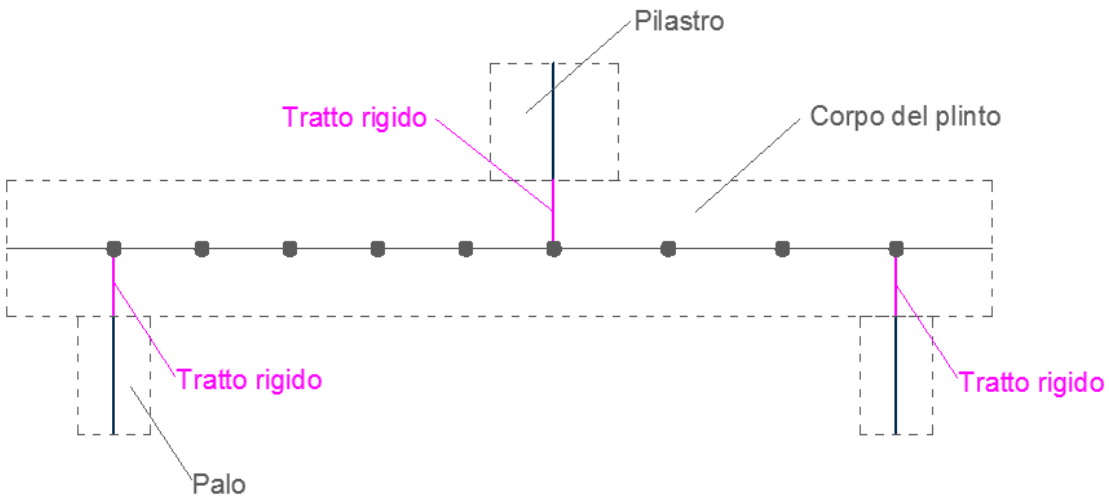
- Plinto corpo + pali;
- Plinto a trapezio;
- Plinto massiccio;
- Singolo palo;
- Plinto utente.

La tipologia del plinto avrà tre tipi di modello di vincolo nei riguardi della sovrastruttura:

1. **Incastro**. Il nodo al quale il plinto risulta applicato verrà incastrato in tutti i gradi di libertà;
2. **Vincoli cedevoli**. Al nodo verranno applicate delle molle calcolate con metodi approssimati;
3. **Modellazione FEM**. Il plinto verrà modellato con degli elementi "shell", mentre i pali con elementi simili a quelle delle fondazioni.

La mesh dovrà avere delle linee preferenziali in cui dovranno essere presenti dei **"Nodi di verifica"** disposti a “passo mesh”. In ogni caso una linea dovrà essere divisa almeno a metà.





Le verifiche SLU/SLV/SLC/SLD/SLE verranno eseguite nei nodi segnati in grassetto.

Il modello di vincolo del plinto può essere fatto secondo diversi metodi riassunti in:

1. Plinto diretto:
   a. Formule di Gazetas (usa stratigrafia);
   b. Da Winkler.
2. Plinto su pali:
   c. Bowles (usa stratigrafia);
   d. Chiarugi & Maia (usa stratigrafia);
   e. Da Winkler.

Il palo risulterà meshato ad un determinato passo lungo la lunghezza del palo.

I plinti modellati come vincoli cedevoli o vincoli perfetti (incastro), saranno rappresentati da una serie di "vincoli cedevoli" (molle concentrate) al nodo posto alla base del pilastro in cui sono inseriti i plinti.

Tali molle sono tre di tipo traslazionale (X, Y, Z) e tre di tipo rotazionale (Rx, Ry, Rz). Per i plinti diretti le costanti elastiche si ricavano ipotizzando il plinto rigido e il suolo alla Winkler. Tale operazione viene fatta integrando i valori dei moduli di Winkler (verticale e orizzontale) sulla superficie di contatto del plinto e imponendo uno spostamento unitario.

Il contributo a rotazione intorno ad un asse orizzontale viene computato considerando il momento generato dalla rotazione unitaria attraverso un diagramma delle pressioni di contatto a farfalla. Il contributo a rotazione intorno all'asse verticale viene calcolato in base all'attrito (modellato attraverso molle) imponendo una rotazione unitaria.

Per i plinti su pali, il contrasto a traslazione e rotazione viene affidato esclusivamente ai pali. Per i contributi elastici traslazionali e di rotazione intorno all'asse verticale, si procede ad integrare il valore di contrasto laterale (ipotizzato alla Winkler) delle molle sulla lunghezza dei pali. Per i contributi intorno agli assi orizzontali viene imposta una rotazione alla base del plinto unitaria. Alle molle di contrasto viene sommato il contributo di rigidezza elastica dei singoli pali.

I valori dei vincoli cedevoli vengono mostrati all'utente al momento della creazione della tipologia del plinto. In tale ambiente è possibile editare il valore o addirittura considerare il vincolo come perfettamente incastrato.

Per i plinti inclusi nel modello Fem il software discretizzerà ogni plinto con elementi di tipo "shell" per il corpo del plinto mentre se presenti i pali, questi verranno discretizzati in diversi elementi interagenti con il suolo di fondazione.

Per ogni plinto (alto o basso) il software genererà in maniera automatica dei collegamenti pilastro - lati esterni del plinto ed in presenza di pali anche dei collegamenti tra la testa dei singoli pali e tutti questi collegamenti saranno oggetto di opportune verifiche.

Ogni palo sarà discretizzato in un numero adeguato di elementi lungo la lunghezza del palo e ad ogni elemento saranno assegnate dei moduli di reazione con il terreno laterale interagente con la struttura di fondazione in funzione della stratigrafia assegnata al plinto/palo.

Nel caso di ipotesi di vincolo fisso base palo, il software invece di inserire una molla alla base del palo di opportuna rigidezza inserirà un vincolo perfetto.

Per i plinti su pali si riportano nella seguente tabella le formule utilizzate per calcolare il valore delle molle da applicare ai nodi di base.

	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 pali	3,4,5,6,7,8,9,10 + palo centrale
K_{pX}	$n \cdot \left(2 \cdot R \cdot \left(\frac{L}{3}\right) \cdot K_W + \frac{12 \cdot E \cdot \pi \cdot R^4}{4 \cdot L^3}\right)$	$n \cdot \left(2 \cdot R \cdot \left(\frac{L}{3}\right) \cdot K_W + \frac{12 \cdot E \cdot \pi \cdot R^4}{4 \cdot L^3}\right)$
K_{pY}	$n \cdot \left(2 \cdot R \cdot \left(\frac{L}{3}\right) \cdot K_W + \frac{12 \cdot E \cdot \pi \cdot R^4}{4 \cdot L^3}\right)$	$n \cdot \left(2 \cdot R \cdot \left(\frac{L}{3}\right) \cdot K_W + \frac{12 \cdot E \cdot \pi \cdot R^4}{4 \cdot L^3}\right)$
K_{pZ}	$n \cdot \left(\frac{E \cdot \pi \cdot R^2}{L}\right)$	$n \cdot \left(\frac{E \cdot \pi \cdot R^2}{L}\right)$
$K_{p\Phi X}$	$\frac{n \cdot \pi \cdot R \cdot K_{WH}}{12} \cdot \left(\frac{L}{10}\right)^3$	$\frac{n \cdot \pi \cdot R \cdot K_{WH}}{12} \cdot \left(\frac{L}{10}\right)^3$
$K_{p\Phi Y}$	$\frac{n \cdot \pi \cdot R \cdot K_{WH}}{12} \cdot \left(\frac{L}{10}\right)^3$	$\frac{n \cdot \pi \cdot R \cdot K_{WH}}{12} \cdot \left(\frac{L}{10}\right)^3$
$K_{p\Phi Z}$	Se n= 1 $K_{WH} \cdot \left(\pi \cdot R^3 \cdot \left(\frac{L}{10}\right)\right)$ altrimenti $n \cdot K_{WH} \cdot \left(\frac{d^2}{16} \cdot \pi \cdot R \cdot \left(\frac{L}{10}\right)\right)$	$K_{WH} \cdot \left((n-1) \cdot \frac{d^2}{16} \cdot \pi \cdot R \cdot \left(\frac{L}{10}\right)\right)$

dove:

- n : Numero di pali;
- R : Raggio dei pali;
- L : Lunghezza dei pali;
- K_{WH} : Modulo di Winkler orizzontale;
- K_W : Modulo di Winkler verticale;
- d : Interasse tra i pali.

Per i plinti diretti si riportano le relative formule:

	Trapezio	Massiccio
K_{pX}	$K_{WH} \cdot \left[L_{mY} \cdot h_m + L_{cY} \cdot h_c + \frac{(L_{zY} + L_{tY}) \cdot h_t}{2} \right]$	$K_{WH} \cdot [L_{mY} \cdot h_m + L_{cY} \cdot h_c]$
K_{pY}	$K_{WH} \cdot \left[L_{mX} \cdot h_m + L_{cX} \cdot h_c + \frac{(L_{zX} + L_{tX}) \cdot h_t}{2} \right]$	$K_{WH} \cdot [L_{mX} \cdot h_m + L_{cX} \cdot h_c]$
K_{pZ}	$K_W \cdot (L_{mX} \cdot L_{mY})$	$K_W \cdot (L_{mX} \cdot L_{mY})$
$K_{p\Phi X}$	$\frac{(L_{mX} \cdot L_{mY}^3) \cdot K_W}{24}$	$\frac{(L_{mX} \cdot L_{mY}^3) \cdot K_W}{24}$
$K_{p\Phi Y}$	$\frac{(L_{mY} \cdot L_{mX}^3) \cdot K_W}{24}$	$\frac{(L_{mY} \cdot L_{mX}^3) \cdot K_W}{24}$
$K_{p\Phi Z}$	$\frac{K_W \cdot (hm + hc + ht) \cdot ({L_{mX}}^3 \cdot {L_{mY}}^3)}{24}$	$\frac{K_W \cdot (hm + hc) \cdot ({L_{mX}}^3 \cdot {L_{mY}}^3)}{24}$

dove:

L_{mX} : Lunghezza in direzione X del magrone;
L_{mY} : Lunghezza in direzione Y del magrone;
h_m : Spessore del magrone;
L_{cX} : Lunghezza in direzione X del corpo;
L_{cY} : Lunghezza in direzione Y del corpo;
h_c : Altezza del corpo;
L_{tX} : Lunghezza in direzione X della testa;
L_{tY} : Lunghezza in direzione Y della testa;
h_t : Altezza della testa;
K_{WH} : Modulo di Winkler orizzontale;
K_W : Modulo di Winkler verticale;
r_i : Raggio del cerchio inscritto nella sagoma di base.

Il calcolo della costante orizzontale del terreno Kh può essere effettuato in base a due diverse teorie:

- Metodo di Bowles;
- Metodo di Chiarugi & Maia.

Il metodo di **Bowles** (Fondazioni – Progetto e analisi – 2003 – Joseph E. Bowles – Par. 9.6) definisce la seguente espressione generale del modulo di reazione, sia orizzontale che verticale:

$$K_s = A_s + B_s \cdot Z^n$$

Il parametro As è una costante, sia per elementi orizzontali che verticali pari a:

$$A_s = C \cdot \left(c \cdot N_c \cdot S_c + 0{,}5 \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \right)$$

Bs è un coefficiente di profondità e Z è la profondità in esame ed n un esponente necessario ad ottenere un andamento di ks variabile con la profondità:

$$B_s \cdot Z = C \cdot (\gamma \cdot N_q \cdot S_q) \cdot Z$$

Il metodo consente una rapida valutazione di del parametro Ks. Il coefficiente C assume un valore pari a 40, 160, 80, 53.3 in funzione del cedimento limite assunto (1, 1/4, 1/2, 3/4, pollici).

Nell'algoritmo usato dal software C è pari a 80, corrispondente ad un cedimento di 1/2 pollice.

Il metodo di **Chiarugi & Maia** (Geotecnica e tecnica delle fondazioni – 1984 – Vol. 2 – C. Cestelli Guidi –

Par. 14.4.2.1 Definizione del coefficiente) relativo a pali lunghi con la sommità impedita di ruotare e soggetta ad azioni orizzontali. Il valore della costante di reazione orizzontale è il seguente:

$$Kh \cong \frac{Es}{D(1-\nu^2)} \sqrt[12]{\frac{Es * D^4}{Eb * Jb}}$$

dove Es e ν si riferiscono ai parametri elastici del terreno, supposto omogeneo mentre D, Eb e Jb sono rispettivamente il diametro, il modulo elastico e il momento di inerzia della sezione, riferiti al palo di fondazione.

5.1.13 Condizioni di carico

Il programma provvede a creare automaticamente le condizioni di carico da applicare alla struttura. Le condizioni create sono:

- Carichi permanenti;
- Carichi accidentali;
- Carichi termici;
- Carichi sismici;
- Cedimenti vincolari;
- Pretensione tiranti.

Nei carichi permanenti vengono computati il peso proprio della struttura, le strutture secondarie (solai, scale, balconi) con tutti i relativi sovraccarichi, i muri di tamponamento. Nei carichi accidentali vengono computati tutti i carichi di esercizio relativamente alle reali superfici di influenza.

I carichi vengono computati in funzione dei pannelli di carico associati agli elementi strutturali secondari (solai,scale, muri di tamponamento e balconi).

I carichi termici sono generati in automatico in funzione del carico predefinito assegnato alle diverse tipologie di elementi. È possibile ovviamente assegnare ad ogni elemento un diverso valore della temperatura.

Anche i carichi sismici sono creati automaticamente nel caso di analisi statica.

La ripartizione delle forze di piano avviene in funzione della rigidezza degli elementi verticali calcolata come:

$$K_{Xi} = \frac{1}{\left(\frac{\chi l}{GA}\right) + \left(\frac{l^3}{12EI_Y}\right)} \qquad K_{Yi} = \frac{1}{\left(\frac{\chi l}{GA}\right) + \left(\frac{l^3}{12EI_X}\right)}$$

Le forze da applicare ad ogni singolo elemento resistente al sisma sono le seguenti:

$$F_{Xi} = F_{pX}\left(\frac{K_{Xi}}{\sum K_{Xi}} + \frac{(K_{Xi}(x_i - X_R)e_Y)}{J_r}\right)$$

$$F_{Yi} = F_{pY}\left(\frac{K_{Yi}}{\sum K_{Yi}} + \frac{(K_{Yi}(y_i - Y_R)e_X)}{J_r}\right)$$

dove:

$$J_r = \sum K_{Xi}(y_i - Y_R)^2 + \sum K_{Yi}(x_i - X_R)^2$$

Il carico sismico verticale viene generato localmente nei seguenti casi:

- elementi orizzontali con luce superiore a 20 m;
- elementi a mensola;
- strutture spingenti.

Il motore di calcolo di FaTA Next provvede anche alla generazione automatica delle coppie di piano torcenti relative all'eccentricità accidentale dovuta ad imperfezioni della struttura. Le coppie di piano create relativamente alle due direzioni X e Y vengono ripartite agli elementi verticali con l'equivalente metodo di ripartizione spiegato precedentemente.

Come descritto precedentemente, esiste anche la possibilità da parte dell'utente di creare nuove configurazioni di calcolo fatte di forze, coppie e carichi ripartiti, in modo da modellare ulteriori condizioni di carico che si possono presentare. Tali condizioni vengono identificate internamente dal solutore come "Generico" e processate insieme alle altre condizioni di carico utilizzando procedure ottimizzate alla risoluzione di più problemi statici.

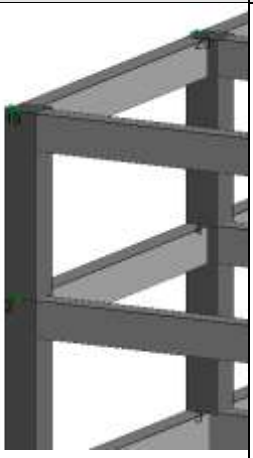
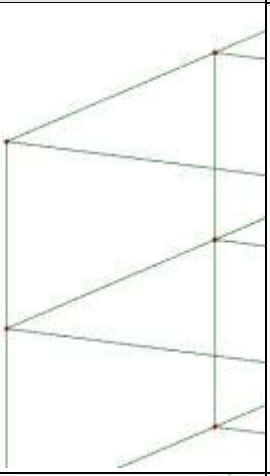
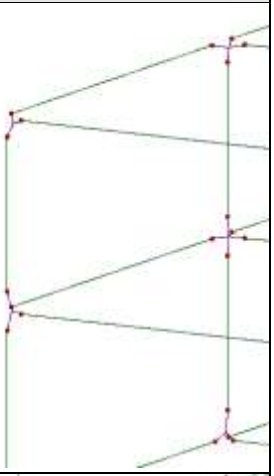
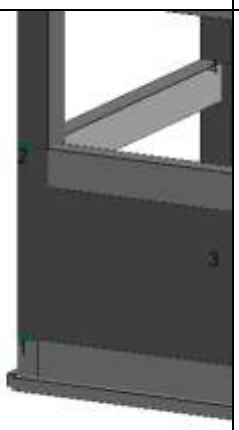
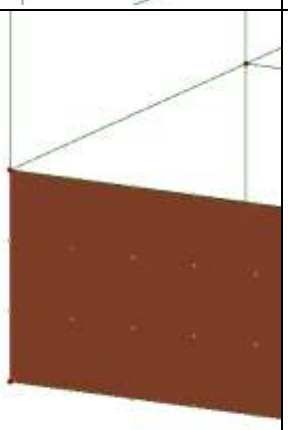
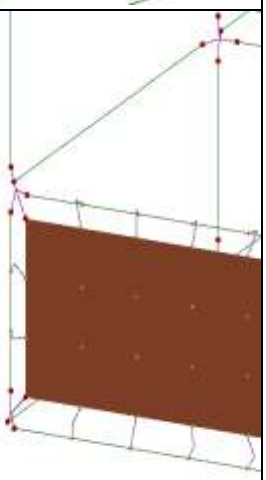
5.1.14 Modello con conci rigidi

La modellazione della struttura può essere effettuata secondo due modalità:

- Standard;
- Con conci rigidi.

Nel primo caso tutti gli elementi saranno collegati tra loro utilizzando un singolo nodo ed approssimando inclinazioni e posizioni reciproche degli elementi. Nel secondo caso saranno inseriti nel modello le relazioni di corpo rigido ai nodi strutturali, in modo da modellare situazioni geometriche più aderenti alla reale posizione degli elementi strutturali.

Ad esempio, descriviamo i modelli nei due casi per un nodo d'angolo:

Geometria reale	Modello Standard	Modello con conci rigidi
		
		

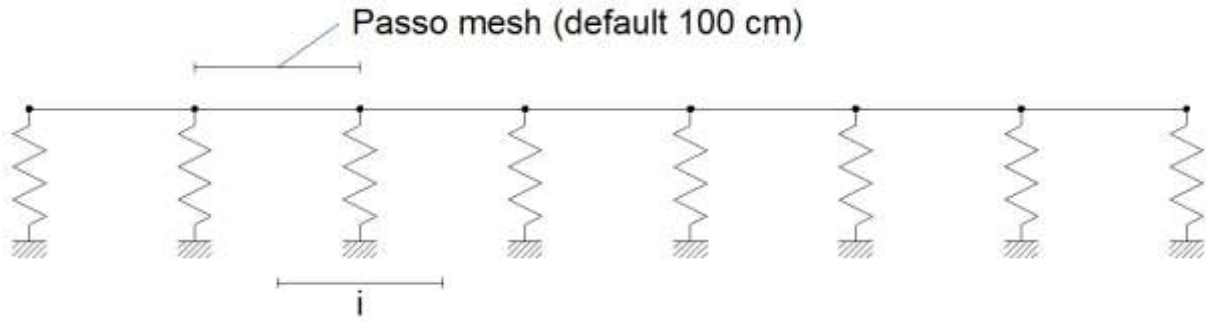
Allo stesso modo la mesh di pareti e platee sarà realizzata introducendo connessioni rigide tra gli elementi.

Il modello a conci rigidi risulta particolarmente efficace per problemi geometrici legati al dissassamento delle travi rispetto agli assi dei pilastri, considerando automaticamente i momenti di calcolo parassiti dovuti alle eccentricità.
La modellazione a conci consente di avere la perfetta corrispondenze tra elemento reale e modello di calcolo con ulteriori vantaggi legati alle minori approssimazioni.

5.1.15 Fondazione Non Lineare

Questo tipo di elemento finito, al pari dell'elemento FOND descritto in precedenza, viene utilizzato per modellare travi rovesce di fondazione tenendo in considerazione la risposta non-lineare del terreno. Questo elemento si discosta dal "beam" in quanto è vincolato attraverso delle molle traslazionali e rotazionali atte a simulare l'iterazione terreno-fondazione.

A differenza del modello di "suolo elastico alla Winkler" nel quale il terreno viene schematizzato con un letto di molle, dotate di una certa rigidezza, molto vicine tra loro (modello continuo) e indipendenti una dall'altra, in questo modello la non linearità del terreno viene sempre schematizzata con delle molle ma poste ad una distanza prefissata (default 100 cm) in corrispondenza dei punti della discretizzazione a mesh dell'elememento beam elastico (modello discreto) utilizzato per la modellazione della trave di fondazione.

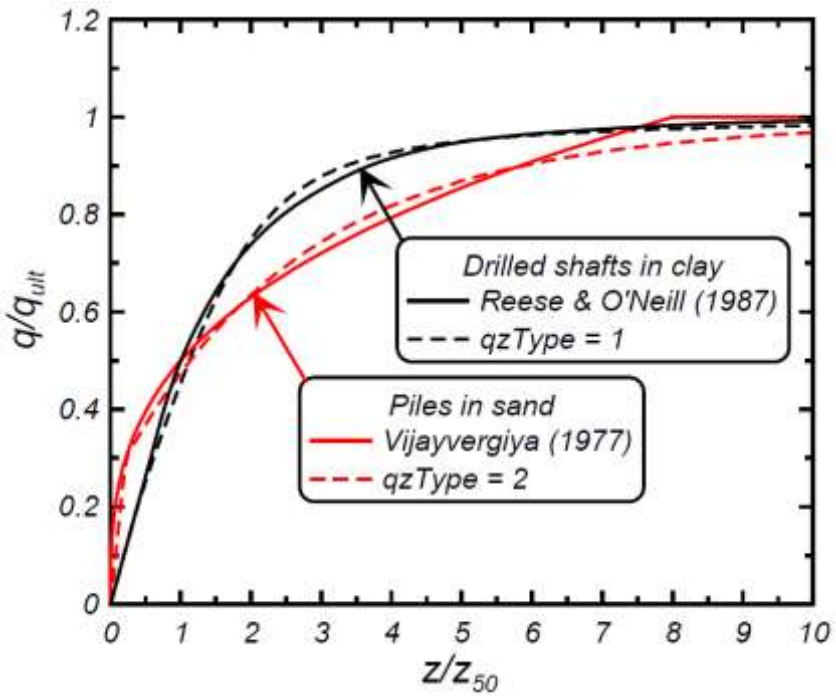


Ogni molla possiede una rigidezza diversa a seconda della direzione. In particolare, in questo modello, in direzione x ed y avremo delle molle lineari a differenza di quelle in direzione z che saranno non-lineari a simulare la componente verticale della risposta non lineare del terreno.

$$\left.\begin{aligned} k_x &= k_{wx} \cdot i \\ k_y &= k_{wy} \cdot i \end{aligned}\right\} \; Molle\ lineari$$

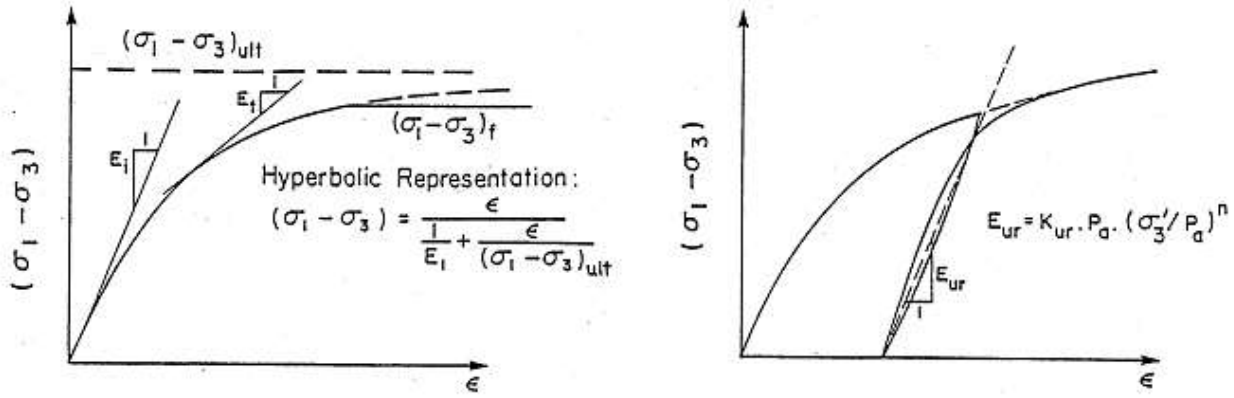
$$k_z = k_{wz}(w) \cdot i \quad Molle\ non-lineari$$

Per il **solutore agli elementi finiti**, le leggi delle molle non-lineari, dipendenti dal tipo di terreno (coesivo o granulare), presentano l'andamento delle curve "q-z" proposte da Reese & O'Neill (1987) and Vijayvergiya (1977).



Per questo modello i parametri di input saranno il carico ultimo (q_{ult}) e il cedimento (Z_{50}) pari al 50% del carico limite.

Per il solutore agli elementi discreti, il modello utilizzato è quello di Duncan&Chang (1970), secondo un legame elasto-plastico iperbolico con scarico:



Per questo modello i parametri di input saranno il carico ultimo (q_{ult}) e il la rigidezza iniziale (Kinit).

5.1.16 Tipi di analisi

Il motore di calcolo di FaTA Next consente di effettuare le seguenti analisi:

- Statica lineare;
- Dinamica con spettro di risposta;
- Push-Over;
- Dinamica non lineare.

I metodi di analisi si articolano in lineari e non lineari, in funzione delle caratteristiche della struttura e del modello di comportamento adottato.

5.1.16.1 Analisi Lineare

L'analisi lineare può essere utilizzata per calcolare la domanda sismica nel caso di comportamento strutturale sia non dissipativo sia dissipativo. In entrambi i casi, la domanda sismica è calcolata, quale che sia la modellazione utilizzata per l'azione sismica, riferendosi allo spettro di progetto ottenuto, per ogni stato limite, assumendo per il fattore di comportamento q, i limiti riportati nella tabella 7.3.I con i valori dei fattori di base q_0 riportati in Tab. 7.3.II delle NTC 2018.

5.1.16.1.1 Analisi Statica Lineare

Il calcolo risolutivo della struttura viene condotto utilizzando un sistema di equazioni lineari (di dimensioni pari ai gradi di libertà), secondo la relazione:

$$u = K^{-1} F$$

dove:

$\boldsymbol{F}$: vettore dei carichi risultanti applicate ai nodi;

$\boldsymbol{u}$: vettore dei cinematismi nodali;

$\boldsymbol{K}$: matrice di rigidezza globale.

Tale analisi è stata ripetuta per tutte le condizioni presenti sulla struttura, identificati dai vettori dei carichi relativi a:

- carichi permanenti;
- carichi d'esercizio;
- delta termico;
- torsioni accidentali;
- carichi utente.

In accordo con il § 7.3.3.2 delle NTC 2018, l'analisi lineare statica consiste nell'applicazione di forze statiche equivalenti alle forze di inerzia indotte dall'azione sismica e può essere effettuata per costruzioni che rispettino specifici requisiti, a condizione che il periodo del modo di vibrare principale nella direzione di esame (T_1) non superi 2,5 T_C o T_D e che la costruzione sia regolare in altezza.

Per costruzioni civili o industriali che non superino i 40 m di altezza e la cui massa sia distribuita in modo approssimativamente uniforme lungo l'altezza, T_1 può essere stimato, in assenza di calcoli più dettagliati, utilizzando la seguente formula:

$$T_1 = 2\sqrt{d}$$

dove d è lo spostamento laterale elastico del punto più alto dell'edificio, espresso in metri, dovuto alla combinazione di carichi [2.5.7] applicata nella direzione orizzontale.

L'entità delle forze si ottiene dall'ordinata dello spettro di progetto corrispondente al periodo T_1 e la loro distribuzione sulla struttura segue la forma del modo di vibrare principale nella direzione in esame, valutata in modo approssimato.

La forza da applicare a ciascuna massa della costruzione è data dalla formula seguente:

$$F_i = F_h \cdot z_i \cdot \frac{W_i}{\sum z_j \cdot W_j}$$

dove:

$$F_h = S_d(T_1) \cdot W \cdot \lambda / g$$

F_i è la forza da applicare alla massa i-esima;

W_i e W_j sono i pesi, rispettivamente, della massa i e della massa j;

z_i e z_j sono le quote, rispetto al piano di fondazione, delle masse i e j;

$S_d(T_1)$ è l'ordinata dello spettro di risposta definito al § 3.2.3.5;

W è il peso complessivo della costruzione;

λ è un coefficiente pari a 0,85 se $T_1 < 2T_C$ e la costruzione ha almeno tre orizzontamenti, uguali a 1,0 in tutti gli altri casi;

g è l'accelerazione di gravità;

5.1.16.1.2 Analisi Dinamica Lineare

L'analisi lineare dinamica consiste:

- nella determinazione dei modi di vibrare della costruzione (analisi modale);
- nel calcolo degli effetti dell'azione sismica, rappresentata dallo spettro di rispsota di progetto, per ciascuno dei modi di vibrare individuati;
- nella combinazione di questi effetti.

L'analisi sismica nella componente orizzontale è basata sulla teoria ed i concetti propri dell'analisi modale. L'analisi modale consente di determinare le oscillazioni libere della struttura discretizzata.

Tali modi di vibrare sono legati agli autovalori e autovettori del sistema dinamico generalizzato, che può essere riassunto in:

$$K\ a = \omega^2\ M\ a$$

dove:

K : matrice di rigidezza globale;

M: matrice delle masse globale;

a : autovettori (forme modali);

ω^2: autovalori del sistema generalizzato.

La frequenza f dei modi di vibrare è calcolata mediante la seguente formula:

$$f = \frac{\omega}{2\,\pi}$$

Il periodo T è calcolato come:

$$T = \frac{1}{f}$$

I "fattori di partecipazione modali" possono essere calcolati mediante la seguente formula:

$$\Gamma_i = \phi_i^T M I$$

dove:

ϕ_i : autovettori normalizzati relativi al modo i-esimo;

I : vettore di trascinamento (o di direzione di entrata del sisma).

Per ogni direzione del sisma devono essere considerati tutti i modi con massa partecipante significativa. È opportuno a tal riguardo considerare tutti i modi con massa partecipante superiore al 5% e un numero di

modi la cui massa partecipante totale sia superiore allo 85%.

Il parametro di riferimento è il "fattore di partecipazione delle masse", la cui formulazione è:

$$\Lambda_{xi} = \frac{\Gamma_i^2}{M_{tot}}$$

I cinematismi modali vengono calcolati come:

$$u_i = \phi_i \Gamma_i \frac{S_d(T_i)}{{\omega_i}^2}$$

dove:

$S_d(T_i)$: ordinata spettro di risposta orizzontale o verticale;

ω^2: autovalore del modo *i*-esimo.

Gli effetti relativi ai modi di vibrare, vengono combinati utilizzando la combinazione quadratica completa (CQC):

$$E = \sqrt{\sum_i \sum_j \rho_{ij} E_i E_j}$$

con ρ_{ij} rappresenta il coefficiente di correlazione tra il modo *i*-esimo ed il modo *j*-esimo ed ha la seguente espressione:

$$\rho_{ij} = \frac{8\xi^2(1+\beta_{ij})\beta_{ij}^{3/2}}{(1-{\beta_{ij}}^2)^2 + 4\xi^2\beta_{ij}(1+{\beta_{ij}}^2) + 8\xi^2{\beta_{ij}}^2}$$

dove:

ξ : rapporto di smorzamento viscoso;

β_{ij} : rapporto tra le frequenze di ciascuna coppia di modi f_i/f_j;

E_i ed E_j : effetti considerati in valore assoluto.

La condizione "Torsione Accidentale" contiene il momento torcente generato dalla forza sismica di piano per l'eccentricità calcolata in funzione della dimensione massima dell'ingombro in pianta nella direzione ortogonale a quella considerata (5%).

5.1.16.2 Analisi Non Lineare

L'analisi non lineare può essere utilizzata sia per sistemi strutturali a comportamento non dissipativo, sia per sistemi strutturali a comportamento dissipativo e tiene conto delle non linearità di materiale e geometriche. Nei sistemi strutturali a comportamento dissipativo i legami costitutivi utilizzati devono tener conto anche della riduzione di resistenza e della resistenza residua, se significative.

5.1.16.2.1 Analisi Statica Non Lineare

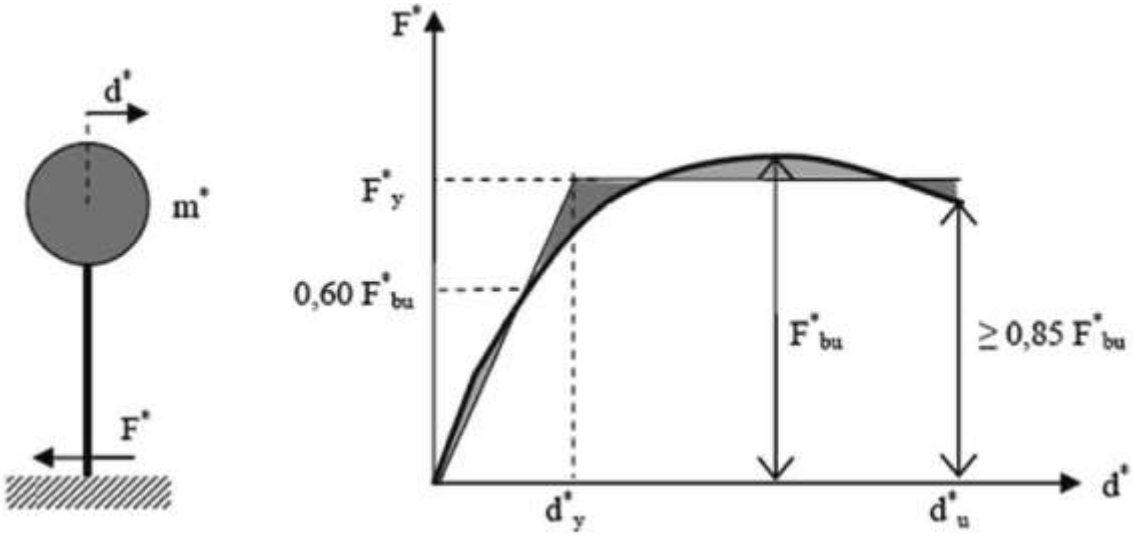
L'analisi statica non lineare consiste nell'applicare alla struttura i carichi gravitazionali e, per la direzione considerata dell'azione sismica, un sistema di forze orizzontali distribuite, ad ogni livello della costruzione. Il profilo di forze utilizzato può essere di diverse configurazioni: proporzionalmente alle forze d'inerzia, alle altezze o ai modi di vibrare. Tali forze sono scalate in modo da far crescere monotonamente, sia in direzione positiva che negativa e fino al raggiungimento delle condizioni di collasso locale o globale, lo spostamento orizzontale *dc* del punto di controllo. Il un punto di controllo viene scelto coincidente con il centro di massa dell'ultimo livello della costruzione.

La struttura viene discretizzata con elementi di tipo "beam", in cui le caratteristiche di plasticità sono diffuse lungo l'asta. Ai vari passi di incremento dei carichi orizzontali, lo stato di sollecitazione determina la formazione di diversi tipi di meccanismi di rottura (per flessione, schiacciamento, taglio). I vari meccanismi determinano la ridistribuzione delle rigidezze e, di conseguenza, delle sollecitazioni.

La risoluzione del problema non lineare viene eseguita con il metodo di ***Newton-Raphson***.

Il risultato consiste in un diagramma ("curva di capacità"), dove in ascissa viene riportato lo spostamento di un punto di controllo della struttura d_c (al livello della copertura) e in ordinata la forza totale orizzontale applicata alla struttura F_b (taglio alla base). Dalla curva di capacità è possibile ricavare la "capacità di spostamento" della struttura.

Per ogni stato limite considerato, il confronto tra la curva di capacità e la domanda di spostamento consente di determinare il livello di prestazione raggiunto. A tal fine, abitualmente, si associa al sistema strutturale reale un istema strutturale equivalente a un grado di libertà.



Secondo le metodologie previste dalle attuali norme, il sistema ad 1-GDL è ottenuto dividendo le ascisse e le ordinate della curva di capacità M-GDL per il coefficiente di partecipazione modale corrispondente al primo modo di vibrare, espresso dalla relazione:

$$\Gamma = \frac{\phi^T M \tau}{\phi^T M \phi}$$

dove:

- ϕ : è l'autovettore relativo al modo di vibrare fondamentale del sistema normalizzato ponendo d_c=1;
- M : è la matrice di massa del sistema reale;
- τ : è il vettore di trascinamento corrispondente alla direzione del sisma considerata;

Lo spostamento e il taglio alla base del sistema equivalente, rispettivamente indicati con d* e F* sono legate alle corrispondenti grandezze F_b e d_c del sistema reale dalle relazioni:

$$F^* = \frac{F_b}{\Gamma}$$

$$d^* = \frac{d_c}{\Gamma}$$

Per la valutazione del punto di prestazione (PP) della struttura la normativa, in particolare la Circolare

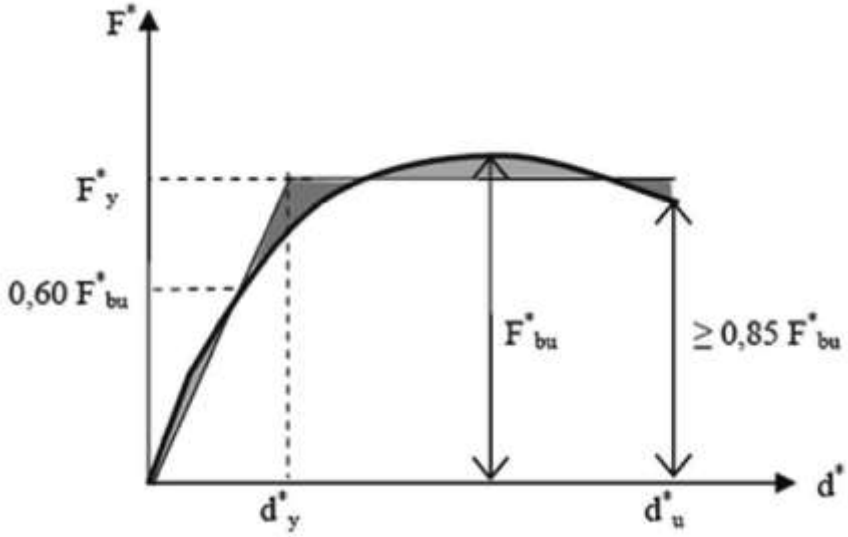
n.7/2019 al §C7.3.4.2, propone i seguenti metodi:

- ***Metodo A***, basato sull'individuazione della domanda anelastica attraverso il principio di uguali spostamenti o uguale energia.
- ***Metodo B***, basato su uno spettro di capacità.

In FaTA Next sono stati implementati entrambi i metodi ed è possibile scegliere se eseguire tale analisi con l'uno o con l'altro metodo.

Metodo A

Il primo metodo richiede di approssimare la curva di capacità del sistema equivalente con una curva bilineare avente un primo tratto elastico (ottenuto imponendo il passaggio per $0{,}6F^*_{bu}$ della curva di capacità del sistema equivalente, dove F_{bu} è la resistenza massima del sistema strutturale reale ed $F^*_{bu}=F_{bu}/\Gamma$) e un secondo tratto perfettamente plastico (la forza di plasticizzazione F^*_y si individua con il criterio di equivalenza delle aree, che prevede l'uguaglianza tra l'area sottesa dalla curva bilineare e l'area sottesa dalla curva di capacità per lo spostamento massimo d^*_u corrispondente ad una riduzione di resistenza $\leq$0,15 F^*_{bu}).



Il periodo elastico del sistema bilineare è dato dall'espressione:

$$T^* = 2\pi\sqrt{\frac{m^*}{k^*}}$$

dove $m^* = \Phi M \tau$ e k^* è la rigidezza del tratto elastico della bilineare.

La verifica globale della struttura si considera soddisfatta se la capacità di spostamento è maggiore della "domanda di spostamento".

Se $T^* \geq T_C$ la domanda in spostamento del sistema anelastico è assunta uguale a quella del sistema elastico di pari periodo:

$$d^*_{max} = d^*_{e,max} = S_{De}(T^*)$$

Se $T^* < T_C$ la domanda in spostamento del sistema anelastico è maggiore di quella di un sistema elastico di pari periodo e si ottiene da quest'ultima mediante l'espressione:

$$d^*_{max} = \frac{d^*_{e,max}}{q^*}\left[1 + (q^* - 1)\frac{T_C}{T^*}\right] \geq d^*_{e,max}$$

dove:

- d^*_{max} : domanda di spostamento;

- $T^* = 2\pi \sqrt{\frac{m^*}{k^*}}$: il periodo del sistema equivalente ad un grado di libertà;
- T_C : periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro (D.M. 17/01/2018);
- $m^* = \sum_i m_i \phi_i$: massa partecipante del sistema equivalente;
- k^* : rigidezza secante del sistema equivalente ad un grado di libertà;
- $q^* = S_e(T^*) \frac{m^*}{F_V^*}$: rapporto tra la forza di risposta elastica e la forza di snervamento del sistema equivalente;
- $S_{De}(T^*)$: valore dello spettro di risposta elastico degli spostamenti in corrispondenza del periodo T^*;
- $S_e(T^*)$: valore dello spettro di risposta elastico delle accelerazioni in corrispondenza del periodo T^*;
- m_i : massa di ogni impalcato della struttura;
- ϕ_i : vettore che rappresenta il primo modo di vibrare della struttura;
- F_V^* : forza di snervamento del sistema equivalente.

Metodo B

In tale metodo, l'individuazione del punto di prestazione si ottiene operando nello spazio ADRS *(Acceleration Displacement Response Spectrum)* e quindi descrivendo la curva di capacità e lo spettro di risposta in termini di accelerazioni e spostamento spettrali.

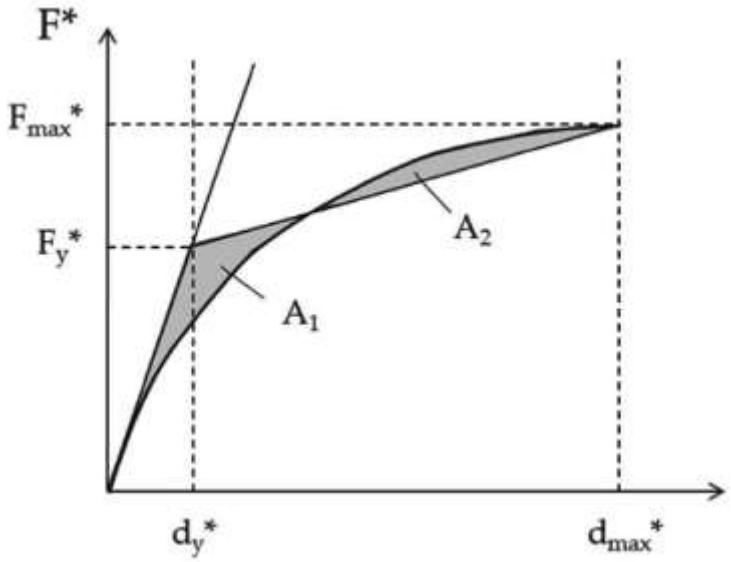
Pertanto, è necessario convertire lo spettro elastico al 5% di smorzamento nel relativo spettro sul piano ADRS, in cui le accelerazioni spettrali S_e sono rappresentate in funzione degli spostamenti spettrali S_{De}, ottenuti attraverso la seguente espressione (eq. 3.2.10 delle NTC 2018):

$$S_{De} = S_e(T) \cdot \left(\frac{T}{2\pi}\right)$$

Si inizia con l'ipotizzare, che lo spostamento d^*_{max} sia pari a quello di una struttura elastica avente la stessa rigidezza iniziale della struttura analizza:

$$d_{max}^{*(0)} = d_e$$

Stimato il punto di prestazione (F_{max}^* , d_{max}^*) sulla curva di capacità del sistema equivalente $F^* - d^*$, ad essa si sostituisce una curva bilineare equivalente, in termini energetici, ottenuta adottando un primo tratto con pendenza pari alla rigidezza iniziale della struttura ed identificando la forza F_y^* e la pendenza del tratto $F_y^* - d_{max}^*$ imponendo l'uguaglianza dell'area sottesa dalle due curve, come mostrato nella seguente figura. Per rappresentare la curva bilineare $F^* - d^*$ sul piano ADRS, occorre dividere le forze per m^*.



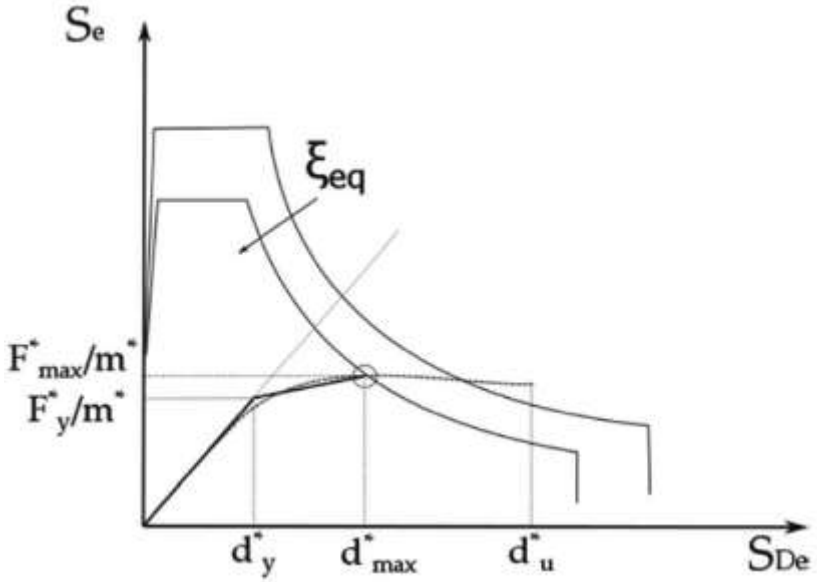
A partire dalla curva bilinearizzata così definita si calcola, attraverso la seguente espressione, lo smorzamento viscoso equivalente associato:

$$\xi_{eq}^{(1)} = k\frac{63{,}7\ (F_y^{*(0)} \cdot d_{max}^{*(0)} - F_{max}^{*(0)} \cdot d_y^{*(0)})}{F_{max}^{*(0)} \cdot d_{max}^{*(0)}} + 5$$

dove il parametro *k* tiene conto delle capacità dissipative della struttura ed in particolare delle caratteristiche di isteresi. Indicativamente, questo valore può assumere i valori indicati al § C7.3.4.2 della Circolare n.7/2019.

Attraverso lo smorzamento viscoso equivalente (ξ_{eq}) così calcolato si riduce lo spettro di domanda elastico con smorzamento al 5%.

Si traccia la curva bilineare *F* - d** sul piano ADRS, dopo aver diviso le forze per *m**. L'intersezione sul piano ADRS fra lo spettro di domanda abbattuto (ridotto attraverso ξ_{eq}) e la curva di capacità del sistema equivalente fornisce il nuovo punto di prestazione (PP), come mostrato nella seguente figura; se esso è caratterizzato da uno spostamento $d_{max}^{*(1)}$ ragionevolmente prossimo a quello stimato in partenza $d_{max}^{*(0)}$, la procedura iterativa ha termine e si ha la soluzione.



Tipi di spinta applicate

Il calcolo pushover può essere elaborato con diversi tipi di spinte scelte dall'utente in modo da soddisfare le indicazioni della norma applicata (par. 7.3.4.2 NTC 2018). Si devono considerare almeno due distribuzioni di forza d'inerzia, ricadenti l'una nelle distribuzioni principali (Gruppo 1) e l'altra nelle distribuzioni secondarie (Gruppo 2) di seguito illustrate.

I diversi tipi di spinta sono i seguenti:

- Forze proporzionali alle altezze (distribuzione triangolare classica per analisi statica);
- Forze proporzionali al 1° modo;
- Forze proporzionali alle forze di piano;
- Forze proporzionali alle masse (distribuzione uniforme di accelerazioni).

Appartengono al Gruppo 1, come definito nel DM 17/01/2018:

- Forze proporzionali alle altezze (distribuzione triangolare classica per analisi statica);
- Forze proporzionali al 1° modo;
- Forze proporzionali alle forze di piano;

Appartiene al Gruppo 2 la distribuzione di forze proporzionali alle masse relativa all'applicazione dell'accelerazione costante su tutto l'edificio.

Distribuzione proporzionale alle forze statiche (Altezze)

Le forze da applicare alla struttura sono valutate attraverso la seguente formula (che è la stessa usata per la determinazione delle forze da applicare a ciascuna massa in un'analisi statica lineare):

$$F_{ih} = F_h \cdot \frac{W_i \cdot z_i}{\sum W_i \cdot z_i}$$

dove:

- $F_h = S_d(T_I) W_{tot} \lambda$: taglio alla base;
- z_i : quota dell'impalcato;
- $S_d(T_1)$: ordinata spettro di risposta;
- $\lambda = 0.85\ (N_{piani} \geq 3\ e\ T_1 \leq 2\,T_C)$ oppure 1.00 (in tutti gli altri casi);
- $W_i = G_K + \sum_i \psi_{Ei} Q_{Ki}$: peso sismico della massa i-esima;

La distribuzione triangolare di forze laterali vuole simulare l'andamento delle forze d'inerzia sismiche che si dovrebbero generare in una struttura regolare, il cui modo di vibrare fondamentale sia pressoché lineare e con massa partecipante elevata. Perciò l'applicazione di tale distribuzione è consentita solo se il modo di vibrare fondamentale ha una massa partecipante maggiore del 75%.

Distribuzione proporzionale al modo fondamentale (1° Modo)

Questa distribuzione consiste in un profilo di forze laterali che riflette la forma del modo di vibrazione principale per ogni direzione. Tale distribuzione risulta essere applicabile per strutture regolari che oscillano prevalentemente secondo i loro modi fondamentali; infatti il suo impiego è limitato a strutture la cui massa partecipante per ogni modo fondamentale di vibrare è maggiore del 75%.

Per ciascuna direzione traslazionale, le componenti del vettore delle forze associato al modo di vibrare fondamentale sono date dalla formula:

$$F_i = \phi_{1i} m_i$$

dove:

- ϕ_{1i} è l'autovettore associato al modo fondamentale di vibrare per ciascuna direzione;
- m_i è la massa i-esima.

Distribuzione proporzionale alle forze di piano

Questa distribuzione presuppone che le forze da applicare alla struttura siano dedotte da un'analisi dinamica lineare. Come definito al § 7.3.4.2, tale distribuzione è applicabile in tutti i casi, ed il suo uso diviene obbligatorio nei casi in cui il modo di vibrare fondamentale nella direzione considerata ha una partecipazione di massa inferiore al 75% oppure il periodo fondamentale della struttura è maggiore di 1,3 T_C.

In questo caso, le componenti del vettore delle forze associato a ciascuna forma modale sono date dalla seguente espressione:

$$F_i = \gamma_j \phi_{ji} m_i S_{Ae}(T_j; \xi_j)$$

dove:

- γ_i è il coefficiente di partecipazione modale del modo j-esimo;
- ϕ_{ji} è la componente i-esima dell'autovettore associato alla forma modale j-esima;
- m_i è la massa i-esima;
- $S_{Ae}(T_j;\xi_i)$ è la pseudo-accelerazione associata al periodo relativo alla forma modale j-esima e allo smorzamento equivalente j-esimo ad essa associato.

Distribuzione proporzionale alle masse

Questa distribuzione viene generalmente denominata "uniforme", in quanto nella maggioranza dei casi le masse di piano sono simili (da cui ne deriva una distribuzione di forze costante lungo l'altezza della struttura); si assume, quindi, che ciascuna forza i-esima sia del tipo:

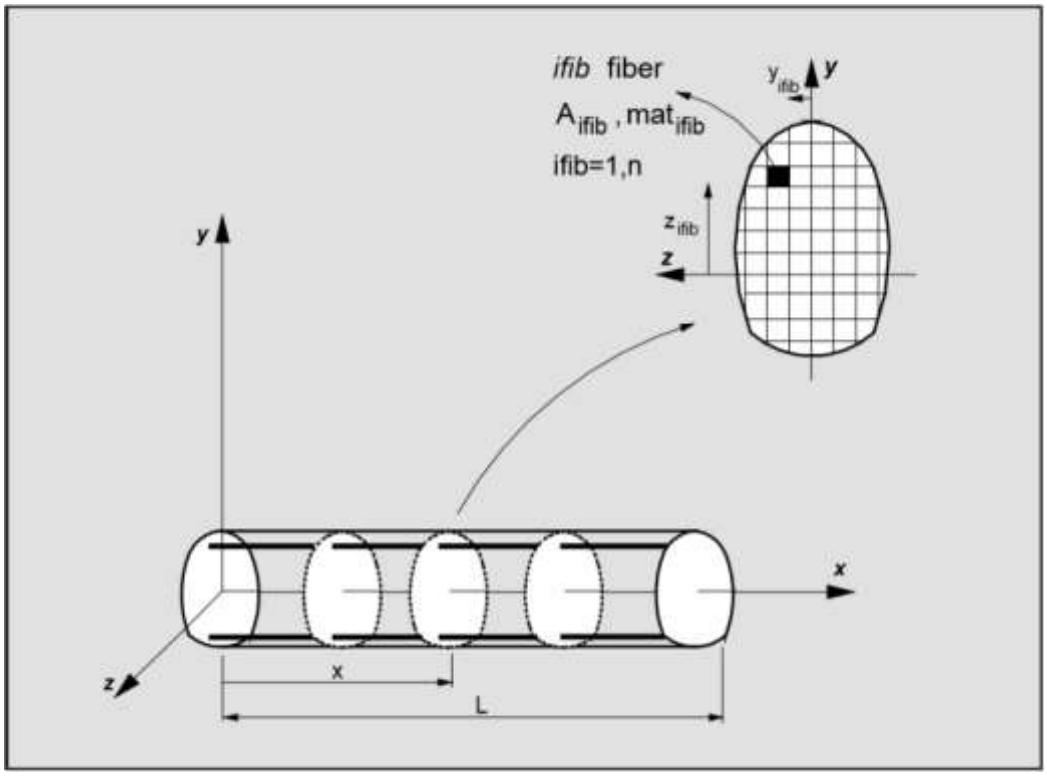
$$F_i = m_i$$

dove:

- m_i è la massa i-esima;

Elemento trave/colonna a plasticità diffusa

La descrizione dell'elemento segue la formulazione in flessibilità descritta in **Spacone et al**. (1996). Tale elemento è formulato in flessibilità, nell'ipotesi di piccole deformazioni e di validità del principio di conservazione delle sezioni piane. La generica sezione dell'elemento viene discretizzata mediante un certo numero di fibre (vedi figura), ognuna delle quali contiene le leggi costitutive del materiale (acciaio e calcestruzzo). La sezione rappresenta il campo di integrazione delle risposte delle fibre, attraverso cui si ottengono le caratteristiche di sollecitazione *D(x)*. L'integrazione delle risposte di sezione conduce alla definizione delle forze nodali, che rappresentano il punto di arrivo dell'elemento di trave, a partire da spostamenti nodali imposti (*state determination*).



Considerando la condizione isostatica della trave nello spazio (depurata dai moti rigidi ed escludendo temporaneamente la deformazione torsionale), le grandezze da considerare per l'elemento, a livello di deformazioni, sono l'accorciamento/allungamento della trave e le sue due rotazioni agli estremi intorno agli assi *y* e *z*. Il vettore che racchiude tali grandezze è definito vettore delle deformazioni dell' elemento:

$$q = [q_1\ q_2\ q_3\ q_4\ q_5]^T$$

Mentre le forze nodali corrispondenti sono racchiuse nel vettore:

$$Q = [Q_1\ Q_2\ Q_3\ Q_4\ Q_5]^T$$

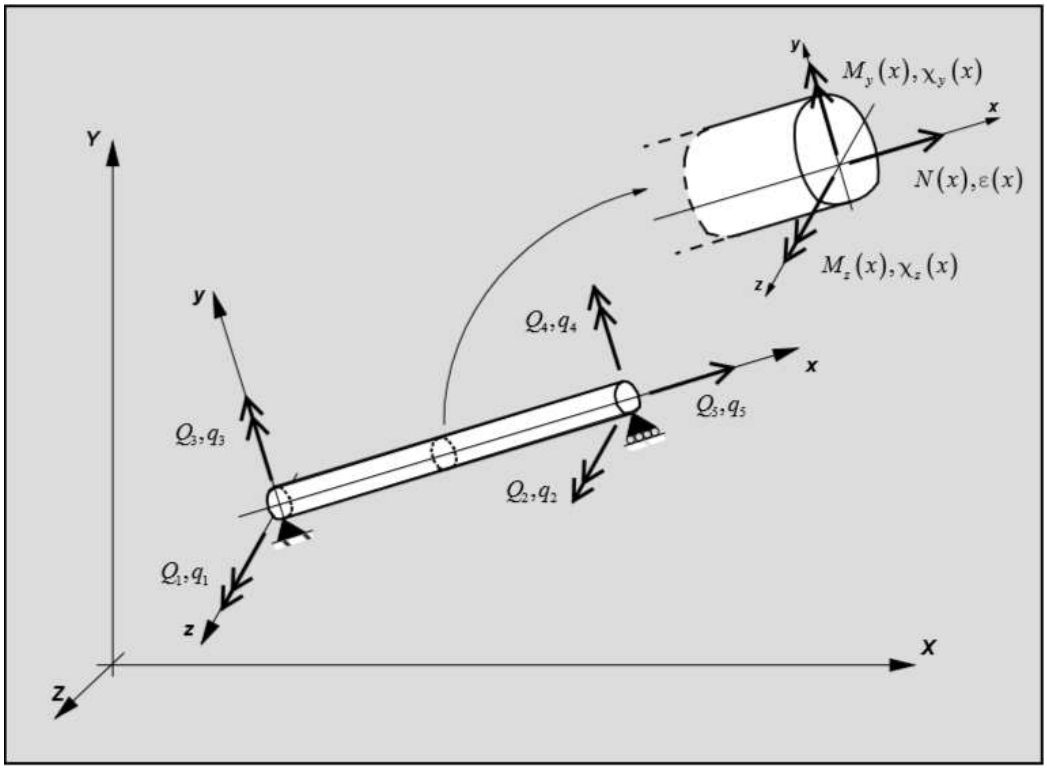
A livello di sezione, invece, si definiscono le seguenti deformazioni generalizzate:

$$d(x) = [\ \chi_z(x),\ \chi_y(x),\ \eta(x)\ ]^T$$

A cui corrisponde il vettore delle sollecitazioni generalizzate di sezione:

$$D(x) = [\ M_z(x),\ M_y(x),\ N(x)\ ]^T$$

dove *x* sta ad individuare la posizione della sezione lungo la trave.



Esiste una correlazione esatta tra il vettore delle forze nodali e quello delle sollecitazione di sezione:

$$D(x) = b(x)Q$$

dove *b(x)* è una matrice che racchiude le funzioni di forma della distribuzione delle sollecitazioni lungo l'elemento, chiamate anche integrali di equilibrio, in quanto si basano esclusivamente su condizioni di equilibrio della trave. Infatti, dati i momenti alle estremità della trave e la forza agente lungo l'asse, la distribuzione delle caratteristiche di sollecitazione sull'elemento è determinata dalla statica della trave, indipendentemente dal fatto che si operi in campo lineare o non lineare. La matrice di equilibrio risulta:

$$b(x) = \begin{bmatrix} \left(\frac{x}{L} - 1\right) & \left(\frac{x}{L}\right) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \left(\frac{x}{L} - 1\right) & \left(\frac{x}{L}\right) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

La correlazione tra il campo delle deformazioni nodali e delle deformazioni generalizzate di sezione si ricava applicando il *PLV*:

$$\delta Q^T q = \int_0^L \delta D^T(x) d(x) dx = \delta Q^T \int_0^L b^T(x) d(x) dx$$

Da cui è possibile ottenere gli spostamenti generalizzati:

$$q = \int_0^L b^T(x) d(x) dx$$

La relazione che lega la sollecitazione di sezione alle deformazioni generalizzate viene espressa in forma esplicita grazie ai legami di fibra, a loro volta espliciti:

$$D(x) = \begin{bmatrix} -\sum_{ifib=1}^{Nfib} \sigma_{ifib} A_{ifib} y \\ \sum_{ifib=1}^{Nfib} \sigma_{ifib} A_{ifib} z \\ \sum_{ifib=1}^{Nfib} \sigma_{ifib} A_{ifib} \end{bmatrix}$$

In cui la tensione della generica fibra è ottenuta dalla risposta del materiale che costituisce la stessa in funzione della deformazione di fibra data dalla relazione:

$$\varepsilon_{ifib} = L_{ifib}(x) d(x)$$

dove:

$$L_{ifib}(x) = [-y_{ifib} \quad z_{ifib} \quad 1]$$

valida grazie al principio di conservazione delle sezioni piane.

La relazione che lega le deformazioni generalizzate alle sollecitazioni generalizzate di sezione non è esprimibile in forma esplicita e pertanto viene espressa in forma incrementale:

$$\Delta d(x) = f(x)\, \Delta D(x)$$

dove $f(x)$ rappresenta la matrice di flessibilità di sezione:

$$f(x) = \left(\sum_{ifib=1}^{Nfib} L_{ifib}(x)^T E_{ifib} A_{ifib} L_{ifib}(x) \right)^{-1}$$

in cui:

E_{ifib} : modulo di elasticità longitudinale della generica fibra;

A_{ifib} : area della generica fibra.

Si dimostra, attraverso l'applicazione del PLV, che la matrice di flessibilità dell' elemento è data dalla seguente relazione:

$$F = \int_0^L b^T(x) f(x) b(x) dx$$

Da cui è possibile ricavare la matrice di rigidezza dell'elemento:

$$K = F^{-1}$$

Per il calcolo della risposta strutturale globale è necessario valutare le forze nodali di elemento per un dato campo di spostamenti imposti. Di seguito si riporta l'algoritmo iterativo che consente di risolvere tale problematica (*element state-determination*).

Dato un incremento di spostamenti nodali dell' elemento, per la j-esima iterazione risulta:

Calcolo l'incremento delle forze nodali:

$$\Delta Q^j = K^{j-1} \Delta q^j$$

Aggiornamento delle forze nodali totali:

$$Q^j = Q^{j-1} + \Delta Q^j$$

Calcolo incrementi di sollecitazioni di sezione:

$$\Delta D(x)^j = b(x)\ \Delta Q^j$$

Aggiornamento delle sollecitazioni di sezione totali:

$$D(x)^j = D(x)^{j-1} + \Delta D(x)^j$$

Calcolo gli incrementi di deformazione per le sezioni:

$$\Delta d(x)^j = f(x)^{j-1} \Delta D(x)^j + r(x)^{j-1}$$

in cui $r(x)^{j-1}$ rappresenta il residuo di deformazione per la generica sezione all'iterazione precedente.

Calcolo incrementi di deformazione nelle fibre e aggiornamento delle deformazioni totali per tutte le sezioni:

$$\Delta \varepsilon_{ifib}(x)^j = L_{ifib}(x) \Delta d(x)^j$$

$$\varepsilon_{ifib}(x)^j = \varepsilon_{ifib}(x)^{j-1} + \Delta \varepsilon_{ifib}(x)^j$$

Calcolo le tensioni nelle fibre ed i moduli tangenti:

$$\sigma_{ifib}(x)^j = \sigma(\varepsilon_{ifib}(x)^j)$$

$$E_{ifib}(x)^j = E(\varepsilon_{ifib}(x)^j)$$

Calcolo la matrice di flessibilità della sezione:

$$f(x)^j = \left(\sum_{ifib=1}^{Nfib} L_{ifib}(x)^T E_{ifib}{}^j A_{ifib} L_{ifib}(x) \right)^{-1}$$

Calcolo la risposta tensionale delle sezioni:

$$D_R^j(x) = \sum_{ifib=1}^{Nfib} L_{ifib}(x)^T \sigma_{ifib}^j$$

Calcolo il residuo sugli sforzi nelle sezioni:

$$D_U^j(x) = D^j(x) - D_R^j(x)$$

Calcolo le deformazioni residue nelle sezioni:

$$r^j(x) = f^j(x) D_U^j(x)$$

Calcolo la matrice di flessibilità dell'elemento e la matrice di rigidezza:

$$F^j = \int_0^L b^T(x)\, f^j(x) b(x) dx$$

$$K^j = \left(F^j\right)^{-1}$$

Verifico la convergenza dell'elemento confrontando le *n* componenti del vettore degli sforzi residui di tutte le sezioni con le seguenti quantità:

$$S_{eT,n}(x) = max\{EAT \times L,\ D_{i,n}(x) \times ERT\} pern = 1,2$$

$$S_{eT,n}(x) = max\{EAT,\ D_{i,n}(x) \times ERT\} pern = 3$$

dove:

EAT : tolleranza assoluta sugli sforzi di sezione;

ERT : tolleranza relativa sugli sforzi di sezione;

i : contatore riferito all'*i*-esima iterazione della procedura iterativa sulla struttura.

Se l'elemento ha converso risulta:

$$Q^i = Q^j K^i = K^j$$

Altrimenti calcolo la quantità:

$$s^j = \int_0^L b^T(x) r^j(x) dx$$

incremento il contatore delle iterazioni $j = j + 1$, pongo $\Delta Q^{j+1} = -s^j$ e torno al punto 1.

Tutti gli integrali sulla lunghezza presenti nella formulazione vengono computati mediante il metodo di integrazione di ***Gauss-Lobatto***. Pertanto, una volta stabilito un numero di punti di integrazione *NPG* risulta:

$$I = \int_0^L f(x) dx = \sum_{h=1}^{NPG} f(x_h) w_h$$

in cui:

x_h :punti di integrazione;

w_h:pesi.

5.1.16.2.2 Analisi Dinamica Non Lineare

L'analisi dinamica non lineare consente di valutare la risposta sismica della struttura mediante integrazione delle equazioni del moto, utilizzando un modello non lineare della stessa ed un certo numero di accelerogrammi definiti dall'utente sulla base delle disposizioni riportate al § 3.2.3.6 delle NTC 2018. In particolare, le due componenti accelerometriche orizzontali (e quella verticale, ove necessario) vengono applicate alla struttura simultaneamente come moto di input al suolo e costituiscono un gruppo accelerometrico. Gli effetti sulla struttura sono rappresentati dai valori medi se si utilizzano almeno 7 diversi gruppi di accelerogrammi, oppure dai valori più sfavorevoli degli effetti se si utilizzano un numero di gruppi accelerometrici inferiore.

Integrazione dell'equazione del moto

L'equazione del moto per sistemi non lineari è la seguente:

$$M\ddot{u} + C\dot{u} + F_s = p(t)$$

dove:

M: Matrice delle masse della struttura;

C: Matrice di smorzamento della struttura;

F_s: Forze di richiamo elastico;

$p(t)$: Carico esterno funzione del tempo.

Nel caso in cui il carico è dato dal moto sismico al suolo, per un gruppo di accelerogrammi costituito da tre componenti risulta:

$$p(t) = -MI_x\ddot{u}_{gx}(t) - MI_y\ddot{u}_{gy}(t) - MI_z\ddot{u}_{gz}(t)$$

dove:

I_x, I_y, I_z : Vettori di trascinamento della struttura rispettivamente in direzione x, y, z;
$\ddot{u}_{gx}(t), \ddot{u}_{gy}(t), \ddot{u}_{gz}(t)$: Gruppo accelerometrico.

Esprimendo l'equazione del moto in forma incrementale all'interno dell'intervallo di tempo Δt e suddividendo la durata dell'evento sismico in un certo numero di punti per l'istante di tempo *i*-esimo risulta:

$$M\,\Delta\ddot{u}_i + C\,\Delta\dot{u}_i + (\Delta F_s)_i = \Delta p_i$$

La forza di richiamo incrementale si potrebbe esprimere in funzione della rigidezza secante come segue:

$$(\Delta F_s)_i = K_{i,sec}\,\Delta u_i$$

Tuttavia, la rigidezza secante non può essere determinata perché u_{i+1} non è noto all'inizio del passo di integrazione. Se si assume che all'interno del passo di integrazione Δt la rigidezza secante può essere sostituita dalla rigidezza tangente, la relazione precedente si scrive:

$$(\Delta F_s)_i \cong K_{i,T}\,\Delta u_i$$

Omettendo il pedice T, l'equazione del moto in forma incrementale assume la forma

$$M\,\Delta\ddot{u}_i + C\,\Delta\dot{u}_i + K_i\Delta u_i = \Delta p_i$$

La somiglianza di questa equazione con quella di un sistema lineare suggerisce che il metodo di **Newmark**, utilizzato per i sistemi lineari, può anche essere utilizzato per la valutazione della risposta di sistemi non lineari: basta sostituire la rigidezza K con la rigidezza tangente K_i, che deve essere calcolata all'inizio di ogni passo di integrazione. Nel caso dei sistemi non lineari, l'equazione risolutiva del metodo di **Newmark** si scrive:

$$\hat{K}_i\,\Delta u_i = \Delta\hat{p}_i$$

In cui:

$$\hat{K}_i = \frac{1}{\beta\Delta t^2}M + \frac{\gamma}{\beta\,\Delta t}C + K_i$$

$$\Delta\hat{p}_i = \Delta p_i + \left(\frac{1}{\beta\Delta t}M + \frac{\gamma}{\beta}C\right)\dot{u}_i + \left[\frac{1}{2\beta}M + \Delta t\left(\frac{\gamma}{2\beta} - 1\right)C\right]\ddot{u}_i$$

Come si nota, l'equazione risolutiva è non lineare perché la rigidezza tangente K_i dipende dalla variazione dello spostamento all'interno del passo di integrazione e quindi la pendenza $\hat{K}_i$ non è costante. Al contrario, il termine $\Delta\hat{p}_i$ è costante all'interno del passo di integrazione. Il primo passo del processo iterativo consiste nel calcolare:

$$\Delta u_i^{(1)} = \frac{\Delta\hat{p}_i}{\hat{K}_i}$$

che rappresenta una prima approssimazione del valore esatto di Δu_i. Tale incremento di spostamento è associato ad un incremento di risposta $\Delta F_i^{(1)}$ che è diversa da $\Delta\hat{p}_i$. In particolare risulta:

$$\Delta F_i^{(1)} = (\Delta F_s)_i + \left(\hat{K}_i - K_i\right)\Delta u_i^{(1)}$$

Si può quindi definire una forza residua al primo passo del processo iterativo (metodo di **Newton-Raphson**) dato da:

$$\Delta R_i^{(2)} = \Delta \hat{p}_i - \Delta F_i^{(1)}$$

Lo spostamento addizionale dovuto a questa forza residua risulta:

$$\Delta u_i^{(2)} = \frac{\Delta R_i^{(2)}}{\hat{K}_i}$$

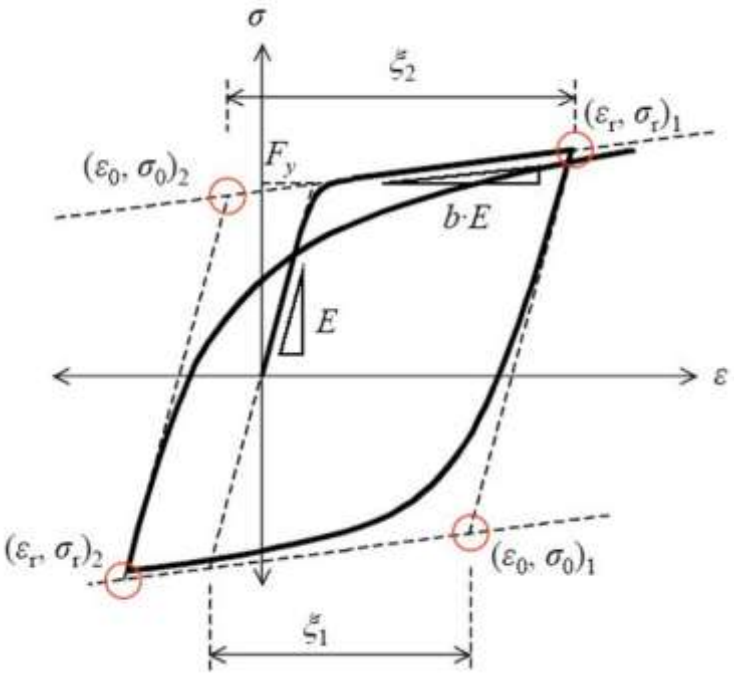
Considerando questo spostamento aggiuntivo, si può determinare un nuovo valore della forza residua $\Delta R_i^{(3)}$ da cui si ricava il nuovo incremento di spostamento $\Delta u_i^{(3)}$.

Il procedimento iterativo si arresta dopo n iterazioni quando il rapporto tra l'*n*-simo incremento e il valore totale di $\Delta u_i^{(n)}$ è minore di una tolleranza ε accettata, cioè:

$$\frac{\Delta u_i^{(n)}}{\sum_{j=1}^{n} \Delta u_i^{(j)}} < \varepsilon$$

5.1.16.2.3 Materiale acciaio: Menegotto e Pinto (1973)

Il comportamento non-lineare per l'acciaio da armatura utilizzato è quello elaborato da ***Menegotto* e *Pinto*** (1973) e modificato in seguito da **Filippou *et al***. (1983), che include la deformazione isotropa per incrudimento.



Lo sforzo longitudinale della fibra di acciaio viene valutato utilizzando la seguente espressione:

$$\sigma^* = b\varepsilon^* + \frac{(1-b)\varepsilon^*}{(1+\varepsilon^{*R})^{1/R}}$$

dove:

$$\varepsilon^* = \frac{\varepsilon - \varepsilon_r}{\varepsilon_0 - \varepsilon_r}$$

$$\sigma^* = \frac{\sigma - \sigma_r}{\sigma_0 - \sigma_r}$$

$$R = R_0 - \frac{A_1 \xi}{A_2 + \xi}$$

ε : deformazione della fibra di acciaio;

σ : sforzo nella fibra di acciaio;

$(\varepsilon_r, \sigma_r)$: punto di scarico, assunto pari a (0,0) nello stato elastico iniziale;

$(\varepsilon_0, \sigma_0)$: intersezione dei due asintoti, che definisce il percorso di carico-scarico;

b : fattore di riduzione della rigidezza;

ξ : differenza tra il massimo valore di deformazione nella direzione del carico o dello scarico e ε_0 (valore assoluto);

R_0, A_1, A_2: costanti del modello (valori dei default: $R_0 = 20;\ A_1 = 18.5;\ A_2 = 0.15$);

In particolare per definire il modello nel codice di calcolo utilizzato sono richiesti questi tre parametri:

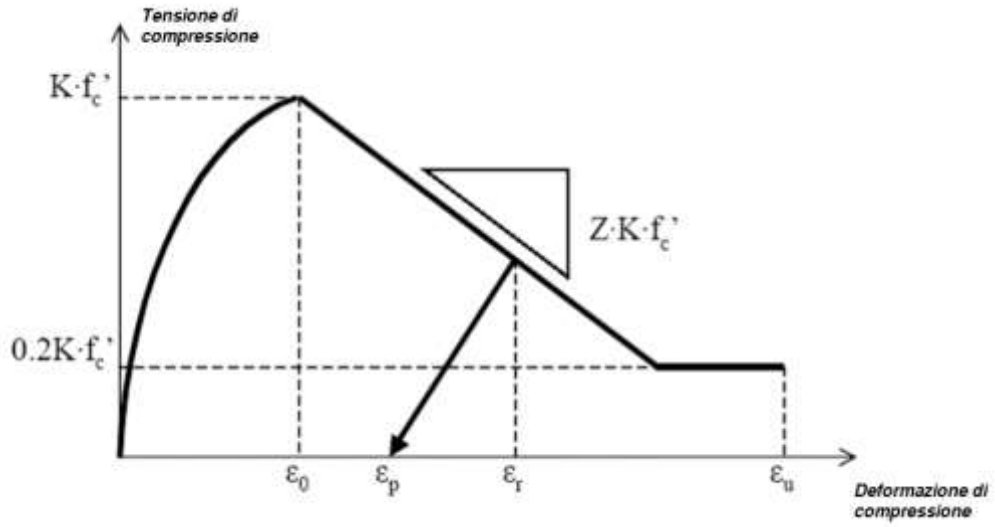
f_y: valore di snervamento dell'acciaio;

E : modulo di elasticità longitudinale;

b : fattore di riduzione della rigidezza dopo lo snervamento.

5.1.16.2.4 Materiale calcestruzzo: Kent e Park (1973)

L'utilizzo di legami che tengano conto del contributo del solo calcestruzzo si dimostrano validi solo nei casi di carichi ciclici che sottopongano la sezione a leggere sollecitazioni. Nel caso invece di sollecitazioni cicliche maggiori, le prove sperimentali hanno potuto confermare come sia il confinamento della sezione a dare il maggior contributo. Per questo si deve quindi far riferimento ad un modello più raffinato che tenga conto anche di questo contributo. Il modello di ***Kent e Park*** (1973) e in seguito esteso da ***Scott et al***. (1982) si rivela adatto allo scopo.



Facendo riferimento alla figura il legame è definito:

$$per\ \ \varepsilon_c \leq \varepsilon_0 \sigma_c = K f_c' \left[2 \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_0} \right) - \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_0} \right)^2 \right]$$

$$per\ \ \varepsilon_0 \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_u \sigma_c = K f_c' [1 - Z(\varepsilon_c - \varepsilon_0)] \geq 0.2\, K f_c'$$

dove:

$$\varepsilon_0 = 0.002\, K$$

$$K = 1 + \frac{\rho_s f_{yk}}{f_c{}'}$$

$$Z = \frac{0.5}{\frac{3 + 0.29\, f_c{}'}{145\, f_c{}' - 1000} + 0.75\, \rho_s \sqrt{\frac{h'}{s_h}} - 0.002\, K}$$

ε : deformazione della fibra di calcestruzzo;

σ : sforzo nella fibra di calcestruzzo;

ε_0 : deformazione per sforzo massimo;

ε_u : deformazione ultima;

K : fattore di aumento di resistenza dovuto al confinamento laterale;

Z : pendenza della curva di softening;

$f_c{}'$: resistenza di compressione su cilindri (MPa);

f_{yk}: valore di snervamento per le staffe;

ρ_s : percentuale di staffe = Volume delle staffe / Volume del nucleo di calcestruzzo;

h' : larghezza del nucleo di calcestruzzo (lato più lungo del rettangolo);

s_h: spaziatura verticale tra le staffe.

Per una sezione rettangolare di calcestruzzo confinato da staffe ***Scott et al***. (1982) hanno proposto:

$$\varepsilon_u = 0.004 + 0.9\, \rho_s (f_{yk}/300)$$

Allo scarico il percorso seguito è definito dalle equazioni seguenti, fino a giungere al punto (ε_p, 0) dell'asse delle deformazioni. Quando la deformazione raggiunge questo punto, si muove fino verso l'origine seguendo proprio l'asse delle ascisse.

$$\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_0} = 0.145 \left(\frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_0}\right)^2 + 0.13 \left(\frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_0}\right) per \left(\frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_0}\right) < 2$$

$$\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_0} = 0.707 \left(\frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_0} - 2\right) + 0.834 \qquad per \left(\frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_0}\right) \geq 2$$

dove:

ε_r: deformazione all'inizio dello scarico;

ε_p: deformazione al punto finale del percorso di scarico.

Per tenere in conto il modesto contributo a trazione del calcestruzzo si ha:

$$\sigma_t = E_{ct} \varepsilon_t per \varepsilon < \varepsilon_{ctu}$$

dove:

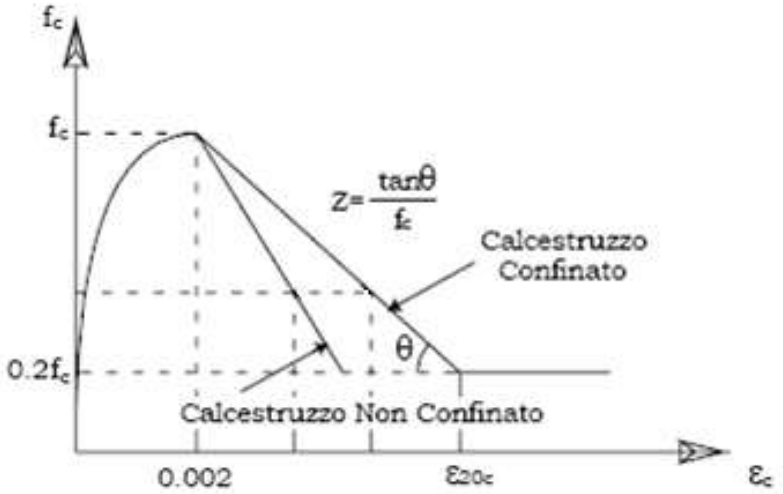
σ_t : tensione di trazione nella fibra di calcestruzzo;

E_{ct} : modulo di elasticità a trazione del calcestruzzo;

ε_{ctu} : deformazione ultima a trazione del calcestruzzo.

5.1.16.2.5 Effetto del confinamento delle staffe

L'effetto del confinamento delle staffe viene valutato considerando un opportuno coefficiente Z che caratterizza la parte decrescente della curva di comportamento secondo il modello di Kent & Park (1971) e secondo le indicazioni aggiunte da Scott (1982).



La deformazione ultima (corrispondente alla resistenza ultima a compressione) viene calcolata come:

$$\varepsilon_{cu} = \varepsilon_{ck} + \frac{(f_c - f_{cu})}{Z \cdot f_c}$$

Il parametro Z, che definisce il confinamento, viene calcolato tramite la seguente espressione

$$Z = \frac{0.5}{\frac{3 + 0.29fc}{145fc - 1000} + 0.75\rho_s^{ck\left(1+\frac{\rho_s f_s}{fc}\right)}\sqrt{\frac{d_{min}}{p}}}$$

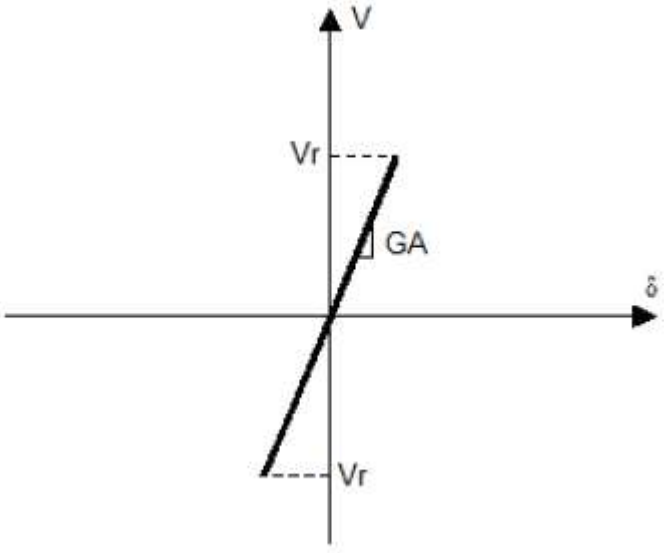
dove:

$$\rho_s = \frac{n_{st} A_{st} [2(b+h) - 8\delta]}{(b - 2\delta)(h - 2\delta)100}$$

d_{min} dimensione minima della sezione

5.1.16.2.6 Resistenza a taglio

Per le sezioni in c.a. il modello di rottura utilizzato è di tipo elasto-fragile con taglio resistente calcolato tramite la resistenza a "taglio compressione" data dalla rottura del calcestruzzo (§ 4.1.2.3.5.2 delle NTC 2018):



5.2 Modellazione degli elementi in muratura

La tecnica di modellazione implementata all'interno del solutore non lineare è quella del **macro-elemento 3D sviluppato all'Università di Catania (I. Caliò, M. Marletta, B. Pantò)**.
Questa, nell'ambito della macro-modellazione e specialmente nel caso di strutture irregolari, consente di ottenere una risposta strutturale più realistica rispetto ai classici metodi che utilizzano elementi monodimensionali (metodo SAM).

La soluzione del problema analitico viene affrontata mediante il **"Metodo degli elementi discreti"** (DEM - *Discrete Element Method*), che si tratta di un metodo discontinuo che schematizza il sistema come un assemblaggio di blocchi connessi tra loro attraverso i relativi punti di contatto. Grazie a questo metodo si possono analizzare grandi spostamenti o rotazioni, fratture o completo distacco tra i singoli elementi.

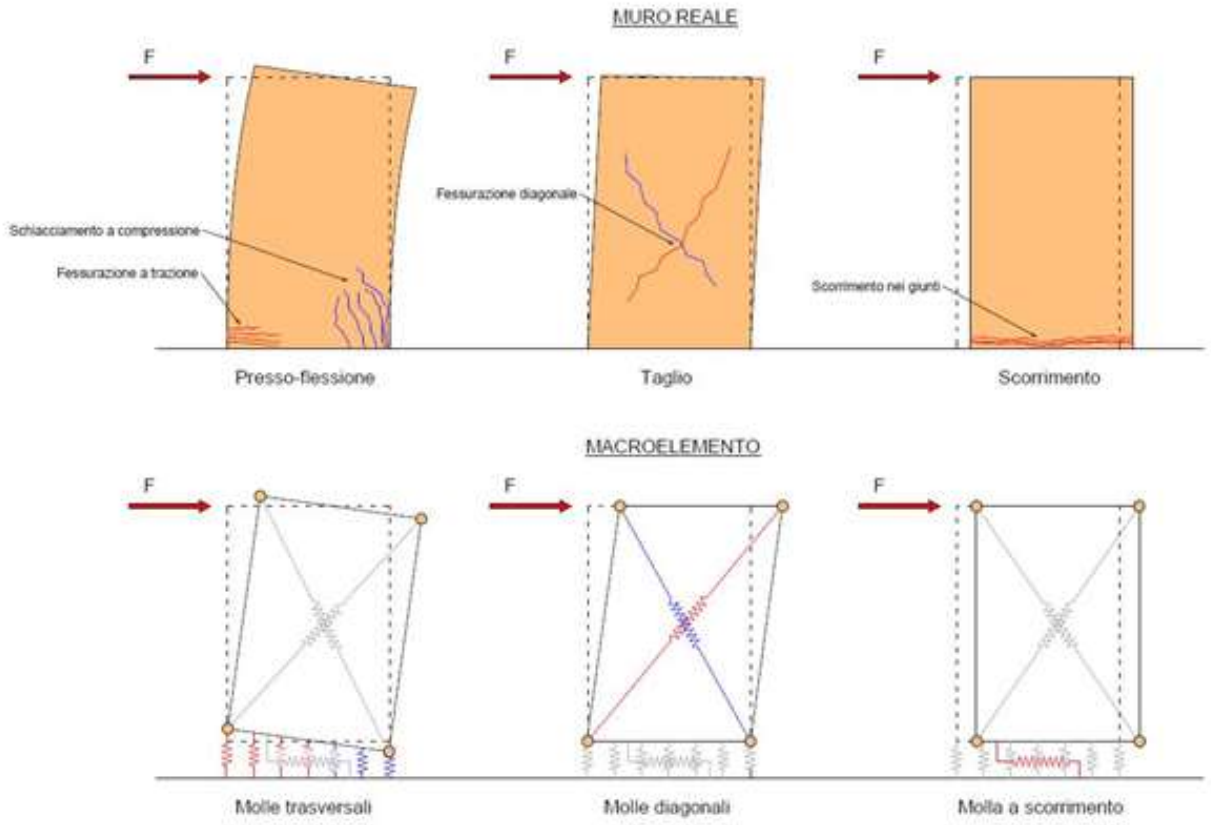
Il macro-elemento per la muratura viene utilizzato per discretizzare un pannello murario secondo le sue reali dimensioni nel piano ed il suo spessore. Il suo comportamento meccanico riproduce i tre principali meccanismi di rottura dell'elemento strutturale, ovvero presso-flessione, taglio e scorrimento dei giunti.

Gli **elementi** specializzati che compongono un modello di una struttura in muratura sono i seguenti:

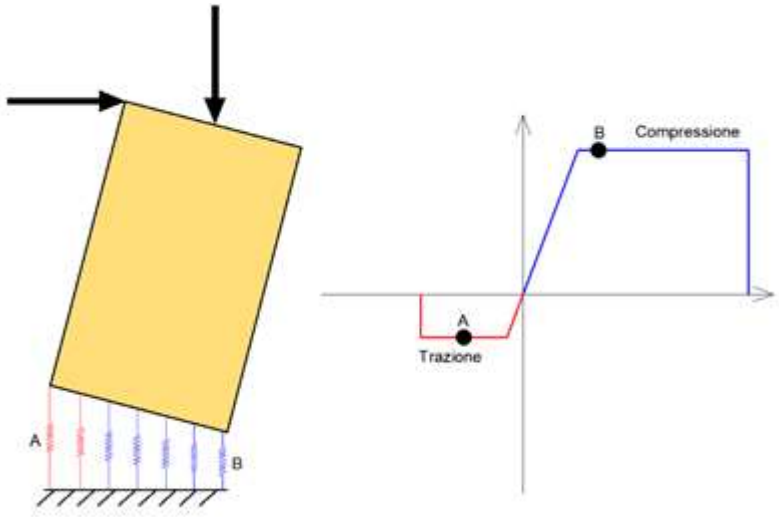
- **Pannello**: macro-elemento 3D per la modellazione di maschi e fasce;
- **Elementi Corner**: elementi d'angolo di connessione tra pareti;
- **Interfacce**: superfice di contatto tra i vari elementi (pannello-pannello, pannello-corner, pannello-cordolo, ecc.);
- **Interfacce puntuali**: punto di contatto tra i elementi corner e tra corner e nodi;

5.2.1 Comportamento nel piano dei macro-elementi

Il comportamento meccanico del macro-elemento **"Pannello"** in muratura riproduce i tre principali **meccanismi di rottura** dell'elemento strutturale nel piano, ovvero **presso-flessione**, **taglio** e **scorrimento dei giunti**. Nella figura vengono schematizzati i tre comportamenti dell'elemento strutturale nel suo piano ed il rispettivo approccio utilizzato nella modellazione. La risposta a pressoflessione viene ottenuta mediante integrazione delle tensioni fornite da un letto di molle normali ai lati del pannello, quella a taglio mediante le forze fornite da una coppia di molle diagonali e quella a scorrimento grazie alla presenza di molle trasversali poste in interfaccia.

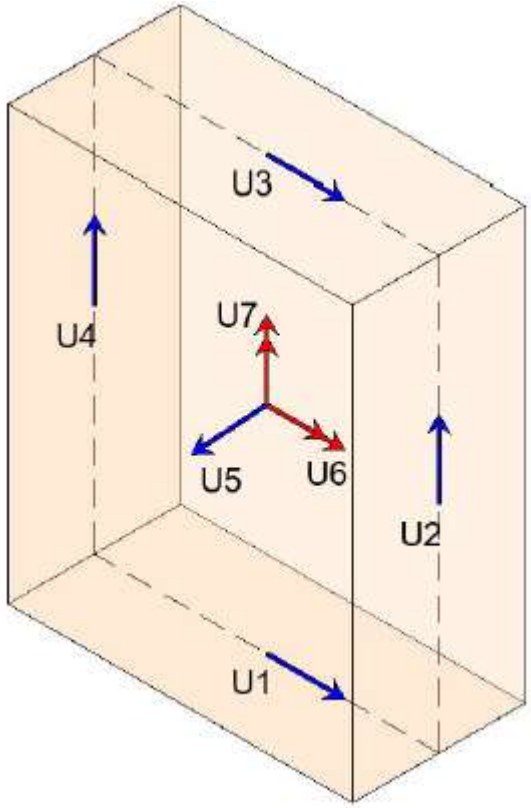


L'interazione tra i vari elementi pannello che discretizzano la struttura nel suo complesso avviene mediante delle **superfici di contatto** dette **interfacce** la cui risposta a pressoflessione e scorrimento viene ottenuta mediante integrazione della risposta di una serie di molle non lineari ripartite lungo tutta la superficie di contatto. Il legame costitutivo adottato per le molle normali di contatto è il seguente:



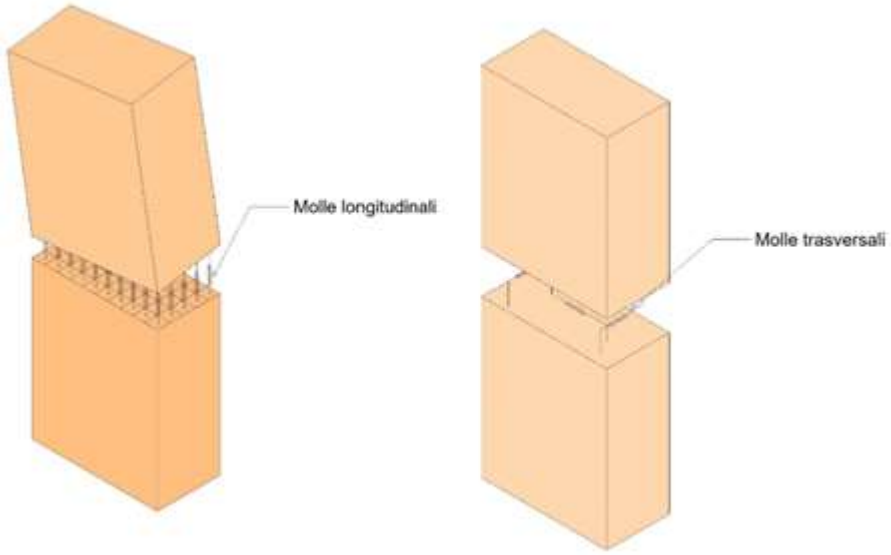
La bassa resistenza a trazione delle molle di interfaccia consente di cogliere il comportamento non lineare delle pareti e di valutare la reale rigidezza fessurata degli elementi (con altri metodi di modellazione difficilmente si riesce a tenere conto della fessurazione degli elementi, tanto da indurre le normative a valutare le suddette fessurazioni forfettariamente secondo percentuali stabilite a priori).

In generale, la **cinematica del macro-elemento** viene descritta attraverso **7 gradi di libertà** di cui 6 sono necessari percontrollare il moto da corpo rigido ed uno per rendere articolato il pannello e quindi cogliere la risposta a taglionel suo piano.

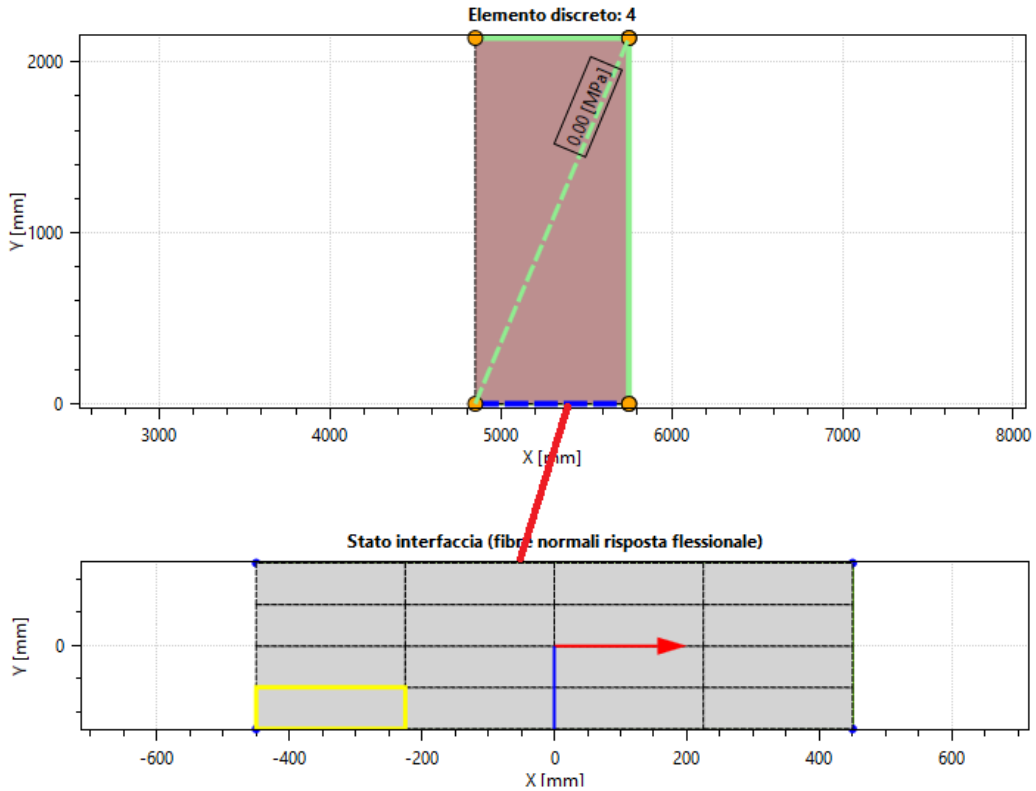


5.2.2 Comportamento fuori piano

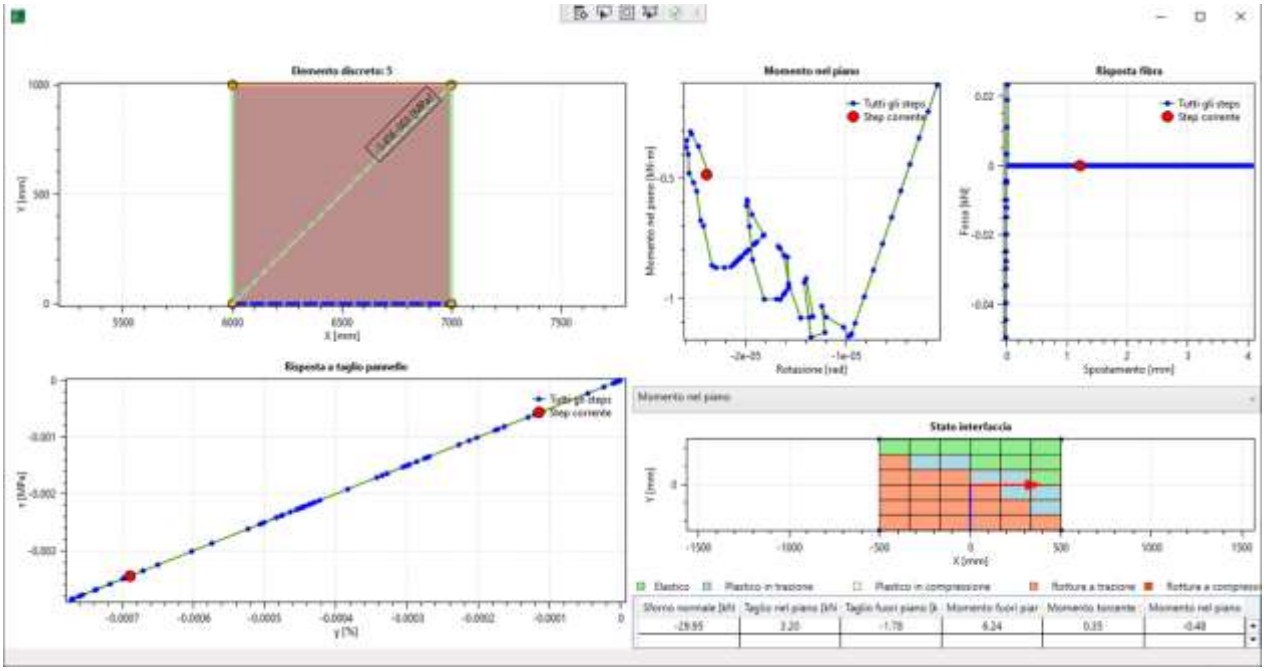
Il comportamento **fuori piano** del macro-elemento viene ottenuto mediante l'estensione tridimensionale di quanto già visto nella risposta di interfaccia.



In particolare, vengono disposte diverse file di molle normali in grado di cogliere la risposta a pressoflessione deviata in interfaccia ed un'ulteriore coppia di molle a scorrimento anch'esse in interfaccia disposte secondo la direzione ortogonale al pannello.



All'interno del software ed in particolare nell'ambiente di visualizzazione dei risultati del singolo pannello, è possibile controllare lo stato elasto-plastico dei vari elementi:

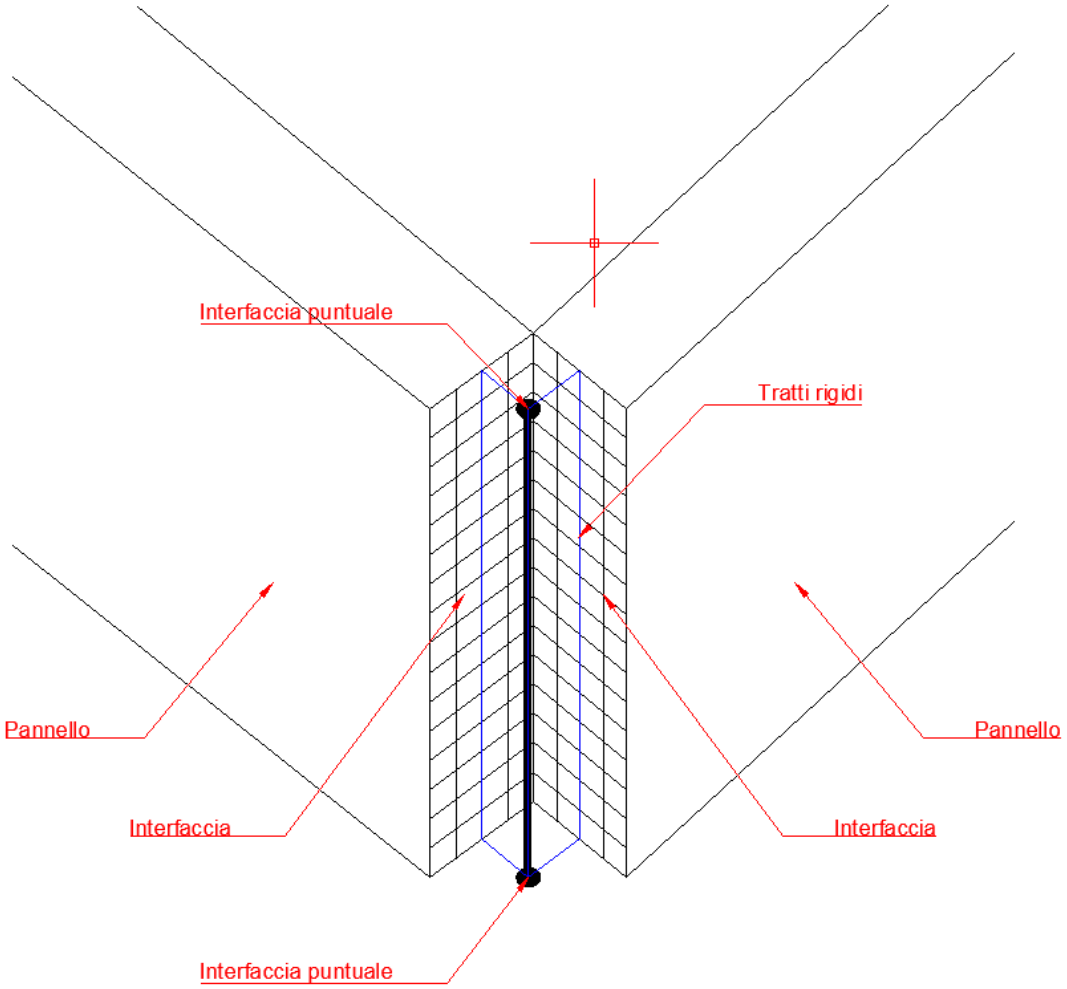


Le diverse colorazioni delle fibre di interfaccia (vedi Figura 7) stanno ad indicare lo stato elasto-plastico raggiunto dal materiale; in particolare, il colore verde indica lo stato elastico della fibra, i colori azzurro e giallo indicano rispettivamente il superamento del limite di snervamento per trazione e compressione ed i colori arancione e rosso la rottura della singola fibra rispettivamente per trazione e compressione.

5.2.3 Elemento Corner

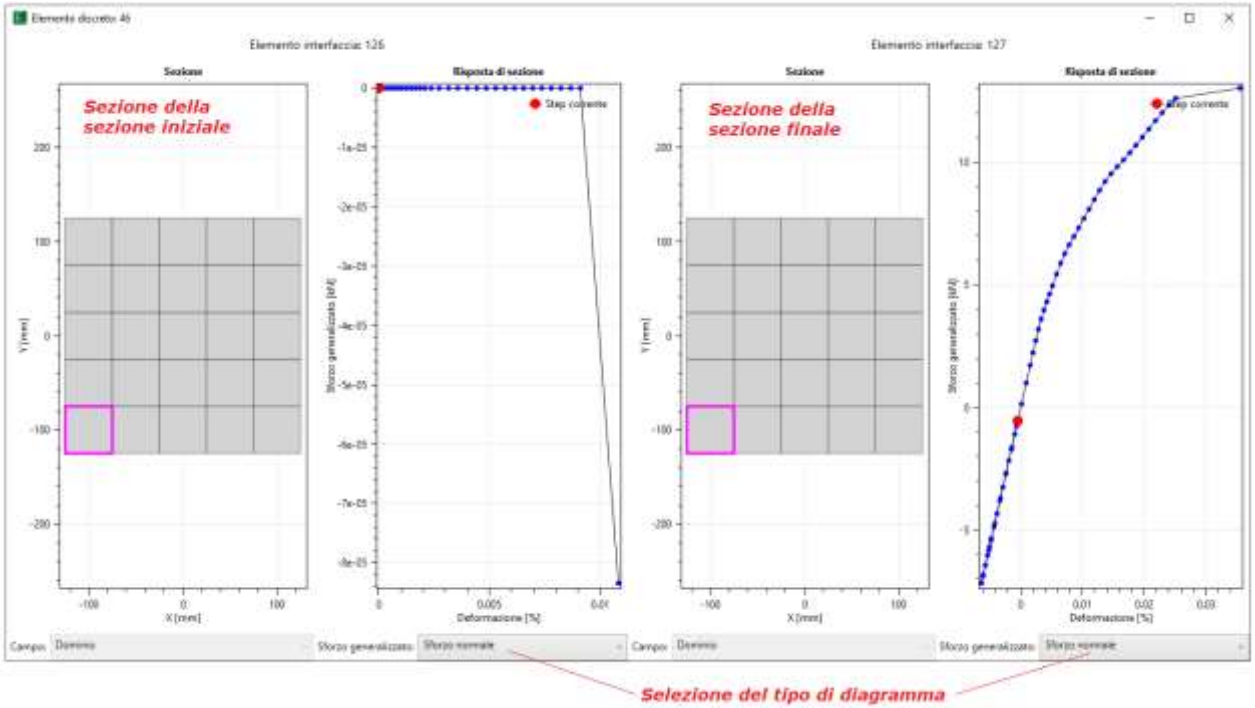
L'elemento di tipo **"Corner"** è un elemento discreto a 6 gradi di libertà utile alla modellazione degli incroci

tra pareti murarie. Nella figura sottostante si riportano i vari elementi che compongono un Corner.



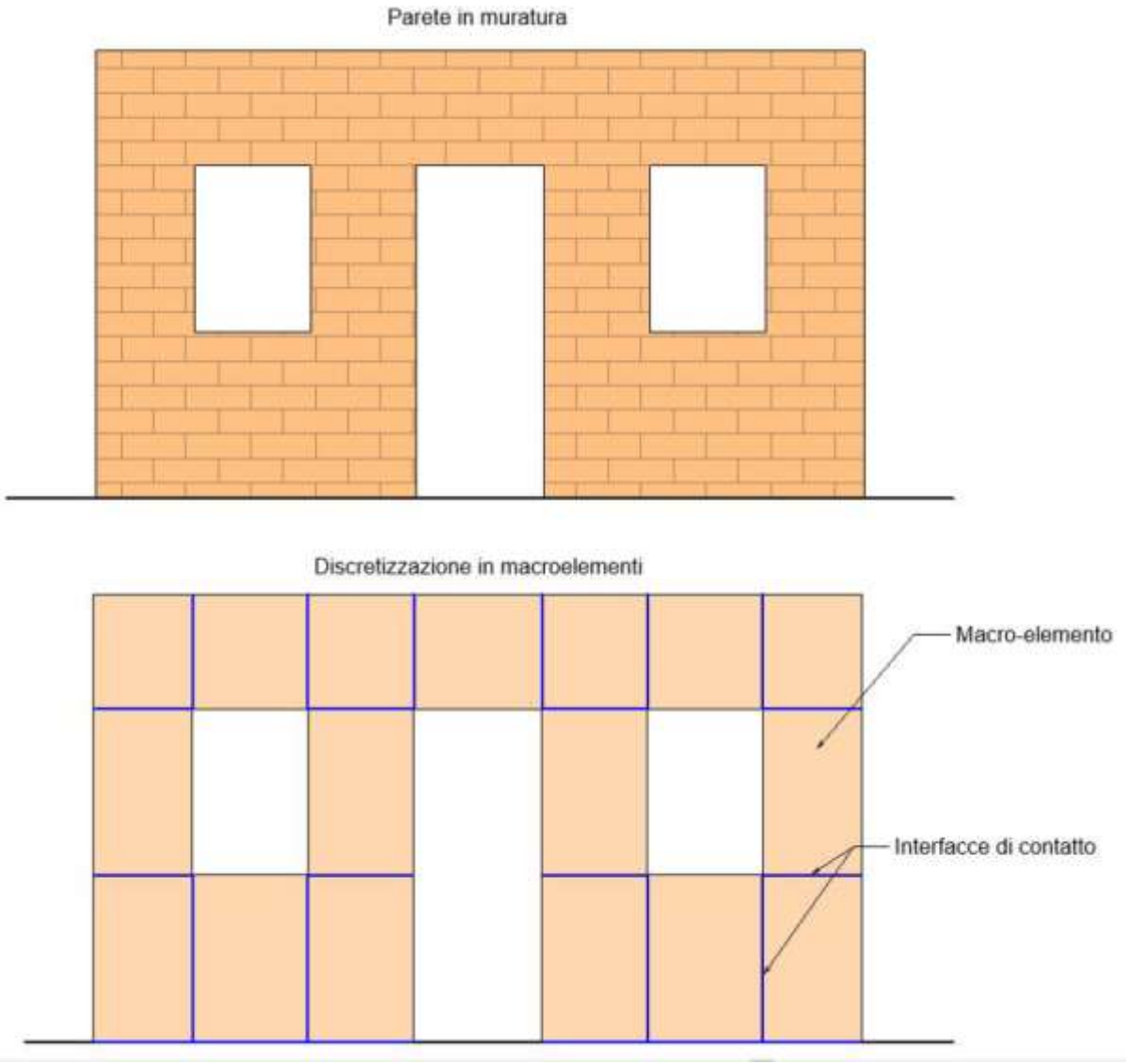
Il corner può essere collegato ad un numero qualsiasi di Pannelli, generando per ogni pannello una zona rigida e un'interfaccia.
L'**Interfaccia Puntuale**, viene modellata come una "sezione a fibre" e, oltre che collegare tra loro i corner, viene utilizzata per collegare gli elementi discreti ai nodi, nell'ambito dell'interazione con gli elemeti FEM.

Le sezioni di estremità del corner possono essere visualizzate nell'apposito ambiente di lettura dei risultati.



5.2.4 Caratteristiche del modello delle murature

Ogni singolo pannello è connesso a quello adiacente mediante degli elementi di interfaccia, in modo da creareuna mesh di macroelementi:



Per le zone delle "fasce di piano", è possibile scegliere se modellarle come bielle, considerando l'ipotesi di fasce non resistenti a trazione. Per la connessione agli angoli vengono utilizzati elementi specifici (Corner). Il modello di ammorsamento tra le pareti può essere gestito con le varie opzioni presenti per ogni parete (vedi Geometria/Elementi bidimensionali). Per considerare nullo l'ammmorsamento è possibile agire sul valore presente nella funzione "Grado vincolo" (vedi Modello/Modello Piastra).

5.2.5 Interazione con elementi FEM

Sebbene la tecnica di modellazione per elementi mono e bidimensionale comunemente utilizzata nelle analisi strutturali in campo sismico sia quella del metodo degli elementi finiti (FEM), l'approccio utilizzato nel caso del macro-elemento è tipico del metodo degli elementi discreti (DEM), il solutore deve quindi essere capace di trattare entrambi gli approcci e l'**interazione** tra queste due famiglie di elementi attraverso opportuni elementi detti "links".

A tal fine il solutore FEM di Fata-Next è stato ulteriormente potenziato in modo da rispondere a tale esigenza consentendo la modellazione anche di **strutture miste**. Per quanto riguarda la risposta non lineare degli elementi asta, questa viene ottenuta mediante una modellazione a plasticità diffusa lungo tutto l'elemento ed integrazione mediante metodo a fibre all'interno della sezione.

5.2.6 Consigli per la realizzazione di un modello corretto

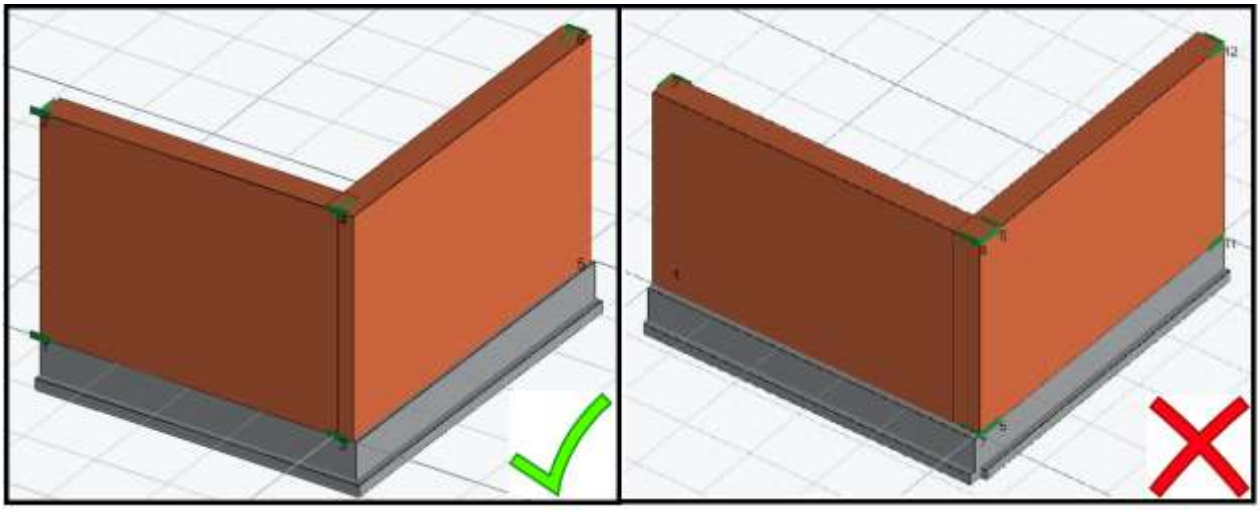
L'inserimento di pareti in muratura richiede accorgimenti particolari rispetto all'utilizzo del software nel caso di strutture in c.a. È sempre buona norma collegare gli elementi in muratura utilizzando gli stessi nodi degli

elementi adiacenti (altre pareti, elementi di fondazione, cordoli, travi e pilastri). Di seguito si riportano alcuni dei casi che si verificano più frequentemente.

Collegamento tra due pareti ortogonali

Il corretto collegamento tra **pareti ortogonali** deve essere realizzato attraverso i nodi delle stesse pareti. Per esempio, date le pareti 4-3-1-2 e 4-3-5-6 riportate in figura, affinché il collegamento tra i due elementi sia corretto, due nodi devono essere comuni. Nell'esempio sono comuni i due nodi 3 e 4.

Nell'immagine a destra viene riportato un esempio di collegamento non corretto tra due pareti. Anche se graficamente il collegamento sembra corretto, dal punto di vista della modellazione strutturale non lo è. Le due pareti, una delimitata dai nodi 6-5-1-2 e l'altra dai nodi 8-7-11-12 non hanno nodi comuni. **Ai fini del calcolo strutturale tra le due pareti non esiste alcuna connessione**.

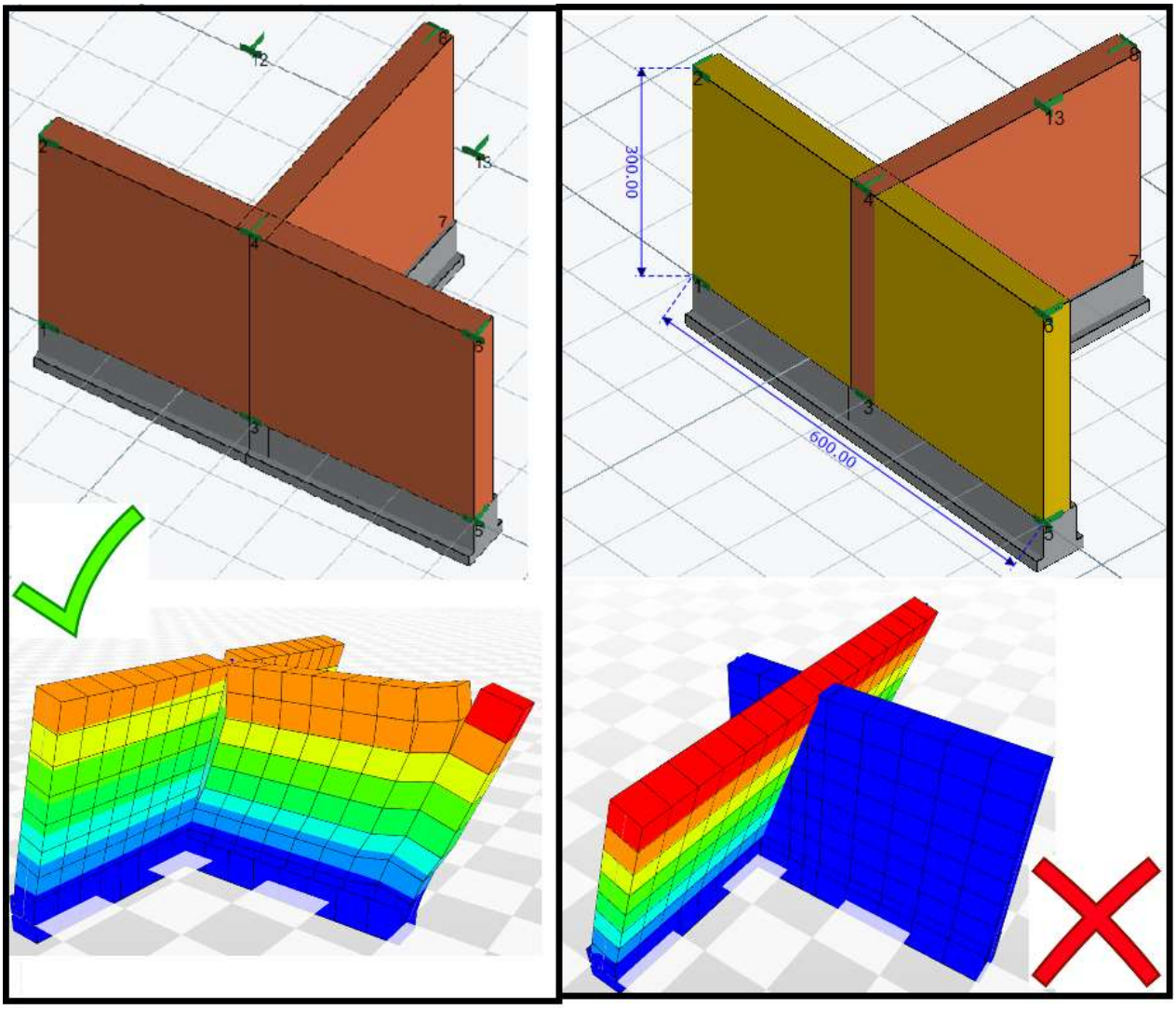


Collegamento tra tre o più pareti ortogonali

Come per le intersezioni tra due muri ortogonali, anche nel caso in cui in un nodo concorrono più di 3 pareti, affinché il collegamento sia corretto, le pareti devono avere almeno due nodi in comune.

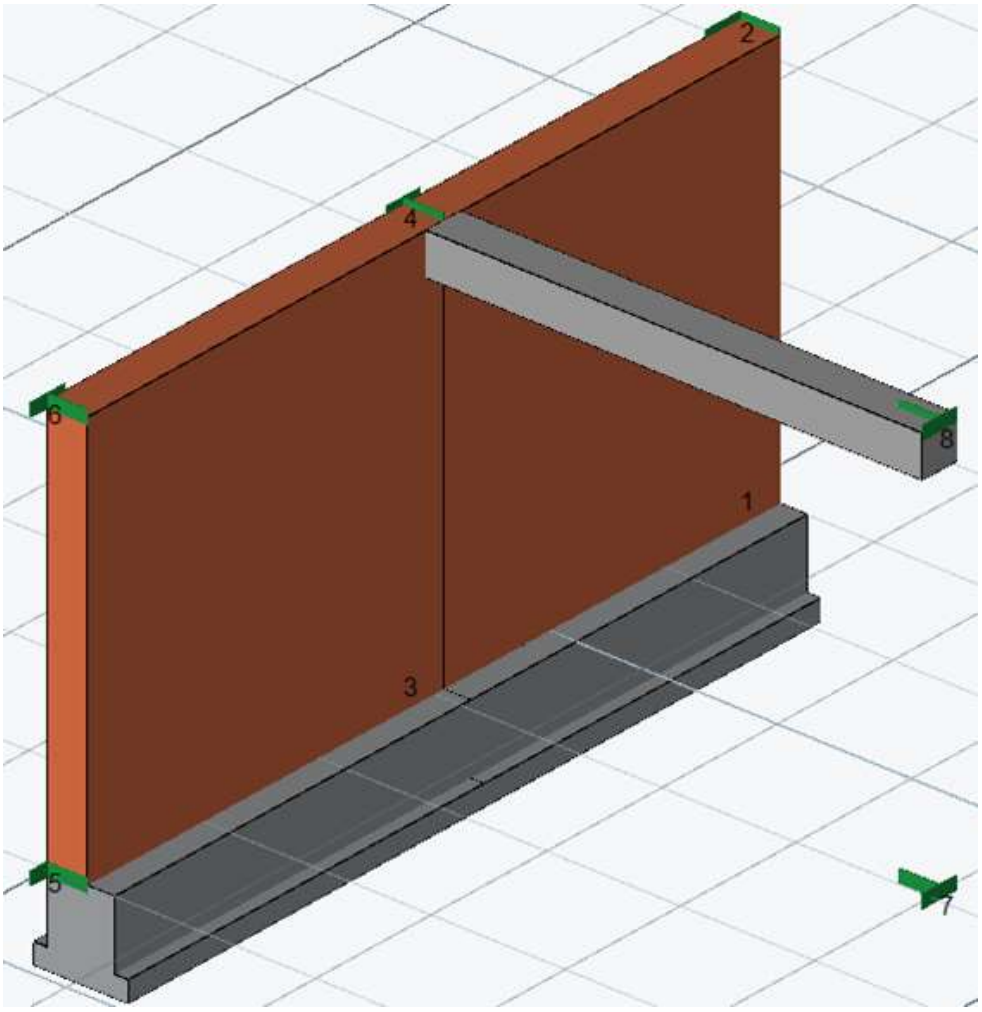
Nell'immagine a sinistra, le tre pareti delimitate dai nodi 4-3-1-2, 6-5-3-4 e 4-3-7-8 sono collegate correttamente in quanto hanno due nodi in comune (nodi 3 e 4). Quanto detto viene confermato dalla deformata: gli elementi di pareti ortogonali hanno pressoché la stessa colorazione, la quale indica che hanno lo stesso spostamento.

Nell'immagine a destra si riporta un esempio errato di input delle pareti. La parete evidenziata in giallo delimitata dai nodi 2-1-5-6 non intercetta alcun nodo della parete ortogonale delimitata dai nodi 4-3-7-8. Come viene evidenziato dalla deformata, le colorazioni degli elementi delle pareti ortogonali sono notevolmente diverse, **indice di non continuità tra le parti**.

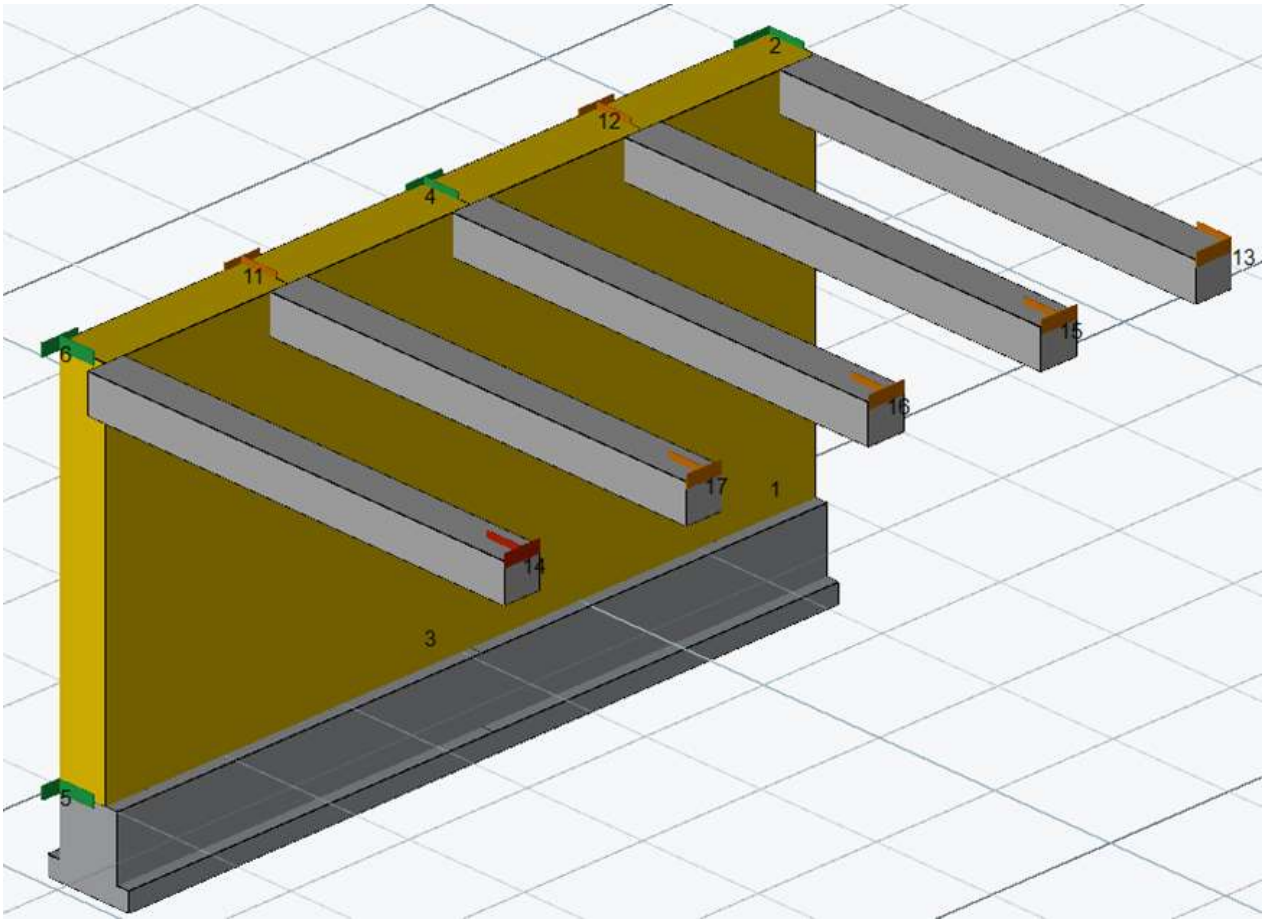


Corrispondenza tra muri e travi

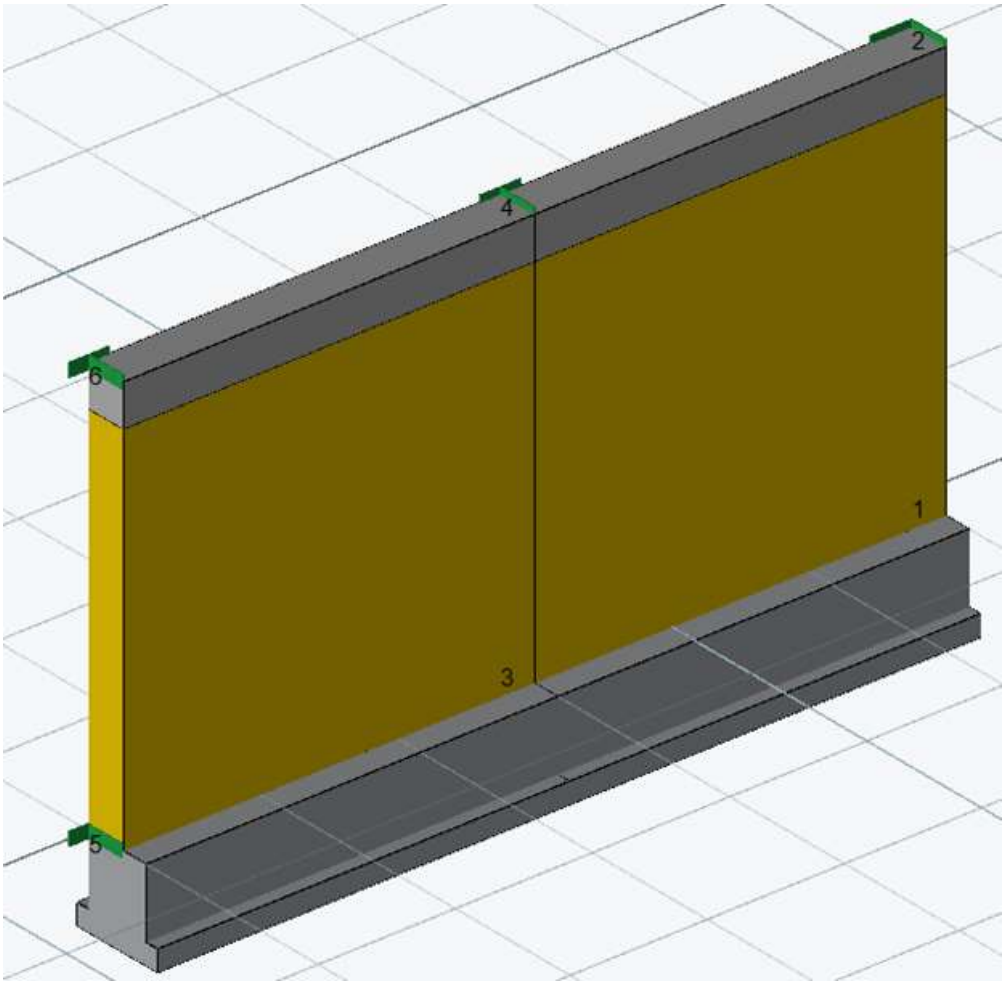
Nel caso in cui si intersecano pareti con travi ortogonali, il nodo di estremità della trave deve essere comune al nodo della parete. Nella figura che segue viene riportato un modo corretto per la connessione tra gli elementi mododimensionali e bidimensionali. Nell'esempio, vengono inserire due pareti, una delimitata dai nodi 2-1-3-4 e l'altra dai nodi 4-3-5-6 (nodi comuni 3 e 4). L'asta, delimitata dai nodi 4-8 è inserita correttamente in quanto l'estremo 4 è comune ad entrambe le pareti.



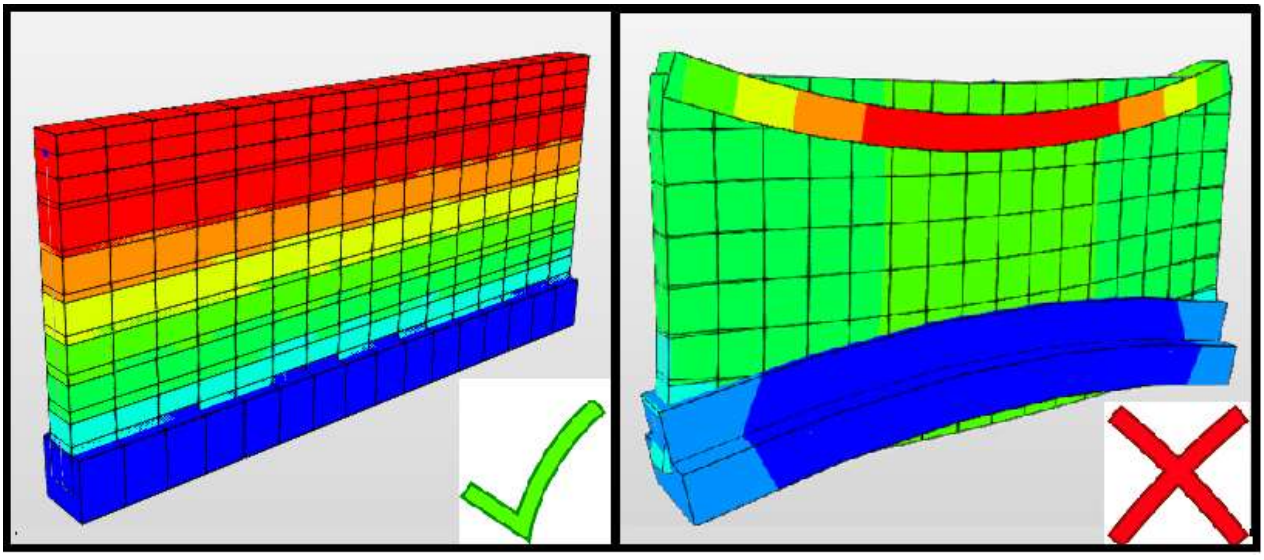
In alternativa la parete può essere inserita come unico elemento e la trave collegata attraverso l'aggiunta di un nodo. Per esempio, nella figura sottostante è riportata una singola parete sul cui lato superiore sono collegati più elementi monodimensionali. Ai quattro nodi corrispondenti con i vertici della parete occorre aggiungere ulteriori nodi in corrispondenza dell'intersezione con ogni trave. Se la parete e delimitata dai soli nodi di vertice 5-1-2-6, le travi non sono collegate alla parete nel modo corretto. Viceversa, se la parete è delimitata dai nodi 2-1-5-6-11-4-12, gli elementi monodimensionali delimitati dai nodi 6-14, 11-17, 4-16, 12-15 e 2-13 saranno collegati correttamente alla parete.



In maniera analoga si gestiscono gli elementi monodimensionali nel piano delle pareti (cordoli e travi di fondazione). Questi elementi devono essere inseriti in maniera tale che i nodi estremi dell'asta siano in comune con i nodi del lato della parete. Date le pareti riportate nella figura seguente delimitate dai nodi 5-3-4-6 e 3-1-2-4, il cordolo e la trave di fondazione devono essere inserite come due elementi e non come singolo elemento.
Per esempio, nel caso specifico il cordolo deve essere costituito da due elementi, uno tra i nodi 6-4 e l'altro tra i nodi 4-2. Analogamente la trave di fondazione deve essere costituita da due elementi inseriti tra i nodi 5-3 e 3-1.

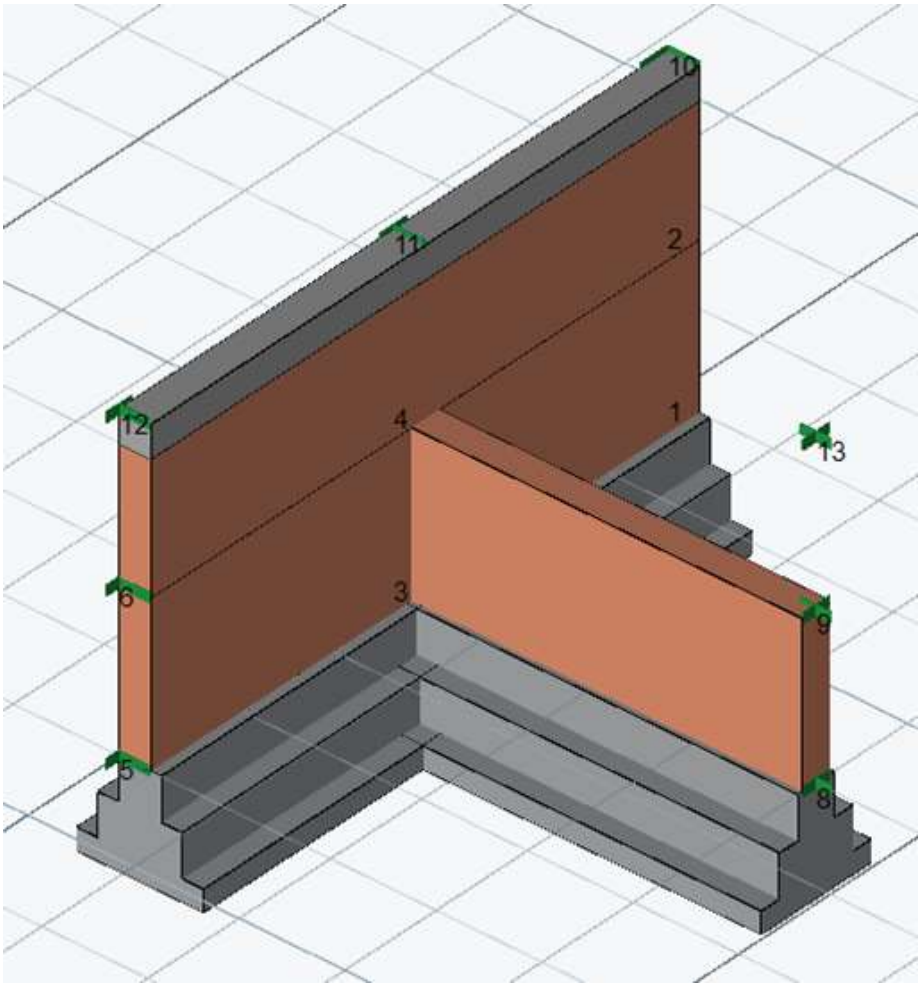


Seguendo le specifiche sopra riportate, la deformata della struttura assume andamento corretto come quello riportato nell'immagine a sinistra. Viceversa, se gli elementi cordolo o travi di fondazione vengono inseriti nel modello come unico elemento saltando il nodo intermedio (nodo 4 per i cordoli e nodo 3 per le travi di fondazione), gli elementi vengono collegati alle pareti solo attraverso i nodi di estremità. La deformata riportata nell'immagine a destra mette in evidenza quanto detto, gli elementi monodimensionali vengono collegati agli elementi bidimensionali solo attraverso le estremità. **In questi casi, il software non può creare correttametne le Interfacce tra gli elementi mono e bi-dimensionali**.

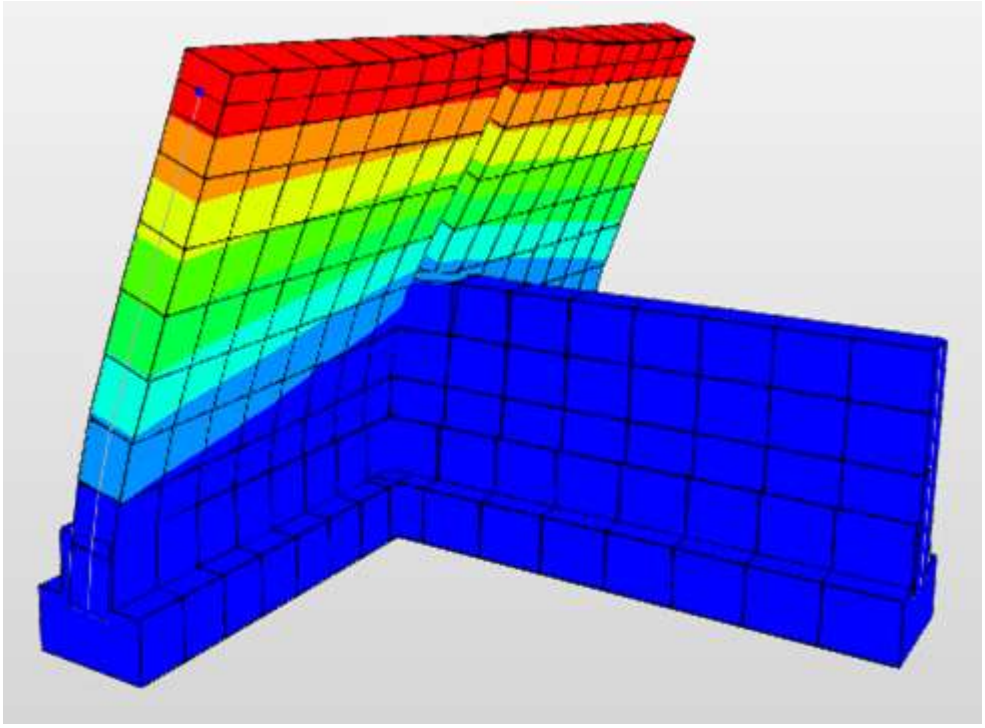


Collegamento in verticale tra gli elementi

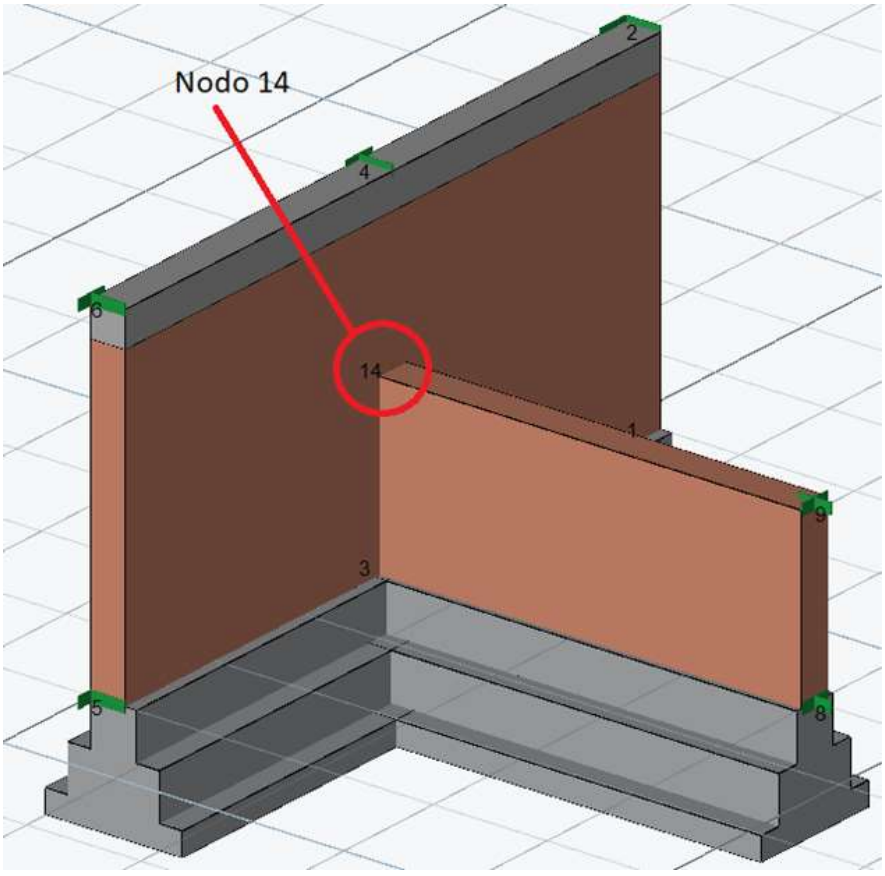
Particolare attenzione deve essere prestato anche ai collegamenti lungo la verticale delle pareti. Per collegare pareti di altezze diverse (vedi figura seguente) non è necessario creare più impalcati nel modello, ma può essere gestito tutto nello stesso impalcato. La parete 3-8-9-4 di altezza minore deve essere collegata alla parete ortogonale di altezza maggiore.



Per realizzare il suddetto collegamento si possono seguire diverse procedure. Un modo è quello di inserire più pareti in verticale. Le pareti ortogonali (nel complesso di altezza maggiore) delimitate dai nodi 6-5-3-4 e 4-3-1-2 appartengono all'impalcato inferiore, mentre le pareti delimitate dai nodi 12-6-4-11 e 11-4-2-10 appartengono all'impalcato superiore. La parete ortogonale delimitata dai nodi 4-3-8-9 viene collegata ai nodi comuni delle pareti ortogonali. La deformata seguente mette in evidenza quanto sopra affermato.

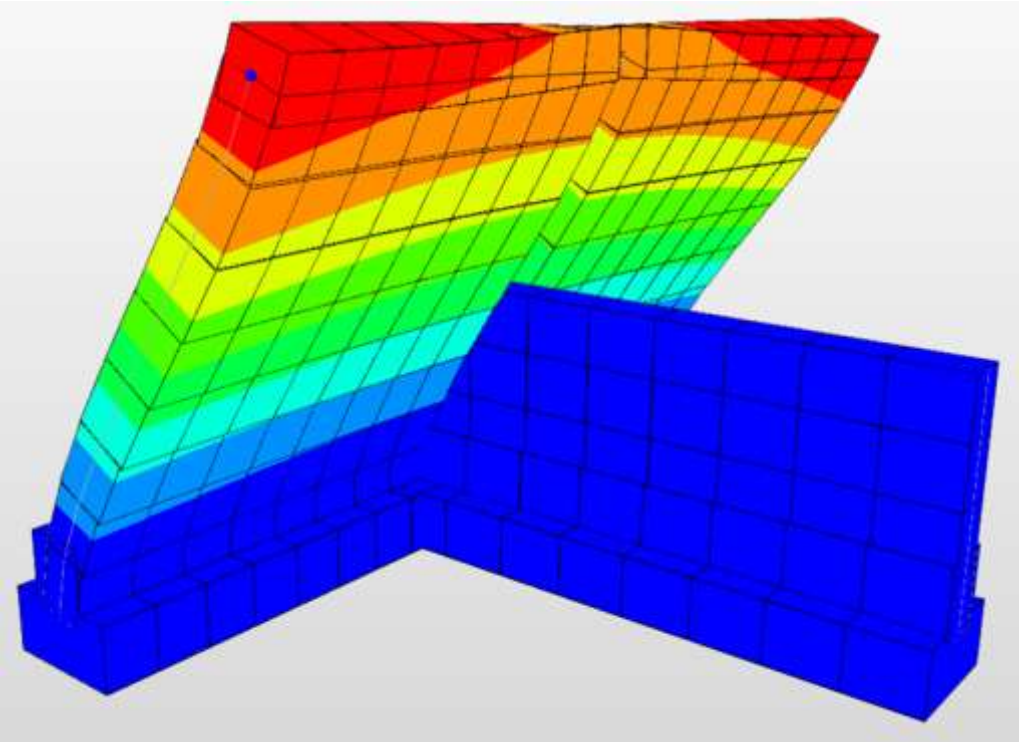


La tecnica sopra riportata per il collegamento tra pareti diverse è ottimale nei casi in cui gli elementi ad altezza diversa sono diffusi su tutta la struttura. In questo caso è conveniente dividere l'impalcato in due parti e procedere come indicato (come se fossero due). Questo sistema è da evitare quando si hanno poche pareti con altezze diverse (per esempio, pianerottoli di scale dove la parete di diversa altezza è solo una o poco più). In questi casi si può procedere inserendo due o più pareti in verticale appartenenti allo stesso impalcato o inserendo una sola parete con dei nodi aggiuntivi.

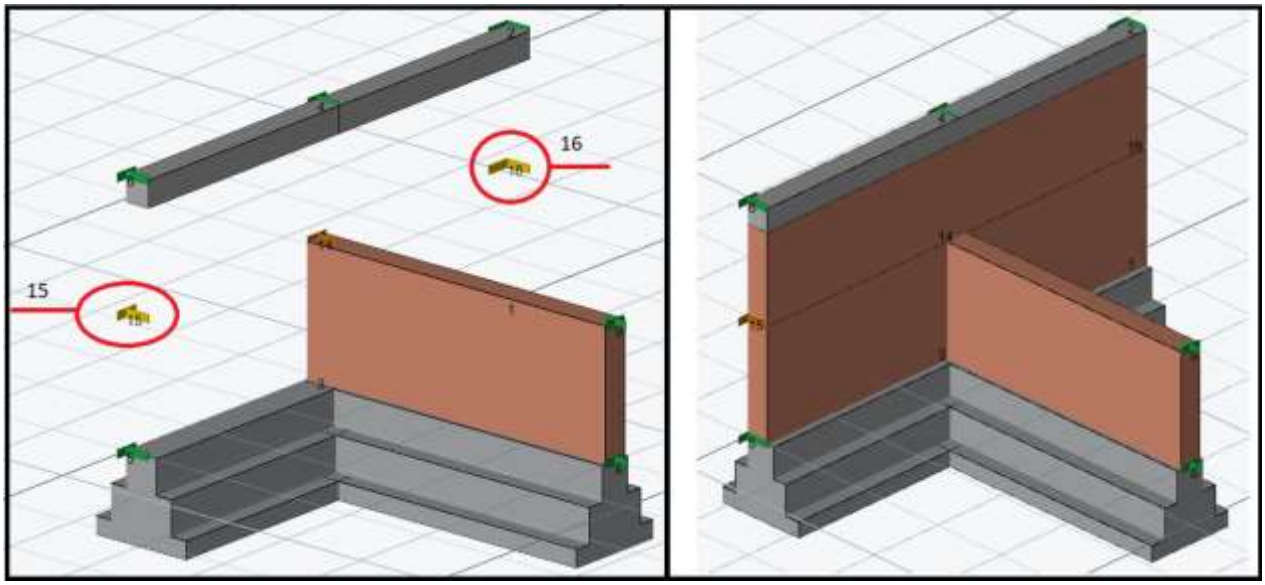


Per inserire la parete occorre inserire il nodo 14 (vedi figura sopra). A seguito dell'aggiunta di quest'ultimo

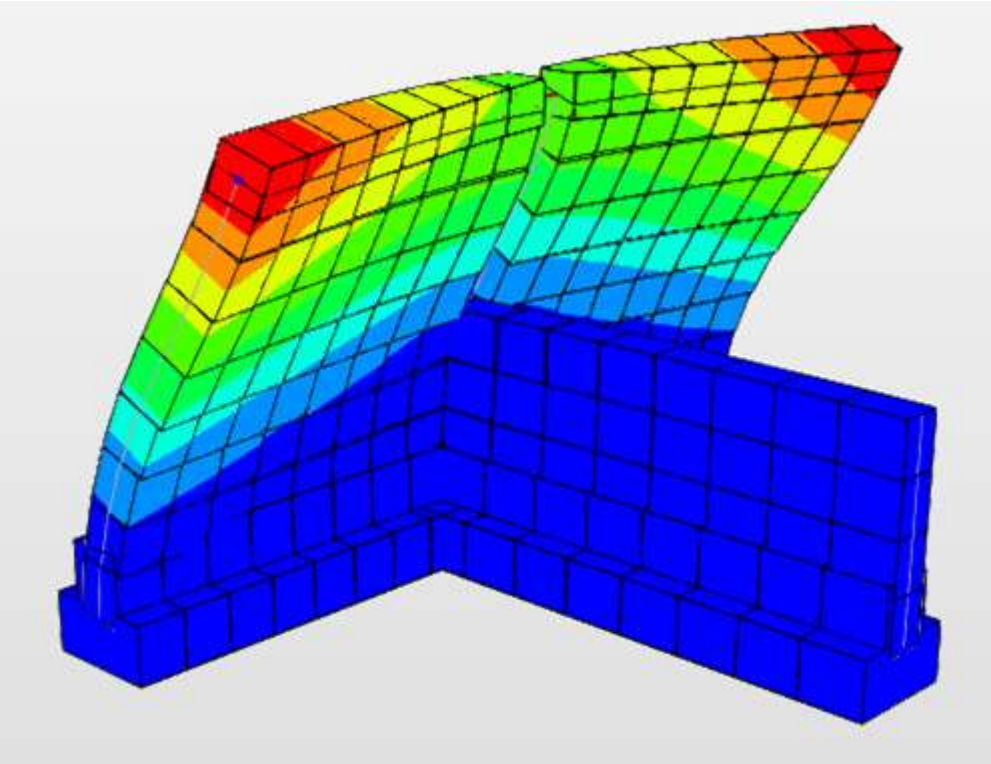
nodo è possibile inserire la parete 14-9-8-3 a quota più bassa rispetto a quelle ortogonali (ricordiamo che le pareti appartengono allo stesso impalcato). Quanto fatto fino a questo punto non è ancora sufficiente. Graficamente le due pareti sembrano essere ben collegate. In realtà, il collegamento deve essere ancora realizzato. Dalla deformata della struttura si evidenzia che le due pareti ortogonali non sono tra di loro collegate.



Per completare correttamente l'input degli elementi, occorre creare il collegamento tra le pareti ortogonali. Una procedura valida è quella di dividere le pareti di altezza maggiore creandone due collegate in verticale. Si inseriscono due nodi alle quote desiderate (nodi 15 e 16, immagine a sinistra nella figura che segue). Successivamente si inseriscono le quattro pareti che hanno in comune un unico nodo (nodo 14, immagiena a destra).



Nella figura sotto si riporta la deformata della struttura in cui risulta evidente il corretto collegamento tra le pareti ortogonali.

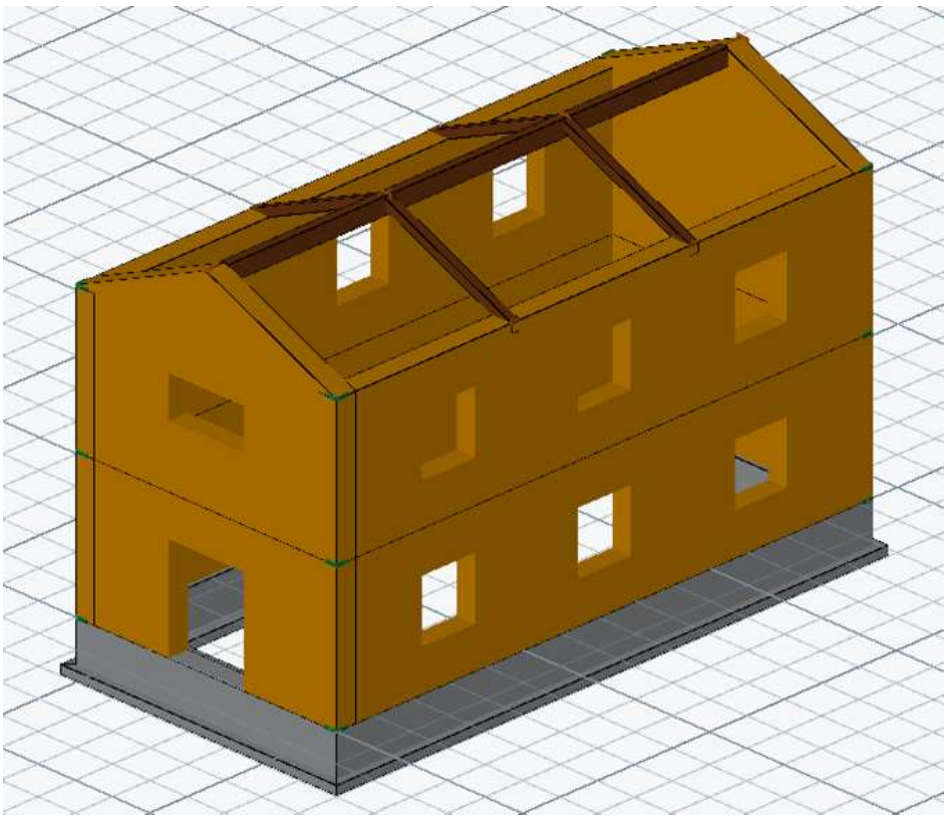


In alternativa a quest'ultima procedura il collegamento può essere realizzato inserendo dei nodi intermedi. Le pareti da inserire non sono quattro come nel caso precedente me ne sono sufficienti due. I nodi 15 e 16 di figura 15 non sono necessari. Una parete deve essere inserita passando per i cinque nodi 4-14-3-5-6 e la seconda passando per i nodi 3-14-4-2-1. Da notare che entrambe le pareti hanno 5 nodi e comprendono i nodi 3 e 14 che appartengono anche alla parete ortogonale di altezza minore.

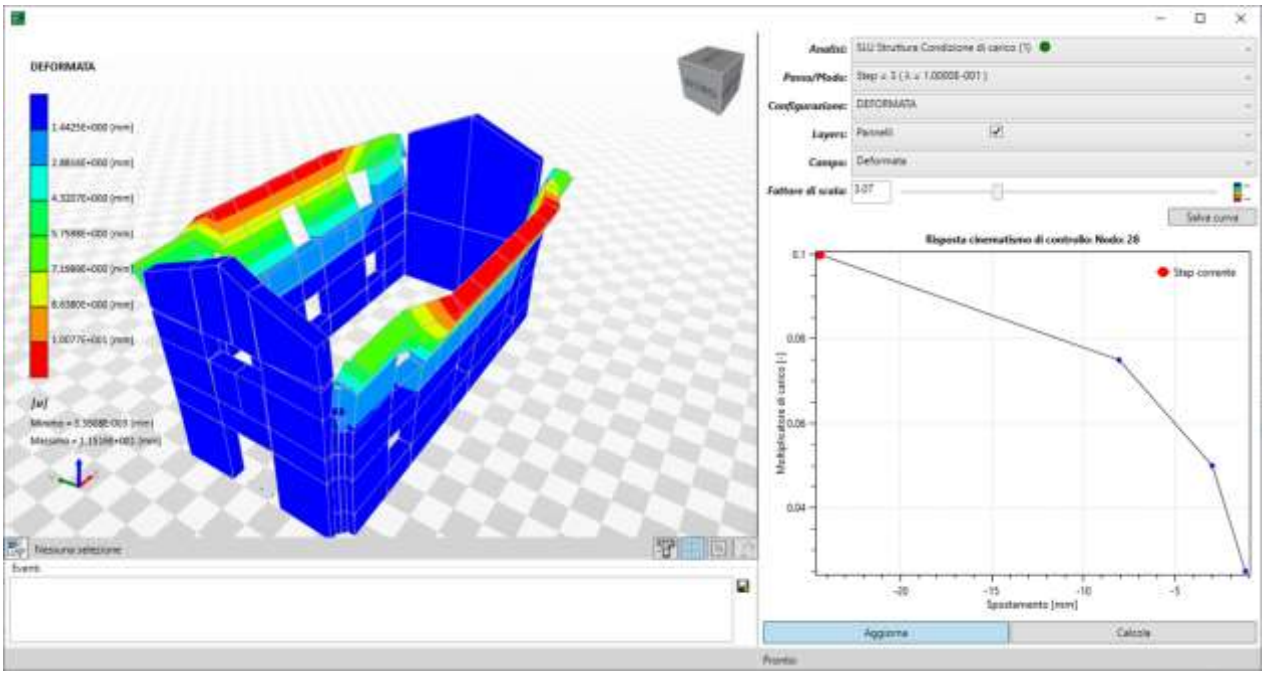
5.2.7 Particolari comportamenti modellabili

Strutture spingenti

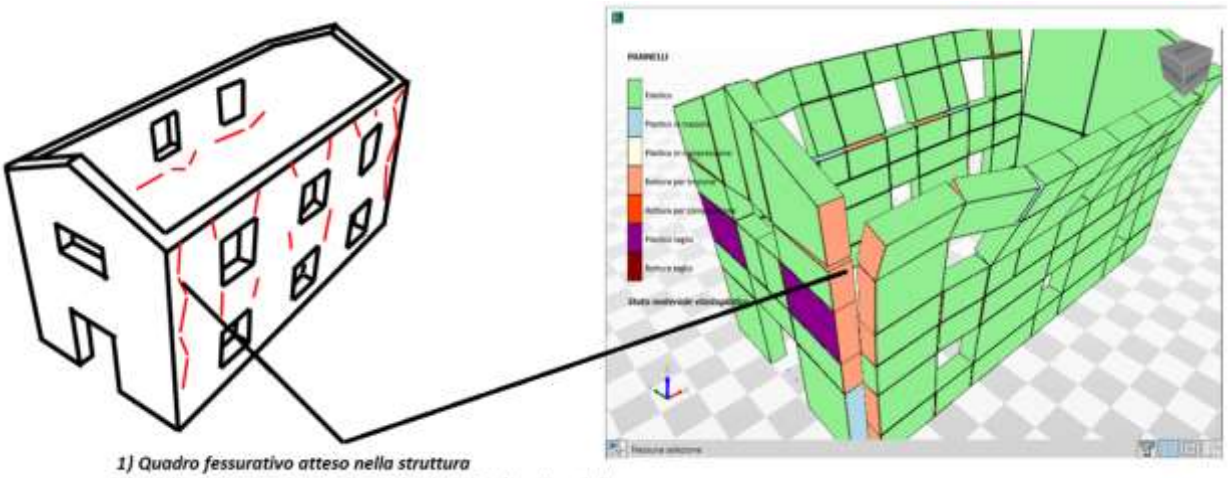
Tra i tanti vantaggi, la tecnica di modellazione di FaTA Next, consente di cogliere i meccanismi della muratura provocati dalla presenza di strutture spingenti (ad esempio tetti a doppia falda con puntoni in assenza di catene). Ad esempio, nella struttura riportata in figura le travi di copertura trasmettono una sollecitazione normale al piano delle pareti in muratura provocando, qualora l'entità del carico verticale in copertura fosse notevole, il ribaltamento delle stesse. Eseguendo un'analisi incrementale per carichi verticali è possibile mettere in evidenza tale meccanismo.



Tale analisi (vedi risultati nella figura successiva) consente di incrementare il moltiplicatore dei carichi verticali (in questo caso quelli presenti in copertura) valutandone il valore critico per il quale non è più possibile raggiungere l'equilibrio (mancata convergenza dell'analisi). Inoltre, osservando la deformata della struttura risulta abbastanza evidente il meccanismo di ribaltamento delle pareti, maggiormente accentuato nella parte centrale e limitato in corrispondenza dei cantonali grazie ad un contributo stabilizzante prestato dalle pareti ortogonali.



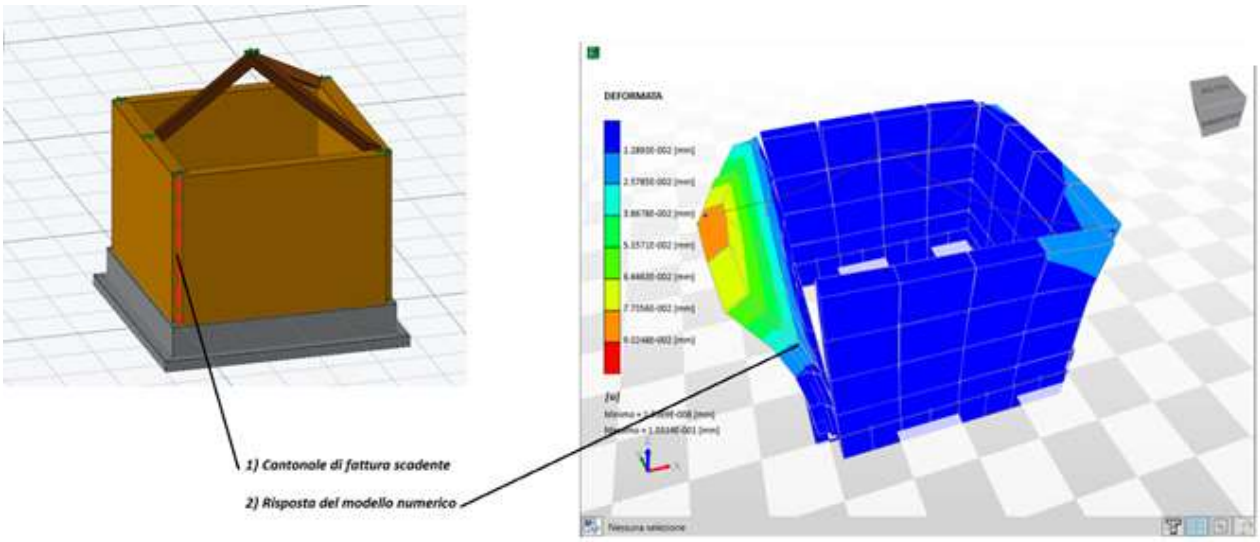
L'evoluzione del quadro fessurativo previsto nella costruzione all'aumentare del carico può essere ottenuto mediante lo stato elastoplastico integrale degli elementi di interfaccia, anch'esso identificato mediante le colorazioni dedicate alle fibre di interfaccia.



Nella figura precedente è possibile osservare come il quadro fessurativo dovuto all'azione degli elementi spingenti venga confermato dal modello numerico attraverso lo stato di rottura per trazione delle molle di interfaccia.

Comportamento del cantonale

Sebbene è noto che la resistenza globale delle strutture in muratura è fortemente influenzata dalla fattura dei singoli cantonali, una delle maggiori difficoltà che si possono riscontrare nell'ambito della modellazione, specie se si utilizzano tecniche convenzionali, riguarda proprio la risposta dei cantonali stessi. Infatti, considerare nel modello di calcolo cantonali ben realizzati (e quindi ad esempio legami di corpo rigido) può sovrastimare notevolmente la resistenza globale dell'edificio, viceversa, considerarli di pessima qualità (e quindi non introdurre alcuna rigidezza e resistenza) può sottostimare la resistenza dell'intera costruzione.



Fata-Next è dotato di una potente funzione che consente all'utente di conferire opportuni livelli di resistenza e rigidezza agli elementi di interfaccia che contribuiscono alla risposta dei cantonali. Nella figura viene proposto il caso di una semplice struttura in cui tre dei cantonali presentano buoni livelli di resistenza ed uno di essi (ad esempio dovuto ad un quadro fessurativo rilevato sulla costruzione esistente nel corso delle indagini) con resistenza ridotta; inoltre la stessa struttura presenta degli elementi spingenti in copertura. Si osservi come dai risultati del modello di calcolo e l'entità della deformata siano in grado di descrivere quanto ci si attende da una situazione del genere. Ovviamente, come accennato in precedenza, quanto appena visto, oltre ad incidere a livello locale, si riperquote anche sul comportamento globale della costruzione ed è quindi necessario tenerne conto in modo opportuno.

5.3 Modellazione delle pareti in c.a.

La modellazione delle pareti in calcestruzzo armato è basata sulla tecnica del macro-elemento, implementata all'interno del solutore secondo l'approccio dedl **macro-elemento 3D sviluppato all'Università di Catania (I. Caliò, M. Marletta, B. Pantò)**.

Così come per la muratura è possibile modellare i diversi tipi di comportamento da attribuire:

- Nel piano del macro-elemento
- Fuori piano

Così come per gli elementi in muratura il macro-elemento viene utilizzato per discretizzare un setto secondo le sue reali dimensioni nel piano ed il suo spessore. Il suo comportamento meccanico riproduce i principali meccanismi di rottura dell'elemento strutturale, ovvero presso-flessione e taglio.

Gli **elementi** specializzati che compongono un modello di una struttura in muratura sono i seguenti:

- **Pannello**: macro-elemento 3D per la modellazione di maschi e fasce;
- **Elementi Corner**: elementi d'angolo di connessione tra pareti;
- **Interfacce**: superfice di contatto tra i vari elementi (pannello-pannello, pannello-corner, pannello-cordolo, ecc.);
- **Interfacce puntuali**: punto di contatto tra i elementi corner e tra corner e nodi;

I criteri di rottura presenti sono:

- Presso-flessione (nel piano e fuori piano)
- Taglio-fessurazione (diagonale)

Per il meccanismo di "Taglio-scorrimento" il modello considerato è di tipo elastico lineare, in quanto per questo tipo di elementi in c.a. questo tipo di meccanismo di rottura viene preceduto da quello diagonale.

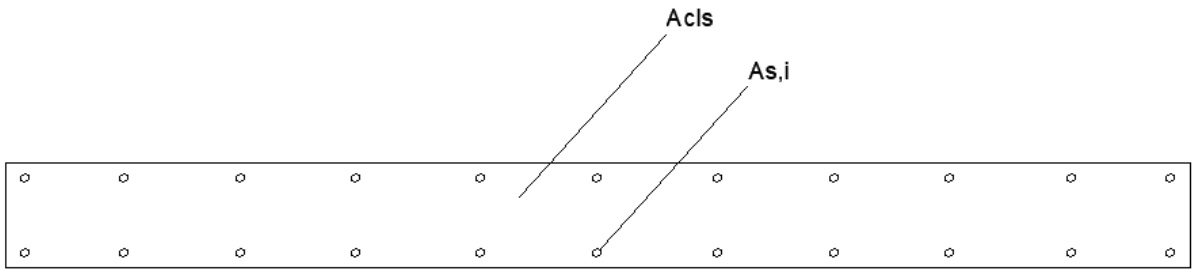
5.3.1 Presso-flessione

Il comportamento a flessione è affidato alle interfacce (sia verticali che orizzontali) del singolo pannello, le quali sono modellate a fibre.

Il materiale che costituisce la fibra è di tipo uniassiale, caratterizzato dall'avere un comportamento del calcestruzzo a compressione e un comportamento equivalente all'acciaio in trazione. Pertanto, per il comportamento a compressione sarà basato su resistenze e deformazioni del calcestruzzo. Per il comportamento a trazione si calcolano i parametri caratteristici realizzando una ripartizione dell'area di acciaio su quella in calcestruzzo.

Il modulo elastico a trazione è calcolabile come:

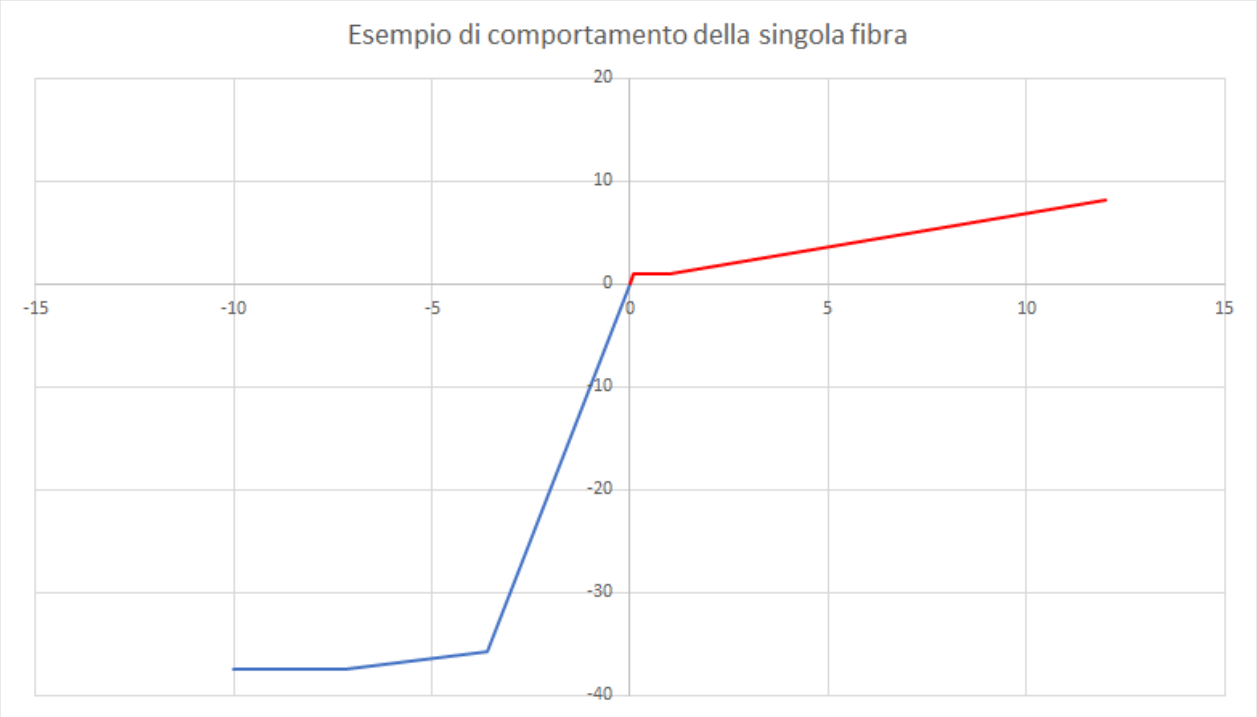
$$E_{Traz} = \frac{A_s \cdot E_s}{A_{Cls}}$$



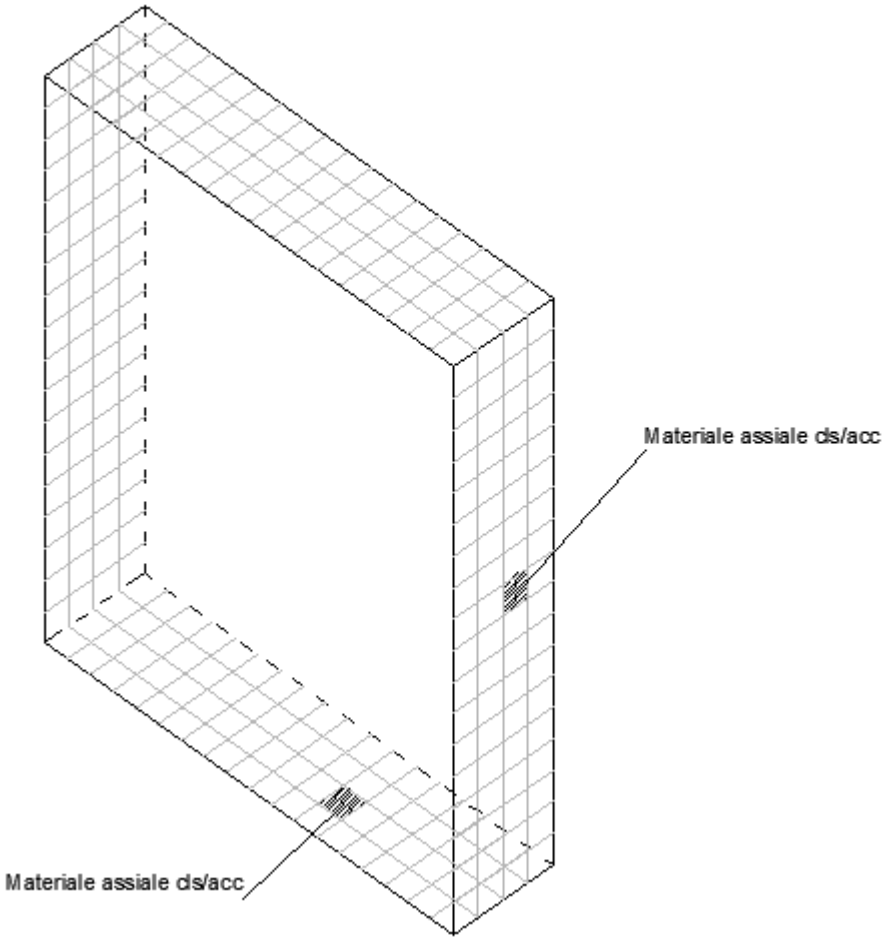
Relativamente alle resistenze, quella a compressione è pari a fcd, mentre per la resistenza a trazione si utilizza la seguente relazione:

$$f_{Traz} = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{A_{Cls}}$$

Nel grafico sottostante è riportato un esempio del modello di comportamento equivalente di una fibra.



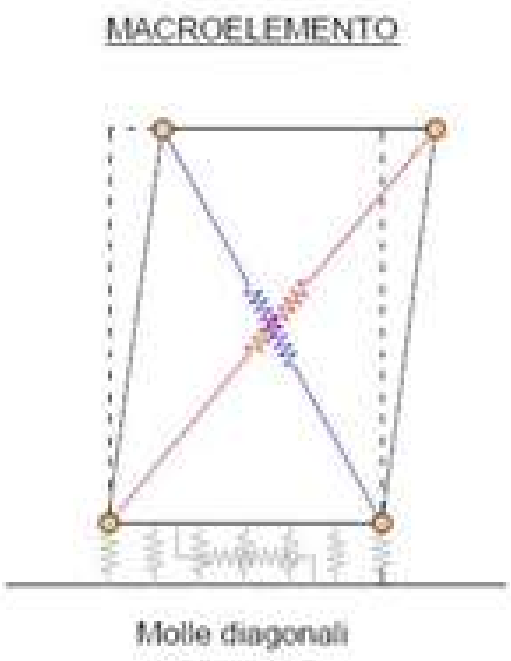
Lo stesso tipo di modellazione è estendibile anche alle interfacce laterali, utilizzando l'armatura trasversale per il calcolo del materiale uniassiale delle fibre.



Il passo della mesh dell'interfaccia è modificabile dall'utente. Il software in ogni caso dividerà lo spessore in almeno quattro parti, in modo da poter valutare gli effetti della pressoflessione fuori piano.

5.3.2 Taglio-fessurazione

Il criterio di rottura a taglio-fessurazione viene modellato mediante l'introduzione di molle diagonali all'interno del macroelemento, in maniera analoga all'elemento in muratura.



Le molle bilatere hanno comportamento trilineare, caratterizzato dal valore di snervamento calcolato mediante la relazione di Hirosawa (M. Hirosawa, “Past experimental results on reinforced concrete shear walls and analysis on them”, Kenchiku Kenkyu Shiryo, 6, Building Research Institute, Ministry of Construction, Japan, 1975):

$$V_u = \frac{7}{8}\left(L - \frac{a}{2}\right) b_e \left[\frac{0.0679\ \rho_t^{0.23}\ (f_{cd} + 17.6)}{\sqrt{\frac{M}{V\,L} + 0.12}} + 0.845\ \sqrt{f_{wh}\ \rho_{wh}} + 0.1\ \sigma_0\right]$$

dove:

L è la lunghezza della parete;
a è la lunghezza della zona confinata di bordo;
ρt è il rapporto tra l'armatura verticale della zona confinata e l'area efficace della sezione, calcolata come (L - a/2) · be;
be è lo spessore della parete;
fcd è la resistenza di calcolo del materiale calcestruzzo;
fwh è la resistenza di calcolo del materiale acciaio delle barre trasversali;
ρwh è il rapporto geometrico di armatura orizzontale della zona centrale della parete;
σ0 è la tensione media di compressione della sezione di base della parete.

Il valore di fessurazione viene calcolato mediante la relazione:

$$V_c = 0.438\ L\ b_e \sqrt{f_{cd}}$$

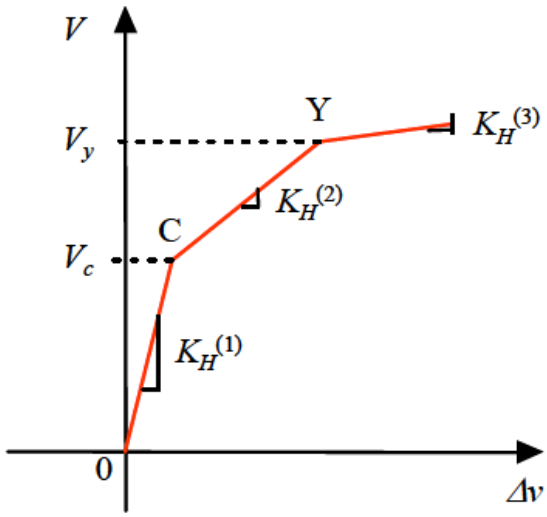
Tale valore viene limitato al massimo al 30% di Vu.

Le rigidezze dei tre rami di bilineari vengono calcolate con le formule di Kabeyasawa (Kabeyasawa, T., Shiohara, T., Otani, S., et al. (1982). Analysis of the full-scale seven story reinforced concrete test structure):

$$K_H^{(1)} = \frac{G\ L\ b_e}{\chi\ h}$$

$$K_H^{(2)} = \left(0.14 + 0.46\,\frac{f_{wh}\,\rho_{wh}}{f_{cd}}\right) \cdot K_H^{(1)}$$

$$K_H^{(3)} = 0.001 \cdot K_H^{(1)}$$



E' possibile approfondire il comportamento delle pareti in c.a. nel documento "Modellazione e analisi non lineare di pareti strutturali in calcestruzzo armato - Report n. 42" - R. Iaccino, A. Vulcano, F. Mazza.

5.4 Modellazione delle pareti con rinforzi FRCM

La modellazione delle pareti con rinforzi FRCM è basata sulla tecnica del macro-elemento, ed è analoga a quella delle pareti in calcestruzzo armato.

I comportamento modellati sono i seguenti:

- Nel piano del macro-elemento
- Fuori piano

I criteri di rottura presenti sono:

- Presso-flessione (nel piano e fuori piano)
- Taglio diagonale

Il meccanismo di "Taglio-scorrimento" è analogo a quello considerato per i pannelli in muratura non rinforzata.

5.4.1 Presso-flessione

Il comportamento a flessione è affidato alle interfacce (sia verticali che orizzontali) del singolo pannello, le quali sono modellate a fibre.

Il materiale che costituisce la fibra è di tipo uniassiale, caratterizzato dall'avere il comportamento della muratura a compressione e un comportamento equivalente alle fibre FRCM (CNR DT 215-2018) a trazione. Per il comportamento a trazione si calcolano i parametri caratteristici realizzando una ripartizione dell'area di FRCM su quella in muratura.

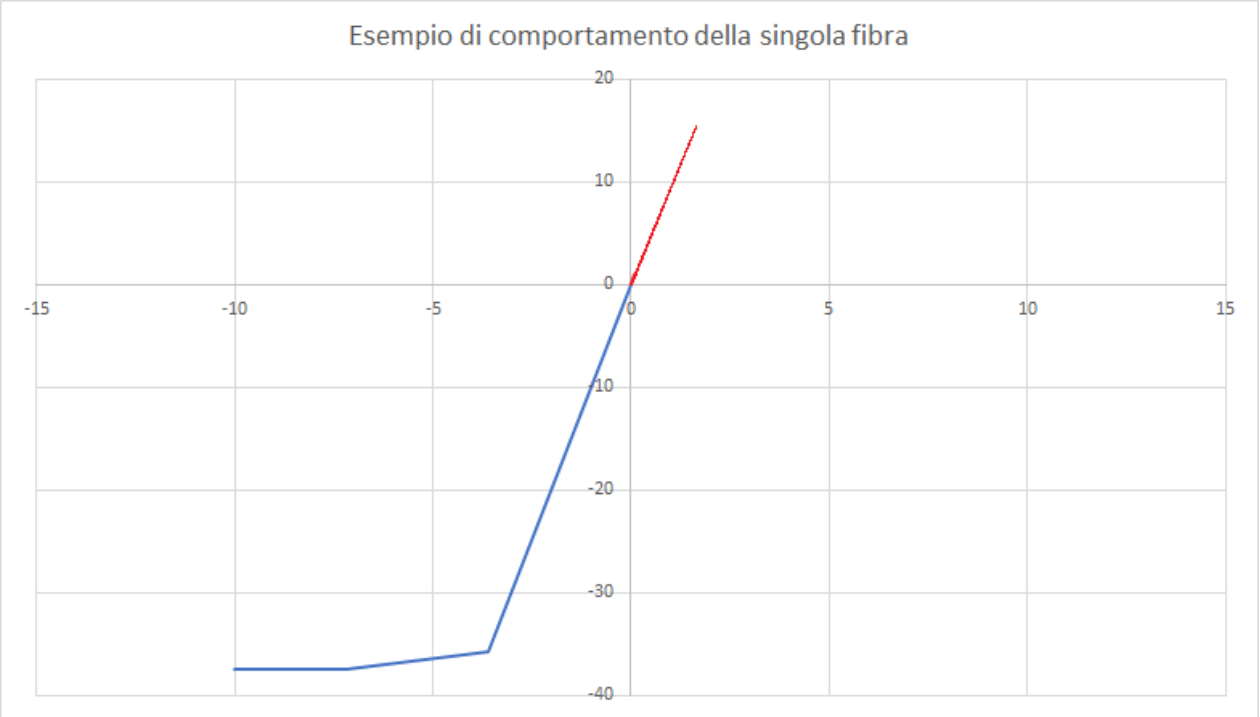
Il modulo elastico a trazione è calcolabile, considerando lo spessore equivalente tf dell FRCM e t della muratura, come:

$$E_t = \frac{t_f \, E_{FRCM}}{t}$$

Relativamente alle resistenze, quella a compressione è pari a fcd, mentre per la resistenza a trazione si utilizza la seguente relazione:

$$f_t = \frac{t_f \, f_{fed}}{t}$$

Nel grafico sottostante è riportato un esempio del modello di comportamento equivalente di una fibra.



Lo stesso tipo di modellazione è estendibile anche alle interfacce laterali, utilizzando l'armatura trasversale per il calcolo del materiale uniassiale delle fibre.

Il passo della mesh dell'interfaccia è modificabile dall'utente. Il software in ogni caso dividerà lo spessore in almeno quattro parti, in modo da poter valutare gli effetti della pressoflessione fuori piano.

5.4.2 Taglio diagonale

Il criterio di rottura a taglio-diagonale viene modellato mediante l'introduzione di molle diagonali all'interno del macroelemento, in maniera analoga all'elemento in muratura non rinforzata.

Le molle bilatere hanno le stesse leggi di comportamento della muratura. E' possibile scegliere tra:

- Mohr-Couloumb
- Turnsek-Cacovic

La resistenza a taglio del rinforzo viene sommato al contributo della muratura in base alle indicazioni delle norme CNR DT 215:

$$V_t = \frac{1}{\gamma_{Rd}} n_f \, t_{vf} \, l_f \, \alpha_t \, \varepsilon_{fd} \, E_f$$

Il contributo aggiutivo del rinforzo di un maschio murario, viene trasformato in termini di tensione e sommato alla τ_0 della muratura. La $\tau_{0AddRinf}$ può essere calcolata per i due modelli nel seguente modo:

$$\tau_{0AddRinf} = \frac{1}{l \, t \, \gamma_{Rd}} n_f \, t_{vf} \, l_f \, \alpha_t \, \varepsilon_{fd} \, E_f$$

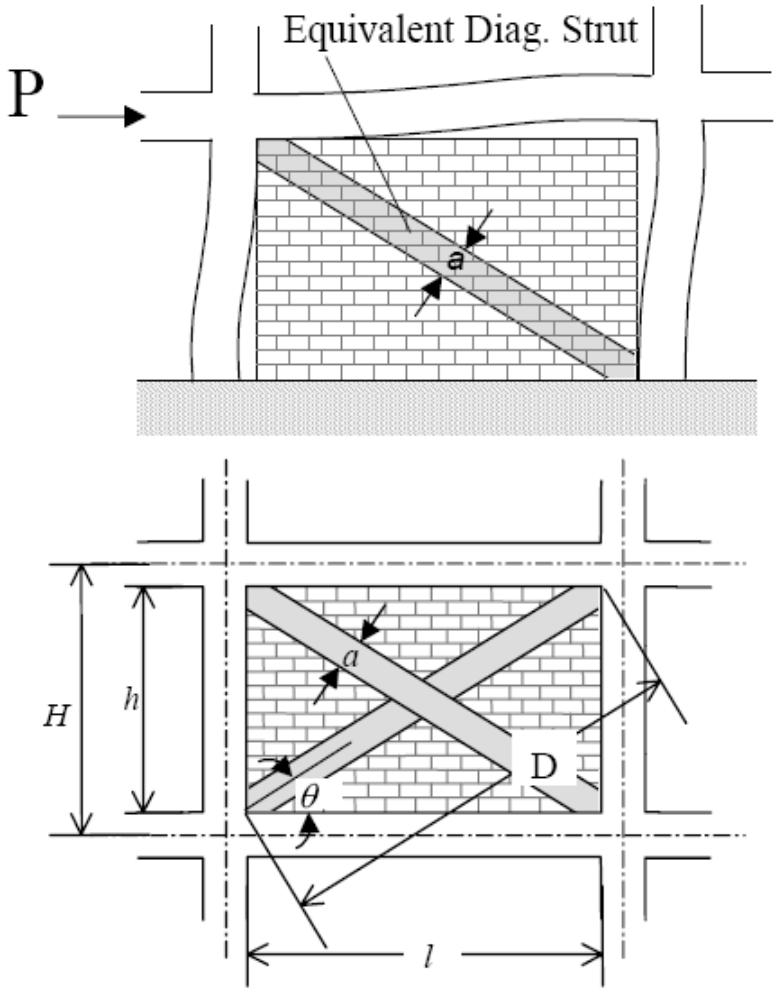
dove:

nf è il numero di strati del rinforzo;
tvf è lo spessore equivalente del rinforzo;
lf è la dimensione di calcolo del rinforzo (vedi § 4.1.1 delle CNR DT 215);
αt è pari a 0.80 ;
εfd è la defomazione di calcolo del rinforzo;
Ef è il modulo elastico del rinforzo;
l è la lunghezza del pannello;
t è lo spessore del pannello.

5.5 Modellazione delle tamponature

Il modello implementato in FaTA Next è quello di Ghassan Al-Chaar, descritto in 'Evaluating Strength and Stiffness of Unreinforced Masonry Infill Structures' edito da US Army Corps of Engineers, nel 2002. Il metodo viene completato con le indicazioni presenti nelle 'NEHRP GUIDELINES FOR THE SEISMIC REHABILITATION OF BUILDINGS' – FEMA 273.

Il pannello di tamponatura viene rappresentato da un puntone diagonale equivalente resistente a compressione, di larghezza a, lunghezza D e spessore t pari allo spessore netto della muratura:



La larghezza a dipende dalla rigidezza flessionale relativa telaio-pannello, che Stafford Smith & Carter (1969) valutano come segue:

$$\lambda_1 H = H \cdot \sqrt[4]{\frac{E_m t \sin(2\theta)}{4 E_c I_{col} h}}$$

dove: Ec e Em sono i moduli elastici del calcestruzzo e della muratura;
Icol è il momento d'inerzia del pilastro.

A partire dalla relazione precedente, Mainstone (1971) fornisce l'espressione della larghezza del puntone equivalente:

$$a = 0.175 D (\lambda_1 H)^{-0.4}$$

Se nel pannello sono presenti delle aperture e/o dei danneggiamenti, la larghezza a viene ridotta utilizzando la seguente relazione:

$$a_{red} = a (R_1)_i (R_2)_i$$

Il fattore di riduzione che tiene conto delle aperture, (R1)i, è pari a:

$$(R_1)_i = 0.6 \cdot \left(\frac{A_{open}}{A_{panel}} \right)^2 - 1.6 \cdot \left(\frac{A_{open}}{A_{panel}} \right) + 1$$

con: Aopen area delle aperture;
Apanel = l x h area del pannello.

Se l'area delle aperture è maggiore del 60% di quella del pannello, l'effetto della tamponatura viene trascurato per cui risulta (R1)i = 0.
Il fattore di riduzione che tiene conto del danneggiamento del pannello, (R2)i, non viene applicato nel nostro modello.

Il legame carico-scorrimento laterale del puntone equivalente è fornito nella figura sottostante, dove il parametro d, che indica lo scorrimento laterale non lineare associato al pannello, è definito nella Tabella 7-7 della FEMA 273.

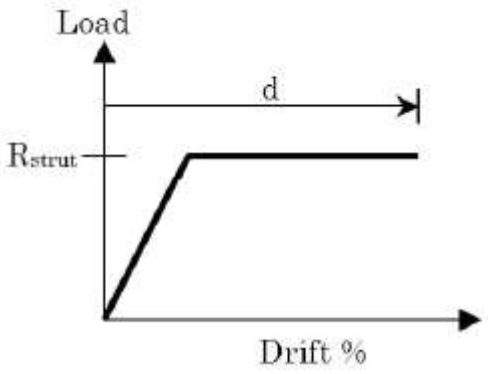


Table 7-7 Nonlinear Static Procedure—Simplified Force-Deflection Relations for Masonry Infill Panels

$\beta = \frac{V_{fre}}{V_{ine}}$	$\frac{L_{inf}}{h_{inf}}$	c	d %	e %	Acceptance Criteria	
					LS %	CP %
$0.3 \le \beta < 0.7$	0.5	n.a.	0.5	n.a.	0.4	n.a.
	1.0	n.a.	0.4	n.a.	0.3	n.a.
	2.0	n.a.	0.3	n.a.	0.2	n.a.
$0.7 \le \beta < 1.3$	0.5	n.a.	1.0	n.a.	0.8	n.a.
	1.0	n.a.	0.8	n.a.	0.6	n.a.
	2.0	n.a.	0.6	n.a.	0.4	n.a.
$\beta \ge 1.3$	0.5	n.a.	1.5	n.a.	1.1	n.a.
	1.0	n.a.	1.2	n.a.	0.9	n.a.
	2.0	n.a.	0.9	n.a.	0.7	n.a.

La resistenza a compressione del puntone Rstrut è determinata calcolando il carico richiesto per raggiungere la resistenza a schiacciamento, Rcr, e quello richiesto per raggiungere la resistenza a taglio, Rshear, della muratura.

$$R_{strut} = \min\{R_{cr}, R_{shear}/\cos\theta_{strut}\}$$

$$\tan\theta_{strut} = \frac{h - 2\,l_{column}}{l}$$

$$R_{cr} = a_{red}\; t\; f_m^{'}$$

$$R_{shear} = A_n\, f_v^{'}(R_1)_i(R_2)_i$$

6 Verifiche

Questa sezione del presente manuale descrive, con riferimenti teorici e normativi, gli algoritmi di progettazione delle armature, di verifica delle sezioni in legno, in acciao. Rispetto ad ogni tipologia costruttiva si analizzeranni nei dettagli le formulazioni utilizzate e i criteri di progettazione dei particolari esecutivi.

Tutte le verifiche sono effettuate sugli inviluppi delle caratteristiche di sollecitazione.

6.1 Elementi in C.A.

6.1.1 Aste in C.A.

Per le aste in calcestruzzo armato sono state effettuate le seguenti verifiche:

Pilastri

- Stabilità;

- **SLU**
  - Flessione composta deviata;
  - Taglio;
  - Torsione;
- **SLV**
  - Compressione;
  - Duttilità (Dettagli costruttivi);
  - Flessione composta deviata;
  - Taglio;
  - Torsione;
- **SLD**
  - Spostamenti relativi;
- **SLE**
  - Fessurazione;

Travi di Elevazione

- **SLU**
  - Flessione composta;
  - Taglio;
  - Torsione;
- **SLV**
  - Flessione composta;
  - Taglio;
  - Torsione;
- **SLE**
  - Deformabilità;
  - Fessurazione;
  - Tensioni di esercizio;

6.1.1.1 Flessione composta deviata

Le sollecitazioni che vengono considerate in tale verifica sono: Sforzo Normale, Momento Flettente X-Z, Momento Flettente X-Y.

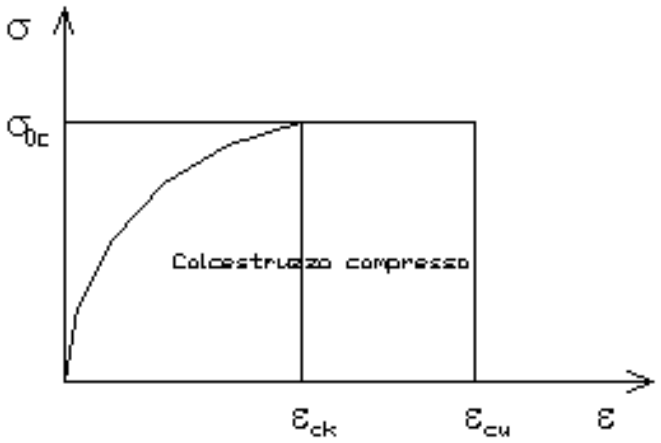
La verifica di resistenza è soddisfatta se la sollecitazione determinata dalla condizione considerata cade all'interno del dominio di sicurezza determinato, attraverso la conoscenza:

- del comportamento meccanico della sezione in esame;
- delle caratteristiche dei materiali di cui è composta la sezione;
- dei coefficienti di sicurezza forniti dalla normativa seguita.

Il calcolo è condotto nelle ipotesi che:

1. Le sezioni rimangano piane fino a rottura;
2. Ci sia perfetta aderenza fra acciaio e calcestruzzo;
3. Il calcestruzzo non abbia alcuna capacità di resistenza a trazione.

Il diagramma tensioni-deformazioni assunto per il calcestruzzo è di tipo parabola-rettangolo come indicato nella seguente figura:



dove:

ε_{ck} = deformazione caratteristica;

ε_{cu} = deformazione ultima del calcestruzzo;

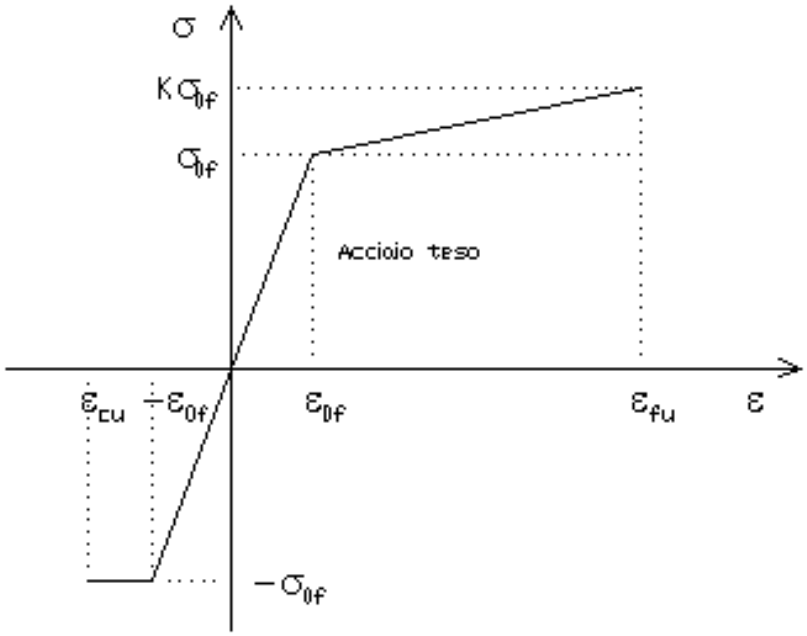
σ_{0c} = resistenza di calcolo del calcestruzzo;

Le equazioni che descrivono il diagramma sono:

$$\varepsilon < \epsilon_{ck} \ : \ \sigma(\epsilon) = 1000\ \sigma_{0c}\ \varepsilon\ (1 - 250\ \epsilon)$$

$$\epsilon_{ck} < \epsilon < \epsilon_{cu} \ : \ \sigma(\varepsilon) = \sigma_{0c}$$

Il diagramma tensioni-deformazioni assunto per l'acciaio è indicato nella seguente figura:



dove:

$\varepsilon_{0f} = \sigma_{0f}/E$

E : modulo di elasticità dell'acciaio;

σ_{0f} : resistenza di calcolo dell'acciaio;

k : rapporto di sovraresistenza (se è pari ad 1 il comportamento è bilineare elastico-perfettamente plastico);

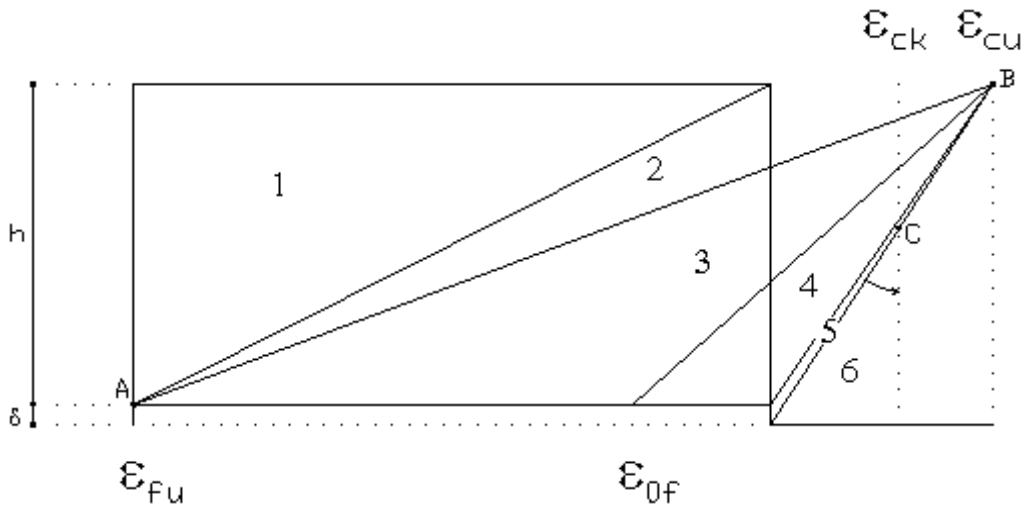
f_{yk} : resistenza caratteristica dell'acciaio

γ_m : coefficiente di sicurezza dell'acciaio;

ε_{fu} : deformazione ultima dell'acciaio;

ε_{cu} : deformazione ultima del calcestruzzo;

Le limitazioni delle deformazioni unitarie per il conglomerato e per l'acciaio conducono a definire sei diversi campi (o regioni) nei quali potrà trovarsi la retta di deformazione specifica. Tali campi sono descritti nel seguente modo:



Campo 1 : è caratterizzato dall'allungamento massimo tollerabile per l'acciaio pari a ε_{fu}. Il diagramma delle deformazioni specifiche appartiene ad un fascio di rette passanti per il punto (A) mentre la distanza dall'asse neutro potrà variare da - ∞ a 0. È il caso di trazione semplice o con piccola eccentricità; la sezione risulta interamente tesa. La crisi si ha per cedimento dell'acciaio teso.

Campo 2 : è caratterizzato dall'allungamento massimo tollerabile per l'acciaio pari a ε_{fu} e dalla rotazione del diagramma attorno al punto (A). La deformazione specifica del calcestruzzo varia da 0 al valore massimo del

calcestruzzo compresso (ε_{cu}) mentre la distanza dell'asse neutro dal lembo compresso può variare da 0 a 0.259h. La sezione risulterà in parte tesa ed in parte compressa e quindi sarà sollecitata a flessione semplice o composta.

Campo 3 : è caratterizzato dall'accorciamento massimo del conglomerato pari a ε_{cu}. Le rette di deformazione appartengono ad un fascio passante per (B). La massima tensione del calcestruzzo in questa regione è pari a quella di rottura di calcolo mentre l'armatura è ancora deformata in campo plastico. La sezione risulterà in parte tesa ed in parte compressa e quindi sarà sollecitata a flessione semplice o composta.

Campo 4 : è caratterizzato dall'accorciamento massimo del conglomerato pari a ε_{cu}. Le rette di deformazione appartengono ad un fascio passante per (B). La massima tensione del calcestruzzo in questa regione è pari a quella di rottura di calcolo mentre l'armatura è sollecitata con tensioni inferiori allo snervamento e può risultare anche scarica. La sezione risulterà in parte tesa ed in parte compressa e quindi sarà sollecitata a flessione semplice o composta.

Campo 5 : è caratterizzato dall'accorciamento massimo del conglomerato pari a ε_{cu}. Le rette di deformazione appartengono ad un fascio passante per (B) mentre la distanza dell'asse neutro varia da h ad h + d. L'armatura in tale regione è sollecitata a compressione e pertanto tutta la sezione è compressa; è questo il caso della flessione composta.

Campo 6 : è caratterizzato dall'accorciamento massimo del conglomerato compresso che varia fra ε_{cu} e ε_{ck}. Le rette di deformazione specifica appartengono ad un fascio passante per (C) e la distanza dell'asse neutro varia fra 0 e - ∞. La distanza di (C) dal lembo superiore vale 3h/7. La sezione risulta sollecitata a compressione semplice o composta.

6.1.1.2 Taglio

Il calcolo del taglio viene eseguito secondo il metodo di Ritter-Morsch. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso e i puntoni d'anima inclinati. L'inclinazione θ dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i seguenti limiti:

$$1 \leq ctg\ \theta \leq 2{,}5$$

Per gli elementi in cui è richiesta la verifica a taglio, deve risultare:

$$V_{Sd} \leq min\{V_{Rsd}, V_{Rcd}\}$$

dove V_{Sd} è il valore di progetto dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di progetto a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0.9\ d\ (A_{sw}/s) f_{yd} (ctg\ \alpha + ctg\ \theta) \sin \alpha$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di progetto a "taglio compressione" si calcola con:

$$V_{Rcd} = 0.9\ d\ b_w \alpha_c f'_{cd} (ctg\ \alpha + ctg\ \theta)/(1 + ctg^2\ \theta)$$

dove:

V_{Sd}	: taglio sollecitante il calcolo;
d	: altezza utile della sezione;
A_{sw}	: area dell'armatura trasversale;
s	: passo dell'armatura trasversale;
f_{yd}	: resistenza a snervamento dell'acciaio;
b_w	: larghezza minima della sezione lungo l'altezza efficace;
α_c	: coefficiente di compressione della sezione;
f'_{cd}	: resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo;
α	: angolo di inclinazione delle armature a taglio;
θ	: angolo di inclinazione delle bielle compresse.

Il contributo delle armature a taglio è somma del contributo delle staffe e degli eventuali sagomati. In ogni caso l'aliquota massima che può essere affidata ai sagomati è il 50% dello sforzo di taglio massimo.

6.1.1.3 Taglio ciclico (C8.7.2.3.5)

Come previsto dalla Circolare n.7/2019, per le azioni sismiche, occorre considerare la riduzione di resistenza a taglio in condizioni cicliche in funzione della domanda di duttilità sull'elemento, per il livello di azione considerato.

La resistenza a taglio V_R in condizioni cicliche, quali quelle sismiche, può essere valutata sulla base dei tre contributi dovuti all'entità dello sforzo normale N, al calcestruzzo e all'acciaio, nonché dell'interazione con la rotazione flessionale dell'elemento in funzione della parte plastica della domanda di duttilità, $\mu_{\Delta,pl}$.

$$V_R = \frac{1}{\gamma_{el}}\left[\frac{h-x}{2L_V} min(N; 0.55A_c f_c) + \left(1 - 0.05\min\left(0.5; \mu_{\Delta,pl}\right)\right)\left[0.16\max(0.5; 100\rho_{tot})\left(1 - 0.16min\left(5; \frac{L_V}{h}\right)\right)\sqrt{f_c}A_c + V_W\right]\right]$$

dove:

- γ_{el} : 1,15 per gli elementi primari ed 1,0 per gli elementi secondari (come definiti al § 7.2.3 delle NTC);
- h : è l'altezza totale della sezione;
- x : è l'altezza della zona compressa della sezione (profondità dell'asse neutro);
- N : è lo sforzo normale di compressione (assunto paria a zero se di trazione);
- L_V : è luce di taglio;
- A_c : è l'area della sezione;
- f_c : è la resistenza a compressione del calcestruzzo;
- ρ_{tot} : è la percentuale geometrica totale di armatura longitudinale;
- V_W : è il contributo dell'armatura trasversale per la resistenza a taglio;

Dunque, la verifica a taglio in condizione cicliche risulta soddidfatta se:

$$V_{Sd} \leq V_R$$

dove V_{Sd} è il valore di progetto dello sforzo di taglio agente.

6.1.1.4 Torsione

Il calcolo a torsione viene effettuato seguendo le prescrizioni dell'EC2 oppure delle NTC-2018 a seconda della Normativa scelta dall'utente.

Come previsto dall'EC2, la resistenza a torsione della sezione è calcolata sulla base di una sezione chiusa a pareti sottili. Le sezioni piene sono sostituite da sezioni equivalenti a pareti sottili. Le sezioni di forma complessa, come quella a "T", sono suddivise in una serie di sottosezioni, ciascuna delle quali è modellata come una sezione equivalente a parete sottile. La resistenza torsionale totale della sezione si ottiene sommando i contributi delle singole sottosezioni.
L'armatura a torsione è costituita da staffe chiuse combinate con una serie di barre longitudinali uniformemente distribuite su tutto il perimetro della sezione. Barre longitudinali devono essere sempre disposte a tutti gli angoli della sezione.

Il momento torcente di calcolo deve, di regola, soddisfare le due condizioni seguenti:

$$T_{Sd} \leq T_{Rd1}$$

$$T_{Sd} \leq T_{Rd2}$$

dove:

T_{Sd} è il momento torcente sollecitante di calcolo;

T_{Rd1} è il massimo momento torcente che può essere sopportato dalle bielle di calcestruzzo compresse;

T_{Rd2} è il massimo momento torcente che può essere sopportato dall'armatura.

Il momento resistente torcente T_{Rd1} è dato da:

$$T_{Rd1} = \frac{2 \cdot \nu \cdot f_{cd} \cdot t \cdot A_k}{ctg\,\theta + tan\,\theta}$$

dove:

$t = A/u$ è lo spessore effettivo della parete. Nel caso di una sezione piena t rappresenta lo spessore equivalente della parete. Non è permesso uno spessore minore a due volte il copriferro c delle barre longitudinali;

u è il perimetro esterno;

A è l'area totale della sezione retta racchiusa nel perimetro esterno, comprese le aree delle aree interne;

f_{cd} è la resistenza cilindrica di calcolo del calcestruzzo;

A_k è l'area compresa all'interno della linea media della sezione trasversale a pareti sottili, comprese le aree delle cavità interne;

$\nu = 0{,}7\left(0{,}7 - \frac{f_{ck}}{200}\right) \geq 0{,}35$;

θ è l'angolo tra le bielle di calcestruzzo e l'asse longitudinale della trave, di regola scelto in modo che sia:

$$0{,}4 \leq ctg\,\theta \leq 2{,}5$$

Il momento resistente torcente T_{Rd2} è dato da:

$$T_{Rd2} = 2 \cdot A_k \cdot f_{ywd} \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot \cot\theta$$

e l'area aggiuntiva di acciaio longitudinale per torsione è data dall'equazione:

$$A_{sl} \cdot f_{yld} = \frac{T_{Rd2} \cdot u_k}{2 \cdot A_k} \cot\theta$$

dove:

u_k è il perimetro dell'area A_k;

s è il passo delle staffe;

f_{ywd} è la tensione di snervamento di calcolo delle staffe;

f_{yld} è la tensione di snervamento di calcolo dell'armatura longitudinale A_{sl};

A_{sw} è l'area della sezione trasversale delle barre usate come staffe;

A_{sl} è l'area aggiuntiva di acciaio longitudinale richiesta per la torsione.

Secondo quanto riportano le NTC-2018, la verifica di resistenza nei confronti di sollecitazioni torcenti consiste nel controllare che:

$$T_{Ed} \leq min\{T_{Rcd}, T_{Rsd}, T_{Rld}\}$$

dove T_{Ed} è il valore di progetto del momento torcente agente.

Per elementi prismatici sottoposti a torsione semplice o combinata con altre sollecitazioni, che abbiano sezione piena o cava, lo schema resistente è costituito da un traliccio periferico in cui gli sforzi di trazione sono affidati alla armature longitudinali e trasversali ivi contenute e gli sforzi di compressione sono affidati alle bielle di calcestruzzo.

Con riferimento al calcestruzzo la resistenza di progetto si calcola tramite la seguente relazione:

$$T_{Rcd} = 2 \cdot A \cdot t \cdot f'_{cd} \cdot ctg\theta/(1 + ctg^2\theta)$$

dove *t* è lo spessore della sezione cava; per sezioni piene $t = A_c/u$ dove A_c è l'area della sezione ed *u* è il suo perimetro; *t* deve essere assunta comunque maggiore o uguale a 2 volte la distanza fra il bordo e il centro dell'armatura longitudinale.

Le armature longitudinali e trasversali del traliccio resistente devono essere poste entro lo spessore *t* del profilo periferico. Le barre longitudinali possono essere distribuite lungo detto profilo, ma comunque una barra deve essere presente su tutti i suoi spigoli.

Con riferimento alle staffe trasversali la resistenza di progetto si calcola tramite la seguente relazione:

$$T_{Rsd} = 2 \cdot A \cdot \frac{A_s}{s} \cdot f_{yd} \cdot \cot\theta$$

Con riferimento all'armatura longitudinale la resistenza di progetto si calcola con:

$$T_{Rld} = 2 \cdot A \cdot \frac{\sum A_l}{u_m} \cdot f_{yd}/\cot\theta$$

dove:

A è l'area racchiusa dalla fibra media del profilo periferico;

A_s è l'area della staffe;

u_m è il perimetro medio del nucleo resistente;

s è il passo delle staffe;

$\sum A_l$ è l'area complessiva delle barre longitudinali.

L'inclinazione θ delle bielle compresse di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti:

$$1 \leq ctg\,\theta \leq 2{,}5$$

6.1.1.5 Compressione massima

Per le combinazioni sismiche è stata effettuata la verifica del carico assiale massimo di compressione controllando che, in funzione della classe di duttilità, sia inferiore al valore limite definito dalla normativa applicata.

$$N_{sd} \leq N_{lim}$$

Il valore limite della resistenza assiale vale:

$$N_{lim} = f_{cd} A_{cls}\, coeff$$

dove:

f_{cd} : resistenza a compressione del calcestruzzo;

A_{cls} : area della sezione in calcestruzzo;

$coeff$: coefficiente del valore limite.

Il coefficiente del valore limite è in funzione della classe di duttilità della struttura:

Classe di duttilità	Pareti	Pilastri
H / A	0.35	0.55
M / B	0.40	0.65

6.1.1.6 Stabilità

Le verifiche di stabilità degli elementi snelli in c.a. devono essere condotte attraverso un'analisi del secondo ordine che tenga conto degli effetti flessionali delle azioni assiali sulla configurazione deformata degli elementi stessi.

Si sono assunti legami fra le azioni interne e le deformazioni che mettono in conto il comportamento non lineare dei materiali e si è trascurato il contributo del calcestruzzo teso. È stato utilizzato il "criterio della snellezza per elementi isolati" descritto nell'Eurocodice 2.

In via approssimata gli effetti del secondo ordine in un elemento isolato possono essere trascurati se la snellezza non supera il corrispondente valore limite:

$$\lambda_{lim} = \frac{20\,A\,B\,C}{\sqrt{n}}$$

dove:

$n = N_{ed}/(A_c f_{cd})$ è l'azione assiale adimensionalizzata;

$A = 0.7$;

$B = 1.1$;

$C = 0.7$;

La snellezza della colonna da confrontare con λ_{lim} è pari a:

$$\lambda = \lambda_0/i$$

dove λ_0 è la lunghezza libera d'inflessione definita in base ai vincoli di estremità (o calcolata con metodi numerici) ed i è il raggio d'inerzia della sezione in calcestruzzo non fessurato.

Nel caso in cui sia necessaria l'amplificazione dei momenti flettenti, la stessa è stata effettuata mediante il "metodo della stima della curvatura nominale". Il momento totale di progetto dovuto agli effetti del I e del II ordine viene calcolato con la seguente relazione:

$$M_{Ed} = M_{0Ed} + M_2$$

Il valore M_{0Ed}, rappresenta il momento del primo ordine equivalente di estremità calcolato come:

$$M_{0Ed} = 0.6\,M_{02} + 0.4\,M_{01} \geq 0.4\,M_{02}$$

in cui M_{01} e M_{02} rappresentano i momenti di estremità del primo ordine.

Il momento nominale del secondo ordine M_2 viene calcolato mediante la seguente relazione:

$$M_2 = N_{Ed} e_2$$

Il parametro e_2 è l'inflessione calcolata come:

$$e_2 = \left(\frac{1}{r}\right)\frac{l_0^2}{c}$$

in cui il valore di c può essere posto pari a 10.

La curvatura $1/r$ viene calcolata mediante:

$$\frac{1}{r} = K_r K_\varphi \frac{1}{r_0}$$

dove:

$K_r = (1 + \omega - n)/(1 + \omega - 0.4) \leq 1$;

$K_\varphi = 1 + \beta\, \varphi_{ef} \geq 1$;

ω : percentuale meccanica di armatura totale;

n : forza assiale adimensionalizzata;

$\beta = 0.35 + f_{ck}/200 - \lambda/150$;

Con riferimento al punto 4.1.2.3.9.3 delle NTC 2018 in aggiunta al momento sollecitante esterno viene sommata un'aliquota dovuta ad un'eccentricità dello sforzo normale pari a 1/300 dell'altezza della colonna (difetto di rettilineità).

6.1.1.7 Stato tensionale

Tensioni di compressione elevate nel calcestruzzo in presenza di carichi di esercizio possono favorire la formazione di fessure longitudinali e determinare o microfessurazioni nel calcestruzzo o livelli di viscosità maggiori di quelli previsti. Elevate tensioni nell'acciaio possono condurre a fessure ampie e permanentemente aperte. Tali fenomeni possono ridurre la durabilità delle opere.

Tale verifica rientra nell'ambito della verifica di esercizio. Il calcolo delle tensioni si ottiene sfruttando le ipotesi tradizionali per il calcolo del cemento armato ordinario, e cioè:

1. assunzione dei materiali elastico lineari;
2. conservazione delle sezioni piane al crescere dei carichi;
3. perfetta aderenza tra acciaio e calcestruzzo;
4. resistenza nulla a trazione del calcestruzzo;

Inoltre può essere stabilito un coefficiente di omogeneizzazione diverso dal valore ordinario.

Le tensioni di esercizio si possono calcolare considerando le combinazioni di carico caratteristica, frequente e quasi permanente.

La verifica consiste nel confrontare le tensioni di calcolo con quelle limite dei materiali.

La massima tensione di compressione del calcestruzzo $\sigma_{c,max}$, deve rispettare la limitazione seguente:

$\sigma_{c,max} \leq 0{,}60\, f_{ck}$ per combinazione caratteristica;

$\sigma_{c,max} \leq 0{,}45\, f_{ck}$ per combinazione quasi permanente;

La tensione massima dell'acciaio, $\sigma_{s,max}$, per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica deve rispettare la limitazione seguente:

$\sigma_{c,max} \leq 0{,}80\, f_{yk}$

6.1.1.8 Fessurazione

In accordo con l'EC2 il calcolo delle ampiezze delle fessure si effettua considerando anche la parte di calcestruzzo reagente a trazione utilizzando la seguente espressione:

$$W_k = s_{r,max}(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

dove:

W_k : ampiezza di calcolo delle fessure;

$s_{r,max}$: distanza massima tra le fessure;

ε_{sm} : deformazione media dell'armatura che tiene conto, nella combinazione di carico considerata, anche degli effetti "tension stiffening";

ε_{cm} : deformazione media del calcestruzzo.

La quantità $(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$ si ottiene dalla seguente espressione:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - 0.4\,\frac{f_{ctm}}{\rho_{eff}}(1 + \alpha_e \rho_{eff})}{E_s} \geq 0.6\,\frac{\sigma_s}{E_s}$$

dove:

σ_s : tensione nell'armatura tesa valutata considerando la sezione fessurata;

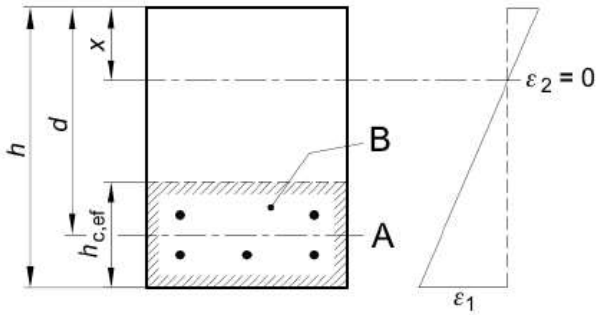
E_s : modulo elastico dell'acciaio;

α_e : rapporto E_s/E_{cm};

$\rho_{eff} = A_s/A_{c,eff}$: percentuale di armatura efficace;

$A_{c,eff}$: area efficace di calcestruzzo teso attorno all'armatura, di altezza $h_{c,eff}$, dove $h_{c,eff}$ è il valore minimo tra $2{,}5(h-d)$, $(h-x)/3$ e $h/2$, come riportato nella figura di seguito riportata:

A Livello del baricentro dell'acciaio
B Area tesa efficace, $A_{c,eff}$



La quantità $s_{r,max}$ si ottiene dalla seguente espressione:

$$s_{r,max} = k_3\, c + k_1 k_2 k_4 (\phi/\rho_{eff})$$

dove:

c : copriferro delle armature;

k_1 : coefficiente di aderenza delle barre. Assume valore 1,6 per barre lisce e 0,8 per barre ad aderenza migliorata;

k_2 : coefficiente che tiene conto della forma del diagramma delle deformazioni. Assume valore 0,5 per flessione e 1 per trazione pura;

k_3 : coefficiente pari a 3,4;

k_4 : coefficiente pari a 0,425;

ϕ : diametro delle barre in mm. Se si utilizzano più diametri si utilizza il diametro medio.

Il valore caratteristico di apertura delle fessure W_k non deve superare i valori nominali $w_1 = 0{,}2$, $w_2 = 0{,}3$, $w_3 = 0{,}4$ secondo quanto riportato nella seguente tabella (Tab. 4.1.IV delle NTC 2018):

Gruppi di Esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_k	Stato limite	w_k
A	Ordinarie	frequente	apertura fessure	$\leq w_2$	apertura fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
B	Aggressive	frequente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$
C	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	apertura fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$

Come si evince dalla precedente tabella lo stato limite di fessurazione deve essere fissato in funzione delle condizioni ambientali e della sensibilità delle armature alla corrosione come descritto nel § 4.1.2.2.4 delle NTC 2018.

6.1.1.9 Deformabilità

Per il calcolo della deformabilità di elementi inflessi si utilizza il metodo che pesa le curvature nelle due situazioni caratteristiche degli elementi in c.a. ("I" sezione integra; "II" sezione fessurata). A tale riguardo la curvatura in una generica sezione può essere valutata con la seguente relazione:

$$\theta = (1 - \zeta)\theta_I + \zeta\, \theta_{II}$$

dove ζ rappresenta l'effetto irrigidente del calcestruzzo tra due fessure consecutive (tension stiffening):

$$\zeta = 1 - c\,(M_{cr}/M)^2$$

dove:

c : pari a 1 per carichi permanenti;

M_{cr} : momento di prima fessurazione;

M : momento sollecitante.

Per calcolare la freccia di un elemento, si divide in "n" conci uguali e si calcola la curvatura di ogni concio riferita alla coordinata x_i. La freccia relativa alla sezione x_j è pari a:

$$\delta_j = \varphi_A x_j - \Sigma(x_j - x_i)\theta_i \Delta x$$

dove:

φ_A : rotazione dell'estremo iniziale dell'elemento;

l : lunghezza dell'elemento;

Δx : lunghezza del concio;

θ_i : curvatura relativa al concio.

6.1.1.10 Spostamenti relativi (RIG)

La condizione in termini di rigidezza sulla struttura si ritiene soddisfatta qualora la conseguente deformazione degli elementi strutturali non produca sugli elementi non strutturali danni tali da rendere la costruzione temporaneamente inagibile.

Nel caso delle costruzioni civili e industriali, qualora la temporanea inagibilità sia dovuta a spostamenti di interpiano eccessivi, questa condizione si può ritenere soddisfatta quando gli spostamenti di interpiano ottenuti dall'analisi in presenza dell'azione sismica di progetto corrispondente allo Stato Limite e alla Classe d'Uso considerati siano inferiori ai limiti indicati nel seguito.

Per le Classi d'Uso I e II ci si riferisce allo SLD e deve essere:

a) per tamponature collegate rigidamente alla struttura, che interferiscono con la deformabilità della stessa:

$$qd_r = 0{,}0050 \cdot h \quad \text{per tamponature fragili}$$

$$qd_r = 0{,}0075 \cdot h \quad \text{per tamponature duttili}$$

b) per tamponature progettate in modo da non subire danni a seguito di spostamenti di interpiano d_{rp}, per effetto della loro deformabilità intrinseca oppure dei collegamenti alla struttura:

$$qd_r \leq d_{rp} \leq 0{,}0100 \cdot h$$

c) per costruzioni con struttura portante di muratura ordinaria:

$$qd_r \leq 0{,}0020 \cdot h$$

d) per costruzioni con struttura portante di muratura armata:

$$qd_r \leq 0{,}0030 \cdot h$$

e) per costruzioni con struttura portante di muratura confinata:

$$qd_r \leq 0{,}0025 \cdot h$$

dove:

d_r è lo spostamento di interpiano, cioè la differenza tra gli spostamenti del solaio superiore e del solaio inferiore, calcolati sul modello di calcolo non comprensivo delle tamponature;

h è l'altezza del piano.

Per le Classi d'Uso III e IV ci si riferisce allo SLO e gli spostamenti d'interpiano devono essere inferiori ai 2/3 dei limiti precedentemente indicati.

In caso di coesistenza di diversi tipi di tamponamento o struttura portante nel medesimo piano della costruzione, deve essere assunto il limite di spostamento più restrittivo.

6.1.1.11 Gerarchia delle resistenze (Travi)

Al fine di garantire la gerarchia delle resistenze per le strutture in c.a. sono state considerate alcune prescrizioni aggiuntive per il calcolo delle sollecitazioni di calcolo.

Momento flettente

I momenti flettenti di calcolo, da utilizzare per il dimensionamento o verifica delle travi, sono quelli ottenuti dall'analisi globale della struttura per le combinazioni di carico di progetto.

Taglio

Per le travi, al fine di escludere la formazione di meccanismi inelastici dovuti al taglio, le sollecitazioni di taglio di calcolo vengono ottenute sommando i seguenti contributi:

1. sollecitazioni di taglio relative ai carichi gravitazionali agenti sulla trave, considerata incernierata agli estremi;
2. sollecitazioni di taglio corrispondenti alla formazione delle cernire plastiche nella trave e prodotte dai momenti resistenti delle due sezioni di plasticizzazione (generalmente quelle di estremità) amplificati del fattore di sovraresistenza.

$$V_{Ed,i} = (G_k + \Psi_2 \cdot Q_k) \cdot \frac{l_b}{2} + \gamma_{Rd} \cdot \frac{\sum_{i=1}^{2} M_{b,Rdi}}{l_b}$$

dove:

l_b è la lunghezza della trave;

$\gamma_{Rd} = 1.20$ per le strutture in CD"A";

$\gamma_{Rd} = 1.10$ per le strutture in CD"B";

$M_{b,Rd}$ è il momento resistente della generica trave convergente nel nodo.

Il valore massimo della domanda è stato calcolato analizzando la struttura con lo spettro elastico.

Il massimo valore del taglio di calcolo non può superare il corrispondente valore calcolato analizzando la struttura con lo spettro elastico.

6.1.1.12 Gerarchia delle resistenze (Pilastri)

Presso-flessione

Per ciascuna direzione e ciascun verso di applicazione delle azioni sismiche, si devono proteggere i pilastri dalla plasticizzazione prematura adottando opportuni momenti flettenti di calcolo.

Tale condizione si consegue qualora, per ogni nodo trave-pilastro (ad eccezione dei nodi in corrispondenza della sommità dei pilastri dell'ultimo orizzontamento) ed ogni direzione e verso dell'azione sismica, la resistenza complessiva dei pilastri sia maggiore della resistenza complessiva delle travi amplificata del fattore di sovraresistenza, in accordo con la formula:

$$\sum M_{c,Rd} \geq \gamma_{Rd} \sum M_{b,Rd}$$

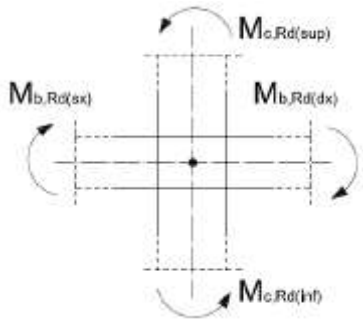
dove:

$\gamma_{Rd} = 1.30$ per le strutture in CD"A";

$\gamma_{Rd} = 1.30$ per le strutture in CD"B";

$M_{c,Rd}$ è il momento resistente del generico pilastro convergente nel nodo, calcolato per i livelli di sollecitazione assiale presenti nelle combinazioni sismiche delle azioni.

$M_{b,Rd}$ è il momento resistente della generica trave convergente nel nodo.



Taglio

Per i pilastri, al fine di escludere la formazione di meccanismi inelastici dovuti al taglio, le sollecitazioni di taglio utilizzate per le verifiche ed il dimensionamento delle armature sono state ottenute dalla condizione di equilibrio del pilastro soggetto all'azione dei momenti resistenti nelle sezioni di estremità superiore ed inferiore secondo l'espressione:

$$V_{Ed} = \gamma_{Rd}\left(M_{C,Rd}^{Sup} + M_{C,Rd}^{Inf}\right)/l_p$$

dove:

l_p è la lunghezza del pilastro;

$\gamma_{Rd} = 1.30$ per le strutture in CD"A";

$\gamma_{Rd} = 1.10$ per le strutture in CD"B";

$M_{c,Rd}$ è il momento resistente del generico pilastro convergente nel nodo.

Il valore massimo della domanda è stato calcolato analizzando la struttura con lo spettro elastico.

Il massimo valore del taglio di calcolo non può superare il corrispondente valore calcolato analizzando la struttura con lo spettro elastico.

6.1.1.13 Duttilità

Nel caso di comportamento strutturale dissipativo il comportamento sismico della struttura è largamente dipendente dal comportamento delle sue zone dissipative. Esse devono formarsi ove previsto e mantenere, in presenza di azioni cicliche, la capacità di trasmettere le necessarie sollecitazioni e di dissipare energia, garantendo la capacità in duttilità relativa alla classe di duttilità scelta.

I dettagli costruttivi delle zone dissipative e delle connessioni tra queste zone e le restanti parti della struttura, nonché dei diversi elementi strutturali tra loro, sono fondamentali per un corretto comportamento sismico e devono essere esaurientemente specificati negli elaborati di progetto.

Nel §7.3.6.1 delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" del D.M. 17/01/2018 (NTC 2018) la verifica della duttilità viene prescritta solo per le sezioni allo spiccato dalle fondazioni degli elementi strutturali verticali primari, indipendentemente dai particolari costruttivi adottati.

Come descritto in tale paragrafo, si deve verificare che i singoli elementi strutturali e la struttura nel suo insieme possiedono una capacità in duttilità:

- nel caso di analisi lineare, coerente con il fattore di comportamento q adottato e i relativi spostamenti, quali definiti nel §7.3.3.3;
- nel caso di analisi non lineari, sufficiente a soddisfare la domanda in duttilità evidenziata dall'analisi.

Nel caso di analisi lineare la verifica di duttilità si può ritenere soddisfatta, rispettando per tutti gli elementi strutturali, sia primari sia secondari, le regole specifiche per i dettagli costruttivi precisate dalle norme per le diverse tipologie costruttive.

Per le strutture a comportamento dissipativo, qualora non siano rispettate le regole specifiche dei dettagli costruttivi, occorrerà procedere a verifica di duttilità.

Per le sezioni allo spiccato dalle fondazioni degli elementi strutturali verticali primari la verifica di duttilità, indipendentemente dai particolari costruttivi adottati, è stata effettuata accertando che la capacità in duttilità della costruzione sia almeno pari:

- a 1,2 volte la domanda in duttilità locale, valutata in corrispondenza dello SLV, nel caso si utilizzino modelli lineari;
- alla domanda in duttilità locale e globale allo SLC, nel caso si utilizzino modelli non lineari.

Dunque, le NTC 2018 danno la possibilità di scegliere come soddisfare la domanda per analisi lineari attraverso tre strade alternative:

- effettuando le verifiche di duttilità;
- in alternativa alle verifiche di duttilità, mediante l'applicazione di armature di confinamento dimensionate nel rispetto della formula [7.4.29];
- utilizzando per la progettazione un fattore di comportamento $q \leq 1{,}5$ in modo da evitare le verifiche di duttilità.

Le verifiche di duttilità si eseguono, nei casi richiesti al §7.4 delle Norme Tecniche, confrontando la capacità espressa in termini di duttilità con la corrispondente domanda, secondo la relazione [4.1.18b]:

$$\mu_{\Phi} = \mu_{\Phi}(N_{Ed}) \geq \mu_{Ed}$$

dove:

μ_{Φ} è il valore di progetto della duttilità di curvatura corrispondente a N_{Ed};

μ_{Ed} è la domanda in termini di duttilità di curvatura.

La **capacità** in termini di fattore di duttilità in curvatura μ_{Φ} può essere calcolata, separatamente per le due direzioni principali di verifica, come rapporto tra la curvatura cui corrisponde una riduzione del 15% della massima resistenza a flessione – oppure il raggiungimento della deformazione ultima del calcestruzzo e/o dell'acciaio – e la curvatura convenzionale di prima plasticizzazione ϕ_{yd} espressa dalla relazione seguente:

$$\phi_{yd} = \phi'_{yd} \cdot \frac{M_{Rd}}{M'_{yd}}$$

dove:

ϕ'_{yd} è la minore tra la curvatura calcolata in corrispondenza dello snervamento dell'armatura tesa e la curvatura calcolata in corrispondenza della deformazione di picco del calcestruzzo compresso (ε_{c2} se si usa il modello parabola-rettangolo oppure ε_{c3} se si usa il modello triangolo-rettangolo);

M_{Rd} è il momento resistente della sezione allo SLU;

M'_{yd} è il momento corrispondente a ϕ'_{yd} e può essere assunto come momento resistente massimo della sezione in campo sostanzialmente elastico.

In definitiva, il **fattore di duttilità** in curvatura di una sezione μ_{ϕ} viene definito dalla seguente relazione:

$$\mu_{\phi} = \frac{\phi_u}{\phi_{yd}}$$

La curvatura ultima ϕ_u è quella in cui per prima si raggiunge la deformazione ultima del calcestruzzo o dell'acciaio o si ha una riduzione del momento maggiore del 15% del momento resistente massimo.

La **domanda in duttilità** di curvatura allo SLC nelle zone dissipative, espressa mediante il fattore di duttilità

in curvatura μ_ϕ, può essere valutata in via approssimata tramite la seguente relazione secondo quanto riportato al §7.4.4.1.2 delle NTC 2018:

$$\mu_\phi = 1.2 \cdot (2 \cdot q_0 - 1) \qquad per\ T_1 \geq T_C$$

$$\mu_\phi = 1.2 \cdot (1 + 2 \cdot (q_0 - 1) \cdot T_c/T_1) \qquad per\ T_1 < T_C$$

Le Norme Tecniche al §7.4.6.2.2 danno la possibilità di non effettuare la verifica di duttilità per pilastri a condizione che si dispongano, in alternativa, delle staffe che rispettano le prescrizioni riportate nella formula [7.4.29]. Queste formule sono state ricavate limitando al valore massimo la deformazione del calcestruzzo confinato e pertanto si perviene a staffature molto simili a quelle progettate rispettando la verifica di duttilità.

$$\alpha \cdot \omega_{wd} \geq 30\mu_\phi \cdot \upsilon_d \cdot \varepsilon_{sy,d} \cdot \frac{b_c}{b_0} - 0{,}035$$

$$\omega_{wd} = \frac{volume\ delle\ staffe\ di\ confinamento}{volume\ del\ nucleo\ di\ calcestruzzo} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

dove:

ω_{wd} è il rapporto meccanico dell'armatura trasversale di confinamento all'interno della zona dissipativa (il nucleo di calcestruzzo è individuato con riferimento alla linea media delle staffe) che deve essere non minore di 0,12 in CD"A".

μ_ϕ è la domanda in duttilità di curvatura allo SLC;

υ_d è la forza assiale adimensionalizzata di progetto relativa alla combinazione sismica SLV ($\upsilon_d = N_{Ed}/A_c \cdot f_{cd}$);

$\varepsilon_{sy,d}$ è la deformazione di snervamento dell'acciaio;

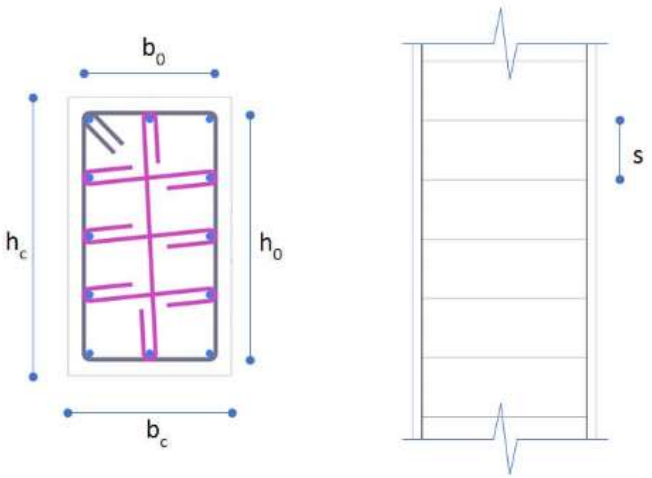
h_c è la profondità della sezione trasversale lorda;

h_0 è la profondità del nucleo confinato (con riferimento alla linea media delle staffe);

b_c è la larghezza minima della sezione trasversale lorda;

b_0 è la larghezza del nucleo confinato corrispondente a b_c (con riferimento alla linea media delle staffe);

α è il coefficiente di efficacia del confinamento, uguale a $\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s$ dove i parametri α_n e α_s differiscono a seconda che la sezione trasversale sia rettangolare oppure circolare e sono definiti al §7.4.6.2.2 delle NTC 2018.



6.1.2 Nodi in C.A.

Si definisce nodo la zona del pilastro che si incrocia con le travi ad esso adiacenti.

Il nodo deve essere progettato in maniera tale da evitare una sua rottura anticipata rispetto alle zone delle travi e dei pilastri in esso concorrenti.

Si distinguono due tipi di nodi:

- **nodi interamenti confinati**: quando in oguna delle quattro facce verticali si innesta una trave. Il confinamento si considera realizzato quando, su ogni faccia del nodo, la sezione della trave copre per almeno i 3/4 la larghezza del pilastro e, su entrambe le coppie di facce opposte del nodo, le sezioni delle travi si ricoprono per almeno i 3/4 dell'altezza;
- **nodi non interamenti confinati**: quando non appartenenti alla categoria precedente.

Il taglio agente in direzione orizzontale in un nodo deve essere calcolato tenendo conto delle sollecitazioni più gravose che, per effetto dell'azione sismica, si possono verificare negli elementi che vi confluiscono. In assenza di più accurate valutazione, la forza di taglio agente nel nucleo di calcestruzzo del nodo può essere calcolata, per ciascuna direzione dell'azione sismica, come:

$$V_{jbd} = \gamma_{Rd} \cdot (A_{s1} + A_{s2}) \cdot f_{yd} - V_C \quad \text{per nodi interni}$$

$$V_{jbd} = \gamma_{Rd} \cdot A_{s1} \cdot f_{yd} - V_C \quad \text{per nodi esterni}$$

dove:

$\gamma_{Rd} = 1.20$ per le strutture in CD"A";

$\gamma_{Rd} = 1.10$ per le strutture in CD"B";

A_{s1} è area dell'armatura superiore della trave;

A_{s2} è area dell'armatura inferiore della trave;

V_C è la forza di taglio nel pilastro al di sopra del nodo, derivante dall'analisi in condizioni sismiche.

La capacità a taglio del nodo è fornita da un meccanismo a traliccio che, a seguito della fessurazione diagonale, vede operare contemporaneamente un meccanismo di taglio compressione ed un meccanismo di taglio trazione. Si devono pertanto soddisfare requisiti atti a garantire l'efficacia dei due meccanismi.

Per i nodi in calcestruzzo armato sono state effettuate le seguenti verifiche:

- Resistenza
  - Compressione
  - Trazione
- Gerarchia delle Resistenze

6.1.2.1 Compressione

La compressione nel puntone diagonale indotta dal meccanismo a traliccio non deve eccedere la resistenza a compressione del calcestruzzo. In assenza di modelli più accurati, il requisito può ritenersi soddisfatto se:

$$V_{jbd} \leq \eta \cdot f_{cd} \cdot b_j \cdot h_{jc} \cdot \sqrt{1 - \frac{v_d}{\eta}}$$

in cui:

$$\eta = \alpha_j \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right)$$

dove:

V_{jbd} : forza di taglio agente nel nodo;

α_j : coefficiente pari a 0.6 per nodi interni e 0.48 per nodi esterni;

f_{cd} : resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo;

h_{jc} : distanza tra le armature più esterne del pilastro;

υ_d : forza assiale adimensionalizzata nel pilastro al di sopra del nodo;

b_j : larghezza effettiva del nodo. Quest'ultima è assunta pari alla minore tra:

a) la maggiore tra le larghezze della sezione del pilastro e della sezione della trave;

b) la minore tra le larghezze della sezione del pilastro della sezione della trave, ambedue aumentate di metà altezza della sezione del pilastro.

Per i nodi esistenti vengono utilizzate le formule tensionali descritte dalla Circolare 7/2019 al punto C8.7.2.3.5

6.1.2.2 Trazione

Per i nodi di strutture nuove, l'integrità del nodo a seguito della fessurazione diagonale può essere garantita integralmente dalle staffe orizzontali se:

$$A_{sh} f_{ywd} \geq \gamma_{Rd} (A_{s1} + A_{s2}) f_{yd} (1 - 0.8\,\upsilon_d) \quad \text{per nodi interni}$$

$$A_{sh} f_{ywd} \geq \gamma_{Rd} A_{s2} f_{yd} (1 - 0.8\,\upsilon_d) \quad \text{per nodi esterni}$$

dove:

A_{sh} : area totale della sezione delle staffe nel nodo;

f_{ywd} : resistenza caratteristica a snervamento delle staffe;

f_{yd} : resistenza caratteristica a snervamento delle armature longitudinali;

γ_{Rd} : 1.2 per le strutture in CD"A" e 1.0 per le strutture in CD"B";

A_{s1}, A_{s2} : area delle armature superiore ed inferiore della trave;

υ_d : forza assiale adimensionalizzata nel pilastro al di sopra del nodo.

Per le strutture con rinforzi, il meccanismo taglio-trazione viene verificato attraverso la seguente relazione generica in condizioni "fessurate":

$$\frac{A_{sh} \cdot f_{ywd}}{b_j \cdot h_{jw}} \geq \frac{\left[V_{jbd} / (b_j \cdot h_{jc})\right]^2}{f_{ctd} + \nu_d \cdot f_{cd}} - f_{ctd}$$

Nel caso delle strutture esistenti, assumenod Ash pari a zero abbiamo:

$$V_{rd.tra} = b_j * h_{jc} * \sqrt{(f_{ctd} + \sigma_{or}) * (f_{ctd} + \upsilon_d * f_{cd})}$$

$$\sigma_{or} = \frac{F_{Rinf}}{b_j * h_{jw}}$$

Per i **rinforzi CAM** è possibile effettuare la verifica in condizioni "fessurate" e "non fessurate". Nel secondo caso viene utilizzata la verifica dei nodi mediante le tensioni (vedi C8.7.2.3.5 - Circ. 7/2019, nodi travi-pilastro).

Per gli **FRP** è possibile affidare tutta la trazione alle fibre (analogamente alle formule per le nuove costruzioni) mediante le formule della condizione "non fessurata", attivando il campo:



Per i **nodi rinforzati con piastre in acciaio**, viene utilizzata esclusivamente la formulazione per condizioni "fessurate".

6.1.2.3 Gerarchia delle resistenze

Per ciascuna direzione e ciascun verso di applicazione delle azioni sismiche, si devono proteggere i pilastri dalla plasticizzazione prematura adottando opportuni momenti flettenti di calcolo.

Tale condizione di consegue qualora, per ogni nodo trave-pilastro (ad eccezione dei nodi in corrispondenza della sommità dei pilastri dell'ultimo orizzontamento) ed ogni direzione e verso dell'azione sismica, la resistenza complessiva dei pilastri sia maggiore della resistenza complessiva delle travi amplificata del fattore di sovraresistenza, in accordo con la formula:

$$\sum M_{c,Rd} \geq \gamma_{Rd} \sum M_{b,Rd}$$

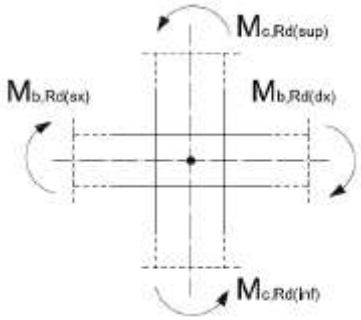
dove:

$\gamma_{Rd} = 1.30$ per le strutture in CD"A";

$\gamma_{Rd} = 1.30$ per le strutture in CD"B";

$M_{c,Rd}$ è il momento resistente del generico pilastro convergente nel nodo, calcolato per i livelli di sollecitazione assiale presenti nelle combinazioni sismiche delle azioni.

$M_{b,Rd}$ è il momento resistente della generica trave convergente nel nodo.



6.1.3 Solai e balconi in C.A.

Per i solai e i balconi in laterocemento gettati in opera sono state effettuate le seguenti verifiche:

- **SLU**
  - Flessione composta (vedi aste in c.a.);
  - Taglio (Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio);
- **SLV**
  - Flessione composta;
  - Taglio (Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio);
- **SLE**
  - Deformabilità (vedi aste in c.a.);
  - Fessurazione (vedi aste in c.a.);
  - Punzonamento
  - Tensioni di esercizio (vedi aste in c.a.);

6.1.3.1 Taglio (Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio)

Secondo quanto riportano le NTC 2018 al punto 4.1.2.3.5.1 è consentito omettere l'armatura a taglio in elementi quali solai, piastre e membrature a comportamento analogo, purché sia garantita una ripartizione trasversale dei carichi.

Per gli elementi senza armature trasversali, in cui è richiesta la verifica a taglio, deve risultare:

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

dove V_{Ed} è il valore di progetto dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza di progetto a taglio si valuta con:

$$V_{Rd} = \max\{[0.18\, k\, (100\, \rho_l f_{ck})^{1/3}/\gamma_c + 0.15\, \sigma_{cp}]b_w\, d\, ;\, (v_{min} + 0.15\, \sigma_{cp})b_w\, d\}$$

dove:

$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$;

$v_{min} = 0.035\, k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$;

f_{ck} : resistenza caratteristica a compressione del calcestruzzo;

d : altezza utile della sezione;

$\rho_l = A_{sl}/(b_w\, d)$: rapporto geometrico di armatura longitudinale tesa (≤ 0.02);

$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c$: tensione media di compressione nella sezione (≤ 0.2 f_{cd});

b_w : larghezza minima della sezione lungo l'altezza efficace.

Le armature longitudinali, oltre ad assorbire gli sorzi conseguenti alle sollecitazioni di flessione, devono assorbire quelli provocati dal taglio dovuti all'inclinazione delle fessure rispetto all'asse della trave, inclinazione assunta pari a 45°. In particolare, in corrispondenza degli appoggi, le armature longitudinali sono state progettate per assorbire uno sforzo pari al taglio gravante sull'appoggio stesso.

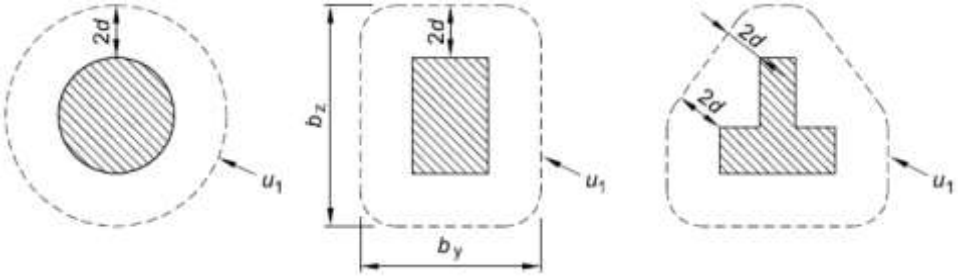
6.1.3.2 Taglio/punzonamento

Il punzonamento può essere determinato da un carico concentrato o da una reazione agente su area relativamente piccola di una soletta o di una fondazione, genericamente denominata "area caricata".
Il procedimento di calcolo per il taglio-punzonamento si fonda sulle verifiche:

- alla faccia del pilastro;
- lungo il perimetro di verifica di base u_1.

Se è richiesta l'armatura a taglio, si raccomanda che un ulteriore perimetro di verifica u_{out} si trovato laddove l'armatura a taglio non è più richiesta.

Il perimetro di verifica di base u_1 viene collocato a una distanza di $2d$ dall'area caricata e definito, per aree poligonali, come quello di minima lunghezza, dove d è l'altezza utile della sezione di verifica della soletta.



Lungo il perimetro del pilastro, o il perimetro dell'area caricata, non deve essere superata la massima tensione di taglio-punzonamento $V_{Rd,max}$:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,max}$$

dove:

$$V_{Rd,max} = 0.5\, b_w\, d\, v\, f_{cd}$$
$$v = 0.6\,(1 - f_{ck}/250)$$

Nel caso in cui V_{Ed} supera il valore $V_{Rd,c}$ per la sezione di verifica considerata, verrà disposta un'apposita armatura per il taglio-punzonamento. Il valore di progetto del taglio-punzonamento resistente di una piastra, priva di armature per il taglio-punzonamento, lungo la sezione di verifica considerata vale:

$$\mathrm{V_{Rd,c} = C_{Rd,c}\, k\, (100\, \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp} \geq (v_{min} + k_1 \sigma_{cp})}$$

dove:

$$C_{Rd,c} = 0.18/\gamma_c$$
$$k = 1 + \sqrt{200/d} \leq 2 \quad (d\ in\ mm)$$
$$\rho_l = \sqrt{\rho_{1y} \cdot \rho_{1z}} \leq 0.02 \quad (\rho_{1y}\ e\ \rho_{1z}\ si\ riferiscono\ all'armatura\ tesa\ dipsosta\ nelle\ direzioni\ x\ e\ y)$$

$$\sigma_{cp} = (\sigma_{cy} + \sigma_{cz})/2 \quad (tensioni\ normali\ agenti)$$
$$k_1 = 0.1$$
$$v_{min} = 0.035\, k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

Dove è richiesta l'armatura a taglio, si raccomanda che questa sia calcolata in conformità all'espressione:

$$V_{Rd,cs} = 0.75\, V_{Rd,c} + 1.5\,(d/s_r) A_{sw} f_{ywd} (1/(u_1\, d))\, sen\, \alpha$$

dove:

A_{sw} è l'area di armatura a taglio-punzonamento situata su di un perimetro intorno al pilastro;

s_r è il passo radiale dei perimetri dell'armatura a taglio-punzonamento;

α è l'angolo compreso fra l'armatura a taglio e il piano della piastra;

d è la media delle altezze utili nelle due direzioni ortogonali;

f_{ywd} è la rsistenza di progetto efficace dell'armatura a taglio-punzonamento.

6.1.4 Pareti in C.A.

Si definisce parete un elemento strutturale di supporto per altri elementi che abbia una sezione trasversale rettangolare o ad essa assimilabile, caratterizzata in ciascun tratto da un rapporto tra dimensione massima l_w e dimensione minima b_w in pianta superiore a 4. Le pareti possono avere sezione orizzontale composta da uno (parete semplice) o più (parete composta) segmenti rettangolari.

FaTA Next consente di personalizzare la progettazione delle pareti secondo due tipologie di

comportamento:

- Dissipative;
- Non dissipative;
- Debolmenti armate.

Le pareti dissipative sono pareti regolari, possibilmente continue per tutta l'atezza della struttura, progettate con particolari costruttivi definiti mediante la costituzione di "zone critiche". In tali zone vengono concentrate le caratteristiche dissipative legate alla presnza di particolari armature disposte secondo i criteri della normativa (vedi punto 7.4.5.5 delle NTC 2018).

Nel caso di pareti non dissipative, secondo il punto 7.4.3.1 la struttura può essere definità "struttura a pareti estese debolmente armate" nel caso siano rispettate le determinate caratteristiche richieste dalla norma.

Per le travi di fondazione in calcestruzzo armato sono state effettuate le seguenti verifiche:

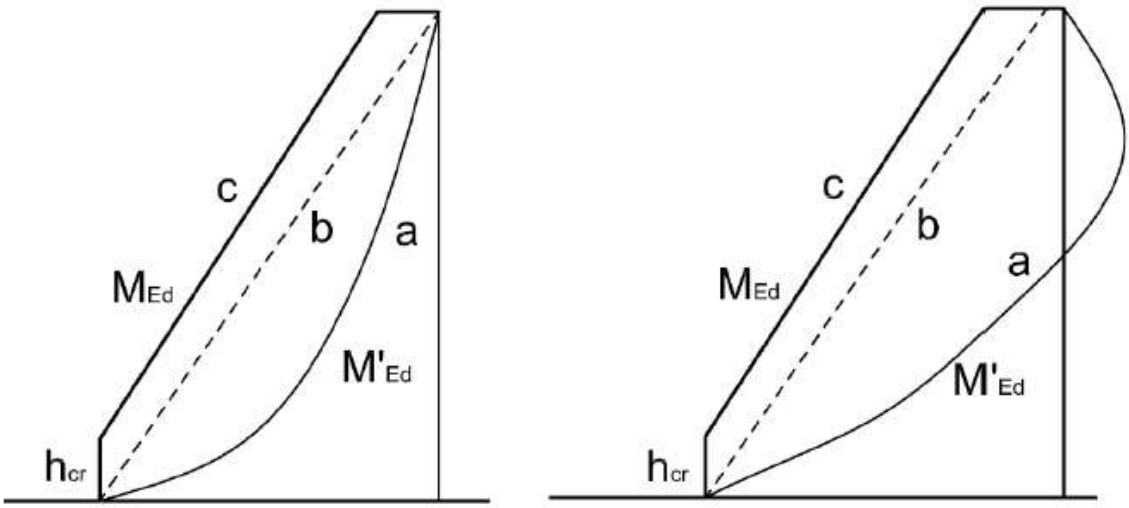
- **SLU**
  - Flessione composta fuori piano (vedi aste in c.a.);
  - Flessione composta nel piano (vedi aste in c.a.)
  - Taglio;
  - Taglio scorrimento;
- **SLV**
  - Flessione composta fuori piano (vedi aste in c.a.);
  - Flessione composta nel piano (vedi aste in c.a.)
  - Taglio;
  - Taglio-scorrimento;
  - Compressione (vedi aste in c.a.);
  - Duttilità;
- **SLD**
  - Spostamenti relativi (vedi aste in c.a.);
- **SLO**
  - Fessurazione (vedi aste in c.a.);
  - Tensioni di esercizi (vedi aste in c.a.);

6.1.4.1 Presso/flessione

Per le sole pareti snelle, sia in CD"A" sia in CD"B", la domanda in termini di momenti flettenti lungo l'altezza della parete (linea c) è ottenuta per traslazione verso l'alto dell'inviluppo del diagramma dei momenti (linea b) derivante dai momenti forniti dall'analisi (linea a); l'inviluppo può essere assunto lineare se la struttura non presenta significative discontinuità in termini di massa, rigidezza e resistenza lungo l'altezza.

La traslazione deve essere in accordo con l'inclinazione degli elementi compressi nel meccanismo resistente

a taglio e può essere assunta pari ad h_{cr} (altezza della zona inelastica dissipativa di base).



In assenza di analisi più accurate, si può assumere che l'altezza della zona dissipativa h_{cr} al di sopra della base della parete, possa essere valutata come la più grande dei seguenti valori:

- altezza della sezione di base della parete (l_w);
- 1/6 dell'altezza della parete (h_w);

dove l_w è la larghezza della parete mentre h_w è l'altezza.

Per tutte le pareti, la domanda in forza normale di compressione non deve eccedere rispettivamente il 35% in CD"A" e il 40% in CD"B" della capacità massima a compressione della sezione di solo calcestruzzo, per tutte le combinazioni considerate.

Le verifiche devono essere condotte nel modo indicato per i pilastri nel §7.4.4.2.1 delle NTC 2018 tenendo conto, nella determinazione della capacità, di tutte le armature longitudinali presenti nella parete.

6.1.4.2 Taglio

Per le pareti si deve tener conto del possibile incremento delle forze di taglio a seguito della formazione della cerniera plastica alla base della parete. A tal fine, la domanda di taglio di progetto deve essere incrementata del fattore:

$$1{,}5 \leq q \cdot \sqrt{\left(\frac{\gamma_{Rd}}{q} \cdot \frac{M_{Rd}}{M_{Ed}}\right)^2 + 0{,}1 \cdot \left(\frac{S_e(T_C)}{S_e(T_1)}\right)^2} \leq q \qquad per\ pareti\ snelle$$

$$\gamma_{Rd} \cdot \frac{M_{Rd}}{M_{Ed}} \leq q \qquad per\ pareti\ tozze$$

dove:

γ_{Rd} : fattore di sovraresistenza (Tab. 7.2.I delle NTC 2018);

M_{Ed} : momento flettente sollecitante di progetto alla base della parete;

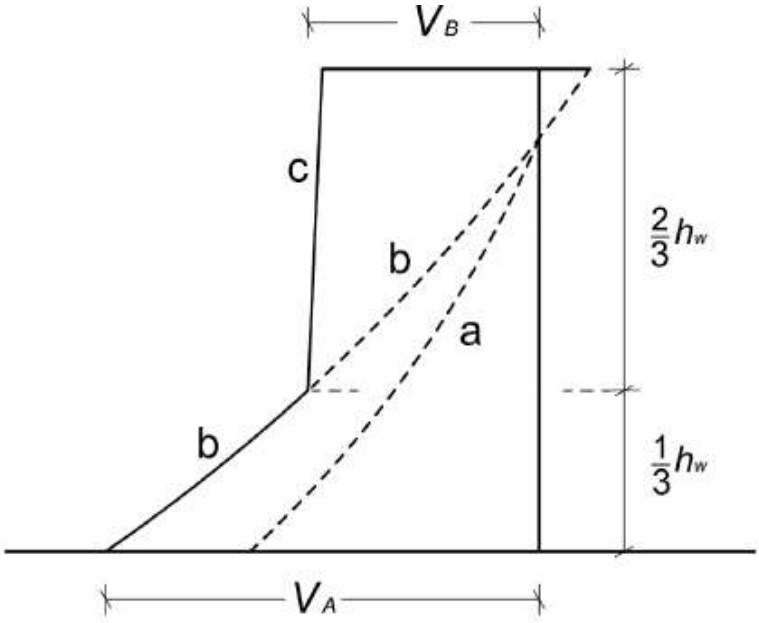
M_{Rd} : momento flettente resistente di progetto alla base della parete;

T_1 : periodo fondamentale di vibrazione dell'edificio nella direzione dell'azione sismica;

$S_e(T)$: ordinata dello spettro di risposta elastico corrispondente all'ascissa T.

Per le pareti dissipative, per tener conto del possibile incremento delle forze di taglio a seguito della formazione della cerniera plastica alla base della parete, il taglio derivante dall'analisi (linea a) può essere

sostituito dal taglio incrementato (linea b) e quest'ultimo dal diagramma di inviluppo (linea c):



dove:

h_w : altezza della parete;

V_A : taglio alla base già incrementato;

V_B : taglio ad 1/3 dell'altezza della parete;

Nelle verifiche delle pareti, sia in CD"A" sia in CD"B", si deve considerare: la possibile rottura a taglio-compressione del calcestruzzo dell'anima, la possibile rottura a taglio trazione delle armature dell'anima e la possibile rottura per scorrimento nelle zone dissipative.

Verifica a taglio-compressione del calcestruzzo dell'anima

La determinazione della resistenza è condotta in accordo con il § 4.1.2.3.5, assumendo un braccio delle forze interne z pari a $0{,}8 \cdot l_w$ ed un'inclinazione delle diagonali compresse pari a 45°. Nelle zone dissipative tale resistenza va moltiplicata per un fattore riduttivo pari a 0,4.

Verifica a taglio-trazione dell'armatura dell'anima

Il calcolo dell'armatura d'anima per la verifica allo stato limite ultimo a taglio deve tenere conto del valore del rapporto di taglio:

$$\alpha_s = M_{Ed}/(V_{Ed} \cdot l_w)$$

Se il rapporto $\alpha_s \geq 2{,}0$ si applicano le disposizioni del § 4.1.2.3.5 delle NTC 2018, assumendo un braccio delle forze interne z pari a $0{,}8 \cdot l_w$ ed un'inclinazione delle diagonali compresse pari a 45°.

Se $\alpha_s < 2{,}0$ si applicano le seguenti disposizioni.

Si raccomanda che le barre d'anima orizzontali soddisfino la seguente espressione:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} + 0{,}75 \cdot \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot b_{wo} \cdot \alpha_s \cdot l_w$$

dove:

ρ_h : rapporto di armatura delle barre d'anima orizzontali:
$\rho_h = A_h/(b_{wo} \cdot s_h)$

$f_{yd,h}$: valore di progetto della resistenza a snervamento dell'armatura d'anima orizzontale;

$V_{Rd,c}$: valore di progetto della resistenza a taglio degli elementi non armati, determinata in accordo con il § 4.1.2.3.5, da assumersi nulla nelle zone dissipative quando N_{Ed} è di trazione.

Si raccomanda, inoltre, che le barre d'anima verticale, ancorate e giuntate lungo l'altezza della parete, siano disposte per soddisfare la condizione:

$$\rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot b_{wo} \cdot z \leq \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot b_{wo} \cdot z + min\, N_{Ed}$$

dove:

ρ_v : rapporto di armatura delle barre d'anima verticale:
$\rho_v = A_v/(b_{wo} \cdot s_v)$

$f_{yd,h}$: valore di progetto della resistenza a snervamento dell'armatura d'anima verticale;

6.1.4.3 Taglio/scorrimento

Sui possibili piani di scorrimento (riprese di getto o giunti costruttivi) posti all'interno delle zone dissipative deve risultare:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,S}$$

dove $V_{Rd,S}$ è il valore di progetto della resistenza a taglio nei confronti dello scorrimento:

$$V_{Rd,S} = V_{dd} + V_{id} + V_{fd}$$

Il termine V_{dd} rappresenta "l'effetto spinotto" delle armature verticali ed è pari a:

$$V_{dd} = min\begin{cases} 1.3 \cdot \sum A_{sj} \cdot \sqrt{f_{cd} \cdot f_{yd}} \\ 0.25 \cdot f_{yd} \cdot \sum A_{sj} \end{cases}$$

Il termine V_{id} è relativo alla presenza delle armature inclinate (considerando l'incremento di resistenza a flessione):

$$V_{id} = f_{yd} \sum A_{si}\, [cos\phi_i - (0.5\, l_i \sin \phi_i)/(\alpha_s l_w)]$$ (espressione presa dall'EC8 §5.5.3.4.4)

Il termine V_{fd} è il contributo della resistenza per attrito:

$$V_{fd} = min\begin{cases} \mu_f \cdot \left[\left(\sum A_{sj} \cdot f_{yd} + N_{Ed}\right) \xi + M_{Ed}/z\right] \\ 0.5 \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot \xi \cdot l_w \cdot b_w \end{cases}$$

dove:

V_{Ed} : taglio sollecitante il calcolo delle combinazioni sismiche;

N_{Ed} : sforzo normale di calcolo delle combinazioni sismiche;

M_{Ed} : momento flettente di calcolo delle combinazioni sismiche (nel piano della parete);

A_{sj} : area della singola barra di armatura che attraversa il piano di scorrimento;

A_{si} : area della singola barra di armatura inclinata;

f_{cd} : resistenza a compressione del calcestruzzo;

f_{yd} : resistenza a snervamento dell'acciaio;

ϕ_i : angolo di inclinazione delle armature inclinate;

μ_f : coefficiente di attrito calcestruzzo-calcestruzzo sotto azioni cicliche (pari a 0.6);

ξ : lunghezza della parte compressa per la combinazione analizzata;

z : braccio delle forze interne (pari a $0.8\,l_w$);

l_w : lunghezza della parete;

b_w : spessore della parete;

l_i : distanza tra le linee baricentriche dei due gruppi di armatura inclinate;

α_s : rapporto di taglio ($M_{Ed}/(V_{Ed}l_w)$).

Questa verifica è relativa alle pareti progettate come "dissipative".

6.1.4.4 Duttilità

La domanda in duttilità di curvatura nelle zone dissipative delle pareti può essere espressa mediante il fattore di duttilità in curvatura μ_Φ; qualora non si proceda ad una determinazione diretta mediante analisi non lineare, tale domanda può essere valutata attribuendo a μ_Φ il seguente valore fornito dalla [7.4.3] del § 7.4.4.1.2 delle NTC 2018:

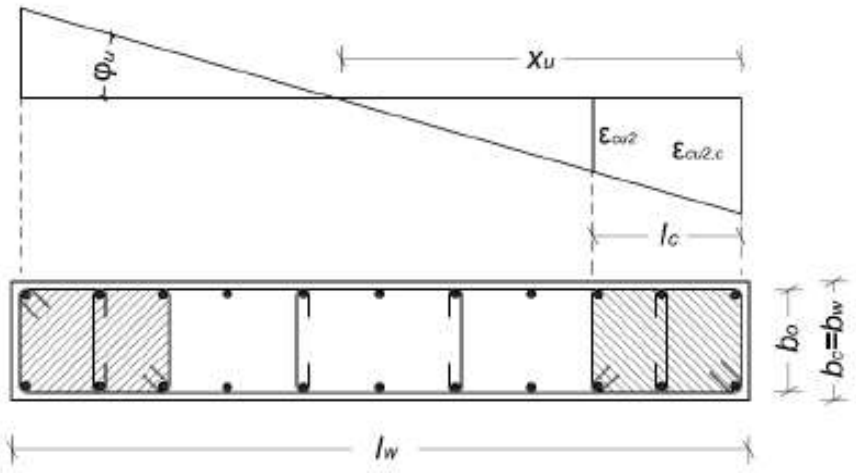
$$\mu_\phi = 1.2 \cdot (2 \cdot q_0 - 1) \qquad per\ T_1 \geq T_C$$

$$\mu_\phi = 1.2 \cdot (1 + 2 \cdot (q_0 - 1) \cdot T_c/T_1) \qquad per\ T_1 < T_C$$

in cui il valore di q in queste espressioni è ridotto del fattore M_{Ed}/M_{Rd} dove M_{Ed} è il momento flettente di progetto alla base della parete fornito dall'analisi nella situazione sismica di progetto e M_{Rd} è la resistenza flessionale di progetto.

La capacità in duttilità di curvatura può essere calcolata, in termini di fattore di duttilità in curvatura μ_Φ, come rapporto tra la curvatura ultima Φ_u cui corrisponde una riduzione del 15% della massima resistenza a flessione – oppure il raggiungimento della deformazione ultima del calcestruzzo e/o dell'acciaio – e la curvatura convenzionale Φ_{yd} di prima plasticizzazione quale definita nel § 4.1.2.3.4.2.

Nelle sole regioni di estremità della sezione trasversale, dette "elementi di bordo", si può tenere conto, nel calcolo della capacità, dell'effetto del confinamento purché congiuntamente all'espulsione dei copriferri al raggiungimento, in essi, della deformazione ultima di compressione del calcestruzzo non confinato (0,35%); gli elementi di bordo si assumono di larghezza b_0 pari alla larghezza b_w della sezione diminuita dello spessore dei copriferri e di lunghezza l_c pari all'estensione della zona nella quale la deformazione a compressione del calcestruzzo supera $\varepsilon_{c2} = 0{,}35\%$. In ogni caso : $l_c \geq \max(0{,}15 \cdot l_w; 0{,}15 \cdot b_w)$.



In alternativa alle verifiche di duttilità indicate al § 7.4.4.5.2, tali verifiche possono ritenersi soddisfatte se, per ciascuna zona dissipativa, il rapporto volumetrico di armatura trasversale negli elementi di bordo rispetta le limitazioni seguenti:

$$\alpha \cdot \omega_{wd} \geq 30\mu_{\phi} \cdot (\upsilon_d \cdot \omega_v) \cdot \varepsilon_{sy,d} \cdot \frac{b_c}{b_0} - 0{,}035$$

$$\omega_{wd} = \frac{volume\ delle\ staffe\ di\ confinamento}{volume\ del\ nucleo\ di\ calcestruzzo\ degli\ elementi\ di\ bordo} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

dove:

$\omega_v = \rho_v \cdot f_{yd,v}/f_{cd}$;

ρ_v è il rapporto geometrico dell'armatura verticale al di fuori degli elementi di bordo;

$f_{yd,v}$ è la resistenza di snervamento di progetto dell'armatura verticale al di fuori degli elementi di bordo;

ω_{wd} è il rapporto meccanico dell'armatura trasversale di confinamento all'interno della zona dissipativa (il nucleo di calcestruzzo è individuato con riferimento alla linea media delle staffe) che deve essere non minore di 0,12 in CD"A".

μ_{ϕ} è la domanda in duttilità di curvatura allo SLC;

υ_d è la forza assiale adimensionalizzata di progetto relativa alla combinazione sismica SLV ($\upsilon_d = N_{Ed}/A_c \cdot f_{cd}$);

$\varepsilon_{sy,d}$ è la deformazione di snervamento dell'acciaio;

h_c è la profondità della sezione trasversale lorda;

h_0 è la profondità del nucleo confinato (con riferimento alla linea media delle staffe);

b_c è la larghezza minima della sezione trasversale lorda;

b_0 è la larghezza del nucleo confinato corrispondente a b_c (con riferimento alla linea media delle staffe);

α è il coefficiente di efficacia del confinamento, uguale a $\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s$ dove i parametri α_n e α_s differiscono a seconda che la sezione trasversale sia rettangolare oppure circolare e sono definiti al §7.4.6.2.2 delle NTC 2018.

6.1.5 Tamponature

Le verifiche delle tamponature sono state condotte secondo i paragrafi 7.3.6.2 e 7.2.3 del D.M. 17/01/2018. Secondo le "Norme Tecniche per le Costruzioni", gli elementi costruttivi senza funzione strutturale devono essere verificati sotto l'azione sismica *Fa*, al fine di evitare collassi fragili e prematuri e la possibile espulsione in merito allo *Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV).*

L'azione sismica corrispondente allo SLV, calcolata per ogni pannello, viene elaborata considerando una probabilità di superamento nel periodo di riferimento pari a 10%, e verrà applicata nel baricentro di ogni tamponatura in direzione ortogonale al piano del telaio in modo da produrre spostamenti e sollecitazioni "fuori piano".

La verifica consisterà nel confronto tra le sollecitazioni resistenti con quelle di calcolo generate dall'azione sismica. In presenza di più strati resistenti (ad esempio per le tamponature a cassetta) si considera che gli strati siano collegati trasversalmente. Nel caso di un solo strato la connessione non è necessaria.

Nel caso di tamponature sono state effettuate le seguenti verifiche:

- **SLV**

- Verifica sismica;

- **SLE**
  - Verifica a carichi orizzontali Hk;

6.1.5.1 Verifica sismica

Per ogni pannello di tamponatura, l'azione sismica fuori piano è stata calcolata considerando le indicazioni del paragrafo 7.2.3 delle NTC. La formulazione utilizzata è la seguente:

$$F_s = \frac{S_a + W_a}{q_a}$$

dove:

S_a : accelerazione massima, adimensionalizzata rispetto a quella di gravità, che l'elemento non strutturale subisce durante il sisma e corrisponde allo stato limite in esame, pari a:

$$S_a = (a_g/g) S_s S_t \left[\frac{3(1+\frac{Z}{H})}{1+(1+T/T_1)^2} - 0.5 \right]$$

S_s : coefficiente che tiene conto della categoria del sottosuolo, pari a:

Categoria sottosuolo	S_s
A	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40\ F\ a_g/g \leq 1.20$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60\ F\ a_g/g \leq 1.50$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50\ F\ a_g/g \leq 1.80$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10\ F\ a_g/g \leq 1.60$

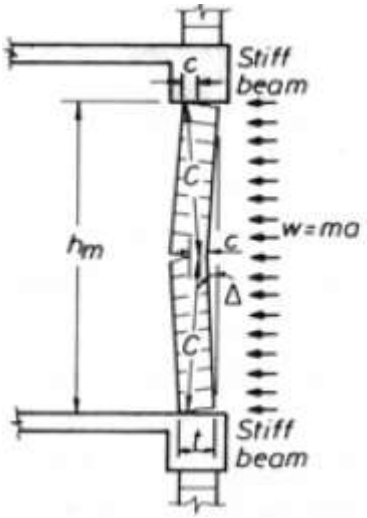
S_t : coefficiente che tiene conto della categoria topografica, pari a:

Categoria topografica	S_t
T1	1.00
T2	1.20
T3	1.20
T4	1.40

T : periodo fondamentale di vibrazione dell'elemento non strutturale;
W_a : peso dell'elemento;
T_1 : periodo fondamentale di vibrazione della costruzione;
Z : quota del baricentro della tamponatura;
H : altezza della costruzione;
q_a : fattore di struttura dell'elemento;
F_s : forza sismica agente sull'elemento;

I pannelli rigidamente connessi, ovvero che interferiscono con la deformabilità della struttura, vengono verificati, utilizzando l'azione sismica "fuori piano", ipotizzando lo schema "dell'articolazione", tenendo conto del meccanismo resistente ad arco (Paulay, T., & Priestley, M. J. N., "Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings", John Wiley & Sons, 1992), in base al quale sotto l'azione "fuori piano" si formano delle cerniere agli estremi del pannello e in mezzeria.

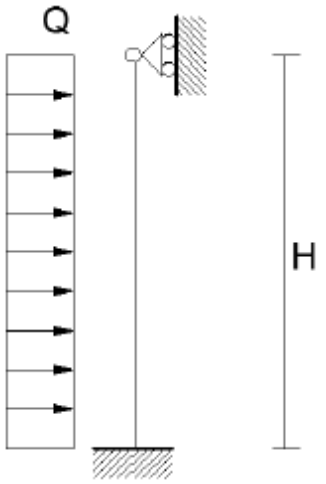
Il modello utilizzato è applicabile per le tamponature interamente confinate dal telaio in c.a., grazie all'meccanismo di resistenza "ad arco" che si oppone all'espulsione fuori dal piano.



I parapetti vengono, invece, verificati come una mensola incastrata alla base e considerando, dopo la rottura, l'equilibrio a ribaltamento della stessa.

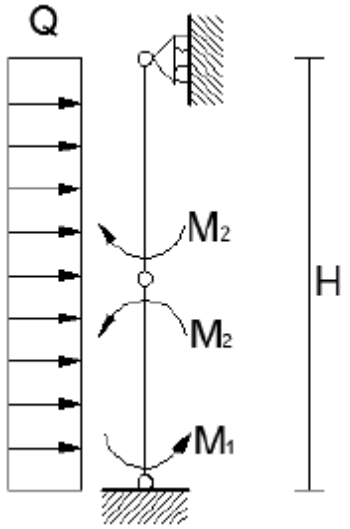
La verifica verrà effettuata confrontando il valore resistente della forza orizzontale (relativa allo schema di plasticizzazione) con la forza sismica agente sul pannello. La forza resistente viene calcolata mediante l'analisi plastica del modello iniziale vincolato con:

- Cerniera in testa;
- Incastro al piede.



Il modello finale, equilibrato dai momenti resistenti applicati al piede e in mezzeria presenta i seguenti vincoli:

- Cerniera in testa;
- Cerniera in mezzeria;
- Cerniera al piede.



Il carico massimo Q viene calcolato per equilibrio con le condizioni di plasticizzazione del modello:

$$Q = \frac{4}{H^2}(M_1 + 2 \cdot M_2)$$

dove :

H : altezza della parete;
M_1 : momento resistente al piede calcolato in funzione di W_a.
M_2 : momento resistente in mezzeria calcolato in funzione di $W_a/2$.

La verifica all'azione sismica ha esito positivo se:

$$F_s \leq F_u$$

dove :

F_s : forza sismica agente sul tamponamento;
F_u : forza massima resistente del meccanismo di collasso del tamponamento;

I momenti resistenti sono calcolati mediante la seguente relazione:

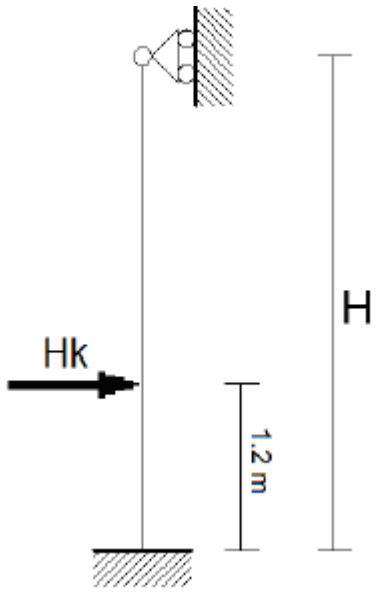
$$M_r = \left(\frac{t^2 \cdot l_c \cdot \sigma_0}{2}\right)\left(1 - \frac{\sigma_0}{0.85 \cdot f_m}\right)$$

dove:

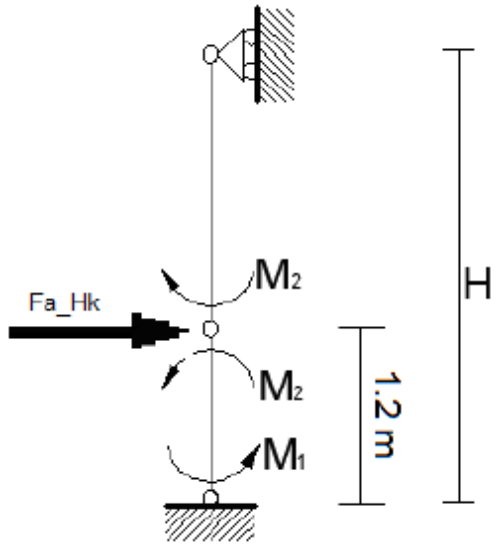
t : spessore della sezione da verificare considerando gli strati "connessi";
l_c : lunghezza della sezione da verificare;
σ_0 : tensione media agente sulla sezione calcolata come N/l_t;
f_m : resistenza unitaria della muratura;

6.1.5.2 Verifica a carichi orizzontali Hk

Nel caso di analisi relativa alla forza orizzontale H_k (punto 3.1.4 NTC), il modello di partenza utilizzato è il seguente:



Il carico massimo $F_u_H_k$ viene calcolato per equilibrio con le condizioni di plasticizzazione del modello:



$$F_u_H_k = \frac{1}{d}\left(M_1 + \frac{M_2 \cdot H}{(H-d)}\right)$$

dove:

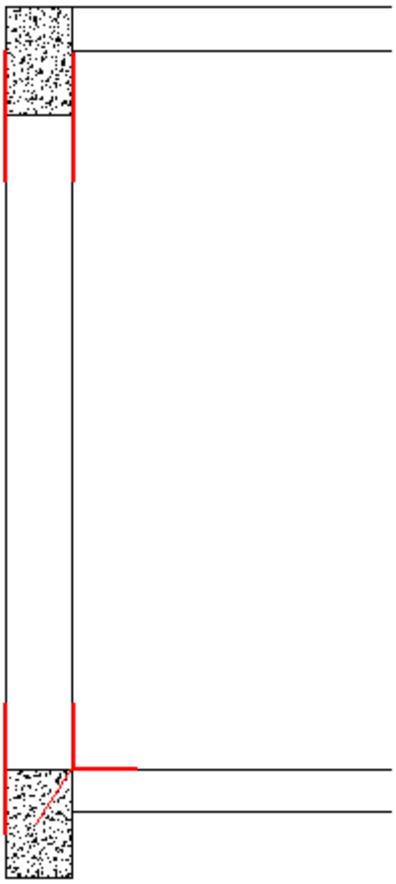
d : distanza dalla base (1,2 m);
H : altezza della parete;
M_1 : momento resistente al piede calcolato in funzione di W_a;
M_2 : momento resistente in mezzeria calcolato in funzione di $\frac{W_a \cdot (H-d)}{H}$.

La verifica ai carichi orizzontali H_k ha esito positivo se:

$$H_k \leq F_u_H_k$$

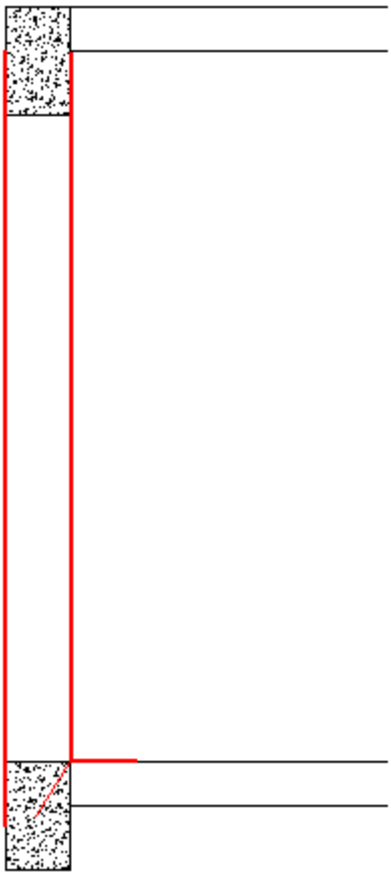
6.1.5.3 Rinforzi

L'applicazione dei rinforzi agisce direttamente sul valore del momento ultimo della sezione nella quale è applicato. Nel caso di rinforzo **"Solo bordi"** il software applica i rinforzi secondo il seguente schema:



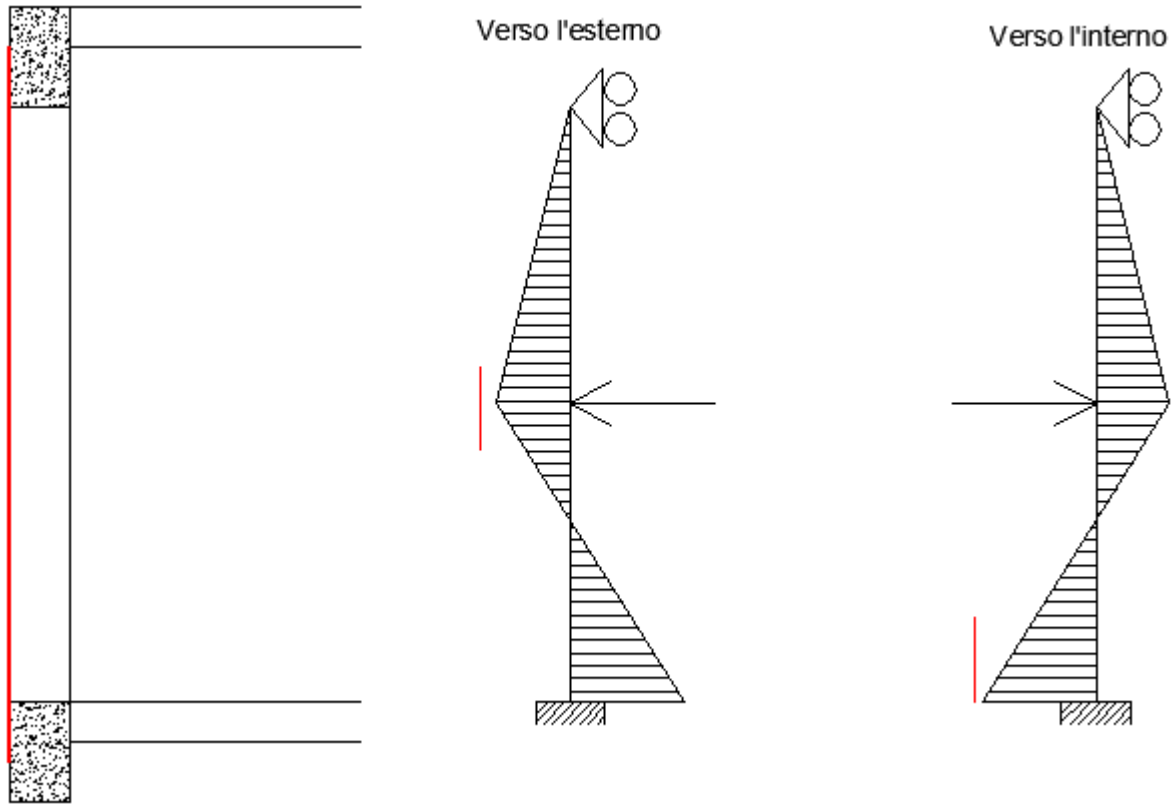
In questo caso si avrà incremento di resistenza solo alle **sezioni di estremità**, mentre in mezzeria non ci sarà incremento. In questo caso si avrà comunque un aumento della forza resistente Fu in base alle indicazioni riportate nei cenni teorici della "Verifica sismica".

Nel caso di intervento **"diffuso"** su tutta la tamponatura, l'incremento di resistenza sarà relativo sia al piede che in mezzeria:



I due interventi precedenti sono applicati **su entrambe le facce** della tamponatura e pertanto comportano lo stesso incremento per entrambi i versi di applicazione dell'azione ribaltante.

Nel caso della tipologia di applicazione "diffusa" è possibile selezionare l'opzione **"Solo esterno"**. In questo caso l'incremento di resistenza è diverso per i due versi:



Verso l'esterno l'incremento è relativo alla resistenza a flessione in mezzeria, verso l'interno invece verrà considerato solo al piede. La resistenza dell'intero pannello Fu è data dalla minore delle due configurazioni. In generale la resistenza minore si ha nel caso di rottura con forza verso l'interno.

6.1.6 Elementi superficiali di fondazione

Le verifiche della sicurezza in fondazione sono condotte nei riguardi di tutti gli stati limite previsti dalla normativa vigente.

Le verifiche nei riguardi dello stato limite ultimo (SLU) previste dalla Normativa ed eseguite sono:

STR - raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali, compresi gli elementi di fondazione;

GEO - raggiungimento della resistenza del terreno interagente con la struttura con sviluppo di meccanismi di collasso dell'insieme terreno-struttura;

Verifiche STR: le verifiche di resistenza degli elementi strutturali di fondazione sono state eseguite contestualmente alla verifica degli elementi strutturali in elevazione.

Verifiche GEO: le verifiche di resistenza del terreno interagente con la struttura sono condotte confrontando i valori di resistenza con quelli di progetto.

La verifiche saranno condotte in funzione degli SLU, cioè quelli che possono mettere fuori servizio le strutture di fondazione ed in funzione degli SLE, atti a garantire le prestazione dell'opera durante il suo esercizio.

Per ogni stato limite si verificherà che verrà rispettata la condizione:

$$E_d < R_d$$

dove **Ed** è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione e **Rd** è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

Per le travi di fondazione in calcestruzzo armato sono state effettuate le seguenti verifiche:

- **SLU**
  - Flessione composta deviata (vedi aste in c.a.);
  - Portanza;

- Taglio (vedi aste in c.a.);
- Torsione (vedi aste in c.a.);

- **SLV**
  - Flessione composta deviata;
  - Portanza;
  - Taglio;
  - Torsione;

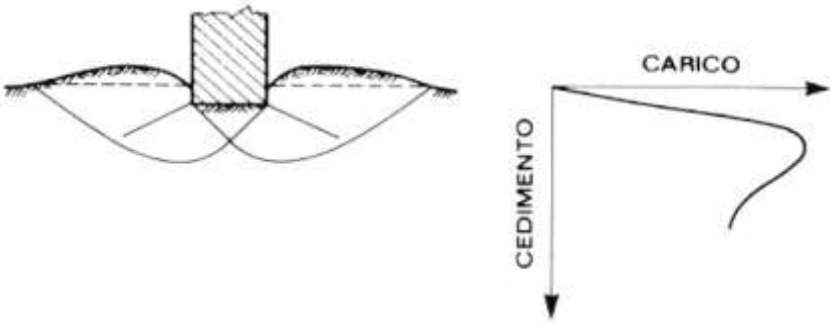
- **SLE**
  - Cedimenti;
  - Deformabilità (vedi aste in c.a.);
  - Fessurazione (vedi aste in c.a.);
  - Tensioni di esercizio (vedi aste in c.a.);

6.1.6.1 Portanza

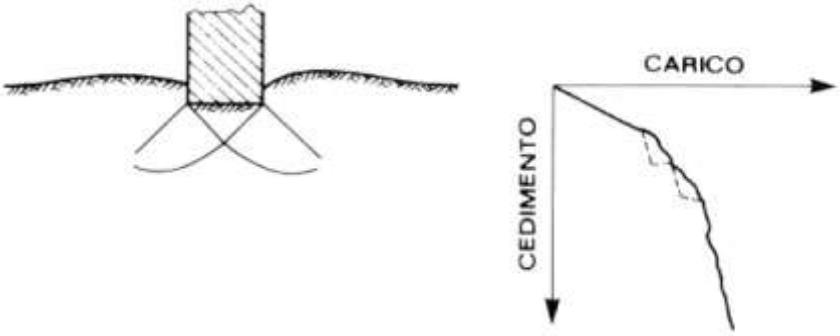
La verifica di stabilità dell'insieme terreno-fondazione consiste nella determinazione di quella che viene definita **capacità portante** (o **carico limite**) e che rappresenta la pressione massima che una fondazione può trasmettere al terreno prima che questo raggiunga la rottura.

Alle diverse curve carico-cedimenti corrispondono diversi meccanismi di rottura che possono ricondursi a tre schemi principali:

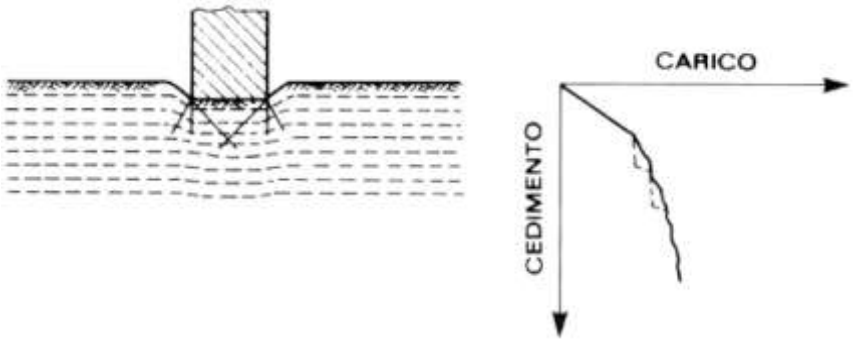
- **Rottura generale.** I piani di rottura si estendono fino a raggiungere la superficie del piano campagna.



- **Rottura locale.** Le superfici di rottura interessano solo la zona in prossimità del cuneo sottostante la fondazione e non si estendono lateralmente.

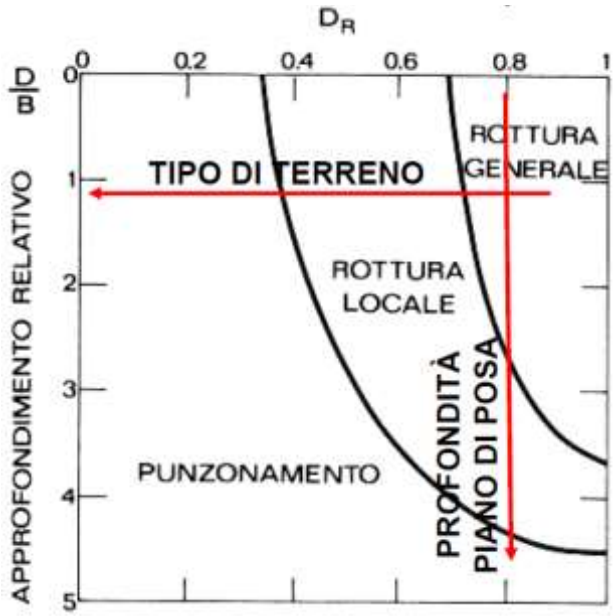


- **Punzonamento.** Le superfici di rottura coincidono praticamente con le facce laterali del cuneo.



Il meccanismo di rottura è legato:

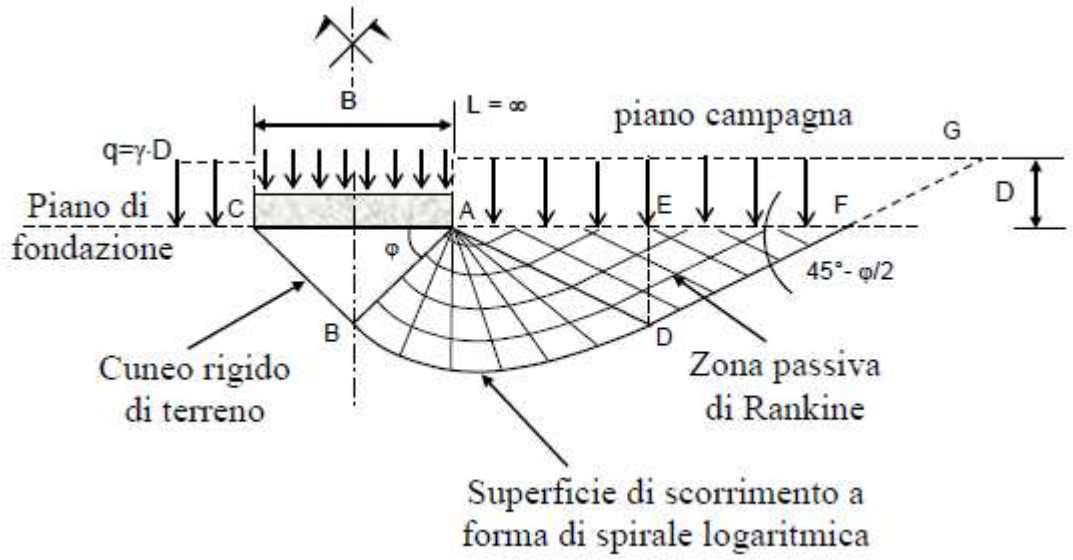
- **al tipo di terreno di fondazione**; al diminuire della densità relativa, o della consistenza, a parità di profondità del piano di posa, si può passare da una condizione di rottura generale ad una di rottura locale e a una per punzonamento.
- **alla profondità del piano di posa**; in particolare all'aumentare della profondità del piano di posa si può passare da una condizione di rottura generale ad una di rottura locale e a una per punzonamento.



Il collasso per **"Carico Limite"** dell'insieme fondazione-terreno può essere effettuato scegliendo una tra le seguenti teorie:

Terzaghi

Il meccanismo di rottura di Terzaghi ipotizza (secondo uno schema più aderente alle condizioni reali) la presenza di attrito tra fondazione e terreno. In questo caso il cuneo sottostante la fondazione è in condizioni di equilibrio elastico, ha superfici inclinate di un angolo φ rispetto all'orizzontale, e penetra nel terreno come se fosse parte della fondazione stessa:



La teoria di Terzaghi tiene conto:

- della forma della fondazione;
- dell'effetto inerziale nella fondazione;
- dell'effetto cinematico del sottosuolo;

Il carico limite si ottiene dalla seguente espressione:

$$qlim = 0.5 * B * \gamma 2 * N\gamma * s\gamma * z\gamma * e\gamma k * e\gamma i + c * Nc * sc * zc + (q + \gamma 1 * D) * Nq * sq * zq$$

dove:

B è il lato minore della fondazione;

D è la profondità del piano di posa della fondazione;

γ1 è il peso del terreno sopra il piano di posa della fondazione;

γ2 è il peso del terreno sotto il piano di posa della fondazione;

c è la coesione del terreno;

q è il carico uniformemente distribuito ai lati della fondazione.

Meyerhof

Meyerhof propose una formulazione per il calcolo del carico limite simile a quella di Terzaghi, in cui le differenze consistono nell'introduzione di ulteriori coefficienti di forma.

La teoria di Meyerhof tiene conto:

- della forma della fondazione;
- della profondità del piano di posa della fondazione;
- dell'inclinazione del carico sulla fondazione;
- dell'eccentricità del carico;
- dell'effetto inerziale nella fondazione;
- dell'effetto cinematico del sottosuolo;

Il carico limite si ottiene dalla seguente espressione:

$$qlim = 0.5 * B' * \gamma 2 * N\gamma * s\gamma * d\gamma * z\gamma * e\gamma k * e\gamma i + c * Nc * sc * dc * zc + (q + \gamma 1 * D) * Nq * sq * dq * zq$$

dove:

$B' = B - 2 * eB$;

B è il lato minore della fondazione;

eB è l'eccentricità del carico lungo B;

D è la profondità del piano di posa della fondazione;

$\gamma 1$ è il peso del terreno sopra il piano di posa della fondazione;

$\gamma 2$ è il peso del terreno sotto il piano di posa della fondazione;

c è la coesione del terreno;

q è il carico uniformemente distribuito ai lati della fondazione;

Brinch Hansen

La formula proposta da Hansen è un'ulteriore estensione della formula di Meyerhof; le estensioni consistono nell'introduzione di b_i che tiene conto delle eventuale inclinazione sull'orizzontale del piano di posa e un fattore g_i per terreno in pendenza.
La formula di Hansen vale per qualsiasi rapporto D/B, quindi sia per fondazioni superficiali che profonde, ma lo stesso autore introdusse dei coefficienti per meglio interpretare il comportamento reale della fondazione, senza di essi, infatti, si avrebbe un aumento troppo forte del carico limite con la profondità.

La teoria di Brinch Hansen tiene conto:

- della forma della fondazione;
- della profondità del piano di posa della fondazione;
- dell'inclinazione del carico sulla fondazione;
- dell'eccentricità del carico;
- dell'inclinazione del piano di posa della fondazione;
- dell'inclinazione del piano di campagna;
- dell'effetto inerziale nella fondazione;
- dell'effetto cinematico del sottosuolo;

Il carico limite si ottiene dalla seguente espressione:

$$qlim = 0.5 * B' * \gamma 2 * N\gamma * s\gamma * d\gamma * i\gamma * g\gamma * b\gamma * z\gamma * e\gamma k * e\gamma i + c * Nc * sc * dc * ic * gc * bc * zc + (q + \gamma 1 * D) * Nq * sq * dq * iq * gq * bq * zq$$

dove:

$B' = B - 2 * eB$;

B è il lato minore della fondazione;

eB è l'eccentricità del carico lungo B;

D è la profondità del piano di posa della fondazione;

$\gamma 1$ è il peso del terreno sopra il piano di posa della fondazione;

$\gamma 2$ è il peso del terreno sotto il piano di posa della fondazione;

c è la coesione del terreno;

q è il carico uniformemente distribuito ai lati della fondazione.

Vesic

La formula di Vesic per il calcolo del carico limite è analoga alla formula di Hansen, con la differenza che i

fattori di capacità portante N_q ed N_c sono quelli proposti da Meyerhof mentre l'espressione di N_γ è:

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot tan\varphi$$

La teoria di Vesic tiene conto:

- della forma della fondazione;
- della profondità del piano di posa della fondazione;
- dell'inclinazione del carico sulla fondazione;
- dell'eccentricità del carico;
- dell'inclinazione del piano di posa della fondazione;
- dell'inclinazione del piano di campagna;
- dell'effetto inerziale nella fondazione;
- dell'effetto cinematico del sottosuolo;

Il carico limite si ottiene dalla seguente espressione:

$$\boldsymbol{qlim} = 0.5 * B' * \gamma 2 * N\gamma * s\gamma * d\gamma * i\gamma * g\gamma * b\gamma * z\gamma * e\gamma k * e\gamma i + c * Nc * sc * dc * ic * gc * bc * zc + (q + \gamma 1 * D) * Nq * sq * dq * iq * gq * bq * zq$$

dove:

$\boldsymbol{B'} = B - 2 * eB$;

$\boldsymbol{B}$ è il lato minore della fondazione;

$\boldsymbol{eB}$ è l'eccentricità del carico lungo B;

$\mathbf{D}$ è la profondità del piano di posa della fondazione;

$\boldsymbol{\gamma 1}$ è il peso del terreno sopra il piano di posa della fondazione;

$\boldsymbol{\gamma 2}$ è il peso del terreno sotto il piano di posa della fondazione;

$\mathbf{c}$ è la coesione del terreno;

$\mathbf{q}$ è il carico uniformemente distribuito ai lati della fondazione.

NSPT - Meyerhof

La teoria di Meyerhof stima la portanza di fondazioni superficiali in funzione del numero di colpi medio nello strato e viene espressa dalle seguenti relazioni:

$$\boldsymbol{qlim} = 0.020394 * \left[\frac{B + 0.3}{B}\right]^2 * \left(\frac{Nspt}{0.60}\right) * Kd \qquad per\ B > 1.20\ m$$

$$\boldsymbol{qlim} = 0.020394 * Kd * \left(\frac{Nspt}{0.40}\right) \qquad per\ B > 1.20\ m$$

dove:

$\boldsymbol{Kd} = 1 + 0.33 * \left(\frac{D}{B}\right) \qquad con\ Kd \leq 1.33$

$\boldsymbol{Nspt}$ è il numero di colpi medio nello strato;

$\boldsymbol{D}$ è la profondità di posa delle fondazioni;

$\boldsymbol{B}$ è la larghezza della fondazione.

Qc - Schmertmann

La teoria di Schmertmann stima la portanza di fondazioni superficiali in funzione della resistenza di punta media nello strato e viene espresso dalle seguenti relazioni:

per terreno **incoerente**:

$$\boldsymbol{qlim} = 0.010197 * [2800 - 0.52 * (300 - 0.098 * Rp) * 1.5] \quad per\ fondazioni\ nastriformi;$$
$$\boldsymbol{qlim} = 0.010197 * [4800 - 0.90 * (300 - 0.98 * Rp) * 1.5] \quad per\ fondazioni\ rettangolari;$$

per terreno **coesivo**:

$$\boldsymbol{qlim} = 0.010197 * (200 + 27.45 * Rp) \quad per\ fondazioni\ nastriformi;$$
$$\boldsymbol{qlim} = 0.010197 * (500 + 33.34 * Rp) \quad per\ fondazioni\ rettangolari;$$

dove:

$\boldsymbol{Rp}$ è la resistenza di punta media nello strato;

Qc - Terzaghi

La teoria di Terzaghi stima la portanza di fondazioni superficiali in funzione della resistenza di punta media nello strato e viene espresso dalle seguenti relazioni:

per terreno **incoerente**:

$$\boldsymbol{qlim} = \gamma 1 * D * Nq + 0.5 * B * \gamma 2 * N\gamma$$

in cui $\boldsymbol{Rp}$ è la resistenza di punta media nello strato;

dove:

$\boldsymbol{Nq} = \frac{Rp}{0.8}$;
$\boldsymbol{N\gamma} = \frac{Rp}{0.8}$;
$\boldsymbol{Nq}$ e $\boldsymbol{N\gamma}$ sono i fattori di capacità portante;
$\boldsymbol{\gamma 1}$ è il peso del terreno sopra il piano di posa;
$\boldsymbol{\gamma 2}$ è il peso del terreno sotto il piano di posa;
$\boldsymbol{D}$ è la profondità del piano di posa;
$\boldsymbol{B}$ è il lato minore della fondazione.

per terreno **coesivo**:

$$\boldsymbol{qlim} = 2 * Kq[1 + 0.3 * (B/L)]$$

in cui $\boldsymbol{Nq} = \frac{Kp}{15}$;

dove:

$\boldsymbol{L}$ è la lunghezza della fondazione.

Roccia (Terzaghi o Stagg-Zienkiewicz)

Per ricavare la capacità portante di rocce non assimilabili ad ammassi di terreno sciolto sono state implementate due formulazioni, quella di Terzaghi (1943) e quella di Stagg-Zienkiewicz (1968) e correlate all'indice RQD.

Le teorie di Terzaghi e Stagg-Zienkiewicz, valide per fondazioni superficiali su roccia, tengono conto:

- della forma della fondazione;

Il valore della capacità portante sarà espresso tramite la seguente relazione:

$$\boldsymbol{qlim} = qlim' \cdot RQD^2$$

dove i termini dell'espressione hanno il seguente significato:

- $qlim$ è il carico limite calcolato dell'ammasso roccioso;
- $qlim'$ è il carico limite calcolato alla Terzaghi o alla Stagg-Zienkiewicz;
- RQD (Rock Quality Designation) è il grado di fratturazione dell'ammasso roccioso.

L'equazione trinomia del carico limite assume la seguente formula:

$$\boldsymbol{qlim} = 0.5 * B * \gamma 2 * N\gamma * s\gamma * c * Nc * sc + (q + \gamma 1 * D) * Nq * sq$$

dove:

$\boldsymbol{B}$ è il lato minore della fondazione;
$\boldsymbol{D}$ è la profondità del piano di posa della fondazione;
$\boldsymbol{\gamma 1}$ è il peso del terreno sopra il piano di posa della fondazione;
$\boldsymbol{\gamma 2}$ è il peso del terreno sotto il piano di posa della fondazione;
$\boldsymbol{c}$ è la coesione del terreno;
$\boldsymbol{q}$ è il carico uniformemente distribuito ai lati della fondazione.

6.1.6.2 Cedimenti

Il cedimento differenziale limite viene calcolato in funzione della distanza tra i punti relativi ai cedimenti assoluti massimo e minimo.
Relativamente alle verifiche dei cedimenti differenziali, esse vengono analizzate in funzione delle opzioni scelte dall'utente, relativamente alle seguenti combinazioni:

- Caratteristiche;
- Frequenti;
- Quasi permanenti.

Il valore del cedimento assoluto viene calcolato mediante la somma di due contributi:

- Cedimento istantaneo (stimato mediante l'utilizzo della costante di Winkler);
- Cedimento di consolidamento (stimato relativamente al tempo di calcolo di riferimento.

Il cediemento istantaneo viene elaborato direttamente dalla soluzione dell'analisi strutturale, condotta utilizzando il modello alla Winkler.
Il secondo contributo viene elaborato utilizzando la seguente formula, mediante il metodo di Schmertmann (R.Lancellotta - *Geotecnica* - Zanichelli, anno 2008):

$$c_2 = \sum_i^n \frac{F_t \cdot h_i \cdot \overline{\sigma_z}}{E}$$

$$F_t = 0{,}2 \cdot log\left(\frac{t}{0{,}1}\right) \quad (t \ in \ anni)$$

dove:

h_i è la striscia di terreno pari allo spessore comprensibile H_c diviso il numero di clementini n;

$\overline{\sigma_z}$ è il valore medio della tensione agente a metà della striscia di terreno h_i;

E è il modulo elastico del terreno (edometrico per terreni incoerenti).

6.1.7 Pali di fondazione

Gli stati limite ultimi delle fondazioni su pali si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della rsistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono la fondazione stessa.

Le verifiche nei riguardi dello stato limite ultimo (SLU) previste dalla Normativa ed eseguite sono:

STR - raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali, compresi gli elementi di fondazione;

GEO - raggiungimento della resistenza del terreno interagente con la struttura con sviluppo di meccanismi di collasso dell'insieme terreno-struttura;

Verifiche STR: le verifiche di resistenza degli elementi strutturali di fondazione sono state eseguite contestualmente alla verifica degli elementi strutturali in elevazione.

Verifiche GEO: le verifiche di resistenza del terreno interagente con la struttura sono condotte confrontando i valori di resistenza con quelli di progetto.

La verifiche saranno condotte in funzione degli SLU, cioè quelli che possono mettere fuori servizio le strutture di fondazione ed in funzione degli SLE, atti a garantire le prestazione dell'opera durante il suo esercizio.

Per ogni stato limite si verificherà che verrà rispettata la condizione:

$$E_d < R_d$$

dove **Ed** è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione e **Rd** è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

Per i pali di fondazione in calcestruzzo armato sono state effettuate le seguenti verifiche:

- **SLU**
  - Carico limite orizzontale;
  - Carico limite verticale;
  - Flessione composta deviata (vedi aste in c.a.);
  - Taglio (vedi aste in c.a.);

- **SLV**
  - Carico limite orizzontale;
  - Carico limite verticale;
  - Compresssione (vedi aste in c.a.);
  - Flessione composta deviata (vedi aste in c.a.);
  - Taglio (vedi aste in c.a.);

- **SLD**
  - Carico limite orizzontale;
  - Carico limite verticale;

- **SLE**
  - Fessurazione (vedi aste in c.a.);
  - Tensioni di esercizio (vedi aste in c.a.);

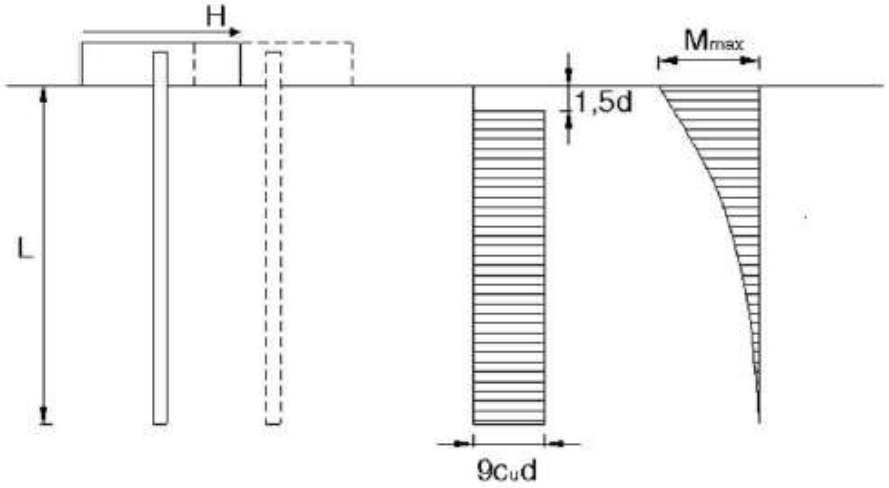
6.1.7.1 Carico limite orizzontale

La resistenza laterale ultima di ogni singolo palo sarà valutata considerando la resistenza del terreno che può essere mobilizzata alle varie profondità dalla semplice traslazione laterale del palo secondo la teoria di Broms (1964). In prossimità del piano campagna il raggiungimento della resistenza limite del terreno causerebbe un meccanismo di scivolamento lungo una superficie che isola un cuneo in condizioni di spinta passiva che causa il sollevamento del terreno.

Il carico limite orizzontale H_{lim} nel caso di terreni prevalentemente coesivi sarà valutato secondo le relazioni seguenti:

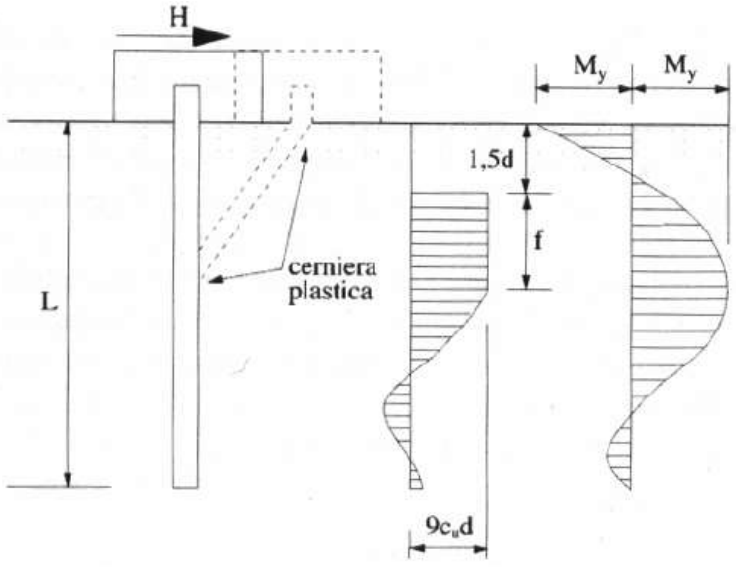
- se palo corto vincolato in testa ad una struttura in testa che ne impedisca la rotazione

$$H_{lim} = 9 \cdot C_u \cdot D \cdot (L - 1{,}5 \cdot D)$$



- se palo lungo vincolato in testa ad una struttura in testa che ne impedisca la rotazione

$$\frac{M_u}{C_u \cdot D^3} = \frac{H_{lim}}{C_u \cdot D^2}\left[0.75 + \frac{H_{lim}}{36 \cdot C_u \cdot D^2}\right]$$



dove:

C_u = resistenza a taglio del terreno;

D = Diametro del palo;

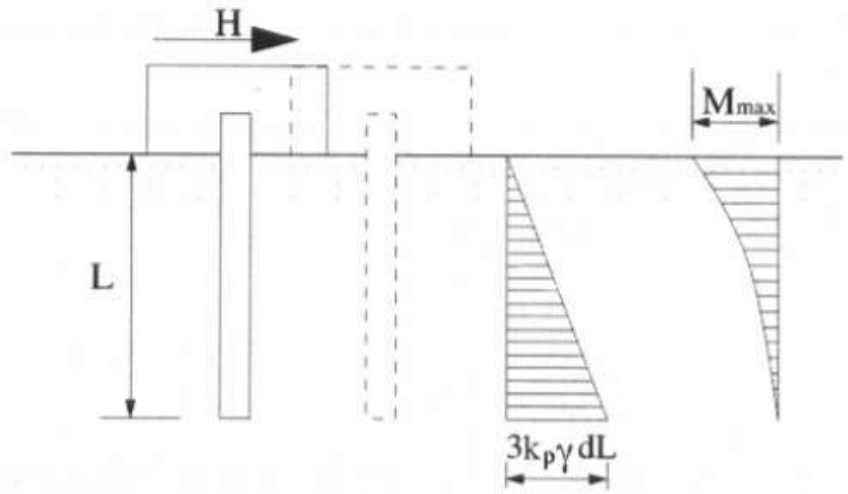
L = lunghezza del palo;

M_u = momento di plasticizzazione della sezione del palo;

Nel caso di terreno prevalentemente granulare, incoerente il carico limite sarà valutato secondo le relazioni seguenti:

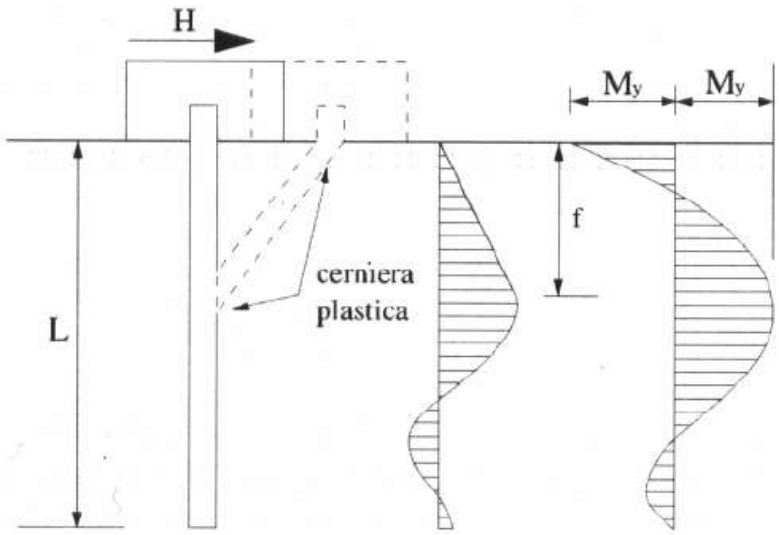
- se palo corto vincolato in testa ad una struttura in testa che ne impedisca la rotazione

$$H_{lim} = 1{,}5 \cdot K_p \cdot \sigma'_{v0} \cdot D \cdot L$$



- se palo lungo vincolato in testa ad una struttura in testa che ne impedisca la rotazione

$$H_{lim} = \frac{2 \cdot M_u}{0.544 \sqrt{\frac{H_{ult}}{\gamma \cdot D \cdot K_p}}}$$



dove:

K_p = coefficiente di spinta passivo del terreno;

σ'_{v0} = tensione efficace del terreno;

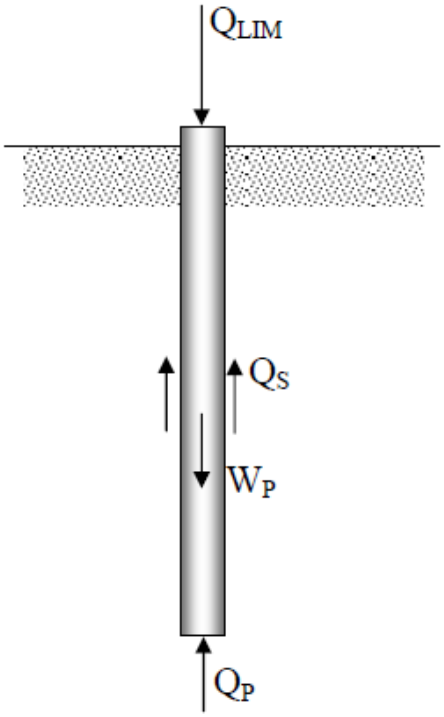
D = diametro del palo;

L = lunghezza del palo;

γ = peso dell'unità di volume del terreno.

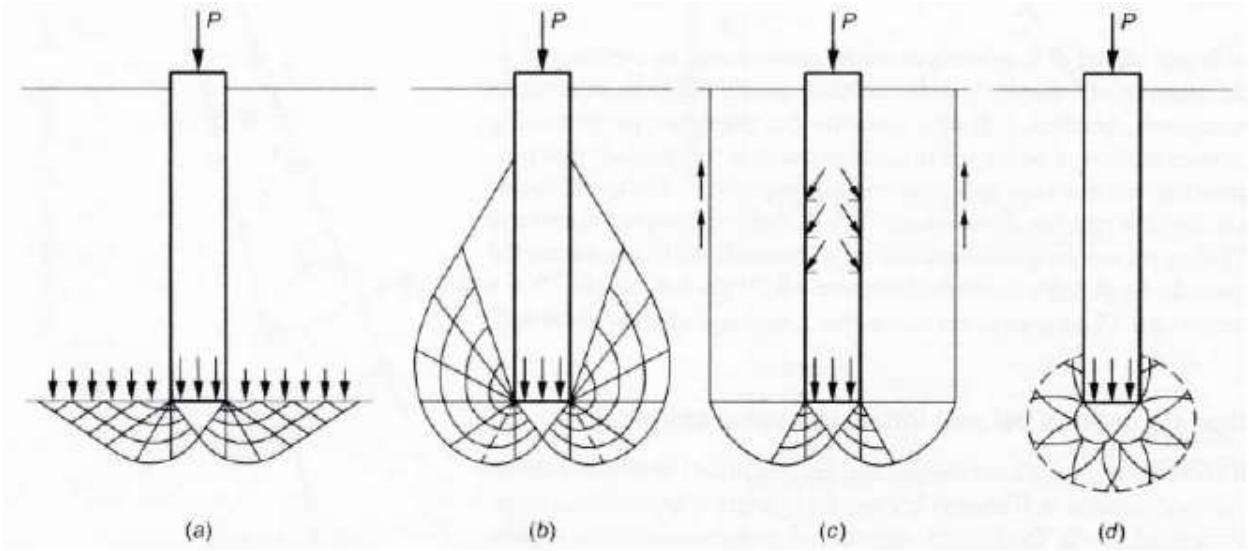
6.1.7.2 Carico limite verticale

Per stimare la capacità portante per carico verticale di un palo di fondazione si fa riferimento alla seguente figura in cui Q_S è la risulatnte delle tensioni di attrito e/o di aderenza laterale, Q_P è la risultante delle tensioni di compressione alla base e W_P è il peso proprio del palo.



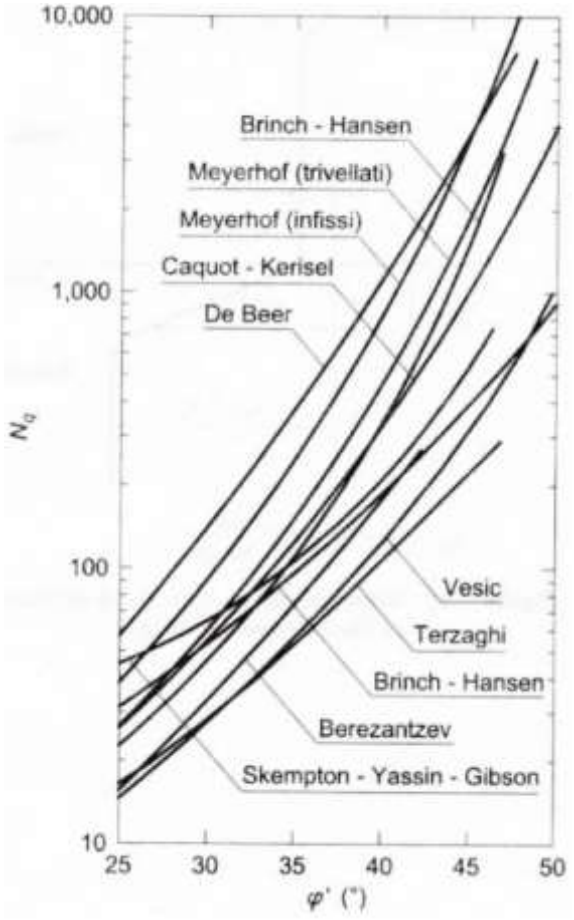
Il palo è un corpo cilindrico che oppone resistenza alla penetrazione nel terreno mediante tensioni tangenziali di attrito e/o di aderenza sulla superficie lateriale e tensioni di compressione alla base. Le tensioni tangenziali si sviluppano per uno scorrimento relativo tra la superficie laterale del palo e il terreno circostante, in parte dovuto alla traslazione rigida e in parte alla compressione assiale del palo. Le tensioni di compressione alla base si sviluppano per un cedimento della base.

I meccanismi di rottura ipotizzati per un palo a seconda delle diverse formulazioni sono:



dove a) Caquot, Buisman e Terzaghi; b) Meyerhof; c) Berezantzev e Vesic; d) Skempton, Yassin e Gibson.

Il valore del fattore di capacità portante N_q dipende, a parità di angolo di resistenza al taglio, dal meccanismo di rottura ipotizzato. Come si può notare dalla seguente figura, la dispersione dei valori è molto alta e crescente con il valore dell'angolo di resistenza al taglio. A titolo di esempio per $\varphi'=35°$ i valori di N_q proposti dai vari Autori sono compresi tra 55 e 500.



L'espressione generale della capacità portante verticale del palo Q_{ult} è data dalla somma della portata limite di base Q_{base} e dalla portata limite per attrito laterale $Q_{laterale}$ meno il peso proprio del palo W_{palo}:

$$Q_{ult} = Q_{base} + Q_{laterale} - W_{palo}$$

Nel caso di palo soggetto ad azioni assiali di trazione e non di compressione, la relazione per la valutazione del carico limite del palo Q_{ult} è data dalla somma della portata limite per attrito laterale $Q_{laterale}$ più il peso proprio del palo W_{palo} trascurando la portata limite di base Q_{base}:

$$Q_{ult} = Q_{laterale} + W_{palo}$$

La portata di base e quella laterale del singolo palo vengono calcolate con metodi di calcolo analitici, a partire dai valori caratteristici dei parametri geotecnici con le relazioni e secondo le teorie classiche per la stima del carico limite verticale suggerite dalla letteratura tecnica di riferimento.

La capacità portante verticale del palo può essere effettuata scegliendo tra le seguenti teorie:

Bowles

- Portata di base

$$Q_{base} = (Q_u \cdot N_q \cdot S_q \cdot D_q \cdot c_b \cdot N_c) \cdot A_b$$

dove:

Q_u = pressione geostatica raggiunta dalla punta del palo;

N_q = fattore di capacità portante funzione dell'angolo di attrito dello strato alla punta del palo;

$$N_q = e^{\pi \cdot \tan(\varphi)} \cdot tan^2(45 + \frac{\varphi}{2})$$

S_q = fattore correttivo funzione della forma, valido per fondazioni circolari;

$$S_q = 1 + \tan(\varphi)$$

D_q = fattore correttivo funzione della profondità;

$$D_q = 1 + 2 \cdot \tan(\varphi) \cdot (1 - sin(\varphi))^2 \cdot tan^{-1}(L_p/D)$$

c_b = coesione dello strato alla punta;

N_c = fattore di capacità portante funzione del diametro del palo (7÷9);

A_b = area della superficie di base del palo.

- Portata per attrito laterale

$$Q_{laterale} = \sum A_{l,i} \cdot (q_{c,i} + q_{att,i}) = \sum A_{l,i} \cdot [\alpha \cdot c_i + q_i \cdot k_o \cdot \tan(\delta)]$$

dove:

$A_{l,i}$ = superficie laterale del palo relativo allo strato i-esimo;

$q_{c,i}$ = valore medio dell'aderenza palo-terreno del singolo strato per unità di superficie laterale;

$q_{att,i}$ = valore medio della portata per attrito laterale del singolo strato per unità di superficie;

α = coeff. d'adesione o di mobilitazione dell'attrito laterale, funzione della coesione non drenata (α= 0.4 ÷ 0.9);

c_i = coesione del singolo strato;

q_i = pressione geostatica valutata alla profondità media del singolo strato;

k_o = coeff. di spinta orizz. del singolo strato funzione del coeff. di spinta a riposo e del grado di sovraconsolid.;

δ = angolo dell'attrito efficace fra il terreno ed il palo.

Kerisel-Caquot

- Portata di base

$$Q_{base} = (Q_u \cdot N_q + c_b \cdot N_c) \cdot A_b$$

dove:

Q_u = pressione geostatica raggiunta dalla punta del palo;

N_q = fattore di capacità portante funzione dell'angolo di attrito dello strato alla punta del palo;

c_b = coesione dello strato alla punta.

N_c = fattore di capacità portante funzione del diametro del palo (7÷9);

A_b = area della superficie di base del palo.

- Portata per attrito laterale

$$Q_{laterale} = \sum A_{l,i} \cdot (q_{c,i} + q_{att,i}) = \sum A_{l,i} \cdot [c_i + q_i \cdot k_o \cdot \tan(\delta)]$$

dove:

$A_{l,i}$ = superficie laterale del palo relativo allo strato iesimo;

$q_{c,i}$ = valore medio dell'aderenza palo-terreno del singolo strato per unità di superficie laterale;

$q_{att,i}$ = valore medio della portata per attrito laterale del singolo strato per unità di superficie;

c_i = coesione del singolo strato;

q_i = pressione geostatica valutata alla profondità media del singolo strato;

k_o = coeff. di spinta orizz. del singolo strato funzione dell'angolo di attrito interno dello strato;

δ = angolo dell'attrito efficace fra il terreno ed il palo.

Terzaghi

- Portata di base

$$Q_{base} = (Q_u \cdot N_q + 1{,}3 \cdot c_b \cdot N_c + 0{,}6 \cdot \gamma \cdot N_\gamma) \cdot A_b$$

dove:

Q_u = pressione geostatica raggiunta dalla punta del palo;

N_q = fattore di capacità portante funzione dell'angolo di attrito dello strato alla punta del palo;

c_b = coesione dello strato alla punta.

N_c = fattore di capacità portante pari a 9;

A_b = area della superficie di base del palo;

γ = peso dell'unità di volume sello strato alla punta del palo;

N_γ = fattore di capacità portante funzione di N_q e dell'angolo di attrito dello strato alla punta del palo;

- Portata per attrito laterale

$$Q_{laterale} = \sum A_{l,i} \cdot (q_{c,i} + q_{att,i}) = \sum A_{l,i} \cdot [\alpha \cdot c_i + q_i \cdot k_o \cdot \tan(\delta)]$$

dove:

$A_{l,i}$ = superficie laterale del palo relativo allo strato i-esimo;

$q_{c,i}$ = valore medio dell'aderenza palo-terreno del singolo strato per unità di superficie laterale;

$q_{att,i}$ = valore medio della portata per attrito laterale del singolo strato per unità di superficie;

α = coeff. d'adesione o di mobilitazione dell'attrito laterale, funzione della coesione non drenata (α= 0.4 ÷ 0.9);

c_i = coesione del singolo strato;

q_i = pressione geostatica valutata alla profondità media del singolo strato;

k_o = coeff. di spinta orizz. del singolo strato funzione del coeff. di spinta a riposo e del grado di sovraconsolid.;

δ = angolo dell'attrito efficace fra il terreno ed il palo.

Lancellotta

- Portata di Base

$$Q_{base} = (Q_u \cdot N_q + c_b \cdot N_c) \cdot A_b$$

dove:

Q_u = pressione geostatica raggiunta dalla punta del palo;

N_q = fattore di capacità portante funzione dell'angolo di attrito dello strato alla punta del palo;

c_b = coesione dello strato alla punta;

N_c = fattore di capacità portante paria 9;

A_b = area della superficie di base del palo.

- Portata per attrito laterale

$$Q_{laterale} = \sum A_{l,i} \cdot \left(q_{c,i} + q_{att,i}\right) = \sum A_{l,i} \cdot [\alpha \cdot c_i + q_i \cdot k_o \cdot \tan(\delta)]$$

dove:

$A_{l,i}$ = superficie laterale del palo relativo allo strato i-esimo;

$q_{c,i}$ = valore medio dell'aderenza palo-terreno del singolo strato per unità di superficie laterale;

$q_{att,i}$ = valore medio della portata per attrito laterale del singolo strato per unità di superficie;

α = coeff. d'adesione o di mobilitazione dell'attrito laterale, funzione della coesione non drenata (α= 0.4 ÷ 0.9);

c_i = coesione del singolo strato;

q_i = pressione geostatica valutata alla profondità media del singolo strato;

k_o = coeff. di spinta orizz. del singolo strato funzione del coeff. di spinta a riposo e del grado di sovraconsolid.;

δ = angolo dell'attrito efficace fra il terreno ed il palo.

Brinch-Hansen

- Portata di Base

$$Q_{base} = (Q_u \cdot N_q \cdot S_q \cdot D_q + c_b \cdot N_c \cdot S_c \cdot D_c) \cdot A_b$$

dove:

Q_u = pressione geostatica raggiunta dalla punta del palo;

N_q = fattore di capacità portante funzione dell'angolo di attrito dello strato alla punta del palo;

$$N_q = e^{\pi \cdot \tan(\varphi)} \cdot tan^2\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right)$$

S_q = fattore correttivo funzione della forma, valido per fondazioni circolari;

$$S_q = 1 + \tan(\varphi)$$

D_q = fattore correttivo funzione della profondità;

$$D_q = 1 + 2 \cdot \tan(\varphi) \cdot (1 - sin(\varphi))^2 \cdot tan^{-1}(L_p/D)$$

c_b = coesione dello strato alla punta;

N_c = fattore di capacità portante funzione di N_q e dell'angolo di attrito interno;

$$N_c = (N_q - 1) \cdot cotan(\varphi)$$

S_c = fattore correttivo funzione della forma;

$$S_c = 1 + N_q/N_c$$

D_c = fattore correttivo funzione della profondità;

$$D_c = 1 + 0{,}4tan^{-1}(L_p/D)$$

A_b = area della superficie di base del palo.

- Portata per attrito laterale

$$Q_{laterale} = \sum A_{l,i} \cdot \left(q_{c,i} + q_{att,i}\right) = \sum A_{l,i} \cdot [\alpha \cdot c_i + q_i \cdot k_o \cdot \tan(\delta)]$$

dove:

$A_{l,i}$ = superficie laterale del palo relativo allo strato iesimo;

$q_{c,i}$ = valore medio dell'aderenza palo-terreno del singolo strato per unità di superficie laterale;

$q_{att,i}$ = valore medio della portata per attrito laterale del singolo strato per unità di superficie;

α = coeff. d'adesione o di mobilitazione dell'attrito laterale, funzione della coesione non drenata (α= 0.4 ÷ 0.9);

c_i = coesione del singolo strato;

q_i = pressione geostatica valutata alla profondità media del singolo strato;

k_o = coeff. di spinta orizz. del singolo strato funzione del coeff. di spinta a riposo e del grado di sovraconsolid.;

δ = angolo dell'attrito efficace fra il terreno ed il palo.

Meyerof

- Portata di base

$$Q_{base} = (Q_u \cdot N_q \cdot S_q \cdot D_q + c_b \cdot N_c \cdot S_c \cdot D_c) \cdot A_b$$

dove:

Q_u = pressione geostatica raggiunta dalla punta del palo;

N_q = fattore di capacità portante funzione dell'angolo di attrito dello strato alla punta del palo;

$$N_q = e^{\pi \cdot \tan(\varphi)} \cdot tan^2(45 + \frac{\varphi}{2})$$

S_q = fattore correttivo funzione della forma, valido per fondazioni circolari;

$$S_q = 1 + 0{,}1 \cdot \tan^2(45 + \varphi/2)$$

D_q = fattore correttivo funzione della profondità;

$$D_q = 1 + 0{,}1 \cdot (L_p/D)\sqrt{tan^2(45 + \varphi/2)}$$

c_b = coesione dello strato alla punta;

N_c = fattore di capacità portante funzione di N_q e dell'angolo di attrito interno;

$$N_c = (N_q - 1) \cdot cotan(\varphi)$$

S_c = fattore correttivo funzione della forma;

$$S_c = 1 + 0{,}2 \cdot tan^2(45 + \varphi/2)$$

D_c = fattore correttivo funzione della profondità;

$$D_c = D_q - [(1 - D_q)/(N_c \cdot \tan(\varphi))]$$

A_b = area della superficie di base del palo.

- Portata per attrito laterale

$$Q_{laterale} = \sum A_{l,i} \cdot (q_{c,i} + q_{att,i}) = \sum A_{l,i} \cdot [\alpha \cdot c_i + q_i \cdot k_o \cdot \tan(\delta)]$$

dove:

$A_{l,i}$ = superficie laterale del palo relativo allo strato iesimo;

$q_{c,i}$ = valore medio dell'aderenza palo-terreno del singolo strato per unità di superficie laterale;

$q_{att,i}$ = valore medio della portata per attrito laterale del singolo strato per unità di superficie;

α = coeff. d'adesione o di mobilitazione dell'attrito laterale, funzione della coesione non drenata (α= 0.4 ÷ 0.9);

c_i = coesione del singolo strato;

q_i = pressione geostatica valutata alla profondità media del singolo strato;

k_o = coeff. di spinta orizz. del singolo strato funzione del coeff. di spinta a riposo e del grado di sovraconsolid.;

δ = angolo dell'attrito efficace fra il terreno ed il palo.

Meyerof (prove in sito Q_c)

Il carico limite di un palo viene valutato correlando i risultati di prove in sito con la portanza laterale e di punta del palo stesso. Le relazioni proposte da Meyerhof, valide per la stima della $Q_{laterale}$ e della Q_{punta} dei pali infissi, sono le seguenti:

- Portata di Base

$$Q_{base} = A_b \cdot q_{cb}$$

dove:

A_b = area della superficie di base del palo;

q_{cb} = resistenza di punta media nello strato di base.

- Portata per attrito laterale

$$Q_{laterale} = \sum Q_{lat,i}$$

dove il valore della portanza laterale del singolo strato sarà ottenuto dalla relazione :

- $Q_{lat,i} = A_{l,i} \cdot f_{s,i}$ valida per terreni coesivi;
- $Q_{lat,i} = 2 \cdot A_{l,i} \cdot f_{s,i}$ valida per terreni incoerenti;

dove:

$A_{l,i}$ = superficie laterale del palo relativo allo strato i-esimo;

$f_{s,i}$ = stima della resistenza laterale unitaria media (De Beer):

$f_s = q_c/200 \quad se\ q_c \geq 20\ MPa$

$f_s = q_c/150 \quad se\ q_c < 20\ MPa$

q_c = resistenza di punta media nello strato.

Meyerof (prove in sito N_{spt})

Il carico limite di un palo viene valutato correlando i risultati di prove in sito con la portanza laterale e di punta del palo stesso. Le relazioni proposte da Meyerhof, valide per la stima della $Q_{laterale}$ e della Q_{punta} dei pali infissi, sono le seguenti:

- Portata di Base

$$Q_{base} = 40 \cdot A_b \cdot N_{spt,base}$$

dove:

A_b = area della superficie di base del palo;
$N_{SPT,base}$ = numero di colpi medio nello strato alla base del palo;

- Portata per attrito laterale

$$Q_{laterale} = \sum Q_{lat,i} = \sum (0{,}2 \cdot A_{l,i} \cdot N_{SPT,i})$$

dove:

$A_{l,i}$ = superficie laterale del palo relativo allo strato i-esimo;
$N_{SPT,i}$ = numero di colpi medio nello strato i-esimo.

6.2 Elementi in Acciaio

Sulle strutture in acciaio verranno effettuate delle verifiche locali alle aste componenti il modello di calcolo e delle verifiche globali relative all'intero modello.

Il tipo di verifiche locali da effettuare su ognuna delle aste in acciaio saranno funzione della destinazione d'uso all'interno del modello (colonna, trave, asta di travatura reticolare, controvento, arcareccio, etc.). In questo modo, se un elemento è definito come "arcareccio" non verranno svolte, per esempio, le verifiche di stabilità a carico di punta ovvero se un elemento è definito come "controvento" non verranno effettuate le verifiche di deformabilità a flessione.

Le verifiche locali nel loro complesso possono essere così articolate:

- Verifiche di resistenza delle aste, suddivise in:
  - Verifica di resistenza a trazione;
  - Verifica di resistenza a compressione;
  - Verifica di resistenza a flessione;
  - Verifica di resistenza a taglio;
  - Verifica di resistenza a flessione e taglio;
  - Verifica di resistenza ad azioni assiali e flessione;
  - Verifica di resistenza elastica puntuale.
- Verifiche di stabilità delle aste, suddivise in:
  - Verifiche di stabilità a carico di punta;
  - Verifiche di stabilità presso – flessionale;
  - Verifiche di stabilità flesso – torsionale;
  - Verifiche di stabilità dei pannelli d'anima a taglio.
- Verifiche di deformabilità delle aste.

Le verifiche globali, inerenti la struttura intesa nella sua totalità, sono, invece:

- Verifica degli spostamenti laterali;
- Verifiche di rigidezza (verifica del contenimento del danno negli elementi non strutturali);
- Verifica di compatibilità tra fattori di struttura e classi delle sezioni in acciaio;

- Verifica del rispetto della gerarchia delle resistenze.

6.2.1 Verifiche di resistenza

Le verifiche di resistenza delle aste vengono effettuate per tutte le combinazioni di carico in corrispondenza dei punti più significativi dell'asse. Il software colloca tali punti di controllo in modo automatico stabilendone il numero in funzione della lunghezza dell'elemento. Il caso limite è costituito dagli elementi tozzi in cui i punti di controllo saranno semplicemente disposti in prossimità delle due estremità e della mezzeria.

Le sezioni trasversali associate ai punti di controllo e relative ai profilati metallici vengono classificate, sulla base del proprio stato tensionale, della geometria e del tipo di acciaio, secondo il seguente prospetto:

Sezione di Classe 1	Sezioni trasversali in grado di sviluppare una cerniera plastica avente la capacità rotazionale richiesta dall'analisi plastica senza alcuna riduzione di resistenza.
Sezione di Classe 2	Sezioni trasversali in grado di raggiungere il proprio momento resistente plastico ma con una capacità rotazionale limitata.
Sezione di Classe 3	Sezioni trasversali in grado di raggiungere il momento resistente elastico e dunque il valore di snervamento secondo una distribuzione lineare delle tensioni. Il momento resistente plastico non risulta raggiungibile per l'insorgere di fenomeni di instabilità locale.
Sezione di Classe 4	Sezioni trasversali non in grado di raggiungere il momento resistente elastico e dunque con capacità di resistenza ridotte in seguito a fenomeni di instabilità locale.

La classificazione influenzerà il calcolo delle grandezze resistenti della sezione da rapportare alle azioni di progetto. Per sezioni di classe 1 e 2 (più prestazionali) si potrà accedere alle risorse plastiche. Per sezioni di classe 3 si utilizzeranno le grandezze elastiche.

Per le sezioni sottili di classe 4 si prevede la definizione e l'utilizzo di una sezione ridotta delle parti inefficaci degli elementi compressi. Con tale sezione ridotta vengono ricalcolate le proprietà elastiche da impiegare nelle verifiche (proprietà efficaci). Di fatto l'utilizzo delle grandezze efficaci porta ad assumere un approccio cautelativo nei confronti degli effetti dei fenomeni di instabilità locale tramite una riduzione (tanto più consistente quanto più la sezione risulta compressa e sottile) delle parti reagenti della sezione trasversale.

6.2.1.1 Trazione

La verifica consiste nell'accertare che risulti:

$$N_{Ed} \leq N_{t,Rd}$$

dove:

N_{Ed} : azione di trazione di progetto;

$N_{t,Rd}$: resistenza a trazione di progetto calcolata come indicato in seguito;

$$N_{t,Rd} = \min\left(N_{pl,Rd}, N_{u,Rd}\right)$$

dove:

$N_{pl,Rd}$: resistenza plastica di progetto della sezione lorda A;

$N_{u,Rd}$: resistenza ultima di progetto della sezione netta, A_{nett}, in corrispondenza dei fori per i collegamenti;

Inoltre:

$$N_{pl,Rd} = A\left(\frac{f_y}{\gamma_{M0}}\right)$$

$$N_{u,Rd} = 0.9\ A_{nett}\left(\frac{f_{tk}}{\gamma_{M2}}\right)$$

dove:

A : area lorda della sezione;

A_{nett} : area della sezione al netto delle forature;

f_{tk}, f_y : rispettivamente tensioni di rottura e di snervamento dell'acciaio;

γ_{M0}, γ_{M2} : coefficienti di sicurezza;

Qualora il progetto preveda la gerarchia delle resistenze, come avviene in presenza di azioni sismiche, la resistenza di progetto plastica della sezione lorda, $N_{pl,Rd}$, deve risultare minore della resistenza di progetto a rottura delle sezioni indebolite dai fori per i collegamenti, $N_{u,Rd}$:

$$N_{pl,Rd} \leq N_{u,Rd}$$

Il fattore di sicurezza, ossia l'indice di quanto la verifica sia lontana dal caso limite, viene così calcolato:

$$F.S. = \left(\frac{N_{t,Rd}}{N_{Ed}}\right) \geq 1$$

6.2.1.2 Compressione

La verifica consiste nell'accertare che risulti:

$$N_{Ed} \leq N_{c,Rd}$$

dove:

N_{Ed} : azione di compressione di progetto;

$N_{c,Rd}$: resistenza a compressione di progetto calcolata come indicato in seguito;

$$N_{c,Rd} = A\left(\frac{f_y}{\gamma_{Mo}}\right)\ per\ sezioni\ di\ classe\ 1,2\ e\ 3$$

$$N_{c,Rd} = A_{eff}\left(\frac{f_y}{\gamma_{M0}}\right)\ per\ sezioni\ di\ classe\ 4$$

dove:

A : area della sezione;

A_{eff} : area efficace della sezione;

f_y : tensione di snervamento dell'acciaio;

γ_{M0}, γ_{M1} : coefficienti di sicurezza;

Il fattore di sicurezza, ossia l'indice di quanto la verifica sia lontana dal caso limite, viene così calcolato:

$$F.S. = \left(\frac{N_{c,Rd}}{N_{Ed}}\right) \geq 1$$

6.2.1.3 Flessione

Si verifica che il valore dello sfruttamento “SFR”, calcolato come di seguito riportato, sia inferiore o uguale a 1.

$$SFR = \frac{|M_{Sd,2}|}{M_{Rd,2}} + \frac{|M_{Sd,3}|}{M_{Rd,3}} \leq 1$$

dove:

M_{Sd} è il valore del momento di progetto nella direzione 2 o 3;

M_{Rd} è il momento flettente resistente di progetto, funzione della classe della sezione e della direzione 2 o 3;

$$M_{Rd} = W_{pl} \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \quad per\ le\ classi\ 1\ e\ 2$$

$$M_{Rd} = W_{el} \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \quad per\ la\ classe\ 3$$

$$M_{Rd} = W_{eff} \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \quad per\ la\ classe\ 4$$

dove:

W_{pl} : modulo di resistenza plastico della sezione;

W_{el} : modulo di resistenza elastico della sezione;

W_{eff} : modulo di resistenza della sezione efficace;

f_y : tensione di snervamento dell’acciaio;

γ_{M0} : coefficiente di sicurezza;

Il fattore di sicurezza, ossia l’indice di quanto la verifica sia lontana dal caso limite, viene così calcolato:

$$F.S. = \left(\frac{1}{\mathrm{SFR}}\right) \geq 1$$

6.2.1.4 Taglio

Il valore di progetto dell’azione tagliante in ogni sezione trasversale e per ognuna delle due direzioni principali di verifica, deve soddisfare la relazione:

$$SFR_2 = \frac{V_{sd,2}}{V_{pl,Rd,2}} \leq 1$$

$$SFR_3 = \frac{V_{sd,3}}{V_{pl,Rd,3}} \leq 1$$

dove $V_{pl,Rd}$ è il valore del taglio resistente di progetto, in assenza di torsione, calcolato nella direzione 2 o 3, assunto pari a:

$$V_{pl,Rd} = \left(\frac{\left(A_v \frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}} \right)$$

dove:

A_v : area resistente al taglio della sezione nella direzione dell'azione tagliante agente (calcolata come al par. 4.2.4.1.2.4 delle NTC 2018);

f_y : tensione di snervamento dell'acciaio;

γ_{M0} : coefficiente di sicurezza;

Il fattore di sicurezza, ossia l'indice di quanto la verifica sia lontana dal caso limite, viene così calcolato:

$$F.S. = \left(\frac{1}{\max\left(SFR_2,\ SFR_3\right)} \right) \geq 1$$

6.2.1.5 Flessione e Taglio

Quando la forza di taglio è maggiore della metà del valore del taglio resistente il momento resistente plastico viene ridotto della quantità $(1-\rho)$.

$$M_{Rd,eff} = M_{Rd}(1-\rho) \quad [solo\ se\ \frac{V_{sd}}{V_{pl,Rd}} > 0.5]$$

La grandezza ρ viene calcolata come di seguito riportato:

$$\rho = \left(\frac{2V_{sd}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2$$

dove vale la terminologia assunta relativamente alle verifiche a taglio.

Calcolato il valore del momento resistente ridotto per la presenza del taglio, in ognuna delle due direzioni principali di verifica, si procede come per le verifiche a Flessione semplice ovvero a Presso o Tenso-Flessione.

6.2.1.6 Presso o tenso/flessione retta

Per sezioni di classe 1 o 2 la verifica a presso o tenso-flessione viene condotta controllando che il valore dello sfruttamento "SFR", calcolato come di seguito riportato, sia inferiore o uguale ad 1.

$$SFR = \frac{|M_{Sd,2}|}{M_{N,Rd,2}} + \frac{|M_{Sd,3}|}{M_{N,Rd,3}} \leq 1$$

dove:

$M_{N,Rd,2}$, $M_{N,Rd,3}$: momenti flettenti resistenti nelle due direzioni analizzate, ridotti per la presenza dello sforzo normale;

$M_{Sd,2}$, $M_{Sd,3}$: momenti flettenti di progetto nelle due direzioni analizzate;

Per sezioni di classe 3, in assenza di azioni di taglio, la verifica a presso o tenso-flessione è condotta mediante un approccio alle tensioni puntuali utilizzando il metodo delle verifiche elastiche.

Per sezioni di classe 4, come per le sezioni di classe 3, le verifiche sono condotte sempre in regime elastico puntuale ma utilizzando, al posto dell'intera sezione, le sole parti efficaci della sezione trasversale.

Il fattore di sicurezza, ossia l'indice di quanto la verifica sia lontana dal caso limite, viene così calcolato :

$$F.S. = \left(\frac{1}{\text{SFR}}\right) \geq 1$$

6.2.1.7 Elastica puntuale

Le verifiche in campo elastico vengono effettuate in modo che in nessun punto della sezione venga superato il valore della resistenza di calcolo.

La formula utilizzata è:

$$\sigma_{id}(x,y) \leq f_d$$

dove:

$$f_d = f_y/\gamma_m$$

$$\sigma_{id}(x,y) = \sqrt{(\sigma(x,y) + 3\tau^2(x,y))}$$

dove, ancora:

f_d : valore della tensione di progetto;

f_y : valore di snervamento dell'acciaio;

γ_m : coefficiente di sicurezza;

$\sigma_{id}(x,y)$: tensione ideale nel punto di coordinate (x,y) della sezione;

$\tau(x,y)$: tensione tangenziale nel punto di coordinate (x,y) della sezione;

$\sigma(x,y)$: tensione normale nel punto di coordinate (x,y) della sezione;

inoltre:

$$\sigma(x,y) = \frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{Sd,2}J_3 + M_{Sd,3}J_{2,3}}{J_2J_3 - J_{2,3}^2}\, d3 - \frac{M_{Sd,3}J_2 + M_{Sd,2}J_{2,3}}{J_2J_3 - J_{2,3}^2}\, d2$$

$$\tau(x,y) = V/A_T$$

dove, rispetto al sistema di riferimento baricentrico utilizzato:

$d2,\ d3$: ascissa e ordinata (rispetto al sistema di riferimento baricentrico) rispettivamente nella direzione 2 e 3;

$N, M_{Sd,2}, M_{Sd,3}$: azioni esterne capaci di generare tensioni normali sulla sezione;

V : azione esterna capace di generare tensioni tangenziali sulla sezione;

$J_2, J_3, J_{2,3}$: momenti d'inerzia della sezione;

A_T : area resistente al taglio della sezione;

6.2.2 Effetti delle imperfezioni

Nell'analisi della struttura, in quella dei sistemi di controvento e nel calcolo delle membrature si è tenuto conto degli effetti delle imperfezioni geometriche e strutturali quali: mancanza di verticalità o di rettilineità, mancanza di accoppiamento e le inevitabili eccentricità minori presenti nei collegamenti reali.

Tali effetti sono stati inclusi implicitamente nel calcolo della resistenza degli elementi strutturali, così come

indicato al punto 4.2.3.5 delle NTC 2018, tramite il calcolo di momenti flettenti addizionali $M_{Sd,I2}$e $M_{Sd,I3}$ ricavati dall'eccentricità dell'asse e dalla presenza delle azioni assiali.

6.2.3 Verifiche di stabilità

6.2.3.1 Aste compresse

Le verifiche di stabilità delle aste vengono effettuate nell'ipotesi che la sezione trasversale sia uniformemente compressa. Deve essere sempre:

$$SFR = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

dove:

N_{Ed} : è l'azione di compressione di progetto;

$N_{b,Rd}$: è la resistenza di progetto all'instabilità nell'asta compressa data da:

$$N_{b,Rd} = \chi A \frac{f_y}{\gamma_{M1}} \quad per\ sezioni\ di\ classe\ 1,2\ e\ 3$$

$$N_{b,Rd} = \chi A_{eff} \frac{f_y}{\gamma_{M1}} \quad per\ sezioni\ di\ classe\ 4$$

χ : è un coefficiente dipendente dal tipo di sezione e dal tipo di acciaio impiegato, ottenuto in funzione di appropriati valori della snellezza adimensionalizzata $\bar{\lambda}$, dato dalla seguente formula:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{(\phi^2 - \bar{\lambda}^2)}} \leq 1$$

in cui:

$$\phi = 0.5\ [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2]$$

α : fattore di imperfezione opportunamente tabellato dalla normativa (Tab. 4.2.VIII delle NTC 2018);

Inoltre, la snellezza adimensionalizzata $\bar{\lambda}$ è pari a:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{A \frac{f_y}{N_{cr}}} \quad per\ sezioni\ di\ classe\ 1,2\ e\ 3$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{A_{eff} \frac{f_y}{N_{cr}}} \quad per\ sezioni\ di\ classe\ 4$$

N_{cr}: carico critico elastico basato sulle proprietà della sezione lorda e sulla lunghezza di libera inflessione dell'asta, calcolato per la modalità di collasso per instabilità appropriata (flessionale, torsionale o flesso-torsionale).

Il fattore di sicurezza, ossia l'indice di quanto la verifica sia lontana dal caso limite, viene così calcolato:

$$F.S. = \left(\frac{1}{\mathrm{SFR}}\right) \geq 1$$

Nei criteri di progetto è possibile scegliere la modalità di calcolo del coefficiente β per il calcolo della snellezza. Sono presenti due diverse opzioni:

- β da geometria
- β valore utente

Nel primo caso il software stabilisce le condizioni di vincolo mediante un algoritmo che considera la presenza degli elementi direttamente collegati e il tipo di vincoli esterni ed interni. Nel caso di valore utente, è possibile assegnare il valore desiderato differenziandolo per i due piani di inflessione dell'elemento.

6.2.3.2 Presso/flessionale

Nell'esecuzione di tali verifiche si è fatto uso del punto 4.2.4.1.3.3 delle NTC 2018. Tale paragrafo indica che per elementi strutturali oggetti a compressione e flessione, occorre studiare i relativi fenomeni di instabilità facendo riferimento a normative di comprovata validità.

In tal senso si è optato per la norma UNI EN 1993-1-1:2005 la quale al punto 6.3.3 ed all'annesso B indica le procedure da adottare per effettuare le verifiche in questione oltre che per il punto C4.2.4.1.3.3.2, Metodo B, della Circolare Ministeriale N.617/2009.

In particolare nel caso di membrature a sezione costante con sezioni doppiamente simmetriche aperte o chiuse, soggette a sforzo assiale e momento flettente, la verifica di stabilità a pressoflessione, per sezioni di classe 1, 2 o 3, è stata eseguita controllando che siano soddisfatte le seguenti disuguaglianze :

$$SFR = \frac{N_{Ed}\,\gamma_{M1}}{\chi_2\,A\,f_{yk}} + k_{22}\frac{M_{2,Ed}\,\gamma_{M1}}{\chi_{LT}\,W_2\,f_{yk}} + k_{23}\frac{M_{3,Ed}\,\gamma_{M1}}{W_3\,f_{yk}} \leq 1$$

$$SFR = \frac{N_{Ed}\,\gamma_{M1}}{\chi_3\,A\,f_{yk}} + k_{32}\frac{M_{2,Ed}\,\gamma_{M1}}{\chi_{LT}\,W_2\,f_{yk}} + k_{33}\frac{M_{3,Ed}\,\gamma_{M1}}{W_3\,f_{yk}} \leq 1$$

dove:

N_{Ed}, $M_{2,Ed}$ ed $M_{3,Ed}$ sono, rispettivamente, lo sforzo assiale ed i massimi momenti flettenti agenti sull'elemento nei piani di normale 2 e 3;

A è l'area della sezione;

W_2 e W_3 sono i moduli resistenti elastici per le sezioni di classe 3 e i moduli resistenti plastici per le sezioni di classe 1 e 2;

k_{22}, k_{23}, k_{32} e k_{33} sono opportuni coefficienti di interazione forniti dalla TAB. C4.2.IV e dalla TAB. C4.2.V della circolare sopra citata.

Per sezioni di classe 4 si ha, invece :

$$SFR = \frac{N_{Ed}\gamma_{M1}}{\chi_2\,A_{eff}\,f_{yk}} + k_{22}\frac{(M_{2,Ed} + \Delta M_{2,Ed})\,\gamma_{M1}}{\chi_{LT}\,W_{eff,2}\,f_{yk}} + k_{23}\frac{(M_{3,Ed} + \Delta M_{3,Ed})\,\gamma_{M1}}{W_{eff,3}\,f_{yk}} \leq 1$$

$$SFR = \frac{N_{Ed}\gamma_{M1}}{\chi_3\,A_{eff}\,f_{yk}} + k_{32}\frac{(M_{2,Ed} + \Delta M_{2,Ed})\,\gamma_{M1}}{\chi_{LT}\,W_{eff,2}\,f_{yk}} + k_{33}\frac{(M_{3,Ed} + \Delta M_{3,Ed})\,\gamma_{M1}}{W_{eff,3}\,f_{yk}} \leq 1$$

dove:

A_{eff} è l'area efficace della sezione;

$W_{eff,2}$ e $W_{eff,3}$ sono i moduli resistenti efficaci;

$\Delta M_{2,Ed}$ e $\Delta M_{3,Ed}$ sono i momenti (parassiti) della forza normale N_{Ed} rispetto al baricentro della sezione efficace.

Per tutte le classi delle sezioni i coefficienti χ_2, χ_3 sono i coefficienti di riduzione per l'instabilità a compressione e χ_{LT} è il coefficiente di riduzione per l'instabilità flesso-torsionale, dati nel §4.2.4.1.3.1 delle N.T.C. di cui al DM 17/01/2018.

Il fattore di sicurezza, ossia l'indice di quanto la verifica sia lontana dal caso limite, viene così calcolato:

$$F.S. = \left(\frac{1}{\mathrm{SFR}}\right) \geq 1$$

6.2.3.3 Flesso/torsionale

Nell'esecuzione di tali verifiche si è fatto uso del punto 4.2.4.1.3.2 delle NTC 2018.

Una trave con sezione ad I o H soggetta a flessione nel piano dell'anima, con la piattabanda compressa non sufficientemente vincolata lateralmente, deve essere verificata nei riguardi dell'instabilità flesso-torsionale secondo la formula:

$$SFR = \frac{\mathrm{M}_{Ed,2}}{M_{b,Rd,2}} \leq 1$$

dove:

$\mathrm{M}_{Ed,2}$: massimo momento flettente di calcolo;

$M_{b,Rd,2}$: momento resistente di progetto per l'instabilità;

Il momento resistente di progetto per i fenomeni di instabilità di una trave lateralmente non vincolata può essere assunto pari a:

$$M_{b,Rd,2} = \chi_{LT} W_2 \frac{f_{yk}}{\gamma_{M1}}$$

dove:

W_2 : modulo resistente della sezione:

- per le sezioni di classe 1 e 2 è pari al modulo plastico : $W_2 = W_{pl,2}$;
- per le sezioni di classe 3 è pari al modulo elastico : $W_2 = W_{el,2}$;
- per le sezioni di classe 4 è pari al modulo efficace : $W_2 = W_{eff,2}$;

χ_{LT} : fattore di riduzione per l'instabilità flesso-torsionale, dipendente dal tipo di profilo impiegato; può essere determinato, per profili laminati o composti saldati, tramite la formula:

$$\chi_{LT} = \frac{1}{f} \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq \begin{cases} 1,0 \\ \frac{1}{\bar{\lambda}_{LT}^2} \frac{1}{f} \end{cases}$$

dove:

$$\phi_{LT} = 0.5\,[1 + \alpha_{LT}(\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \bar{\lambda}^2]$$

Il coefficiente di snellezza adimensionale è dato dalla formula:

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y f_{yk}}{M_{cr}}}$$

dove:

M_{cr} : momento critico elastico di instabilità flesso-torsionale, calcolato considerando la sezione lorda del profilo e i ritegni torsionali nell'ipotesi di diagramma di momento flettente uniforme;

α_{LT} : fattore di imperfezione ottenuto dalle indicazioni riportate nella Tabella 4.2.IX (a) in base alle curve di stabilità definite nella Tabella 4.2.IX (b);

$\bar{\lambda}_{LT,0}$: assunto pari a 0.4;

β : assunto pari ad 0.75.

Il fattore f considera la reale distribuzione del momento flettente tra i ritegni torsionali dell'elemento inflesso ed è definito dalla formula:

$$f = 1 - 0.5\,(1 - k_c)[1 - 2.0\,(\bar{\lambda}_{LT} - 0.8)^2]$$

dove il fattore correttivo k_c assume i valori riportati nella Tabella 4.2.X contenuta all'interno delle NTC 2018.

Il fattore di sicurezza, ossia l'indice di quanto la verifica sia lontana dal caso limite, viene così calcolato:

$$F.S. = \left(\frac{1}{\mathrm{SFR}}\right) \geq 1$$

Nei criteri di progetto è possibile scegliere la modalità di calcolo del coefficiente β per il calcolo della snellezza. Sono presenti due diverse opzioni:

- β da geometria
- β valore utente

Nel primo caso il software stabilisce le condizioni di vincolo mediante un algoritmo che considera la presenza degli elementi direttamente collegati e il tipo di vincoli esterni ed interni. Nel caso di valore utente, è possibile assegnare il valore desiderato differenziandolo per i due piani di inflessione dell'elemento.

6.2.3.4 Taglio dei pannelli d'anima

I pannelli d'anima degli elementi strutturali, laminati oppure realizzati in soluzione composta saldata, devono essere verificati nei confronti dei fenomeni di instabilità dell'equilibrio allo stato limite ultimo (vedi C4.2.4.1.3.4.1 – C.7 e UNI EN 1993-1-5:2007).

I pannelli d'anima rettangolari non irrigiditi delle travi a pareti piene devono essere verificati nei riguardi dell'instabilità per taglio quando il rapporto altezza spessore supera il valore:

$$\frac{h_w}{t} \geq \frac{72}{\eta}\,\varepsilon$$

mentre i pannelli irrigiditi vanno verificati se:

$$\frac{h_w}{t} \geq \frac{31}{\eta}\,\varepsilon\,\sqrt{k_\tau}$$

essendo:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} \quad con\ f_y\ in\ \frac{N}{mm^2}$$

η è un coefficiente che vale 1.0 oppure 1.2 in funzione della normativa di riferimento e della classe di acciaio del pannello;

k_τ è il minimo coefficiente di instabilità per taglio del pannello;

h_w e t sono rispettivamente l'altezza e lo spessore del pannello;

La resistenza all'instabilità per taglio di un pannello d'anima privo di irrigidimenti intermedi è espressa da:

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq \frac{\eta\, f_{yw} h_w\, t}{\sqrt{3}\gamma_{M1}}$$

Il contributo resistente dell'anima $V_{bw,Rd}$ si calcola tramite la formula seguente:

$$V_{bw,Rd} = \frac{X_w\, f_{yw}\, h_w\, t}{\sqrt{3}\gamma_{M1}}$$

Il contributo resistente delle ali (piattabande) $V_{bf,Rd}$ si calcola, invece, tramite la formula seguente:

$$V_{bf,Rd} = \frac{b_f\, t_f^2 f_{yf}}{a\left(0.25 + \frac{1.6\, b_f\, t_f^2 f_{yf}}{t\, h_w^2 f_{yw}}\right)\gamma_{M1}}\left[1 - \frac{M_{Ed}}{M_{f,rd}}\right]$$

dove il momento resistente di progetto ridotto della sezione costituita dalle aree efficaci delle sole piattabande inferiore e superiore, che tiene conto dell'eventuale presenza dello sforzo normale di progetto N_{Ed} può essere espresso tramite:

$$M_{f,rd} = \frac{M_{fk}}{\gamma_{M0}}\left(1 - \frac{N_{Ed}\gamma_{M0}}{(A_{fi} + A_{fs})f_{yf}}\right)$$

in cui:

h_w : Altezza del pannello;

t : Spessore del pannello;

a : Larghezza del pannello;

$V_{bw,Rd}$: Contributo resistente dell'anima;

$V_{bf,Rd}$: Contributo resistente delle ali (piattabande);

f_{yw} : Valore di snervamento dell'acciaio dei pannelli d'anima;

b_f : Larghezza dell'ala;

t_f : Spessore della piattabanda;

h : Altezza totale della sezione (comprese le ali);

A_{fs} : Area efficace della sola piattabanda superiore;

A_{fi} : Area efficace della sola piattabanda inferiore;

Il coefficiente χ_w (vedi la tabella seguente) dipende dalla rigidezza del montante d'appoggio: un montante d'appoggio costituito da due coppie di piatti simmetrici rispetto al piano dell'anima, poste a distanza longitudinale $e > 0.1\, h_w$, e tali che l'area di ciascuna coppia di piatti sia almeno uguale a $(4\, h_w t^2)/e$ può essere considerato rigido, negli altri casi il montante d'appoggio deve essere considerato non rigido.

Coefficiente di snellezza	Coefficiente per montanti d'appoggio rigidi	Coefficiente per gli altri casi
$\lambda_w < 0.83/\eta$	η	η
$(0.83/\eta) \leq \lambda_w < 1.08$	$0.83/\lambda_w$	$0.83/\lambda_w$

$\lambda_w \geq 1.08$	$1.37/(0.7+\bar{\lambda}_w)$	$0.83/\lambda_w$

Il parametro di snellezza λ_w è dato dalla formula:

$$\lambda_w = 0.76\sqrt{\frac{f_{yw}}{\tau_{cr}}}$$

dove la tensione tangenziale critica vale:

$$\tau_{cr} = K_\tau \sigma_E$$

in cui:

σ_E è la tensione critica euleriana, che per un piatto di altezza h_w e spessore t è data da:

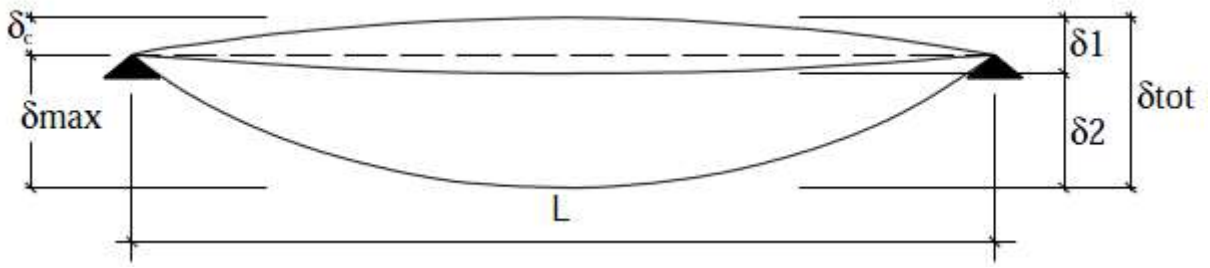
$$\sigma_E = \frac{\pi^2 E t^2}{12(1-v^2)h_w} = 19000\left(\frac{t}{h_w}\right)^2 \quad [MPa]$$

K_τ dipende dalla presenza e dal numero degli irrigiditori longitudinali e per ognuno di tali casi viene fornito dalla normativa.

6.2.4 Verifiche di deformabilità

Il valore totale dello spostamento ortogonale all'asse dell'elemento è definito come:

$$\delta_{tot} = \delta_1 + \delta_2$$



essendo:

- δ_C la monta iniziale della trave;
- δ_1 lo spostamento elastico dovuto ai carichi permanenti;
- δ_2 lo spostamento elastico dovuto ai carichi variabili;
- δ_{max} lo spostamento nello stato finale, depurato dalla monta iniziale = $\delta_{tot} - \delta_C$;

6.2.5 Verifica degli spostamenti laterali

Ai sensi del punto 4.2.4.2.2 delle NTC 2018 vengono controllati gli spostamenti laterali alle sommità delle colonne per le combinazioni SLE. Gli spostamenti devono limitarsi ad una frazione dell'altezza della colonna e dell'altezza complessiva dell'edificio. Il valore limite deve essere valutato sulla base degli effetti sugli elementi portati, della qualità del confort richiesto alla costruzione e delle eventuali implicazioni di una eccessiva deformabilità sul valore dei carichi agenti.

6.2.6 Spostamenti relativi (RIG)

Ai sensi del punto 7.3.6.1 (Verifiche di rigidezza) delle NTC 2018 viene verificato che l'azione sismica di progetto non produca sugli elementi costruttivi senza funzione strutturale danni tali da rendere la costruzione temporaneamente inagibile. Per gli edifici in classe I e II, questa verifica si ritiene soddisfatta se gli spostamenti d'interpiano calcolati allo SLD sono inferiori al valore limite, funzione del tipo di elementi non strutturali presenti. Per edifici in classe d'uso III e IV il controllo viene effettuato allo SLO e gli spostamenti d'interpiano devono essere inferiori ai 2/3 dei limiti indicati per lo SLD.

6.2.7 Verifiche di duttilità

Ai sensi del punto 7.5.3.2, in ogni zona o elemento dissipativo si deve garantire una capacità in duttilità superiore alla corrispondente domanda in duttilità.

La verifica deve essere effettuata adottando le misure di deformazione adeguate ai meccanismi duttili previsti per le diverse tipologie strutturali.

La verifica di duttilità si ritiene comunque soddisfatta qualora siano rispettate, in funzione della classe di duttilità e del valore di base del fattore di comportamento q_0 utilizzato in fase di progetto, le prescrizioni relative alle classi di sezioni trasversali per le zone/elementi dissipativi riportate in Tab. 7.5.I nonchè le prescrizioni specifiche relative a ciascuna tipologia strutturale e sia soddisfatta, per le sezioni delle colonne primarie delle strutture a telaio in cui si prevede la formazione di zone dissipative, la relazione:

$$N_{Ed}/N_{pl,Rd} \leq 0{,}3$$

dove N_{Ed} è il valore della domanda a sforzo normale e $N_{pl,Rd}$ è il valore della capacità a sforzo normale determinata secondo criteri di cui al par. 4.2.4.1.2.

Tab. 7.5.I - *Classe della sezione trasversale di elementi dissipativi in funzione della classe di duttilità e di q_0*

Classe di duttilità	Valore di base q_0 del fattore di comportamento	Classe di sezione trasversale richiesta
CD "B"	$2 < q_0 \leq 4$	Classe 1 o 2
CD "A"	$q_0 > 4$	Classe 1

6.2.8 Gerarchia delle resistenze

Per assicurare lo sviluppo del meccanismo globale dissipativo è stata rispettata la gerarchia delle resistenze tra la trave e la colonna. Inoltre sono state rispettate tutte le regole di dettaglio previste nelle NTC, e per ogni nodo colonna-trave è stata verificata la seguente condizione:

$$\sum M_{C,pl,Rd} \geq \gamma_{RD} \sum M_{b,pl,Rd}$$

dove:

γ_{RD} = 1,3 per strutture in classe CD"A" e CD"B";

$M_{C,pl,Rd}$ = momento resistente della colonna calcolato per i livelli di sollecitazione assiale presenti nella colonna nelle combinazioni sismiche delle azioni;

$M_{b,pl,Rd}$ = momento resistente delle travi che convergono nel nodo trave-colonna.

6.3 Elementi in legno

Gli elementi in legno vengono verificate agli stati limite secondo le indicazioni delle NTC 2018 e dell' Eurocodice 5. La verifica degli elementi in legno riguarda esclusivamente la restituzione dei coefficienti di sicurezza relativamente ai controlli effettuati.

Come indicato nelle citate Normative, le verifiche eseguite sono le seguenti:

- Verifiche di resistenza si suddividono in:
  - Verifica di resistenza a trazione;
  - Verifica di resistenza a compressione;
  - Verifica di resistenza a flessione;
  - Verifica di resistenza a tensoflessione;
  - Verifica di resistenza a pressoflessione;
  - Verifica di resistenza a taglio;
  - Verifica di resistenza a torsione;
  - Verifica di resistenza a taglio e torsione;
- Verifiche di stabilità si suddividono in:
  - Verifiche di stabilità per elementi inflessi (instabilità di trave);
  - Verifiche di stabilità per elementi compressi (instabilità di colonna);
- Verifiche di deformabilità delle aste.

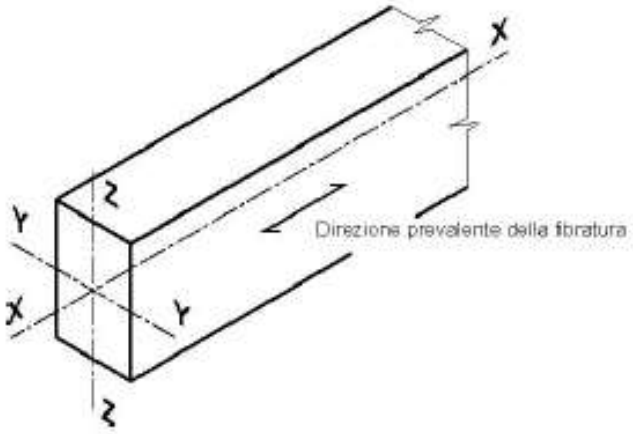
6.3.1 Verifiche di resistenza

Le verifiche di resistenza degli elementi in legno vengono eseguite nel rispetto dell'Eurocodice 5 e del punto 4.4.8.1 delle NCT 2018.

Le tensioni interne si possono calcolare nell'ipotesi di conservazione delle sezioni piane e di una relazione lineare tra tensioni e deformazioni fino alla rottura.

Le prescrizioni del presente paragrafo delle NTC 2018 si riferiscono alla verifica di resistenza di elementi strutturali in legno massiccio o di prodotti derivati dal legno aventi direzione della fibratura coincidente sostanzialmente con il proprio asse longitudinale e sezione trasversale costante, soggetti a sforzi agenti prevalentemente lungo uno o più assi principali dell'elemento stesso.

A causa dell'anisotropia del materiale, le verifiche degli stati tensionali di trazione e compressione si devono eseguire tenendo conto dell'angolo tra direzione della fibratura e direzione della tensione.



6.3.1.1 Trazione

Nel caso di azioni di trazione viene controllato che la seguente condizione sia sempre soddisfatta:

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d}$$

dove:

$\sigma_{t,0,d}$ è la tensione di progetto a trazione parallela alla fibratura valutata sulla sezione netta;

$f_{t,0,d}$ è la corrispondente resistenza di progetto determinata tenendo conto anche delle

dimensioni della sezione trasversale mediante il coefficiente K_h, come definito al §11.7.1.1 delle NTC;

6.3.1.2 Compressione

Nel caso di azioni di compressione viene controllato che la seguente condizione sia sempre soddisfatta:

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d}$$

dove:

$\sigma_{c,0,d}$ è la tensione di progetto a compressione parallela alla fibratura;

$f_{c,0,d}$ è la corrispondente resistenza di progetto;

6.3.1.3 Flessione

Nel caso di azioni flettenti viene controllato che le due seguenti condizioni siano sempre soddisfatte:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

dove:

$\sigma_{m,y,d}$ e $\sigma_{m,z,d}$ sono le tensioni di progetto massime per flessione rispettivamente nei piani xz e xy determinate assumendo una distribuzione elastico lineare delle tensioni sulla sezione;

$f_{m,y,d}$ e $f_{m,z,d}$ sono le corrispondenti resistenze di progetto a flessione, determinate tenendo conto anche delle dimensioni della sezione trasversale mediante il coefficiente K_h, come definito al §11.7.1.1 delle NTC;

I valori da adottare per il coefficiente K_m, che tiene conto convenzionalmente della ridistribuzione delle tensioni e della disomogeneità del materiale nelle sezione trasversale, sono:

- k_m = 0,7 per sezioni trasversali rettangolari;
- k_m = 1,0 per altre sezioni trasversali;

6.3.1.4 Tensoflessione

Nel caso di sforzo normale di trazione, accompagnato da sollecitazioni di flessione attorno ai due assi principali dell'elemento strutturale, viene controllato che entrambe le seguenti condizioni siano soddisfatte:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

dove:

$\sigma_{t,0,d}$ è la tensione di progetto a trazione parallela alla fibratura;

$\sigma_{m,y,d}$ e $\sigma_{m,z,d}$ sono le tensioni di progetto massime per flessione rispettivamente nei piani xz e xy ;

$f_{t,0,d}$ è la tensione di calcolo a trazione parallela alla fibratura;

$f_{m,y,d}$ e $f_{m,z,d}$ sono le corrispondenti resistenze di progetto a flessione;

$$k_m \begin{cases} 1,0 & per\ sezioni\ rettangolari \\ 0,7 & per\ altre\ sezioni \end{cases}$$

6.3.1.5 Pressoflessione

Nel caso di sforzo normale di compressione, accompagnato da sollecitazioni di flessione attorno ai due assi principali dell'elemento strutturale, viene controllato che entrambe le seguenti condizioni siano soddisfatte:

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

dove:

$\sigma_{c,0,d}$ è la tensione di progetto a compressione parallela alla fibratura;

$\sigma_{m,y,d}$ e $\sigma_{m,z,d}$ sono le tensioni di progetto massime per flessione rispettivamente nei piani xz e xy ;

$f_{c,0,d}$ è la tensione di calcolo a compressione parallela alla fibratura;

$f_{m,y,d}$ e $f_{m,z,d}$ sono le corrispondenti resistenze di progetto a flessione;

$$k_m \begin{cases} 1{,}0 & per\ sezioni\ rettangolari \\ 0{,}7 & per\ altre\ sezioni \end{cases}$$

6.3.1.6 Taglio

Nel caso di azioni taglianti viene controllato il rispetto della seguente condizione:

$$\tau_d \leq f_{v,d}$$

dove:

τ_d è la massima tensione tangenziale di progetto, valutata secondo la teoria di Jourawski, considerando una larghezza di trave opportunamente ridotta per la presenza di eventuali fessurazioni;

$f_{v,d}$ è la corrispondente resistenza di progetto a taglio;

6.3.1.7 Torsione

Nel caso di azioni torcenti viene controllato il rispetto della seguente condizione:

$$\tau_{tor,d} \leq k_{sh}\, f_{v,d}$$

dove:

$\tau_{tor,d}$ è la massima tensione tangenziale di progetto per torsione;

k_{sh} è un coefficiente che tiene conto della forma della sezione trasversale;

$f_{v,d}$ è la resistenza di progetto a taglio;

Per il coefficiente k_{sh} si assumeranno i seguenti valori in funzione della geometria della sezione trasversale:

$k_{sh} = 1.2$ per sezioni circolari piene;

$k_{sh} = 1 + 0.15\, h/b \leq 2$ per sezioni rettangolari piene, di lati $b\ e\ h, b \leq h$;

$k_{sh} = 1$ altri tipi di sezione;

6.3.1.8 Taglio e torsione

Nel caso di torsione, accompagnata da taglio, si può eseguire una verifica combinata adottando la formula di interazione:

$$\frac{\tau_{tor,d}}{k_{sh}\, f_{v,d}} + \left(\frac{\tau_d}{f_{v,d}}\right)^2 \leq 1$$

dove il significato dei simboli è già stato descritto nei punti precedenti corrispondenti alle verifiche a taglio e a torsione.

6.3.2 Verifiche di stabilità

Oltre alle verifiche di resistenza vengono eseguite anche le verifiche necessarie ad accertare la sicurezza della struttura o delle singole membrature nei confronti di possibili fenomeni di instabilità, quali lo svergolamento delle travi inflesse (instabilità flesso-torsionale) e lo sbandamento laterale degli elementi compressi o pressoinflessi.

Nella valutazione della sicurezza all'instabilità si è tenuto conto, per il calcolo delle tensioni per flessione, anche della curvatura iniziale dell'elemento, dell'eccentricità del carico assiale e delle eventuali deformazioni (frecce o controfrecce) imposte.

Per queste verifiche si sono utilizzati i valori caratteristici al frattile 5% per i moduli elastici dei materiali.

6.3.2.1 Elementi inflessi (instabilità di trave)

Nel caso di flessione semplice, con momento flettente agente attorno all'asse forte y della sezione (cioè nel piano ortogonale a quello di possibile svergolamento), con riferimento alla tensione dovuta al massimo momento agente nel tratto di trave compreso tra due successivi ritegni torsionali, si è controllato che sia sempre soddisfatta la relazione:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit,m} f_{m,d}} \leq 1$$

dove:

$\sigma_{m,d}$ è la tensione di progetto massima per flessione;

$k_{crit,m}$ è il coefficiente riduttivo di tensione critica per instabilità di trave, per tener conto della riduzione di resistenza dovuta allo sbandamento laterale;

$f_{m,d}$ è la resistenza di progetto a flessione, determinata tenendo conto anche delle dimensioni della sezione trasversale mediante il coefficiente k_h;

Per travi aventi una deviazione laterale iniziale rispetto alla rettilineità nei limiti di accettabilità del prodotto, si sono assunti i seguenti valori del coefficiente di tensione critica $k_{crit,m}$:

$$k_{crit,m} = \begin{cases} 1 & per\ \lambda_{rel,m} \leq 0.75 \\ 1.56 - 0.75\,\lambda_{rel,m} & per\ 0.75 < \lambda_{rel,m} \leq 1.4 \\ 1/\lambda_{rel,m}^2 & per\ 1.4 < \lambda_{rel,m} \end{cases}$$

dove:

$\lambda_{rel,m}$ è la snellezza relativa di trave calcolata come di seguito illustrato:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{f_{m,k}/\sigma_{m,crit}}$$

$f_{m,k}$ è la resistenza caratteristica a flessione (§11.7.1.1 delle NTC);

$\sigma_{m,crit}$ è la tensione critica per flessione calcolata secondo la teoria classica della stabilità, con i valori dei moduli elastici caratteristici (frattile 5%) (§11.7.1.1 delle NTC);

Nei criteri di progetto è possibile scegliere la modalità di calcolo del coefficiente β per il calcolo della snellezza. Sono presenti due diverse opzioni:

- β da geometria
- β valore utente

Nel primo caso il software stabilisce le condizioni di vincolo mediante un algoritmo che considera la presenza degli elementi direttamente collegati e il tipo di vincoli esterni ed interni. Nel caso di valore utente, è possibile assegnare il valore desiderato differenziandolo per i due piani di inflessione dell'elemento.

6.3.2.2 Elementi compressi (instabilità di colonna)

Nel caso di asta soggetta solo a sforzo normale è stato verificato che sia sempre soddisfatta la condizione:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{crit,c}\, f_{c,0,d}} \leq 1$$

dove:

$\sigma_{c,0,d}$ è la tensione di compressione di progetto per sforzo normale;

$f_{c,0,d}$ è la resistenza di progetto a compressione;

$k_{crit,c}$ è il coefficiente riduttivo di tensione critica per instabilità di colonna valutato per il piano in cui assume il valore minimo;

Il coefficiente riduttivo $k_{crit,c}$ si calcola in funzione della snellezza relativa di colonna $\lambda_{rel,c}$, che vale:

$$\lambda_{rel,c} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}} = \frac{\lambda}{\pi}\sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$$

dove:

$f_{c,0,k}$ è la resistenza caratteristica a compressione parallela alla fibratura;

$\sigma_{c,crit}$ è la tensione critica calcolata secondo la teoria classica della stabilità, con i valori dei moduli elastici caratteristici (frattile 5%);

λ è la snellezza dell'elemento strutturale valutata per il piano in cui essa assume il valore massimo;

Quando $\lambda_{rel,c} \leq 0.3$ si è posto $k_{crit,c} = 1$, altrimenti si è posto:

$$k_{crit,c} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}}$$

con:

$$k = 0.5\left(1 + \beta_c\left(\lambda_{rel,c} - 0.3\right) + \lambda_{rel,c}^2\right)$$

β_c è un coefficiente di imperfezione, che, se gli elementi rientrano nei limiti di rettilineità definiti nel §4.4.15 delle NTC, può assumere i seguenti valori:

- per legno massiccio $\beta_c = 0.2;$
- per legno lamellare $\beta_c = 0.1;$

Nei criteri di progetto è possibile scegliere la modalità di calcolo del coefficiente β per il calcolo della snellezza. Sono presenti due diverse opzioni:

- β da geometria
- β valore utente

Nel primo caso il software stabilisce le condizioni di vincolo mediante un algoritmo che considera la presenza degli elementi direttamente collegati e il tipo di vincoli esterni ed interni. Nel caso di valore utente, è possibile assegnare il valore desiderato differenziandolo per i due piani di inflessione dell'elemento.

6.3.3 Verifiche di deformabilità

Le deformazioni della struttura, dovute agli effetti delle azioni applicate, sono state controllate affinché siano contenute entro limiti accettabili, sia in relazione ai danni che possono essere indotti ai materiali di rivestimento, ai pavimenti, alle tramezzature e, più in generale, alle finiture, sia in relazione ai requisiti estetici ed alla funzionalità dell'opera.

Nel fare ciò, si sono valutate sia la deformazione istantanea U_i e sia la deformazione a lungo termine U_f.

La deformazione istantanea U_i si è calcolata utilizzando i valori medi dei moduli elastici per le membrature e il valore istantaneo del modulo di scorrimento dei collegamenti.

La deformazione a lungo termine U_f si è calcolata utilizzando i valori medi dei moduli elastici ridotti opportunamente mediante il fattore $1/(1+k_{def})$, per le membrature, e utilizzando eventualmente un valore ridotto nello stesso modo del modulo di scorrimento dei collegamenti.

Il coefficiente k_{def} tiene conto dell'aumento di deformabilità con il tempo causato dall'effetto combinato della viscosità, dell'umidità del materiale e delle sue variazioni. I valori di k_{def} sono riportati nella Tab. 4.4.V. delle NTC .

La freccia (valore dello spostamento ortogonale all'asse dell'elemento) netta $U_{f,n}$ di un elemento inflesso è data dalla somma della freccia dovuta ai soli carichi permanenti, della freccia dovuta ai soli carichi variabili, dedotta dalla eventuale controfreccia U_{ctf} (se presente).

I valori limite di confronto $U_{i,lim}$, $U_{f,lim}$ e $U_{f,n,lim}$ rispettivamente impiegati per la verifica delle frecce istantanea, finale e finale netta, sono ricavati dividendo la lunghezza dell'elemento ligneo per un valore specifico suggerito dalla stessa normativa.

6.4 Tamponature

6.4.1 Verifica sismica

Per ogni pannello di tamponatura, l'azione sismica fuori piano è stata calcolata considerando le indicazioni del paragrafo 7.2.3 delle NTC. La formulazione utilizzata è la seguente:

$$F_s = \frac{S_a \cdot W}{q_a}$$

dove:

S_a : accelerazione massima, adimensionalizzata rispetto a quella di gravità, che l'elemento non strutturale subisce durante il sisma e corrisponde allo stato limite in esame, pari a:

$$S_a(T_a) = \begin{cases} \alpha \cdot S \cdot (1 + z/H) \cdot \left[\dfrac{a_p}{1 + (a_p - 1)\left(1 - {}^{T_a}/_{a * T_1}\right)^2} \right] \geq \alpha \cdot S & per\ T_a < a \cdot T_1 \\ \alpha \cdot S \cdot (1 + z/H) \cdot a_p & per\ a \cdot T_1 < T_a < b \cdot T_1 \\ \alpha \cdot S \cdot (1 + z/H) \cdot \left[\dfrac{a_p}{1 + (a_p - 1)\left(1 - {}^{T_a}/_{b * T_1}\right)^2} \right] \geq \alpha \cdot S & per\ T_a \geq b \cdot T_1 \end{cases}$$

	a	B	a_p
$T_1 < 0{,}5\ s$	0.8	1,4	5,0
$0{,}5\ s < T_1 < 1{,}0\ s$	0.3	1,2	4,0
$T_1 > 1{,}0\ s$	0.3	1,0	2,5

S_s : coefficiente che tiene conto della categoria del sottosuolo, pari a:

Categoria sottosuolo	S_s
A	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40\ F\ a_g/g \leq 1.20$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60\ F\ a_g/g \leq 1.50$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50\ F\ a_g/g \leq 1.80$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10\ F\ a_g/g \leq 1.60$

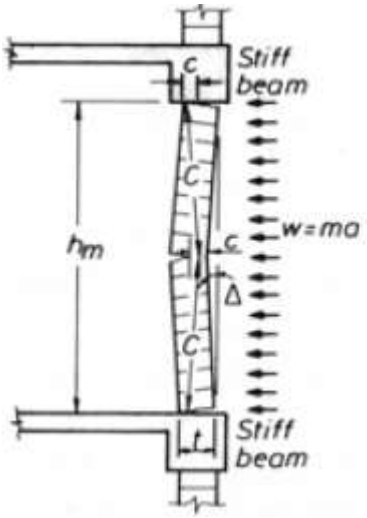
S_t: coefficiente che tiene conto della categoria topografica, pari a:

Categoria topografica	S_t
T1	1.00
T2	1.20
T3	1.20
T4	1.40

T : periodo fondamentale di vibrazione dell'elemento non strutturale;
Wa : peso dell'elemento;
T1 : periodo fondamentale di vibrazione della costruzione;
Z : quota del baricentro della tamponatura;
H : altezza della costruzione;
qa : fattore di struttura dell'elemento;
Fs : forza sismica agente sull'elemento;

I pannelli rigidamente connessi, ovvero che interferiscono con la deformabilità della struttura, vengono verificati, utilizzando l'azione sismica "fuori piano", ipotizzando lo schema "dell'articolazione", tenendo conto del meccanismo resistente ad arco (Paulay, T., & Priestley, M. J. N., "Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings", John Wiley & Sons, 1992), in base al quale sotto l'azione "fuori piano" si formano delle cerniere agli estremi del pannello e in mezzeria.

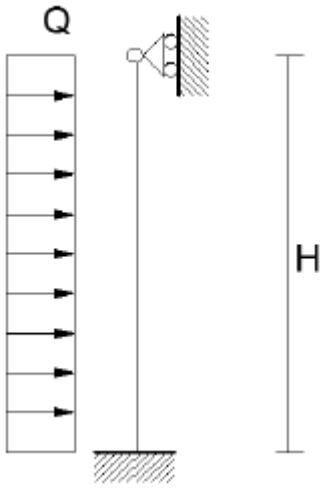
Il modello utilizzato è applicabile per le tamponature interamente confinate dal telaio in c.a., grazie al meccanismo di resistenza "ad arco" che si oppone all'espulsione fuori dal piano.



I parapetti vengono, invece, verificati come una mensola incastrata alla base e considerando, dopo la rottura, l'equilibrio a ribaltamento della stessa.

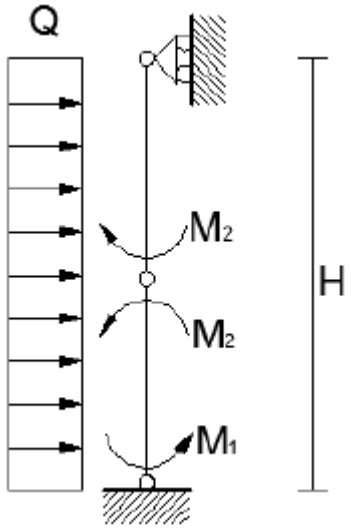
La verifica verrà effettuata confrontando il valore resistente della forza orizzontale (relativa allo schema di plasticizzazione) con la forza sismica agente sul pannello. La forza resistente viene calcolata mediante l'analisi plastica del modello iniziale vincolato con:

- Cerniera in testa;
- Incastro al piede.



Il modello finale, equilibrato dai momenti resistenti applicati al piede e in mezzeria presenta i seguenti vincoli:

- Cerniera in testa;
- Cerniera in mezzeria;
- Cerniera al piede.



Il carico massimo Q viene calcolato per equilibrio con le condizioni di plasticizzazione del modello:

$$Q = \frac{4}{H^2}(M_1 + 2 \cdot M_2)$$

dove :

H	: altezza della parete;
M1	: momento resistente al piede calcolato in funzione di Wa.
M2	: momento resistente in mezzeria calcolato in funzione di Wa / 2.

La verifica all'azione sismica ha esito positivo se:

$$F_s \leq F_u$$

dove :

Fs	: forza sismica agente sul tamponamento;
Fu	: forza massima resistente del meccanismo di collasso del tamponamento;

I momenti resistenti sono calcolati mediante la seguente relazione:

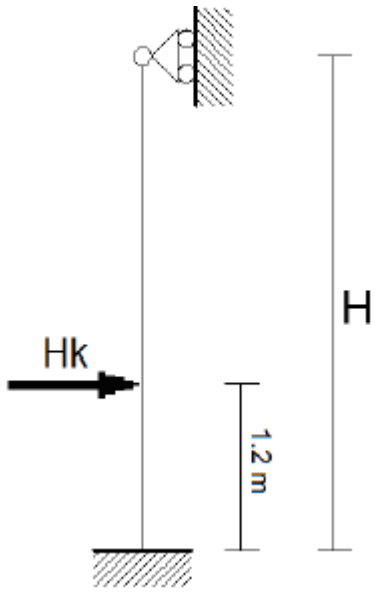
$$M_r = \left(\frac{t^2 \cdot l_c \cdot \sigma_0}{2}\right)\left(1 - \frac{\sigma_0}{0.85 \cdot f_m}\right)$$

dove:

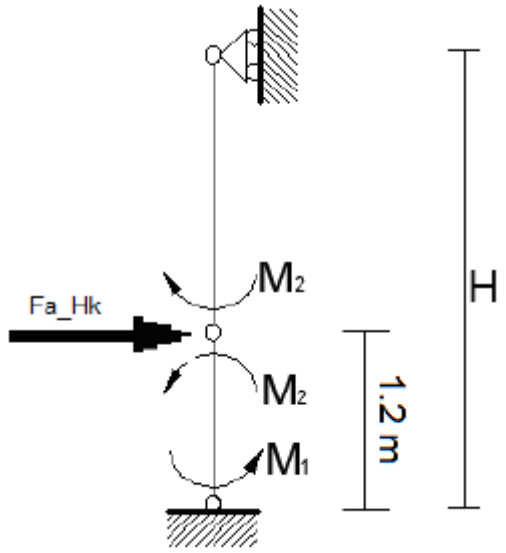
t	: spessore della sezione da verificare considerando gli strati "connessi";
lc	: lunghezza della sezione da verificare;
σ0	: tensione media agente sulla sezione calcolata come N / lt;
fm	: resistenza unitaria della muratura;

6.4.2 Verifica a carichi orizzontali Hk

Nel caso di analisi relativa alla forza orizzontale Hk (punto 3.1.4 NTC), posta alla quota di 1.20 m dalla base dell'elemento, il modello di partenza utilizzato è il seguente:



Il carico massimo Fu_Hk viene calcolato per equilibrio con le condizioni di plasticizzazione del modello:



$$F_u_H_k = \frac{1}{d}\left(M_1 + \frac{M_2 \cdot H}{(H-d)}\right)$$

dove:

d	: distanza dalla base (1,2 m);
H	: altezza della parete;
M1	: momento resistente al piede calcolato in funzione di Wa;
M2	: momento resistente in mezzeria calcolato in funzione di Wa (H-d) / H.

La verifica ai carichi orizzontali Hk ha esito positivo se:

$$H_k \leq F_u_H_k$$

I momenti resistenti sono calcolati mediante la seguente relazione:

$$M_r = \left(\frac{t^2 \cdot l_c \cdot \sigma_0}{2}\right)\left(1 - \frac{\sigma_0}{0.85 \cdot f_m}\right)$$

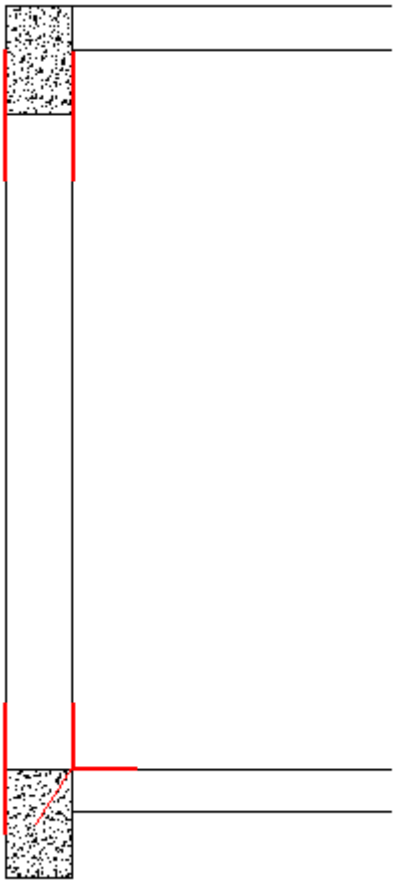
dove:

t	: spessore della sezione da verificare considerando gli strati "connessi";

lc : lunghezza della sezione da verificare;
σ0 : tensione media agente sulla sezione calcolata come N / lt;
fm : resistenza unitaria della muratura;

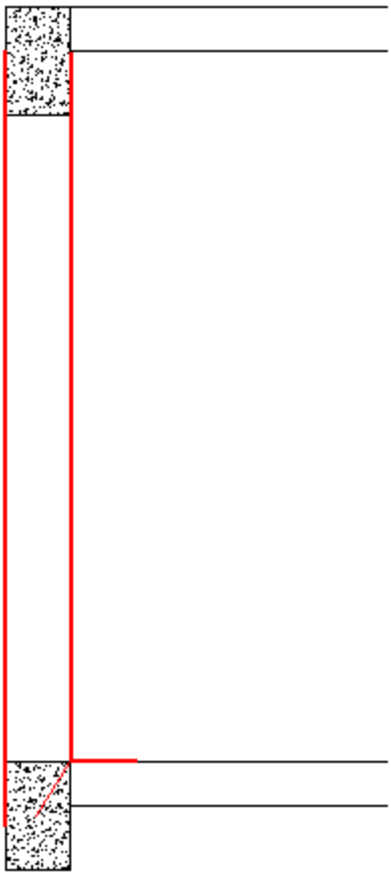
6.4.3 Rinforzi

L'applicazione dei rinforzi agisce direttamente sul valore del momento ultimo della sezione nella quale è applicato. Nel caso di rinforzo **"Solo bordi"** il software applica i rinforzi secondo il seguente schema:



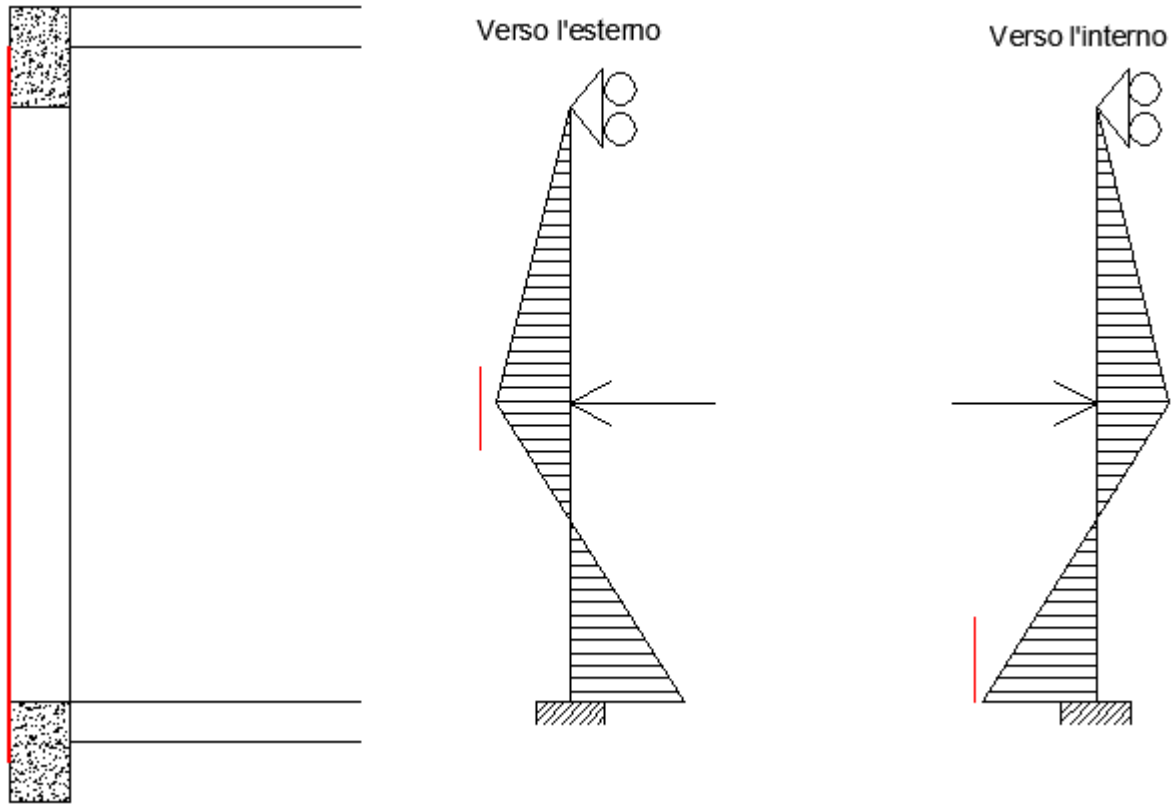
In questo caso si avrà incremento di resistenza solo alle **sezioni di estremità**, mentre in mezzeria non ci sarà incremento. In questo caso si avrà comunque un aumento della forza resistente Fu in base alle indicazioni riportate nei cenni teorici della "Verifica sismica".

Nel caso di intervento **"diffuso"** su tutta la tamponatura, l'incremento di resistenza sarà relativo sia al piede che in mezzeria:



I due interventi precedenti sono applicati **su entrambe le facce** della tamponatura e pertanto comportano lo stesso incremento per entrambi i versi di applicazione dell'azione ribaltante.

Nel caso della tipologia di applicazione "diffusa" è possibile selezionare l'opzione **"Solo esterno"**. In questo caso l'incremento di resistenza è diverso per i due versi:



Verso l'esterno l'incremento è relativo alla resistenza a flessione in mezzeria, verso l'interno invece verrà considerato solo al piede. La resistenza dell'intero pannello Fu è data dalla minore delle due configurazioni. In generale la resistenza minore si ha nel caso di rottura con forza verso l'interno.

Verifica a ribaltamento

Per le tamponature alle quali è applicato il rinforzo antiribaltamento si effettua la verifica dell'ancoraggio per adesione mediante sistema FRCM, considerando il solo ancoraggio superiore per il meccanismo di ribaltamento semplice:

$F_{T,rib}$: Forza di trazione totale in testa per ribaltamento rigido;
l_a : Lunghezza di sovrapposizione con gli elementi strutturali adiacenti;
σ_{ad} : Tensione di adesione al supporto (calcestruzzo);
σ_{rib} : Tensione massima agente in testa per ribaltamento.

La forza di trazione agente in testa, viene calcolata considerando il punto di applicazione e il braccio delle forze in gioco, mediante la seguente formula:

$$F_{T,rib} = 0.5\ F_s$$

La tensione agente sulla trave superiore è la seguente:

$$\sigma_{rib} = \frac{F_{T,rib}}{L_c\ l_a}$$

A vantaggio di sicurezza viene trascurata la connessione laterale con gli eventuali pilastri adiacenti.

Affinchè la verifica sia superata la tensione di adesione deve risultare superiore a quella agente.

6.5 Verifica a scorrimento/ribaltamento

Il software elabora le verifiche di equilibrio relativamente all combinazioni SLV. Le sollecitazioni instabilizzanti vengono calcolate ad una determinata quota scelta dall'utente. Il calcolo delle sollecitazioni vengono effettuata utilizzando il modello agli elementi finiti mediante una sezione di taglio (SectionCut).

6.5.1 Verifica a scorrimento SLV

La verifica allo scorrimento sul piano di posa delle fondazione della struttura in oggetto consiste nell'imporre l'equilibrio alla traslazione orizzontale tra tutte le forze instabilizzanti e resistenti che intervengono nel problema.
La verifica risulta soddisfatta se le azioni stabilizzanti garantiscono un margine di sicurezza maggiore o uguale al coefficiente parziale γ_R pari ad 1.1.
La verifica a scorrimento è stata effettuata sulla base delle azioni di calcolo agenti sulla struttura considerando il sisma e tue le azioni agenti rispettivamente lungo le due direzioni orizzontali principali globali.
Considerando inoltre i dati geometrici delle strutture di fondazione, i dati geologici ed i parametri geotecnici, seguendo le indicazioni della normativa di riferimento (punti 6.4.2.1 e 7.11.5.3.1 delle N.T.C.) si valutano le azioni resistenti allo scorrimento.
Si definisce F_{scor} la risultante delle forze agenti e Rd la risultante delle forze resistenti, entrambi agenti in direzione parallela al piano di posa. La verifica viene effettuata mediante la relazione:

$$F_{Scor} \leq N_{Stab} \cdot tan(\delta) + Ad \cdot A_{Cont}$$

dove:

- F_{Scor}: risultante delle forze di scorrimento agenti
- N_{Stab}: risultante delle azioni stabilizzanti;
- δ: angolo di attrito tra l'intradosso delle fondazioni ed il piano di posa delle stesse;
- Ad: aderenza tra fondazione-terreno su tutta l'area di contatto;
- A_{Cont}: area di contatto di tutte le fondazioni superficiali;

6.5.2 Verifica a ribaltamento SLV

La verifica a ribaltamento consiste nel valutare lo stato limite di equilibrio come corpo rigido della struttura determinando il margine di sicurezza alla rotazione intorno ad un punto posto sul bordo della struttura.
La verifica risulta soddisfatta se le azioni stabilizzanti rispetto a quelle ribaltanti garantiscono un margine di sicurezza maggiore o uguale al coefficiente parziale γ_R pari ad 1.0 dato del rapporto tra (MStab/γ_R)e MRib.
La verifica a ribaltamento è stata effettuata sulla base delle azioni di calcolo agenti sulla struttura considerando il sisma agente rispettivamente lungo due direzioni ortogonali, seguendo le indicazioni della normativa di riferimento (punto 2.6.1 delle N.T.C.).
La verifica viene effettuata mediante la relazione:

$$M_{Rib} = F_{Rib} \cdot b_{Rib} \leq N_{Stab} \cdot b_{Stab}$$

dove:

- F_{Rib}: risultante delle forze ribaltanti in direzione parallela al piano di posa;
- b_{Rib}: braccio della risultante delle forze ribaltanti;
- N_{Stab}: risultante delle azioni stabilizzanti;
- b_{Stab}: braccio della forza stabilizzante rispetto al punto di rotazione;

Per entrambe le verifiche viene trascurato il contributo della spinta passiva e l'affondamento della fondazione.

6.6 Effetti delle non linearità geometrica

Le non linearità geometriche sono prese in conto attraverso il fattore θ che, in assenza di più accurate determinazioni, può essere definito come:

$$\theta = \frac{P\ d_{Er}}{V\ h}$$

nella quale:

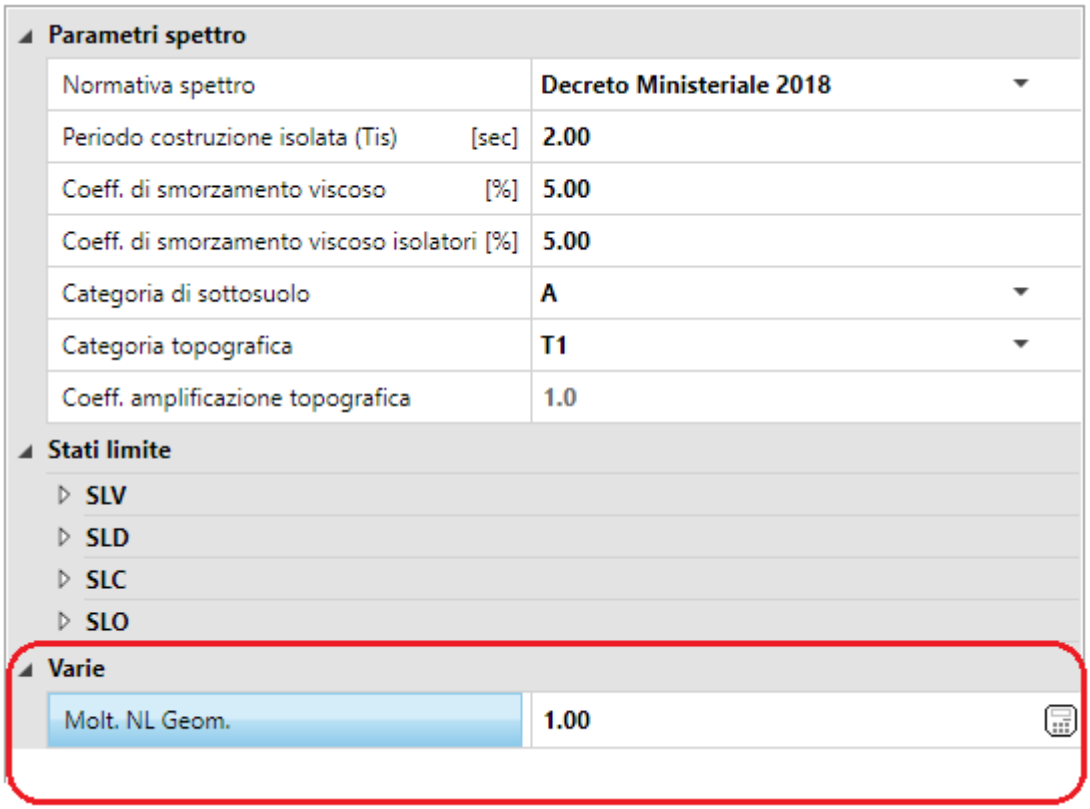
P è il carico verticale totale dovuto all'orizzontamento in esame e alla struttura ad esso sovrastante;
dEr è lo spostamento orizzontale medio d'interpiano allo SLV;
V è la forza orizzontale totale in corrispondenza dell'orizzontamento in esame, derivante dall'analisi lineare con fattore di comportamento q;
h è la distanza tra l'orizzontamento in esame e quello immediatamente sottostante;

La verifica, rispetto alle indicazioni della norma, è stata ampliata applicandola direttamente ad ogni singolo elemento strutturale anzichè per ogni impalcato. Questo consente di analizzare anche situazioni con diverse altezze degli elementi verticali. Questo richiede una lettura dei risultati fatta in maniera più critica considerando le problematiche locali agli elementi.

Il software provvede ad informare l'utente con diversi messaggi di warning:

- Coefficiente θ compreso tra 0.1 e 0.2. Incrementare gli effetti dell'azione sismica per 1/(1-θ).
- Coefficiente θ compreso tra 0.2 e 0.3. Effettuare l'analisi non lineare con effetti P-Δ.
- Coefficiente θ maggiore di 0.3. Rivedere la progettazione strutturale.

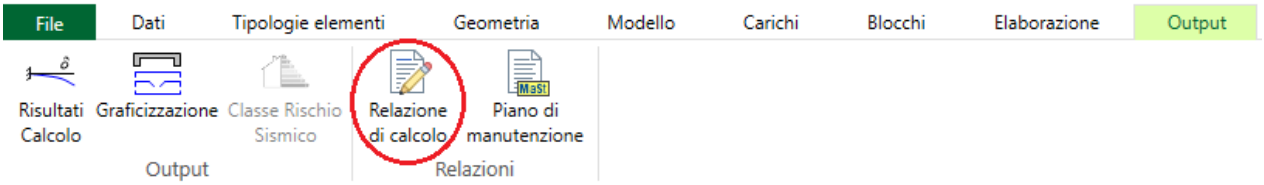
Nel caso in cui si debba applicare il moltiplicatore dell'azione sismica è sufficiente inserire il valore nell'apposito campo nell'ambiente di input Dati Generali/Sisma:



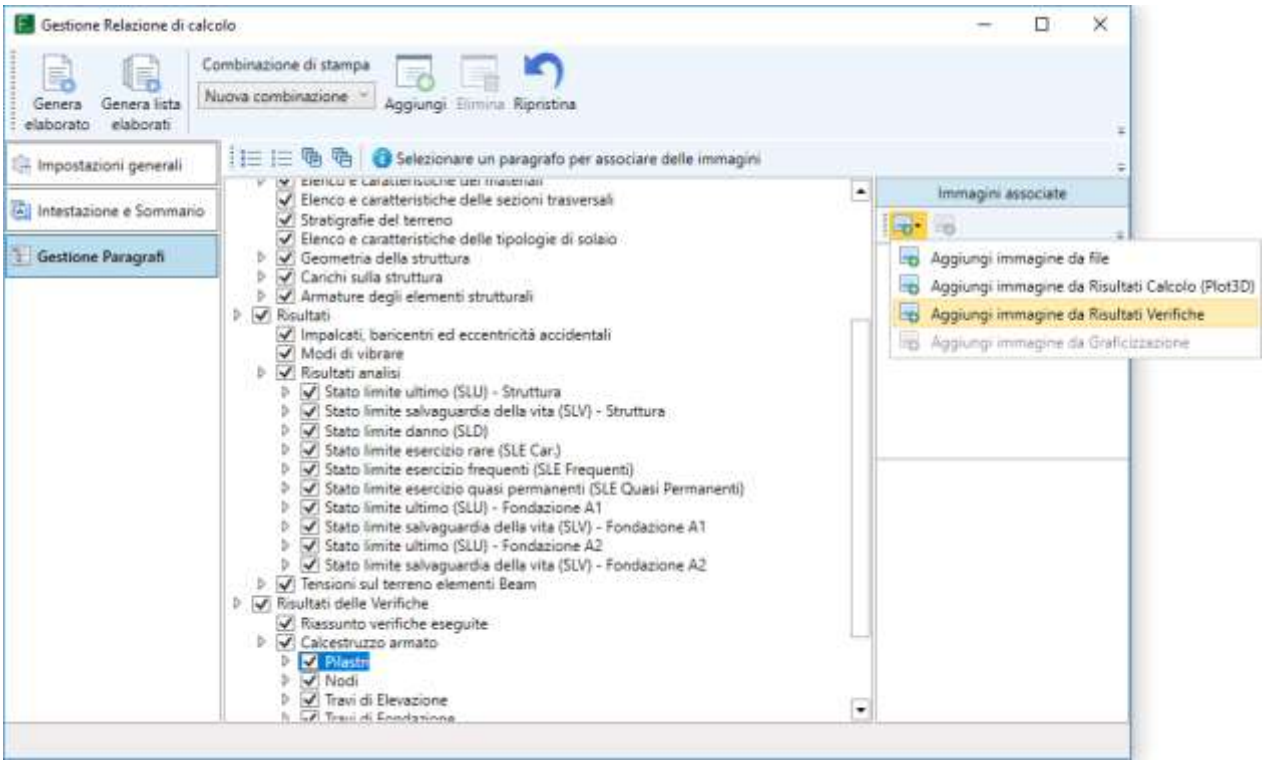
7 Come fare per (FAQ)

7.1 Aggiungere un'immagine in relazione

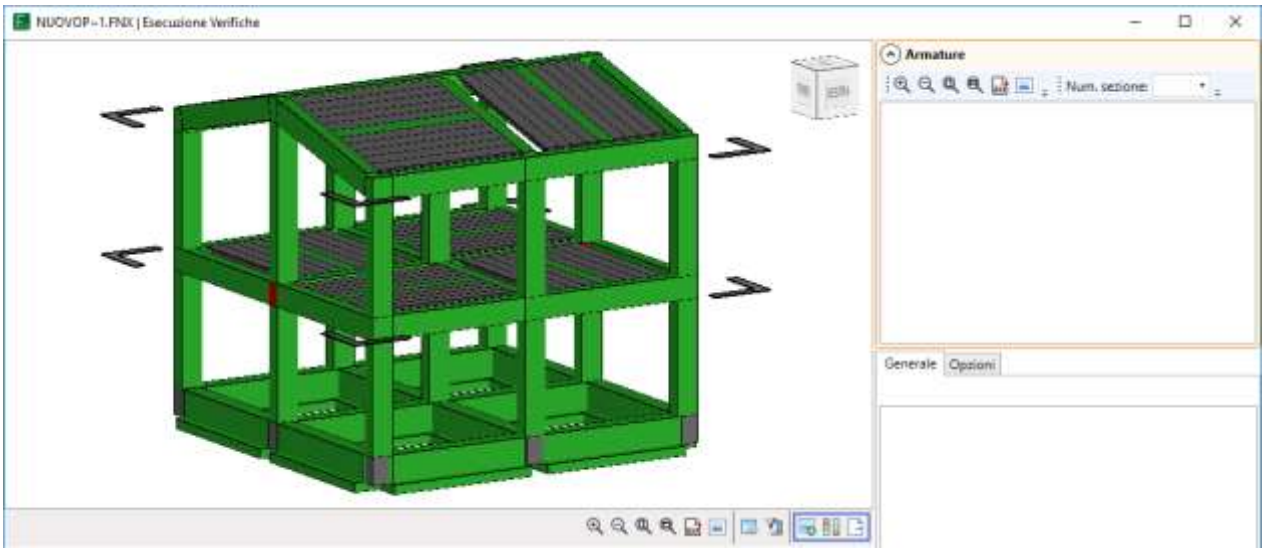
Per aggiungere una o più immagini nella relazione è necceserio per prima cosa andare nell'ambiente "Output" e scegliere **"Relazione di calcolo"**:



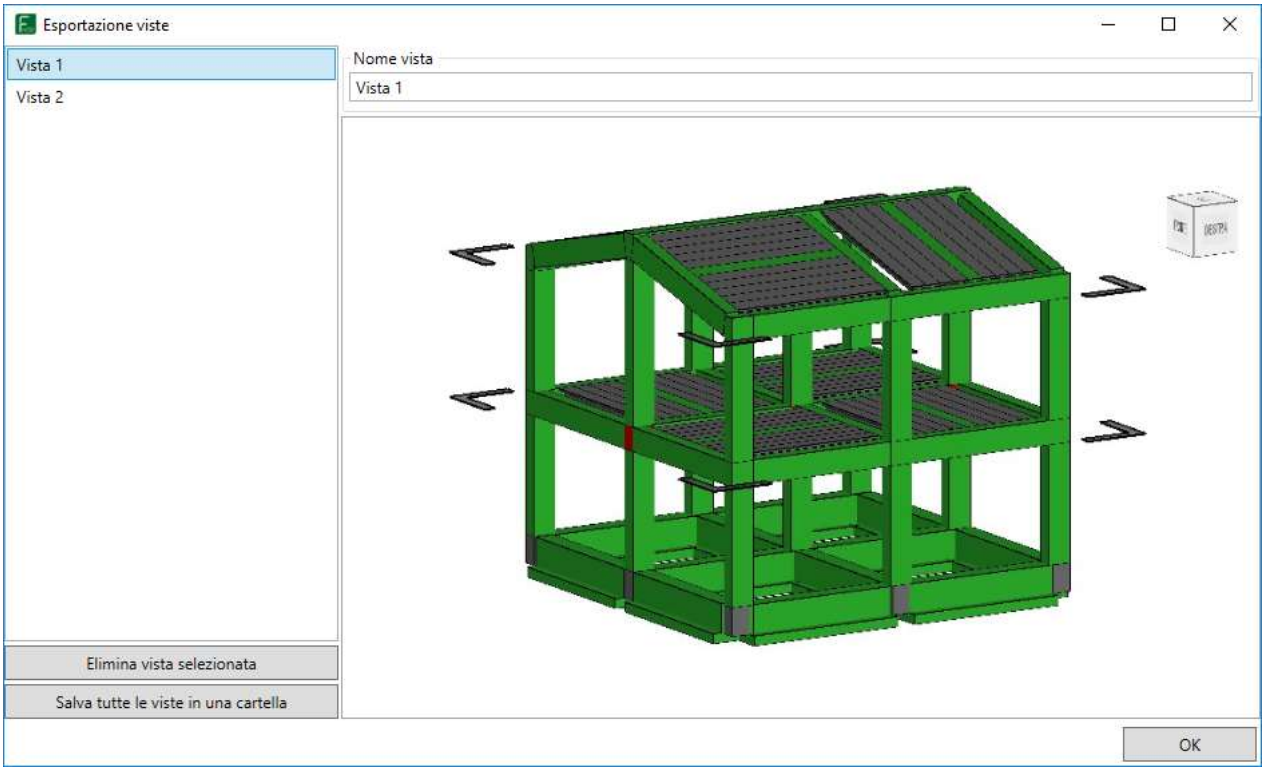
Dall'ambiente "Gestione Paragrafi", una volta selezionato il paragrafo rispetto al quale si vuole associare un'immagine, per aggiungere una o più immagini è necessario cliccare sul pulsante "Aggiungi un'immagine al paragrafo selezionato" :



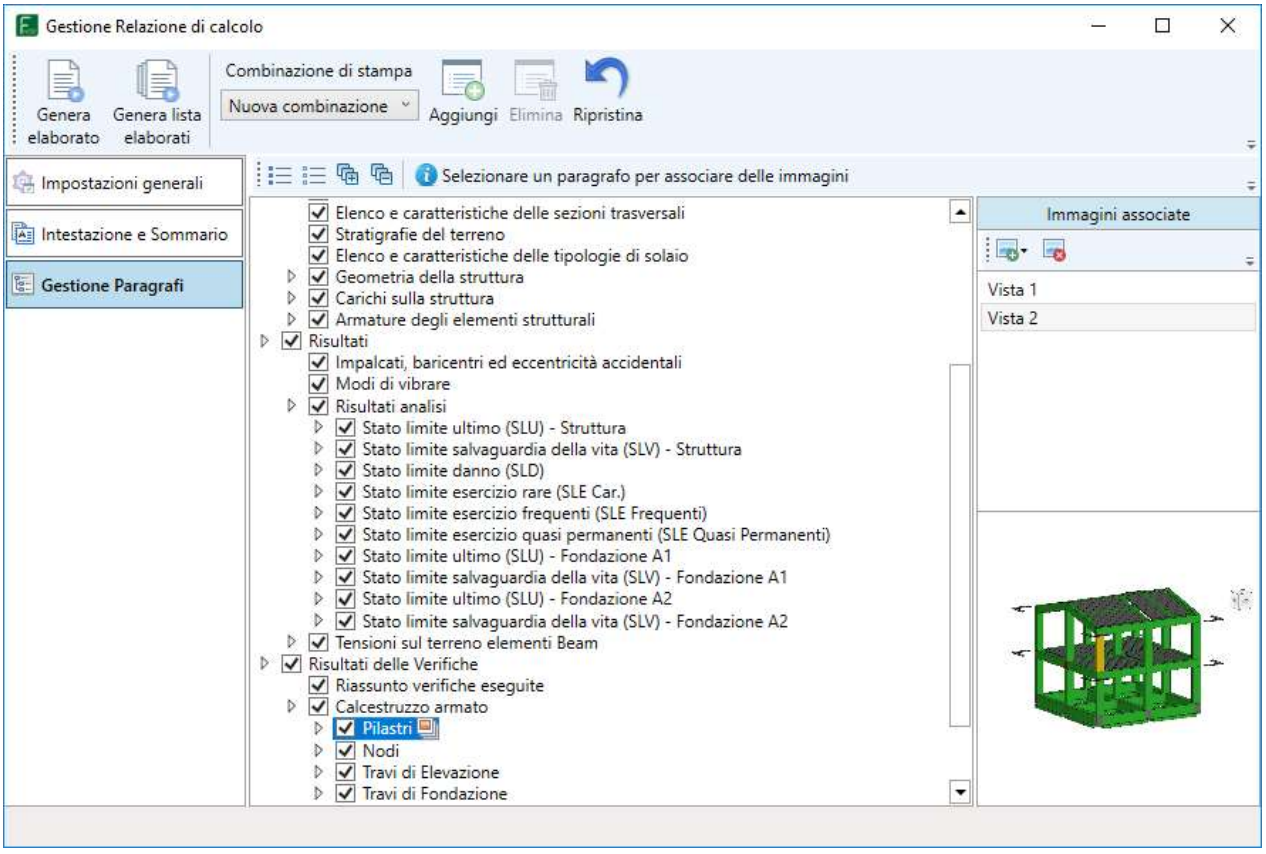
A questo punto si sceglie da dove importe le immagini; se ad esempio si vuole importare un'immagine da "Risultati Verifiche" si clicca su "Aggiungi immagine da Risultati Verifiche" e si apre la seguente finestra:



Si individua l'immagine da esportare e si clicca sul pulsante "Aggiungi vista per l'esportazione" :



Si clicca sul pulsante "OK" e se non si vogliono aggiungere ulteriori immagini, si completa cliccando sul pulsante "Esporta viste per relazione" :

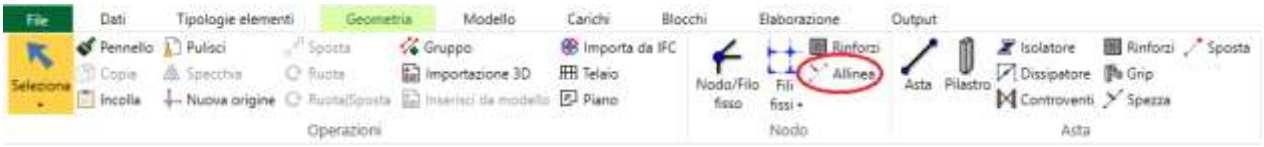


Infine, generando la relazione verrano automaticamente inserite le immagini nei corrispondenti capitoli.

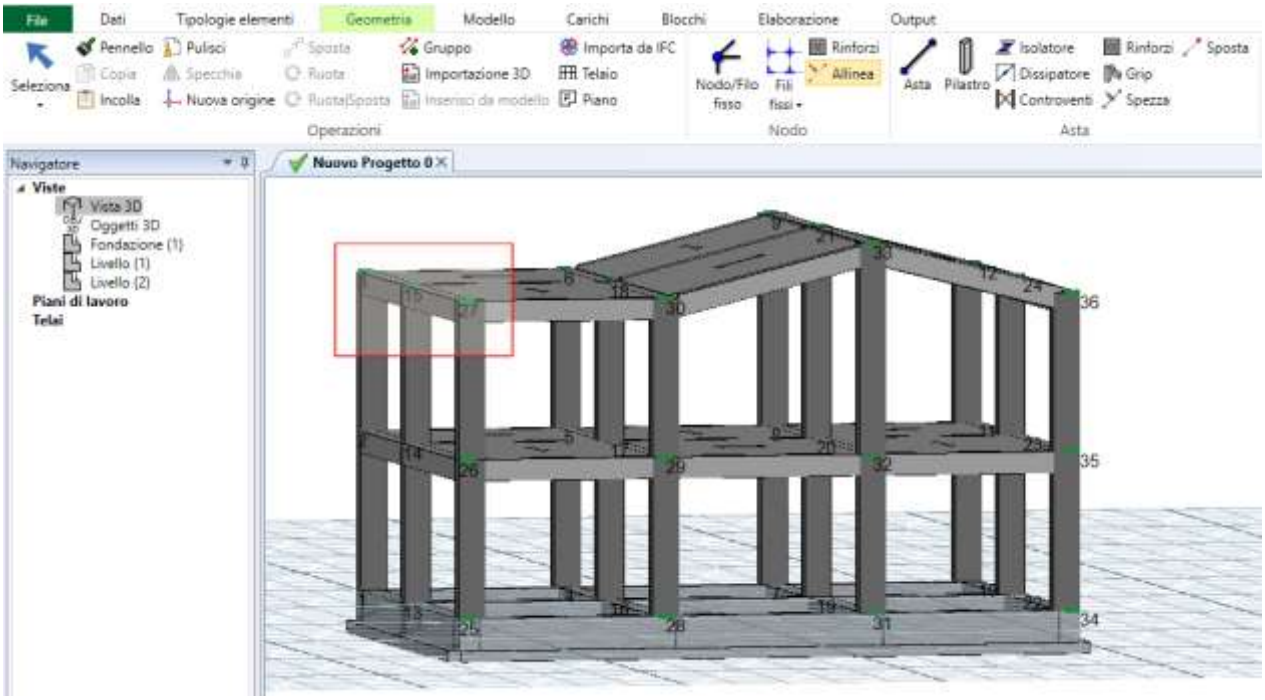
7.2 Allineare due o più nodi rispetto un piano

Per allineare due o più nodi lungo una direzione o rispetto un piano, bisogna andare nell'ambiente

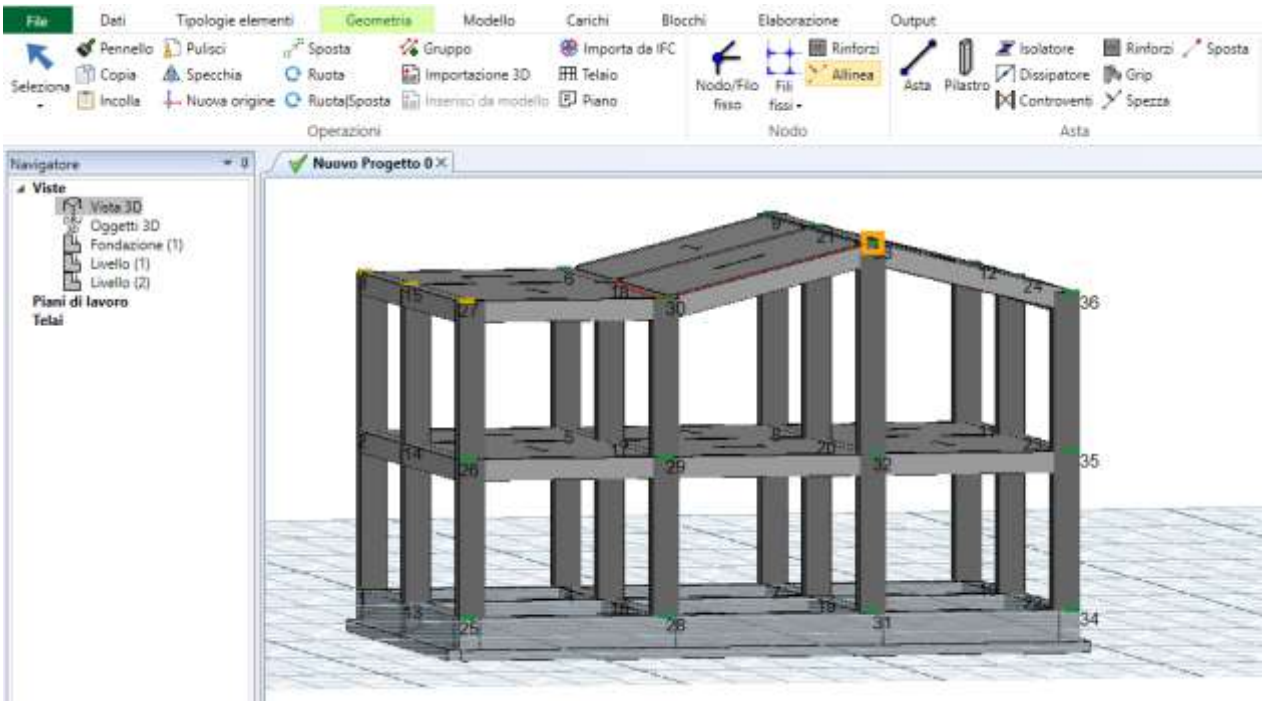
"Geometria" e scegliere il comando **"Allinea"** :

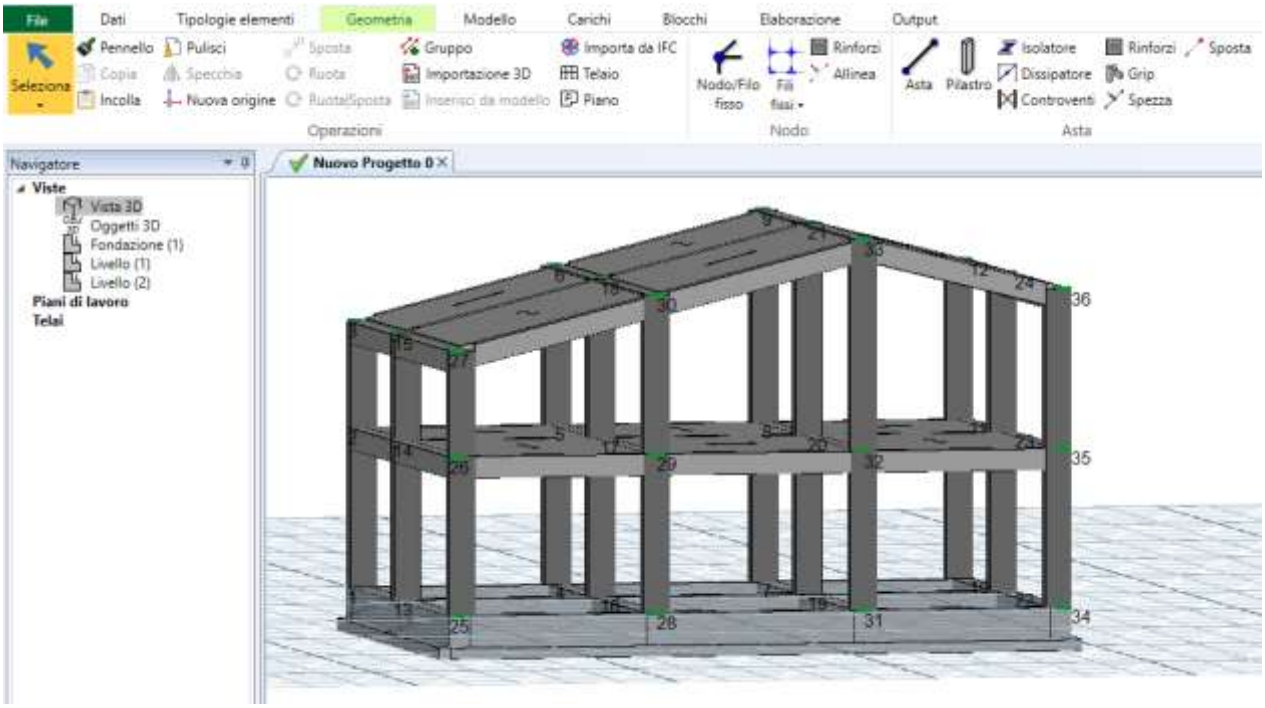


Se ad esempio vogliamo allineare dei nodi alla pendenza della falda, dopo aver scelto la suddetta funzione, selezioniamo i nodi da allineare (è possibile utilizzare anche la selezione a box):



Scelti i nodi completiamo con il tasto destro del mause e andiamo a selezionare 2 o 3 nodi per definire il piano rispetto ai quali allineare i nodi stessi:



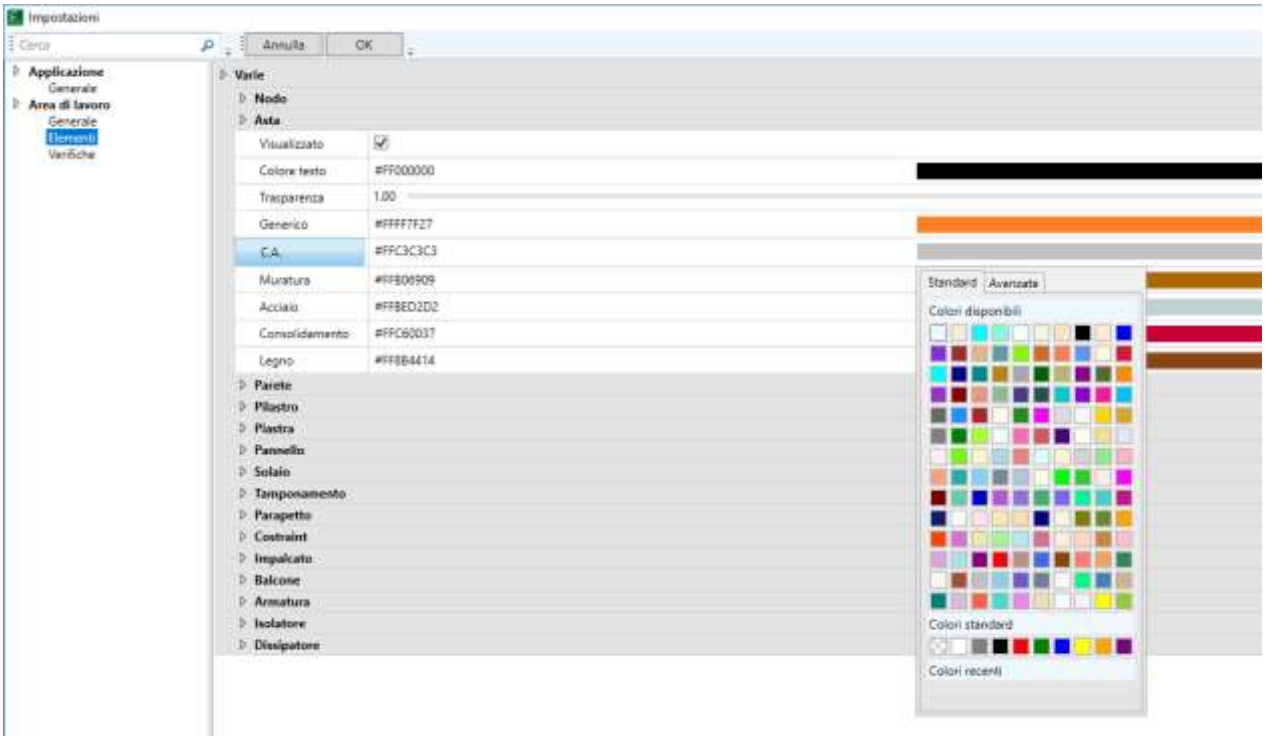


7.3 Cambiare i colori dei vari elementi

Per cambiare il colore del materiale di ogni singolo elemento bisogna cliccare sul comando **"Impostazioni"**  (in alto a destra della schermata principale):



Si apre la finestra "Impostazioni", si clicca sul tasto **"Elementi"** in Area di lavoro e quindi per ogni elemento selezionato (ad es. Asta C.A.) è possibile modificare il colore del materiale.

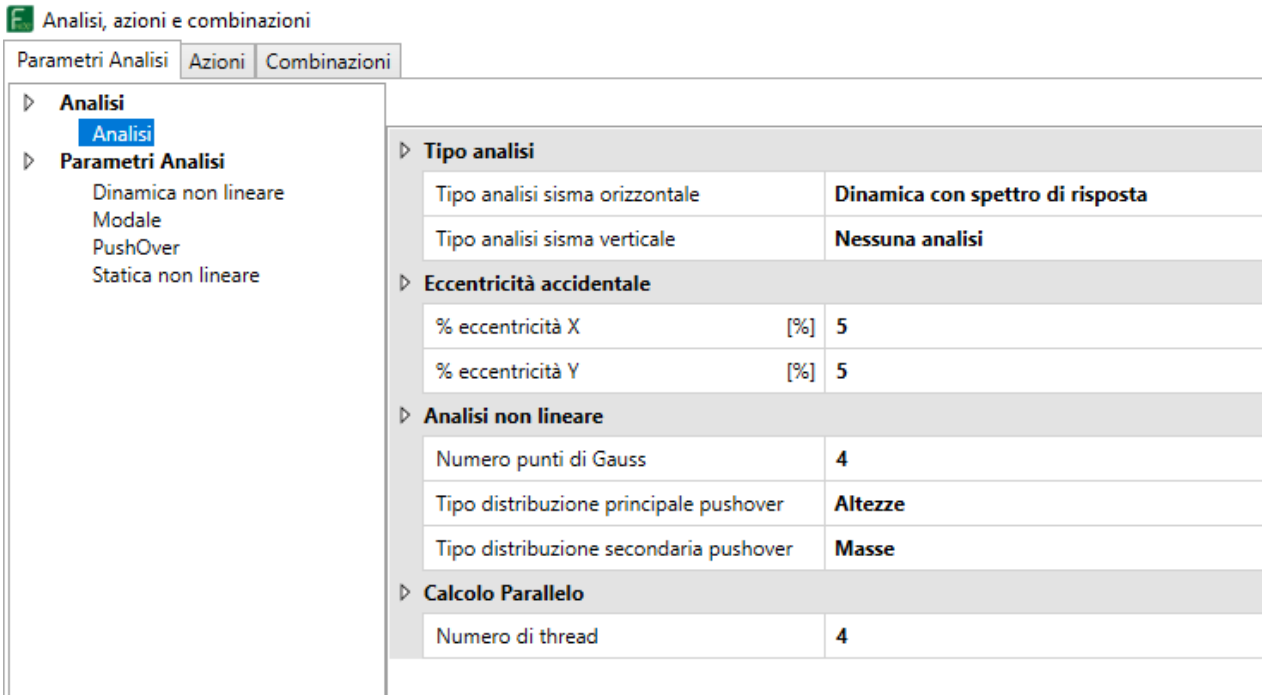


7.4 Cambiare il tipo di analisi

Per cambiare il tipo di analisi bisogna andare nella sezione Dati e cliccare su **"Analisi, azioni e combinazioni"**  :



Si va nella sezione **"Analisi"**, si sceglie il tipo di analisi voluta per entrambe le direzioni di applicazione dell'azione sismica e si settano i relativi parametri:

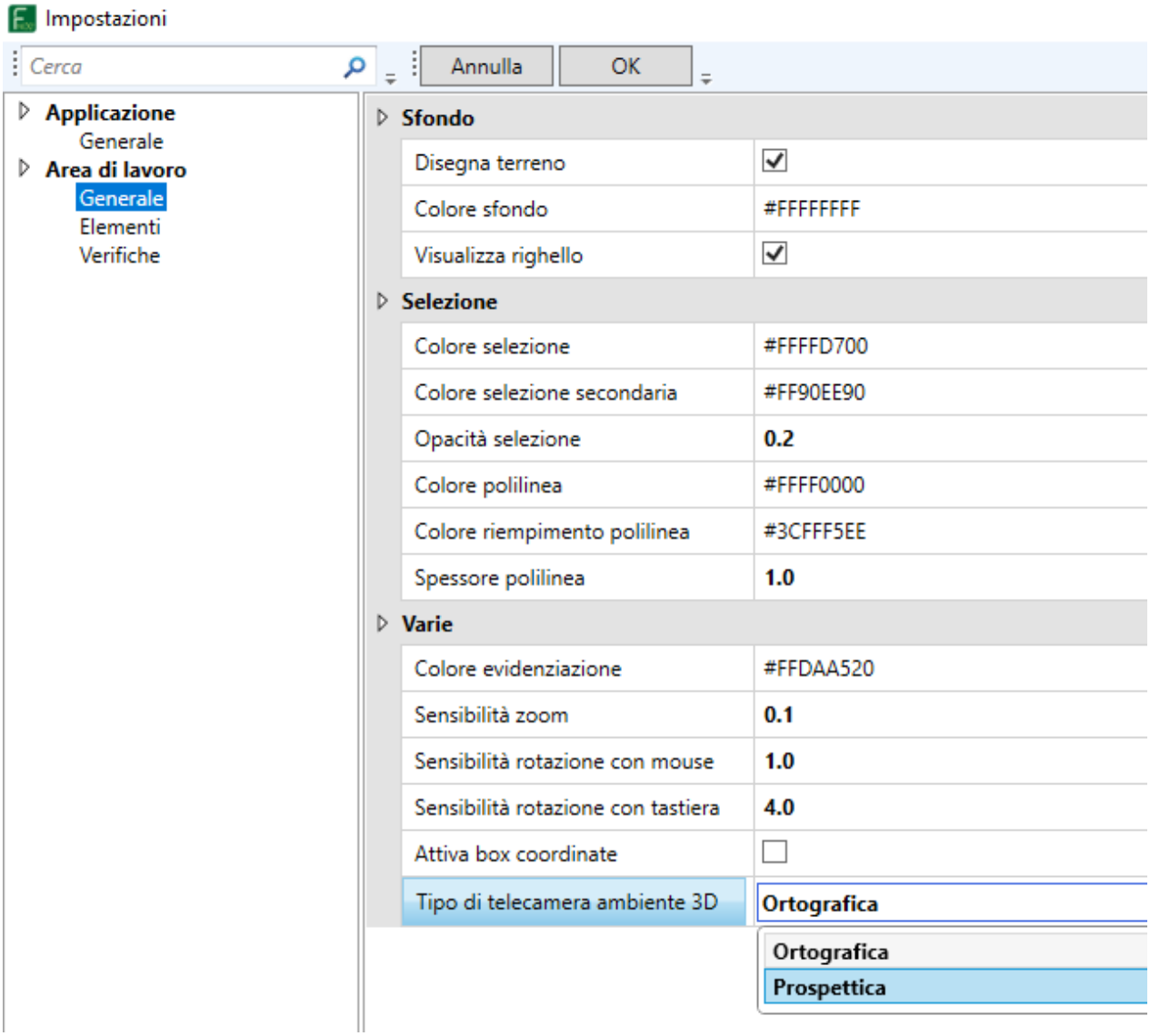


7.5 Cambiare la vista 3D da ortografica a prospettica

Per cambiare la vista da ortografica a prospettica bisogna cliccare sul comando **"Impostazioni"**  (in alto a destra della schermata principale):



Si apre la finestra "Impostazioni", si clicca sul tasto **"Generale"** in Area di lavoro e quindi da **"Tipo di telecamera ambiente 3D"** è possibile modificare il tipo di vista:

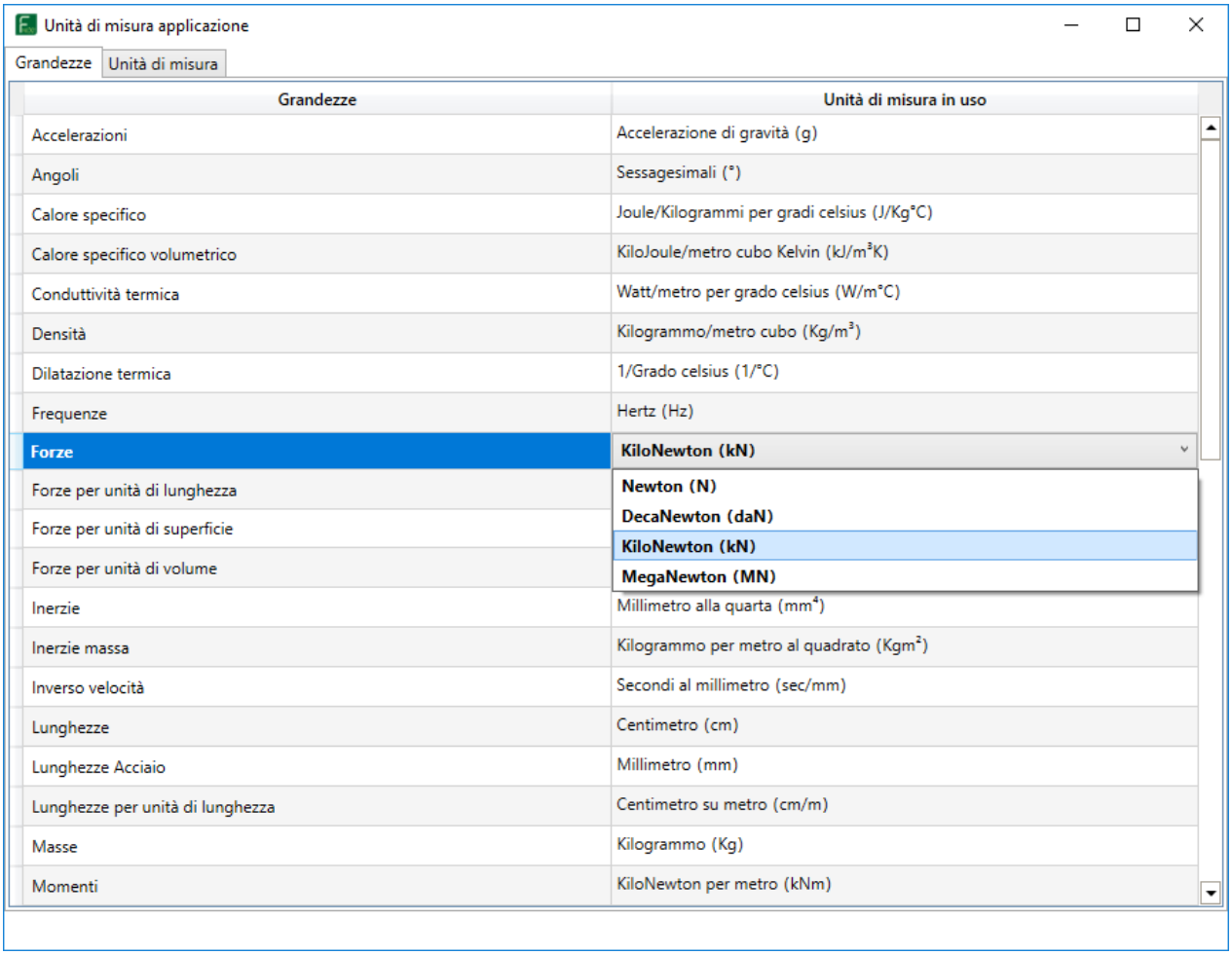


7.6 Cambiare le unità di misura

Per cambiare le unità di misura bisogna cliccare sul comando **"Unità di misura applicazione"** (in alto a destra della schermata principale):

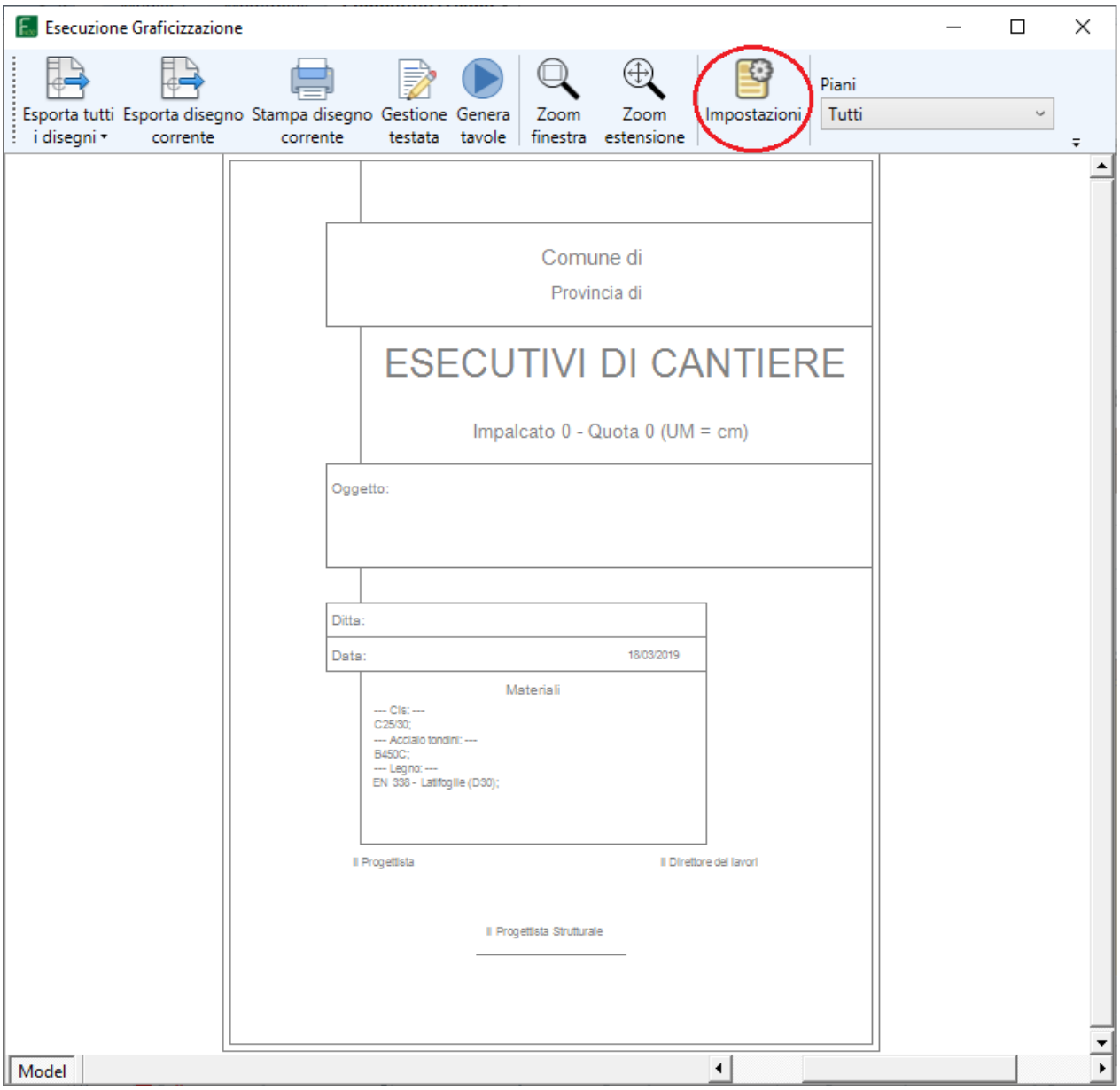


Si apre la finestra **"Grandezze"**, si clicca sulla grandezza che si vuole modificare l'unita di misura in uso e si sceglie quella voluta:

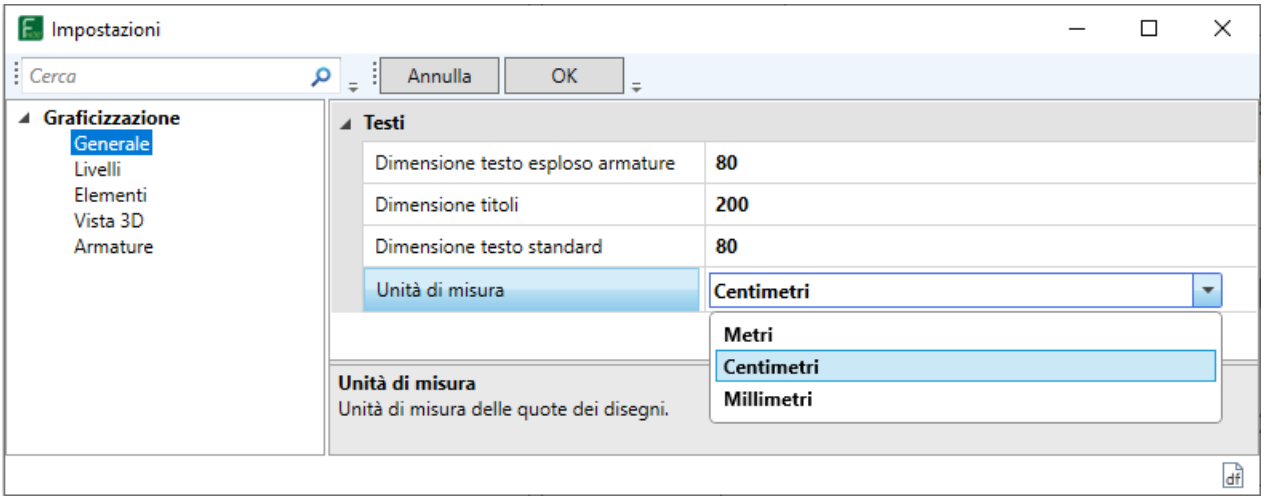


7.7 Cambiare le unità di misura nella graficizzazione

Per cambiare le unità di misura da utilizzare nella graficizzazione bisogna cliccare, all'interno dell'ambiente "Graficizzazione" (nel menù "Output"), sul pulsante **"Impostazioni"**  :

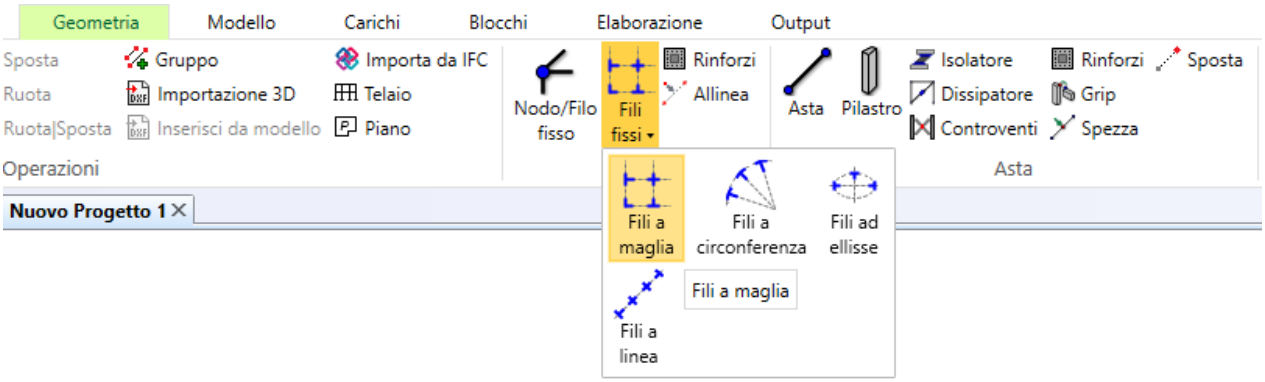


Si apre la finestra **"Impostazioni"** e si sceglie, dal munù a tendina, l'unità di misura da utilizzare per le quote dei disegni:

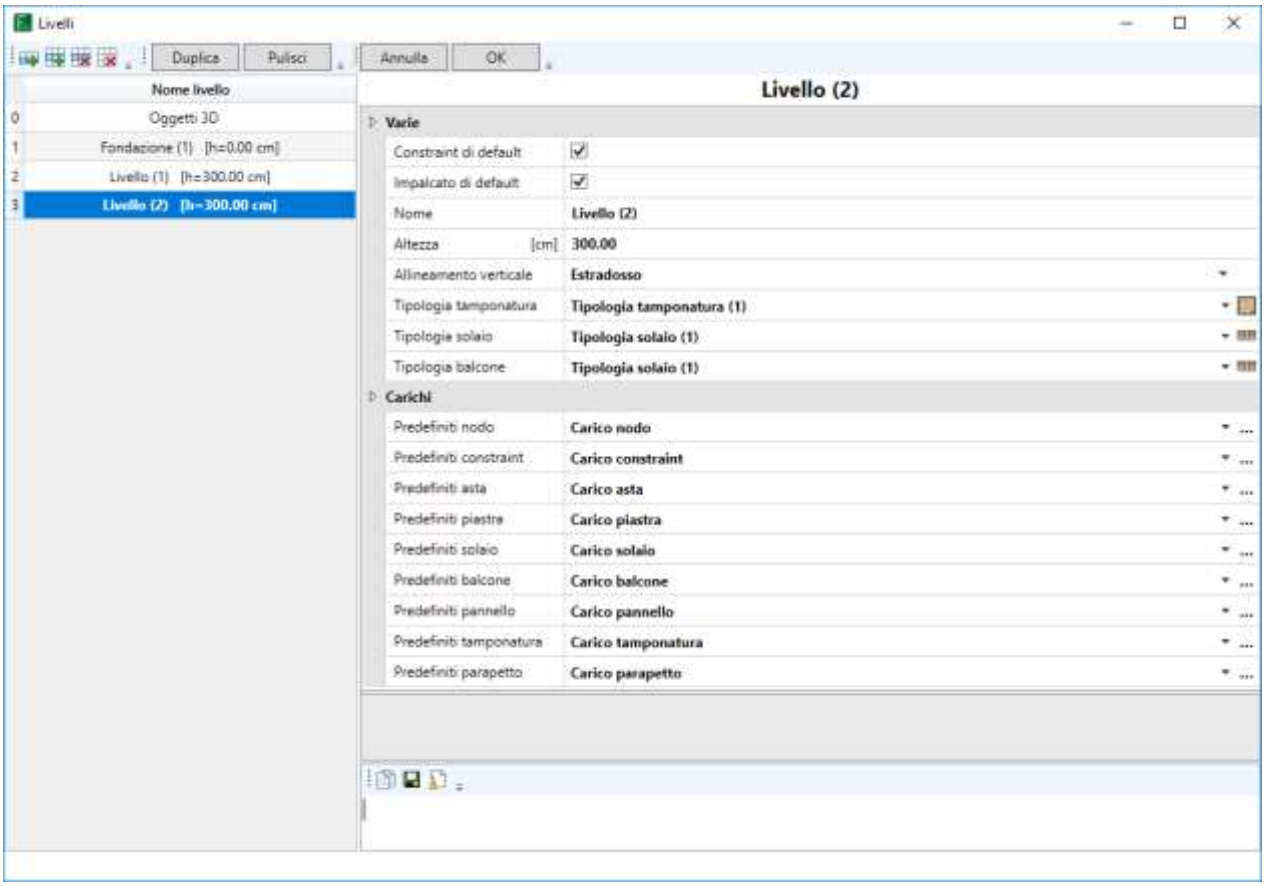


7.8 Definire i fili fissi (Nuovo progetto)

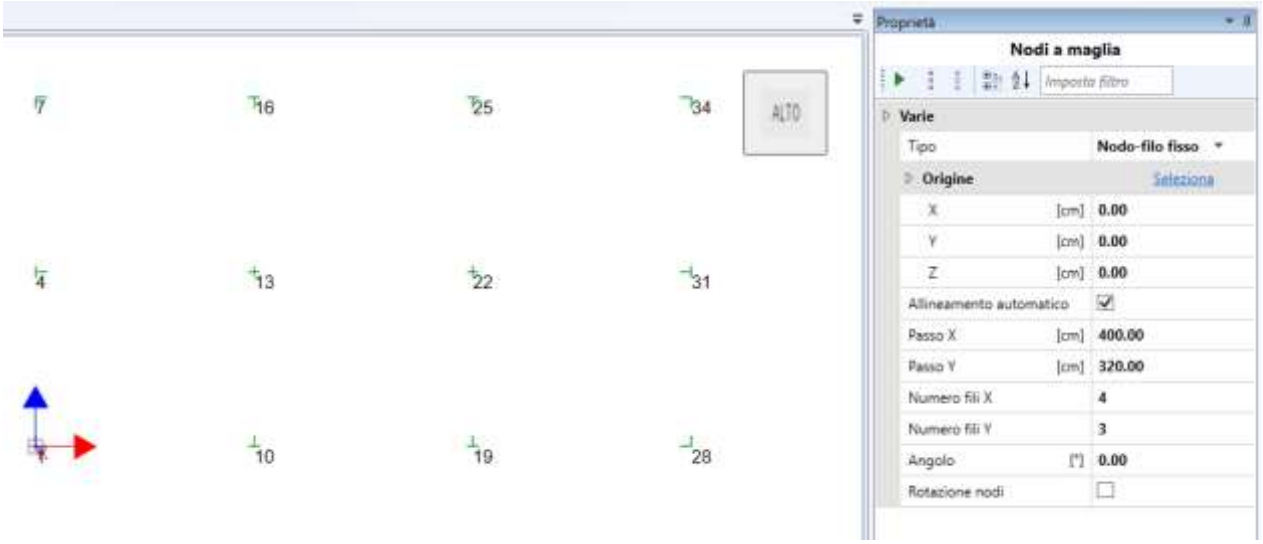
Creato un nuovo progetto, per definire i fili fissi del modello strutturale per prima cosa bisogna andare nell'ambiente "Geometria" in "Nodo" e scegliere "Fili fissi"  . Alla pressione del corrispondente pulsante si apre la finestra per la definizione del tipo di filo fisso (Fili a maglia, Fili a circonferenza, Fili ad ellisse, Fili a linea) da inserire.



Alla pressione del pulsante relativo al tipo di filo fisso da aggiungere (ad es. Fili a maglia) si apre l'ambiente "Livelli", si inseriscono i livelli della struttura e si completa cliccando sul pulsante "OK".



Creati i livelli, si definiscono tutti i parametri relativi ai fili fissi da inserire (passo e numero di fili in entrambe le direzioni) e si completa cliccando sul pulsante  :



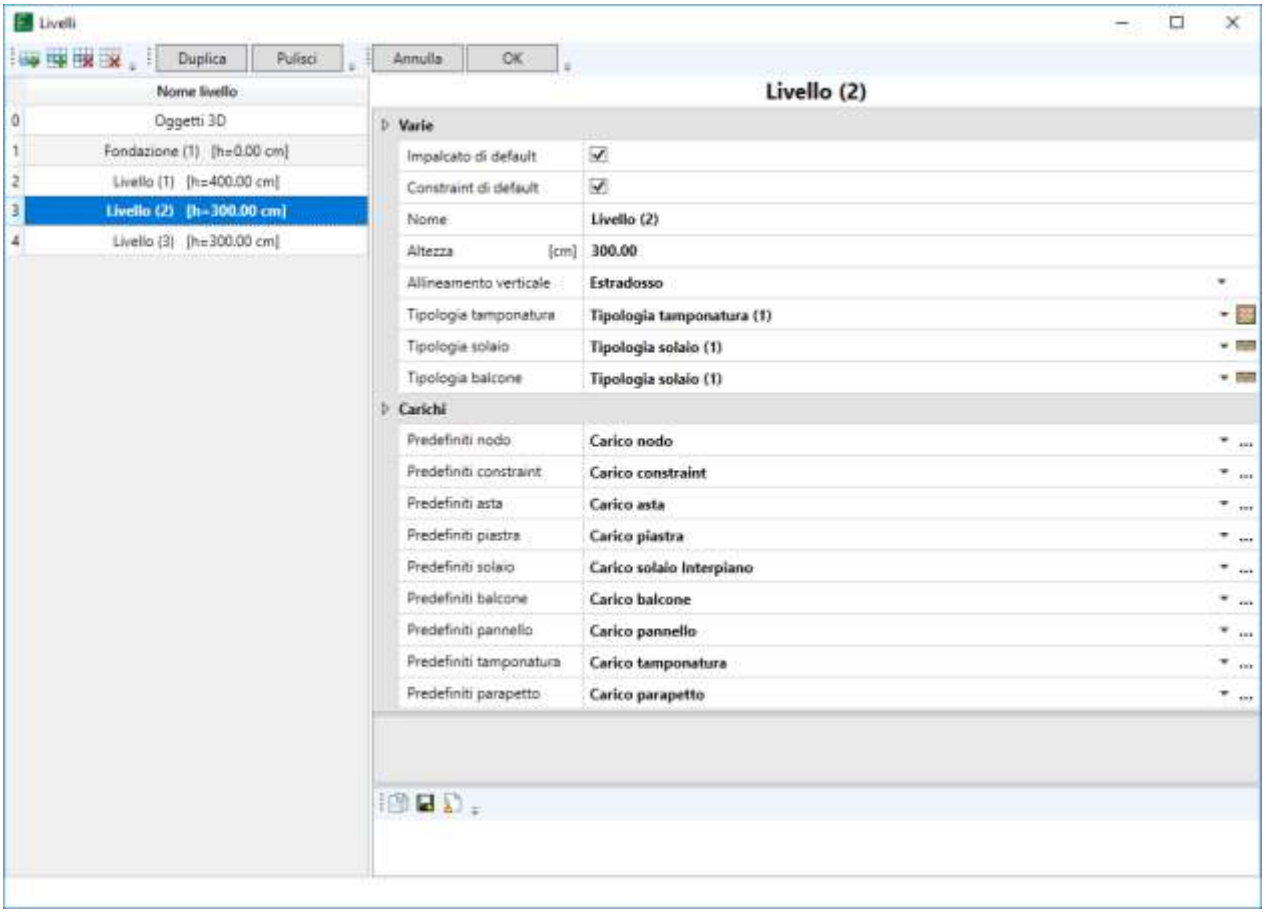
7.9 Duplicare un piano

Per duplicare un piano si può procedere in due modi differenti.

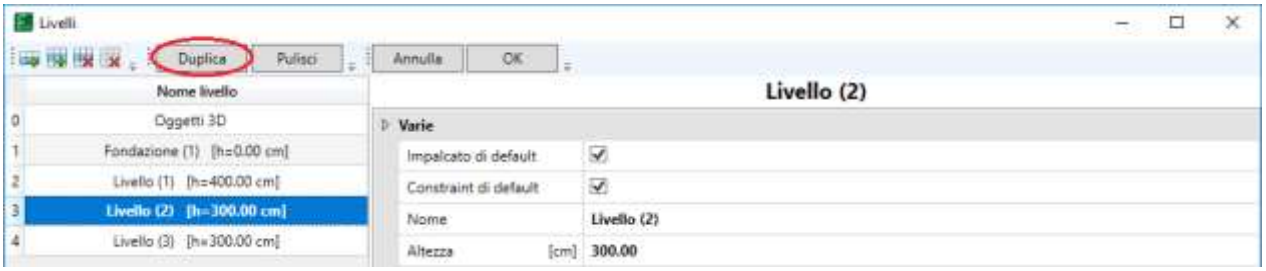
Nel primo caso, per prima cosa, bisogna andare nella sezione "Dati" e cliccare sul comando **"Livelli"** :



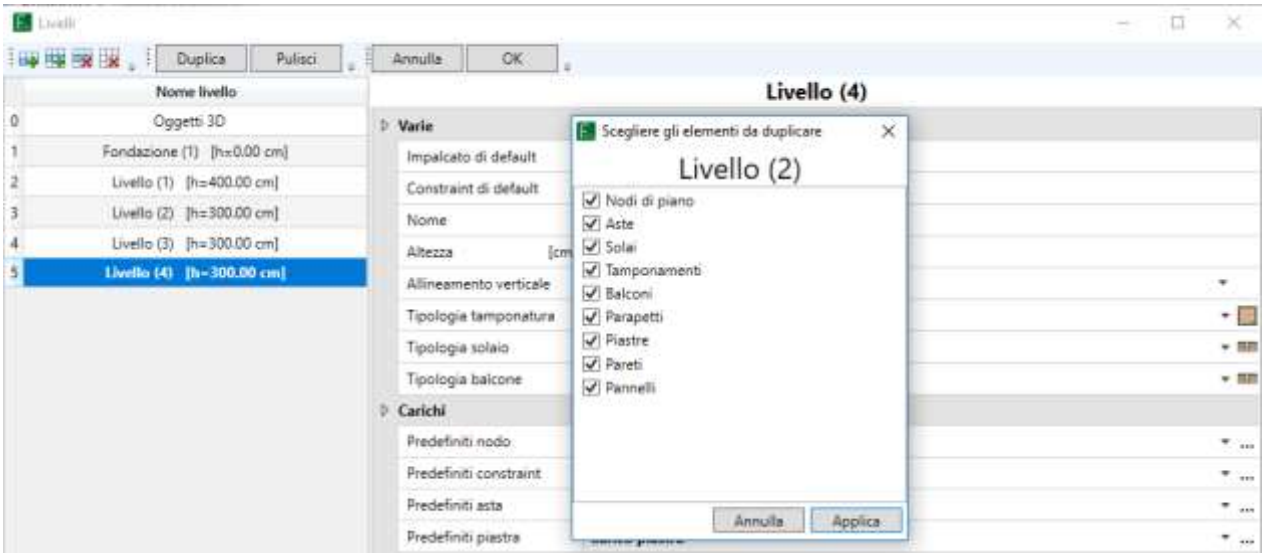
Si seleziona il piano sorgente che si vuole duplicare cliccando sul livello che si intende copiare (in questo caso il Livello (2)):



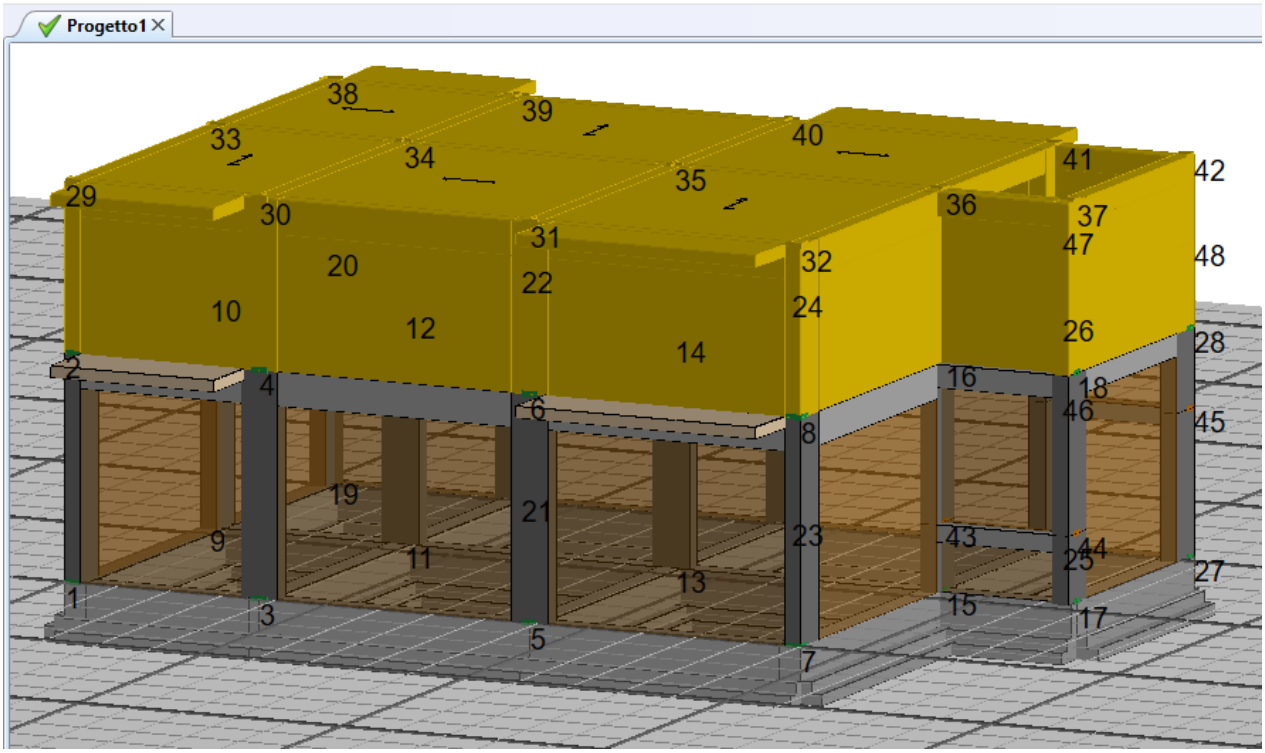
Una volta selezionato il livello che si vuole copiare bisogna cliccare sul pulsante **"Duplica"**:



Si selezionano gli elementi che si desiderano duplicare ed infine cliccando sul pulsante **"Applica"** verrà generato il nuovo piano:



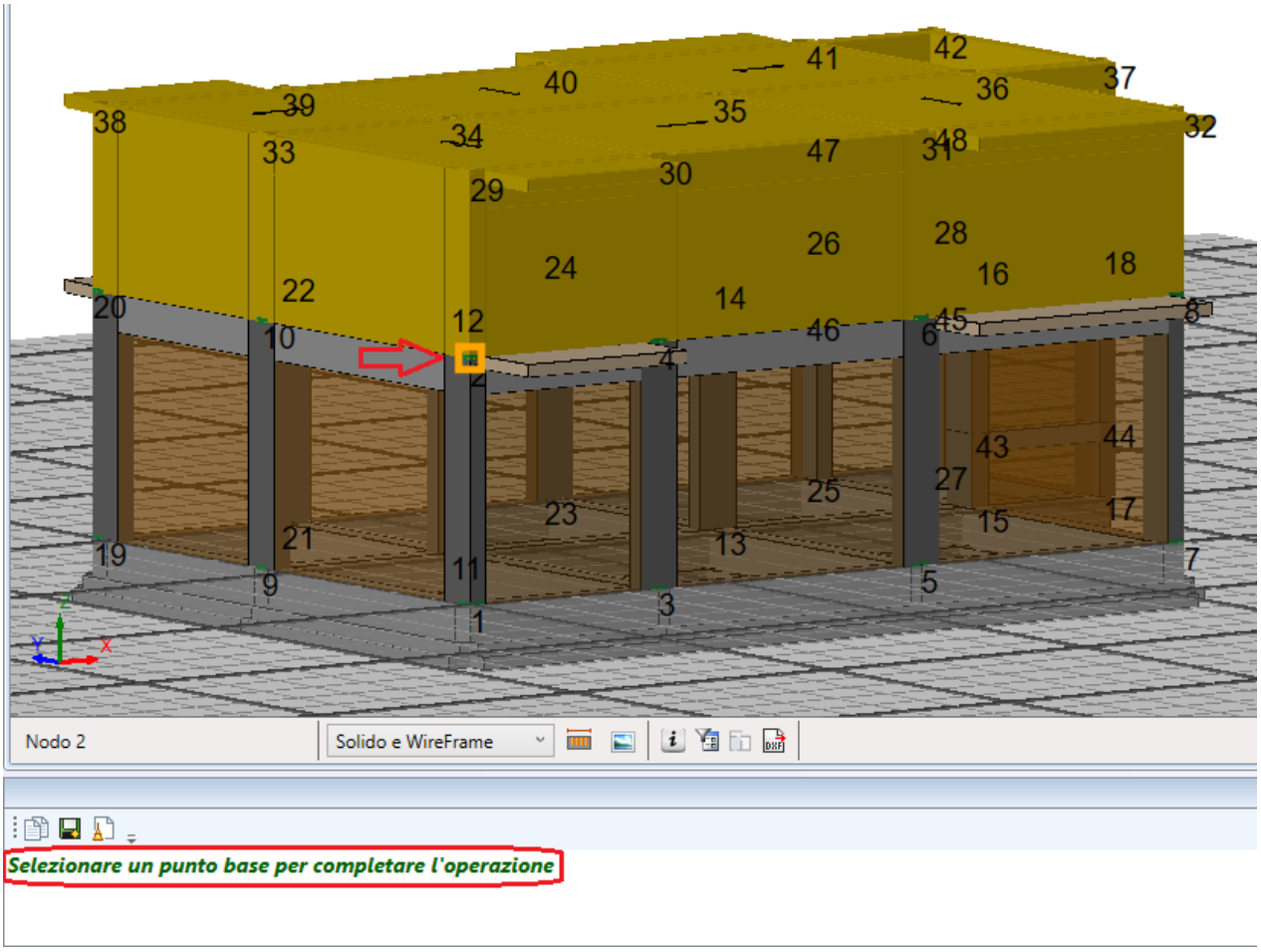
Nel secondo caso, invece, bisogna innanzitutto selezionare l'intero piano che si vuole copiare tenendo premuta la combinazione tasto sinistro del mouse, da destra verso sinistra, e il tasto Ctrl (selezione a box):



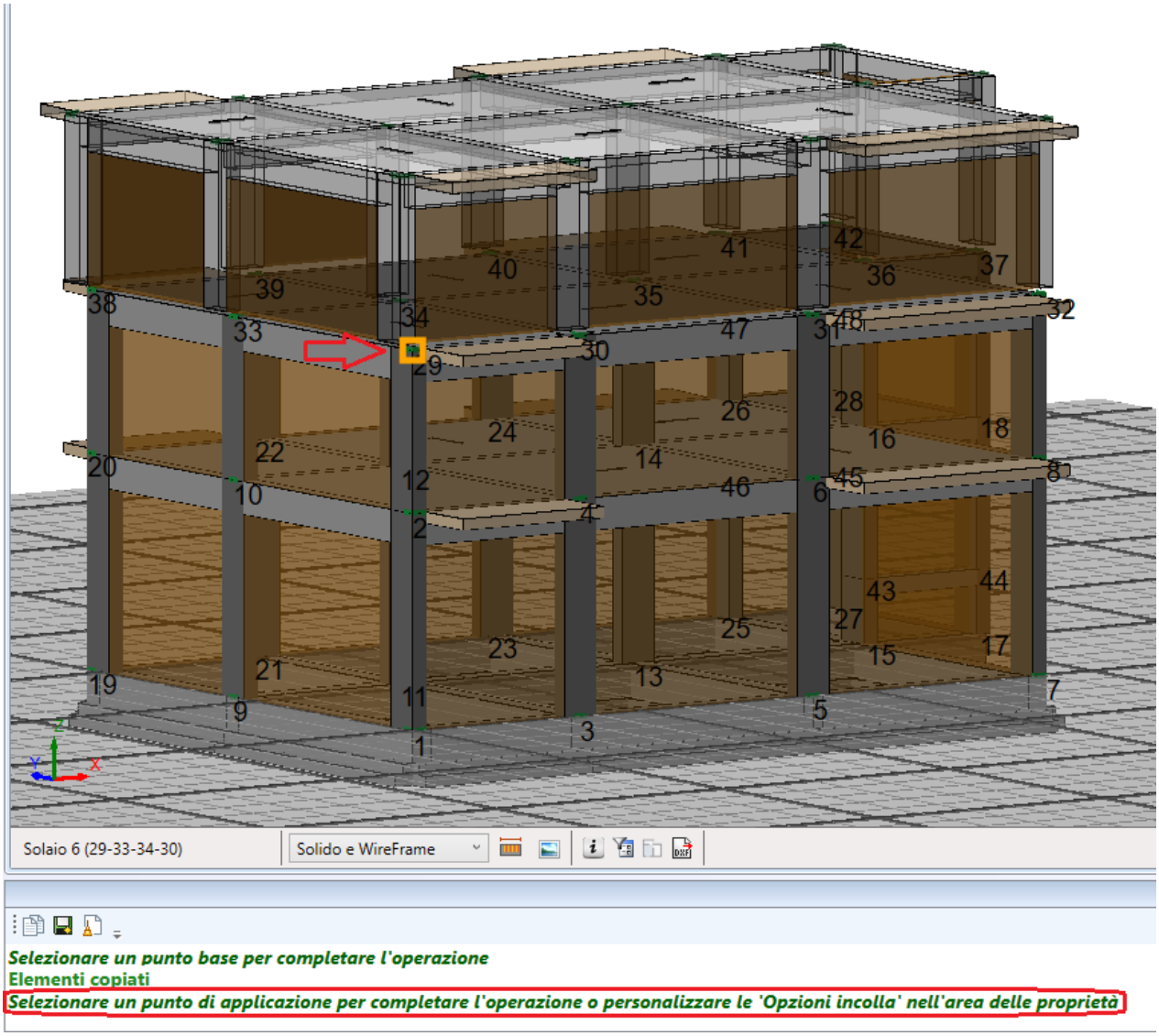
Una volta copiato il piano sorgente, si clicca sul pulsante **"Copia"** dall'ambiente "Geometria" o più velocemente tramite la combinazione Ctrl+C della tastiera.



Una volta copiato il piano bisogna scegliere un punto base per completare l'operazione:



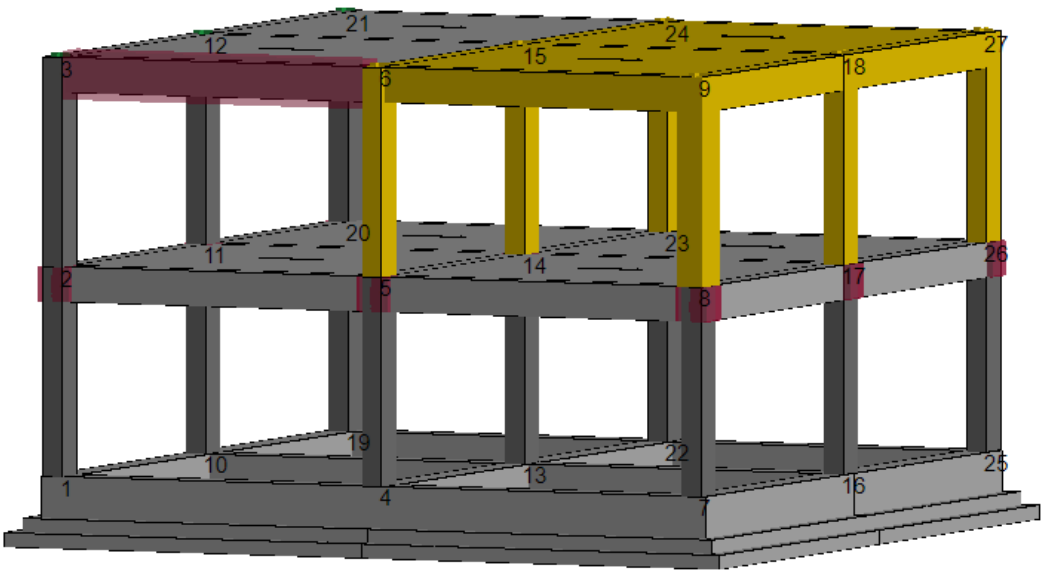
Infine, bisogna selezionare un punto della struttura nel quale incollare il piano appena copiato o personalizzare le **"Opzioni incolla"** nella barra delle Proprietà che si trovano a destra della finestra di seguito riportata:



7.10 Copiare una parte di struttura

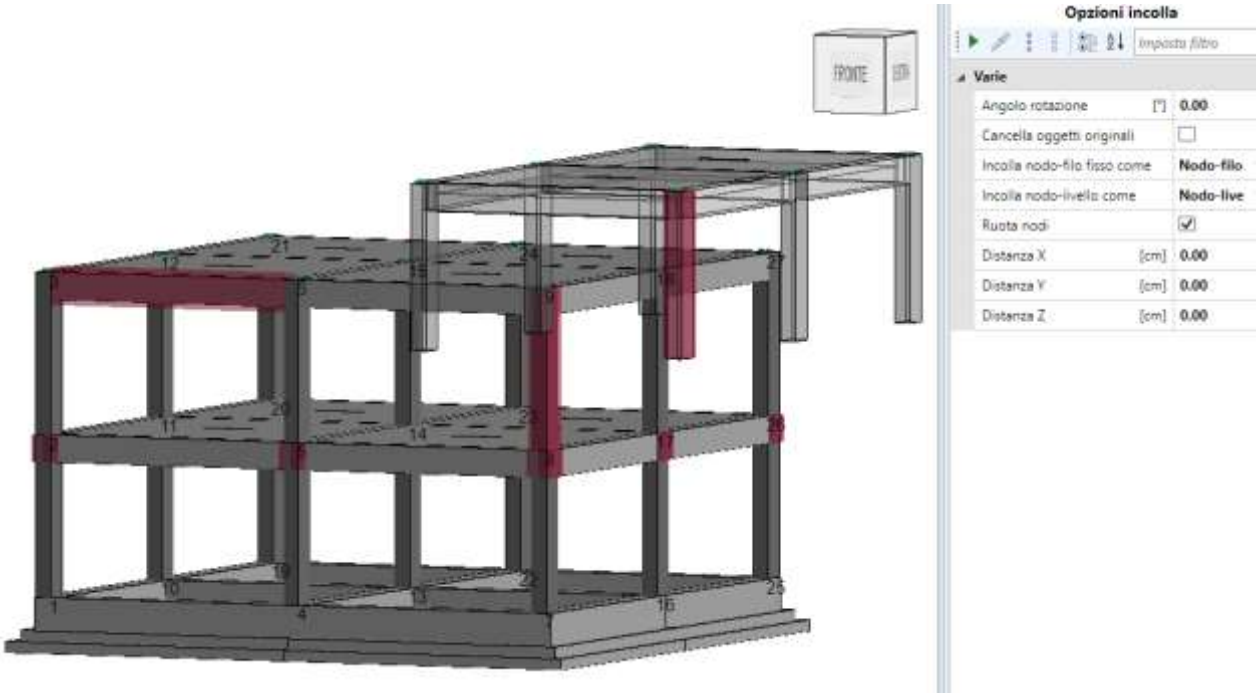
E' possibile copiare e incollare una parte di struttura in maniera grafica in maniera molto semplice e intuitiva (vedi anche la voce Duplicare un piano).

Selezionare gli elementi da copiare tramite un box (vedi Selezione a box). Se necessario ripetere più volte l'operazione, gli elementi selezionati saranno via via aggiunti alla selezione corrente.

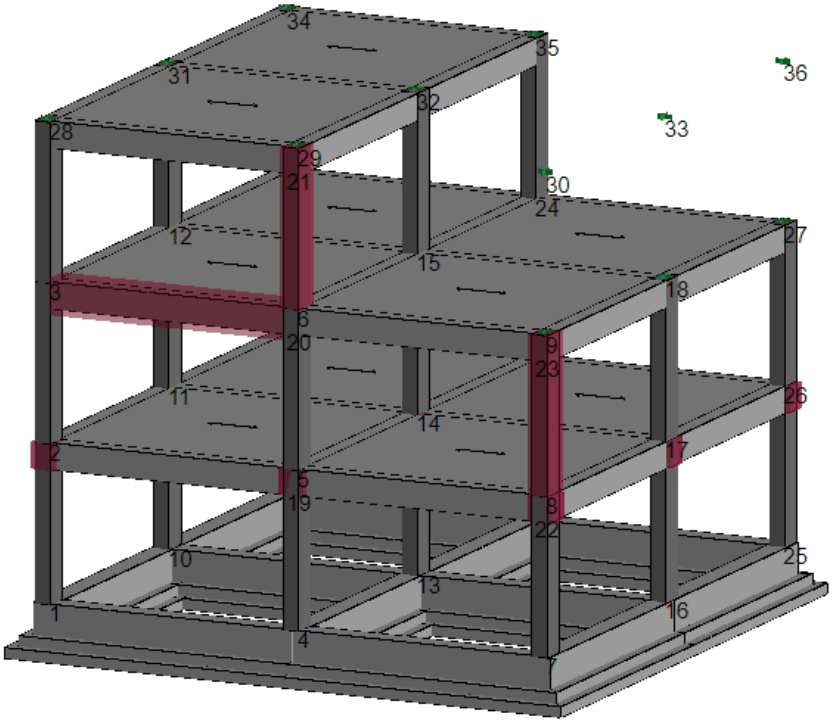


Premere la combinazione di tasti CTRL+C (oppure attivare il comando **Copia** dall'ambiente **Geometria**).

Scegliere uno dei nodi della struttura (anche non appartenente alla selezione) come punto base dell'operazione di copia.

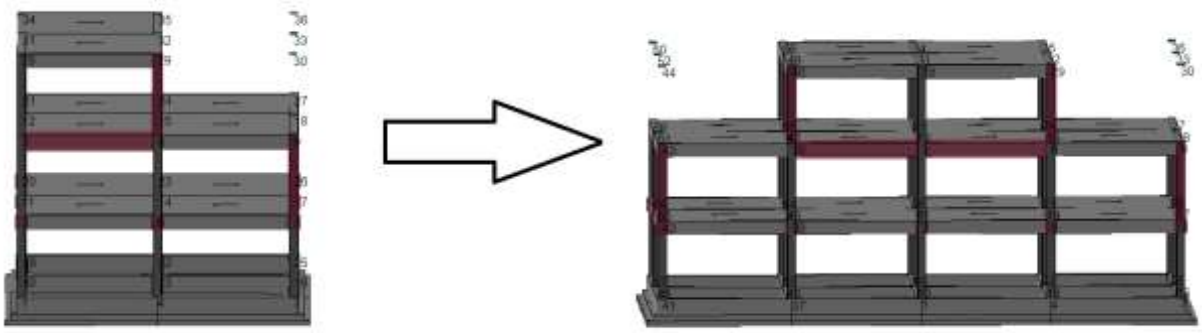


Scegliere un altro nodo della struttura per incollare la parte copiata.



La funzionalità di "copia-incolla" fornità è molto potente e flessibile e consente tra l'altro di:

- **copiare e incollare parti di struttura da un file all'altro** con una procedura del tutto analoga a quella sopra descritta. Il programma provvederà aurtomaticamente a fare gli opportuni controlli e a trasferire nel file destinazione tutte le informazioni necessarie (tipologie, dati generali, ecc) al corretto completamente dell'operazione;
- copiare una parte di struttua **ruotata** e/o **specchiata** rispetto all'originale.

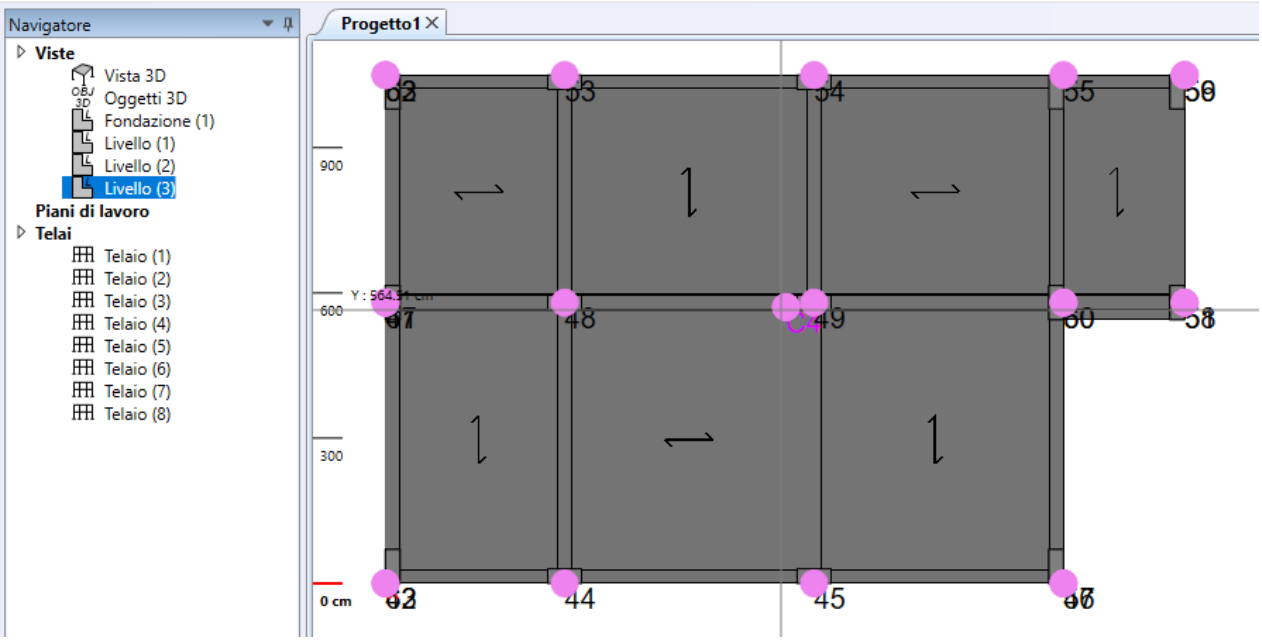


7.11 Eliminare il nodo master ad un generico livello

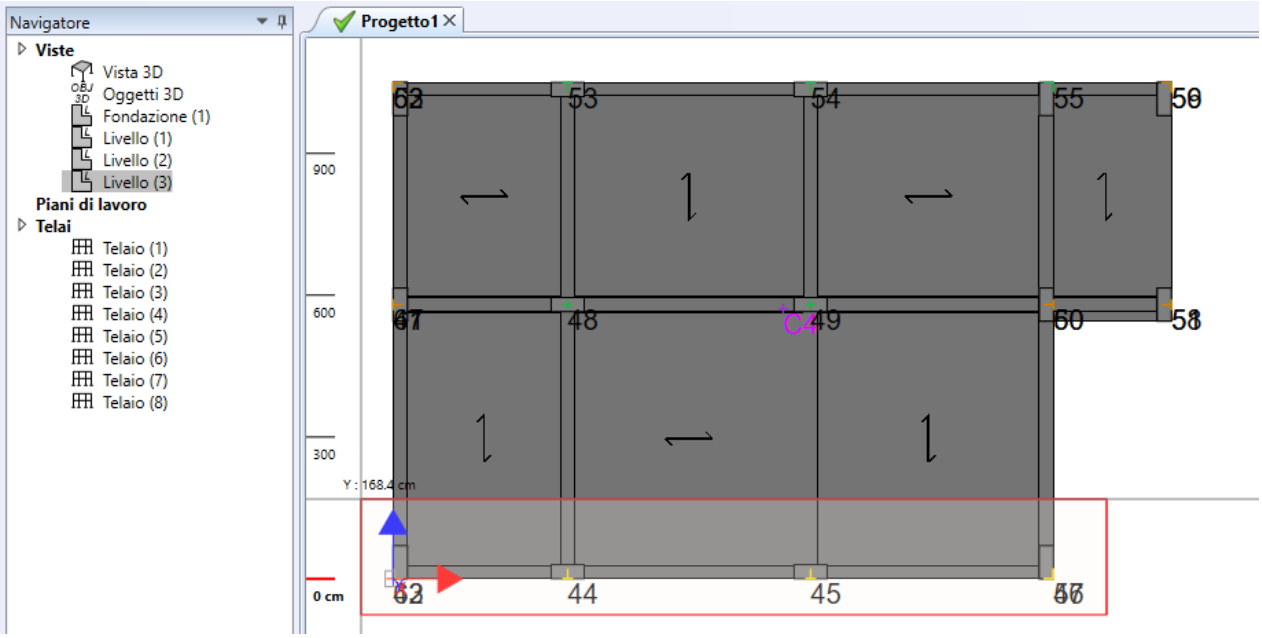
Per eliminare il nodo master ad un generico livello per prima cosa bisogna andare nella sezione "Modello" e cliccare su **"Diaframma Rigido"**  :



A questo punto, tramite una delle due viste (2D o 3D), si seleziona il nodo caratteristico del diaframma rigido da eliminare, si completa con il tasto destro del mouse e si preme sul tasto "Canc" della tastiera per eliminare il nodo master selezionato.



Nel caso in cui, invece di eliminare il nodo master ad un generico livello, si vogliono scollegare dei nodi dal master di piano bisogna selezionare uno ad uno i nodi da scollegare (oppure selezionarli tramite la selezione a box), completare con il tasto destro del mouse (solamente nel caso di selezione ad uno ad uno dei nodi) e cliccare sul tasto "Canc" della tastiera.

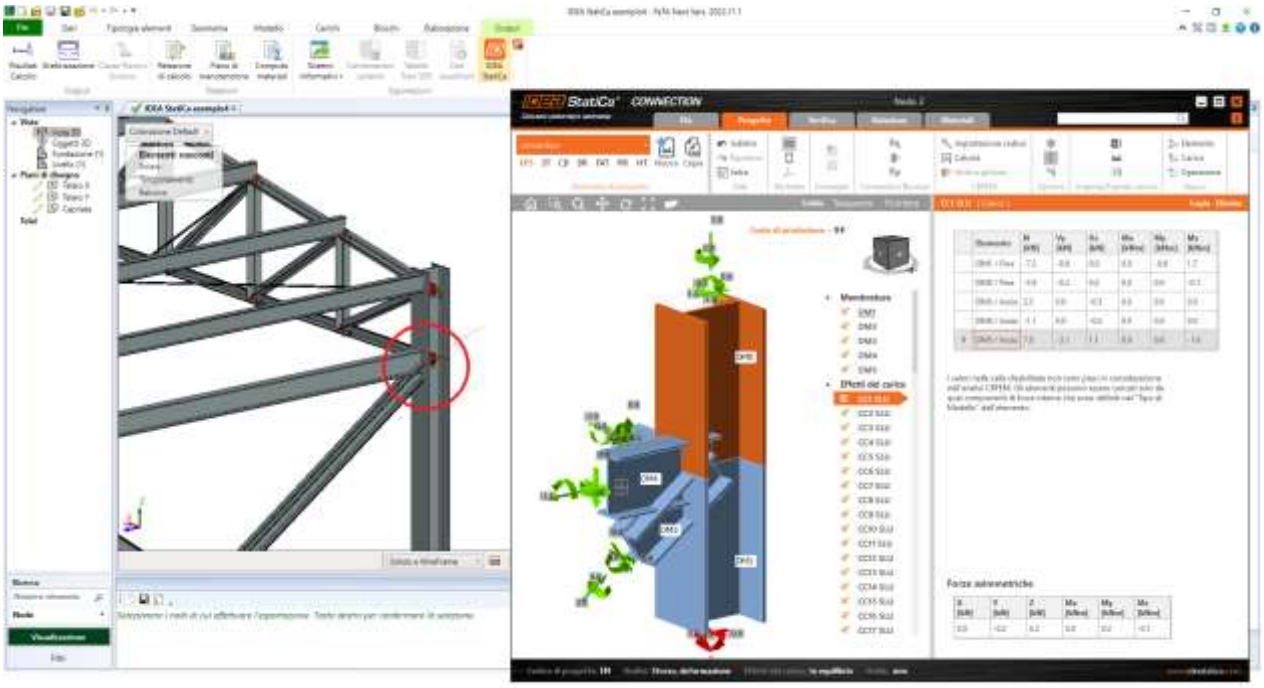


7.12 Eliminare un qualsiasi oggetto

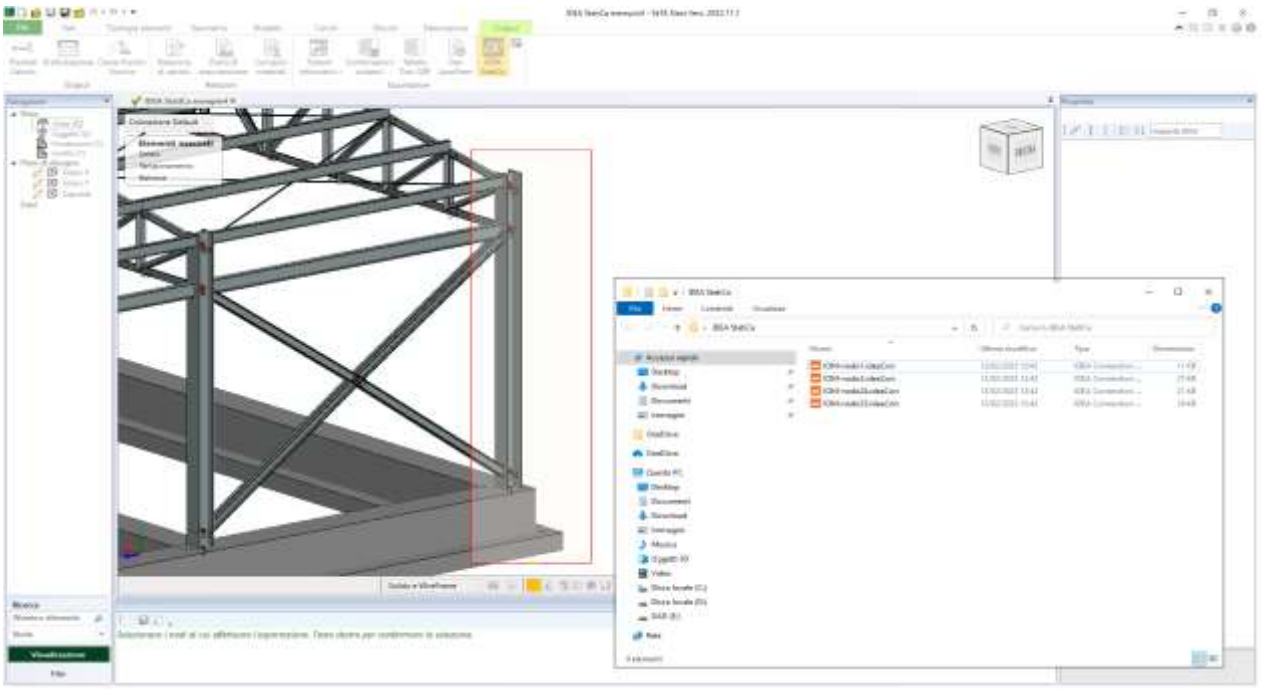
Per eliminare un qualsiasi oggetto basta cliccare sull'elemento (trave, pilastro, filo fisso, ecc.) che si vuole eliminare e, una volta selezionato, premere il tasto "Canc" della tastiera.

7.13 Esportare un nodo per IDEA StatiCa

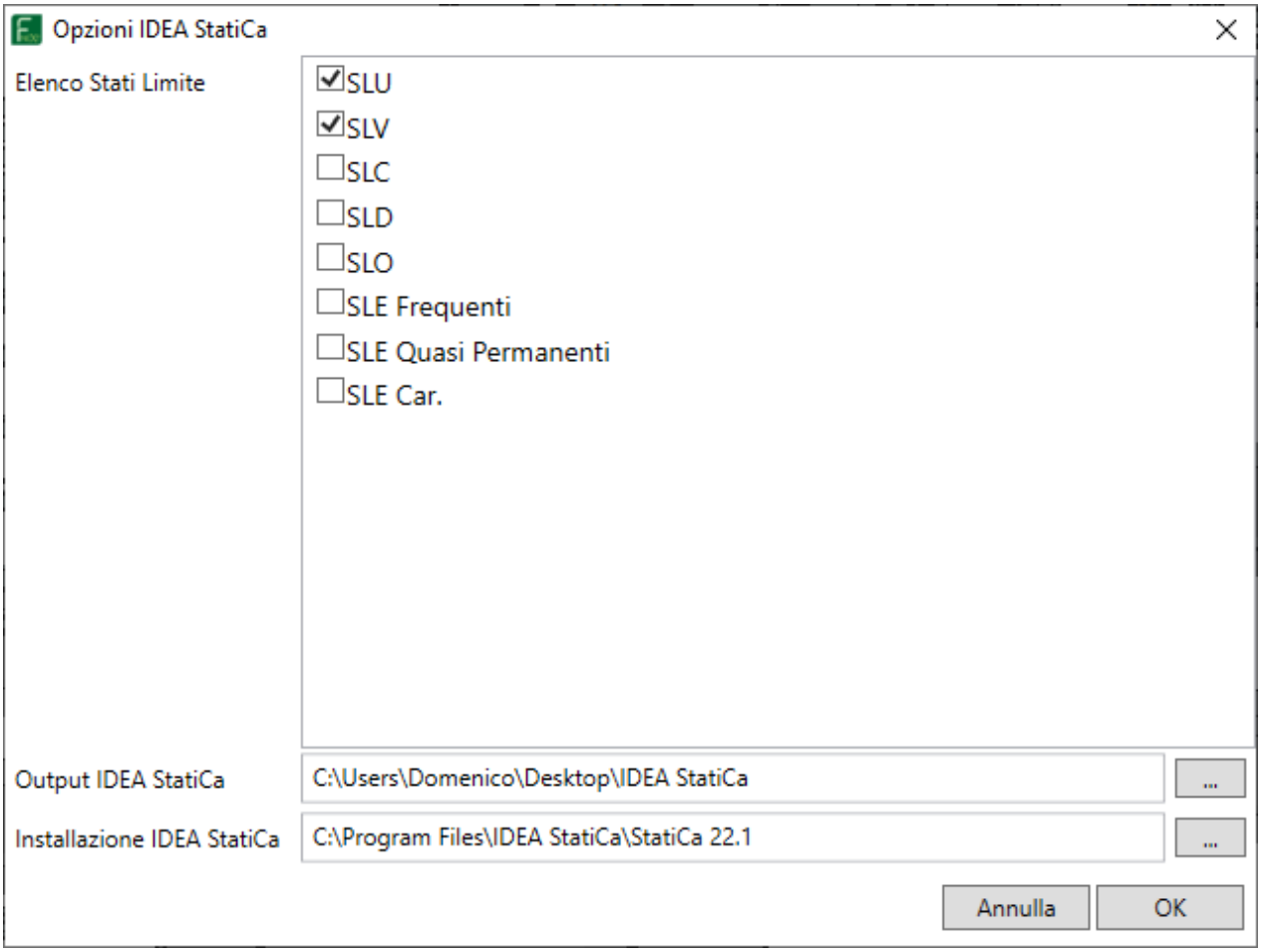
Per effettuare l'esportazione, una volta eseguito il calcolo e le verifiche, dal menù "Output" bisogna cliccare sul pulsante **"IDEA StatiCa"**, selezionare uno o più nodi (anche tramite seleazione a box) dei quali si vuole eseguire l'esportazione e confermare con il tasto destro del mouse. Nel caso di selezione di un singolo nodo (come nella seguente immagine) verrà avviato automaticamente il software *IDEA StatiCa.*



Nel caso di selezione di due o più nodi (esportazione multipla), i file (.ideaCon) con le informazioni dei vari nodi esportati verranno salvati in una cartella, precedentemente scelta nelle "Opzioni IDEA StatiCa"  , per poi essere gestiti singolarmente in un secondo momento tramite il software *IDEA StatiCa*:



Tramite il pulsante "Opzioni IDEA StatiCa"  è possibile settare le seguenti proprietà:



- **Elenco Stati Limite.** Tramite questa opzione è possibile definire per quali stati limite bisogna importare le sollecitazioni in IDEA StatiCa.
- **Output IDEA StatiCa**  **.** Cliccando su questo pulsante è possibile definire il percorso di salvataggio

dei file esportati (.ideaCon).

- **Installazione IDEA StatiCa** [...]**.** Cliccando su questo pulsante è possibile definire il percorso di istallazion edel software IDEA StatiCa.

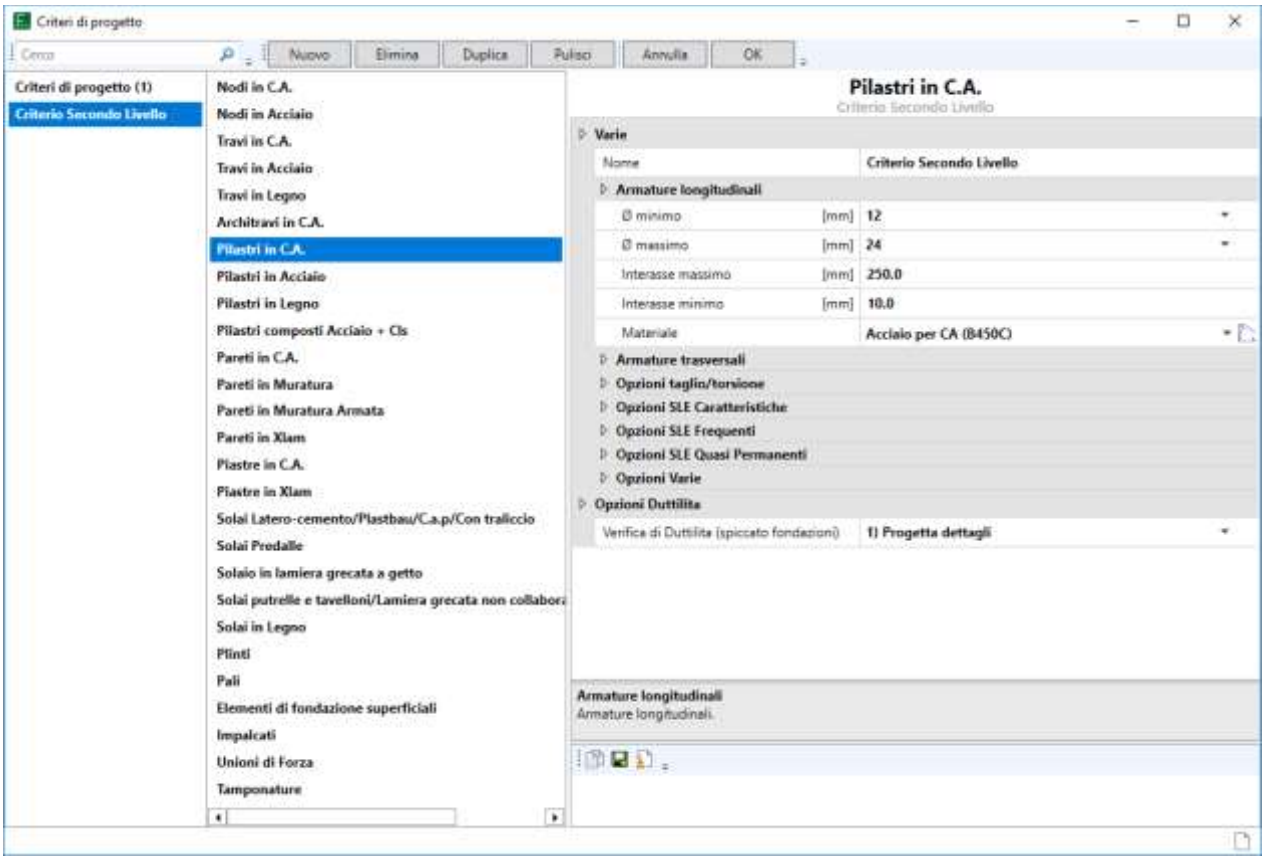
7.14 Gestire le preferenze verifiche

A differenza del FaTA-e in cui le preferenze verifiche si settano contestualmente all'esecuzione delle verifiche, in FaTA Next le preferenze verifiche vengono gestite in fase di input ed è possibile differenziarle per ogni elemento strutturale.

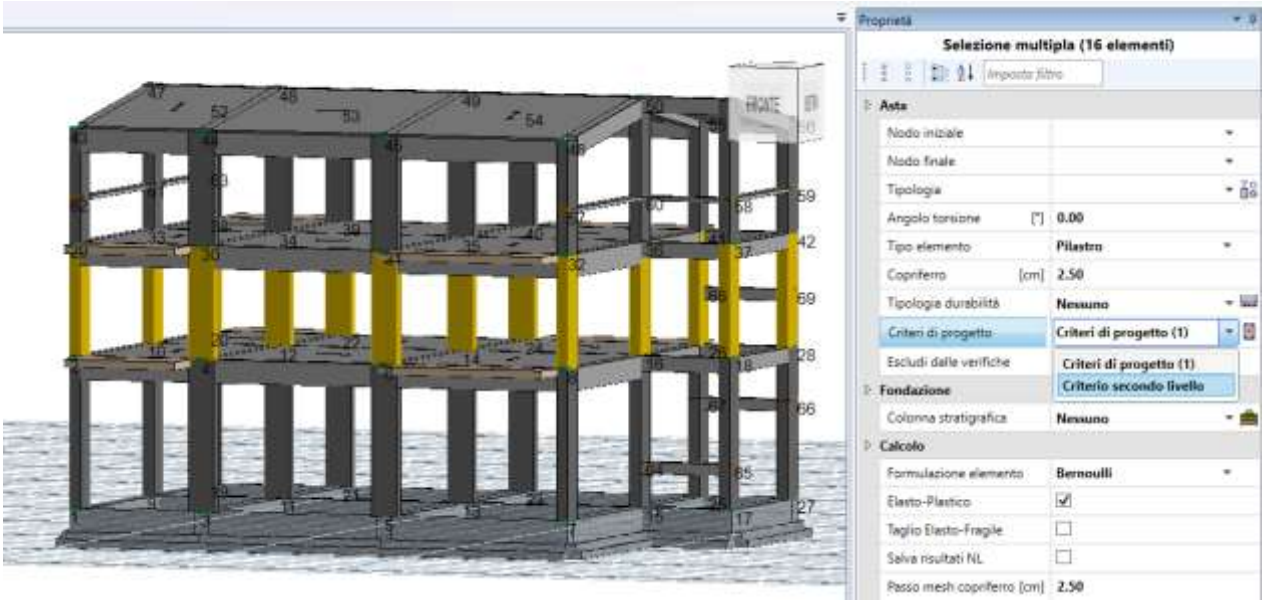
Per fare ciò per prima cosa bisogna andare nella sezione "Dati" e cliccare su **"Criteri di progetto"** :



Si apre la seguente finestra tramite la quale è possibile creare nuovi "Criteri di progetto" per poi assegnarli agli elementi strutturali. Se ad esempio si vuole creare un nuovo criterio di progetto da assegnare agli elementi strutturali del secondo livello ed in particolare cambiare l'armatura dei pilastri si procede come segue. All'apertura della finestra si clicca sul pulsante "Nuovo", si definisce il nome (ad es. Criterio Secondo Livello), si sceglie la tipologia di elemento voluto (Pilastri in C.A.) e si settano i relativi parametri:



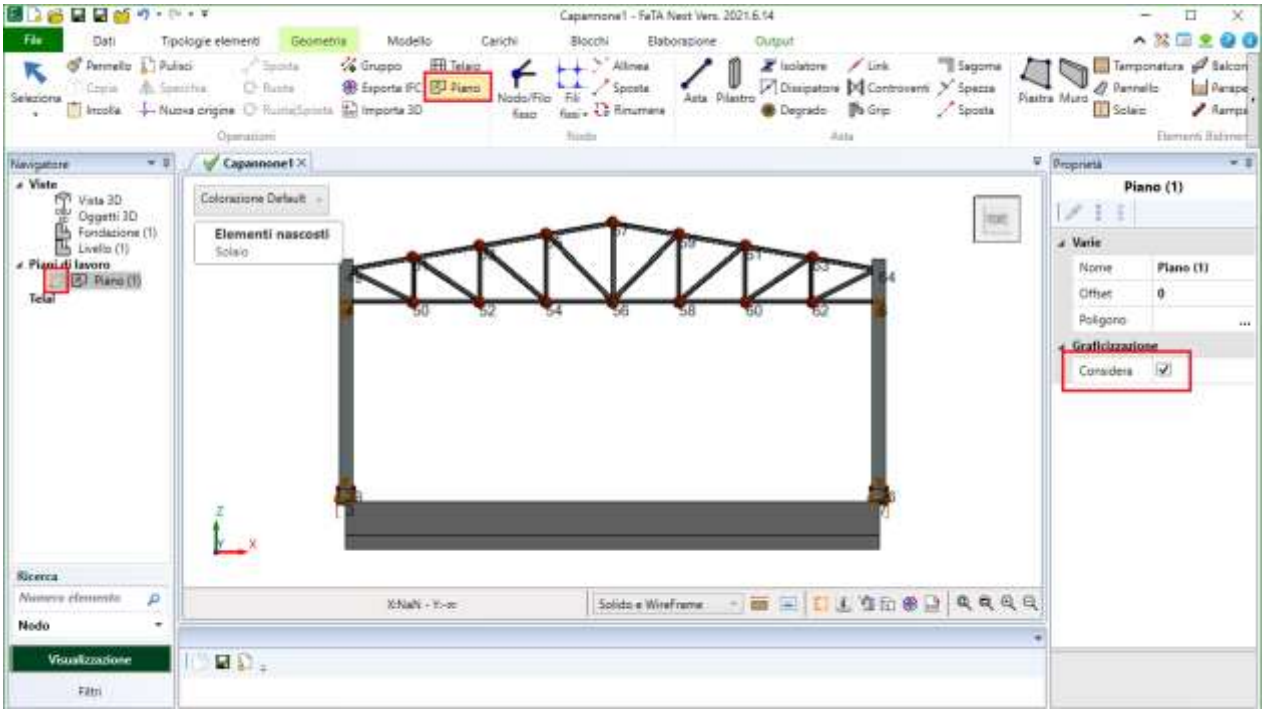
Creato il nuovo criterio di progetto, si selezionano tutti i pilastri del secondo livello e si completa assegnando ai pilastri selezionati il criterio di progetto voluto (Criterio secondo livello):



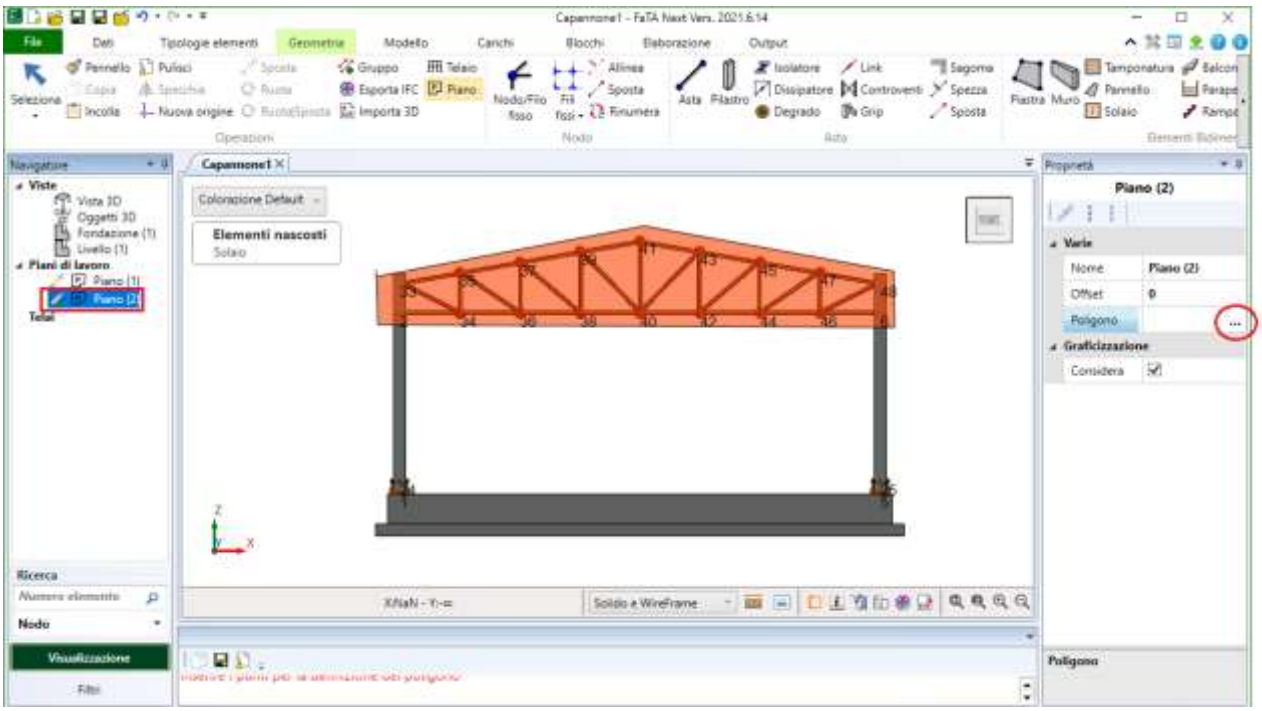
7.15 Graficizzare un telaio (ad es. in acciaio)

In FaTA Next è possibile effettuare una graficizzazione esecutiva dei telai o di una parte di essi (ad. esempio in acciaio).

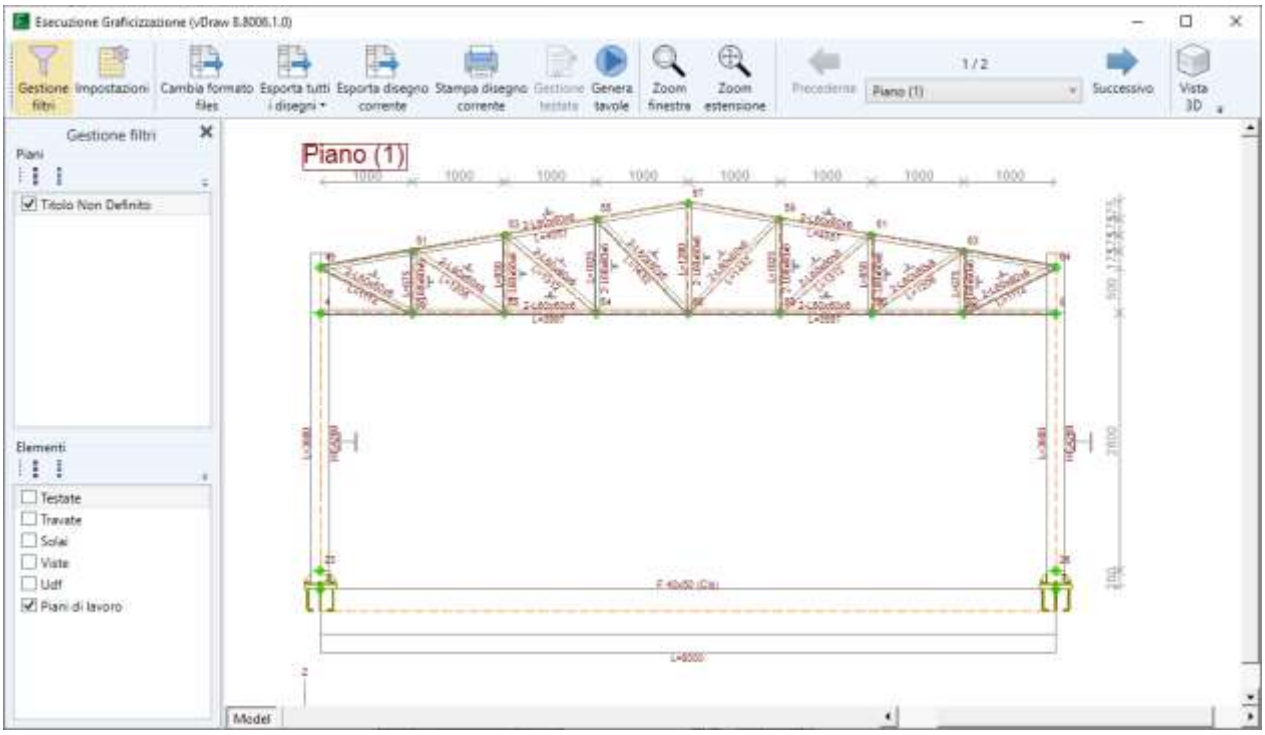
Per scegliere un telaio da graficizzare bisogna definire un "Piano di disegno" dal comando "Piano" e scegliere i 3 nodi che definiscono il piano in esame. Per modificare il piano bisogna cliccare sulla matita alla sinistra del piano selezionato. Affinché questo piano venga graficizzato deve essere presente il check su "considera".

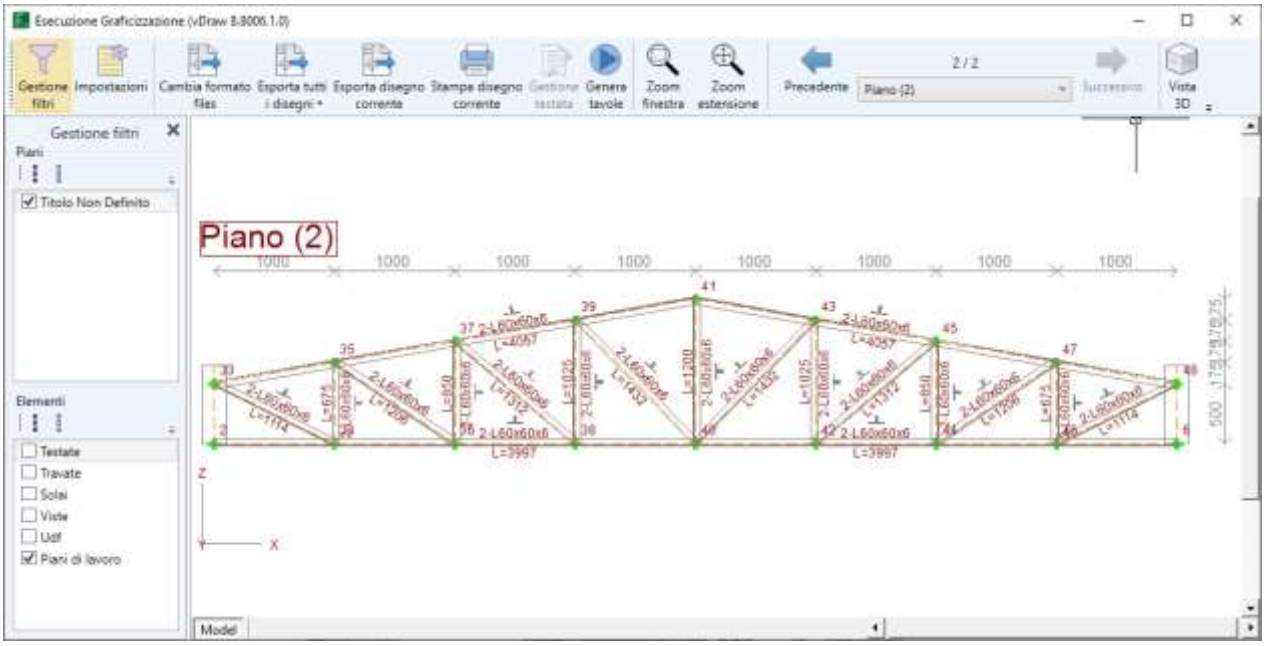


E' possibile, inoltre, definire solo una porzione del piano definito da graficizzare (ad. esempio la capriata della seguente figura). Per definire il poligono bisogna sui tre punti del campo "Poligono" e successivamente definire il poligono stesso e completare con il tasto destro del mouse.



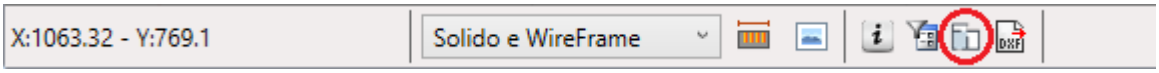
Di conseguenza in graficizzazione otterremo il seguente risultato:



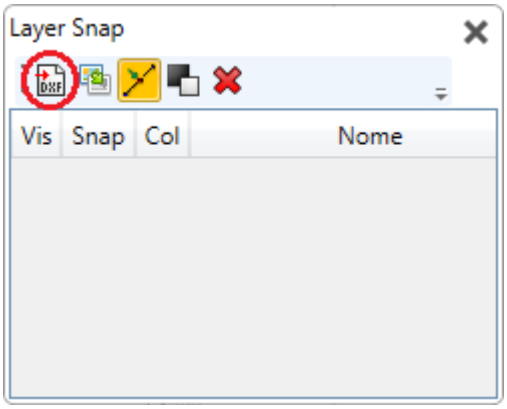


7.16 Importare uno sfondo dxf/dwg (2D)

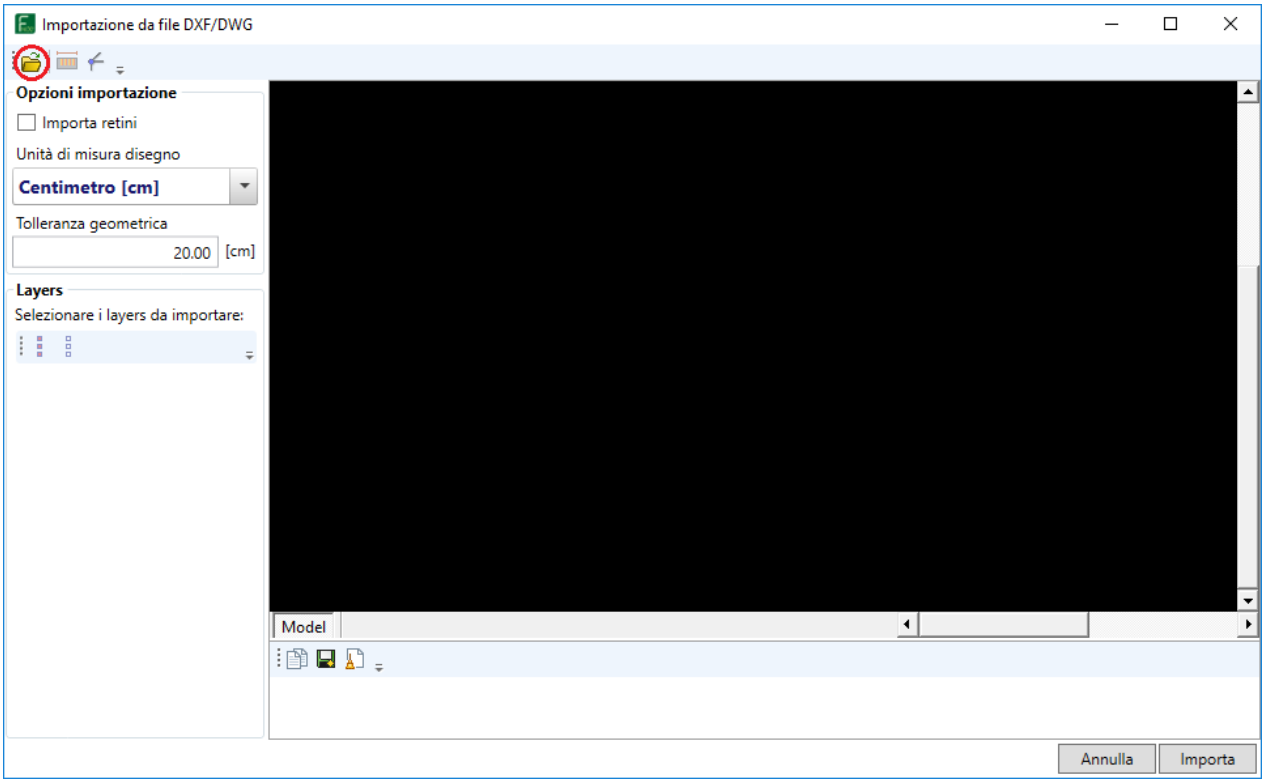
FaTA Next consente di importare file dxf/dwg da utilizzare come sfondo per l'input. Bisogna tenere presente che tale opzione può essere attivata solo nel caso in cui si stia operando in ambiente grafico per livelli su un generico piano orizzontale;
Per fare ciò bisogna andare nell'ambiente "Viste", posizionarsi sul livello dove si vuole importare lo sfondo dxf/dwg (ad es. Fondazione) e cliccare sul pulsante **"Gestione dxf/dwg come sfondo"** nella barra dei comandi nella parte bassa dell' "Ambiente Principale":



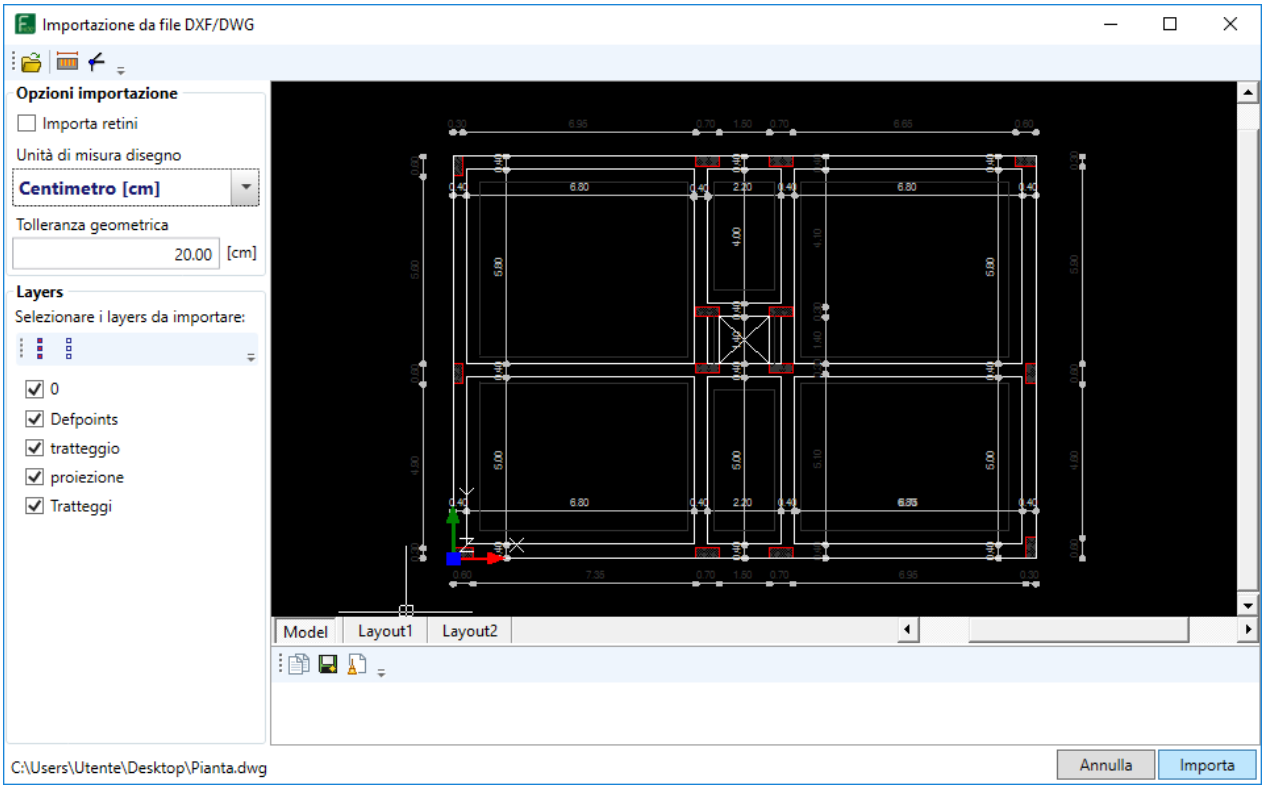
Alla pressione del corrispondente pulsante si apre la seguente finestra e si clicca sul pulsante **"Importa un dxf/dwg come sfondo per la finestra corrente"**:



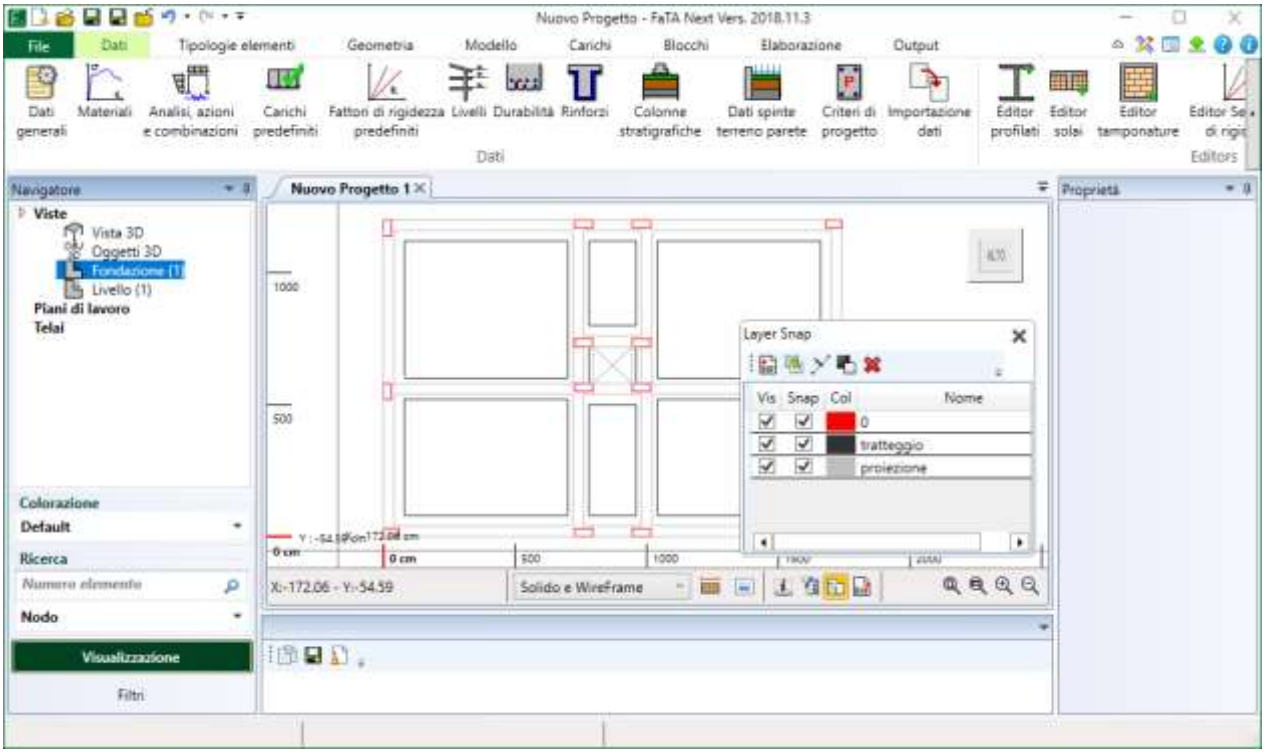
Si apre la seguente finestra e si clicca sul pulsante **"Apri file dxf/dwg"**:



Si sceglie il file da importare, si definisce l'origine del sistema di riferimento cliccando sul pulsante  e selezionando l'origine in pianta, si scelgono l'unità di misura del disegno e la tolleranza geometrica, si selezionano i layers da importare e si completa cliccando sul pulsante "Importa" in basso a destra della finestra seguente:



Infine, si ottiene il seguente risultato:

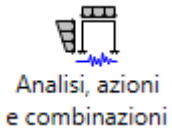


7.17 Impostare un analisi per la muratura

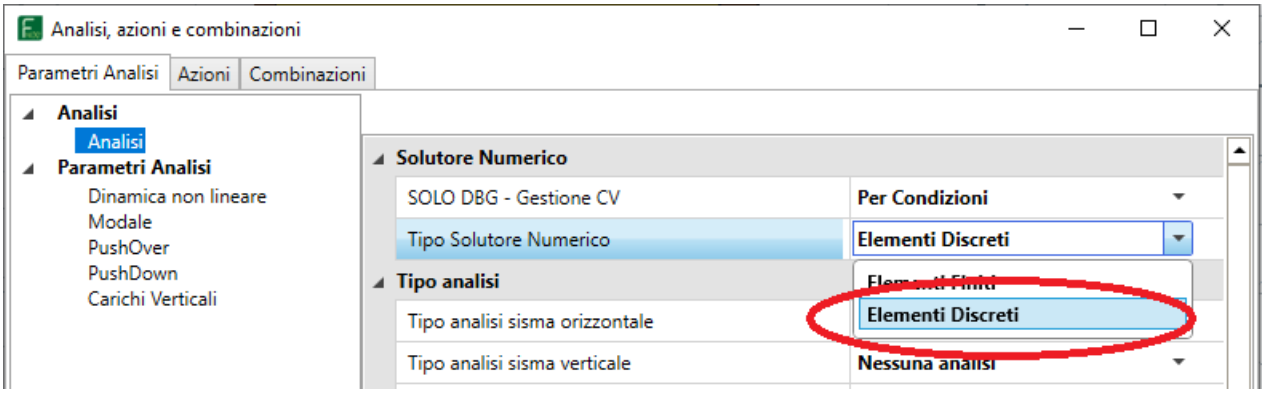
Per effettuare l'analisi pushover in caso di strutture in muratura (o più in generale con il solutore agli elementi discreti) devono essere eseguiti alcuni passi.

Passo 1: impostare il solutore

Accedere all'ambiente di impostazione delle analisi tramite il pulsante:

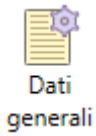


Impostare "Elementi Discreti" in ""Tipo solutore Numerico"

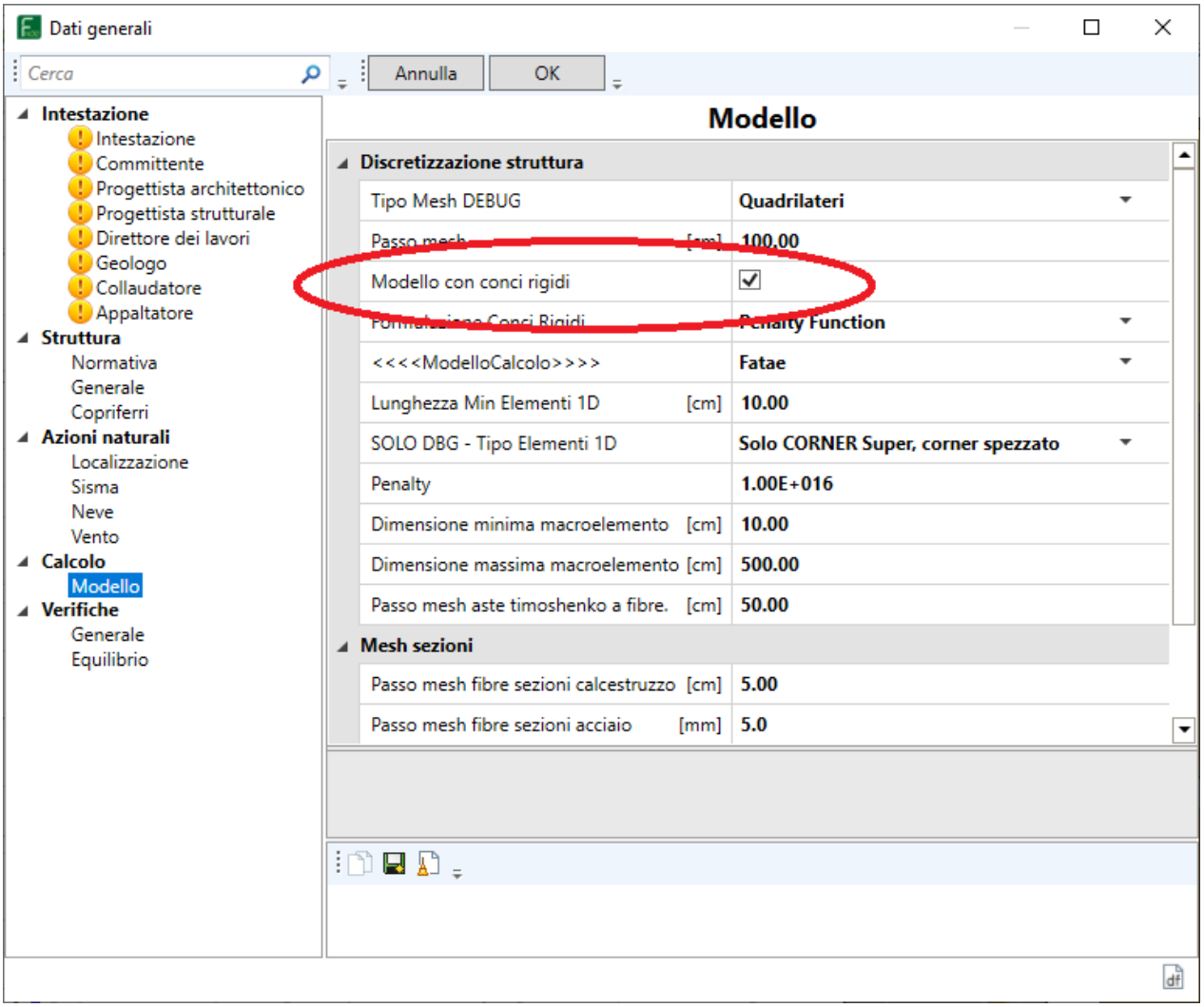


Passo 2: impostare il modello a conci rigidi:

Accedere ai Dati Generali tramite il pulsante:

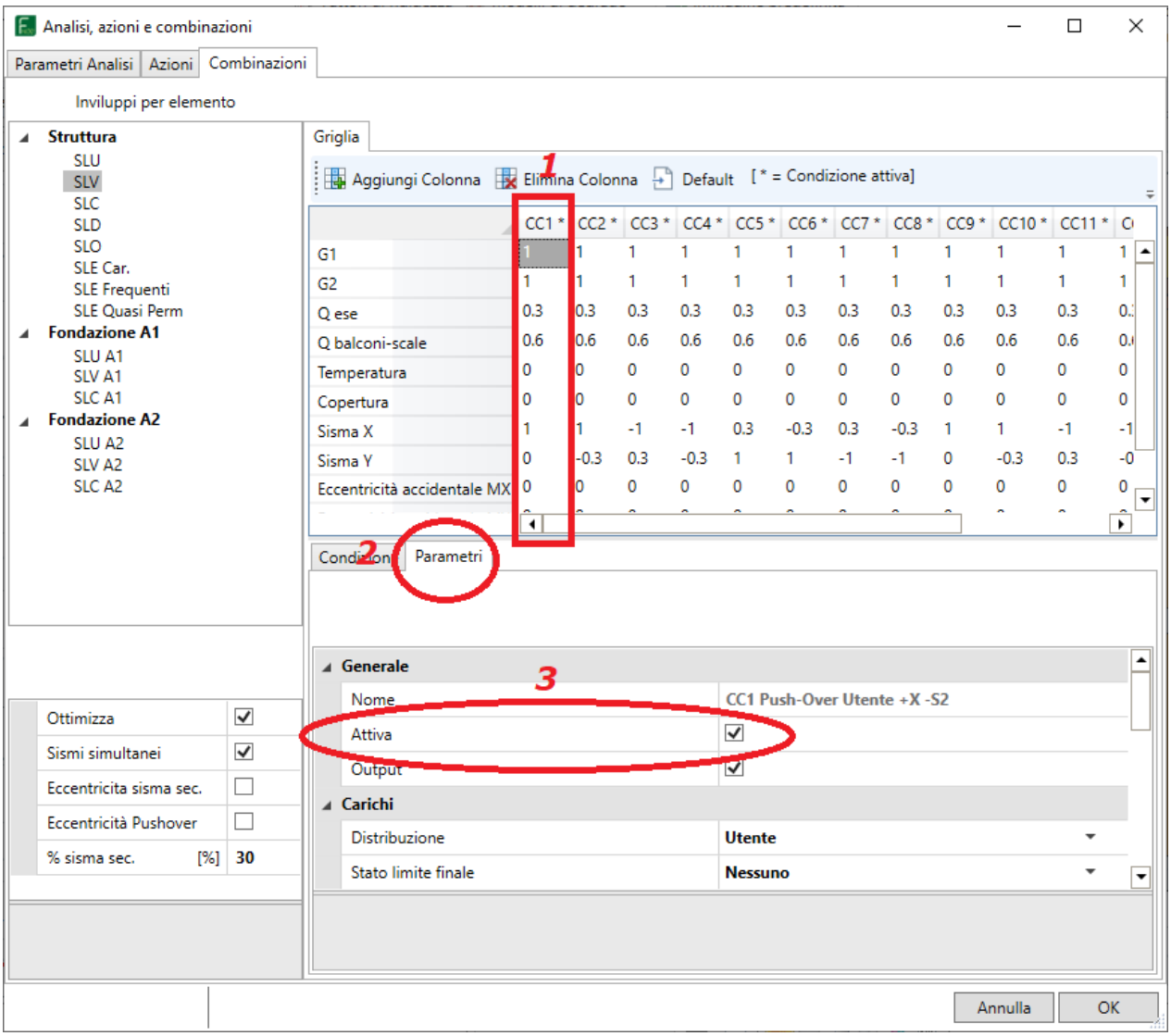


Impostare "Modello a conci rigidi" nella pagina "Modello"



E' consigliabile, alle prime analisi, di iniziare attivando solo le condizioni 1, 5, 9, 13 in modo da controllare il modello senza attendere l'elaborazione di un numero notevole di curve. La scelta delle combinazioni consigliate è dettata dal fatto che rappresentano le due direzioni X ed Y e i due tipi di distribuzioni di analisi pushover richieste dalle norme.

L'attivazione della condizione di carico si effettua nell'ambiente "Analisi, azioni e combinazioni", selezionando la colonna desiderata e attivando "Attiva" nella pagina "Parametri":

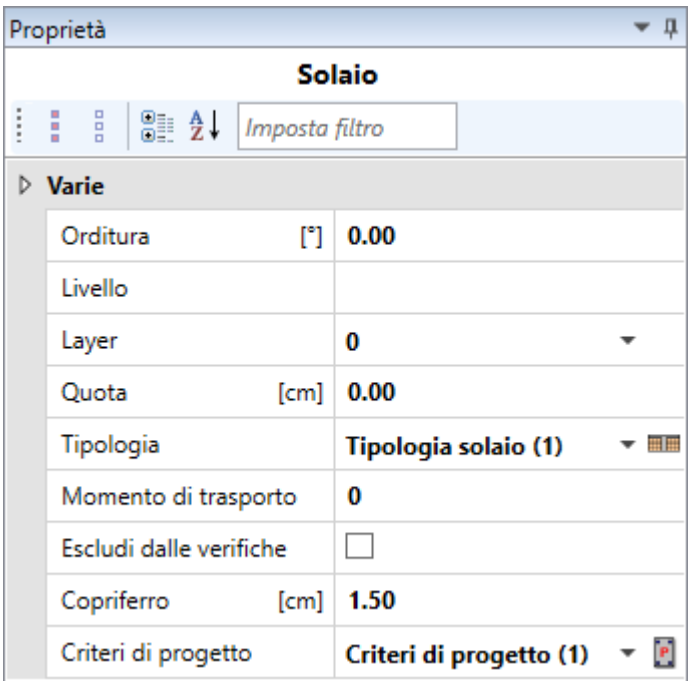


7.18 Inserimento multiplo

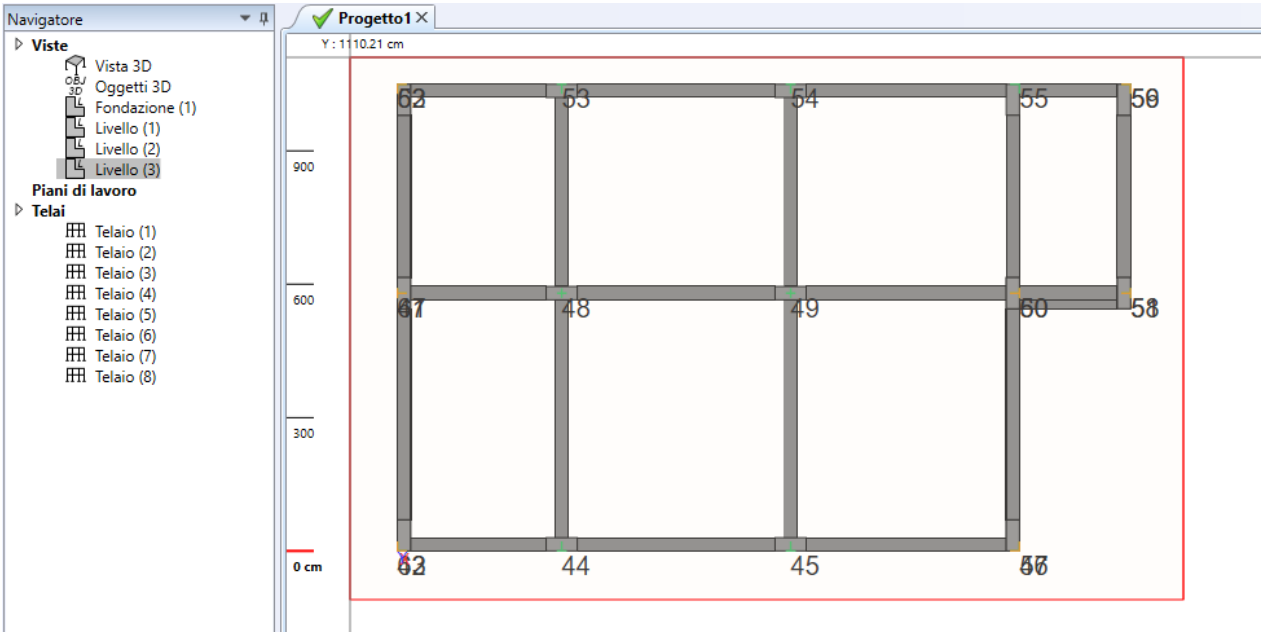
Per fare un inserimento multiplo dalla vista 2D, ad esempio l'inserimento dei solai ad un generico livello, bisogna innanzitutto scegliere il tipo di elemento da inserire (in questo caso la tipologia "Solaio") dall'ambiente "Geometria":



Si settano tutti i parametri relativi all'elemento scelto:



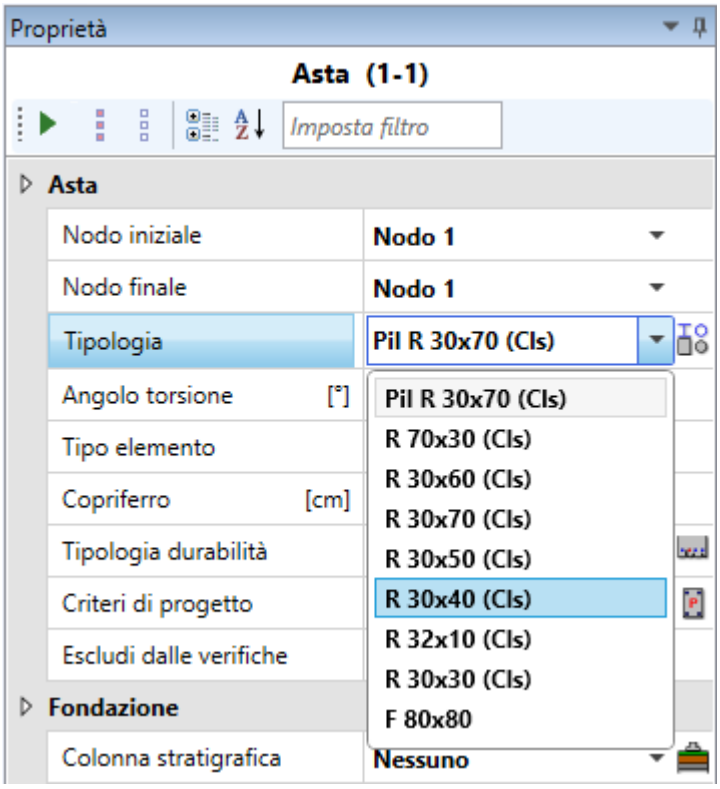
Infine, selezionando l'intero livello, tenendo premuta la combinazione tasto sinistro del mouse (da destra a sinistra per modalità intercetta o da sinistra a destra per modalità contenuto) e il tasto Ctrl, vengono automaticamente inseriti tutti i solai dell'intero impalcato:



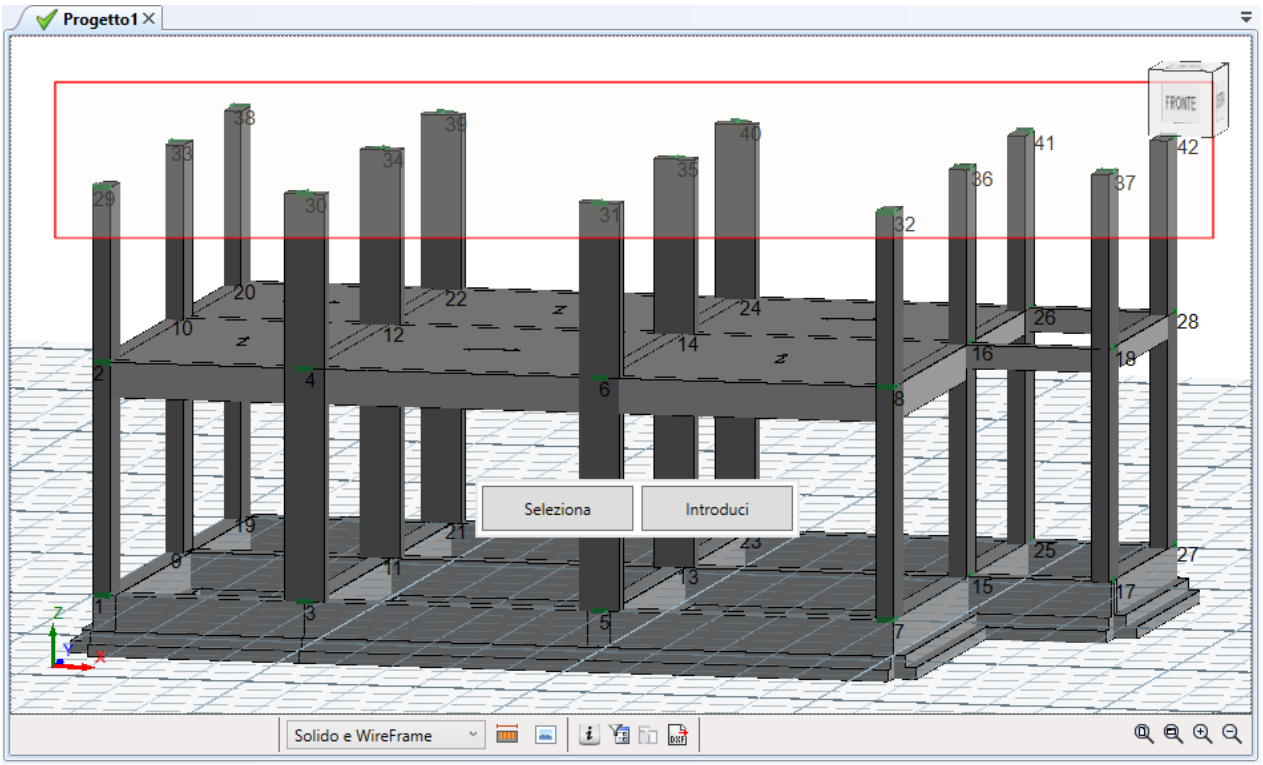
Nel caso di un inserimento multiplo dalla vista 3D, ad esempio l'inserimento delle travi ad un generico livello, bisogna innanzitutto scegliere il tipo di elemento da inserire (in questo caso la tipologia Asta) dalla sezione Geometria:



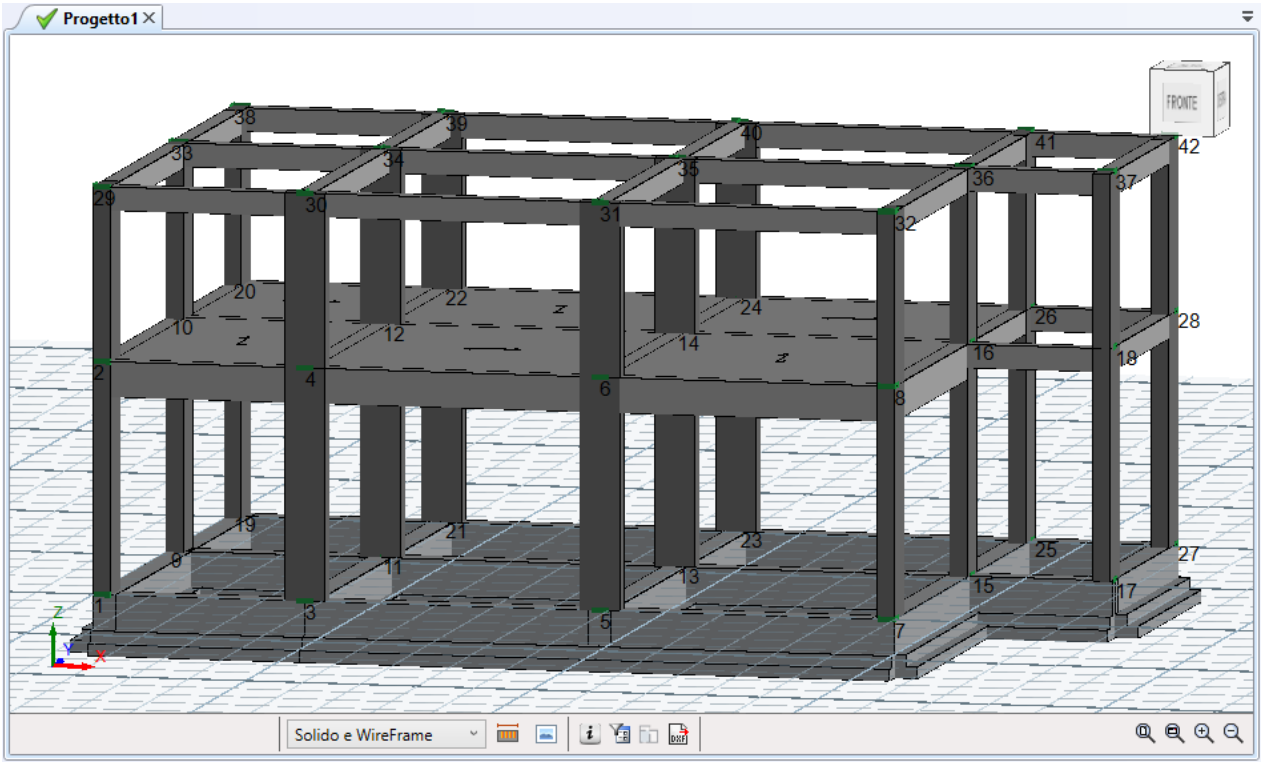
Si settano tutti i parametri relativi all'elemento scelto, ad esempio il tipo di elemento (trave) e la sezione:



A questo punto, si selezionano i pilastri dell'intero livello dall'imput 3D, tenendo premuta la combinazione tasto sinistro del mouse, da destra verso sinistra, e il tasto Ctrl:



Infine, cliccando sul tasto **"Introduci"** vengono automaticamente inserite tutte le travi dell'intero livello:

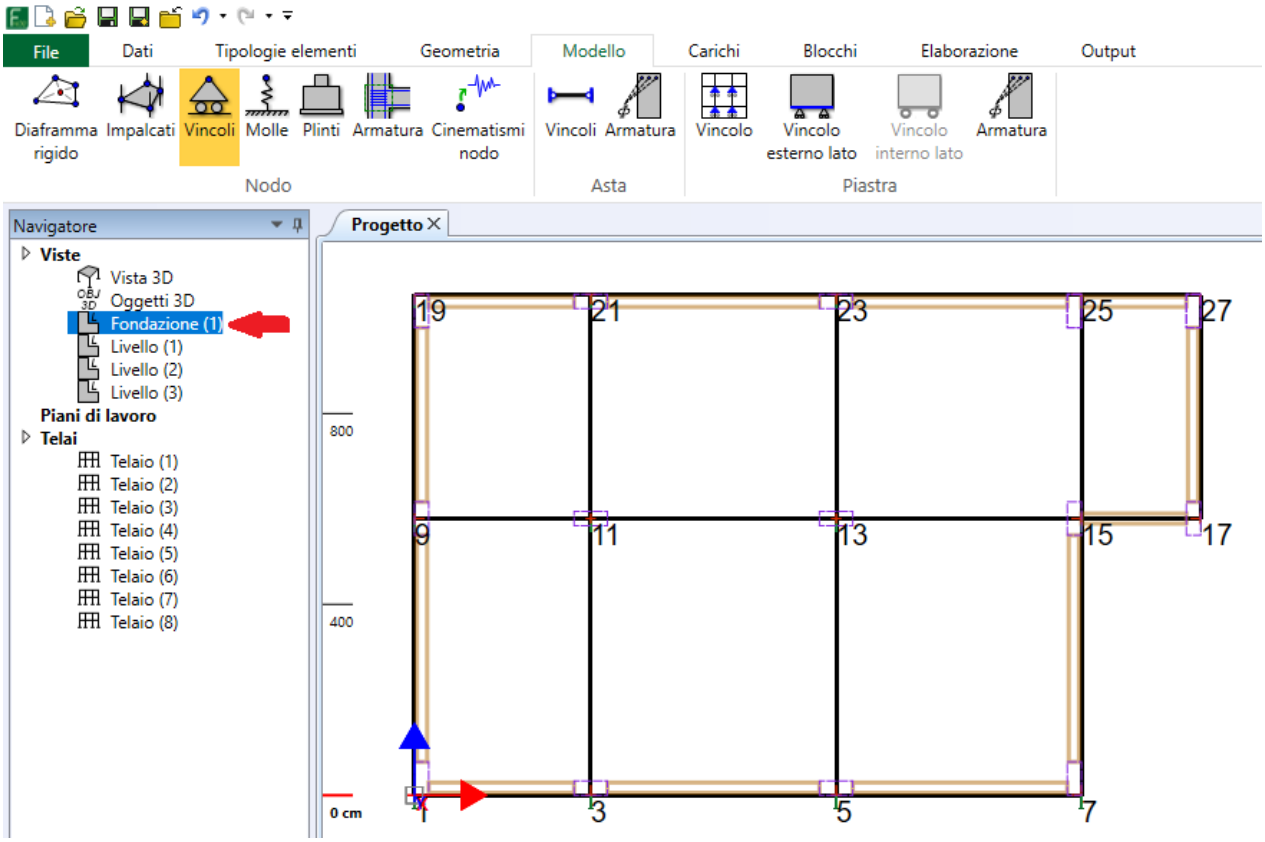


7.19 Inserire i vincoli in fondazione

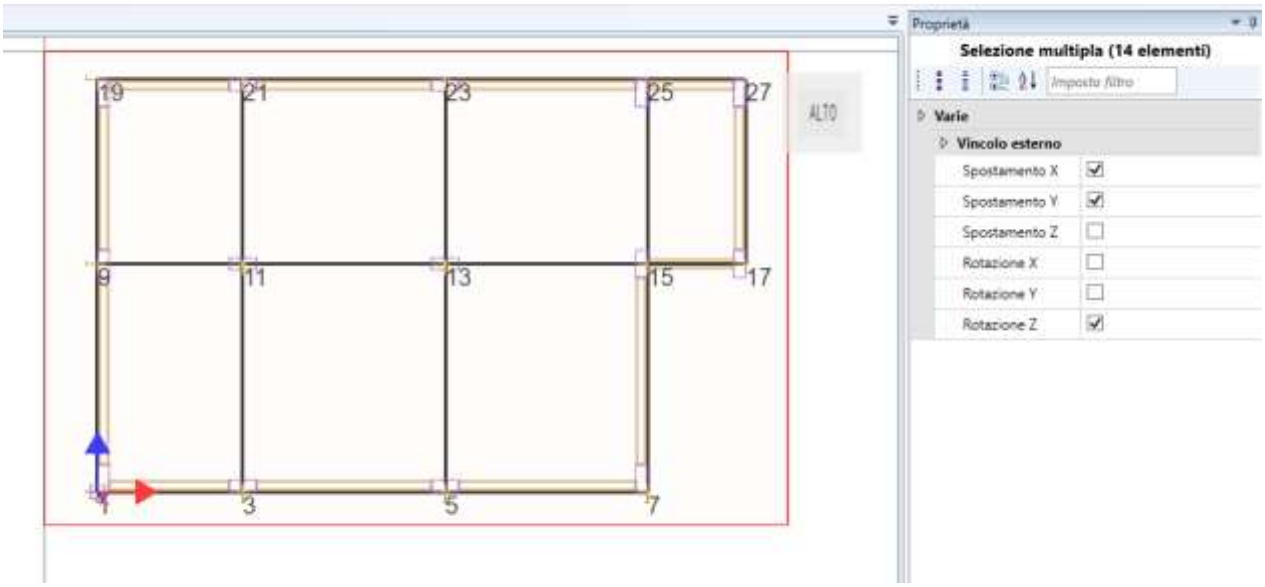
Per inserire i vincoli in fondazione per prima cosa bisogna andare nell'ambiente "Modello" e cliccare su **"Vincoli"** :



A questo punto si va alla vista 2D al livello fondazione (in alternativa si può operare anche in ambiente 3D):

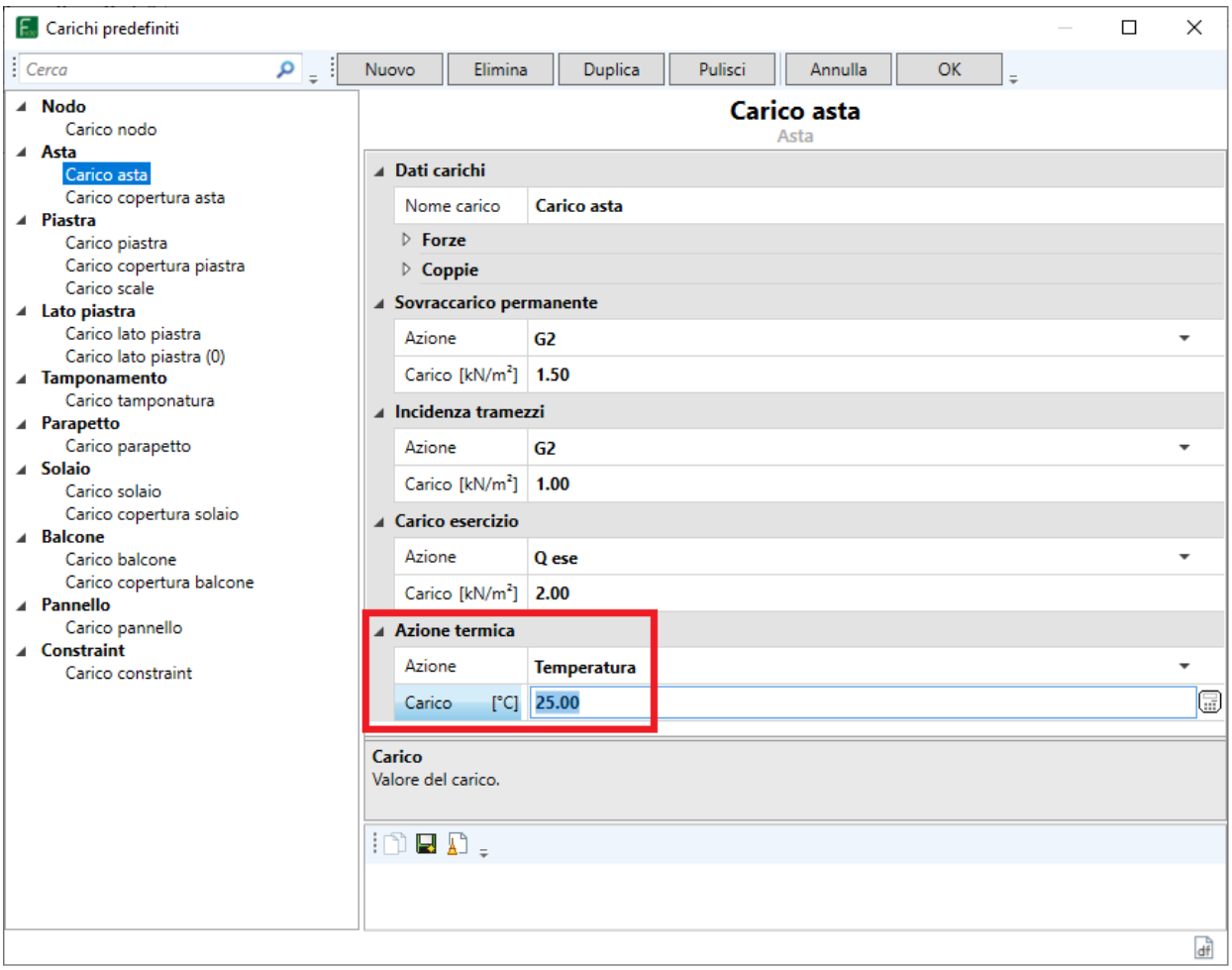


Si selezionano tutti i nodi dell'intera fondazione tenendo premuta la combinazione tasto sinistro del mouse (da destra a sinistra per modalità intercetta o da sinistra a destra per modalità contenuto) e il tasto Ctrl e si completa scegliendo i cinematismi da vincolare dalla barra delle Proprietà:



7.20 Inserire l'azione termica

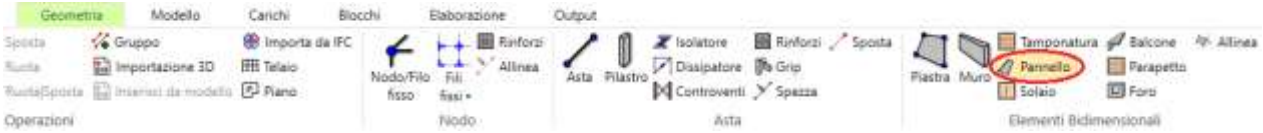
Per inserie l'azione termica su un oggetto, ad esempio sulle aste, è sufficiente, all'interno dell'ambiente "Carichi predefiniti", definire il valore del carico corrispondente:



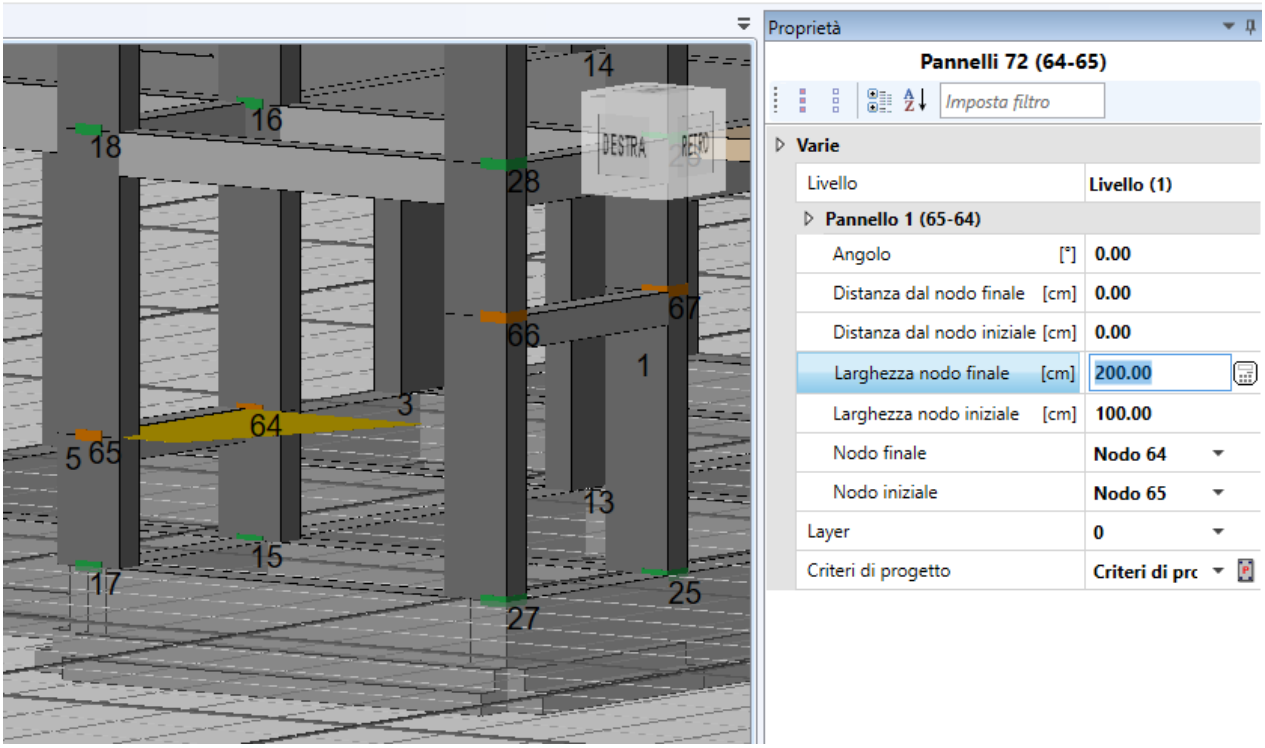
Una volta modificato o creato il nuovo "Carico predefinito" è possibile associarlo all'oggetto (ad esempio alle aste) dall'ambiente dei carichi.

7.21 Inserire un carico generico (Es. carico scala)

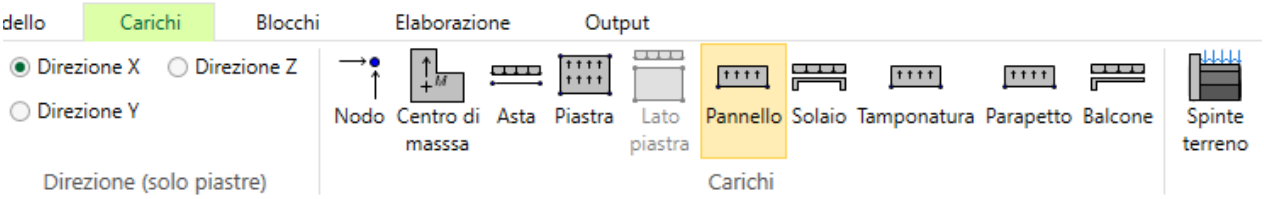
Per inserire un carico generico, come ad esempio il carico scala, è necessario per prima cosa definire un pannello di carico e per fare ciò bisogna andare nell'ambiente "Geometria" e scegliere in "Elementi Bidimensionali" la tipologia **"Pannello"**:



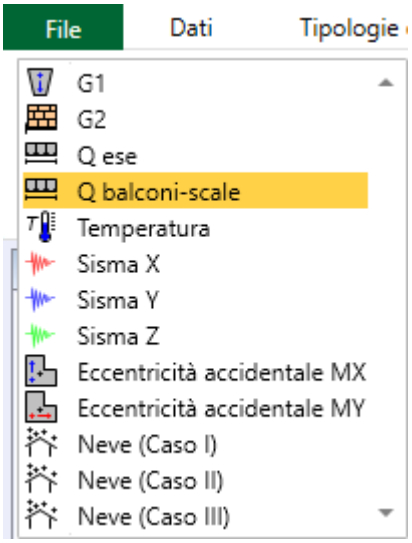
Si assegna all'elemento strutturale voluto (ad esempio la trave compresa tra i nodi 64 e 65) il pannello di carico, si seleziona il pannello appena inserito e si settano tutti i parametri relativi all'impronta di carico dalla barra delle Proprietà:



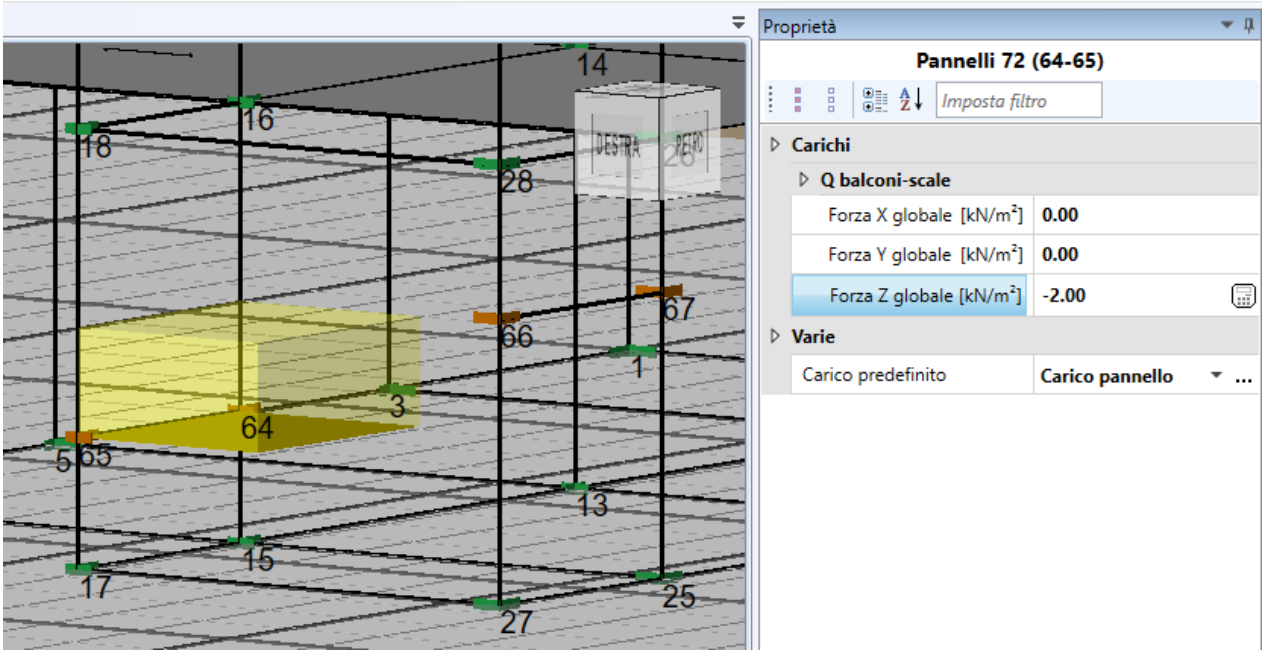
Inserito il pannello, il prossimo passo consiste nel caricare il pannello stesso. Per fare ciò bisogna andare nell'ambiente "Carichi" e scegliere la tipologia **"Pannello"** :



Una volta scelto il tipo di carico bisogna scegliere l'azione che si vuole aggiungere/modificare dal menù a tendina in alto a sinistra:

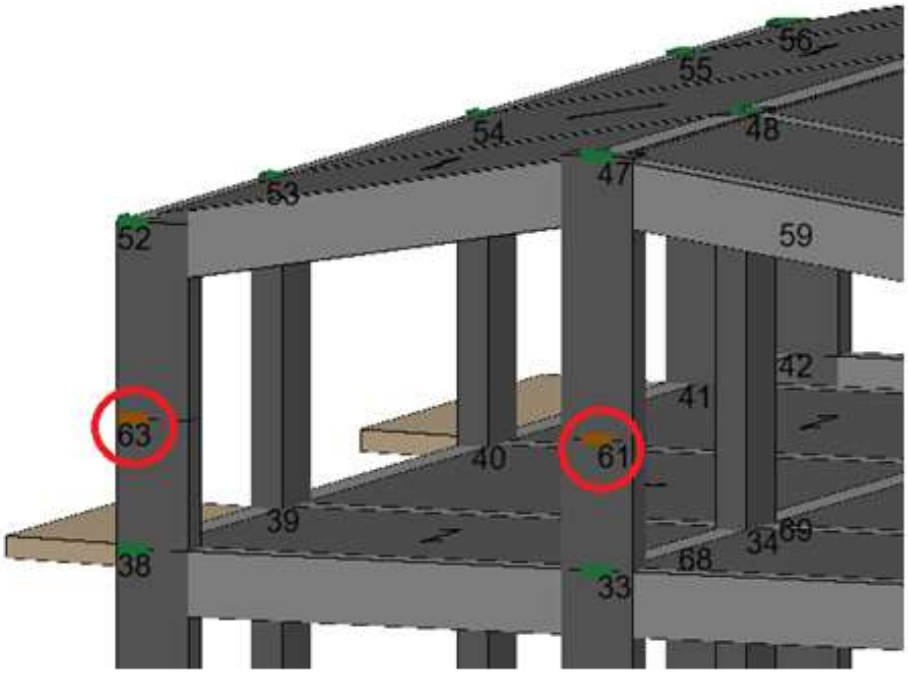


A questo punto si seleziona il pannello precedentemente inserito, si settano i valori dei carichi che si vogliono modificare oppure si assegna al pannello il carico predefinito precedentemente definito e si completa premendo "Invio":

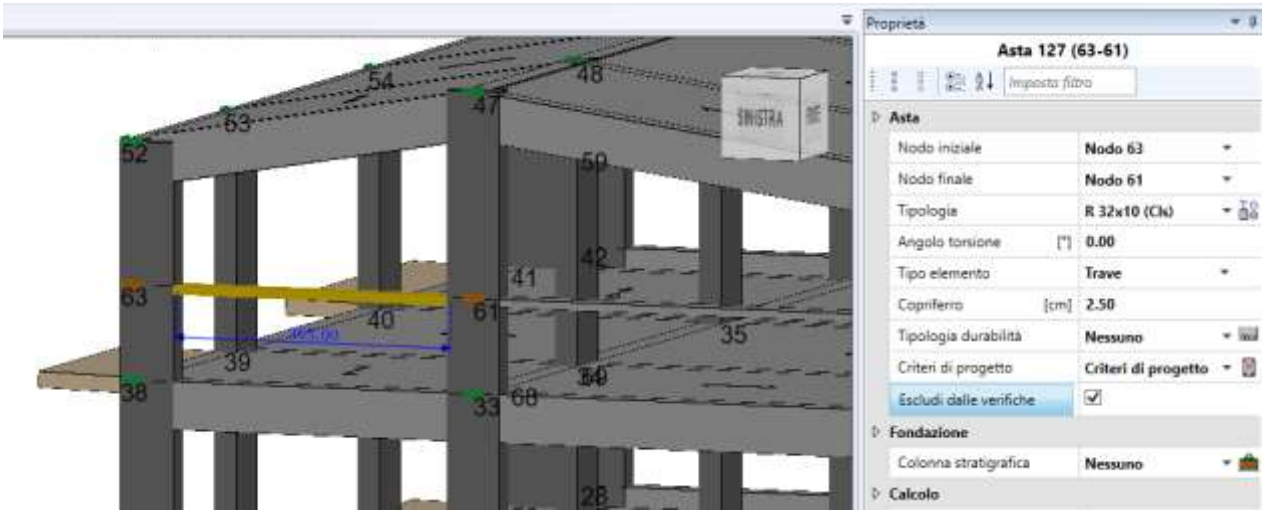


7.22 Inserire un cordolo per la tamponatura

Per inserire un cordolo in una maglia strutturale, ad esempio per spezzare una tamponatura, per prima cosa bisogna inserire due nodi (Nodo-livello) sugli elementi strutturali ai quali verrà ancorato il cordolo (ad esempio spezzando due pilastri):

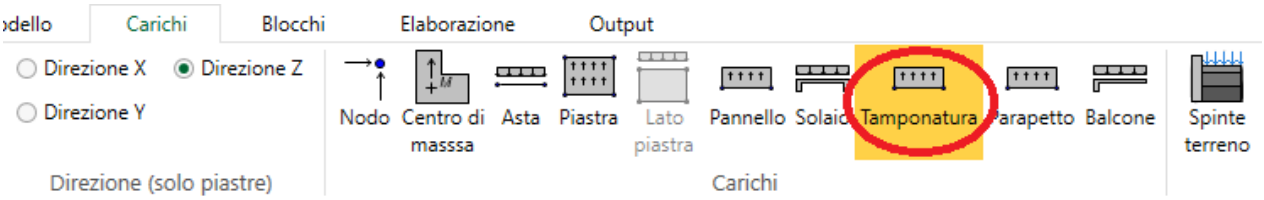


Inseriti i due nodi, si procede in modo analogo all'inserimento di una generica trave, ricordandosi di escludere l'elemento inserito dalle verifiche.

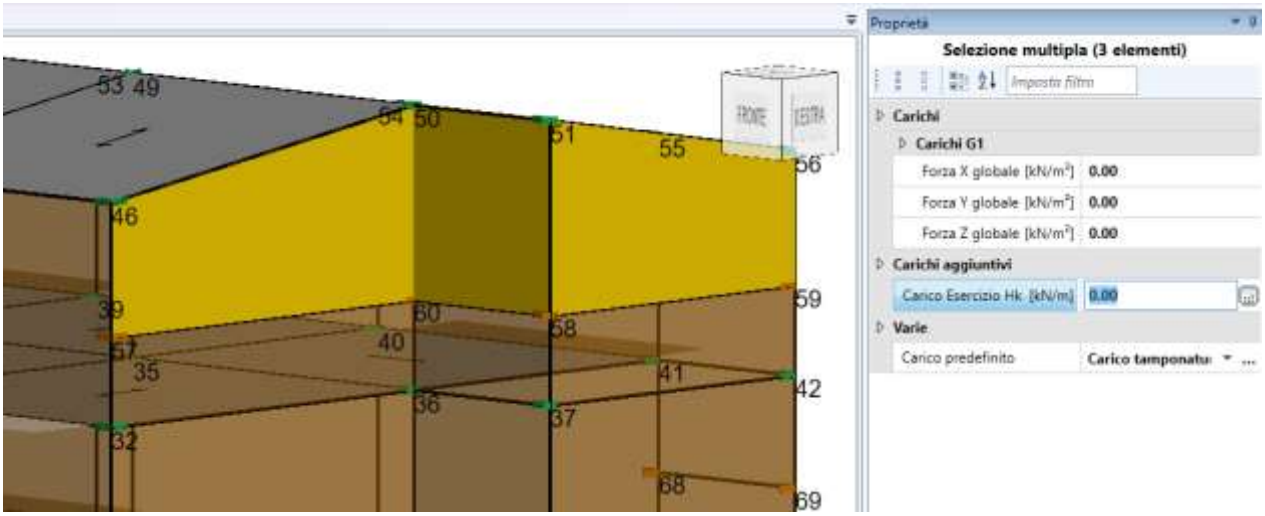


Inserite le due tamponature, bisogna ricordarsi di porre il carico di esercizio delle tamponature sopra i cordoli pari a zero.

Per fare ciò, una volta inserite le tamponature, per prima cosa bisogna andare nell'ambiente "Carichi" e cliccare su **"Tamponatura"**  :



Selezionate le tamponature al di sopra delle cordolature si pone il **"Carico Esercizio Hk"** pari a zero (Hk = 0.00 kN/m).



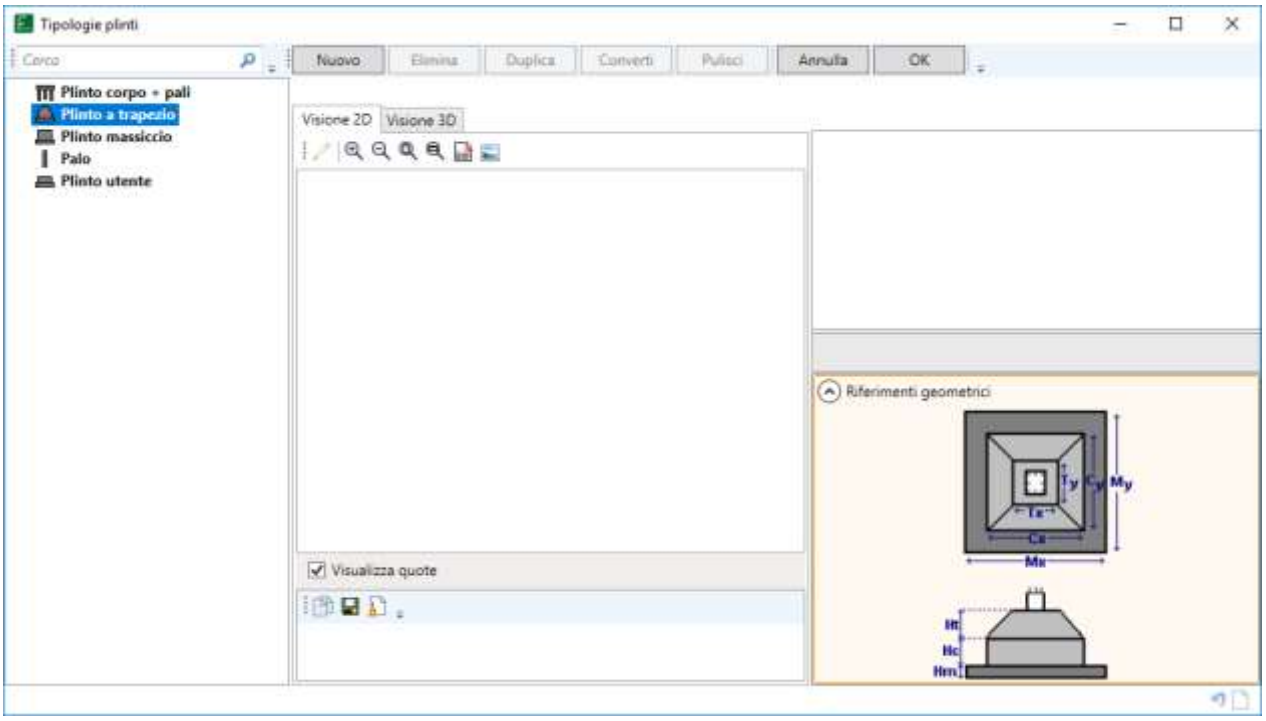
7.23 Inserire un plinto

Per inserire uno o più plinti di fondazione è necessario per prima cosa definire la tipologia nell'apposito editor.

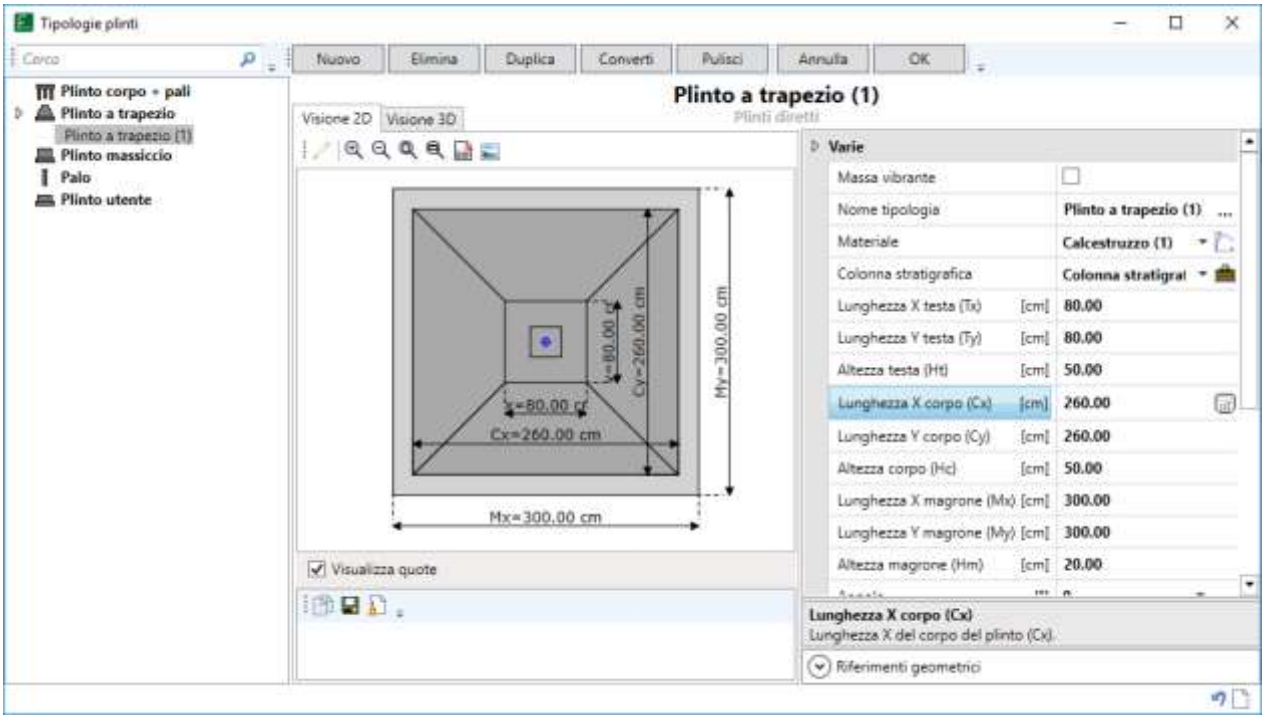
Per fare ciò bisogna andare nell'ambiente "Tipologie elementi" e scegliere la tipologia **"Plinti"**  :



Cliccando sul pulsante "Plinti" si apre la seguente finestra:



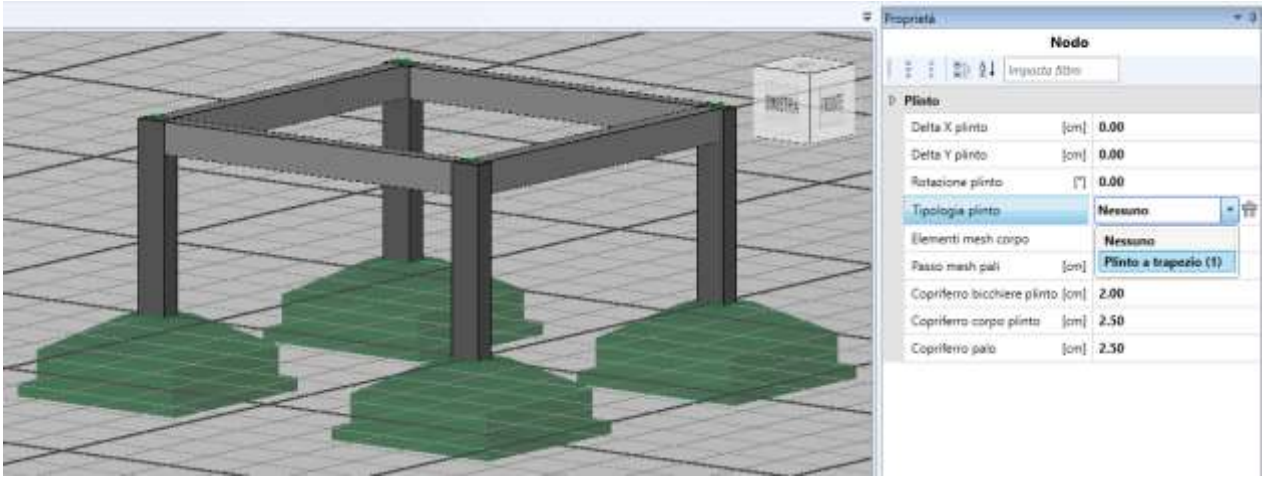
Scelta la tipologia di plinto (ad. esempio Plinto a trapezio), si clicca sul pulsante "Nuovo", si settanto tutti i parametri relativi al plinto appena creato e si completa cliccando sul pulsante "OK":



A questo punto, per inserire uno o più plinti nei nodi di fondazione, è necessario andare nella sezione "Modello" e cliccare sul pulsante "Plinti":



Si selezionano i nodi ai quali applicare il plinto e infine si completa scegliedo la tipologia di plinto da inserire dalla barra delle proprietà come di seguito riportato:



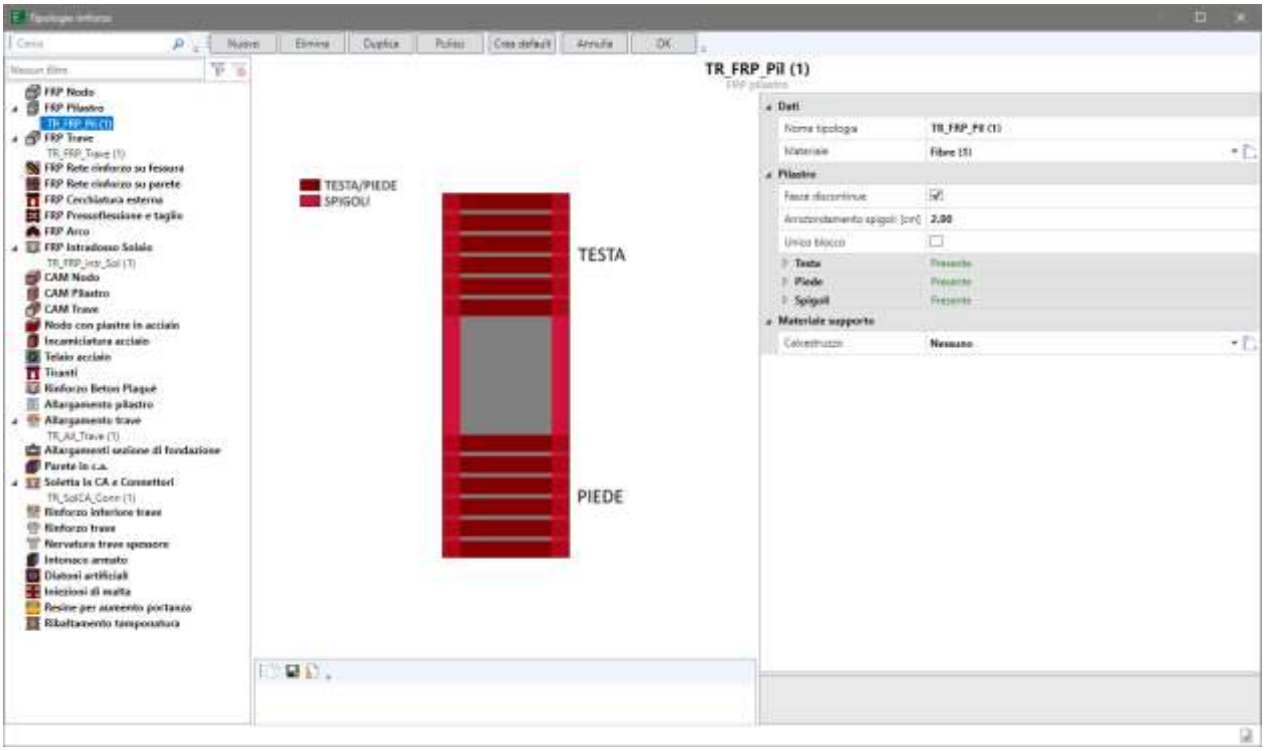
7.24 Inserire un rinforzo strutturale

Per inserire uno o più rinforzi strutturali è necessario per prima cosa definire la tipologia nell'apposito editor.

Per fare ciò bisogna andare nella sezione "Dati" e scegliere **"Rinforzi"** :



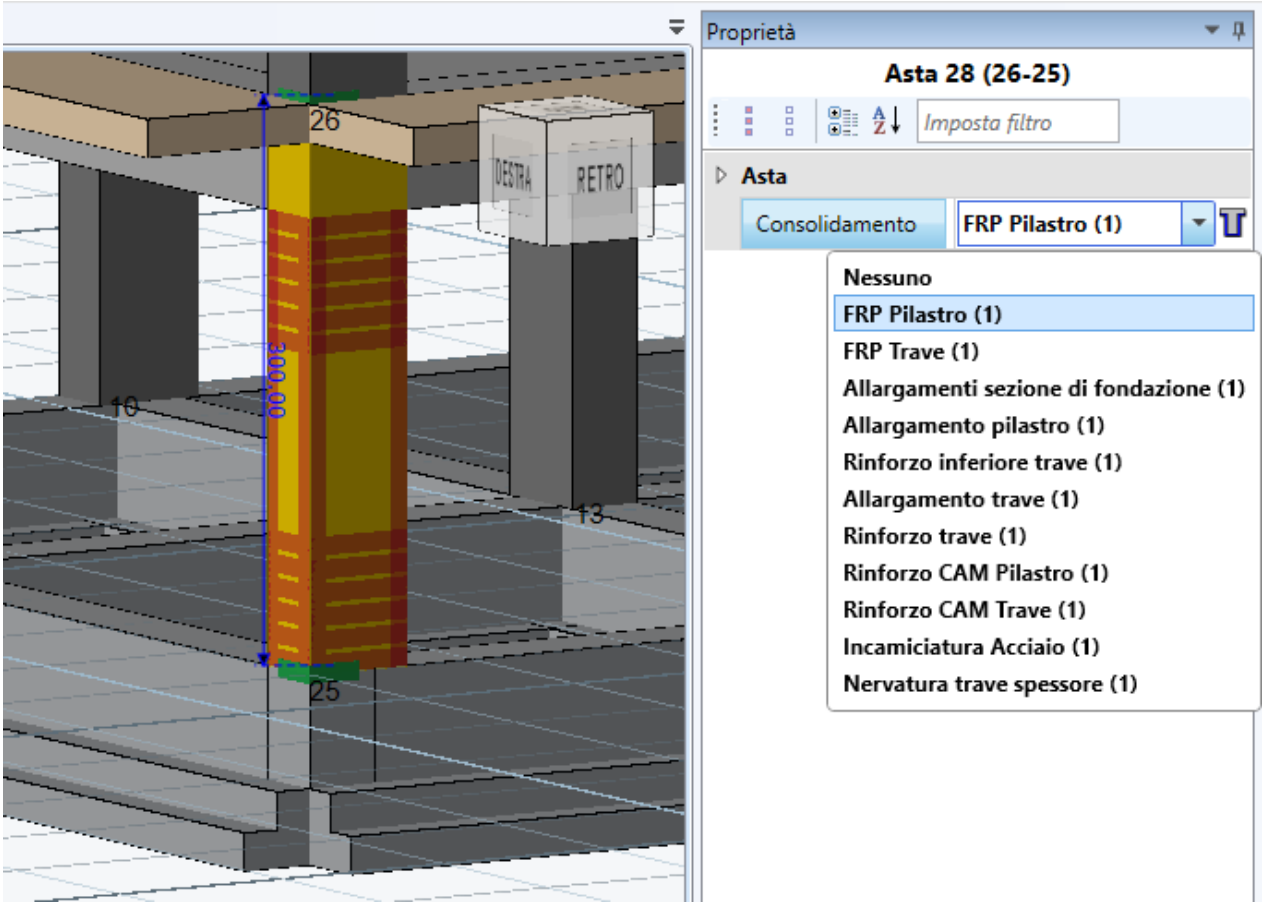
Cliccando sul pulsante "Rinforzi" si apre la seguente finestra. Scelta la tipologia di rinforzo (ad. esempio FRP Pilastro), si clicca sul pulsante "Nuovo", si settanto tutti i parametri relativi al rinforzo appena creato e si completa cliccando sul pulsante "OK":



A questo punto, per inserire uno o più rinforzi sugli elementi strutturali, è necessario andare nella sezione "Geometria" e cliccare sul pulsante **"Rinforzi"**:

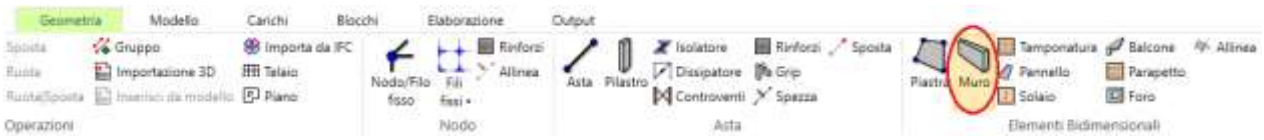


Si selezionano gli elementi ai quali applicare il rinforzo (in questo caso i pilastri) e infine si completa scegliedo la tipologia di rinforzo da applicare dalla barra delle proprietà come di seguito riportato:

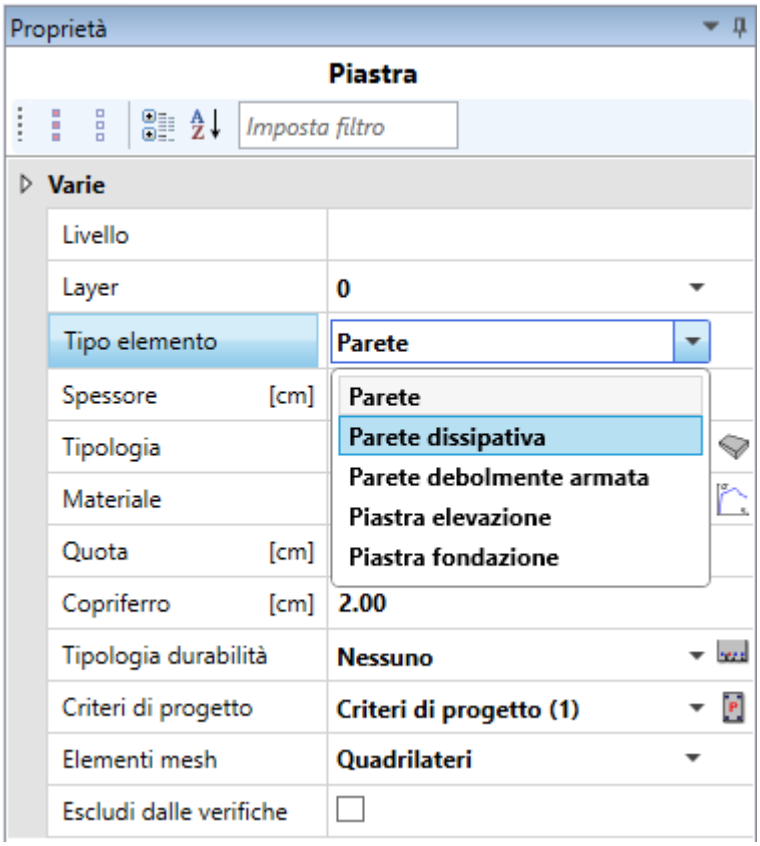


7.25 Inserire una parete strutturale

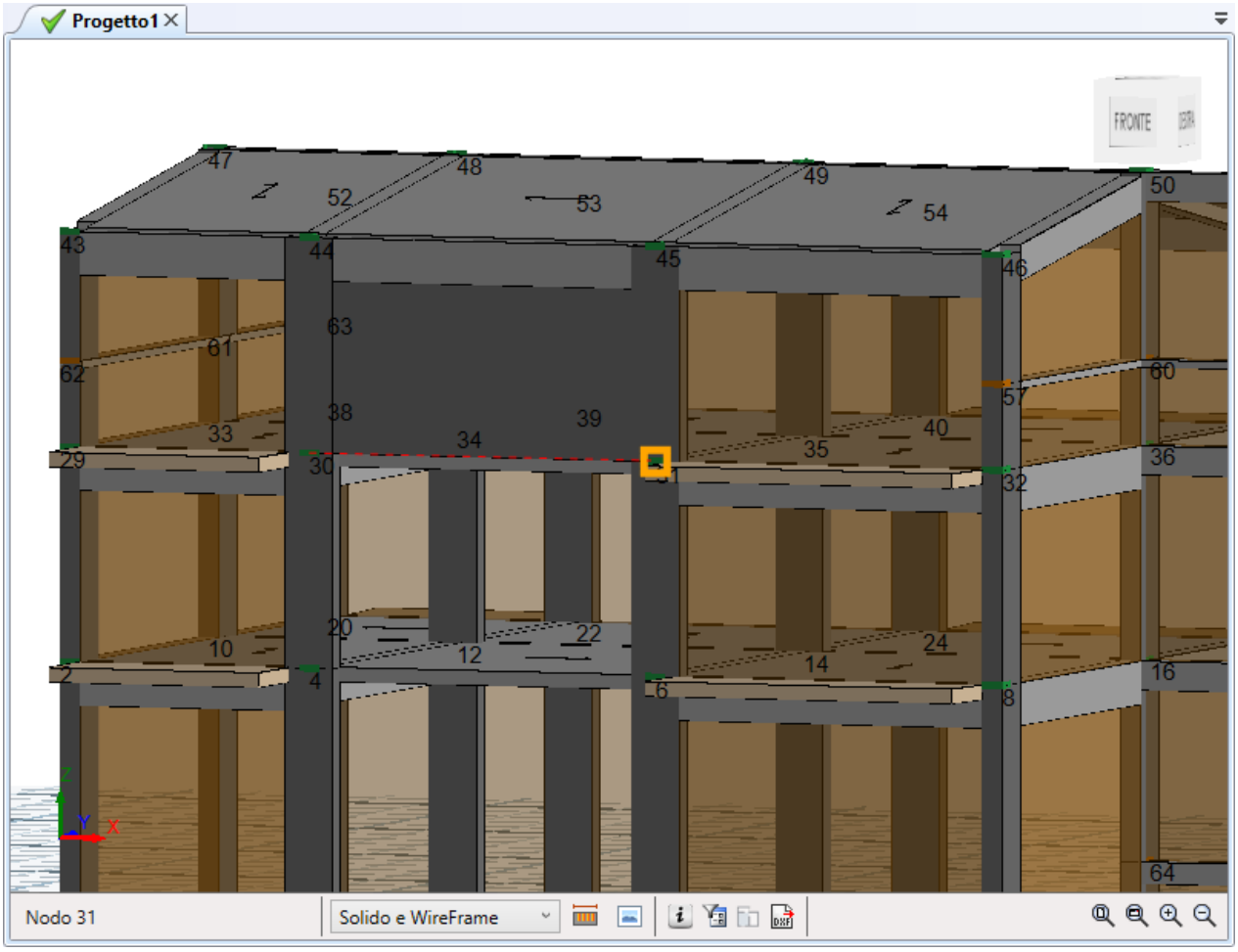
Per inserire una parete strutturale è necessario andare nella sezione "Geometria" e scegliere in "Elementi Bidimensionali" la tipologia **"Muro"**  :



Si definisce il **"Tipo Elemento"**, ad esempio "Parete dissipativa", e tutte le altre caratteristiche della parete dalla barra delle Proprietà:



Per l'inserimento dalla vista 3D, se la parete da inserire è posta sotto una trave è sufficiente cliccare sulla trave stessa e automaticamente viene inserita la parete sottostante. Se la parete da inserire non è posta sotto una trave (come nell'esempio di seguito riportato) bisogna cliccare sui due fili fissi superiori ai quali attaccare la parete e completare con il tasto destro del mouse:

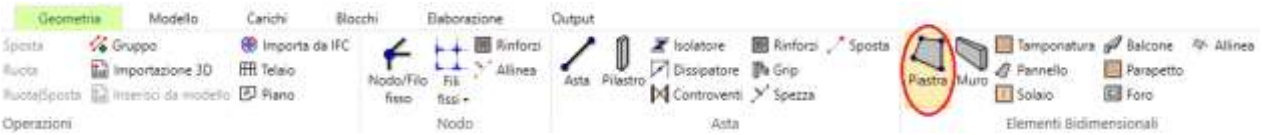


In modo analogo funziona l'inserimento dalla vista 2D. Se la parete da inserire è posta sotto una trave è sufficiente andare al livello superiore al quale si vuole inserire la parete e cliccare sulla trave stessa. Se la parete da inserire non è posta sotto una trave bisogna sempre andare al livello superiore al quale si vuole inserire la parete e cliccare sui due fili fissi ai quali attaccare la parete e completare con il tasto destro del mouse.

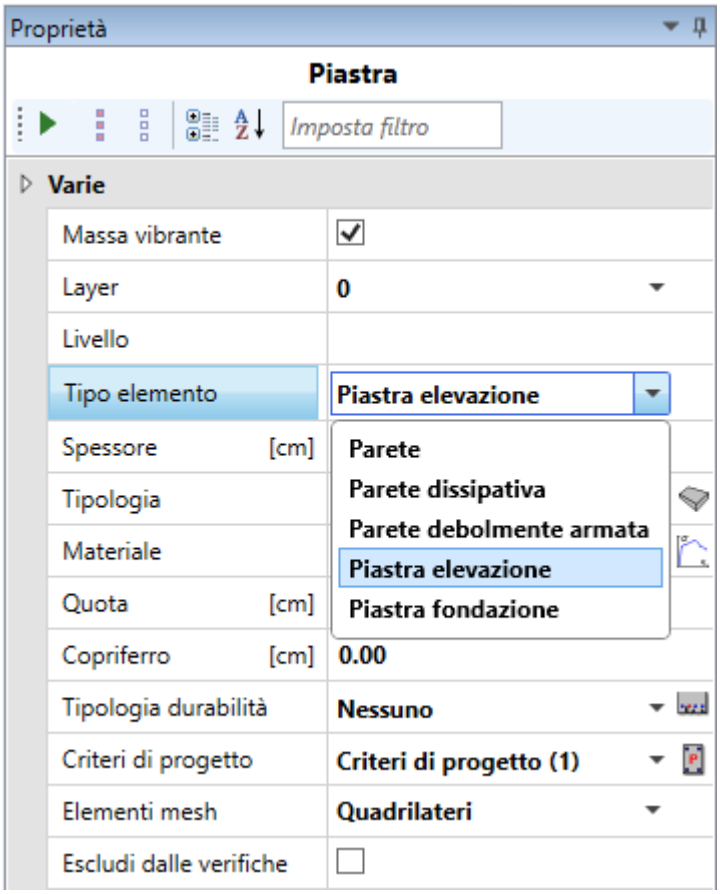
Nel caso di inserimento multiplo, invece, è necessario racchiudere i nodi delle pareti che vogliamo inserire all'interno del "box di selezione" (da destra a sinistra per modalità intercetta, da sinistra a destra per modalità contenuto).

7.26 Inserire una piastra

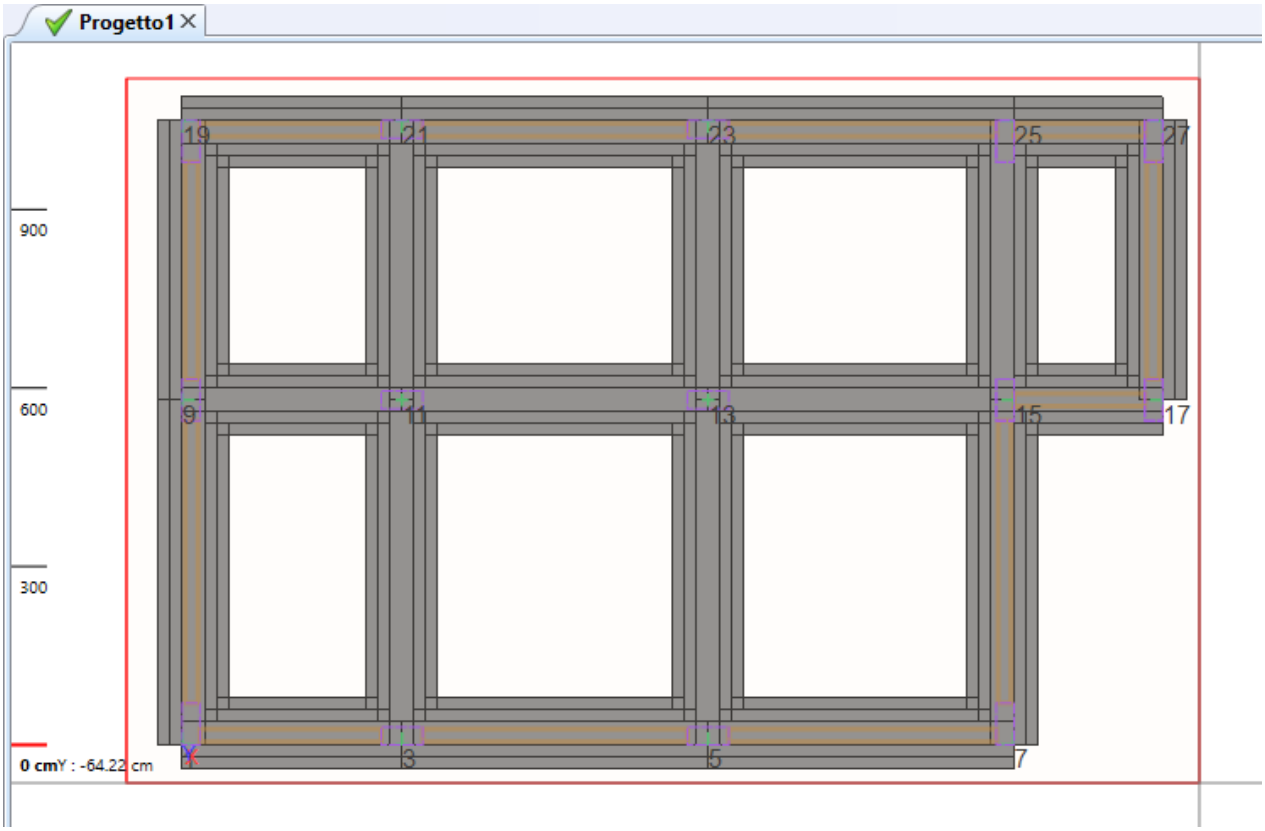
Per inserire una piastra è necessario andare nell'ambiente "Geometria" e scegliere in "Elementi Bidimensionali" la tipologia **"Piastra"**  **:**



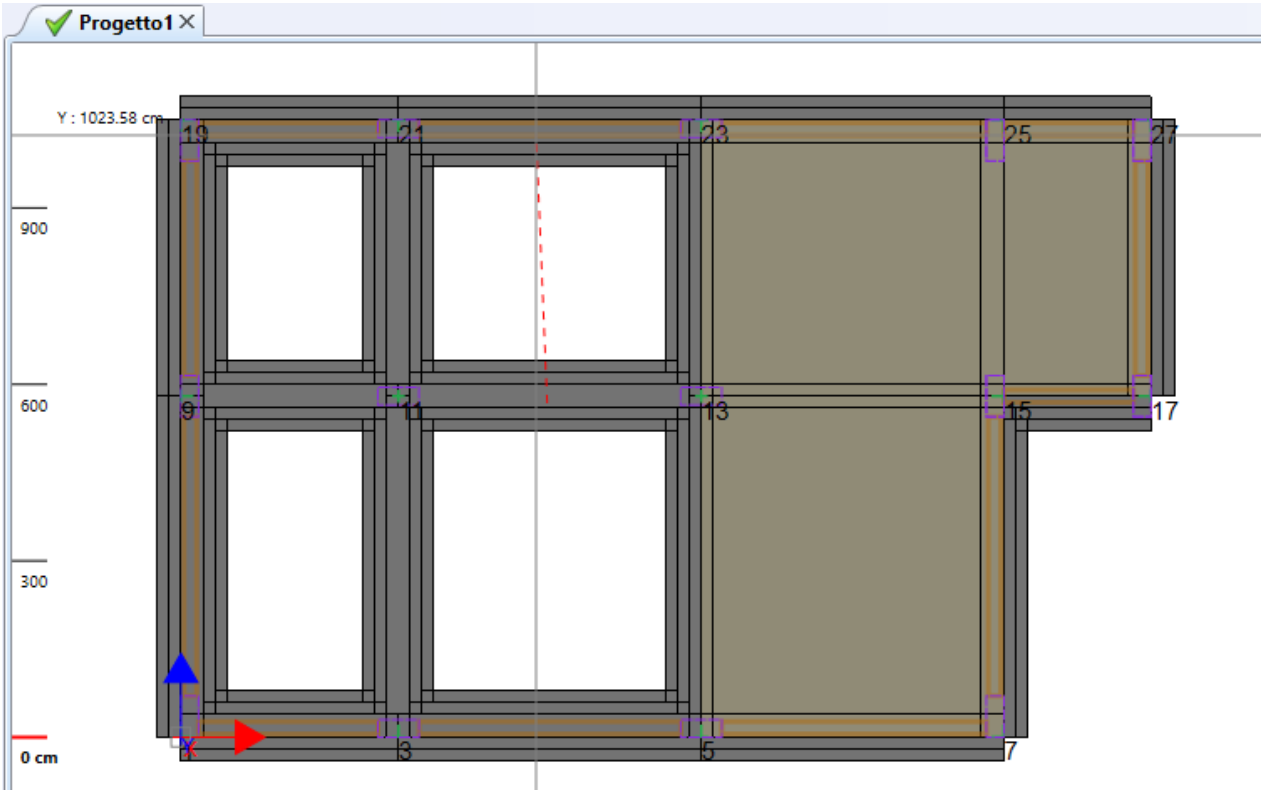
Si definisce il **"Tipo Elemento"**, ad esempio "Piastra elevazione", e tutte le altre caratteristiche della piastra dalla barra delle Proprietà:



Supponiamo, ad esempio, di voler inserire delle piastre di fondazione. Per l'introduzione multipla delle piastre è sufficiente racchiudere i nodi desiderati all'interno del "box di selezione" (da destra a sinistra per modalità intercetta, da sinistra a destra per modalità contenuto). E' possibile effettuare questa operazione indifferentemente dal tipo di vista (2D o 3D).



Per l'inserimento di una singola piastra, invece, possiamo procedere in diversi modi. Nel primo caso, per l'introduzione di una pistra, è sufficiente cliccare su due travi opposte della maglia nella quale vogliamo inserire la piastra:



Un'altro metodo consiste nel cliccare al centro del poligono della piastra che stiamo andando ad inserire.

Infine, l'ultimo metodo di inserimento di una singola piastra consiste nel cliccare sui nodi del poligono che ospiterà la piastra e completare con il tasto destro del mouse.

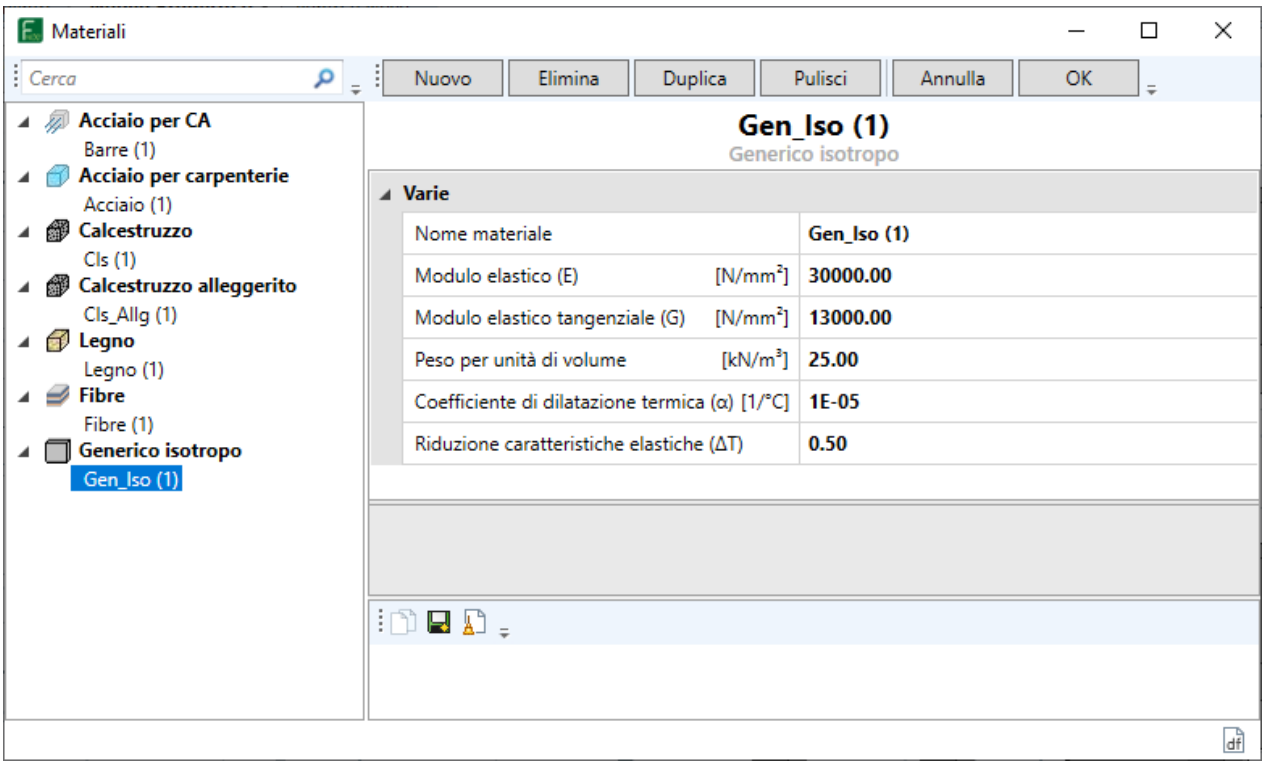
Per l'introduzione delle piastre di elevazione si può procedere in modo analogo a quanto appena visto per le piastre di fondazione.

7.27 Inserire una piastra generica isotropa

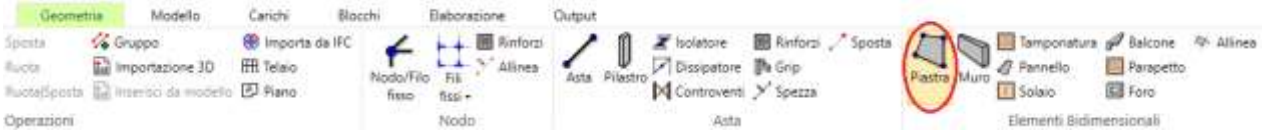
Per inserire una piastra generica isotropa per prima cosa è necessario definire il materiale. Quindi andiamo nell'ambiente "Dati" e clicchiamo su "Materiali":



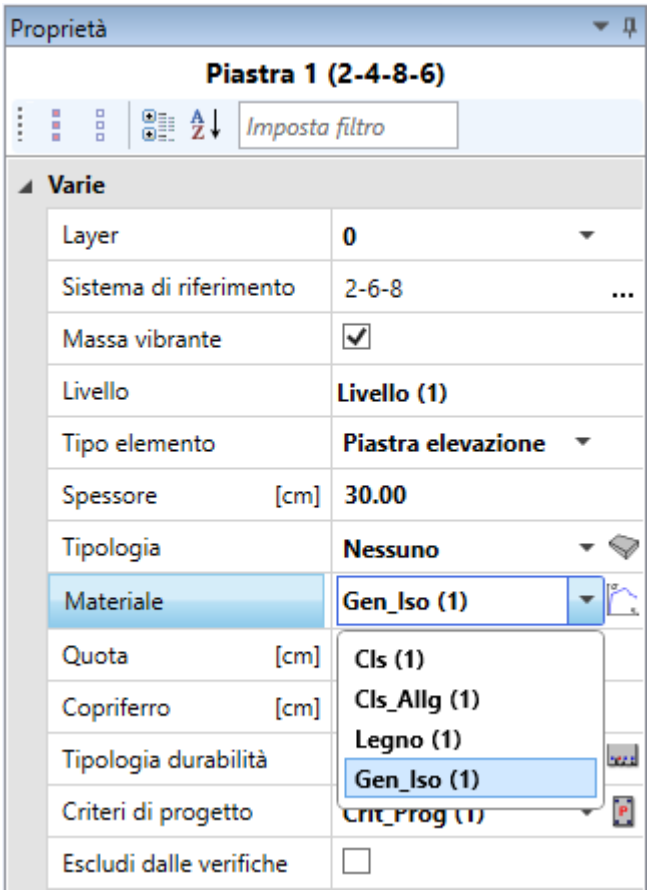
Cliccando sul pulsante "Materiali" si apre la seguente finestra all'interno del quale è possibile definire un nuovo materiale (o in alternativa modificare quelli presenti) e settare le relative caratteritiche:



Definito il materiale, per inserire la piastra è necessario andare nell'ambiente "Geometria" e scegliere in "Elementi Bidimensionali" la tipologia **"Piastra"**  **:**



Si definisce il **"Materiale"**, in questo caso il materiale generico isotropo "Gen_Iso (1)", e tutte le altre caratteristiche (tipo elemento, spessore, ecc.) della piastra dalla barra delle Proprietà:

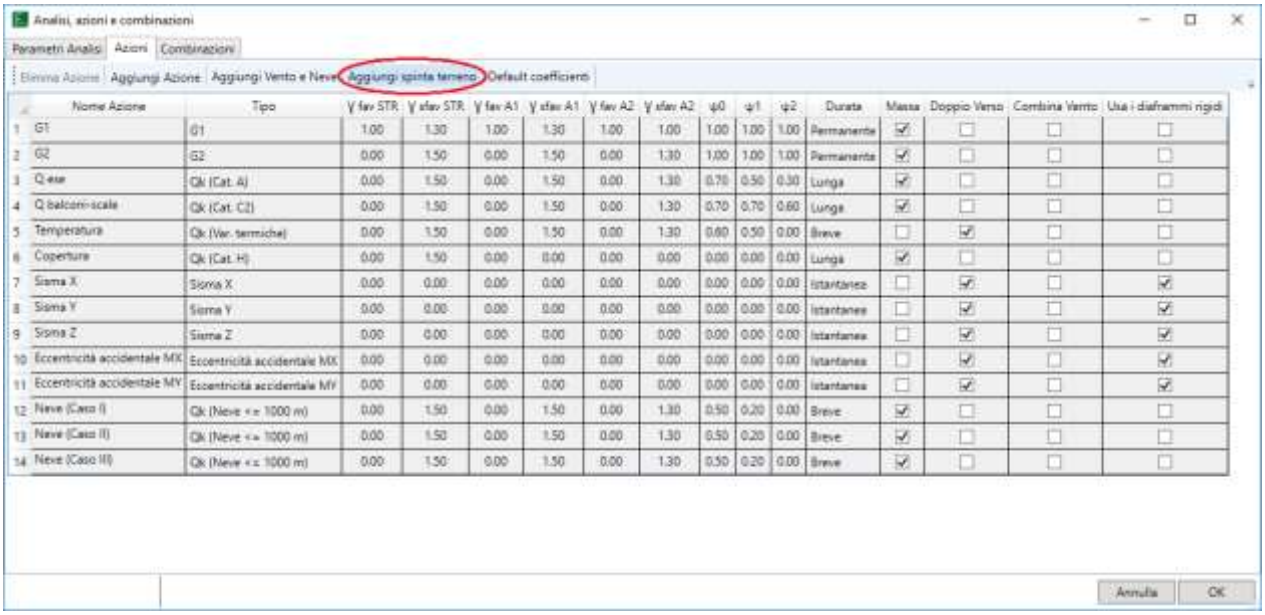


Infine si inserisce la piastra utilizzando uno dei metodi descritti in precedenza.

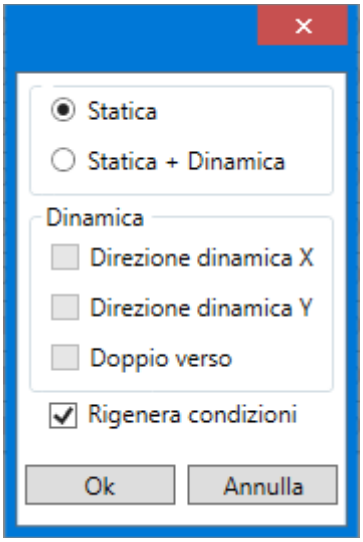
7.28 Inserire una spinta terreno/parete

La prima operazione da svolgere per aggiungere la spinta del terreno su una parete è quella di andare nell'ambiente "Analisi, azioni e combinazione", cliccare su "Azioni" e scegliere **"Aggiungi spinta terreno"**:

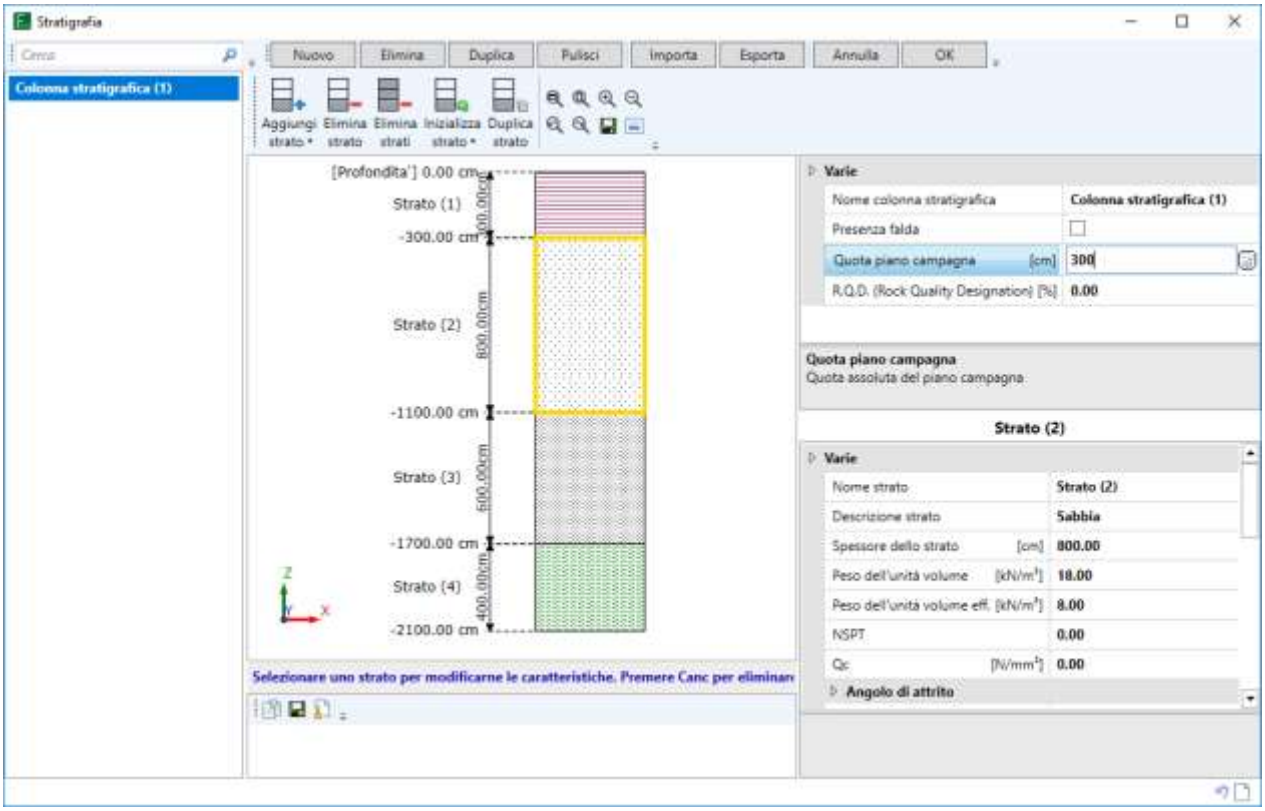




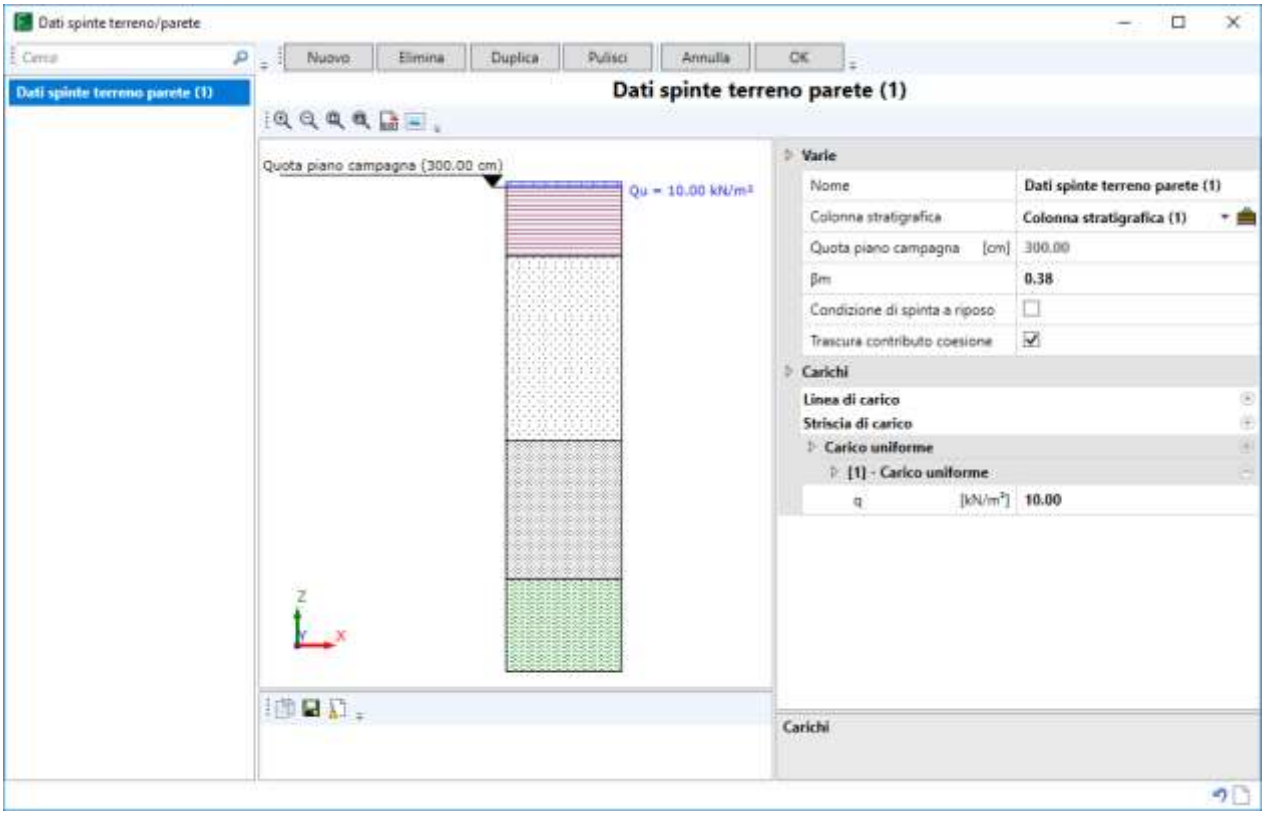
Cliccando sul corrispondente pulsante si apre la seguente finestra tramite la quale è possibile scegliere se aggiungere solamente una spinta statica oppure una spinta statica più una dinamica e si completa selezionando "Rigenera condizioni" al fine di resettare ed elaborare nuovamente le condizioni di carico in seguito all'aggiunta delle azioni.



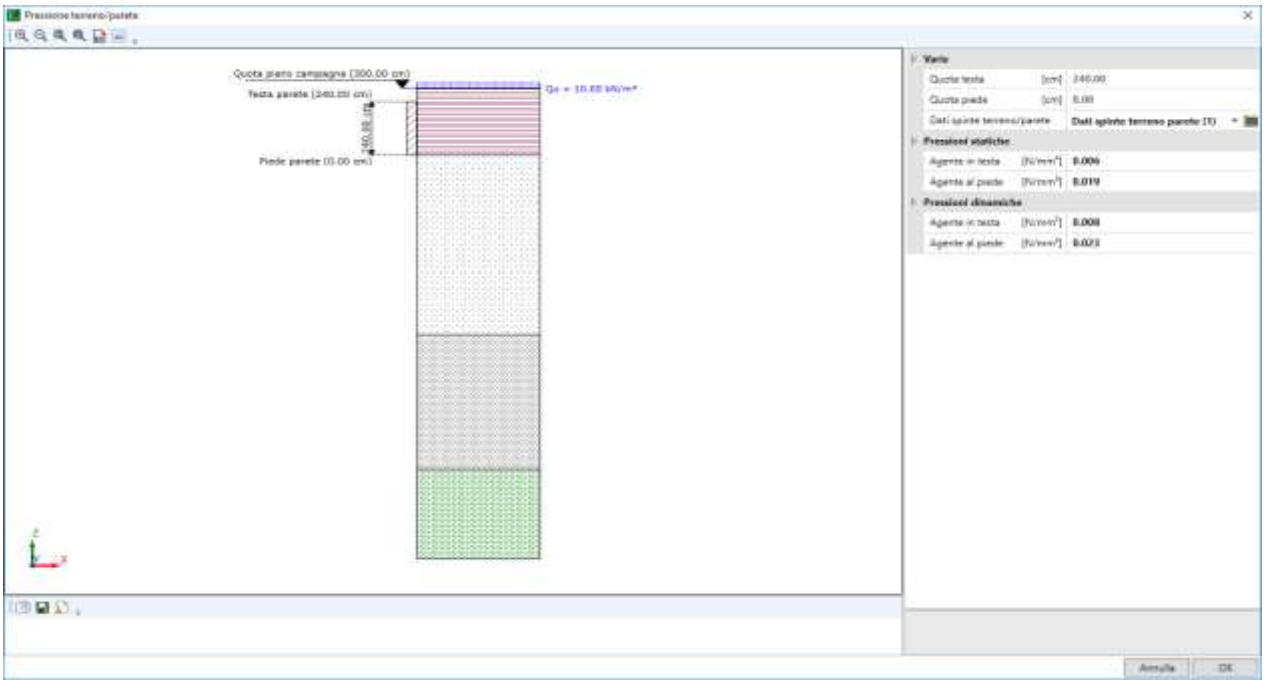
A questo punto, per aggiungere la spinta del terreno su una parete, è necessario andare a creare la stratigrafia del terreno (se ancora non è stata creata) andando ad aggiungere i vari strati del terreno e quindi impostare la quota del piano campagna al valore di progetto.



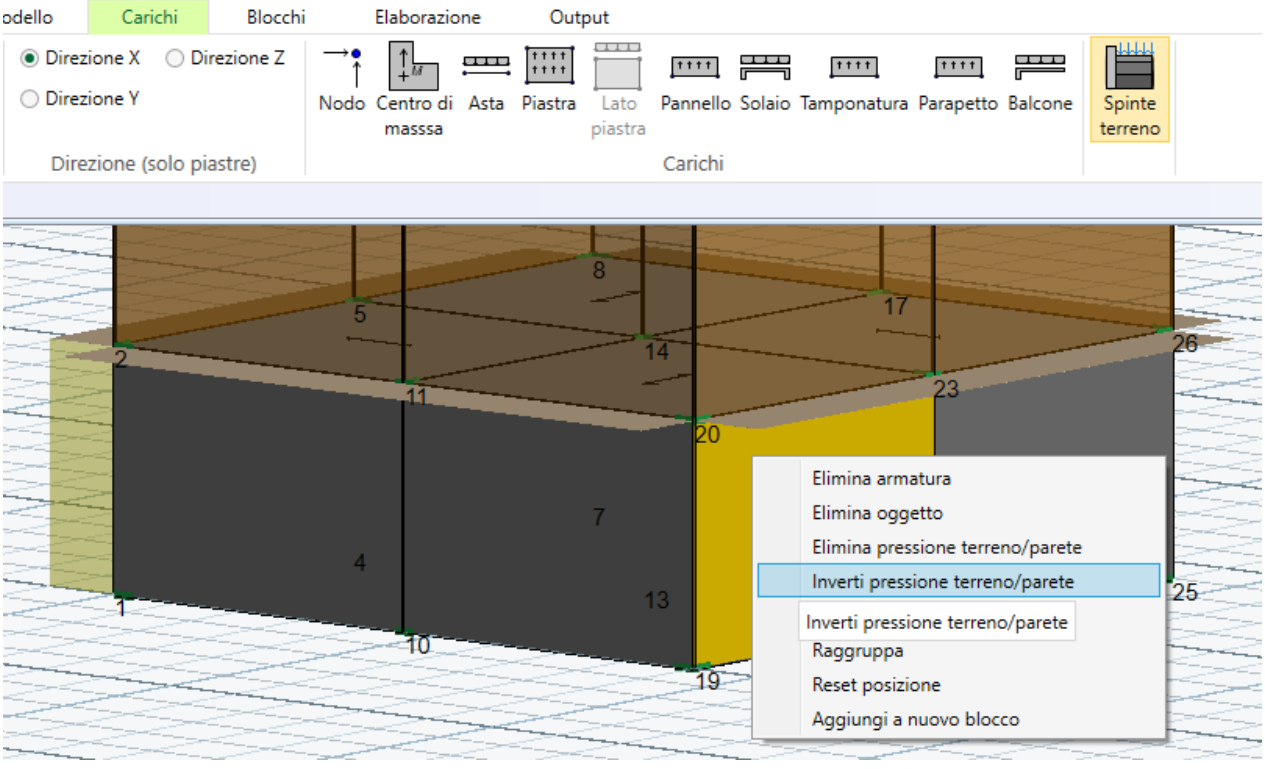
Successivamente, si accede all'ambiente "Dati spinte terreno/parete", si impostano i dati della spinta terreno/parete e si seleziona "Trascura contributo coesione" se si vuole trascurare tale contributo; inoltre, è possibile aggiungere diversi tipi di carico agenti sul terreno posto a ridosso della parete.

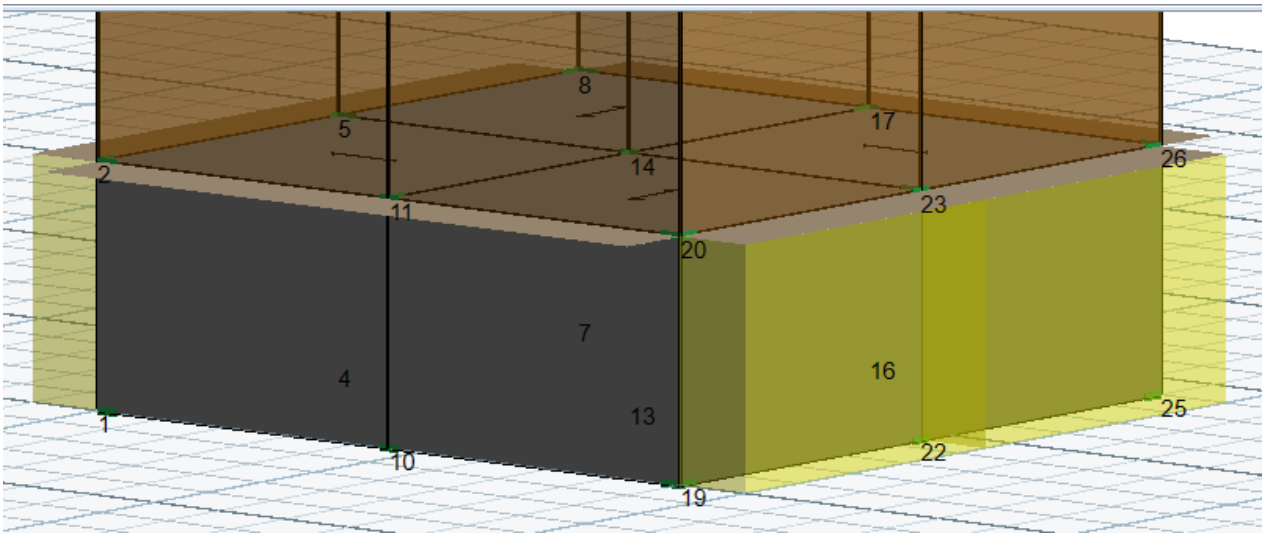


A questo punto si seleziona la parete su cui bisogna aggiungere la spinta, si clicca sul tasto sinistro del mouse e si sceglie "Modifica pressione terreno/parete". Tramite tale ambiente è possibile visualizzare ed eventualmente modificare le pressioni statiche e dinamiche in testa e al piede della parete, quindi cliccando sul tasto "OK" viene aggiunta la spinta sulla parete selezionata.



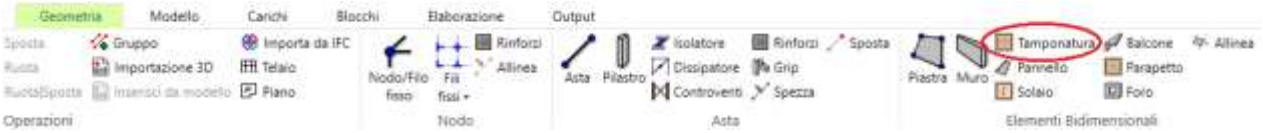
Per visualizzare la spinta del terreno sulla parete bisogna andare nell'ambiente "Carichi" e cliccare su "Spinte terreno". Bisogna tenere presente che la spinta del terreno viene assegnata sulla parete con verso concorde rispetto al sistema di riferimento locale. Quindi, in alcuni casi è necessario invertire la spinta del terreno sulla parete; per fare ciò bisogna selezionare la parete, cliccare sul tasto destro del mouse e scegliere "Inverti pressione terreno/parete":



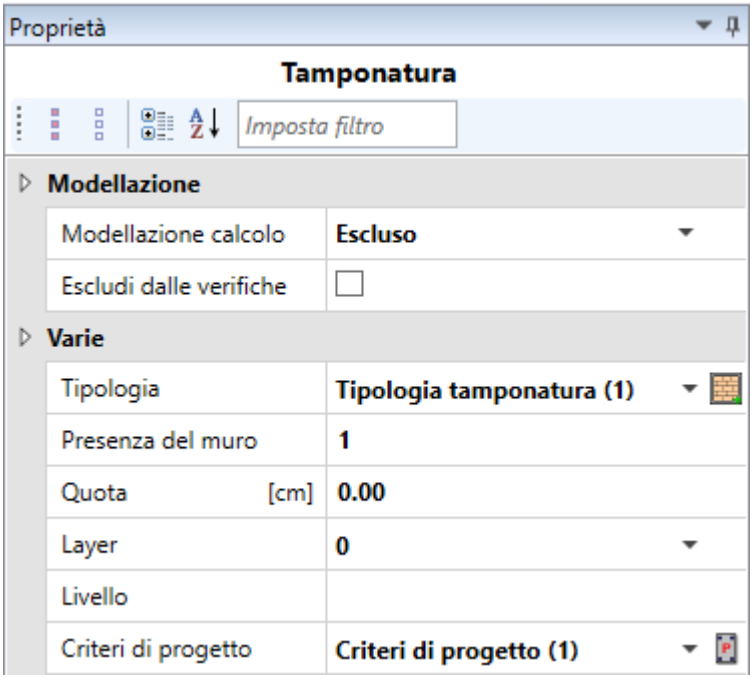


7.29 Inserire una tamponatura

Per inserire una tamponatura è necessario andare nella sezione "Geometria" e scegliere in "Elementi Bidimensionali" la tipologia **"Tamponatura"**  :

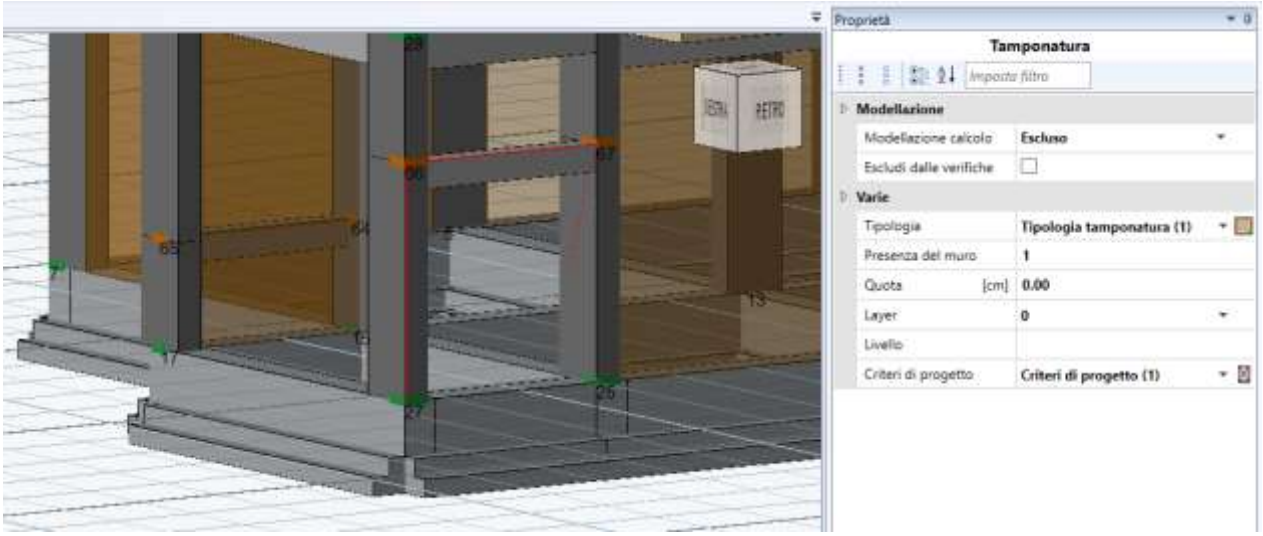


Si definiscono tutte le caratteristiche della tamponatura dalla barra delle Proprietà:



Nel caso in cui la tamponatura da inserire fa parte di una maglia formata da nodi di tipo filo fisso è sufficiente cliccare sulla trave inferiore alla tamponatura che stiamo andando ad inserire. Questa operazione può essere effettuata sia da ambiente 3D che 2D.

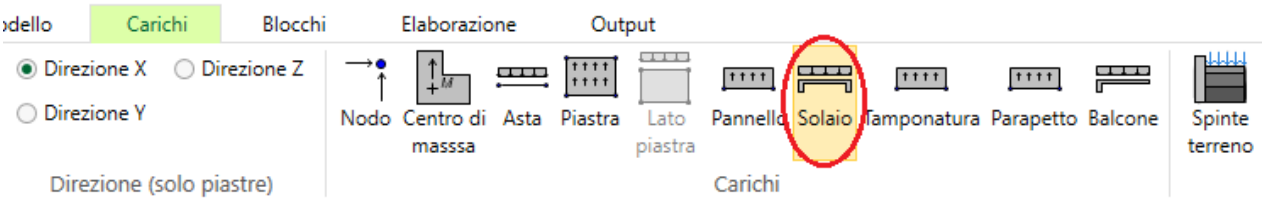
Se nella maglia sono presenti dei nodi di tipo "Livello" o "Libero" è necessario cliccare sui nodi per inserire la tamponatura (selezionare almeno tre nodi) e completare con il tasto destro del mause.



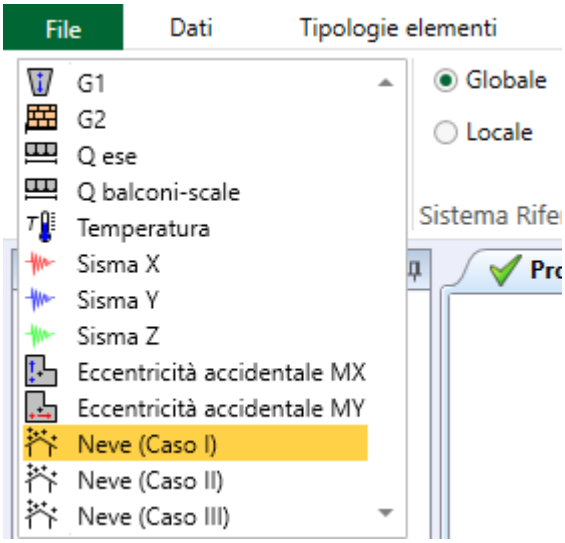
Nel caso di inserimento multiplo, invece, è necessario racchiudere i nodi delle tamponature che vogliamo inserire all'interno del "box di selezione" (da destra a sinistra per modalità intercetta, da sinistra a destra per modalità contenuto).

7.30 Modificare i carichi di un solaio

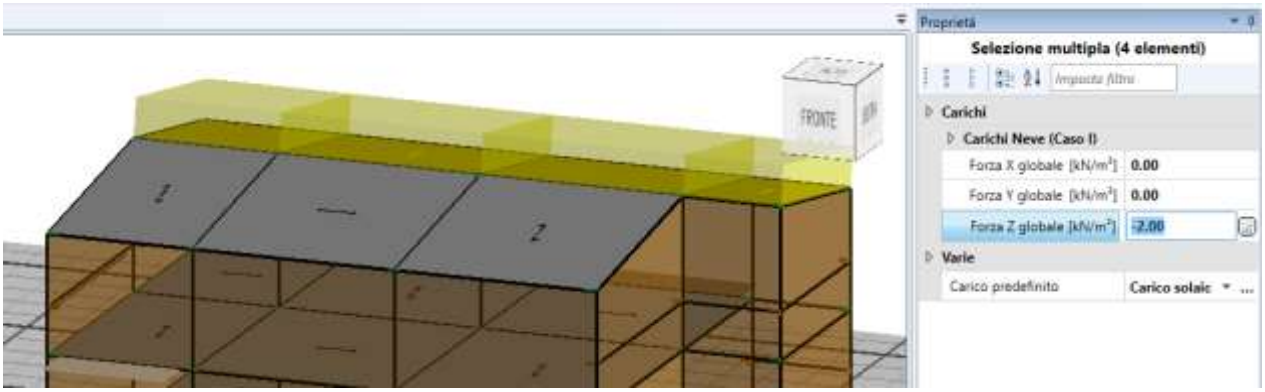
Per modificare i carichi di un generico solaio per prima cosa bisogna andare nell'ambiente "Carichi" e scegliere la tipologia **"Solaio"**  :



Una volta scelto il tipo di carico bisogna scegliere l'azione che si vuole aggiungere/modificare, ad esempio il carico Neve (Caso I), dal menù a tendina in alto a sinistra:



A questo punto si scelgono uno o più solai ai quali si vogliono applicare i carichi, si settano i valori dei carichi che si vogliono modificare e si preme il tasto "Invio" della tastiera:

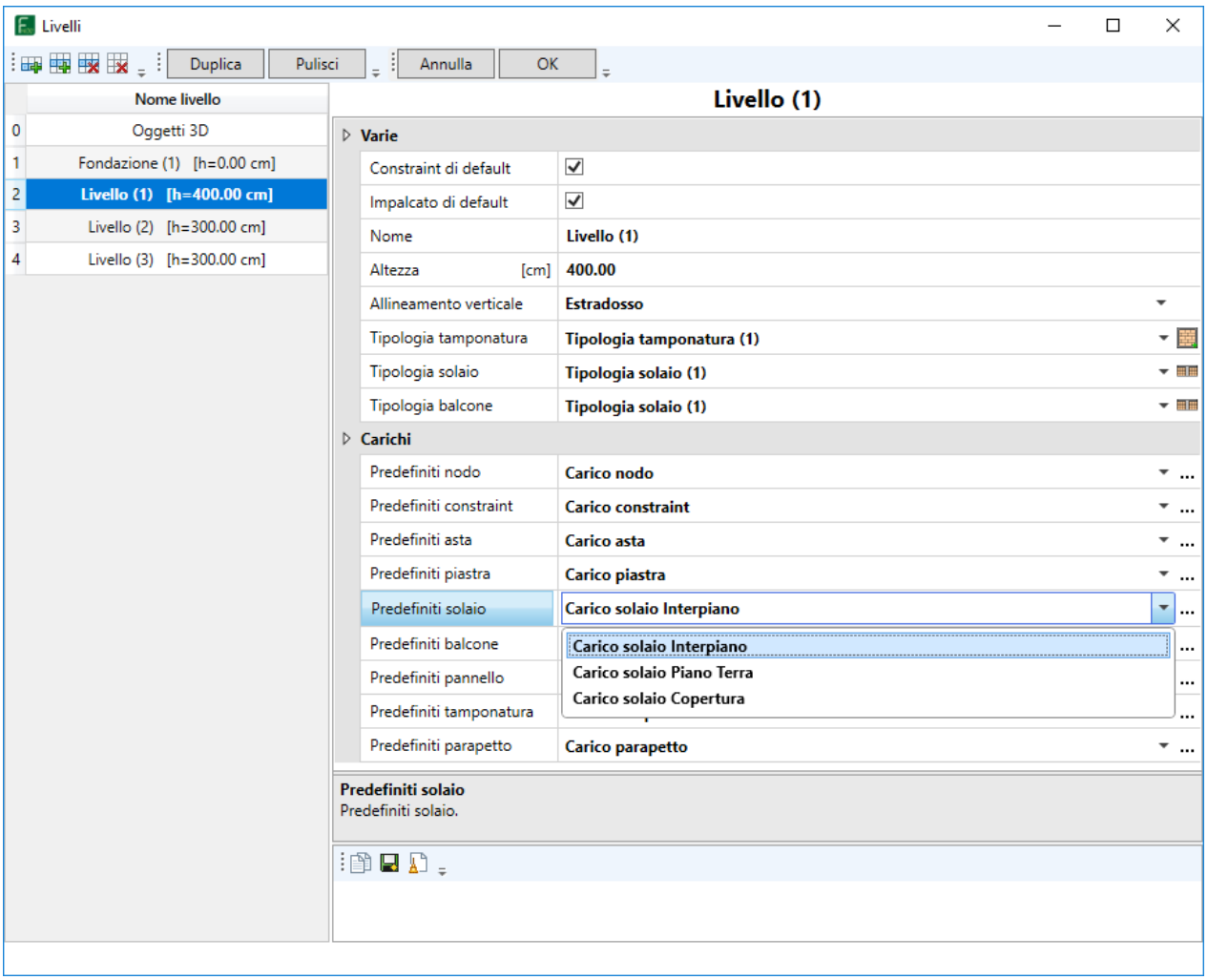


7.31 Modificare i dati tipo ai piani

Per modificare i dati tipo ai piani, per prima cosa, bisogna andare nella sezione "Dati" e cliccare su **"Livelli"**  :



Cliccando sul pulsante "Livelli" si apre la seguente finestra:

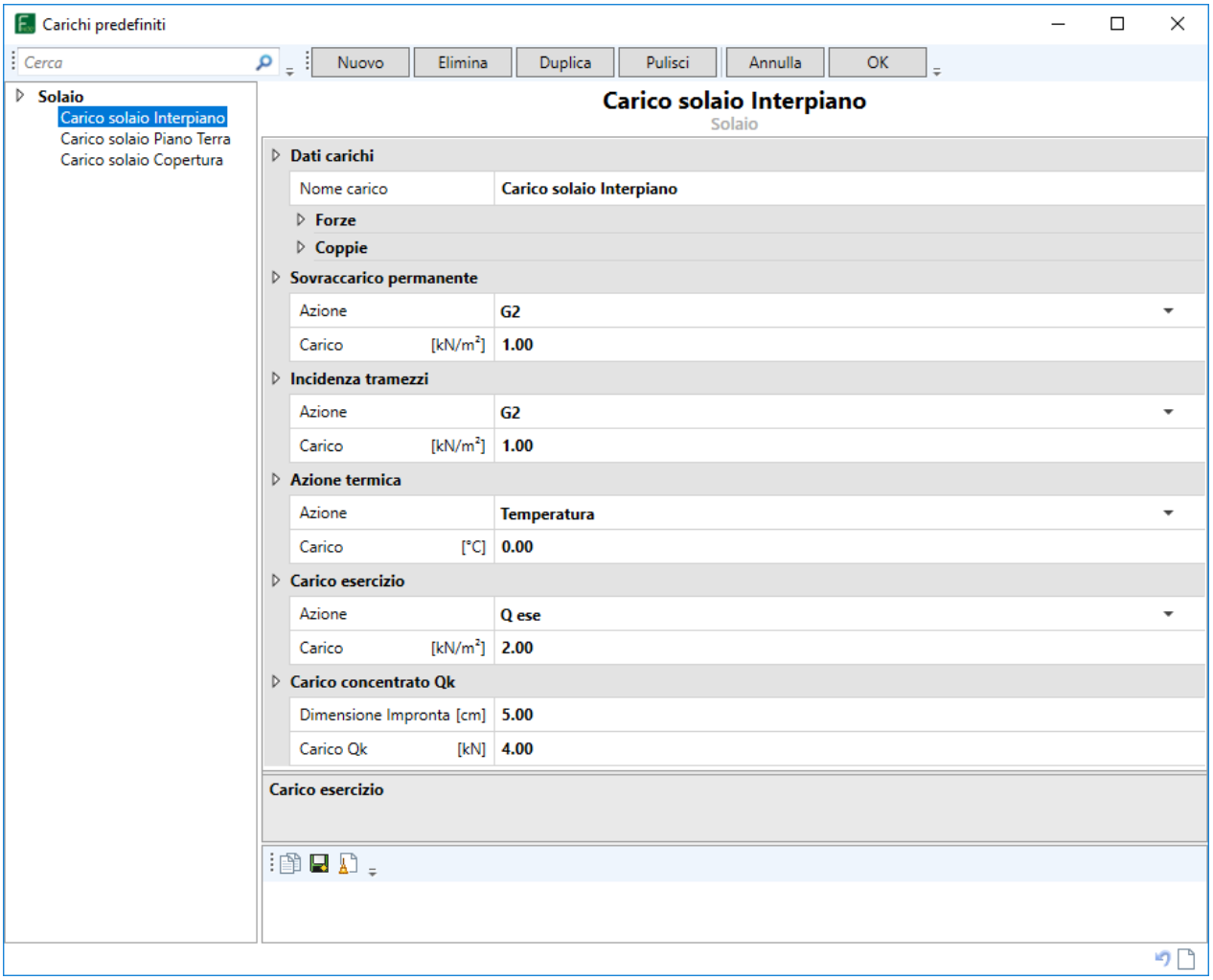


Come si evince dalla finestra precedente, nel caso in cui ad esempio si vuole modificare il carico del solaio ad un generico livello, se il carico è già stato definito dall'ambiente **"Carichi Predefiniti"** è sufficiente scegliere la tipologia di carico voluta dal menù a tendina.

Nel caso in cui la tipologia di carico predefinita non è stata ancora definita bisogna procedere nel modo seguente.
Per definire una nuova tipologia di carico si può aprire l'editor dei **"Carichi Predefiniti"** direttamente dalla finestra precedente tramite il seguente pulsante  :



All' apertura dell'editor si apre la seguente finestra:

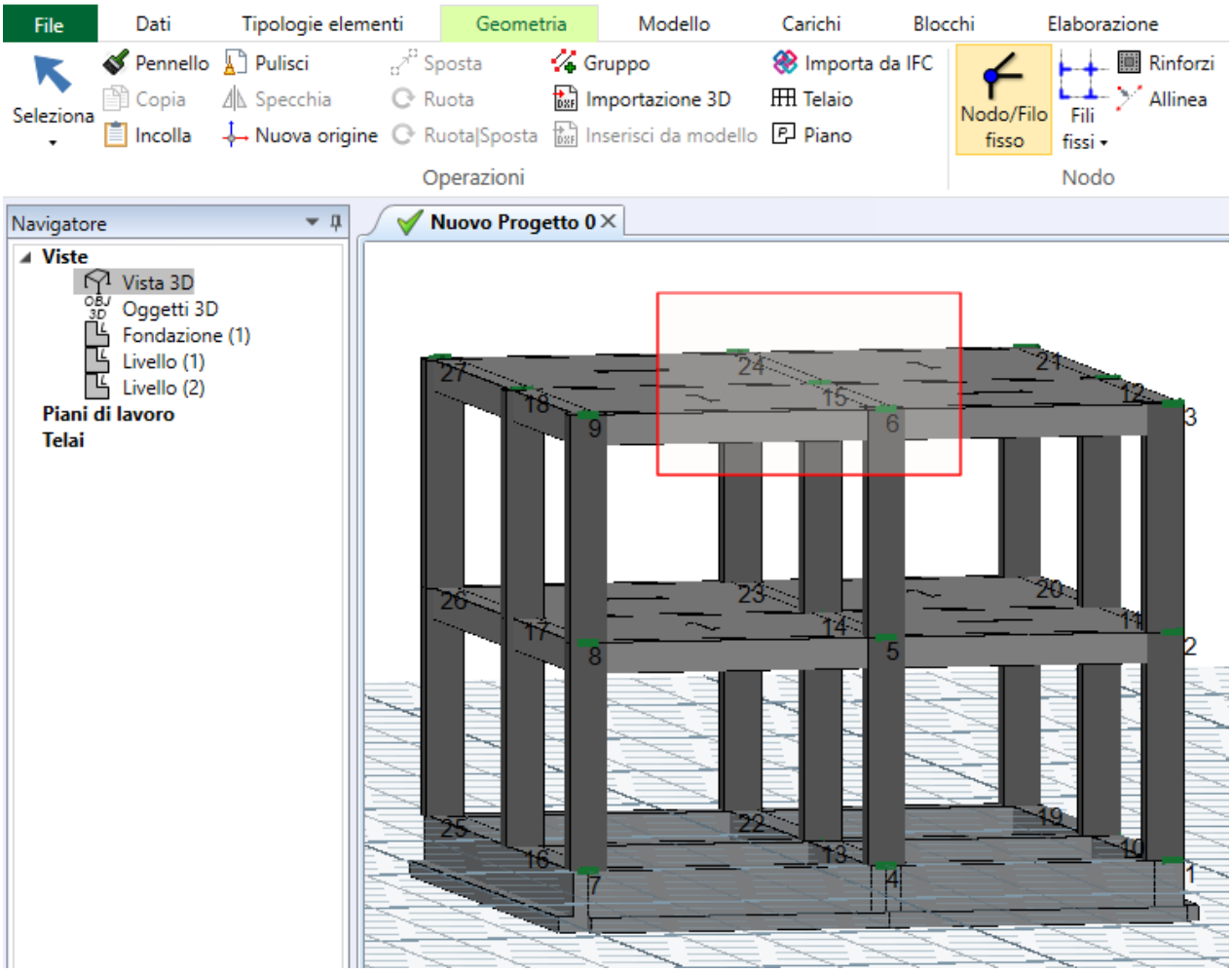


Tramite tale finestra è possibile creare una nuova tipologia di carico e settare tutti i parametri a proprio piacimento.
Una volta creata la nuova tipologia di carico si prosegue come illustrato precedentemente.

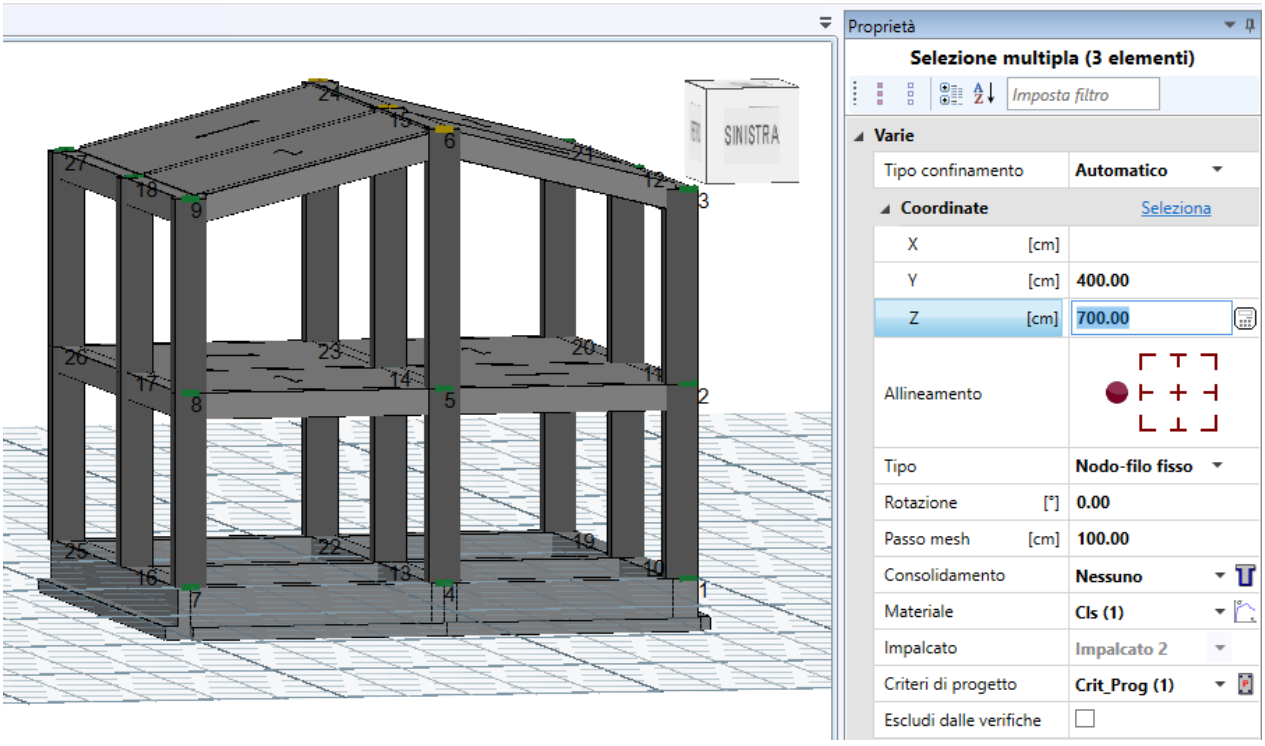
7.32 Modificare l'altezza di un pilastro

A differenza del FaTA-e in cui l'altezza di un singolo pilastro si modifica a livello del pilastro stesso, in FaTA Next per modificare l'altezza di uno o più pilastri bisogna agire a livello dei nodi di testa dei pilastri stessi.

Quindi, scegliamo il comando "Nodo/Filo fisso" e andiamo a selezionare i nodi rispetto i quali vogliamo modificare l'altezza dei pilastri:



Selezionati i nodi, andiamo a modificare la quota z dei nodi all'interno del box proprietà:

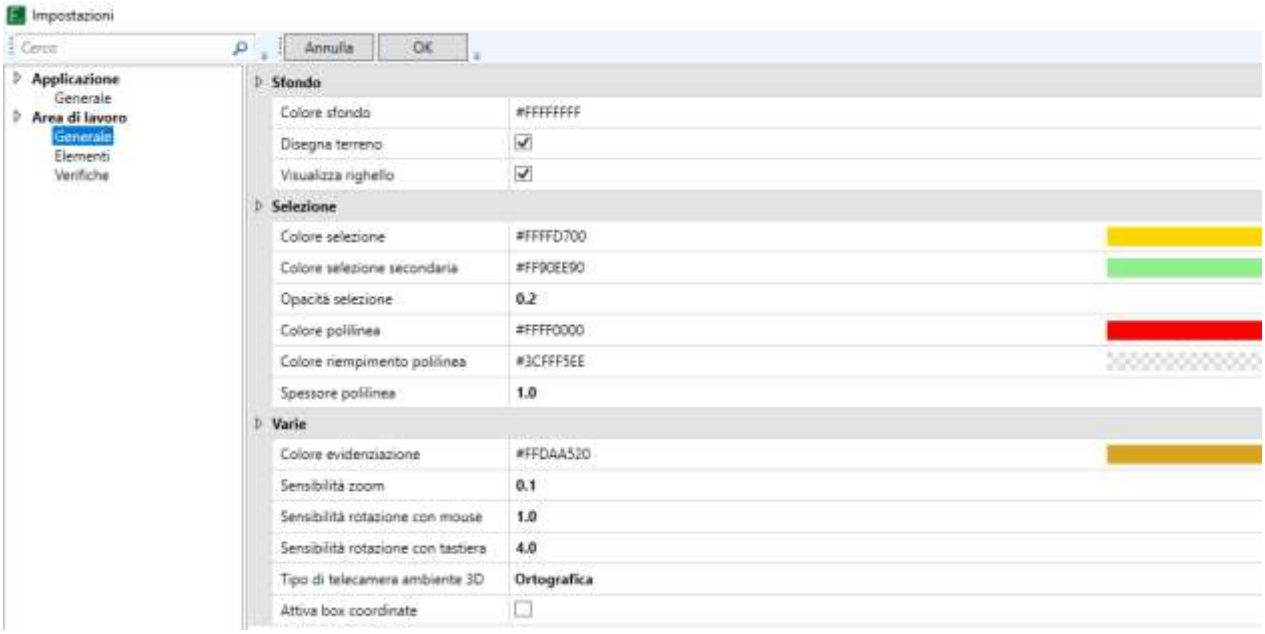


7.33 Personalizzare l'interfaccia grafica

Per cambiare l'interfaccia grafica bisogna cliccare sul comando **"Impostazioni"** (in alto a destra della schermata principale):

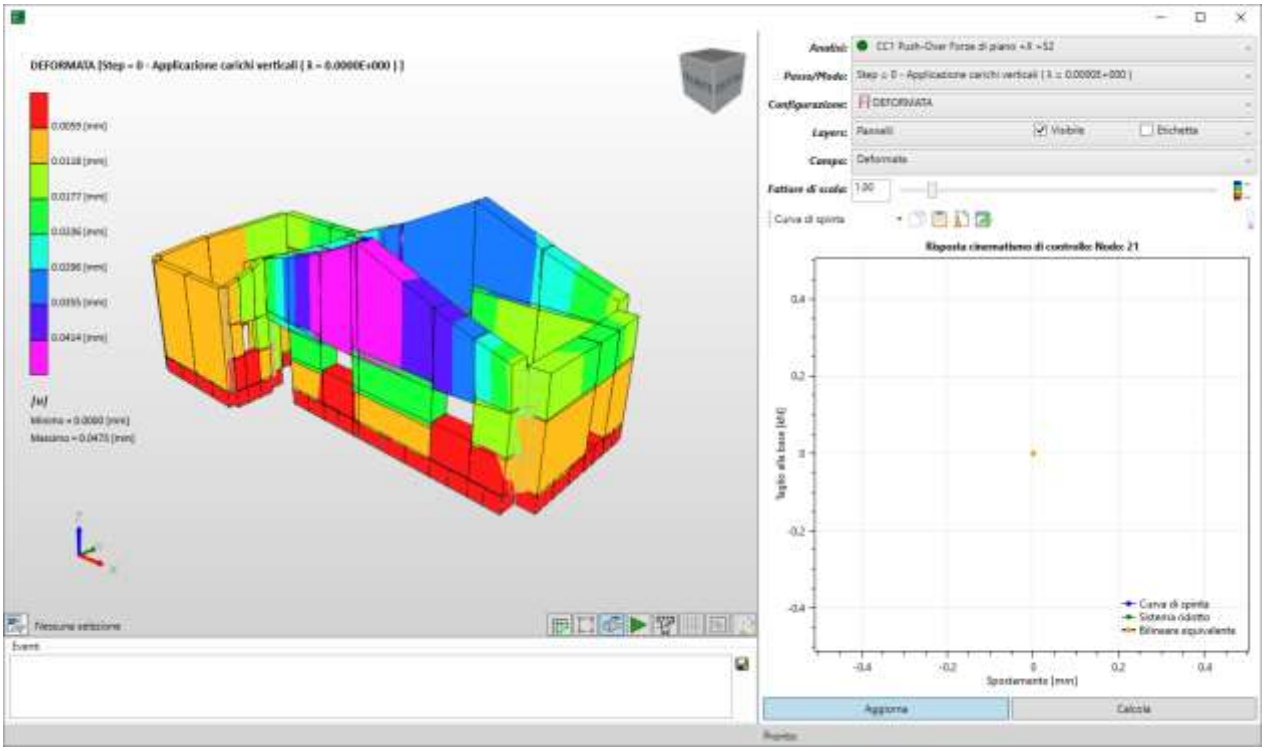


Si apre la finestra Impostazioni, si clicca sul tasto **"Generale"** in Area di lavoro e si settano i parametri a seconda delle proprie esigenze:



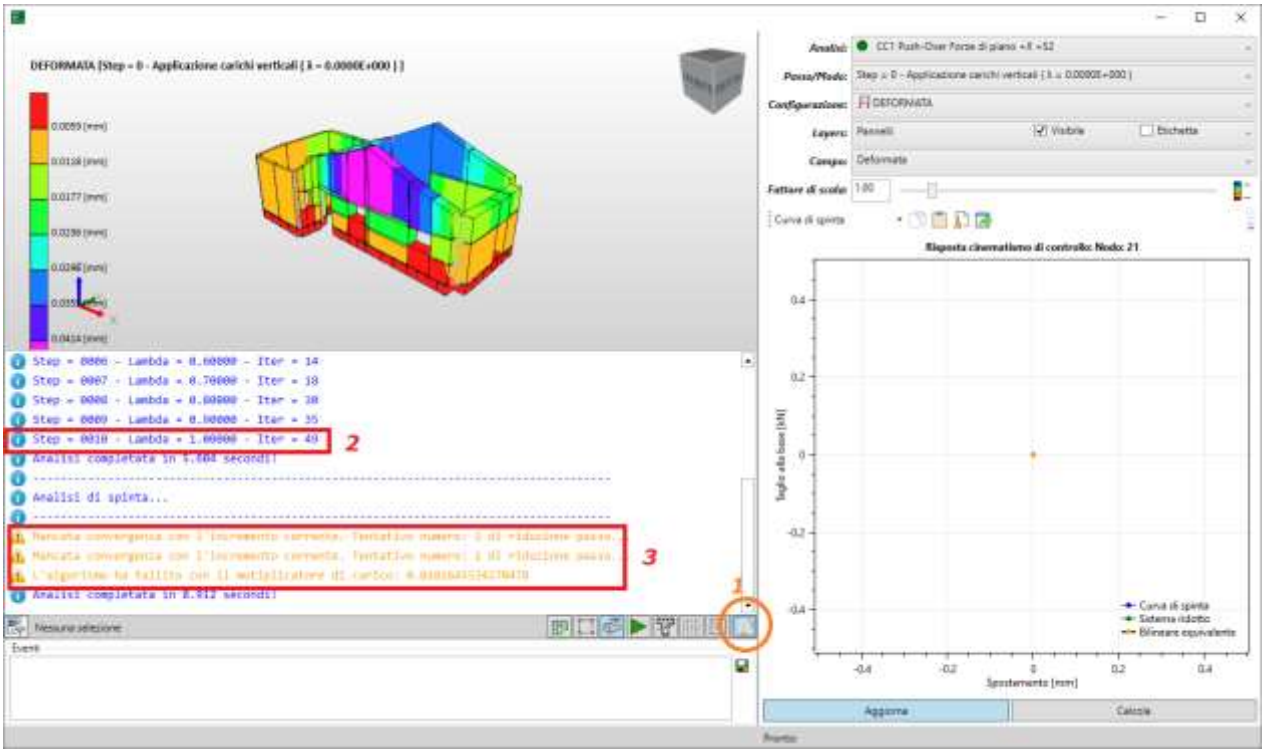
7.34 Problemi con l'avvio dell'Analisi pushover

Quando elaboriamo un'analisi statica non lineare di una struttura in muratura è possibile che alla fine dell'analisi non sia presente alcun punto della curva pushover (vedi figura seguente).

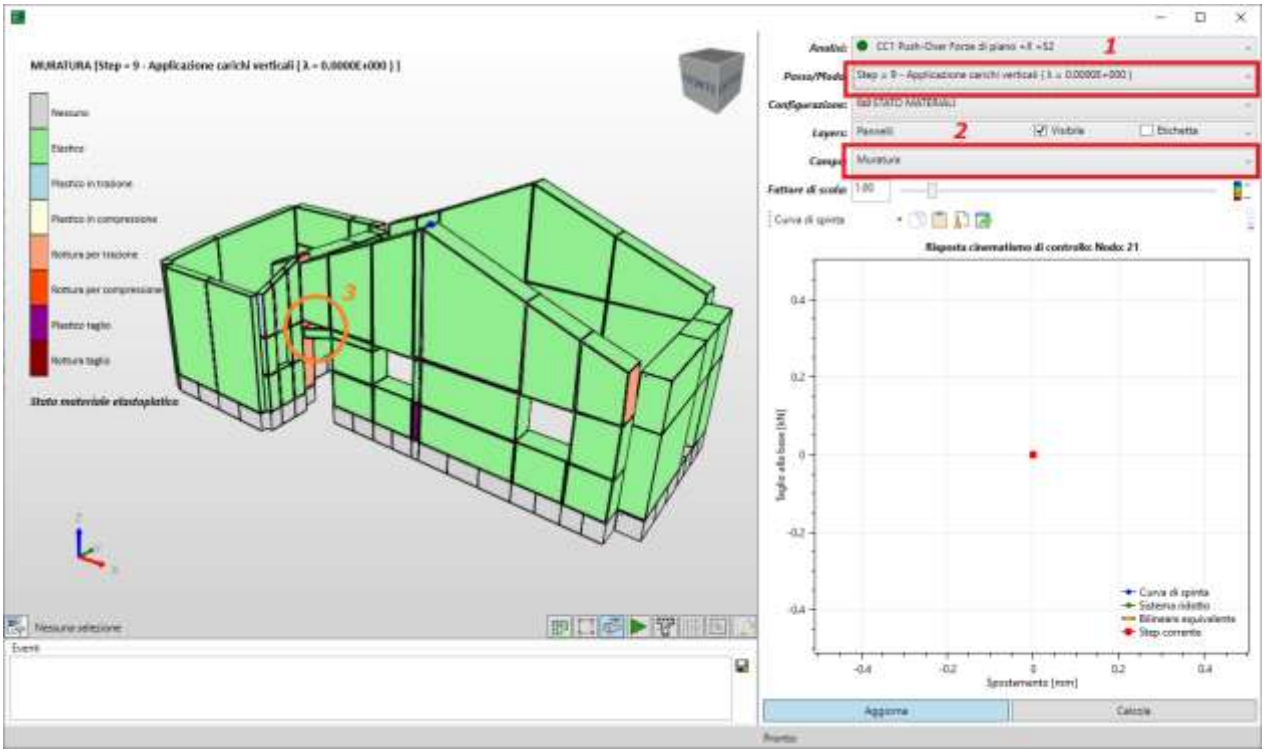


Questo l'effetto principale del fatto che la struttura non possiede equilibrio ai carichi verticali. La conferma la otteniamo cliccando sul pulsante del Report dell'analisi  .

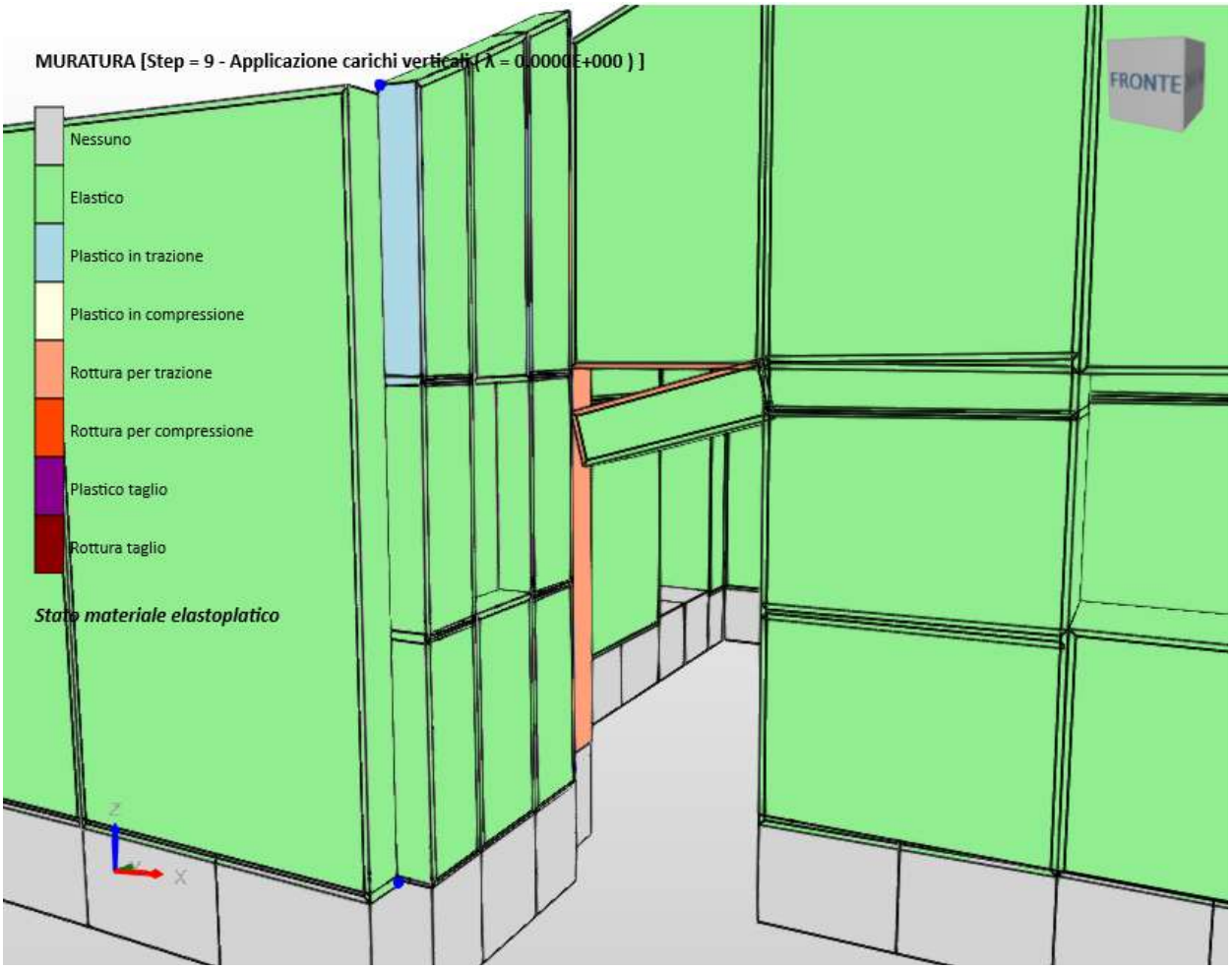
Come è possibile vedere dalla figura sottostante, al passo n.10 (che rappresenta l'ultimo passo dei carichi verticali) si è generata una "mancata convergenza".



In questi casi per capire dove è situato il problema strutturale è necessario analizzare lo "stato dei materiali". Nella figura sottostante seguendo la numerazione è possibile arrivare al problema:



1. Scegliere l'ultimo passo di analisi (in questo caso il n. 9);
2. Scegliere la colormap del materiale "Muratura"
3. Nel cerchietto arancio è possibile notare il distacco della muratura sopra l'architrave



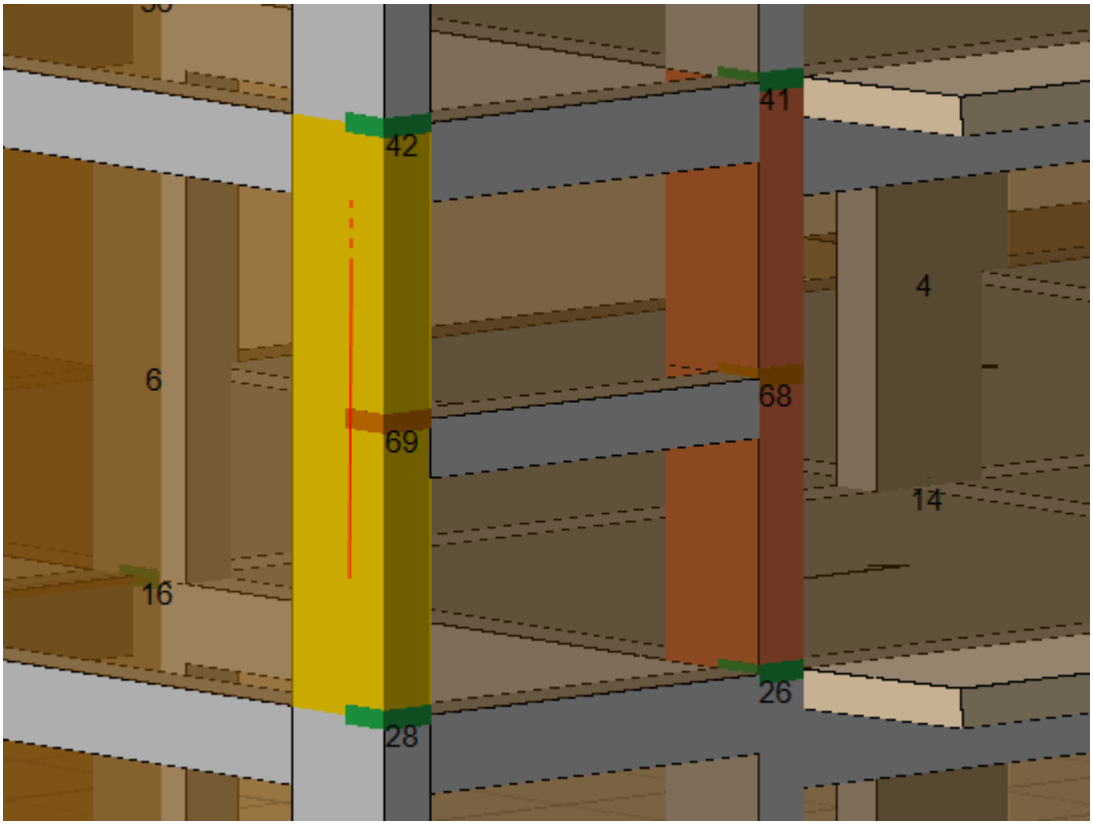
La soluzione del problema, in questo caso, può essere rappresentata dall'inserimento delle architravi.

7.35 Raggruppare due o più elementi

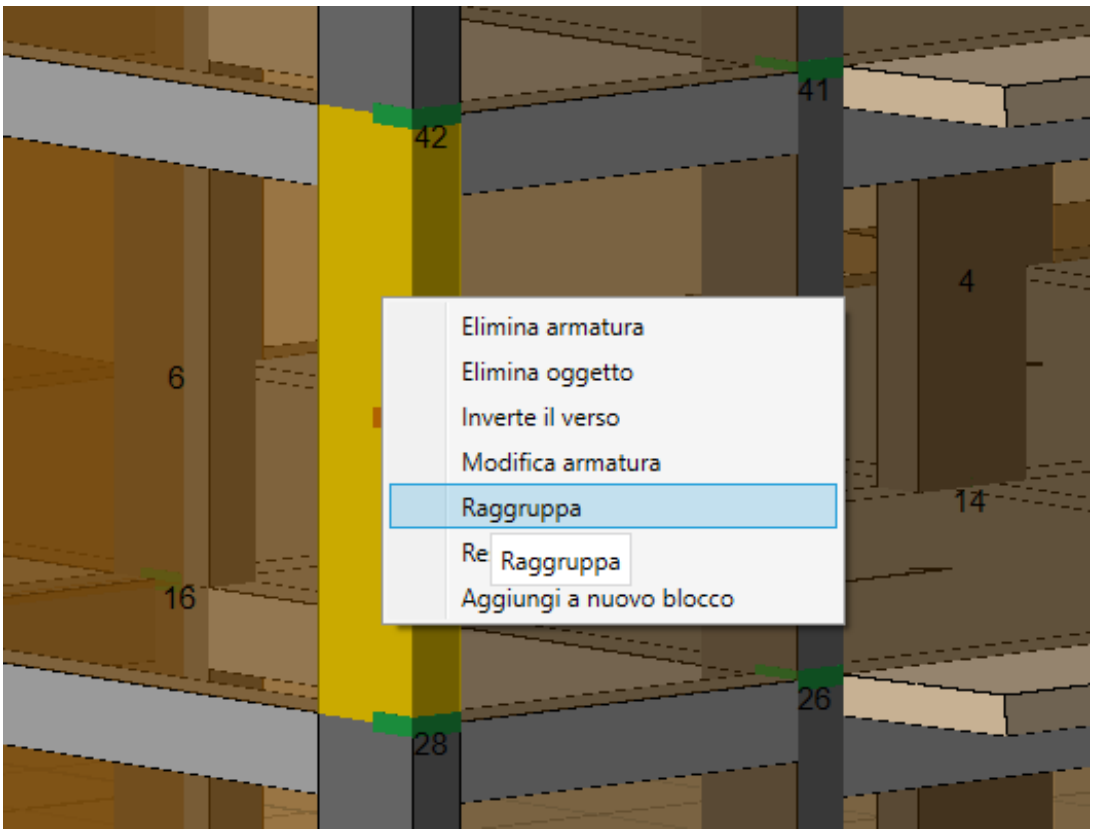
Per raggruppare due o più elementi strutturali è necessario andare nella sezione "Geometria" e cliccare su **"Gruppo"** :



Si selezionano gli elementi da raggruppare, come ad esempio due pilastri, e si completa la selezione con il tasto destro del mouse:



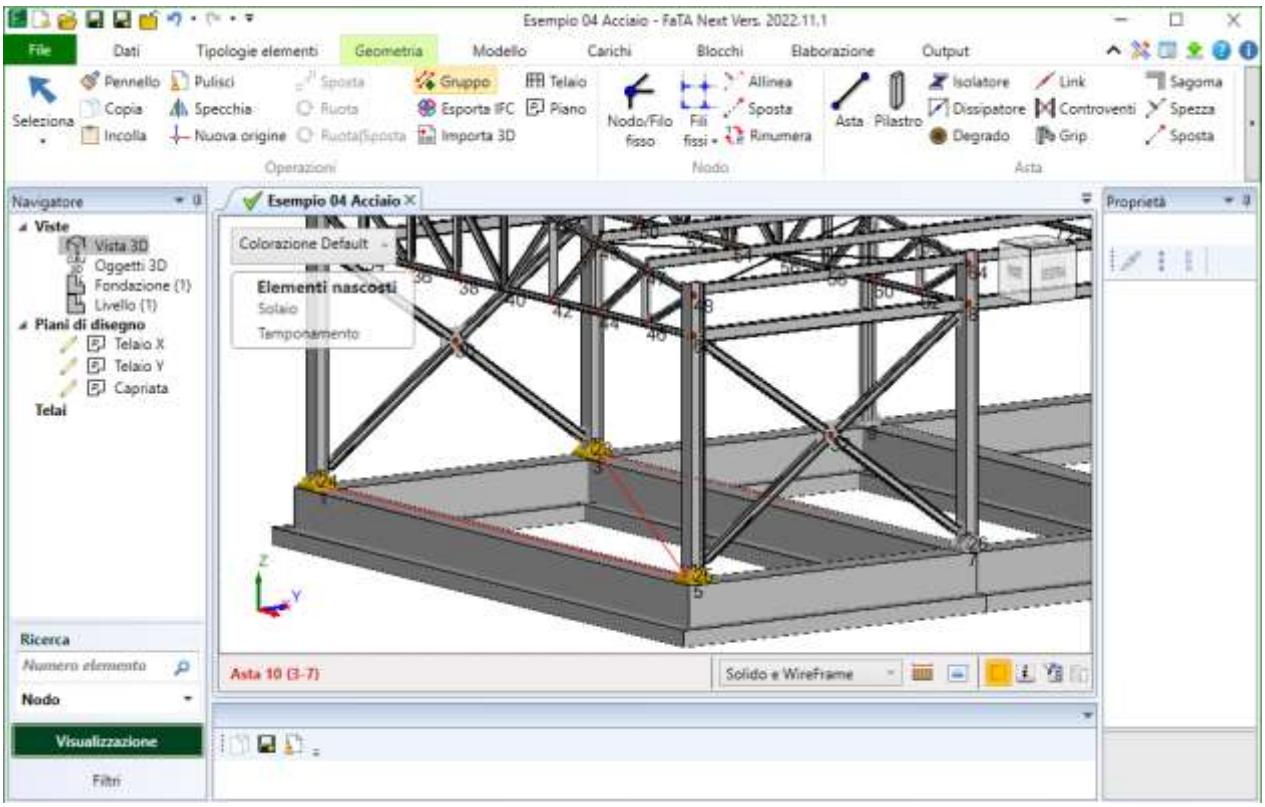
In alternativa, si selezionano gli elementi da raggruppare e si completa cliccando con il tasto destro del mouse e scegliendo il comando **"Raggruppa"**:



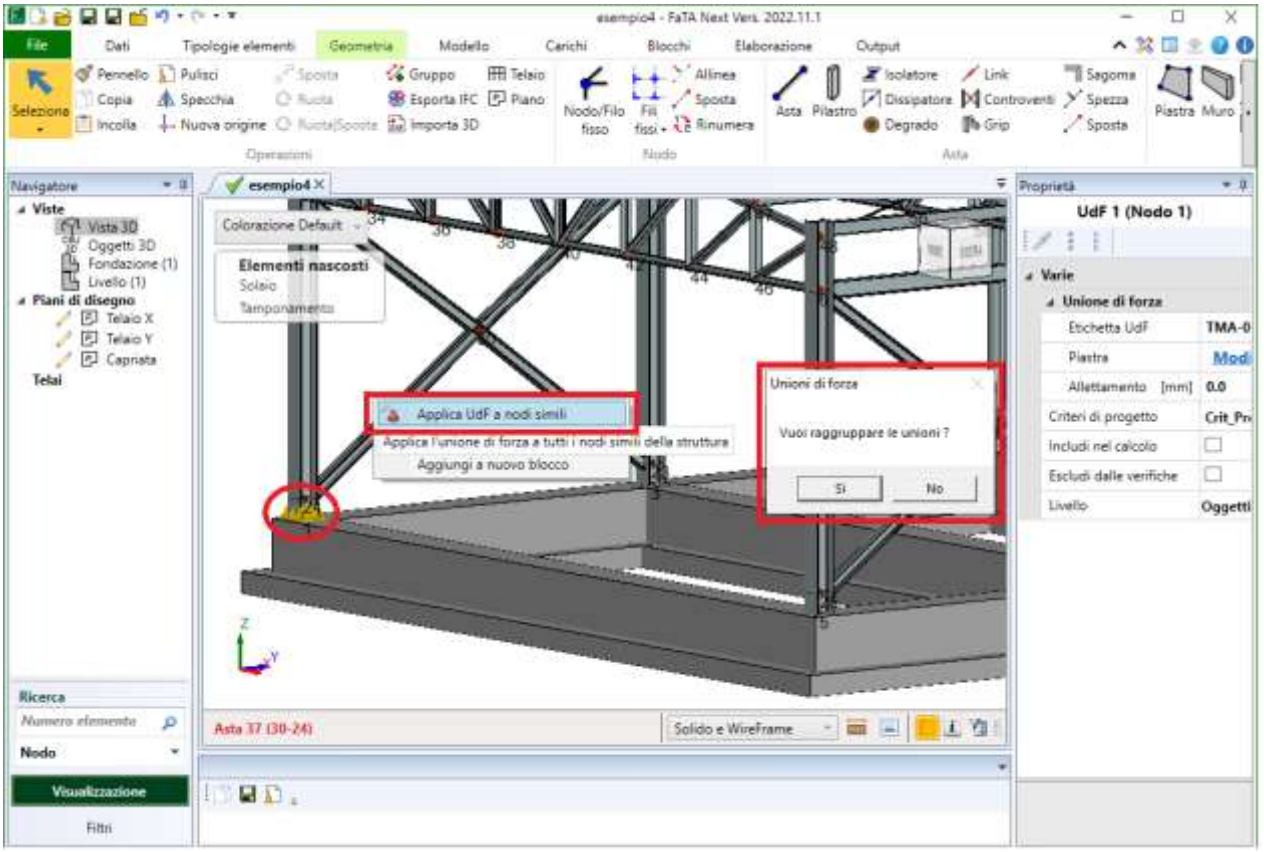
Per eliminare un "Gruppo" precedentemente definito è sufficiente selezionare il gruppo stesso e premere il tasto "Canc" della tastiera.

7.36 Raggruppare due o più unioni

Per raggruppare due o più collegamenti della stessa tipologia e con caratteristiche (dimensioni, bulloni, nervature, ecc.) identiche è necessario, una volta cliccato sul pulsante "Gruppo", selezionare tutte le unioni che si vuole raggruppare e completare con il tasto destro del mouse. In questo modo, ogni modifica che verrà effettuata su una singola unione facente parte del gruppo verrà riportata su tutte le unioni del gruppo stesso.

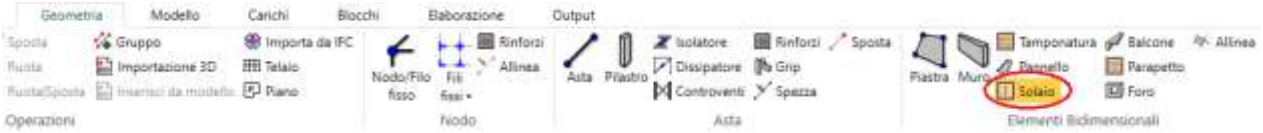


E' possibile, inoltre, raggruppare le unioni prima di ricercare i nodi simili sui quali applicare l'unione sorgente. Una volta scelta l'unione che si vuole copiare e cliccato sul tasto destro del mouse bisogna scegliere "Applica UdF a nodi simili". In automatico, si apre una finestra dalla quale bisogna scegliere se si vogliono raggruppare o meno le unioni che si andranno ad inserire.

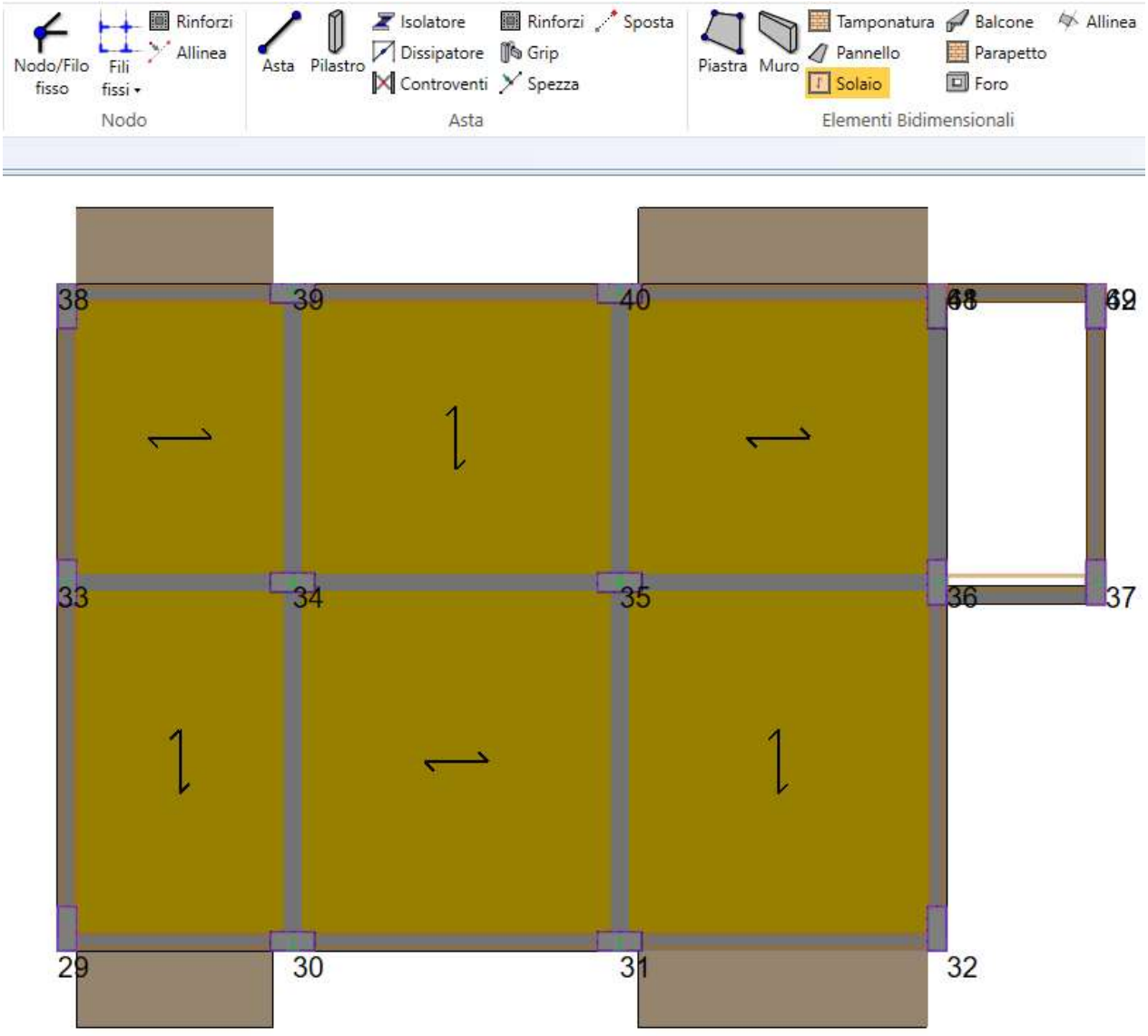


7.37 Selezione multipla rapida (Ctrl+A)

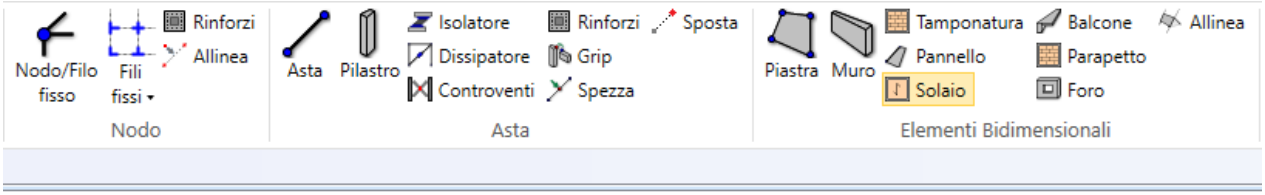
Nel caso di una selezione multipla dalla vista 2D, se ad esempio si vogliono selezionare tutti i solai ad un generico livello, si sceglie per prima cosa il tipo di elemento da selezionare (in questo caso la tipologia "Solaio") dalla sezione "Geometria":

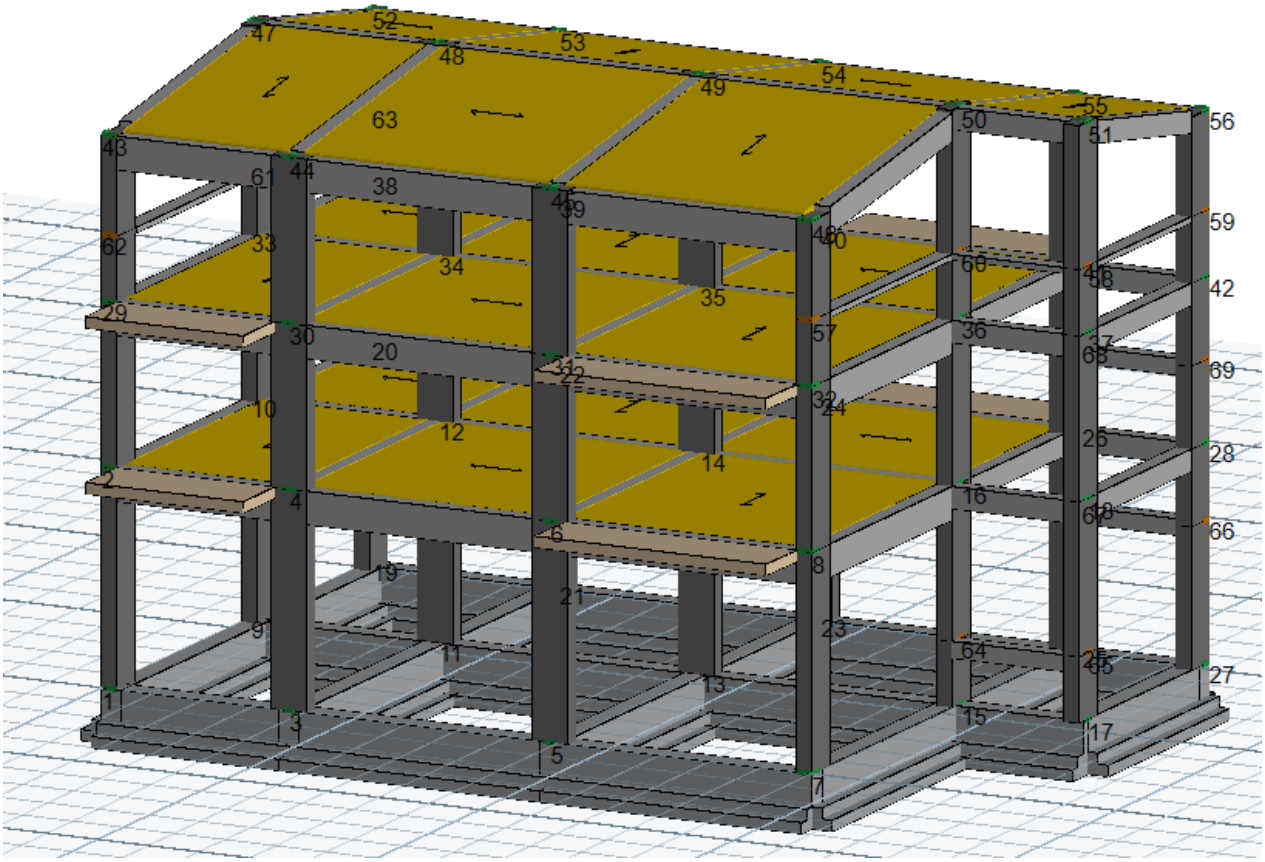


Successivamente eseguendo la combinazione di tasti "Ctrl+A" della tastiera automaticamente verranno selezionati tutti i solai dell'intero impalcato:



Per fare una selezione multipla dalla vista 3D, se ad esempio si vogliono selezionare tutti i solai dell'intera struttura, dopo aver scelto il tipo di elemento da selezionare (in questo caso la tipologia "Solaio") dalla sezione "Geometria", è sufficiente eseguire la combinazione di tasti "Ctrl+A" della tastiera e automaticamente verranno selezionati tutti i solai dell'intera struttura:





7.38 Spezzare un elemento strutturale

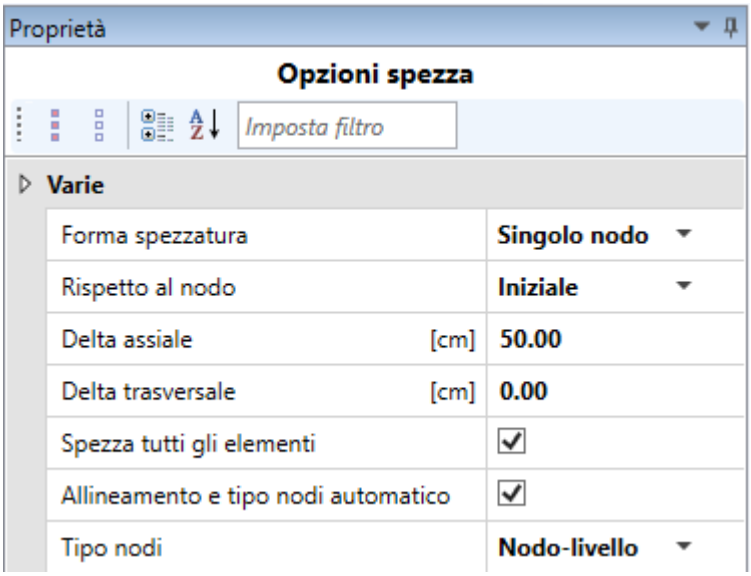
Per spezzare un elemento, ad esempio un pilastro, se lo si vuole dividere in due parti uguali è sufficiente selezionare l'elemento, cliccare sul tasto destro del mouse e quindi su **"Spezza asta"**:



Nel caso in cui, invece, si vuole dividere l'elemento in un punto qualsiasi o in più parti uguali è necessario andare alla sezione "Geometria" e scegliere il comando **"Spezza"**:

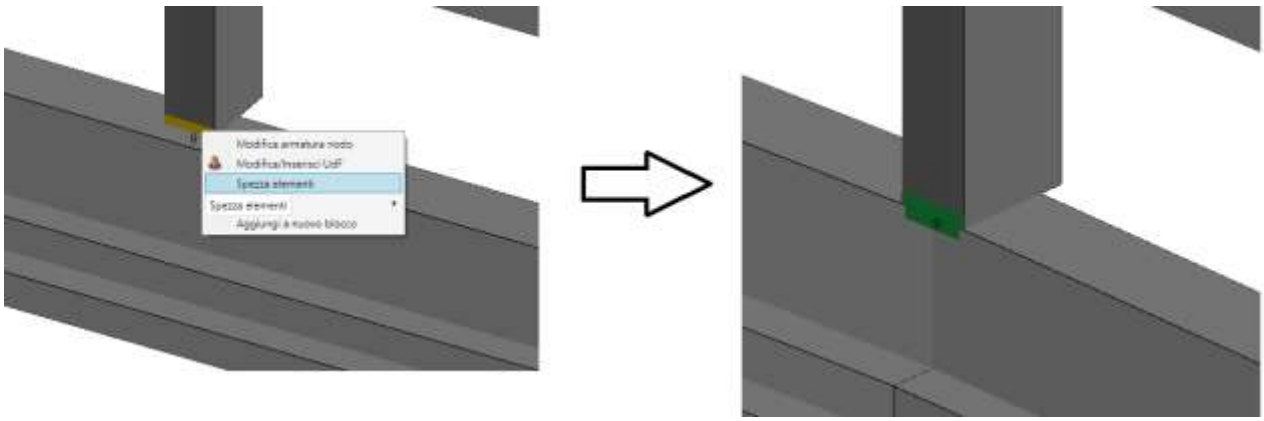


Si apre la seguente finestra da cui è possibile selezionare il nodo rispetto al quale spezzare l'elemento (iniziale o finale), la posizione del nodo da inserire e il tipo di nodo:



E' inoltre possibile spezzare un elemento **a partire da un nodo esistente**. E' sufficente selezionare il nodo di interesse, cliccare con il tasto destro del muose e quindi cliccare su **"Spezza elementi".** Saranno spezzati

tutti gli elementi intercettati dal nodo.



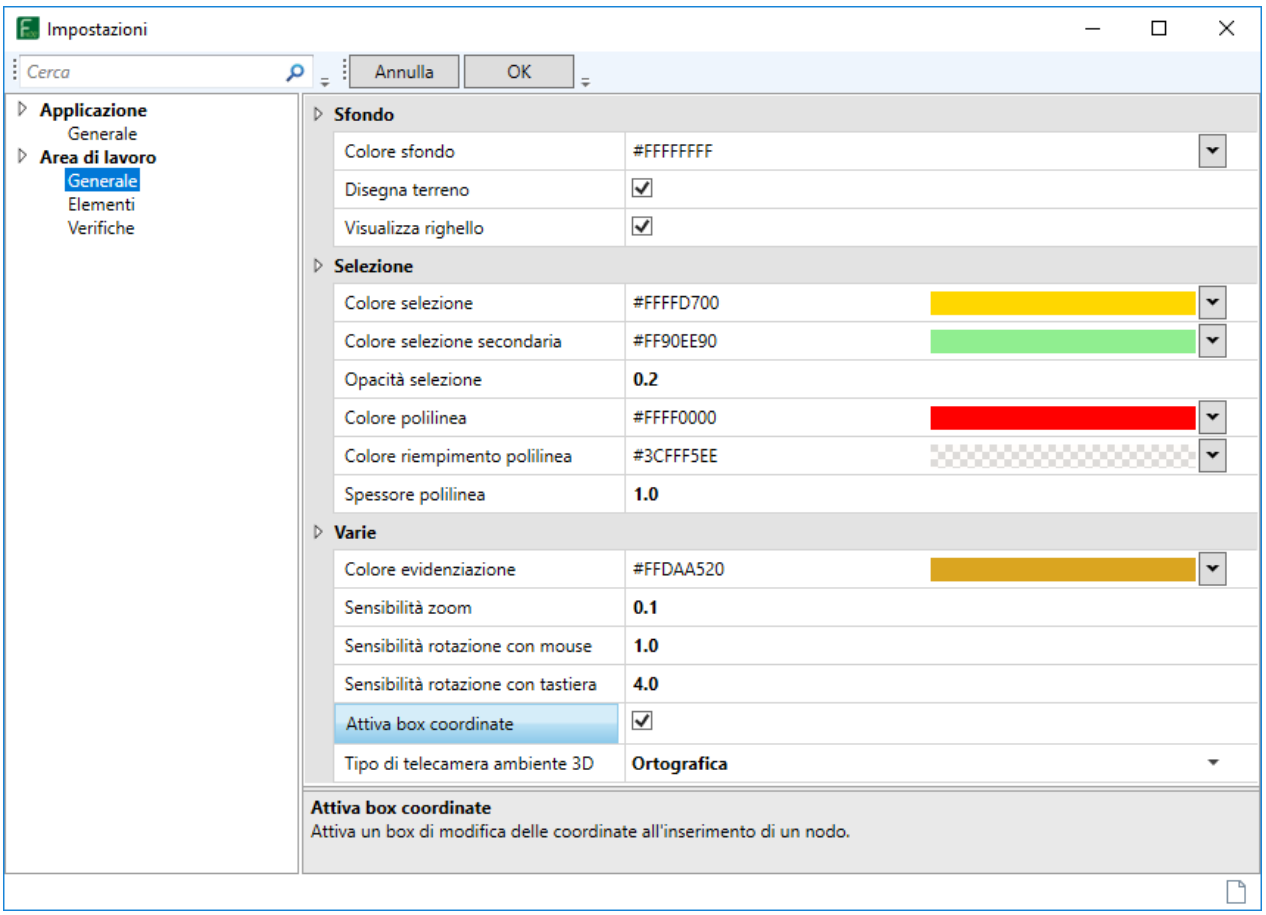
7.39 Utilizzare il box coordinate

Questa funzionalità del FaTA Next consente di attivare un box di modifica delle coordinate all'inseriemento di un nodo.

Per prima cosa bisogna attivare tale comando. Per fare ciò bisogna cliccare sul comando **"Impostazioni"**  (in alto a destra della schermata principale):



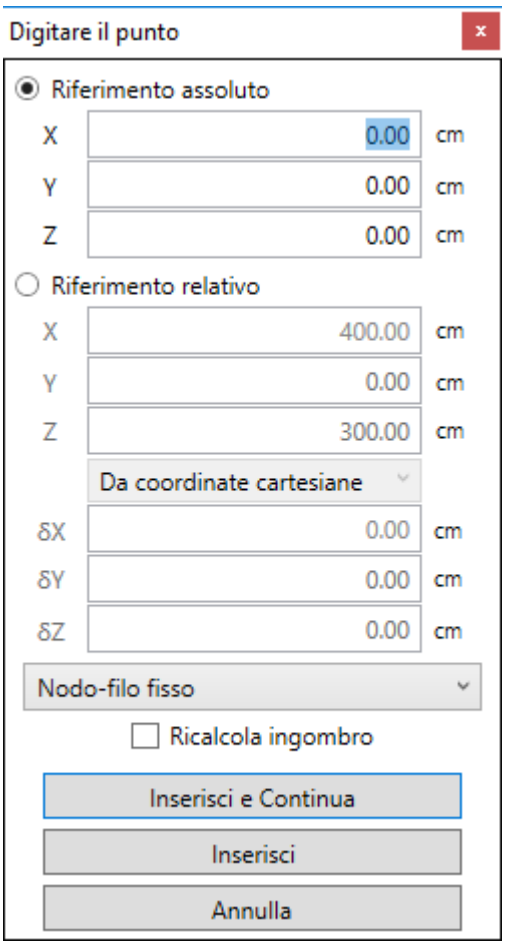
Si apre la finestra "Impostazioni", si clicca sul tasto **"Generale"** in "Area di lavoro" e quindi da **"Attiva box coordinate"** è possibile attivare tale comando:



A questo punto, per utilizzare il box coordinate è necessario andare nell'ambiente "Geometria" e scegliere **"Nodo/filo fisso"**:



Si seleziona il nodo del modello strutturale voluto, si clicca sul tasto sinistro del mouse in una zona vuota dell'ambiente di input e si apre la seguente finestra:

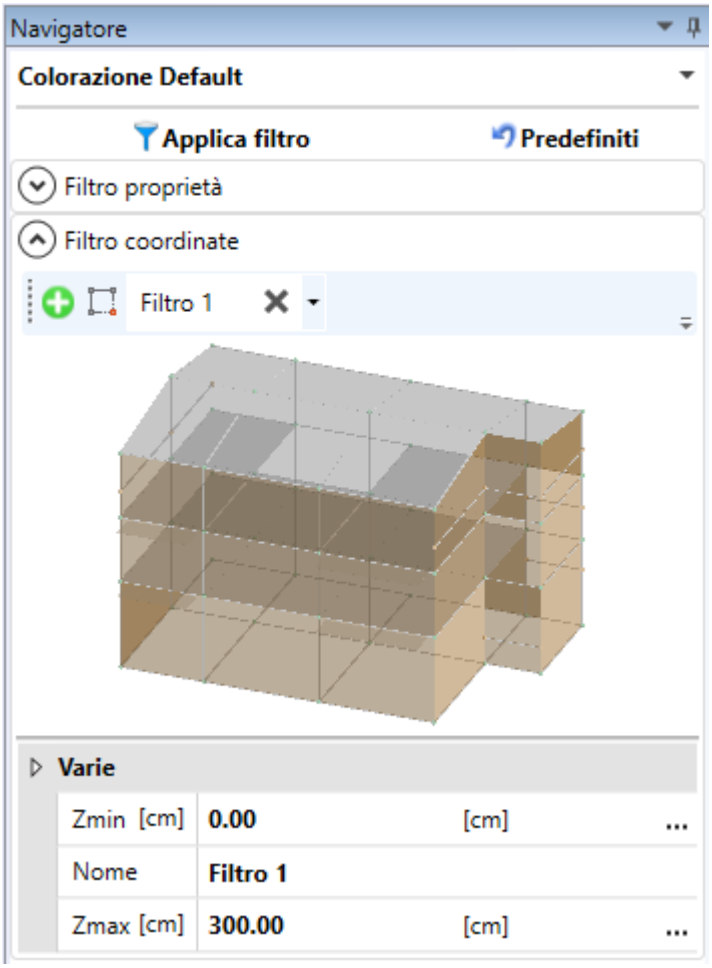


Si sceglie il sistema di riferimento (assoluto o relativo) rispetto al quale aggiungere il nodo, si settano le corrispondenti coordinate, si sceglie il tipo di nodo (Nodo-filo fisso, Nodo-livello o Libero) e si completa su "Inserisci e Continua" oppure su "Inserisci" per aggiungere il nodo.

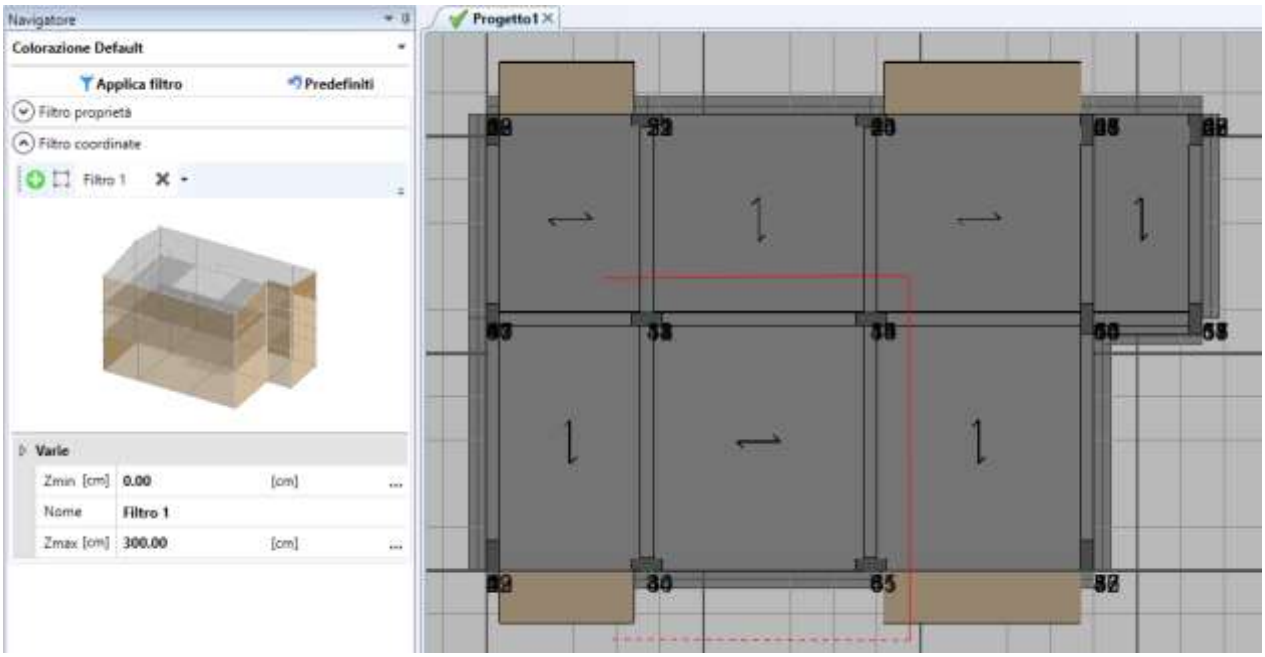
7.40 Utilizzare il filtro per coordinate

FaTA Next consente di isolare una parte della struttura utilizzando il **"Filtro coordinate"** in modo da agevolare il lavoro di input all'utente.
Per utilizzare il filtro coordinate è necessario cliccare su **"Filtri"** in basso a sinistra nel box Navigatore,

aprire **"Filtro coordinate"** e cliccare su per aggiungere un nuovo filtro (ad es. Filtro 1):

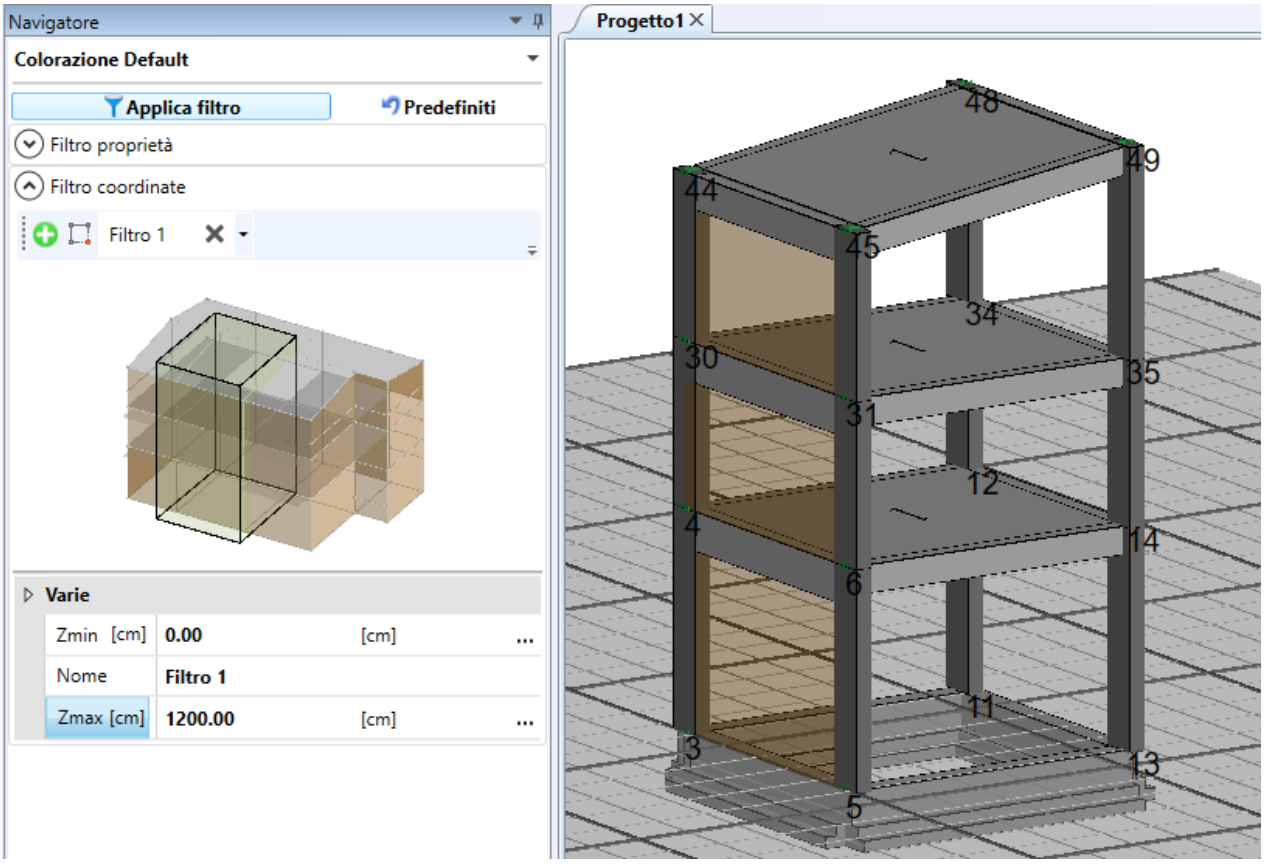


Si clicca sul pulsante  per scegliere la parte di struttura da filtrare. Alla pressione del pulsante si apre una vista in pianta della struttura, si scelgono i punti del poligono che deve contenere la parte della struttura da filtrare e si completa con il tasto destro del mouse:



Si settano i parametri del filtro, come la quota massima (Zmax) e minima (Zmin) della parte da filtrare, si

completa cliccando su **"Applica filtro"** e contemporaneamente viene visualizzata la parte di struttura filtrata.

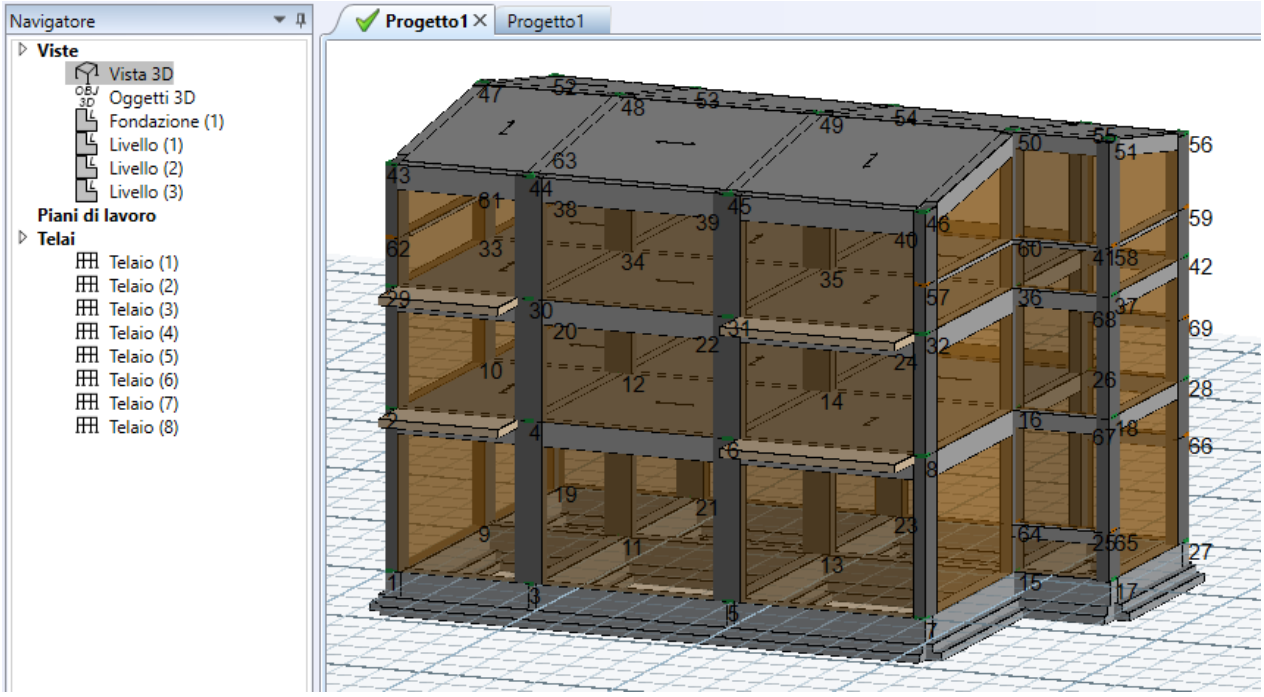


7.41 Visualizzare insieme la vista 3D e una 2D

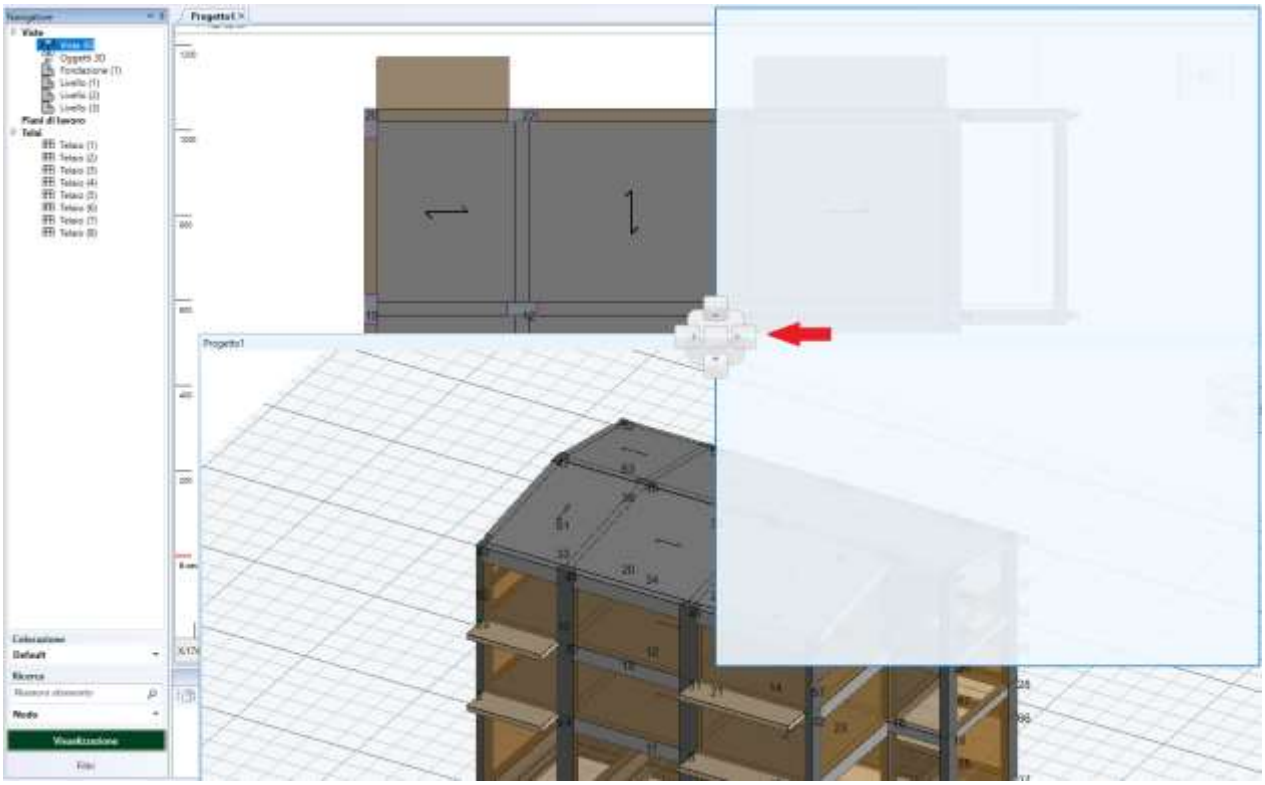
Per visualizzare contemporaneamente entrambe le viste bisogna innanzitutto andare nella sezione "Geometria" e cliccare su **“Nuova Scheda”** :



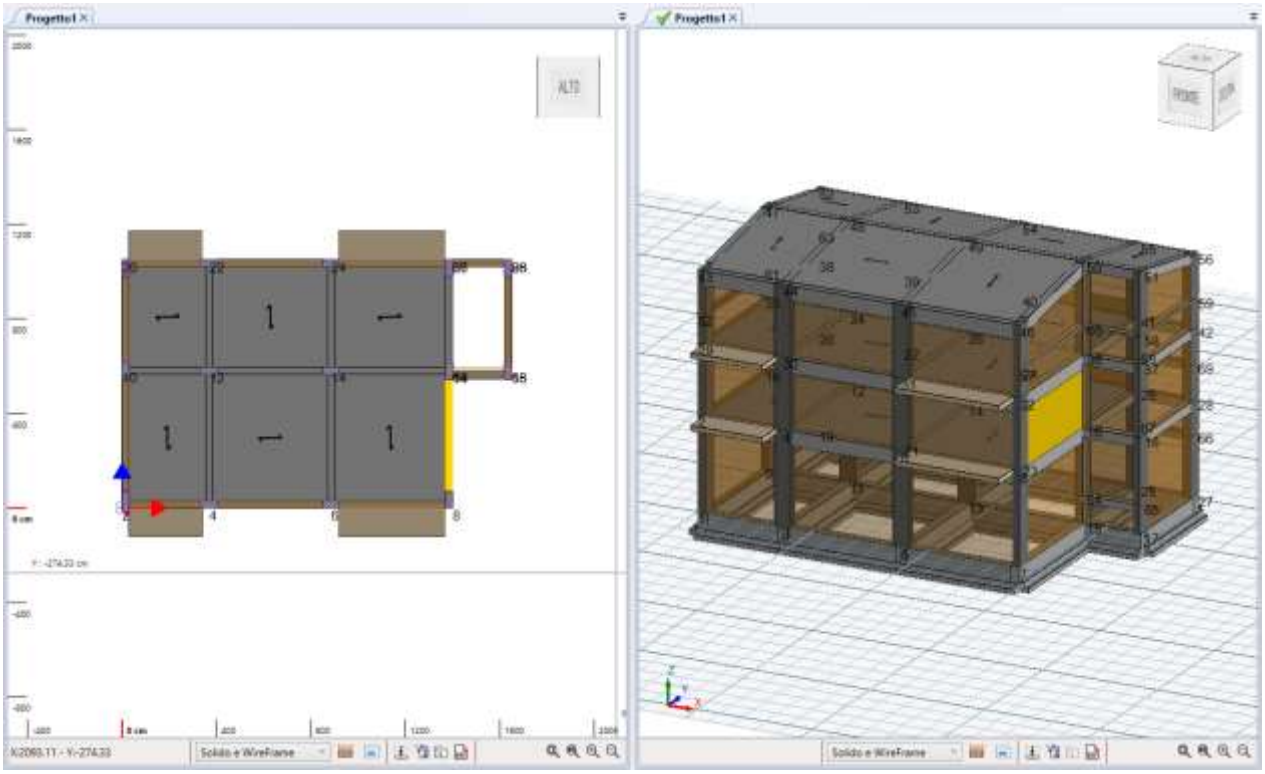
Una volta aperta la nuova scheda si sceglie la vista desiderata (ad es. Vista 3D) dal box Navigatore che si trova nella parte sinistra della schermata principale:



Successivamente si clicca su una delle due schede aperte, si trascina verso il centro dello schermo e si sceglie la posizione di inserimento della scheda scelta:

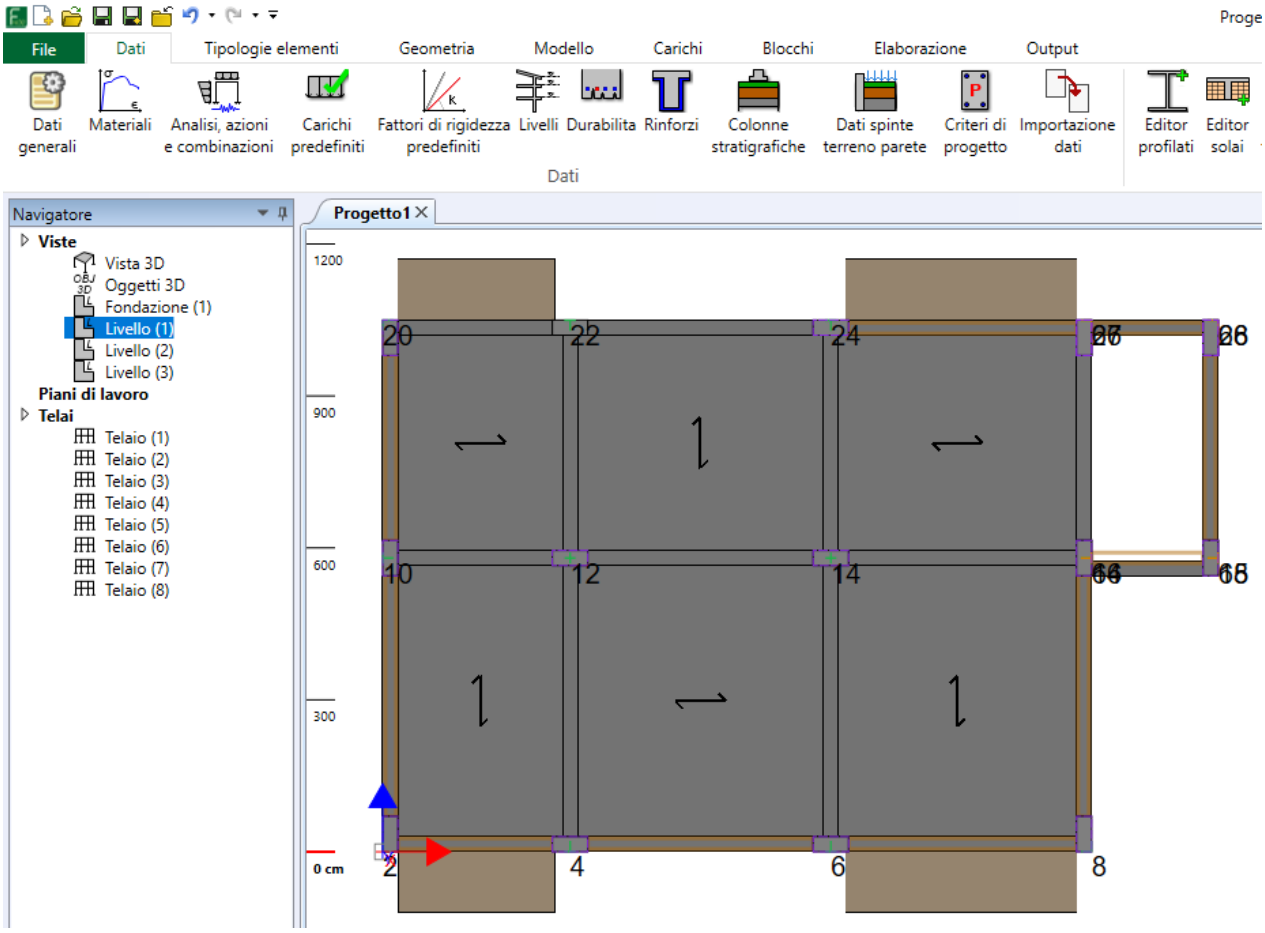


Infine si ottiene la seguente vista e si visualizzano gli oggetti selezionati in entrambe le viste:



7.42 Visualizzare l'input 2D

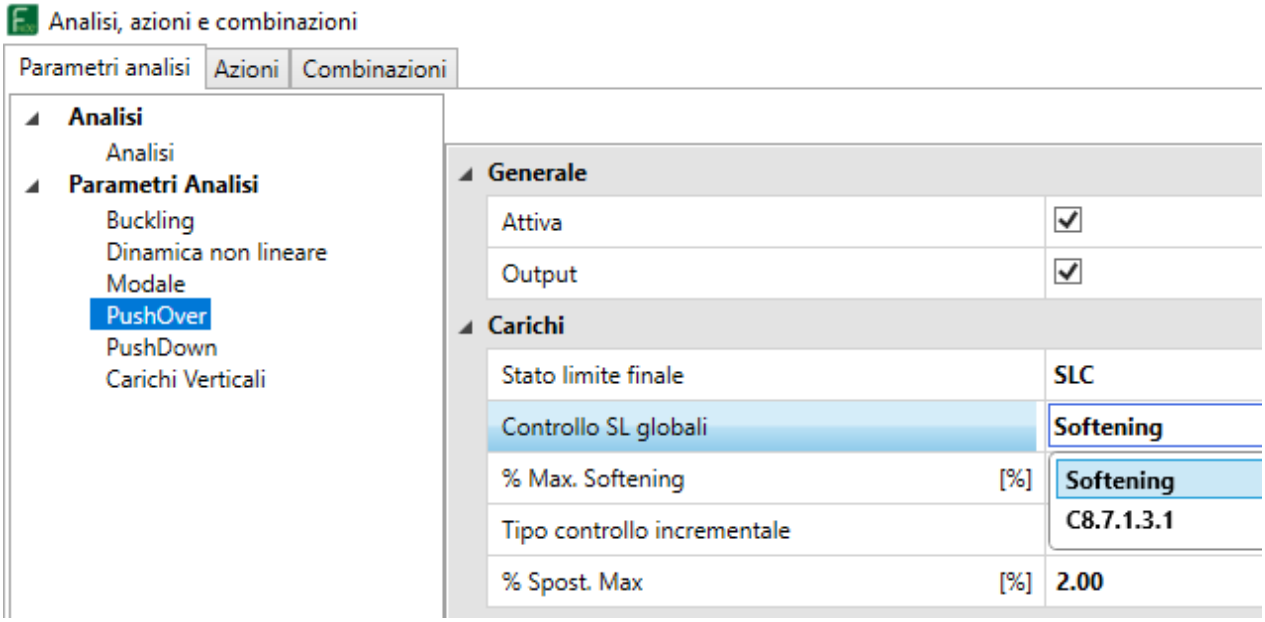
Per visualizzare l’input 2D è sufficiente andare nell'ambiente **"Viste"**, posto nel box Navigatore che si trova nella parte sinistra della schermata principale, e selezionare il livello che si desidera visualizzare (ad es. Livello (1)):



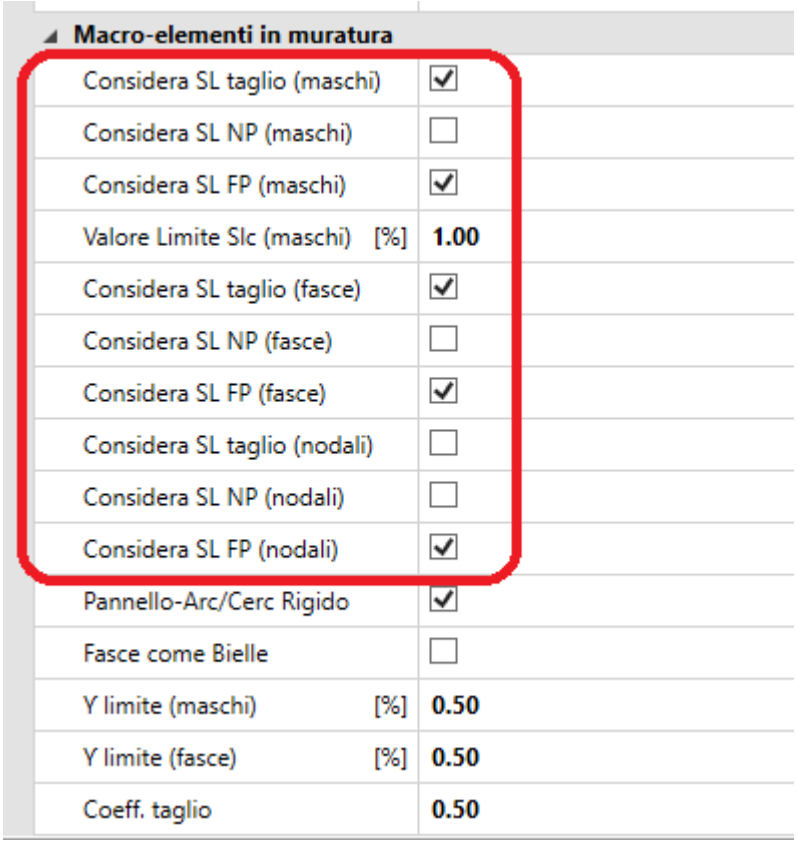
7.43 Come configurare FaTA Next per la verifica globale Pushover per le murature applicando la Circolare

Per utilizzare le indicazioni del par. C8.7.1.3.1 della Circolare 7/2019, Le operazioni da fare sono le seguenti:

1. Impostare “C8.7.1.3.1” nel campo “Controllo SL globali” contenuto in “Analisi, azioni e combinazioni” relativamente all’analisi “Pushover”



2. Disattivare i controlli locali delle deformazioni angolari nel piano, agendo sui campi “NP” di maschi, fasce e pannelli nodali, contenuti in “Criteri di modellazione/Piastre/Macro-elementi in muratura”



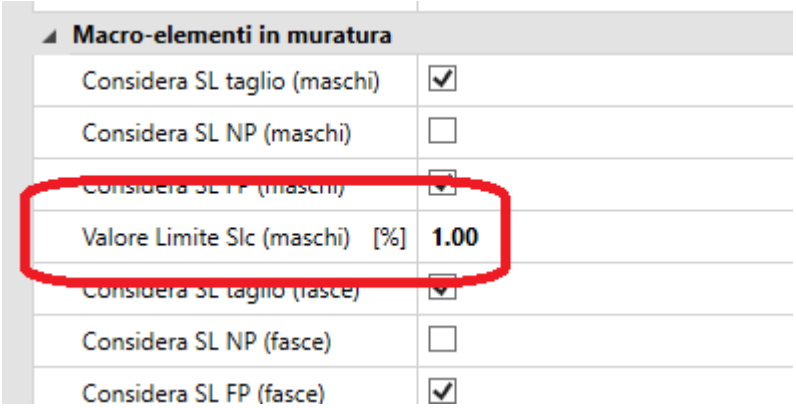
In base al predetto punto della **Circolare**, per la definizione della capacità delle strutture con impalcati rigidi è sufficiente applicare delle **regole globali** differenziate per stato limite:

- SLC : spostamento corrispondente ad un taglio di base residuo pari all’80% del massimo
- SLV : spostamento pari a 3/4 di SLC
- SLD : spostamento corrispondente al limite elastico della bilineare equivalente, definita a partire dallo spostamento ultimo a SLC
- SLO : spostamento pari a 2/3 di quello allo SLD.

I controlli sulle **deformazioni angolari** possono essere considerati solo nel caso di strutture ad **impalcati deformabili**.

Impostazioni aggiuntive nel caso di strutture in muratura confinata

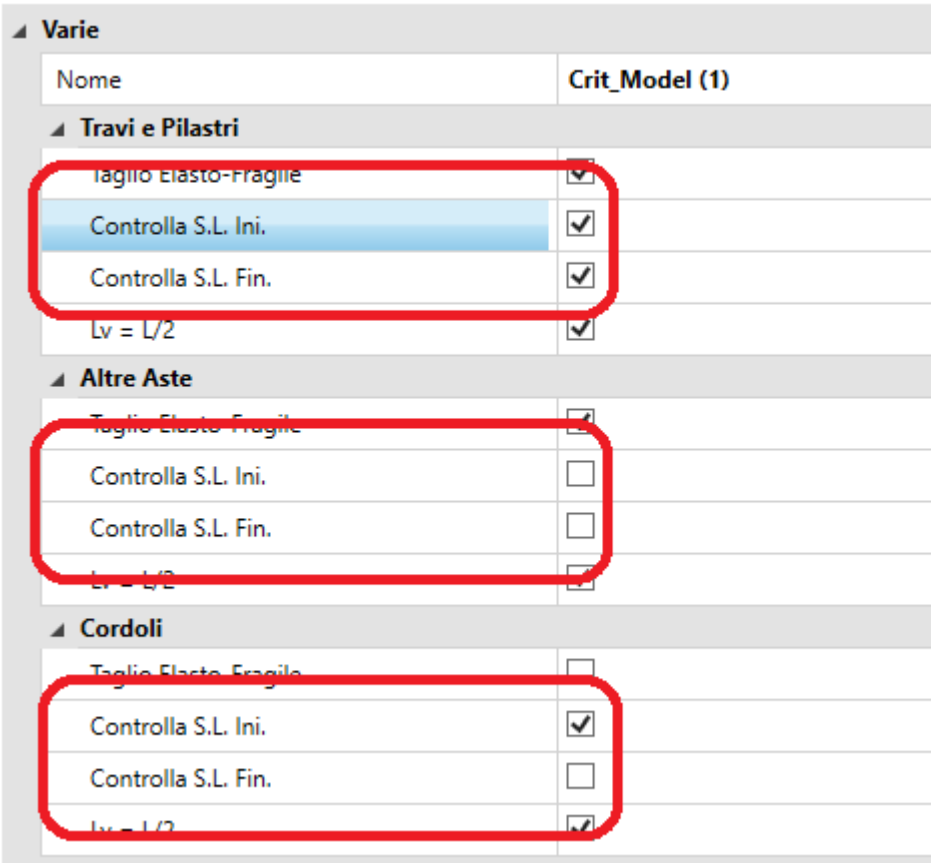
Oltre a le impostazioni viste in precedenza, nel caso di muratura confinata va modificato il valore limite della capacità di deformazione angolare relativa ai maschi murari. Il parametro sul quale agire è “Valore limite Slc (maschi)” contenuto in “Criteri di modellazione/Piastre/Macro-elementi in muratura”:



I valori da utilizzare sono i seguenti:

Strutture in muratura	Strutture in muratura confinata
1.00%	1.25%

Nel caso si voglia considerare la compartecipazione degli elementi in c.a. devono essere attivi i campi “Controlla S.L. Ini” contenute in “Criteri di modellazione/Aste/Travi e pilastri” o “Altre aste”:

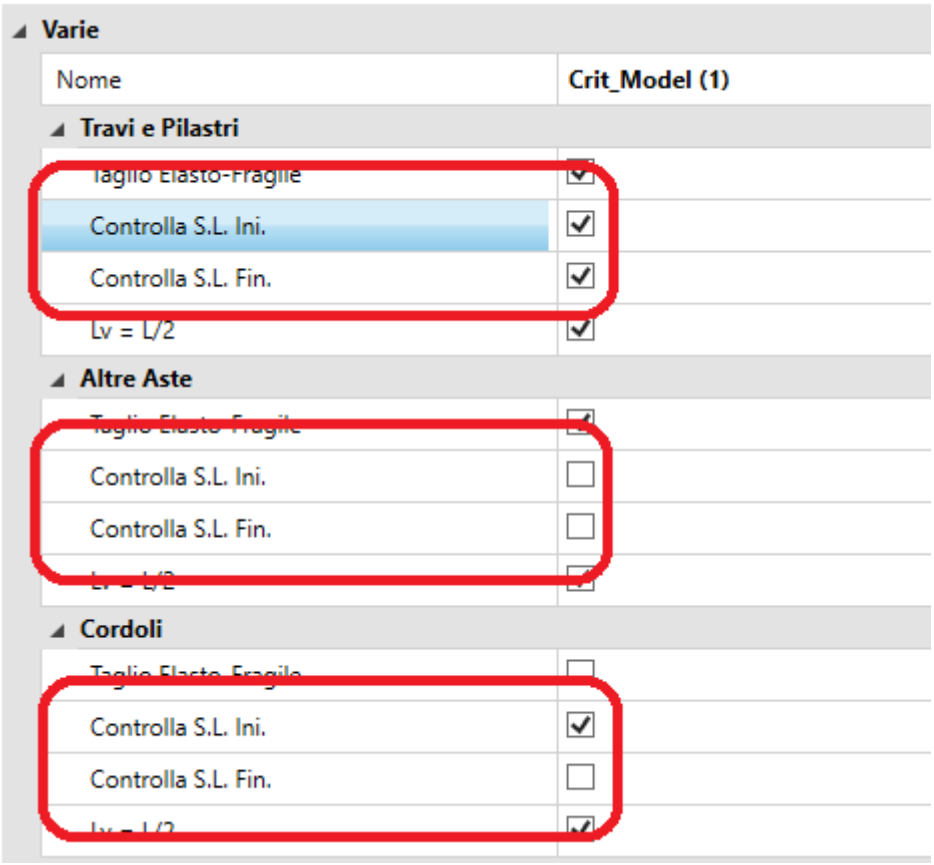


7.44 Come configurare FaTA Next per la verifica globale Pushover nel caso di strutture in c.a. (Elementi Discreti)

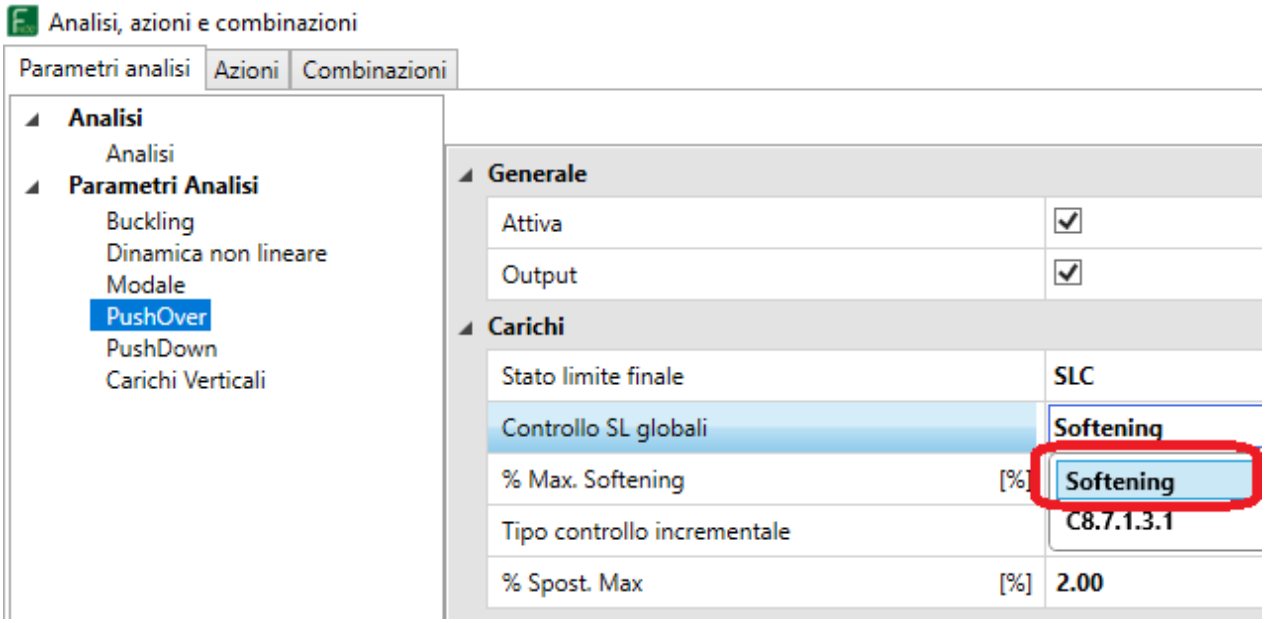
Nel caso di strutture in c.a. è possibile utilizzare entrambi i solutori di FaTA Next:

- Solutore **Elementi Finiti**
- Solutore **Elementi Discreti**

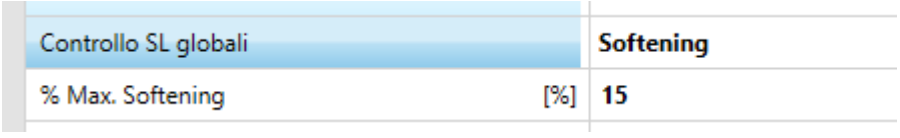
Nel caso di solutore ad "Elementi Discreti" per considerare la capacità locale degli elementi in c.a. devono essere attivi i campi “Controlla S.L. Ini” contenute in “Criteri di modellazione/Aste/Travi e pilastri” o “Altre aste”:



Oltre a queste indicazioni è oppotuno modificare il campo “Controllo SL globali” contenuto in “Analisi, azioni e combinazioni” relativamente all’analisi “Pushover”, selezionando la scelta “Softening”:

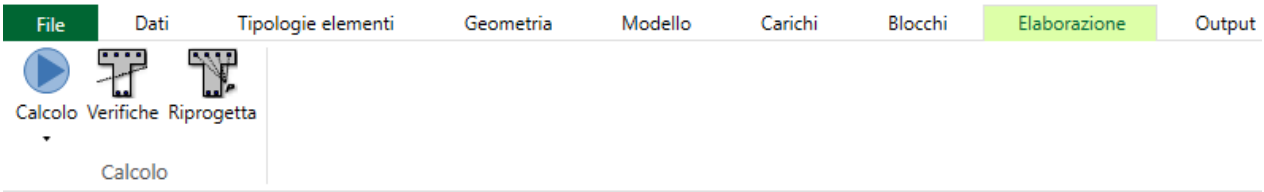


Questa opzione attiverà il parametro “% Max. Softening”, contenuto nella stessa schermata, e di default impostato al valore indicato nelle norme pari al 15%:



8 Procedure

8.1 Differenza tra Verifica e Riprogetta



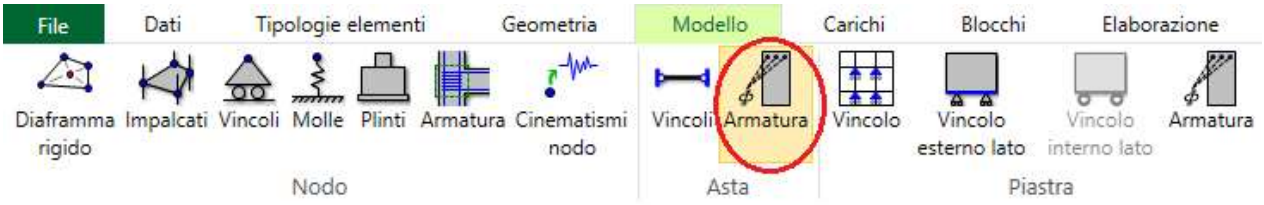
Il pulsante **"Verifiche"** deve essere utilizzato ogni qualvolta si vuole effettuare una verifica sulla struttura senza modificare l'armatura già presente; quindi si utilizza per la verifica di strutture esistenti o quando, a seguito di una modifica in qualche elemento strutturale, si vuole riverificare la struttura.

Il pulsante **"Riprogetta"** deve essere utilizzato nel caso in cui si vuole riprogettare l'armatura; questo comando elimina l'armatura presente e ne ricalcola la nuova.

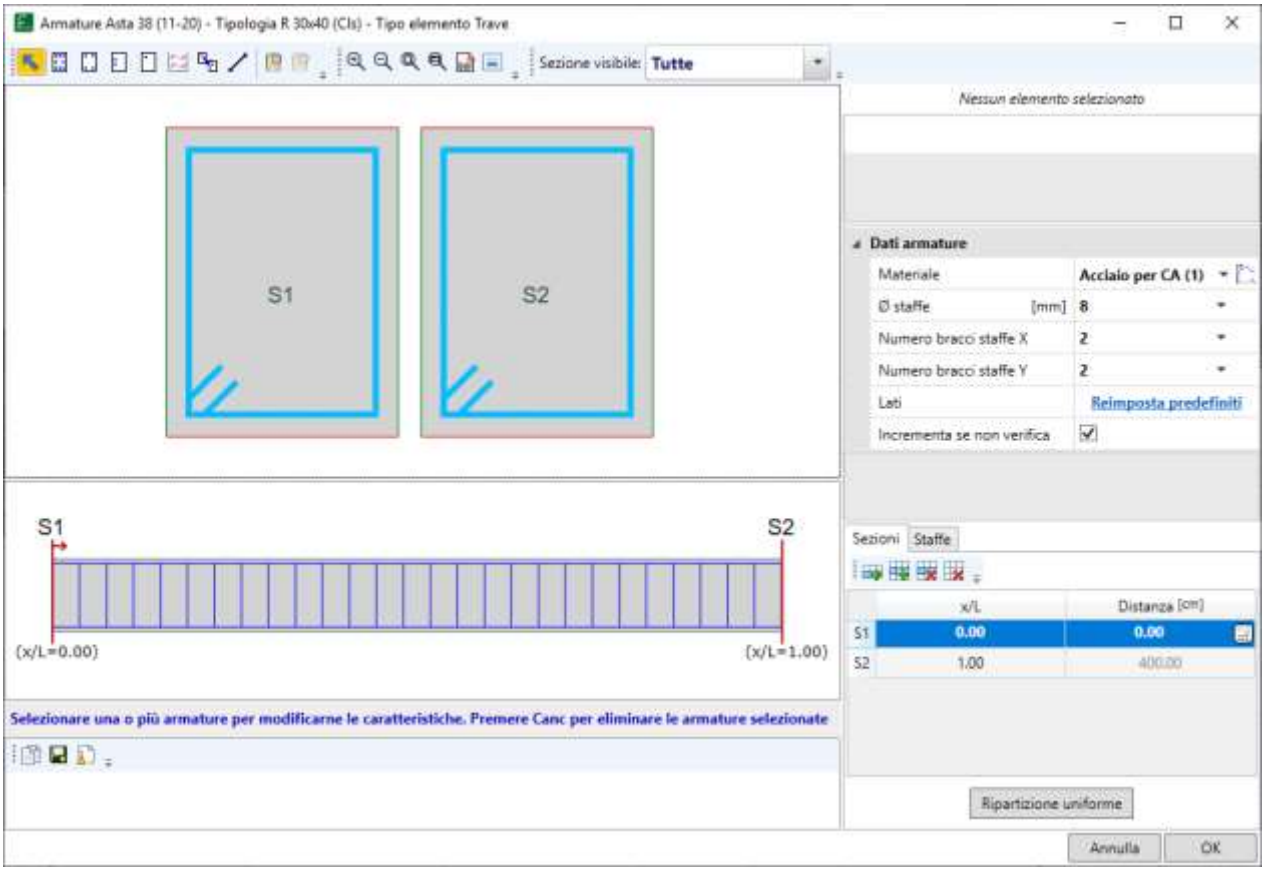
N.B. Quando le armature non sono state ancora calcolate è indifferente utilizzare l'uno o l'altro comando.

8.2 Gestione armature su edifici esistenti

Nel caso di edificio esistente in C.A. una volta definite le aste della struttura è necessario inserire le armature sui singoli elementi. Per fare ciò bisogna andare nella sezione "Modello" in Asta e cliccare su **"Armatura"**  :

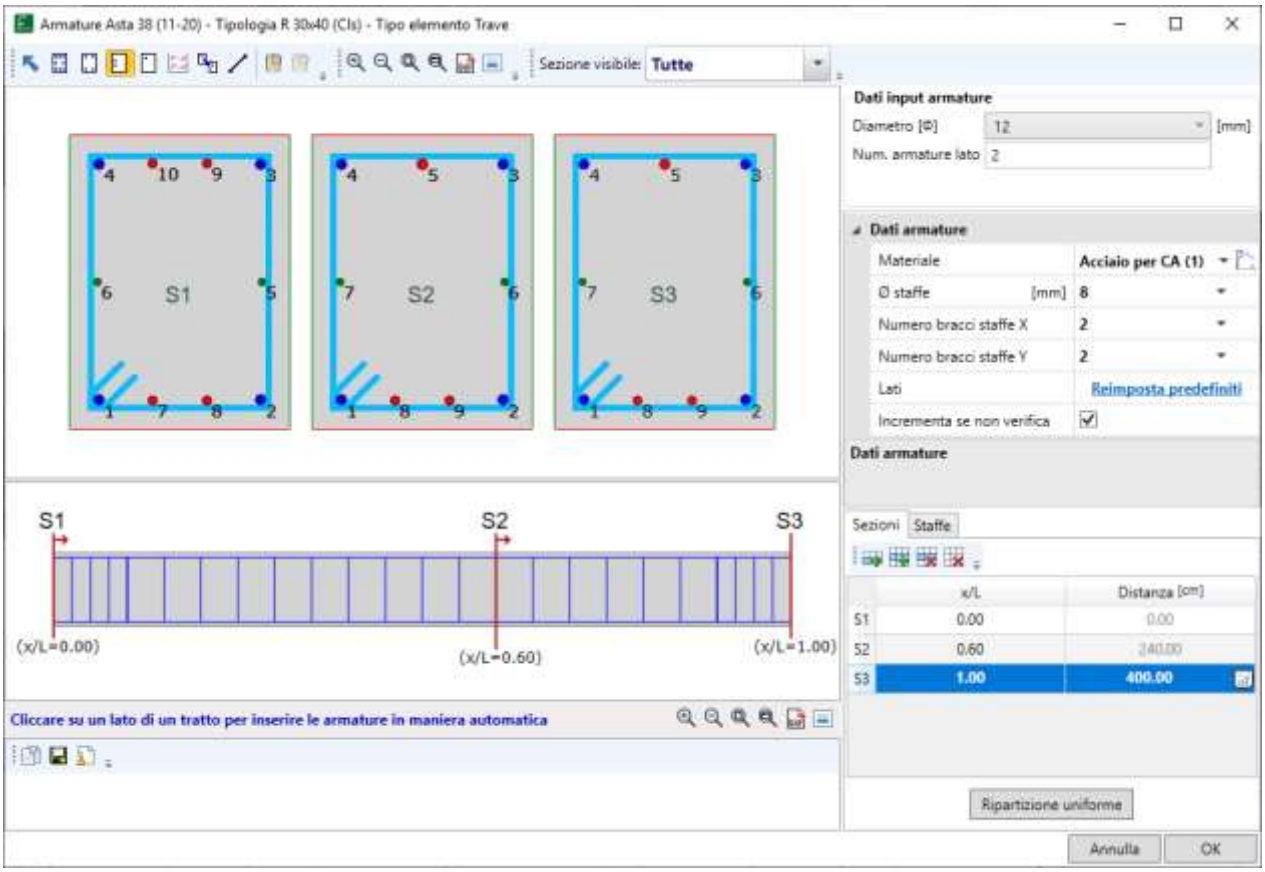


Si clicca sull'asta che si vuole inserire l'armatura (in questo caso una trave) e automaticamente si apre la seguente finestra:

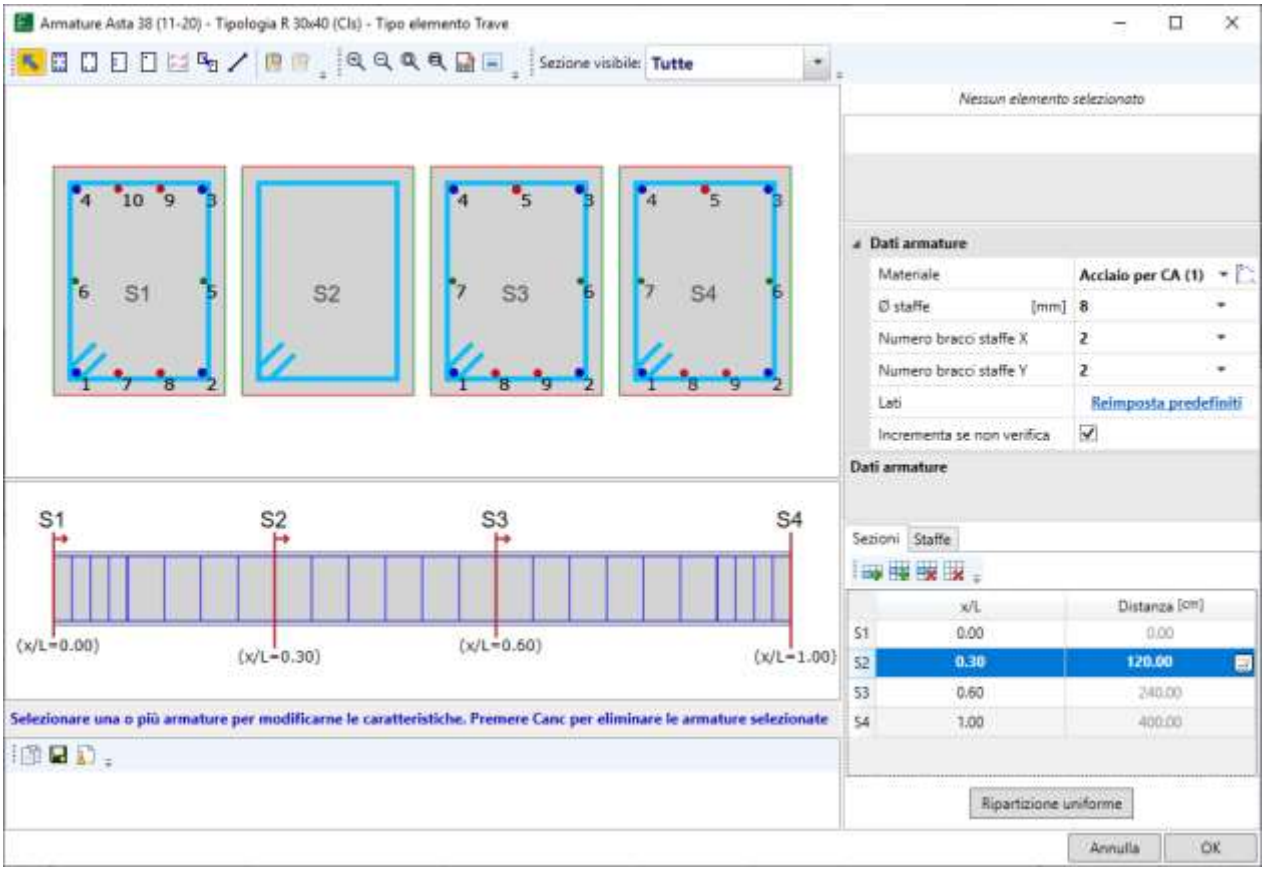


Se lungo lo sviluppo longitudinale di un elemento in C.A. in una determinata sezione vi sarà una variazione di armatura, in corrispondenza di tale sezione, dovranno essere definiti un nuovo tratto ed una nuova disposizione di armatura.

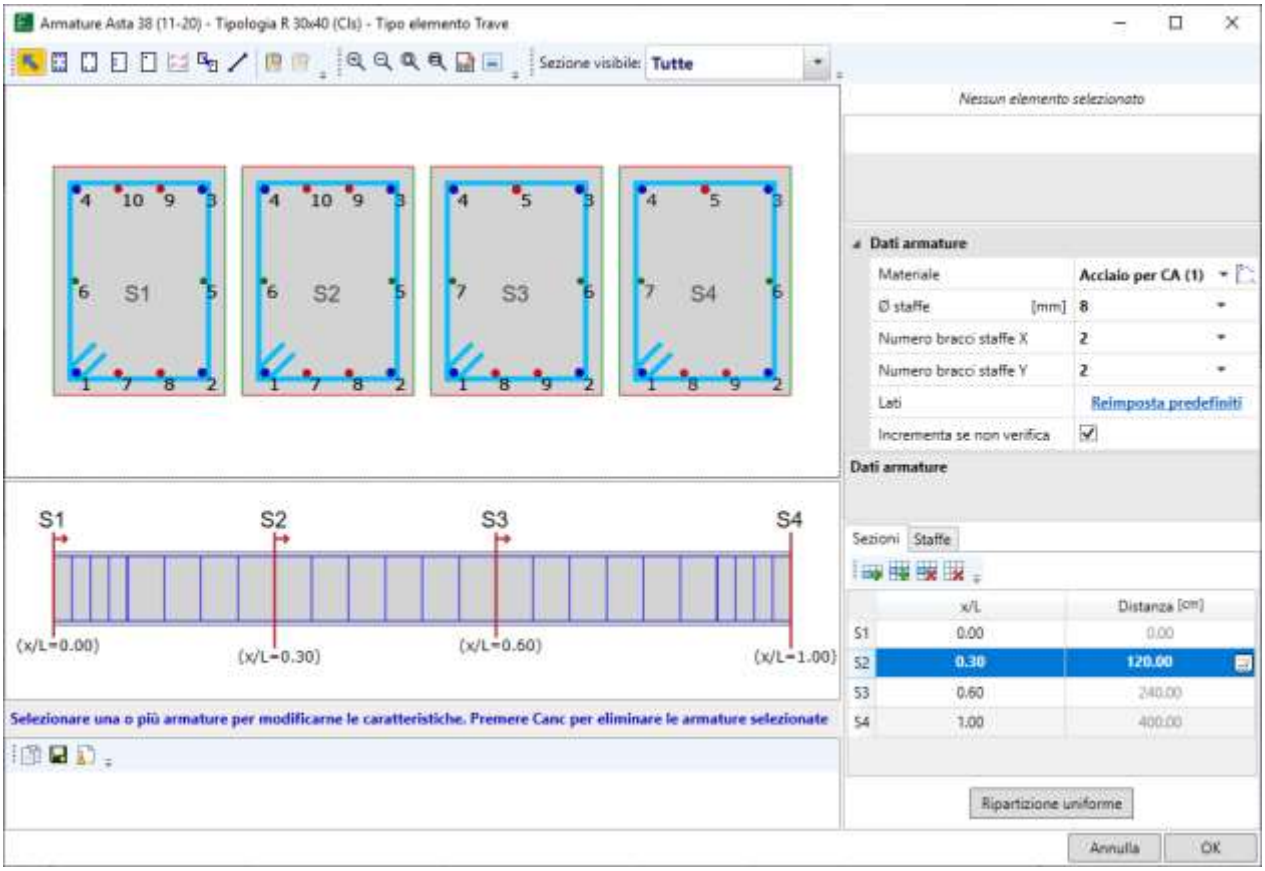
Quindi si inserisce l'armatura longitudinale e le staffe nell'elemento selezionato:



Il software permette di verificare solamente le sezioni inserite. Nel caso in cui si vuole verificare una sezione intermedia a quelle già inserite (ad esempio tra la sez. 1 e la sez. 2 della figura precedente) è necessario inserire una nuova sezione all'ascissa alla quale si vuole effettuare la verifica:

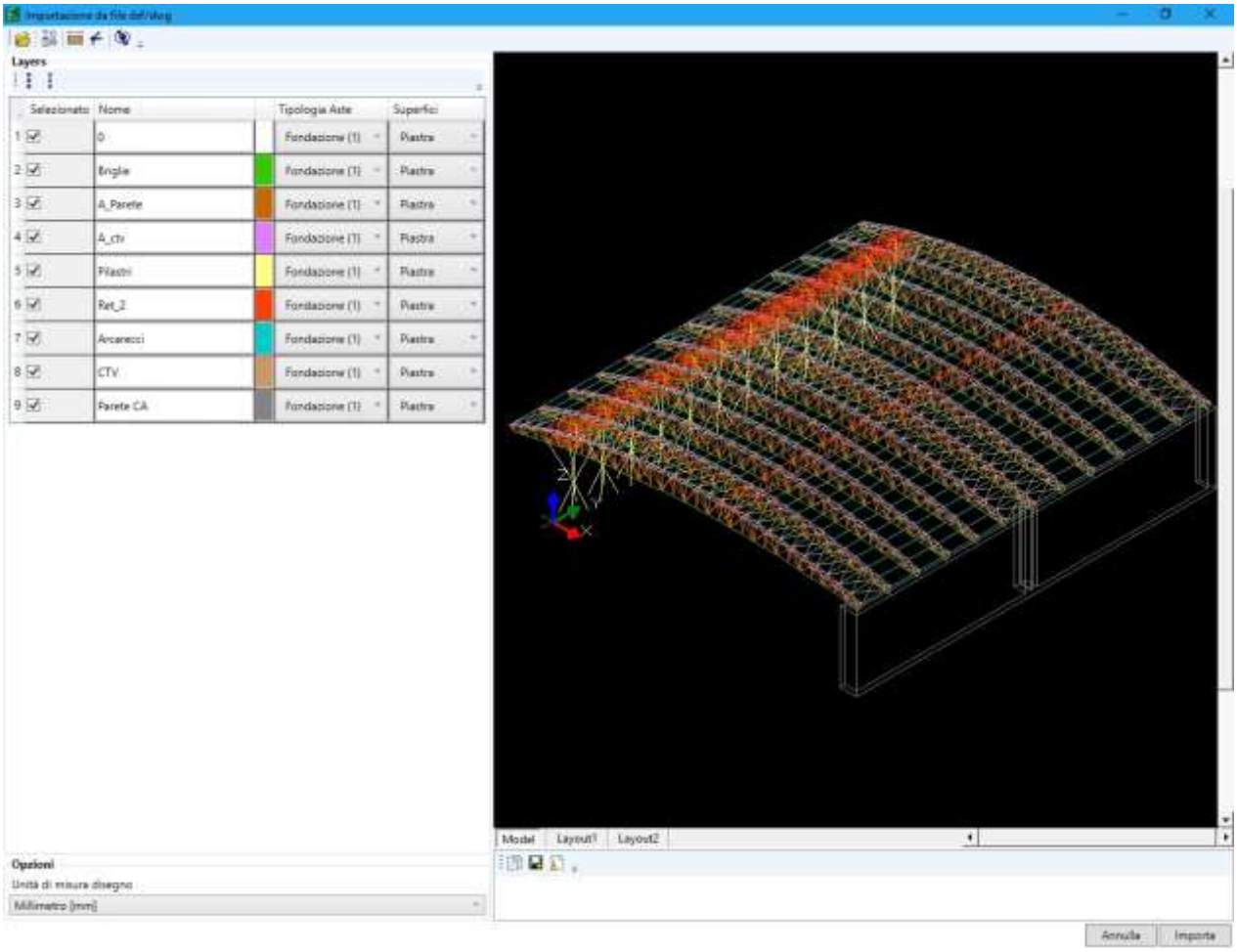


Infine si inserisce l'armatura presente nella sezione appena inserita:



8.3 Importare da dxf/dwg

FaTA Next Consente di importare file DXF o DWG.



Per importare gli elementi nel progetto corrente bisogna seguire la seguente procedura:

- Accedere all' ambiente **"Tipologie sezioni"** del menu "Tipologie elementi" e definire le sezioni da assegnare agli elementi del modello 3D che si sta importando;
- Cliccare sul pulsante **"Importazione 3D"** del menu "Geometria";
- Dall'ambiente **"Importazione da file dxf/dwg"** cliccare su pulsante "apri file dxf/dwg" e quindi aprire il file da importare;
- Definire dal pulsante **"Posizionamento disegno"** il nuovo sistema di riferimento;
- Dal menu Opzioni **"Unità di misura del disegno"** dell'ambiente **"Importazione da file dxf/dwg"** selezionare l'unità di misura del disegno corrente;
- Nella parte superiore sinistra dell'ambiente "Importazione da file dxf/dwg" viene creata una lista con i layer importati dal disegno;
- Per ogni layer sono presenti i seguenti campi:
  - **Check** - Per rendere attivo e visibile in layer corrente;
  - **Nome** - Identificativo del layer importato;
  - **Colore** - Colore del layer importato;
  - **Tipologia aste** - Tipologia di sezione da associare agli elementi asta presenti nel layer importato.
  - **Superfici** - Tipologia di piastra da associare agli elementi bidimensionali presenti nel layer importato.
- Dopo aver assegnato i campi ad i layers importati, cliccare sul pulsante **"Importa"**.

8.4 Selezione a box

In FaTA Next la selezione a box può essere effettuata secondo due modalità:

- da destra verso sinistra per **"modalità intercetta"**;
- da sinistra verso destra per **"modalità contenuto"**.

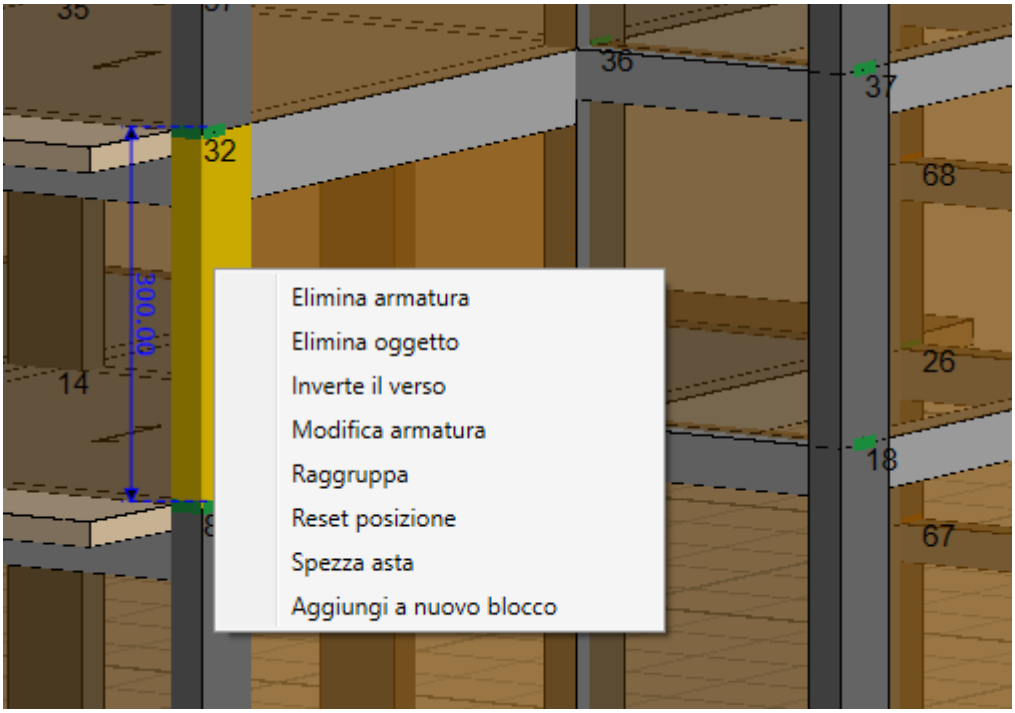
Nel primo caso vengono selezionati tutti gli oggetti intercettati dal box. Nel secondo, invece, vengono selezionati soltanto gli oggetti contenuti all'interno della selezione.

Per effettuare una selezione a box è sufficiente effettuare la combinazione tasto sinistro del mouse (da destra a sinistra per modalità intercetta o da sinistra a destra per modalità contenuto) e il tasto "Ctrl" della tastiera.

8.5 Tasto destro del mouse dopo selezione elemento

Una volta selezionato un qualsiasi oggetto e sufficiente cliccare con il tasto destro del mouse in qualunque punto dell'area di input grafico per visualizzare un menu contestuale che dipende dall'oggetto selezionato e da la possibilità di accedere in maniera rapida alle funzionalità più comuni relative all'oggetto stesso.

Di seguito è possibile ad esempio vedere il menù contestuale relativo ad un pilastro.



Come si evince dalla precedente figura, se ad esempio si seleziona un pilastro e si clicca con il tasto destro del mouse le funzionalità che si possono fare sono:

- **Elimina armatura**

Questo comando permette di eliminare l'armatura precedentemente calcolata dall'elemento strutturale selezionato;

- **Elimina oggetto**

Questo comando permette di eliminare l'oggetto selezionato;

- **Inverti verso**

Questo comando permette di invertire il nodo iniziale con il nodo finale;

- **Modifica armatura**

Questo comando permette di modificare a proprio piacimento l'armatura dell'elemento strutturale selezionato;

- **Raggruppa**

Questo comando permette, una volta selezionati due o più elementi della stessa tipologia (ad esempio due pilastri), di raggrupparli in un unico elemento;

- **Reset posizione**

Questo comando permette, una volta selezionato un elemento che era stato spostato dalla posizione iniziale tramite la funzionalità "Grip", di riportarlo nella posizione originaria;

- **Spezza asta**

Questo comando permette, una volta selezionata un'asta, di spezzarla in due parti uguali;

- **Aggiungi a nuovo blocco**

Questo comando permette, una volta selezionati due o più oggetti anche di diverse tipologie, di creare un nuovo blocco strutturale.

9 Requisiti di sistema

Per il corretto funzionamento del software vanno rispettati i seguenti requisiti minimi di sistema:

- Sistema Operativo : Windows 7 (Service Pack 1) o superiore.

10 Copyright

Tutto il materiale contenuto nella confezione (CD contenente i file dei software, chiave di protezione, altri supporti di consultazione) è protetto dalle leggi e dai trattati sul copyright, nonché dalle leggi e trattati sulle proprietà intellettuali.

E' vietata la cessione o la sub-licenziazione del software a terzi.
E' altresì vietata la riproduzione del presente manuale in qualsiasi forma e con qualsiasi mezzo senza la preventiva autorizzazione scritta del produttore.
Informazioni e permessi sui prodotti o parti di essi possono essere richiesti a:

Stacec s.r.l.
Corso Umberto I, 358
89034 – Bovalino (RC)

Tel. 0964/67211 - Fax. 0964/61708

www.stacec.it
stacec@stacec.com

Revisione documento: 15.2024 - mercoledì 24 luglio 2024