

Versione
febbraio 2014

Programma

RFEM 5

**Strutture spaziali calcolate secondo
il metodo agli elementi finiti**

Descrizione del programma

Tutti i diritti, compresi quelli per le traduzioni, sono riservati.

Nessuna parte di questo libro può essere riprodotta - meccanicamente, elettronicamente o in altro senso, inclusa la fotocopiatura - senza autorizzazione scritta di DLUBAL SOFTWARE GMBH.

© **Dlubal Software GmbH**
Am Zellweg 2 D-93464 Tiefenbach

Tel.: +49 9673 9203-0
Fax: +49 9673 9203-51
E-mail: info@dlubal.com
Web: www.dlubal.it

Contenuti

Contenuti		Pagina	Contenuti		Pagina
1.	Introduzione	8	4.8	Vincoli esterni delle linee	105
1.1	Novità in RFEM 5	8	4.9	Vincoli esterni delle superfici	110
1.2	Capacità del programma	9	4.10	Vincoli interni delle linee	115
1.3	Profilo aziendale	9	4.11	Spessori variabili	117
1.4	Il team di RFEM	10	4.12	Superfici ortotrope	119
1.5	Guida al manuale	11	4.13	Sezioni trasversali	124
2.	Installazione	12	4.14	Vincoli interni delle aste	135
2.1	Requisiti di sistema	12	4.15	Eccentricità delle aste	142
2.2	Guida alla installazione	12	4.16	Divisioni di aste	144
2.2.1	Installazione da DVD	13	4.17	Aste	145
2.2.2	Installazione di rete	14	4.18	Nervature	158
2.2.3	Installazione di aggiornamenti e di altri moduli	14	4.19	Vincoli esterni elastici dell'asta	161
2.2.4	Installazione in parallelo di versioni di RFEM	14	4.20	Non-linearità dell'asta	164
3.	Interfaccia utente grafica	15	4.21	Set di aste	167
3.1	Informazioni generali	15	4.22	Intersezioni	169
3.2	Terminologia	16	4.23	Infittimenti della mesh agli EF	173
3.3	Termini speciali in RFEM	19	5.	Casi e combinazioni di carico	178
3.4	Interfaccia utente di RFEM	20	5.1	Casi di carico	178
3.4.1	Barra dei menu	20	5.2	Azioni	183
3.4.2	Barre degli strumenti	20	5.3	Espressioni di combinazione	185
3.4.3	Navigatore progetti	23	5.4	Combinazioni di azioni	195
3.4.4	Tabelle	26	5.5	Combinazioni di carico	199
3.4.5	Barra di stato	28	5.5.1	Combinazioni definite dall'utente	200
3.4.6	Pannello di controllo	30	5.5.2	Combinazioni generate	206
3.4.7	Pulsanti predefiniti	35	5.6	Combinazioni di risultati	208
3.4.8	Tasti di funzione	36	5.6.1	Combinazioni definite dall'utente	208
3.4.9	Funzioni del mouse	37	5.6.2	Combinazioni generate	214
3.4.10	Gestore configurazioni	38	5.7	Schema di combinazione	216
4.	Dati del modello	40	6.	Carichi	217
4.1	Nodi	45	6.1	Carichi dei nodi	221
4.2	Linee	51	6.2	Carichi delle aste	223
4.3	Materiali	63	6.3	Carichi delle linee	230
4.4	Superfici	78	6.4	Carichi delle superfici	234
4.5	Solidi	89	6.5	Carichi dei solidi	239
4.6	Aperture	96	6.6	Carichi liberi concentrati	241
4.7	Vincoli esterni dei nodi	97	6.7	Carichi liberi lineari	243
			6.8	Carichi liberi rettangolari	245

Contenuti

Contenuti		Pagina	Contenuti		Pagina
6.9	Carichi liberi circolari	247	8.10	Set di aste - Forze interne	313
6.10	Carichi liberi poligonali	249	8.11	Sezioni trasversali - Forze interne	314
6.11	Cedimenti vincolari anelastici	251	8.12	Superfici - Spostamenti generalizzati locali	315
6.12	Spostamenti imposti delle linee	252	8.13	Superfici - Spostamenti generalizzati globali	318
6.13	Imperfezioni	254	8.14	Superfici - Forze interne di base	319
6.14	Carichi generati	258	8.15	Superfici - Forze interne principali	323
7.	Calcolo	259	8.16	Superfici - Forze interne di progetto	326
7.1	Verificare i dati di immissione	259	8.17	Superfici - Tensioni di base	330
7.1.1	Verifica di plausibilità	259	8.18	Superfici - Tensioni principali	333
7.1.2	Controllo del modello	260	8.19	Superfici - Altre tensioni	335
7.1.3	Rigenera modello	263	8.20	Superfici - Tensioni di contatto	336
7.1.4	Elimina i carichi non utilizzati	264	8.21	Superfici - Tensioni equivalenti - von Mises	339
7.2	Mesh EF	265	8.22	Superfici - Tensioni equivalenti - Tresca	341
7.2.1	Nozioni di base sugli elementi finiti in RFEM	265	8.23	Superfici - Tensioni equivalenti - Rankine	342
7.2.2	Impostazioni della mesh EF	267	8.24	Superfici - Tensioni equivalenti - Bach	343
7.2.3	Infittimenti della mesh EF	270	8.25	Superfici - Deformazioni base	344
7.2.4	Generazione della mesh EF	270	8.26	Superfici - Deformazioni principali	346
7.3	Parametri di calcolo	271	8.27	Superfici - Deformazioni massime	348
7.3.1	Casi e combinazioni di carico	272	8.28	Superfici - Deformazioni - Von Mises	349
7.3.1.1	Scheda del dialogo <i>Parametri di calcolo</i>	272	8.29	Superfici - Deformazioni - Tresca	350
7.3.1.2	Scheda di dialogo <i>Modifica rigidezza</i>	276	8.30	Superfici - Deformazioni - Rankine	351
7.3.1.3	Scheda di dialogo <i>Opzioni extra</i>	277	8.31	Superfici - Deformazioni - Bach	352
7.3.2	Combinazioni di risultati	280	8.32	Solidi - Spostamenti generalizzati	353
7.3.3	Parametri di calcolo generali	281	8.33	Solidi - Tensioni	354
7.4	Avvio del calcolo	287	8.34	Solidi - Deformazioni	357
8.	Risultati	291	8.35	Solidi - Pressione del gas	358
8.0	Equilibrio dei risultati	291	9.	Valutazione dei risultati	360
8.1	Nodi - Reazioni vincolari	293	9.1	Risultati disponibili	360
8.2	Nodi - Spostamenti generalizzati	297	9.2	Selezione dei risultati	361
8.3	Linee - Reazioni vincolari	298	9.3	Visualizzazione dei risultati	362
8.4	Aste - Spostamenti generalizzati	303	9.3.1	Risultati dell'asta	363
8.5	Aste - Spostamenti generalizzati globali	305	9.3.2	Risultati delle superfici e dei solidi	364
8.6	Aste - Forze interne	306	9.4	Visualizzazione dei valori	366
8.7	Aste - Forze di contatto	309	9.4.1	Valori dei risultati	366
8.8	Aste - Coefficienti delle aste per instabilità	310	9.4.2	Impostazioni	368
8.9	Snellezze delle aste	312			

Contenuti

Contenuti			Contenuti		
	Contenuti	Pagina		Contenuti	Pagina
9.4.3	Valori dei risultati definiti dall'utente	370	10.1.12	Impostazioni della lingua	422
9.4.4	Informazioni dell'oggetto	372	10.2	Stampa diretta dei grafici	425
9.5	Diagrammi dei risultati	373	10.2.1	Generale	426
9.6	Sezioni	375	10.2.2	Opzioni	429
9.6.1	Sezione attraverso la superficie	376	10.2.3	Spettro dei colori	431
9.6.2	Sezione attraverso il solido	379	10.2.4	Stampa di massa	432
9.7	Discretizzazione dei risultati	380	10.2.5	Note per la stampa su plotter	434
9.7.1	Finestra di Lavoro	380	11.	Strumenti	437
9.7.2	Diagrammi dei risultati	383	11.1	Funzioni generali	437
9.7.3	Regione media	384	11.1.1	Impostazioni della lingua	437
9.8	Vista con finestre multiple	386	11.1.2	Proprietà di visualizzazione	438
9.9	Filtro dei risultati	387	11.1.3	Unità e cifre decimali	442
9.9.1	Viste	387	11.1.4	Commenti	443
9.9.1.1	Navigatore Viste	387	11.1.5	Funzioni di misura	446
9.9.1.2	Menu e pulsanti delle Visibilità	391	11.1.6	Funzioni di ricerca	447
9.9.2	Piano di sezione	393	11.1.7	Punto di vista e angolo di vista	448
9.9.3	Funzioni di filtro	395	11.1.8	Determinazione del baricentro	449
9.10	Animazione degli spostamenti generalizzati	396	11.1.9	Rendering	450
10.	Relazione	398	11.1.10	Illuminazione	452
10.1	Relazione di calcolo	398	11.2	Selezione	453
10.1.1	Creazione o apertura della relazione di calcolo	398	11.2.1	Selezione di oggetti graficamente	453
10.1.2	Lavorare con la relazione di calcolo	400	11.2.2	Selezione di oggetti in base a criteri	456
10.1.3	Definizione dei contenuti della relazione di calcolo	402	11.3	Area di Lavoro	457
10.1.3.1	Selezione dei dati del modello	403	11.3.1	Piani di lavoro	457
10.1.3.2	Selezione dei dati del carico	404	11.3.2	Griglia	460
10.1.3.3	Selezione dei dati dei risultati	405	11.3.3	Snap ad oggetto	461
10.1.3.4	Selezione dei dati dei moduli aggiuntivi	406	11.3.4	Sistemi di coordinate	466
10.1.4	Modifica dell'intestazione della relazione di calcolo	407	11.3.5	Quote	469
10.1.5	Inserire grafici di RFEM	411	11.3.6	Commenti	472
10.1.6	Inserire immagini e testi	413	11.3.7	Linee guida	473
10.1.7	Schema di relazione di calcolo	415	11.3.8	Rete di linee	478
10.1.8	Modifica del layout	417	11.3.9	Oggetti visivi	480
10.1.9	Creazione della copertina	417	11.3.10	Layer guida	481
10.1.10	Stampa della relazione di calcolo	420	11.3.11	Margini e coefficienti di scala	484
10.1.11	Esportazione della relazione di calcolo	420	11.4	Funzioni di modifica	485
			11.4.1	Spostare e copiare	486
			11.4.2	Ruota	489

Contenuti

Contenuti		Pagina	Contenuti		Pagina
11.4.3	Specchia	490	11.7.2	Generatori di modelli	537
11.4.4	Proietta	491	11.7.2.1	Aste	538
11.4.5	Scala	492	11.7.2.2	Superfici	554
11.4.6	Stira	494	11.8	Generatori di carico	556
11.4.7	Dividere le linee e le aste	496	11.8.1	Caratteristiche generali	556
11.4.8	Collegare linee e aste	498	11.8.2	Carichi delle aste/lineari dai carichi di area	560
11.4.9	Fondere linee e aste	500	11.8.2.1	Carichi delle aste dal carico dell'area tramite piano	560
11.4.10	Estendi linee e aste	500	11.8.2.2	Carichi delle aste dal carico dell'area tramite celle	564
11.4.11	Unisci aste	501	11.8.2.3	Carichi delle linee dai carichi della superficie sulle aperture	565
11.4.12	Inserire un nodo	502	11.8.3	Altri carichi	566
11.4.13	Inserire un'asta	502	11.8.3.1	Carichi delle aste da carichi liberi lineari	566
11.4.14	Assegnazione grafica delle proprietà delle aste	504	11.8.3.2	Carichi delle aste dal rivestimento	567
11.4.15	Arrotondare gli angoli	505	11.8.3.3	Carichi da movimenti accelerati	567
11.4.16	Divisione di una superficie	506	11.8.4	Carichi da neve	568
11.4.17	Creare una tangente ai cerchi	506	11.8.4.1	Copertura piana/a una falda	568
11.4.18	Cambiare la numerazione	507	11.8.4.2	Copertura a due falde	570
11.5	Funzioni delle tabelle	509	11.8.5	Carichi da vento	571
	Funzioni di modifica	509	11.8.5.1	Pareti verticali	571
11.5.1		509	11.8.5.2	Copertura piana	573
11.5.2	Funzioni di selezione	511	11.8.5.3	Copertura a una falda	574
11.5.3	Funzioni di visualizzazione	514	11.8.5.4	Copertura a due falde o più falde	575
11.5.4	Impostazioni della tabella	516	11.8.5.5	Pareti verticali con copertura	577
11.5.5	Funzioni di filtro	517	12.	Gestione dei file	578
11.5.6	Tabelle di importazione e esportazione	519	12.1	Gestore progetti	578
11.6	Immissione parametrizzata	522	12.1.1	Gestione dei progetti	580
11.6.1	Concetto	522	12.1.2	Gestione dei modelli	584
11.6.2	Elenco di parametri	522	12.1.3	Backup dei dati	586
11.6.3	Formula Editor	525	12.1.4	Impostazioni	589
11.6.4	Formule nelle tabelle e nelle finestre di dialogo	528	12.1.4.1	Visualizza	589
11.7	Generatori di modelli	529	12.1.4.2	Cestino	590
11.7.1	Copie ed estrusioni	529	12.1.4.3	Directory	591
11.7.1.1	Offset parallelo di linee e aste	529	12.2	Creazione di un nuovo modello	592
11.7.1.2	Estrudi linee e aste	530	12.2.1	Generale	593
11.7.1.3	Estrudi superfici	531	12.2.2	Opzioni	598
11.7.1.4	Generare solidi	533	12.2.3	Storia	599
11.7.1.5	Dividi asta nella superficie	535			

Contenuti

Contenuti		Pagina	Contenuti		Pagina
12.3	Gestione della rete	600	12.5.2	Formati di file per lo scambio di dati	607
12.4	Gestore blocchi	601	12.5.3	Importazione di RX-LINK *.step, *.iges, *.sat	615
12.4.1	Creare un blocco	602	A	Bibliografia	616
12.4.2	Importazione di un blocco	603	B	Indice	618
12.4.3	Elimina Blocco	606			
12.5	Interfacce	606			
12.5.1	Scambio di dati diretto	606			

1. Introduzione

1.1 Novità in RFEM 5

RFEM, il programma di analisi agli elementi finiti, utilizzato per il calcolo di pareti, gusci, solidi e di strutture intelaiate, è uno strumento potente in grado di affrontare le diverse sfide della moderna ingegneria civile. RFEM è il programma fondamentale del software di analisi della Dlubal, e comprende altri moduli complementari di progettazione: RFEM determina le forze interne, gli spostamenti generalizzati e le reazioni vincolari di piastre generiche e strutture a guscio con o senza elementi solidi e aste.

La versione 5 del programma RFEM offre parecchie funzionalità e opzioni utili; la facilità di uso e la gestione del programma durante l'esecuzione di analisi di progetti strutturali è accentuata e semplificata. Ancora una volta, si devono ringraziare i nostri clienti per il valore delle loro idee e delle loro osservazioni.

Le innovazioni più importanti di RFEM 5 sono elencate qui di seguito:

- Interfaccia grafica utente in francese, italiano, polacco, portoghese, russo, spagnolo
- Impostazione diretta di vari tipi di aperture
- Eccentricità delle aste dalle dimensioni della sezione trasversale
- Diagrammi di lavoro e criteri estesi per i vincoli esterni dei nodi e per i vincoli interni non lineari
- Proprietà ortotrope per quadrangoli, superfici a membrana e solidi
- Opzioni di immissione per le sezioni trasversali di legno ibrido
- Filtro nella libreria delle sezioni trasversali tramite l'uso della funzione preferiti
- Modellazione di solidi grazie all'estrusione di superfici relative ad un piano o ad un punto, con la possibilità di rastremazione dei lati
- Intersezioni di solidi con gli operatori Booleani
- Inserimento di un'asta in un'asta esistente
- Importazione di file da Bentley ISM, Ansys Apdl e Scia Engineer
- Importazione di oggetti 3D
- Assegnazione grafica delle proprietà di aste
- Colorazione dei simboli nelle tabelle per le sezioni trasversali, le superfici, i solidi, i tipi di superfici e aste
- Selezione tramite ellisse, corona circolare o linea di intersezione
- Piani di lavoro definiti con tre punti e linea, gli assi delle aste e delle superfici
- Gestione di colori per i tipi di superficie, rigidità, aste e solidi
- Immissione dell'inclinazione e della controfreccia con valori assoluti
- Specificazione delle dimensioni della superficie e del peso nella tabella di immissione
- Creazione automatica di combinazioni di carico e di risultati secondo le specificazioni della normativa
- Infittimento graduale della mesh agli EF nelle aree al contorno delle superfici
- Analisi in grandi spostamenti secondo NEWTON-RAPHSON, PICARD o come rilassamento dinamico
- Output di distribuzione del carico, di deformazioni, di coefficienti e di snellezze di aste
- Intervalli discretizzati per la valutazione di singolarità
- Impostazioni definite dall'utente per l'illuminazione
- Valutazione dei risultati tramite il piano di sezione
- Navigatore *Viste* per le visibilità e gli angoli di vista definiti dall'utente

- Gestione della configurazione delle proprietà di visualizzazione, delle barre degli strumenti, delle intestazioni e delle relazioni di stampa ecc.
- Stampa unita di grafici
- Esportazione della relazione di calcolo in formato PDF

Si augura un lavoro piacevole con RFEM 5.

Il team di DLUBAL SOFTWARE GMBH

1.2 Capacità del programma

I seguenti valori sono i limiti massimi per i dati di una struttura di RFEM. Si noti che per strutture complesse sarà necessario un hardware potente.

Dati del modello

99.999 oggetti per ciascuna categoria (nodi, linee, superfici, sezioni trasversali, ecc.)

Dati di carico

99.999 oggetti per ciascun tipo di carico per caso di carico

Casi e combinazioni di carico

Casi di carico (calcolo lineare)	9.999
Combinazioni di carico (calcolo non lineare)	9.999
Combinazioni di risultati	9.999

Tabella 1.1: Limitazioni del programma RFEM

1.3 Profilo aziendale

Fin dal 1987, DLUBAL SOFTWARE si è occupata dello sviluppo di programmi di analisi strutturale e dinamica potenti e facili da usare. Nel 1990, la società si è trasferita nella sua sede attuale a Tiefenbach, nella Baviera Orientale.

Utilizzando i nostri programmi, è possibile percepire l'entusiasmo che ha coinvolto tutti nello sviluppo del software e si noterà la filosofia basilare di tutte le nostre applicazioni, che si può esprimere in una sola parola: semplicità di utilizzo. Questi due punti assieme alla esperienza nell'ingegneria formano la base per il successo sempre crescente dei nostri prodotti.

Il software è stato progettato in modo tale che anche utenti con competenze informatiche di base siano in grado di gestire il software con successo dopo poco tempo. Con orgoglio considerevole, adesso sono più di 7.000 i clienti soddisfatti in tutto il mondo. Tra questi vi sono studi di ingegneria, imprese edili e luoghi di istruzione in diversi settori universitari. Per rimanere fedeli ai nostri obiettivi, adesso sono più di 150 le persone, tra impiegati interni ed esterni, che lavorano continuamente per lo sviluppo e il miglioramento delle applicazioni DLUBAL. Per le domande e la risoluzione di problemi generici, i nostri clienti possono sempre contare su un qualificato servizio di assistenza clienti via fax e email.

Il perfetto equilibrio tra il prezzo e le prestazioni, assieme all'eccellente servizio di assistenza fornito da esperti ingegneri civili, trasforma il software DLUBAL in uno strumento essenziale per chiunque sia coinvolto nel campo della ingegneria strutturale, dinamica e nella progettazione.

1.4 Il team di RFEM

Le seguenti persone sono state coinvolte nello sviluppo di RFEM 5:

Coordinazione del programma

Dipl. Ing. Georg Dlubal
Ing. Pavel Bartoš
Ing. Pavol Červeňák

Dipl. Ing. (FH) Younes El Frem
M.Eng. Dipl. Ing. (FH) Walter Rustler

Programmazione

RNDr. Miroslav Šejna, CSc
Ing. Radek Brettschneider
Jan Brnušák
Ing. Martin Budáč
Ing. Michal Búzik
Dipl. Ing. Georg Dlubal
Jan Fenár
Ing. Jiří Fink
Ing. Jan Gregor
Ing. Jiří Kubíček
Dr. Ing. Jaroslav Lain
Ing. Jan Miléř
Ing. Daniel Molnár
Ing. Petr Novák
Ing. Jan Otradovec
Mgr. Petr Oulehle

Mgr. Jiří Patrák
Mgr. Andor Patho
Mgr. Petr Pitka
Bc. Ondřej Planý
Ing. Jan Rybín, Ph.D.
Ing. Fatjon Sakiqi
Ing. Pavel Spilka
Ing. Roman Svoboda
RNDr. Stanislav Škovran
Dis. Jiří Šmerák
Ing. Jan Štalmach
Lukáš Tůma
RNDr. Miroslav Valeček
Ing. Vítězslav Zajíc
Michal Zelenka

Programmazione - core analisi

Doc. Ing. CSc. Ivan Němec
Ing. Jiří Buček
Ing. Jiří Doležal
Ing. Petr Horák
Ing. Jaromír Kabeláč

Ing. Ph.D. Radoslav Rusina
Ing. CSc. Ivan Ševčík
Ing. CSc. Zbyněk Vlček
Ing. Lukáš Weis
RNDr. Milan Zeiner

Progettazione del programma, immagini e icone

Dipl. Ing. Georg Dlubal
MgA. Robert Kolouch

Zdeněk Ballák
Ing. Jan Miléř

Blocchi

Ing. Tommy Brtek
Ing. Dmitry Bystrov

Ing. Evžen Haluzík

Supervisione del programma

Ing. Alexandra Bayrak
Marian Bocek
Ing. Tommy Brtek
Ing. Ondřej Šašinka
Ing. Tomáš Ferencz
Ing. Vladimír Gajdoš
Ing. Jakub Harazín
Ing. Martin Hlavačka
Ing. Iva Horčíčková
Karel Kolář
Ing. František Knobloch

Ing. Ctirad Martinec
Pavla Novotná
Ing. Vladimír Pátý
Ing. Evgeni Pirianov
Ing. Václav Rek
Ing. Jan Rybín, Ph.D.
Mgr. Ph.D. Vítězslav Stembera
Ing. Ondřej Šupčík
Ing. Martin Vasek
Marek Ženuch

Localizzazione e manuale

Msc. Eliška Bartůňková
 Ing. Fabio Borriello
 Ing. Dmitry Bystrov
 Eng.º Rafael Duarte
 Ing. Jana Duníková
 Ing. Lara Freyer
 Bc. Chelsea Jennings
 Jan Jeřábek
 Ing. Ladislav Kábrt
 Ing. Aleksandra Kociolek
 Mgr. Michaela Kryšková
 Dipl. Ing. Tingting Ling

Dipl. Ing. Roberto Lombino
 Eng.º Nilton Lopes
 Mgr. Ing. Hana Macková
 Ing. Téc. Ind. José Martínez
 Ing. Petr Michal
 MA SKT Anton Mitleider
 Dipl.-Ü. Gundel Pietzcker
 Mgr. Petra Pokorná
 Ing. Zoja Rendlová
 Ing. Marcela Svitáková
 Dipl. Ing. (FH) Robert Vogl
 Ing. Marcin Wardyn

Assistenza tecnica e gestione qualità

M.Eng. Cosme Asseya
 Dipl. Ing. (BA) Markus Baumgärtel
 Dipl. Ing. Moritz Bertram
 Dipl. Ing. (FH) Steffen Clauß
 Dipl. Ing. (FH) Matthias Entenmann
 Dipl. Ing. Frank Faulstich
 Dipl. Ing. (FH) René Flori
 Dipl. Ing. (FH) Stefan Frenzel
 Dipl. Ing. (FH) Walter Rustler
 Dipl. Ing. Wieland Götzler
 Dipl. Ing. (FH) Andreas Hörold
 Dipl. Ing. (FH) Paul Kieloch

Dipl. Ing. (FH) Bastian Kuhn
 Dipl. Ing. (FH) Ulrich Lex
 M.Sc. Dipl. Ing. (FH) Frank Lobisch
 Dipl. Ing. (BA) Sandy Matula
 Dipl. Ing. (FH) Alexander Meierhofer
 M.Eng. Dipl. Ing. (BA) Andreas Niemeier
 M.Eng. Dipl. Ing. (FH) Walter Rustler
 M.Sc. Dipl. Ing. (FH) Frank Sonntag
 Dipl. Ing. (FH) Christian Stautner
 Dipl. Ing. (FH) Lukas Sühnel
 Dipl. Ing. (FH) Robert Vogl

1.5 Guida al manuale

Molte strade conducono a Roma, questa è la linea di condotta da adottare anche con RFEM: l'area di lavoro, le tabelle e i navigatori sono in condizioni di parità. Le descrizioni in questo manuale seguono la sequenza e la struttura delle tabelle contenenti i dati strutturali, di carico e dei risultati. Le singole tabelle sono descritte in dettaglio, colonna per colonna. Invece di presentare le funzioni generiche di Windows, il manuale spesso si concentra su consigli e suggerimenti pratici.



Se questa è la prima esperienza lavorativa con il programma, allora si consiglia di fare delle esercitazioni con l'esempio introduttivo poiché lì sono descritte, passo dopo passo, le procedure per l'inserimento dei dati. La documentazione in formato PDF si può scaricare dal nostro sito web www.dlubal.it/downloading-manuals.aspx. In questo modo, si familiarizzerà rapidamente con le funzionalità più importanti di RFEM. Gli utenti avanzati del programma possono provare il nostro tutorial dettagliato, anch'esso scaricabile dal nostro sito web. Entrambi gli esempi si possono eseguire entro le restrizioni delle versioni demo.



I **pulsanti** descritti verranno indicati utilizzando le parentesi quadre, per esempio [Applica], e mostrati sulla sinistra. Inoltre, per chiarire le spiegazioni, si userà il *corsivo* per le **espressioni** utilizzate nelle finestre di dialogo, nelle tabelle e nei menu.

L'indice alla fine del manuale può essere utilizzato per la ricerca di soggetti e termini specifici. Se l'esito della ricerca non avesse successo è possibile consultare la sezione *FAQ* del nostro sito web www.dlubal.it.

2. Installazione

2.1 Requisiti di sistema

Per poter utilizzare RFEM senza difficoltà, sono consigliati i seguenti requisiti di sistema:

- Sistema operativo Windows XP/Vista/7/8
- CPU x86 con 2 GHz
- 2 GB di RAM
- Lettore DVD-ROM per l'installazione (in alternativa una installazione di rete è possibile)
- Hard disk con una capacità di 10 GB, di cui circa 2 GB per l'installazione
- Scheda grafica con accelerazione OpenGL e risoluzione di 1024 x 768 pixel. Non si consigliano soluzioni tecnologiche integrate e di condivisione della memoria.



RFEM non è supportato in Windows 95 /98/ME/NT/2000, Linux, Mac OS o sistemi operativi server.

Non vi sono raccomandazioni sui prodotti, ad eccezione del sistema operativo, poiché RFEM si avvia in tutti i sistemi che soddisfano i requisiti di sistema menzionati sopra. Se si usa RFEM per calcoli intensi, allora si applica il principio guida "più ne metti, meglio è".

Lavorare con sistemi complessi comporta la produzione di un'enorme quantità di dati. Non appena la memoria principale non sarà più in grado di gestire i dati, allora interverrà il disco fisso. Può avvenire un calo significativo delle prestazioni del computer. Quindi un aumento di memoria potrà accelerare il calcolo più di un processore più veloce.



La capacità di RFEM di gestire processori multi-core consente di sfruttare tutte le potenzialità dei sistemi operativi a 64 bit. Infatti, i sistemi operativi a 32 bit gestiscono al massimo una memoria di 2 gigabyte. Pertanto, con la tecnologia a 64 bit si può utilizzare una maggiore quantità di memoria. Se si lavora con un computer dotato di una memoria RAM sufficiente con un sistema operativo a 64 bit, è possibile utilizzare il metodo diretto e veloce della risoluzione di equazioni anche per modelli più grandi.

Per il calcolo di sistemi strutturali più complessi, si consiglia di utilizzare la seguente configurazione:

- Processore quad-core (quattro nuclei)
- Windows 7 a 64 bit
- 8 GB di RAM

2.2 Guida alla installazione

La famiglia di programmi **RFEM** viene spedita su DVD. Oltre al programma principale RFEM, sul DVD sono presenti tutti gli altri moduli aggiuntivi che appartengono alla famiglia di programmi di RFEM, come ad esempio **RF-CONCRETE**, **RF-STEEL**, **RF-STABILITY** ecc.

Prima di procedere all'installazione di RFEM, si chiudano tutte le altre applicazioni avviate.



Accertarsi di avere eseguito l'accesso come amministratore di sistema o di essere in possesso dei diritti di amministratore per l'installazione di programmi. In futuro, per avviare RFEM e lavorare, saranno sufficienti i diritti di utente. È anche possibile consultare le istruzioni dettagliate, visibili nel [Video per i diritti dell'utente](#), disponibile sul nostro sito web.

2.2.1 Installazione da DVD

Sul retro della custodia del DVD si possono trovare le istruzioni per l'installazione.

- Inserire il DVD di RFEM nell'unità DVD.
- Il processo di installazione comincia automaticamente. Se non si avvia, è possibile che la funzione di *autorun* sia disabilitata. In questo caso, avviare il file *autostart.exe* dal DVD di RFEM sia in Gestione Risorse o immettendo il comando *D:\autostart.exe* nel campo di immissione del menu di avvio ("D" si riferisce alla lettera dell'unità DVD).
- Selezionare la lingua desiderata nella finestra di dialogo di avvio.



Figura 2.1: Selezione della lingua

- Nella finestra di dialogo successiva, definire la versione del programma (64-bit o 32-bit).
- Seguire le istruzioni della *Procedura guidata InstallShield*®.

Collegare il dongle a una porta USB del computer solo dopo aver completato l'installazione. Il driver del dongle sarà installato automaticamente.

Il DVD contiene anche le istruzioni per l'installazione e il manuale di RFEM in formato PDF. Per consultare il manuale, è necessario che sia installato il software Acrobat Reader presente su DVD.

RFEM come versione di prova o completa

Quando si avvierà il programma per la prima volta dopo che è avvenuta l'installazione, sarà necessario decidere se utilizzare la versione completa di RFEM o la versione di prova per un periodo di 30 giorni.

Per eseguire il programma in versione completa, è necessario un dongle (chiave hardware) e un file di autorizzazione (*Author.ini*). Il dongle è un dispositivo elettronico da collegare a una porta USB del computer. Il file di autorizzazione contiene una informazione codificata della licenza. Solitamente, inviamo il file *Author.ini* tramite email. Il file di autorizzazione corrente può essere inoltre scaricato accedendo a Extranet dal nostro sito <http://www.dlubal.it>. Dopo il download, salvare il file *Author.ini* sul computer, in un'unità flash USB o in rete.

Ciascun computer, dove si avvia il programma, deve avere il file di autorizzazione. Il file può essere copiato tutte le volte che si desidera. Tuttavia, se si modifica inavvertitamente il contenuto, non potrà più essere utilizzato per l'autorizzazione.

È anche possibile avviare RFEM nella versione completa con una licenza *softlock* senza dover utilizzare il dongle.

Selezionare l'installazione



2.2.2 Installazione di rete

Licenze locali

L'installazione può essere avviata da una qualsiasi unità del computer o server. Copiare il contenuto del DVD nella cartella pertinente. Quindi, avviare il file *autostart.exe* dal client. I passi successivi della procedura sono uguali a quelli usati per l'installazione da DVD.

Licenze di rete

Quando si è in possesso di licenze di rete, installare il programma sui computer come descritto precedentemente. Successivamente, le licenze saranno approvate dalla SRM del dongle di rete. Informazioni dettagliate sull'installazione del dongle di rete sono disponibili nel file [instructions](#) presente sul nostro sito web.

2.2.3 Installazione di aggiornamenti e di altri moduli

Il DVD contiene il programma completo con tutti i moduli aggiuntivi. In caso di acquisto di un nuovo modulo aggiuntivo, non necessariamente si riceverà un nuovo DVD, ma sempre un nuovo file di autorizzazione *Author.ini*. Per aggiornare l'autorizzazione senza la reinstallazione, selezionare *CaricaFile di autorizzazione* nel menu *Aiuto* in RFEM.

I vecchi file del programma saranno rimossi e sostituiti da quelli nuovi durante l'installazione dell'aggiornamento. Naturalmente, i dati dei progetti rimarranno inalterati!



Se si utilizzano intestazioni personalizzate per le relazioni di calcolo, si raccomanda di salvarle prima di installare l'aggiornamento. Le intestazioni sono normalmente memorizzate nel file **DlubaProtocolConfig.cfg** che si trova nella cartella principale dei dati *C:\ProgramData\Dluba\Stammdat*. Il file non verrà sovrascritto durante l'aggiornamento. Tuttavia, creare e salvare un file di backup può essere utile.

Si consiglia anche di salvare i modelli delle relazioni di calcolo prima di installare l'aggiornamento. Questi sono memorizzati nel file **RfemProtocolConfig.cfg** nella cartella *C:\ProgramData\Dluba\RFEM 5.01\General Data*.

I progetti legati al Gestore progetti sono gestiti nel file ASCII **PRO.DLP** che sono presenti nella cartella *C:\ProgramData\Dluba\ProMan* (si veda figura 12.21, a pagina 591). Se si desidera disinstallare RFEM prima dell'installazione dell'aggiornamento, è necessario salvare anche questo file.

2.2.4 Installazione in parallelo di versioni di RFEM

Le applicazioni Dluba RFEM 4 e RFEM 5 possono essere eseguite contemporaneamente su un computer poiché i file dei due programmi sono memorizzati in directory diverse. Le cartelle predefinite di questi programmi per un sistema operativo a 64 bit sono le seguenti:

- RFEM 4: *C:\Programs Files(x86)\Dluba\RFEM4*
- RFEM 5: *C:\Programs Files\Dluba\RFEM 5.01*

Tutti i modelli creati con le versioni precedenti di RFEM 4 possono essere aperti e modificati in RFEM 5.

I file dei modelli creati in RFEM 4 non saranno sovrascritti se i dati di questi modelli si salvano in RFEM 5, perché i programmi utilizzano differenti sigle finali di file: RFEM 4 salva i dati del modello con la terminazione finale ***.rf4**, RFEM 5 con ***.rf5**.

I file del modello di RFEM 5 sono compatibili con la versione precedente ma con delle restrizioni. Quando si apre il file di un modello di RFEM 5 in una versione precedente, verrà visualizzato un messaggio che avverte della possibilità di eventuali problemi di compatibilità con aste aventi sezioni trasversali asimmetriche.

3. Interfaccia utente grafica

3.1 Informazioni generali

Quando si apre uno degli esempi forniti con RFEM, lo schermo apparirà come nella figura qui sotto (figura 3.1). L'interfaccia grafica dell'utente corrisponde allo standard generico di Windows.

La seguente figura mostra le più importanti aree dell'interfaccia del programma.

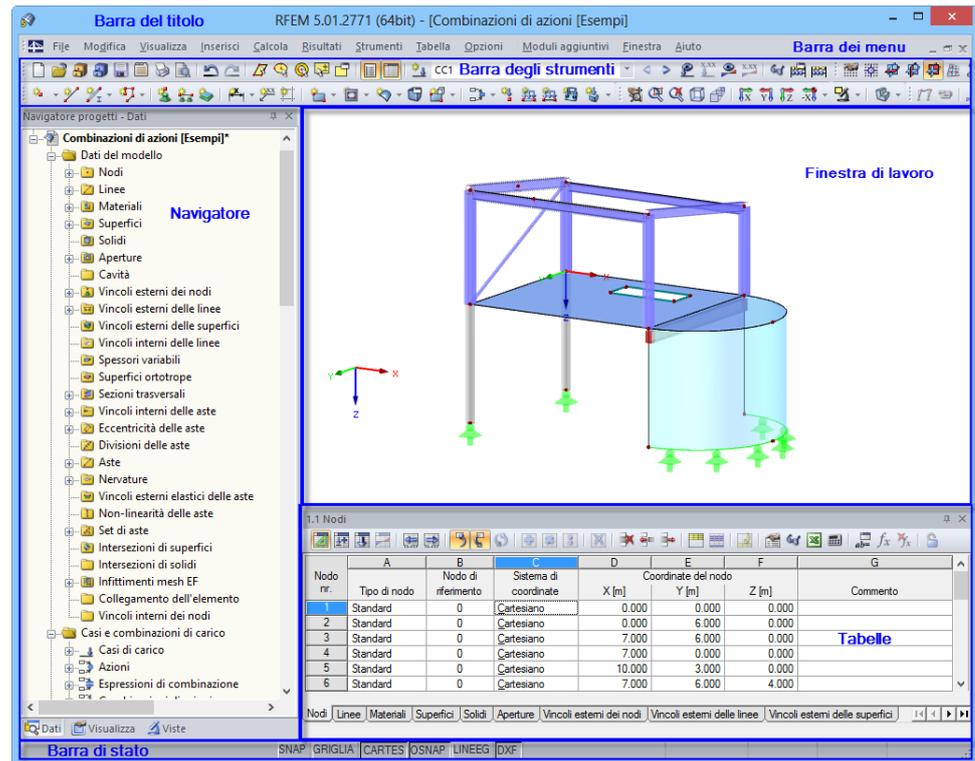


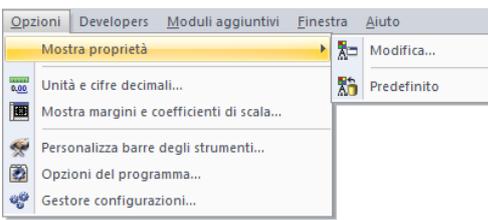
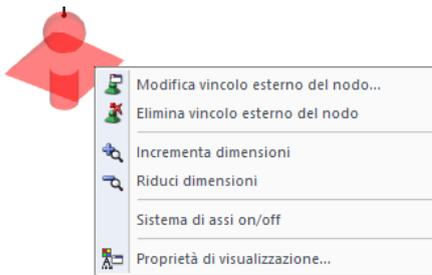
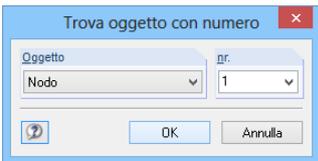
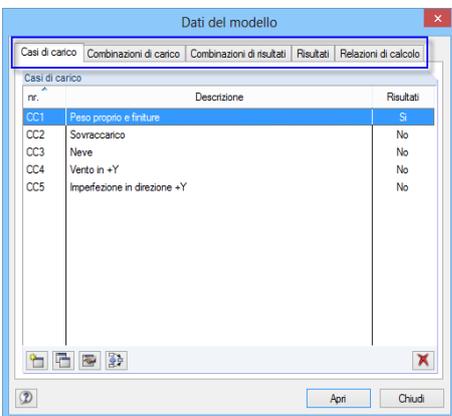
Figura 3.1: Interfaccia grafica utente di RFEM

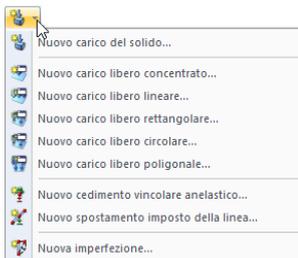
3.2 Terminologia

Questo capitolo descrive i termini più importanti usati nel manuale pertinenti l'interfaccia grafica utente di Windows.

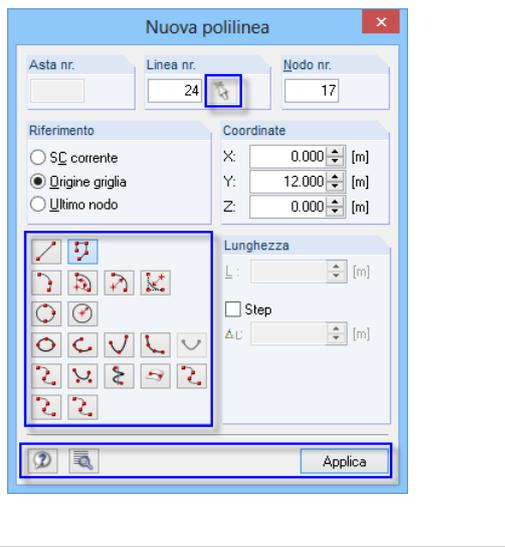
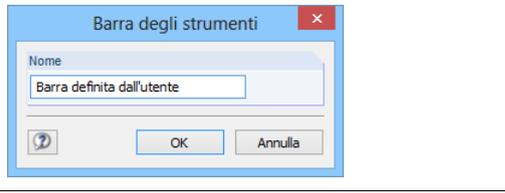
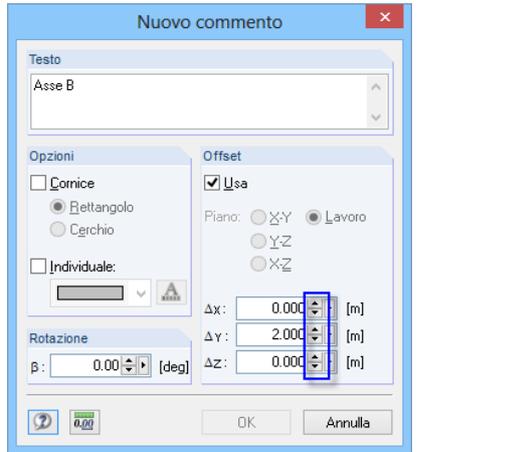
Diversi termini sono utilizzati per descrivere gli elementi dell'interfaccia utente. Questo manuale utilizza espressioni della lingua italiana che prendo spunto dal manuale di stile per le pubblicazioni tecniche della Microsoft. Qui di sotto vi è un riepilogo di alcuni termini se la loro differenziazione non è indispensabile per il funzionamento di RFEM.

La seguente tabella descrive termini che sono spesso utilizzati.

Termine	Figura	Sinonimo	Spiegazione
Menu		Menu a tendina	Comandi e funzioni sotto la barra del titolo
Menu contestuale		Menu a comparsa	Aprire il menu contestuale facendo clic su un oggetto con il pulsante destro del mouse. Contiene comandi e funzioni utili applicabili all'oggetto selezionato
Barra degli strumenti		Barra dei pulsanti	Raccolta di pulsanti sotto la barra dei menu
Finestra di dialogo			Finestra usata per l'immissione di dati nella finestra principale
Schede		Registro	Grandi finestre di dialogo che sono suddivise in diverse schede. Cliccare su una scheda per aprire la relativa scheda indice.



Elenco di pulsanti dell'elenco della barra degli strumenti

<p>Sezione</p>		<p>Gruppo, telaio</p>	<p>Elementi di una finestra di dialogo che appartengono logicamente insieme</p>
<p>Pulsante</p>		<p>Icona</p>	<p>Cliccare su un pulsante per avviare un'azione (ad esempio per aprire una finestra di dialogo o per modificare i dati). La barra degli strumenti contiene <i>l'elenco di pulsanti dell'elenco</i>: Cliccare [▼] per aprire un elenco di funzioni simili. Si visualizzerà il pulsante selezionato più di recente nella parte superiore.</p>
<p>Campo di immissione dati</p>		<p>Casella di testo, casella di immissione</p>	<p>Campo per l'immissione di testo o numeri</p>
<p>Casella di selezione</p>		<p>Pulsante di selezione</p>	<p>Due piccoli pulsanti accanto a un campo di immissione I valori numerici si possono modificare gradualmente.</p>

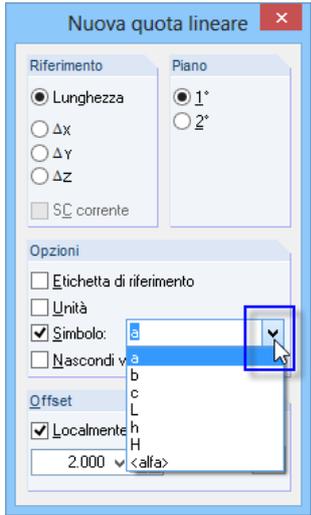
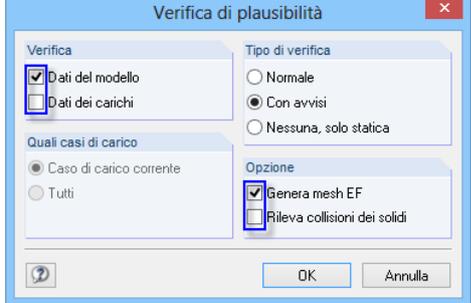
<p>Elenco</p>		<p>Casella di riepilogo, casella combinata</p>	<p>Opzioni per i campi di immissione A volte si possono aggiungere specificazioni definite dall'utente.</p>
<p>Casella di controllo</p>		<p>Casella di controllo</p>	<p>Selezionando o deselezionando la casella di controllo si attiva o disattiva l'opzione, la funzione desiderata</p>
<p>Campo di selezione</p>		<p>Pulsante di opzione</p>	<p>Solo una delle opzioni può essere selezionata.</p>

Tabella 3.1: Termini dell'interfaccia utente

3.3 Termini speciali in RFEM

Questo capitolo spiega alcuni importanti termini specifici di RFEM.

Termine	Spiegazione
Nodi	Nel modello 3D, un nodo è definito dalle sue coordinate (X, Y e Z). I nodi sono utilizzati per modellare la geometria di una struttura.
Linea	I nodi sono collegati da linee. Le linee possono essere diritte, curve (inflexse) o definite dall'utente, ad esempio archi e spline.
Asta	Un'asta rappresenta le proprietà di una linea. La sua rigidità è definita dalle proprietà del materiale e dalla sua sezione trasversale. L'asta è un elemento 1D.
Set di aste	Le aste possono essere combinate in un insieme di aste. Le aste continue uniscono le aste continuamente come in una trave continua. Un gruppo di aste , costituito da aste collegate, può unire più di due aste in un singolo nodo.
Superficie	Una superficie è limitata da linee al contorno. Si assegnerà una rigidità alla superficie, considerando le proprietà del materiale e dello spessore. Le superfici sono elementi 2D.
Solido	Un solido è circondato da superfici di contorno (di solito del tipo <i>Nulla</i>). La sua rigidità è definita dalle proprietà del materiale. I solidi sono elementi 3D.
Vincoli esterni dei nodi	Vincolano i gradi di libertà di un nodo.
Vincoli esterni delle linee	Vincolano i gradi di libertà di tutti i nodi di una linea.
Carico del nodo	Forza o momento applicati ad un nodo.
Carico della linea	Una linea è caricata con un carico concentrato, uniforme o con un carico linearmente variabile. Il carico agisce come una forza o un momento.
Carico dell'asta	Un'asta è caricata da un carico lineare o concentrato. Il diagramma di carico può essere sia uniforme che trapezoidale. In aggiunta alle forze e ai momenti, sono possibili delle interazioni dovute alla temperatura e alla precompressione.
Carico della superficie	Una superficie è caricata con un carico uniforme o linearmente variabile. Oltre alle forze, possono agire sulla superficie i carichi dovuti alla temperatura ed ai cedimenti vincolari anelastici.
Carico del solido	Un solido è caricato dagli effetti della temperatura o da cedimenti vincolari anelastici.

Caso di carico CC	<p>Tutti i carichi di un'azione sono memorizzati in un caso di carico, ad esempio il peso proprio o il carico di traffico.</p> <p>I carichi dovrebbero essere definiti come carichi caratteristici (senza coefficienti). I coefficienti parziali di sicurezza possono essere considerati nelle combinazioni di carico o di risultati.</p> <p>Solitamente, un caso di carico viene calcolato secondo una analisi statica lineare, ma è sempre possibile eseguire un'analisi del secondo ordine o a grandi spostamenti.</p>
Combinazione di carico CO	<p>Una combinazione di carico si utilizza per combinare casi di carico: questo significa che tutti i carichi dei casi di carico in questione saranno integrati.</p> <p>Solitamente, una combinazione di carico viene calcolata secondo una analisi del secondo ordine o a grandi spostamenti, ma è sempre possibile eseguire il calcolo secondo una analisi statica lineare.</p>
Combinazione di risultati CR	<p>Una combinazione di risultati integra i risultati dei casi di carico che contiene.</p> <p>Si possono anche determinare le forze interne estreme e gli spostamenti generalizzati da diversi casi di carico, combinazioni di carico o di risultati utilizzando una combinazione O.</p> <p>Comunque, il principio additivo della sovrapposizione non si può applicare ai risultati calcolati secondo l'analisi del secondo ordine.</p>

Tabella 3.2: RFEM-termini specifici

3.4 Interfaccia utente di RFEM

Questo capitolo descrive i singoli elementi operativi di RFEM (si veda figura 3.1, a pagina 15). Il programma segue gli standard generali delle applicazioni Windows.

3.4.1 Barra dei menu

Sotto la barra del titolo è visibile la barra dei menu dalla quale è possibile accedere a tutte le funzioni di RFEM. Le funzioni sono organizzate in blocchi logici.

Si apra un menu facendo clic con il pulsante sinistro del mouse. È anche possibile utilizzare la tastiera tenendo premuto il tasto [Alt] in combinazione con la lettera sottolineata del menu. Quindi, si aprirà il menu e sarà possibile vedere le voci del menu. Selezionare le voci cliccando con il mouse o premendo la lettera sottolineata. È inoltre possibile selezionare un elemento utilizzando i tasti cursore [↑] e [↓] e finalmente premendo il tasto [↵].

Quando uno dei menu è aperto, sarà possibile passare da un menu all'altro o tra le sottovoci pertinenti, utilizzando i tasti [→] e [←].

Per alcune voci del menu saranno visibili dei tasti di scelta rapida supplementari. Queste combinazioni di tasti seguono gli standard Windows. Utilizzare questi tasti di scelta rapida per avviare le funzioni direttamente tramite la tastiera (ad esempio [Ctrl] + [S] salva i dati).

3.4.2 Barre degli strumenti

Sotto la barra dei menu è visibile la barra degli strumenti con diversi pulsanti. Utilizzare questi pulsanti per accedere alle funzioni più importanti direttamente con un clic del mouse. Apparirà una breve informazione della funzione del pulsante, quando si punterà un pulsante utilizzando il puntatore del mouse (Informazioni rapide, descrizione comando).



Elenco di pulsanti dell'elenco della barra degli strumenti

Alcuni pulsanti forniscono delle voci secondarie come un menu: questo *elenco di pulsanti* contiene le funzioni relative gli argomenti. Cliccare su [▼] accanto al simbolo del pulsante per accedere alle funzioni. Il pulsante selezionato più di recente sarà visualizzato all'inizio dell'elenco.

Per modificare la posizione di una barra degli strumenti, trascinare la barra nella zona anteriore con il pulsante sinistro del mouse. Dopodiché spostarla nella posizione desiderata.



Figura 3.2: Posizione ancorata della barra degli strumenti *Vista*

Quando si trascina la barra degli strumenti per l'area di lavoro, questa diventerà una barra degli strumenti "mobile".



Figura 3.3: Posizione mobile della barra degli strumenti *Vista*

Per ancorare nuovamente la barra degli strumenti mobile, spostarla verso la cornice della finestra con il pulsante del mouse. È possibile eseguire anche un doppio clic sul suo titolo.

Nel menu **Visualizza**, si clicchi su **Personalizza barre degli strumenti** e si aprirà una finestra di dialogo dove sarà possibile cambiare il contenuto e l'aspetto delle barre degli strumenti. La personalizzazione delle barre degli strumenti segue gli standard Windows.

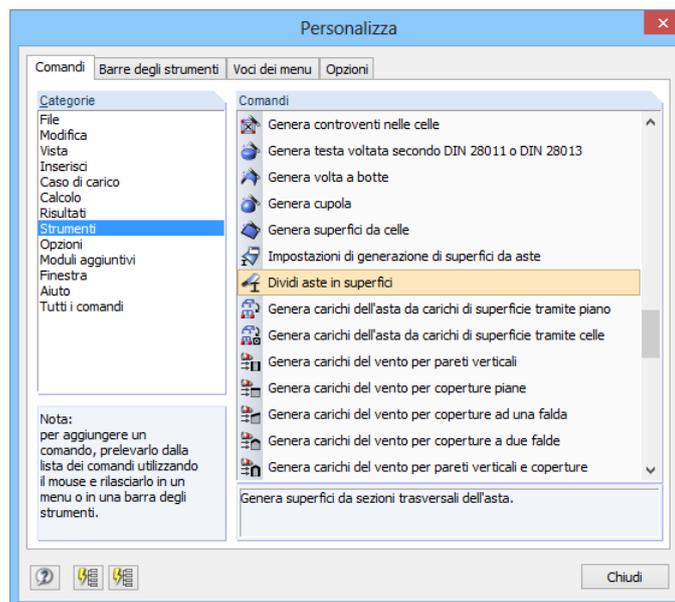
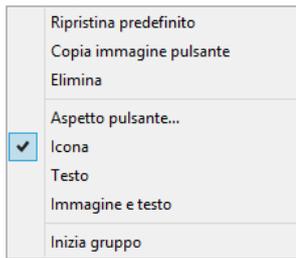


Figura 3.4: Finestra di dialogo *Personalizza*, scheda *Comandi*

Tutti i comandi di RFEM sono disposti per *Categorie*. Selezionare una voce dell'elenco per vedere i pulsanti di tutti i *Comandi* associati a destra. Cliccare su di un pulsante per ottenere una spiegazione della funzione del pulsante mostrato nella sezione in basso del dialogo. Tutti i pulsanti si possono spostare in una posizione qualsiasi nella barra degli strumenti usando la funzione di trascinamento della selezione. Si raccomanda di integrare i pulsanti aggiuntivi in una nuova barra degli strumenti (si veda figura 3.6) perché le barre degli strumenti già presenti possono essere ripristinate ai valori di default durante l'installazione di un aggiornamento.



Menu contestuale di un pulsante o di una voce del menu

Per rimuovere un pulsante dalla barra degli strumenti, si dovrà aprire la finestra di dialogo *Personalizza* e trascinare il pulsante della barra degli strumenti nell'area di lavoro. In alternativa, si utilizzi il pulsante del menu contestuale visualizzato a sinistra per il pulsante *Elimina*.

Oltre a trascinare i comandi nella barra degli strumenti, è possibile spostarli nei menu. In questo modo, si possono creare menu definiti dall'utente. Le voci dei menu possono essere eliminate o modificate dall'utente secondo le proprie specificazioni così come è stato descritto per le barre degli strumenti.

L'opzione *Aspetto pulsante* disponibile nel menu contestuale, visualizza la seguente finestra di dialogo:

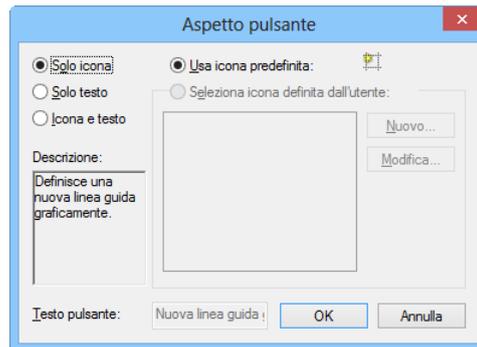


Figura 3.5: Finestra di dialogo *Aspetto pulsante*

La finestra di dialogo consente di modificare il *testo* del pulsante o la voce del menu. Inoltre, è possibile sostituire il simbolo predefinito con una *icona definita dall'utente*.



Tutte le barre degli strumenti disponibili sono elencate nella scheda delle *Barre degli strumenti* della finestra di dialogo *Personalizza*. È possibile disattivare le barre degli strumenti, oppure crearne nuove utilizzando il pulsante [Nuova].

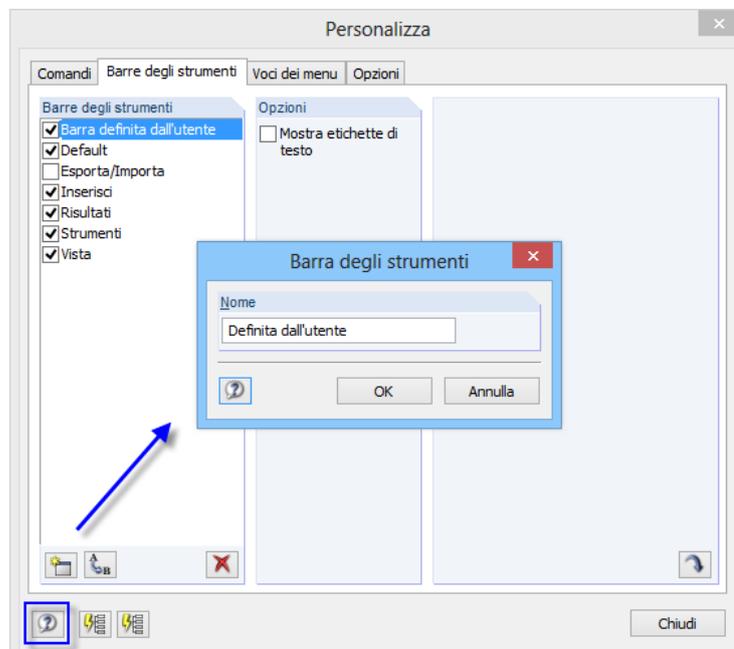


Figura 3.6: Creazione di una nuova barra degli strumenti

Si inserisca il *Nome* della nuova barra degli strumenti nella finestra di dialogo *Barra degli strumenti* e si clicchi su [OK]. La nuova barra apparirà in una posizione mobile sullo schermo. È possibile spo-

stare la barra degli strumenti in una posizione appropriata e riempirla di pulsanti utilizzando la scheda *Comandi* (si veda sopra).



Il pulsante [Barre degli strumenti predefinite] ripristina lo stato iniziale di tutte le barre degli strumenti predefinite. Le barre degli strumenti create dall'utente saranno rimosse. Le barre degli strumenti predefinite di RFEM non possono essere rimosse, ma solo disattivate.



Nella scheda *Voci dei menu*, è possibile creare menu a tendina definiti dall'utente. Si proceda come descritto per la creazione delle nuove barre degli strumenti (si veda sopra).

Utilizzare la scheda finale di dialogo Opzioni per modificare l'aspetto dell'interfaccia utente di RFEM. È possibile scegliere uno degli Stili presenti nell'elenco:

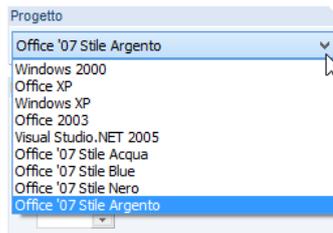


Figura 3.7: Stili disponibili per l'interfaccia utente

La nuova impostazione si attiverà immediatamente.

3.4.3 Navigatore progetti

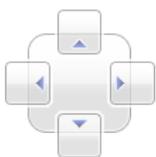


Alla sinistra della finestra di lavoro è visibile il navigatore che è simile a "Esplora risorse" di Windows. Per visualizzare o nascondere il *Navigatore progetti* si apra il menu **Visualizza**, dopo selezionare **Navigatore**, oppure si utilizzi il pulsante corrispondente nella barra degli strumenti.



Figura 3.8: Pulsante *Navigatore* nella barra degli strumenti *Default*

Il navigatore mostra i dati del modello dei file attivi. Cliccare su [+] per aprire un ramo della struttura ad albero, e su [-] per chiuderla. È anche possibile fare doppio clic sul titolo.



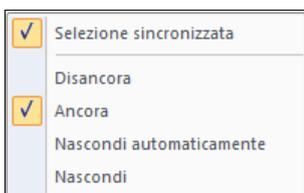
In modo simile come per le barre degli strumenti, è possibile utilizzare il mouse per "catturare" il navigatore dalla barra del titolo e spostarlo nell'area di lavoro. Per ancorarlo nuovamente, fare doppio clic sulla barra del titolo o spostare il navigatore verso la cornice della finestra. Quando si sposta il navigatore, si visualizzeranno i tasti direzionali visibili a sinistra, facilitando l'ancoraggio ad uno dei quattro lati della finestra di lavoro. Si trascini il navigatore verso il pulsante della freccia scelta e rilasciare il pulsante sinistro del mouse, non appena il puntatore del mouse è posizionato sul pulsante.

Se non si desidera che il navigatore sia agganciato al telaio della finestra, disattivare la selezione corrispondente nel menu contestuale del navigatore.

Quando si spunta la voce del menu *Selezione sincronizzata*, l'oggetto selezionato nel navigatore verrà evidenziato a colori nel modello grafico.

L'opzione del menu contestuale *Nascondi automaticamente* consente di ridurre al minimo un navigatore ancorato: non appena si farà clic nella finestra di lavoro, il navigatore scorrerà verso il bordo e diventerà una barra sottile (si veda figura 3.9). Inoltre è anche possibile utilizzare il pulsante in alto a destra del navigatore per selezionare la funzione (si veda figura 3.10, pagina 25).

Il navigatore si aprirà sullo schermo intero spostando il puntatore verso il campo del *Navigatore progetti*, evidenziato nella barra di navigazione ancorata.



Menu contestuale del navigatore

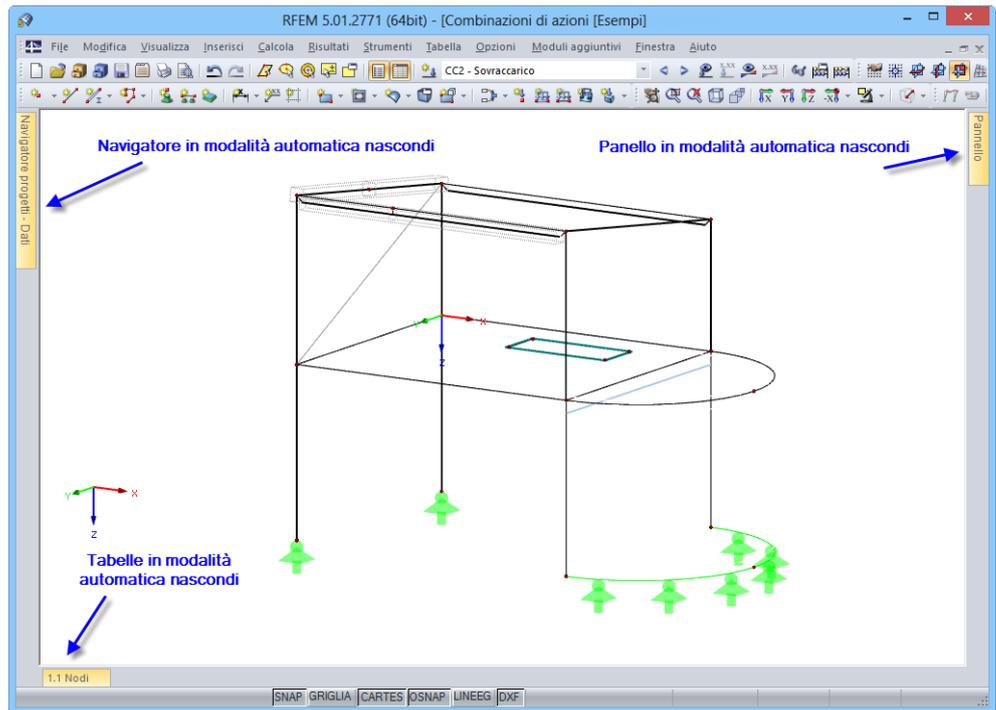


Figura 3.9: Navigatore, tabelle e pannello in modalità Nascondi automaticamente

Sul bordo inferiore del navigatore è possibile accedere a tre schede (quattro dopo i calcoli): *Dati*, *Visualizza*, *Viste* e *Risultati*.

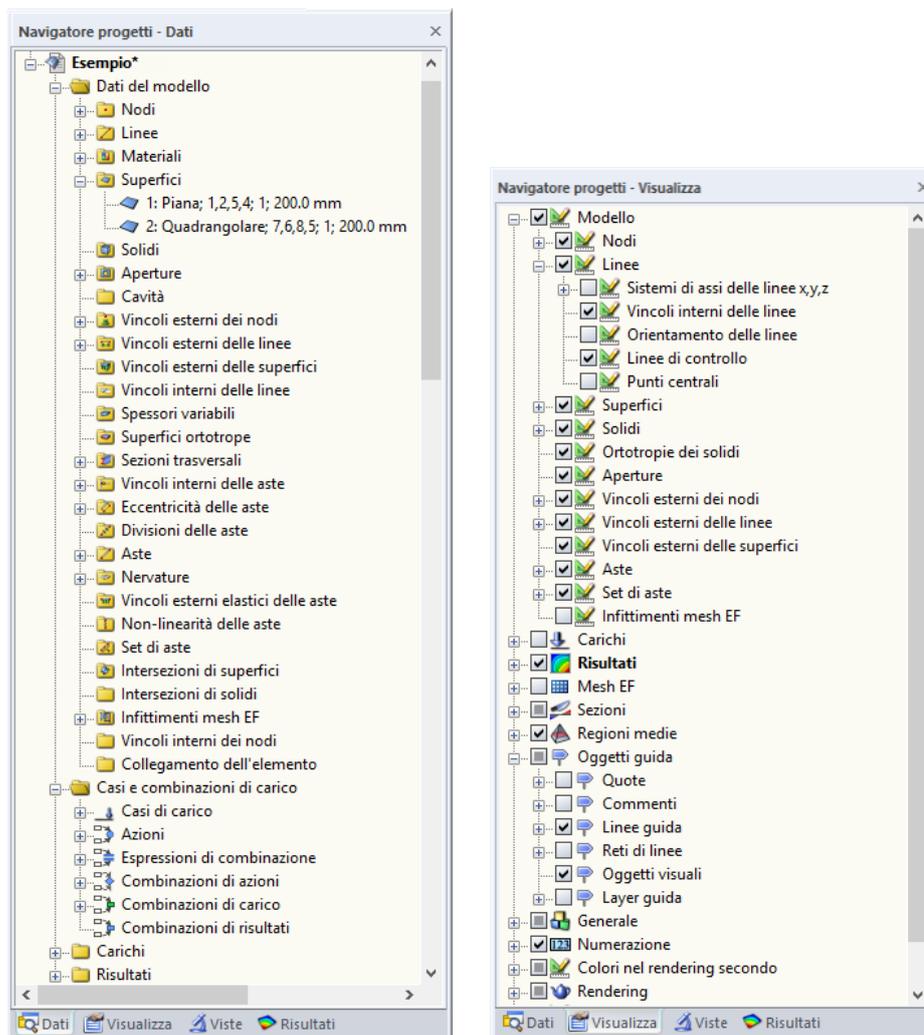


Figura 3.10: Schede *Dati* e *Visualizza* del Navigatore progetti

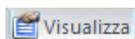
Navigatore *Dati*



Il navigatore gestisce i dati strutturali e di carico, nonché i risultati calcolati. Si faccia un doppio clic su una voce (una "foglia" della struttura ad albero) per aprire una finestra di dialogo e modificare l'oggetto selezionato. Quando si farà clic su una voce con il tasto destro, comparirà il menu contestuale con delle funzioni utili per creare o modificare l'oggetto.

Gli oggetti erroneamente definiti saranno visualizzati in rosso, mentre quelli inutilizzati in blu.

Navigatore *Visualizza*



Il navigatore gestisce la visualizzazione grafica nella finestra di lavoro. Quando si deseleziona la casella di controllo di una voce, l'oggetto corrispondente sarà nascosto nella grafica.

Utilizzare il menu contestuale del navigatore mostrato a sinistra per salvare o importare le impostazioni definite dall'utente. Inoltre, è anche possibile far diventare le impostazioni salvate come quelle predefinite per nuovi modelli.



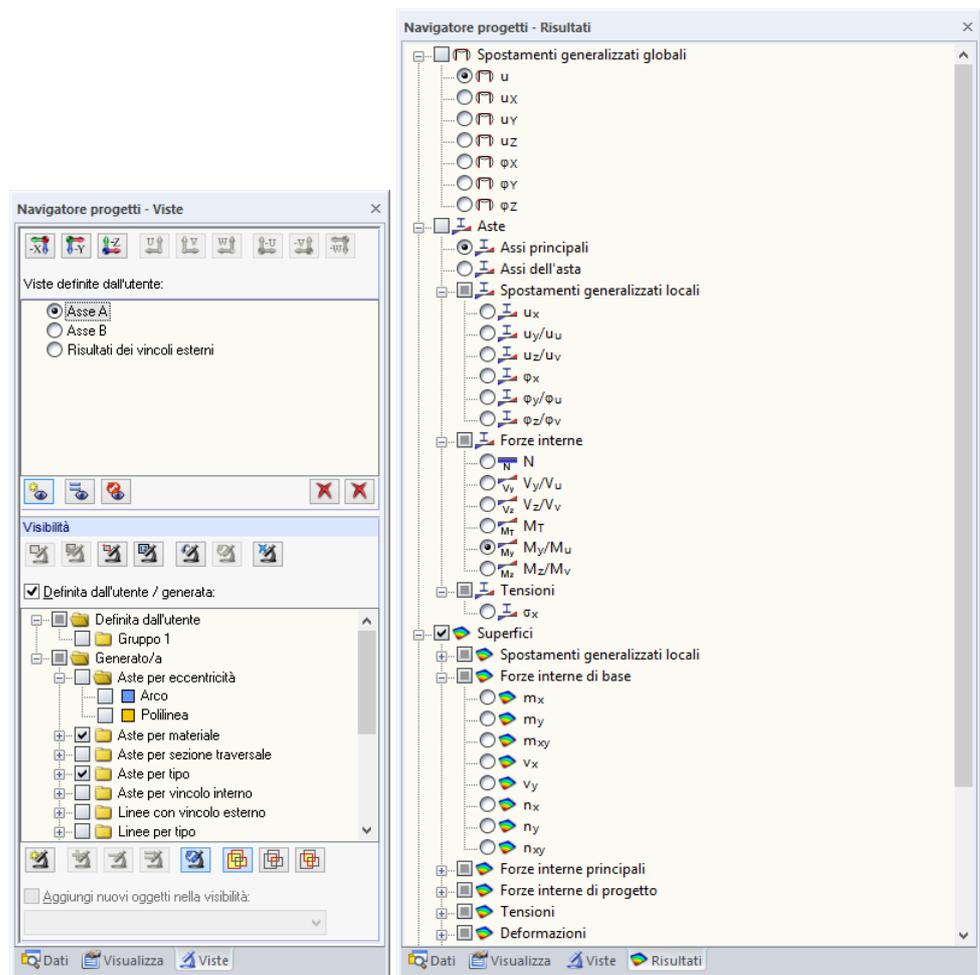


Figura 3.11: Schede *Viste* e *Risultati* del Navigatore di progetti

Navigatore *Viste*



Il navigatore gestisce viste e le visibilità degli oggetti create dall'utente o create automaticamente (utilizzate per essere "viste parziali" e "gruppi" in RFEM 4). I pulsanti sono disponibili per creare viste definite dall'utente, per definire visibilità, integrare oggetti nelle visibilità definite dall'utente ecc.

L'uso delle viste e delle visibilità è descritto nel paragrafo 9.9.1 a pagina 387.

Navigatore *Risultati*



Con l'ultimo navigatore è possibile controllare i risultati visualizzati nell'area di lavoro. Il numero e il tipo di voci visualizzate cambia a seconda che si vogliono mostrare i risultati di RFEM o di un modulo aggiuntivo.

3.4.4 Tabelle



Sul bordo inferiore della finestra di RFEM sono visibili delle tabelle. Dal menu **Tabella**, cliccare su **Visualizza** per attivare e disattivare le tabelle, oppure usare il pulsante corrispondente.



Figura 3.12: Pulsante *Tabella on/off* nella barra degli strumenti *Default*

Vi sono quattro gruppi di tabelle. Per passare da una tabella all'altra, utilizzare i primi quattro pulsanti visualizzati nella barra degli strumenti della tabella, o scegliere **Vai a** dal menu **Tabella**.



Tabelle per i dati del modello

Menu **Tabella** → **Vai a** → **Dati del modello**

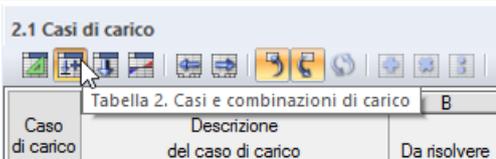


Tabelle per casi e combinazioni di carico

Menu **Tabella** → **Vai a** → **Casi e combinazioni di carico**

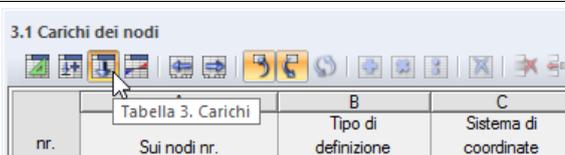


Tabelle per i carichi

Menu **Tabella** → **Vai a** → **Carichi**

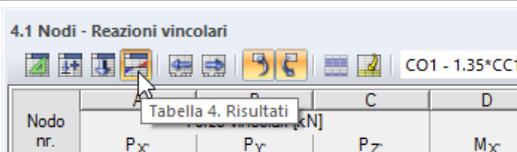


Tabelle per i risultati

Menu **Tabella** → **Vai a** → **Risultati**

Tabella 3.3: Pulsanti per la gestione di gruppi di tabelle

Le tabelle gestiscono la numerazione di tutti i dati strutturali e dei carichi. Alcune funzioni molto utili consentono un efficace inserimento di dati (si veda paragrafo 11.5, a pagina 610).

Lavorando seguendo la struttura delle tabelle, RFEM garantisce l'acquisizione di tutti i dati necessari. Le tabelle rappresentano l'organizzazione interna dei dati di RFEM. Le descrizioni degli input e output nei capitoli 4, 5, 6 e 8, e si basano sulla struttura delle tabelle.

In modo simile come per le barre degli strumenti, è possibile utilizzare il mouse per "catturare" le tabelle dalla loro barra del titolo e spostarle nell'area di lavoro. Per ancorare una tabella, cliccare due volte nella sua barra del titolo, o spostare la tabella verso la cornice della finestra o verso uno dei pulsanti direzionali mostrati sulla sinistra.



Le tabelle ancorate possono essere minimizzate quando è attiva l'opzione del menu contestuale *Nascondi automaticamente*. Non appena si farà clic nella finestra di lavoro, questa slitterà verso il bordo (si veda figura 3.9, pagina 24). Inoltre sarà anche possibile utilizzare il pulsante di bloccaggio in alto a destra della tabella per selezionare la funzione di minimalizzazione. Le tabelle si apriranno a schermo intero quando si sposterà il puntatore verso la barra ancorata.



Quando si seleziona una riga della tabella con il clic del mouse, gli oggetti pertinenti saranno evidenziati a colori nell'area di lavoro. Viceversa, quando si seleziona un oggetto nella finestra di lavoro, si visualizzerà e si evidenzierà la riga della tabella corrispondente. Per monitorare le impostazioni per la "sincronizzazione della selezione", puntare su **Impostazioni** dal menu **Tabella**. Si possono anche utilizzare i pulsanti mostrati sulla sinistra (si veda paragrafo 11.5.4, a pagina 516).

3.4.5 Barra di stato

Sul bordo inferiore della finestra di RFEM è visibile la barra di stato. Per attivare o disattivare la barra, cliccare **Barra di stato** nel menu **Visualizza**.

La barra di stato si compone di tre aree.

Area sinistra

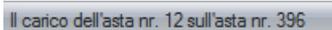


Figura 3.13: Area sinistra della barra di stato

Il testo visualizzato dipende dalla funzione attiva del programma. Se si muove il puntatore attraverso la finestra di lavoro, apparirà l'informazione dell'oggetto indicato dal puntatore del mouse.

Agli utenti beginner di RFEM, si consiglia di tenere d'occhio questa sezione della barra di stato nella quale è possibile trovare suggerimenti molto utili e descrizioni dei pulsanti delle barre degli strumenti e delle finestre di dialogo.

Area centrale

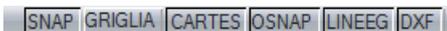


Figura 3.14: Area centrale della barra di stato

La sua funzionalità è simile a quella della barra degli strumenti, e gestisce la visualizzazione della finestra di lavoro.

SNAP

Il pulsante attiva o disattiva la funzione snap della griglia. Utilizzare il menu contestuale per accedere alla finestra di dialogo con impostazioni specifiche dei parametri della griglia (si veda paragrafo 11.3.2, a pagina 460).



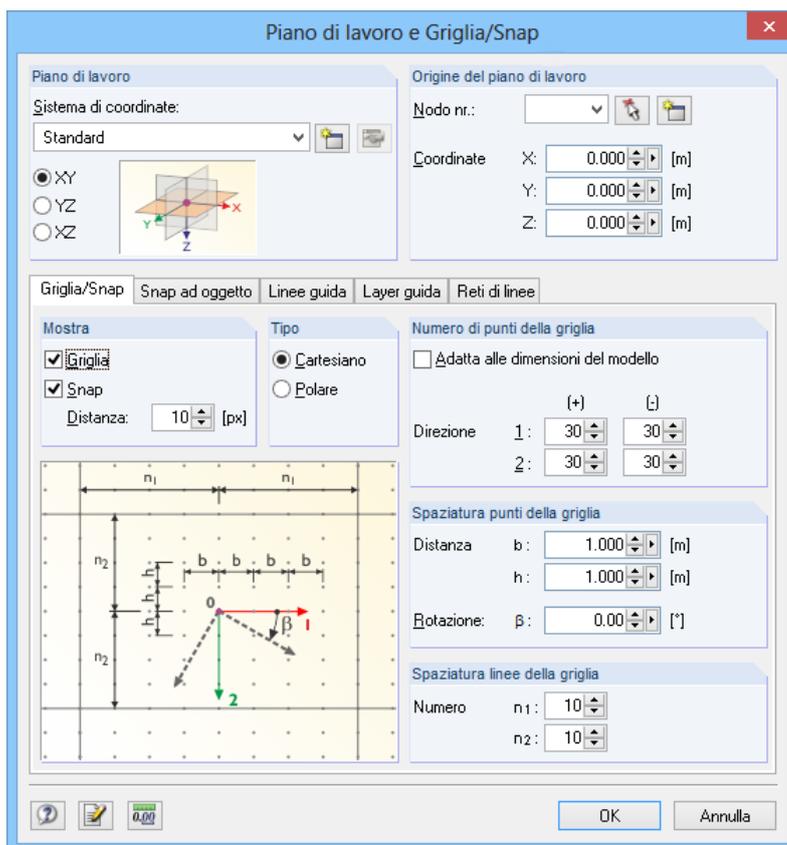


Figura 3.15: Finestra di dialogo *Piano di lavoro e Griglia/Snap*

GRIGLIA

Cliccare sul pulsante per attivare e disattivare la griglia. Selezionare *Modifica* nel menu contestuale per aprire la finestra di dialogo visibile nella figura 3.15.

Il menu contestuale offre anche la possibilità di ingrandire o minimizzare progressivamente le dimensioni della griglia.

ORTO / CARTESIANO / POLARE

Utilizzare questo pulsante per selezionare la griglia ortogonale, cartesiana o polare. Nel menu contestuale è possibile aprire la finestra di dialogo visibile nella figura 3.15. In più, è possibile ingrandire e diminuire le dimensioni della griglia in modo progressivo.

OSNAP

Il pulsante attiva o disattiva lo snap ad oggetto (si veda paragrafo 11.3.3, a pagina 461).

LINEEG

Il pulsante gestisce la visualizzazione delle linee guida (si veda paragrafo 11.3.7, a pagina 473).

DXF

Utilizzare questo pulsante per attivare e disattivare la visualizzazione dei layer guida (si veda paragrafo 11.3.10, pagina 481).

Area destra

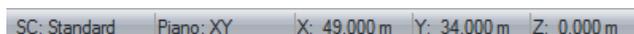
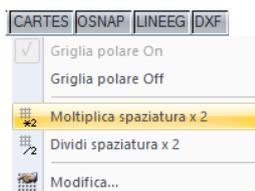


Figura 3.16: Area destra della barra di stato

L'area a destra della barra di stato mostra le seguenti informazioni dei dati inseriti graficamente:



- Modalità visibilità (se attiva)
- Sistema di coordinate SC
- Piano di lavoro
- Coordinate della posizione attuale del puntatore

3.4.6 Pannello di controllo



Non appena si visualizzeranno graficamente le forze interne o gli spostamenti generalizzati, apparirà il **pannello** nella finestra di lavoro, offrendo diverse possibilità per la visualizzazione e la gestione. Per attivare e disattivare il pannello,

selezionare **Pannello di controllo (Scala colori, Coefficienti, Filtri)** dal menu **Visualizza** di RFEM

oppure si utilizzi il pulsante mostrato sulla sinistra.



In modo simile come per le barre degli strumenti, è possibile utilizzare il mouse per "catturare" il pannello dalla barra del titolo e spostarlo nell'area di lavoro. Per ancorare il pannello, cliccare due volte sulla sua barra del titolo, o spostare la tabella verso la cornice della finestra o verso uno dei pulsanti direzionali mostrati sulla sinistra.

È possibile minimizzare il pannello ancorato quando è attiva l'opzione del menu contestuale *Nascondi automaticamente*. Non appena si farà clic nella finestra di lavoro, questo slitterà verso il bordo (si veda figura 3.9, pagina 24). Sarà inoltre possibile utilizzare il pulsante di bloccaggio in alto a destra del pannello per selezionare la funzione di minimalizzazione. Il pannello si aprirà a schermo intero quando si sposterà il puntatore verso la barra ancorata.

Il pannello di controllo si compone delle seguenti schede: *Spettro dei colori*, *Coefficienti*, *Filtro* e *Spessori*, se disponibili.

Scala di colori

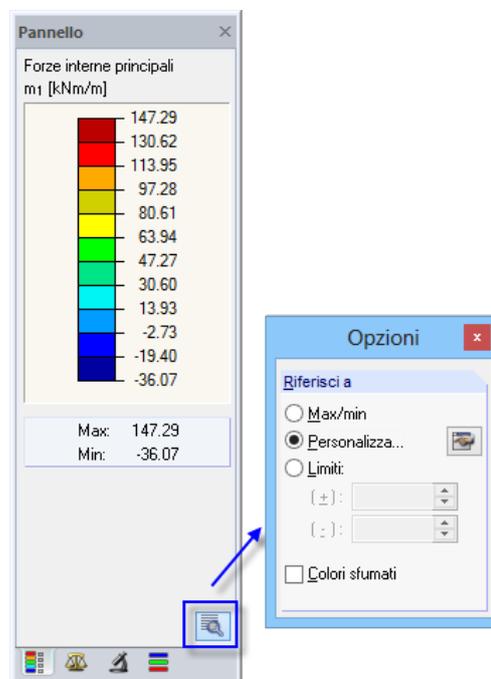


Figura 3.17: Pannello di controllo, scheda *Scala di colori* con la finestra di dialogo delle *Opzioni* attiva

Quando si imposta la visualizzazione di risultati a più colori, la prima scheda mostra lo spettro di colori con i valori degli intervalli assegnati. Undici zone colorate sono impostate come predefinite, coprendo l'intervallo tra i valori estremi in intervalli equi.



Per modificare lo spettro di colori, cliccare due volte su uno dei colori. Inoltre, è possibile utilizzare il pulsante [Opzioni] disponibile nel pannello. Si aprirà la finestra di dialogo *Opzioni* (Figura 3.18) dove si potrà cliccare sul pulsante [Modifica] per accedere ad un'altra finestra di dialogo dove sarà possibile cambiare gli intervalli dei colori e i valori.

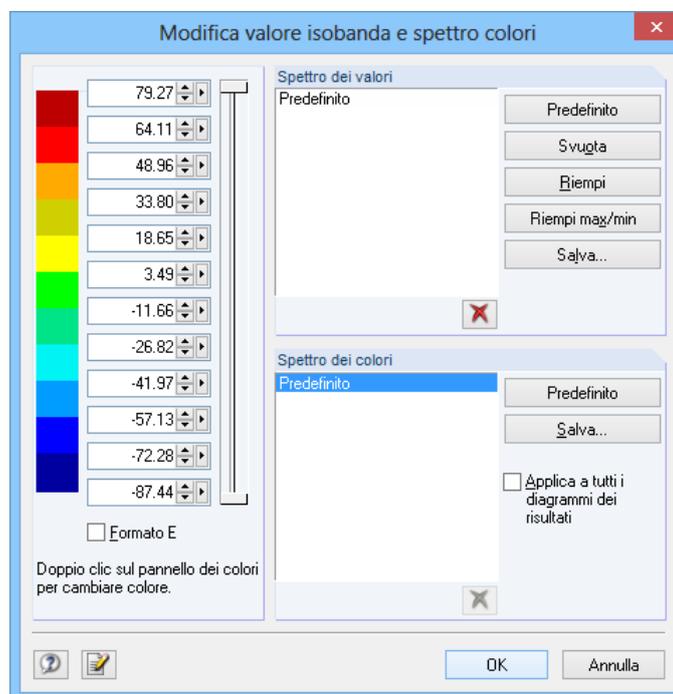


Figura 3.18: Finestra di dialogo *Modifica valore isobanda e spettro colori*

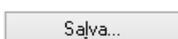
Utilizzare i pulsanti di scorrimento verticali a destra dei valori per ridurre il numero di intervalli di colore ad entrambi i limiti dello spettro di colori.

È possibile cambiare i colori individualmente cliccando due volte su un campo di colore.

Inoltre, è possibile modificare i valori dello spettro manualmente. Si noti che qui sarà necessario mantenere un ordine ascendente o discendente. Usare i pulsanti della sezione di dialogo *Spettro di valori* per assegnare i valori. I pulsanti sono definiti come segue:

Pulsante	Funzione
Predefinito	Le undici zone colorate saranno ripristinate nella impostazione predefinita.
Svuota	Tutti i valori nei campi di immissione saranno eliminati.
Riempi	I valori saranno intercalati equidistantemente tra il massimo ed il minimo, che dipende dal numero delle zone colorate.
Riempi max/min	Per un spettro di colori ridotto, i valori interpolati sono calcolati in relazione ai valori limite assoluti o manualmente inseriti.
Salva	Lo spettro di valori sarà salvato come un campione globale.

Tabella 3.4: Pulsanti nella sezione di dialogo *Spettro di valori*



Per utilizzare lo spettro di colori corrente per la visualizzazione dei risultati di tutti i casi e le combinazioni di carico e di risultati, spuntare la casella di controllo *Applica a tutti i diagrammi dei risultati*. Lo spettro di valori rimarrà invariato perché assegnare globalmente gli spostamenti generaliz-

zati, le forze, i momenti e le tensioni sarebbe difficile. Cliccare su [Salva] per salvare lo spettro di colori definito dall'utente.



Utilizzare il pulsante di attivazione [Opzioni] mostrato in figura 3.17 per selezionare le opzioni successive nella finestra di dialogo *Opzioni*.

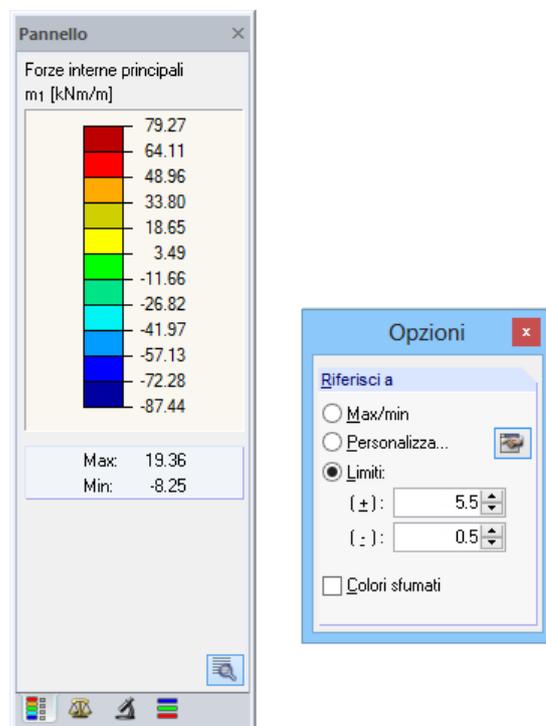


Figura 3.19: Finestra di dialogo *Opzioni*, opzione *Limiti +/-*

Il riferimento ai valori limiti permette di valutare i risultati accuratamente all'interno delle zone definite. Il superamento dei limiti superiori e inferiori è raffigurato con colori diversi. Con i valori impostati in figura 3.19 si possono vedere i momenti m_y visualizzati in una gradazione fine all'interno di un intervallo di ± 30 kNm/m. I valori oltre la zona definita vengono visualizzati in rosso o blu.

Spuntare la casella di controllo *Colori sfumati* nella finestra di dialogo *Opzioni* per ottenere una transizione meno netta tra i colori. È possibile impostare indipendentemente uno spettro di colori sfumati, senza dover pensare quale delle tre opzioni di riferimento sia quella selezionata per i valori dei risultati.

Coefficienti

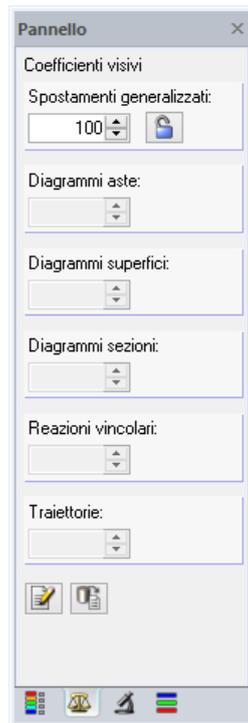
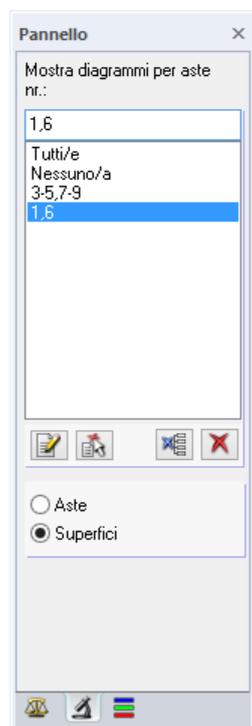


Figura 3.20: Pannello, scheda *Coefficienti*

Utilizzare la seconda scheda per la gestione dei coefficienti per la visualizzazione del grafico. In base alle impostazioni grafiche attuale dei risultati, si potrà accedere ai campi di immissione per il ridimensionamento degli *Spostamenti generalizzati*, dei *Diagrammi di aste*, *Diagrammi di superfici*, *Forze vincolari* e *Traiettorie*.

Filtro

Figura 3.21: Pannello, scheda *Filtro*

Con la scheda della *Spettro dei colori* è possibile filtrare i valori dei risultati. Utilizzare la scheda *Filtro* per attivare le visualizzazioni di superfici, aste o solidi particolari.



Il campi di selezione sotto la riga dei pulsanti rappresentano le tre categorie di oggetti per le quali si possono visualizzare i diagrammi dei risultati. Si devono inserire i numeri delle aste, delle superfici o dei solidi pertinenti nel campo di input *Mostra diagrammi per*. Quindi, con un clic sul pulsante [Applica], si imposta il filtro nel grafico.



È anche possibile importare i numeri degli oggetti dall'area di lavoro: selezionare le aste, le superfici o i solidi (selezione multipla tramite finestra o tenendo premuto il tasto [Ctrl]) e cliccare il pulsante [Importa da selezione].



Le impostazioni di filtro influenzano anche gli oggetti nella tabella dei risultati: quando si restringe la visualizzazione dei risultati nel pannello, ad esempio due aste, la tabella 4.6 *Aste -Forze interne* visualizzerà solo i risultati per quelle due aste.

3.4.7 Pulsanti predefiniti

L'uso dei pulsanti è diffuso in molte finestre di dialogo. Quando si punta un pulsante con il mouse, si visualizzerà dopo un attimo una breve descrizione.

La panoramica seguente descrive i pulsanti predefiniti maggiormente usati.

Pulsante	Descrizione	Funzione
	Nuovo	Aprire una finestra di dialogo per definire un oggetto
	Modifica	Aprire una finestra di dialogo per modificare un oggetto
	Cancella	Cancella un oggetto o un'immissione
	Seleziona	Selezione grafica
	Applica	Importazione dalla selezione attuale
	Libreria	Aprire una raccolta di dati in archivio
	Aiuto	Aprire la guida dell'utente
	Applica	Applica le modifiche non chiudendo la finestra di dialogo
	Impostazioni	Aprire una finestra di dialogo per le impostazioni dettagliate
	Commenti	Accede al testo predefinito dei commenti → paragrafo 11.1.4, pagina 443
	Unità e cifre decimali	Impostazioni per le unità e cifre decimali → paragrafo 11.1.3, pagina 442
	Predefinito	Ripristina le impostazioni predefinite dei dialoghi
	Imposta come predefinito	Salva le impostazioni attuali come predefinite
	Carattere	Opzione per impostare i caratteri e la loro grandezza
	Colori	Opzione per impostare i colori
	Informazioni	Visualizza informazioni su un oggetto
	Trasferisci selezione	Trasferisce gli elementi selezionati dall'elenco all'altro
	Trasferisci tutto	Trasferisce tutti gli elementi selezionati dall'elenco all'altro
	Salva	Salva i dati definiti dall'utente
	Importa	Importa dati salvati
	Seleziona	Seleziona alcuni o tutti gli oggetti
	Deseleziona	Elimina o annulla tutte le immissioni

Tabella 3.5: Pulsanti predefiniti

3.4.8 Tasti di funzione

I tasti di funzione consentono l'accesso alle funzioni delle tabelle e dell'interfaccia grafica utente con la tastiera.

[F1]	Guida
[F2]	Tabella seguente
[F3]	Tabella precedente
[F4]	Controllo di plausibilità per la tabella attuale
[F5]	Controllo di plausibilità per tutte le tabelle
[F7]	Funzione di selezione nelle tabelle
[F8]	Copia la cella della tabella sopra oppure mostra il modello intero
[F9]	Calcolatrice
[F10]	Barra dei menu
[F12]	Salva la struttura con un altro nome
[Alt]	Barra dei menu
[Ctrl]+[2]	Copia la riga della tabella nella riga successiva
[Ctrl]+[A]	Funzione <i>Annulla</i>
[Ctrl]+[C]	Copia negli appunti
[Ctrl]+[E]	Esporta dati
[Ctrl]+[F]	Cerca all'interno della tabella
[Ctrl]+[G]	Genera valori nella tabella
[Ctrl]+[H]	Trova e sostituisce valori nella tabella
[Ctrl]+[I]	Inserisce una riga nella tabella o importa dati
[Ctrl]+[L]	Passa a una riga specifica nella tabella
[Ctrl]+[N]	Crea un nuovo modello
[Ctrl]+[O]	Apri un modello esistente
[Ctrl]+[P]	Stampa il grafico
[Ctrl]+[R]	Cancella una riga nella tabella
[Ctrl]+[S]	Salva dati
[Ctrl]+[U]	Disattiva la selezione nella tabella
[Ctrl]+[V]	Inserisce dagli appunti
[Ctrl]+[X]	Taglia le voci nella tabella
[Ctrl]+[Y]	Cancella il contenuto di una riga nella tabella
[Ctrl]+[Z]	Funzione <i>Annulla</i>
[+] [-] <i>BlocNum</i>	Zoom

Tabella 3.6: Tasti di funzione



Il tasto [Invio] richiama l'ultima funzione usata, se non è attiva nessuna finestra di dialogo. In questo modo diventa più semplice l'inserimento ripetuto dei dati, per esempio durante la definizione di oggetti strutturali e di carico nella finestra di lavoro.

3.4.9 Funzioni del mouse

Le funzioni del mouse che si possono usare sono identiche a quelle standard delle applicazioni Windows. Per selezionare un oggetto da modificare, basta puntare e cliccare l'oggetto con il pulsante **sinistro** del mouse. Cliccare due volte sull'oggetto quando si desidera aprire la sua finestra di dialogo per la modifica. È possibile applicare queste funzioni sia agli oggetti della finestra di lavoro che alle voci del navigatore *Dati*.

Gli oggetti strutturali e di carico si possono spostare nella finestra di lavoro trascinando la selezione. Per copiare gli oggetti, tenere anche premuto il tasto [Ctrl]. La funzione di trascinamento della selezione può essere attivata e disattivata nel menu contestuale generale (si veda figura 11.53, pagina 471).

Non appena si clicca un oggetto con il pulsante **destra** del mouse, apparirà il suo menu contestuale, provvisto di comandi e funzioni riguardanti l'oggetto.

I menu contestuali sono disponibili nell'area di lavoro, nelle tabelle e nel navigatore.

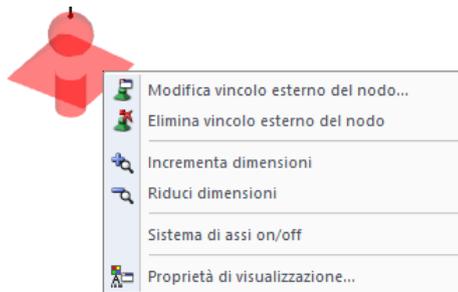


Figura 3.22: Menu contestuale del vincolo esterno del nodo nell'area di lavoro



Facendo ruotare la **rotellina del mouse**, è possibile ingrandire o diminuire la rappresentazione del modello attuale. La posizione del puntatore è sempre al centro della zona dello zoom.



Premere la rotellina del mouse per muovere il modello direttamente all'interno dell'area di lavoro, quindi senza attivare precedentemente il pulsante della barra degli strumenti [Muovi, Zoom]. Se si tiene premuto il tasto [Ctrl], sarà possibile ruotare la struttura. È anche possibile ruotare la struttura utilizzando la rotellina del mouse e tenendo premuto il pulsante destro del mouse. I simboli del puntatore mostrati sulla sinistra indicano la funzione selezionata.

Per ruotare la vista intorno ad un nodo particolare, selezionare il nodo, tenere premuto il pulsante [Alt] e premere la rotellina del mouse per ruotare la struttura intorno al nodo selezionato.



Si possono utilizzare anche le opzioni offerte da un mouse 3D per lavorare con l'interfaccia utente grafica di RFEM.



In più, RFEM offre una funzione utile per visualizzare rapidamente gli oggetti selezionati in una vista ingrandita: selezionare gli oggetti nella finestra di lavoro, tenere premuto il tasto Maiusc [⇧] e cliccare uno dei pulsanti disponibili nella barra degli strumenti *Vista* mostrata sulla sinistra. La finestra di lavoro mostrerà una vista parziale ingrandita dell'oggetto nella direzione della vista selezionata.

3.4.10 Gestore configurazioni



Il Gestore di configurazione fornisce l'accesso a tutte le impostazioni disponibili per le proprietà di visualizzazione, dei caratteri, delle barre degli strumenti, delle intestazioni di stampa ecc.. Per aprire il Gestore di configurazione, selezionare **Gestore configurazioni** nel menu **Opzioni**, utilizzare il pulsante della barra degli strumenti mostrato sulla sinistra.

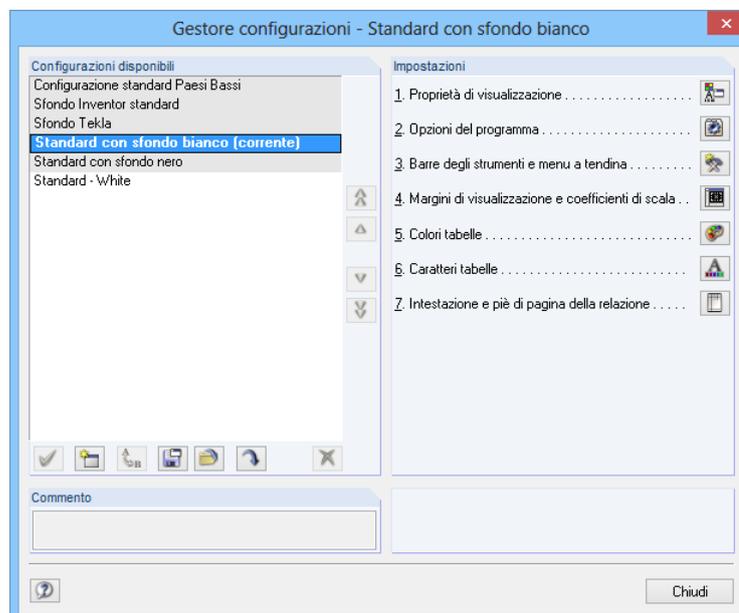


Figura 3.23: Finestra di dialogo *Gestore configurazioni*

Configurazioni disponibili

La sezione di dialogo elenca tutte le configurazioni che sono state definite dall'utente o create durante l'installazione. Le impostazioni attuali utilizzate dal programma sono mostrate in grassetto e indicate come *corrente*.

La configurazione *Standard* è predefinita, e non può essere cancellata.

I pulsanti disponibili in questa sezione di dialogo sono riservati per le seguenti funzioni:

Pulsante	Funzione
	Imposta la voce selezionata come la nuova configurazione <i>corrente</i>
	Crea una nuova configurazione dalle impostazioni attuali (si veda figura 3.24)
	Rinomina la configurazione selezionata
	Esporta la configurazione selezionata in un file
	Importa una configurazione da un file
	Ripristina i valori predefiniti
	Elimina la configurazione selezionata (non è possibile per <i>standard</i> e <i>corrente</i>)

Tabella 3.7: Pulsanti della sezione *Configurazioni disponibili*



Utilizzare il pulsante [Nuova] per salvare le impostazioni attuali come una nuova configurazione. Si aprirà una finestra di dialogo, dove si dovrà inserire una *Descrizione*. Un possibile *Commento* renderà più semplice in futuro la selezione tra le configurazioni definite dall'utente.

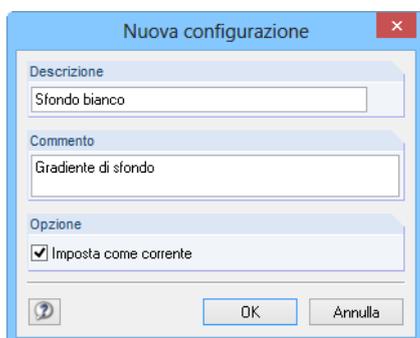


Figura 3.24: Finestra di dialogo *Nuova configurazione*

Impostazioni

I pulsanti disponibili nella sezione di dialogo *Impostazioni* forniscono l'accesso a diverse finestre di dialogo con i parametri di configurazione.

Pulsante	Descrizione	Funzione
	Proprietà di visualizzazione	Aprire la finestra di dialogo <i>Proprietà di visualizzazione</i> → paragrafo 11.1.2, pagina 438
	Opzioni del programma	Aprire la finestra di dialogo a più schede <i>Opzioni del programma</i> → paragrafo 7.3.3, pagina 284 → paragrafo 9.10, pagina 397 → paragrafo 11.1.1, pagina 437 → paragrafo 11.1.4, pagina 445
	Barre degli strumenti e menu	Aprire la finestra di dialogo <i>Personalizza</i> → paragrafo 3.4.2, pagina 21
	Margini e coefficienti di scala	Aprire la finestra di dialogo <i>Margini e coefficienti di scala</i> → paragrafo 11.3.11, pagina 485
	Tabella dei colori	Aprire la finestra di dialogo <i>Colori</i> per la tabella dei colori → paragrafo 11.5.4, pagina 517
	Tabella dei caratteri	Aprire la finestra di dialogo dei <i>Carattere</i> per la tabella dei caratteri → paragrafo 11.5.4, pagina 517
	Intestazione e piè di pagina della relazione di calcolo	Aprire la finestra di dialogo della <i>Intestazione relazione di calcolo</i> → paragrafo 10.1.4, pagina 408

Tabella 3.8: Funzione dei pulsanti nella sezione di dialogo *Impostazioni*

4. Dati del modello



Avvio di RFEM

Per avviare il programma, utilizzare il menu Start di Windows o l'icona Dlubal sul desktop.

Per immettere i dati, si crei un nuovo modello oppure se ne apra uno già salvato (si veda paragrafo 12.2, pagina 592).

RFEM offre diverse opzioni per l'inserimento dei dati: gli oggetti possono essere definiti in una **finestra di dialogo**, una **tabella** e molto spesso direttamente nell'**area di lavoro**. Tutti gli ingressi sono interattivi, il che significa che un'immissione grafica si riflette immediatamente nella tabella e viceversa.



Per i primi passi con RFEM si raccomanda di eseguire diverse esercitazioni con l'esempio introduttivo, che può essere un'ottima guida per chi non conosce a fondo il programma. Si troverà il manuale corrispondente disponibile per il download sul nostro sito internet:

www.dlubal.it/downloading-manuals.aspx.

Apertura della finestra di dialogo di immissione

È possibile accedere alle finestre di dialogo di immissione e all'immissione grafica in diversi modi.

Menu *Inserisci*

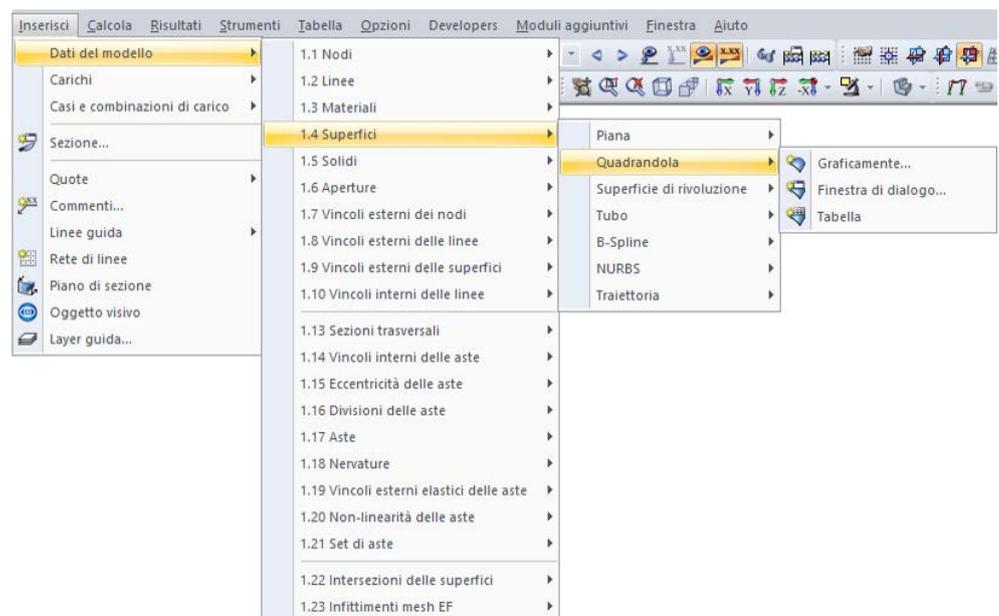


Figura 4.1: Menu *Inserisci* → *Dati del modello*

Barra degli strumenti *Inserisci*



Figura 4.2: Barra degli strumenti *Inserisci*

Menu contestuale nel navigatore *Dati*

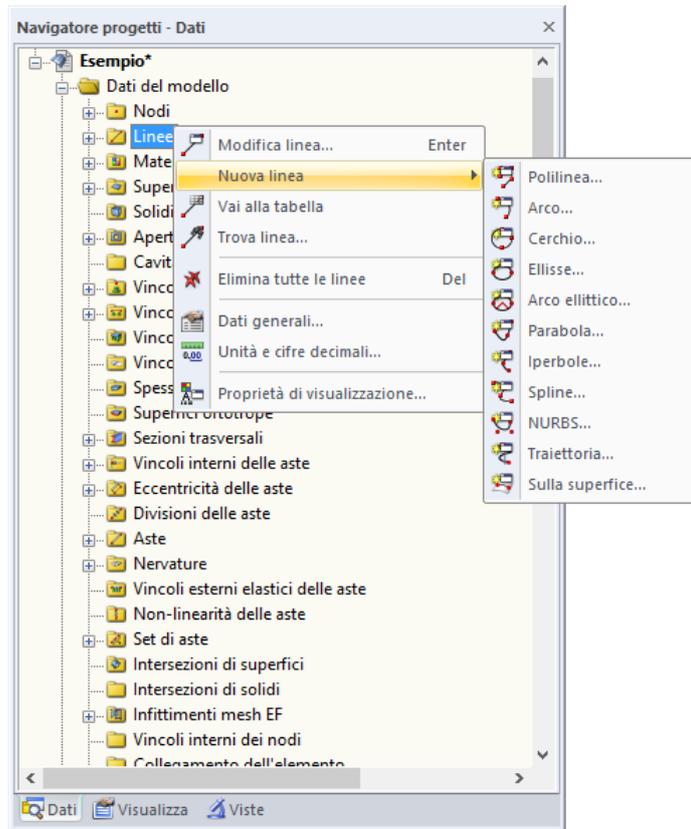


Figura 4.3: Menu contestuale dei dati del modello nel navigatore *Dati*

Menu contestuale o doppio clic nella tabella

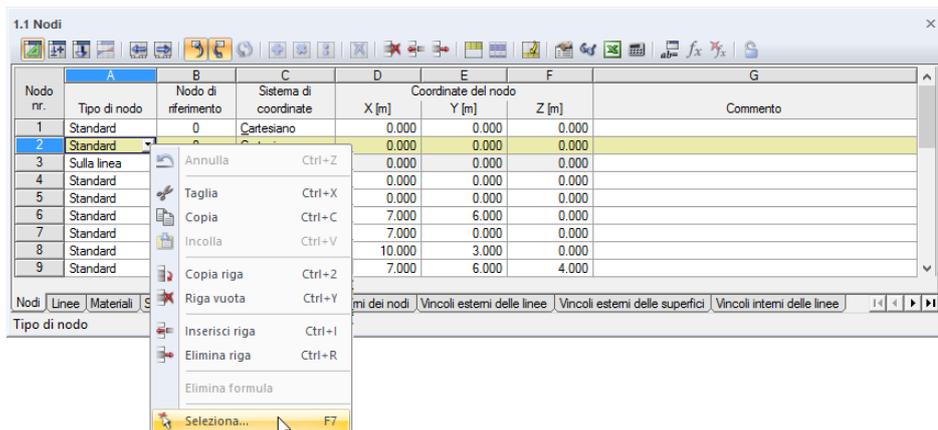


Figura 4.4: Menu contestuale nelle tabelle dei dati del modello

È possibile accedere alla finestra di dialogo d'immissione mediante il menu contestuale (o con un doppio clic) del numero di riga.

Aprire la finestra di dialogo di modifica

RFEM offre diverse possibilità per aprire una finestra di dialogo che permette di modificare gli oggetti del modello.

Menu Modifica

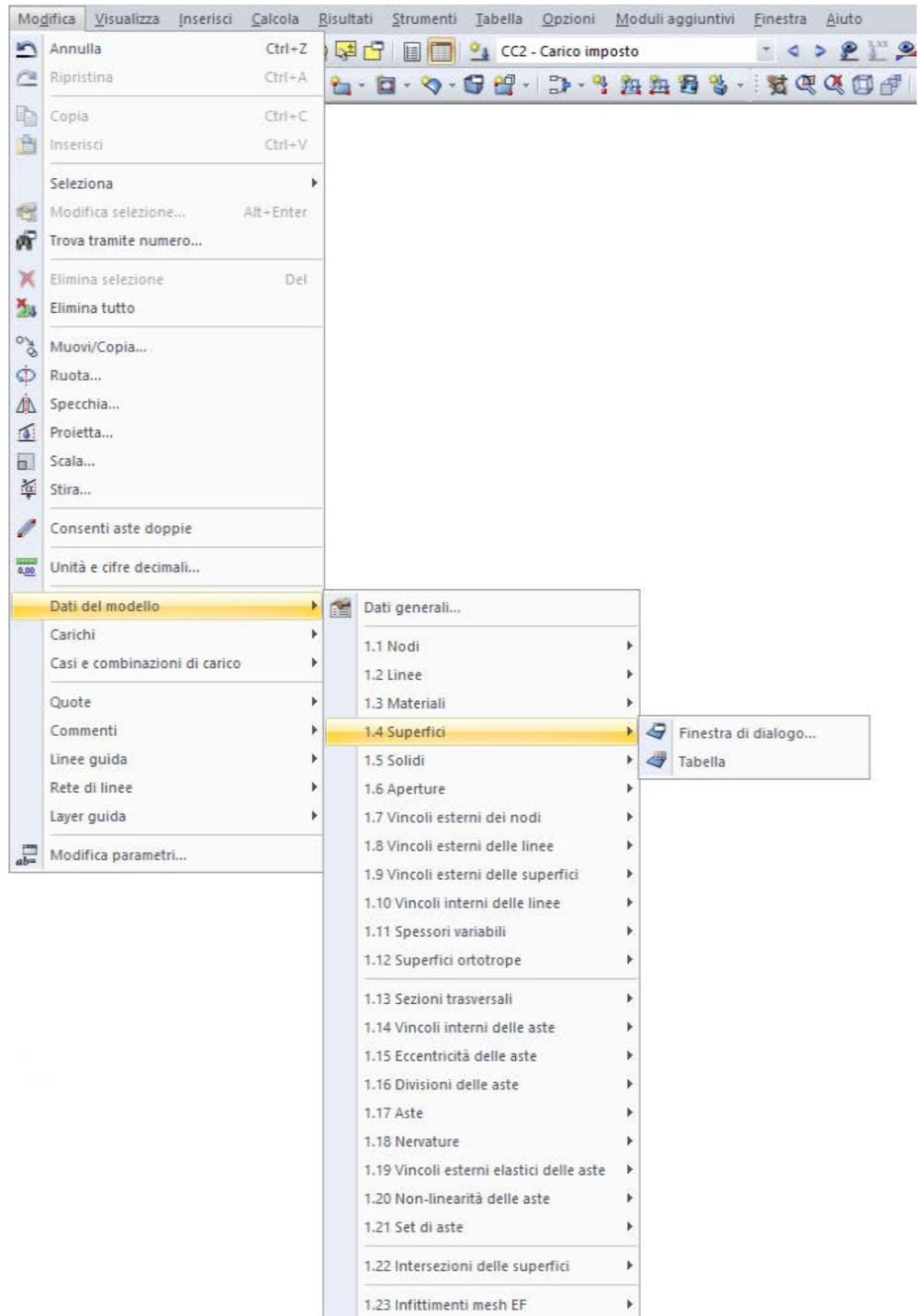


Figura 4.5: Menu Modifica → Dati del modello

Menu di scelta rapida o doppio clic nell'area di lavoro

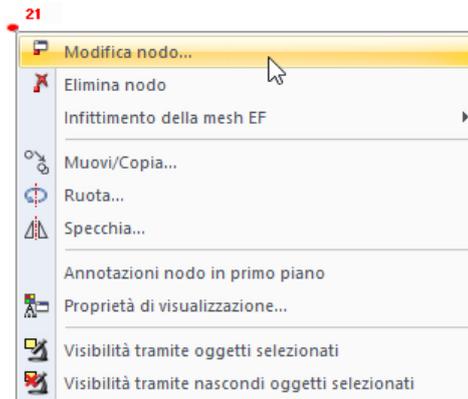


Figura 4.6: Menu contestuale di un nodo nella finestra di lavoro

Menu contestuale o doppio clic nel navigatore *Dati*

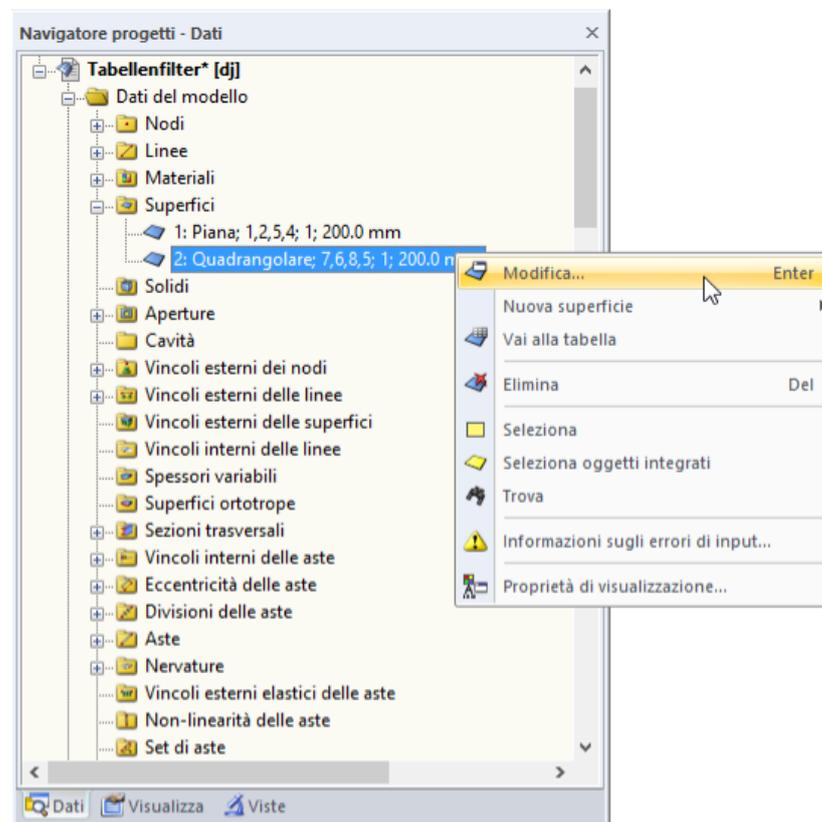


Figura 4.7: Menu contestuale dei dati del modello nel navigatore *Dati*

Menu contestuale o doppio clic nella tabella

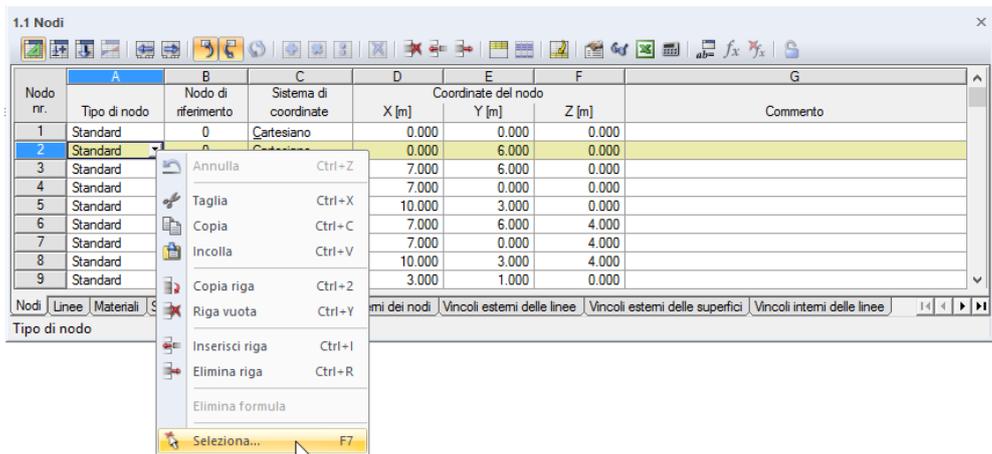


Figura 4.8: Menu contestuale nelle tabelle del modello

È possibile accedere alla finestra di dialogo tramite il menu contestuale (o con un doppio clic) del numero di riga.

Immissione tabellare

Le immissioni e le modificazioni effettuate nell'interfaccia grafica utente vengono immediatamente visualizzate nelle tabelle, e viceversa. Per aprire le tabelle dei dati del modello, utilizzare il pulsante all'estrema sinistra della barra degli strumenti della tabella mostrato a sinistra.

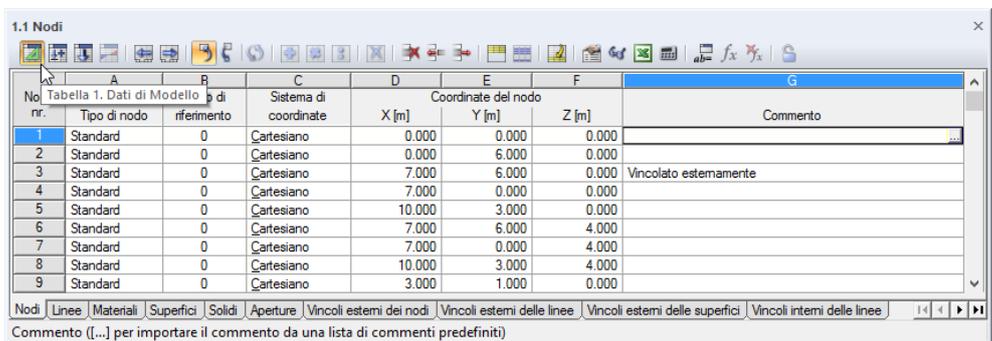


Figura 4.9: Pulsante [Tabella 1. Dati di Modello]

Le immissioni nelle tabelle sotto forma di foglio di calcolo inserito possono essere rapidamente modificate ed importate (si veda paragrafo 11.1.4, pagina 443).



Gli oggetti non usati sono evidenziati in colore blu nelle tabelle e nel navigatore Dati.

In ogni finestra di dialogo e tabella, è possibile aggiungere un *Commento* che specifica l'oggetto. Si possono anche utilizzare i commenti predefiniti (si veda paragrafo 11.1.4, a pagina 443). Inoltre, i commenti sono parte delle descrizioni dei comandi per gli oggetti grafici.



Figura 4.10: Descrizione di comando di un vincolo esterno del nodo

4.1 Nodi

Descrizione generale

La geometria del modello è definita da nodi. Questi sono essenziali per la creazione di linee, e quindi di aste, superfici e solidi. Ogni nodo è specificato dalle sue coordinate (X,Y,Z). Le coordinate in genere sono riferite all'origine del sistema di coordinate globale, ma è anche possibile definirle in relazione ad un altro nodo.

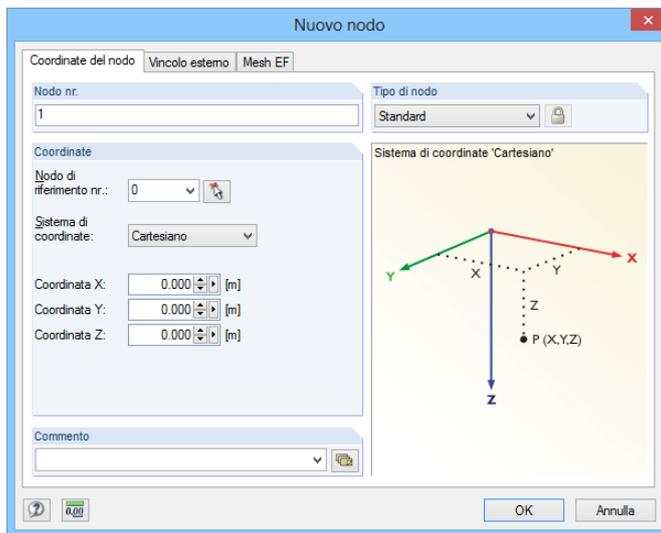


Figura 4.11: Finestra di dialogo *Nuovo nodo*

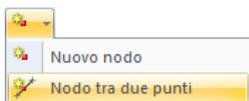
Nodo nr.	Tipo di nodo	Nodo di riferimento	Sistema di coordinate	Coordinate del nodo			Commento
				X [m]	Y [m]	Z [m]	
1	Standard	0	Cartesiano	0.000	0.000	0.000	
2	Standard	0	Cartesiano	0.000	6.000	0.000	
3	Standard	0	Cartesiano	7.000	6.000	0.000	
4	Standard	0	Cartesiano	7.000	0.000	0.000	
5	Standard	0	Cartesiano	10.000	3.000	0.000	
6	Standard	0	Cartesiano	7.000	6.000	4.000	
7	Standard	0	Cartesiano	7.000	0.000	4.000	
8	Standard	0	Cartesiano	10.000	3.000	4.000	
9	Standard	0	Cartesiano	3.000	1.000	0.000	

Figura 4.12: Tabella 1.1 *Nodi*

Il numero del nodo è assegnato automaticamente nella finestra di dialogo *Nuovo nodo*, ma si può modificare nel campo di immissione. L'ordine della numerazione dei nodi non è importante ed è possibile avere salti nella numerazione.

Per correggere l'ordine della numerazione dei nodi in un secondo tempo, selezionare **Rinumera** nel menu **Strumenti** (si veda paragrafo 11.4.18, pagina 507).

Inoltre, RFEM è dotato di una funzione speciale per creare un nodo sulla linea di collegamento di due nodi già esistenti (si veda paragrafo 11.4.12, pagina 502).





Tipo di nodo

Standard

Questo tipo di nodo è quello utilizzato più frequentemente. I nodi standard possono essere posizionati graficamente nel piano di lavoro o in un punto qualsiasi dell'area di lavoro, specificando le coordinate. Quando si inserisce una linea o una superficie di rivoluzione graficamente, i nodi creati saranno di tipo standard.

Nell'area di lavoro i nodi standard sono visualizzati in rosso.

Sulla linea

Utilizzare questo tipo di nodo per evitare che la linea sia suddivisa in due linee. La linea completa rimane invariata. Il parametro del nodo δ descrive la distanza relativa dal nodo di partenza della linea.

I nodi sulle linee consentono di applicare carichi su un nodo in qualsiasi punto della linea o di caricare un nodo EF.

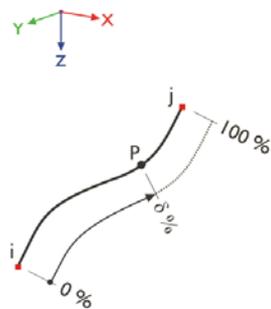


Figura 4.13: Nodo sulla linea

I nodi sulle linee sono visualizzati in blu come da impostazione predefinita.

Sulla superficie

È difficile per superfici quadrangolari determinare le coordinate dei nodi posti sulla superficie curva. Con un nodo di tipo *Sulla superficie* è possibile posizionare un nodo direttamente su una superficie quadrangolare. I parametri del nodo δ_1 e δ_2 si riferiscono ai quattro vertici della superficie.

I nodi sulle superfici consentono di applicare carichi su un nodo in qualsiasi punto delle superfici curve o di caricare un nodo EF.

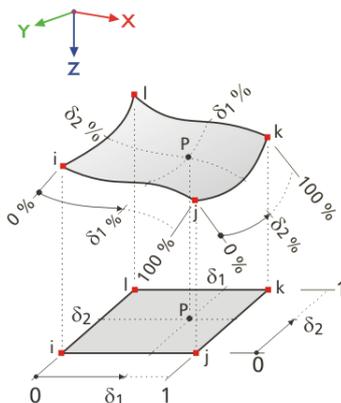


Figura 4.14: Nodo sulla superficie

Le coordinate della tabella sono memorizzate nel sistema di coordinate cartesiano. I nodi sulle superfici sono visualizzati in blu chiaro per impostazione predefinita.

Se si lavora con superfici piane, tuttavia, si utilizzino i nodi standard.

Traiettoria

Questo tipo di nodo viene creato quando si definisce una traiettoria a spirale curva (si veda paragrafo 4.2, pagina 61). Il parametro del nodo δ descrive la distanza relativa dal nodo di partenza della linea.

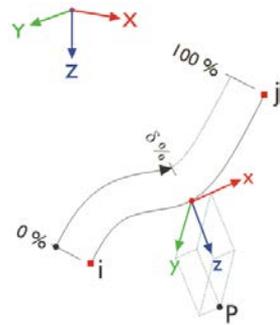


Figura 4.15: Traiettoria

Nell'area di lavoro i nodi della traiettoria sono visualizzati in verde scuro.

Nodo di Riferimento

In generale, le coordinate di un nodo si riferiscono all'origine del sistema di coordinate globali. Non è necessario definire il nodo (0/0/0) perché RFEM riconosce l'origine automaticamente.

Qualsiasi nodo può essere definito come nodo di riferimento. Anche un nodo con un numero più alto può essere utilizzato come nodo di riferimento. Può essere utile fare riferimento ad un altro nodo per definire, ad esempio, un nuovo nodo ad una certa distanza da una determinata posizione. L'elenco delle tabelle con l'opzione "Nodo precedente" è particolarmente utile in questo caso.

Nella finestra di dialogo *Nuovo nodo*, è possibile inserire il nodo di riferimento direttamente, selezionandolo dall'elenco o selezionandolo graficamente utilizzando il pulsante [↖].



Sistema di coordinate

Le coordinate di un nodo fanno sempre riferimento ad un sistema di coordinate che descrive la posizione del nodo nell'area di lavoro. Dipendendo dalla geometria del modello è possibile scegliere tra diversi sistemi di coordinate. Tutti i sistemi di coordinate sono orientati in senso orario.

Cartesiano

Gli assi globali X, Y e Z descrivono un'espansione traslazionale (lineare). Tutte le direzioni delle coordinate hanno lo stesso passo.

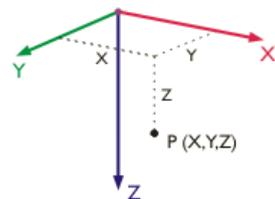


Figura 4.16: Sistema di coordinate cartesiane

Nella maggior parte dei casi, i nodi possono essere definiti nel sistema di coordinate cartesiano.

Cilindrico in X

L'asse X descrive un'espansione traslazionale. Il raggio R definisce la distanza del nodo dall'asse X. L'angolo θ definisce la rotazione delle coordinate intorno all'asse X.

Il sistema di coordinate cilindriche sarà applicato, ad esempio, a strutture tubolari il cui asse centrale è l'asse X.

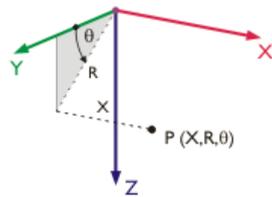


Figura 4.17: Sistema di coordinate cilindrico in X

Cilindrico in Y

Questo sistema di coordinate è simile al sistema cilindrico in X, con l'asse longitudinale però rappresentato dall'asse Y.

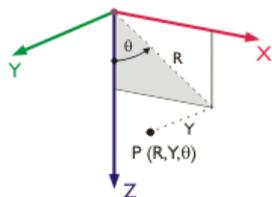


Figura 4.18: Sistema di coordinate cilindrico in Y

Cilindrico in Z

Questo sistema di coordinate è simile al sistema cilindrico in X, con l'asse longitudinale però rappresentato dall'asse Z.

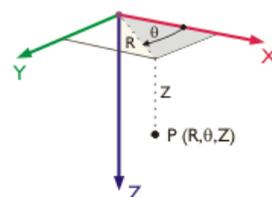


Figura 4.19: Sistema di coordinate cilindrico in Z

Polare

Nel sistema di coordinate polari, la posizione del nodo è descritta da un raggio che definisce la distanza rispetto al punto di origine e gli angoli θ e Φ .

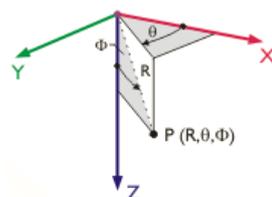


Figura 4.20: Sistema di coordinate polari



Se possibile, inserire i dati strutturali allineando le direzioni della struttura con gli assi X, Y e Z del sistema di coordinate globali. Questo consente una definizione più facile delle coordinate, delle condizioni e dei carichi.

Per definire i nodi direttamente nell'area di lavoro, si apra la finestra di dialogo mobile *Nuovo nodo* per l'immissione grafica facendo clic sul pulsante della barra degli strumenti mostrato sulla sinistra. In genere, i nodi si ancorano nei punti della griglia che sono allineati con il sistema di coordinate attivo definito dall'utente o globale (SC).

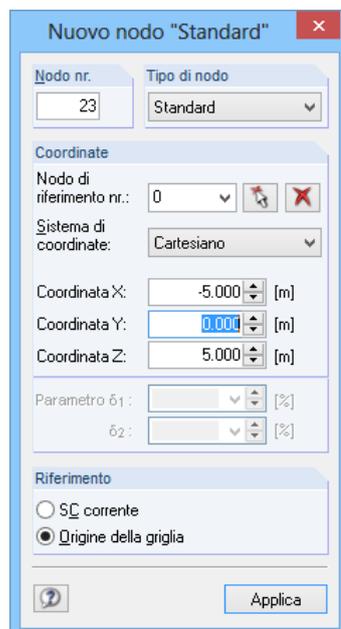


Figura 4.21: Finestra di dialogo fluttuante *Nuovo nodo*

Per ulteriori informazioni sui sistemi di coordinate definiti dall'utente, si veda paragrafo 11.3.4 pagina 466.

Quando si cambia il sistema di coordinate nella tabella *Nodi*, è possibile convertire automaticamente le coordinate del nodo nel nuovo sistema di coordinate. Si visualizzerà la seguente richiesta.

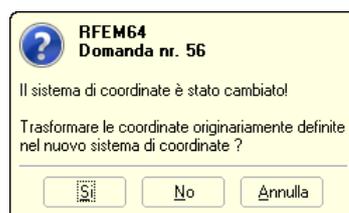


Figura 4.22: Richiesta di RFEM

Allo stesso modo, è possibile convertire le coordinate rispetto all'origine di un nodo che abbia *Precedente* come nodo di riferimento.

Coordinate del nodo

Le coordinate del nodo sono definite nel sistema di coordinate che era stato impostato in precedenza. Quando si modella una struttura 3D, il nodo è definito in modo univoco dalle sue coordinate X, Y e Z o dal raggio e dall'angolo. I parametri delle coordinate e i titoli delle colonne della tabella cambiano a seconda del sistema di coordinate.

Quando il tipo di modello è limitato a una piastra o parete 2D, non è possibile accedere a tutti e tre i campi di immissione o colonne.



Per regolare le *Lunghezze* e gli *Angoli*, selezionare **Unità e cifre decimali** nel menu **Modifica**, oppure utilizzare il pulsante corrispondente nella finestra di dialogo.

Con la seguente procedura è possibile verificare se tutti i nodi di una superficie sono disposti in un piano: selezionare i nodi rilevanti e fare doppio clic su uno di essi per aprire la finestra di dialogo *Modifica nodo*. I dati delle coordinate appaiono solo in quei campi d'immissione i cui valori sono conformi con tutti i nodi selezionati. Se non fosse così, è possibile assegnare una coordinata uniforme a tutti i nodi selezionati.

È possibile importare le coordinate del nodo da fogli di calcolo Excel (si veda paragrafo 11.5.6, pagina 519). Inoltre, è possibile determinare le coordinate del nodo con l'editore di formule di RFEM (si veda paragrafo 11.6, pagina 522). Inoltre, è anche possibile sfruttare i vari generatori di strutture che agevolano l'immissione (si veda paragrafo 11.7.2, pagina 537).

Per immettere le coordinate esatte, non arrotondate, selezionare *Precisione totale* nella finestra di dialogo *Nuovo nodo*.

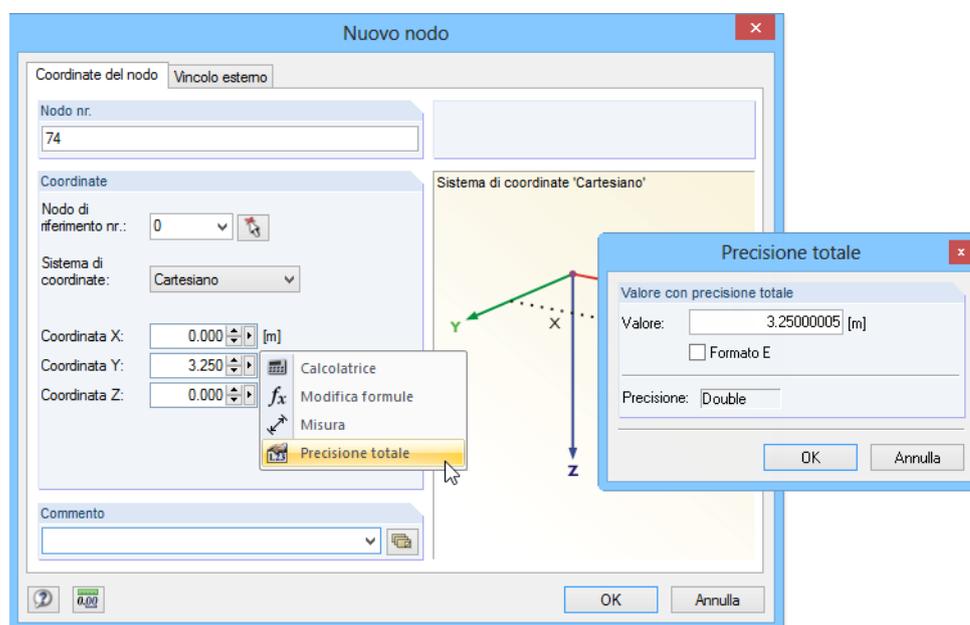


Figura 4.23: Menu contestuale nella finestra di dialogo *Nuovo nodo* e finestra di dialogo *Precisione totale*

Commento



È possibile inserire commenti definiti dall'utente. Utilizzare il pulsante [Applica Commento] per importare commenti salvati (vedi capitolo 11.1.4, pagina 443).



Il commento *Generato* è visualizzato per i nodi che sono stati generati da RFEM durante la creazione di un'intersezione o di una superficie di rivoluzione. Si faccia clic sul pulsante mostrato sulla sinistra, disponibile nella finestra di dialogo e nella tabella, per "sbloccare" i nodi generati ed eseguire le modifiche.

4.2 Linee

Descrizione generale

La geometria del modello è definita da linee. Queste sono essenziali per la creazione di aste, superfici e solidi. Ogni linea è definita da un nodo iniziale e finale. Per definire tipi complessi di linee, sarà necessario aggiungere nodi intermedi.

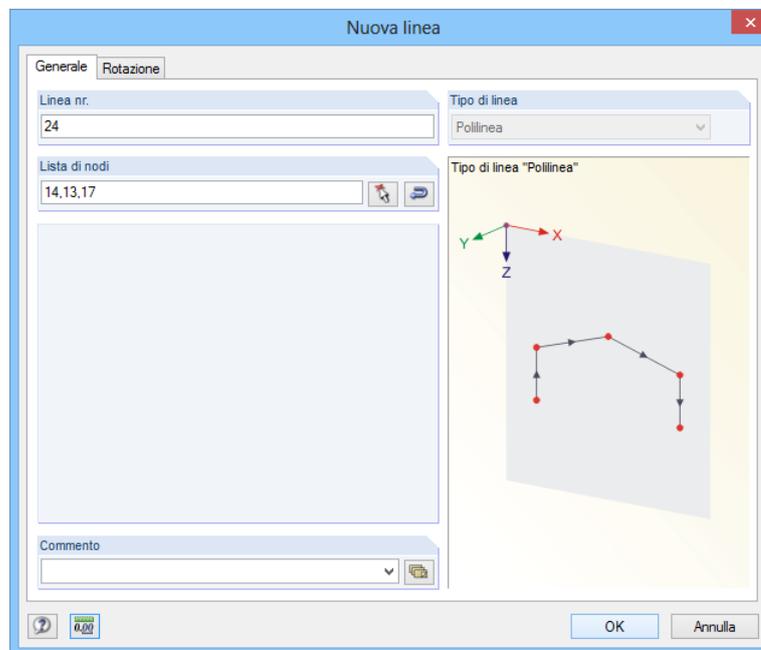
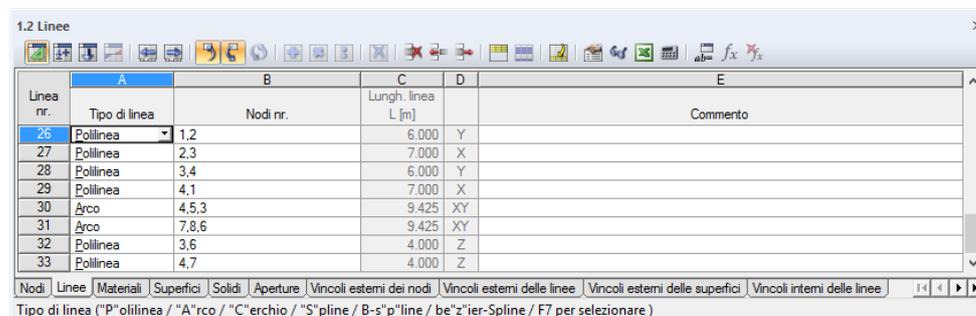


Figura 4.24: Finestra di dialogo *Nuova linea*



Linea nr.	Tipo di linea	Nodi nr.	Lungh. linea L [m]		Commento
26	Polilinea	1,2	6,000	Y	
27	Polilinea	2,3	7,000	X	
28	Polilinea	3,4	6,000	Y	
29	Polilinea	4,1	7,000	X	
30	Arco	4,5,3	9,425	XY	
31	Arco	7,8,6	9,425	XY	
32	Polilinea	3,6	4,000	Z	
33	Polilinea	4,7	4,000	Z	

Figura 4.25: Tabella 1.2 *Linee*

Il numero della linea è assegnato automaticamente nella finestra di dialogo *Nuova linea*, ma può essere modificato nel campo di immissione. L'ordine della numerazione delle linee non è importante.

Per correggere l'ordine della numerazione della linea in un secondo tempo, si selezioni **Rinumera** dal menu **Strumenti** (si veda paragrafo 11.4.18, pagina 507).

Tipi di linee

Nel menu e nell'elenco della tabella sono disponibili i seguenti tipi di linee.

- Linea singola
- Polilinea
- Arco
- Cerchio
- Ellisse
- Arco ellittico
- Parabola
- Iperbole
- Spline
- NURBS
- Traiettoria
- Sulla superficie

I diversi tipi di linee sono descritti nelle pagine seguenti.

Nodi

Ogni linea è definita geometricamente da un nodo iniziale e finale. Questi definiscono l'orientamento della linea che influenza anche la posizione del sistema di coordinate della linea. I nodi si possono inserire manualmente, selezionare graficamente o ridefinire (si veda paragrafo 4.1, pagina 45). Se una linea richiede e presenta dei punti di controllo o dei nodi intermedi, anche questi sono presenti nell'elenco dei nodi.

La visualizzazione degli orientamenti delle linee può essere attivata nel navigatore *Visualizza*.

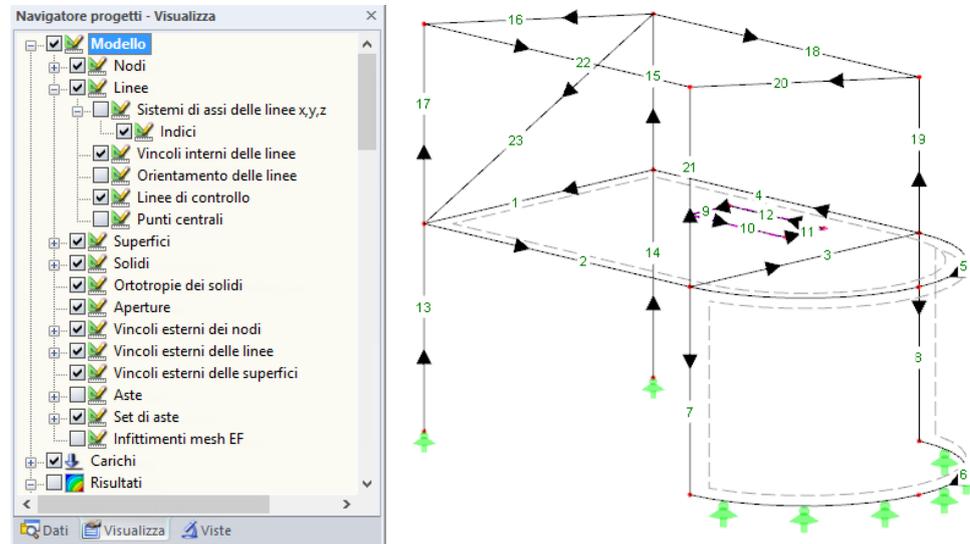


Figura 4.26: Attivazione dell'*Orientamento delle linee* nel navigatore *Visualizza*



L'orientamento delle linee può essere modificato rapidamente nell'area di lavoro. Cliccare con il pulsante destro sulla linea e selezionare *Inverti orientamento linea* nel menu contestuale. Si invertiranno così i numeri del nodo iniziale e finale.

I sistemi di coordinate delle linee si possono attivare nel navigatore *Visualizza*: selezionare *Modello* e *Linee*, e spuntare *Sistemi di assi delle linee x, y, z*, incluso *Indici* (si veda Figura 4.96, pagina 107).

Lunghezza della linea

Questa colonna della tabella mostra la lunghezza totale della linea.

Posizione

La colonna **D** della tabella indica gli assi globali che sono paralleli alla linea o il piano individuato dagli assi globali dove giace la linea. Se non c'è nessuna immissione, la linea sarà in una posizione spaziale arbitraria.

Commento



È possibile inserire commenti definiti dall'utente. Utilizzare il pulsante [Applica commento] per importare i commenti salvati (si veda paragrafo 11.1.4, pagina 443). Il commento *Generato* si visualizzerà per le linee create da RFEM (ad esempio un tubo).

Line / polilinea

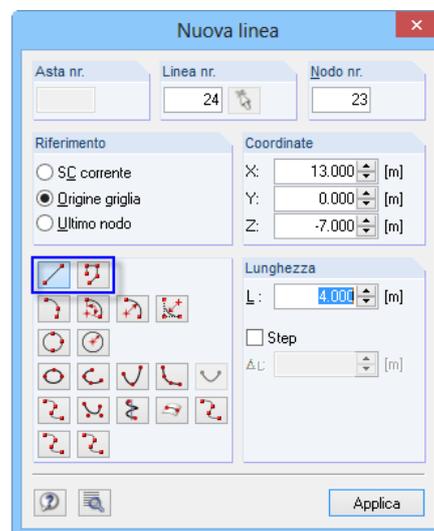


Figura 4.27: Finestra di dialogo di immissione grafica *Nuova linea*

Selezionando l'immissione della linea nel menu a comparsa si aprirà la finestra di dialogo *Nuova linea* mostrata nella Figura 4.24 a pagina 51. La figura sopra mostra la finestra di dialogo per inserire le linee graficamente. Utilizzare il pulsante elenco nella barra degli strumenti per aprirla.



Una "vera" **linea** è definita solo da un nodo iniziale e finale. Una linea definita in questo modo, rappresenta un collegamento diretto tra due nodi.

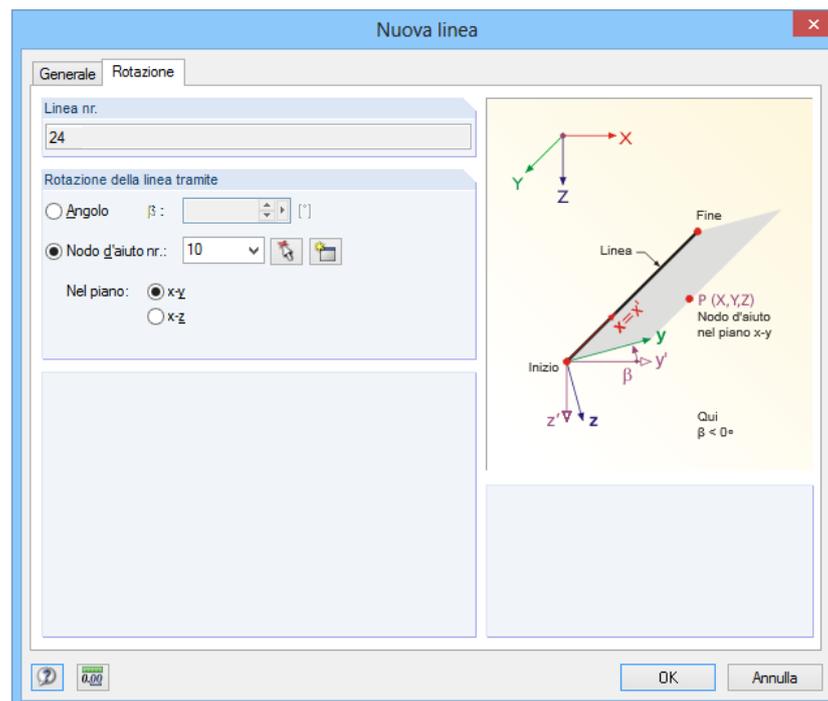


Una **polilinea** è una catena poligonale costituita da diverse sezioni di segmenti della linea. Pertanto, i nodi intermedi sono elencati nella finestra di dialogo (si veda Figura 4.24) oltre ai numeri del nodo iniziale e finale. Per motivi di gestione semplificata, le linee "vere" sono gestite come polilinee.

Quando si inseriscono le polilinee graficamente, i nodi già esistenti, i punti della griglia o gli snap ad oggetto possono essere selezionati come nodi di definizione. Si possono anche definire nodi nel piano di lavoro liberamente.



Ad esempio, se i carichi delle linee o i vincoli esterni delle linee sono efficaci solo per alcune sezioni di una polilinea, è possibile dividere la polilinea in "vere" linee: cliccare con il pulsante destro sulla linea e selezionare *Espodi polilinea* nel menu contestuale. Si può anche aprire il menu *Modifica* e puntare su *Dati del modello* e *Linee*, e poi selezionare *Espodi polilinea*.

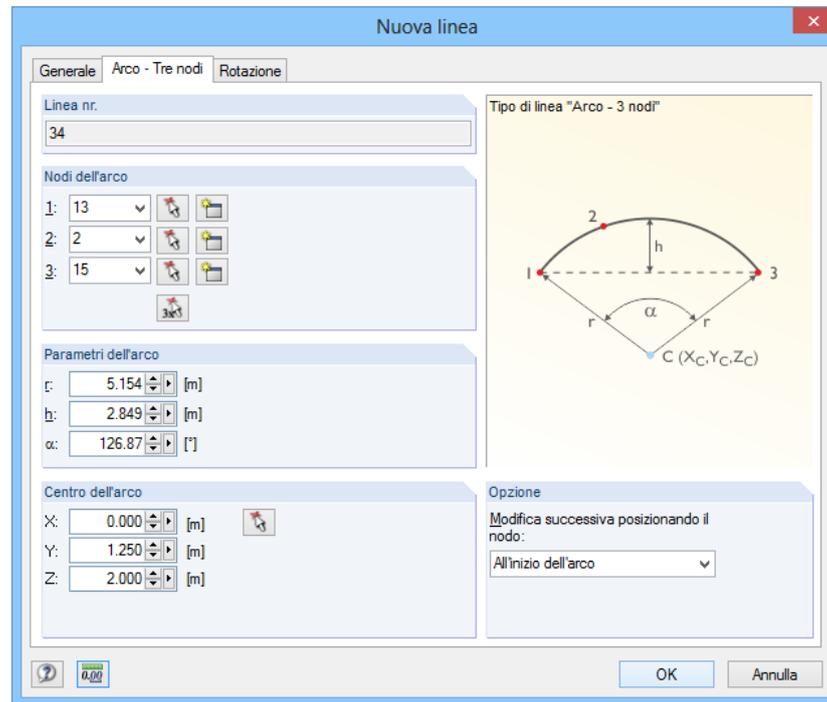

 Figura 4.28: Finestra di dialogo *Nuova Linea*, scheda *Rotazione*


Nella seconda scheda della finestra di dialogo è possibile definire una *Rotazione* della linea. Specificare un *Angolo* o un *Nodo riferimento* al quale l'asse della linea y o z è allineato. Il nodo di riferimento può essere selezionato nell'elenco o definito graficamente. È anche possibile creare un nuovo nodo.

Una rotazione della linea può facilitare l'immissione di carichi delle linee che agiscono nella direzione locale della linea. Le rotazioni della linea non influenzano le superfici o le aste perché queste hanno un sistema di coordinate proprio.

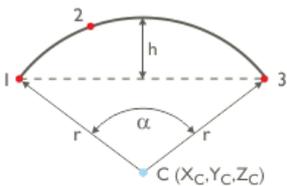
I sistemi assiali locali delle linee sono mostrati nella Figura 4.96 a pagina 107.

Arco

Figura 4.29: Finestra di dialogo *Nuova Linea*, scheda *Arco-Tre nodi*

Un arco può essere definito dai seguenti parametri:

- tre nodi
- nodo al centro, nodo iniziale e angolo di apertura
- nodi iniziale e finale e raggio, angolo di apertura o freccia
- tangenti e raggio



Nella sezione di dialogo *Arco - Tre nodi*, è possibile definire direttamente il nodo iniziale, quello intermedio e finale, oppure si possono selezionare graficamente. È inoltre possibile creare anche nuovi nodi. L'ordine dei nodi è visibile nella figura del dialogo.

Con questi tre nodi, RFEM determina i *Parametri dell'arco* specificati nella sezione della finestra di dialogo. È possibile modificare il raggio r , l'altezza h e l'angolo di apertura α . Le coordinate del nodo si modificheranno di conseguenza.

Le coordinate del centro dell'arco risultanti dai parametri o dai nodi dell'arco, sono visualizzate nella sezione di dialogo *Centro dell'arco*. Se si modificano i dati manualmente o si selezionano i nodi graficamente con il pulsante $[^]$, le coordinate dei nodi saranno modificate automaticamente.

Nell'elenco *Modifica successiva posizionando il nodo* è possibile definire il nodo di cui si vogliono modificare le coordinate.



Quando si definisce l'arco graficamente utilizzando il pulsante della barra degli strumenti *Arco tramite tre punti*, è possibile selezionare o creare i nodi direttamente nell'area di lavoro.

Se si seleziona una delle altre opzioni di immissione mostrate sulla sinistra nella Figura 4.30 e Figura 4.31, sarà necessario selezionare prima due nodi. Successivamente, quando si definirà il secondo nodo, verrà visualizzata un'altra finestra di dialogo (mostrata a destra) dove sarà possibile definire i parametri dell'arco.

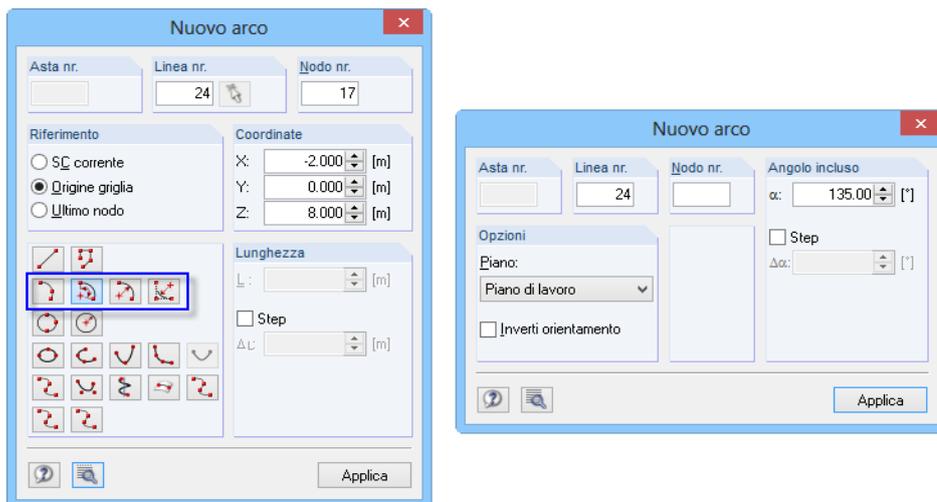
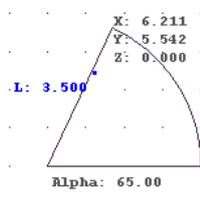


Figura 4.30: Finestra di dialogo *Nuovo arco*, tipo di definizione *Arco tramite centro, inizio e angolo*



Nella sezione del dialogo *Opzioni* (nella Figura 4.30 e Figura 4.31 a destra), è possibile selezionare il piano dell'arco dall'elenco. Definire l'*Angolo incluso* α direttamente nella grafica, oppure inserire il valore manualmente e quindi cliccare sul pulsante [Applica].

Per modificare un arco già definito, fare doppio clic sulla linea dell'arco. Si aprirà la finestra di dialogo *Modifica linea* nella quale è possibile modificare le voci presenti nella scheda del dialogo *Arco - Tre nodi* (si veda Figura 4.29, a pagina 55).

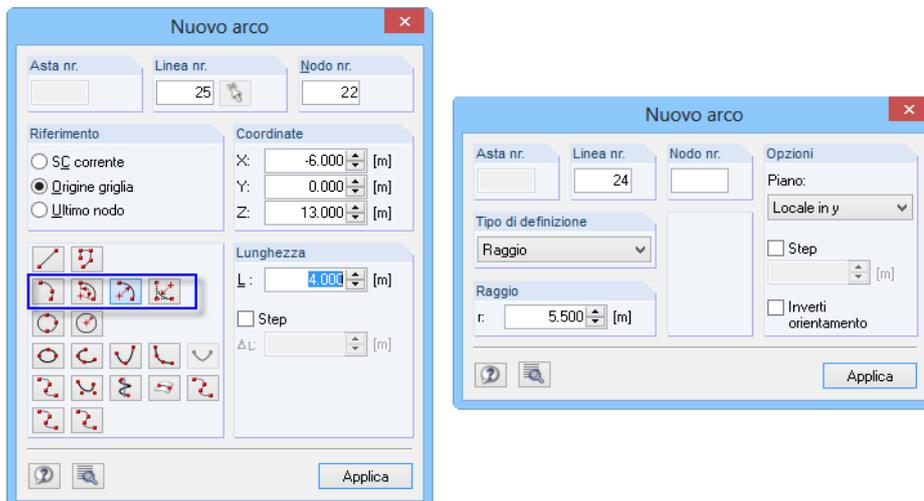
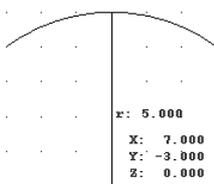


Figura 4.31: Finestra di dialogo *Nuovo Arco*, tipo di definizione *Arco tramite inizio, fine e raggio, angolo o freccia*



Nella sezione di dialogo *Tipo di definizione* (a destra), selezionare il parametro dell'arco appropriato dall'elenco. Successivamente, definire l'arco direttamente nell'area di lavoro o inserire il valore manualmente e quindi cliccare sul pulsante [Applica].

Nel campo di immissione *Step* è possibile inserire la spaziatura dello snap del puntatore del mouse durante la definizione del raggio dell'arco, dell'angolo o della freccia.

L'orientamento dell'arco di circonferenza può essere modificato spuntando la casella di controllo *Inverti orientamento*, determinando se l'arco sarà posizionato a "destra" o a "sinistra" dei due nodi già definiti.

Cerchio

Un cerchio può essere definito dai seguenti parametri:



- tre nodi
- centro e raggio.

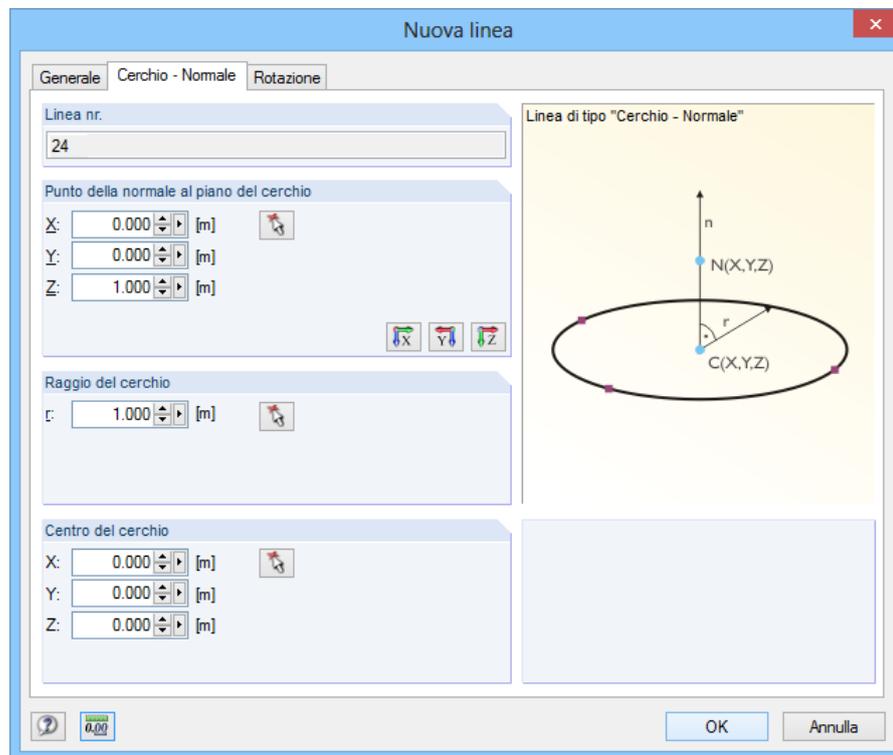


Figura 4.32: Finestra di dialogo *Nuova Linea*, scheda *Cerchio - Normale*



È possibile inserire il *Raggio del cerchio* e le coordinate per il *Centro del cerchio* manualmente o graficamente utilizzando il pulsante [↖]. Il punto del *Centro del cerchio* determina il piano in cui il cerchio viene generato. Utilizzare i tre pulsanti della sezione del dialogo per selezionare uno degli assi globali.

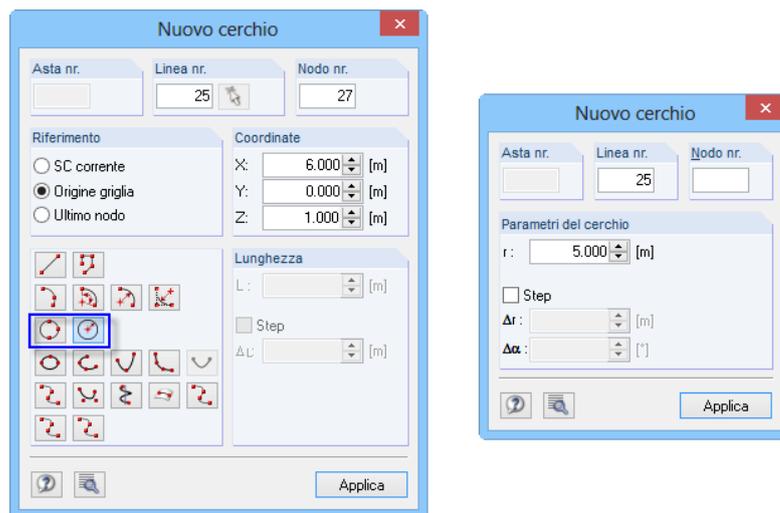


Figura 4.33: Finestra di dialogo *Nuovo cerchio*, tipo di definizione *Centro e raggio*

Quando si definisce il cerchio graficamente utilizzando uno dei pulsanti della barra degli strumenti, è possibile selezionare o creare i tre nodi o il centro e il raggio direttamente nell'area di lavoro.

Ellisse

Per definire un'ellisse, si richiedono almeno tre nodi.

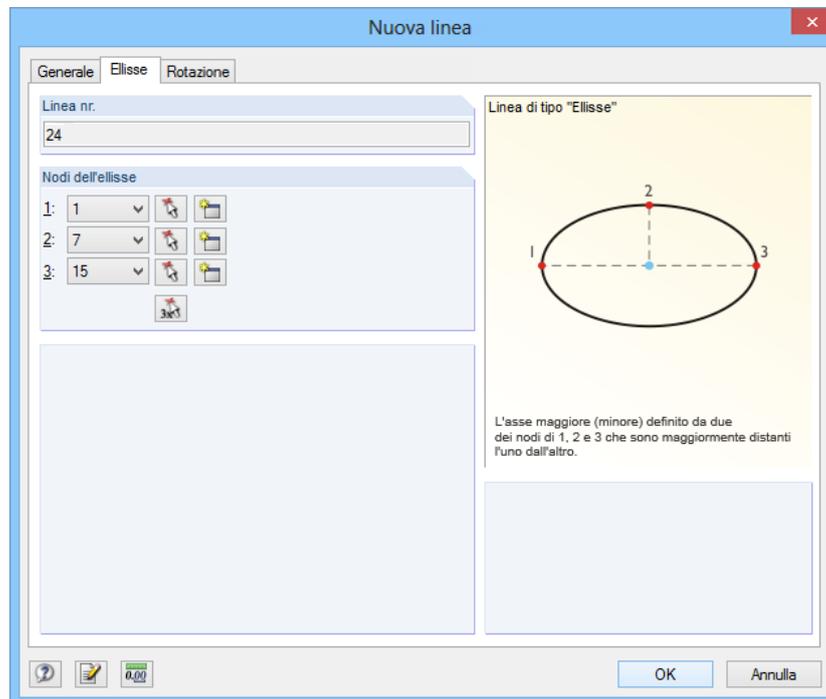
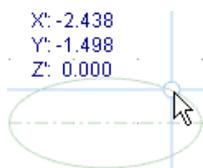


Figura 4.34: Finestra di dialogo *Nuova Linea*, scheda *Ellisse*



L'ellisse è generata dai *Nodi dell'ellisse*: l'asse principale dell'ellisse è definito dalla distanza maggiore tra i tre nodi inseriti.

Se si utilizza il pulsante della barra degli strumenti per definire l'ellisse graficamente, è possibile impostare direttamente i tre nodi per disegnare l'ellisse nel piano di lavoro.

Arco ellittico / parabola / iperbole

È possibile definire le seguenti curve di sezioni coniche :

- Arco ellittico
- Parabola
- Iperbole



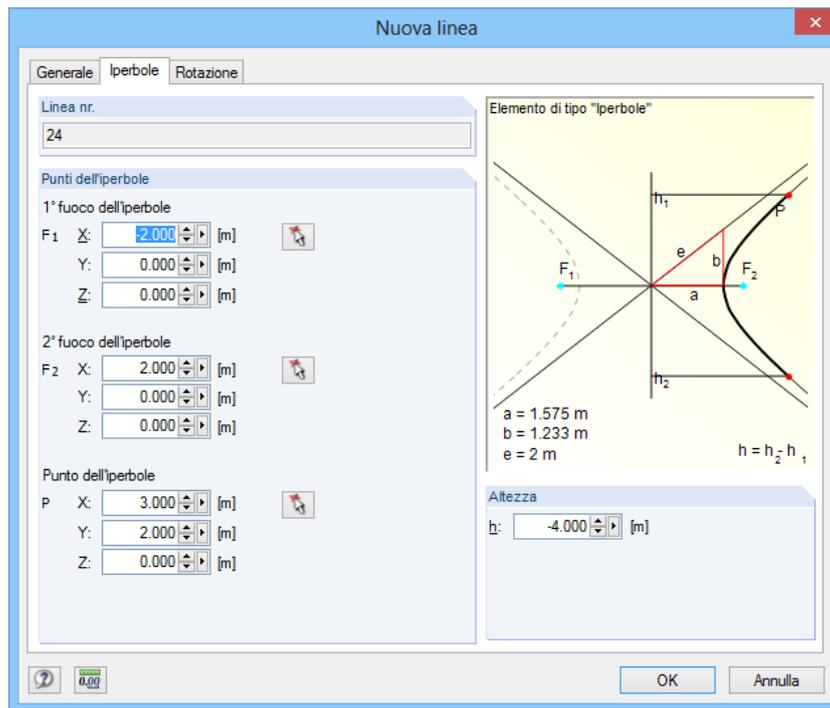
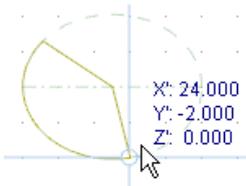


Figura 4.35: Finestra di dialogo *Nuova Linea*, scheda *Iperbole*



Inserire i parametri della curva (fuoco, angolo, asse di rotazione ecc.) manualmente nella scheda corrispondente della finestra di dialogo *Nuova Linea* o graficamente.

Quando si inseriscono i dati della linea graficamente utilizzando uno dei pulsanti della barra degli strumenti, è possibile definire i parametri della curva direttamente nell'area di lavoro.

Spline



Le spline sono utilizzate per modellare una curva geometrica qualsiasi. Si disegni una linea spline graficamente selezionando i nodi specifici della linea curva uno dopo l'altro, oppure creare i nodi puntando e cliccando con il mouse.

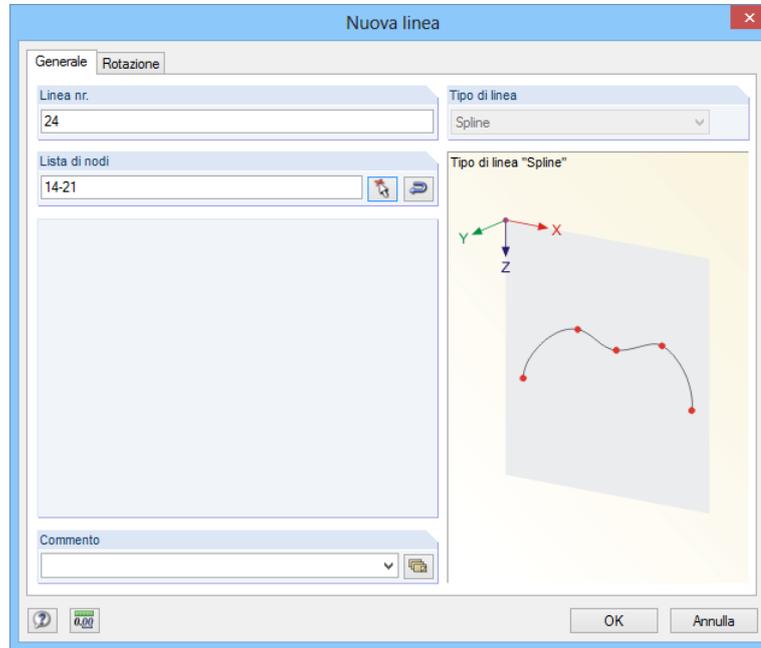


Figura 4.36: Finestra di dialogo Nuova Linea - tipo di linea Spline

NURBS



Le NURBS (Non-Uniform Rational B-Splines) sono necessarie per modellare superfici di forma libera. Le NURBS sono spline i cui punti di controllo non sono collocati sulla stessa curva. Solitamente, queste linee si disegnano graficamente selezionando i punti di controllo uno dopo l'altro o creando i punti con i clic del mouse.

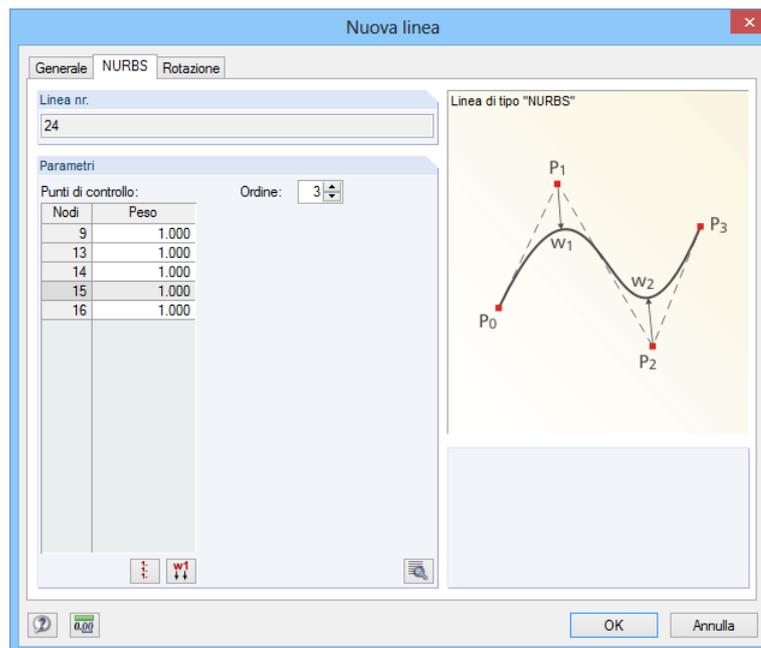


Figura 4.37: Finestra di dialogo Nuova Linea - tipo di linea NURBS

Traiettorie



Utilizzare le traiettorie per creare linee elicoidali. Solitamente, si disegnano graficamente utilizzando il pulsante della barra degli strumenti mostrato sulla sinistra. Si aprirà la seguente finestra di dialogo:

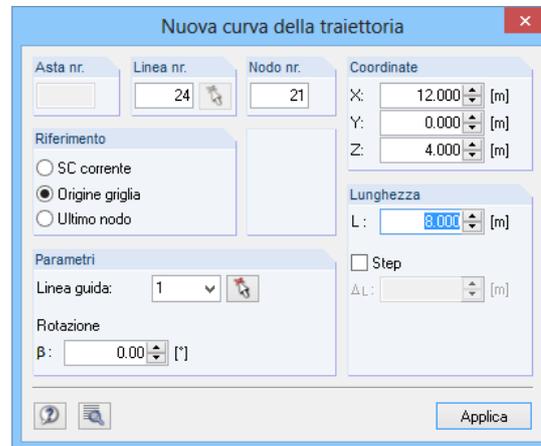
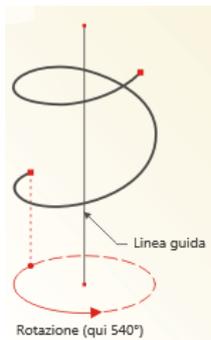


Figura 4.38: Finestra di dialogo *Nuova curva della traiettoria*



Dapprima, definire le *Coordinate* dell'inizio della linea. Quindi, la sezione di dialogo *Parametri* sarà abilitata e lì sarà possibile specificare la *Rotazione* totale dell'elica.

Definire le *Coordinate* della fine della linea graficamente, oppure inserirle manualmente e fare clic sul pulsante [Applica]. Come alternativa, è possibile utilizzare il campo di immissione *Lunghezza*. Infine, le coordinate della fine della linea saranno determinate considerando la rotazione specificata nel piano di lavoro.

Per modificare una traiettoria già definita, fare doppio clic sulla linea della sua traiettoria. Si aprirà la finestra di dialogo *Modifica linea* dove è possibile modificare gli ingressi nella scheda di dialogo *Traiettoria*.

Linea sulla superficie



In generale, le linee sulle superfici piane sono automaticamente riconosciute come oggetti integrati e solitamente il tipo di linea *Polilinea* è sufficiente. Tuttavia, per impostare una linea su una superficie curva, si utilizzi il tipo di linea *Sulla superficie*. È inoltre possibile utilizzare anche questa opzione per inserire linee su superfici piane che non sono parallele agli assi globali, senza che si crei un nuovo sistema di coordinate definito dall'utente.

La finestra di dialogo di immissione è simile a quella della polilinea (si veda Figura 4.24, pagina 51).



Inserire i nodi iniziali e finali della linea nella finestra di dialogo o selezionarli graficamente. Per impostare i nodi direttamente su una superficie curva, utilizzare la finestra di dialogo fluttuante *Nuova linea di tipo 'Sulla superficie'*, ma attenzione, la superficie deve essere stata precedentemente selezionata e l'opzione di visualizzazione del modello *Realistico* o *Trasparente* deve essere attiva. RFEM genererà nodi di tipo *Sulla superficie*.



La superficie, dove è integrata la linea, è definita nella seconda scheda *Sulla superficie* della finestra di dialogo *Nuova linea*. Inoltre, è anche possibile controllare i parametri δ_1 e δ_2 dei nodi iniziali e finali (si veda Figura 4.14, pagina 46), ma non è possibile modificarli.

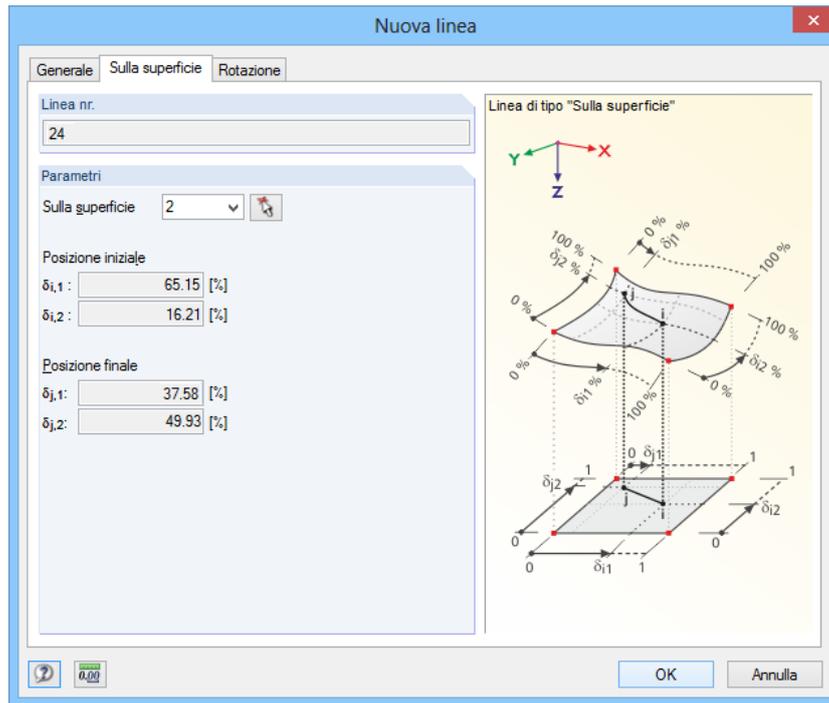
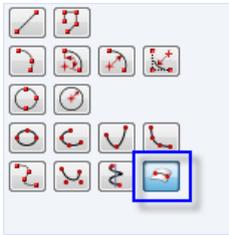


Figura 4.39: Finestra di dialogo *Nuova Linea*, scheda *Sulla superficie*



Se si sceglie l'immissione della linea in modalità grafica, utilizzando il pulsante della barra degli strumenti [Sulla superficie], sarà possibile posizionare i nodi direttamente sulle superfici curve. Si noti che l'opzione di visualizzazione *Modello a fil di ferro* non può essere usata per l'immissione.

4.3 Materiali

Descrizione generale

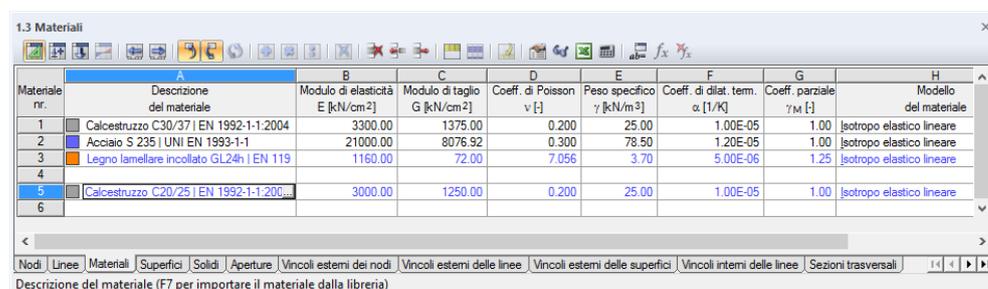
I materiali sono necessari per definire le superfici, le sezioni trasversali e i solidi. Le proprietà dei materiali influiscono sulla rigidezza degli oggetti del modello.

Un *Colore* è assegnato a ciascun materiale. I colori sono utilizzati per impostazione predefinita nel modello di rendering per la rappresentazione di oggetti (si veda paragrafo 11.1.9, pagina 450).

Per i nuovi modelli, RFEM mostra gli ultimi due materiali che sono stati utilizzati.



Figura 4.40: Finestra di dialogo *Nuovo materiale*



Materiali nr.	A Descrizione del materiale	B Modulo di elasticità E [kN/cm²]	C Modulo di taglio G [kN/cm²]	D Coeff. di Poisson ν [-]	E Peso specifico γ [kN/m³]	F Coeff. di dilat. term. α [1/K]	G Coeff. parziale γM [-]	H Modello del materiale
1	Calcestruzzo C30/37 EN 1992-1-1:2004	3300.00	1375.00	0.200	25.00	1.00E-05	1.00	Isotropo elastico lineare
2	Acciaio S 235 UNI EN 1993-1-1	21000.00	8076.92	0.300	78.50	1.20E-05	1.00	Isotropo elastico lineare
3	Legno lamellare incollato GL24h EN 119	1160.00	72.00	7.056	3.70	5.00E-06	1.25	Isotropo elastico lineare
4								
5	Calcestruzzo C20/25 EN 1992-1-1:2004	3000.00	1250.00	0.200	25.00	1.00E-05	1.00	Isotropo elastico lineare
6								

Figura 4.41: Tabella 1.3 *Materiali*

Descrizione del materiale

Un nome qualsiasi può essere scelto per la *Descrizione* del materiale. Quando il nome immesso corrisponde ad una voce della libreria, RFEM importerà le proprietà del materiale. L'importazione di materiali dalla libreria è descritta più avanti.

Modulo di elasticità E

Il modulo di elasticità descrive il rapporto tra la tensione normale e la deformazione.

Per modificare le impostazioni dei *Materiali*, cliccare su **Unità e cifre decimali** nel menu **Modifica**, oppure utilizzare il pulsante corrispondente.



Modulo di taglio G

Il modulo di taglio G è il secondo parametro utilizzato per descrivere il comportamento elastico di un materiale lineare, isotropo ed omogeneo.



Il modulo di taglio dei materiali elencati nella libreria è calcolato secondo l'equazione 4.1 dal modulo di elasticità E e il rapporto di Poisson ν . In questo modo, si ha sempre una matrice simmetrica di rigidezza per materiali isotropici. I valori del modulo di taglio determinati in questo modo possono leggermente differire dalle specifiche negli Eurocodici.

Coefficiente di Poisson ν

Esiste la seguente relazione tra il modulo elastico, il modulo di taglio e il coefficiente di Poisson ν .

$$E = 2G(1 + \nu)$$

Equazione 4.1



Quando si definiscono manualmente le proprietà di un materiale isotropo, RFEM determinerà automaticamente il coefficiente di Poisson dai valori del modulo elastico e di taglio (o rispettivamente il modulo di taglio dal modulo di elasticità e dal coefficiente di Poisson).

In generale, il coefficiente di Poisson di materiali isotropici ha valori compresi tra 0,0 e 0,5. Pertanto, per un valore superiore a 0,5 (per esempio per la gomma) si assume che il materiale non è isotropo. Prima di avviare il calcolo, apparirà un avviso che chiederà di utilizzare un modello di materiale ortotropo.

Peso specifico γ

Il peso specifico γ descrive il peso del materiale per unità di volume.

Questa specificazione è particolarmente importante per il tipo di carico "peso proprio". Il peso proprio della struttura è determinato automaticamente utilizzando il peso specifico e le aree delle sezioni trasversali delle aste o di superfici e solidi.

Coefficiente di dilatazione termica α

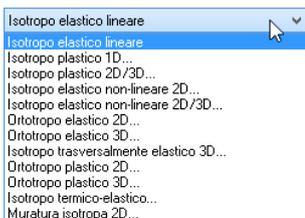
Il coefficiente descrive la correlazione lineare tra le variazioni di temperatura e le deformazioni assiali (allungamento assiale dovuto al riscaldamento, accorciamento per il raffreddamento).

Il valore è importante per i tipi di carico "variazioni di temperatura" e "gradiente di temperatura".

Coefficiente parziale di sicurezza γ_M

Il valore indica il coefficiente di sicurezza per la resistenza del materiale. Pertanto si usa l'indice M . Utilizzare il coefficiente γ_M per ridurre la rigidezza per l'analisi del secondo ordine e a grandi spostamenti (si veda paragrafo 7.3.1, pagina 275).

Non si confonda il coefficiente γ_M con i coefficienti di sicurezza per la determinazione delle forze interne di progetto. I coefficienti parziali di sicurezza γ per le azioni prendono parte nella combinazione dei casi di carico per le combinazioni di carico e dei risultati.



Modello del materiale

Si possono selezionare nove modelli di materiale nell'elenco. Utilizzare il pulsante [Dettagli] nella finestra di dialogo o tabella per accedere alle finestre di dialogo dove è possibile definire i parametri del modello selezionato.

Se non si ha licenza per il modulo aggiuntivo **RF-MAT NL**, si potranno utilizzare solo i modelli di materiale *Isotropo lineare elastico* e *Ortotropo elastico 2D/3D*.

Isotropo lineare elastico

Le proprietà di rigidità elastica lineare del materiale non dipendono dalle direzioni. Queste possono essere descritte secondo l'Equazione 4.1. Le seguenti condizioni sono valide:

- $E > 0$
- $G > 0$
- $-1 < \nu \leq 0,5$ (solo per solidi e superfici, per aste: limite superiore senza limiti)

La matrice di elasticità (inversa della matrice di rigidità) per le superfici è la seguente:

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{xz} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{E} & -\frac{\nu}{E} & & & \\ -\frac{\nu}{E} & \frac{1}{E} & & & \\ & & \frac{1}{G} & & \\ & & & \frac{1}{G} & \\ & & & & \frac{1}{G} \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \\ \tau_{yz} \\ \tau_{xz} \end{Bmatrix}$$

Equazione 4.2

Isotropo elasto-plastico 1D

Si aprirà una finestra di dialogo nella quale è possibile specificare le proprietà plastiche del materiale isotropo. RFEM terrà conto di tali proprietà per gli elementi aste, ad esempio per il calcolo plastico di una catena cinematica.



Il comportamento non lineare del materiale sarà determinato correttamente nel calcolo solo se si crea un numero sufficiente di nodi EF sull'asta. Si possono selezionare le seguenti possibilità:

- Finestra di dialogo *Dividi asta tramite n nodi intermedi* (si veda Figura 11.91, pagina 497), metodo di divisione *senza dividerla*
- Finestra di dialogo *Impostazioni mesh EF* (si veda Figura 7.10, pagina 267), opzione *Usa divisione per le aste dritte* con un *Numero minimo di divisioni dell'asta* di 10

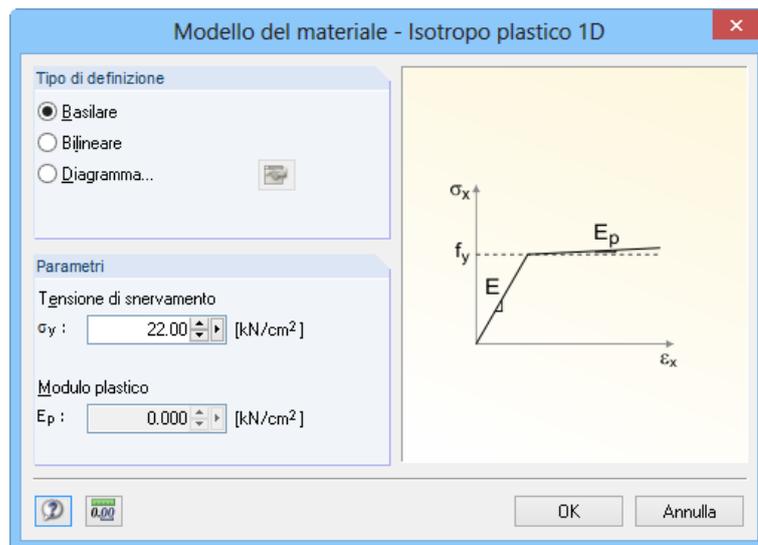


Figura 4.42: Finestra di dialogo *Modello del materiale - Isotropo plastico 1D*

Definire i parametri del materiale plastico ideale o bilineare. È anche possibile definire un *Diagramma* di tensioni-deformazioni per rappresentare il comportamento del materiale più vicino alla realtà.

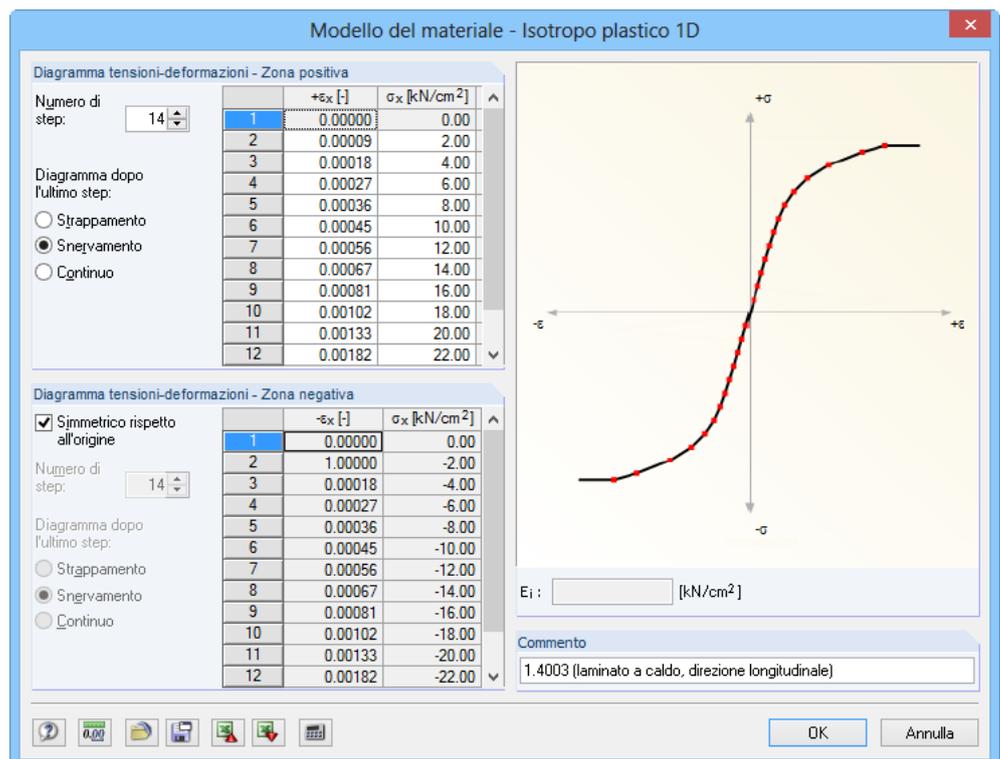


Figura 4.43: Finestra di dialogo *Modello del materiale - Isotropo plastico 1D, Diagramma tensioni-deformazioni*

Le proprietà del materiale possono essere definite separatamente per la *Zona negativa* e *positiva*. Il *Numero di step* determina il numero dei punti di definizione disponibile. Inserire le deformazioni ϵ e le tensioni normali corrispondenti σ nei due elenchi.

Sono disponibili diverse opzioni per il *Diagramma dopo l'ultimo step*: *Strappamento* per la rottura del materiale quando si supera una certa tensione, *Snervamento* per limitare il trasferimento di una tensione massima, *Continuo* come nell'ultimo step o *Stop* per limitare a una deformazione massima ammissibile.



Inoltre, è anche possibile importare i parametri da un foglio di lavoro [Excel].

Esaminare il grafico dinamico a destra per controllare le proprietà del materiale. Il campo del dialogo E_i al di sotto del grafico mostra il modulo di elasticità per il punto di definizione attuale.

Utilizzare il pulsante [Salva come] nella finestra di dialogo per salvare il diagramma di tensioni-deformazioni in modo da poterlo applicare a modelli diversi. È possibile importare diagrammi definiti dall'utente tramite il pulsante [Carica] (vedere figura sotto).

La casella di controllo *Attiva rigidezza di taglio delle aste (aree della sezione trasversale A_y, A_z)* nella finestra di dialogo *Parametri di calcolo* (vedere la Figura 7.22, pagina 281) non ha effetto per le aste con proprietà isotrope elastiche-plastiche del materiale. Questo modello di materiale utilizza la teoria della trave secondo EULERO-BERNOULLI dove le distorsioni da taglio sono trascurate.

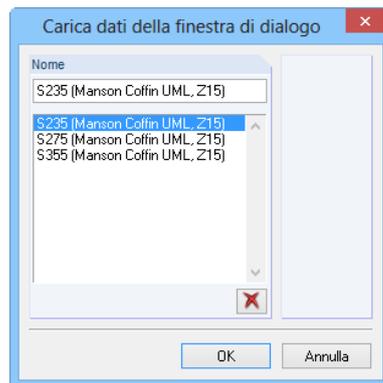


Figura 4.44: Finestra di dialogo *Carica dati della finestra di dialogo*

Isotropo elasto-plastico 2D/3D

Questo modello di materiali mostra un comportamento del materiale isotropo nella zona elastica. La zona plastica si fonda su criteri di tensione secondo VON MISES (plasticità J_2) con una *Tensione di snervamento* definita dall'utente della tensione equivalente per superfici e solidi.

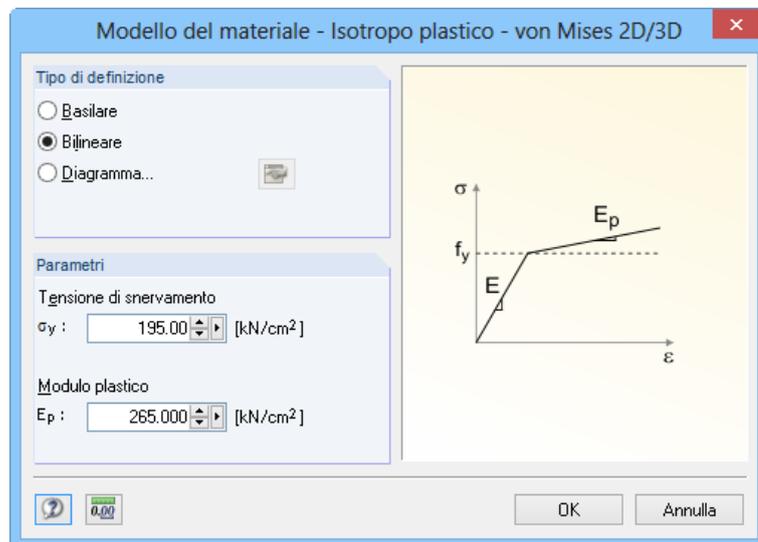


Figura 4.45: Finestra di dialogo *Modello del materiale - Isotropo plastico - von Mises 2D/3D*

Definire i parametri del materiale ideale o bilinearmente plastico. È anche possibile definire un *Diagramma* di tensioni-deformazioni per rappresentare il comportamento del materiale più vicino alla realtà (si veda Figura 4.43). Le stesse relazioni si applicano per la tensione e la compressione.

I criteri di tensione sono i seguenti:

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2}$$

elementi 2D

Equazione 4.3

$$\sigma_v = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_x - \sigma_z)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2 + \tau_{yz}^2)}$$

elementi 3D

Equazione 4.4



Il calcolo delle proprietà plastiche del materiale per sono effettuate iterativamente e con incrementi di carico (si veda paragrafo 7.3, pagina 284). Se la tensione è superata in un elemento finito, il modulo di elasticità sarà ridotto e si avvierà un nuovo calcolo. Il processo si ripeterà fino a quando non sarà raggiunta la convergenza. Quando il calcolo sarà terminato, le riduzioni della rigidezza possono essere controllate anche graficamente (si veda paragrafo 9.3.2, pagina 365).



Quando si valutano i risultati, si consiglia di utilizzare l'opzione di discretizzazione *Costante sugli elementi* (si veda Figura 9.31, pagina 381). L'impostazione garantisce che il limite di tensione definito sia visualizzato come il massimo nel pannello dei risultati. Gli effetti plastici si possono considerare solo elemento per elemento nel calcolo. Per le restanti opzioni di discretizzazione, tuttavia, RFEM interpola o estrapola i risultati. Questo può portare a distorsioni che sono più o meno distinte a seconda della mesh.

Isotropo elastico non-lineare 2D

Questo modello di materiale è simile al modello *Isotropo elasto-plastico 2D/3D* descritto sopra ma non viene fornita nessuna energia al modello (analisi conservativa). Poiché si applicano le stesse relazioni tensioni-deformazioni per il carico e lo scarico, non sarà disponibile nessuna distorsione plastica permanente dopo il rilascio del carico.

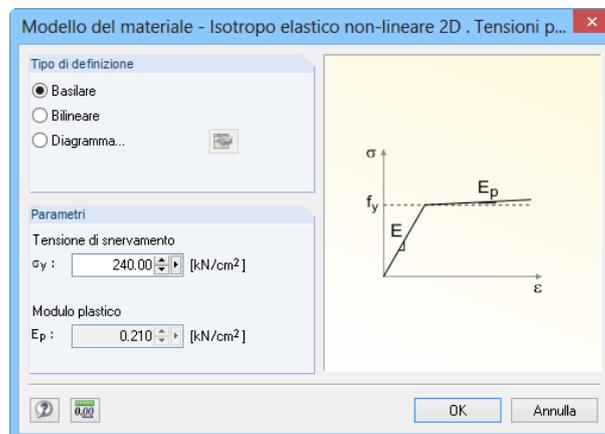


Figura 4.46: Finestra di dialogo *Modello del materiale - Isotropo elastico non-lineare 2D*

La matrice di elasticità è smorzata isotropicamente in modo che la curva tensione-deformazione delle tensioni equivalenti e distorsioni siano soddisfatte per i criteri di VON MISES . Queste sono definite dalle seguenti condizioni:

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2}$$

$$\varepsilon_v = \frac{\sigma_v}{E}$$

Equazione 4.5

Nel *Diagramma*, si può definire la curva tensione-deformazione separatamente per la trazione e la zona di compressione (si veda Figura 4.43).

Ortotropo elastico 2D

È possibile definire le proprietà di rigidezza differentemente in entrambe le direzioni x e y della superficie. In questo modo, sarà possibile modellare, per esempio, impalcati con nervature o le direzioni di tensione delle coperture armate. Gli assi della superficie x e y sono tra loro perpendicolari nel piano della superficie (si veda Figura 4.73, pagina 87).



I modelli del materiale di RFEM4 *Ortotropo* e *Ortotropo Extra* sono convertiti in questo modello.

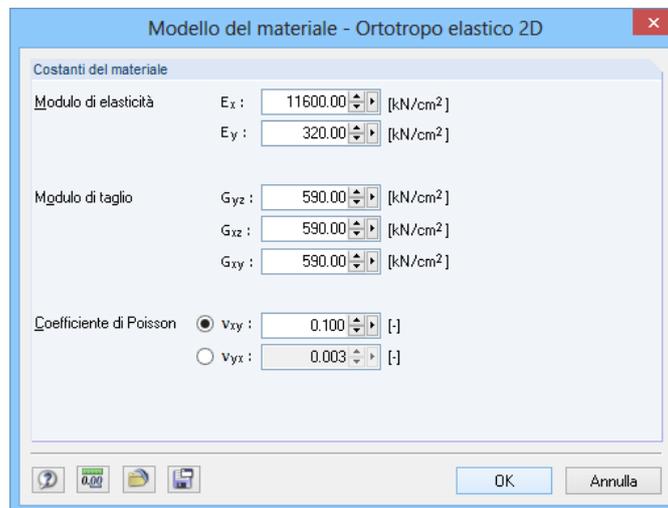


Figura 4.47: Finestra di dialogo *Modello di materiale - Ortotropo elastico 2D*

Con questo modello di materiale è possibile assegnare una proprietà ortotropa globalmente a tutte le superfici costituite da un materiale particolare. In alternativa, è possibile definire i parametri per ciascuna superficie singolarmente (si veda paragrafo 4.12 *Superfici ortotrope*, pagina 119).

Un materiale elastico ortotropo è caratterizzato dai moduli di elasticità E_x e E_y , dai moduli di taglio G_{yz} , G_{xz} e G_{xy} , e dai coefficienti di Poisson ν_{xy} e ν_{yx} . La matrice di elasticità (inversa della matrice di rigidezza) è definita nel seguente modo:

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{xz} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{E_x} & -\frac{\nu_{xy}}{E_x} \\ -\frac{\nu_{yx}}{E_y} & \frac{1}{E_y} \\ & & \frac{1}{G_{xy}} \\ & & & \frac{1}{G_{yz}} \\ & & & & \frac{1}{G_{xz}} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \\ \tau_{yz} \\ \tau_{xz} \end{Bmatrix}$$

Equazione 4.6

Tra il coefficiente principale di Poisson ν_{xy} e il coefficiente di Poisson secondario ν_{yx} esiste la seguente relazione:

$$\frac{\nu_{yx}}{E_y} = \frac{\nu_{xy}}{E_x}$$

Equazione 4.7

Le seguenti condizioni devono essere soddisfatte per una matrice di rigidezza definita positiva:

- $E_x > 0$; $E_y > 0$
- $G_{yz} > 0$; $G_{xz} > 0$; $G_{xy} > 0$
- $|\nu_{xy}| < \sqrt{\frac{E_x}{E_y}}$

Ortotropo elastico 3D

In un modello di materiale tridimensionale, è possibile definire le rigidità elastiche separatamente per tutte le direzioni del solido. In questo modo, si possono raffigurare per esempio le proprietà della resistenza dei materiali in legno.

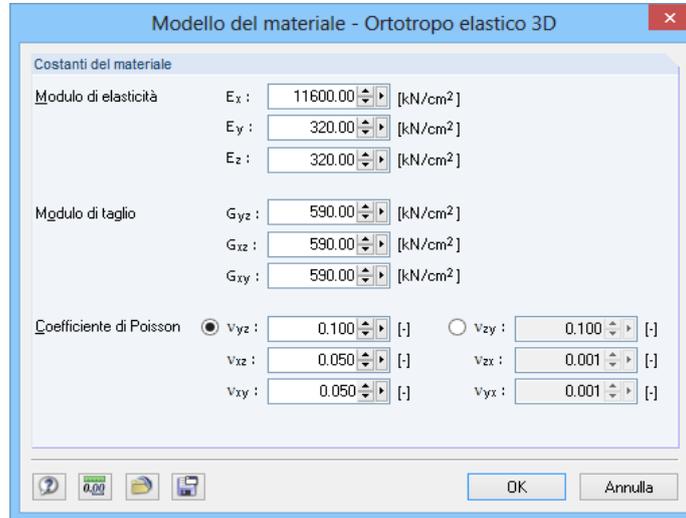


Figura 4.48: Finestra di dialogo *Modello di materiale - Ortotropo elastico 3D*

La matrice di elasticità è definita in questo modo:

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{xz} \\ \gamma_{xy} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{E_x} & -\frac{\nu_{xy}}{E_x} & -\frac{\nu_{xz}}{E_x} \\ -\frac{\nu_{yx}}{E_y} & \frac{1}{E_y} & -\frac{\nu_{yz}}{E_y} \\ -\frac{\nu_{zx}}{E_z} & -\frac{\nu_{zy}}{E_z} & \frac{1}{E_z} \\ & & & \frac{1}{G_{yz}} \\ & & & & \frac{1}{G_{xz}} \\ & & & & & \frac{1}{G_{xy}} \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \\ \tau_{yz} \\ \tau_{xz} \\ \tau_{xy} \end{Bmatrix}$$

Equazione 4.8

Tra i coefficienti principali di Poisson ν_{yz} , ν_{xz} , ν_{xy} e quelli secondari ν_{zy} , ν_{zx} , ν_{yx} esistono le seguenti relazioni:

$$\frac{\nu_{zy}}{E_z} = \frac{\nu_{yz}}{E_y}; \quad \frac{\nu_{zx}}{E_z} = \frac{\nu_{xz}}{E_x}; \quad \frac{\nu_{yx}}{E_y} = \frac{\nu_{xy}}{E_x}$$

Equazione 4.9

Le seguenti condizioni devono essere soddisfatte per una matrice di rigidità definita positiva:

- $E_x > 0$; $E_y > 0$; $E_z > 0$
- $G_{yz} > 0$; $G_{xz} > 0$; $G_{xy} > 0$
- $|\nu_{yz}| < \sqrt{\frac{E_y}{E_z}}$; $|\nu_{xz}| < \sqrt{\frac{E_x}{E_z}}$; $|\nu_{xy}| < \sqrt{\frac{E_x}{E_y}}$
- $1 - \nu_{yz}^2 \frac{E_z}{E_y} - \nu_{xz}^2 \frac{E_z}{E_x} - \nu_{xy}^2 \frac{E_y}{E_x} - 2 \frac{E_z}{E_x} \nu_{yz} \nu_{xz} \nu_{xy} > 0$

Ortotropo elastico-plastico 3D

Il modello di materiale secondo TSAI-WU unifica le proprietà plastiche con quelle ortotrope. In questo modo, si possono inserire modellazioni speciali di materiali con caratteristiche anisotrope come materiali plastici o legno. Quando il materiale si snerva, le tensioni rimangono costanti. Avviene così una redistribuzione secondo le rigidità disponibili nelle singole direzioni.

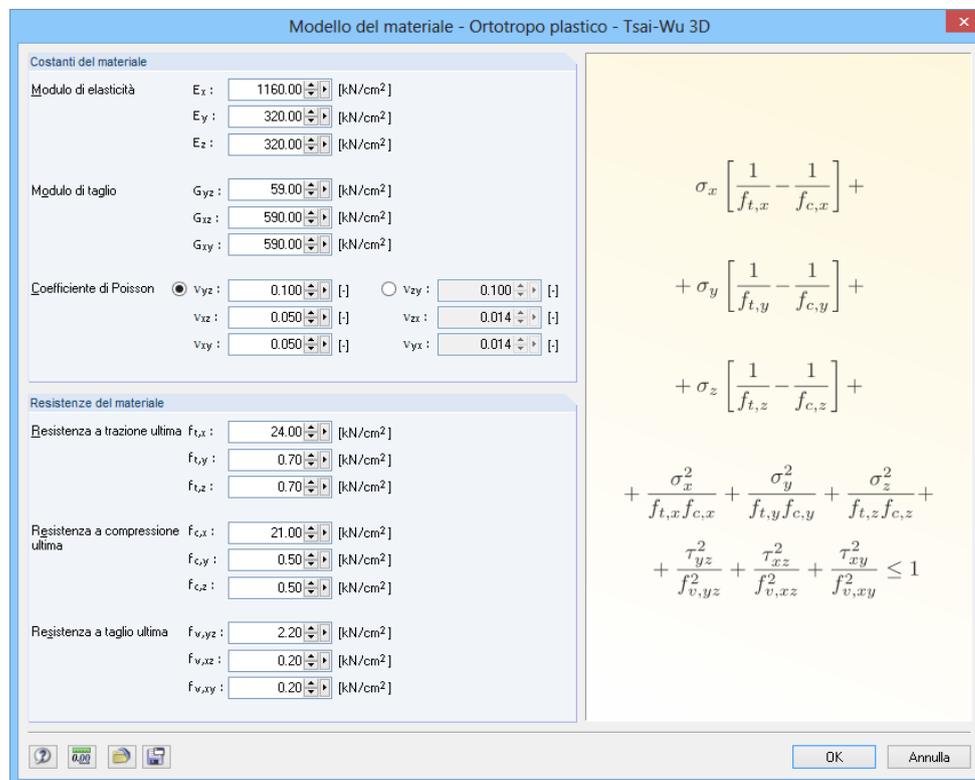


Figura 4.49: Finestra di dialogo *Modello del materiale - Ortotropo Plastico Tsai-Wu 3D*

La zona elastica corrisponde al modello di materiale *Ortotropo elastico 3D* (vedere sopra). Per la zona plastica sono validi i seguenti criteri delle tensioni secondo TSAI-WU:

$$f_y(\sigma) = \sigma_x \left(\frac{1}{f_{t,x}} - \frac{1}{f_{c,x}} \right) + \sigma_y \left(\frac{1}{f_{t,y}} - \frac{1}{f_{c,y}} \right) + \sigma_z \left(\frac{1}{f_{t,z}} - \frac{1}{f_{c,z}} \right) + \frac{\sigma_x^2}{f_{t,x} f_{c,x}} + \frac{\sigma_y^2}{f_{t,y} f_{c,y}} + \frac{\sigma_z^2}{f_{t,z} f_{c,z}} + \frac{\tau_{yz}^2}{f_{v,yz}^2} + \frac{\tau_{xz}^2}{f_{v,xz}^2} + \frac{\tau_{xy}^2}{f_{v,xy}^2}$$

- Dove
- $f_{t,x}, f_{t,y}, f_{t,z}$ resistenza a trazione plastica ultima in direzione x, y o z
 - $f_{c,x}, f_{c,y}, f_{c,z}$ resistenza a compressione plastica ultima in direzione x, y o z
 - $f_{v,yz}, f_{v,xz}, f_{v,xy}$ resistenza a taglio plastica in direzione yz, xz o xy

Equazione 4.10

Tutte le resistenze devono essere definite positivamente.

I criteri di tensione si possono immaginare come una superficie dalla forma di una elisse all'interno di uno spazio a sei dimensioni di tensioni. Se uno dei tre componenti delle tensioni si applica come un valore costante, la superficie può essere proiettata su uno spazio tensionale tridimensionale:

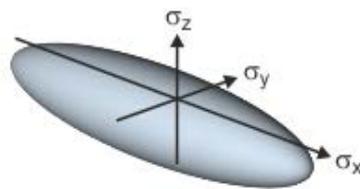


Figura 4.50: Proiezione delle superfici di snervamento per tensioni normali secondo Tsai-Wu

Quando il valore di $f_y(\sigma)$ secondo l'Equazione 4.10 è minore di 1, le tensioni giacciono nella zona elastica. La zona plastica sarà raggiunta non appena $f_y(\sigma) = 1$. Valori superiori a 1 non sono ammessi. Il comportamento del modello è idealmente plastico, il che significa che non vi è nessuna resistenza.



L'Equazione 4.10 è valida solo per il sistema di coordinate locali dell'elemento finito. Se non è conforme al sistema di coordinate del solido utilizzato per l'output delle tensioni in RFEM, si dovranno modificare i valori di conseguenza.

Isotropo termico-elastico



Le proprietà della curva tensione-deformazione dipendenti dalla temperatura di un materiale isotropo elastico possono essere definite in un diagramma o importate da [Excel]. Queste proprietà saranno prese in considerazione per elementi di aste e superfici sottoposte a un carico termico (variazioni o gradienti di temperatura).

Modello del materiale - Isotropo termico-elastico Cr-Mo Acciaio Cr 2 1/4% - 3%					
Impostazioni					
	Temperatura T [°C]	Modulo di elasticità E [kN/cm ²]	Modulo di taglio G [kN/cm ²]	Coeff. di Poisson ν [-]	Coeff. di dilat. term. α [1/°C]
1	-200.0	224777.00	112389.00	0.000	0.00E+00
2	-129.0	220640.00	110320.00	0.000	0.00E+00
3	-70.0	216503.00	108252.00	0.000	0.00E+00
4	21.0	210987.00	105494.00	0.000	0.00E+00
5	93.0	205471.00	102736.00	0.000	0.00E+00
6	149.0	202713.00	101357.00	0.000	0.00E+00
7	204.0	198576.00	99288.00	0.000	0.00E+00
8	260.0	195128.00	97564.00	0.000	0.00E+00
9	316.0	190992.00	95496.00	0.000	0.00E+00
10	371.0	186855.00	93427.50	0.000	0.00E+00
11	427.0	181339.00	90669.50	0.000	0.00E+00
12	482.0	176512.00	88256.00	0.000	0.00E+00
13	538.0	169617.00	84808.50	0.000	0.00E+00
14	593.0	163412.00	81706.00	0.000	0.00E+00
15	649.0	155138.00	77569.00	0.000	0.00E+00

Diagramma della temperatura
Temperatura - Modulo di elasticità

Temperatura di riferimento
T₀: 20.0 [°C]

Opzioni
 Coefficiente di Poisson identico

Commento
Cr-Mo Acciaio Cr 2 1/4% - 3%

Figura 4.51: Finestra di dialogo *Modello del materiale - Isotropo termico-elastico*

La *Temperatura di riferimento* definisce le rigidità per le aste o superfici che non hanno carichi di temperatura. Per esempio, quando si imposta una temperatura di riferimento di 300 °C, RFEM applica il modulo elastico ridotto di questo punto del diagramma di temperatura a tutte le aste e le superfici.

Con l'impostazione nella sezione del dialogo *Opzioni* si decide se si devono applicare i *Coefficienti di Poisson identici* a tutto il diagramma di temperatura. Si rimuova il segno di spunta per accedere alla colonna della tabella *Coefficiente di Poisson*, se si desidera inserire singoli ingressi.



Utilizzare il pulsante [Carica] per importare i diagrammi di temperatura predefiniti per leghe ferrose differenti (si veda figura 4.44, pagina 67).



Cliccare sul pulsante [Salva] per salvare i diagrammi di temperatura definiti dall'utente in modo da poterli utilizzare in altri modelli.

Muratura isotropa 2D

Utilizzare questo modello di materiale per prendere in considerazione pareti in muratura non in grado di sostenere le forze di trazione, ma che reagiscono con la formazione di fessure.

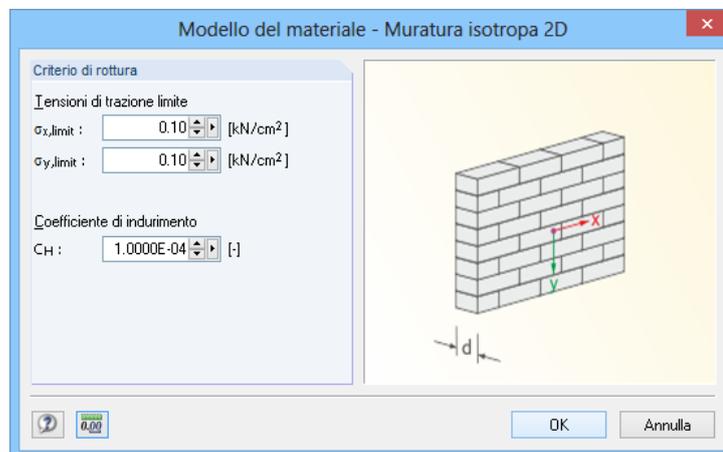


Figura 4.52: Finestra di dialogo *Modello di materiale - Muratura isotropica 2D*

La finestra di dialogo consente la definizione delle *Tensioni di trazione limite* nella direzione degli assi x e y della superficie, vale a dire paralleli e perpendicolari agli interstizi del supporto. Poi, durante il calcolo dei dati, RFEM rivela con varie iterazioni quali elementi finiti diventano privi di tensione a causa del criterio di rottura.



Quando si imposta la tensione di trazione limite a zero, RFEM usa il valore limite di 10^{-11} N/mm² nei calcoli, per motivi di stabilità. Perciò, in questo modo, le tensioni minori di trazione non sono completamente escluse.

Se si verificassero problemi numerici durante il calcolo, per raggiungere la convergenza è possibile provare ad aumentare il *Coefficiente di indurimento* C_H .

Se il materiale della muratura è già stato definito nella libreria prima di aprire la finestra di dialogo del *Modello del materiale*, allora saranno presenti i seguenti valori limiti:

Standard	σ_x , limite	σ_x , limite
DIN 1053-100	f_{x2} resistenza a trazione parallela all'interstizio del supporto	0
EN 1996-1-1	f_{xk2} resistenza a trazione parallela all'interstizio del supporto	f_{xk1} resistenza a trazione perpendicolare all'interstizio del supporto

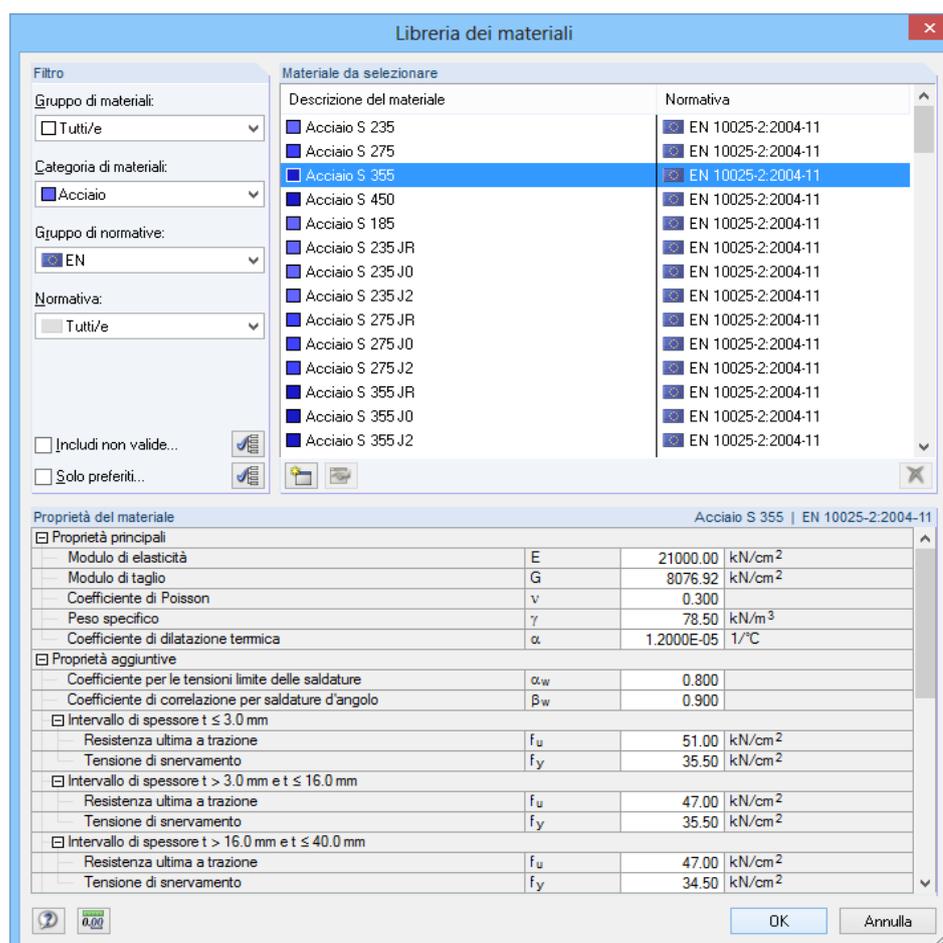
Tabella 4.1: Tensioni di trazione limite secondo la normativa per le murature

Libreria dei materiali

Le proprietà di molti materiali sono memorizzate in un database completo che può essere ulteriormente ampliato.

Apertura della libreria

Per accedere alla libreria, fare clic sul pulsante [Libreria materiali] (si veda figura 4.40, pagina 63) nella finestra di dialogo *Nuovo Materiale*. È possibile aprire il database anche nella tabella 1.3 *Materiali* (si veda figura 4.41, pagina 63): posizionare il cursore nella colonna A della tabella e fare clic sul pulsante [...] mostrato a sinistra, oppure utilizzare il tasto funzione [F7] della tastiera.

Figura 4.53: Finestra di dialogo *Libreria dei materiali*

Selezionare un materiale dall'elenco *Materiale da selezionare* e controllare i parametri corrispondenti nella parte inferiore della finestra di dialogo. Fare clic su [OK] o [↵] per importarlo nella finestra di dialogo precedente o nella tabella.

Filtro della libreria

Poiché la libreria dei materiali è molto ampia, vi sono diverse opzioni disponibili nella sezione del dialogo *Filtro*. È possibile filtrare l'elenco dei materiali secondo il *Gruppo di materiali*, *Categoria di materiali*, *Gruppo di normative* e *Normativa*. In questo modo, è possibile ridurre i dati offerti.

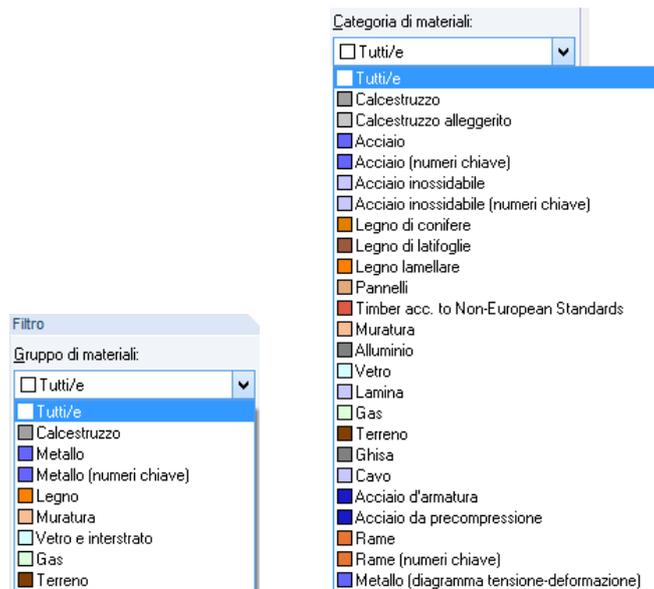


Figura 4.54: Filtro per *Gruppo di materiali* e *Categoria di materiali*

Creazione dei preferiti

Spesso, l'uso di pochi materiali è sufficiente nel lavoro ordinario. È possibile contrassegnare questi materiali tra i preferiti. Utilizzare il pulsante [Solo preferiti...] (si veda figura 4.56) per aprire la finestra di dialogo per definire i materiali preferiti.

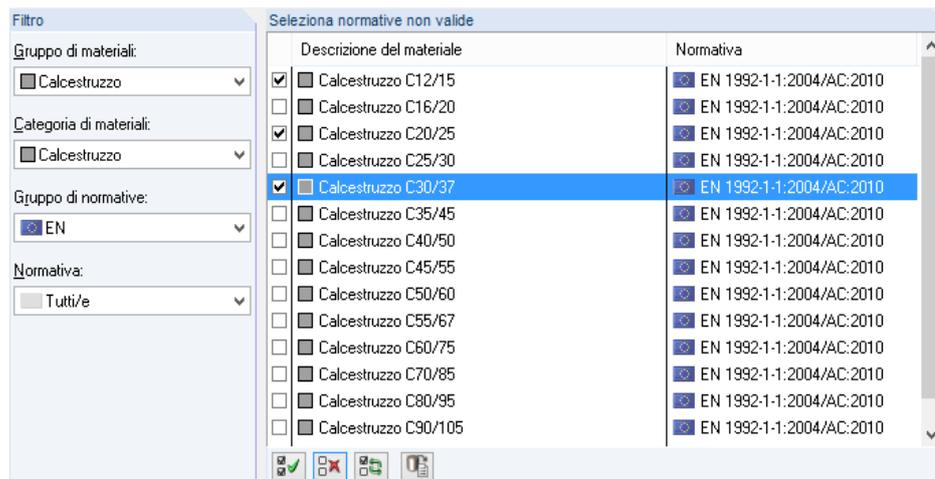


Figura 4.55: Finestra di dialogo *Libreria di Materiali - Preferiti* (sezione di dialogo)



La finestra di dialogo è simile a quella della libreria dei materiali. È possibile utilizzare le opzioni del filtro come descritto precedentemente. Nella sezione di dialogo *Libreria dei materiali - Preferiti* è possibile selezionare i materiali preferiti spuntando le rispettive caselle di controllo. Per cambiare la sequenza dei materiali, utilizzare i tasti [▲] e [▼].

Dopo la chiusura della finestra di dialogo, la libreria dei materiali presenta una chiara panoramica dei preferiti, non appena si attiva l'opzione *Solo preferiti*.

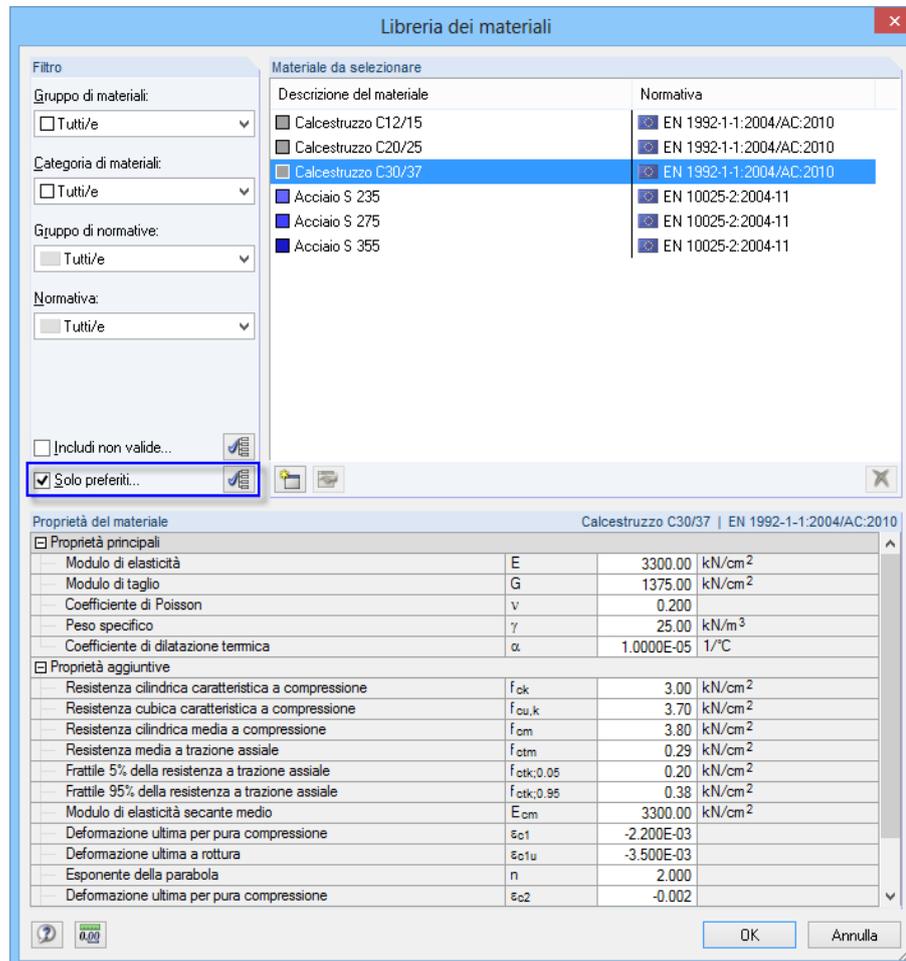


Figura 4.56: Finestra di dialogo *Libreria di materiali* con l'opzione *Solo preferiti*

Con l'opzione *Includi non valide* nella sezione del dialogo *Filtro*, è possibile integrare nella libreria anche i materiali di normative "vecchie".

Completamento della libreria

La libreria dei materiali può essere ampliata. Quando si aggiunge un nuovo materiale, questo può essere utilizzato per tutti i modelli disponibili.



Cliccare sul pulsante [Nuovo] nella libreria (a destra del pulsante [Preferiti], si veda figura 4.56). Si aprirà la finestra di dialogo *Nuovo materiale*. Saranno visibili i parametri della voce selezionata nell'elenco *Materiale da selezionare*. Questo può facilitare la creazione di un nuovo materiale con la scelta un materiale con proprietà simili prima di accedere alla finestra di dialogo.

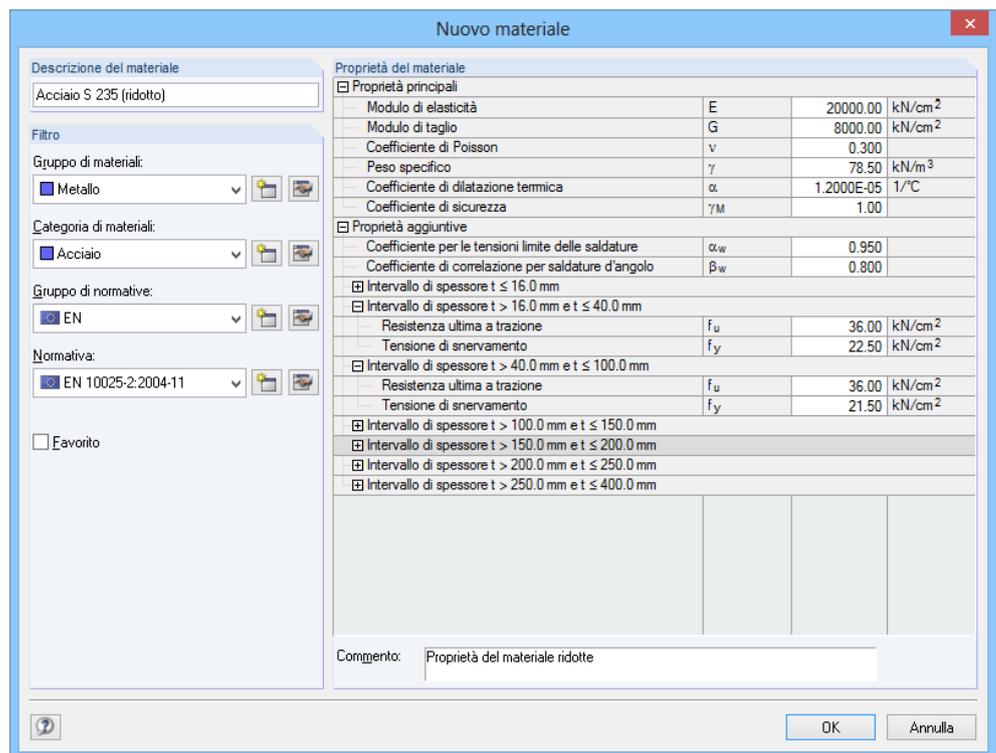


Figura 4.57: Finestra di dialogo *Nuovo materiale*

Inserire la *Descrizione del materiale*, definire le *Proprietà del materiale* e assegnare il materiale ai gruppi appropriati per le funzioni di *Filtro*.



Utilizzare i pulsanti mostrati a sinistra per creare e modificare i gruppi.

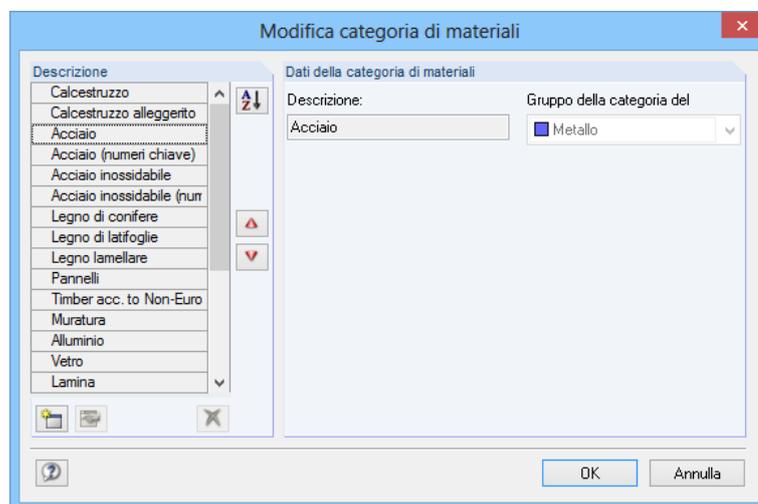


Figura 4.58: Finestra di dialogo *Modifica categoria di materiali*



Per cambiare la sequenza di materiali, utilizzare i tasti [▲] e [▼].

Memorizzazione dei materiali definiti dall'utente

Se si utilizzano materiali personalizzati, sarà necessario salvare il file **Materialien_User.dbd** prima di installare un aggiornamento. Il file si trova nella cartella principale dei dati di RFEM 5C:\ProgramData\Dlubal\RFEM 5.01\Dati generali.

4.4 Superfici

Descrizione generale

Oltre alla geometria della struttura, le superfici descrivono le rigidzze risultanti dalle proprietà dei materiali e del loro spessore. Quando si genera la mesh EF, sulle superfici si creano gli elementi 2D. Per informazioni dettagliate sugli elementi utilizzati, si veda paragrafo 7.2.1 a pagina 265.

Il tipo di rigidzza *Nulla* è utilizzato per la creazione geometrica dei solidi.

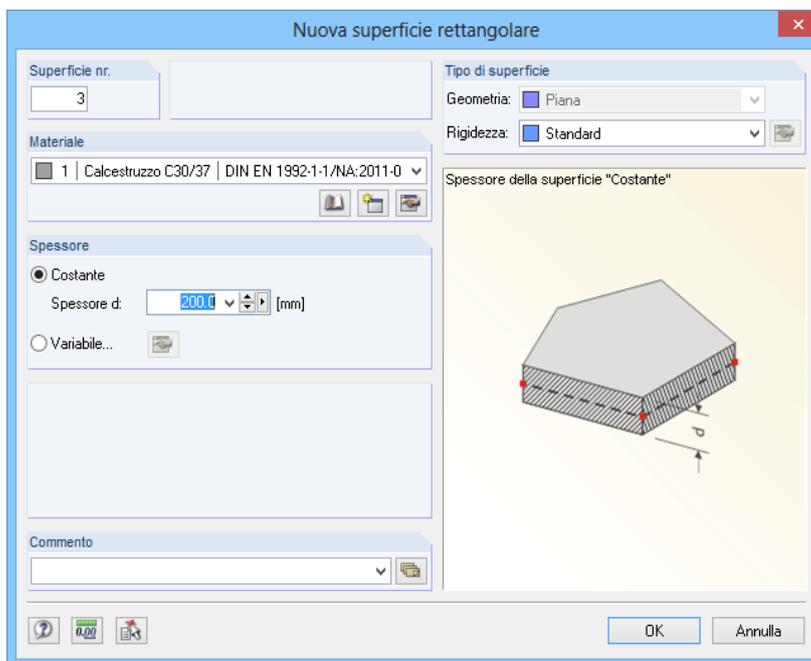


Figura 4.59: Finestra di dialogo *Nuova superficie rettangolare*

Tipo di superficie	
Geometria	Rigidzza
Piana	Standard
Quadrangolo	Ototropa
B-Spline	Vetro
Di rivoluzione	Rigida
Tubo	Membrana - Ototropa
Traiettoria	Nulla

Superf. nr.	Geometria	Rigidzza	Linee del contorno nr.	Materiale nr.	Spessore Tipo d [mm]	Eccentricità e _z [mm]	Nodi nr.	Linee nr.	Aperture nr.	Area A [m ²]	Peso W [kg]	Commento
1	Piana	Standard	4,5,2,3	1	Costante 200,0	0,0				53,611	26805,7	pietra
2	Quadrangolo	Standard	7,9,6	1	Costante 200,0	0,0	3	1		37,639	18949,6	guscio
3	Piana	Ototropa	13,14,12,10,11,9	1	Costante 200,0	0,0				32,899	16444,3	
4	Di rivoluzione	Standard	30/360,00/(7,000;2,000;0,000)/	3	Costante 20,0	0,0				122,232	19190,4	
5	Tubo	Standard	33/0,600	2	Costante 10,0	0,0				18,850	1479,7	

Figura 4.60: Tabella 1.4 *Superfici*

Diverse proprietà di *Geometria* e *Rigidzza* sono disponibili per la modellazione delle strutture. È possibile combinare gli ingressi di entrambi gli elenchi di *Tipo di superficie* sia nella sezione del dialogo che nelle colonne della tabella – entro i limiti specifici e le condizioni di tipologia.

I colori dei simboli guidano nell'assegnazione dei vari tipi di *Geometria* e *Rigidzza*. È possibile utilizzare i colori nel modello per rappresentare i vari tipi di superficie. I colori sono gestiti nel navigatore *Visualizza* secondo le impostazioni nel *Colori nel rendering secondo* (si veda paragrafo 11.1.9, pagina 450).

Tipo di superficie - Geometria

Superficie piana

Le superfici piane possono essere definite graficamente disegnando un rettangolo, un parallelogramma, un cerchio, una corona circolare, un poligono ecc. Utilizzare il menu o il pulsante ad elenco nella barra degli strumenti mostrato sulla sinistra per accedere alle diverse forme di superfici piane.

- Rettangolo...
- Rettangolo tramite centro...
- Rettangolo arrotondato...
- Rettangolo smussato...
- Parallelogramma...
- Triangolo...
- Forma ad L...
- Cerchio...
- Semicerchio...
- Segmento circolare...
- Quarto di cerchio...
- Settore circolare...
- Corona circolare...
- Semi corona circolare...
- Quarto di corona circolare...
- Settore di corona circolare...
- Ellisse...
- Poligono...
- Seleziona linee del contorno...

Quando si inseriscono i dati di una superficie, utilizzando uno dei pulsanti della barra degli strumenti, apparirà la seguente finestra di dialogo.

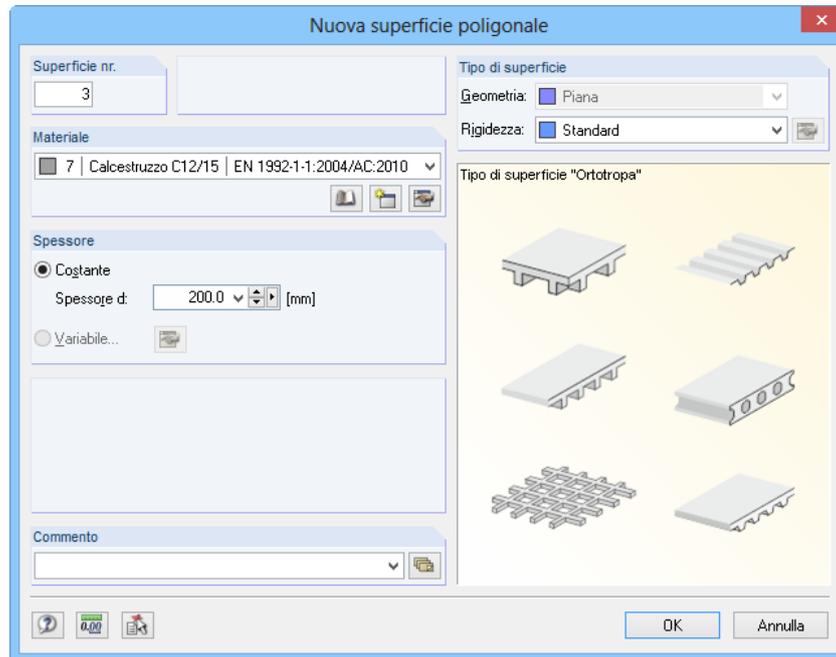


Figura 4.61: Finestra di dialogo *Nuova superficie poligonale*

Prima di tutto, inserire i parametri per il *Materiale*, lo *Spessore* e la *Rigidezza* oltre al numero della superficie. Fare clic su [OK], e definire le linee al contorno della superficie nella finestra di lavoro, selezionando i vertici pertinenti.



Con l'opzione del menu [Seleziona linee al contorno] è possibile selezionare le linee esistenti graficamente. Le linee devono essere disposte in una catena poligonale giacente in un piano. I tipi di linea sono descritti nel capitolo 4.2, pagina 55.

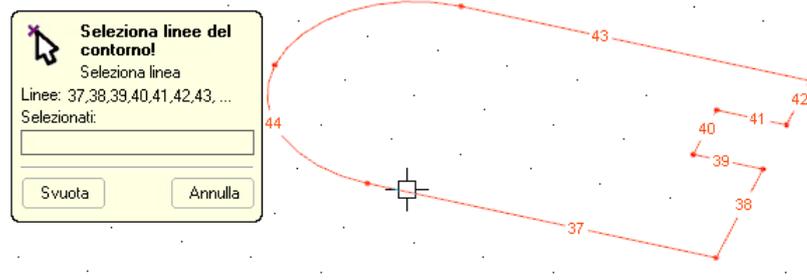


Figura 4.62: Selezione grafica delle linee al contorno

RFEM riconosce le superfici automaticamente non appena è stato selezionato un numero sufficiente di linee per definirne il contorno.

Superficie quadrangolare



Questo tipo di superficie rappresenta una superficie quadrilatera generica. Oltre alle linee rette, è possibile utilizzare archi, polilinee e spline come linee del contorno. Utilizzare questo tipo di superficie per modellare i gusci, poiché le linee al contorno non devono essere disposte in un piano.

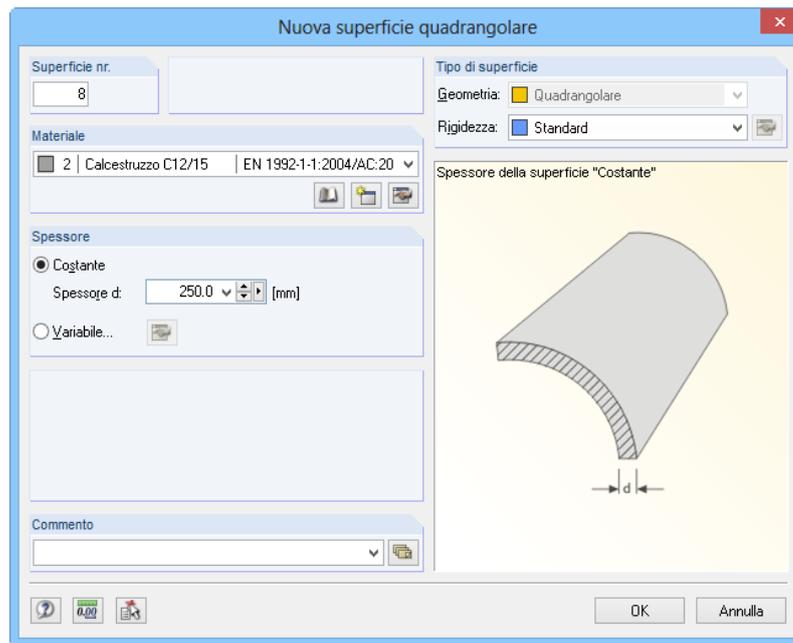


Figura 4.63: Finestra di dialogo *Nuova superficie quadrangolare*

È possibile selezionare le linee del contorno graficamente dopo aver fatto clic su [OK].

Superficie di rivoluzione



Una superficie di rivoluzione si crea tramite la rotazione di una linea intorno ad un asse fisso. La superficie, quindi, è il risultato della rivoluzione della linea dal punto iniziale a quello finale intorno all'asse centrale.

La finestra di dialogo *Nuova superficie di rivoluzione* è costituita da due schede. Si definisca la *Materiale*, lo *Spessore* e la *Rigidezza* della superficie nella scheda del dialogo *Generale* (si veda Figura 4.64). Non è consentito utilizzare una superficie con spessore variabile.

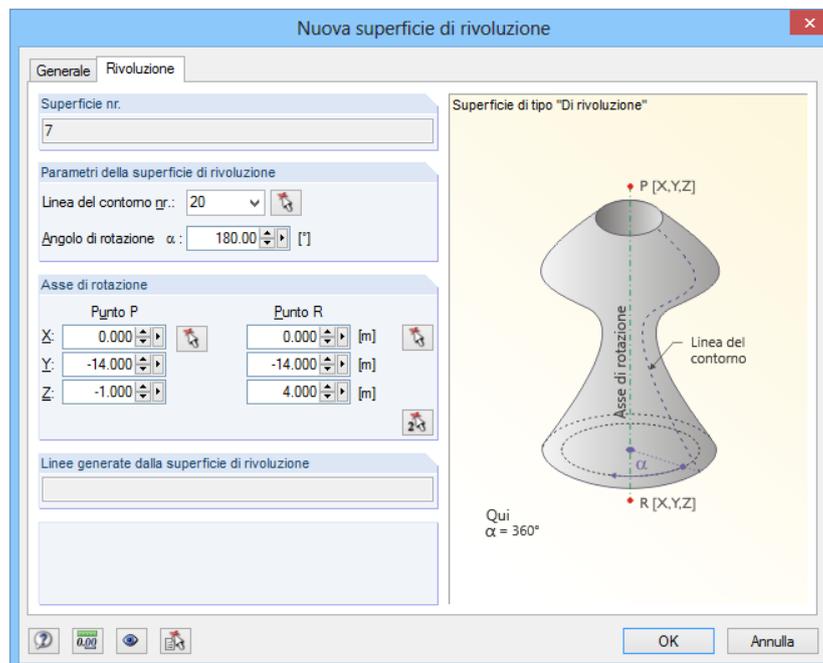


Figura 4.64: Finestra di dialogo *Nuova superficie di rivoluzione*, scheda *Rivoluzione*



Nella scheda *Rivoluzione*, è possibile specificare l'*Angolo di rotazione* α . Entrambi i punti dell'*Asse di rotazione* si possono definire inserendo le loro coordinate o utilizzando la funzione [↖]. Fare clic su [OK] e definire la linea del contorno per la rotazione nella finestra di lavoro.

Inoltre, le superfici di rivoluzione si possono creare dalle linee generate.

Tubo



La superficie di un tubo è creata dalla rivoluzione della linea del centro del tubo attorno all'asse centrale ad una distanza definita dal raggio.

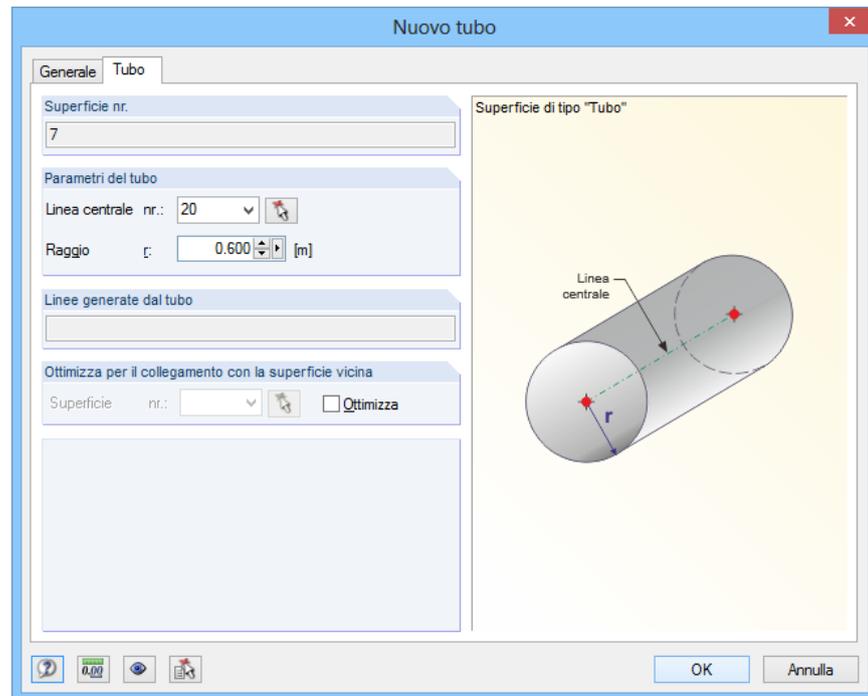


Figura 4.65: Finestra di dialogo *Nuovo tubo*, scheda *Tubo*



La finestra di dialogo *Nuovo Tubo* ha due schede. Nella scheda *Generale*, è possibile inserire i parametri per il *Materiale*, lo *Spessore* e la *Rigidità* della superficie. Nella scheda *Tubo*, è possibile specificare la *Linea centrale* e il *Raggio r*. La linea centrale può essere definita anche graficamente.

Utilizzare questo tipo di superficie per creare due cerchi e una polilinea parallela all'asse del tubo.



Superficie B-Spline

Una superficie B-Spline è simile ad una superficie quadrangolare (si veda Figura 4.63), con la differenza che sulla superficie si creeranno nodi guida aggiuntivi. La forma della superficie può essere influenzata modificando le coordinate dei nodi guida.

La finestra di dialogo di immissione ha due schede. Nella scheda *Generale*, si definiscono i parametri per il *Materiale*, lo *Spessore* e la *Rigidezza* della superficie. Non è consentito utilizzare una superficie con spessore variabile.

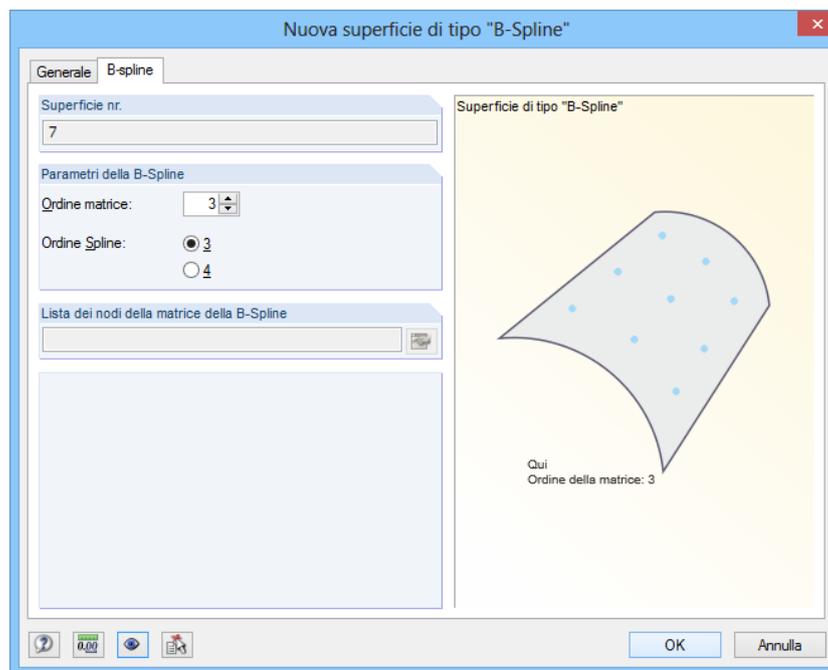


Figura 4.66: Finestra di dialogo *Nuova superficie di tipo "B-Spline"*, scheda *B-Spline*

Nella scheda *B-spline*, si inserisce il numero dei nodi guida nel campo di immissione *Ordine della matrice*: per esempio, se si digita "3", si creerà una griglia di nodi guida 3 x 3 posti sulla superficie. Il campo di selezione *Ordine Spline* specifica se si userà una polinomiale del terzo o quarto ordine per il calcolo della superficie.



Superficie NURBS

Le superfici NURBS sono definite da quattro linee NURBS collegate (si veda paragrafo 4.2, pagina 60). Utilizzando le superfici NURBS è possibile modellare quasi qualsiasi tipo di superficie.

Quando si inseriscono le linee del contorno, assicurarsi che le coppie opposte di linee NURBS siano "compatibili" tra loro. Le linee opposte NURBS saranno disposte nello stesso ordine, solo se il numero dei punti di controllo sarà uguale.

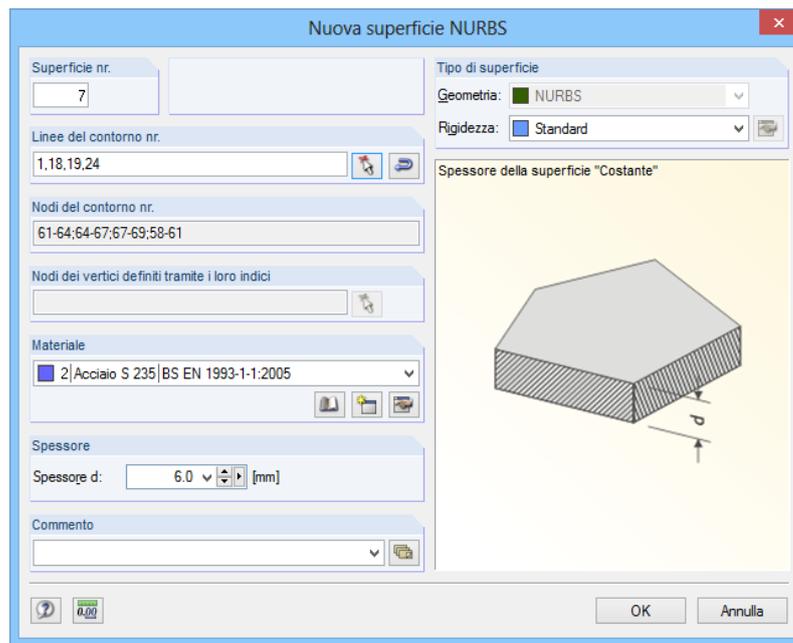


Figura 4.67: Finestra di dialogo *Nuova superficie NURBS*

Superficie da traiettoria



Utilizzare questo tipo di superficie per creare una superficie spaziale curva da un certo profilo iniziale in relazione a qualsiasi traiettoria.

La finestra di dialogo *Nuova superficie da traiettoria* ha due schede. Nella scheda *Generale*, si definiscono i parametri per il *Materiale*, lo *Spessore* e la *Rigidezza* della superficie.

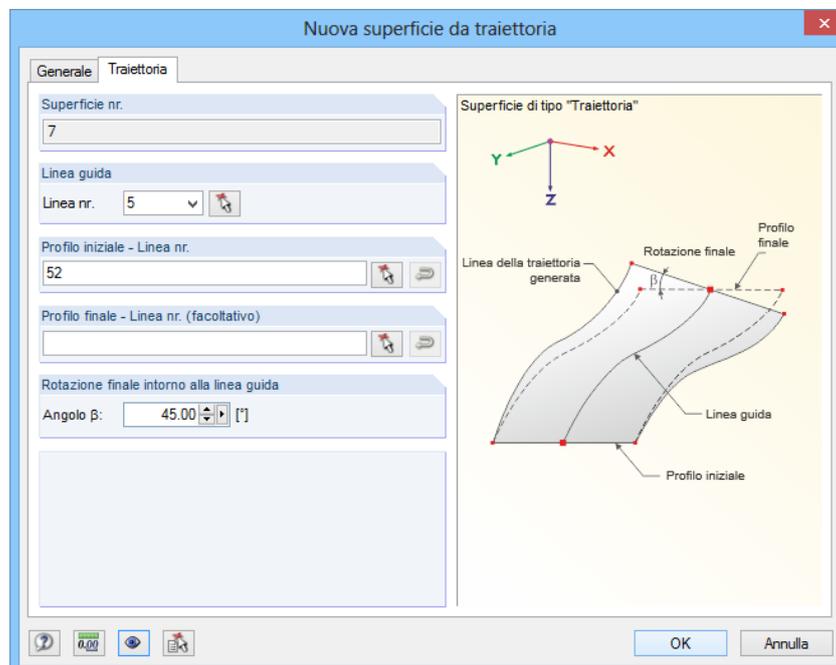


Figura 4.68: Finestra di dialogo *Nuova superficie della traiettoria*, scheda *Traiettoria*



Nella scheda *Traiettoria*, immettere il numero di linea della linea guida che rappresenta la linea di riferimento della superficie. È possibile selezionarla anche graficamente. A questo punto, si determini il *Profilo iniziale* nell'area di lavoro. Se necessario, si definisca una seconda linea di *Profilo fina-*

le. L'Angolo β descrive la rotazione della linea parallela al contorno generata in relazione alla traiettoria.

Componente

Questa voce è presente nella colonna della tabella e nel navigatore solo se è stata creata un'intersezione di superfici (si veda paragrafo 4.22, pagina 169). Le funzioni di modifica per i componenti delle superfici d'intersezione offerti da RFEM sono uguali a quelli delle superfici "normali". In questo modo è possibile modificare le proprietà dei componenti della superficie rapidamente senza dover creare di nuovo un'intersezione.

La superficie originale di un componente è presente nella scheda *Componenti* della finestra di dialogo *Modifica superficie*.

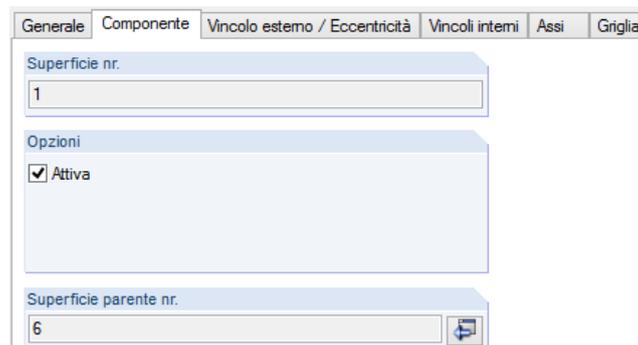


Figura 4.69: Finestra di dialogo *Modifica la superficie*, scheda *Componente*

Utilizzare il pulsante [Vai alla superficie parente] per accedere alla finestra di dialogo di modifica della superficie originale.



Tipo di superficie - Rigidezza

L'elenco disponibile nella finestra di dialogo e nella tabella fornisce diversi modelli di rigidezza che si possono selezionare per modellare la struttura più vicina alla realtà.

Standard

La superficie trasferisce momenti e forze assiali. L'approccio descrive il comportamento generale di un materiale isotropo e omogeneo. Le proprietà della rigidezza della superficie non dipendono dalle direzioni.

Senza trazione

Sono trasferiti i momenti e le forze membranali. Si avrà una rottura degli elementi affetti dalla superficie per le forze assiali che causano trazione.

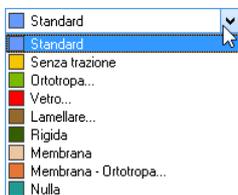
Ortotropa

Impostare questo tipo di rigidezza per le superfici che presentano rigidezza differente nelle due direzioni della superficie (si veda paragrafo 4.12, pagina 119). Utilizzare il pulsante [Modifica parametri del tipo di superficie] per definire i parametri.

In alternativa, è possibile assegnare una proprietà di ortotropia al materiale (si veda paragrafo 4.3, pagina 69). In questo modo, non sarà necessario dover definire le proprietà per ogni singola superficie.

Vetro

Questo tipo di rigidezza è richiesta per il modulo aggiuntivo RF-GLASS. Vengono trasferiti i momenti e le forze membranali, ma le tensioni non sono determinate in RFEM. Il calcolo delle tensioni sarà eseguito successivamente nel modulo aggiuntivo RF-GLASS.



Lamellare

Il tipo di rigidità trasferisce i momenti e le forze assiali. Il modulo aggiuntivo RF-LAMINATE è necessario per calcolare il modello lamellare. Le tensioni corrispondenti non sono incluse nei risultati di output di RFEM, è necessario il modulo per calcolo delle tensioni.

Rigida

Utilizzare questo tipo di rigidità per generare superfici molto rigide creando un collegamento rigido tra oggetti adiacenti.

Membrana isotropa

La superficie presenta una rigidità uniforme in tutte le direzioni. Vengono trasferite solo le forze membranali.

Membrana ortotropa

Vengono trasferite solo le forze membranali. Le rigidità sono differenti nelle due direzioni della superficie (paragrafo 4.12, pagina 119). Utilizzare il pulsante [Modifica] per definire i parametri.

Nulla

Le superfici nulle sono necessarie per la definizione dei solidi (si veda paragrafo 4.5, pagina 89).

Linee del contorno

Le linee al contorno di una superficie sono elencate nel relativo campo di immissione o nella colonna della tabella. Queste devono essere inserite come una catena poligonale.

Per le superfici di rivoluzione che sono state generate in precedenza, i parametri di generazione sono visualizzati nella colonna della tabella.

Materiale

È possibile scegliere una voce dall'elenco dei materiali che sono già stati creati. I colori dei materiali rendono l'assegnazione più facile.



Tabella 4.70: Pulsanti nella sezione del dialogo *Materiale*

Nella finestra di dialogo *Nuova superficie*, si possono vedere tre pulsanti sotto l'elenco. Utilizzare i pulsanti per accedere alla libreria o per creare e modificare i materiali.

Per informazioni più dettagliate sui materiali, si veda il paragrafo 4.3 a pagina 63.

Spessore

Tipo

È possibile scegliere tra due tipi di spessore della superficie.

- **Costante**
La superficie ha ovunque lo stesso spessore.
- **Variabile**
Lo spessore della superficie è linearmente variabile (vedere 4.11, pagina 117). Utilizzare il pulsante [Modifica] per definire i parametri.

Spessore d

Specificare lo spessore della superficie d se non è stato specificato uno spessore variabile o una superficie nulla. Lo spessore è utilizzato per determinare il peso proprio e la rigidità per i tipi di rigidità *Standard*, *Senza trazione*, *Vetro* e *Membrana isotropa*. Per la rigidità *Ortotropa* questo valore è utilizzato solo per il calcolo del peso proprio (per le superfici ortotrope la rigidità deve essere definita separatamente).



Gli spessori della superficie possono essere visualizzati con colori diversi nel modello: nella scheda *Visualizza* del navigatore, selezionare *Modello* e *Superfici*, e spuntare *Scala di colore degli spessori nel pannello* (vedere figura sotto).

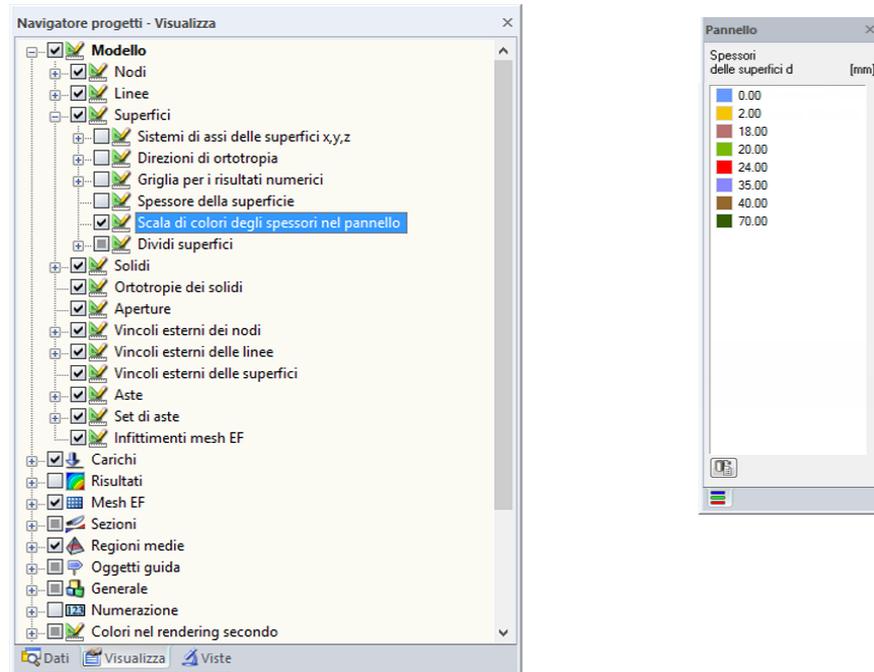


Figura 4.71: Navigatore *Visualizza* : *Superfici* → *Scala di colori degli spessori nel pannello*

Eccentricità

Il piano nel centro della superficie rappresenta la superficie di riferimento per lo spessore che si presuppone uguale su entrambi i lati del "piano baricentrico". Per controllare il centro nel navigatore *Visualizza*, selezionare le opzioni *Rendering*, *Modello*, *Modello realistico*, *Superfici* e *Pieno/a incl. spessore* (si veda Figura 4.110, pagina 118).

Specificando una *Eccentricità* e_z è possibile definire un offset per l'altezza della superficie. In questo modo, è possibile creare bordi uniformi superiori e inferiori per le superfici adiacenti che hanno spessori diversi.

Per i momenti aggiuntivi, l'eccentricità ha una certa influenza sulle forze interne della superficie.

Oggetti integrati

In generale, RFEM riconosce automaticamente tutti gli oggetti giacenti su una superficie, anche quelli non utilizzati per la definizione della superficie. Nelle colonne della tabella o nei campi di immissione della finestra di dialogo sono visualizzati tutti i numeri dei nodi, delle linee e delle aperture.

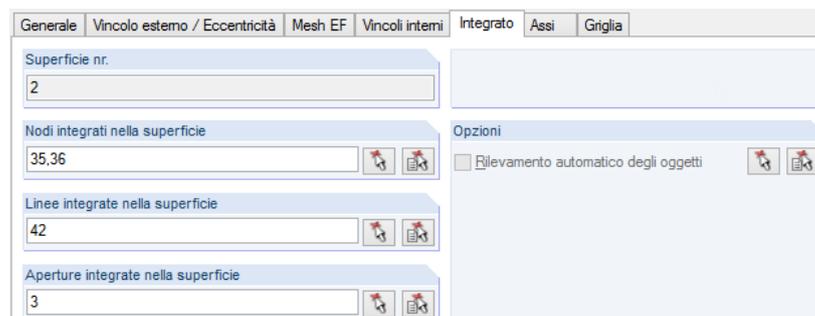


Figura 4.72: Finestra di dialogo *Modifica superficie*, scheda *Integrato*



Se un oggetto non è riconosciuto, sarà possibile integrarlo manualmente: fare doppio clic sulla superficie per aprire la finestra di dialogo *Modifica superficie*. Quindi, nella scheda *Integrati*, disattivare l'opzione *Rilevamento automatico degli oggetti*. Si abiliteranno i campi di immissione delle sezioni di dialogo a sinistra. Utilizzare il pulsante [↖] per selezionare gli oggetti graficamente.

Area

L'area di ciascuna superficie è mostrata nella colonna della tabella in modo da poterne controllare i dati. Le aree delle aperture non sono considerate, quindi il valore rappresenta l'area netta.

Peso

Il peso di ciascuna superficie si determina tramite l'area e il peso specifico del materiale.

Commento

Inserire un commento personale o selezionare una voce dall'elenco.

Sistema di assi

Ciascuna superficie ha un sistema di coordinate locali. Il sistema assiale della superficie è importante per diversi parametri di immissione come, ad esempio, delle proprietà ortotrope e delle fondazioni o delle direzioni dei carichi di superfici. Anche le forze interne di base sono legate al sistema assiale della superficie.

RFEM mostra i sistemi di coordinate non appena si sposta il puntatore su una superficie. Si può anche utilizzare il menu contestuale di una superficie per attivarlo o disattivarlo.

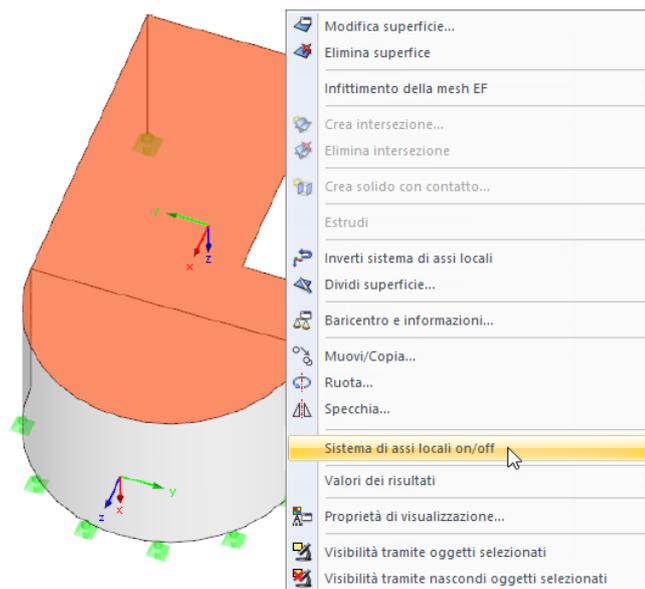


Figura 4.73: Menu contestuale della superficie

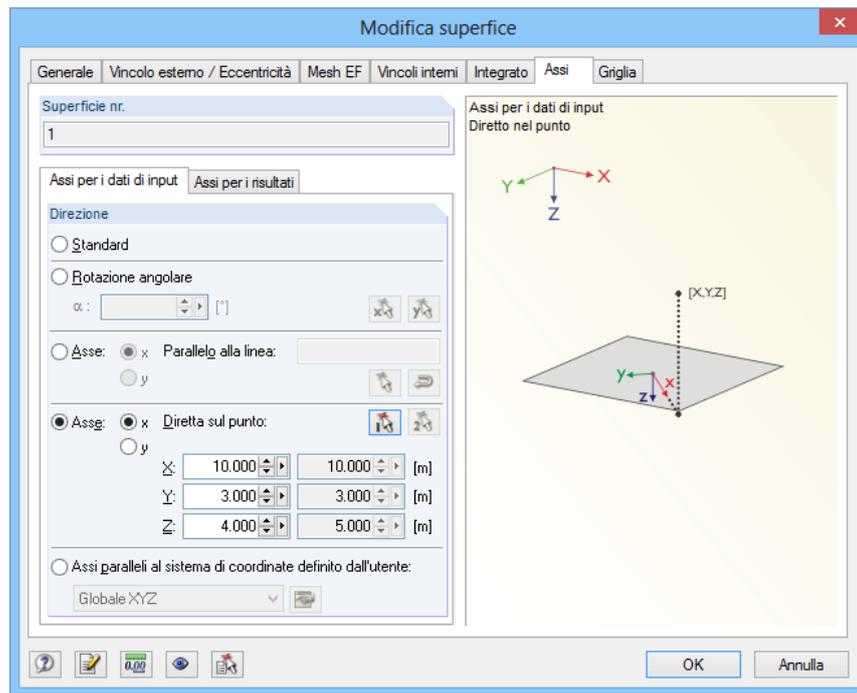
Se necessario, è possibile modificare gli assi locali della superficie:

- Opzione del menu contestuale *Inverti sistema di assi locali*

L'orientamento dell'asse locale z è invertito, gli altri assi rimangono allineati secondo la regola della mano destra. Di conseguenza, i vincoli esterni delle superfici saranno posizionati sull'altro lato della superficie, o gli strati di armatura "superiore" e "inferiore" per la progettazione delle superfici di calcestruzzo armato si invertono.

- Finestra di dialogo *Modifica superficie*

Per aprire la finestra di dialogo *Modifica superficie*, cliccare due volte sulla superficie. Nella scheda *Assi*, è possibile modificare gli *Assi per i dati di input* e *per i risultati* locali della superficie (vedere figura sotto).

Figura 4.74: Finestra di dialogo *Modifica superficie*, scheda *Assi*

In entrambe le sotto schede, è possibile indirizzare gli assi locali della superficie x o y a una *linea*, un *punto* o un *Sistema di coordinate definito dall'utente* (si veda paragrafo 11.3.4, pagina 467).

4.5 Solidi

Descrizione generale



In RFEM gli oggetti 3D sono descritti dai solidi. Quando si genera la mesh agli EF, si creano elementi 3D. È possibile utilizzare i solidi per modellare anche proprietà ortotrope o problemi di contatto tra le superfici. Inoltre, i solidi possono avere proprietà dei gas.

In generale, le superfici al contorno dei solidi sono definite con la rigidità di tipo *Nulla* (si veda paragrafo 4.4, pagina 85). Tuttavia, se nessun altro solido è collegato ad un modello che è il contatto tra due superfici, entrambe le superfici di contatto devono essere caratterizzate con una rigidità.



Nell'area di lavoro, i solidi possono essere creati rapidamente dalle superfici. Le funzioni corrispondenti per la generazione sono descritte nei capitoli 11.7.1.3 e 11.7.1.4 a pagina 531.



Anche per gli elementi 3D è possibile specificare infittimenti della mesh EF.

Attualmente, la progettazione dei solidi di calcestruzzo armato non è stata ancora implementata.

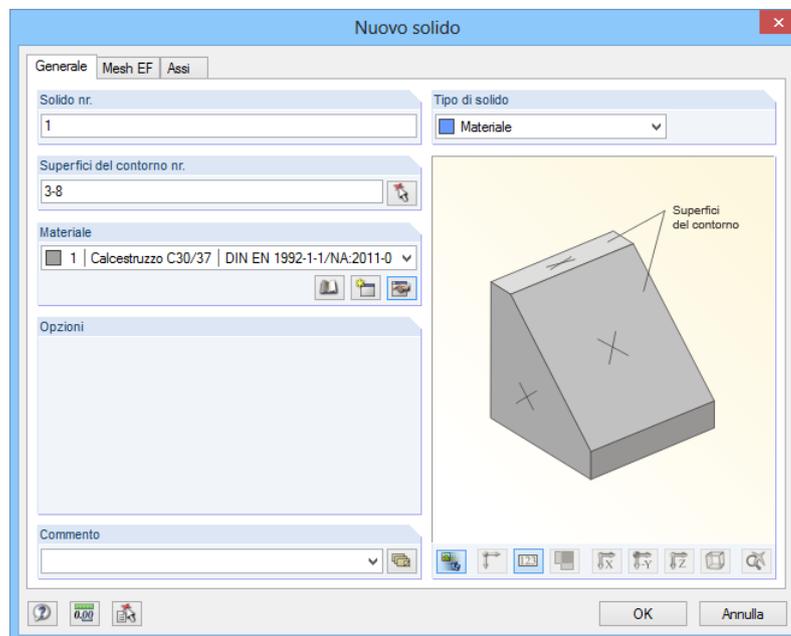
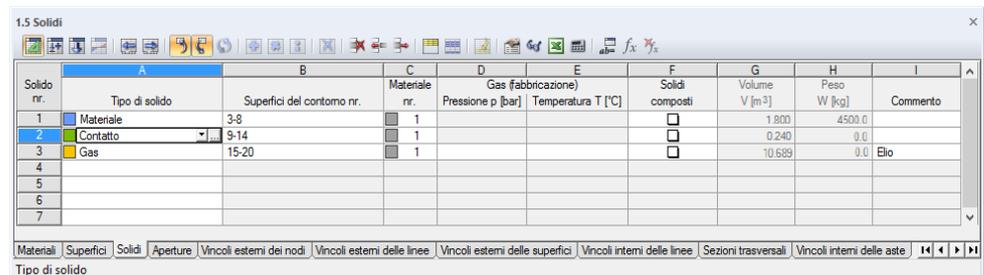
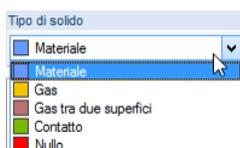


Figura 4.75: Finestra di dialogo *Nuovo solido*



Solido nr.	Tipo di solido	Superfici del contorno nr.	Materiale nr.	Gas (fabbricazione)		Solidi composti	Volume V [m ³]	Peso W [kg]	Commento
				Pressione p [bar]	Temperatura T [°C]				
1	Materiale	3-8	1			<input type="checkbox"/>	1.800	4500.0	
2	Contatto	9-14	1			<input type="checkbox"/>	0.240	0.0	
3	Gas	15-20	1			<input type="checkbox"/>	10.689	0.0	Elo
4									
5									
6									
7									

Figura 4.76: Tabella 1.5 *Solidi*



Tipo di solido

Nella tabella, così come nell'elenco disponibile nella finestra di dialogo, si possono selezionare diversi tipi di rigidità per modellare strutture più vicine alla realtà. Ciascun tipo ha il proprio colore che può essere utilizzato nel modello per differenziare i solidi. I colori si gestiscono nel navigatore *Visualizza* secondo le impostazioni sotto *Colori nel rendering secondo* (si veda paragrafo 11.1.9, pagina 450).

Materiale

Il modello standard è rappresentato da un oggetto 3D con le proprietà di un materiale isotropo e omogeneo. Pertanto, le superfici al contorno si devono definire con il tipo di rigidità *Nulla*.

Se il solido ha proprietà ortotrope, anche le rigidità saranno derivate dalle caratteristiche del materiale. Si definiranno le rigidità elastiche del modello del materiale tridimensionale nella finestra di dialogo *Modello del materiale – Ortotropo elastico 3D* (si veda Figura 4.48, pagina 70).

Gas

Utilizzare questa opzione per modellare solidi con le proprietà di un gas ideale. I parametri del gas si devono definire in una scheda separata nella finestra di dialogo (si veda Figura 4.79).

Gas tra due superfici

Si consiglia di utilizzare questa opzione per creare un solido con le proprietà di un gas ideale ma che abbia uno spessore relativamente sottile (ad esempio uno strato di gas in un vetro isolante). Con questa opzione RFEM crea esattamente due elementi finiti tra la copertura e la base del solido, in questo modo i calcoli convergeranno più velocemente che per il tipo di *Gas*. I parametri del gas si devono definire in una scheda separata nella finestra di dialogo (si veda Figura 4.79). Tuttavia, per situazioni generiche (per esempio un contenitore, una struttura gonfiabile) utilizzare il tipo *Gas*.

Contatto

Questo tipo di solido è opportuno per la modellazione delle proprietà di contatto tra due superfici. I parametri del gas si devono definire in una scheda separata nella finestra di dialogo (si veda Figura 4.80).

Nulla

I solidi nulli e i loro carichi non sono tenuti in conto durante il calcolo. Questa opzione, quindi, consente di utilizzare i solidi Nulli per analizzare, ad esempio, i cambiamenti nel comportamento del modello strutturale quando un solido diventa inefficace senza dover eliminare il solido e i suoi carichi.

Superfici di contorno

Un solido è definito da superfici che racchiudono completamente un certo spazio. Inserire i numeri delle superfici nel campo di immissione o selezionarli nell'area di lavoro utilizzando la funzione [^].

Una volta che sono state definite tutte le superfici del contorno nella finestra di dialogo *Nuovo solido*, si potrà cliccare il pulsante [Mostra immagine o rendering] sotto il grafico per visualizzare un'anteprima del solido.

Materiale

È possibile scegliere una voce dall'elenco dei materiali che sono già stati creati. I colori del materiale rendono l'assegnazione più facile.



Tabella 4.77: Pulsanti nella sezione del dialogo *Materiale*





Nella finestra di dialogo *Nuovo solido*, è possibile notare tre pulsanti sotto l'elenco. Utilizzare i pulsanti per accedere alla libreria o per creare o modificare i materiali.

Per informazioni più dettagliate sui materiali, si veda paragrafo 4.3, a pagina 63.

Solidi composti

Quando si crea un'intersezione di solidi, sarà possibile vedere questa colonna visualizzata nella tabella.

Oltre alle intersezioni di superfici, è possibile generare anche intersezioni di solidi. RFEM determina le linee di intersezione dei solidi che si intersecano e crea oggetti solidi 3D, sia come unione, sezione o come una semplice intersezione. In questo modo, si genera un nuovo solido dai due oggetti originali.

La determinazione della intersezione di solidi richiede un tempo di calcolo molto lungo. Ogni volta che si modifica il modello, bisogna ricalcolare la geometria.

Creazione di una intersezione

È possibile creare intersezioni di solidi rapidamente nell'area di lavoro: selezionare due solidi disegnando una finestra di selezione per gli oggetti, oppure utilizzare la selezione multipla tenendo premuto il tasto [Ctrl]. Successivamente, fare clic con il pulsante destro del mouse su uno dei solidi per aprire il menu contestuale e

puntare su **Solido** e selezionare **Nuovo solido composto**.

Si aprirà la finestra di dialogo *Nuovo solido*. Nella scheda del dialogo *Solidi composti*, è possibile specificare il tipo di combinazione.

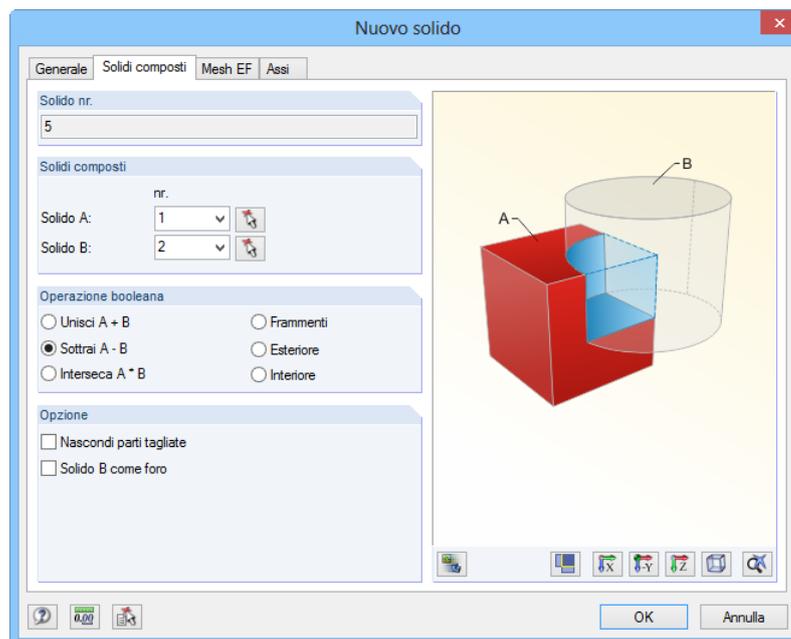


Figura 4.78: Finestra di dialogo *Nuovo solido*, scheda *Solidi composti*

Inserire i numeri dei due solidi selezionati nei campi di immissione. Si utilizzi l'elenco o la funzione [~] per modificare le voci.

Operazione booleana

Ci sono tre possibilità per combinare i solidi in un nuovo oggetto:

- **Unione:** Si uniscono i solidi A e B in un'unica entità.
- **Sottrazione:** Il solido B è sottratto dal solido A.
- **Intersezione:** RFEM determina l'area condivisa dai solidi A e B.





Il grafico nel dialogo a destra mostra il principio di combinazione. Utilizzare il pulsante [Mostra immagine o rendering] per passare dal regime di visualizzazione del modello e quello schematico.

Nella sezione del dialogo *Opzione* si dovrà decidere come saranno visualizzate le parti tagliate nella finestra di lavoro.

Fare clic su [OK] per creare il solido combinato. Il risultato è la generazione delle intersezioni delle superfici (si veda paragrafo 4.22, pagina 169) con componenti attive o inattive delle superfici (si veda paragrafo 4.4, pagina 84). Allo stesso tempo, i solidi originali saranno impostati da RFEM al tipo *Nulla*.

Volume V

La colonna della tabella mostra il volume di ciascun solido.

Peso W

È indicato il peso di ciascun solido. Questo si determina dal volume e dal peso specifico del materiale.

Gas

Questa scheda del dialogo è disponibile se è stato selezionato il tipo di solido *Gas* nella scheda del dialogo *Generale*.

È necessario definire i *Parametri del gas* costituiti dalla pressione p_p e dalla temperatura T_p (si veda Figura 4.79).

Gas tra due superfici

Questa scheda di dialogo è disponibile se è stato selezionato il tipo di solido *Gas tra due superfici* nella scheda del dialogo *Generale*. Con le impostazioni della scheda è possibile modellare i solidi di contatto gassosi che rappresentano l'effetto della pressione su due superfici opposte (ad esempio vetro isolante).

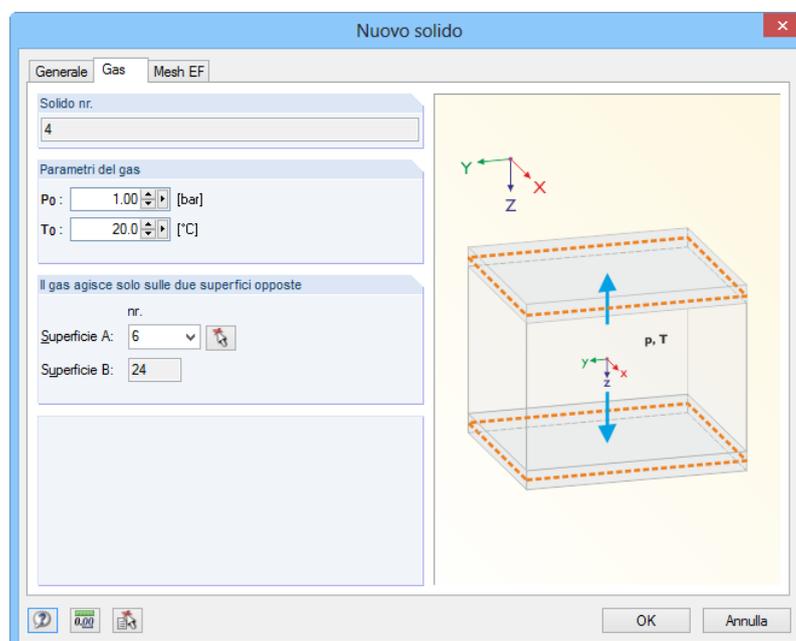
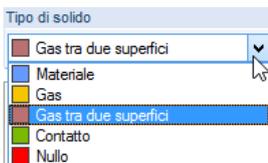
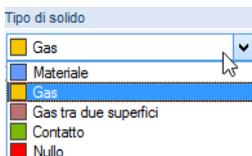


Figura 4.79: Finestra di dialogo *Nuovo solido*, scheda *Gas*



Oltre ai *Parametri del gas*, la pressione p_p e la temperatura T_p , sarà necessario specificare due superfici che racchiudono lo strato di gas. La *Superficie A* si può selezionare nell'elenco o definire graficamente utilizzando la funzione [↖]. La *Superficie B* parallela sarà inserita automaticamente.

Contatto

Questa scheda del dialogo è disponibile se è stato selezionato il tipo di solido *Contatto* nella scheda del dialogo *Generale*.

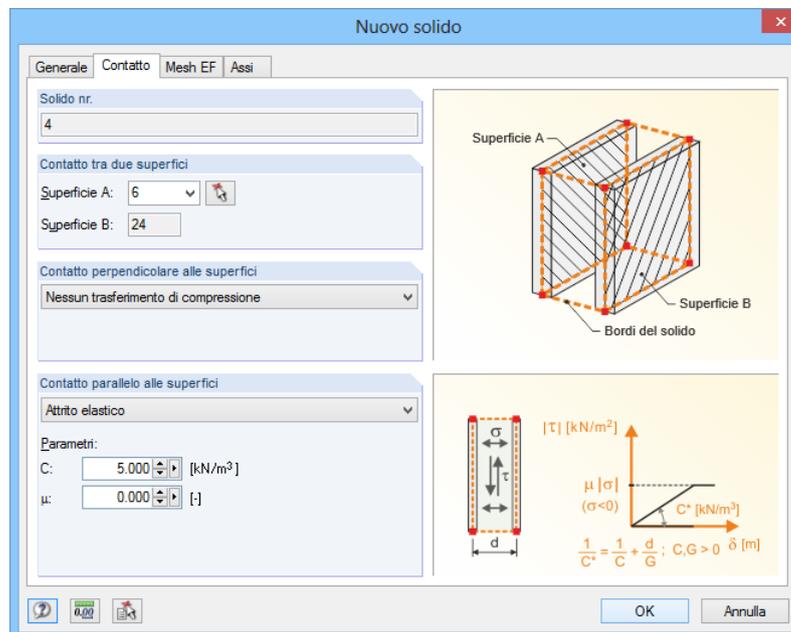
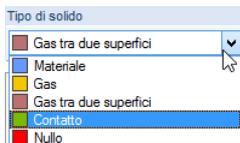


Figura 4.80: Finestra di dialogo *Nuovo solido*, scheda *Contatto*



Si devono rispettare le seguenti voci quando si inserisce un solido di contatto:

- Entrambe le superfici di contatto devono essere disposte parallelamente e create in modo identico. Si consiglia di creare la seconda superficie di contatto facendo una copia.
- Ogni superficie laterale di collegamento esistente tra le superfici di contatto deve essere creata come una semplice superficie composta da quattro linee al contorno. Non è consentito suddividere una superficie di collegamento, per esempio in due componenti di superficie a metà dell'altezza.
- Nella modellazione delle superfici di contatto curve, è necessario dividere il solido di contatto in parti semplici diverse.
- RFEM genera elementi 3D indivisi ("colonne" parallele) tra gli elementi finiti delle superfici di contatto, creando un collegamento diretto. Pertanto, la divisione agli EF della superficie si deve correggere secondo le spaziature delle superfici di contatto.
- È preferibile utilizzare solidi poligonali al posto di solidi triangolari.



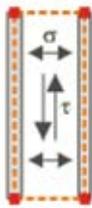
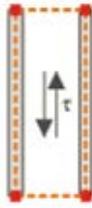
RFEM cerca di trovare le superfici di contatto automaticamente. Nella sezione di dialogo *Contatto tra due superfici*, è possibile modificare la *Superficie A* utilizzando l'elenco. È inoltre possibile utilizzare la funzione $\left[\left[\right] \right]$ per selezionare la superficie graficamente. RFEM inserisce automaticamente la *Superficie B*, come una superficie solida che è parallela alla prima.

Nella sezione di dialogo *Contatto perpendicolare alle superfici*, è possibile scegliere tra tre opzioni:

- Trasferimento totale delle forze
- Nessun trasferimento di compressione
- Nessun trasferimento di trazione

I criteri di rottura *Nessun trasferimento di compressione* e *Nessun trasferimento di trazione* sono considerati per il calcolo degli spostamenti generalizzati dei nodi della mesh EF dei solidi.

Il *Contatto parallelo di superfici* si può definire in modo indipendente, senza tener conto delle proprietà di contatto che agiscono perpendicolarmente alle due superfici di contatto.



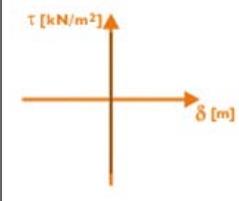
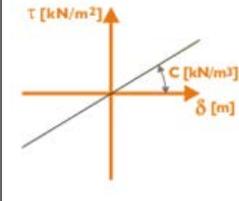
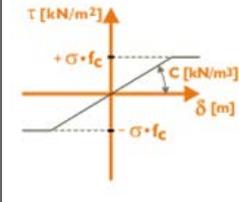
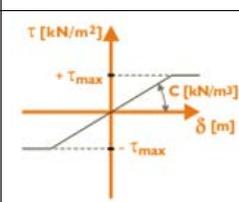
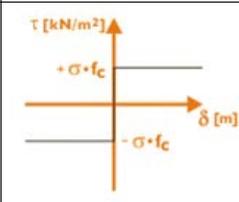
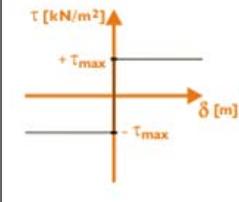
Contatto	Diagramma	Descrizione
Trasferimento totale delle forze		Tutte le forze sono trasferite.
Attrito elastico		L'attrito presenta un comportamento elastico: la forza di taglio aumenta proporzionalmente allo spostamento generalizzato. Non vi è alcun limite per lo spostamento generalizzato. La rigidezza della molla C deve essere inserita come parametro (cioè la forza necessaria per spostare una superficie di 1 m ² di un 1 m).
Attrito di Coulomb		Questo tipo di contatto è simile ad un attrito elastico ma ha un impatto non lineare. Quando si raggiunge una tensione di taglio σ f _c , la tensione di taglio rimane costante anche se lo spostamento aumenta. La sollecitazione σ rappresenta la tensione normale nell'elemento finito pertinente. La rigidezza della molla C e il coefficiente di attrito di Coulomb f_c devono essere inseriti come parametri.
Attrito di Coulomb con limite		In contrasto all'attrito elastico di Coulomb, la tensione massima di taglio non dipende dalla tensione normale. Soltanto una tensione di taglio può essere assorbita. La rigidezza della molla C e il coefficiente di taglio T_{max} si devono inserire come parametri.
Attrito rigido		Questo tipo di non linearità è simile all'attrito elastico di Coulomb. Poiché manca la zona elastica, l'attrito di Coulomb è efficace immediatamente. Il coefficiente di attrito di Coulomb f_c deve essere inserito come parametro.
Attrito rigido con il limite		Questo tipo di non linearità è simile all'attrito elastico di Coulomb con il limite. Poiché manca la zona elastica, il limite dovuto alla tensione di taglio è efficace immediatamente. La tensione di taglio T_{max} si deve inserire come parametro.

Tabella 4.2: Proprietà di contatto parallelo alle superfici di contatto

Sistema di assi

Ogni solido ha un sistema di coordinate locali. Il sistema assiale è importante, ad esempio, per le proprietà ortotrope. Le tensioni e le distorsioni sono pertinenti al sistema assiale locale.

RFEM mostra i sistemi di coordinate, non appena si sposterà il puntatore su una superficie. Si può anche utilizzare il menu contestuale di un solido per attivarlo o disattivarlo.

Nella finestra di dialogo *Modifica solido* è possibile modificare il sistema di coordinate del solido. Cliccare due volte il solido per aprire la finestra di dialogo. L'orientamento degli assi locali si gestisce nella scheda del dialogo *Assi*.

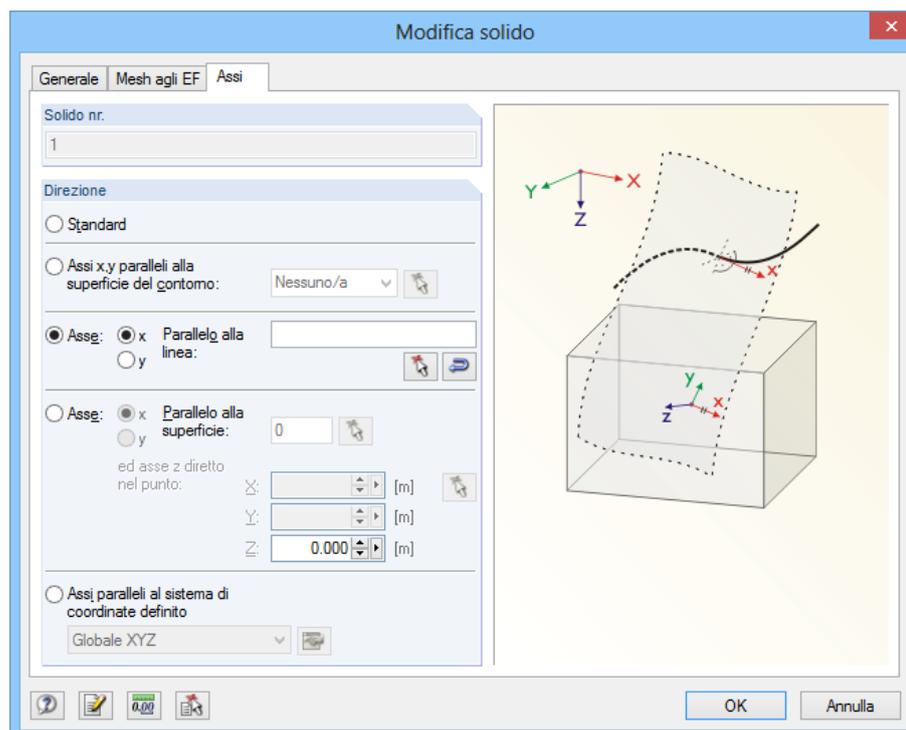


Figura 4.81: Finestra di dialogo *Modifica solido*, scheda *Assi*

Gli assi locali del solido x e y si possono impostare in modo da essere paralleli agli assi di una *superficie del contorno*, a una *linea*, a una *superficie* o alla direzione di un *sistema di coordinate definito dall'utente* (si veda paragrafo 11.3.4, pagina 467).

4.6 Aperture

Descrizione generale



Le aperture sono utilizzate per creare ritagli nelle superfici. Nei luoghi dove sono presenti le aperture, non si generano né elementi finiti né carichi di superficie.

Le aperture possono essere create graficamente nelle superfici. RFEM crea una catena poligonale per i vari tipi di aperture e la integra nella superficie.

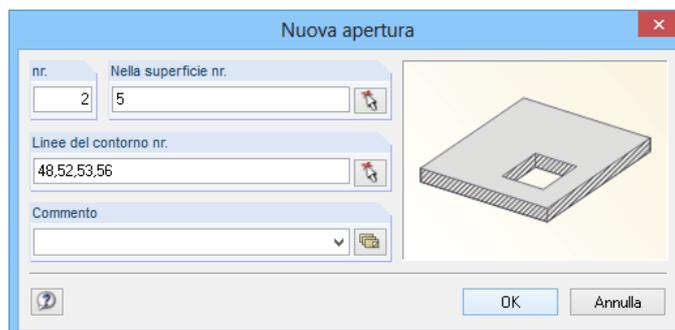
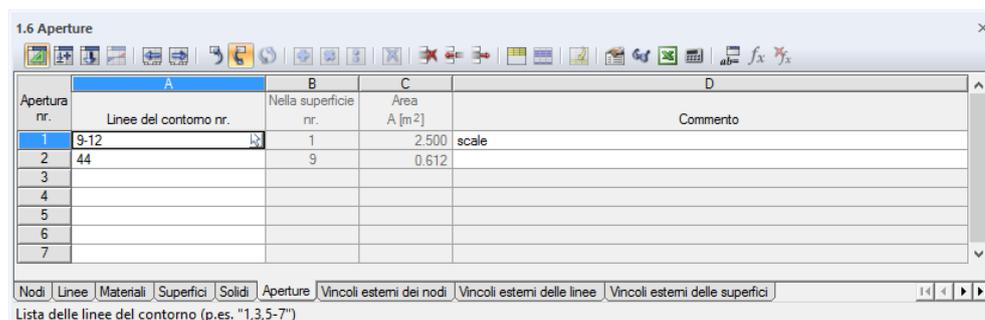


Figura 4.82: Finestra di dialogo *Nuova apertura*



Apertura nr.	Linee del contorno nr.	Nella superficie nr.	Area A [m ²]	Commento
1	9-12	1	2.500	scale
2	44	9	0.612	
3				
4				
5				
6				
7				

Figura 4.83: Tabella 1.6 *Aperture*

Linee del contorno

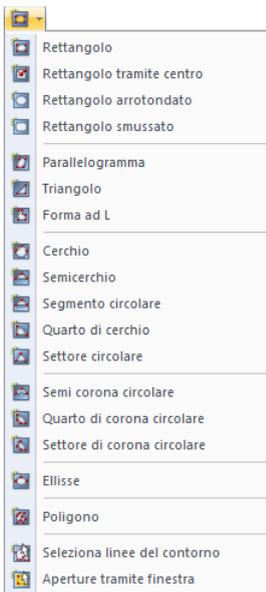
Inserire le linee che racchiudono l'apertura. Queste devono essere inserite come una catena poligonale. Sono anche ammesse aperture sul bordo di una superficie.



Quando si usa la selezione grafica, cliccare le linee del contorno dell'apertura nell'area di lavoro una dopo l'altra. RFEM riconoscerà l'apertura automaticamente non appena sarà definito un numero sufficiente di linee del contorno.



Utilizzare il pulsante del menu *Seleziona linee del contorno* per selezionare le linee che sono state già definite graficamente e che formano una catena poligonale.



Le aperture possono essere situate direttamente in una superficie che giace nel piano di lavoro utilizzando uno dei pulsanti a sinistra. I tipi di definizione delle aperture si basano sui tipi di linee descritte nel paragrafo 4.2, pagina 51 (ad esempio cerchio, ellisse). L'apertura sarà creata non appena saranno state determinate le linee del contorno. Con questa opzione di immissione non è necessario creare in anticipo le linee per l'apertura.

Nella superficie

Per le superfici piane l'integrazione automatica è attiva da impostazione predefinita. Per le superfici curve è necessario integrare l'apertura manualmente. Nella finestra di dialogo *Modifica superficie*, si selezioni la scheda *Integrati* e si immetta il numero dell'apertura del campo di immissione (si veda Figura 4.72, pagina 86).

Area

La colonna della tabella indica l'area dell'apertura.

4.7 Vincoli esterni dei nodi

Descrizione generale

I vincoli esterni sono utilizzati per trasferire i carichi di una struttura alla fondazione. Se non ci fossero i vincoli esterni, tutti i nodi sarebbero liberi e potrebbero essere spostati o ruotati. Se si desidera che un nodo abbia la funzione di vincolo esterno, si dovrà diminuire almeno uno dei suoi gradi di libertà, per esempio utilizzando una molla o caricandolo con un cedimento vincolare anelastico. Inoltre, il nodo deve appartenere ad una superficie o un'asta. È necessario prendere in considerazione anche le condizioni al contorno delle aste, in modo da escludere la sovrapposizione tra vincoli interni e vincoli esterni.

Per l'applicazione dei cedimenti vincolari anelastici è necessario definire un vincolo esterno al nodo.

È possibile definire vincoli esterni dei nodi con proprietà non lineari (criteri di rottura per trazione o per forze di compressione, diagrammi di lavoro o della rigidità).

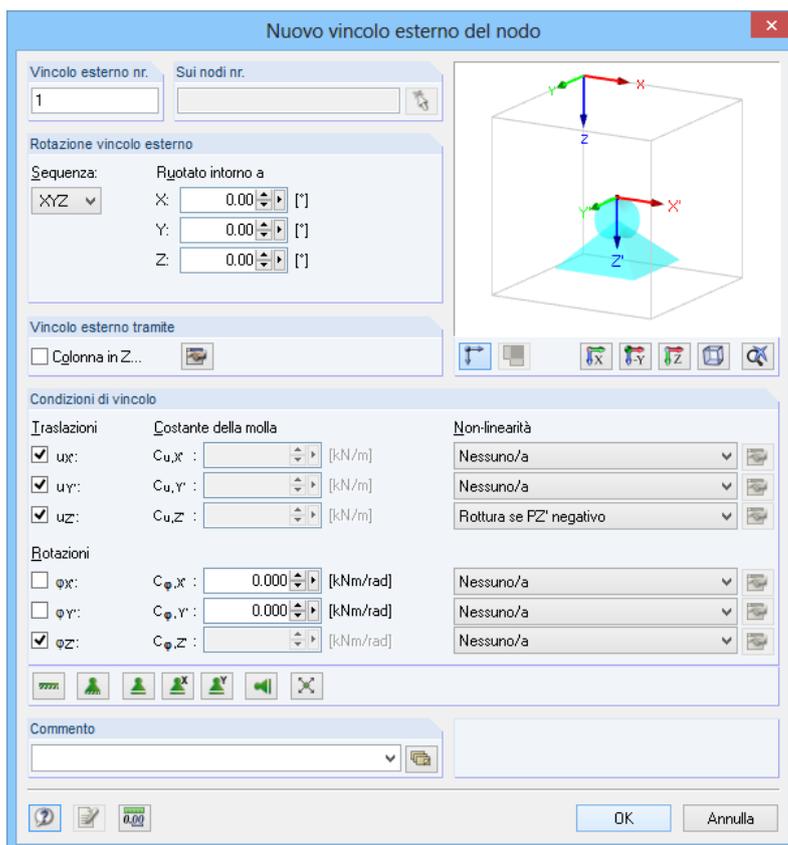


Figura 4.84: Finestra di dialogo *Nuovo vincolo esterno del nodo*

Vincolo nr.	Sui Nodi nr.	Sequenza	Rotazione vincolo esterno [°]			Colonna in Z	Vincolo traslazionale o molla [kN/m]			Vincolo rotazionale o molla [kNm/rad]			Commento
			intorno a X	intorno a Y	intorno a Z		u _x	u _y	u _z	φ _x	φ _y	φ _z	
1	5,9-14	XYZ	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	3	XYZ	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	11320.000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8		XYZ	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4										<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5										<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6										<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7										<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8										<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9										<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10										<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11										<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12										<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13										<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14										<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Figura 4.85: Tabella 1.7 *Vincoli esterni dei nodi*



Per aprire la finestra di dialogo successiva, aprire il menu **Inserisci**, scegliere **Dati del modello**, **Vincoli esterni dei nodi** e quindi selezionare **Graficamente** oppure utilizzare il pulsante della barra degli strumenti mostrato sulla sinistra:

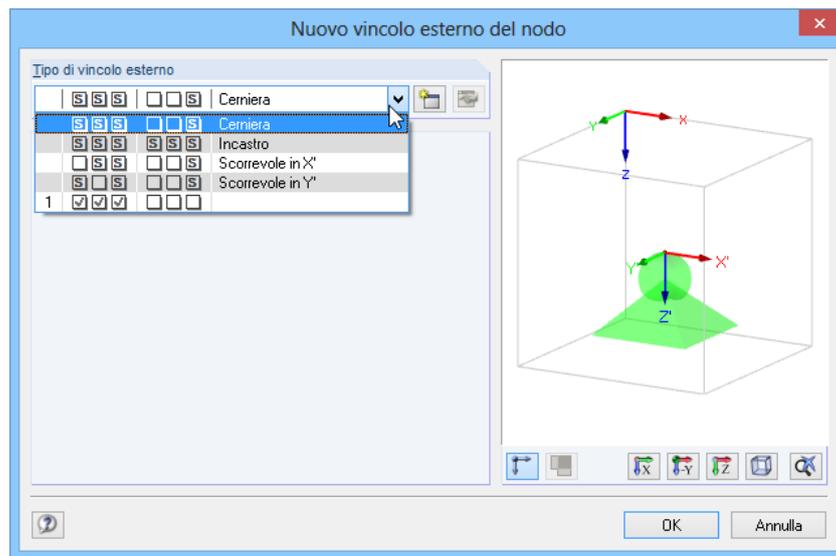


Figura 4.86: Finestra di dialogo *Nuovo vincolo esterno del nodo*

I seguenti tipi di vincoli esterni sono predefiniti e possono essere selezionati dall'elenco:

- Cerniera (SSS NNS)
- Incastro (SSS SSS)
- Scorrevole in X' (NSS NNS)
- Scorrevole in Y' (SNS NNS)

Dopo aver fatto clic sul pulsante [OK] sarà possibile assegnare il tipo di vincolo esterno selezionato ai nodi nell'area di lavoro.

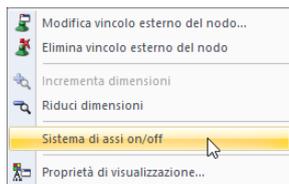


Utilizzare il pulsante [Nuovo] per creare un tipo diverso di vincolo esterno. Apparirà la finestra di dialogo mostrata nella Figura 4.84 .



Sui nodi:

I vincoli esterni singoli si possono definire solo sui nodi. Inserire il numero del nodo nella colonna della tabella o nel campo di immissione della finestra di dialogo. È possibile selezionarlo anche graficamente.



Menu contestuale del vincolo esterno del nodo

Rotazione del vincolo esterno

Ogni vincolo esterno del nodo ha un sistema di coordinate locali che ha la direzione parallela all'asse X, Y e Z, per impostazione predefinita. Si utilizzi il menu contestuale del vincolo esterno del nodo per attivare la visualizzazione dei sistemi di coordinate dei vincoli esterni.

È possibile ruotare il sistema assiale locale del vincolo esterno. Prima di tutto, selezionare la *Sequenza* che determina l'ordine degli assi locali dei vincoli esterni X', Y' e Z'. Quindi, immettere l'angolo di rotazione per gli assi globali X, Y e Z nei campi di immissione sotto *Ruotato intorno a*. Si possono anche utilizzare i pulsanti di dialogo [►] per definire la rotazione del vincolo esterno graficamente.

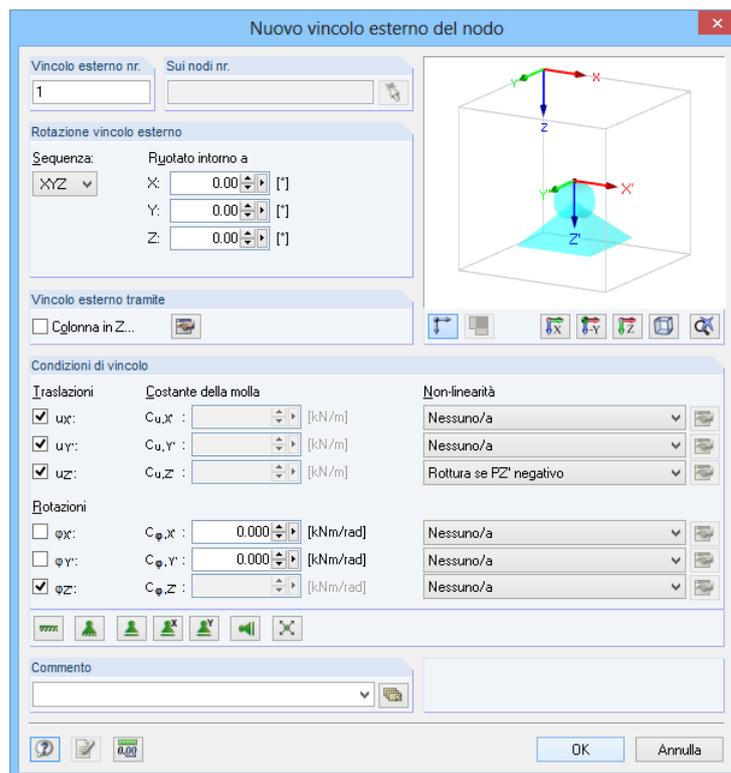


Figura 4.87: Finestra di dialogo *Nuovo vincolo esterno del nodo* con le opzioni di rotazione del vincolo esterno.

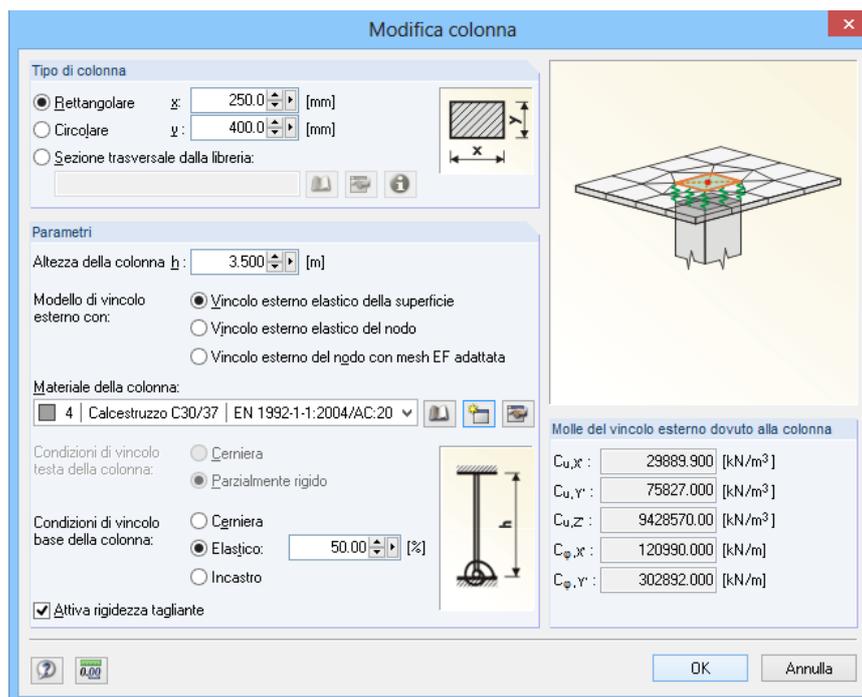


La rotazione inserita del vincolo esterno è visibile nel grafico dinamico del dialogo.

Quando il calcolo sarà terminato, sarà possibile valutare le reazioni del vincolo esterno del nodo ruotato sia rispetto al sistema di assi globale che a quello locale.

Colonna in Z

Spesso, le condizioni strutturali non sono sufficientemente rappresentate da un vincolo esterno del nodo, per esempio, quando la zona vincolata esternamente è di grandi dimensioni. Tali condizioni di vincolo esterno possono essere rappresentate in RFEM da elementi macroscopici di colonne speciali che prendono in considerazione le proprietà del materiale e la geometria del pilastro. RFEM calcola le rigidezze delle molle e modifica le condizioni del vincolo esterno. Grazie alla modellazione realistica, è possibile evitare singolarità che si produrrebbero in un unico nodo EF quando si definisce un vincolo rigido.

Figura 4.88: Finestra di dialogo *Modifica colonna*

Si definisca la sezione trasversale del pilastro nella sezione di dialogo *Tipo di colonna*. I campi di immissione cambiano a seconda del tipo di colonna selezionato: *Rettangolare*, *Circolare* o *Sezione trasversale dalla libreria*. Così, oltre ai pilastri di calcestruzzo armato, si possono utilizzare sezioni trasversali in acciaio come sezione della colonna.

Inoltre, l'*Altezza h del pilastro* influenza le costanti delle molle traslazionali e rotazionali. Nella sezione di dialogo *Parametri*, è possibile definire il tipo di modellazione delle colonne nella struttura:

- Il *Vincolo esterno elastico della superficie* rappresenta una sottosuperficie interna (area ritagliata) della zona della colonna che è supportata elasticamente. I coefficienti del vincolo esterno elastico sono calcolati dalla geometria e dal materiale della colonna.
- Il *Vincolo esterno elastico del nodo* rappresenta anche una sottosuperficie interna ma è supportata in un solo nodo. Il vincolo esterno è modellato tramite molle traslazionali e rotazionali che sono calcolate dalla geometria della colonna e del suo materiale. Internamente, lo spessore superficiale è stato duplicato per conto di una maggiore rigidità flessionale all'interno dell'area della colonna.
- Il *Vincolo esterno del nodo con mesh EF adattata* corrisponde ai vincoli esterni elastici dei nodi, ma nessuna molla sarà applicata ai supporti puntiformi.



Nel modulo aggiuntivo RF-CONCRETE Surfaces, le superfici di ritaglio non possono essere progettate per nessuna delle tre opzioni di modellazione. In questo caso, sono utilizzate le forze interne alle linee del contorno della colonna.



Quando si seleziona *Vincoli esterni elastici della superficie* o *Vincolo esterno elastico del nodo*, sarà necessario inserire ulteriori dati per la colonna. Si selezioni il *Materiale della colonna* dall'elenco di materiali già definiti oppure si crei un nuovo materiale (si veda paragrafo 4.3, pagina 63).

Per determinare le rigidità delle molle, saranno necessarie delle specificazioni per le *Condizioni di vincolo alla testa della colonna* e alla *Base della colonna*. Se si spunta la casella di controllo per *Attivare la rigidità tagliante*, questa influenzerà anche le costanti delle *Molle del vincolo esterno dovuto alla colonna*.

Le molle nodali determinate dai parametri inseriti sono riportate nella sezione di dialogo a destra.

Spostamento vincolato o molla

Per vincolare uno spostamento, selezionare l'opzione corrispondente nella finestra di dialogo o nella tabella. Il segno di spunta indica che il corrispondente grado di libertà viene bloccato e lo spostamento del nodo nella direzione corrispondente è impedito.

Se non si desidera definire vincoli, deselegionare la casella di controllo corrispondente. Quindi, RFEM imposterà la costante della molla traslazionale a zero nella finestra di dialogo *Vincolo esterno del nodo*. È sempre possibile modificare la costante della molla al fine di rappresentare un vincolo esterno elastico del nodo. Nella tabella, inserire la costante direttamente nella colonna della tabella.



Le rigidezze della molla devono essere inserite come valori di progetto.

Di seguito si descriverà l'assegnazione di proprietà non lineari al vincolo esterno.

Rotazione vincolata o molla

Le rotazioni vengono vincolate allo stesso modo degli spostamenti. Il segno di spunta indica che il corrispondente grado di libertà viene bloccato e la rotazione del nodo nella direzione corrispondente è impedita. Le costanti per le molle di rotazione possono essere definite non appena si toglieranno i segni di spunta dalle caselle di controllo. Nella tabella la costante della molla viene inserita direttamente nella colonna corrispondente.



La finestra di dialogo *Nuovo vincolo esterno del nodo* (si veda figura 4.84, pagina 98), contiene i pulsanti per diversi tipi di vincolo esterno; in questo modo la definizione dei gradi di libertà è più semplice.

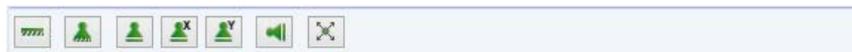


Figura 4.89: Pulsanti nella finestra di dialogo *Nuovo vincolo esterno del nodo*

I pulsanti sono riservati per le seguenti proprietà del vincolo esterno:

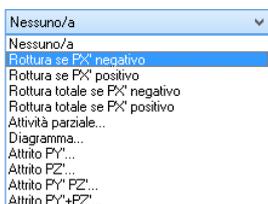
Pulsante	Tipo di vincolo esterno
	Incastro
	Incernierato con rotazione vincolata intorno a Z'
	Scorrevole in X' e Y' con rotazione vincolata intorno a Z'
	Scorrevole in X' con rotazione vincolata intorno a Z'
	Scorrevole in Y' con rotazione vincolata intorno a Z'
	Scorrevole in Z' e Y' con rotazione vincolata intorno a Z'
	Libero

Tabella 4.3: Pulsanti nella finestra di dialogo *Vincolo esterno del nodo*

Non linearità

Per controllare in dettaglio il trasferimento delle forze interne, è possibile dotare i vincoli esterni dei nodi con proprietà non lineari. L'elenco delle non-linearità comprende le seguenti opzioni:

- Rottura della componente se la forza o il momento vincolare sono negativi o positivi
- Rottura totale del vincolo esterno se la forza o il momento vincolare sono negativi o positivi
- Attività parziale
- Diagramma



- Attrito dipendente dalle forze vincolari rimanenti

Si possono controllare le proprietà non lineari nella finestra di dialogo e nella tabella utilizzando l'elenco (si veda Figura 4.84 e Figura 4.85). In questo modo, sarà possibile definire per ogni grado di libertà del vincolo esterno se e quali forze o momenti saranno trasferite al nodo vincolato esternamente.

I vincoli esterni efficaci non lineari saranno visualizzati con un colore diverso. Nella tabella, gli elementi dei vincoli esterni aventi proprietà non lineari sono indicati con una casella di controllo di colore blu.

Rottura se la forza/momento è negativa/o o positiva/o.

Utilizzare una di queste due impostazioni per definire, per ciascun componente del vincolo esterno, se solo le forze o i momenti positivi o negativi saranno trasferiti al nodo vincolato esternamente. Se la condizione è soddisfatta, questa componente del vincolo esterno si romperà. Le componenti vincolate rimanenti saranno ancora efficaci.

Gli aggettivi *Positivo* o *negativo* si riferiscono a forze o momenti che agiscono sul vincolo esterno del nodo rispetto ai propri assi (e non si riferiscono alle forze di reazione del vincolo esterno). Così, i segni derivano dalla direzione degli assi globali. Se l'asse globale Z è diretto verso il basso, il caso di carico "peso proprio" avrà come risultante una forza del vincolo esterno P_z positiva.

Rottura totale se la forza/momento è negativa/o o positiva/o.

Al contrario della rottura parziale del vincolo esterno descritta sopra, se si verificherà la condizione per la singola componente il vincolo diverrà completamente inefficace.

Per accedere alle seguenti finestre di dialogo, utilizzare i pulsanti [Modifica non-linearità] o [▼] a destra dell'elenco disponibile nella finestra di dialogo e della tabella.

Attività parziale

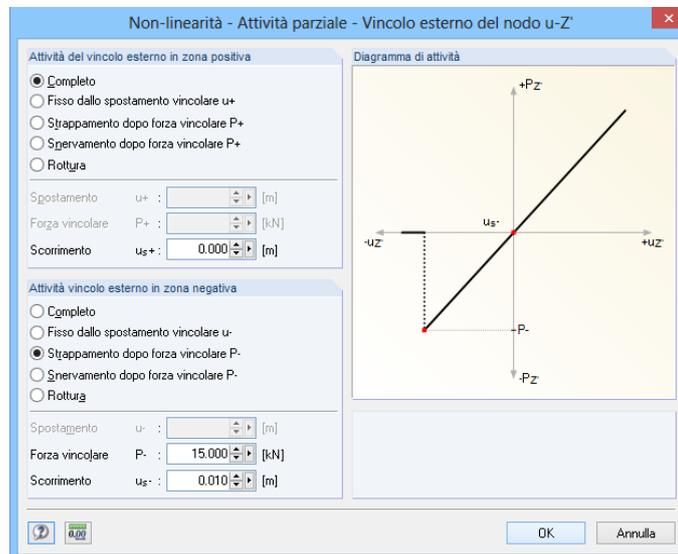


Figura 4.90: Finestra di dialogo *Non linearità - Attività parziale*

L'effetto del vincolo esterno si può definire separatamente per la *Zona negativa* e *Positiva*. La regola del segno è stata descritta nel paragrafo precedente. In aggiunta all'attività *Completo* o alla *Rottura* completa, è possibile impostare il vincolo esterno in modo da essere efficace solo quando si sposta oppure ruota di un certo grado. In questo caso, si deve definire prima una molla traslazionale o rotazionale.

Inoltre, lo *Strappamento* (rottura del vincolo esterno al superamento di una certa forza o momento) così come lo *Snervamento* (efficace solo fino a quando si raggiunge la forza o il momento) si può impostare in combinazione con uno *Scorrimento*.

Il grafico dinamico *Diagramma di attività* della finestra di dialogo aiuta a controllare visivamente le proprietà del vincolo esterno.

Diagramma

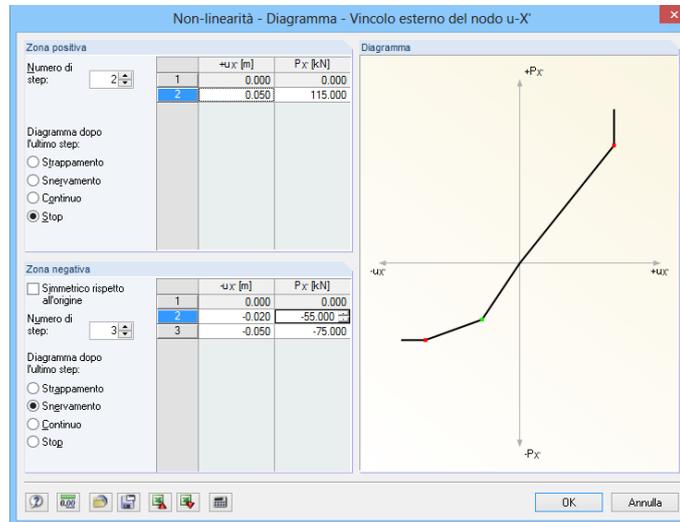


Figura 4.91: Finestra di dialogo *Non linearità - Diagramma*

L'effetto del vincolo esterno si può definire separatamente per la *Zona negativa* e *Positiva*. Prima di tutto, si definisca il *Numero di step* (punti di definizione) per il diagramma di lavoro. Successivamente, immettere i valori delle ascisse degli spostamenti o delle rotazioni con le forze o i momenti vincolari corrispondenti nell'elenco a destra.

Sono disponibili diverse opzioni per il *Diagramma dopo l'ultimo step*: *Strappamento* per la rottura del vincolo esterno, *Snevamento* per limitare il trasferimento a una forza o momento vincolari massimi ammissibili, *Continuo* come nell'ultimo step o *Stop* per limitare il diagramma a uno spostamento o rotazione massimi ammissibili seguiti da una attività del vincolo esterno di tipo incastro.

Attrito dipendente dalla forza di compressione

Utilizzare una di queste quattro opzioni per definire le forze trasferite del vincolo esterno in relazione alle forze di compressione agenti in un'altra direzione. A seconda della selezione, l'attrito può dipendere solo da un'unica forza vincolare o dalla risultante di due forze vincolari che agiscono simultaneamente.

Fare clic sul pulsante [Modifica] per aprire una finestra di dialogo in cui è possibile definire il *Coefficiente di attrito* μ .

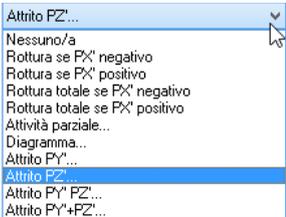


Figura 4.92: Finestra di dialogo *Attrito in u_x' - Forza Normale da Z* (sezione del dialogo)

Esiste la seguente relazione tra la forza assiale e la forza di attrito del vincolo esterno:

$$P_{\text{support}} = \mu \cdot P_{\text{axial force}}$$

Equazione 4.11



4.8 Vincoli esterni delle linee

Descrizione generale

I vincoli esterni delle linee descrivono le condizioni al contorno di tutti i nodi EF disponibili lungo una linea. Gli spostamenti e le rotazioni su questi nodi interni possono essere bloccati o limitati utilizzando molle traslazionali e rotazionali.

È possibile assegnare proprietà non lineari agli spostamenti dei vincoli esterni delle linee in modo che i vincoli siano inefficaci in caso di trazione o compressione.

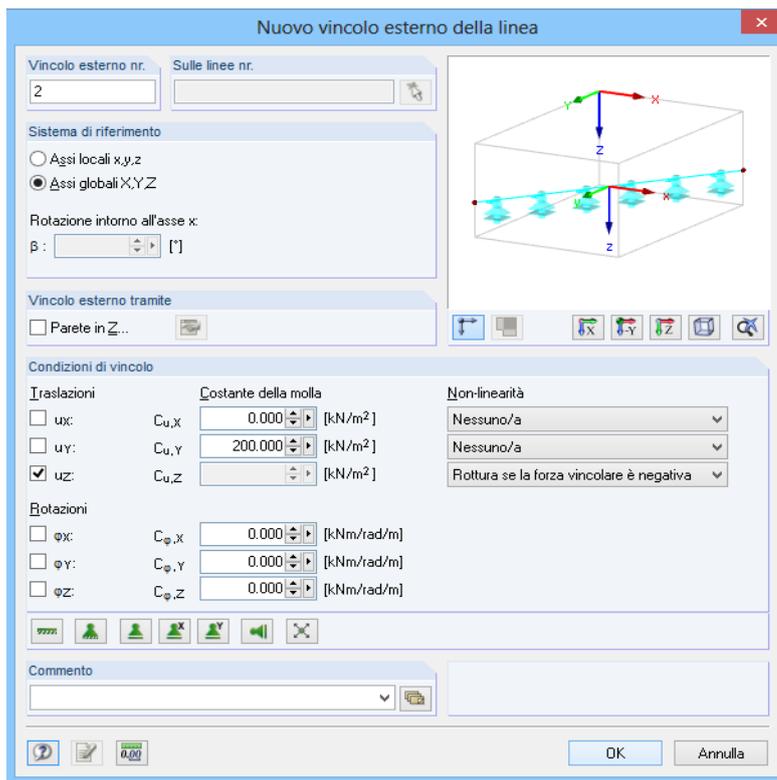


Figura 4.93: Finestra di dialogo *Nuovo vincolo esterno della linea*

Vincolo nr.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	Sulle linee nr.	Sistema di riferimento	Rotazione β [°]	Parete in Z	Vincolo traslazionale o molla [kN/m ²]			Vincolo rotazionale o molla [kNm/rad/m]			Commento
					u _x	u _y	u _z	ϕ_x	ϕ_y	ϕ_z	
1	6,9,15	Globale		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	4	Globale		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	200.000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	3	Globale		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4											
5											
6											
7											
8											

Figura 4.94: Tabella 1.8 *Vincoli esterni delle linee*



Per aprire la seguente finestra di dialogo, dal menu **Inserisci**, scegliere **Dati del modello** e **Vincoli esterni delle linee**, quindi selezionare **Graficamente** oppure utilizzare il pulsante della barra degli strumenti mostrato sulla sinistra:

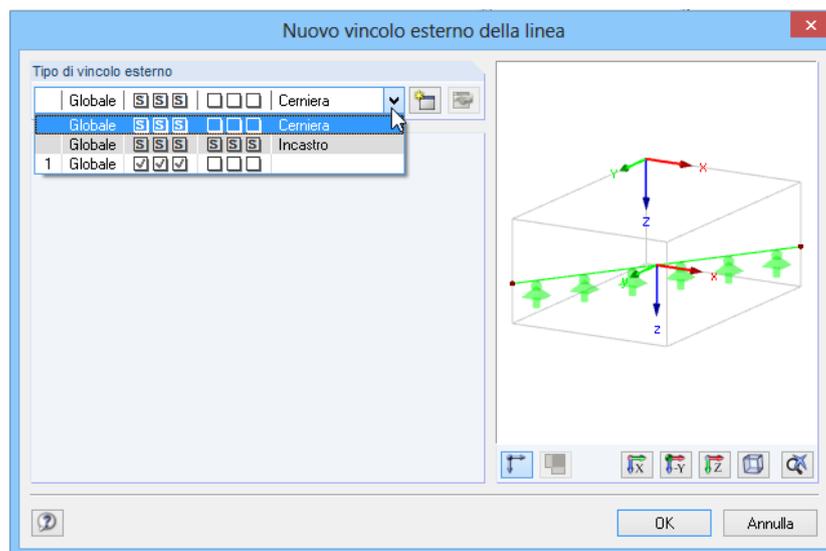


Figura 4.95: Finestra di dialogo *Nuovo vincolo esterno della linea*

I tipi di vincoli esterni *Cerniera* (SSS NNN) e *Incastro* (YYY YYY) sono predefiniti e si possono selezionare dall'elenco. Dopo aver fatto clic sul pulsante [OK] sarà possibile assegnare il tipo di vincolo esterno selezionato alle linee nell'area di lavoro.



Utilizzare il pulsante [Nuovo] per creare un altro tipo di vincolo esterno. Apparirà la finestra di dialogo mostrata nella Figura 4.93.

Sulle linee

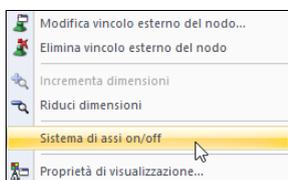
I vincoli esterni delle linee si possono definire solo sulle linee che appartengono ad una superficie o un solido. Inserire il numero della linea nella colonna della tabella o nel campo di immissione della finestra di dialogo. Si possono selezionare anche graficamente.



Sistema di riferimento

I parametri del vincolo esterno possono essere relativi agli assi *Locali* della linea x, y e z o agli assi *Globali* X, Y e Z. Gli indici nella sezione di dialogo *Condizioni di vincolo*, nonché i titoli delle colonne della tabella da E a J sono mutevoli e dipendono dalla impostazione selezionata.

La visualizzazione del sistema assiale locale delle linee inclusa la numerazione e può essere imposta nel navigatore *Visualizza*. È inoltre possibile utilizzare il menu contestuale del vincolo esterno della linea.



Menu contestuale del vincolo esterno della linea

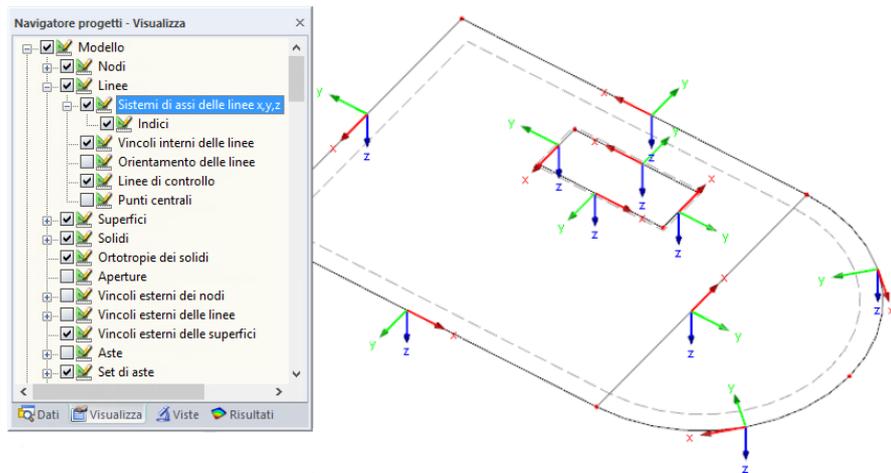


Figura 4.96: Attivazione dei sistemi assiali locali della linea x,y,z nel navigatore *Visualizza*

Rotazione del vincolo esterno

È possibile far ruotare il sistema assiale locale di un vincolo esterno della linea. La *Rotazione* intorno di un angolo positivo β ruota il vincolo esterno in senso orario intorno all'asse x positivo della linea.

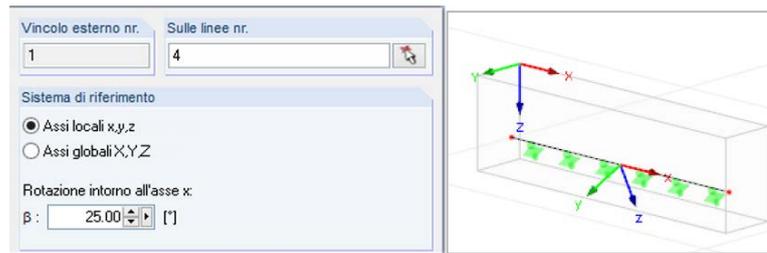


Figura 4.97: Rotazione del vincolo esterno

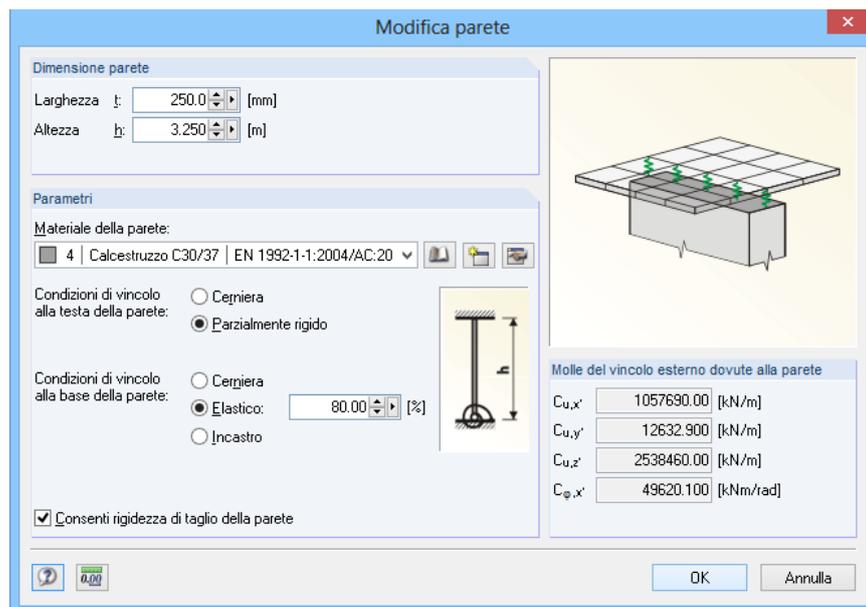
La rotazione del vincolo esterno inserita è mostrata nel grafico dinamico del dialogo.



Dopo aver eseguito il calcolo, sarà possibile valutare le reazioni vincolari di un vincolo esterno della linea ruotato in relazione al sistema assiale globale e locale.

Parete in Z

Quando la superficie è vincolata esternamente da una parete, RFEM non determina il vincolo reale in questa zona con la disposizione di un vincolo esterno della linea fissa. Per un tale tipo di vincolo esterno si può definire una *Parete*: RFEM calcolerà le costanti delle molle di traslazione e di rotazione dal materiale e dalla geometria della parete. Quest'opzione è particolarmente utile per piastre 2D per evitare singolarità che si verificherebbero per una linea vincolata rigidamente.

Figura 4.98: Finestra di dialogo *Modifica parete*

Nella sezione di dialogo *Dimensioni della parete* si definisce la geometria. In aggiunta alla *Larghezza t*, anche l'*Altezza h* influenza le costanti delle molle traslazionali e rotazionali.

Nella sezione di dialogo *Parametri*, si selezionerà il *Materiale della parete* dall'elenco dei materiali già definito. È inoltre possibile creare un nuovo materiale della parete (si veda paragrafo 4.3, pagina 63).

Per determinare le rigidità delle molle, sarà necessario specificare le *Condizioni di vincolo esterno alla testa della parete* e alla *base della parete*. Se si spunta la casella di controllo per *Consenti rigidità di taglio della parete*, questa selezione influenzerà anche le costanti delle *Molle del vincolo esterno dovute alla parete*.

Le costanti delle molle determinate dai parametri immessi sono riportate nella sezione di dialogo a destra.

Le larghezze della parete sono visualizzate sulla linea vincolata esternamente nell'area di lavoro.

Spostamento vincolato o molla

Per vincolare uno spostamento, spuntare la casella di controllo corrispondente nella finestra di dialogo o nella tabella. Il segno di spunta indica che il corrispondente grado di libertà non è disponibile e lo spostamento della linea nella direzione corrispondente non è possibile.

Per gli spostamenti che non si desidera vincolare, deselezionare la casella di controllo corrispondente. RFEM imporrà la costante della molla traslazionale a zero nella finestra di dialogo *Vincolo esterno della linea*. È sempre possibile modificare la costante della molla al fine di rappresentare un vincolo esterno elastico della linea. Nella tabella, si inserisca la costante direttamente nella colonna pertinente.

Le rigidità delle molle sono considerate come valori di progetto.

L'assegnazione di un criterio di rottura è descritto di seguito.

Rotazione vincolata o molla

Le rotazioni sono vincolate seguendo la stessa procedura per vincolare gli spostamenti. Il segno di spunta indica che il corrispondente grado di libertà non è disponibile e la rotazione della linea nella direzione corrispondente non è possibile. Le costanti per le molle rotazionali possono essere definite non appena si toglieranno i segni di spunta dalle caselle di controllo. Nella tabella, si inserisca la costante della molla direttamente nella colonna pertinente.



La finestra di dialogo *Nuovo vincolo esterno della linea* (si veda Figura 4.93, pagina 105), è dotata di pulsanti per i diversi tipi di vincoli esterni che semplificano la definizione dei gradi di libertà.



Figura 4.99: Pulsanti nella finestra di dialogo *Nuovo vincolo esterno del nodo*

I pulsanti sono riservati per le seguenti proprietà del vincolo esterno:

Pulsante	Tipo di vincolo esterno
	Incastro
	Incernierato con vincolo alla rotazione intorno a Z'
	Scorrevole in X' e Y' vincolo alla rotazione intorno Z'
	Scorrevole in X' vincolo alla rotazione intorno Z'
	Scorrevole in Y' vincolo alla rotazione intorno Z'
	Scorrevole in Z' e Y' vincolo alla rotazione intorno Z'
	Libero

Tabella 4.4: Pulsanti nella finestra di dialogo *Vincolo esterno della linea*

Non linearità

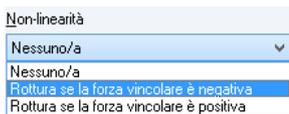
È possibile assegnare le seguenti caratteristiche non lineari ai spostamenti vincolati o alle molle traslazionali di un vincolo esterno della linea:

- Rottura se la forza vincolare è positiva.
- Rottura se la forza vincolare è negativa.

Si possono controllare le proprietà non lineari nella finestra di dialogo e nella tabella utilizzando l'elenco (si veda Figura 4.93 e Figura 4.94). Utilizzare queste impostazioni per definire per ogni elemento del vincolo esterno se solo le forze positive o negative siano trasferite alla linea vincolata esternamente.cci

Gli aggettivi *Positivo* o *negativo* si riferiscono a forze o momenti che agiscono sul vincolo esterno del nodo rispetto ai propri assi (e non si riferiscono alle forze di reazione del vincolo esterno). Così, i segni derivano dalla direzione degli assi globali o locali. Se l'asse globale Z di una linea è diretto verso il basso, il caso di carico "peso proprio" avrà come risultante una forza del vincolo esterno p_z positiva.

I vincoli esterni efficaci non lineari saranno visualizzati con un colore diverso. Nella tabella, è possibile riconoscere gli elementi vincolati con un criterio di rottura perché visualizzati con una casella di controllo di colore blu.



4.9 Vincoli esterni delle superfici

Teoria

Un vincolo esterno elastico di una superficie rappresenta un vincolo per tutti gli elementi 2D della superficie.

Nel modello di fondazione alla WINKLER, si presuppone che il terreno sia un liquido ideale su cui fluttua la piastra. Il modello si basa su differenze significative fra i moduli di elasticità del calcestruzzo e del suolo (linearizzato), che sono tipicamente in rapporto 1000:1 e oltre. Matematicamente, il presupposto di WINKLER è il seguente:

$$p_z = C_z \cdot w_z$$

Equazione 4.12

In ogni punto la pressione di contatto p_z è messa in relazione allo spostamento w_z ai sensi della costante della fondazione C_z . Tuttavia, questo presupposto implica che ogni punto sarà spostato indipendentemente da tutti gli altri nodi del piano di fondazione. Ciò implica che il terreno circostante è irrilevante per lo spostamento della superficie (Figura 4.100a).

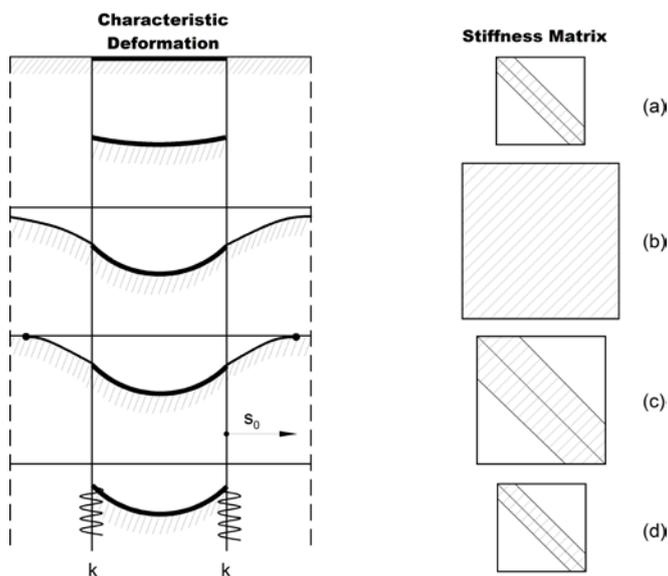


Figura 4.100: Correlazione tra deformazioni e la larghezza di banda della matrice di rigidezza

Questo modello rudimentale di fondazione non corrisponde ai requisiti più moderni.

Un tipo evoluto di modellazione di sottosuolo elastico si basa sull'*approccio del modulo di rigidità*. In questo modello, il suolo è considerato come un semispazio elastico con tutti i suoi nodi correlati matematicamente e meccanicamente. Questo si traduce in un bacino di subsidenza "infinito" con effetti di smorzamento. Lo svantaggio di questo modello di terreno di fondazione è una matrice di sistema enorme (Figura 4.100b).

L'algoritmo di RFEM utilizza il modello del suolo efficace secondo KOLAR / NEMEC, unificando i vantaggi di entrambi i modelli. Questo modello di suolo della fondazione si basa sulla teoria di PASTERNAK [8]:

- Per la piastra che è a contatto con il terreno, sono importanti solo le proprietà meccaniche del semi-spazio non-lineare elastico o plastico di contatto. Pertanto, gli effetti tridimensionali del terreno sono condensati all'interno dello spazio di contatto, il che significa che diventa un problema 2D.
- Il modello di WINKLER considera la condensazione 2D (vedere equazione 5.4), sebbene abbia delle mancanze in termini di energia. Considerando un secondo coefficiente C_v per la capaci-

tà a taglio del terreno, si crea la coazione del suolo al di là del bordo della piastra. Si formerà un bacino naturale di subsidenza di dimensioni limitate, come si può verificare nella realtà.

- È stato creato così un sistema a due parametri (C_u, C_v). $C_{u,z}$ corrisponde approssimativamente alla costante di WINKLER e può essere applicato in questo modo nei calcoli pratici. L'intero sistema si compone di cinque parametri: $C_{u,x}, C_{u,y}, C_{u,z}, C_{v,x}$, e $C_{v,y}$.

Figura 4.100c mostra il modello di suolo a confronto. Numericamente, il modello EF è stabile come il modello di WINKLER. Tuttavia, incorporando gli elementi del suolo nel bacino di subsidenza ha come risultato una matrice di sistema più grande.

Il modello di KOLAR/NEMEC è stato potenziato. L'esperienza ha dimostrato che gli elementi del suolo possono essere eliminati dal sistema con l'aiuto di opportuni provvedimenti. Il *modello di suolo effettivo* implementato in RFEM è simbolicamente mostrato nella Figura 4.100d. Così, si elimina lo svantaggio della matrice di sistema grande. Una descrizione dettagliata dell'effettivo modello di terreno di fondazione è presente in [4].

Il suolo circostante ("cuneo di terreno") è eliminato dal modello della superficie convertendo la sua rigidità in una linea elastica al contorno e un vincolo esterno del nodo dell'angolo.

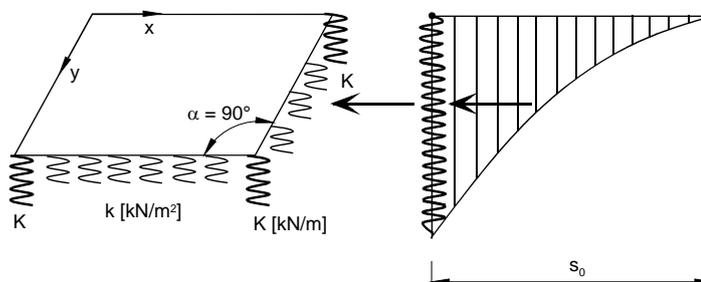


Figura 4.101: Conversione del suolo circostante in vincoli lineari e nodali dei vertici

In prima approssimazione, le costanti della molla k e K del vincolo della linea e del vertice sono calcolate secondo le seguenti equazioni:

$$k = \sqrt{C_{u,z} \cdot C_{v,\text{perpendicular}}}$$

Equazione 4.13 Costante della molla del vincolo esterno della linea

$$K = \frac{C_{v,x} + C_{v,y}}{4}$$

Equazione 4.14 Costante della molla del vincolo esterno del nodo di vertice

Nella Equazione 4.13 è necessario inserire il parametro C_v che agisce perpendicolarmente sulla linea al contorno.

La Equazione 4.14 è utilizzata per i vertici con un angolo di $\alpha = 90^\circ$ (vedere [17] per le dimensioni di altri angoli). Gli angoli superiori a 90° hanno come risultato valori minori di K . Tuttavia, se $\alpha = 0^\circ$ allora $K = 0$.



Le molle determinate in tal modo devono essere disposte nel modello, in aggiunta al vincolo esterno elastico della superficie, come vincoli esterni delle linee e dei nodi.

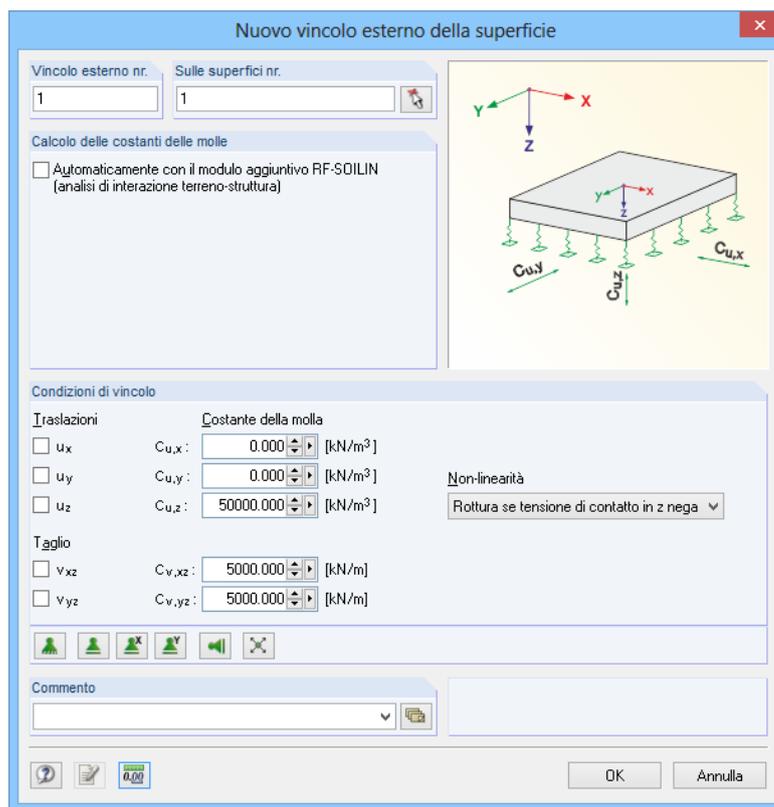


Figura 4.102: Finestra di dialogo *Nuovo vincolo esterno della superficie*

1.9 Vincoli esterni delle superfici

Vincolo nr.	A	B	C	D	E	G	H
	Sulle superfici nr.	Costanti delle molle con RF-SOILIN	Vincolo traslazionale o molla		Molla di taglio		Commento
		<input type="checkbox"/>	$C_{u,x}$	$C_{u,y}$	$C_{u,z}$	$C_{v,xz}$	$C_{v,yz}$
1	1	<input type="checkbox"/>	50000.000		50000.000	5000.000	
2	2-4	<input type="checkbox"/>	50000.000		30000.000	3000.000	
3		<input type="checkbox"/>					S
4		<input type="checkbox"/>					No
5		<input type="checkbox"/>					Costante della molla
6		<input type="checkbox"/>					Inefficacia...

Nodi | Linee | Materiali | Superfici | Solidi | Aperture | Vincoli esterni dei nodi | Vincoli esterni delle linee | Vincoli esterni delle superfici | Vincoli interni delle linee | Sezioni trasversali | Vincoli interni delle aste

Coefficiente traslazionale della molla per l'asse locale z, perpendicolare alla superficie (F7 per selezionare)

Figura 4.103: Tabella 1.9 *Vincoli esterni delle superfici*

Sulle superfici

Inserire i numeri delle superfici da vincolare esternamente nella colonna della tabella o nel campo di immissione della finestra di dialogo. Le superfici si possono selezionare anche graficamente.

Costanti delle molle con RF-SOILIN

Ogni terreno ha più o meno caratteristiche elastiche non lineari o plastiche. Per determinare facilmente i coefficienti del vincolo esterno elastico, si usi il modulo aggiuntivo RF-SOILIN della Dlubal. Il programma effettua il calcolo dei cedimenti che si basano sull'azione del carico e sui risultati delle sonde. Successivamente, determina i coefficienti delle molle in ciascun elemento finito. In questo modulo, si possono includere diversi strati di suolo in vari punti di registrazione.

Se si seleziona questa opzione e i risultati di RF-SOILIN non sono disponibili, i coefficienti del vincolo esterno elastico saranno determinati prima che il calcolo globale di RFEM sarà avviato.

Traslazioni $u_x / u_y / u_z$ o molle $C_{u,x} / C_{u,y} / C_{u,z}$

Le direzioni vincolate o le molle si riferiscono agli assi locali x, y e z della superficie. Utilizzare il navigatore *Visualizza* o il menu contestuale di una superficie per visualizzarle graficamente (si veda Figura 4.73, pagina 87).



Le rigidzze della molla devono essere inserite come valori di progetto.

Se il vincolo agisce perpendicolarmente alla superficie, si inserisca il vincolo esterno o la costante della molla nel campo di immissione $C_{u,z}$. Il parametro è praticamente uguale al modulo di WINKLER del terreno C_z . Si può utilizzare quello di una indagine del suolo.

I parametri $C_{u,x}$ e $C_{u,y}$ rappresentano le molle traslazionali che descrivono la resistenza del terreno allo spostamento nelle direzioni x o y della superficie. Nel caso della piastra di un impalcato, definiscono la resistenza (indipendenti dal carico) nelle direzioni orizzontali.



Nel grafico, le molle sono sempre posizionate nella direzione dell'asse della superficie positiva z . Se i simboli delle mole sono sul lato "sbagliato" della superficie è possibile modificare l'orientamento dell'asse z locale rapidamente: si faccia clic con il pulsante destro sulla superficie per aprire il menu contestuale e selezionare *Inverti sistema assiale locale*. Questa opzione è disponibile solo per le strutture 3D, non per modelli piani. Quando si modificano le impostazioni, si noti che il criterio di rottura cambierà la direzione di azione.

I vincoli esterni ad incastro consentono, ad esempio per i modelli solidi simmetrici, di rappresentare solo una parte del modello. In questo modo, è possibile aumentare notevolmente la velocità di calcolo.

Molle di taglio $C_{v,x} / C_{v,y}$

Tali campi di immissione sono utilizzati per considerare la capacità a taglio del suolo in direzione degli assi x o y della superficie. Nella maggior parte dei casi, la costante di PASTERNAK C_v assume valori tra $0,1 C_z$ (minore capacità di taglio) e $0,5 C_z$ (capacità di taglio media). In generale, si può applicare l'eguaglianza $C_{v,x} = C_{v,y}$.

L'idea di base del Modello Efficace è quella di collegare i parametri $C_{u,z}$ e C_v ai sensi del coefficiente s secondo le seguenti equazioni.

$$C_{v,x} = C_{u,z} \cdot s_x^2$$

Equazione 4.15 Costante di taglio della molla $C_{v,x}$

$$C_{v,y} = C_{u,z} \cdot s_y^2$$

Equazione 4.16: Costante di taglio della molla $C_{v,y}$

Il valore s è un'analogia della lunghezza elastica per le travi su suolo elastico. Questa equazione empirica è stata derivata dalle misurazioni dei cedimenti (si veda Figura 4.100c, pagina 110):

$$s_0 = 4,0 \text{ s a } 5,0 \text{ s}$$

Media:

$$s_0 = 4,5 \text{ s}$$

Equazione 4.17: Bacino di subsidenza s_0

Il bacino di subsidenza s_0 menzionato nella Equazione 4.17 va inteso piuttosto in termini energetici e non geometrici. Nella realizzazione pratica, s_0 è definito come la distanza dallo spigolo della piastra, dove i cedimenti sono inferiori all'1% dei valori al bordo della fondazione. Se è noto il valore di riferimento per s_0 , si calcherà s secondo la Equazione 4.17. Di conseguenza, si ottiene il valore di C_v secondol'Equazione 4.15 e l'Equazione 4.16. Se non vi sono misurazioni disponibili, ma è possibile determinare o stimare il valore di C_v dal tipo del suolo, si può derivare il valore di s in questo modo:

$$s_x = \sqrt{\frac{C_{v,x}}{C_{u,z}}} \quad \text{o} \quad s_y = \sqrt{\frac{C_{v,y}}{C_{u,z}}}$$

Equazione 4.18

La determinazione di C_v è il problema principale nel momento dell'applicazione del modello di base secondo PASTERNAK. Se C_v tende a zero, questo modello diventa quello di WINKLER. Se C_v tende a infinito, il raggiungimento del bacino di subsidenza s_0 si ha all'infinito. Quindi l'energia della deformazione del suolo è una espressione infinita, il cedimento cambia e i cedimenti tendono a zero. Pertanto, valori elevati non reali di C_v conducono a problemi numerici nell'algoritmo agli EF.

Per la sabbia, ad esempio, C_v tende a zero. Per tipi compatti di roccia, tuttavia, si può assumere che sia quasi uguale a $1,0 C_{u,z}$.

KOLAR [17] fornisce una tabella riepilogativa con i seguenti valori orientativi. I valori non sostituiscono quelli ricavati da una perizia del suolo.

Consistenza del suolo	$C_{u,z}$	Capacità a taglio C_v		
		Nessuna	Media	Alta
		[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
	[kN/m ³]			
Molto morbida	1.000	0	500	1.000
Medio-densa	10.000	0	5.000	10.000
Compatta	100.000	0	50.000	100.000

Tabella 4.5: Valori guida per $C_{u,z}$ e C_v



La finestra di dialogo *Nuovo vincolo esterno della superficie*, (si veda Figura 4.102, pagina 112), è dotata di pulsanti per i diversi tipi di vincoli esterni che facilitano la definizione dei gradi di libertà.

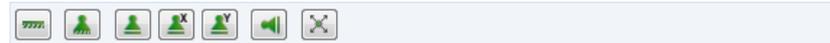


Figura 4.104: Pulsanti nella finestra di dialogo *Nuovo vincolo esterno della superficie*

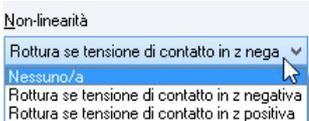
I pulsanti sono riservati per le seguenti proprietà del vincolo esterno:

Pulsante	Tipo di vincolo esterno
	Incastro
	Scorrevole in x e y
	Scorrevole in x
	Scorrevole in y
	Scorrevole in z
	Libero

Tabella 4.6: Pulsanti nella finestra di dialogo *Vincolo esterno della superficie*

Non linearità

Il vincolo può essere escluso per tensioni di contatto positive o negative che si verificano nella direzione dello spostamento u_z : la fondazione crolla, ad esempio, per forze di sollevamento. Speci-



ficare le impostazioni tramite l'elenco disponibile nella finestra di dialogo o nella tabella (si veda Figura 4.103, pagina 112).

Gli aggettivi *Positivo* o *negativo* si riferiscono alle tensioni che agiscono in direzione (o direzione opposta) dell'asse locale z della superficie: tensioni di contatto positive si producono quando una piastra dell'impalcato è soggetta al peso proprio e sia l'asse globale Z che l'asse locale z sono entrambi orientati verso il basso. Se l'asse z della superficie ha l'orientamento verso l'alto, la tensione di contatto sarebbe negativa.

L'opzione di visualizzazione degli assi locali della superficie è mostrata nella Figura 4.73, pagina 87.

I vincoli esterni delle superfici che presentano delle non-linearità saranno visualizzati con un colore diverso¹. Nella tabella, i valori caratteristici u_z di tali vincoli esterni sono mostrati in blu.

Quando esiste una non-linearità, RFEM calcola gli spostamenti generalizzati e le tensioni con diverse iterazioni. Il programma cerca quali elementi finiti ormai sono privi di tensione se la fondazione non è più attiva a causa di una rottura.



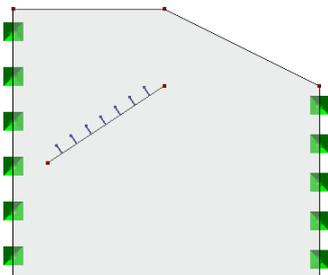
Si noti che può accadere per le combinazioni di risultati con vincoli esterni non lineari (agenti) che i risultati siano combinati con una rottura del vincolo esterno locale differente. In questi casi, si consiglia di utilizzare le combinazioni di carico (vedere esempio in Figura 5.27, pagina 200).

4.10 Vincoli interni delle linee

Descrizione generale

Le superfici che hanno un linea del bordo in comune risultano collegate rigidamente. I vincoli interni delle linee consentono di escludere particolari gradi di libertà dal trasferimento.

I vincoli interni delle linee possono essere disposti sulle linee del contorno delle superfici o assegnati alle linee integrate in una superficie come mostrato a sinistra.



Un vincolo interno della linea è un attributo di una superficie, non di una linea. Pertanto, deve essere assegnato a una superficie. Per assegnare il vincolo interno della linea graficamente,

selezionare **Dati del modello** nel menu **Inserisci**, scegliere **Vincoli interni delle linee** e fare clic su **Assegna alle linee graficamente**.

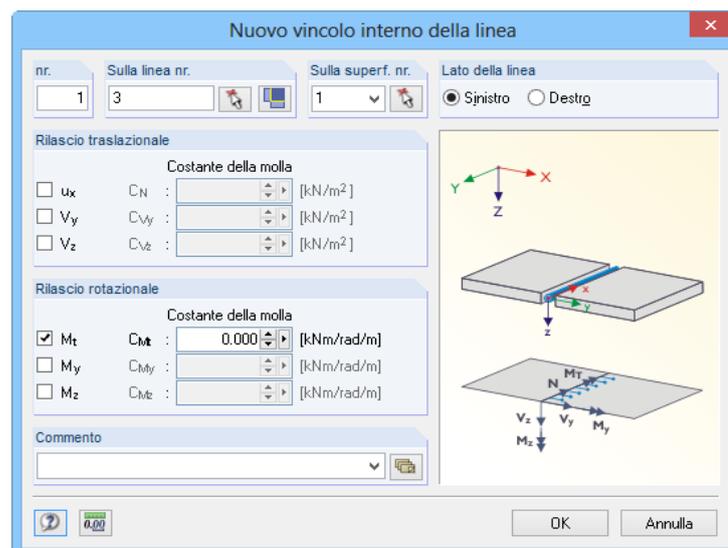


Figura 4.105: Finestra di dialogo *Nuovo vincolo interno della linea*

1.10 Vincoli interni delle linee										
Vincolo nr.	A Linea nr.	B Superficie nr.	C Lato	D Rilascio forza assiale/taglio o molla [kN/m ²]			G Rilascio momento o molla [kNm/rad/m]			J Commento
				u _x	u _y	u _z	φ _x	φ _y	φ _z	
1	3	1	Sinistro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	22	2		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
3							S			
4							No			
5							Costante della molla			
6										

Figura 4.106: Tabella 1.10 *Vincoli interno delle linee*

Sulla linea

Inserire il numero della linea su cui si desidera definire il vincolo interno. È inoltre possibile utilizzare l'elenco o selezionare la linea graficamente. Quando si seleziona la superficie prima di definire le impostazioni nella finestra di dialogo, si possono importare tutte le linee al contorno della superficie facendo clic sul pulsante [Tutte le linee al contorno].

Sulla superficie

Assegnare il vincolo interno della linea a una superficie. Poiché il vincolo interno è una proprietà della superficie, è possibile modificarlo successivamente nella finestra di dialogo *Modifica superficie*.

Lato

Queste opzioni nella finestra di dialogo, rispettivamente nella colonna della tabella, sono solo accessibili se la linea è un oggetto integrato di superficie. La disposizione del vincolo interno determina il modo in cui gli elementi finiti sui lati della linea sono presi in considerazione per la rigidità.

I gradi di libertà si riferiscono al sistema assiale della linea (si veda Figura 4.96, pagina 107), non al sistema della superficie. L'asse z della superficie, tuttavia, influenza la definizione di *Sinistra* o *Destra* secondo la seguente regola descrittiva: "Il punto di vista sulla linea, l'asse locale z della superficie in direzione dei piedi, vista in direzione della linea, sinistra/destra come le mani".

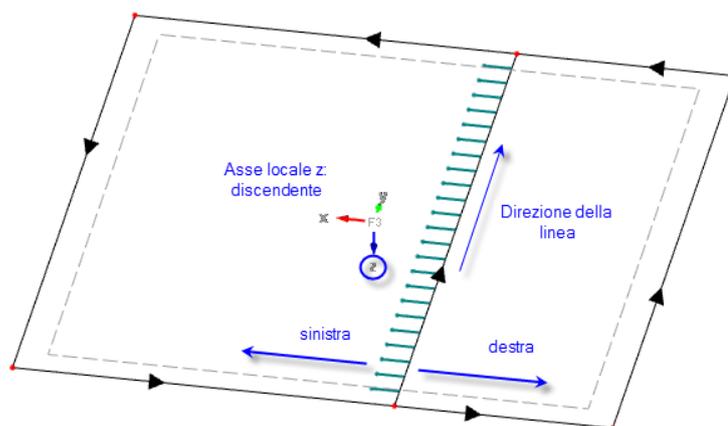


Figura 4.107: Definizione dei lati della linea

L'opzione del lato è bloccata per le linee del contorno perché il lato della linea, sul quale il vincolo interno è efficace, è chiaramente definito dall'assegnazione alla superficie.

Rilascio assiale/di taglio o molla

I campi della finestra di dialogo e le colonne della tabella controllano i gradi di libertà per le forze assiali e di taglio. Se si spunta la casella di controllo, il corrispondente grado di libertà non sarà trasferito. È anche possibile inserire la costante di una molla traslazionale.

I gradi di libertà si riferiscono al sistema assiale locale della linea x,y,z . Utilizzare il navigatore *Visualizza* (si veda Figura 4.96, pagina 107) o il menu contestuale della linea per visualizzare gli assi della linea.

Rilascio momento o molla

I gradi di libertà dei momenti si riferiscono al sistema assiale locale della linea x,y,z . Se si seleziona la casella di controllo, il momento corrispondente non sarà trasferito. È anche possibile inserire la costante di una molla rotazionale.



La presenza di una piccola immagine nella finestra di dialogo *Nuovo vincolo interno della linea* mostra la direzione dei momenti. Solitamente, il vincolo interno della linea è utilizzato come "giunto a cerniera" tra le due superfici. In questo caso si rilascia M_T , ossia la rotazione intorno all'asse x longitudinale della linea.

4.11 Spessori variabili

Descrizione generale

Uno spessore variabile descrive un decremento o incremento lineare dello spessore della superficie. Si utilizzino gli spessori variabili per modellare superfici rastremate. Lo spessore variabile deve essere definito in tre punti al fine di potere eseguire una interpolazione lineare tra loro.



Uno spessore variabile non è inserito direttamente ma viene impostato come parametro quando si definisce una superficie. Impostare lo *Spessore* come **Variabile** (si veda paragrafo 4.4, pagina 85). Quindi, i pulsanti [Modifica] mostrati sulla sinistra diventano attivi nella finestra di dialogo e nella tabella.

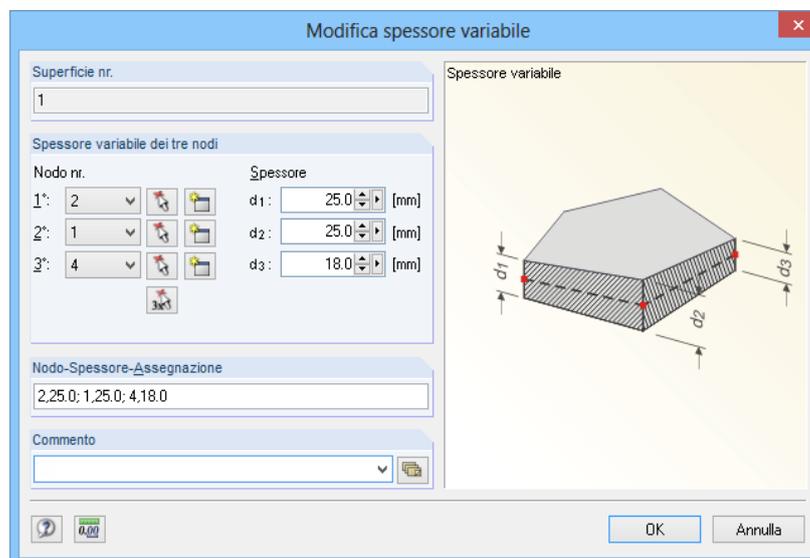


Figura 4.108: Finestra di dialogo *Modifica spessore variabile*

1.11 Spessori variabili

Superf. nr.	A		C		E		G
	1° nodo nr.	d ₁ [mm]	2° nodo nr.	d ₂ [mm]	3° nodo nr.	d ₃ [mm]	
1	2	25.00	1	25.00	4	18.00	lastra della balconata
3	22	22.00	21	22.00	23	18.00	

Commento ([...]) per importare il commento da una lista di commenti predefiniti

Nodi | Linee | Materiali | Superfici | Solidi | Aperture | Vincoli esterni dei nodi | Vincoli esterni delle linee

Figura 4.109: Tabella 1.11 *Spessori variabili*

Superficie

Gli spessori variabili si possono utilizzare solo per le superfici piane. Esse non possono essere applicati, ad esempio, a superfici curve.

Spessore variabile tramite tre nodi

Per definire uno spessore variabile, specificare tre nodi in modo che RFEM possa eseguire una interpolazione lineare. Si possono selezionare tutti i nodi all'interno del piano della superficie per la definizione dello spessore. Non è necessario che essi appartengano alla superficie ma che i nodi EF possano essere generati in questi punti di definizione.

Selezionare i tre nodi dall'elenco o utilizzare la funzione [^] per selezionarli graficamente. È anche possibile creare [Nuovi] nodi. Quindi, si assegni lo *Spessore d* corrispondente.

La sezione di dialogo *Nodo-Spessore-Assegnazione* rappresenta una breve panoramica dei dati inseriti. I numeri dei nodi e gli spessori sono separati da una virgola, le coppie singole di nodi-spessore da punto e virgola.

È possibile visualizzare la distribuzione degli spessori delle superfici nella modalità di rendering per il controllo grafico dei dati inseriti: selezionare l'opzione *Piena incluso spessore* nel navigatore *Visualizza*.

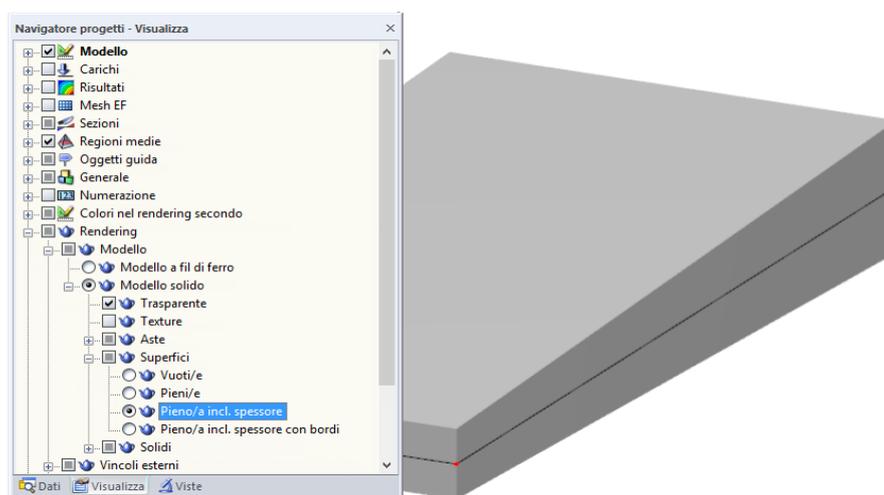


Figura 4.110: Navigatore *Visualizza*: Rendering → Modello → Modello solido → Superficie → Piena incl. spessore

4.12 Superfici ortotrope

Descrizione generale

Le superfici ortotrope hanno rigidità differenti nelle direzioni degli assi locali x e y della superficie. Si utilizzino le proprietà ortotrope della superficie per modellare, ad esempio, travi di legno lamellare incollato o impalcati con nervature. Le proprietà ortotrope si possono impostare per superfici piane e quadrangolari.

Si possono definire proprietà ortotrope del materiale (materiale ortotropo con geometria invariabile), della geometria (forma irregolare della superficie con materiale isotropo) o come una combinazione di entrambi.

La figura seguente mostra la matrice di rigidità generale di una superficie ortotropa in RFEM.

$$\begin{Bmatrix} m_x \\ m_y \\ m_{xy} \\ v_x \\ v_y \\ n_x \\ n_y \\ n_{xy} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} D_{11} & D_{12} & D_{13} & 0 & 0 & D_{16} & D_{17} & D_{18} \\ & D_{22} & D_{23} & 0 & 0 & D_{26} & D_{27} & D_{28} \\ & & D_{33} & 0 & 0 & D_{36} & D_{37} & D_{38} \\ & & & D_{44} & D_{45} & 0 & 0 & 0 \\ & & & & D_{55} & 0 & 0 & 0 \\ \text{sym.} & & & & & D_{66} & D_{67} & D_{68} \\ & & & & & & D_{77} & D_{78} \\ & & & & & & & D_{88} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \kappa_x \\ \kappa_y \\ \kappa_{xy} \\ \gamma_{xz} \\ \gamma_{yz} \\ \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{Bmatrix}$$

Rigidezza flessionale e torsionale 
 Elementi per il taglio 
 Elementi membranali 
 Eccentricità 

Figura 4.111: Matrice con i coefficienti di rigidità

Le superfici ortotrope possono essere calcolate secondo un'analisi statica lineare, del secondo ordine o a grandi spostamenti. In caso di matrici con coefficienti membranali puri, è possibile solo l'analisi a grandi spostamenti.



Si possono trovare informazioni dettagliate sulla *Ortotropia* in un documento scaricabile dalla sezione del nostro sito internet di DLUBAL SOFTWARE GMBH.



Una ortotropia non si inserisce direttamente, ma è impostata come parametro quando si definisce una superficie. Impostare la *Rigidità* come **Ortotropa** o **Membrana ortotropa** (si veda paragrafo 4.4, pagina 84). Quindi, i pulsanti [Modifica] mostrati sulla sinistra diventano attivi nella finestra di dialogo e nella tabella.

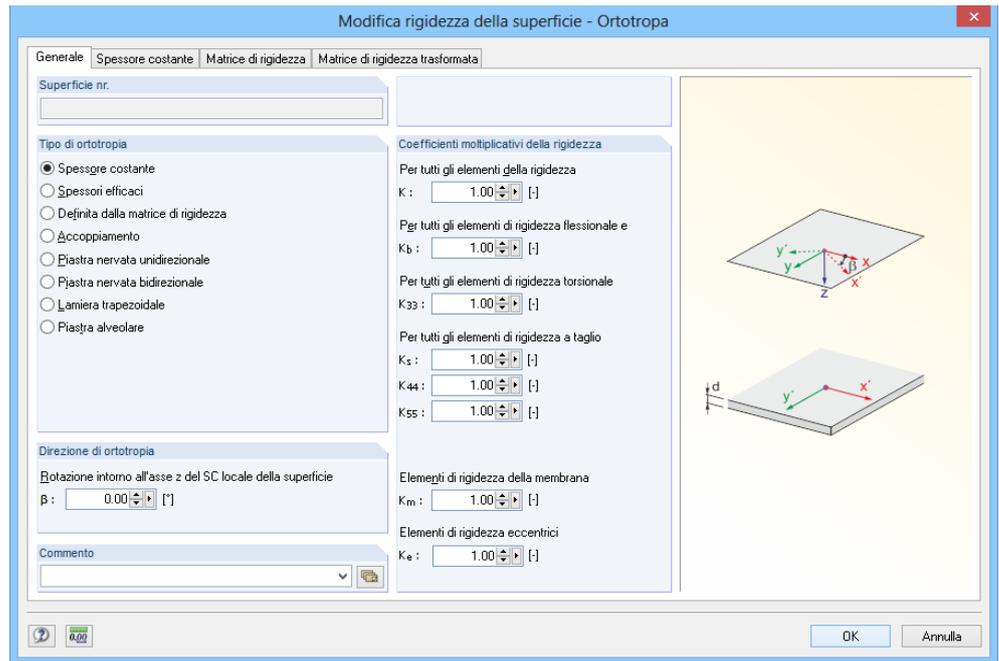


Figura 4.112: Finestra di dialogo *Modifica rigidezza della superficie - Ortotropia*

1.12 Superfici ortotrope e membrane

Superf. nr.	Rigidezza	Tipo di ortotropia	Direzione ortotropia β [°]	Coefficients moltiplicativi della rigidezza [-]											Spessore d [mm]	Commento
				K	K_b	K_{33}	K_s	K_{44}	K_{55}	K_m	K_e					
1	Ortotropia	Connessione	90.00	20.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	20.0	
2	Ortotropia	Spessore efficace	20.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	180.0		
3	Ortotropia	Spessore costante	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	180.0	Legno lamellare	
4	Ortotropia	Spessore costante	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	180.0	Legno lamellare	
5	Ortotropia	Spessore costante	45.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	180.0		
6	Ortotropia	Spessore costante	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	180.0		

Vincoli esterni delle linee Vincoli interni delle linee Superfici ortotrope e membrane Sezioni trasversali Vincoli interni delle aste Eccentricità delle aste Divisioni delle aste

Tipo di definizione ortotropia (F7 per selezionare)

Figura 4.113: Tabella 1.12 *Superfici ortotrope e membrane*

La finestra di dialogo è suddivisa in diverse schede che dipendono dal *Tipo di ortotropia* selezionata.

Nella sezione di dialogo *Coefficients di riduzione della rigidezza*, è possibile ridurre la rigidezza sia a livello globale utilizzando il fattore *K* o individualmente per flessione, torsione, taglio e elementi di rigidezza membranali (vedere pagina 123).

Nella scheda *Matrice di rigidezza*, sono riportati i rispettivi elementi della matrice (si veda Figura 4.114).

Gli elementi della matrice di rigidezza saranno modificati secondo l'Equazione 4.1 durante l'importazione di RFEM 4.

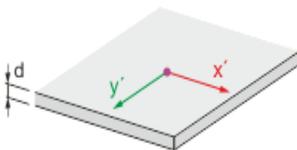
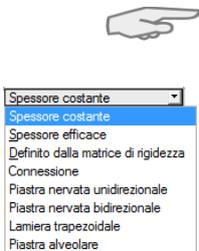
Definizione

È possibile definire le superfici ortotrope con i parametri geometrici e dei materiali oppure direttamente con i coefficienti della matrice di rigidezza locale. In base alle specificazioni utilizzate, cambiano le schede della finestra di dialogo.

I tipi di ortotropia sono descritti nelle pagine seguenti. Per ogni tipo di definizione è necessario specificare lo spessore equivalente che si desidera applicare per la determinazione del peso proprio.

Materiale ortotropo

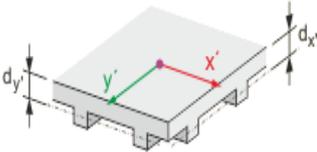
RFEM utilizza le proprietà del materiale ortotropo che sono state definite nella finestra di dialogo *Modello del materiale - Elastico ortotropo 2D* (si veda Figura 4.47, pagina 69). Questo tipo è appro-



priato solo per le superfici omogenee di uguale spessore il cui materiale ha proprietà ortotrope distintive.

Spessori efficaci

Nella scheda di dialogo *Spessori efficaci* è possibile definire diversi spessori in direzione x' e y' per riprodurre le diverse condizioni di rigidezza.



Il peso proprio non si determina dagli spessori inseriti in questa finestra di dialogo ma RFEM utilizza lo spessore della superficie inserito nella finestra di dialogo *Modifica superficie* o nella tabella 1.4 *Superfici*. È anche utilizzato per il calcolo delle tensioni.

RFEM mostra i moduli di elasticità e di taglio per il materiale utilizzato (si veda paragrafo 4.3, pagina 69) in modo che sia possibile controllare i dati corrispondenti. In alternativa, si possono controllare le proprietà ortotrope tramite le impostazioni per il materiale e definire lo spesso spessore per le direzioni x' e y' .

Matrice di rigidezza

È possibile definire manualmente i coefficienti della matrice di rigidezza locale.



Con questa opzione si possono modificare anche i coefficienti generati (per esempio un accoppiamento o una piastra nervata) con le impostazioni definite dall'utente.

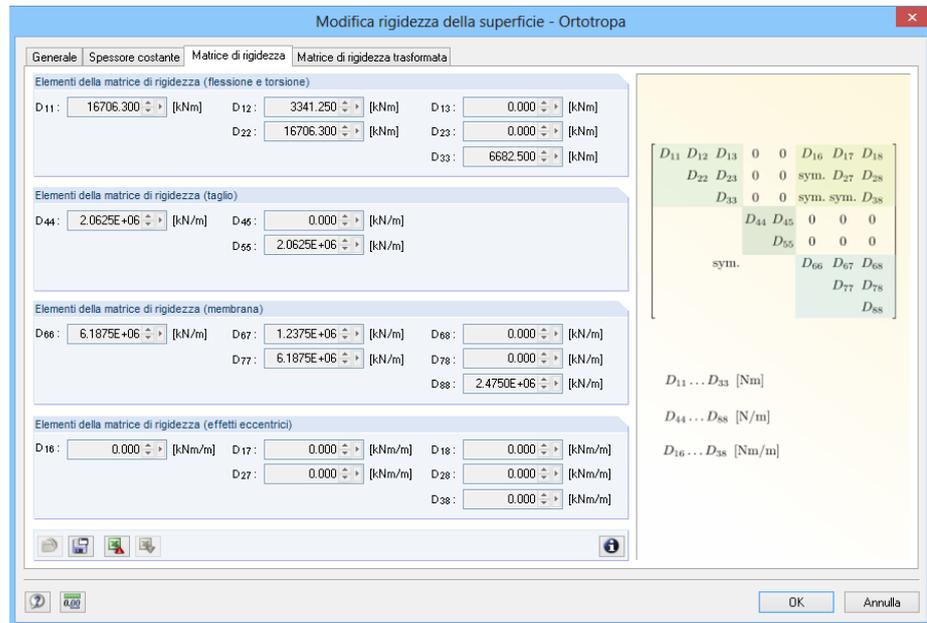


Figura 4.114: Finestra di dialogo *Modifica rigidezza della superficie - Ortotropa*, scheda *Matrice di rigidezza*



Il pulsante [Informazioni] fornisce informazioni sui coefficienti della matrice di rigidezza.

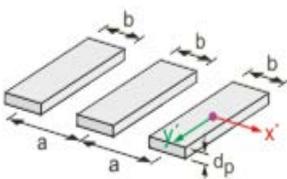
Se gli assi di ortotropia non sono consistenti con gli assi degli elementi del sistema di coordinate, sarà necessario trasformare le matrici (vedere [16], pagina 305-313).

Inoltre, saranno necessarie opportune modifiche dei coefficienti se, durante il controllo dei dati prima dell'avvio dei calcoli, si troverà che la matrice di rigidezza non è definita positiva.

Le tensioni saranno determinate con lo spessore definito nella finestra di dialogo *Modifica superficie*.

Accoppiamento

Utilizzare questa impostazione per modellare i collegamenti tra le superfici o le aste che sono rappresentate da elementi di accoppiamento costituiti da materiale isotropo.



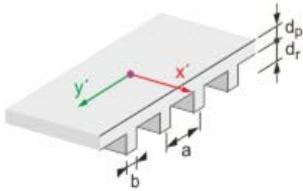
Nella scheda di dialogo *Accoppiamento* immettere gli spessori d_p , la spaziatura a e la larghezza b degli accoppiamenti secondo la schema. Un modello realistico di accoppiamento è dato quando la distanza a è superiore alla larghezza b degli elementi accoppiati.

Lo spessore efficace d^* si determina secondo la seguente equazione:

$$d^* = d_p \cdot \frac{b}{a}$$

Equazione 4.19

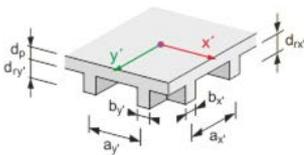
Piastra nervata unidirezionale



La proprietà ortotrope di una piastra nervata si basano su quelle di un solaio con travi emergenti caricato monoassialmente. RFEM determina le rigidità dai parametri geometrici costituiti dallo spessore della piastra d_p , dall'altezza della nervatura d_r , dalla spaziatura a e la larghezza b della nervatura che si devono specificare secondo lo schema indicato nella scheda di dialogo *Piastra nervata unidirezionale*.

Si noti che lo sviluppo delle fessure (ad esempio lo stadio II per il calcestruzzo) non è preso in considerazione durante la determinazione delle rigidità. È consentito solo l'utilizzo di materiale isotropo.

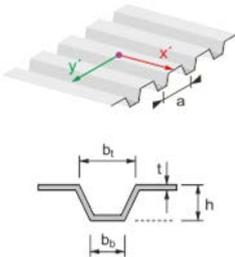
Piastra nervata bidirezionale



Questo tipo di solaio è caratterizzato da anime che si intersecano perpendicolarmente in una griglia uniforme, suddividendo l'impalcato in cassettoni. Le proprietà ortotrope si possono descrivere dalla geometria di queste e sono simili a quelle degli impalcati con nervature (vedi sopra). Sarà necessario specificare i parametri delle rigidità in due direzioni.

Nella scheda di dialogo *Piastra nervata bidirezionale*, si possono specificare lo spessore della piastra d_p , l'altezza della nervatura d_r , la spaziatura a e larghezza b della nervatura per le direzioni x' e y' secondo lo schema.

Lamiera trapezoidale

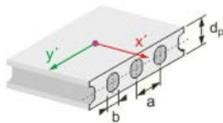


La possibilità di riprodurre lamiera trapezoidali come superfici con proprietà ortotrope facilita notevolmente la modellazione delle superfici. RFEM determina i coefficienti di rigidità dai parametri geometrici della sezione trasversale. È consentito solo l'utilizzo di materiale isotropo.

Nella scheda di dialogo *Lamiera trapezoidali*, è possibile specificare lo spessore della lamiera t , l'altezza totale del profilo h , la spaziatura delle nervature a , la larghezza della flangia superiore b_t e la larghezza della flangia inferiore b_b secondo lo schema.

È consentito utilizzare solo materiali isotropi così come per tutte le altre ortotropie geometriche (spessori efficaci, impalcati con nervature, soffitto a cassette, impalcato cavo di calcestruzzo).

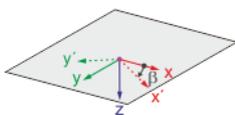
Piastra alveolare



Le cavità in un soffitto riducono il peso proprio ma hanno come risultato un comportamento strutturale ortotropo. RFEM determina le rigidità dai parametri geometrici dello spessore della piastra d_p , della spaziatura a e il diametro b dei fori che si devono specificare secondo lo schema indicata nella scheda di dialogo *Piastra alveolare*.

È possibile trovare informazioni dettagliate sulle componenti di rigidità in un documento che è possibile scaricare alla pagina internet [Error! Hyperlink reference not valid.](#)

Direzione ortotropa β



La direzione ortotropa si riferisce agli assi locali della superficie x e y . L'angolo β descrive la rotazione dell'asse x' intorno all'asse locale x della superficie. È responsabile per la trasformazione delle matrici disponibili nella scheda di dialogo *Matrice di rigidità trasformata*.

Utilizzare il navigatore *Visualizza* o il menu contestuale della superficie per visualizzare i sistemi di coordinate della superficie nell'area di lavoro.

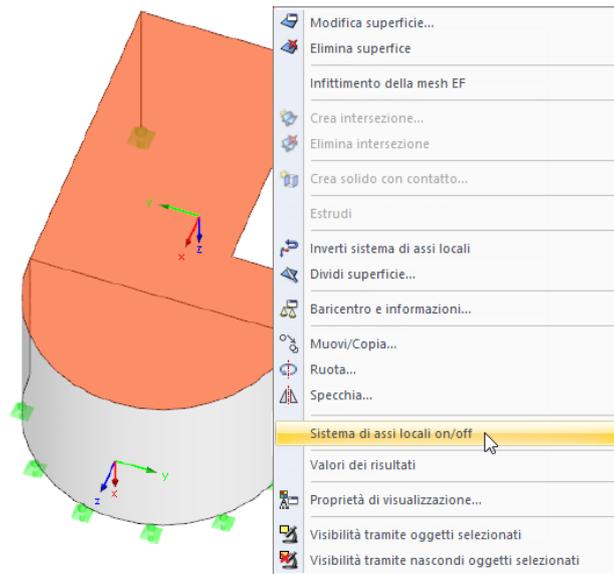


Figura 4.115: Menu contestuale della superficie usato per visualizzare i sistemi assiali **xyz** locali delle superfici

L'angolo positivo β è definito in senso orario intorno all'asse locale z positivo della superficie.

Coefficienti di riduzione della rigidezza

È possibile ridurre le rigidezze sia a livello globale utilizzando il coefficiente K o singolarmente per gli elementi flessionali, torsionali, taglianti e membranali della matrice (si veda Figura 4.111, pagina 119).

Tutti gli elementi di rigidezza

Tutti i coefficienti della matrice di rigidezza sono globalmente moltiplicati per un fattore.

Elementi di rigidezza flessionale

Utilizzare il fattore K_b per modificare i coefficienti D_{11} , D_{12} , D_{22} , e D_{33} che rappresentano le componenti flessionali della matrice di rigidezza. È consentito inserire coefficienti tra 0 (nessuna resistenza alla flessione) e 1 (resistenza totale alla flessione).

Elementi di rigidezza torsionale

Con il valore inserito nel campo di immissione K_{33} si gestisce il fattore di rigidezza torsionale D_{33} intorno agli assi x' e y' . L'immissione varia da 0 (nessuna rigidezza torsionale) a 1 (totale rigidezza torsionale). Ad esempio per costruzioni composte con collegamenti semirigidi si consiglia un valore piccolo.

Elementi di rigidezza a taglio

I fattori K_{44} e K_{55} influenzano i coefficienti D_{44} e D_{55} della matrice (componenti taglianti).

Elementi di rigidezza della membrana

Utilizzare il fattore K_m per modificare i coefficienti D_{66} , D_{77} , D_{67} , e D_{88} che rappresentano le componenti della forza assiale della matrice di rigidezza. È consentito inserire fattori tra 0 (nessuna resistenza membranale) e 1 (resistenza membranale totale).

4.13 Sezioni trasversali

Descrizione generale

Prima di inserire un'asta è necessario definire una sezione trasversale. Le proprietà della sezione trasversale e le caratteristiche del materiale assegnate determinano la rigidità dell'asta.

Ciascuna sezione trasversale ha il proprio *Colore* che può essere utilizzato nel modello per rappresentare profili differenti. I colori possono essere gestiti nel navigatore *Visualizza* con le impostazioni di *Colori nel rendering secondo* (si veda paragrafo 11.1.9, pagina 450).

Non è necessario utilizzare nel modello tutte le sezioni trasversali definite. Ciò consente di sperimentare diverse modellazioni della struttura senza eliminare le sezioni trasversali definite. Si noti, comunque, che le sezioni trasversali non si possono rinumerare.

Per rappresentare una trave rastremata, è necessario definire le sezioni trasversali all'inizio ed alla fine dell'asta. RFEM determina le rigidità variabili lungo l'asta automaticamente.

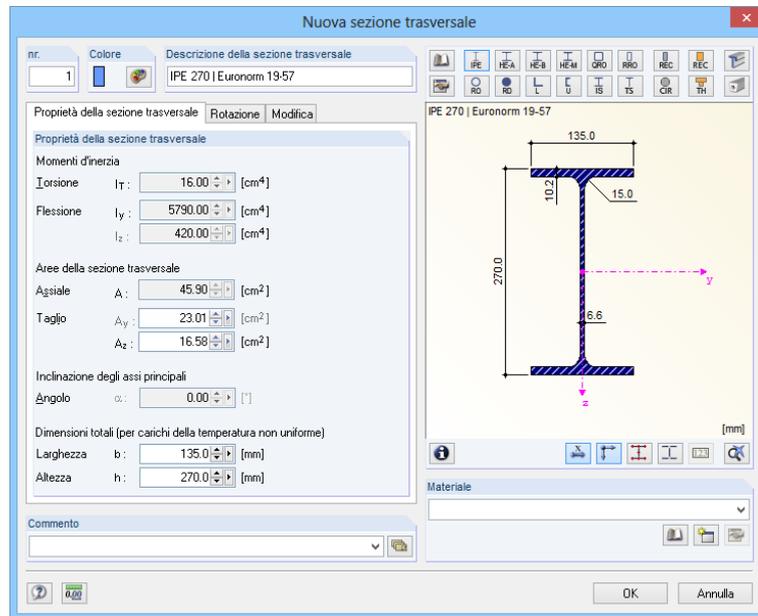


Figura 4.116: Finestra di dialogo *Nuova sezione trasversale*, scheda *Proprietà della sezione trasversale*

Sezione nr.	A Descrizione della sezione trasversale [mm]	B Materiale nr.	C Momenti di inerzia [cm ⁴]			F Aree della sezione trasversale [cm ²]			I Assi principali α [°]	J Rotazione α' [°]
			Torsione J	Flessione I _y	Flessione I _z	Assiale A	Taglio A _y	Taglio A _z		
1	Cerchio 300	1	79521.56	39760.78	39760.78	706.86	599.03	599.03	0.00	0.00
2	Rettangolo 250/400	1	127335.23	133333.34	52083.33	1000.00	833.33	833.33	0.00	0.00
3	HE A 300 DIN 1025-3:1994	2	85.60	18260.00	6310.00	113.00	69.96	21.73	0.00	0.00
4	HE B 260 DIN 1025-2:1995	2	124.00	14920.00	5130.00	118.00	75.90	22.53	0.00	0.00
5	L 80x8	2	2.67	115.00	29.60	12.30	5.20	5.06	-45.00	0.00
6	FB 800/950/200/200	1	410958.22	1600107.52	1468958.52	3100.00	1772.28	1302.94	0.00	0.00
7										

Figura 4.117: Tabella 1.13 *Sezioni trasversali*

Non è necessario inserire le proprietà della sezione trasversale manualmente. RFEM è dotato di un'ampia ed estendibile libreria di sezioni trasversali e di opzioni di importazione.

Descrizione della sezione trasversale

La *Descrizione della sezione trasversale* può essere scelta liberamente. Quando il nome immesso della sezione trasversale corrisponde ad una voce della libreria, RFEM importerà i parametri del materiale. In questo caso, non è possibile modificare i valori dei *Momenti di inerzia* e l'*Area assiale*

A. In caso di descrizioni di sezioni trasversali definite dall'utente, è possibile inserire i momenti torsionali di inerzia e le aree della sezione trasversale manualmente.

Anche i valori caratteristici delle sezioni trasversali parametrizzate sono importati automaticamente. Per esempio, quando si inserisce " Rettangolo 80/140", appariranno i parametri di questa sezione trasversale.

La selezione delle sezioni trasversali dalla libreria è descritta più avanti.



È anche possibile utilizzare una sezione trasversale rigida fittizia per modellare gli accoppiamenti. RFEM applica le rigidità a questo tipo di sezione trasversale come se fosse un'asta di accoppiamento. Inserire il nome **Rigida fittizia** come descrizione della sezione trasversale senza definire i valori in dettaglio. In questo modo, si possono utilizzare le aste con un alto grado di rigidità, prendendo in considerazione i vincoli interni o altre proprietà dell'asta. Un nuovo tipo di asta di RFEM 5 è il tipo *Asta rigida* (si veda pagina 147) che sostituisce la definizione dell'asta *Rigida fittizia*.

Materiale

Il materiale della sezione trasversale può essere selezionato dall'elenco dei materiali già definiti. L'assegnazione è facilitata dai colori dei materiali che sono utilizzati per impostazione predefinita per la rappresentazione grafica del rendering.



Nella finestra di dialogo *Nuova sezione trasversale*, sono visibili tre pulsanti sotto l'elenco. Utilizzare questi pulsanti per accedere alla libreria del materiale, per creare un nuovo materiale o per modificare il materiale.

Per informazioni più dettagliate sui materiali si veda il paragrafo 4.3 a pagina 63.

L'opzione *Ibrida* nella finestra di dialogo per sezioni trasversali rettangolari di legno è disponibile solo per profili di legno parametrizzati. Utilizzare questa opzione per assegnare, se necessario, proprietà specifiche del materiale a diversi elementi della sezione trasversale (ad esempio, legno di classe minore per le anime).



Con un clic sul pulsante [Modifica materiale ibridi] è possibile aprire la finestra di dialogo *Modifica materiale ibrido*.

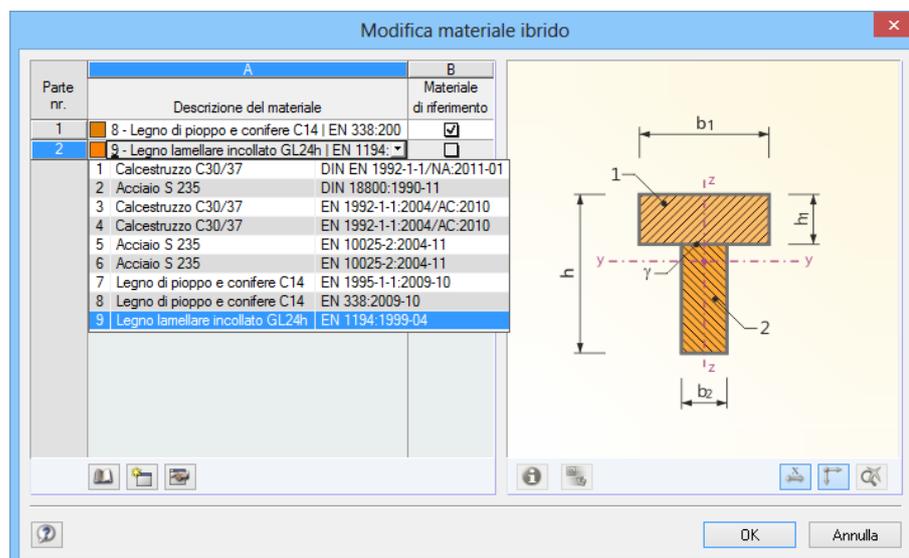
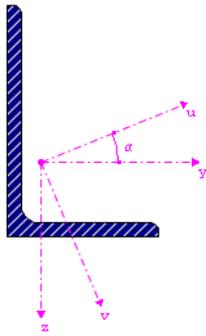


Figura 4.118: Finestra di dialogo *Modifica materiale ibrido*

Selezionare i materiali dall'elenco e assegnarli alle singoli parti della sezione trasversale secondo lo schema grafico. Uno dei materiali deve essere definito come *Materiale di riferimento* utilizzato per determinare le proprietà della sezione trasversale ideale.



Momenti di inerzia

I momenti di inerzia sono necessari per la rigidezza della sezione trasversale: la costante torsionale J descrive la rigidezza alla rotazione attorno l'asse longitudinale. I momenti di inerzia I_y e I_z descrivono le rigidezze alla flessione intorno gli assi locali y e z . Si suppone che l'asse y sia l'asse "forte". Gli assi della sezione trasversale locale sono riportati nel grafico della finestra di dialogo *Nuova sezione trasversale*.

I momenti di inerzia di sezioni asimmetriche sono visualizzati intorno gli assi principali u e v della sezione trasversale.

È possibile modificare i momenti di inerzia e le aree delle sezioni trasversali nella scheda di dialogo *Modifica* immettendo i fattori. Si può accedere a questa scheda anche dalla tabella: cliccare nella cella di una tabella per attivare il pulsante [...].

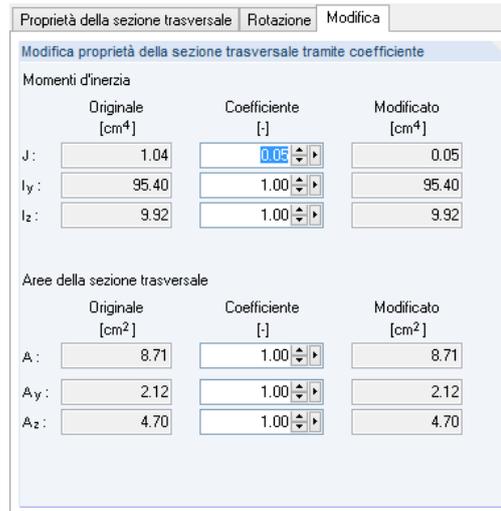


Figura 4.119: Finestra di dialogo *Nuova sezione trasversale*, scheda di dialogo *Modifica*

Con le specificazioni in figura 4.119, RFEM considererà il momento torsionale di inerzia soltanto con il 5%.

Aree della sezione trasversale

I parametri delle aree delle sezioni trasversali sono suddivisi nell'area totale *Assiale* A e le aree di *Taglio* A_y e A_z .

L'area di taglio A_y si riferisce al momento di inerzia I_z , l'area di taglio A_z si riferisce a I_y . Utilizzando un fattore di correzione κ fra le aree di taglio A_y e A_z ed la superficie complessiva A esiste la seguente relazione.

$$A_y = \frac{A}{\kappa_y}; \quad A_z = \frac{A}{\kappa_z}$$

Equazione 4.20

$$\kappa_{y/z} = \frac{A}{I_{z/y}^2} \cdot \iint_A \frac{Q_{z/y(x)}^2}{t(x)^2} dA$$

Equazione 4.21

- dove
- A Area totale della sezione trasversale
 - $I_{z/y}$ Momenti di inerzia della sezione trasversale
 - $Q_{z/y(x)}$ Momenti statici della sezione trasversale alla posizione x
 - $t(x)$ Larghezza della sezione trasversale alla posizione x

Le aree di taglio A_y e A_z influenzano la deformazione a taglio che è necessaria da considerare in particolare per aste corte, massicce. Quando le aree di taglio sono impostate a zero, l'influenza del taglio non sarà considerata. I parametri possono anche essere controllati nella scheda di dialogo *Parametri di calcolo generali* della finestra di dialogo *Parametri di calcolo* (si veda figura 7.22, pagina 281). Se si imposteranno valori molto bassi per le aree di taglio, potrebbero verificarsi dei problemi numerici a causa delle aree di taglio presenti nel denominatore delle equazioni.



Selezionare i valori per le aree delle sezioni trasversali corrispondenti alla realtà. Differenze estreme nelle aree delle sezioni trasversali comportano delle differenze significative nella rigidità che possono causare problemi quando si risolve il sistema di equazioni.

Angolo α degli assi principali

Gli assi principali sono descritti con y e z per le sezioni simmetriche e con u e v per le sezioni asimmetriche (si veda sopra). L'angolo di rotazione α degli assi principali descrive la posizione degli assi principali in relazione al sistema predefinito di coordinate delle sezioni simmetriche. Per sezioni asimmetriche è l'angolo tra l'asse y e l'asse u (la figura sopra visibile nel margine sinistro). Questo angolo è definito positivo se in senso orario. Quando si impostano sezioni trasversali simmetriche, l'angolo α è 0. L'inclinazione degli assi principali per le sezioni dalla libreria non può essere modificata.

L'angolo di rotazione degli assi principali si determina mediante la seguente equazione:

$$\tan 2\alpha = \frac{2 \cdot I_{yz}}{I_z - I_y}$$

Equazione 4.22



Quando si lavora con strutture 2D si potranno impostare solo gli angoli di 0° e 180° come angoli di rotazione delle sezioni trasversali.

Rotazione α' della sezione trasversale

L'angolo di rotazione α' è l'angolo di rotazione delle sezioni di tutte le aste che utilizzano quella sezione trasversale. Questo angolo rappresenta l'angolo globale di rotazione della sezione trasversale. Tuttavia, ogni asta può essere ruotata separatamente intorno ad un angolo di rotazione β dell'asta.

Inoltre, la scheda di dialogo *Rotazione* è dotata dell'opzione per *Specchiare* sezioni trasversali asimmetriche. Utilizzare questa opzione, ad esempio per porre una sezione a L nella posizione corretta.

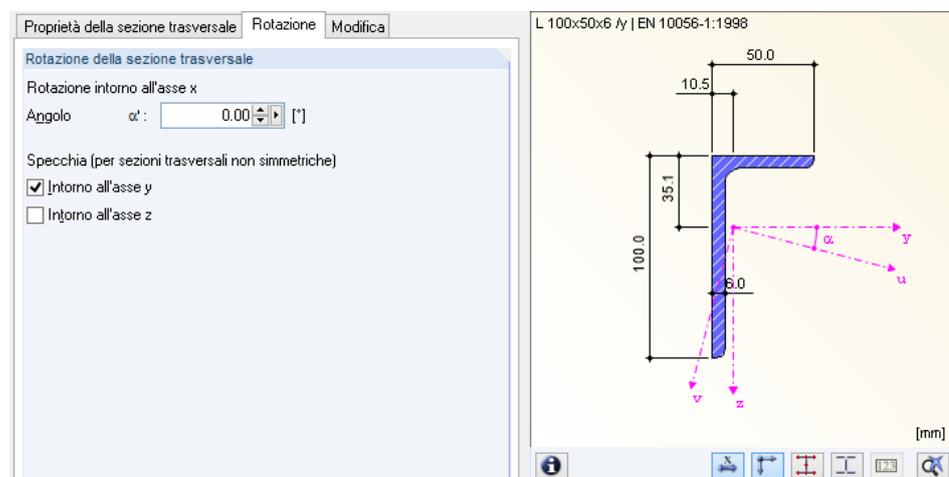


Figura 4.120: Finestra di dialogo *Nuova sezione trasversale*, scheda *Rotazione*

Quando si importa una sezione trasversale dalla libreria delle sezioni trasversali o dal modulo aggiuntivo SHAPE-THIN, non è necessario fare attenzione all'angolo α' . RFEM importerà questo angolo come gli altri valori delle sezioni trasversali. Per sezioni definite dall'utente, tuttavia, si dovrà determinare l'angolo degli assi principali e modificarlo manualmente tramite la rotazione della sezione trasversale.

Dimensioni totali

La *Larghezza b* e l'*Altezza h* della sezione trasversale sono importanti per i carichi di temperatura.

Libreria delle sezioni trasversali

Numerose sezioni trasversali sono già disponibili nella banca dati.

Aprire la libreria

Nella finestra di dialogo *Nuova sezione trasversale* e nella tabella 1.13 *Sezioni trasversali*, si ha un diretto accesso alle tabelle delle sezioni trasversali frequentemente utilizzate:

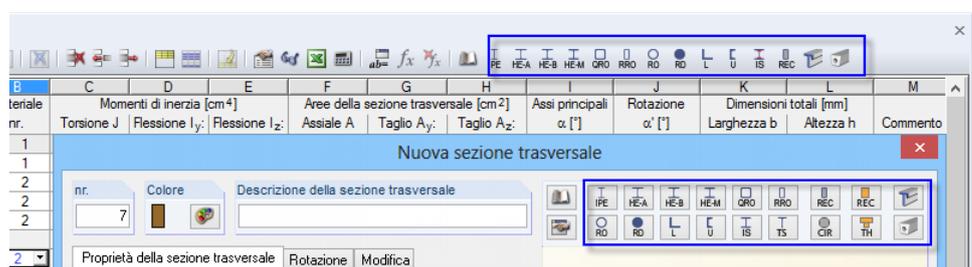


Figura 4.121: I pulsanti delle sezioni trasversali utilizzate di frequente nella tabella (sopra) e nella finestra di dialogo (sotto)



Utilizzare il pulsante [Libreria delle sezioni trasversali] per accedere alla banca dati completa di sezioni trasversali. Se si sta lavorando nella tabella, si posizioni il puntatore nella colonna A della tabella per abilitare il pulsante [...] che si può utilizzare come il tasto di funzione [F7] per aprire la libreria delle sezioni trasversali.

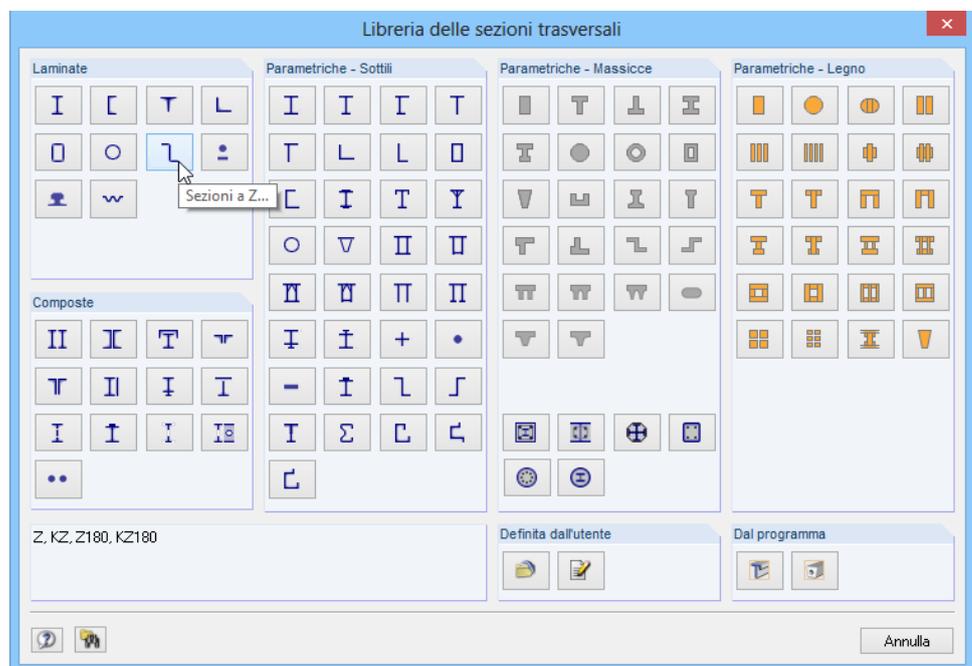


Figura 4.122: Libreria delle sezioni trasversali

La libreria delle sezioni trasversali è suddivisa in diverse sezioni le cui caratteristiche sono descritte nelle pagine seguenti.



Sezioni trasversali laminate

Nella banca dati sono memorizzati i valori di numerose sezioni trasversali laminate.

Innanzitutto, si faccia clic su uno dei dieci pulsanti per definire il *Tipo di sezione trasversale*. Si aprirà un'altra finestra di dialogo, dove si potrà selezionare la *Tabella*. Quindi, selezionare una *Sezione trasversale* appropriata.

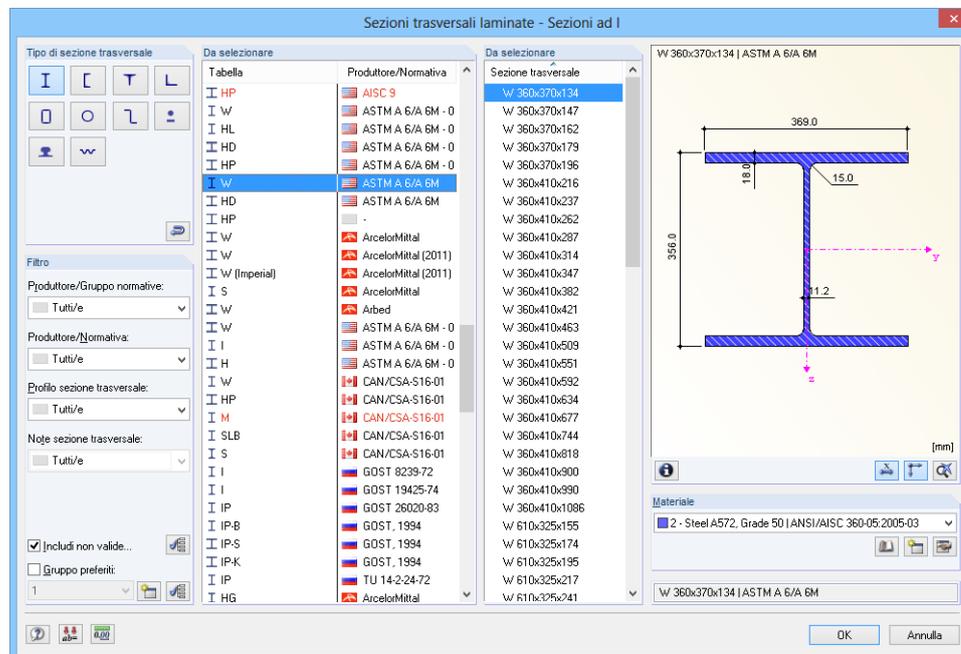


Figura 4.123: Selezione di una sezione trasversale laminata

Nella sezione di dialogo *Filtro*, è possibile filtrare le voci della libreria o per *Produttore/Gruppo normativa*, *Produttore/Normativa*, *Profilo sezione trasversale* e *Note sezione trasversale*. In questo modo è più facile ottenere una panoramica delle tabelle e delle sezioni disponibili. I dati visualizzati possono essere ordinati facendo clic sulle intestazioni delle colonne.

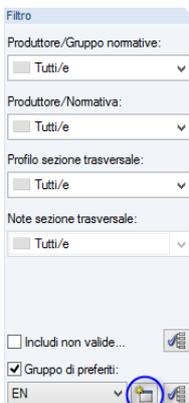
Se sono necessarie le sezioni trasversali di normative antecedenti, selezionare la casella di controllo *Includi non valide* nella sezione di dialogo *Filtro* per visualizzare anche tali sezioni.

Creare i preferiti

Le sezioni trasversali preferite si possono impostare come preferite. Per accedere alla finestra di dialogo per la creazione di sezioni trasversali preferite, si utilizzi il pulsante [Modifica preferiti e loro sequenza] nell'angolo destro della sezione di dialogo *Filtro*.



Filtro per *Produttore/Gruppo di normative*



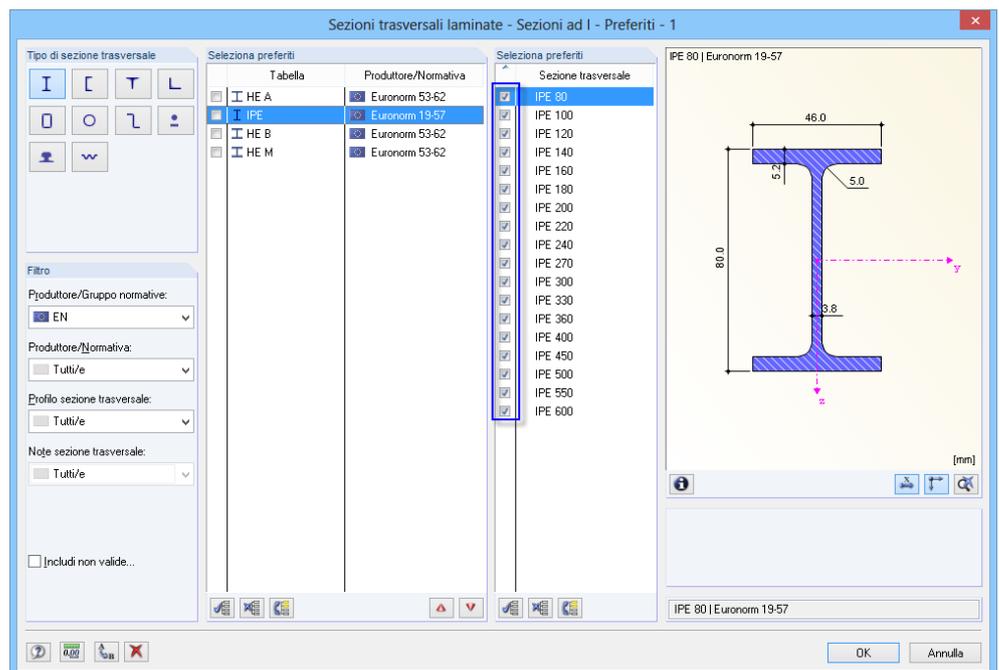


Figura 4.124: Finestra di dialogo *Sezioni trasversali laminate - Sezioni ad I - Preferiti*

La finestra di dialogo è simile a quella della libreria delle sezioni trasversali. È possibile utilizzare le opzioni di filtro come descritto sopra. Nelle sezioni di dialogo *Seleziona preferiti*, è possibile scegliere tabelle e sezioni trasversali con un segno di spunta.

Dopo la chiusura della finestra di dialogo, la libreria delle sezioni trasversali presenta una chiara panoramica dei preferiti, non appena si attiva l'opzione *Solo preferiti*.

Combinazione di sezioni trasversali

Le sezioni trasversali laminate si possono combinare specificando i parametri.

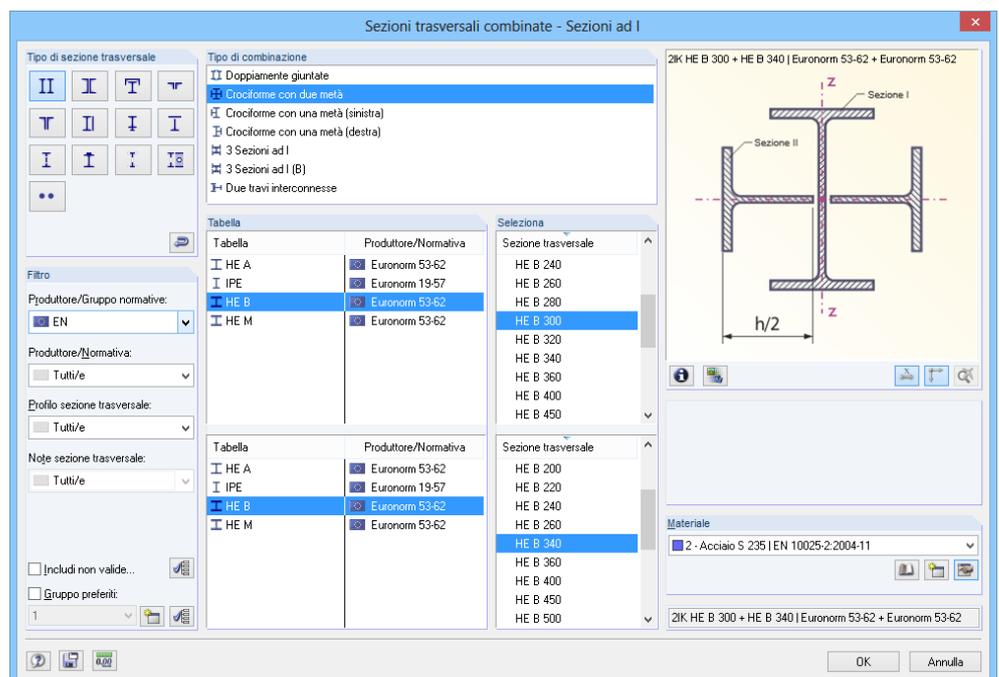
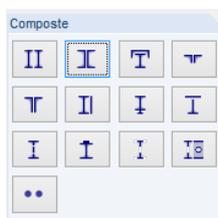


Figura 4.125: Finestra di dialogo *Sezioni trasversali combinate - Sezioni ad I*



Utilizzare il pulsante [Salva] per salvare una sezione trasversale combinata. RFEM la memorizzerà con la sua accurata descrizione (per esempio 2IK-HE-B 300\HE-A 340 nella figura sopra) nella categoria *Definita dall'utente* da dove sarà possibile importarla in futuro.

Sezioni trasversali parametriche - Sottili

Con i campi di immissione disponibili si possono liberamente definire i parametri per una sezione trasversale composta di lamiera. I valori della sezione trasversale saranno calcolati secondo la teoria per le sezioni trasversali a pareti sottili. La teoria si applica solo a sezioni trasversali i cui spessori sono nettamente minori della lunghezza dell'elemento. Se questa condizione non è soddisfatta, si definisca la sezione trasversale nella categoria *Massicce* (si veda figura 4.127), se possibile.

Il parametro *a* rappresenta l'altezza di gola e non il raggio del cordone d'angolo (si veda figura sotto).

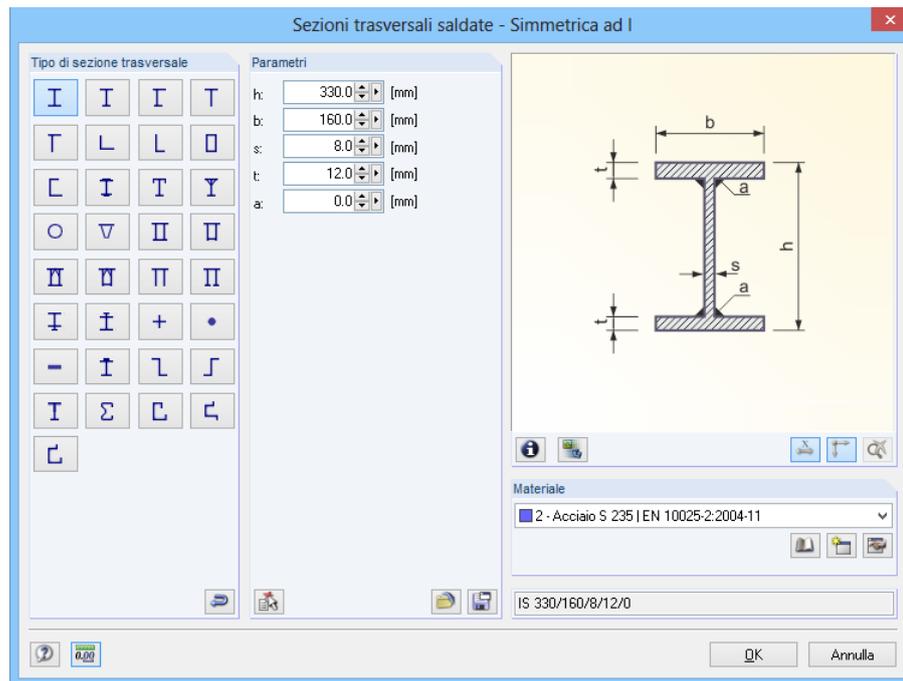
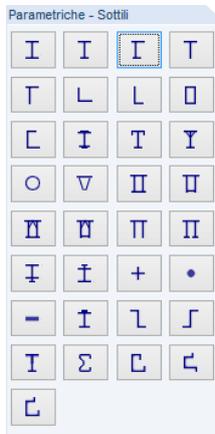


Figura 4.126: Finestra di dialogo di immissione di una sezione trasversale parametrica, a pareti sottili



Utilizzare il pulsante visibile a sinistra per importare i parametri di una sezione trasversale laminata. Utilizzando la funzione di selezione si può evitare la necessità di dover inserire molti parametri.



Utilizzare il pulsante [Salva] per salvare una sezione trasversale parametrica con il suo nome esatto, per esempio IS 330/160/8/12/0 nella figura qui sopra. Si faccia clic sul pulsante [Carica] mostrato a sinistra per l'importazione.

Sezioni trasversali parametriche - Massicce

Con i campi di immissione disponibili si possono liberamente definire i parametri per una sezione trasversale massiccia (ad esempio sezioni di calcestruzzo armato). I valori della sezione trasversale saranno calcolati secondo la teoria delle sezioni trasversali massicce per gli elementi con spessori di parete notevoli.



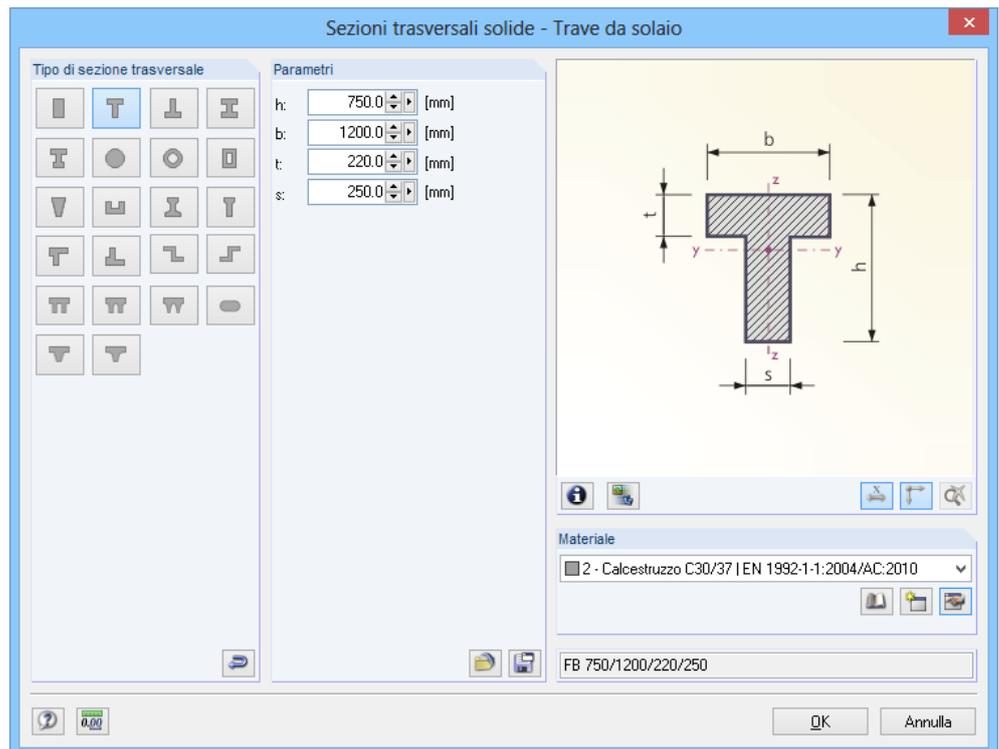
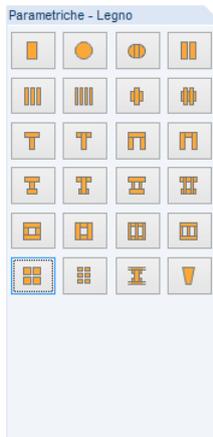


Figura 4.127: Finestra di dialogo di immissione di una sezione trasversale massiccia



Sezioni trasversali parametriche - Legno

Con i campi di immissione disponibili si possono liberamente definire i parametri per una sezione trasversale di legno. I valori delle sezioni trasversali sia solide che combinate saranno calcolate secondo la teoria delle sezioni trasversali massicce.

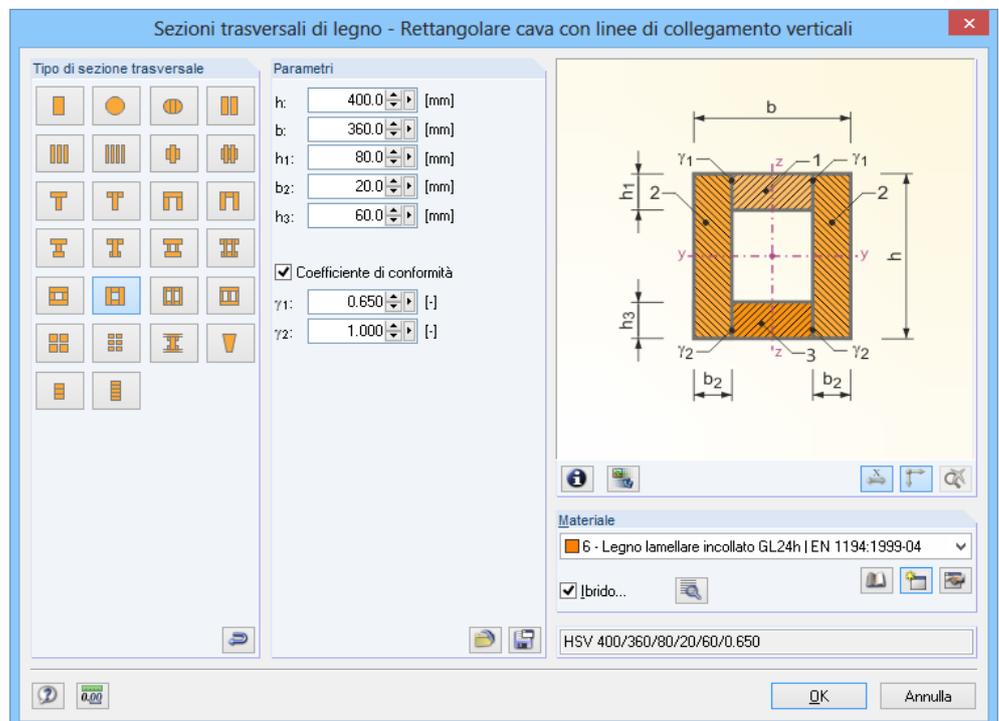


Figura 4.128: Finestra di dialogo di immissione di una sezione trasversale di legno

Spuntando l'opzione *Coefficiente di conformità* si potranno determinare le rigidità effettive di componenti strutturali composti da elementi di sezioni trasversali collegati semi-rigidamente, ad esempio secondo le norme DIN 1052:2008-12, 8.6.2 (3). In questo caso, specificare i fattori di riduzione γ .

Quando si lavora con un materiale di tipo *Ibrido*, si utilizzi il pulsante [Modifica] per assegnare le proprietà delle parti della sezione trasversale (si veda figura 4.118, pagina 125).

Sezioni trasversali definite dall'utente

Importazione di sezioni trasversali salvate

Fare clic sul pulsante [Carica] mostrato a sinistra per aprire una finestra di dialogo dove sono visualizzate tutte le sezioni trasversali create con la funzione **Salva**.

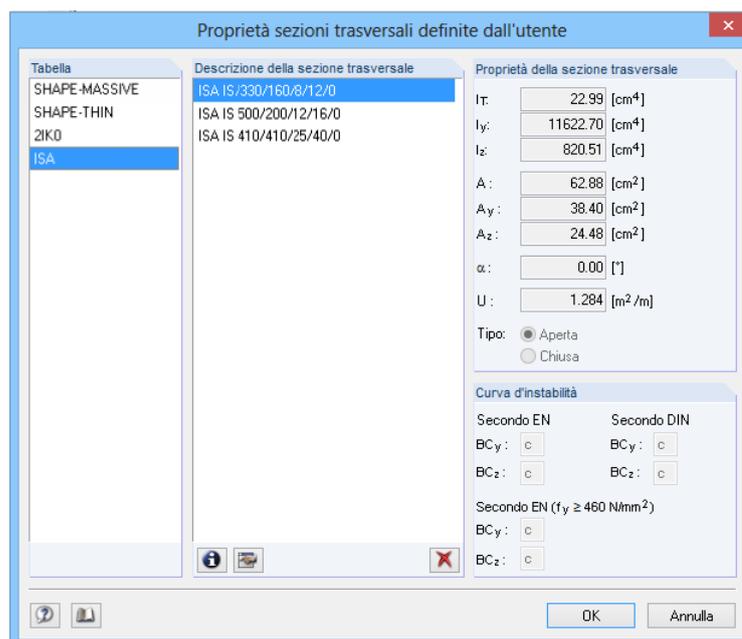
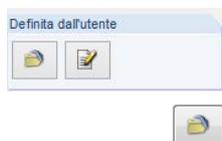


Figura 4.129: Finestra di dialogo *Proprietà di sezioni trasversali definite dall'utente*

Creazione di una sezione trasversale definita dall'utente

Cliccare sul pulsante [Crea] mostrato a sinistra per creare sezioni trasversali definite dall'utente.



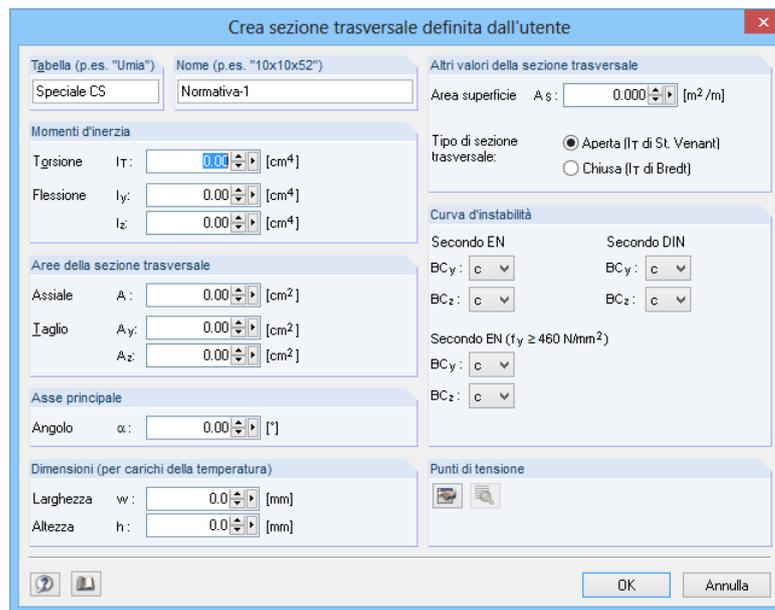


Figura 4.130: Finestra di dialogo *Crea sezione trasversale definita dall'utente*

Compilare il campo *Tabella* per definire il luogo in cui sarà gestita la sezione trasversale. Si specifichi anche il *Nome* per descrivere la nuova sezione trasversale. Poi, inserire i parametri della sezione trasversale e definire le curve di instabilità.

Dal programma delle sezioni trasversali

È anche possibile importare sezioni trasversali dai programmi DLUBAL per le sezioni trasversali **SHAPE-THIN** e **SHAPE-MASSIVE**.

Si noti che le sezioni trasversali si devono calcolare e salvare in SHAPE-THIN o SHAPE-MASSIVE prima di importare i valori delle sezioni trasversali.

Importare la tabella di sezioni trasversali dal file ASCII

Usare il pulsante nell'angolo in basso della libreria per importare una tabella completa di sezioni trasversali da un file. Il file deve contenere i valori separati da punto e virgola (CSV). Qualunque file di Excel può essere salvato in questo formato. Assicurarsi che la sintassi della tabella ASCII corrisponda ai parametri di definizione della tabella corrispondente di sezioni trasversali di RFEM.

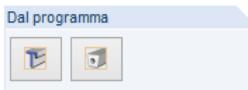
Esempio: Importazione di sezioni a I con simmetria doppia

Le sezioni trasversali sono gestite nella tabella **IS** (si veda figura 4.126). I seguenti parametri sono richiesti per le sezioni trasversali IS: h, b, s, t, a. La tabella è strutturata in Excel come illustrato di seguito:

	A	B	C	D	E	F
1	Descrizione	h	b	s	t	a
2	Sezione trasversale 1	400.00	200.00	10.00	10.00	0.00
3						
4						
5						

Figura 4.131: Foglio di calcolo Excel con i parametri delle sezioni trasversali

Nella finestra di dialogo di importazione, specificare la cartella del file CSV. Poi, utilizzare l'elenco per scegliere la tabella di sezioni trasversali in cui si desidera gestire le sezioni trasversali importate.



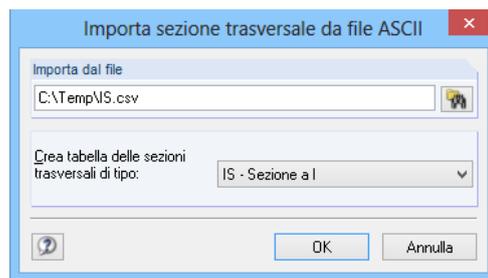


Figura 4.132: Finestra di dialogo *Importazione di sezioni trasversali da file ASCII*

Le sezioni trasversali importate saranno disponibili nella categoria sezioni trasversali *Definite dall'utente* (si veda figura 4.129).

Quando si importano le sezioni trasversali, RFEM calcola i valori delle sezioni trasversali e dei punti di tensione in modo da poter eseguire il calcolo tensionale.

4.14 Vincoli interni delle aste

Descrizione generale

I vincoli interni delle aste limitano il trasferimento delle forze interne da un'asta all'altra. I vincoli interni si assegnano solo alle estremità delle aste (nodi). Non possono mai essere assegnati in altre posizioni, per esempio, a metà dell'asta.

Alcuni tipi di aste sono già fornite di vincoli interni. Una travatura reticolare, per esempio, non trasferisce i momenti. Una fune non trasferisce momenti e neanche forze di taglio. Durante l'immissione di dati a tali tipi di aste non è consentita l'assegnazione di vincoli interni.

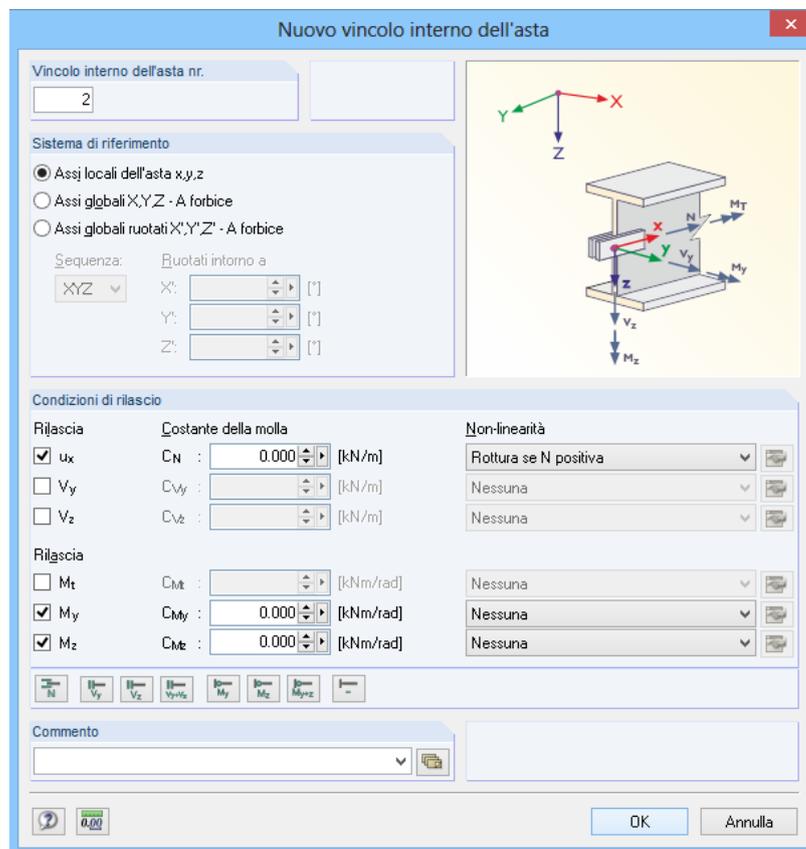


Figura 4.133: Finestra di dialogo *Nuovo vincolo interno dell'asta*

Vincolo nr.	A Sistema di riferimento	B Rilascio forza assiale/taglio o molla [kN/m] P _x P _y	C P _z	D Rilascio momento o molla [kNm/rad] M _x M _y M _z	E	F	G	H Commento
1	Locale x,y,z	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	X,Y,Z globale	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	Globale X',Y',Z'	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	Forbici	Forbici	
4				No				
5				Costante della molla				
6				Fisso se M _y negativo				
7				Fisso se M _y positivo				
8				Attività parziale...				
9				Diagramma...				

Figura 4.134: Tabella 1.14 Vincoli interni delle aste



Menu contestuale dell'asta

Sistema di riferimento

Ad ogni vincolo interno può essere assegnato uno dei seguenti sistemi assiali:

- Sistema assiale locale dell'asta x, y, z
- Sistema di coordinate globale X, Y, Z (solo per rilasci a forbice)
- Sistema di coordinate globale ruotato X', Y', Z' (solo per rilasci a forbice)

Utilizzare il navigatore *Visualizza* o il menu contestuale visibile a sinistra per visualizzare gli assi locali dell'asta (si veda Figura 4.158, pagina 154).

Per informazioni dettagliate sull'orientamento degli assi locali dell'asta nel sistema globale di coordinate X,Y,Z, si veda paragrafo 4.17 a pagina 154.

Normalmente i vincoli interni sono legati al sistema di assi locali x, y, z. I rilasci a forbice (vedere rilascio 3 nella figura 4.136), tuttavia, devono riferirsi al sistema globale di coordinate. Le costanti delle molle e le non-linearità devono essere definite in relazione al sistema assiale locale dell'asta.

Rilascio della forza assiale/di taglio o molla

Per rilasciare una forza assiale o di taglio, spuntare la casella di controllo della forza interna corrispondente nella finestra di dialogo o nella tabella. Il segno di spunta indica che la forza corrispondente interna è bloccata all'estremità dell'asta a seguito del rilascio. Si esamini la finestra di dialogo del *Vincolo interno dell'asta*: è visibile il valore zero per la costante della molla traslazionale nel campo di immissione a destra del segno di spunta.

È sempre possibile modificare la costante della molla per rappresentare ad esempio un collegamento semirigido. Nella tabella, inserire la costante direttamente nella colonna corrispondente. Le rigidità delle molle sono considerate come valori di progetto.

Rilascio del momento o molla

I rilasci dei momenti flettenti e torsionali sono definiti allo stesso modo delle forze. Ancora una volta, il segno di spunta indica che la corrispondente forza interna non è trasferita.

I collegamenti elastici possono essere modellati tramite le costanti della molla che si possono inserire direttamente. Fare attenzione a non usare valori di rigidità estreme perché altrimenti potrebbero verificarsi problemi durante il calcolo. Invece di costanti molto grandi o piccole, si applichino collegamenti rigidi (nessun segno di spunta) o rilasci (segno di spunta).

L'opzione per definire le proprietà di rilascio non lineari sono descritte alla fine di questo capitolo.

Assegnare vincoli interni graficamente

Per assegnare graficamente vincoli interni nella finestra di lavoro,

- selezionare **Dati del modello** dal menu **Inserisci**, puntare su **Vincoli interni delle aste** e selezionare **Assegna alle aste graficamente** o
- dal menu **Modifica**, selezionare **Dati del modello** e **Vincoli interni delle aste** quindi selezionare **Assegna alle aste graficamente**.

Prima di tutto, si selezioni un tipo di rilascio dall'elenco o crearne uno nuovo. Dopo aver fatto clic su [OK], le aste saranno divise graficamente in tre parti.



Figura 4.135: Assegnazione grafica dei vincoli interni all'estremità delle aste

Ora, è possibile fare clic sul lato dell'asta a cui si desidera applicare il vincolo interno selezionato. Per assegnare il vincolo ad entrambe le estremità, fare clic sull'asta nella sua zona centrale.

Rilasci a forbice

Con i rilasci a forbice è possibile rappresentare l'intersezione delle travi. Si consideri ad esempio il caso di quattro aste collegate in un nodo. Ciascuna delle due coppie trasferisce momenti nella sua "direzione continua", ma non trasferisce nessun momento all'altra coppia. Solo le forze assiali e di taglio sono trasferite nel nodo.

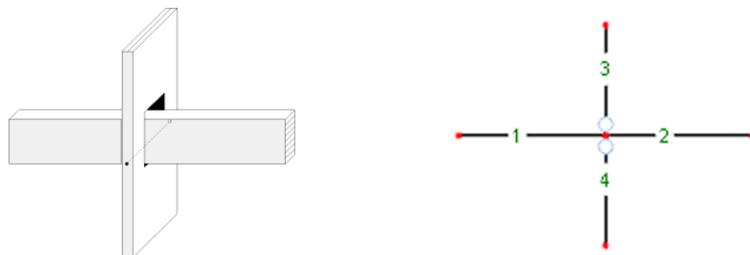


Figura 4.136: Intersezione di travi

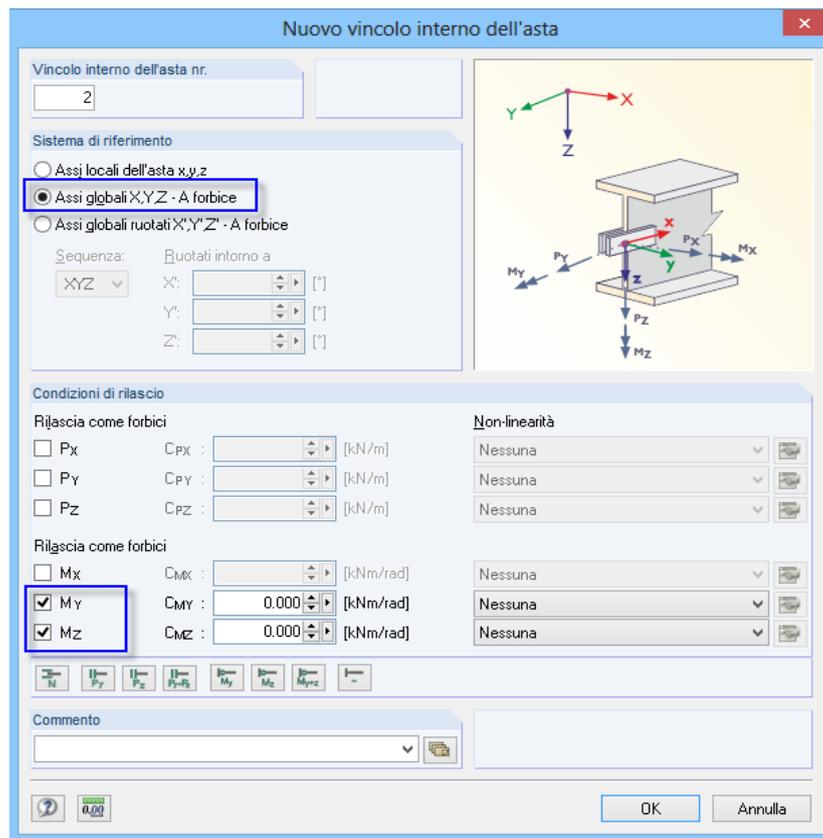


Figura 4.137: Finestra di dialogo *Nuovo vincolo interno dell'asta*

In questo caso, il rilascio deve essere assegnato alle aste 1 e 2 oppure 3 e 4. L'altra coppia di aste di intersezione sarà modellata come resistente alla flessione senza rilascio.

Non linearità

Ai vincoli interni all'estremità delle aste è possibile assegnare proprietà non lineari. In questo modo, è possibile controllare il trasferimento di forze interne in dettaglio. L'elenco delle non-linearità comprende le seguenti opzioni:

- Rottura se la forza interna è negativa
- Rottura se la forza interna è positiva
- Attività parziale
- Diagramma

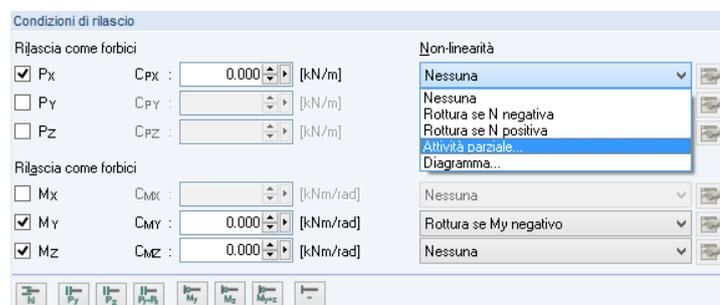


Figura 4.138: Elenco delle proprietà non lineari

Nella tabella, i tipi di rilasci con proprietà non lineari sono contrassegnati in blu.

Rottura in caso di forza interna negativa o positiva

Utilizzare le due opzioni per controllare l'attività di rilascio di ciascuna forza interna. Ad esempio, le impostazioni di un rilascio della forza (che blocca il trasferimento della forza) definito con la non-linearità *Rottura se N positiva* rende il rilascio efficace solo per le forze assiali negative. Pertanto, all'estremità dell'asta sono state trasferite solo le forze di trazione (positive) e non le forze di compressione (negative).

Le altre voci dell'elenco delle *Non-linearità* offrono opzioni dettagliate di modellazione per le proprietà del rilascio. Per accedere alle opzioni, utilizzare i pulsanti di dialogo [Modifica] a destra dell'elenco o il pulsante [▼] nella tabella (si veda figura 4.134, pagina 136).

Attività parziale

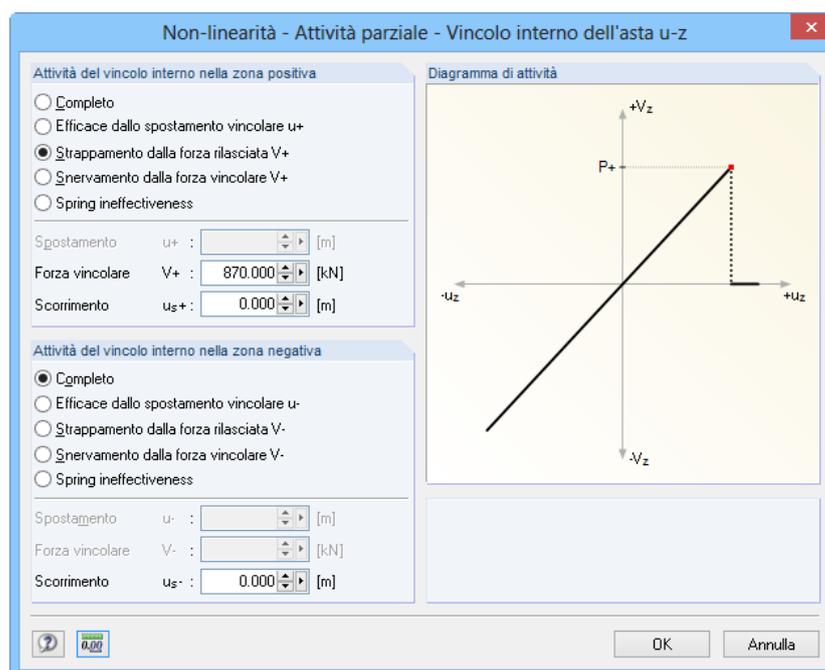
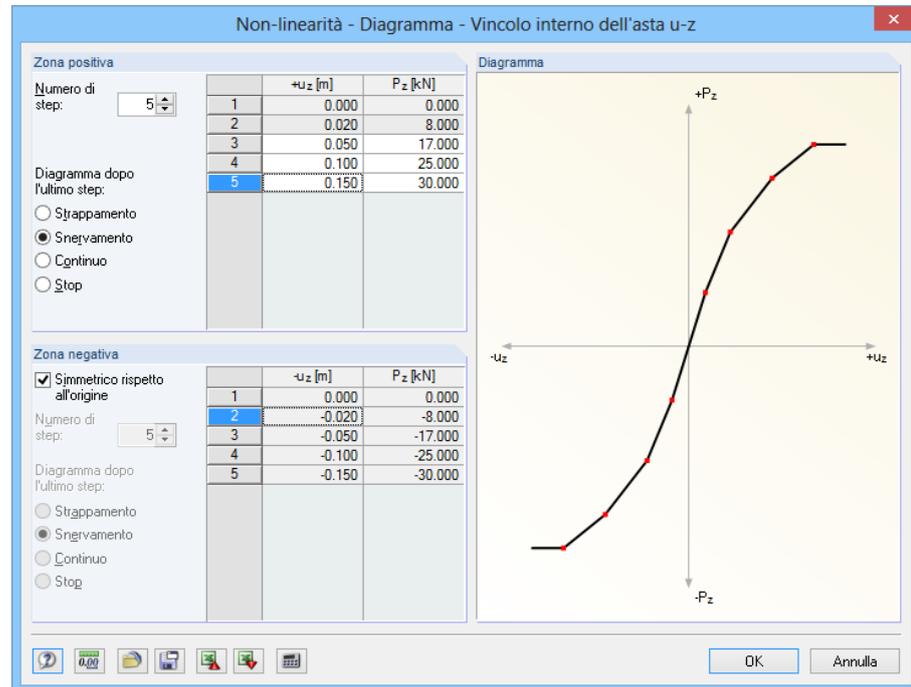


Figura 4.139: Finestra di dialogo *Non-linearità - Attività parziale*

L'attività del rilascio si può definire separatamente per la *Zona positiva* e *zona negativa*. In aggiunta all'efficacia completa o alla rottura, il rilascio può perdere il suo effetto quando si raggiunge un certo spostamento o rotazione. Quindi, comincia ad agire come un collegamento rigido o fisso. Anche lo *Strappamento* (nessuna forza interna sarà più trasferita dopo aver superato un certo valore) e lo *Snervamento* (le forze interne saranno trasferite solo fino ad un certo valore anche in caso di spostamenti generalizzati più grandi) sono possibili in combinazione con uno *Scorrimento*.

I valori limite possono essere definiti nei campi di immissione. Nella sezione di dialogo *Diagramma di attività*, le proprietà del rilascio sono mostrate in un grafico dinamico.

Diagramma

Figura 4.140: Finestra di dialogo *Non-linearità - Diagramma*

L'attività del rilascio si può definire separatamente per la *Zona positiva* e la *zona negativa*. Prima di tutto, si definisca il *Numero di step* (punti di definizione) rappresentati nel diagramma. Quindi, si possono inserire i valori delle ascisse delle forze interne con spostamenti o rotazioni assegnati nell'elenco a destra.

Sono disponibili diverse opzioni per il *Diagramma dopo l'ultimo step*: *Strappamento* per la rottura del rilascio (nessuna forza interna sarà più trasferita), *Snervamento* per limitare il trasferimento a una forza interna massima, *Continuo* come nell'ultimo step o *Stop* per limitare ad uno spostamento o una rotazione massimi ammissibili seguiti da una attività del rilascio di tipo fisso o rigido.

Nella sezione del dialogo *Diagramma*, le proprietà del rilascio sono mostrate in un grafico dinamico.

Esempio: copertura a puntoni

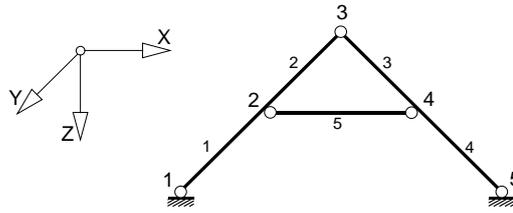


Figura 4.141: Copertura a puntoni

Si considera un sistema piano. Il rilascio si deve definire in questo modo:

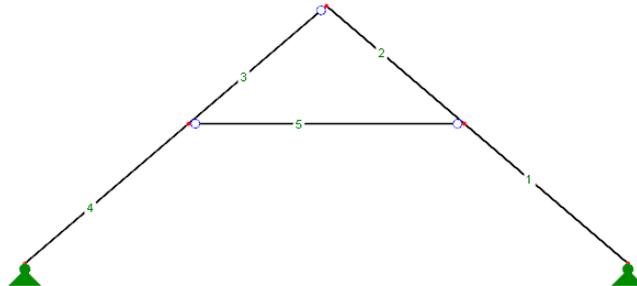
1.14 Vincoli interni delle aste

Vincolo nr.	A	B	C	D	E	F	G	H
	Sistema di riferimento	Rilascio forza assiale/taglio o molla [kN/m]			Rilascio momento o molla [kNm/rad]			Commento
		u_x	u_y	u_z	ϕ_x	ϕ_y	ϕ_z	
1	Locale x,y,z	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2								
3								

Condizione del vincolo interno ("S"/ "N"o / Costante della molla / F7 per selezionare). Assegna il tipo del vincolo interno all'asta nella Tabella 1.17.

Figura 4.142: Tabella 1.14 Vincoli interni delle aste

Ora, il tipo di rilascio può essere assegnato alle aste.



1.17 Aste

Asta nr.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
	Tipo di asta	Nodo Nr.		Rotazione asta		Sezione trasvers.		Vincolo int. nr.		Eccentr.	Divis.	Tipo di rastremazione	Lunghezza	Peso
		Inizio	Fine	Tipo	β [°]	Inizio	Fine	Inizio	Fine	nr.	nr.		L [m]	W [kg]
1	Trave	1	2	Angolo	0.00	1	1	0	0	0	0		5.000	72.0
2	Trave	2	3	Angolo	0.00	1	1	0	0	0	0		4.220	60.8
3	Trave	3	4	Angolo	0.00	1	1	1	0	0	0		4.220	60.8
4	Trave	4	5	Angolo	0.00	1	1	0	0	0	0		5.000	72.0
5	Trave	2	4	Angolo	0.00	1	1	1	1	0	0		6.407	92.3

Figura 4.143: Grafica e tabella 1.17 Aste

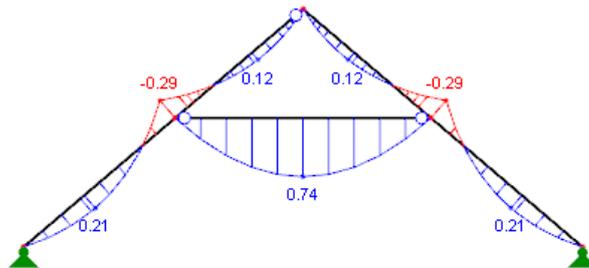


Figura 4.144: Diagramma del momento nel caso di carico peso proprio

4.15 Eccentricità delle aste

Descrizione generale

La lunghezza di un'asta corrisponde alla distanza tra due nodi definiti dalla linea dell'asta. Tuttavia, in alcune situazioni durante la modellazione (collegamenti di sezioni trasversali o travi emergenti), la realtà è rappresentata fino ad un certo punto. Con le eccentricità dell'asta è possibile collegare le aste eccentricamente a causa del tipo di sezione all'estremità delle aste. In questo modo, è possibile ridurre, ad esempio, i momenti di progetto su travi orizzontali per telai con colonne con grandi sezioni trasversali.

Per controllare le eccentricità inserite, si usi la rappresentazione foto-realistica del rendering 3D.

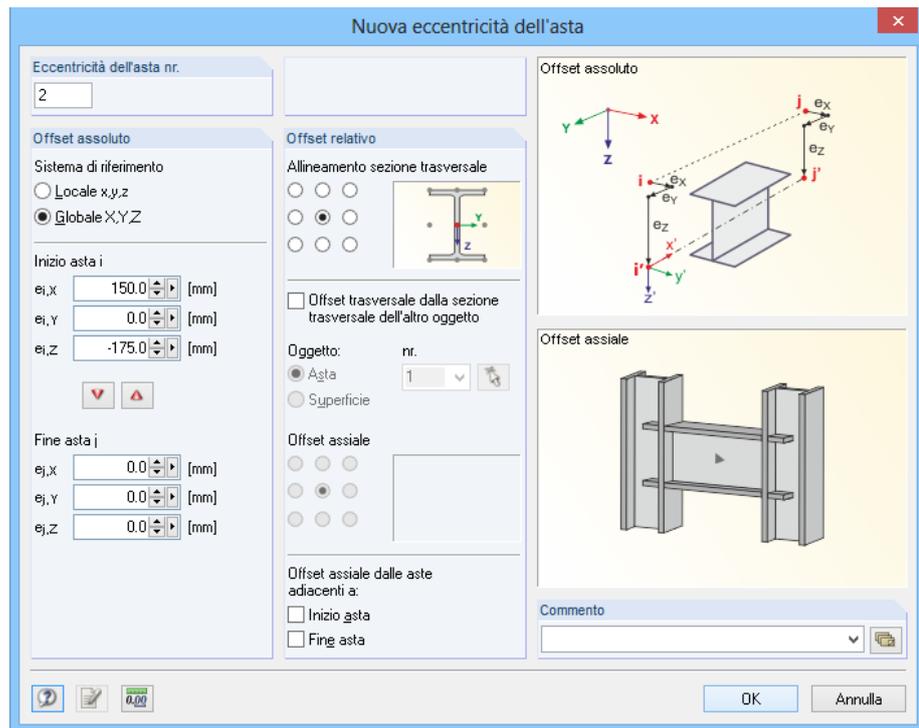
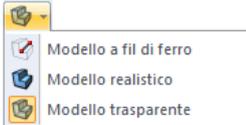


Figura 4.145: Finestra di dialogo *Nuova eccentricità dell'asta*

Eccen. nr.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
	Sistema di riferimento	Inizio dell'asta - Eccentricità [mm]			Fine dell'asta - Eccentricità [mm]			Allineamento sezione trasv.		Offset trasversale dalla sezione di un altro oggetto		Offset assiale		
		$e_{i,x}$	$e_{i,y}$	$e_{i,z}$	$e_{j,x}$	$e_{j,y}$	$e_{j,z}$	Asse y	Asse z	Tipo di oggetti	Oggetto nr.	Asse y	Asse z	Inizio asta
1	Globale	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Centro	Centro	Asta	6	Centro	Inferiore (+z)	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Globale	150.0	0.0	-175.0	0.0	0.0	0.0	Centro	Centro	Asta	0	Centro	Centro	<input type="checkbox"/>
3														
4														

Figura 4.146: Tabella 1.15 *Eccentricità delle aste*

Sistema di riferimento

Un'eccentricità dell'asta può essere relativa a uno dei seguenti sistemi assiali:

- Sistema assiale locale x, y, z dell'asta
- Sistema globale di coordinate X, Y, Z

Utilizzare il navigatore *Visualizza* o il menu contestuale dell'asta per visualizzare gli assi locali dell'asta x, y, z (si veda figura 4.158, pagina 154).

Eccentricità a inizio/fine asta

Nella sezione di dialogo *Offset assoluto*, rispettivamente nelle colonne della tabella da B a G, si definiscano le eccentricità per l'*Inizio dell'asta i* e la *Fine dell'asta j*. Le distanze si riferiscono al sistema assiale selezionato indicato dagli indici in maiuscolo e minuscolo che sono visibili nel grafico del dialogo.



Nella finestra di dialogo, si possono utilizzare i pulsanti [▼] e [▲] per trasferire i valori da un lato all'altro.

Allineamento della sezione trasversale

Nella sezione di dialogo *Offset relativo*, si usino le nuove opzioni di selezione per definire il punto della sezione trasversale pertinente per la determinazione dell'eccentricità. Nella tabella, si specifichi la posizione del punto nelle colonne H e I. Il punto definisce la distanza con la quale la sezione trasversale è spostata verso il nodo iniziale o finale.



Selezionando il punto al centro dell'ala superiore, come mostrato nell'immagine a sinistra, si può attaccare per esempio una trave orizzontale con il suo bordo superiore ad una colonna tramite il collegamento a filo (senza estensione).

Offset trasversale dalla sezione trasversale dell'altro oggetto

Con un *Offset trasversale* è possibile disporre un'asta ad una certa distanza parallela a un oggetto (asta nella superficie, asta nella stessa direzione). Si selezioni il numero dell'oggetto pertinente, un'Asta o una Superficie, dall'elenco. È inoltre possibile utilizzare la funzione [^] per selezionarlo nell'area di lavoro. L'eccentricità è determinata dall'*Allineamento della sezione trasversale* definito sopra e dall'*Offset assiale* (geometria della sezione trasversale o spessore della superficie) che si definisce selezionando una delle nove o delle tre caselle di controllo disponibili. Nella tabella, si definisca l'offset dell'asse nelle colonne L e M.



Definendo i punti sul bordo dell'ala superiore e sul lato inferiore della superficie, come mostrato nell'immagine a sinistra, è possibile disporre, ad esempio, una sezione trasversale d'acciaio sul bordo sotto una piastra tramite un collegamento a filo.

Offset assiale dalle aste adiacenti a

L'ultima opzione nella sezione di dialogo *Offset relativo* permette di collegare facilmente un'asta eccentricamente ad un'ala di un pilastro. L'offset può essere sistemato separatamente per l'*Inizio dell'asta* e la *Fine dell'asta*. L'eccentricità si determina automaticamente a partire dalla geometria della sezione trasversale delle aste adiacenti. Nella tabella, si definisca l'offset assiale nelle colonne N e O.

Il grafico del dialogo *Offset assiale* è interattivo con l'immissione, illustrante l'efficacia delle caselle di controllo selezionate.



Si può preferire l'immissione nella sezione di dialogo *Offset relativo* perché è possibile regolare direttamente le eccentricità quando si cambiano le sezioni trasversali. RFEM considera le modifiche delle dimensioni di una superficie o di una sezione trasversale automaticamente.

Assegnare eccentricità graficamente

Inoltre, le eccentricità possono essere assegnate graficamente alle aste nell'area di lavoro. Per aprire la finestra di dialogo corrispondente,

selezionare **Dati del modello** dal menu **Inserisci**, puntare su **Eccentricità delle aste** e selezionare **Assegna alle aste graficamente** o

dal menu **Modifica**, puntare su **Dati del modello** e **Eccentricità delle aste**, quindi selezionare **Assegna alle aste graficamente**.

In primo luogo, si definisca il sistema di riferimento e le eccentricità.

Dopo aver fatto clic su [OK], le aste saranno suddivise graficamente in tre parti. Ora, sarà possibile fare clic sui lati dell'asta a cui si desidera applicare il collegamento eccentrico (si veda Figura 4.135,

pagina 137). Per assegnare l'eccentricità ad entrambe le estremità dell'asta, si faccia clic nella zona centrale dell'asta.

4.16 Divisioni di aste

Descrizione generale

Le divisioni dell'asta sono usate per definire i punti sulle aste per cui le forze interne e gli spostamenti generalizzati saranno visualizzati in seguito nelle tabelle dei risultati e nella relazione di calcolo. Una divisione dell'asta non influenza la determinazione dei valori estremi e neppure il diagramma grafico dei risultati (RFEM internamente usa una divisione più raffinata). Di conseguenza, nella maggior parte dei casi, non sono richieste le divisioni di aste.



Non si confondano le divisioni dell'asta con le divisioni agli EF. I nodi EF sulle linee "libere" (non appartenenti a una superficie) aventi le proprietà di asta, saranno generati soltanto se le linee hanno un infittimento della mesh EF (si veda paragrafo 4.23, pagina 173).

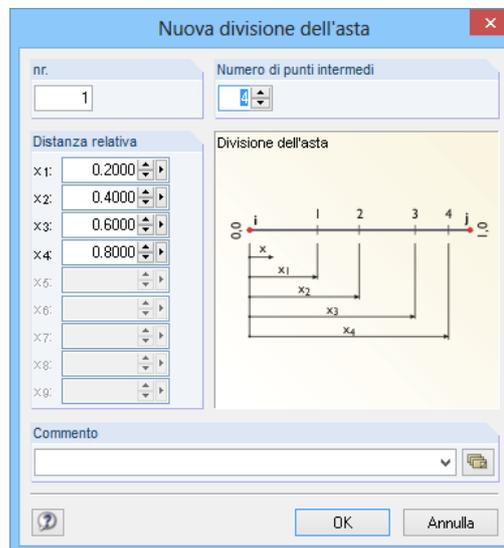
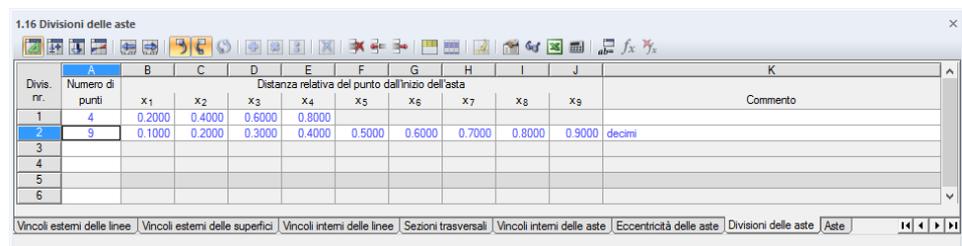


Figura 4.147: Finestra di dialogo *Nuova divisione dell'asta*



Divis. nr.	Numero di punti	Distanza relativa del punto dall'inizio dell'asta									Commento
		x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉	
1	4	0.2000	0.4000	0.6000	0.8000						
2	9	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.6000	0.7000	0.8000	0.9000	decimi
3											
4											
5											
6											

Figura 4.148: Tabella 1.16 *Divisioni delle aste*

Numero di punti

È possibile inserire un numero massimo di 99 punti di divisione nella finestra di dialogo. Divide l'asta nel numero desiderato di punti equidistanti.

Distanza relativa del punto dall'inizio dell'asta

Quando si crea una nuova divisione nella finestra di dialogo, le distanze di tre punti intermedi sono predefinite. Rappresentano le distanze relative nell'intervallo da 0 (inizio dell'asta) a 1 (estremità dell'asta).

È inoltre possibile definire divisioni irregolari per i punti specificati e inserire liberamente le distanze relative. Assicurarsi solo di seguire l'ordine corretto degli intervalli: $x_1 < x_2 < x_3 \dots$



Inoltre, una posizione qualsiasi x sull'asta si può valutare graficamente in modo specifico (si veda paragrafo 9.5, pagina 373). Quindi, nella maggior parte dei casi, l'inserimento manuale delle divisioni dell'asta con una determinazione inopportuna delle distanze relative non è necessaria.

4.17 Aste

Descrizione generale

Le aste sono attributi delle linee. Assegnando una sezione trasversale e una materiale a una linea, l'asta ottiene una rigidezza specifica. Quando si genera la mesh EF, sulle aste si creano elementi 1D.

Quando le aste si intersecano senza condividere un nodo comune, RFEM non riconosce un collegamento. Di conseguenza, nessuna forza interna sarà trasferita su intersezioni simili.

Graficamente, è possibile creare un'asta *Singola*, *Continua* o applicarla a *Linee* già esistenti. L'opzione *Asta inserita* è descritta nel capitolo 11.4.13 a pagina 502.



Pulsante ad elenco *Asta*

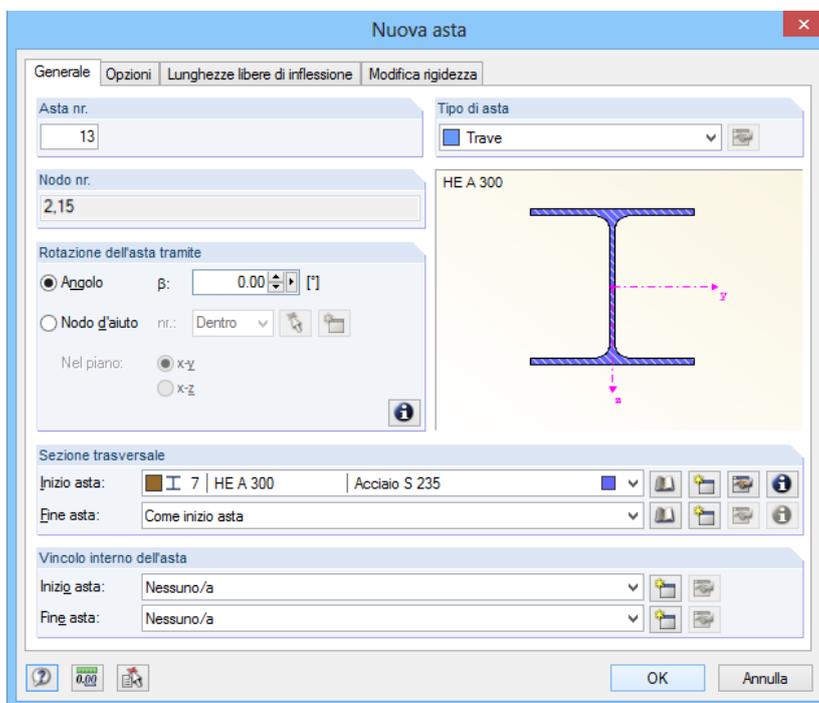


Figura 4.149: Finestra di dialogo *Nuova asta*, scheda *Generale*

Asta nr.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
Linea nr.	Linea nr.	Tipo di asta	Sezione trasversale nr. Inizio	Sezione trasversale nr. Fine	Rotazione asta Tipo	Rotazione asta β [°]	Vincolo int. nr. Inizio	Vincolo int. nr. Fine	Eccentr. nr.	Divis. nr.	Tipo di rastremazione	Lunghezza L [m]	Peso W [kg]	
1	13	Trave	1	1	Angolo	0.00	0	0	0	0		4.000	706.9	Z
2	14	Trave	1	1	Angolo	0.00	0	0	0	0		4.000	706.9	Z
3	3	Nervatura	2	2	Angolo	0.00	1	1	0	0		6.000	1500.0	Y
4	15	Asta tesa	5	5	Angolo	90.00						3.000	29.0	Z
5	16	Trave	3	3	Angolo	0.00	1	1	0	0		3.029	268.7	YZ
6	17	Travatura reticolare	3	3	Angolo	0.00						3.843	340.9	Z
7	19	Trave	3	4	Angolo	0.00	0	0	0	0	Lineare	3.000	272.0	Z
8	20	Asta instabile	5	5	Angolo	45.00						6.059	58.5	YZ
9	21	Trave	3	3	Angolo	0.00	0	0	0	0		3.843	340.9	Z

Figura 4.150: Tabella 1.17 *Aste*

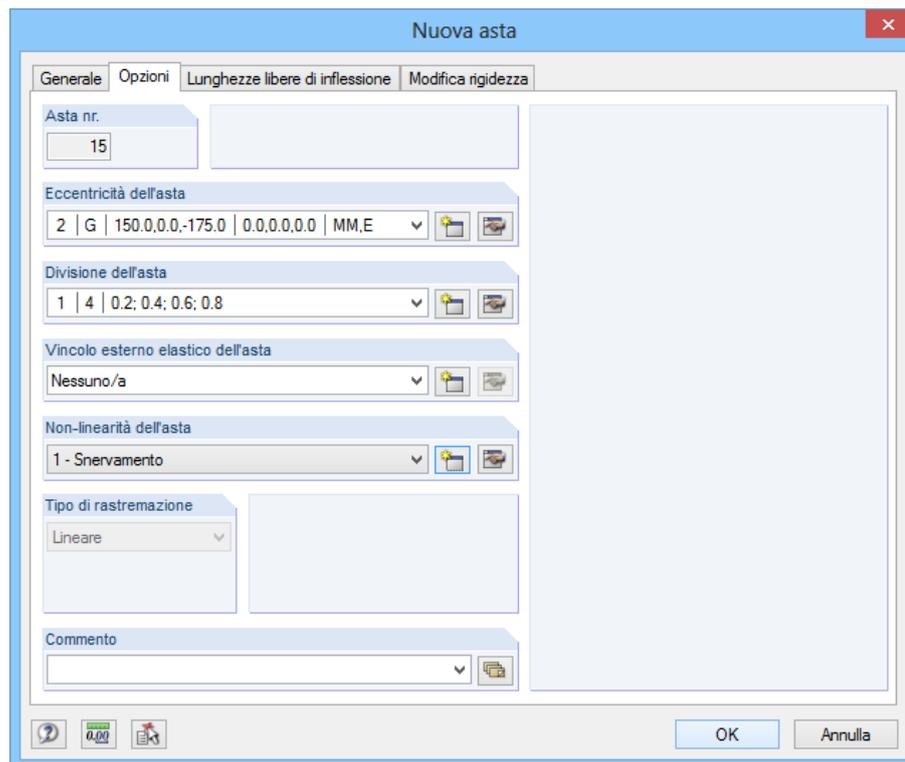


Figura 4.151: Finestra di dialogo *Nuova asta*, scheda *Opzioni*

Linea

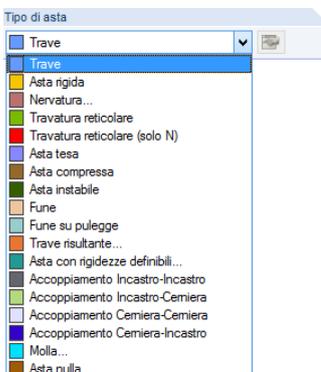
Inserire il numero della linea con le proprietà dell'asta nel campo di immissione della finestra di dialogo o rispettivamente nella colonna della tabella. Nella finestra di dialogo *Nuova asta*, è possibile selezionare la linea anche graficamente.

I nodi iniziali e finali della linea definiscono l'orientamento dell'asta che inoltre influenzano la posizione del sistema di coordinate locale dell'asta (vedere "rotazione dell'asta" in questo capitolo). L'orientamento dell'asta si può modificare rapidamente nell'area di lavoro: cliccare con il pulsante destro sull'asta e selezionare *Inverti orientamento asta* nel menu contestuale.

Tipo di asta

Con il tipo di asta si definisce la modalità di assorbimento delle forze interne o quali proprietà si attribuiscono all'asta.

Sono disponibili diverse opzioni da selezionare per il *Tipo di asta* nell'elenco. Ciascun tipo di asta ha il proprio *Colore* che può essere utilizzato nel modello per differenziare diversi tipi di asta. I colori si gestiscono nel navigatore *Visualizza* con le impostazioni in *Colori nel rendering secondo* (si veda paragrafo 11.1.9, pagina 450).



Tipo di asta	Breve descrizione
Trave	Asta resistente a flessione che può trasmettere tutte le forze interne.
Asta rigida	Asta di collegamento rigida
Nervatura	Trave emergente che considera la larghezza efficace della piastra
Travatura reticolare	Trave con cerniere ad entrambe le estremità
Travatura retic. (solo N)	Asta solo con rigidità $E \cdot A$
Asta tesa	Travatura (solo N) con rottura in caso di forza di compressione

Asta compressa	Travatura (solo N) con rottura in caso di forza di trazione
Asta instabile	Travatura (solo N) con rottura in caso di forza di compressione $> N_{cr}$
Fune	Asta di trasferimento di sole forze di trazione. Il calcolo è eseguito secondo l'analisi a grandi spostamenti.
Fune su pulegge	Asta su polilinea, si può spostare solo nella direzione longitudinale, assorbendo solo forze di trazione (puleggia)
Trave risultante	Asta per l'integrazione dei risultati della superficie, del solido o dell'asta
Asta con rigidezze definibili	Asta con rigidezze definite dall'utente
Accoppiamento Incastro-Incastro	Accoppiamento rigido con collegamenti resistenti a flessione ad entrambe l'estremità
Accoppiamento Incastro-Cerniera	Accoppiamento rigido con collegamento resistente a flessione all'inizio dell'asta e cerniera alla fine dell'asta
Accoppiamento Cerniera-Cerniera	Accoppiamento rigido con collegamenti a cerniera ad entrambe l'estremità (solo forze assiali e di taglio sono trasmesse, ma nessun momento)
Accoppiamento Cerniera-Incastro	Accoppiamento rigido con cerniera all'inizio dell'asta e collegamento resistente a flessione alla fine dell'asta
Asta nulla	Asta che sarà trascurata nel calcolo
Molla	Asta con rigidezza della molla, zone definibili di attività e coefficienti di smorzamento (si veda paragrafo 4.20, pagina 152)

Tabella 4.7: Tipi di asta

Trave

Una trave non ha nessuno vincolo interno definito alle sue estremità. Quando due travi vengono collegate tra di loro senza definire nessun rilascio nel nodo in comune, il collegamento risulta rigido. Le travi si possono sollecitare con tutti i tipi di carico.

Asta rigida

L'asta rigida collega gli spostamenti di due nodi tramite un collegamento rigido. Quindi, corrisponde ad un'asta di accoppiamento, in linea di principio (si veda pagina 151). Si utilizzi un'asta rigida per definire le aste con alta rigidezza considerando i rilasci che possono anche avere costanti delle molle e non linearità. Difficilmente si verificheranno problemi numerici poiché le rigidezze sono adattate al sistema. RFEM mostra le forze interne anche per le aste rigide.

Si presuppongono le seguenti rigidezze (si applicano anche ai collegamenti e alle sezioni trasversali *Rigide fittizie*):

- Rigidezza longitudinale e torsionale $E \cdot A = G \cdot I_T = 10^{13} \cdot I$ (I = lunghezza dell'asta)
- Resistenza flessionale $E \cdot I = 10^{13} \cdot I^3$
- Rigidezza a taglio (se attivata) $G_{Ay} = G_{Az} = 10^{16} \cdot I^3$

A causa di questo tipo di asta non è più necessario definire una sezione trasversale *Rigida fittizia* (vedere pagina 125) che è stata assegnata come una sezione trasversale.

Nervatura

Le nervature sono descritte nel paragrafo 4.18, pagina 158.

Travatura reticolare (solo N)

Questo tipo di asta assorbe le forze assiali sotto forma di trazione e di compressione. Una travatura reticolare presenta cerniere alle proprie estremità. Di conseguenza, non è possibile definire ulteriori vincoli interni. RFEM mostra soltanto forze interne del nodo (che sono trasferite alle aste di collegamento). L'asta stessa mostra una distribuzione lineare delle forze interne. Un'eccezione è il carico concentrato sull'asta, il che significa che non sarà visibile nessun diagramma di momento come risultato del peso proprio o di un carico lineare. I momenti alle estremità sono nulli a causa delle cerniere. Si presuppone una distribuzione lineare lungo l'asta. Le forze nodali, comunque, sono calcolate dai carichi delle aste, che garantiscono un trasferimento corretto.

La ragione per questo trattamento speciale è che una travatura reticolare, come è riconosciuta in generale, trasferisce soltanto le forze assiali. I momenti non sono di interesse. Di conseguenza, non sono né visibili nell'output né calcolati come parte del progetto. Per ottenere e vedere i momenti dai carichi dell'asta, utilizzare il tipo di asta *Travatura reticolare*.

Asta tesa / compressa

Un'asta tesa può assorbire soltanto le forze di trazione e un'asta compressa solo forze di compressione. Il calcolo di una struttura del telaio con questi tipi di aste è effettuato iterativamente. Nella prima iterazione, RFEM determina le forze interne di tutte le aste. Se le aste di trazione hanno forze assiali negative (di compressione), o se le aste di compressione hanno forze assiali positive (di trazione), allora verrà avviata una iterazione supplementare nella quale la rigidità di queste aste non sarà più considerata perché sono giunte a rottura. Questo processo di iterazione continua fino a quando le aste tese o compresse continuano a collassare. In funzione della modellazione e del carico, il sistema può diventare instabile a causa della rottura di questo tipo di aste.



Un'asta tesa o compressa rotta può essere considerata di nuovo nella matrice di rigidità se viene riattivata in uno step di iterazione successivo per una ridistribuzione nel sistema. Nel menu **Calcola**, si selezionano **Parametri di calcolo** per aprire la finestra di dialogo *Parametri di calcolo*. Nella sezione di dialogo *Riattivazione delle aste che giungono a rottura* è possibile impostare la *Manipolazione eccezionale* di tali aste. I dettagli si possono trovare nel paragrafo 7.3, pagina 281.

Asta instabile

Un'asta instabile assorbe quantità illimitate di forze di trazione. Le forze di compressione, tuttavia, possono essere assorbite fino a quando si raggiunge il carico critico di Eulero.

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l_{cr}^2} \quad \text{dove } l_{cr} = l$$

Equazione 4.23

Con questo tipo di asta si possono spesso evitare le instabilità che accadono nel calcolo secondo l'analisi del secondo ordine o a grandi spostamenti dovute alla instabilità delle travature reticolari. Se si sostituiscono le travature reticolari, simili alla realtà, con aste instabili, il carico critico aumenta in molti casi.

Fune

Le funi assorbono solo forze di trazione. Sono utilizzate per analizzare le catene di funi con le forze longitudinali e trasversali con calcoli iterativi, considerando la teoria della fune (analisi a grandi spostamenti, si veda paragrafo 7.3.1, pagina 273). Sarà necessario definire l'intera fune come più funi che costituiscono una catena di funi.

Per creare rapidamente una catenaria, puntare su **Genera modello - Aste** nel menu **Strumenti** e selezionare **Arco** (paragrafo 11.7.2, pagina 551). Più sarà precisa la forma iniziale della catenaria della fune, più stabile e veloce sarà l'esecuzione del calcolo.

Si raccomanda di caricare le funi per impedire che le forze di compressione causino una rottura. Ancora, si dovrebbero utilizzare le funi solo se gli spostamenti generalizzati hanno un ruolo importante nei cambiamenti delle forze interne, vale a dire in caso di grandi spostamenti generalizzati.



Per cavi dritti come i controventi trasversali (tetto sporgente), le aste di trazione sono completamente sufficienti.

Quando si valuteranno gli spostamenti generalizzati delle funi, si imposti il coefficiente di scala nel pannello di controllo (si veda figura 3.20: Pannello, scheda Coefficienti, pagina 33) a "1" in modo che gli effetti del serraggio siano rappresentati realisticamente.

Fune su pulegge

La fune sulle pulegge assorbe soltanto le forze di trazione ed il calcolo avviene secondo la teoria della fune (analisi a grandi spostamenti). Contrariamente ad una fune, questa si può applicare soltanto ad una spezzata con almeno tre nodi. Questo tipo di asta è appropriato per i sistemi di pulegge in cui le forze assiali passano sopra per mezzo di carrucole.

Rispetto a una fune normale, è possibile solo uno spostamento all'interno dei nodi interni nella direzione longitudinale u_x . Di conseguenza, l'asta non deve essere sollecitata da carichi che agiscono nelle direzioni locali y o z .

Lo spostamento nella direzione longitudinale non è permesso all'estremità della fune.

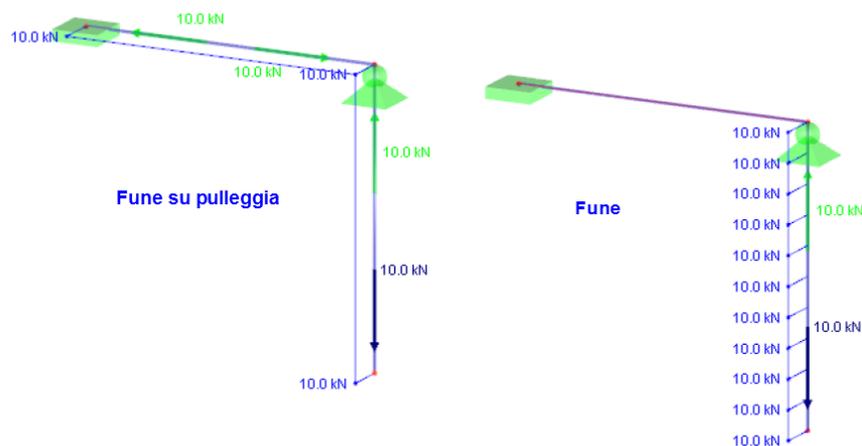


Figura 4.152: Sistema con fune su pulegge e fune - Forze assiali e reazioni vincolari

Per i nodi interni alla polilinea non è importante se un vincolo esterno del nodo è disponibile o se l'asta è collegata ad un'altra costruzione. RFEM analizza la struttura totale della fune lungo la lunghezza della polilinea.

RFEM considera soltanto gli spostamenti u_x e le forze assiali N per aste di tipo *Fune su pulegge*.

Trave risultante

Come un taglio attraverso il modello, una trave risultante si può disporre in un posto qualunque nel modello come asta virtuale. Usare questo tipo di asta per visualizzare le forze interne delle superfici, delle aste e dei solidi nella forma di risultati integrati. In questo modo, si possono leggere, ad esempio, le forze di taglio risultanti di una superficie usata per la progettazione di murature.

La trave risultante non richiede né un vincolo esterno né un collegamento al modello. Inoltre, è una trave che non si può caricare.

I parametri di integrazione si devono impostare in una finestra di dialogo (si veda figura 4.153) che si aprirà utilizzando il pulsante [Modifica].

Nella sezione di dialogo *Forze e tensioni integrate*, si definisce la zona di influenza della trave risultante. Il grafico del dialogo illustra i parametri pertinenti per le singole opzioni.



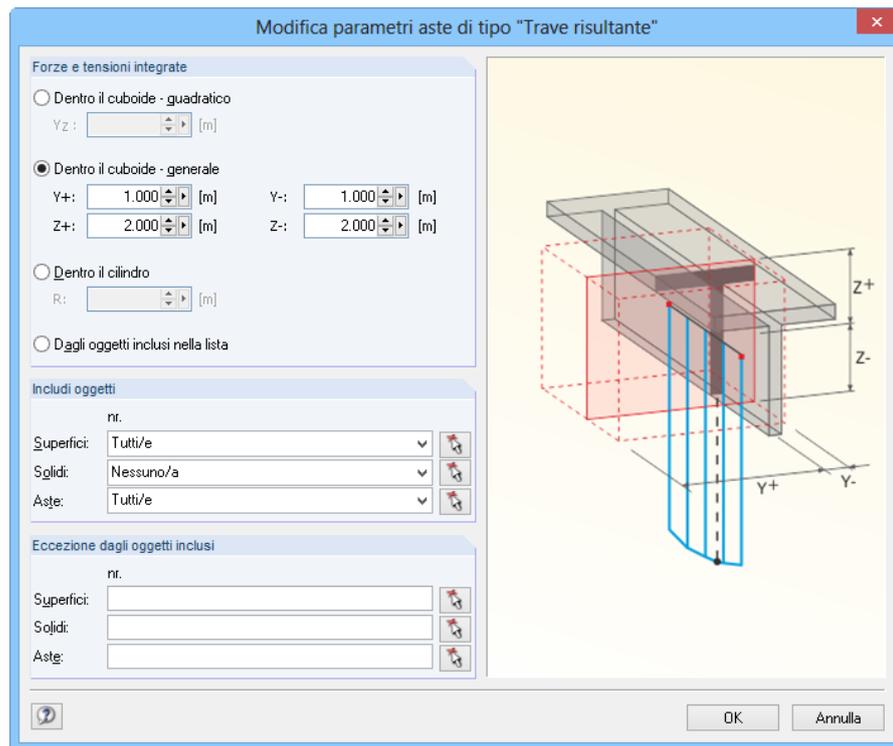
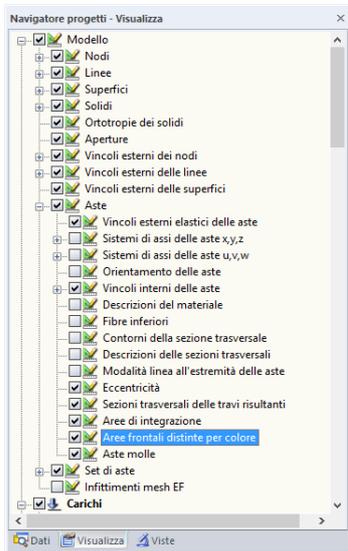


Figura 4.153: Finestra di dialogo *Modifica parametri aste di tipo "Trave risultante"*

La sezione di dialogo *Includi oggetti* consente una selezione specifica di elementi strutturali i cui risultati devono essere considerati per l'integrazione: superfici, solidi, aste.

Quando si definisce la trave risultante, è possibile attivare e disattivare la visualizzazione delle aree di integrazione nel navigatore *Visualizza* (vedere l'immagine indicata a sinistra).

Asta con rigidzze definibili

Le rigidzze dell'asta si possono specificare direttamente in una finestra di dialogo che si aprirà con il pulsante [Modifica]. Quindi, non è necessario assegnare una sezione trasversale.

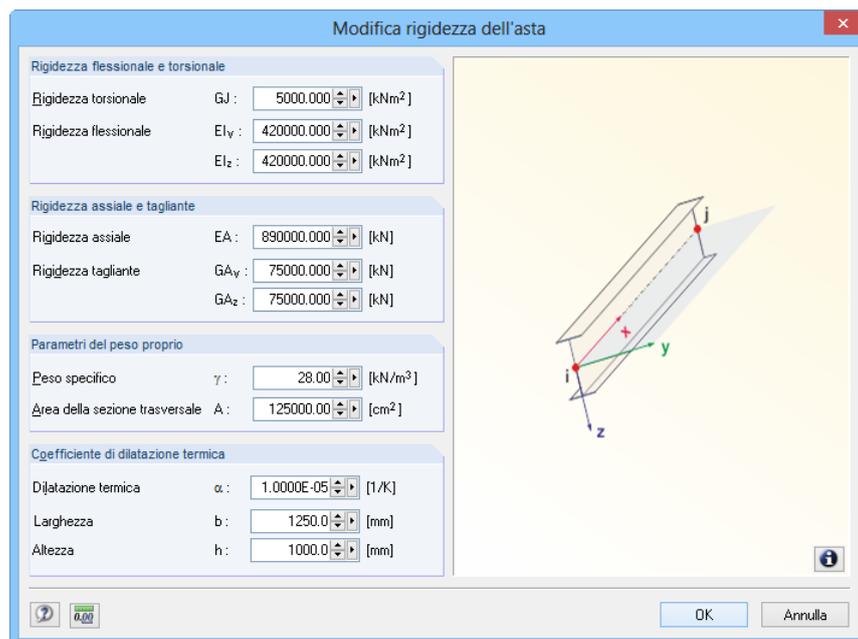


Figura 4.154: Finestra di dialogo *Modifica rigidzze dell'asta*



Per visualizzare la matrice di rigidezza, si utilizzi il pulsante [Informazioni].

Accoppiamento

Un'asta di accoppiamento è un'asta virtuale e molto rigida con le proprietà definibili di un incastro o cerniera. È possibile accoppiare i gradi di libertà dei nodi iniziale e finale in quattro modi diversi. Le forze di taglio e assiali, e rispettivamente i momenti torsionali e flettenti, sono trasferiti direttamente da un nodo all'altro. Gli accoppiamenti si possono utilizzare per modellare situazioni speciali per il trasferimento di forze e momenti.

RFEM calcola le rigidezze degli accoppiamenti in funzione della struttura per escludere problemi numerici.



Con l'opzione alternativa di *Asta rigida* (si veda a pagina 147) si possono definire le aste di accoppiamento considerando anche le molle e le non linearità dei vincoli interni.

Per controllare la visualizzazione dei risultati dell'accoppiamento, si utilizzi il navigatore *Visualizza*.

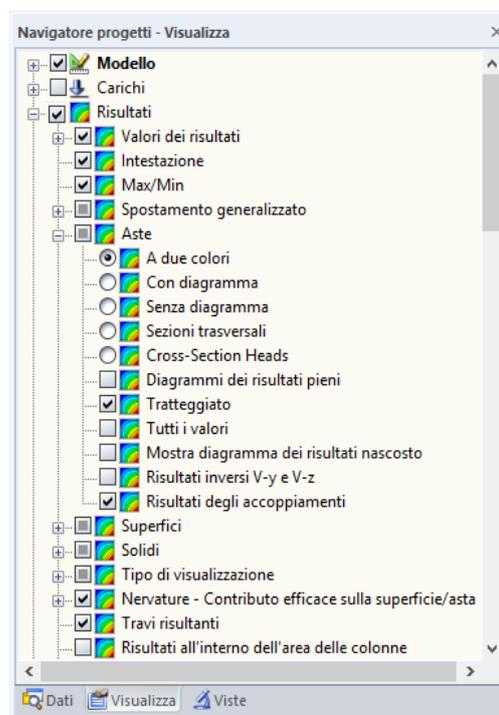


Figura 4.155: Attivazione della visualizzazione per i risultati di aste di accoppiamento nel navigatore *Visualizza*

Asta nulla

Né l'asta nulla né i suoi carichi saranno considerati nel calcolo. È possibile utilizzare le aste nulle per annullare, ad esempio, l'efficacia di determinate aste al fine di analizzare i cambiamenti nel comportamento strutturale. Non è necessario eliminare queste aste, i carichi saranno mantenuti.

Molla

Se si attivano le non linearità della *Molla*, si potrà aprire una nuova finestra di dialogo utilizzando il pulsante [Modifica] del dialogo oppure il pulsante [...] nella tabella.

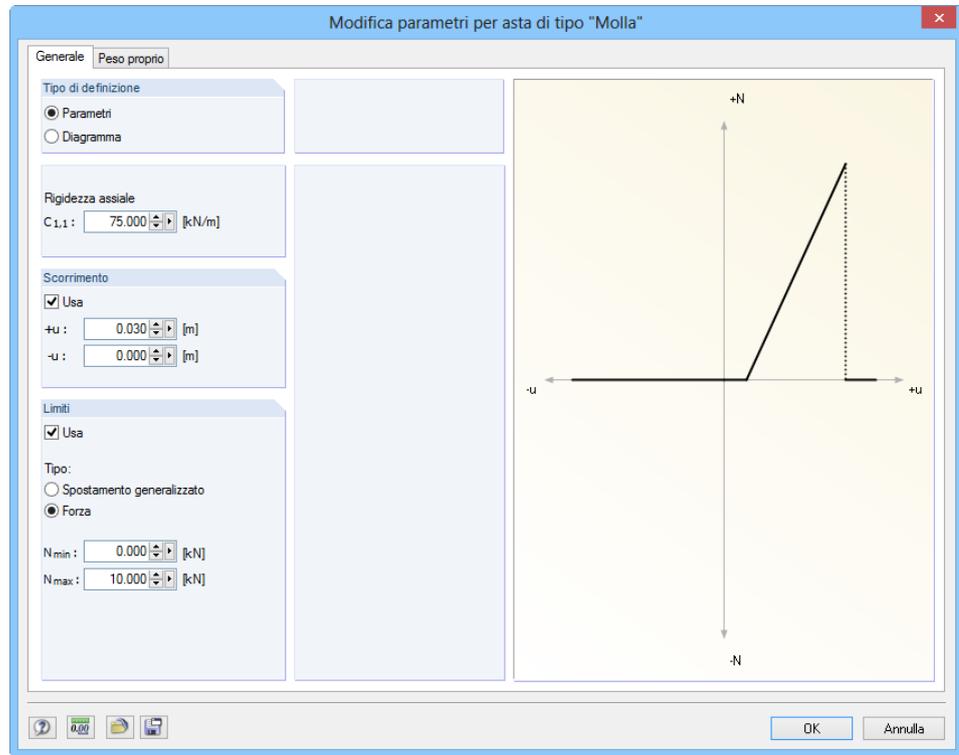


Figura 4.156: Finestra di dialogo *Modifica parametri aste di tipo 'Molla'*

Si definiscano le proprietà della molla con i *Parametri* oppure nel *Diagramma*. La costante della molla $C_{1,1}$ descrive la rigidità dell'asta nella sua direzione locale x secondo la seguente relazione:

$$k = \frac{E \cdot A}{l}$$

Equazione 4.24

Lo *Scorrimento* specifica una zona di deformazione dove la molla non assorbe nessuna forza.

Inoltre, ci sono due modi per definire i *Limiti* della molla:

- *Spostamento generalizzato*: i valori u_{\min} e u_{\max} definiscono la zona dell'attività geometrica della molla. La molla si comporterà come un'asta rigida (Stop) per gli spostamenti generalizzati oltre la zona specificata.
- *Forza*: valori N_{\min} e N_{\max} definiscono la zona di attività per le forze che possono essere assorbite dalla molla. Se la forza assiale supera i limiti definiti, si avrà una rottura della molla.

Quando si attiva l'opzione *Diagramma*, si potranno definire più precisamente le proprietà della molla con una precisione più accurata. Le impostazioni sono in gran parte identiche con le opzioni disponibili per i vincoli interni non lineari dell'asta (si veda paragrafo 4.14, pagina 140).

Sezione trasversale alle estremità dell'asta

I due i campi di immissione o le colonne della tabella sono utilizzate per definire le sezioni trasversali per l'estremità dell'asta. I numeri delle sezioni trasversali si riferiscono alle immissioni nella tabella 1.13 *Sezioni trasversali* (si veda paragrafo 4.13, pagina 124). L'assegnazione è resa più facile con i colori relativi alle diverse sezioni trasversali.



Asta rastremata

Quando si inseriscono numeri differenti per le sezioni trasversali iniziale e finale, si creerà una rastremazione. RFEM interpola le rigidzze variabili lungo l'asta secondo i polinomi di grado più alto. Immissioni non compatibili come per una rastremazione costituita da una sezione trasversale IPE e una barra tonda, sarà identificata dalla verifica di plausibilità prima dell'avvio del calcolo.

La determinazione interna dei valori di una sezione trasversale rastremata è controllata dall'opzione *Tipo di rastremazione* impostata nella scheda **Opzioni** della finestra di dialogo *Nuova Asta*, rispettivamente nella colonna della tabella (vedere pagina 156).

Rotazione dell'asta

Il sistema di riferimento relativo all'asta x, y, z è definito in senso orario dagli angoli retti. L'asse locale x rappresenta sempre l'asse baricentrico dell'asta, collegante il nodo iniziale e finale della linea (direzione positiva). Gli assi dell'asta y e z , rispettivamente u e v per le sezioni trasversali asimmetriche, rappresentano gli assi principali dell'asta.

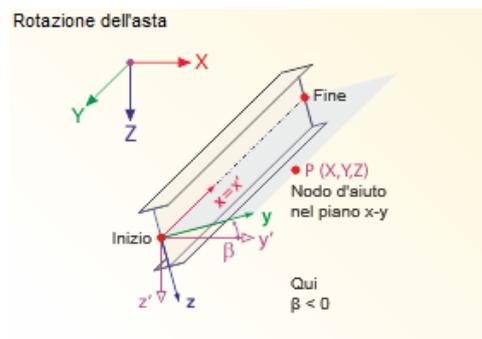
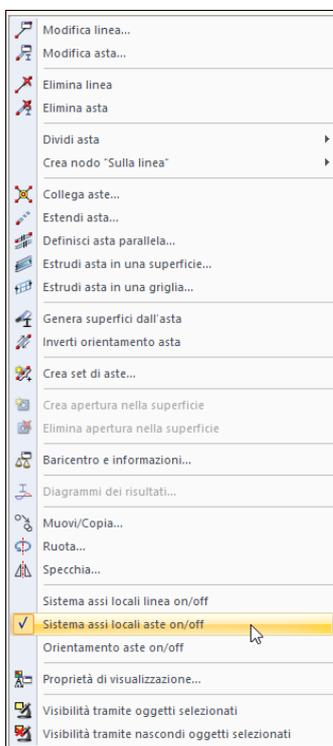


Figura 4.157: Rotazione dell'asta e degli assi locali dell'asta x, y, z (posizione generica nello spazio)

La posizione degli assi locali y e z è predefinita. L'asse y è perpendicolare all'asse longitudinale x e parallelo al piano globale XY . La posizione dell'asse z è determinata secondo la regola della mano destra. L'orientamento dell'asse locale z è influenzato dall'asse globale Z : la componente z' è sempre diretta nella direzione dell'asse positivo Z .

Per controllare la posizione, dell'asta, utilizzare la rappresentazione 3D. Si può anche utilizzare il navigatore *Visualizza* o il menu contestuale dell'asta per visualizzare i *Sistemi di assi delle aste x, y, z* .



Menu di scelta rapida dell'asta

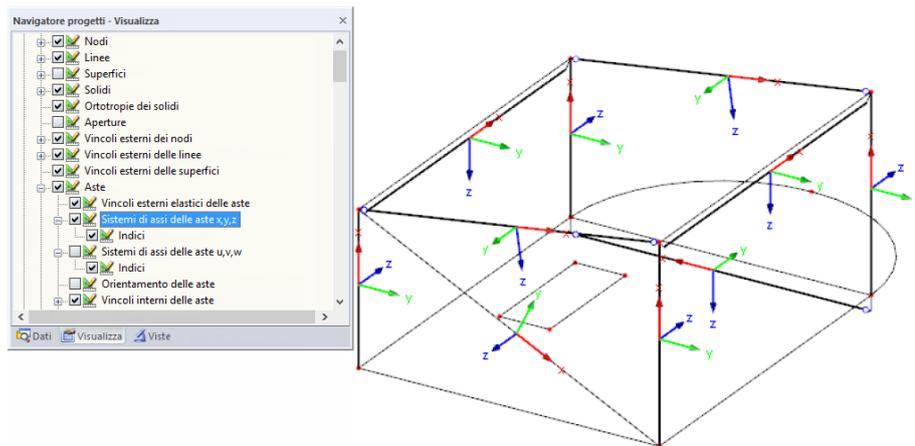


Figura 4.158: Attivazione dei sistemi assiali locali dell'asta nel navigatore *Visualizza*

La colonna **N** della tabella fornisce informazioni sugli assi globali paralleli alle aste o indicano il piano dove giace l'asta. Se non c'è nessuna immissione, l'asta sarà in una posizione spaziale arbitraria.

Se un'asta è allineata parallelamente all'asse globale Z, cioè nella posizione verticale, l'asse locale **z**, naturalmente, non ha componente Z. In questo caso, si applicherà la seguente regola: l'asse locale **y** sarà parallelo all'asse globale Y. La posizione dell'asse **z**, quindi, sarà determinata secondo la regola della mano destra.

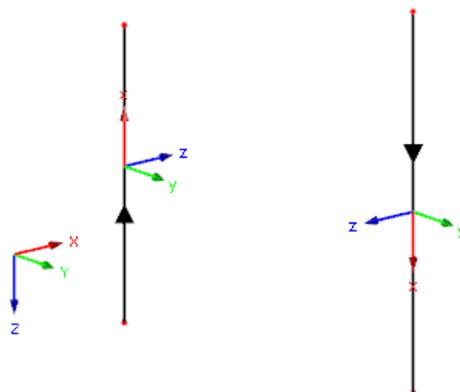


Figura 4.159: Posizione verticale dell'asta per aste con differenti orientamenti ($\beta = 0^\circ$)

Quando un'asta posizionata in una colonna continua di aste non è esattamente nella posizione verticale (a causa di deviazioni secondarie delle coordinate del nodo X o Y), gli assi dell'asta possono cambiare il loro orientamento. RFEM classifica la posizione di un'asta che è leggermente inclinata come "generale". Se si desidera classificare le aste in una posizione generale come *verticale*, tuttavia, si selezioni **Rigenera modello** nel menu **Strumenti** (si veda paragrafo 7.1.3, pagina 263).

Le rotazioni dell'asta si possono applicare in due modi:

Rotazione dell'asta tramite angolo β

Si definisca un *Angolo* β attorno al quale ruotare l'asta. Se l'angolo di rotazione β è positivo, l'asse y e z è ruotato in senso orario intorno all'asse x dell'asta longitudinale.

Si noti che l'angolo di rotazione dell'asta β e l'angolo di rotazione della sezione trasversale α' (si veda paragrafo 4.13, pagina 127) vengono sommati.

In strutture 2D, sono permessi soltanto angoli di rotazione dell'asta di 0° e 180° .



Rotazione dell'asta tramite nodo d'aiuto

Il sistema assiale dell'asta è diretto verso un nodo particolare. In primo luogo, selezionare l'asse (y o z) che si desidera sia influenzato dal nodo di aiuto. Di conseguenza, il nodo di aiuto determina il piano x-y o x-z dell'asta. Poi, si inserisca il nodo di aiuto, ma è anche possibile selezionarlo graficamente o crearne un nuovo. Tuttavia, si controlli che il nodo non giaccia sulla linea retta che è definita dall'asse x dell'asta.

L'esempio seguente mostra delle colonne che sono state allineate con un punto centrale.

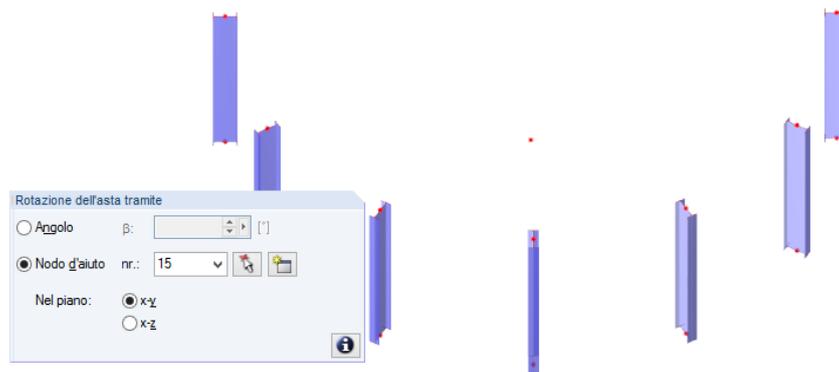


Figura 4.160: Rotazione dell'asta tramite nodo d'aiuto

Le modifiche del sistema assiale locale dell'asta possono influenzare i segni delle forze interne. La seguente figura illustra la regola generale del segno.

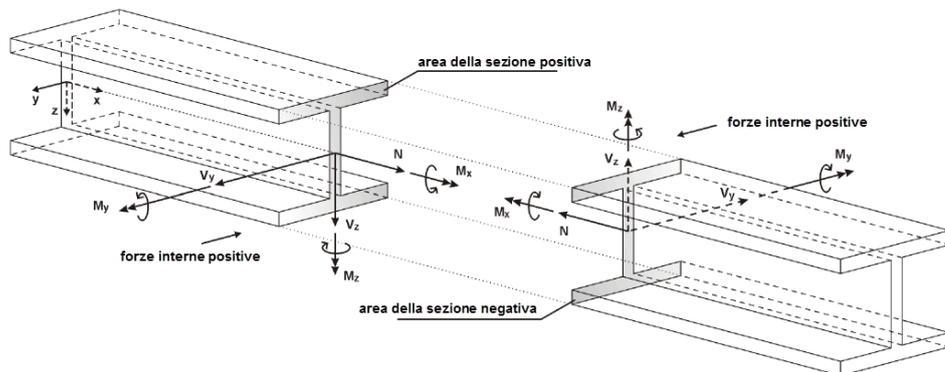


Figura 4.161: Definizione positiva delle forze interne



Il momento flettente M_y è positivo se le sollecitazioni di trazione si verificano sul lato positivo dell'asta (nella direzione dell'asse z). M_z è positivo se le sollecitazioni di compressione si verificano sul lato positivo dell'asta (nella direzione dell'asse y). La definizione del segno per i momenti torsionali, per le forze assiali e di taglio è conforme alle convenzioni usuali: queste forze interne sono positive se agiscono nella direzione positiva.

Vincolo interno alle estremità dell'asta

In queste due colonne della tabella o nei campi di immissione della finestra di dialogo *Nuova asta*, è possibile definire i vincoli interni che trasferiscono le forze interne sui nodi. I numeri dei vincoli interni fanno riferimento alle immissioni disponibili nella tabella 1.14 *Vincoli interni delle aste* (si veda paragrafo 4.14, pagina 135).

Per alcuni tipi di aste con vincoli interni già assegnati, i campi di immissione sono disabilitati.

Eccentricità

In questa colonna della tabella o campo di immissione della finestra di dialogo *Opzioni* (si veda figura 4.151), è possibile assegnare un collegamento eccentrico all'asta. I numeri delle eccentricità si riferiscono alla Tabella 1.15 *Eccentricità delle aste* (si veda paragrafo 4.15, pagina 142). Un tipo di collegamento determina le eccentricità di entrambe le estremità dell'asta.

Divisione

Le divisioni dell'asta determinano l'output numerico delle forze interne e degli spostamenti generalizzati lungo l'asta (si veda paragrafo 4.16, pagina 144). Si utilizzino queste impostazioni nella colonna della tabella o nel campo di immissione della finestra di dialogo *Opzioni* per assegnare le divisioni o per crearne nuove. I numeri delle divisioni si riferiscono alle immissioni nella tabella 1.16 *Divisioni delle aste*.

Una divisione dell'asta non ha nessuna influenza per la determinazione né dei valori estremi e né del diagramma grafico dei risultati (RFEM internamente usa una partizione più fitta). Poiché le divisioni dell'asta non sono richieste nella maggior parte dei casi, l'impostazione predefinita è "Nessuna" o "0".

Vincolo esterno elastico dell'asta

In questo campo di immissione della scheda *Opzioni* (si veda Figura 4.151), è possibile assegnare un vincolo esterno elastico all'asta. I numeri dei vincoli esterni elastici sono gestiti nella Tabella 1.19 *Vincoli esterni elastici* (si veda paragrafo 4.19, pagina 161).

Non-linearità dell'asta

Per dotare l'asta di proprietà non lineari (si veda Figura 4.151, pagina 146), utilizzare il campo d'immissione nella scheda di dialogo *Opzioni* (si veda Figura 4.151). I numeri delle non linearità si riferiscono agli ingressi nella Tabella 1.20 *Non-linearità delle aste* (si veda paragrafo 4.20, pagina 164).

Tipo di rastremazione

Se la sezione trasversale iniziale differisce da quella finale, nella colonna della tabella o nel campo di immissione nella scheda *Opzioni* è possibile scegliere un tipo di rastremazione *Lineare* o *Quadratica*. In questo modo, è possibile rappresentare realisticamente la geometria della rastremazione per la determinazione dei valori interpolati delle sezioni trasversali.

Nella maggior parte dei casi, è possibile applicare uno sviluppo lineare della rastremazione: l'altezza della sezione trasversale cambia uniformemente dall'inizio alla fine della sezione trasversale, la larghezza rimane più o meno la stessa. Tuttavia, se varia anche la larghezza della sezione trasversale lungo l'asta in modo evidente (per esempio una rastremazione di sezioni solide), si raccomanda di usare una funzione quadratica per l'interpolazione dei valori della sezione trasversale.

Lunghezza

Questa colonna della tabella indica la lunghezza assoluta di un'asta dal nodo iniziale a quello finale. Le eccentricità sono prese in considerazione.

La lunghezza dell'asta è leggibile anche nella finestra di lavoro: disporre il puntatore del mouse su un'asta e attendere fino a quando non apparirà la descrizione.

Peso

Il peso di un'asta si determina dal prodotto dell'area sezione trasversale A ed il peso specifico del materiale. RFEM applica 10 m/s^2 per l'accelerazione di gravità.

Posizione

La colonna **N** della tabella fornisce le informazioni sugli assi globali che sono paralleli alle aste o indicano il piano dove giace l'asta. Se non c'è nessuna immissione, l'asta sarà in una posizione qualsiasi nello spazio.



Quando un'asta, posizionata in una colonna continua di aste, non è esattamente nella posizione verticale (a causa delle deviazioni secondarie delle coordinate X o Y dei nodi), gli assi dell'asta possono cambiare il loro orientamento. RFEM classifica la posizione di un'asta che è leggermente inclinata come "generale". Se si desidera classificare le aste da una posizione generica a **verticale**, si selezioni **Rigenera modello** nel menu *Strumenti* (si veda paragrafo 7.1.3, pagina 263).

Lunghezze libere d'inflexione

La scheda di dialogo *Lunghezze libere di inflessione* nella finestra di dialogo *Nuovo o Modifica asta* gestisce i *Coefficienti di libera inflessione* $k_{cr,y}$ e $k_{cr,z}$.

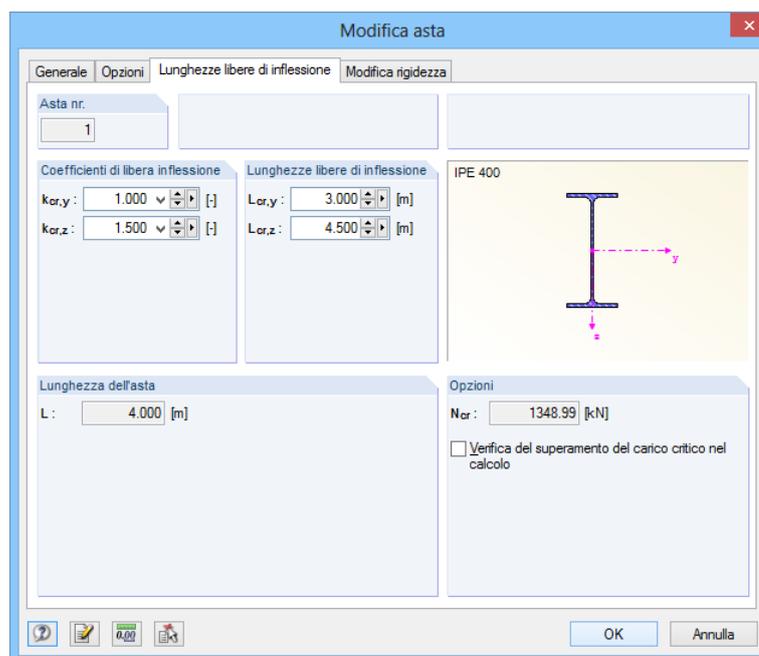


Figura 4.162: La finestra di dialogo *Modifica asta*, scheda *Lunghezze libere di inflessione*

I coefficienti di libera inflessione possono essere modificati separatamente, per entrambi gli assi delle aste. I campi del dialogo a destra mostrano la *Lunghezza libera d'inflexione* risultante dai coefficienti inseriti e dalla lunghezza delle aste.

I coefficienti di libera inflessione sono importanti per i moduli aggiuntivi come RF-STEEL EC3, dove si eseguono le analisi di stabilità, ma svolgono un ruolo secondario per RFEM; ad esempio le lunghezze libere d'inflexione per le aste instabili si determinano internamente dalle condizioni al contorno, e poi si applicano con esattezza.

Nella sezione di dialogo *Opzioni*, si può decidere se verificare il carico di instabilità flessionale dell'asta durante il calcolo. La casella di controllo è spuntata per le trave reticolari, le aste compresse e instabili. La scheda di dialogo *Parametri di calcolo generali* della finestra di dialogo *Parametri di calcolo* (si veda figura 7.22, pagina 281) offre un'opzione globale delle impostazioni per questo tipo di controllo.

L'asta come modello superficiale

La funzione del menu contestuale *Genera superfici dall'asta* può essere usata per convertire un'asta (elemento 1D) in elementi di superficie (elementi 2D) in caso di progetti dettagliati. La funzione è descritta nel paragrafo 11.7.1.5 a pagina 535.



Aste doppie

Generalmente, è buona norma evitare aste sovrapposte nel modello. Così quando si definisce una nuova asta sui nodi di un'asta già esistente, RFEM eliminerà automaticamente l'asta esistente.



Per impedire che RFEM elimini aste già definite, si selezioni *Consenti aste doppie* nel menu *Modifica*. RFEM considererà le rigidzze di entrambi le aste nel calcolo.

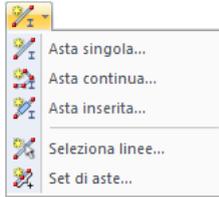
4.18 Nervature

Descrizione generale

Le nervature sono un tipo speciale di asta. Per creare una nervatura, deve esistere già un'asta. Le nervature possono essere usate per rappresentare le travi a T nel modello agli elementi finiti definendo le eccentricità e le larghezze efficaci.

Le nervature sono particolarmente adatte per i modelli con elementi di calcestruzzo armato: si possono utilizzare le forze interne e le sezioni trasversali della nervatura per la progettazione nel modulo aggiuntivo **RF-CONCRETE Members**. Tuttavia, quando si vuole modellare una piastra di acciaio con una "nervatura" saldata, utilizzare una superficie con un'asta collegata eccentricamente.

Si può definire una nervatura direttamente con il menu contestuale del navigatore delle *Nervature* o nel dialogo di immissione. Se si crea una nuova asta e si seleziona **Nervatura** come *Tipo di asta* (si veda paragrafo 4.17, pagina 146), sarà possibile utilizzare il pulsante adesso abilitato [Modifica] per definirne i parametri. Sarà anche possibile accedere alla finestra di dialogo seguente utilizzando il menu oppure il menu contestuale nel navigatore.



Pulsante ad elenco *Asta*

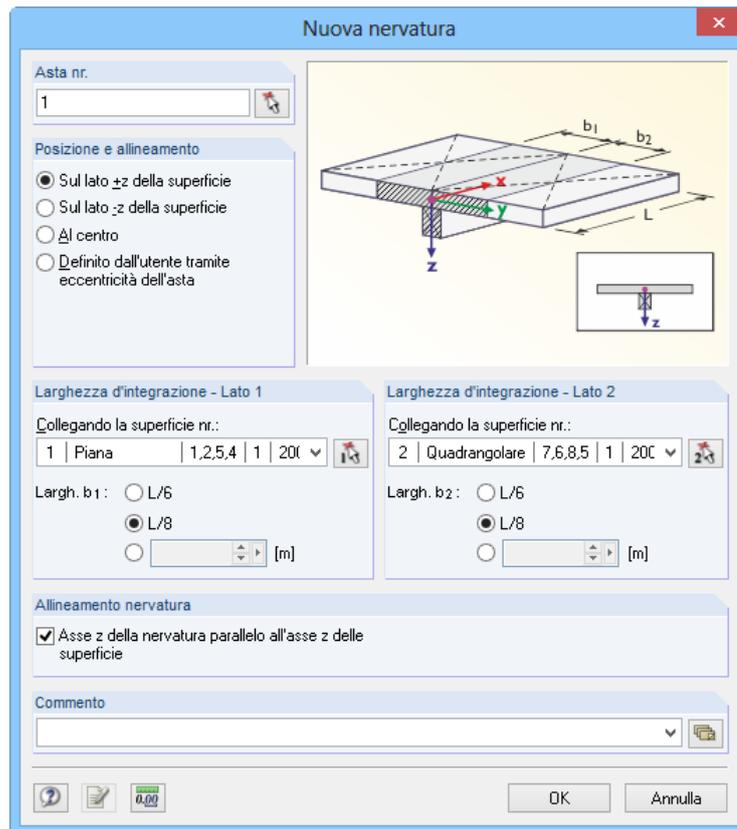


Figura 4.163: Finestra di dialogo *Nuova nervatura* (per il tipo di modello 2D - XY)

Asta nr.	A Posizione della Nervatura	B Larghezza efficace - Lato 1 Superf. nr.	C b ₁ [m]	D Larghezza efficace - Lato 2 Superf. nr.	E b ₂ [m]	F Commento
1	sul -z-bordo	2	0.704	2	0.704	
2	sul +z-bordo	1	0.704	1	0.625	
3	Centrico	1	0.375	1	0.625	

Eccentricità delle aste | Divisioni delle aste | Aste | Nervature | Vincoli esterni elastici delle aste | Non-linearità delle aste

La larghezza efficace della superficie

Figura 4.164: Tabella 1.18 *Nervature*

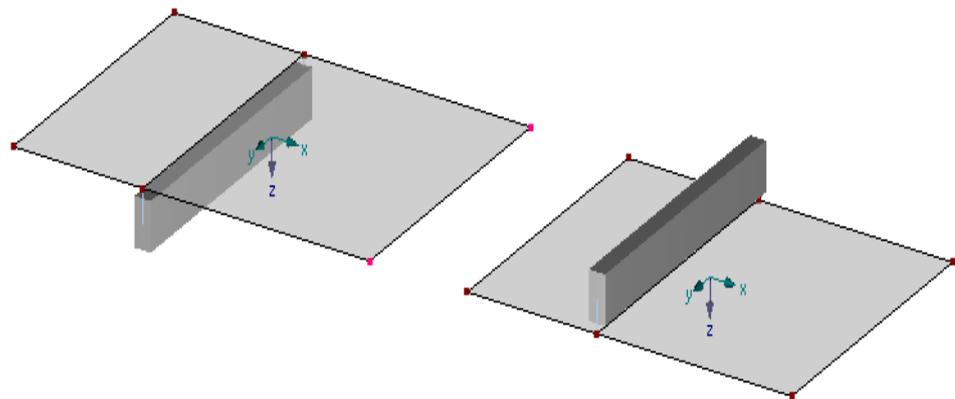
Posizione della nervatura

Generalmente, una nervatura è un'asta disposta eccentricamente. L'eccentricità si determina automaticamente dalla metà dello spessore della superficie e dalla metà dell'altezza dell'asta (la Tabella 1.15 *Eccentricità delle aste* non subisce modifiche). È possibile definirla anche manualmente. L'eccentricità della nervatura aumenta la rigidità del modello.

Sono disponibili le seguenti opzioni di posizionamento:

Sul lato +/- z della superficie

L'eccentricità come somma della metà dello spessore della superficie e della metà dell'altezza dell'anima si applica automaticamente nella direzione dell'asse positivo o negativo **z** della superficie. Per visualizzare e verificare gli assi della superficie *x*, *y*, *z* nell'area di lavoro, si utilizzi il navigatore *Visualizza* (si veda Figura 4.115, pagina 123).

Figura 4.165: Nervature sul lato positivo di *z* (sinistra) e sul lato negativo di *z* (destra) delle superfici

Al centro

La nervatura è modellata senza eccentricità. L'asse baricentrico giace nel centro della superficie.

Definito dall'utente tramite eccentricità dell'asta

Definire manualmente l'eccentricità dell'asta nella finestra di dialogo *Nuova eccentricità dell'asta*, rispettivamente nella Tabella 1.15 (si veda paragrafo 4.15, pagina 142) e poi assegnarla all'asta.

È possibile verificare la posizione della nervatura nella modalità di rendering: nel navigatore *Visualizza*, si selezionino le due opzioni di visualizzazione per i modelli solidi: *Aste* → *Sezioni trasversali e Superfici* → *Piena incl. Spessore*.



Figura 4.166: Navigatore *Visualizza*: rendering del modello solido

Larghezza efficace

Nel modellare le strutture 3D, la larghezza efficace non influenza la rigidità perché la rigidità aumentata è già considerata dal membro eccentrico. La larghezza efficace influenza soltanto le forze interne. Per le strutture 2D (tipo di modello 2D – XY), tuttavia, la rigidità è controllata dalle impostazioni applicate alla *Riduzione della rigidità* (vedere il paragrafo qui sotto).

Se si utilizza una trave collegata eccentricamente al posto di una nervatura, il modello di AEF è dotato di forze interne sia nell'asta che nella piastra dell'impalcato. Nella progettazione del calcestruzzo armato, tuttavia, l'asta ed una determinata parte della superficie sono considerate come una singola unità, nota con il nome di trave dell'impalcato (trave T). Per determinare le forze interne per la trave dell'impalcato, il momento flettente nell'asta deve essere aumentato dal prodotto della forza assiale nella piastra e l'eccentricità. Per determinare la forza assiale nella piastra, si deve conoscere l'area dove le forze assiali sono concentrate. Di conseguenza, si devono specificare le larghezze efficaci e le superfici.

Superficie di collegamento

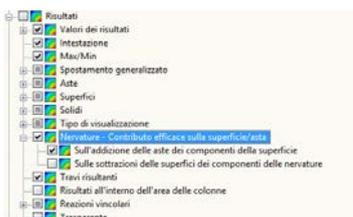
Le larghezze efficaci della nervatura si devono definire separatamente per il lato destro e sinistro. Spesso, è possibile lasciare attiva l'impostazione *Rilevamento automatico* nell'elenco *Collegando la superficie nr.* Disponibile nella finestra di dialogo *Nuova nervatura*. È necessario determinare esplicitamente le superfici di collegamento quando la linea della nervatura appartiene a più di due superfici.

Larghezza efficace

La *Larghezza b_1* rispettivamente *b_2* può essere inserita direttamente nel campo di immissione o può essere calcolata automaticamente dalla lunghezza dell'asta, selezionando le opzioni *L/6* e *L/8*. Confermando la finestra di dialogo, RFEM determina le larghezze efficaci ed inserisce i valori.

Quando si modifica la lunghezza dell'asta successivamente, le larghezze efficaci non saranno automaticamente modificate!

Dopo aver eseguito il calcolo, le componenti efficaci delle superfici potranno essere considerate per i risultati dell'asta. Nel navigatore *Visualizza*, si faccia clic su *Risultati* e si selezioni *Contributo efficace superficie/asta*. I diagrammi dei risultati dell'asta inoltre permettono una valutazione specifica delle forze interne della nervatura (si veda paragrafo 9.5, pagina 374).



Riduzione di rigidità

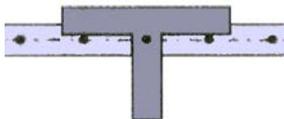
La sezione di dialogo, rispettivamente le colonne della tabella, saranno solo visibili se il tipo di modello $2D - XY$ è stato precedentemente attivato nei dati generali del modello (si veda Figura 12.23, pagina 592). Rispetto alle strutture definite nello spazio in cui le nervature sono considerate ai fini del calcolo agli EF come aste eccentriche, per l'analisi delle travi degli impalcati viene utilizzato un altro approccio.

Senza attività della componente della piastra

Per il calcolo RFEM applica una sezione trasversale sostitutiva la cui rigidità si determina dalla sezione trasversale dell'asta e dalla componente efficace della piastra delle superfici. Quindi, per le nervature disposte eccentricamente, la rigidità della piastra viene determinata due volte perché risulta efficace nella sezione trasversale sostitutiva e direttamente con gli elementi di superficie. Se si spunta la casella di controllo *Senza attività della componente della piastra*, la componente di rigidità della piastra non sarà presa in considerazione nella sezione trasversale sostitutiva.

Attività di rigidità torsionale

Questo campo di immissione è usato per ridurre la rigidità torsionale della nervatura.



4.19 Vincoli esterni elastici dell'asta

Descrizione generale

Mentre i vincoli esterni dei nodi rappresentano un vincolo esterno su entrambe l'estremità dell'asta, in vincoli esterni elastici dell'asta offro la possibilità di vincolare l'asta su tutta la sua lunghezza. Utilizzare i vincoli esterni elastici per considerare le proprietà del suolo nella modellazione delle travi di fondazione. Se il vincolo elastico non è efficace in caso di sollecitazioni di compressione o trazione, è possibile considerare tali effetti non-lineari nel calcolo.

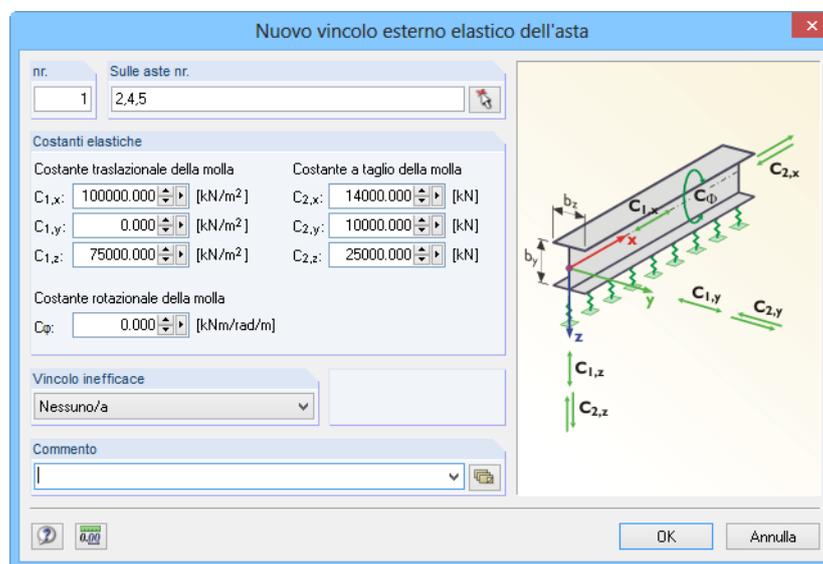
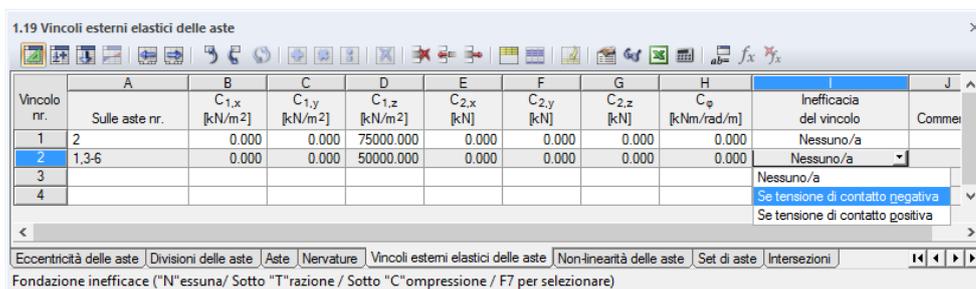


Figura 4.167: Finestra di dialogo *Nuovo vincolo esterno elastico dell'asta*



Vincolo nr.	A	B	C	D	E	F	G	H		J
	Sulle aste nr.	C _{1,x} [kN/m ²]	C _{1,y} [kN/m ²]	C _{1,z} [kN/m ²]	C _{2,x} [kN]	C _{2,y} [kN]	C _{2,z} [kN]	C _φ [kNm/rad/m]	Inefficacia del vincolo	Comme
1	2	0.000	0.000	75000.000	0.000	0.000	0.000	0.000	Nessuno/a	
2	1,3-6	0.000	0.000	50000.000	0.000	0.000	0.000	0.000	Nessuno/a	
3									Nessuno/a	
4									Se tensione di contatto negativa	
									Se tensione di contatto positiva	

Figura 4.168: Tabella 1.19 *Vincoli esterni elastici delle aste*

Sulle aste

I vincoli elastici delle aste possono essere definiti soltanto per il tipo di asta *Trave*. Si inserisca il numero dell'asta nella colonna della tabella o nel campo d'immissione. È possibile definirlo anche graficamente.

Costanti delle molle

Molla traslazionale

Si dovranno specificare i parametri delle molle traslazionali nella direzione degli assi locali dell'asta *x*, *y* e *z*.

I moduli di rigidezza *E_s* di tabella 4.8 sono solo valori di riferimento. Si noti che l'immissione in RFEM si riferisce al modulo del suolo che si deve determinare considerando il fattore di forma.

Tipo di suolo	<i>E_s</i> (carico statico)	<i>E_s</i> (carico dinamico)
Sabbia, compatta	40 – 100	200 – 500
ghiaia sabbiosa, compatta	80 – 150	300 – 800
Argilla, da semisolida a solida	8 – 30	120 – 250
Argilla, rigida-plastica	5 – 20	70 – 150
Suolo misto, da semisolido a solido	20 – 100	200 – 600

Tabella 4.8: I moduli di rigidezza dei tipi di suoli selezionati in [N/mm²]

I valori della tabella 4.8 rappresentano i valori caratteristici relativi alla superficie: descrivono la forza superficiale in [N/mm²] richiesta per comprimere il suolo di un millimetro. Quindi, per i valori relativi ad un solido l'unità sarebbe in [N/mm³].

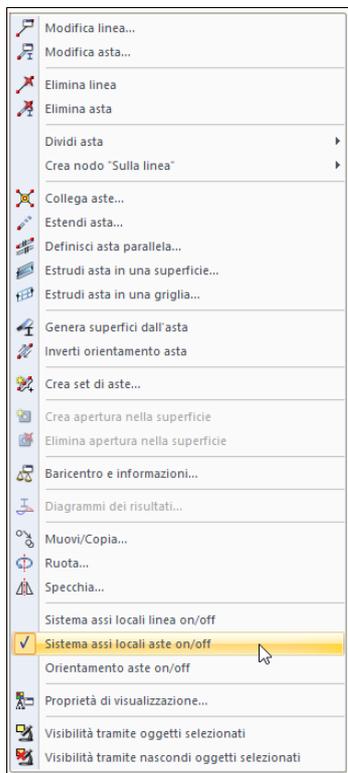
Per travi di fondazione utilizzate per esempio nelle fondazioni continue, si dovrà determinare il coefficiente della molla che considera la larghezza della sezione trasversale. In questo modo, si otterrà una molla traslazionale in [N/mm²] che è relativa all'asta. La molla indica la forza dell'asta in [N/mm] che è necessaria per comprimere il suolo di 1 millimetro, quindi l'unità [N/mm²] per l'immissione. Il risultato va inserito come molla traslazionale *C_{1,z}*; per le fondazioni continue (aste in posizione orizzontale) l'asse locale *z* è diretto solitamente verso il basso.

Le rigidezze della molla sono considerate come valori di progetto.

Utilizzare il navigatore *Visualizza* o il menu contestuale di un'asta per visualizzare l'asse locale dell'asta (si veda figura 4.158, pagina 154).

Molla di taglio

Le molle di taglio sono utilizzate per determinare la capacità a taglio del suolo. Le costanti della molla *C₂* sono determinate dal prodotto $v \cdot C_{1,z}$, con il coefficiente di Poisson *v* da presupporre fra 0,125 e 0,5 per sabbia e suolo ghiaioso e fra 0,2 e 0,4 per suolo argilloso.



Menu di scelta rapida dell'asta

Molla rotazionale

Si inserisca la costante di una molla rotazionale nel campo di immissione del dialogo o nella colonna della tabella. La costante ostacola la rotazione dell'asta attorno al suo asse longitudinale.

Vincolo esterno elastico inefficace

Se il vincolo esterno elastico non è efficace nel caso di sollecitazioni di trazione o compressione, si assegna la proprietà non lineare *Rottura* al tipo di vincolo.



Si noti che il criterio di rottura *Rottura se tensione di contatto in z positiva/negativa* si riferisce soltanto all'asse locale dell'asta **z**. La non linearità non si applica alle molle traslazionali nella direzione degli assi locali **x** o **y**. Quindi, non è possibile una rottura biassiale efficace delle aste di fondazione.

Una inefficacia nel caso di tensioni di contatto negative ha il seguente significato: il vincolo esterno non ha effetto se un elemento dell'asta si sposta nella direzione opposta dell'asse locale **z**.

Quando si applica il criterio di rottura, si raccomanda di verificare la posizione e l'orientamento degli assi locali **z** (si veda figura 4.158, pagina 154). Potrebbe essere necessaria la rotazione delle aste.

La divisione delle aste con vincoli esterni elastici può essere modificata nella scheda *Parametri di calcolo generali* della finestra di dialogo *Parametri di calcolo* (si veda paragrafo 7.3, pagina 281).

4.20 Non-linearità dell'asta

Descrizione generale

Le non linearità delle aste sono utilizzate per rappresentare le relazioni non lineari tra forza (o momento) e deformazione nelle aste.

Alcune proprietà non lineari si possono già impostare quando si definisce il tipo di asta. Un'asta tesa, ad esempio, è una travatura per la quale la deformazione aumenta proporzionalmente alla forza di trazione, ma la cui deformazione può aumentare in caso di compressione senza la presenza di una forza.

In linea di principio, è possibile assegnare non linearità a qualsiasi tipo di asta. Naturalmente, le combinazioni devono avere senso. Un'asta di compressione con il criterio di progettazione "Rottura per compressione" causerebbe problemi durante il calcolo. Pertanto, le non linearità non sono ammesse per le aste tese, compresse, instabili, le funi e le aste con sezione trasversale *Rigida fittizia* (si veda a pagina 125).



Figura 4.169: Finestra di dialogo *Nuova non-linearità dell'asta*

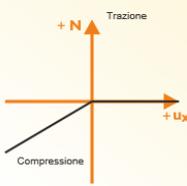
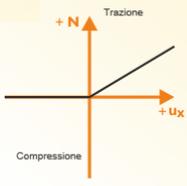
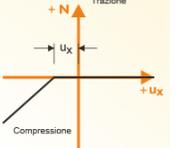
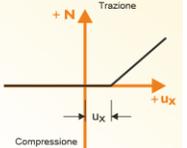
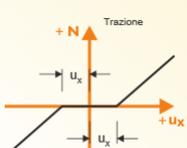
1.20 Non-linearità delle aste

Non-in. nr.	Sulle aste nr.	Tipo di non-linearità	Parametri non-lineari							Commento
			N	V_y	V_z	M_T	M_y	M_z		
1	10	Strappamento	300.00	300.00						
2	5	Rottura per compressione								
3	2,3	Rottura per trazione con sco	6.00							
4	4	Cerniera plastica	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	150.00	9999.00		
5										

Divisioni delle aste | Aste | Nervature | Vincoli esterni elastici delle aste | Non-linearità delle aste | Set di aste | Intersezioni | Infiltrimenti mesh EF

Tipo di non-linearità (F7 per selezionare)

Figura 4.170: Tabella 1.20 *Non-linearità delle aste*

Non linearità	Diagramma	Descrizione
Rottura per trazione		L'asta non può assorbire le forze di trazione.
Rottura per compressione		L'asta non può assorbire le forze di compressione.
Rottura per trazione con scorrimento		L'asta non può assorbire le forze di trazione. Le forze di compressione saranno assorbite solo dopo aver superato u_x .
Rottura per compressione con scorrimento		L'asta non può assorbire le forze di compressione. Le forze di trazione saranno assorbite solo dopo aver superato u_x .
Scorrimento		L'asta assorbe le forze assiali solo dopo aver superato una deformazione pari a u_x . Nota: un infittimento lineare su un'asta con <i>Scorrimento</i> causa una divisione interna dell'asta in piccole aste parziali. Il criterio di scorrimento si applicherà a <u>ciascuna</u> di queste aste parziali.
Strappamento per trazione		L'asta assorbe le forze di compressione illimitatamente ma giunge a rottura se le forze di trazione superano N_{to} .



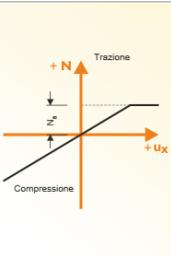
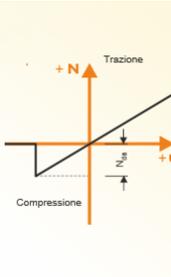
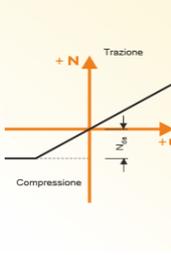
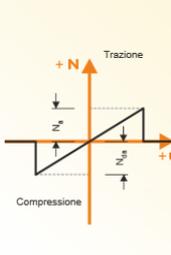
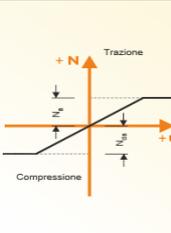
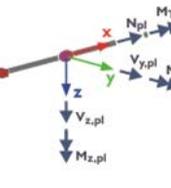
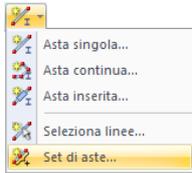
<p>Snervamento per trazione</p>		<p>L'asta assorbe le forze di compressione illimitatamente, ma solo una forza di trazione massima pari a N_{to}.</p> <p>La forza di trazione nell'asta resta costante nel caso in cui la deformazione aumenta.</p>
<p>Strappamento per compressione</p>		<p>L'asta assorbe le forze di trazione illimitatamente ma giunge a rottura se le forze di trazione superano N_{from}.</p>
<p>Snervamento per compressione</p>		<p>L'asta assorbe le forze di trazione illimitatamente, ma solo una forza di compressione massima pari a N_{to}.</p> <p>La forza di compressione rimane costante nell'asta, nel caso in cui aumenta la deformazione.</p>
<p>Strappamento</p>		<p>Si avrà una rottura dell'asta quando la forza raggiungerà la forza di compressione N_{da} o la forza di trazione N_a.</p>
<p>Snervamento</p>		<p>Si avrà una rottura dell'asta per snervamento quando la forza raggiungerà la forza di compressione N_{da} o la forza di trazione N_a; la forza rimane costante, nel caso in cui aumenta la deformazione.</p>
<p>Cerniera plastica</p>		<p>Se si raggiunge una forza plastica di progetto in una posizione dell'asta, lì si formerà una cerniera plastica per la forza interna.</p> <p>Le forze interne della molla si dovranno inserire come valori assoluti. Per i componenti delle forze interne non risultanti nella plastificazione, sarà necessario inserire dei valori alti.</p>

Tabella 4.9: Non-linearità delle aste

4.21 Set di aste

Descrizione generale

I set di aste consentono di combinare le aste. Si utilizzi un set di aste per trattare più aste come un'asta singola poiché potrebbe essere preferibile per alcune posizioni del sistema strutturale (per esempio per l'analisi di instabilità flessione-torsionale, per la progettazione di travi continue, per l'applicazione del carico).



Pulsante ad elenco Asta

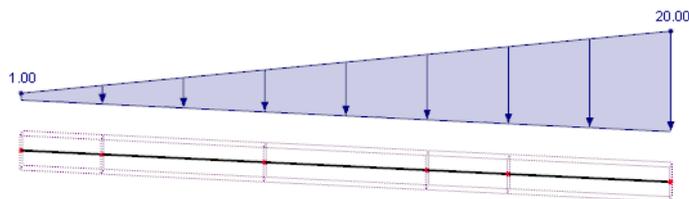


Figura 4.171: Aste continue con carico trapezoidale

La figura mostra un carico linearmente variabile che agisce sulla lunghezza completa di un set di aste.

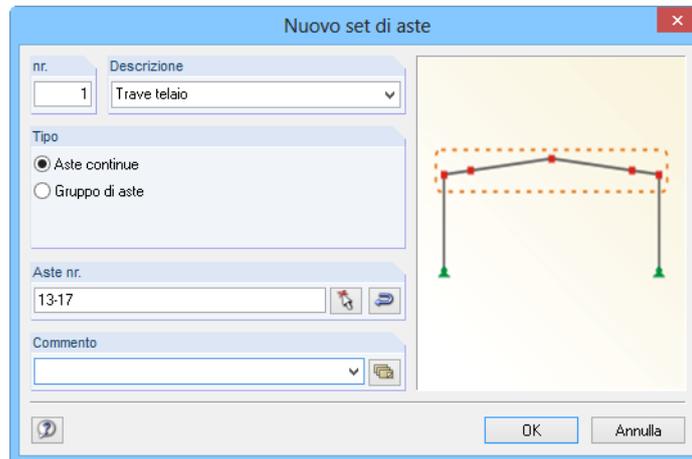


Figura 4.172: Finestra Nuovo set di aste

Set nr.	A	B	C	D	E	F
	Descrizione del set di aste	Tipo	Aste nr.	Lunghezza [m]	Peso [kg]	Commento
1	Travatura reticolare A-A	Continuo	11-13	13.408	685.4	
2	Travatura reticolare B-B	Continuo	6-10	23.445	2106.0	Intelaiatura per FE progettazione in instabilità
3	Colonna C-C	Gruppo	2,4,14	10.029	1241.7	
4	Arcareccio	Gruppo	1,3	10.000	2206.9	
5						

Figura 4.173: Tabella 1.21 Set di aste

Descrizione

È possibile inserire un nome qualsiasi per il set di aste. È inoltre possibile utilizzare l'elenco per selezionare un nome. Le descrizioni immesse manualmente saranno salvate nell'elenco e saranno immediatamente disponibili per la selezione.

Tipo

Vi sono due tipi di set di aste:

- **aste continue**
- **gruppo di aste**

Le aste continue sono create da aste collegate senza biforcazioni. Si possono disegnare con una matita senza interrompere la linea continua.



Figura 4.174: Aste continue

Un gruppo di aste si compone di aste collegate che possono avere delle biforcazioni.

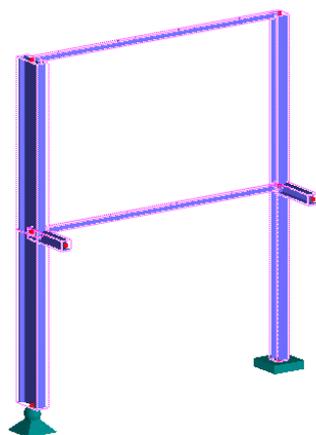


Figura 4.175: Gruppo di aste

In alcuni moduli aggiuntivi è possibile progettare set di aste. Spesso, si può essere eseguire il progetto solo per aste continue perché alcuni parametri come ad esempio le lunghezze libere d'inflessione devono essere chiaramente definite.

Aste

Nel campo di immissione della finestra di dialogo o della colonna della tabella, si inseriscano i numeri delle aste che costituiscono l'insieme di aste. È inoltre possibile utilizzare la funzione [^] per selezionarle graficamente nell'area di lavoro. Utilizzare il pulsante [Inverti orientamento aste] per cambiare l'ordine dei numeri delle aste e quindi imporre la direzione dell'asta.

Il modo più rapido per definire un set di aste è il seguente: selezionare le aste pertinenti nell'area di lavoro utilizzando il puntatore per disegnare una finestra che le contiene. È inoltre possibile utilizzare la selezione multipla tenendo premuto il tasto [Ctrl]. Quindi, fare clic con il pulsante destro del mouse su una delle aste selezionate. Dal menu contestuale dell'asta puntare su **Asta** e selezionare **Crea set di aste** (per gruppi di aste) oppure **Crea set di aste** (per aste continue). Si aprirà la finestra di dialogo *Nuovo set di aste*, con i numeri prestabiliti delle aste selezionate.



Lunghezza

La lunghezza totale dell'insieme di aste si determina dalla somma delle lunghezze delle singole aste.

Peso

Il peso totale dell'insieme di aste si determina dalla somma dei pesi delle singole aste.

4.22 Intersezioni

Descrizione generale

Se le superfici si intersecano e avviene il trasferimento delle forze interne sulla linea di intersezione, allora sarà necessario creare un'intersezione. In caso contrario, si avrebbero due sottosistemi indipendenti senza alcun collegamento. L'esempio seguente illustra questo effetto.

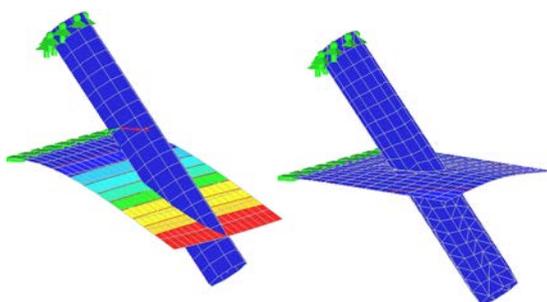


Figura 4.176: Spostamenti generalizzati dovuti al peso proprio senza intersezione (a sinistra) e con intersezione (a destra)



Ogni volta che si modifica il modello, RFEM riformula le intersezioni. Il ricalcolo dei dati può richiedere molto tempo per la rappresentazione grafica quando si progettano strutture complesse. L'immissione di dati è rallentata di conseguenza.

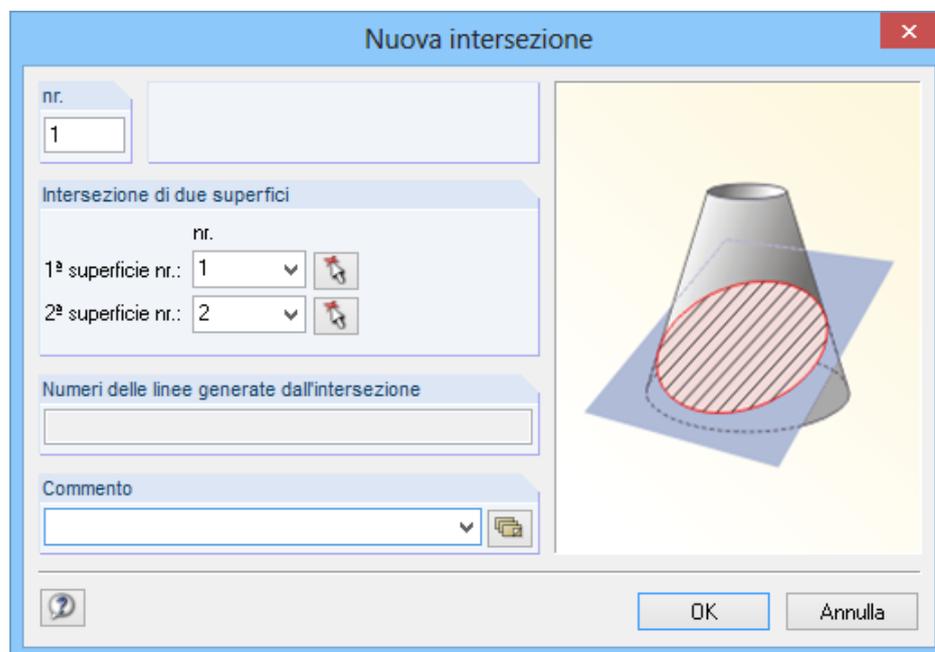


Figura 4.177: Finestra di dialogo *Nuova intersezione*

Inters. nr.	A		B		C	D
	1ª superficie nr.	2ª superficie nr.	Numeri delle linee generate dall'intersezione			
1	1	3	47		collegamenti di tubo	
2	34	35	80			
3						
4						
5						
6						
7						

Eccentricità delle aste | Divisioni delle aste | Aste | Vincoli esterni elastici delle aste | Non-linearità delle aste | Set di aste | Intersezioni | Infittimenti mesh EF

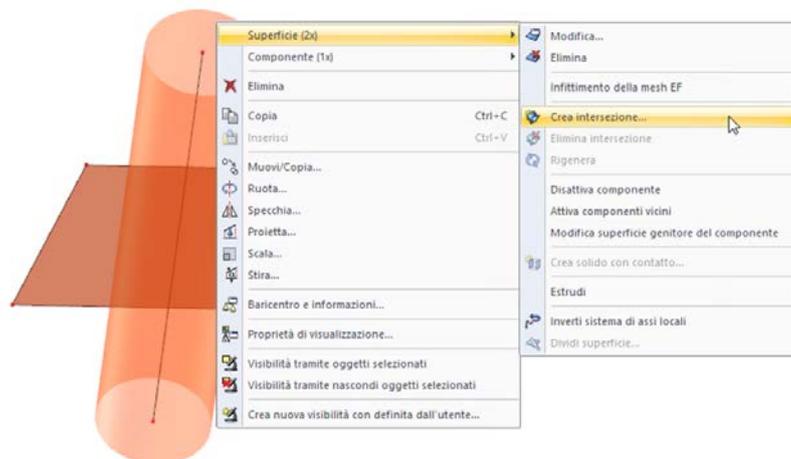
Numeri delle linee generate dall'intersezione

Figura 4.178: Tabella 1.22 *Intersezioni*

Intersezione di due superfici

Si inseriscano i numeri delle due superfici che si intersecano, nei campi di immissione o nelle colonne della tabella. Nella finestra di dialogo *Nuova intersezione*, è possibile selezionare le superfici dall'elenco. Inoltre, è anche possibile utilizzare la funzione [↵] per selezionarle graficamente.

Le intersezioni (anche più di due superfici, se necessario) si possono creare rapidamente nell'area di lavoro: selezionare le superfici utilizzando il puntatore per disegnare una finestra che le contenga. È anche possibile utilizzare la selezione multipla tenendo premuto il tasto [Ctrl]. Quindi, si faccia clic con il pulsante destro del mouse su una delle superfici selezionate. Si aprirà il menu contestuale dove si punterà su **Superficie** e dopo **Crea intersezione**. RFEM creerà le intersezioni automaticamente.

Figura 4.179: Menu contestuale *Superficie* → *Crea intersezione*

Numeri delle linee generate dall'intersezione

Quando si crea un'intersezione, RFEM genera una linea che è condivisa da entrambe le superfici ("linea di intersezione"). Il numero della nuova linea è mostrato nel campo del dialogo e nella colonna della tabella.

Le linee di intersezione sono contrassegnate come tipo di linea *Intersezione* nella tabella 1.2 *Linee*. Il commento le identifica come linee *Generate*. La finestra di dialogo *Modifica linea* è utilizzabile anche per le linee di intersezione per modellare un'asta o condizioni di vincolo.

Attiva componente della superficie

Una linea di intersezione divide una superficie in componenti che si possono attivare o disattivare singolarmente. Le componenti inattive delle superfici non saranno visualizzate nell'area di lavoro. Non saranno creati gli elementi finiti né applicati i carichi. Il risolutore di calcolo considererà solo le componenti superficiali attive.

Le componenti generate dalle intersezioni possono essere attivate e disattivate:

- Finestra di dialogo *Modifica superficie*

Si faccia doppio clic sulla superficie originale nel navigatore *Dati*. Quando si fa doppio clic sulla superficie nell'area di lavoro, utilizzare il tasto [Vai a] disponibile nella scheda *Componente* (si veda Figura 4.69, pagina 84) della finestra di dialogo *Modifica superficie* per aprire la finestra di dialogo [Modifica] della superficie originaria.

Aprire la scheda di dialogo *Integrati / Componenti* dove la sezione di dialogo *Attiva componenti della superficie* contiene l'elenco tutti le componenti superficiali che sono state create durante la generazione dell'intersezione.

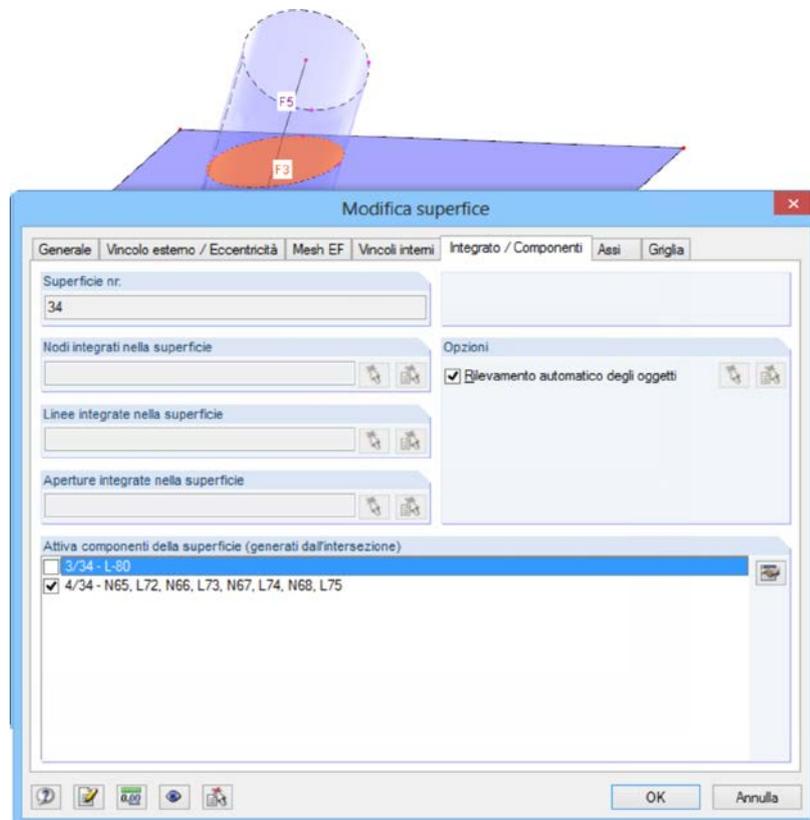


Figura 4.180: Finestra di dialogo *Modifica superficie*, scheda *Integrati / Componenti*

La componente della superficie selezionata nell'elenco sarà evidenziata a colori nell'area di lavoro. Per impostare una componente a inattiva, deselegionare la casella di controllo corrispondente. Quindi, la componente inattiva sarà visibile senza colore di riempimento.

- Menu contestuale della componente di superficie nel navigatore *Dati*
Cliccare con il tasto destro del mouse direttamente sulla voce del navigatore *Superfici* o la componente nella finestra di lavoro. Quindi, utilizzare il menu contestuale per attivare o disattivare la componente di superficie.

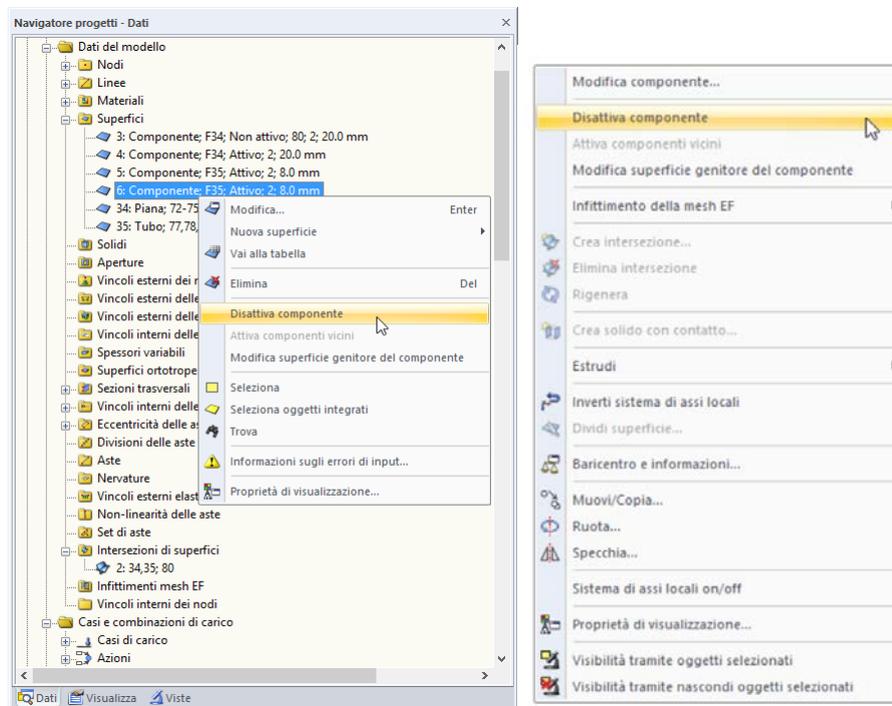


Figura 4.181: Menu contestuale di una *Componente* di superficie nel navigatore e nella finestra di lavoro

Il menu contestuale è dotato di ulteriori funzioni utili per la modifica della componente o della superficie originale.



Le informazioni geometriche della superficie originale sono conservate internamente dal programma poiché sono necessarie per ricalcolare l'intersezione dopo le modificazioni. Pertanto, le componenti superficiali inattive non si possono eliminare, ma si possono solo nascondere.

4.23 Infittimenti della mesh agli EF

Descrizione generale

Se non è stato definito nessun infittimento, la mesh EF sarà generata con la lunghezza prestabilita. I parametri globali della mesh EF sono descritti nel paragrafo 7.2.2 a pagina 267.

Il generatore di mesh EF non consente modificazioni successive alla mesh. Tuttavia, si possono utilizzare gli infittimenti della mesh EF per influenzarne la generazione per aree specifiche. In questo modo, avviene una discretizzazione definita dall'utente, poiché questa può essere necessaria, ad esempio, in angoli, per collegamenti di aste a superfici o per un'analisi dinamica delle aste.

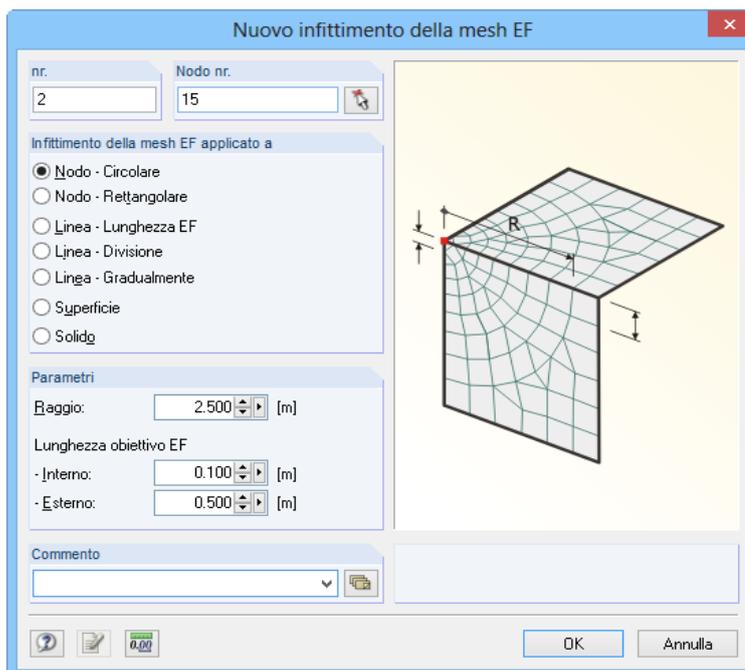


Figura 4.182: Finestra di dialogo *Nuovo infittimento della mesh EF*

Infittim. nr.	A	B	C	D	E		F	G
	Infittimento mesh EF applicato a	Nodi nr.	Numero di divisioni	Raggio della sfera [m]	Lungh. obiettivo EF [m]			Commento
					Interno	Esterno		
1	Nodo - Circolare	3,4,15		2.500	0.100	0.500		
2	Superficie	2		0.200				
3	Linea tramite lunghezza E	10,11		0.250				
4	Solido	5		0.200				
5								
6								
7								

Figura 4.183: Tabella 1.23 *Infittimenti mesh EF*



Infittimento mesh EF applicato a

Con le impostazioni in questa sezione di dialogo o colonna della tabella, si decide quali oggetti saranno inclusi per l'infittimento della mesh EF e come sarà effettuato l'infittimento. Sono disponibili diverse opzioni da poter selezionare.

Nodo - Circolare

Definisce un'area di infittimento radiale intorno a un nodo esteso in tutte le direzioni spaziali.

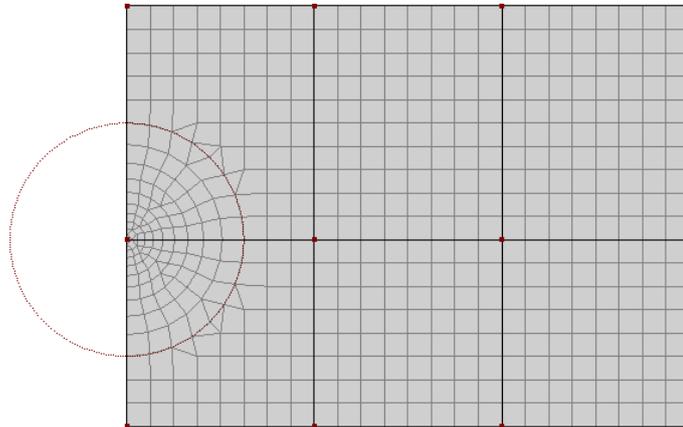


Figura 4.184: Infittimento circolare intorno a un nodo

Nodo - Rettangolare

Invece di un'area circolare di infittimento, è possibile specificare una zona rettangolare.

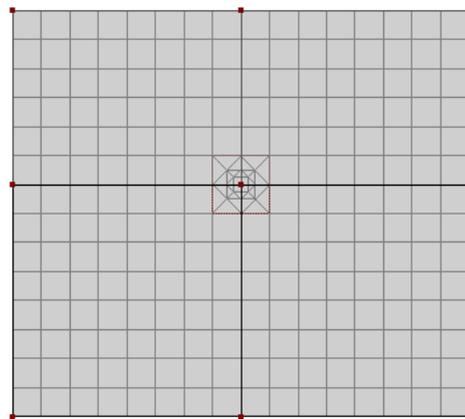


Figura 4.185: Infittimento rettangolare intorno a un nodo

Infittimento sulla linea con la lunghezza EF

Si definiscono spaziature regolari dei nodi EF su una linea.

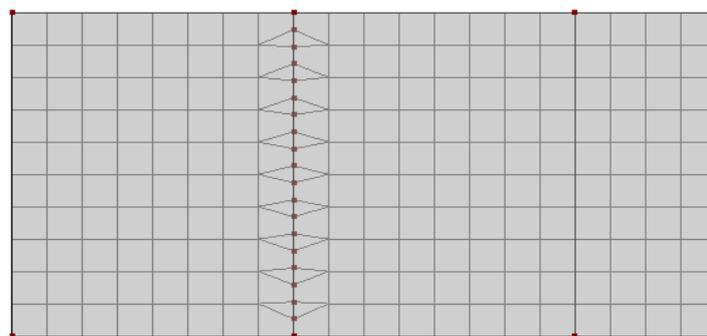


Figura 4.186: Infittimento sulla linea con la lunghezza EF

Infittimento sulla linea con la divisione

La mesh EF di una linea si può infittire in intervalli regolari. Questo tipo di infittimento è particolarmente utile per le linee con le proprietà di asta.

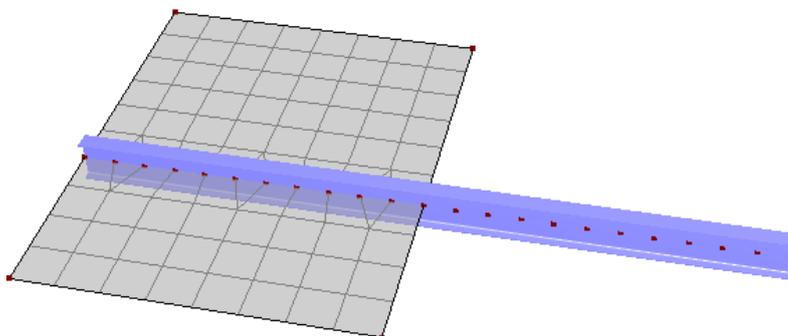


Figura 4.187: Infittimento sulla linea con la divisione

Infittimento graduale sulla linea

Gli elementi finiti adiacenti la linea possono essere suddivisi in un numero definito di n righe. In questo modo, è possibile definire ad esempio un infittimento delle aree al contorno delle superfici. Questo tipo di infittimento è simile all'opzione di generazione *Infittimento della mesh EF lungo le linee* (si veda paragrafo 7.2.2, pagina 269) disponibile per le piastre 2D.

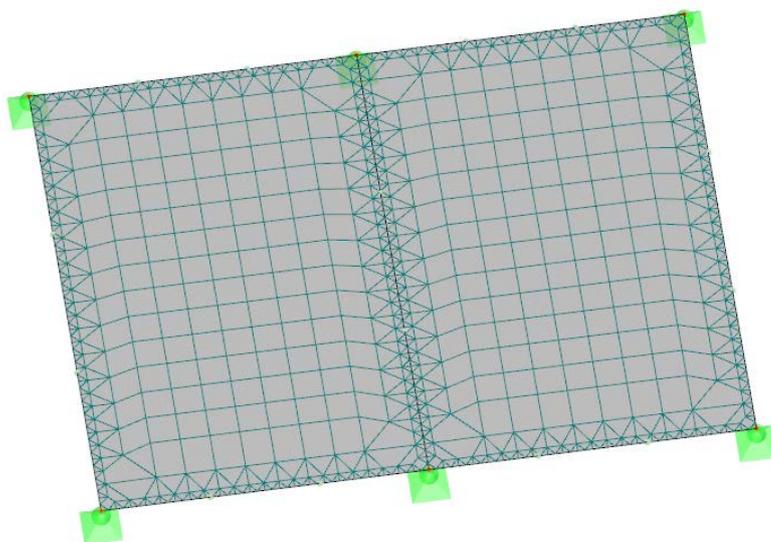


Figura 4.188: Infittimento graduale su una linea con due righe

Infittimento sulla superficie

Specificare una lunghezza laterale degli elementi finiti che è impostata come lunghezza obiettivo e dimensione della mesh per l'intera superficie.

Questo tipo di infittimento può essere utilizzato anche per superfici con poca importanza per l'analisi: come "infittimento" si immetterà una dimensione della mesh che è più grande della lunghezza EF obiettivo globale.

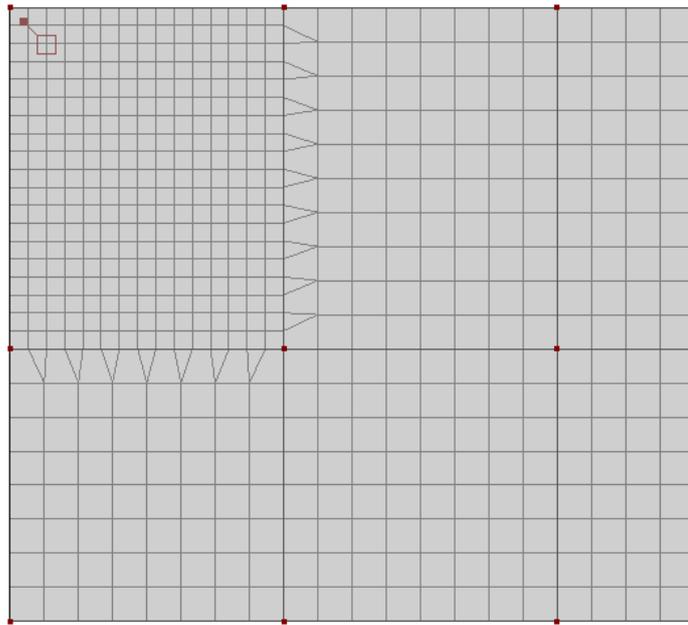


Figura 4.189: Infittimento su una superficie

Infittimento sul solido

Gli infittimenti della mesh EF si possono definire anche per i solidi per influenzare la generazione degli elementi 3D.

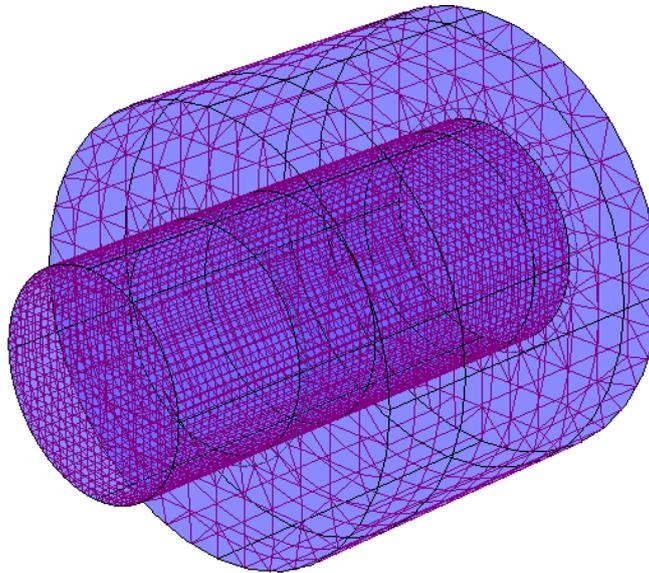


Figura 4.190: Infittimento su un solido



Nodi / linee / superfici / solidi

Nel campo di immissione della finestra di dialogo, rispettivamente nella colonna della tabella, inserire i numeri degli oggetti a cui si desidera applicare l'infittimento della mesh EF. Nella finestra di dialogo *Nuovo infittimento della mesh EF*, è possibile utilizzare la funzione [↖] per selezionare gli oggetti graficamente.

Parametri

Raggio

Quando si seleziona un infittimento circolare intorno a un nodo, sarà necessario specificare il *raggio* dell'area di infittimento. Inoltre, sarà necessario definire la *Lunghezza obiettivo EF* nel centro (*Interno*) e alla periferia (*Esterno*) del cerchio. Se la lunghezza degli EF al contorno dell'infittimento corrisponde alla dimensione globale della mesh, RFEM infittirà la mesh gradualmente dall'esterno verso l'interno.

Se c'è una grande differenza tra la lunghezza degli EF interni ed esterni, si inserisca un raggio più ampio. In questo modo è possibile evitare la generazione di elementi triangolari ad angolo acuto all'interno dell'area di infittimento.

Lunghezza del lato

Quando si seleziona un infittimento rettangolare intorno a un nodo, sarà necessario definire l'area di infittimento con la sua lunghezza laterale. Inoltre, sarà necessario specificare la *Lunghezza obiettivo EF* dal centro (*Interno*).

Numero di nodi per la divisione

Quando si seleziona un infittimento della linea con la divisione, sarà necessario definire il numero di nodi di divisione. Quindi, il numero definito di nodi EF equidistanti sarà generato sulla linea.

Numero di righe

Quando si seleziona un'infittimento graduale della linea, sarà necessario definire il numero di righe *n*. Quindi, RFEM divide gli elementi finiti della superficie adiacenti alla linea nel numero di righe corrispondenti. Quindi, viene generato un'infittimento nella direzione della linea.

Lunghezza EF per linea / superficie / solido

Se è stato selezionato un infittimento su una linea, una superficie o un solido, si deve inserire la lunghezza obiettivo EF per gli oggetti corrispondenti.

5. Casi e combinazioni di carico

I carichi che agiscono sulla struttura sono gestiti in diversi casi di carico. È possibile combinare questi casi di carico, manualmente o automaticamente, in combinazioni di carichi e di risultati (si veda paragrafo 12.2.1, pagina 595).

Prima di poter definire i carichi (si veda paragrafo 6), è necessario creare un caso di carico.



5.1 Casi di carico

Descrizione generale

I carichi di una particolare azione sono memorizzati in casi di carico (**CC**). I casi di carico sono ad esempio: peso proprio, neve o carico variabile.



I carichi nel caso di carico devono essere definiti come azioni caratteristiche, e cioè **senza coefficienti**. I coefficienti (di sicurezza) parziali si potranno considerare successivamente, quando i casi di carico sono combinati in combinazioni di carico o di risultati.

Per ogni caso di carico è possibile definire separatamente quale metodo di calcolo (analisi lineare statica, del secondo ordine o a grandi spostamenti), approccio e parametri di calcolo (coefficiente di incremento del carico, riduzione della rigidità con il coefficiente parziale del materiale) che si desidera utilizzare.

Creare un nuovo caso di carico

Vi sono diverse possibilità per aprire la finestra di dialogo per creare un nuovo caso di carico:

- Nel menu **Inserisci**, fare clic su **Carichi** e selezionare **Nuovo caso di carico**.
- Utilizzare il pulsante della barra degli strumenti [Nuovo caso di carico] mostrato a sinistra.



Figura 5.1: Pulsante *Nuovo caso di carico* nella barra degli strumenti

- Utilizzare il menu contestuale della voce *Casi di carico* nel navigatore.

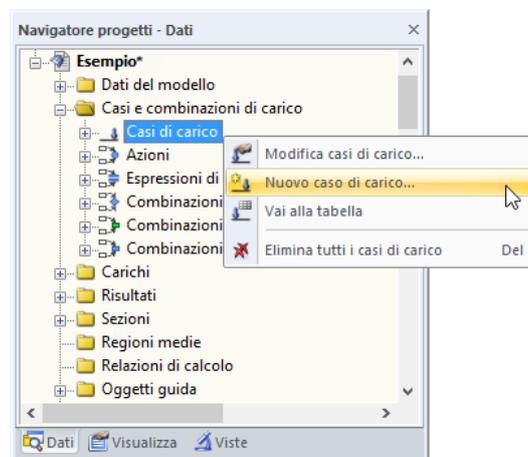


Figura 5.2: Menu contestuale dei *Casi di carico* nel navigatore *Dati*

Apparirà la finestra di dialogo *Modifica casi e combinazioni di carico*. Un nuovo caso di carico è predisposto nella scheda *Casi di carico*.

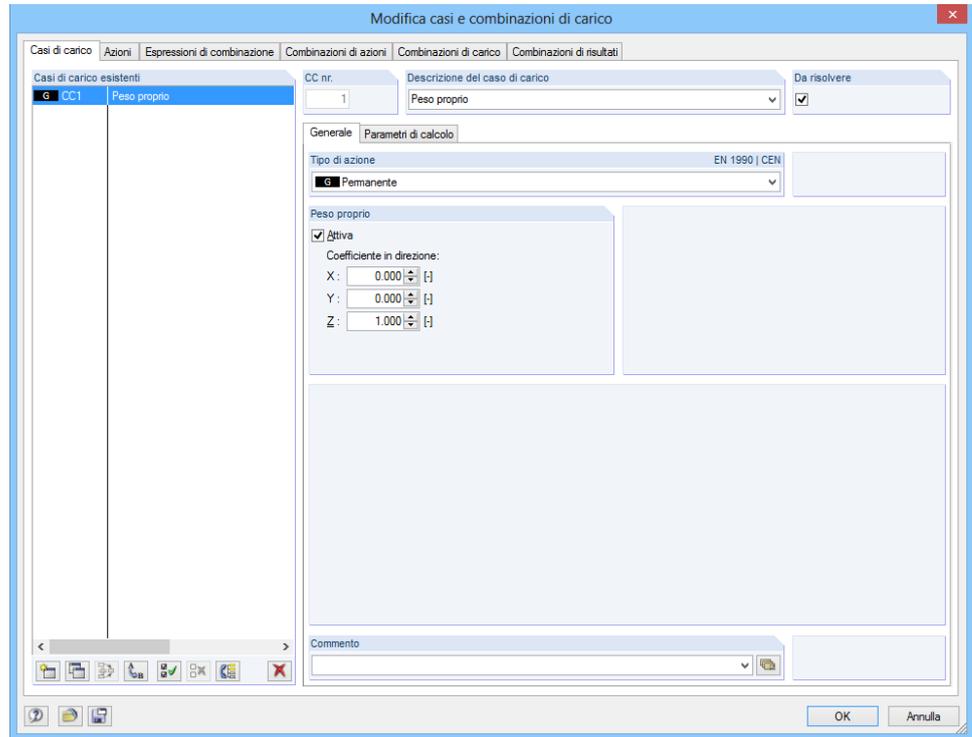


Figura 5.3: Finestra di dialogo *Modifica casi e combinazioni di carico*, scheda *Casi di carico*



- È anche possibile inserire un nuovo caso di carico in una riga vuota della tabella 2.1 *Casi di carico*.



Caso di carico	A Descrizione del caso di carico	B Da risolvere	C EN 1990 CEN Categoria di azioni	D Peso proprio - Coefficiente in direzione			G Z	H Commento
				Attiva	X	Y		
CC1	Peso proprio	<input checked="" type="checkbox"/>	G Permanente	<input checked="" type="checkbox"/>	0.000	0.000	1.000	
CC2	Sovraccarico	<input checked="" type="checkbox"/>	C1-C Sovraccarico - categoria C: aree di con...	<input type="checkbox"/>				
CC3	Neve	<input checked="" type="checkbox"/>	Qs Neve (H ≤ 1000 m s.l.m.)	<input type="checkbox"/>				
CC4	Vento in +Y	<input checked="" type="checkbox"/>	Qw Vento	<input type="checkbox"/>				
CC5	Imperfezione in direzione +Y	<input checked="" type="checkbox"/>	Impl Imperfezione	<input type="checkbox"/>				
CC6								
CC7								

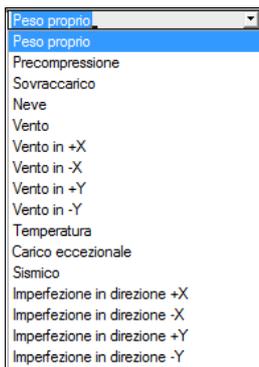
Figura 5.4: Tabella 2.1 *Casi di carico*

Caso di carico

Il numero del nuovo caso di carico è preimpostato, ma può essere modificato nel campo di immissione della finestra di dialogo *CC nr.* Se il numero immesso è già stato assegnato, sarà visualizzato un avviso alla chiusura della finestra di dialogo.



La creazione di casi di carico deve essere ben organizzata. Sono ammessi salti nella numerazione in modo che sia possibile inserire successivamente casi di carico aggiuntivi. Si può cambiare successivamente l'ordine dei casi di carico tramite il pulsante [Rinumer] della finestra di dialogo (vedere Tabella 5.1 e capitolo 11.4.18, a pagina 509).



Descrizione del caso di carico

È possibile inserire manualmente un nome qualsiasi. È anche possibile scegliere un nome dall'elenco per descrivere brevemente il caso di carico.

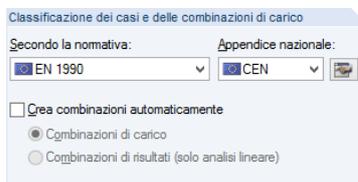
Da risolvere

Utilizzare la casella di controllo per decidere se il caso di carico si deve considerare come un caso di carico indipendente nel calcolo. In questo modo, è possibile escludere i casi di carico dal calcolo che non si verificano da isolamento (per esempio, il vento, che non ha peso) o i cui risultati non sono rilevanti per una progettazione preliminare.

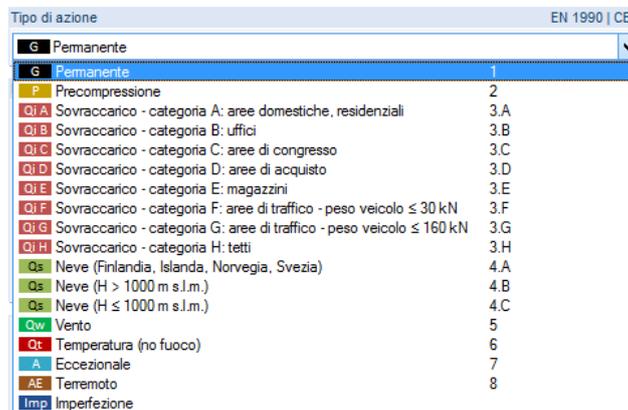
Tipo di azione

Le normative definiscono categorie di azioni differenti che gestiscono la combinazione dei casi di carico, i coefficienti parziali e i coefficienti di combinazione. Ciascun caso di carico deve essere assegnato ad una categoria.

L'elenco della finestra di dialogo e della tabella è dotato di diverse categorie da selezionare. Essi dipendono dalla normativa che è impostata nella finestra di dialogo *Modello - Dati generali* (si veda paragrafo 12.2.1, pagina 595).



Impostazioni normativa nel dialogo *Modello - Dati generali*



Tipo di azione	EN 1990 CEN
G Permanente	1
F Precompressione	2
Qi A Sovraccarico - categoria A: aree domestiche, residenziali	3.A
Qi B Sovraccarico - categoria B: uffici	3.B
Qi C Sovraccarico - categoria C: aree di congresso	3.C
Qi D Sovraccarico - categoria D: aree di acquisto	3.D
Qi E Sovraccarico - categoria E: magazzini	3.E
Qi F Sovraccarico - categoria F: aree di traffico - peso veicolo ≤ 30 kN	3.F
Qi G Sovraccarico - categoria G: aree di traffico - peso veicolo ≤ 160 kN	3.G
Qi H Sovraccarico - categoria H: tetti	3.H
Qs Neve (Finlandia, Islanda, Norvegia, Svezia)	4.A
Qs Neve (H > 1000 m s.l.m.)	4.B
Qs Neve (H ≤ 1000 m s.l.m.)	4.C
Qw Vento	5
Qt Temperatura (no fuoco)	6
A Eccezionale	7
AE Terremoto	8
Imp Imperfezione	

Figura 5.5: Categorie di azioni secondo EN 1990

Queste categorie sono importanti per la combinazione manuale o automatica dei casi di carico. La classificazione del caso di carico determina quali coefficienti sono applicati durante la creazione di combinazioni di carico e di risultati.

Peso proprio

Per considerare il peso proprio della struttura come carico, spuntare la casella di controllo *Attiva*. La direzione di azione del carico può essere definita in uno dei tre campi di immissione tramite il coefficiente del peso proprio. L'impostazione predefinita è 1,00 nella direzione Z, rispettivamente -1,00 se l'asse globale Z punta verso l'alto.

Quando si applica il peso proprio automaticamente in diversi casi di carico, sarà necessario tenerlo in considerazione nel momento in cui si procederà alla combinazione di casi di carico.

Commento

Inserire una nota definita dall'utente o selezionare una voce dall'elenco per descrivere il caso di carico in dettaglio.

Parametri di calcolo

La scheda *Parametri di calcolo* nella finestra di dialogo dei carichi presenta diverse opzioni per l'esecuzione del calcolo. Una descrizione dettagliata di questi parametri si trova nel paragrafo 7.3.1 a pagina 272.

Modificare i dati generali di un caso di carico

Vi sono diverse possibilità per modificare i dati generali di un caso di carico esistente:

- Dal menu **Modifica**, scegliere **Carichi** e quindi selezionare **Caso di carico - Dati generali** (caso di carico attuale).
- Dal menu **Modifica**, scegliere **Carichi**, e quindi selezionare **Casi di carico** (selezione da tutti i casi di carico).

Nella finestra di dialogo *Casi di carico*, selezionare i casi di carico che si desidera modificare utilizzando il pulsante [Modifica].

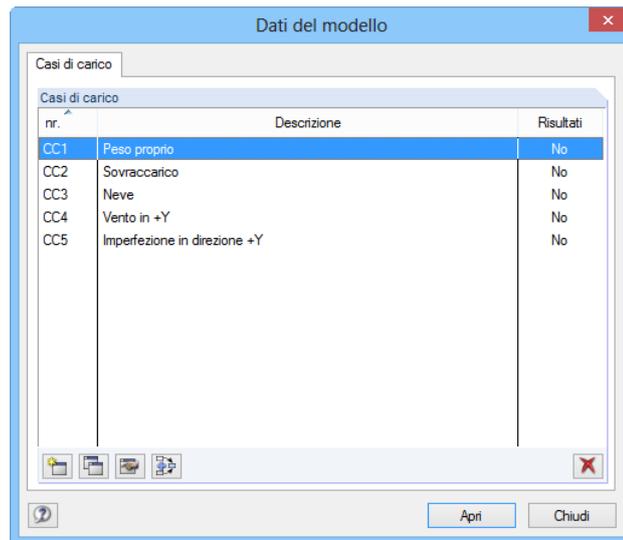


Figura 5.6: Finestra di dialogo *Casi di carico*

- Nel navigatore *Dati*, si faccia clic con il tasto destro del mouse per aprire il menu contestuale, oppure fare doppio clic sullo stesso caso di carico.

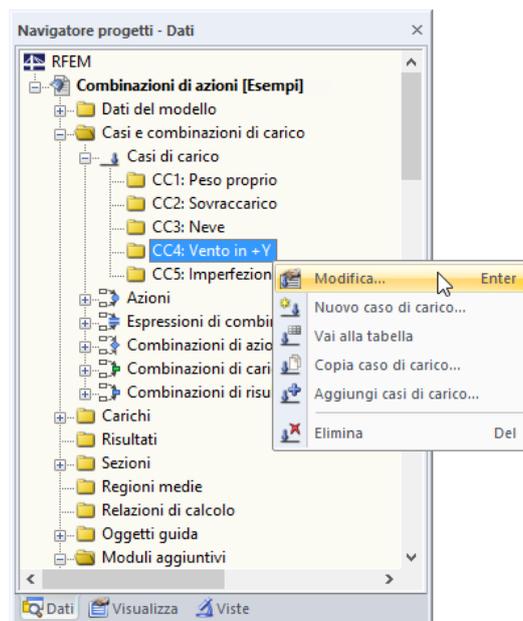


Figura 5.7: Menu di scelta rapida di un caso di carico



- Utilizzare il tasto [Dati generali] nella barra degli strumenti delle tabelle di carichi (caso di carico attuale).

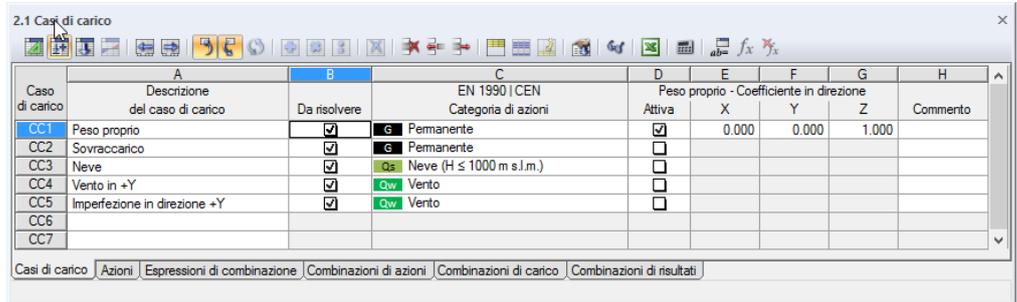


Figura 5.8: Il pulsante [Dati generali] nella barra degli strumenti delle tabelle di carichi

Pulsanti

Nella finestra di dialogo *Modifica casi e combinazioni di carico* sono disponibili diversi pulsanti sotto l'elenco dei casi di carico (si veda figura 5.3, pagina 179). Questi hanno le seguenti funzioni:

	Crea un nuovo caso di carico
	Crea un nuovo caso di carico copiando il caso di carico selezionato (si veda sotto)
	Se sono stati selezionati diversi casi di carico, tutti i carichi contenuti saranno copiati in un nuovo caso di carico (si veda sotto).
	Assegna un nuovo numero per il caso di carico selezionato. Specificare il numero in una finestra di dialogo separata. Non è consentito immettere un numero che è già stato assegnato.
	Seleziona tutti i casi di carico
	Annulla la selezione nell'elenco
	Inverte la selezione dei casi di carico
	Elimina il caso di carico selezionato

Tabella 5.1: Pulsanti nella scheda *Casi di carico*

Copiare ed aggiungere casi di carico

È possibile utilizzare casi di carico già esistenti per creare nuovi casi di carico.



Per **copiare** un caso di carico, selezionare il caso di carico rilevante nell'elenco *Casi di carico esistenti*. Facendo clic sul pulsante [Copia] si creerà una copia del caso di carico con il prossimo numero disponibile. Quindi, sarà possibile modificare la descrizione del nuovo caso di carico ed i carichi.



Quando si **aggiungono** casi di carico, RFEM copia i carichi dei diversi casi di carico in un nuovo caso carico. Dapprima, selezionare i casi di carico pertinenti nell'elenco di *Casi di carico esistenti* (selezione multipla tenendo premuto il tasto [Ctrl]). Utilizzare il pulsante [Aggiungi] per copiare i carichi un nuovo caso di carico.

5.2 Azioni

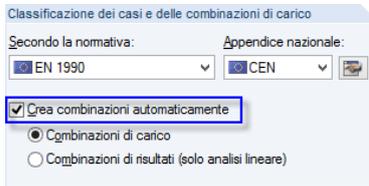
Descrizione generale

Con le normative più recenti, ad esempio EN 1990 o DIN 1055-100 (normativa tedesca), considerare tutte le situazioni di carico che entrano in gioco e selezionare le situazioni progettuali decisive può richiedere molto tempo. Nella finestra di dialogo *Modello - Dati generali*, è possibile creare le combinazioni automaticamente (si veda figura 12.23, pagina 592).

I casi di carico definiti nella tabella 2.1 (si veda paragrafo 5.1), rappresentano la banca dati per la combinazione automatica. RFEM distingue tra due categorie di casi di carico: casi di carico standard e casi di carico di tipo *Imperfezione*. Inoltre, per la combinazione dei casi di carico è importante sapere in quale categoria di azioni sono stati organizzati i casi di carico standard.

Le normative dettano le regole per la combinazione delle azioni indipendenti in varie situazioni di progetto. Le azioni sono indipendenti una dall'altra, se esse hanno origini diverse e se la correlazione esistente tra di loro può essere trascurata relativamente l'affidabilità del sistema strutturale.

Secondo questo concetto, è necessario definire le *Azioni* alle quali sono assegnati i casi di carico al fine di eseguire la combinazione automatica in RFEM. Il tipo di azione definita per i casi di carico (si veda paragrafo 5.1, pagina 180) gestisce l'assegnazione delle categorie di azioni che sono conformi alle norme.



Casella di controllo nel dialogo *Modello - Dati generali*

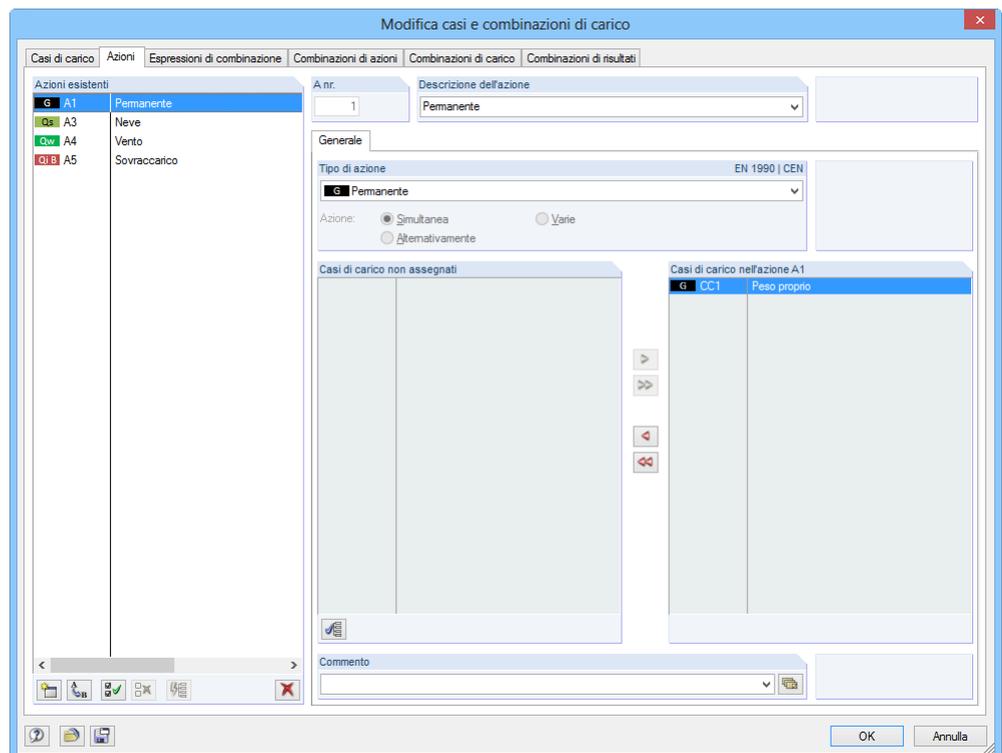
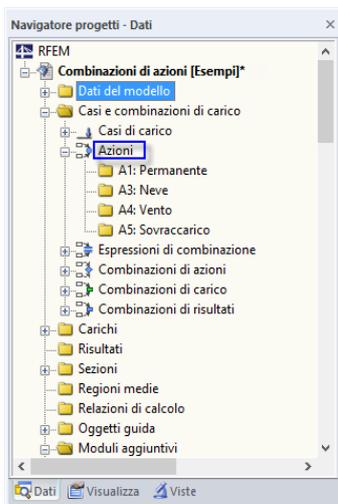
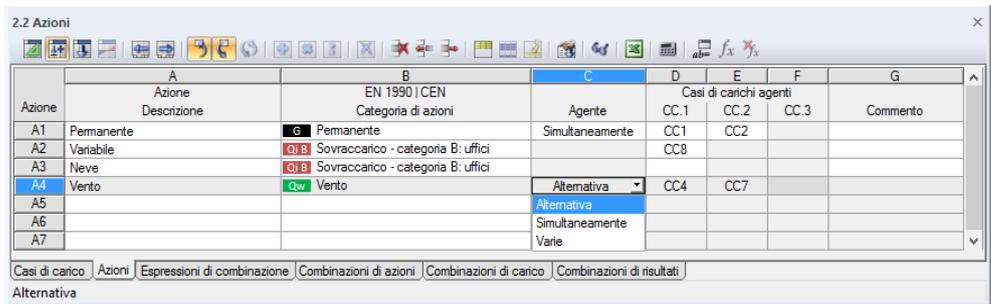


Figura 5.9: Finestra di dialogo *Modifica casi e combinazioni di carico*, scheda *Azioni*



Azione	A Azione Descrizione	B EN 1990 CEN Categoria di azioni	C Agente	D Casi di carichi agenti CC.1	E CC.2	F CC.3	G Commento
A1	Permanente	G Permanente	Simultaneamente	CC1	CC2		
A2	Variable	Qj B Sovraccarico - categoria B: uffici		CC8			
A3	Neve	Qs B Sovraccarico - categoria B: uffici					
A4	Vento	Qw Vento	Alternativa	CC4	CC7		
A5			Alternativa				
A6			Simultaneamente				
A7			Varie				

Figura 5.10: Tabella 2.2 Azioni

Azione

Le azioni sono create già durante la definizione dei casi di carico. Sono numerate consecutivamente. La sequenza non è importante ma può essere modificata, se necessario, mediante il pulsante [Rinumer] disponibile nella finestra di dialogo.

È possibile aggiungere azioni manualmente nella tabella, ad esempio, per assegnare casi di carico con specifiche definite dall'utente quando si progettano modelli complessi.

Descrizione dell'azione

La descrizione dell'azione deriva dal tipo di azione che è stata selezionata per i casi di carico. La descrizione prestabilita può essere modificata, se necessario.

Categoria di azioni

Le normative definiscono categorie di azioni differenti che controllano i coefficienti parziali e di combinazione (si veda paragrafo 5.1, pagina 180).

L'elenco della finestra di dialogo e della tabella presenta solo le categorie che sono state utilizzate per la definizione dei singoli casi di carico. Pertanto, per creare una nuova categoria è necessario assegnare un nuovo tipo di azione nei dati generali di un caso di carico.

Agente

Due o più casi di carico si possono definire come agenti *Simultaneamente* o *Alternativamente*. Ciò implica che questi casi di carico si presenteranno sempre, o rispettivamente mai, insieme in una combinazione di carico o di risultati.

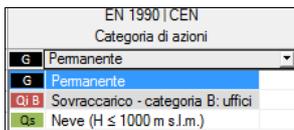
Ad esempio, i casi di carico con vento da diverse direzioni agiscono in modo "alternativo".

Casi di carichi nell'azione

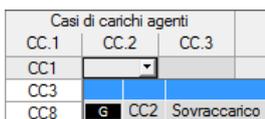
I casi di carico sono assegnati secondo il tipo di azione del CC specificato, quindi l'assegnazione avviene in gran parte automaticamente.

Per rimuovere un caso di carico da un'azione, selezionare il caso di carico nella sezione di dialogo *Casi di carico nell'azione*. Utilizzare il pulsante [◀] o cliccare due volte la voce per trasferirlo nella sezione di dialogo *Casi di carico non assegnati*. Nella tabella, è anche possibile impostare un caso di carico inattivo: selezionare la voce vuota nell'elenco della cella della tabella corrispondente.

I casi di carico rimossi manualmente, considerando il tipo di azione, saranno trasferiti nell'elenco dei *Casi di carico non assegnati*. Questo significa anche che solo casi di carico definiti con lo stesso tipo di azione possono essere inclusi in una categoria di azioni. Non è possibile ad esempio selezionare i casi di carico di tipo "carichi variabili" per azioni di tipo "neve", né nella finestra di dialogo e né nell'elenco della tabella (vedi immagine a sinistra). Pertanto, casi di carico di tipo diverso non saranno visibili nell'elenco delle *Azioni esistenti*. Utilizzare il pulsante [Visualizza inutilizzati] sotto la sezione della finestra di dialogo per visualizzare i casi di carico di altre categorie. Questi sono disabilitati e non possono essere selezionati.

EN 1990 CEN Categoria di azioni	
G	Permanente
Qj B	Sovraccarico - categoria B: uffici
Qs	Neve (H ≤ 1000 m s.l.m.)

Casi di carichi agenti		
CC.1	CC.2	CC.3
CC1		
CC3		
CC8	G CC2	Sovraccarico





I casi di carico non assegnati a nessuna azione non sono considerati durante la generazione delle combinazioni.

Commento

Inserire un commento personale o selezionare una voce dall'elenco.

I pulsanti nella scheda *Azioni* della finestra di dialogo *Modifica casi e combinazioni di carico* sono riservati per le seguenti funzioni:

	Crea una nuova azione
	Rinumera le azioni selezionate
	Seleziona tutte le azioni
	Annulla la selezione nell'elenco
	Assegna i casi di carico non assegnati alle azioni
	Elimina le azioni selezionate

Tabella 5.2: Pulsanti nella scheda *Azioni*

5.3 Espressioni di combinazione

Descrizione generale

La normativa descrive come combinare le azioni. Ad esempio, per la normativa EN 1990 si devono progettare gli stati limite ultimi e gli stati limite di esercizio. Gli stati limite ultimi per la **capacità portante del carico** devono essere progettati in quattro situazioni progettuali a cui si devono applicare regole di combinazione particolari:

1. Situazioni permanenti che coinvolgono comuni condizioni di utilizzo di un sistema strutturale così come situazioni transitorie che si riferiscono a fasi di durata limitata della struttura (per esempio, fase di costruzione, riparazioni)

Come regola di combinazione per situazioni temporanee e permanenti (combinazione fondamentale) si deve applicare o

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Equazione 5.1

o la combinazione più sfavorevole con tra l'equazione 5.2 e l'equazione 5.3 per gli stati limite STR e GEO.

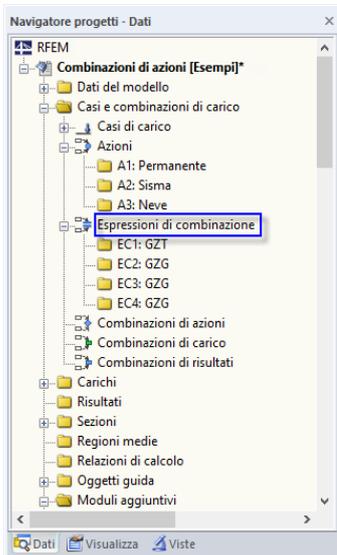
$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P_k + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{0,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Equazione 5.2

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \cdot \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Equazione 5.3

2. Situazioni straordinarie che si riferiscono ad azioni straordinarie del sistema strutturale o del suo ambiente (ad esempio incendio, esplosione, collisione)



$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + (\psi_{1,1} \text{ or } \psi_{2,1}) \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Equazione 5.4

3. Situazioni in caso di terremoti

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + A_{Ed} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Equazione 5.5

Secondo la normativa EN 1990, si devono progettare gli stati limite di **esercizio** in tre situazioni progettuali a cui si devono applicare le seguenti regole di combinazione.

1. Situazioni caratteristiche con effetti irreversibili (duraturi) sul sistema strutturale

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Equazione 5.6

2. Situazioni frequenti con effetti reversibili (non duraturi) sul sistema strutturale

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Equazione 5.7

3. Situazioni quasi permanenti con effetti a lungo termine sul sistema strutturale

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Equazione 5.8

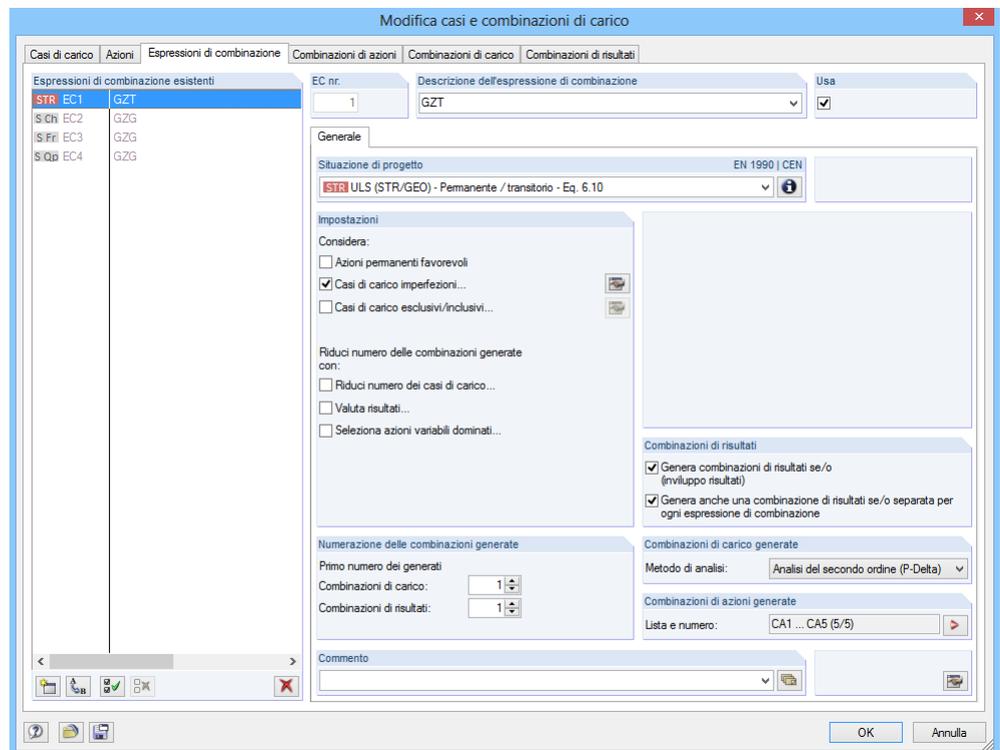


Figura 5.11: Finestra di dialogo *Modifica casi e combinazioni di carico*, scheda *Espressioni di combinazione*

2.3 Espressioni di combinazione

Espress. di comb.	A Descrizione della espressione di combinazione	B Usa	C EN 1990 CEN Situazione di progetto	D Azioni G	E Considera CC per i	F CC esc	G Restrizi	H Riduci numero dovuto a Valutazione	I Azioni dominanti	J Combinazioni di azioni generate	K Commento
EC1	ULS	<input checked="" type="checkbox"/>	STR ULS (STR/GEO) - Persi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
EC2	SLS	<input checked="" type="checkbox"/>	S.Ch SLS - Caratteristica	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
EC3	SLS	<input type="checkbox"/>	S.Fr SLS - Frequente	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
EC4	SLS	<input type="checkbox"/>	S.Qp SLS - Quasi permanente	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
EC5											
EC6											

Casi di carico | Azioni | Espressioni di combinazione | Combinazioni di azioni | Combinazioni di carico | Combinazioni di risultati

Figura 5.12: Tabella 2.3 *Espressioni di combinazione*

Espressione di combinazione

Quando si accede alla finestra di dialogo o alla tabella, RFEM predisporre le regole di combinazione delle seguenti situazioni di progetto:

- *SLU* stato limite ultimo per la situazione permanente o temporanea
- *SLS Ch* stato limite di esercizio per una situazione caratteristica
- *SLS Fr* stato limite di esercizio per una situazione frequente
- *SLS Qp* stato limite di esercizio per una situazione quasi-permanente

È possibile creare una nuova regola di combinazione in un'altra riga di tabella o nella finestra di dialogo utilizzando il pulsante [Nuova]. Le situazioni di progettazione descritte di seguito sono disponibili per la selezione.

Le regole di combinazione contrassegnate nell'elenco della finestra di dialogo si possono eliminare con il pulsante [Elimina].

Descrizione dell'espressione di combinazione

La breve descrizione delle regole di combinazione può essere modificata successivamente. L'elenco ha alcuni suggerimenti da selezionare.

Utilizzo

Utilizzare la casella di controllo per decidere se si deve considerare la regola di combinazione selezionata quando si creano combinazioni di risultati. In questo modo, è possibile riattivare o escludere situazioni di progettazione dalla generazione.

Situazione di progetto

La normativa descrive le situazioni per quali progetti devono essere eseguiti i disegni dei sistemi strutturali. Queste situazioni di progetto determinano le condizioni previste durante la costruzione e l'uso dell'edificio.

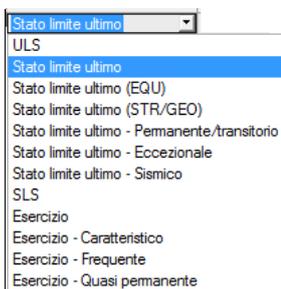
Le seguenti situazioni di progetto per la EN 1990 possono essere selezionate dall'elenco:

Situazione di progetto EN 1990 | CEN

STR	ULS (STR/GEO) - Permanente / transitorio - Eq. 6.10
EQU	ULS (EQU) - Permanente / transitorio
ACC	ULS (EQU) - Eccezionale - psi-1,1
ACC	ULS (EQU) - Eccezionale - psi-2,1
SEIS	ULS (EQU) - Sismico
STR	ULS (STR/GEO) - Permanente / transitorio - Eq. 6.10
STR	ULS (STR/GEO) - Permanente / transitorio - Eq. 6.10a e 6.10b
ACC	ULS (STR/GEO) - Eccezionale - psi-1,1
ACC	ULS (STR/GEO) - Eccezionale - psi-2,1
SEIS	ULS (STR/GEO) - Sismico
S.Ch	SLS - Caratteristica
S.Fr	SLS - Frequente
S.Qp	SLS - Quasi permanente

Tabella 5.13: Situazione di progetto secondo la EN 1990

Utilizzare il pulsante [Info] per verificare la regola di combinazione della situazione attuale del progetto. Si aprirà una finestra di dialogo che spiega l'equazione con parametri pertinenti (si veda la figura seguente).



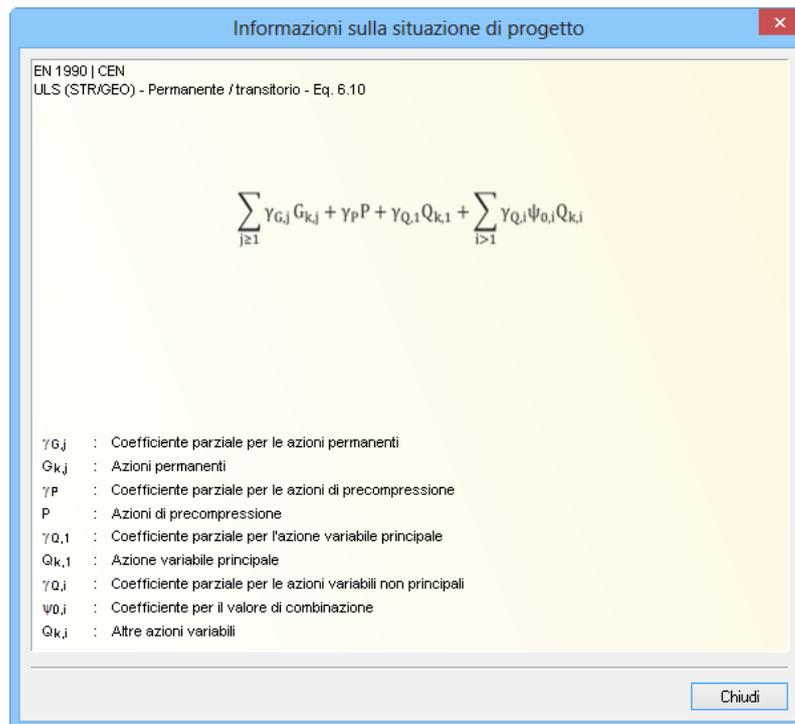
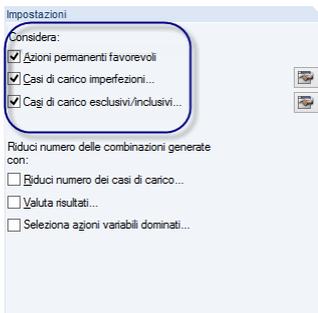


Figura 5.14: Finestra di dialogo *Informazioni sulla situazione di progetto*



Azioni permanenti favorevoli

Con questa opzione, RFEM potrà distinguere tra le azioni permanenti favorevoli e sfavorevoli durante la generazione; saranno considerate con coefficienti parziali differenti nella combinazione. Si genereranno combinazioni aggiuntive.

Le impostazioni della casella di controllo influenzano solo situazioni di progetto per la capacità portante. La distinzione tra le azioni permanenti favorevoli e sfavorevoli avviene automaticamente per la situazione di progetto "equilibrio statico", mentre le azioni permanenti per la situazione di progetto "esercizio" non sono differenziate.

Casi di carico imperfezioni

RFEM distingue tra due categorie di casi di carico: casi di carico standard e casi di carico di tipo *Imperfezione*. A causa del trattamento speciale delle imperfezioni è possibile formare una qualsiasi combinazione di carico, una volta con l'imperfezione e l'altra volta senza.

I casi di carico imperfezione si considerano solo per la generazione di combinazioni di carico. Inoltre, le impostazioni delle caselle di controllo sono valide globalmente: le imperfezioni possono essere considerate o per tutte le regole di combinazione o per nessuna. Non è possibile applicare imperfezioni separatamente per singole espressioni di combinazione.

Quando si spunta la casella di controllo, si abiliterà il pulsante [...] o [Impostazioni]. Utilizzare questi pulsanti per accedere ad una finestra di dialogo con le impostazioni dettagliate per i casi di carico imperfezione.

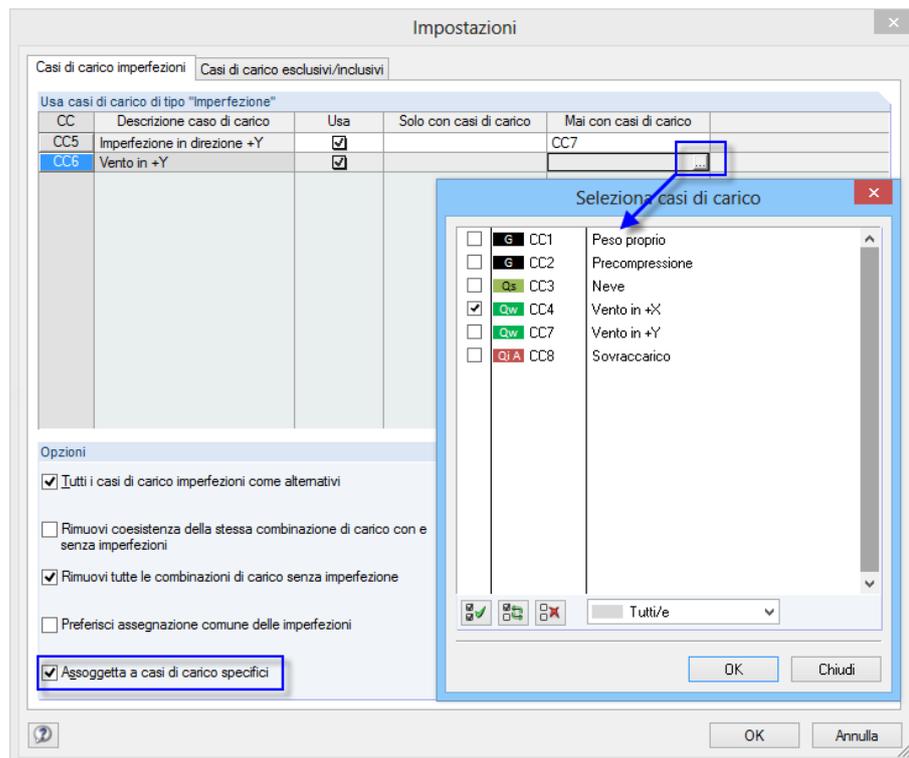


Figura 5.15: Finestra di dialogo *Impostazioni* con la finestra di dialogo *Seleziona casi di carico* per la selezione dei casi di carico

La sezione di dialogo **Usa casi di carico di tipo "Imperfezione"** elenca tutti i casi di carico che sono stati classificati come tipo di azione "imperfezione" (si veda paragrafo 5.1, pagina 180). Utilizzare le caselle di controllo nella colonna *Usa* per controllare i casi di carico in dettaglio e per decidere quale di questi sia incluso nella generazione delle combinazioni di carico.

Le colonne *Solo con casi di carico* e *Mai con casi di carico* saranno visibili se i casi di carico imperfezione presentano l'opzione *Assoggetta a casi di carico specifici* (si veda descrizione sotto).

Con le impostazioni nella sezione di dialogo **Opzioni** si determina come sono considerati i casi di carico imperfezione. Se si spunta la casella *Tutti i casi di carico imperfezione come alternativi*, RFEM applica solo un caso di carico imperfezione ad ogni combinazione di carico.

Se si attiva almeno un caso di carico imperfezione, qualsiasi combinazione di carico possibile verrà creata una volta con l'imperfezione e una volta senza. Nel caso in cui si desidera creare solo le combinazioni di carico con imperfezione, barrare la casella di controllo per *Rimuovi coesistenza della stessa combinazione di carico con e senza imperfezioni*.

Con l'opzione *Assoggetta a casi di carico specifici* è possibile ridurre ulteriormente il numero delle combinazioni di carico generate. Se si seleziona questa opzione, saranno visibili le due colonne aggiuntive *Solo con casi di carico* e *Mai con casi di carico* nella sezione di dialogo precedente. Cliccare su una cella per attivare il pulsante [...] per accedere alla finestra *Seleziona casi di carico* dove è possibile definire una relazione di appartenenza, e rispettivamente di esclusione, tra il caso di carico imperfezione e uno o più casi di carico (si veda figura 5.15).

Casi di carico esclusivi/inclusivi

Per ridurre ulteriormente il numero delle combinazioni di carico create è possibile classificare i casi di carico che si escludono mutuamente o che si verificano solo insieme.



Barrando la casella di controllo si abilita il pulsante della finestra di dialogo [Impostazioni] o il pulsante tabella [...] che è possibile utilizzare per aprire una finestra di dialogo con le impostazioni dettagliate per l'applicazione dei casi di carico.

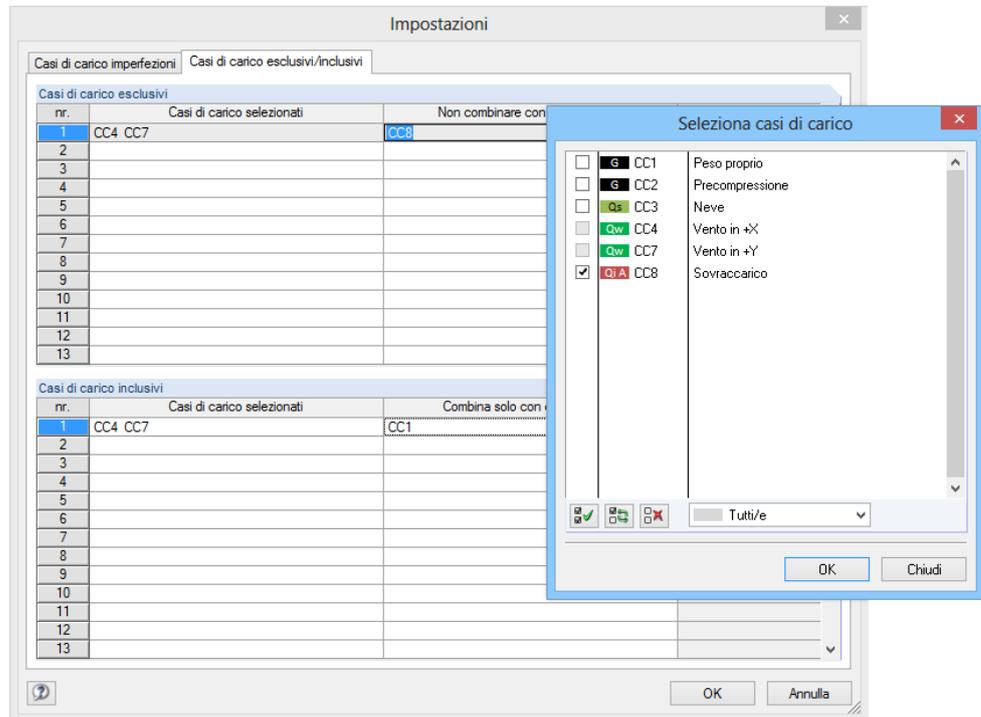


Figura 5.16: Finestra di dialogo *Impostazioni*, scheda *Casi di carico esclusivi/inclusivi* con dialogo *Seleziona casi di carico*



In primo luogo, nella sezione di dialogo **Casi di carico esclusivi** si immetta un caso di carico nella colonna *Seleziona casi di carico*. È anche possibile utilizzare il tasto [...] per aprire la finestra di dialogo *Seleziona casi di carico* dove per la selezione del caso. Dopo, nella colonna *Non combinare con casi di carico*, si definiscano quali casi di carico non devono essere mai considerati insieme al caso nella combinazione di carico. In questo modo è possibile evitare, ad esempio, la combinazione dei casi di carico neve con il carico del personale di ispezione.

Nella sezione di dialogo **Casi di carico inclusivi**, è possibile specificare le impostazioni analogamente per i casi di carico che si desidera siano sempre insieme in ogni combinazione di carico. Tuttavia, queste relazioni sono efficaci solo se l'opzione *Riduci numero delle combinazioni generate con Valuta risultati* (si veda sotto) non è attiva.



Le specifiche nella sezione dialogo *Casi di carico inclusivi* saranno considerate solo per la generazione delle combinazioni di carico, non delle combinazioni di risultati.

Ridurre il numero delle combinazioni generate con

La complessità del sistema strutturale, nonché il numero delle azioni e dei casi di carico hanno una notevole influenza sulle combinazioni di carico e di risultati generate. Vi sono tre possibilità per ridurre efficacemente il numero di combinazioni. Le prime due procedure sono disponibili solo per la generazione di combinazioni di carico e non per le combinazioni di risultati.

Riduci numero di casi di carico

Con questa opzione in genere è possibile limitare il numero di casi di carico nelle combinazioni di carico. L'accesso alla casella di controllo è disponibile nella scheda *Generale* delle *Espressioni di combinazione* (si veda figura 5.11, pagina 186). Utilizzando questa procedura RFEM rileva quali casi di carico sono dotati di forze interne e spostamenti generalizzati positivi, rispettivamente negativi. Quindi, saranno combinati tutti i casi di carico che agiscono positivamente e negativamente. Così, le combinazioni considereranno solo quei casi di carico che sono rilevanti per i valori massimi o minimi.

Il vantaggio di questo metodo è la possibilità di ridurre notevolmente il numero di combinazioni, il che ha un effetto positivo sulla velocità di calcolo, nonché di verifica. Uno svantaggio potrebbe essere il fatto che c'è un certo coefficiente di incertezza nel processo di riduzione per trovare i valori estremi in caso di una disposizione o di specifiche di carichi sfavorevoli.

Quando si barra la casella di controllo, apparirà una scheda aggiuntiva di dialogo con il titolo *Riduci - Numero di casi di carico*, dove è possibile specificare in dettaglio quali casi di carico, forze interne e oggetti si desidera prendere in considerazione per la creazione delle combinazioni dominanti.

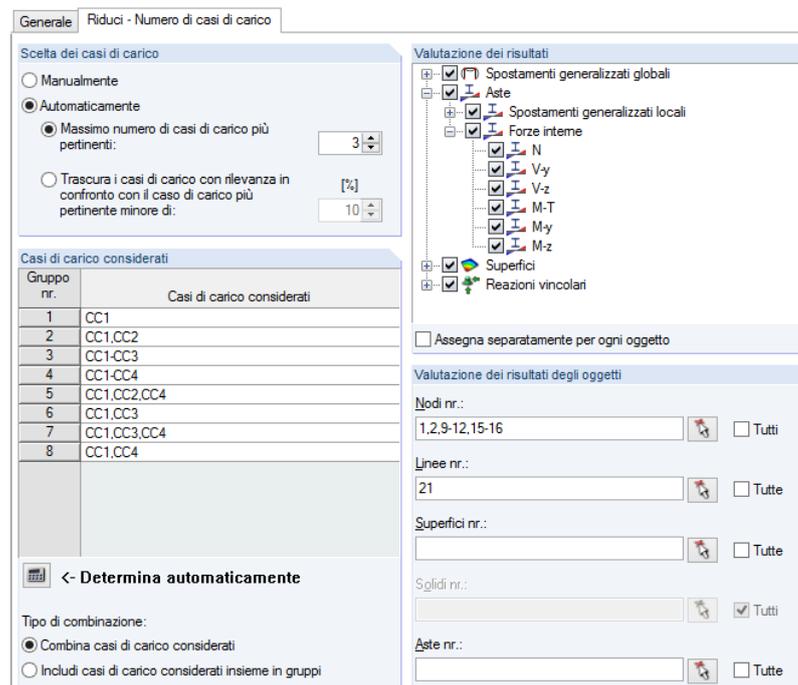
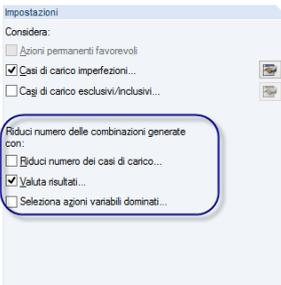


Figura 5.17: Scheda dialogo *Riduci - Numero di casi di carico* per le espressioni di combinazione



I casi di carico si possono selezionare *Manualmente* o determinare *Automaticamente* in base ai criteri pertinenti. Facendo clic sul pulsante [Determina automaticamente] si avvierà un calcolo al fine di esaminare le forze interne, gli spostamenti generalizzati e le reazioni vincolari minimi e massimi nei casi di carico.



Quando si seleziona la determinazione automatica, si devono definire quali risultati (spostamenti generalizzati, forze interne di aste e superfici, reazioni vincolari) e oggetti (nodi, superfici, aste ecc.) si desidera prendere in considerazione per la valutazione dei casi di carico. Gli oggetti pertinenti si

possono selezionare graficamente con la funzione [↵] non appena la casella di controllo Tutti/e non sarà barrata. Sopra, è possibile utilizzare la casella di controllo *Assegna separatamente per ogni oggetto* per assegnare risultati specifici a oggetti per l'analisi.

Il numero dei casi di carico contenuti in un gruppo dopo aver calcolato i dati del caso di carico dipende dalle impostazioni definite nella sezione di dialogo *Scelta dei casi di carico*:

- quando si seleziona **Massimo numero di casi di carico più pertinenti**, un gruppo sarà dotato o del numero massimo specificato di casi di carico o i casi di carico agenti solo positivamente o rispettivamente solo negativamente in un numero più piccolo.
- È possibile **Trascurare i casi di carico** che hanno solo contributi molto piccoli nei valori minimi e massimi. La percentuale si riferisce alle forze interne, agli spostamenti generalizzati e alle forze vincolari dei casi di carico che forniscono rispettivamente i valori estremi.

I casi di carico per le imperfezioni non vengono considerati quando si imposta la creazione automatica dei gruppi.

Valuta risultati

RFEM crea solo le combinazioni di carico determinanti. Questa opzione di riduzione non è disponibile per le combinazioni di risultati.

Quando si barra la casella di controllo, una nuova scheda sarà aggiunta alla finestra di dialogo *Riduci - Valuta risultati*.

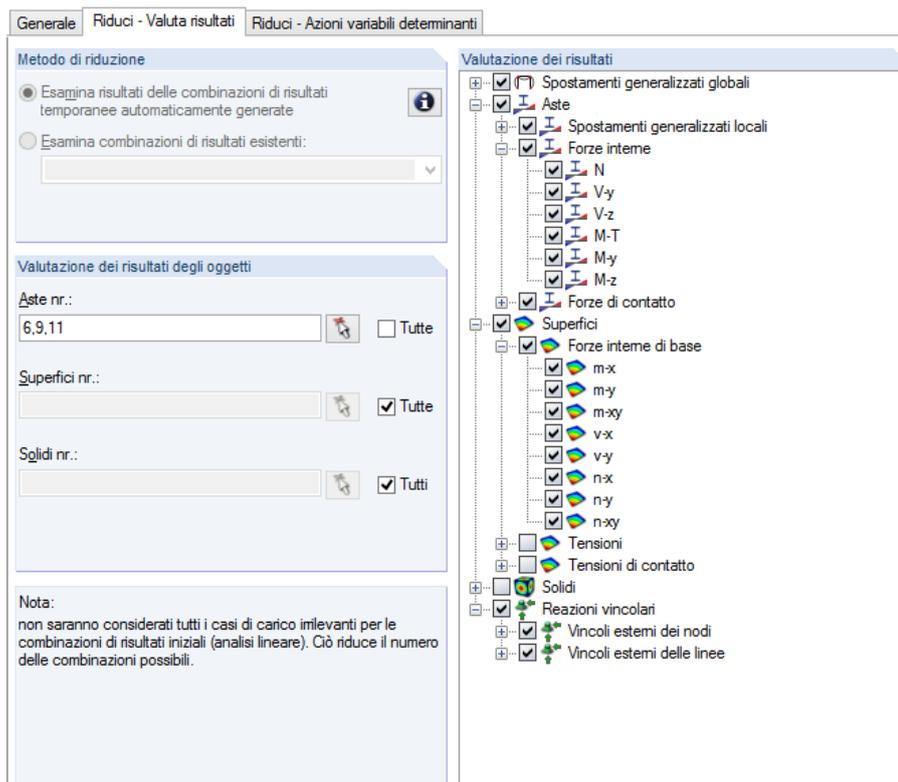
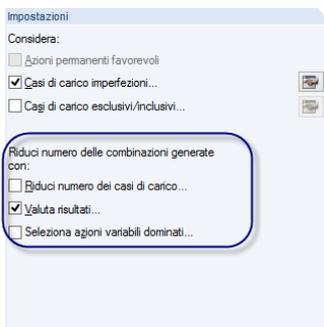


Figura 5.18: Scheda *Riduci - Valuta risultati* per le regole di combinazione

Con il primo *Metodo di riduzione* si possono valutare le combinazioni di risultati temporanee generate automaticamente. Le combinazioni di risultati temporanee includono tutti i casi di carico creati nel modello e considerano tutte le relazioni esistenti tra di loro. Tramite i risultati disponibili su ciascun nodo EF, RFEM può analizzare quali dei casi di carico che agiscono contemporaneamente hanno un massimo o un minimo nelle posizioni corrispondenti. Il metodo di riduzione si basa sul presupposto che possono essere determinanti solo quelle combinazioni che contengono esattamente quei casi di carico che agiscono simultaneamente.

In alternativa, è possibile utilizzare i risultati di una combinazione di risultati definita dall'utente per la riduzione dei risultati.

Nella sezione di dialogo *Valutazione dei risultati* si possono definire quali deformazioni, forze interne, tensioni o reazioni vincolari, si desidera prendere in considerazione per la determinazione dei valori estremi.



La sezione di dialogo *Valutazione dei risultati degli oggetti* dispone di opzioni per limitare l'analisi dei valori estremi ai risultati di aste, superfici e solidi selezionati. È possibile utilizzare la funzione [^] per selezionare gli oggetti graficamente.

Azioni variabili dominanti

La seconda possibilità per ridurre il numero di combinazioni generate è di classificare solo le azioni selezionate come azioni principali. Questa opzione è disponibile per la generazione delle combinazioni di carico e di risultati.

Quando si barra la casella di controllo, si aggiungerà la nuova scheda *Riduci – Azioni variabili determinanti* alla finestra di dialogo.

Seleziona azioni variabili determinanti					
Azione	Azione Descrizione	EN 1990 CEN Categoria di azioni	Casi di carichi agenti	Azioni dominanti	
A4	Vento	Qw Vento	CC4	<input checked="" type="checkbox"/>	
A5	Sovraccarico	Q ₁ A Sovraccarico - cateç	CC8	<input type="checkbox"/>	
A6	Neve	Q _s Neve (H > 1000 m s	CC7	<input checked="" type="checkbox"/>	

Figura 5.19: Scheda *Riduci - Azioni variabili determinanti* per le regole di combinazione

L'elenco delle azioni dominanti contiene solo azioni variabili.

Quando si rimuove il segno di spunta da una voce nella colonna *Azioni dominanti*, l'azione corrispondente sarà combinata solo come una semplice azione variabile di accompagnamento.

Numerazione delle combinazioni generate

Inserendo i dati in questa sezione di dialogo della finestra di dialogo *Modifica casi e combinazioni di carico* (si veda figura 5.11, pagina 186) si influenza il *Primo numero delle combinazioni di carico* e le *di risultati generate* in RFEM.

Combinazioni di risultati

Alternativamente, è possibile *Generare addizionalmente* una *Combinazione di risultati se/o (involuppo dei risultati)*. Una tale combinazione di risultati combina i valori estremi di tutte le combinazioni di carico o di risultati secondo il seguente schema:

“CO1/permanente o CO2/permanente o CO3/permanente ecc.”

Se si specificano parecchie espressioni di combinazione per la generazione, è possibile *Generare anche una combinazione di risultati se/o separata per ogni espressione di combinazione*.

Metodo di analisi

Utilizzare l'elenco per decidere quale metodo di calcolo si desidera applicare per analizzare le combinazioni (si veda paragrafo 7.3.1.1, pagina 272). RFEM predispone il calcolo non lineare secondo l'analisi del secondo ordine (P-Delta) per le combinazioni di carico.

Combinazioni di azioni generate

La sezione di dialogo, rispettivamente la colonna della tabella, si riempie durante la generazione avviandosi automaticamente non appena si chiude la finestra di dialogo scheda o tabella. Il campo di dialogo visualizza una breve panoramica del numero di combinazioni generate.

Con i dati inseriti nella tabella o nella finestra di dialogo, RFEM crea le cosiddette "combinazioni di azioni" (CA). Queste sono descritte nel capitolo seguente. È possibile utilizzare le voci mostrate nella finestra di dialogo attuale per stimare come le regole di combinazione influenzano il numero di combinazioni.

Combinazione di azioni generate
AC1 ... AC13 (13/47)
AC14 ... AC26 (13/47)
AC27 ... AC39 (13/47)
AC40 ... AC47 (8/47)



Nell'esempio mostrato a sinistra, un totale di 47 combinazioni di azioni sono state generate per le quattro situazioni di progetto specificate:

- SLU (STR/GEO): da CA1 a CA13
- SLE – Caratteristica: da CA14 a CA26
- SLE – Frequente: da CA27 a CA39
- SLE – Quasi permanente: da CA40 a CA47

Quando si passa alla scheda successiva con il pulsante della finestra di dialogo [▶], RFEM determinerà automaticamente le combinazioni di azioni. La prima combinazione di azioni creata con l'espressione di combinazione attuale sarà selezionata nella scheda successiva.

Commento

Inserire un commento personale o selezionare una voce dall'elenco.

5.4 Combinazioni di azioni

Descrizione generale

Quando si apre la scheda di dialogo o la tabella 2.4, le azioni sono combinate automaticamente secondo le regole di combinazione e identificate come "combinazioni di azioni". Questa panoramica è ordinata in funzione di come le azioni sono descritte nelle normative. Adesso, sarà possibile definire quali combinazioni di azioni entreranno in gioco per la generazione delle combinazioni di carico o di risultati.

Una combinazione di azioni include tutte le possibilità di combinazione dei casi di carico nell'azione e non va confusa con una combinazione di carico o di risultati che rappresenta solo una singola variante di queste possibilità.

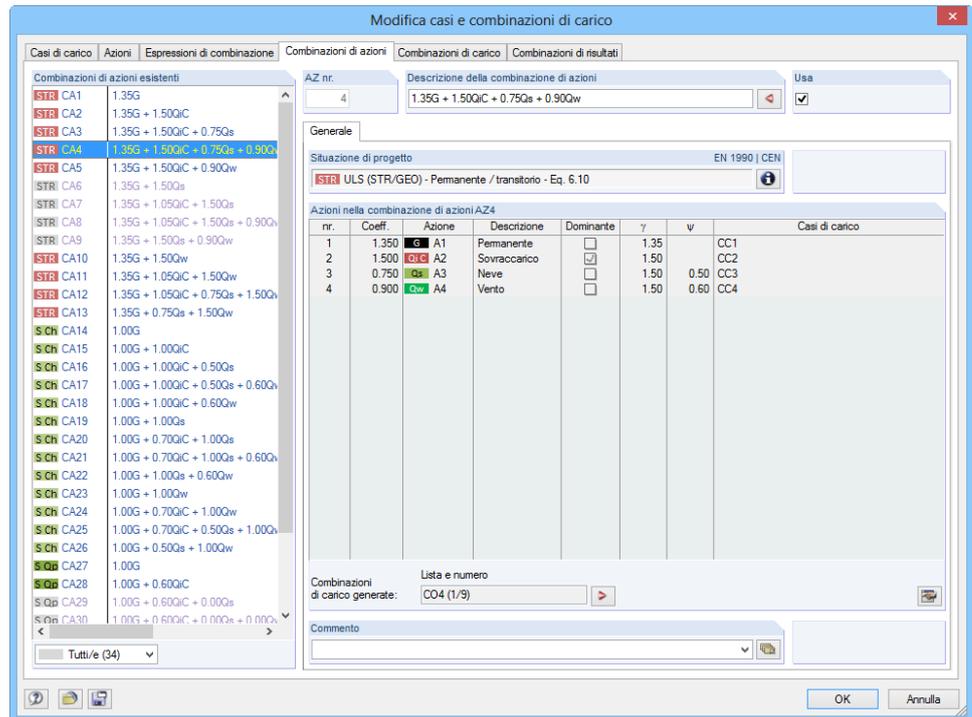
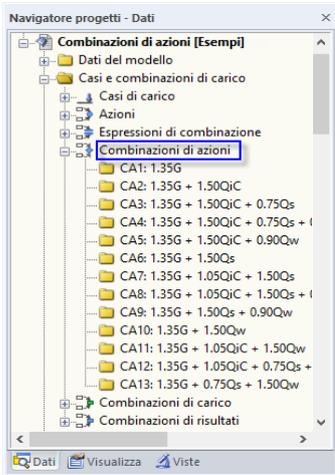


Figura 5.20: Finestra di dialogo *Modifica casi e combinazioni di carico*, scheda *Combinazioni di azioni*

Comb. di azioni	Descrizione della combinazione di azioni	Usa	EN 1990 / CEN	Azione 1	Azione 2	Azione 3	Azione 4	Combinazioni di carico generate
			Situazione di progetto	Coeff. nr.	Coeff. nr.	Coeff. nr.	Coeff. nr.	
CA1	1.35G	<input checked="" type="checkbox"/>	STR ULS (STR/GEO) - Permanente / transit	1.35 G A1				CO1 (1/15)
CA2	1.35G + 1.50Q1C	<input checked="" type="checkbox"/>	STR ULS (STR/GEO) - Permanente / transit	1.35 G A1	1.50 Q1C A2			CO2 (1/15)
CA3	1.35G + 1.50Q1C + 0.75Qs	<input checked="" type="checkbox"/>	STR ULS (STR/GEO) - Permanente / transit	1.35 G A1	1.50 Q1C A2	0.75 Qs A3		CO3 (1/15)
CA4	1.35G + 1.50Q1C + 0.75Qs + 0.90Qw	<input checked="" type="checkbox"/>	STR ULS (STR/GEO) - Permanente / transit	1.35 G A1	1.50 Q1C A2	0.75 Qs A3	0.90 Qw A4	CO4...CO5 (2/15)
CA5	1.35G + 1.50Q1C + 0.90Qw	<input checked="" type="checkbox"/>	STR ULS (STR/GEO) - Permanente / transit	1.35 G A1	1.50 Q1C A2	0.90 Qw A4		CO6...CO7 (2/15)
CA6	1.35G + 1.50Qs	<input type="checkbox"/>	STR ULS (STR/GEO) - Permanente / transit	1.35 G A1	1.50 Qs A3			
CA7	1.35G + 1.05Q1C + 1.50Qs	<input type="checkbox"/>	STR ULS (STR/GEO) - Permanente / transit	1.35 G A1	1.05 Q1C A2	1.50 Qs A3		
CA8	1.35G + 1.05Q1C + 1.50Qs + 0.90Qw	<input type="checkbox"/>	STR ULS (STR/GEO) - Permanente / transit	1.35 G A1	1.05 Q1C A2	1.50 Qs A3	0.90 Qw A4	
CA9	1.35G + 1.50Qs + 0.90Qw	<input type="checkbox"/>	STR ULS (STR/GEO) - Permanente / transit	1.35 G A1	1.50 Qs A3	0.90 Qw A4		
CA10	1.35G + 1.50Qw	<input checked="" type="checkbox"/>	STR ULS (STR/GEO) - Permanente / transit	1.35 G A1	1.50 Qw A4			CO8...CO9 (2/15)
CA11	1.35G + 1.05Q1C + 1.50Qw	<input checked="" type="checkbox"/>	STR ULS (STR/GEO) - Permanente / transit	1.35 G A1	1.05 Q1C A2	1.50 Qw A4		CO10...CO11 (2/15)
CA12	1.35G + 1.05Q1C + 0.75Qs + 1.50Qw	<input checked="" type="checkbox"/>	STR ULS (STR/GEO) - Permanente / transit	1.35 G A1	1.05 Q1C A2	0.75 Qs A3	1.50 Qw A4	CO12...CO13 (2/15)

Figura 5.21: Tabella 2.4 *Combinazioni di azioni*

Combinazione di azioni

Le combinazioni generate dalle azioni sono numerate consecutivamente. Una combinazione di azioni include tutte le possibilità di come possono essere considerati i casi di carico contenuti nell'azione. Le possibilità dipendono dalla categoria dell'azione e dalle espressioni di combinazione.

Nella finestra di dialogo *Modifica casi e combinazioni di carico* è possibile filtrare le combinazioni generate in funzione della situazione di progetto o per rilevanza nell'elenco sotto *Combinazioni di azioni esistenti*.

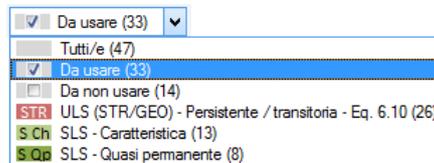


Figura 5.22: Opzione di filtro nella finestra di dialogo *Modifica casi e combinazioni di carico*

Descrizione della combinazione di azioni

RFEM assegna automaticamente brevi descrizioni in base ai coefficienti di sicurezza e i simboli delle azioni che esprimono le regole di combinazione. È possibile modificare le descrizioni, se necessario.



Fare clic sul pulsante della finestra di dialogo [◀] per passare alla scheda precedente dove è mostrata l'espressione di combinazione da cui è stata creata l'attuale combinazione di azioni.

Usa

Utilizzare la casella di controllo per decidere se la combinazione di azioni selezionata si deve considerare per la creazione di combinazioni di carico o di risultati. In questo modo, è possibile attivare o escludere combinazioni di azioni dalla generazione.

Se RFEM crea una combinazione di azioni due volte a causa di combinazioni particolari, una di queste sarà automaticamente disattivata.



Situazione di progetto

La situazione di progetto della combinazione di azioni attuale viene indicata nuovamente per un miglior controllo dei dati. Utilizzare il pulsante [Informazioni] per verificare la regola di combinazione della situazione di progetto corrente. Si aprirà una finestra di dialogo con le spiegazioni (si veda figura 5.14, pagina 188).

Azioni nella combinazione di azioni

Nelle colonne vi sono le informazioni sulle azioni, compresi i coefficienti parziali e di combinazione.

La finestra di dialogo contressegnerà le azioni *Dominanti* nelle combinazioni da inserire come azione $Q_{k,1}$ nell'equazione 5.1 fino a equazione 5.7 (si veda pagina 185).

I valori indicati nella colonna *Coeff.* fanno riferimento alla normativa selezionata. Secondo la EN 1990 sono i coefficienti parziali γ , i coefficienti di combinazione ψ , i coefficienti di riduzione ξ e, se applicabile, i fattori dell'affidabilità K_{FI} di ogni azione risultante dalla situazione di progetto e dalla categoria dell'azione.



Per verificare e modificare i coefficienti parziali e di combinazione, si utilizzino i pulsanti [Impostazioni] o [...]. I coefficienti sono organizzati in diverse schede della finestra di dialogo *Coefficienti*. La prima scheda *Coefficienti parziali* è visibile nella Figura 12.27 a pagina 595. La scheda *Coefficienti di combinazione* gestisce i coefficienti ψ e ξ .

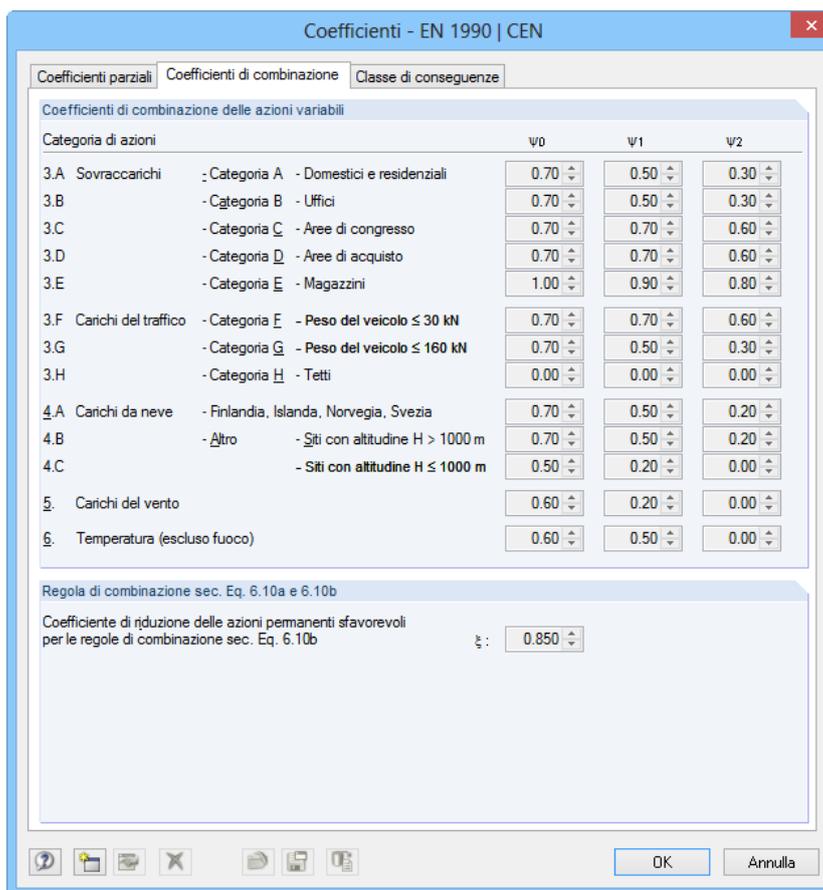


Figura 5.23: Finestra di dialogo *Coefficienti*, scheda *Coefficienti di combinazione*

La sezione di dialogo *Azioni nella combinazione di azioni* elenca i *Casi di carico* presenti nelle azioni con tutte le possibilità di combinazione nell'azione. Le possibilità dipendono dal tipo di azione e dall'azione definita (simultanea o alternativa). È un presupposto che tutti i casi di carico assegnati siano utilizzati sempre insieme per i tipi di azione "carichi permanenti" e "precompressione" a meno che la relazione non sia definita come "alternativa". In caso di azioni variabili, straordinarie e sismiche, i casi di carico assegnati si possono combinare in tutte le combinazioni pertinenti.

Combinazioni di carico o di risultati generate

La sezione di dialogo, rispettivamente la colonna della tabella, si riempie durante la generazione avviandosi automaticamente non appena si chiude la scheda del dialogo o la tabella. Il campo di dialogo visualizza una breve panoramica sul numero di combinazioni di carico o di risultati generate.

Le combinazioni di carico e di risultati sono descritte nei seguenti paragrafi 5.5 e 5.6.

Combinazioni di carico generate
CO1 (1/34)
CO2 (1/34)
CO3 (1/34)
CO4 (1/34)
CO5 (1/34)
CO6 (1/34)
CO7 (1/34)
CO8 (1/34)
CO9 (1/34)
CO10 (1/34)
CO11 (1/34)
CO12 (1/34)
CO13 (1/34)
CO14 (1/34)

Esempio

Nell'esempio mostrato a sinistra, un totale di 47 combinazioni di carico sono state generate per la situazione di progetto allo SLU. Per la combinazione di azioni **CA12** (penultima riga), sono state generate le quattro combinazioni di carico da CO40 a CO43 con le seguenti modalità:

La prima azione A1 è stata classificata come categoria "carichi permanenti" con il coefficiente $\gamma = 1,35$ nelle combinazioni di carico generate. I casi di carico contenuti 1 e 2 si verificano insieme in tutte le combinazioni di carico.

La seconda azione A2 appartiene alla categoria "neve" ed è inclusa nella combinazione di carico con il coefficiente $\gamma * \psi = 1,50 * 0,50 = 0,75$.

La terza azione A3 raddoppia il numero delle combinazioni generate del carico perché la categoria "vento" è disponibile con i due casi di carico 4 e 5 che agiscono alternativamente. Questa azione è moltiplicata per il coefficiente $\gamma * \psi = 1,50 * 0,60 = 0,90$ nelle combinazioni di carico.

La quarta azione A4 è classificata come tipo di azione di "sovraccarico categoria B" e con il coefficiente $\gamma = 1,50$ in tutte e quattro le combinazioni di carico. Questa è una azione dominante.

nr.	Coeff.	Azione	Descrizione	Dominante	γ	ψ	Casi di carico
1	1.350	G A1	Permanente	<input type="checkbox"/>	1.35		CC1
2	1.050	Qr C A2	Sovraccarico	<input type="checkbox"/>	1.50	0.70	CC2
3	0.750	Qs A3	Neve	<input type="checkbox"/>	1.50	0.50	CC3
4	1.500	Qw A4	Vento	<input checked="" type="checkbox"/>	1.50		CC4

Combinazioni di carico generate:

Figura 5.24: Azioni nella combinazione di azioni AZ12

Inoltre, si deve tener conto dei casi di carico imperfezione 7 e 8 che sono accoppiati alle direzioni di entrambi i casi di carico del vento. Si vuole creare una volta le combinazioni di carico con imperfezioni e una volta senza.

Con queste specifiche RFEM forma le seguenti combinazioni di carico per la CO12:

- CO40: $1,35*CC1 + 1,35*CC2 + 0,75*CC3 + 0,9*CC4 + 1,5*CC6$
- CO41: $1,35*CC1 + 1,35*CC2 + 0,75*CC3 + 0,9*CC4 + 1,5*CC6 + CC7$
- CO42: $1,35*CC1 + 1,35*CC2 + 0,75*CC3 + 0,9*CC5 + 1,5*CC6$
- CO43: $1,35*CC1 + 1,35*CC2 + 0,75*CC3 + 0,9*CC5 + 1,5*CC6 + CC8$



Cliccare il pulsante del dialogo per passare alla scheda *Combinazioni di carico* dove è stata selezionata la prima combinazione creata dalla combinazione di azioni attuale.

Commento

Inserire un commento personale o selezionare una voce dall'elenco.

5.5 Combinazioni di carico

Descrizione generale

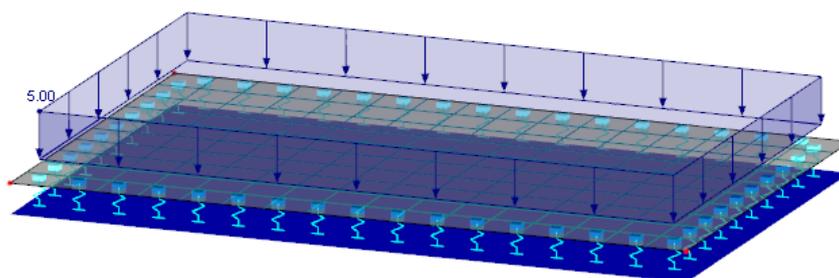
I casi di carico si possono combinare in una combinazione di carico (**CO**) e in una combinazione di risultati (**CR**).

Considerando i coefficienti parziali, una combinazione di carico combina i carichi dei casi di carico in "un grande caso di carico" che sarà calcolato. In una combinazione di risultati (si veda paragrafo 5.6, pagina 208) si calcolano prima tutti i casi di carico contenuti e poi si combinano i risultati considerando i coefficienti parziali.

I casi di carico si possono combinare manualmente (si veda paragrafo 5.5.1) o automaticamente da RFEM (si veda paragrafo 5.5.2), a seconda delle impostazioni nella finestra di dialogo *Modello - Dati generali* (si veda figura 12.23, pagina 592). Queste impostazioni influenzano inoltre l'aspetto della scheda *Combinazioni di carico* nella finestra di dialogo dei carichi.

In genere, le combinazioni di carico vengono create quando si desidera calcolare i casi di carico combinati secondo l'analisi del secondo ordine o a grandi spostamenti. Lo stesso si applica a strutture con elementi non lineari. Quanto detto sarà dimostrato nel seguente esempio.

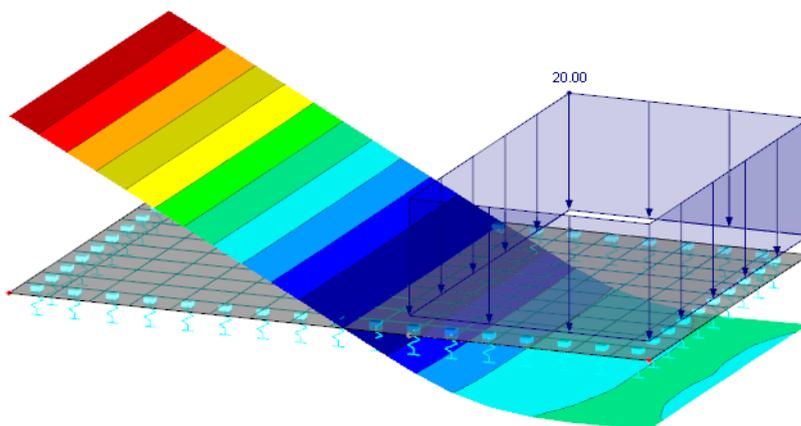
Due casi di carico agiscono su una piastra con vincoli esterni elastici. Nel caso di carico 1, il carico della superficie agisce sull'intera piastra. Nel caso di carico 2, sollecita soltanto una parte della superficie. Il peso proprio non sarà considerato. Il vincolo esterno elastico della piastra è inefficace nel caso di trazione. Di conseguenza, non sarà assorbita nessuna forza di sollevamento.



Max u: 0.2, Min u: 0.2 mm

Figura 5.25: Carico e deformazione in CC 1

Il vincolo esterno nel caso di carico 1 è efficace sull'intera superficie.

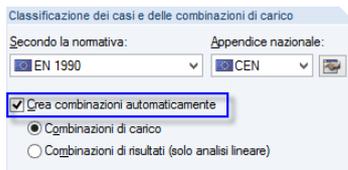


Max u: 1.1, Min u: 0.0 mm

Figura 5.26: Carico e deformazione in CC 2

Il vincolo esterno nel caso di carico 2 è efficace solo sulla parte destra della superficie. La parte sinistra della piastra si solleva.

Differenza fra carico e combinazione di risultato



Casella di controllo nella finestra di dialogo *Modello - Dati generali*



Se si combinano entrambi i casi di carico in una combinazione di risultati, RFEM visualizzerà un avviso perché aggiungere i risultati non è accettabile a causa degli effetti non lineari: le deformazioni dei casi di carico dipendono da sistemi strutturali differenti. In una combinazione di risultati sarebbe presente il sollevamento della parte sinistra mostrata nel secondo caso.

Di conseguenza è corretto combinare i due casi di carico in una combinazione di carico. Nella figura qui sotto, si vede che il vincolo esterno elastico è efficace per i carichi aggiunti senza rottura.

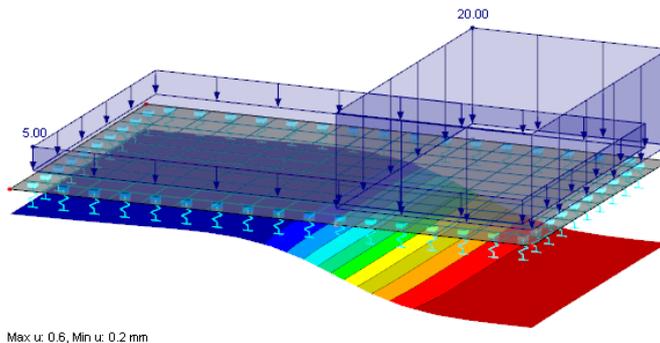


Figura 5.27: Carico e deformazione della combinazione di carico

5.5.1 Combinazioni definite dall'utente

Creare una nuova combinazione di carico

Vi sono diverse possibilità per aprire la finestra di dialogo *Modifica casi e combinazioni di carico* per creare una combinazione di carico:

- puntare su **Casi e combinazioni di carico** nel menu **Inserisci** e selezionare **Combinazione di carico**
- utilizzare il pulsante della barra degli strumenti [Nuova combinazione di carico] visibile a sinistra.

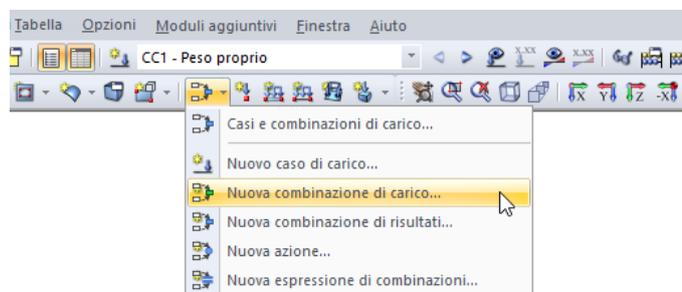


Figura 5.28: Pulsante *Nuova combinazione di carico* nella barra degli strumenti

- menu contestuale della voce del navigatore *Combinazioni di carico*

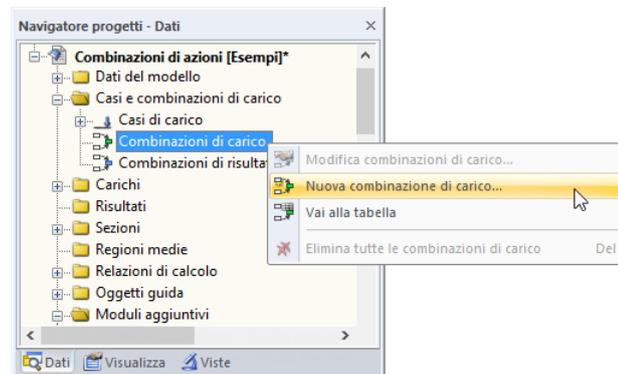


Figura 5.29: Menu contestuale di *Combinazioni di carico* nel navigatore *Dati*

Apparirà la finestra di dialogo *Modifica casi e combinazioni di carico*. Una nuova combinazione di carico sarà predisposta nella scheda *Combinazione di carico*.

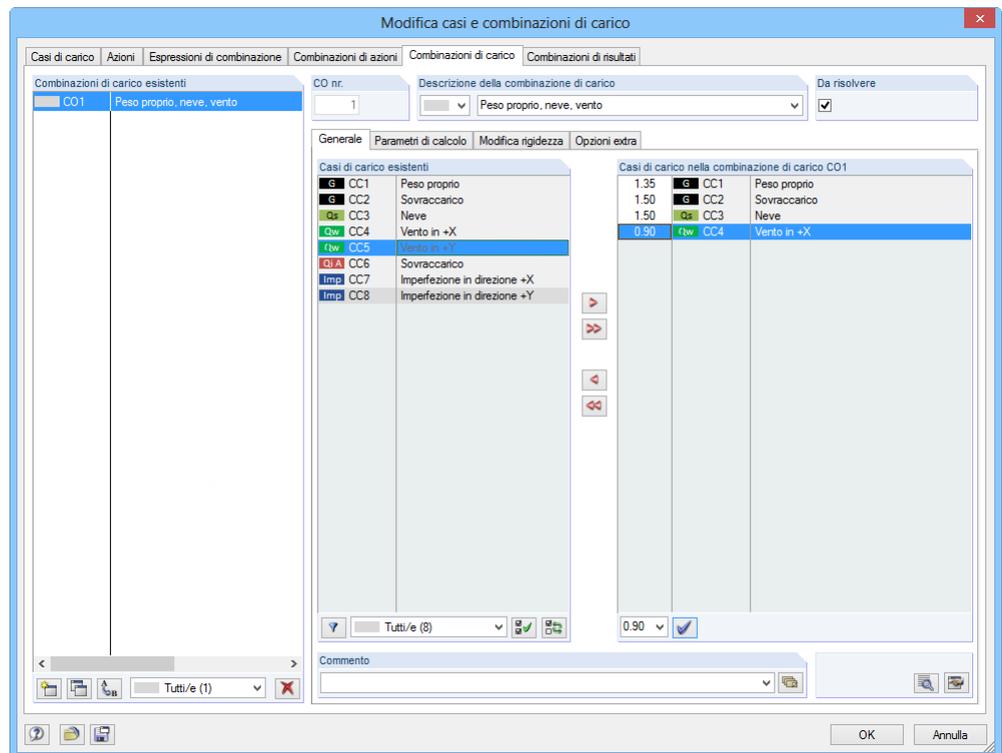
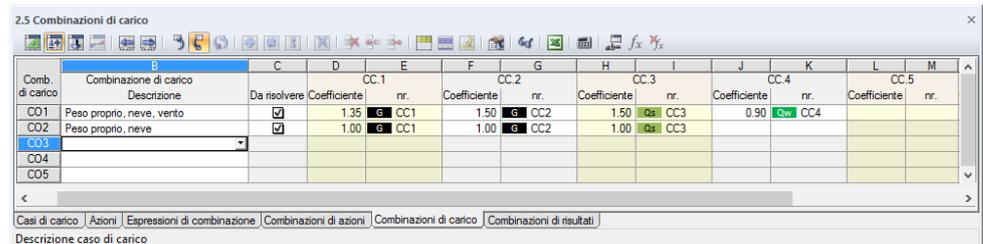


Figura 5.30: Finestra di dialogo *Modifica casi e combinazioni di carico*, scheda *Combinazioni di azioni*

La seguente descrizione si riferisce alla scheda *Generale*. La scheda di dialogo *Parametri di calcolo* è descritta nel paragrafo 7.3.1 a pagina 272.

- È anche possibile inserire una nuova combinazione di carico in una riga vuota della tabella 2.5 *Combinazioni di carico*.



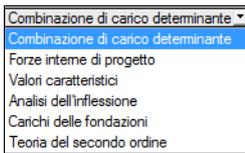
Comb. di carico	Combinazione di carico	Da risolvere	CC.1		CC.2		CC.3		CC.4		CC.5	
	Descrizione		Coefficiente	nr.	Coefficiente	nr.	Coefficiente	nr.	Coefficiente	nr.	Coefficiente	nr.
CO1	Peso proprio, neve, vento	<input checked="" type="checkbox"/>	1.35	G CC1	1.50	G CC2	1.50	G CC3	0.90	Gw CC4		
CO2	Peso proprio, neve	<input checked="" type="checkbox"/>	1.00	G CC1	1.00	G CC2	1.00	G CC3				
CO3												
CO4												
CO5												

Figura 5.31: Tabella 2.5 *Combinazioni di carico*

Combinazione di carico

Il numero della nuova combinazione di carico è prestabilito ma può essere modificato nel campo di immissione del dialogo *CO nr.*. Si può cambiare successivamente l'ordine delle combinazioni di carico tramite il pulsante [Rinumer] della finestra di dialogo (si veda tabella 5.3 e paragrafo 11.4.18, pagina 509).





Descrizione della combinazione di carico

È possibile immettere manualmente un nome qualsiasi. È anche possibile scegliere un nome dall'elenco per descrivere brevemente la combinazione di carico. Poiché le descrizioni inserite sono memorizzate nell'elenco, possono essere utilizzate per tutte le altre strutture.

Da risolvere

Utilizzare la casella di controllo per decidere se considerare la combinazione di carico durante il calcolo. In questo modo, è possibile attivare o escludere le combinazioni di carico.

Casi di carico nella combinazione di carico

Nelle colonne sono presenti le informazioni sui casi di carico ed i coefficienti corrispondenti.

I valori indicati nella colonna della tabella *Coeff.* derivano dai coefficienti della normativa selezionata. Secondo la EN 1990 sono i coefficienti parziali γ , i coefficienti di combinazione ψ , i coefficienti di riduzione ξ e, se applicabile, i coefficienti di affidabilità K_{FI} di ogni azione risultante dalla situazione di progetto e dalla categoria dell'azione.



Per verificare e modificare i coefficienti parziali e di combinazione, si utilizzi il pulsante [Coefficienti] o il pulsante della tabella [...]. Si aprirà la finestra di dialogo *Coefficienti* con i vari coefficienti disposti in diverse schede. La prima scheda *Coefficienti parziali* per la EN 1990 è visibile nella figura 12.27 a pagina 595. La scheda *Coefficienti di combinazione* gestisce i coefficienti ψ e ξ (si veda figura, pagina 197). Il coefficiente di affidabilità K_{FI} può essere definito in un campo di immissione della scheda di dialogo *Classe delle conseguenze* ma può essere anche inserito in un valore definito dall'utente.

Combinazione dei casi di carico

Nella finestra di dialogo *Modifica casi e combinazioni di carico*, si possono assimilare i casi di carico in combinazioni come descritto di seguito: si selezionano cliccando i casi di carico rilevanti nell'elenco dei *Casi di carico esistenti*. Premere il tasto [Ctrl] (come di consueto in Windows) se si desidera attivare la selezione multipla. Utilizzare il pulsante [►] per trasferire a destra i casi di carico nell'elenco *Casi di carico nella combinazione di carico* e nello stesso istante i coefficienti parziali e di combinazione saranno considerati automaticamente.



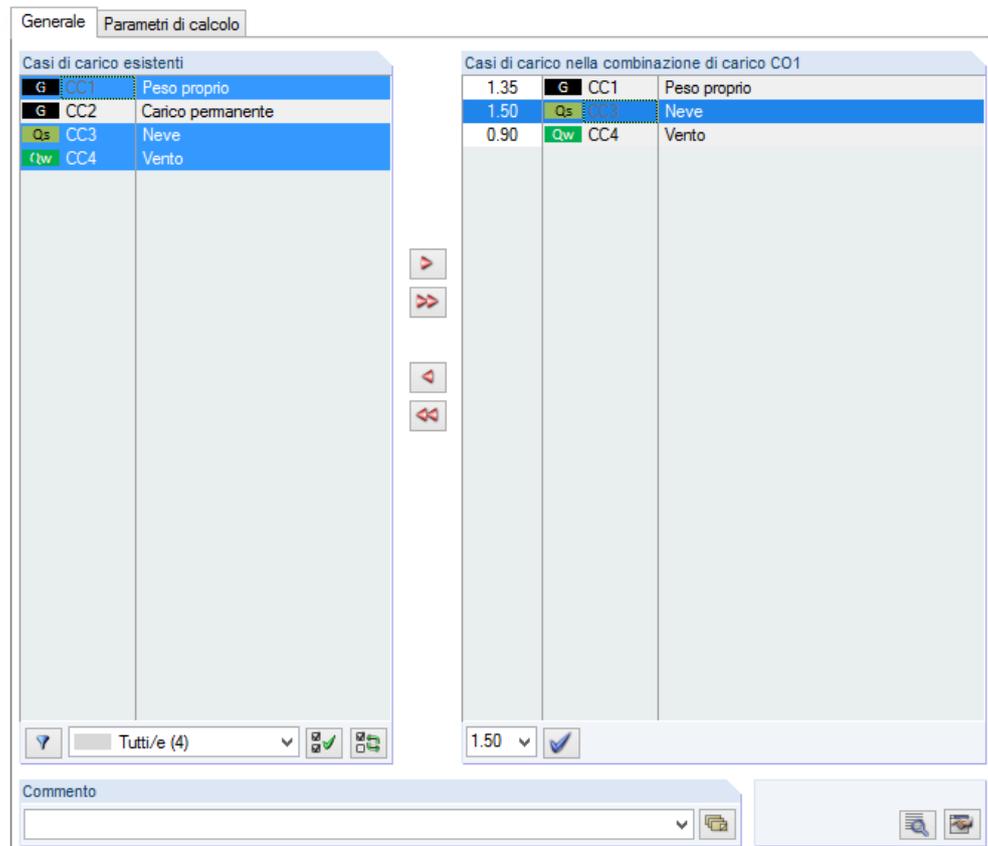


Figura 5.32: Selezione multipla di casi e combinazione di carico creata secondo la EN 1990

I coefficienti sono creati in conformità alle normative specificate nella finestra di dialogo *Modello - Dati generali* (si veda paragrafo 12.2.1, pagina 595).

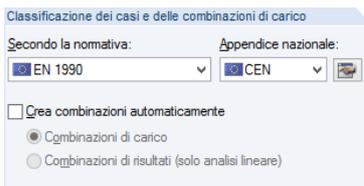
I coefficienti predisposti si possono controllare nella finestra di dialogo *Coefficienti* che si aprirà tramite il pulsante [Coefficienti]. Inoltre, si possono modificare attraverso normative definite dall'utente (si veda figura 5.22, pagina 197 e figura 12.27, pagina 595).

Per modificare il coefficiente di un caso di carico che è stato trasferito in una combinazione di carico, selezionare il caso di carico nell'elenco *Casi di carico nella combinazione di carico* e inserire un coefficiente appropriato nel campo di immissione sottostante. È possibile selezionare il coefficiente partendo dalla lista. Infine, cliccare sul pulsante [Imposta coefficiente] per applicare il nuovo coefficiente al caso di carico.

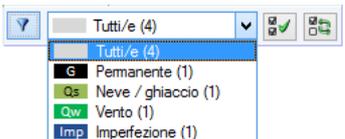
Per rimuovere un caso di carico da una combinazione di azioni, selezionare il caso di carico nella sezione di dialogo *Casi di carico in una combinazione di carico*. Utilizzare il pulsante [◀] o fare doppio clic sulla voce per spostarlo nuovamente nella sezione di dialogo *Casi di carico non assegnati*.

Sono disponibili parecchie opzioni di filtro al di sotto dell'elenco *Casi di carico esistenti*. Con l'aiuto delle opzioni è più facile assegnare i casi di carico ordinati per categorie o selezionare dai casi di carico non ancora assegnati. I pulsanti sono descritti nella tabella 5.3 a pagina 205.

Per definire manualmente le combinazioni di carico, utilizzare il pulsante [Modifica] nell'angolo destro inferiore della finestra di dialogo dei carichi.



Impostazioni normativa nel dialogo *Modello - Dati generali*



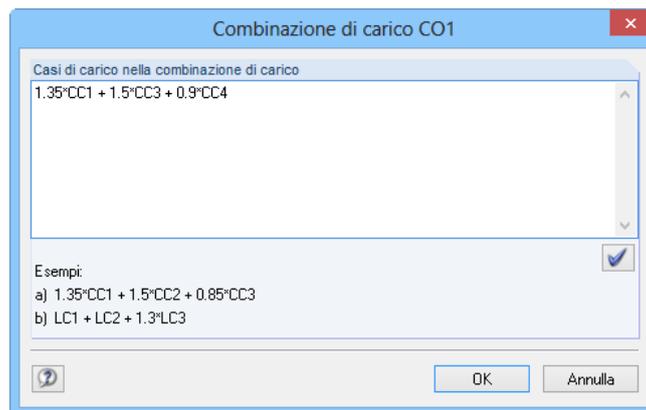


Figura 5.33: Finestra di dialogo *Combinazione di carico* per la definizione tramite la modifica del campo

Si aprirà una finestra di dialogo con il campo di immissione *Casi di carico nella combinazione di carico* dove è possibile aggiungere (o sottrarre) i casi di carico con coefficienti qualsiasi. Tuttavia, non è possibile nidificare gli input.

Esempio: $CC1 + 0,5*CC3$

Al carico semplice del caso di carico 1 è stata aggiunto metà del caso di carico 3.



Utilizzare il pulsante [Imposta input nella tabella] per trasferire la voce all'elenco *Casi di carico nella combinazione di carico* della finestra di dialogo iniziale.

Commento

Inserire una nota definita dall'utente o selezionare una voce dall'elenco per descrivere la combinazione di carico in dettaglio.

Parametri di calcolo

La scheda *Parametri di calcolo* nella finestra di dialogo dei carichi offre diverse opzioni per il controllo del calcolo. Una descrizione dettagliata di questi parametri si trova nel paragrafo 7.3.1 a pagina 272.

Modifica di una combinazione di carico

Vi sono parecchie possibilità per modificare le combinazioni di carico:

- puntare su **Casi e combinazioni di carico** nel menu **Modifica** e selezionare **Combinazioni di carico**
- utilizzare il menu contestuale o fare doppio clic su una combinazione di carico nel navigatore *Dati*

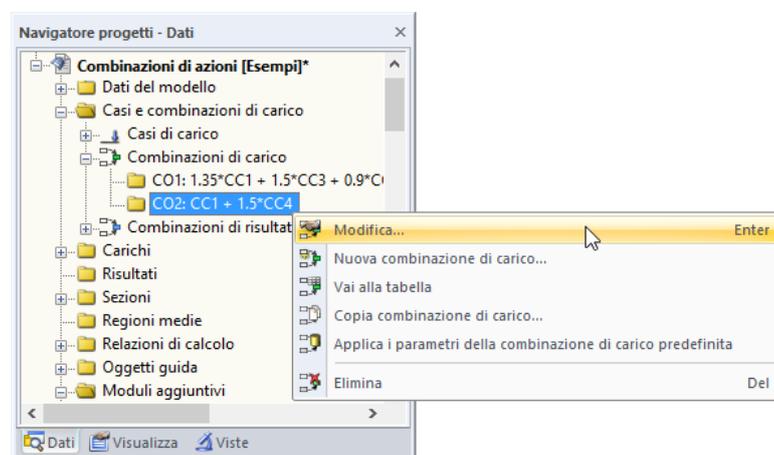


Figura 5.34: Menu contestuale di una combinazione di carico

Nella finestra di dialogo *Modifica casi e combinazioni di carico* (si veda figura 5.29, pagina 201), selezionare la CO e modificare i criteri di definizione.

Pulsanti

Nella finestra di dialogo *Modifica casi e combinazioni di carico*, sono visibili diversi pulsanti sotto gli elenchi *Combinazioni di carico esistenti* e *Combinazioni di carico esistenti* riservati per le seguenti funzioni:

	Crea una nuova combinazione di carico
	Crea una nuova combinazione di carico copiando la combinazione selezionata
	Assegna un nuovo numero alla combinazione di carico selezionata. Specificare il numero in una finestra di dialogo separata. Non è consentito immettere un numero che è stato già assegnato ad una CO
	Elimina la combinazione di carico selezionata
	L'elenco mostra soltanto i casi di carico che ancora non sono contenuti nella combinazione di carico
	Seleziona tutti i casi di carico nell'elenco
	Inverte la selezione dei casi di carico

Tabella 5.3: Pulsanti nella scheda *Combinazioni di carico*

5.5.2 Combinazioni generate

Quando si passa alla scheda di dialogo *Combinazioni di carico* o alla tabella 2.5, RFEM crea automaticamente le combinazioni. Poiché i casi di carico non sono combinati manualmente, la scheda *Generale* è diversa (si veda figura 5.30, pagina 201 per le combinazioni definite dall'utente).

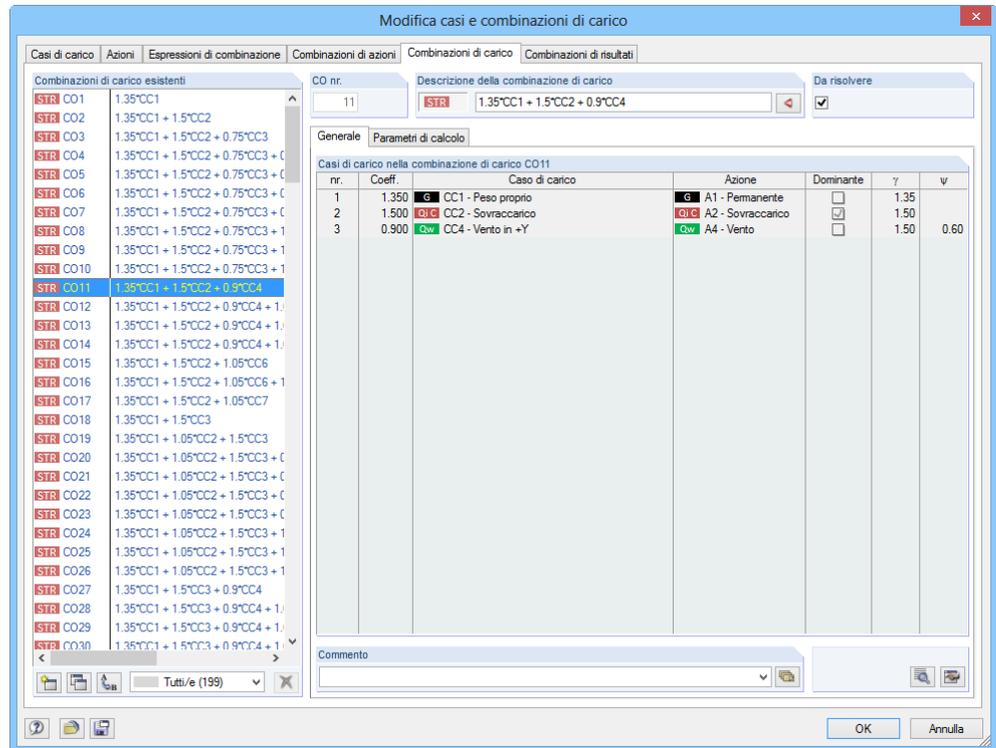
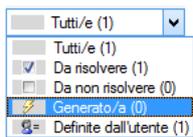


Figura 5.35: Finestra di dialogo *Modifica casi e combinazioni di carico*, scheda *Combinazioni di carico*

Combinazione di carico

Le combinazioni generate dalle combinazioni di azioni sono numerate consecutivamente.

È possibile filtrare le combinazioni generate con particolari criteri utilizzando il campo di selezione nell'angolo in basso a sinistra sotto la sezione di dialogo *Combinazioni di carico esistenti*.



Descrizione della combinazione di carico

RFEM assegna automaticamente delle brevi descrizioni in base ai coefficienti di sicurezza e numeri dei casi di carico che esprimono le regole di combinazione. È possibile modificare le descrizioni, se necessario.

Fare clic sul pulsante del dialogo [◀] per tornare indietro alla scheda di dialogo *Combinazioni di azioni* (si veda paragrafo 5.4, pagina 195) dove è selezionata la combinazione di azioni da cui è stata creata la combinazione di carico corrente.

Da risolvere

La casella di controllo verifica la determinazione dei risultati per le combinazioni di carico selezionate.

Casi di carico nella combinazione di carico

Nelle colonne vi sono le informazioni sui casi di carico, compresi i coefficienti parziali e di combinazione. Non è possibile modificare i coefficienti delle combinazioni generate.

Se si presuppone che un caso di carico sarà *Dominante* nella combinazione, questo sarà contrassegnato come tale nella finestra di dialogo.



Per verificare e, se necessario, modificare i coefficienti parziali e di combinazione, utilizzare il pulsante del dialogo [Informazioni sui coefficienti]. La finestra di dialogo *Coefficienti* è suddivisa in diverse schede (si veda figura 12.27, pagina 595 e figura 5.23, pagina 197).

Aggiungere una combinazione di carico

Le combinazioni di carico generate non si possono modificare, ma solo cancellare o escludere dal calcolo utilizzando la casella di controllo *Da risolvere*.



Con il pulsante [Nuovo] nell'angolo in basso a sinistra sotto la sezione di dialogo *Combinazioni di carico esistenti* è possibile aggiungere una combinazione definita dall'utente. Per consentire la definizione manuale, la scheda di dialogo *Generale* modificherà il suo aspetto.

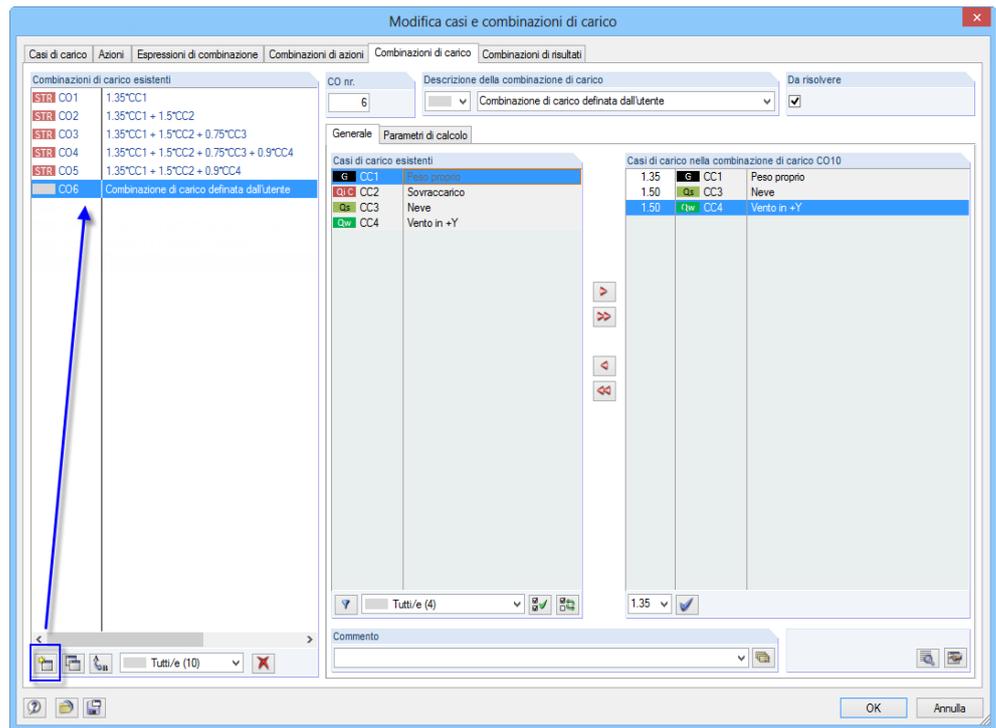


Figura 5.36: Aggiungere una combinazione di carico definita dall'utente

Il paragrafo 5.5.1 descrive in dettaglio come si possono creare le combinazioni di carico manualmente.

5.6 Combinazioni di risultati

Descrizione generale

I casi di carico si possono combinare in una combinazione di risultati (**CR**) ed in una combinazione di carico (**CO**).

Nella combinazione di risultati, sarà prima effettuato il calcolo dei casi di carico e successivamente saranno combinati i risultati, considerando anche i fattori parziali. Una combinazione di carico (si veda paragrafo 5.5, pagina 199) combina prima i carichi contenuti nei casi di carico in un "grande caso di carico", prendendo in considerazione i coefficienti parziali, e solo successivamente calcola il grande caso.

I casi di carico si possono combinare manualmente (si veda paragrafo 5.6.1) o automaticamente da RFEM (si veda paragrafo 5.7), a seconda delle impostazioni nella finestra di dialogo *Modello - Dati generali* (si veda figura 12.23, a pagina 592). Le impostazioni influenzano anche l'aspetto della scheda di dialogo *Combinazioni di risultati* nella finestra di dialogo *Modifica casi e combinazioni di carico*.

Le combinazioni di risultati non sono idonee per i calcoli non lineari perché i risultati possono essere non veritieri: nella maggior parte dei casi, la rottura di elementi non lineari (ad esempio, elementi di trazione, fondazioni) non accade uniformemente nei casi di carico. Gli effetti delle ridistribuzioni sono tali che comporterebbero la combinazione di forze interne di diversi modelli (si veda esempio nel paragrafo 5.5, pagina 199).

In una combinazione di risultati è possibile combinare i risultati di casi e combinazioni di carico nonché i risultati di altre combinazioni di risultati.

In genere, le forze interne sono addizionate. In linea di principio, sono anche possibili sottrazioni. Si noti, tuttavia, che in questo caso i segni delle forze interne saranno invertiti: le forze di trazione diventano forze di compressione ecc. Pertanto, come alternativa, si consiglia di copiare il caso di carico (si veda paragrafo 5.1, pagina 182) ed impostare il coefficiente del carico a -1,00 per la copia del caso di carico della scheda di dialogo *Parametri di calcolo*. Quindi, il caso di carico può essere aggiunto nella combinazione di risultati.

5.6.1 Combinazioni definite dall'utente

Creare una nuova combinazione di risultati

Vi sono diverse possibilità per aprire la finestra di dialogo per la creazione di una nuova combinazione di risultati:

- puntare su **Casi e combinazioni di carico** nel menu **Inserisci** e selezionare **Combinazione di risultati**
- fare clic sul pulsante [Nuova combinazione di risultati] nella barra degli strumenti

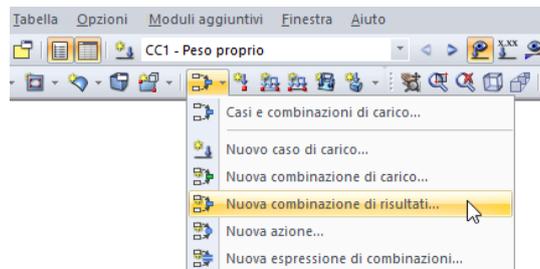
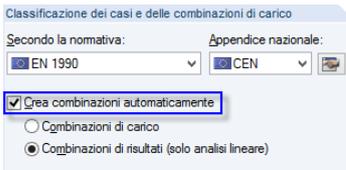


Figura 5.37: Pulsante *Nuova combinazione di risultati* nella barra degli strumenti

Differenza fra combinazione di risultati e di carico



Casella di controllo nel dialogo *Modello - Dati generali*



- utilizzare il menu contestuale della voce del navigatore *Combinazioni di risultati*.

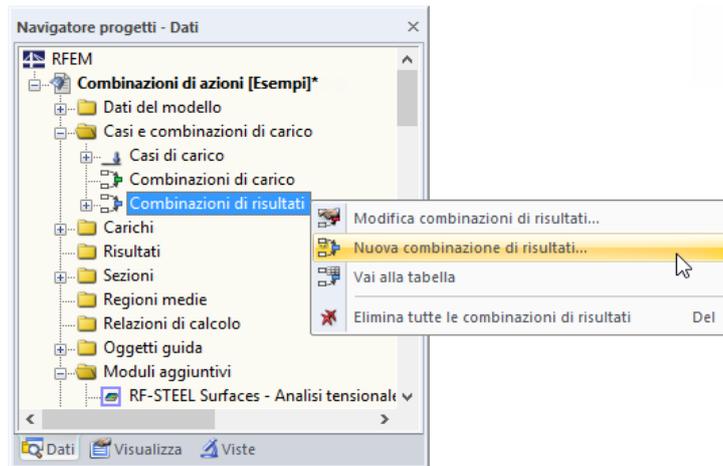


Figura 5.38: Menu contestuale di *Combinazioni di risultati* nel navigatore *Dati*

Apparirà la finestra di dialogo *Modifica casi e combinazioni di carico*. Sarà predisposta una nuova combinazione di carico nella scheda di dialogo *Combinazioni di risultati*.

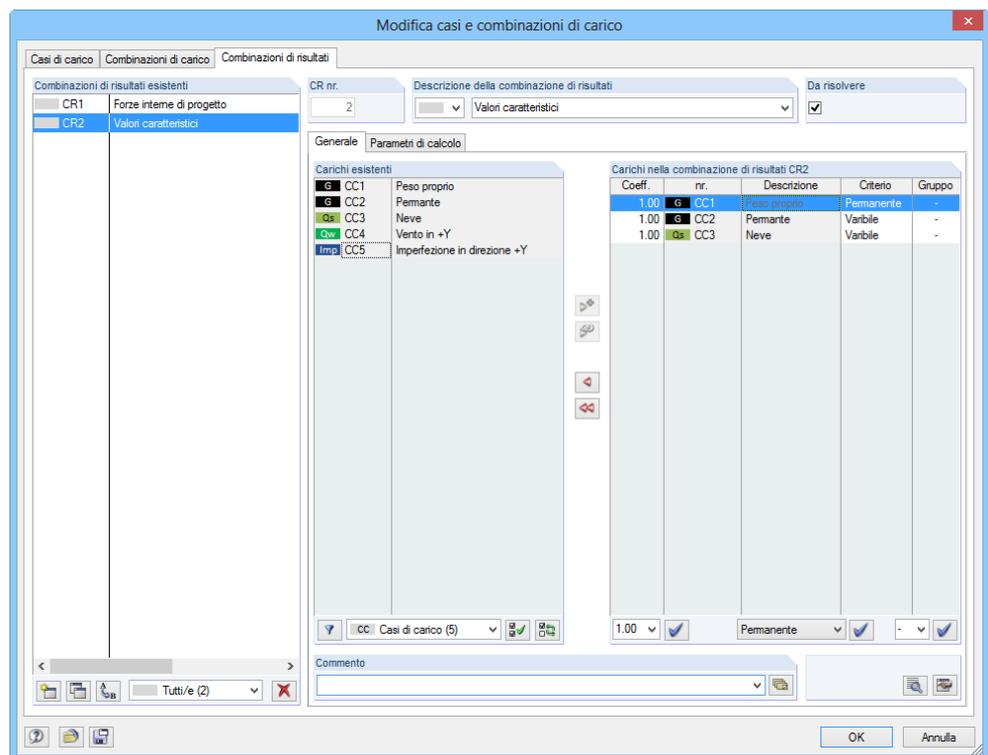


Figura 5.39: Finestra di dialogo *Modifica casi e combinazioni di carico*, scheda *Combinazioni di risultati*

La seguente descrizione si riferisce alla scheda *Generale*. La scheda di dialogo *Parametri di calcolo* è descritta nel paragrafo 7.3.2 a pagina 280.

- È anche possibile inserire una nuova combinazione di risultati in una riga vuota della tabella 2.6 *Combinazioni di risultati*.

Comb. di risult.	Combinazione di risultati		Da risolvere	Coefficiente	Carichi.1			Coefficiente	Carichi.2			Carichi.3			
	SP	Descrizione			nr.	Crit.	Gr.		nr.	Crit.	Gr.	nr.	Crit.	Gr.	
CR1		Forze interne di progetto	<input checked="" type="checkbox"/>	1.35	G	CC1	/P	-	1.50	G	CC3	-	0.90	G	CC4
CR2		Valori caratteristici	<input checked="" type="checkbox"/>	1.00	G	CC1	/P	-	1.00	G	CC2	-	1.00	G	CC3
CR3															
CR4															
CR5															

Figura 5.40: Tabella 2.6 *Combinazioni di risultati*

Combinazione di risultati

Il numero della nuova combinazione di risultati è prestabilito ma può essere modificato nel campo di immissione del dialogo *CR nr.*. Si può cambiare successivamente l'ordine delle combinazioni di risultati tramite il pulsante di dialogo [Rinumer] (si veda tabella 5.4 e paragrafo 11.4.18, pagina 509).

Descrizione della combinazione di risultati

È possibile immettere manualmente un nome qualsiasi. È anche possibile scegliere un nome dall'elenco per descrivere brevemente la combinazione di risultati. Poiché le descrizioni inserite sono memorizzate nell'elenco, possono essere utilizzate anche per tutte le altre strutture.

Da risolvere

Utilizzare la casella di controllo per decidere se si deve considerare la combinazione di carico nel calcolo. In questo modo, è possibile attivare o escludere specifiche combinazioni di risultati dal calcolo.

Carichi nella combinazione di risultati

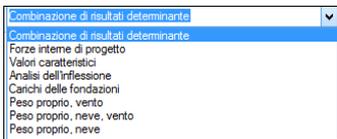
Nelle colonne sono presenti le informazioni sui casi di carico, sulle combinazioni di carico e di risultati e sui coefficienti corrispondenti.

I valori indicati nella colonna della tabella *Coeff.* derivano dai coefficienti della normativa selezionata. Secondo la EN 1990 sono i coefficienti parziali γ , i coefficienti di combinazione ψ , i coefficienti di riduzione ξ e, se applicabile, i coefficienti dell'affidabilità K_{FI} di ogni azione risultante dalla situazione di progetto e dall'azione.

Per verificare e modificare i coefficienti parziali e di combinazione, conformemente alla normativa, si utilizzi il pulsante di dialogo [Coefficienti] o il pulsante della tabella [...]. Si aprirà la finestra di dialogo *Coefficienti* dove si troveranno vari fattori disposti in parecchie schede. La scheda *Coefficienti parziali* per la EN 1990 è visibile nella figura 12.27 a pagina 595. La scheda *Coefficienti di combinazione* gestisce i coefficienti ψ e ξ (si veda figura 5.23, pagina 197). Il coefficiente di affidabilità K_{FI} può essere definito in un campo di immissione della scheda di dialogo *Classe delle conseguenze*, ma si può anche inserire un valore definito dall'utente.

Combinazione dei carichi

Nella finestra di dialogo *Modifica casi e combinazioni di carico*, si possono combinare i casi di carico in una combinazione in questo modo: selezionare cliccando gli ingressi rilevanti nell'elenco dei *Carichi esistenti*. Tenere premuto il tasto [Ctrl] (come di consueto in Windows) per applicare la selezione multipla. Utilizzare i pulsanti di dialogo [►+] e [►∞] per trasferire le voci selezionate nell'elenco *Carichi nella combinazione di risultati* a destra.



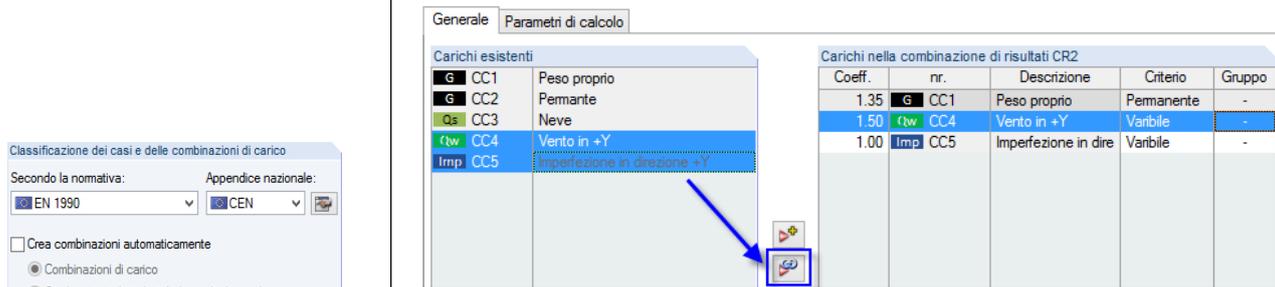
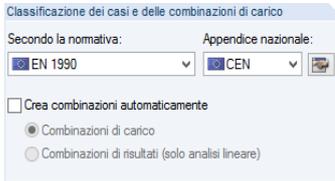
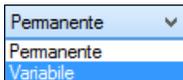


Figura 5.41: Selezione multipla per l'analisi alternativa di due casi di carico



Impostazioni normativa del dialogo
Modello - Dati generali



I coefficienti dei casi di carico sono creati in conformità alla normativa impostata nella finestra di dialogo *Modello - Dati generali* (si veda paragrafo 12.2.1, pagina 595). Se necessario, è possibile modificare i coefficienti parziali predisposti utilizzando il pulsante di dialogo [Coefficienti].

Per rimuovere un carico da una combinazione di risultati, selezionare l'immissione nella sezione di dialogo *Carichi nella combinazione di risultati*. Utilizzare il pulsante [◀] o cliccare due volte la voce per riportarla alla sezione di dialogo *Carichi esistenti*.

I casi di carico, le combinazioni di carico e di risultati contenute nella combinazione di risultati si possono combinare in funzione dei loro effetti:

- **Criteri di carico**

- **Effetto permanente**

- Se si desidera applicare il carico in modo permanente o incondizionatamente, si deve aggiungere il criterio *Permanente* o *p* al carico.

- **Effetto variabile**

- Un carico con il criterio *Variabile* è considerato in combinazione solo se le sue forze interne danno un contributo sfavorevole ai risultati.

- **Criteri di combinazione**

- **Combinazione additiva**

- I risultati dei carichi sono combinati additivamente con il criterio "+". Utilizzare il pulsante [▶⁺] disponibile nella finestra di dialogo per trasferire i casi di carico, le combinazioni di carico e di risultati nell'elenco di definizione della combinazione di risultati.

- **Combinazione alternativa**

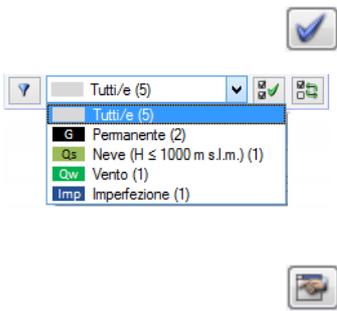
- Con l'analisi alternativa utilizzando il criterio "or", RFEM gestisce i risultati dei carichi come mutualmente esclusivi. RFEM prenderà in considerazione solo i valori di quel carico che ha il massimo contributo sfavorevole. Utilizzare il pulsante di dialogo [▶^{or}] per trasferire i carichi selezionati all'elenco di definizione della combinazioni di risultati.

- I carichi che agiscono alternativamente sono contrassegnati con lo stesso numero nella colonna della tabella *Gruppo*.

- Il criterio "o a" combina un elenco di carichi alternativi dal primo all'ultimo oggetto. Gli oggetti che giacciono nel mezzo non sono elencati.

- Tutti i carichi in elenco nella combinazione alternativa devono essere contrassegnati consistentemente come "Permanente" o "Variabile". Quindi, non è consentito immettere ad esempio "CC1/p o CC2".

È possibile modificare i fattori dei carichi trasferiti singolarmente: selezionare i carichi nell'elenco *Carichi nella combinazione di risultati* e inserire un coefficiente appropriato nel campo di immissione. È inoltre possibile utilizzare l'elenco per selezionare un coefficiente. Per concludere, cliccare sul pulsante [Imposta coefficiente] per applicare il nuovo coefficiente ai carichi.



Analogamente, è possibile modificare successivamente i criteri dei carichi (effetti permanenti o variabili) o l'appartenenza a un gruppo di un carico alternativo. Per assegnare il nuovo criterio al carico selezionato, utilizzare il pulsante di dialogo [Imposta].

Sono disponibili parecchie opzioni di filtro sotto l'elenco *Carichi esistenti*. Con l'aiuto delle opzioni è possibile assegnare i carichi ordinati per caso di carico, combinazione di carico e di azioni, e categorie di azioni. Inoltre, è possibile limitare l'elenco ai carichi che non sono stati ancora assegnati. I pulsanti sono descritti nella tabella 5.4 a pagina 214.

Per definire manualmente le combinazioni di carico, utilizzare il pulsante [Modifica] nell'angolo destro in basso della finestra di dialogo *Modifica casi e combinazioni di carico*.

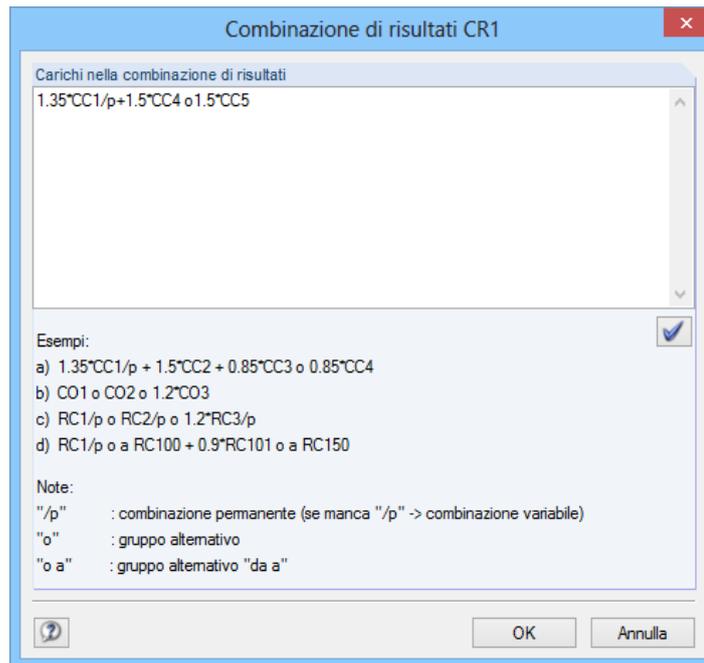


Figura 5.42: Finestra di dialogo *Combinazione di risultati* per la definizione tramite il campo di modifica

Si aprirà una finestra di dialogo che offre il campo di immissione *Carichi nella combinazione di risultati* dove si possono aggiungere casi di carico con un fattore qualsiasi o in combinazione con il criterio "o". Tuttavia, la nidificazione dell'immissione non è permessa.

Esempi:

- **CC1/p + CC2/p + CC3**
I casi di carico 1 e 2 sono combinati come permanenti, il caso di carico 3 come variabile.
- **CC1/p + CO2 + CC3 o CC4 o CC5** (corrisponde alla **CC1/p + CO2 + CC3 o a CC5**)
Il caso di carico 1 è considerato come permanente, la combinazione di carico 2 come variabile. Il caso più sfavorevole dei casi di carico 3, 4 o 5 sarà combinato con il criterio "variabile" (questo significa che solo uno di essi sarà tenuto in conto, se incrementa i valori dei risultati).
- **1.2*CO1/p + 0.2*CR1 o -0.2*CR1**
Il 1,2 della combinazione di carico 1 è combinata in modo permanente con il contributo più sfavorevole dello 0,2 della combinazione di risultati 1 positiva o negativa.
- **CR1/p o CR2/p o CR3/p o CR4/p** (corrisponde alla **CR1/p o a CR4/p**)
Le combinazioni di risultati da 1 a 4 sono confrontate l'un con l'altra come azioni permanenti. L'involuppo si determina come il risultato più sfavorevole.

Utilizzare il pulsante [Imposta] per trasferire la voce nell'elenco *Carichi nella combinazione di carichi* della finestra di dialogo iniziale.



Commento

Inserire una nota definita dall'utente o selezionare una voce dall'elenco per descrivere la combinazione di carico in dettaglio.

Parametri di calcolo

La scheda *Parametri di calcolo* nella finestra di dialogo dei carichi ha diverse opzioni per il controllo del calcolo. Una descrizione dettagliata di questi parametri si trova nel paragrafo 7.3.1 a pagina 272.

Modifica di una combinazione di risultati

Vi sono parecchie possibilità per modificare le combinazioni dei risultati:

- puntare su **Casi e combinazioni di carico** nel menu **Modifica** e selezionare **Combinazioni di risultati**
- utilizzare il menu contestuale o cliccare due volte su una combinazione di carico nel navigatore *Dati*

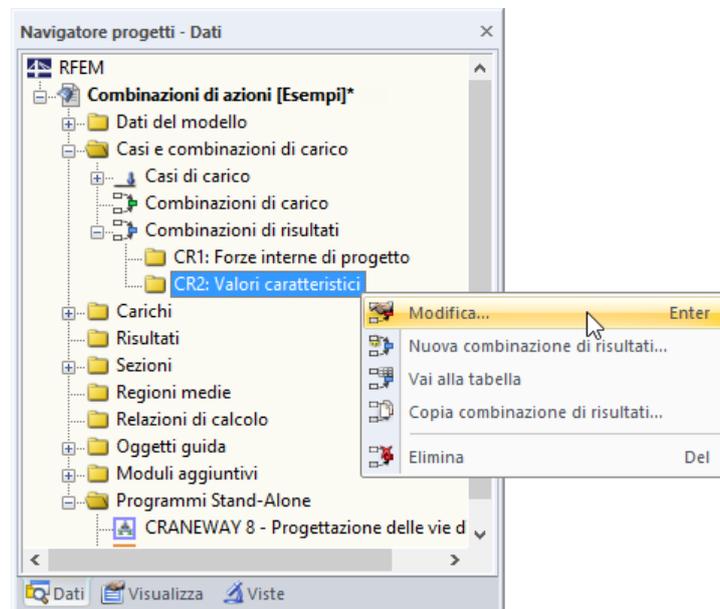


Figura 5.43: Menu contestuale di una combinazione di risultati

Nella finestra di dialogo *Modifica casi e combinazioni di carico* (si veda figura 5.39, pagina 209), selezionare la CR e modificare i criteri di definizione.

Pulsanti

Nella finestra di dialogo *Modifica casi e combinazioni di carico*, sono disponibili diversi pulsanti negli elenchi *Combinazioni di carico esistenti* e *Carichi esistenti*. Questi sono riservati per le seguenti funzioni:

	Crea una nuova combinazione di risultati
	Crea una nuova combinazione di risultati copiando quella selezionata
	Assegna un nuovo numero alla combinazione di risultati selezionata. Specificare il numero in una finestra di dialogo separata. Non è consentito immettere un numero che è già stato assegnato.
	Elimina la combinazione di risultati selezionata
	L'elenco mostra soltanto i casi di carico che ancora non sono contenuti nella combinazione di risultati.
	Seleziona tutti i casi di carico nell'elenco
	Inverte la selezione dei casi di carico

Tabella 5.4: Pulsanti nella scheda *Combinazioni di risultati*

5.6.2 Combinazioni generate

Quando si passa alla scheda di dialogo *Combinazioni di risultati* o alla tabella 2.6, RFEM crea automaticamente le combinazioni. Poiché i casi di carico non sono combinati manualmente, la scheda *Generale* appare diversamente (si veda figura 5.39, pagina 209 per le combinazioni definite dall'utente).

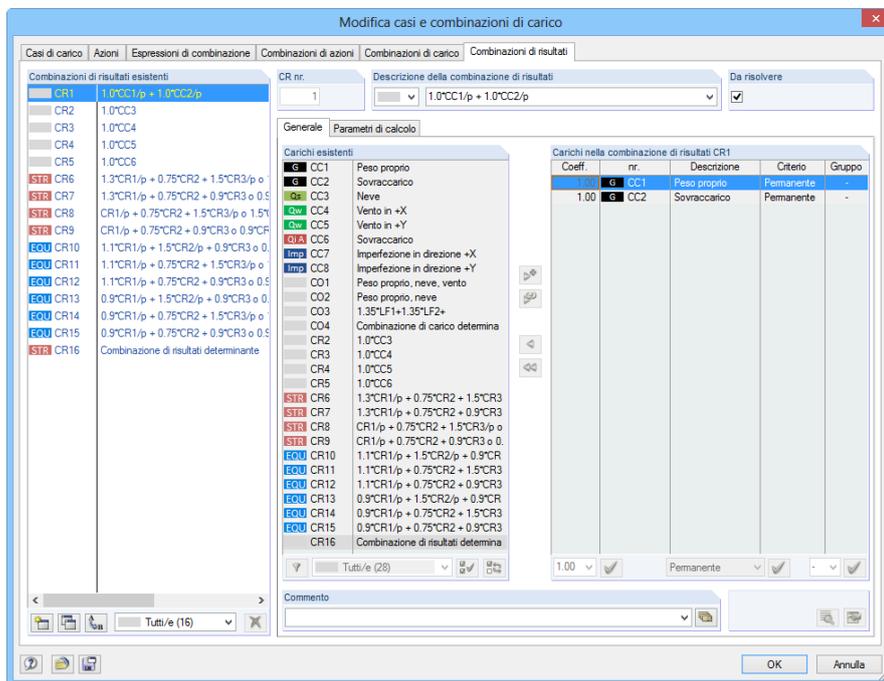
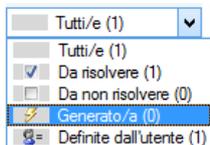


Figura 5.44: Finestra di dialogo *Modifica casi e combinazioni di carico*, scheda *Combinazioni di risultati*

Combinazione di risultati

Le combinazioni di risultati generate dalle combinazioni di azioni sono numerate consecutivamente.

È possibile filtrare le combinazioni generate con particolari criteri, utilizzando il campo di selezione nell'angolo in basso a sinistra sotto la sezione di dialogo *Combinazioni di risultati esistenti*.



Descrizione della combinazione di risultati

RFEM assegna automaticamente delle brevi descrizioni in base ai coefficienti parziali ai numeri dei casi di carico e alle regole di combinazione. È possibile modificare le descrizioni, se necessario.



Fare clic sul pulsante del dialogo [◀] per tornare indietro alla scheda di dialogo *Combinazioni di azioni* (si veda paragrafo 5.4, pagina 195) dove sarà selezionata la combinazione di azioni dalla quale è stata creata la combinazione di risultati corrente.

Da risolvere

La casella di controllo il calcolo dei risultati per le combinazioni di risultati selezionate a sinistra.

Casi di carico nella combinazione di risultati

Nelle colonne vi sono le informazioni sui casi di carico, compresi i coefficienti parziali e di combinazione. Non è possibile modificare i coefficienti delle combinazioni generate.

Se si presuppone che un caso di carico sarà *Dominante* nella combinazione, questo sarà contrassegnato di conseguenza nella finestra di dialogo.



Per verificare e, se necessario, modificare i coefficienti parziali e di combinazione, si utilizzi il pulsante di dialogo [Coefficienti]. La finestra di dialogo *Coefficienti* è suddivisa in diverse schede (si veda figura, pagina 595 e figura 5.23, pagina 197).

Aggiungere una combinazione di risultati

Le combinazioni di risultati generate non si possono modificare, ma solo cancellare o escludere dal calcolo utilizzando la casella di controllo *Da risolvere*.



Con il pulsante [Nuova] nell'angolo in basso a sinistra sotto la sezione di dialogo *Combinazioni di risultati esistenti* è possibile aggiungere una combinazione definita dall'utente. Per abilitare la definizione manuale, la scheda di dialogo *Generale* modifica il suo aspetto.

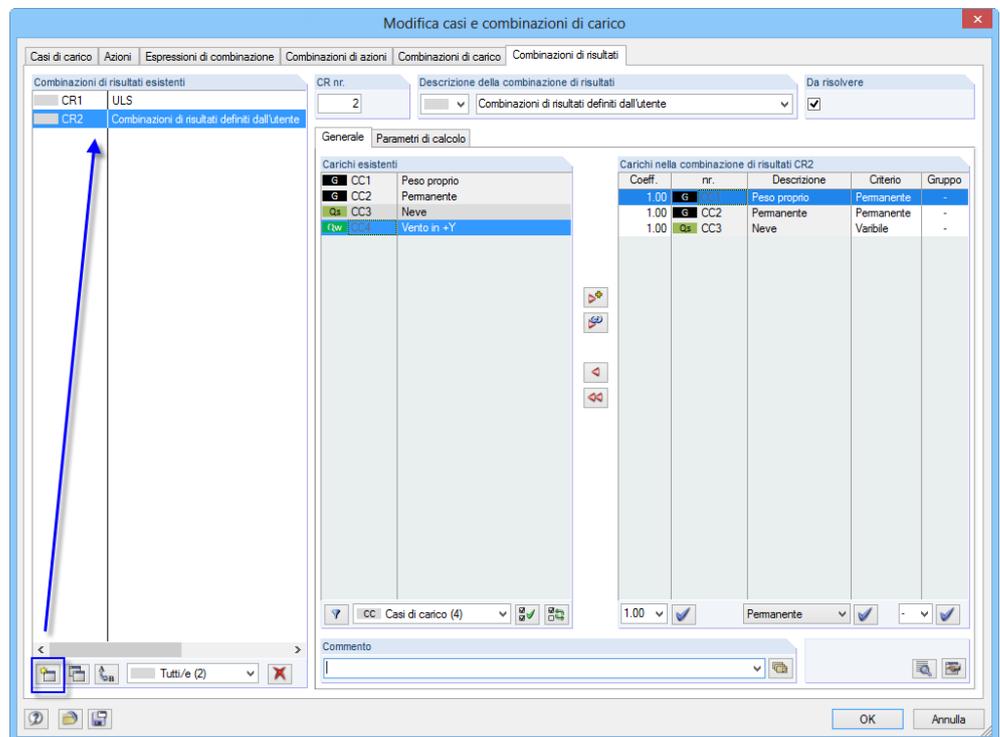


Figura 5.45: Aggiungere una combinazione di risultati definita dall'utente

Il paragrafo 5.6.1 precedente descrive in dettaglio come si possono creare le combinazioni di risultati manualmente.

5.7 Schema di combinazione

Le costellazioni dei casi di carico possono essere salvate come schemi di combinazione e riutilizzate per applicazioni simili. Per aprire la finestra di dialogo corrispondente,

selezionare **Schema di combinazione** dal menu **Strumenti**.

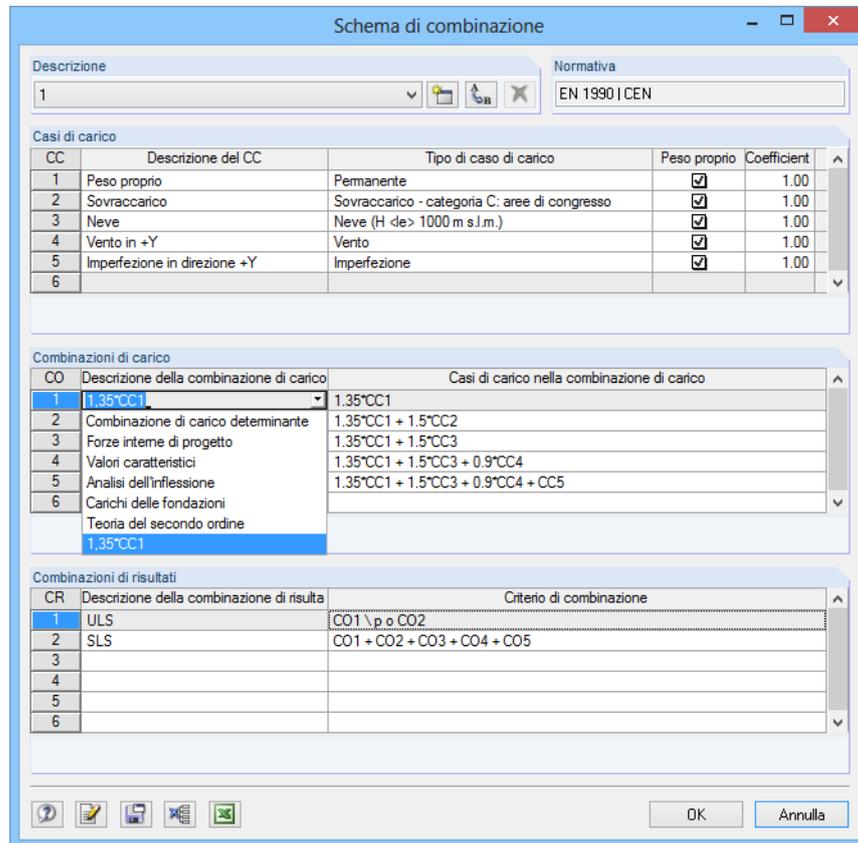


Figura 5.46: Finestra di dialogo *Schema di combinazione*



Nella sezione di dialogo *Descrizione*, è possibile selezionare una schema di combinazione dall'elenco. È inoltre possibile utilizzare il pulsante [Nuovo] per creare un nuovo schema.

Quando i casi di carico sono già stati definiti nel modello, questi saranno inseriti nella sezione di dialogo *Casi di carico*. I casi di carico si possono aggiungere, confermando l'ultima riga dell'elenco con il tasto [Enter] o [Tab]. Nella colonna di dialogo *Descrizione del CC*, si possono selezionare le descrizioni predisposte dall'elenco.

Le sezioni di dialogo *Combinazioni di carico* e *Combinazioni di risultati* gestiscono le condizioni di combinazione per le combinazioni di carico (si veda paragrafo 5.5) e le combinazioni di risultati (si veda paragrafo 5.6).



Per salvare lo schema di combinazione, cliccare sul pulsante [Salva] mostrato a sinistra. Confermare la finestra di dialogo con il pulsante [OK] in modo che RFEM possa creare i casi di carico, le combinazioni di carico e di risultati.



Non dimenticare di inserire il carico: lo schema di combinazione genera solo uno schema di casi di carico, di combinazioni di carico e di risultati!

Per i modelli che utilizzano lo stesso schema di carico è possibile generare tutti i casi di carico, combinazioni di carico e di risultati senza dover più ripetere l'inserimento dei dati. Aprire la finestra di dialogo dello schema, selezionare lo schema di combinazione dall'elenco *Descrizione* ed importarlo facendo clic su [OK].

6. Carichi

RFEM offre diverse possibilità per l'inserimento dei carichi: si possono definire carichi in una **finestra di dialogo**, in una **tabella** e molto spesso direttamente nell'**area di lavoro**.

Apertura della finestra di dialogo per l'immissione

È possibile accedere alle finestre di dialogo per l'immissione e all'input grafico in diversi modi.

Menu *Inserisci*

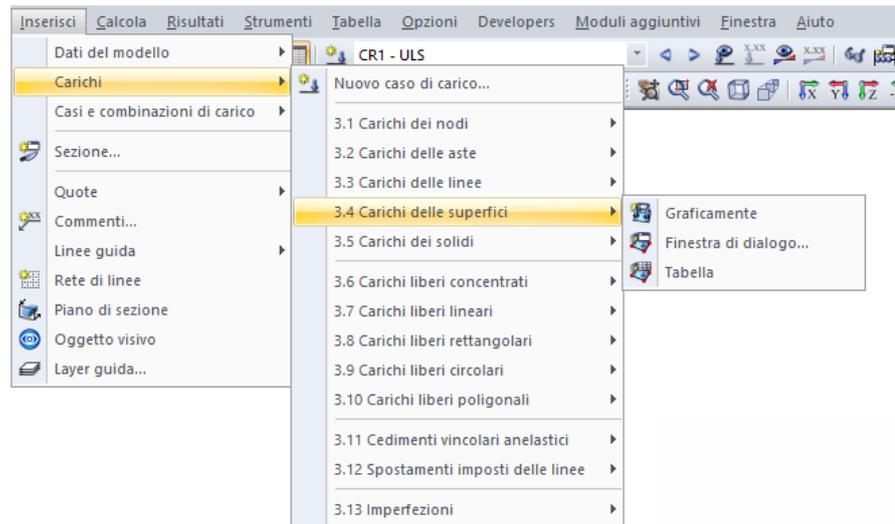


Figura 6.1: Menu *Inserisci* → *Carichi*

Barra degli strumenti *Inserisci*



Figura 6.2: Barra degli strumenti *Inserisci*

Menu contestuale nel navigatore *Dati*

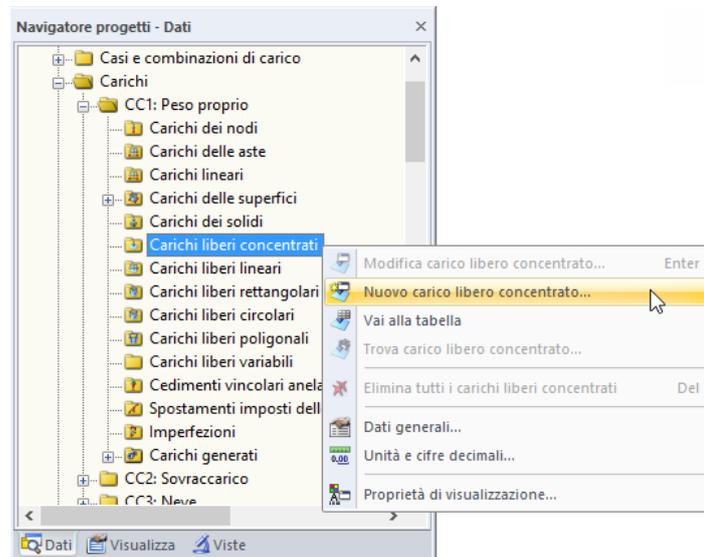


Figura 6.3: Menu contestuale dei carichi nel navigatore *Dati*



Menu contestuale o doppio clic nella tabella

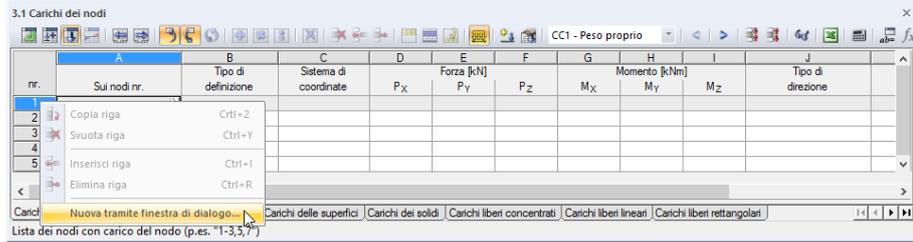


Figura 6.4: Menu contestuale nelle tabelle di carico

Si può accedere alla finestra di dialogo di immissione mediante il menu contestuale (o con un doppio clic) del numero di riga.

Aprire la finestra di dialogo di modifica

RFEM offre diverse possibilità per aprire una finestra di dialogo che consente la modifica dei carichi.

Menu Modifica

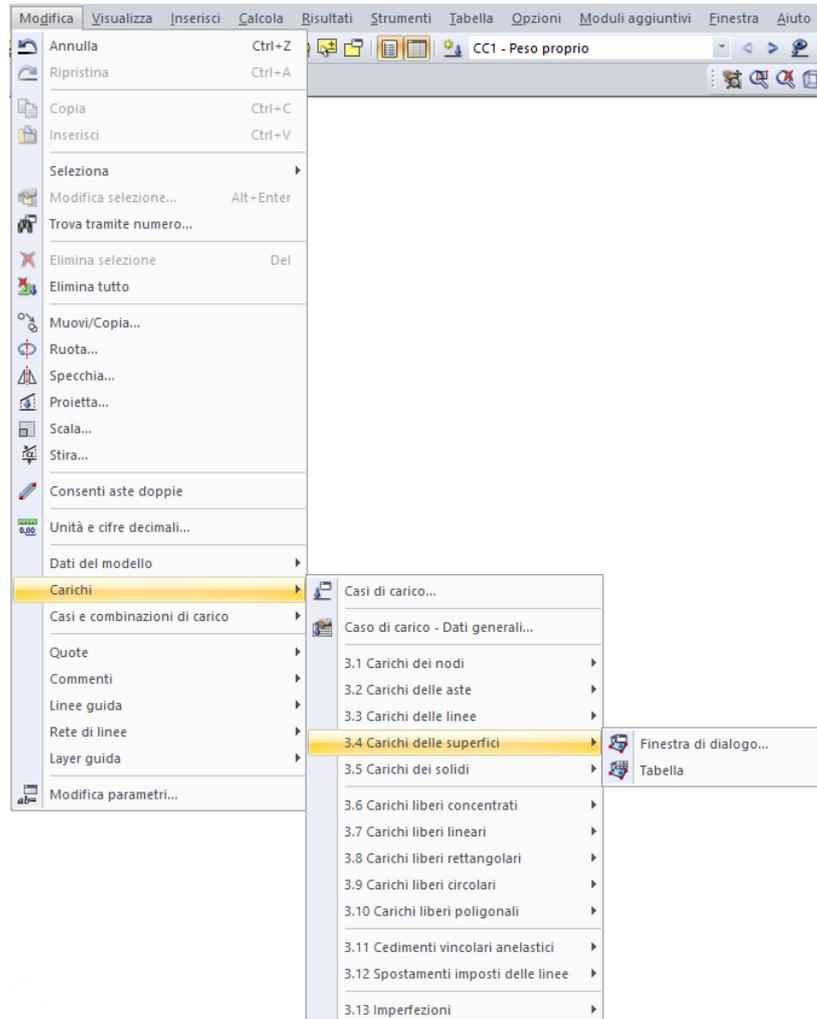


Figura 6.5: Menu Modifica → Carichi

L'opzione del menu *Finestra di dialogo* è accessibile solo quando il carico dell'oggetto è già stato selezionato precedentemente.

Menu contestuale o doppio clic nell'area di lavoro

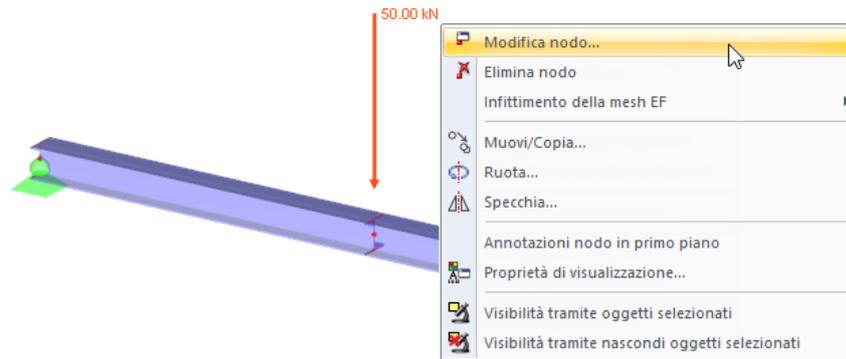


Figura 6.6: Menu contestuale nell'area di lavoro

Menu contestuale o doppio clic nel navigatore Dati

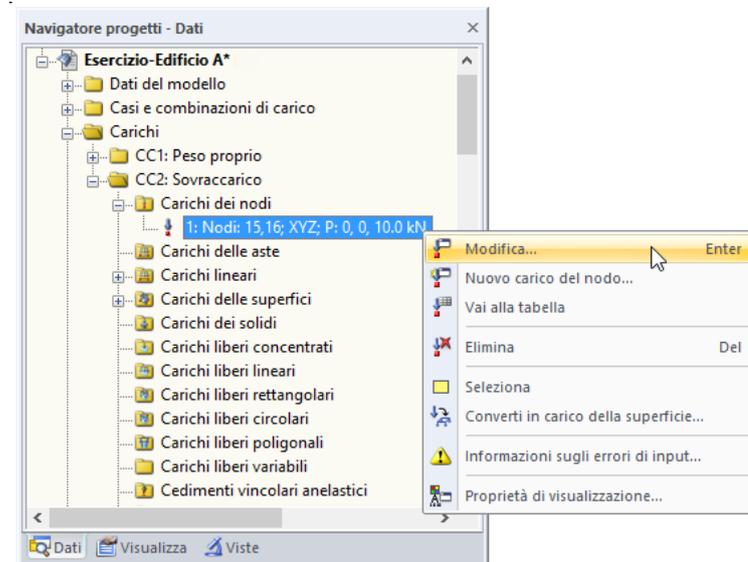


Figura 6.7: Menu contestuale dei carichi nel navigatore Dati

Menu contestuale o doppio clic nella tabella

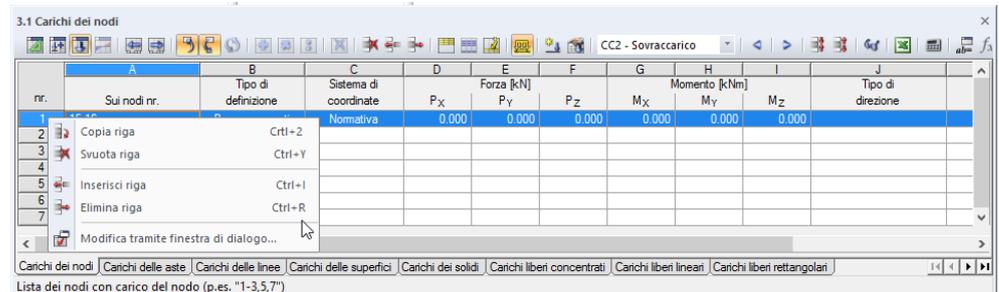
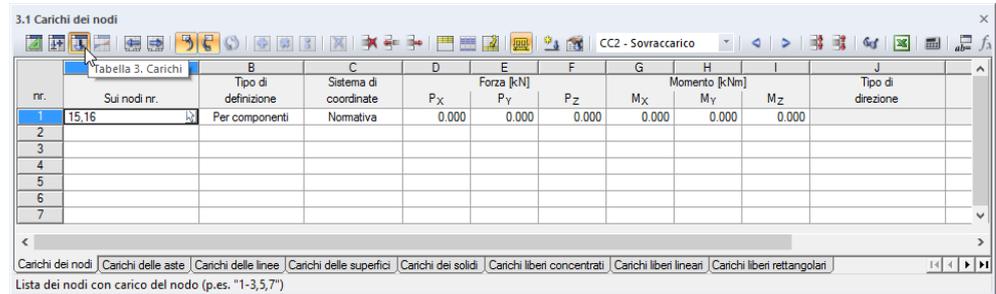


Figura 6.8: Menu contestuale nelle tabelle di carico

Si può accedere alla finestra di dialogo tramite il menu contestuale (o con un doppio clic) del numero di riga.

Tabella di immissione

Gli ingressi e le modifiche effettuate nell'interfaccia grafica utente sono immediatamente visualizzati nelle tabelle, e viceversa. Per accedere alle tabelle dei carichi, usare il terzo pulsante da sinistra disponibile nella tabella degli strumenti.

nr.	Sui nodi nr.	B Tipo di definizione	C Sistema di coordinate	D P _x	E Forza [kN] P _y	F P _z	G M _x	H Momento [kNm] M _y	I M _z	J Tipo di direzione
1	15,16	Per componenti	Normativa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
2										
3										
4										
5										
6										
7										

Figura 6.9: Pulsante [Tabella 3. Carichi]

I dati inseriti nelle tabelle sotto forma di fogli di calcolo possono essere modificati e importati rapidamente (si veda paragrafo 11.5, pagina 509).

In ogni finestra di dialogo e tabella è possibile aggiungere un *Commento* specificando il carico. Si possono anche utilizzare i commenti predefiniti (si veda paragrafo 11.1.4, a pagina 443).



Per controllare se i carichi sono elencati riga per riga, oppure riassunti nella tabella attuale, rispettivamente in tutte le tabelle, si selezioni **Ottimizza dati dei carichi** nel menu **Tabella**. È inoltre possibile utilizzare i pulsanti della barra degli strumenti visibili sulla sinistra per attivare le impostazioni. I pulsanti sono a destra dell'elenco dei casi di carico.

6.1 Carichi dei nodi

Descrizione generale

I carichi dei nodi sono forze e momenti che agiscono sui nodi (si veda paragrafo 4.1, pagina 45).

Per applicare un carico del nodo, è necessario definire un nodo in precedenza.

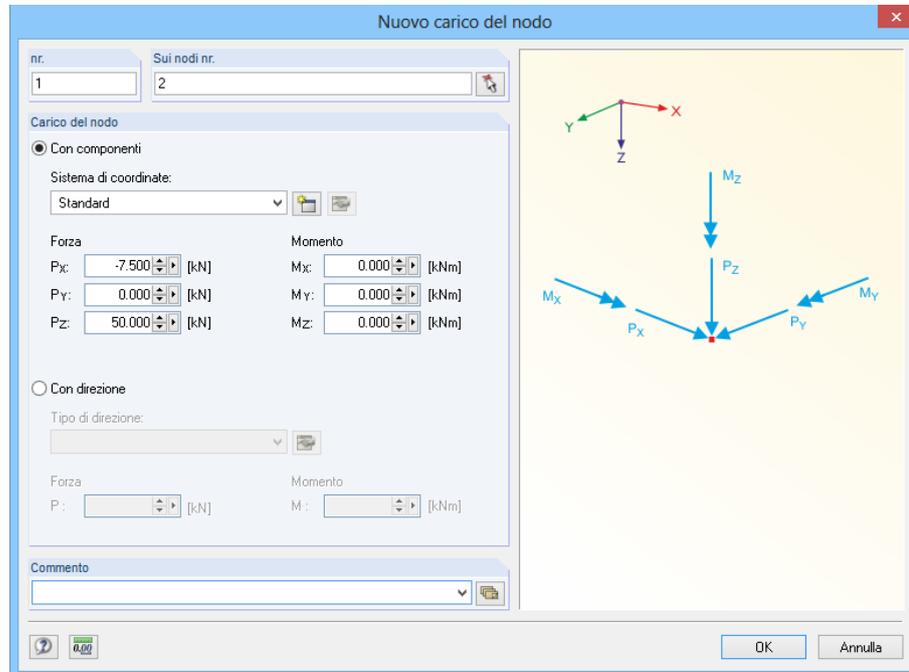
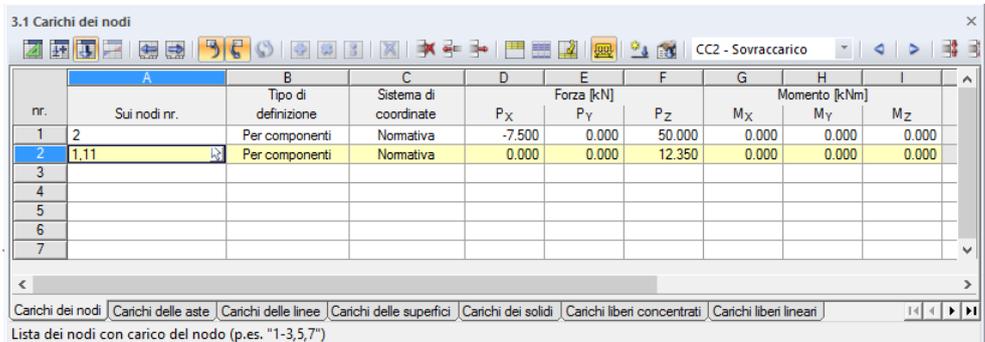


Figura 6.10: Finestra di dialogo *Nuovo carico del nodo*



nr.	Sui nodi nr.	Tipo di definizione	Sistema di coordinate	Forza [kN]			Momento [kNm]		
				P _x	P _y	P _z	M _x	M _y	M _z
1	2	Per componenti	Normativa	-7.500	0.000	50.000	0.000	0.000	0.000
2	1,11	Per componenti	Normativa	0.000	0.000	12.350	0.000	0.000	0.000
3									
4									
5									
6									
7									

Figura 6.11: Tabella 3.1 *Carichi dei nodi*

Il numero del carico del nodo è assegnato automaticamente nella finestra di dialogo *Nuovo carico del nodo*, ma si può modificare nel campo di immissione. L'ordine della numerazione non è importante.

Sui nodi

In questo campo di immissione, definire i numeri dei nodi su cui agisce il carico. Nella finestra di dialogo *Nuovo carico del nodo*, si possono selezionare i nodi anche graficamente utilizzando la funzione [↖].



Quando si seleziona l'immissione grafica, il campo di immissione è disabilitato ed è necessario, prima di tutto, immettere i dati del carico. Dopo aver fatto clic su [OK] si possono selezionare i nodi consecutivamente nella finestra di lavoro.

Forza P_x / P_y / P_z

Le forze dei nodi sono dei vettori il cui sistema assiale di riferimento è quello globale. Se una forza non è parallela ad uno degli assi globali, si devono determinare le sue componenti X, Y e Z, inserendoli nei relativi campi di immissione.

Quando il tipo di modello è limitato ad un sistema planare nella finestra di dialogo *Dati generali*, non è possibile accedere a tutti e tre i campi di immissione o alle colonne della tabella.

Momento M_x / M_y / M_z

Il sistema assiale X, Y, Z di riferimento dei momenti è, allo stesso modo, quello globale. Pertanto, un momento che agisce obliquamente si deve scomporre nelle sue componenti in X, Y e Z, che possono poi essere inseriti nei rispettivi campi di immissione.



Un momento positivo agisce in senso orario intorno al corrispondente asse globale positivo. L'ingresso è reso più evidente da illustrazioni grafiche nel grafico di dialogo.

Oltre ai vettori, i momenti si possono rappresentare come archi. Per controllare le proprietà di visualizzazione (si veda paragrafo 11.1.2, pagina 438),

puntare su **Proprietà di visualizzazione** nel menu **Opzioni**, quindi selezionare **Modifica**.

Si aprirà la finestra di dialogo *Proprietà di visualizzazione* dove si possono impostare la *Categoria Carichi* → *Carichi dei nodi* → *Momenti dei nodi*. Quindi, sarà possibile selezionare l'opzione di visualizzazione *Arco* nella scheda a destra.

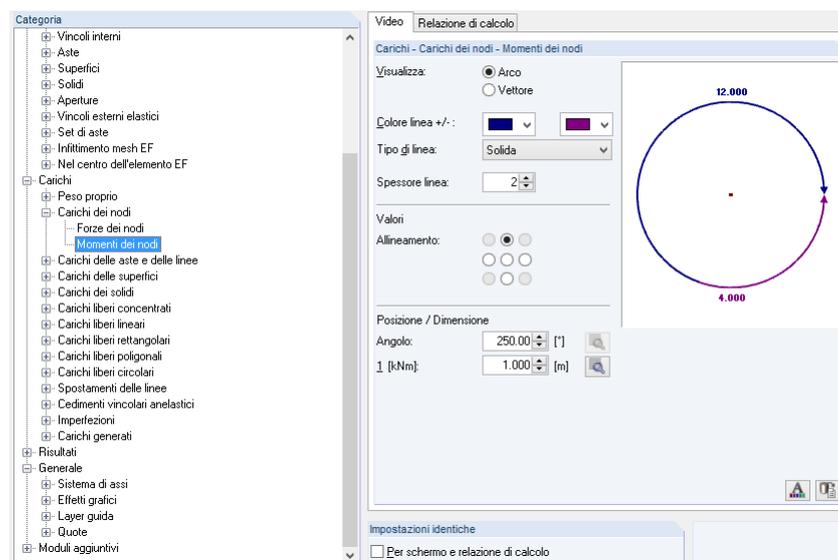


Figura 6.12: Finestra di dialogo *Proprietà di visualizzazione* (sezione di dialogo): *Momenti dei nodi* con l'opzione *Arco*



È anche possibile importare le coordinate del nodo da fogli di calcolo Excel (si veda paragrafo 12.5.2, pagina 609).

Spesso, i carichi del nodo hanno delle singularità perché il carico è concentrato quando si applica ad un unico nodo EF. Per ridurre questo effetto, selezionare **Converti carichi dei nodi/delle linee in carichi delle superfici** nel menu **Strumenti**. È inoltre possibile utilizzare il menu contestuale di un carico del nodo sulla sinistra per accedere alla finestra di dialogo per la conversione di carichi dei nodi. Aprire il menu contestuale con un clic sul pulsante destro sull'oggetto.

Si aprirà una finestra di dialogo (si veda figura) in cui è possibile definire i parametri per la distribuzione del carico. Dopo aver fatto clic su [OK] si creerà il corrispondente carico libero rettangolare o circolare.



Menu contestuale del carico del nodo

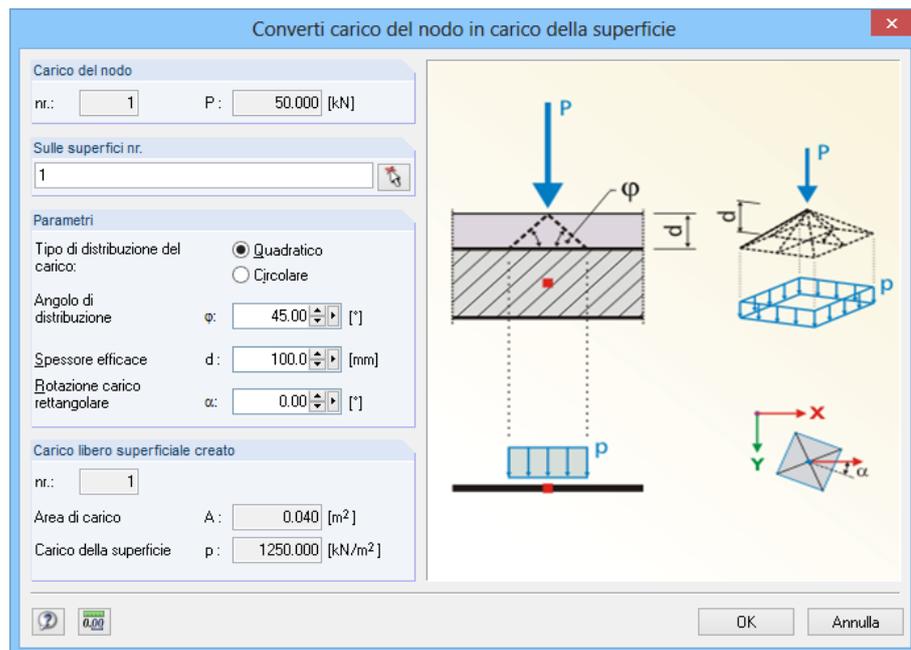


Figura 6.13: Finestra di dialogo *Converti carico del nodo in carico della superficie*

6.2 Carichi delle aste

Descrizione generale



I carichi delle aste sono forze, momenti, azioni della temperatura o spostamenti generalizzati imposti che agiscono sulle aste.

Si dovrà definire in anticipo un'asta, per applicare un carico dell'asta.

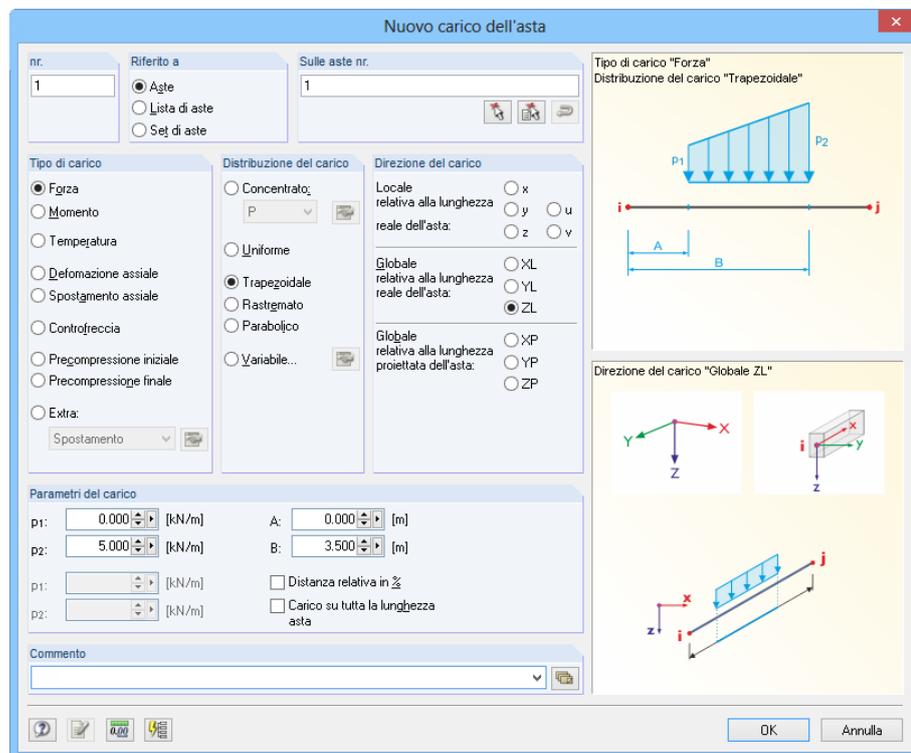


Figura 6.14: Finestra di dialogo *Nuovo carico dell'asta*

3.2 Carichi delle aste

nr.	Riferito a	Sulle aste nr.	Tipo di carico	Distribuzione del carico	Direzione del carico	P [kN]	Parametri del carico dell'asta				L	M	N
							p ₂	A [m]	B	Distanza in %	Su tutta la lunghezza	Commento	
1	Aste	8,11	Forza	Trapezoidale	x	15.000	0.000	0.000	1.000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
2	Lista di aste	12	Precompressione	Uniforme	x	5.000				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
3	Aste	10	Forza	Concentrato	z	0.000		0.000		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
4	Lista di aste	2,4	Forza		z	15.000	10.000	0.000	1.000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
5			Momento										
6			Temperatura										
7			Deformazione assiale										
8			Spostamento assiale										
9			Controtorcione										

Carichi dei nodi | Carichi delle aste | Carichi delle linee
 Tipo di carico (F7 per selezionare)

solidi | Carichi liberi concentrati | Carichi liberi lineari | Carichi liberi rettangolari | Carichi liberi circolari | Carichi liberi poligonali

Figura 6.15: Tabella 3.2 Carichi delle aste

Il numero del carico dell'asta è assegnato automaticamente nella finestra di dialogo *Nuovo carico dell'asta*, ma si può modificare nel campo di immissione. L'ordine della numerazione non è importante.

Riferito a

Definire gli elementi strutturali a cui si desidera applicare il carico dell'asta. Si possono selezionare le seguenti opzioni:



Aste

Il carico agisce su una singola asta o su ogni asta di diverse aste.

Elenco di aste

Il carico agisce sulle aste definite nell'elenco. Perciò, quando si utilizzano carichi trapezoidali, i parametri di carico non saranno applicati a ciascuna asta singolarmente, ma come un carico totale a tutte le aste presenti nell'elenco. Gli effetti della differenza dell'applicazione di un carico trapezoidale su aste singole e su un elenco di aste sono mostrati in figura 6.16.

Si utilizzi l'elenco di aste per applicare i carichi su tutte le aste senza la necessità di definire le aste come continue. Inoltre, è possibile modificare rapidamente il riferimento del carico alle singole aste.

Set di aste

Il carico agisce su un set di aste o su ogni set di diversi set di aste. In modo simile all'elenco di aste sopra descritto, i parametri di carico si applicano a tutte le aste incluse nel set di aste.

I set di aste possono essere costituiti da aste continue o gruppi di aste (si veda paragrafo 4.21, pagina 167). I carichi sui set di aste si possono applicare alle aste continue senza problemi. I gruppi di aste, tuttavia, si devono gestire con attenzione: il riferimento ad un gruppo di aste è generalmente problematico per i carichi trapezoidali.

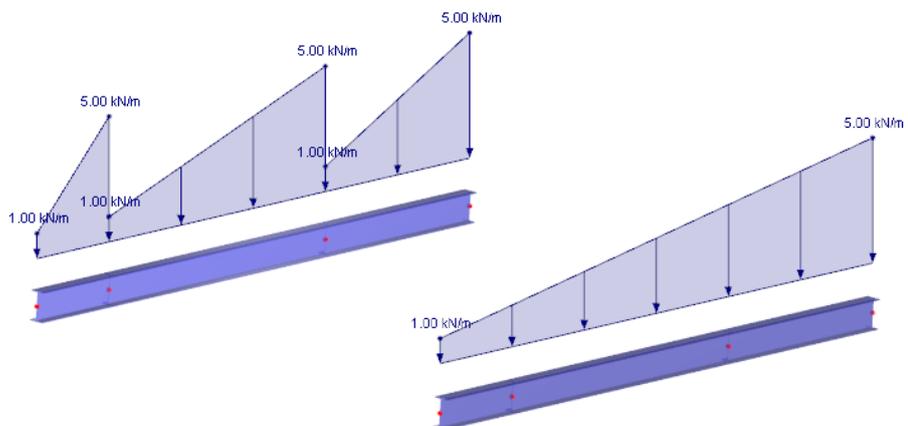


Figura 6.16: Carico trapezoidale riferito ad aste singole (a sinistra) ed ad un elenco di aste (a destra)

Sulle aste

In questo campo di immissione, immettere i numeri delle aste o dei set di aste su cui agisce il carico. Nella finestra di dialogo, si possono selezionare le aste anche graficamente utilizzando la funzione [↖].

Quando si seleziona l'immissione grafica, il campo di immissione sarà disabilitato e sarà necessario, prima di tutto, immettere i dati di carico. Dopo aver fatto clic su [OK] si possono selezionare consecutivamente le aste rilevanti o i set di aste nella finestra di lavoro.

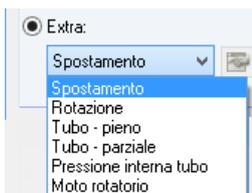
Per carichi trapezoidali o variabili con riferiti ad un elenco di aste, è possibile modificare la numerazione delle aste utilizzando il pulsante [Inverti orientamento aste] mostrato a sinistra.

Tipo di carico

In questa sezione di dialogo è possibile definire il tipo di carico. A seconda della selezione, alcune parti della finestra di dialogo, rispettivamente delle colonne della tabella, saranno disabilitate. Si possono selezionare i seguenti tipi di carico:



Tipo di carico	Breve descrizione
Forza	Carico concentrato, distribuito o trapezoidale
Momento	Momento concentrato, distribuito o trapezoidale
Temperatura	Carico della temperatura uniformemente distribuita nella sezione trasversale dell'asta, o differenza di temperatura tra il lato superiore e il lato inferiore dell'asta. Il carico sarà applicato per tutta la lunghezza dell'asta come uniforme o trapezoidale, o trapezoidale nella sezione trasversale. Un valore positivo del carico significa che l'asta o il lato superiore si sta surriscaldando.
Deformazione assiale	Deformazione ε imposta di trazione o compressione dell'asta. Un valore positivo del carico significa che l'asta si sta allungando. Così, una precompressione come una contrazione dell'asta si deve inserire come un elemento negativo. Utilizzare il pulsante della finestra di dialogo mostrato a sinistra per determinare la deformazione dovuta al ritiro dai parametri per la contrazione e il ritiro da essiccazione (si veda figura con descrizione a pagina 235).
Spostamento assiale	Deformazione Δl dell'asta imposta di trazione o compressione
Controfreccia	Curvatura imposta dell'asta
Precompressione iniziale	Forza di precompressione che agisce sull'asta prima del calcolo. Un valore positivo del carico significa che l'asta si sta allungando.
Precompressione finale	Forza assiale che deve essere disponibile sull'asta dopo il calcolo (non è possibile per aste rigide e funi) Un valore positivo del carico significa che l'asta si sta allungando.
Spostamento	Spostamento della quantità Δ per la determinazione delle linee d'influenza
Rotazione	Rotazione dell'angolo φ per le linee di influenza
Contenuto tubo - Pieno	Carico uniforme a causa del completo riempimento del tubo Specificare il peso specifico γ del contenuto del tubo.
Contenuto tubo - Parziale	Carico uniforme a causa del riempimento parziale del tubo Oltre al peso specifico γ del contenuto del tubo, specificare l'altezza di riempimento d .





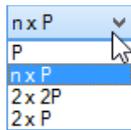
Pressione interna del tubo	Pressione interna uniforme del tubo
Moto rotatorio	Forza centrifuga dalla massa e dalla velocità angolare ω sul solido Definire l'asse di rotazione in una finestra di dialogo separata che si aprirà con il pulsante [Modifica].

Tabella 6.1: Tipi di carico

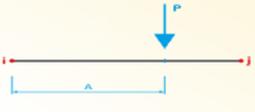
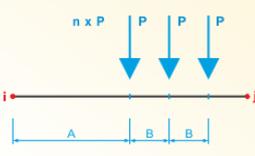
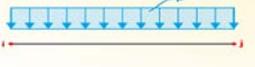
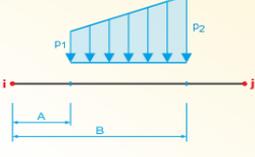
Il grafico nell'angolo a destra della finestra di dialogo mostra il tipo di carico selezionato, compresa l'influenza dei segni per le forze e le deformazioni.

Distribuzione del carico

La sezione di dialogo *Distribuzione del carico* offre diverse opzioni per rappresentare l'effetto del carico. Il grafico nell'angolo del dialogo può aiutare a capire.



Carichi multipli

Distribuzione del carico	Diagramma	Descrizione
Concentrato P	<p>Tipo di carico "Forza" Distribuzione del carico "Concentrato"</p> 	<p>Carico concentrato, momento concentrato</p> <p>Nella sezione di dialogo <i>Parametri del carico</i>, specificare il valore del carico concentrato o del momento e la distanza del punto di applicazione del carico in rapporto all'asta iniziale.</p>
Concentrati n x P	<p>Tipo di carico "Forza" Distribuzione del carico "n x P"</p> 	<p>Carichi o momenti multipli concentrati</p> <p>L'elenco offre diverse opzioni di configurazione per coppie di forze o carichi concentrati multipli come carichi assiali.</p> <p>L'opzione mostrata a sinistra è appropriata per le forze che sono di uguale magnitudine e agiscono a passo uniforme. Nella sezione di dialogo <i>Parametri del Carico</i>, definire il valore del carico concentrato, la distanza tra il primo carico e l'asta iniziale e la spaziatura tra i carichi.</p>
Uniforme	<p>Tipo di carico "Forza" Distribuzione del carico "Uniforme"</p> 	<p>Carico uniformemente distribuito, momento uniformemente distribuito.</p> <p>Nella sezione di dialogo <i>Parametri del carico</i>, specificare il valore del carico o del momento uniforme dell'asta.</p>
Trapezoidale	<p>Tipo di carico "Forza" Distribuzione del carico "Trapezoidale"</p> 	<p>Carico trapezoidale, momento trapezoidale</p> <p>Nella sezione di dialogo <i>Parametri del carico</i>, definire i valori di carico e le distanze per una distribuzione del carico variabile linearmente come mostrato nel grafico del dialogo. Un carico triangolare si crea impostando uno dei valori del carico a zero.</p> <p>Quando è selezionata la casella di controllo <i>Distanza relativa in %</i>, è possibile specificare le distanze relativamente alla lunghezza dell'asta.</p>



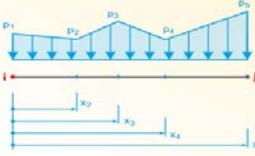
<p>Variabile</p>	<p>Tipo di carico "Forza" Distribuzione del carico "Variabile"</p> 	<p>Carico con distribuzione poligonale</p> <p>Cliccare sul pulsante [Modifica carico variabile] visibile a sinistra per aprire la finestra di dialogo mostrata nella figura 6.17 dove è possibile inserire o importare i parametri della distribuzione del carico.</p>
------------------	--	--

Tabella 6.2: Distribuzione del carico

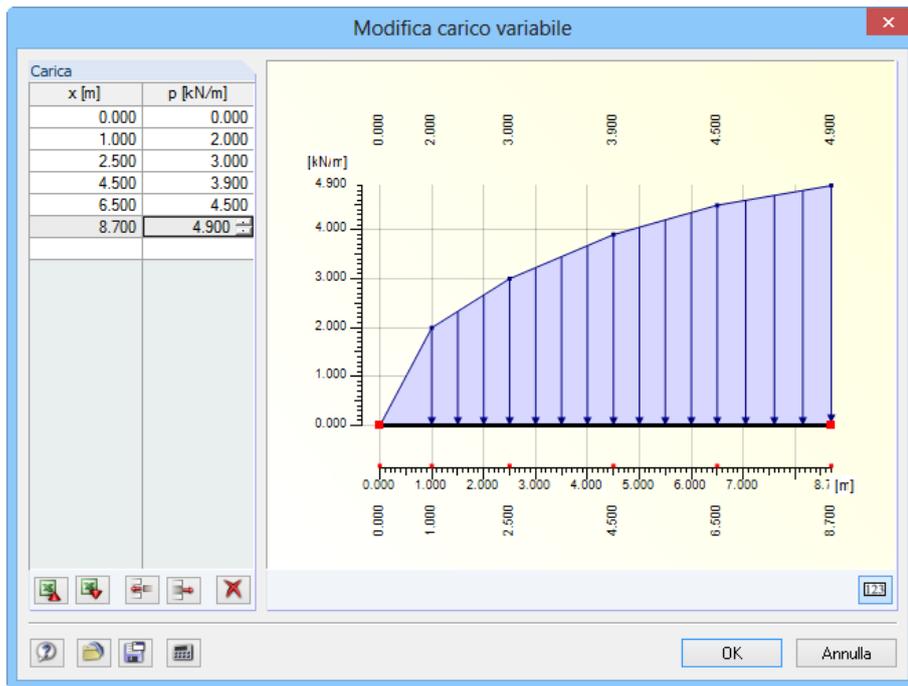


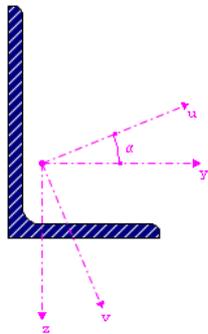
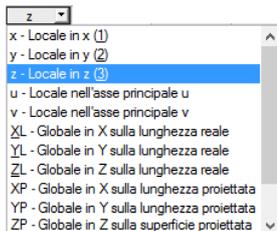
Figura 6.17: Finestra di dialogo *Modifica carico variabile*

Se si desidera rappresentare un carico variabile, è possibile definire liberamente le posizioni x sull'asta con le ordinate corrispondenti di carico p . Sarà necessario assicurarsi che le posizioni x sono definite in ordine crescente. Utilizzare la grafica interattiva per verificare i dati immessi immediatamente.

I pulsanti in questa finestra di dialogo sono riservati per le seguenti funzioni:

Pulsante	Funzione
	Esporta tabella in MS Excel
	Importa tabella da MS Excel
	Inserisce una riga vuota sopra il puntatore
	Elimina la riga attiva
	Elimina tutte le voci

Tabella 6.3: Pulsanti nella finestra di dialogo *Modifica carico variabile*



Direzione del carico

Il carico può essere efficace nella direzione degli assi globali assi X, Y, Z o gli assi locali x, y, z o u, v (si veda paragrafo 4.13, pagina 127). Per il calcolo secondo l'analisi statica lineare, non importa se il carico è definito come locale o globale equivalente. Per i calcoli geometricamente non lineari, tuttavia, sono possibili delle differenze tra i carichi definiti localmente e globalmente: se il carico è definito con una direzione globale della azione, questo mantiene la direzione, quando gli elementi finiti iniziano a torcersi. In caso di una direzione locale dell'azione, invece, il carico si torce sull'asta seguendo la distorsione degli elementi.

Quando si imposta un modello di tipo planare nella finestra di dialogo *Dati generali*, non sarà possibile accedere tutte le direzioni di carico.

Locale

L'orientamento degli assi dell'asta è descritto nel paragrafo 4.17, sezione *Rotazione dell'asta* a pagina 153. L'asse locale x rappresenta l'asse longitudinale dell'asta. Per sezioni simmetriche, l'asse y rappresenta il cosiddetto asse "forte", l'asse z di conseguenza l'asse "debole" della sezione trasversale dell'asta. Per sezioni asimmetriche, i carichi possono essere relativi agli assi principali u e v della sezione trasversale nonché agli assi standard y e z.

Esempi di carichi definiti come locali sono i carichi di vento che agiscono sulle strutture di coperture, i carichi della temperatura o la precompressione.

Globale

La posizione degli assi locali dell'asta è irrilevante per l'immissione del carico se il carico agisce in direzione di un asse del sistema globale di coordinate XYZ.

Esempi di carichi definiti come globali sono i carichi da neve agenti sulle strutture delle coperture e i carichi di vento sulla parete e i pilastri della facciata.

L'impatto del carico può dipendere dalle diverse lunghezze di applicazione:

- **relativo alla lunghezza reale dell'asta**

Il carico si applica su tutta la lunghezza dell'asta

- **relativo alla lunghezza proiettata dell'asta**

La lunghezza di applicazione del carico è convertita nella proiezione dell'asta in una delle direzioni dei sistemi globali di coordinate. Selezionare questa opzione, ad esempio, per definire un carico di neve sull'area proiettata a piano terra della copertura.

RFEM applica i carichi dell'asta sempre nel centro di taglio. Non sarà considerata una torsione potenziale proveniente dalla geometria della sezione trasversale (centro di taglio differente dal baricentro). Pertanto, quando si utilizzano sezioni trasversali asimmetriche, è necessario applicare un momento torsionale determinato dalla distanza x del carico dal centro di taglio, se il carico è applicato, ad esempio, nel baricentro.

Parametri del carico dell'asta

In questa sezione di dialogo, rispettivamente delle colonne della tabella, sono gestiti i valori del carico e, se è il caso, anche ulteriori parametri. I campi di immissione sono classificati e accessibili a seconda dei campi di selezione precedentemente attivati.

Carico p_1 / p_2

Inserire i valori del carico in questi campi. Modificare i segni rispettando l'orientamento globale o locale degli assi. Un valore di carico positivo per le precompressioni, le variazioni di temperatura e le deformazioni assiali significano che l'asta è deformata e di conseguenza allungata.

Quando si seleziona un carico trapezoidale, è possibile specificare due valori di carico. Il grafico di dialogo nell'angolo in alto a destra mostra i parametri del carico.

Distanza A / B

In questi due campi, si immettano le distanze dall'asta iniziale per carichi concentrati e trapezoidali. Si possono definire le distanze anche relativamente alla lunghezza dell'asta, selezionando la casella di controllo *Distanza relativa in %* (si veda sotto).

Il grafico di dialogo nell'angolo in alto a destra aiuta nell'inserimento dei parametri.

Distanza relativa in %

Selezionare questa casella di controllo per definire le distanze per i carichi concentrati e trapezoidali relativi alla lunghezza dell'asta. In caso contrario, le voci nei campi di immissione sopra descritti *Distanza A / B* rappresentano gli intervalli assoluti.

Carico su tutta la lunghezza dell'asta

La casella di controllo si può attivare solo quando si definiscono carichi trapezoidali. Selezionare questa opzione per disporre l'applicazione di carichi variabili linearmente dall'inizio alla fine dell'asta. I campi di immissione *Parametri del carico A / B* non sono più pertinenti e quindi sono disabilitati.

Esempio di carichi delle aste

L'immissione di carichi delle aste è mostrato nel seguente esempio in cui i carichi sono applicati ad una struttura intelaiata piana. Non è necessario dividere le aste con nodi intermedi per applicare carichi concentrati.

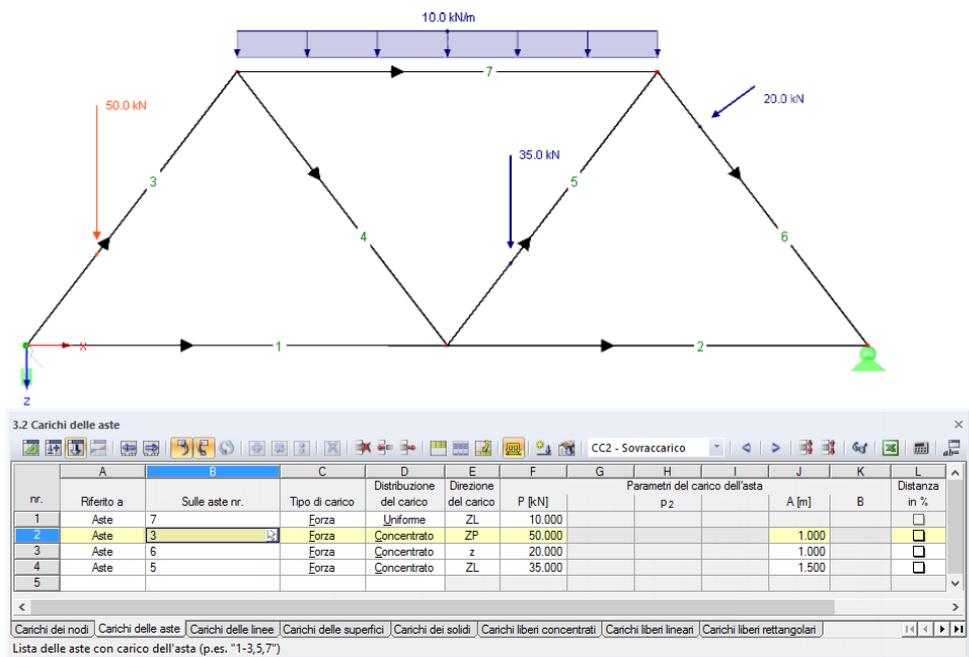


Figura 6.18: Telaio con carico uniforme sul corrente superiore e carichi concentrati sulle diagonali

6.3 Carichi delle linee

Descrizione generale



I carichi delle linee sono forze e momenti che agiscono sulle linee (si veda paragrafo 4.2, pagina 51).

Per applicare un carico della linea, si dovrà definire in anticipo una linea.

I carichi delle linee sono simili ai carichi delle aste. Per i carichi delle linee, tuttavia, non è possibile assegnare le proprietà dei materiali (ad esempio carichi di temperatura o deformazioni assiali).



I carichi delle linee possono agire sulle aste perché un'asta è una proprietà di una linea. Tuttavia, per applicare un carico di linea ad un'asta, la linea deve appartenere ad una superficie. Di conseguenza, i carichi delle linee non si possono applicare alle aste presenti in strutture costituite da sole aste.

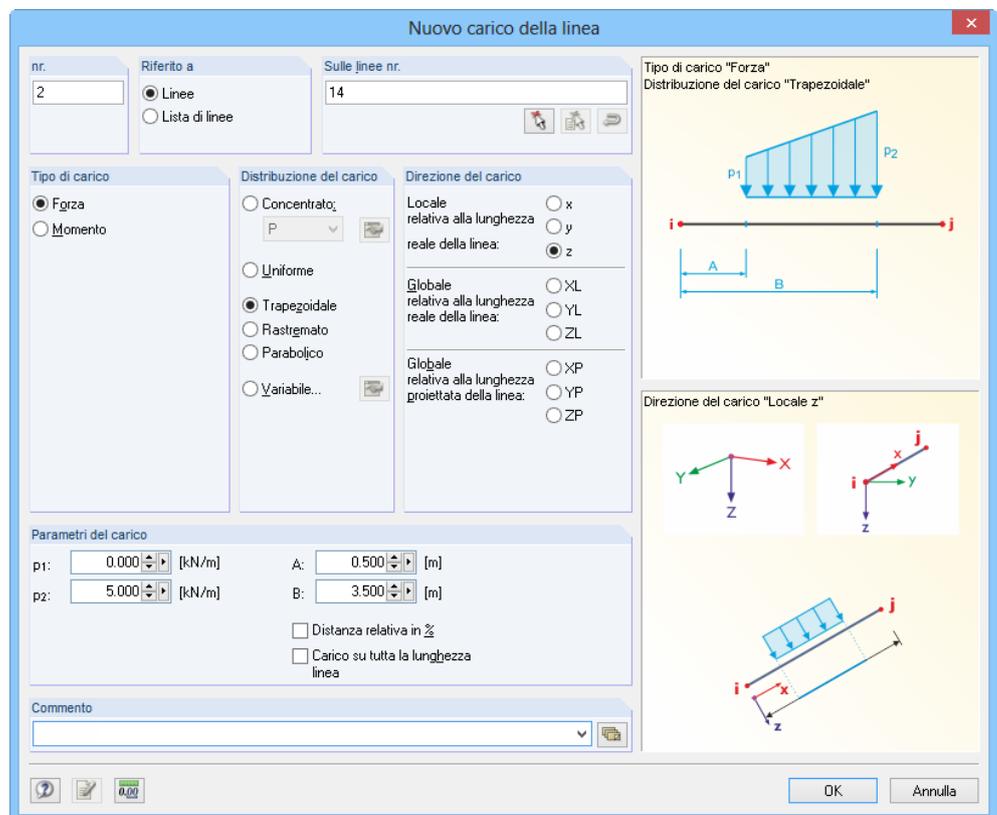


Figura 6.19: Finestra di dialogo *Nuovo carico della linea*

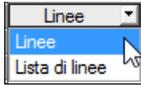
nr.	Riferito a	Sulle linee nr.	Tipo di carico	Distribuzione del carico	Direzione del carico	P [kN]	Parametri carichi delle linee p2 [kN]	A [m]	B	Distanza in %	Su tutta la lunghezza
1	Linee	11	Forza	Uniforme	ZL	5.000				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Lista di linee	4,5	Forza	Trapezoidale	z	0.000	5.000			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Linee	2	Forza	Concentrato	XL	8.800		1.350		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Linee	2	Forza	Concentrato	L	2.500		1.350		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 6.20: Tabella 3.3 *Carichi delle linee*

Il numero carico della linea è assegnato automaticamente nella finestra di dialogo *Nuovo carico della linea*, ma si può modificare nel campo di immissione. L'ordine della numerazione non è importante.

Riferito a

Definire gli elementi strutturali a cui si desidera applicare il carico della linea. Si possono selezionare le seguenti opzioni:



Linee

Il carico agisce su una singola linea o su ogni linea di diverse linee.

Lista di linee

Il carico agisce sulle linee definite nell'elenco. Perciò, quando si utilizzano carichi delle linee trapezoidali, i parametri di carico non saranno applicati a ciascuna linea singolarmente, ma a tutte le linee presenti nell'elenco (si veda figura a pagina 224).

Sulle linee

In questo campo di immissione, inserire i numeri delle linee su cui agisce il carico. Nella finestra di dialogo, si possono selezionare le linee anche graficamente utilizzando la funzione [↵].



Quando si seleziona l'immissione grafica, il campo di immissione è disabilitato e sarà necessario, prima di tutto, immettere i dati di carico. Dopo aver fatto clic su [OK] si possono selezionare le linee pertinenti consecutivamente nell'area di lavoro.



Tipo di carico

In questa sezione di dialogo o colonna della tabella, è possibile definire il tipo di carico. A seconda della selezione, alcune parti della finestra di dialogo, rispettivamente delle colonne della tabella, sono disabilitate. Si possono selezionare i seguenti tipi di carico:

Tipo di carico	Breve descrizione
Forza	Carico concentrato, distribuito, trapezoidale o variabile
Momento	Momento concentrato, distribuito o trapezoidale

Tabella 6.4: Tipi di carico

Distribuzione del carico

La sezione di dialogo *Distribuzione del carico* offre diverse opzioni per rappresentare l'effetto del carico. Il grafico nell'angolo del dialogo può aiutare a capire.

Distribuzione del carico	Breve descrizione
Concentrato	Carico concentrato, momento concentrato
Uniforme	Carico uniformemente distribuito, momento uniformemente distribuito
Trapezoidale	Carico trapezoidale, momento trapezoidale
Variabile	Carico poligonale distribuito Cliccare sul pulsante [Modifica carico variabile] visibile a sinistra per aprire la finestra di dialogo mostrata nella Figura 6.17 a pagina 227 dove è possibile inserire o importare i parametri del diagramma di carico.

Tabella 6.5: Distribuzione del carico



La distribuzione dei carichi delle linee corrisponde in gran parte a quella dei carichi delle aste. I diagrammi sono descritti in dettaglio nella Tabella 6.2 a pagina 227.

Direzione del carico

Il carico può agire nella direzione degli assi globali X, Y, Z o degli assi locali x, y, z. Per il calcolo secondo l'analisi statica lineare, non importa se il carico equivalente è definito come locale o globale. Per i calcoli geometricamente non lineari, tuttavia, differenze tra i carichi definiti localmente e globalmente sono possibili: se il carico è definito con una direzione globale dell'azione, questo mantiene la direzione, quando gli elementi finiti iniziano a torcersi. Nel caso di una direzione locale dell'azione, tuttavia, il carico si torce sulla linea seguendo la distorsione degli elementi.

Locale

L'orientamento degli assi di linea è illustrata nella Figura 4.96 a pagina 107. L'asse locale x rappresenta l'asse longitudinale della linea. L'asse z è di solito allineato parallelamente alla asse globale Z.

Globale

La posizione degli assi locali dell'asta è irrilevante per l'immissione del carico se il carico agisce nella direzione di un asse del sistema globale di coordinate X Y Z.

L'impatto del carico può dipendere dalle diverse lunghezze di applicazione :

- **relativo alla reale lunghezza della linea**

Il carico si applica a tutta la lunghezza della linea

- **relativo alla proiezione della lunghezza della linea**

La lunghezza di applicazione del carico è convertita nella proiezione della linea in una delle direzioni dei sistemi globali di coordinate. Le lunghezze di proiezione sono visibili nel grafico di dialogo a destra.

Parametri del carico della linea

In questa sezione di dialogo, rispettivamente delle colonne della tabella, si gestiscono i valori del carico e anche eventuali altri parametri. I campi di immissione sono classificati e accessibili a seconda dei campi di selezione precedentemente attivati.

Carico P / p / p₂ / M / m / m₂

Inserire i valori del carico nei campi. Modificare i segni rispetto all'orientamento globale o locale degli assi. Quando si seleziona un carico trapezoidale, è possibile specificare due valori di carico. Il grafico di dialogo nell'angolo in alto a destra mostra i parametri di carico.

Distanza A / B

In questi due campi, si immettono le distanze dall'inizio della linea per i carichi concentrati e trapezoidali. Si possono definire le distanze anche alla lunghezza relativa della linea selezionando la casella di controllo *Distanza relativa in %* (si veda sotto).

Il grafico del dialogo nell'angolo in alto a destra aiuta nell'inserimento dei parametri.

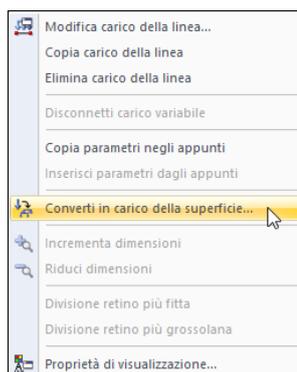
Distanza relativa in %

Selezionare questa casella di controllo per definire le distanze per i carichi concentrati e trapezoidali relativi alla lunghezza della linea. In caso contrario, le voci nei campi di immissione sopra descritti *Distanza A / B* rappresentano intervalli assoluti.

Carico su tutta la lunghezza della linea

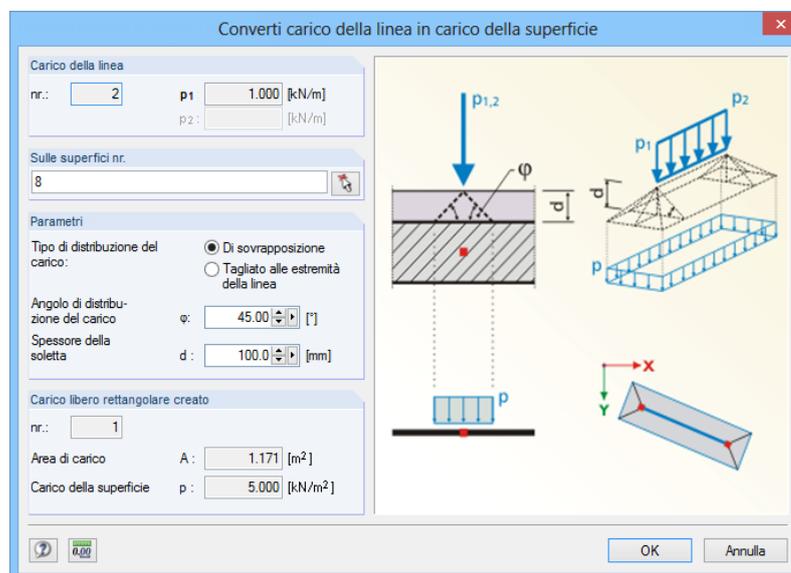
La casella di controllo si può attivare solo quando si definiscono i carichi trapezoidali. Selezionare questa opzione per applicare i carichi variabili linearmente dall'inizio alla fine della linea. I campi di immissione *Parametri del carico A / B* non sono più pertinenti e quindi sono disabilitati.

z
x - Locale in x (1)
y - Locale in y (2)
z - Locale in z (3)
<u>X</u> L - Globale in X sulla superficie reale
<u>Y</u> L - Globale in Y sulla superficie reale
<u>Z</u> L - Globale in Z sulla superficie reale
XP - Globale in X sulla superficie proiettata
YP - Globale in Y sulla superficie proiettata
ZP - Globale in Z sulla superficie proiettata



Menu contestuale del carico di linea

Spesso, i carichi della linea hanno delle singolarità perché il carico è concentrato quando si applica ad una unica linea. Per ridurre questo effetto, selezionare **Converti carichi dei nodi/delle linee in carichi della superficie** nel menu **Strumenti**. Questa opzione può essere utilizzata su linee rette. È inoltre possibile utilizzare il menu contestuale di un carico della linea visibile a sinistra per accedere alla finestra di dialogo per la conversione di carichi dei nodi. Aprire il menu contestuale con un clic destro sull'oggetto.

Figura 6.21: Finestra di dialogo *Converti carico della linea in carico della superficie*

Si aprirà una finestra di dialogo nella quale si possono definire i parametri per la distribuzione del carico. Dopo aver fatto clic su [OK] si creerà il corrispondente carico libero rettangolare o poligonale.

6.4 Carichi delle superfici

Descrizione generale



I carichi delle superfici agiscono su tutti gli elementi 2D di una superficie (si veda paragrafo 4.4, pagina 78).

Per applicare un carico della superficie, si dovrà definire in precedenza una superficie.

Se la superficie è suddivisa in componenti, a causa di una intersezione (si veda paragrafo 4.22, pagina 171), il carico della superficie non sarà efficace sulle componenti che sono impostate come non attive. Le aperture saranno omesse allo stesso modo.

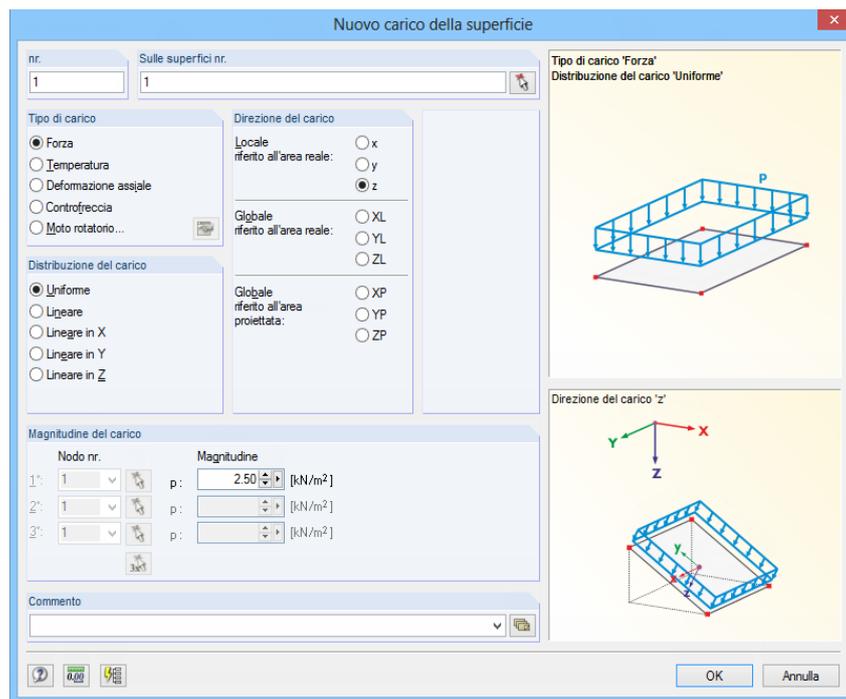


Figura 6.22: Finestra di dialogo *Nuovo carico della superficie*

nr.	Sulle superfici nr.	Tipo di carico	Distribuzione del carico	Direzione del carico	nr.	p 1 [kN/m ²]	nr.	p 2 [kN/m ²]	nr.	p 3
1	1	Forza	Uniforme	ZL		1.50				
2	3	Forza	Lineare in Z	z	3	0.00	6	-64.00		
3		Forza								
4		Temperatura								
		Deformazione assiale								
		Controfreccia								
		Moto rotatorio								

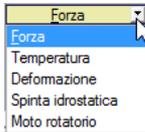
Figura 6.23: Tabella 3.4 *Carichi delle superfici*

Il numero del carico della superficie è assegnato automaticamente nella finestra di dialogo *Nuovo carico della superficie*, ma si può modificare nel campo di immissione. L'ordine della numerazione non è importante.

Sulle superfici



In questo campo di immissione, si definiscano i numeri delle superfici su cui agisce il carico. Nella finestra di dialogo *Nuovo carico della superficie*, si possono selezionare le superfici anche graficamente utilizzando la funzione [^].



Quando si seleziona l'immissione grafica, il campo di immissione è disabilitato e sarà necessario, prima di tutto, immettere i dati del carico. Dopo aver fatto clic su [OK] si possono selezionare consecutivamente le linee pertinenti nella finestra di lavoro.

Tipo di carico

In questa sezione di dialogo o colonna della tabella, è possibile definire il tipo di carico. A seconda della selezione, alcune parti della finestra di dialogo, rispettivamente delle colonne della tabella, sono disabilitate. Si possono selezionare i seguenti tipi di carico:

Tipo di carico	Breve descrizione
Forza	Forza distribuita in modo uniforme o forza linearmente variabile sulla superficie
Temperatura	Carico di temperatura distribuito come uniforme o linearmente variabile sull'area della sezione trasversale della superficie Un valore positivo del carico significa che la superficie o il lato superiore si sta surriscaldando.
Deformazione assiale	Deformazione imposta di trazione o compressione ϵ della superficie Un valore positivo del carico significa che la superficie si sta allungando. Per determinare la deformazione del ritiro, utilizzare il pulsante a sinistra. Si aprirà la finestra di dialogo mostrata nella Figura 6.24 dove si potranno inserire i parametri del ritiro.
Controfreccia	Curvatura imposta della superficie
Moto rotatorio	Forza centrifuga dalla massa e dalla velocità angolare ω sul solido. Definire l'asse di rotazione in una finestra di dialogo separata che si aprirà con il pulsante [Modifica].

Tabella 6.6: Tipi di carico

I parametri dei carichi delle superfici e delle aste dovuti al ritiro si possono definire in una finestra di dialogo separata.

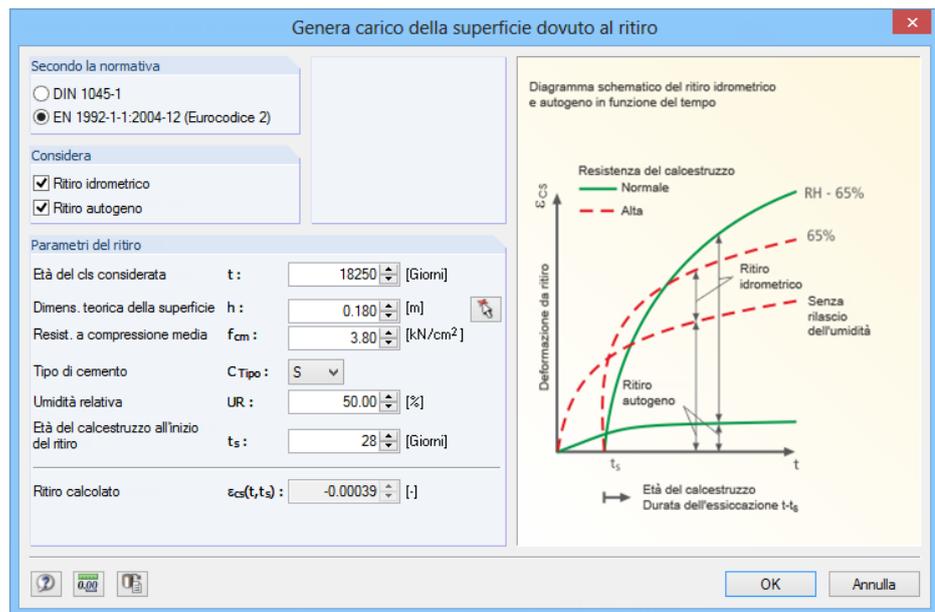


Figura 6.24: Finestra di dialogo Genera carico della superficie dovuto al ritiro

Il ritiro, in quanto variazione del volume nel tempo senza l'azione dei carichi esterni o gli effetti della temperatura, si può classificare in ritiro idrometrico, ritiro autogeno e ritiro plastico e ritiro per carbonatazione.

In funzione dei valori essenziali che influenzano il processo di ritiro (umidità relativa UR , spessore efficace del componente h , resistenza del calcestruzzo f_{cm} , tipo di cemento Z_{Tipo} , età del calcestruzzo all'inizio del ritiro t_s) RFEM determina il ritiro $\varepsilon_{cs}(t, t_s)$ al tempo t dell'età considerata del calcestruzzo.

Cliccare su [OK] per trasferire il valore di deformazione assiale ε alla finestra di dialogo *Nuovo carico della superficie*.

Distribuzione del carico

Il carico può agire sulla superficie come *Uniforme* o variabile *lineare*.

RFEM offre diverse opzioni per carichi variabili linearmente:

Lineare

Definire i valori di carico per tre nodi. I nodi sono utilizzati per definire un piano.

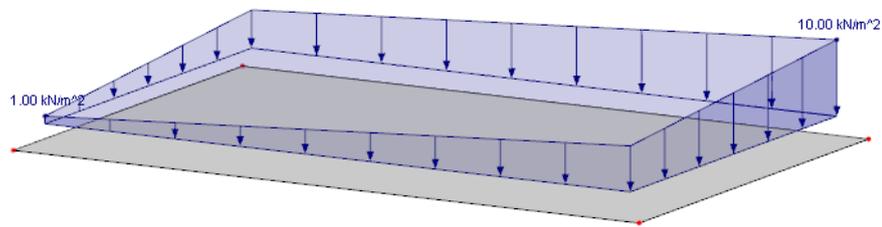
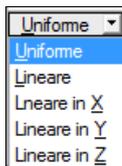


Figura 6.25: Carico della superficie linearmente variabile

Lineare in X/Y/Z

Se il carico della superficie è variabile nella direzione di un asse del sistema globale di coordinate, saranno solo necessari i valori di carico di due nodi. Questi possono giacere al di fuori della superficie caricata a patto che siano stati generati nodi EF in quella posizione (non è ammesso che i nodi siano liberi).

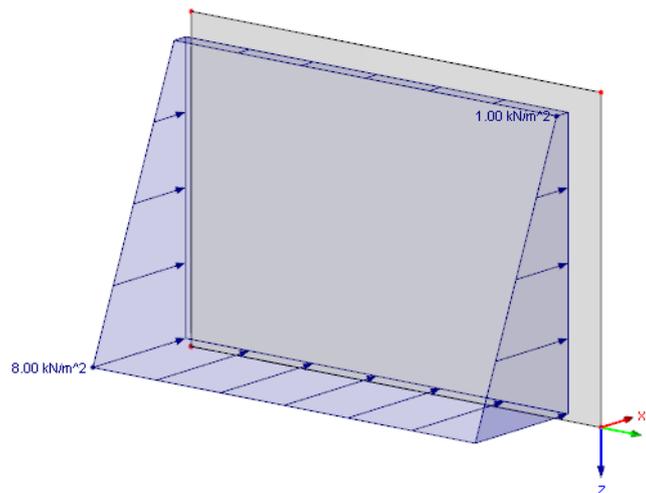
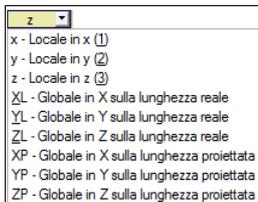


Figura 6.26: Carico della superficie linearmente variabile in direzione Z



Direzione del carico

Il carico può agire nella direzione degli assi locali della superficie x, y, z o degli assi globali X, Y, Z .

Locale riferito all'area reale

I carichi che agiscono perpendicolarmente alla superficie sono di solito definiti come locali nella direzione z . Esempi di applicazione sono i carichi da vento che agiscono sulle superfici delle coperture o la pressione interna dei serbatoi.

Per visualizzare gli assi della superficie, cliccare su *Modello* nel navigatore *Visualizza*, selezionare *Superfici* e spuntare la casella di controllo *Sistemi di assi delle superfici x, y, z* . Si può anche utilizzare il menu contestuale della superficie (si veda figura, a pagina 123).

Globale riferito all'area reale

L'orientamento degli assi locali della superficie è irrilevante per il calcolo secondo l'analisi statica lineare se il carico agisce nella direzione di un asse del sistema globale di coordinate X, Y, Z . Per i calcoli non lineari, tuttavia, sono possibili delle differenze tra i carichi definiti localmente e globalmente: se il carico è definito con una direzione globale dell'azione, questo mantiene la direzione, quando gli elementi finiti iniziano a torcersi. Nel caso di una direzione locale dell'azione, tuttavia, il carico si torce in funzione della distorsione degli elementi.

Globale riferito all'area proiettata

Il carico è convertito nella proiezione della superficie in una delle direzioni dei sistemi di coordinate globali. Selezionare questa opzione, per esempio, per definire un carico di neve nella pianta dell'area proiettata della copertura.

Il grafico di dialogo nell'angolo in basso a destra mostra le superfici proiettate.

Parametri del carico della superficie

In questa sezione di dialogo o nelle colonne della tabella si gestiscono i valori del carico e, se applicabile, i nodi assegnati. I campi di immissione sono classificati e accessibili a seconda dei campi di selezione precedentemente attivati.

Carico $p / p_2 / p_3 / T / \Delta T / \varepsilon / R / \omega / \alpha$

Inserire i valori di carico nei campi. Modificare i segni rispetto all'orientamento globale o locale degli assi.

Quando si seleziona un carico variabile linearmente, specificare i diversi valori di carico. Il grafico di dialogo nell'angolo in alto a destra mostra i parametri del carico.

Nodi

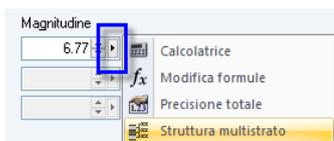
Quando si seleziona un carico variabile linearmente, specificare tre nodi sui quali si possono determinare le magnitudini del carico. Questi nodi sono utilizzati per definire un piano. Nella finestra di dialogo, si possono selezionare anche graficamente i nodi utilizzando la funzione $[\backslash]$.

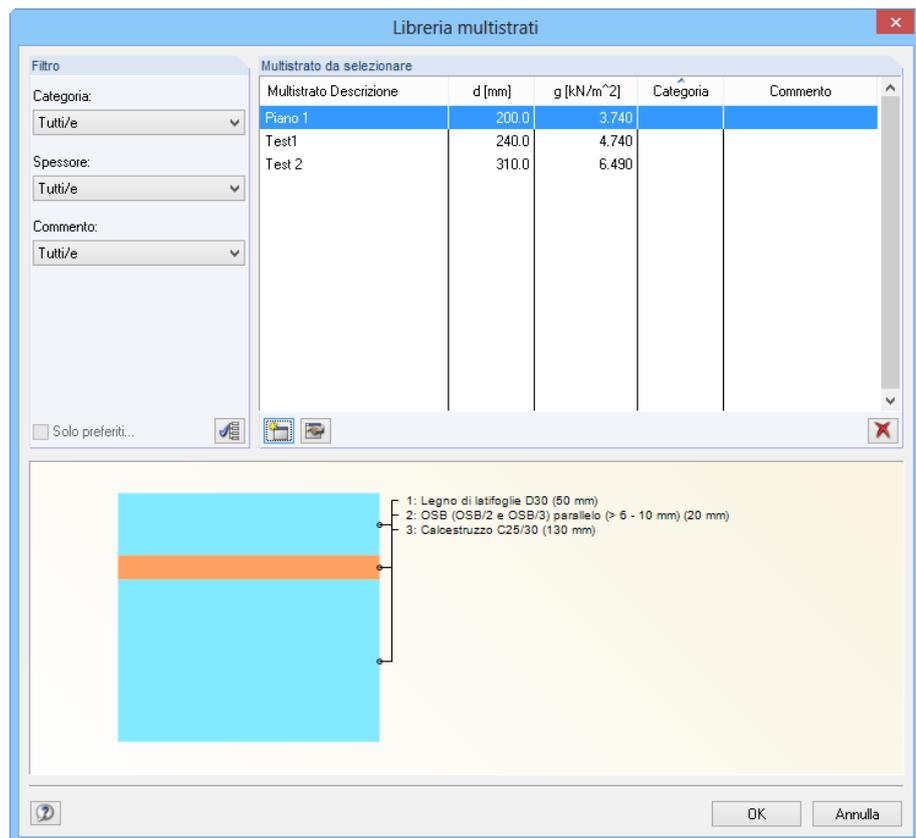
Carico di una struttura multistrato

È possibile creare carichi dai pesi dei materiali della superficie che agiscono come strati lamellari. In questo modo si può determinare facilmente, per esempio, la struttura degli impalcati.

La funzione è presente nella finestra di dialogo *Nuovo carico della superficie* (figura 6.22 per accedere utilizzare il pulsante $[\blacktriangleright]$ a destra del campo di immissione *Magnitudine*). Nel menu contestuale, selezionare *Struttura multistrato*.

Si aprirà la *Libreria multistrati* in cui è possibile inserire gli strati dei materiali definiti dall'utente.



Figura 6.27: Finestra di dialogo *Libreria multistrati*

Il concetto del database multistrati è simile alla libreria dei materiali (si veda paragrafo 4.3, pagina 74). Utilizzare i pulsanti della libreria [Nuovo] e [Modifica] per creare o modificare strutture multistrato.

Strati						
Strato nr.	A Descrizione strato / materiale	B Spessore d [mm]	C Immetti direttam	D Peso specifico γ [kN/m ³]	E Peso superficiale g [kN/m ²]	F Commento
1	Acciaio S 235	10.0	<input checked="" type="checkbox"/>		0.785	
2	PVC-U	3.0	<input checked="" type="checkbox"/>		0.042	
3	Calcestruzzo C25/30	160.0	<input checked="" type="checkbox"/>		4.000	
4			<input checked="" type="checkbox"/>			
		$\Sigma d :$	173.0	$\Sigma g :$	4.827	
Commento:						
<input type="text"/>						

Figura 6.28: Finestra di dialogo *Nuovo multistrato*, sezione di dialogo *Strati*

Gli *Strati* si possono comporre singolarmente. Inoltre, è possibile utilizzare il pulsante [...] per accedere alla libreria dei materiali (si veda paragrafo 4.3, pagina 74).

RFEM determina il peso superficiale (colonna D della tabella) dallo *Spessore* e dal *Peso specifico*. Una freccia nel grafico di dialogo indica lo strato attuale.

Confermare tutte le finestre di dialogo con [OK] per importare il peso superficiale nella finestra di dialogo iniziale. Apparirà un triangolo verde nel campo di immissione (si veda il grafico visualizzato a sinistra della pagina 237), indicando il valore di immissione parametrizzato. Cliccare sul triangolo per accedere di nuovo ai parametri di immissione per le modifiche.

6.5 Carichi dei solidi

Descrizione generale

I carichi del solido agiscono su tutti gli elementi 3D di un solido (si veda paragrafo 4.5, pagina 89).

Per applicare un carico del solido, si dovrà definire precedentemente un solido.

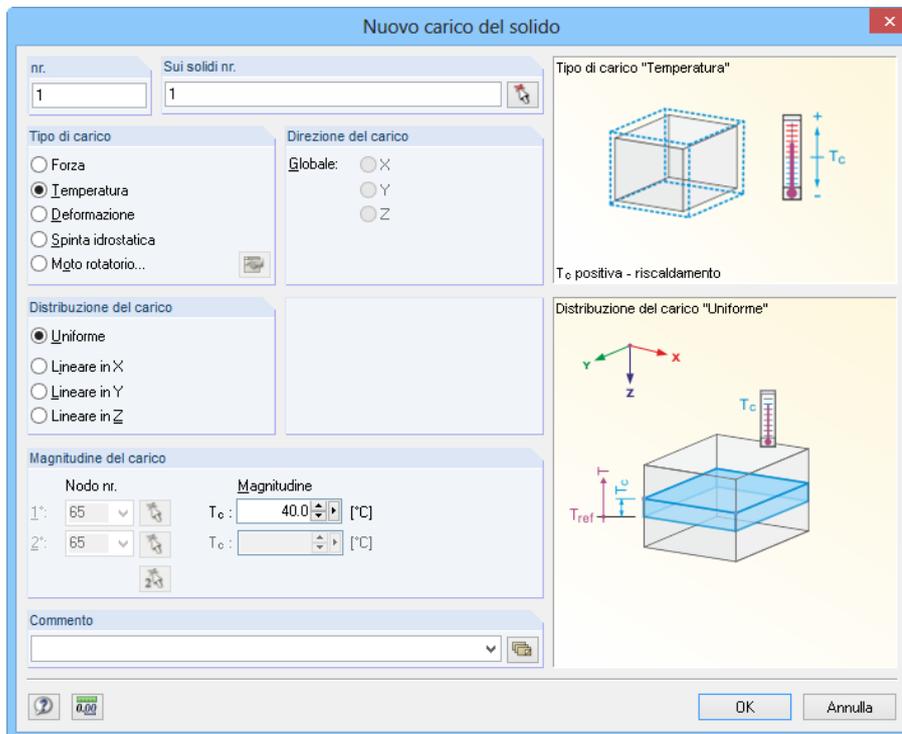


Figura 6.29: Finestra di dialogo *Nuovo carico del solido*

nr.	Sui solidi nr.	Tipo di carico	Distribuzione del carico	1° vertice nr.	1° vertice T _{c1}	2° vertice nr.	2° vertice T ₂	Commento
1	1	Temperatura	Uniforme		40.0			
2								
3								
4								
5								

Figura 6.30: Tabella 3.5 *Carichi dei solidi*

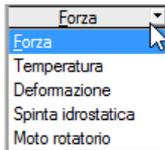
Il numero del carico del solido è assegnato automaticamente nella finestra di dialogo *Nuovo carico del solido*, ma si può modificare nel campo di immissione.

Sui solidi

In questo campo di immissione, inserire i numeri dei solidi su cui agisce il carico. Nella finestra di dialogo *Nuovo carico del solido*, si possono selezionare le superfici anche graficamente utilizzando la funzione [↩].



Quando si seleziona l'immissione grafica, il campo di immissione è disabilitato e sarà necessario, prima di tutto, immettere i dati del carico. Dopo aver fatto clic su [OK] si potranno selezionare i solidi pertinenti consecutivamente nell'area di lavoro.



Tipo di carico

In questa sezione di dialogo o colonna della tabella, è possibile definire il tipo di carico. Si possono selezionare i seguenti tipi di carico:

Tipo di carico	Breve descrizione
Forza	Carico del solido che agisce uniformemente in una delle direzioni globali
Temperatura	Variatione della temperatura distribuita uniformemente o variabile linearmente nel solido. Un carico positivo significa un riscaldamento.
Deformazione	Deformazione di trazione o compressione imposta al solido distribuita in modo uniforme o variabile linearmente. Un valore positivo del carico significa che il solido si sta allungando.
Pressione idrostatica	Spinta di materiali la cui densità può essere inserita o selezionata dalla [Libreria]. La <i>Densità ambientale</i> dell' <i>Aria</i> si riferisce ad una atmosfera normale di 15 °C al livello del mare.
Moto rotatorio	Forza centrifuga dalla massa e dalla velocità angolare ω sul solido. Definire l'asse di rotazione in una finestra di dialogo separata che si aprirà con il pulsante [Modifica].

Tabella 6.7: Tipi di carico

Più forze si possono applicare su un solido sotto forma di carichi di superficie o di linea.

Distribuzione del carico

Il carico può agire sulla superficie come *Uniforme* o *Linearmente variabile*. Si riferisce ad uno degli assi globali X, Y o Z.

Quando si selezionano i carichi linearmente variabili, specificare i valori di carico di due nodi. I nodi possono giacere al di fuori del solido sollecitato ammesso che siano stati generati nodi EF in quella posizione.

Magnitudine del carico

In questa sezione di dialogo o nelle colonne della tabella si gestiscono i valori del carico e, se applicabile, i nodi assegnati. I campi di immissione sono classificati e accessibili a seconda dei campi di selezione precedentemente attivati.

Nodi

Quando si selezionano i carichi linearmente variabili, si specifichino due nodi sui quali RFEM potrà determinare le magnitudini. I nodi sono utilizzati per definire un piano. Nella finestra di dialogo, si possono selezionare anche graficamente i nodi utilizzando la funzione [^].

Magnitudine

Per una distribuzione uniforme del carico, è richiesto solo un valore numerico. Per una modifica linearmente variabile nella deformazione da temperatura o assiale, specificare due valori di carico.

I grafici nella finestra di dialogo *Nuovo carico del solido* sono utili quando si inseriscono i parametri di carico.

6.6 Carichi liberi concentrati

Descrizione generale



Un carico libero concentrato agisce come forza o momento in una posizione qualsiasi della superficie. Nessuno nodo EF sarà generato nel punto di applicazione del carico.

Per applicare un carico libero concentrato, si dovrà definire in precedenza una superficie.

Le forze vincolari dei nodi che sono state importate da un altro modello utilizzando la funzione *Importa reazioni vincolari come carico* (si veda figura, pagina 301) sono gestite come carichi liberi concentrati.

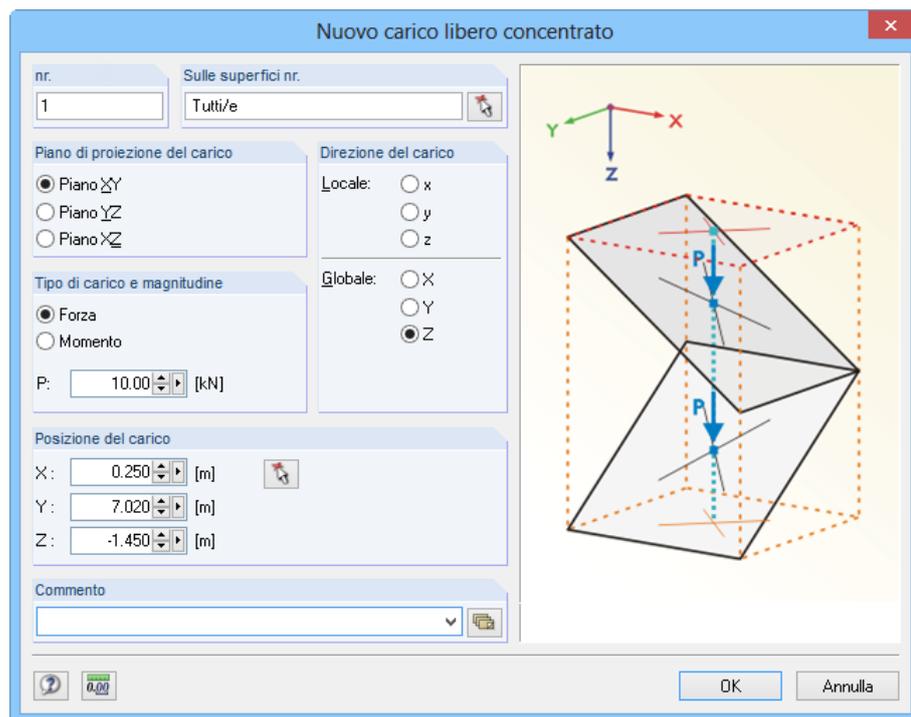


Figura 6.31: Finestra di dialogo *Nuovo carico libero concentrato*

nr.	A	B	C	D	E	F	G	H
	Sulle superfici nr.	Proiezione	Tipo di carico	Direzione del carico	Posizione del carico		Valore P	Commento
					X [m]	Y [m]		
1	Tutti/e	XY	Forza	Z	0.250	7.020	10.00	
2	1	XY	Forza	z	3.200	0.420	-5.500	
3				x - Locale in x (1)				
4				y - Locale in y (2)				
				z - Locale in z (3)				
				X - Globale in X				
				Y - Globale in Y				
				Z - Globale in Z				

Figura 6.32: Tabella 3.6 *Carichi liberi concentrati*

Sulle superfici



In questo campo di immissione, inserire i numeri delle superfici sulle quali agisce il carico. Nella finestra di dialogo *Nuovo carico libero concentrato*, si possono selezionare le superfici anche graficamente utilizzando la funzione [↖].

Partendo dalla *Posizione del carico*, sarà "definita" una linea retta immaginaria perpendicolare al piano di proiezione. Quando la linea interseca una delle qualunque superfici in elenco, il carico

concentrato sarà applicato al punto di intersezione. In questo modo, sarà possibile assegnare rapidamente carichi di tipo analogo a più superfici.

Piano di proiezione

Il carico può essere proiettato su uno dei piani globali XY, YZ o XZ. Come descritto in precedenza, viene generata una linea immaginaria, partendo dalla posizione del carico e perpendicolare al piano di proiezione. Il carico si applicherà ogni volta che la linea interseca una superficie.

Il piano di proiezione non deve essere perpendicolare ad una superficie su cui agirà il carico: non esiste un punto definito di intersezione con la superficie.

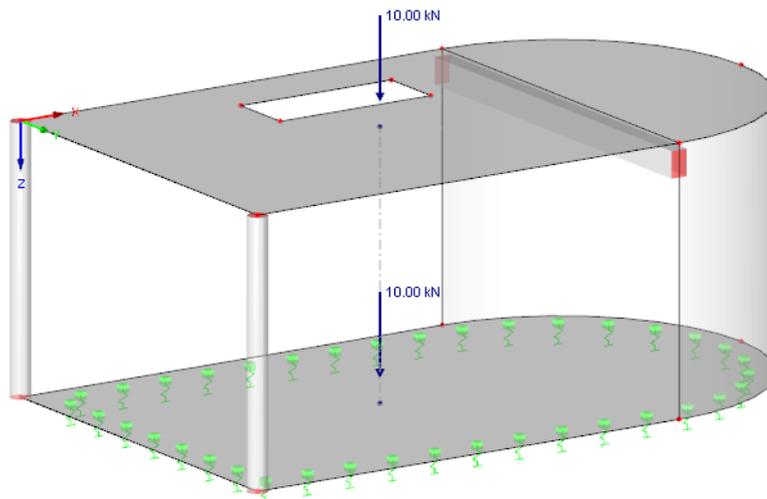


Figura 6.33: Carico libero concentrato sui solai: piano di proiezione del carico XY con impatto su copertura e impalcato

Tipo di carico

Specificare se si sta applicando una forza o un momento. Nella finestra di dialogo di immissione nel campo sottostante, è possibile inserire un valore numerico del carico.

Direzione del carico

Il carico può agire nella direzione degli assi globali X, Y, Z o degli assi della superficie locale x, y, z. Per visualizzare gli assi, utilizzare il menu contestuale (si veda figura, pagina 123) o il navigatore *Visualizza* e selezionare **Modello** → **Superfici** → **Sistemi di assi delle superfici x,y,z**.

Posizione del carico



Immettere le coordinate della posizione di carico nei campi di immissione. Nella finestra di dialogo, è possibile selezionare, anche graficamente, la posizione del carico utilizzando la funzione [^].

Magnitudine

Nella colonna della tabella rispettivamente nel campo di immissione, inserire il valore numerico della forza o del momento.

6.7 Carichi liberi lineari

Descrizione generale

Un carico libero lineare agisce come una forza uniforme o variabile linearmente lungo una linea di una superficie definibile liberamente. Nessuno nodo EF sarà generato lungo questa linea.

Per applicare un carico libero lineare, sarà necessario definire prima una superficie.

Le forze vincolari della linea che sono state importate da un altro modello utilizzando la funzione *Importa reazioni vincolari come carico* (si veda figura, pagina 301) sono gestite come carichi liberi concentrati.

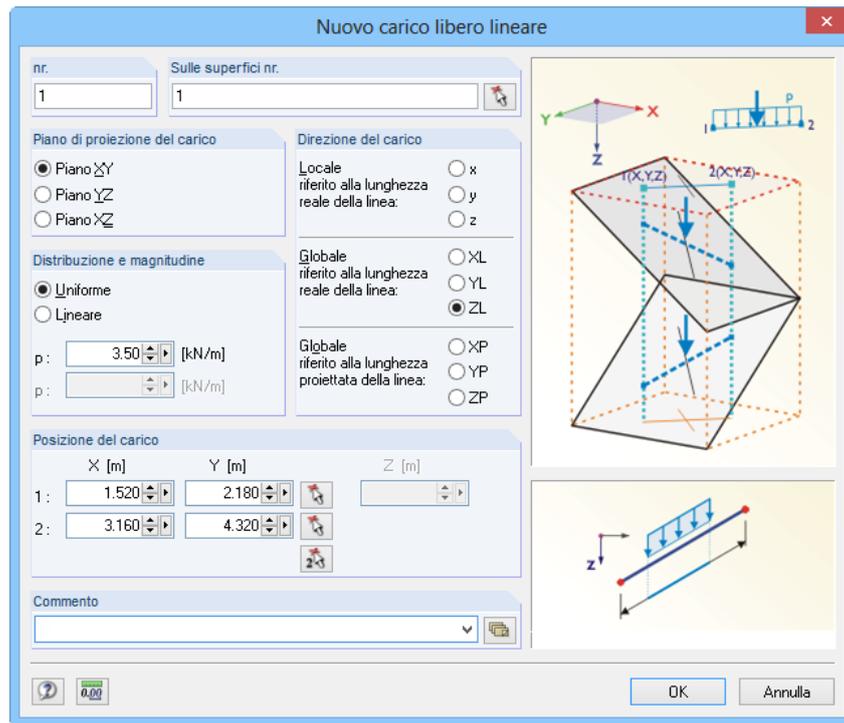


Figura 6.34: Finestra di dialogo *Nuovo carico libero lineare*

3.7 Carichi liberi lineari										
nr.	Sulle superfici nr.	Proiezione	Distribuzione del carico	Direzione del carico	Posizione del carico				Valore [kN/m]	
					X ₁ [m]	Y ₁ [m]	X ₂ [m]	Y ₂ [m]	p ₁	p ₂
1	1	XY	Uniforme	ZL	1.520	2.180	3.160	4.320	3.50	
2	1,3	XY	Lineare	ZL	4.700	4.760	8.120	3.300	2.00	
3										
4										

Figura 6.35: Tabella 3.7 *Carichi liberi lineari*

Sulle superfici



Questo campo di immissione gestisce i numeri delle superfici su cui agisce il carico. Nella finestra di dialogo *Nuovo carico libero lineare*, si possono selezionare le superfici anche graficamente utilizzando la funzione [^].

Partendo da entrambi i punti che definiscono la *Posizione del carico*, si "genereranno" due linee rette immaginarie perpendicolari al piano di proiezione. Quando le linee intersecano una delle superfici presenti nella lista, il carico sarà applicato alla linea di collegamento di entrambi i punti di

intersezione. In questo modo, è possibile assegnare rapidamente uno stesso tipo di carico a più superfici.

Piano di proiezione

Il carico può essere proiettato su uno dei piani globali XY, YZ o XZ. Come descritto in precedenza, verranno generate due linee immaginarie, partendo da entrambe le posizioni di carico e perpendicolari al piano di proiezione. Si presume che i punti iniziali e finali del carico libero lineare siano ovunque le linee intersecano una superficie.

Il piano di proiezione non deve essere perpendicolare alla superficie su cui agisce il carico: non esistono punti di intersezione definiti con la superficie.

Distribuzione del carico

Specificare se si sta applicando un carico uniforme o linearmente variabile. Nella finestra di dialogo di immissione nel campo sottostante, è possibile inserire uno o due valori numerici.

Direzione del carico

Il carico può agire in direzione degli assi locali della superficie x, y, z o gli assi globali X, Y, Z. I carichi che agiscono perpendicolarmente alla superficie si devono definire di solito come locali nella direzione z.

Se un carico agisce globalmente e non è perpendicolare alla linea, l'impatto del carico può essere correlato a diverse lunghezze di riferimento:

- **relativo alla lunghezza reale della linea**

Il carico si applica a tutta la lunghezza della linea

- **relativo alla lunghezza proiettata della linea**

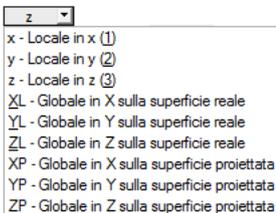
La lunghezza di applicazione del carico è convertita nella proiezione della linea in una delle direzioni dei sistemi globali di coordinate. Le lunghezze di proiezione sono visibili nel grafico di dialogo nell'angolo in basso a destra.

Posizione del carico

Immettere le coordinate della posizione di carico nei campi di immissione. Nella finestra di dialogo è possibile selezionare, anche graficamente, la posizione del carico utilizzando la funzione [↖].

Magnitudine

Nel campo di immissione, rispettivamente nella colonna della tabella, inserire il valore numerico del carico lineare.



6.8 Carichi liberi rettangolari

Descrizione generale



Un carico libero rettangolare agisce come un carico superficiale uniforme linearmente variabile su una zona rettangolare liberamente definibile di una superficie.

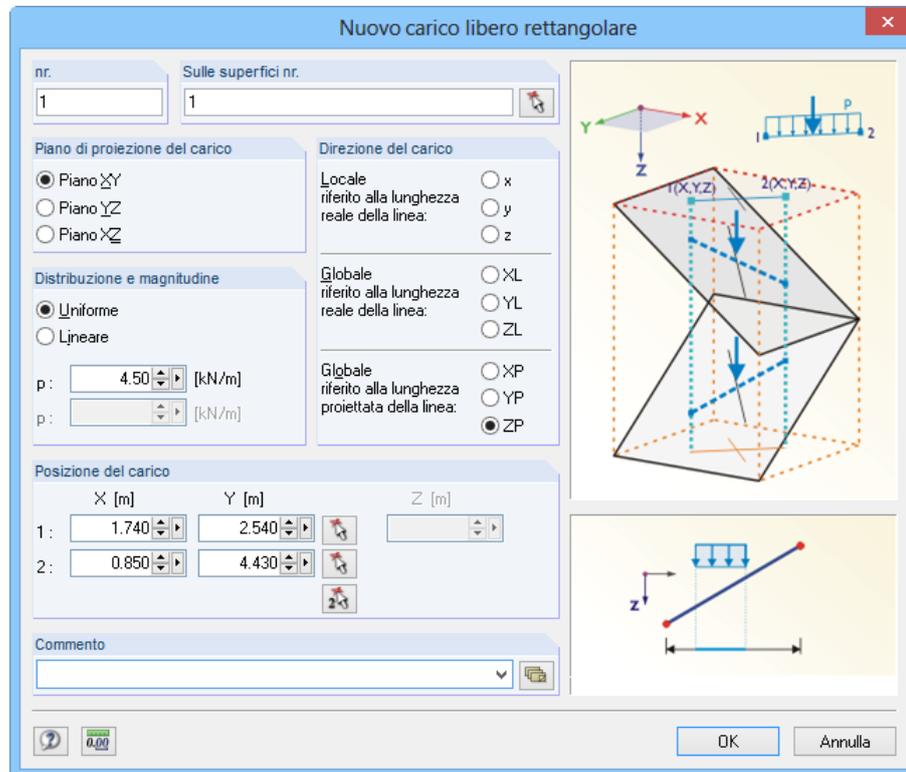


Figura 6.36: Finestra di dialogo *Nuovo carico libero rettangolare*

3.8 Carichi liberi rettangolari										
nr.	Sulle superfici nr.	Proiezione	Distribuzione del carico	Direzione del carico	Posizione del carico				Valore [kN/m ²]	
					X ₁ [m]	Y ₁ [m]	X ₂ [m]	Y ₂ [m]	P ₁	P ₂
1	1	XY	Uniforme	ZP	1.740	2.540	0.850	4.430	4.50	
2	1	XY	Uniforme	z	3.410	3.200	4.450	4.100	2.00	
3										
4										
5										
6										

Figura 6.37: Tabella 3.8 *Carichi liberi rettangolari*

Sulle superfici



Questo campo di immissione gestisce i numeri delle superfici su cui agisce il carico. Nella finestra di dialogo *Nuovo carico libero rettangolare*, si possono selezionare le superfici anche graficamente utilizzando la funzione [^].

Partendo da entrambi i punti della *Posizione del carico*, si "genereranno" due linee rette immaginarie perpendicolari al piano di proiezione. Quando le linee intersecano una delle superfici presenti nella lista, il carico sarà applicato alla diagonale di collegamento di entrambi i punti di intersezione. In questo modo, è possibile assegnare rapidamente lo stesso carico a più superfici.

Piano di proiezione

Il carico può essere proiettato su uno dei piani globali XY, YZ o XZ. Come descritto in precedenza, saranno generate due linee immaginarie, partendo da entrambe le posizioni di carico e perpendicolari al piano di proiezione. Si presume che i punti iniziali e finali della diagonale del rettangolo siano ovunque le linee intersecano una superficie.

Il piano di proiezione non deve essere perpendicolare alla superficie su cui agisce il carico: non esistono punti di intersezione definiti con la superficie.

Distribuzione del carico

Specificare se si sta applicando un carico uniforme o linearmente variabile. Nella finestra di dialogo di immissione nel campo sottostante, è possibile inserire uno o due valori numerici.

Il carico può agire nella direzione degli assi globali X, Y, Z o degli assi della superficie locale x, y, z.

- **Locale relativo all'area reale**

I carichi che agiscono perpendicolarmente alla superficie sono di solito definiti come locali e nella direzione **z**.

- **Globale relativo all'area reale**

L'orientamento degli assi della superficie locale è irrilevante per il calcolo secondo l'analisi lineare statica se il carico agisce in direzione di un asse del sistema globale di coordinate X Y Z. Un esempio di un carico di riferimento all'area reale è il peso.

- **Globale relativo all'area proiettata**

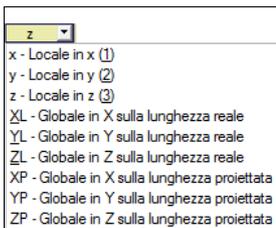
Il carico è convertito nella proiezione della superficie in una delle direzioni dei sistemi globali di coordinate. Un caso di applicazione è per esempio un carico di neve. Il grafico del dialogo nell'angolo in basso a destra mostra l'area proiettata.

Posizione del carico

Immettere le coordinate della posizione di carico nei campi di immissione. Nella finestra di dialogo è possibile selezionare, anche graficamente, la posizione del carico utilizzando la funzione [↖].

Magnitudine

Nel campo di immissione, rispettivamente nella colonna della tabella, inserire il valore numerico del carico superficiale.



6.9 Carichi liberi circolari

Descrizione generale



Un carico libero circolare agisce come un carico superficiale uniforme o linearmente variabile su una zona circolare liberamente definibile di una superficie.

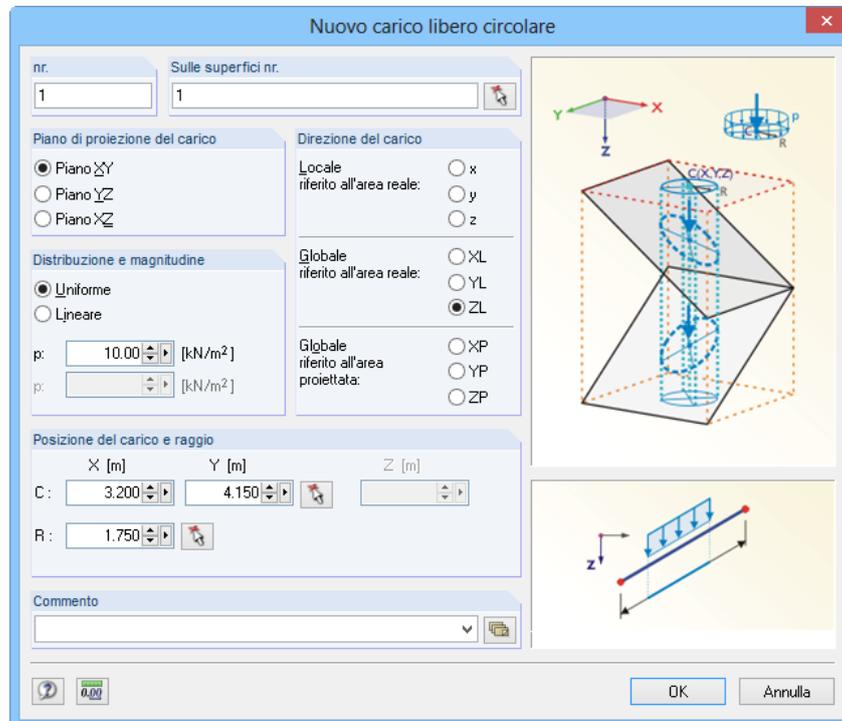


Figura 6.38: Finestra di dialogo *Nuovo carico libero circolare*

nr.	Sulle superfici nr.	Proiezione	Distribuzione del carico	Direzione del carico	Posizione del carico X1 [m]	Y1 [m]	Raggio R [m]	Valore [kN/m ²] pC	pR	Commento
1	1	XY	Uniforme	ZL	3.200	4.150	1.750	10.000		
2										
3										
4										
5										

Figura 6.39: Tabella 3.9 *Carichi liberi circolari*

Sulle superfici



Questo campo di immissione gestisce i numeri delle superfici su cui agisce il carico. Nella finestra di dialogo *Nuovo carico libero circolare*, si possono selezionare le superfici anche graficamente utilizzando la funzione [^].

Partendo dalla *Posizione del carico*, si "genererà" una linea retta immaginaria perpendicolare al piano di proiezione. Quando la linea interseca una qualsiasi delle superfici della lista, il carico circolare si applicherà nel punto di intersezione che rappresenta il centro del cerchio di raggio R . In questo modo, è possibile assegnare rapidamente uno stesso carico a parecchie superfici.

Piano di proiezione

Il carico può essere proiettato su uno dei piani globali XY, YZ o XZ. Come descritto in precedenza, sarà generata una linea immaginaria, partendo dalla posizione del carico e perpendicolare al pia-

no di proiezione. Si assume che il centro del carico circolare sia ovunque la linea interseca una superficie.

Il piano di proiezione non deve essere perpendicolare alla superficie su cui agisce il carico: non esistono punti di intersezione definiti con la superficie.

Distribuzione del carico

Specificare se si sta applicando un carico uniforme o linearmente variabile. Nella finestra di dialogo di immissione nel campo sottostante, è possibile inserire uno o due valori numerici.

Direzione del carico

Il carico può agire nella direzione degli assi globali X, Y, Z o degli assi della superficie locale x, y, z. Le direzioni del carico sono descritte nel precedente paragrafo 6.8 a pagina 246.

Posizione del carico



Nei campi di immissione, immettere le coordinate del punto centrale C del carico circolare. Nella finestra di dialogo, si può selezionare il centro del cerchio anche graficamente utilizzando la funzione [↖].



Raggio

Inserire il raggio R del carico dell'area circolare nel campo di immissione o nella colonna della tabella. Nella finestra di dialogo, è possibile selezionare il raggio anche graficamente nella finestra di lavoro utilizzando la funzione [↖].

Magnitudine

Nella colonna della tabella rispettivamente nel campo di immissione, inserire il valore numerico della forza o del momento concentrato.

6.10 Carichi liberi poligonali

Descrizione generale

Un carico libero della poligonale agisce come un carico superficiale uniforme o linearmente variabile su una zona poligonale liberamente definibile di una superficie.

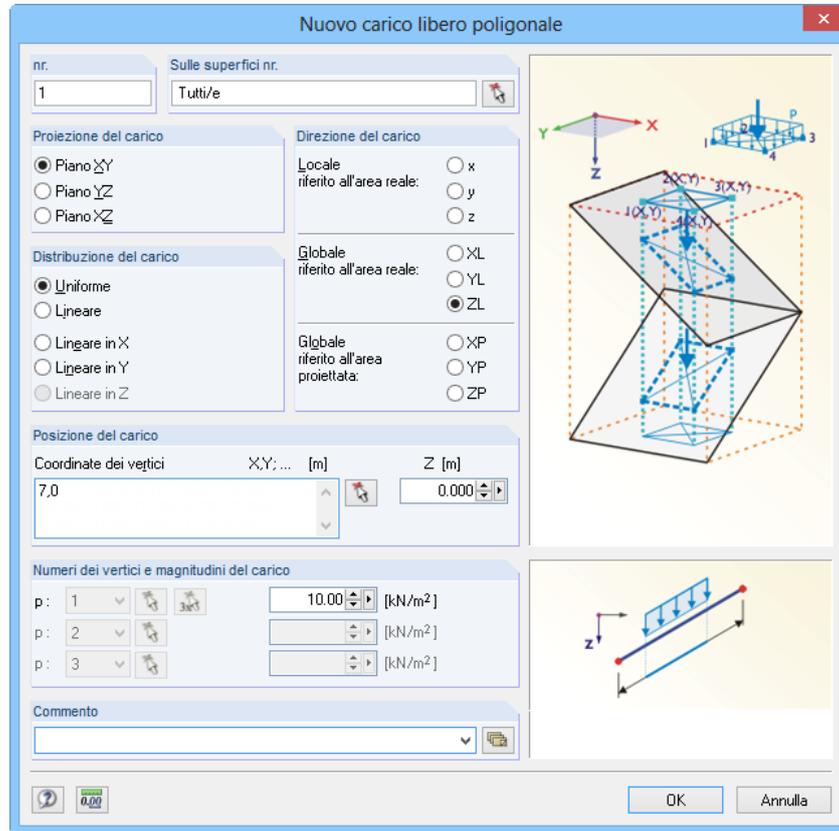


Figura 6.40: Finestra di dialogo *Nuovo carico libero poligonale*

nr.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
nr.	Sulle superfici nr.	Proiezione	Distribuzione del carico	Direzione del carico	Nodi sulla base della superf. [m] X ₁ ,Y ₁ ; X ₂ ,Y ₂ ; X ₃ ,Y ₃ ; ...	1° vertice nr. p ₁ [kN/m ²]	2° vertice nr. p ₂ [kN/m ²]	3° vertice nr. p ₃ [kN/m ²]			
1	1	XY	Uniforme	ZL	7,0						
2											
3											

Figura 6.41: Tabella 3.10 *Carichi liberi poligonali*

Sulle superfici



Questo campo di immissione gestisce i numeri delle superfici su cui agisce il carico. Nella finestra di dialogo *Nuovo carico libero poligonale*, si possono selezionare le superfici anche graficamente utilizzando la funzione [^].

Partendo dai vertici definiti della *Posizione del carico*, si "genereranno" due linee rette immaginarie perpendicolari al piano di proiezione. Quando intersecano con una delle superfici della lista, la linea che collega i punti di intersezione rappresenta il contorno carico superficiale da applicare. In questo modo, è possibile assegnare rapidamente uno stesso tipo di carico a più superfici.

Piano di proiezione

Il carico può essere proiettato su uno dei piani globali XY, YZ o XZ. Come descritto in precedenza, saranno generate due linee immaginarie, partendo dalle posizioni di carico e perpendicolari al piano di proiezione. Si presume che i vertici del carico poligonale siano ovunque le linee intersecano una superficie.

Il piano di proiezione non deve essere perpendicolare alla superficie su cui agisce il carico: non esistono punti di intersezione definiti con la superficie.

Distribuzione del carico

Specificare se si sta applicando un carico uniforme o linearmente variabile dell'area. Nella sezione di dialogo *Numeri dei vertici e magnitudini del carico*, è possibile immettere un valore numerico (*Uniforme*), due valori numerici (*Lineari in X / Y / Z*) oppure tre (*Lineari*).

Direzione del carico

Il carico può agire nella direzione degli assi globali X, Y, Z o degli assi della superficie locale x, y, z. Le direzioni del carico sono descritte nel paragrafo 6.8 a pagina 246.

Posizione del carico

Inserire le *Coordinate dei vertici* nei campi di immissione. Si consiglia di definire la catena poligonale graficamente utilizzando la funzione della finestra di dialogo [^]. Nel campo di immissione, rispettivamente nella colonna, immettere le coordinate del punto separate da una virgola. Le coppie di coordinate sono separate da un punto e virgola.

Esempio: coordinate del vertice X,Y [m] 2,3;1.6;4,7;5,45;6,25;3,2

La componente della terza coordinata è definita automaticamente dal piano di proiezione del carico. Nell'esempio, è la coordinata Z che può essere specificata separatamente in un campo di immissione della finestra di dialogo. Quando si definiscono le coordinate graficamente, la componente è irrilevante in quanto il piano di lavoro attivo è determinante.

Numeri dei vertici

Quando si definiscono carichi linearmente variabili dell'area, inserire due vertici (*Lineare in X / Y / Z*) o tre vertici (*Lineare*) con i corrispondenti valori di carico. È possibile definire o selezionare graficamente solo quei vertici che sono specificati nella sezione di dialogo *Posizione di carico* utilizzata per definire le linee al contorno. Non è consentito selezionare nodi di RFEM. Pertanto, i numeri dei vertici sono relativi alla sequenza delle *Coordinate dei vertici*.

Magnitudini

Nella colonna della tabella rispettivamente nel campo di immissione, inserire il valore numerico del carico superficiale. Per una distribuzione variabile linearmente, si devono inserire due o tre valori.

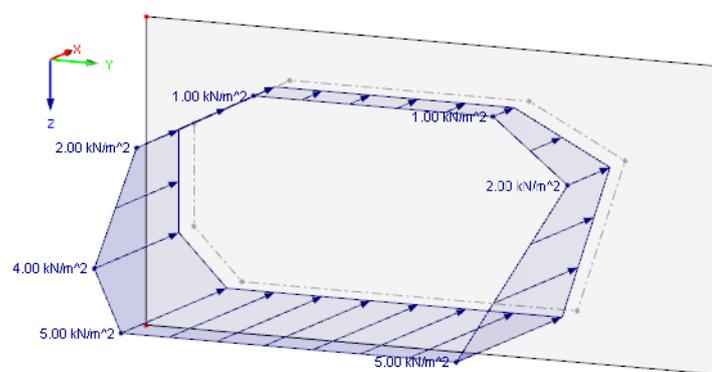
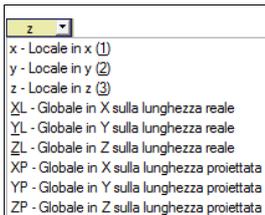


Figura 6.42: Carico poligonale linearmente variabile in direzione Z: piano di proiezione del carico YZ e direzione di carico locale in z



6.11 Cedimenti vincolari anelastici

Descrizione generale

Un cedimento vincolare anelastico è lo spostamento di un nodo vincolato esternamente a causa, ad esempio, di un cedimento di un pilastro.

I cedimenti vincolari anelastici si possono solo applicare ai nodi che hanno un vincolo esterno nella direzione dello spostamento generalizzato.

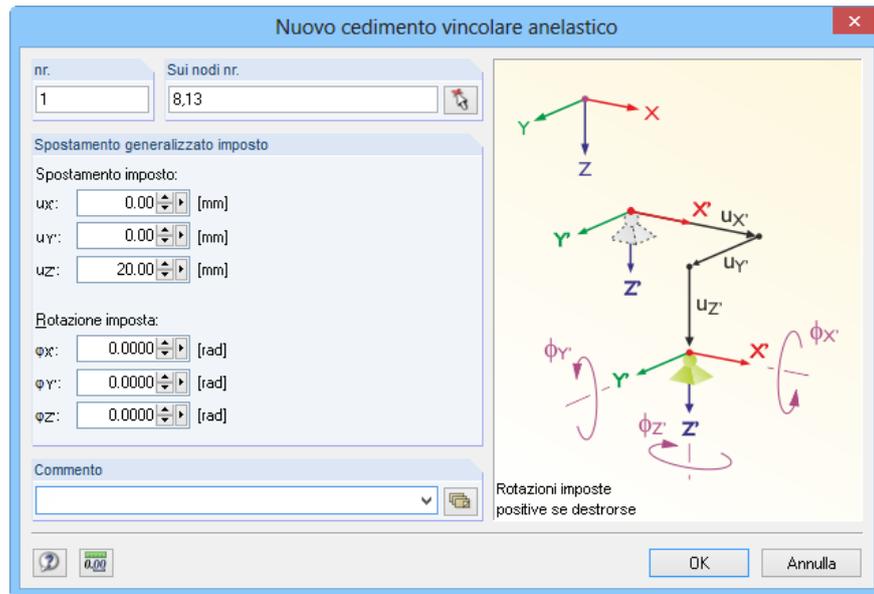


Figura 6.43: Finestra di dialogo *Nuovo cedimento vincolare anelastico*

nr.	Sui Nodi nr.	Spostamento			Rotazione			Commento
		u_x [mm]	u_y [mm]	u_z [mm]	ϕ_x [rad]	ϕ_y [rad]	ϕ_z [rad]	
1	13,14	0.00	0.00	20.00	0.0000	0.0000	0.0000	
2								
3								
4								

Figura 6.44: Tabella 3.11 *Cedimenti vincolari anelastici*

Il numero del carico è assegnato automaticamente nella finestra di dialogo *Nuovo cedimento vincolare anelastico*, ma si può modificare nel campo di immissione.

Sui nodi

In questo campo di immissione, definire i numeri dei nodi su cui avrà affetto il cedimento vincolare anelastico. Nella finestra di dialogo, i nodi possono essere selezionati anche graficamente, utilizzando la funzione [↖].



Quando si seleziona l'immissione grafica, il campo di immissione è disabilitato e sarà necessario, prima di tutto, immettere i dati di carico. Dopo aver fatto clic su [OK] si possono selezionare i nodi consecutivamente nella finestra di lavoro.



Spostamento imposto u_x / u_y / u_z

Il sistema di riferimento degli spostamenti imposti è quello delle coordinate globali. Se una forza non è parallela ad uno degli assi globali, si devono determinare le sue componenti X, Y e Z, immesse nei relativi campi di immissione.

Il diagramma nella finestra di dialogo spiega come agiscono gli spostamenti ed i segni.

Rotazione imposta $\varphi_{X'}$ / $\varphi_{Y'}$ / $\varphi_{Z'}$

Le rotazioni del nodo hanno come sistema di riferimento il sistema globale di coordinate X, Y, Z. Pertanto, è necessario determinare le componenti X, Y e Z di una rotazione imposta non allineata.

Una rotazione positiva imposta agisce in senso orario intorno al corrispondente asse globale positivo.

6.12 Spostamenti imposti delle linee

Descrizione generale

Uno spostamento imposto della linea è lo spostamento di una linea vincolata esternamente, ad esempio, a causa del cedimento delle fondazioni.

Gli spostamenti imposti della linea si possono applicare solo alle linee che hanno un vincolo esterno nella direzione dello spostamento.

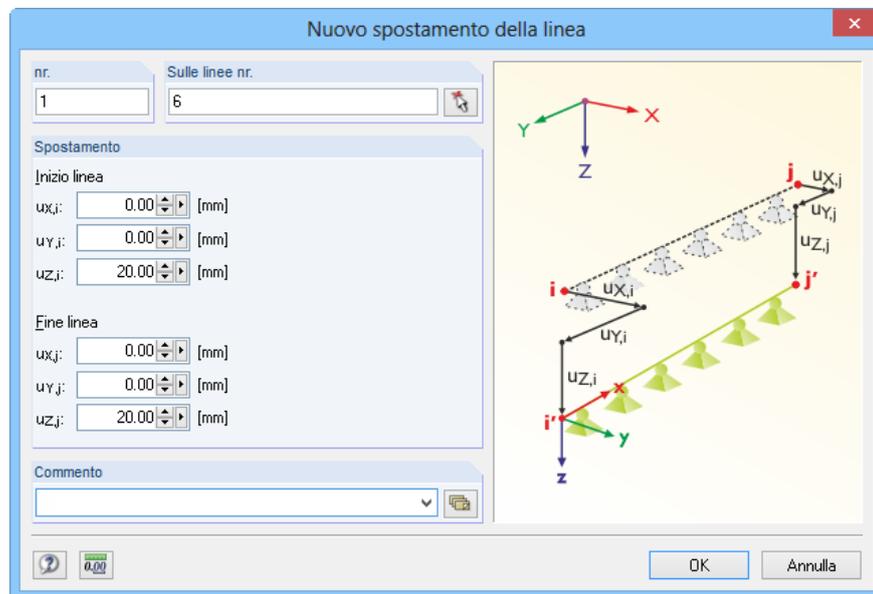


Figura 6.45: Finestra di dialogo *Nuovo spostamento della linea*

3.12 Spostamenti imposti delle linee

nr.	Sulle linee nr.	Spostamento all'inizio [mm]			Spostamento alla fine [mm]			Commento
		ux,i	uy,i	uz,i	ux,j	uy,j	uz,j	
1	6	0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	20.00	
2	3.19	0.00	0.00	25.00	0.00	0.00	25.00	
3								
4								

Carichi liberi rettangolari | Carichi liberi circolari | Carichi liberi poligonali | Cedimenti vincolari anelastici | Spostamenti imposti delle linee | Imperfezioni

Lista delle linee vincolate con spostamenti (p.es. "1-3,5,7").

Figura 6.46: Tabella 3.12 *Spostamenti imposti delle linee*

Il numero del carico è assegnato automaticamente nella finestra di dialogo *Nuovo spostamento imposto della linea*, ma si può modificare nel campo di immissione.

Sulle linee



In questo campo di immissione, definire i numeri delle linee su cui agisce lo spostamento imposto. Nella finestra di dialogo, si possono selezionare le linee anche graficamente utilizzando la funzione [↖].



Quando si seleziona l'immissione grafica, il campo di immissione è disabilitato e sarà necessario, prima di tutto, immettere i dati di carico. Dopo aver fatto clic su [OK] si possono selezionare consecutivamente le linee pertinenti nella finestra di lavoro.

Spostamento imposto

Inizio linea

Il sistema di riferimento degli spostamenti imposti è quello delle coordinate globali X, Y, Z. Sono disponibili tre campi di immissione per lo spostamento sul nodo iniziale della linea vincolata esternamente.

Se uno spostamento di un nodo vincolato esternamente non è parallelo ad uno degli assi globali, si dovranno determinare le sue componenti X, Y e Z e inserirle nei relativi campi di immissione.

Fine linea

Nei campi di immissione, inserire lo spostamento del nodo finale della linea vincolata esternamente.



Per visualizzare l'orientamento della linea, utilizzare il navigatore *Visualizza*: selezionare **Modello** → **Linee** → **Sistemi di assi delle linee x,y,z** (si veda figura, pagina 52).

6.13 Imperfezioni

Descrizione generale



Vi sono due modi per determinare le imperfezioni in RFEM:

- con l'applicazione dei **carichi equivalenti** alle aste.
- utilizzando una **struttura equivalente** predeformata.

Questo paragrafo descrive le imperfezioni sotto forma di carichi equivalenti. Per informazioni dettagliate su come generare le strutture equivalenti utilizzando il modulo aggiuntivo **RF-IMP**, si veda il paragrafo 7.3.1 a pagina 278.

Per applicare una imperfezione, si dovrà definire in anticipo un'asta.

Le imperfezioni rappresentano le deviazioni di fabbricazione nella geometria strutturale e nelle proprietà del materiale. Nella sezione 5.3 della normativa EN 1993-1-1, l'applicazione delle imperfezioni è descritta come una inclinazione (imperfezioni della oscillazione) e controfrecchia (imperfezioni della curvatura). Così, le imperfezioni sono considerate come carichi equivalenti.

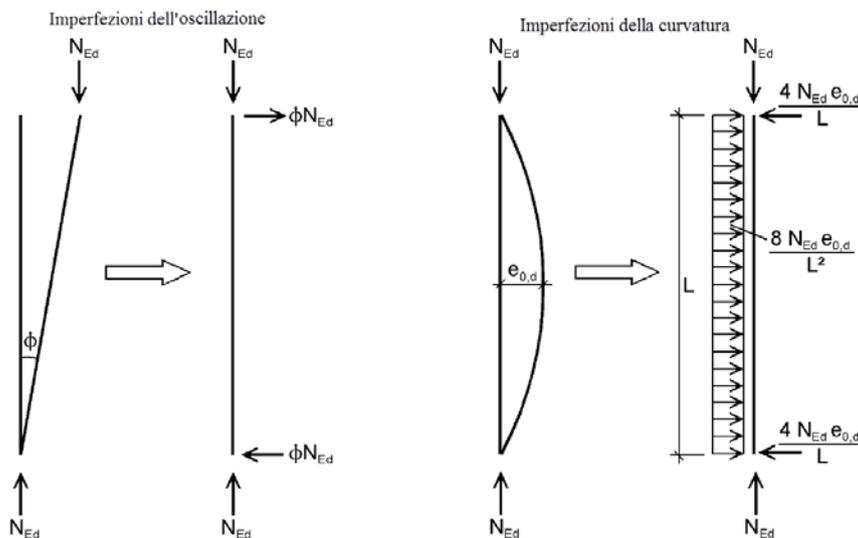


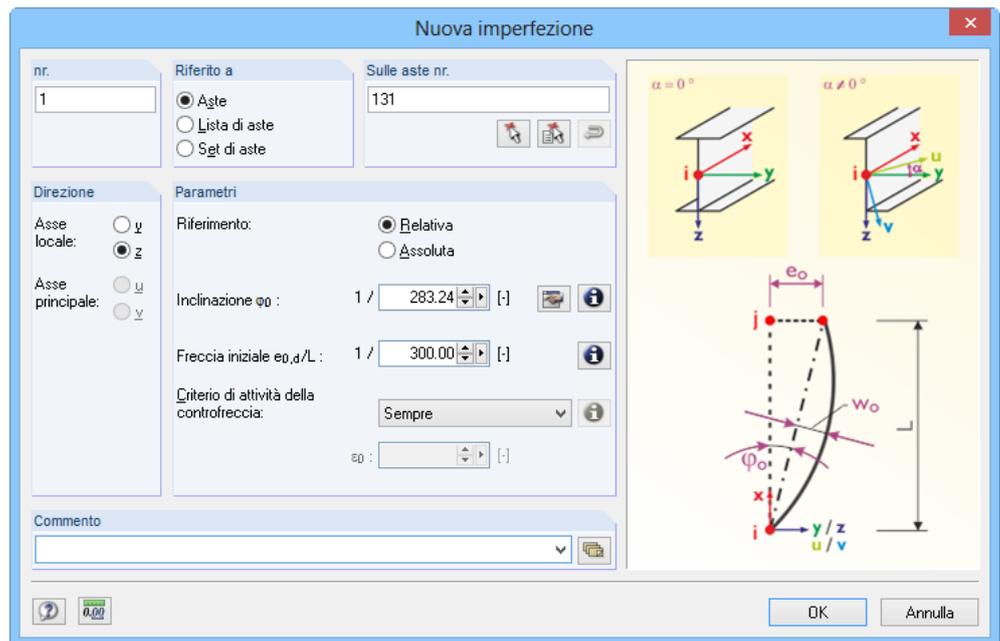
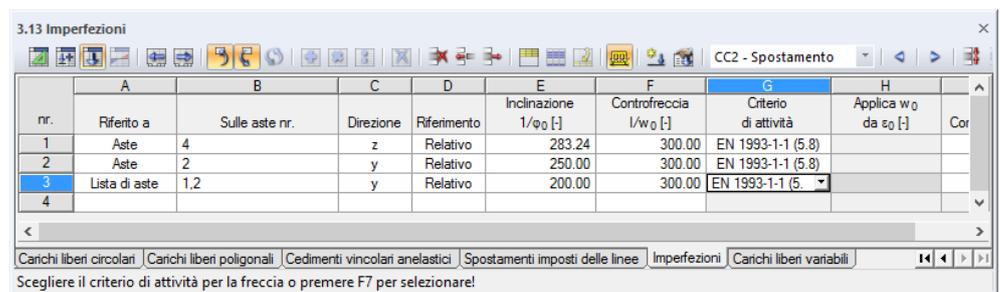
Figura 6.47: Carichi equivalenti secondo la EN 1993-1-1



RFEM prende in considerazione i carichi equivalenti anche quando si eseguono i calcoli secondo l'analisi statica lineare. Si noti, comunque, che un caso di carico di una pura imperfezione non produrrà nessuna forza interna. La struttura deve avere alcuni carichi "reali" che inducono le forze assiali nell'asta imperfetta.

Si consiglia di gestire i carichi e le imperfezioni in casi di carico separati. Questi si possono combinare tra loro in combinazioni di carico appropriate. I casi di carico con pure imperfezioni si devono classificare come azioni di tipo **Imperfezione** nei dati di base per i casi di carico (si veda figura, pagina 179). In caso contrario, il controllo di plausibilità visualizzerà un messaggio a causa di carichi mancanti.

In generale, le imperfezioni si devono impostare in modo affine con il valore minore dell'autovalore di instabilità nella direzione più sfavorevole.

Figura 6.48: Finestra di dialogo *Nuova imperfezione*


nr.	A	B	C	D	E	F	G	H	
	Riferito a	Sulle aste nr.	Direzione	Riferimento	Inclinazione 1/φ₀ [°]	Controfreccia l/w₀ [°]	Criterio di attività	Applica w₀ da s₀ [°]	Cor
1	Aste	4	z	Relativo	283.24	300.00	EN 1993-1-1 (5.8)		
2	Aste	2	y	Relativo	250.00	300.00	EN 1993-1-1 (5.8)		
3	Lista di aste	1,2	y	Relativo	200.00	300.00	EN 1993-1-1 (5.8)		
4									

Figura 6.49: Tabella 3.13 *Imperfezioni*

Il numero della imperfezione è assegnato automaticamente nella finestra di dialogo *Nuova imperfezione*, ma si può modificare nel campo di immissione. L'ordine della numerazione non è importante.

Riferito a

Definire gli elementi strutturali a cui si desidera applicare l'imperfezione. Si possono selezionare le seguenti opzioni:

Aste

L'imperfezione agisce su una singola asta o su ciascuna asta di diverse aste selezionate.

Lista di aste

L'imperfezione agisce sull'unione di aste che sono definite nell'elenco. Perciò, non si applicano spostamenti iniziali e inclinazioni a ciascuna asta individualmente, ma come una imperfezione totale a tutte le aste dell'elenco di aste. La differenza degli effetti del carico di una imperfezione applicata su singole aste o su un elenco di aste sono visibili in figura 6.50.

Si usi l'elenco di aste per applicare le imperfezioni su tutte le aste senza avere definito le aste come continue.

Set di aste

L'imperfezione agisce su un set di aste o su ciascun set di diversi set di aste. In modo simile come per l'elenco di aste sopra descritto, i parametri si applicano all'unione delle aste incluse nel set di aste.

I set di aste sono suddivisi in aste continue e gruppi di aste (si veda paragrafo 4.21, pagina 167). Le imperfezioni per i set di aste si possono applicare solo alle aste continue giacenti su una linea. Queste non sono adeguate per i gruppi di aste o aste continue curve.

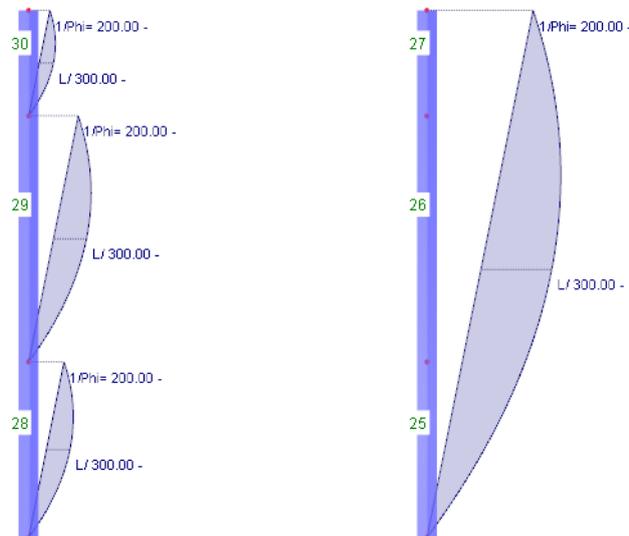


Figura 6.50: L'imperfezione con riferimento ad aste (a sinistra) e di un elenco di aste (a destra)

Sulle aste

In questo campo di immissione, immettere i numeri delle aste o dei set di aste su cui agisce l'imperfezione. Nella finestra di dialogo, si possono selezionare le aste anche graficamente utilizzando la funzione [^].

Quando si seleziona l'immissione grafica, il campo di immissione è disabilitato e sarà necessario, prima di tutto, immettere i dati di carico. Dopo aver fatto clic su [OK] si possono selezionare le aste rilevanti o i set di aste consecutivamente nella finestra di lavoro.

Per imperfezioni facenti riferimento ad una lista di aste è possibile organizzare i numeri delle aste in modo appropriato utilizzando il pulsante di dialogo [Inverti orientamento aste], per esempio per invertire l'inclinazione per la visualizzazione grafica. Tuttavia, la sequenza è irrilevante per i calcoli a causa dei carichi equivalenti identici.

Direzione

È possibile applicare l'imperfezione solo nella direzione dell'asse locale dell'asta y o z . Quando si utilizzano sezioni trasversali asimmetriche, anche gli assi principali u e v diventeranno disponibili per la selezione (si veda paragrafo 4.13, pagina 127). Non è possibile definire una inclinazione o una controtreccia che agisce globalmente.

L'orientamento degli assi dell'asta è descritto nel paragrafo 4.17, sezione *Rotazione dell'asta* a pagina 153. Per sezioni trasversali simmetriche, l'asse y rappresenta il cosiddetto asse "forte", l'asse z di conseguenza è l'asse "debole" della sezione trasversale dell'asta.

Quando si seleziona, nella finestra di dialogo *Dati generali*, un modello di tipo lastra o parete (2D), si potrà selezionare solo la direzione z .

Riferimento

I valori di inclinazione e delle controtreccie si possono definire in due modi:

Relativo permette l'inserimento dei valori reciproci φ_0 e w_0 in relazione alla lunghezza dell'asta, *Assoluto* consente di specificare direttamente le dimensioni geometriche.



Inclinazione

L'angolo φ_0 indica il grado di inclinazione come è descritto, ad esempio nella EN 1993-1-1, sezione 5.3.2. Immettere il valore reciproco φ_0 oppure il valore assoluto nel campo di immissione. Si potrà visualizzare una illustrazione dei parametri nella finestra di dialogo tramite il pulsante [Info].

In più, nella finestra di dialogo vi è il pulsante [Calcola inclinazione] per determinare le inclinazioni secondo diverse normative in una finestra di dialogo separata.

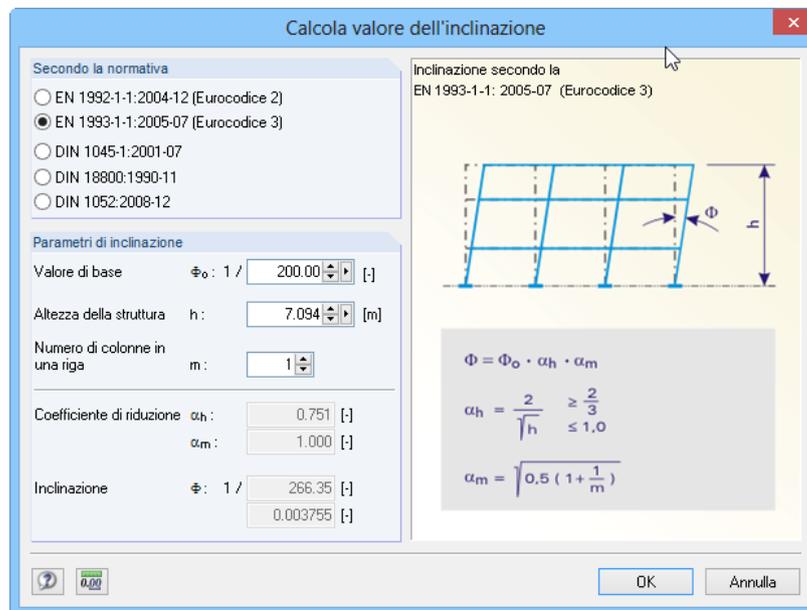


Figura 6.51: Finestra di dialogo *Calcola valore dell'inclinazione*

La sezione di dialogo *Secondo la normativa* controlla quali campi di immissione sono disponibili nella sezione *Parametri di inclinazione*. Sulla base delle specificazioni inserite, si determinano fattori di riduzione e inclinazioni in conformità alla normativa. Fare clic su [OK] per trasferire i valori alla finestra di dialogo iniziale.

Controfreccia

La controfreccia w_0 definisce il grado di inflessione da applicare secondo la normativa (ad esempio DIN 18800, parte 2, el. (204) o EN 1993-1-1, sezione 5.3.2). La controfreccia dipende dalla curva di instabilità della sezione trasversale ed è relativa alla lunghezza dell'asta l inserita come valore assoluto.

Criterio di attività

Le seguenti opzioni da selezionare sono disponibili per definire come sono gestite le controfreccie nell'interazione con le inclinazioni delle aste:

- **Sempre**
Si considera la controfreccia in tutti i casi.
- **EN 1993-1-1 (5.8)**
L'influenza della controfreccia $e_{0,d}$ si applicherà alle aste con una snellezza $\bar{\lambda}$ determinata secondo la normativa EN 1993-1-1:2005, sezione 5.3.2 (6), eq. (5.8).
- **DIN 18800**
 w_0 si applica solo se il coefficiente dell'asta ε supera un certo valore. Questa regola fa riferimento alla norma DIN 18800, parte 2, el. (207).
- **Manualmente**
Il criterio di attività può essere inserito singolarmente.

Per visualizzare i criteri nel grafico di dialogo, utilizzare il pulsante [Info].



Considera w_0 non prima di ε_0

Se il coefficiente ε è maggiore rispetto al valore definito in questo campo, si dovrà considerare una controfreccia dovuta alla inclinazione. La DIN 18800-2 el. (207) specifica $\varepsilon > 1,6$ per la maggior parte dei casi.

6.14 Carichi generati

RFEM offre diversi generatori che si possono utilizzare per creare i carichi facilmente (si veda paragrafo 11.8 a pagina 556). I carichi delle aste o delle superfici generati sono riportati nella tabella 3.14 e nel navigatore *Dati*.

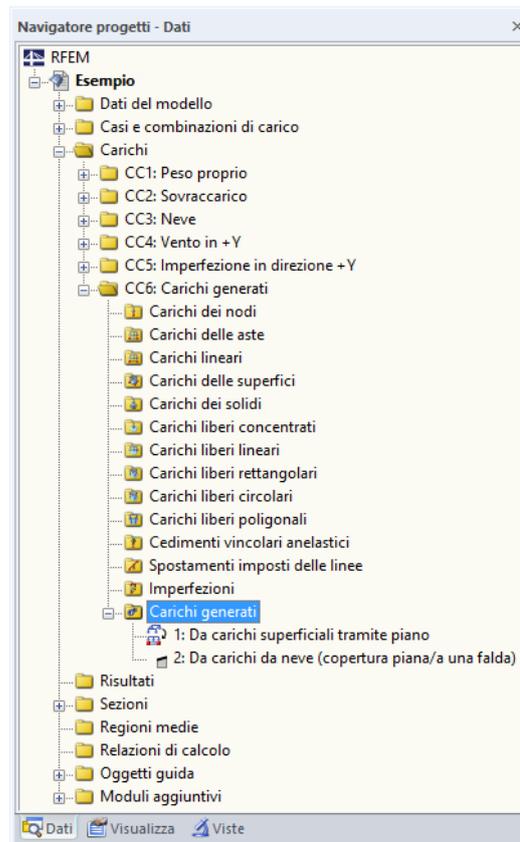
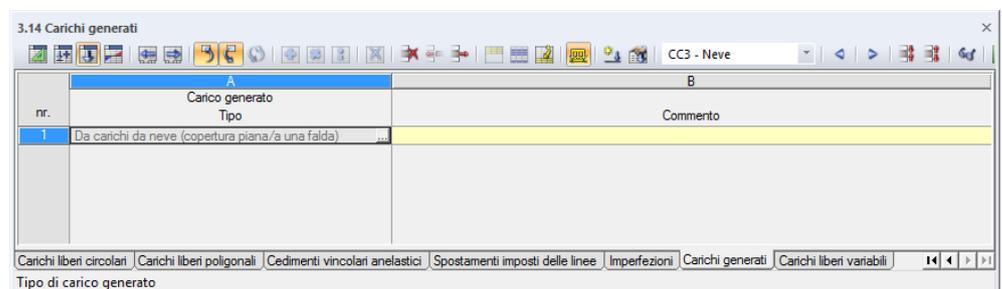


Figura 6.52: Carichi generati nel navigatore *Dati*



nr.	Carico generato	Commento
1	Da carichi da neve (copertura piana/a una falda)	

Figura 6.53: Tabella 3.14 Carichi generati

Le finestre di dialogo originarie dei generatori sono memorizzate come oggetti di carico specifici alle quali è possibile accedere per eventuali modifiche: fare doppio clic sulla voce del navigatore o utilizzare il pulsante della tabella [...] per aprire di nuovo la finestra di dialogo (si veda ad esempio figura 11.194, pagina 568), dove è possibile regolare i parametri di generazione del carico.



7. Calcolo

7.1 Verificare i dati di immissione

Prima di avviare il calcolo, si consiglia di controllare i dati strutturali e di carico, e il modello disegnato. RFEM verifica la correttezza dei dati per ogni oggetto strutturale e di carico, dei riferimenti dei dati impostati e della creazione del modello.

Possibili errori di immissione si possono correggere rapidamente poiché è possibile accedere direttamente alla riga della tabella con il problema corrispondente (si veda figura).

7.1.1 Verifica di plausibilità



È possibile verificare la coerenza dei dati strutturali e di carico. Per aprire la finestra di dialogo per il controllo di plausibilità,

selezionare **Verifica di plausibilità** nel menu degli **Strumenti**

oppure utilizzare il pulsante della barra degli strumenti mostrato sulla sinistra.

Si aprirà una finestra di dialogo in cui è possibile definire i dati di immissione che si desidera verificare.



Figura 7.1: Finestra di dialogo *Verifica di plausibilità*

Nella sezione di dialogo *Tipo di verifica*, è possibile scegliere una delle tre opzioni:

- **Normale**

L'opzione standard verifica la completezza dei parametri di immissione e la correttezza dei dati memorizzati.

- **Con avvisi**

Selezionare questa opzione per eseguire un controllo dettagliato dei dati di immissione, capace di individuare anche i nodi con coordinate identiche o i vincoli interni con gradi di libertà illimitati.

Quando si rileva un errore, apparirà un messaggio con informazioni dettagliate sul problema. È possibile interrompere il controllo al fine di eliminare l'errore.

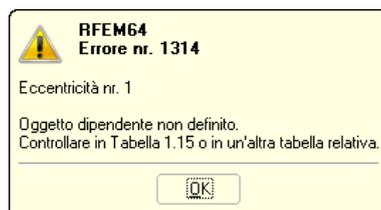


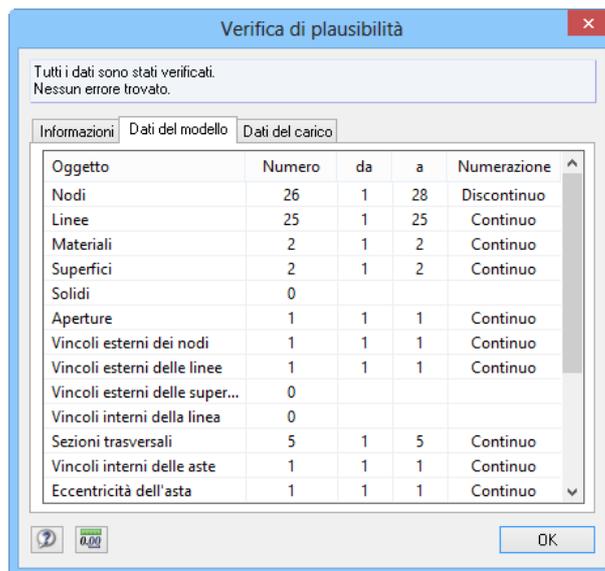
Figura 7.2: Verifica di plausibilità con avviso

- **Nessuna, solo statica**

È riportato soltanto il riassunto dei dati di immissione (dimensioni strutturali, peso totale, numero di nodi, linee, vincoli esterni, carichi delle aste e delle superfici ecc.).

È possibile generare la mesh EF durante la verifica di plausibilità selezionando la casella di controllo per *Genera mesh EF*. Per informazioni più dettagliate sui materiali, si veda il paragrafo 7.2 a pagina 265.

Quando la verifica di plausibilità è terminata con successo, si visualizzerà un sommario dei dati di immissione.



Oggetto	Numero	da	a	Numerazione
Nodi	26	1	28	Discontinuo
Linee	25	1	25	Continuo
Materiali	2	1	2	Continuo
Superfici	2	1	2	Continuo
Solidi	0			
Aperture	1	1	1	Continuo
Vincoli esterni dei nodi	1	1	1	Continuo
Vincoli esterni delle linee	1	1	1	Continuo
Vincoli esterni delle super...	0			
Vincoli interni della linea	0			
Sezioni trasversali	5	1	5	Continuo
Vincoli interni delle aste	1	1	1	Continuo
Eccentricità dell'asta	1	1	1	Continuo

Figura 7.3: Risultato della verifica di plausibilità, scheda *Dati del modello*

7.1.2 Controllo del modello

Oltre alla verifica di plausibilità, è possibile utilizzare la verifica della struttura per la ricerca di discrepanze specifiche prodotte durante la creazione del modello. Per aprire la finestra di dialogo corrispondente,

puntare su **Controlla modello** nel menu **Strumenti** e selezionare una delle opzioni seguenti.

Nodi identici

RFEM filtra tutti i nodi con coordinate identiche. Questi sono combinati in gruppi mostrati nella finestra di dialogo.



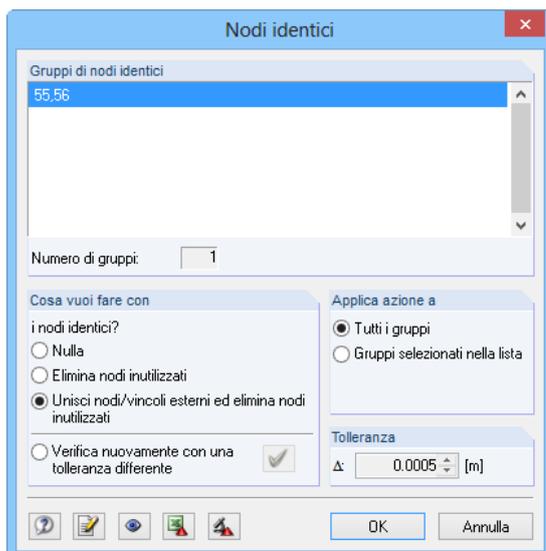


Figura 7.4: Risultati del controllo della struttura per nodi identici

Nella sezione di dialogo *Cosa vuoi fare con i nodi identici?*, è possibile decidere come trattare i nodi doppi. Nella sezione di dialogo *Applica azione a*, si definisce se la selezione si applica a tutti i gruppi elencati o solo alla riga selezionata.

Nella sezione di dialogo *Tolleranza*, si definisce la zona entro la quale le coordinate sono valutate come identiche. Questa funzione è particolarmente utile per i modelli importati dai programmi CAD. In questo caso, le linee sono spesso corte perché i nodi sono molto vicini tra loro. Se tali nodi sono filtrati con una tolleranza appropriata e poi unificata, è possibile evitare problemi numerici a causa di aste o linee corte.

Aste sovrapposte



Utilizzare questa opzione per filtrare tutte le aste che si sovrappongono parzialmente o interamente per la loro lunghezza.

Se si rilevano aste sovrapposte, queste saranno visibili in una finestra di dialogo dove saranno suddivise per gruppi. Il gruppo attuale è indicato con una freccia visualizzata nell'area di lavoro. Dopo aver cliccato sul pulsante [OK] è possibile procedere alla risoluzione del problema.

Aste che si intersecano non collegate



Il controllo cerca le aste che si intersecano ma che non hanno un nodo comune nel punto di intersezione.

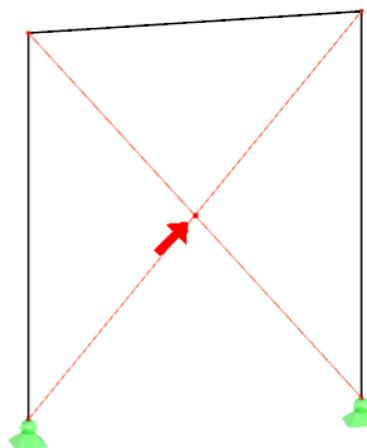
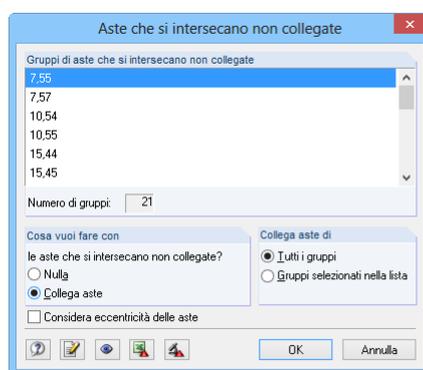


Figura 7.5: Risultati del controllo della struttura per le aste che si intersecano

I risultati del controllo sono visibili nella sezione di dialogo *Gruppi di aste che si intersecano non collegate*. Le aste che si intersecano sono elencate in gruppi. Il gruppo attualmente selezionato è indicato da una freccia nella figura.

Nella sezione di dialogo *Cosa vuoi fare con*, si deciderà cosa fare con le aste intersecanti. L'opzione *Collega aste* è utile per il trasferimento delle forze interne, ma non, ad esempio, per intersezione di diagonali con tiranti.

Linee sovrapposte



Utilizzare questa opzione per filtrare tutte le linee che si sovrappongono parzialmente o interamente per la loro lunghezza.

Se si rilevano linee sovrapposte, queste saranno visibili in una finestra di dialogo dove saranno suddivise per gruppi. Il gruppo attuale è indicato con una freccia visualizzata nella finestra di lavoro. Dopo aver cliccato sul pulsante [OK] è possibile procedere alla risoluzione del problema.

Linee che si intersecano non collegate



Utilizzare questa opzione per la ricerca di linee che si intersecano senza la condivisione di un nodo comune nel punto di intersezione. I risultati del controllo sono visibili nella sezione di dialogo *Gruppi di linee che si intersecano non collegate* (si veda figura). Le linee che si intersecano sono elencate in gruppi. Il gruppo attualmente selezionato è indicato con una freccia visibile nell'area di lavoro.

Nella sezione di dialogo *Cosa vuoi fare con*, si deciderà come fare con le linee intersecanti.

Superfici sovrapposte



Utilizzare questa opzione per filtrare tutte le superfici che si sovrappongono parzialmente o interamente.

Se si rilevano superfici che si sovrappongono, queste saranno visibili in una finestra di dialogo dove saranno suddivise per gruppi. Il gruppo attuale è indicato con il proprio colore selezionato nell'area di lavoro. Dopo aver cliccato sul pulsante [OK] è possibile procedere alla risoluzione del problema.

Superfici di minima curvatura



Il programma permette la ricerca di superfici che hanno una lievissima deviazione del proprio piano.

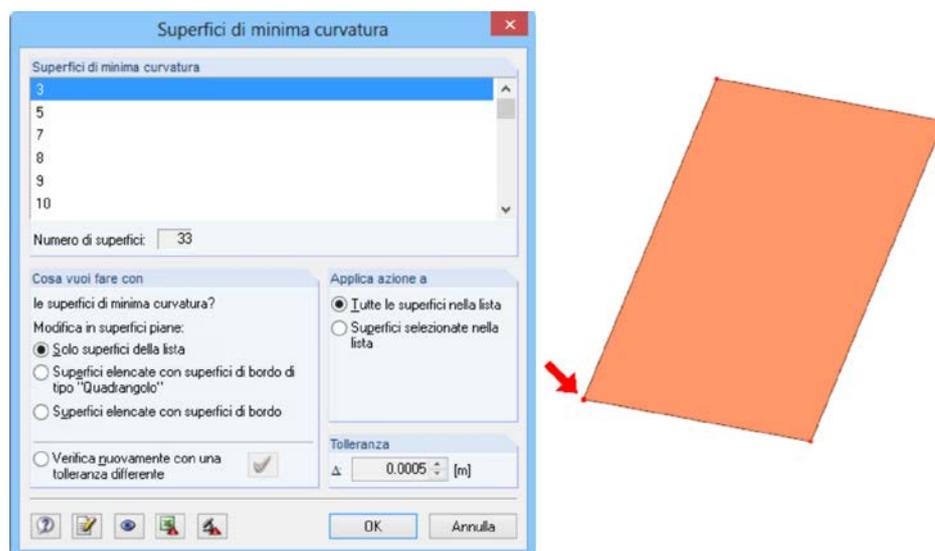


Figura 7.6: Risultati per la verifica della struttura per superfici con una curvatura minima

Se si rilevano delle superfici con una curvatura minima, queste saranno visibili in una finestra di dialogo dove saranno ordinate per gruppi. Il gruppo attuale con il nodo di deviazione dal piano è indicato con una freccia visualizzata nell'area di lavoro.

La sezione di dialogo *Cosa vuoi fare con* dispone di opzioni specifiche per la manipolazione di tali superfici. Nella sezione di dialogo *Applica azione a*, si decide se le impostazioni saranno applicate a tutti i gruppi elencati sopra solo alla superficie selezionata.



Nella sezione di dialogo *Tolleranza*, è possibile definire la tolleranza per la definizione del piano. Inoltre, in caso di modifiche, è possibile *Verificare* le superfici incurvate *nuovamente con una tolleranza differente*.

Pulsanti

I pulsanti nelle finestre di dialogo per il controllo della struttura sono riservati alle seguenti funzioni:

	Applica le modifiche alla sezione di dialogo <i>Cosa vuoi fare con</i>
	Passa all'area di lavoro di RFEM per modificare la vista
	Esporta gli oggetti elencati nella tabella di Excel
	Crea un nuova vista parziale per ciascun gruppo di oggetti

Tabella 7.1: Pulsanti nelle finestre di dialogo per il controllo della struttura

7.1.3 Rigenera modello



RFEM esegue una revisione automatica di piccole inconsistenze esistenti nel modello prodotte durante il processo di modellazione o generate dallo scambio di dati con programmi Cad. Per accedere alla funzione corrispondente

selezionare **Rigenera modello** nel menu degli **Strumenti**.

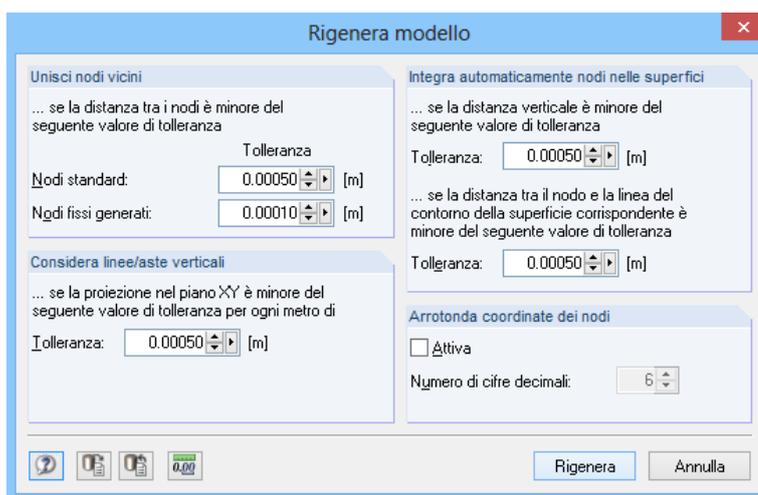


Figura 7.7: Finestra di dialogo *Rigenera modello*

Nella sezione di dialogo *Unisci nodi vicini*, si definisce una soglia per le distanze dei nodi: quando i valori sono all'interno della *Tolleranza*, i nodi saranno considerati identici e combinati in un singolo nodo. Poiché i nodi superflui saranno eliminati, questo potrebbe avere come risultato la rinumerazione degli oggetti.

Nella sezione di dialogo *Considera linee/aste verticali*, si può gestire la posizione degli assi locali delle linee e delle aste. Per le aste in posizione verticale, l'orientamento degli assi differisce essenzialmente dalle aste in posizione generica (inclinata) (si veda paragrafo 4.17, pagina 154). È possibile utilizzare il campo di immissione *Tolleranza* per imporre una posizione verticale a una posizione generica. In questo modo, si preverrà l'"attivazione" degli assi dell'asta, che è sempre facilmente disponibile e a volte si applica involontariamente durante l'immissione del carico e l'output di forze interne.

Utilizzare le opzioni nella sezione di dialogo *Integra automaticamente nodi nelle superfici* per includere i nodi in prossimità ad una superficie o una linea del contorno automaticamente nell'elenco di oggetti integrati della superficie (si veda pagina 86). La conseguenza di ciò è che non sarà necessaria una integrazione manuale. Si noti che avverrà una verifica interna prima che si avvii il calcolo: se la distanza dei nodi dalla superficie è troppo grande, questi saranno considerati come non appartenenti alla superficie.

Infine, è possibile arrotondare automaticamente le coordinate dei nodi con la funzione *Arrotonda coordinate dei nodi*. Definire il numero pertinente delle cifre decimali.

7.1.4 Elimina i carichi non utilizzati

I carichi si possono solo definire su oggetti esistenti nella struttura. Comunque, durante il processo della modellazione, alcune aste o superfici con carichi assegnati potrebbero essere rimossi dal sistema. Normalmente, RFEM elimina anche i loro carichi. Se il controllo di plausibilità troverà ancora dei carichi su oggetti non esistenti, sarà possibile rimuoverli.

Nel menu degli **Strumenti**, puntare a **Elimina carichi** e selezionare **Carichi non utilizzati**.

Utilizzare il menu mostrato a sinistra per selezionare anche altri carichi da rimuovere.



Menu **Strumenti** → *Elimina carichi*

7.2 Mesh EF

Con RFEM è possibile analizzare elementi asta, piastra, parete, gusci e solidi. Prima di avviare il calcolo, si deve generare la mesh agli EF per creare gli elementi corrispondenti 1D, 2D e 3D.

L'analisi agli EF richiede la divisione del sistema strutturale in piccoli sottosistemi rappresentati da elementi finiti. Per ciascun elemento si devono impostare le condizioni di equilibrio. Si creerà un sistema di equazioni lineari con molte incognite. Più saranno fitte le dimensioni della mesh di elementi finiti, più preciso sarà il risultato. Così facendo però, il tempo impiegato per il calcolo aumenta enormemente a causa della quantità di dati da calcolare, poiché si dovranno risolvere più equazioni per ogni nodo EF aggiunto.

La mesh agli elementi finiti verrà creata automaticamente. Comunque, vi sono delle opzioni che si possono utilizzare per gestire la generazione della mesh.



Delle referenze utili riguardanti la discretizzazione e la metodologia agli elementi finiti sono presenti nel [15].

7.2.1 Nozioni di base sugli elementi finiti in RFEM

Elementi 1D

Per gli elementi asta si presuppone che una sezione trasversale rimane piana senza deformarsi. Gli elementi asta 1D sono utilizzati per rappresentare travi, travature, nervature, funi e collegamenti rigidi. Un elemento asta 1D ha in totale 12 gradi di libertà: sei all'inizio dell'elemento e sei alla fine. Questi fanno riferimento agli spostamenti (u, v, w) e alle rotazioni $(\varphi_x, \varphi_y, \varphi_z)$. Quando si calcolano i dati strutturali linearmente, la trazione, la compressione e la torsione sono espresse come funzioni lineari degli assi dell'asta x , indipendentemente da flessione e taglio. Queste sono approssimate con un polinomio in x del terzo grado, e sono prese in considerazione le influenze delle tensioni di taglio risultanti dalle forze di taglio V_y e V_z . La matrice di rigidità $\mathbf{K}_L(12, 12)$ descrive il comportamento lineare degli elementi 1D. La mutua interazione della forza assiale con la flessione in caso di problemi geometricamente non-lineari è espressa nella matrice di rigidità $\mathbf{K}_{NL}(12, 12)$. Si possono trovare ulteriori informazioni in [18] e [19].

Per i calcoli secondo l'analisi a grandi spostamenti, si consiglia di utilizzare un infittimento della mesh EF delle linee (si veda paragrafo 4.23, pagina 175), così i risultati potranno essere calcolati accuratamente.

Elementi 2D

Di solito, come elementi 2D vengono utilizzati gli elementi quadrangolari. Il generatore della mesh aggiunge elementi triangolari, laddove richiesti.

I gradi di libertà nei nodi dei vertici del quadrangolo e degli elementi triangolari sono gli stessi come per gli elementi 1D: gradi di libertà dello spostamento (u_x, u_y, u_z) e rotazione $(\varphi_x, \varphi_y, \varphi_z)$. In questo modo è assicurata la compatibilità di elementi 1D e 2D nei nodi. I parametri sono definiti nel sistema di coordinate locali planari di elementi e saranno convertiti nel sistema globale di coordinate quando si crea la matrice di rigidità globale.

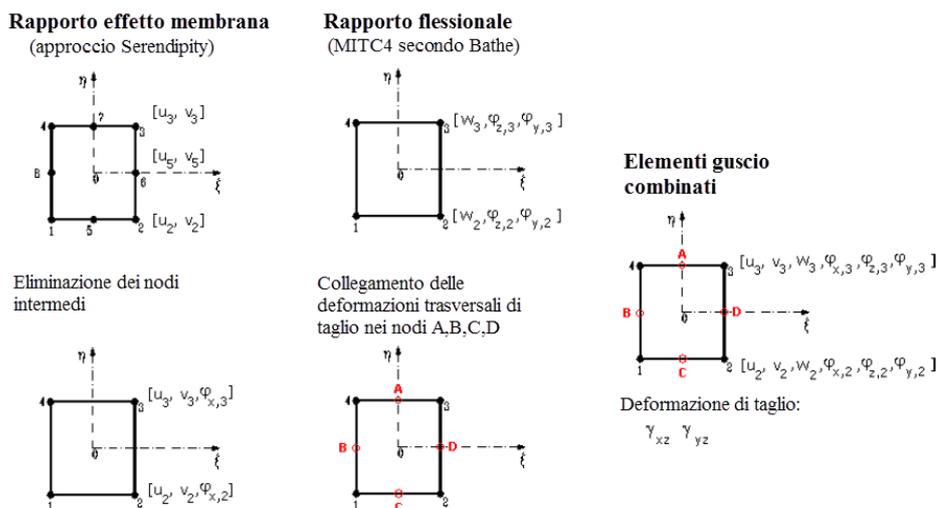


Figura 7.8: Elementi shell applicati

Gli elementi shell piani si basano sulla teoria di MINDLIN/REISSNER. La figura sopra mostra gli approcci degli elementi nella rappresentazione grafica. Per garantire un collegamento diretto con gli elementi aste, si sceglierà un approccio quadrato nel piano dello shell (u_x, u_y). Eliminando i nodi al contorno, si creerà un elemento con quattro nodi con un grado di libertà aggiuntivo ϕ_x . Questo permette per gli elementi parete, di essere collegati direttamente con gli elementi trave. Basandosi sulla interpolazione mista delle deformazioni trasversali, sulle rotazioni delle sezioni trasversali e sulle deformazioni di taglio trasversali, si applicheranno anche gli elementi MITC4 (Mixed Interpolation of Tensorial Components) come presentati da BATHE e DVORKIN [24].

Al momento, gli elementi asta sono considerati direttamente risolvendo l'equazione differenziale secondo l'analisi del secondo ordine. La considerazione degli effetti di perforazione non è consentita con la torsione di Saint-Venant.

L'analisi delle membrane si basa sui principi di BERGAN [20], [21], [22]. Le funzioni di base sono suddivise, per esempio, in tre deformazioni rigide per gli elementi triangolari, tre condizioni costanti di deformazione e tre gradienti lineari speciali di tensione e deformazione. All'interno di un elemento, il campo di deformazione è quadratico ed il campo di tensione è lineare. L'elemento della matrice di rigidezza K_L sarà trasformato in nove parametri collettivi di tipo u_x, u_y, ϕ_z . I componenti della matrice saranno poi aggiunti alla matrice generale di rigidezza (18,18), insieme ai componenti che causano gli effetti taglianti e flessionali. Questa matrice è il risultato dell'idea di LYNN-DHILLON. Così, saranno applicate le cosiddette piastre di MINDLIN, il che significa che le piastre con una distorsione distinta di taglio saranno analizzate secondo TIMOSHENKO. Perciò, RFEM è capace di trovare la soluzione corretta sia per le piastre spesse che fini (piastre di NAVIER).

In caso di problemi geometricamente non-lineari, non è possibile dividere lo stato tensione-deformazione in uno stato piano e in flessione con taglio. Le influenze mutue di questi stati sono presi in considerazione nella matrice K_{NL} . RFEM utilizza una matrice semplice, ma efficace K_{NL} che si basa sull'approccio di ZIENKIEWICZ [23]. Si applica la componente quadrata e_2 del tensore di deformazione di GREEN/LAGRANGE $e=e_1+e_2$. Si assume di avere una distribuzione lineare di $u_z(x, y)$ dello stato di tensione piano e distribuzioni lineari di $u_x(x, y)$ e $u_y(x, y)$ della interazione con la flessione. Questo presupposto è possibile perché l'effetto principale dell'interazione dipende dalla prima derivazione dell'equazione differenziale, e perché l'influenza delle componenti di un ordine più alto diminuisce rapidamente con la divisione in elementi più piccoli. La correttezza di questa procedura è stata dimostrata in parecchie analisi numeriche.

Per applicare gli elementi shell, lo spessore degli elementi deve essere considerevolmente più piccolo della dimensione di questi. Se non è così, si consiglia di modellare oggetti come solidi.



Elementi 3D

Per informazioni dettagliate su elementi applicati e matrici, vedere [48]. La documentazione può essere richiesta a DLUBAL ENGINEERING SOFTWARE.

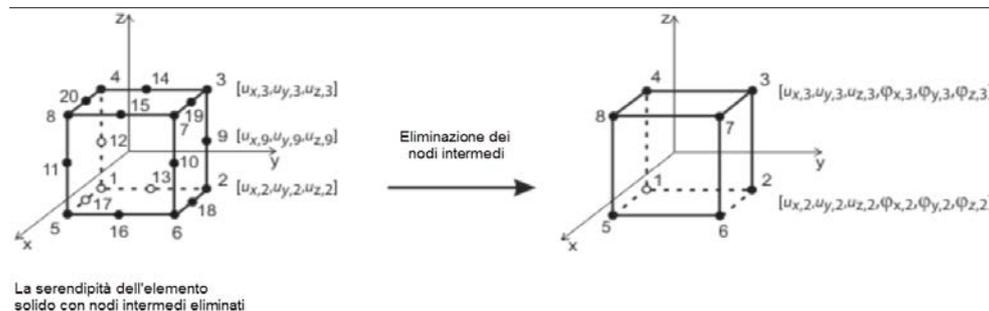


Figura 7.9: Elemento solido

7.2.2 Impostazioni della mesh EF

Per aprire la finestra di dialogo per le impostazioni dei parametri della mesh EF, selezionare **Impostazioni della mesh EF** dal menu **Calcola**.

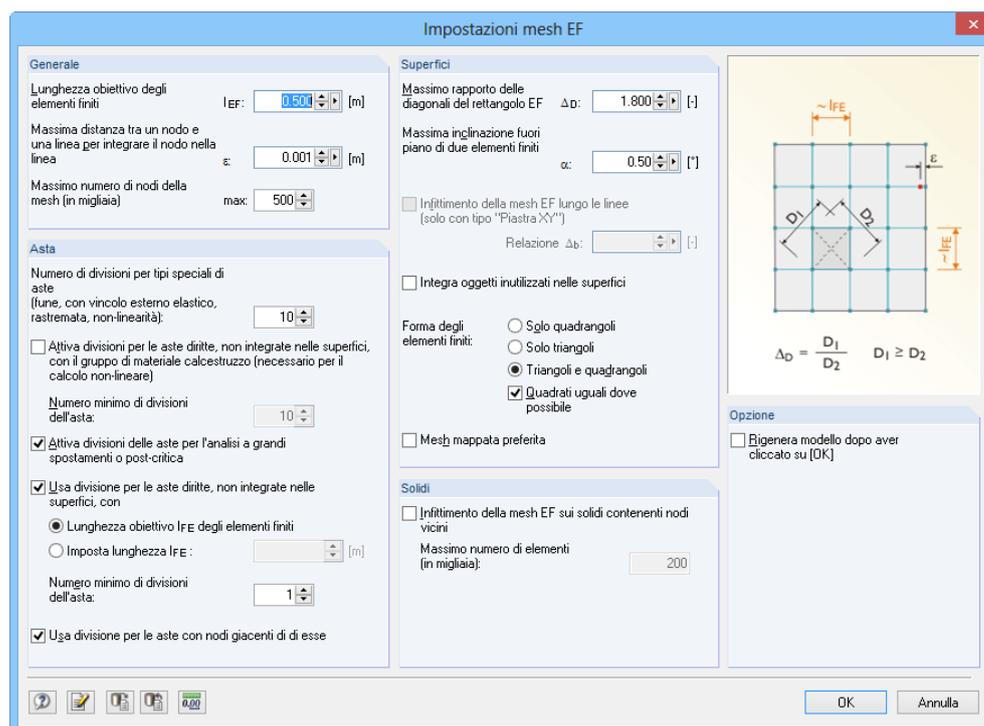


Figura 7.10: Finestra di dialogo *Impostazioni mesh EF*

Generale

La *Lunghezza obiettivo degli elementi finiti* è responsabile della grandezza globale della mesh. Maggiore sarà l'infittimento della mesh, più preciso sarà il risultato in generale. Comunque, la quantità di dati da dover calcolare, così come il tempo di calcolo, aumenta poiché il numero di equazioni in più da dover risolvere dipende da ogni nodo EF in più. Per di più, gli effetti delle singularità saranno più frequenti in caso di mesh EF più fitte.



La discretizzazione è importante per l'analisi agli EF da eseguire. Una dimensione della mesh troppo fitta rallenta il calcolo senza aumentare la qualità dei risultati significativamente. Una lunghezza obiettivo troppo lunga, non è capace di determinare le condizioni al contorno in modo soddisfacente. Come regola generale, si può applicare la seguente raccomandazione per la lunghezza appropriata laterale degli elementi finiti: si dovrebbero generare da otto a dieci elementi finiti tra le linee al contorno di una superficie. Se possibile, si eviti di definire meno di quattro elementi.

Nel secondo campo di immissione di questa sezione di dialogo, si definisca la distanza ammissibile del nodo della mesh ε da una linea. Se la distanza del nodo sarà più grande del valore inserito, si creerà un nuovo nodo EF.

Il *Numero massimo di nodi della mesh* si definisce immettendo un limite superiore nell'ultimo campo di immissione della sezione di dialogo *Generale* per limitare il numero dei nodi generati e per garantire l'efficienza del programma e del computer.

Aste

Per funi, aste rastremate, con vincoli esterni elastici o con proprietà plastiche, è possibile specificare il numero di divisioni interne, che conduce alla divisione reale dell'asta con nodi intermedi. Comunque, se un'asta è disposta su una linea al contorno di una superficie, o se la linea di definizione ha un infittimento della mesh EF, la specificazione non ha nessun effetto.

Segnare la casella di controllo per *Attiva divisioni delle aste per l'analisi a grandi spostamenti post-critica* per dividere anche le travi con nodi intermedi per il calcolo secondo l'analisi a grandi spostamenti in modo che queste aste siano calcolate con una maggiore accuratezza. Il numero di divisioni dell'asta si determina tramite il campo di immissione sopra.

Se si seleziona *Usa divisione per le aste dritte, non integrate nelle superfici*, nodi EF saranno generati su tutte le aste libere e considerati per i calcoli secondo l'analisi statica lineare e del secondo ordine. La lunghezza degli elementi finiti si determina anche dalla lunghezza globale obiettivo l_{FE} , impostata nella sezione di dialogo *Generale* oppure inserita manualmente.

Con l'opzione spuntata *Usa divisione per le aste con nodi giacenti su di essi*, RFEM genera nodi EF su quelle posizioni dell'asta laddove giacciono i nodi d'estremità di altre aste, senza alcun collegamento tra queste aste.

Superfici

I risultati più accurati si determinano quando gli elementi presentano una forma geometrica di un quadrato. Per un quadrato, il rapporto delle diagonali è $D_1/D_2=1$. Nel campo di immissione *Massimo rapporto delle diagonali del rettangolo EF*, inserire il valore limite Δ_D per il rapporto delle diagonali. Se l'impostazione del valore è troppo alta, vi è il rischio che gli elementi saranno generati con angoli molto acuti. Questo potrebbe causare problemi numerici.

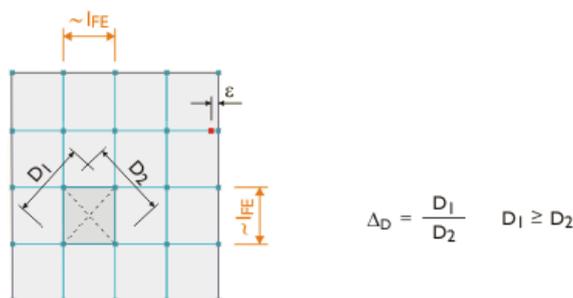


Figura 7.11: Elementi con diagonali D_1 e D_2

Quando si crea la mesh EF, una superficie curva viene trasformata in elementi piani. Il valore inserito nel campo di immissione *Massima inclinazione fuori piano di due elementi finiti* definisce l'inclinazione massima consentita dell'angolo α : la mesh sarà infittita automaticamente nella posizione dove il valore sarà superato.

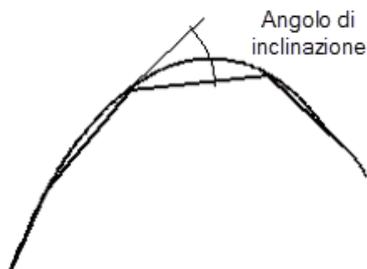


Figura 7.12: Angolo di inclinazione α tra due elementi finiti

Se la struttura è definita come una piastra di tipo *2D - in XY*, si potrà specificare un *Infittimento della mesh EF lungo le linee* per creare elementi finiti più piccoli su tutte le linee, e perciò approssimare meglio, ad esempio, i risultati lungo le linee vincolate esternamente. La relazione Δb si riferisce alle dimensioni globali della mesh. Essa descrive la distanza del bordo dell'infittimento dalle linee.

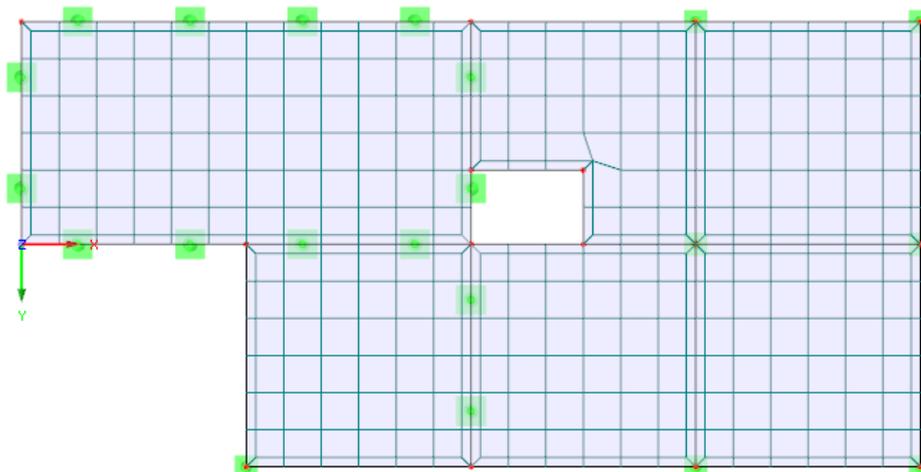


Figura 7.13: Infittimento della mesh EF lungo le linee al contorno di una piastra 2D

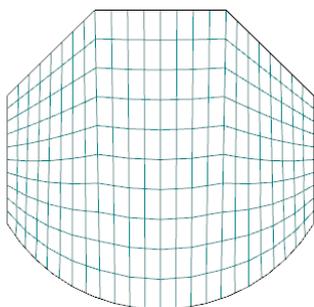
Segnare la casella di controllo *Integra oggetti inutilizzati nelle superfici* per generare nodi EF anche su oggetti che non hanno una funzione specifica per una superficie (per esempio nodi liberi senza un vincolo esterno o carico, linee di costruzione della superficie). La funzione non è abilitata per impostazione predefinita cosicché oggetti strutturalmente irrilevanti non distorgono la mesh EF.

La *Forma degli elementi finiti* può essere determinata tramite le tre seguenti opzioni:

- Triangoli e quadrangoli: impostazioni di default
- Solo triangoli: opzione se i quadrangoli causano grandi distorsioni della mesh
- Solo quadrangoli: opzione per una maggiore accuratezza dei risultati

L'opzione segnata *Mesh mappata preferita* cerca di allineare la mesh EF con le linee al contorno delle superfici. Questo tipo di generazione della mesh EF può essere definita per ciascuna superficie individualmente (finestra di dialogo *Modifica superficie*, scheda *Mesh EF*).

Una mesh mappata è composta esclusivamente da quadrangoli. In generale, una mesh mappata fornisce risultati "più accurati". Poiché anche quantità sconosciute avvengono meno frequentemente nel sistema di equazioni, questa è consigliata per la generazione della mesh.



Mesh agli EF mappata

Opzione

Si segni la casella di controllo per *Rigenera mesh EF dopo aver cliccato su [OK]* se si desidera generare una nuova mesh EF dopo avere confermato la finestra di dialogo.

7.2.3 Infittimenti della mesh EF

Gli infittimenti influenzano la generazione della mesh EF. È possibile infittire la mesh in punti pertinenti, per esempio, nelle zone di collegamento. Gli infittimenti sono utilizzati anche per effettuare un adeguato compromesso tra accuratezza del risultato e tempo di calcolo.

Fondamentalmente, sono possibili quattro tipi di infittimenti della mesh EF:

- Infittimento intorno a un nodo
- Infittimento su una linea
- Infittimento su una superficie
- Infittimento su un solido

La definizione degli infittimenti della mesh EF è descritta nel paragrafo 4.23 a pagina 173.

7.2.4 Generazione della mesh EF



Per avviare la generazione della mesh EF,

selezionare **Genera mesh EF** dal menu **Calcola**.

Inoltre, la mesh agli EF viene generata automaticamente quando si avvia il calcolo di un caso di carico. Tuttavia, si raccomanda vivamente di controllare la mesh generata prima di iniziare il calcolo, e di verificare se è disponibile una discretizzazione sufficiente e "armonica" o se sono ancora necessarie aree di infittimento.

Al contrario, le zone di scarsa rilevanza per la valutazione dei risultati possono essere coperte da una mesh EF più grossolana. Ad esempio, si definisca un "infittimento della mesh" della superficie con una dimensione della mesh più grande della lunghezza obiettivo l_{EF} . In questo modo è possibile accelerare il calcolo, nonché la valutazione.



Quando la generazione della mesh EF ha avuto successo,

selezionare **Statistiche mesh EF** nel menu **Calcola**

per aprire la finestra di dialogo con le informazioni relative alla generazione della mesh EF.

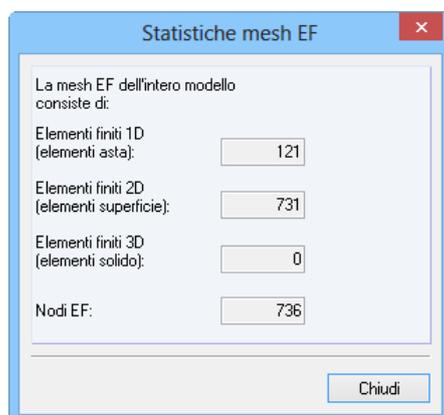


Figura 7.14: Finestra di dialogo *Statistiche mesh EF*

Le statistiche mostrano il tipo e il numero di elementi finiti generati, che è utile per selezionare il metodo di risoluzione appropriato delle equazioni e stimare il tempo di calcolo approssimativo (si veda paragrafo 7.3, pagina 283).



La mesh EF è cancellata automaticamente quando si modificano i dati del modello. Inoltre, è possibile eliminare la mesh. Per attivare la funzione corrispondente,

selezionare **Elimina mesh EF** nel menu **Calcola**.

Si noti che tutti i risultati disponibili saranno eliminati.

7.3 Parametri di calcolo

Finestra di dialogo *Modifica casi e combinazioni di carico*

Quando si crea un caso di carico o una combinazione di carico, i parametri di calcolo possono essere già stati definiti. Specificare le impostazioni nella rispettiva scheda della sezione di dialogo *Parametri di calcolo* della finestra di dialogo *Modifica casi e combinazioni di carico*.

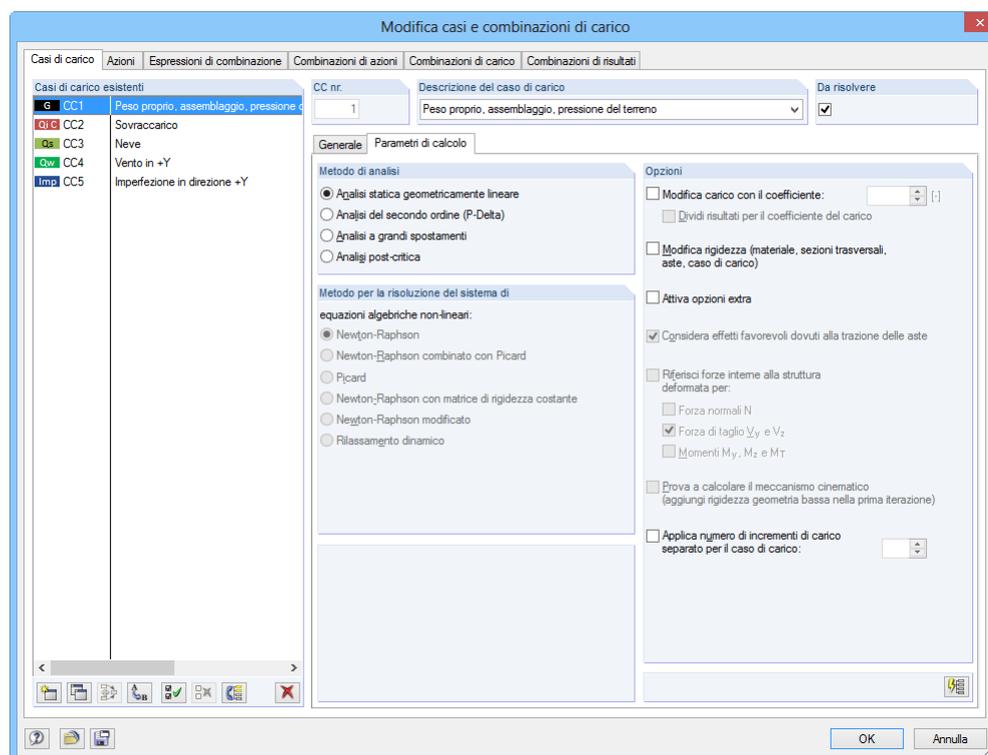


Figura 7.15: Finestra di dialogo *Modifica e combinazioni casi di carico*, schede *Casi di carico* e *Parametri di calcolo*

Oltre a un'ampia panoramica di tutti i casi e combinazioni di carico, la finestra di dialogo *Modifica casi e combinazioni di carico* gestisce i parametri di calcolo per ogni caso di carico, combinazione di carico e combinazione di risultati.

Finestra di dialogo *Parametri di calcolo*

È possibile accedere ai parametri di calcolo in una finestra di dialogo separata.

Per aprire la finestra di dialogo *Parametri di calcolo*,

selezionare **Parametri di calcolo** nel menu **Calcola**.

oppure si utilizzi il pulsante della barra degli strumenti mostrato sulla sinistra.



Figura 7.16: Pulsante [Parametri di calcolo]

La finestra di dialogo *Parametri di calcolo* è costituita da quattro schede di dialogo. Le prime tre schede gestiscono i parametri di calcolo di ogni caso di carico, rispettivamente, combinazione di carico e risultati. Nella quarta scheda *Parametri di calcolo generali* (si veda figura, a pagina 281), è possibile verificare e, se necessario, modificare le specificazioni che sono universalmente valide.

7.3.1 Casi e combinazioni di carico

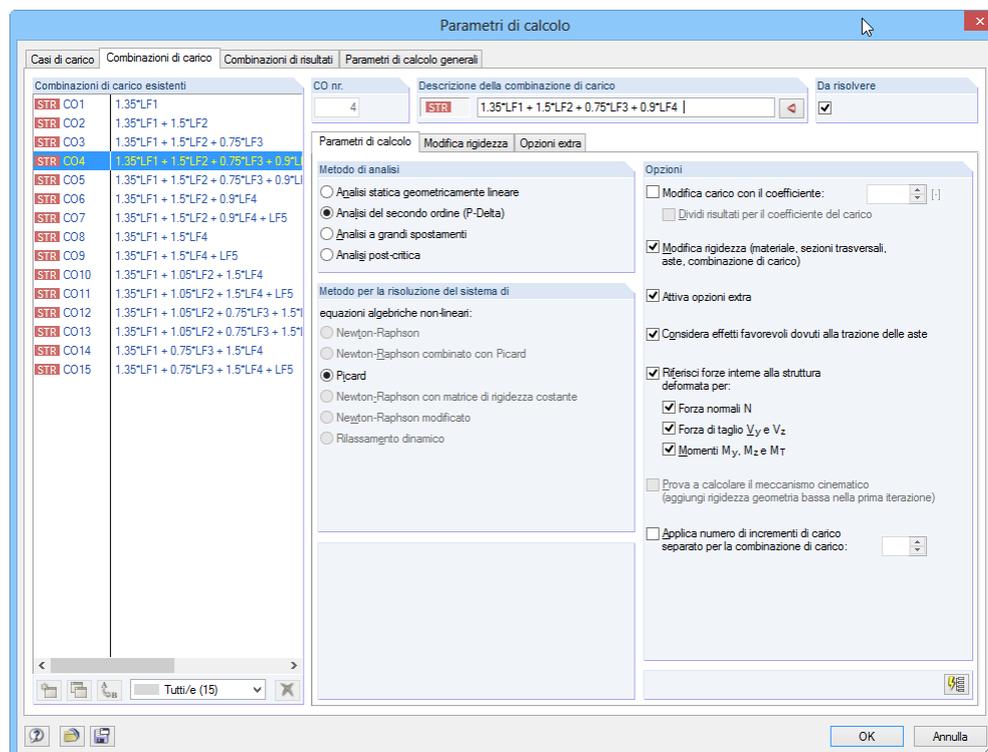


Figura 7.17: Finestra di dialogo *Parametri di calcolo*, scheda *Combinazioni di carico*

La sezione di dialogo *Casi di carico esistenti*, rispettivamente *Combinazioni di carico esistenti*, elenca tutti i casi e le combinazioni di carico. È possibile modificare i *Parametri di calcolo* della voce selezionata nella sezione di dialogo a destra.



Il pulsante [Applica impostazioni] assegna le specifiche attuali di tutti i casi e combinazioni di carico.

La scheda di dialogo *Combinazioni di carico* è suddivisa nelle schede *Parametri di calcolo* e, nel caso, *Modifica rigidezze* (vedere pagina 276) e *Opzioni Extra* (vedere pagina 277).

7.3.1.1 Scheda del dialogo *Parametri di calcolo*

Metodo di analisi

In questa sezione di dialogo, è possibile decidere se il caso/combinazione sarà calcolato secondo l'analisi *statica lineare*, del *secondo ordine* o a *grandi spostamenti*. Selezionare l'opzione *Analisi post-critica* per effettuare un'analisi di stabilità a grandi spostamenti concernente la rottura post-critica dell'intera struttura.

RFEM predispose il calcolo lineare secondo un'analisi statica lineare per i casi di carico, e il calcolo non lineare secondo l'analisi del secondo ordine per combinazioni di carico.



Se il modello include funi, si raccomanda un'analisi a grandi spostamenti in tutti i casi. Le funi sono sempre calcolate secondo l'analisi a grandi spostamenti, e le aste rimanenti secondo il metodo di analisi selezionato.

Analisi del secondo ordine

L'analisi "strutturale" del secondo ordine è utilizzata per determinare l'equilibrio di un sistema deformato. Si presuppone che gli spostamenti siano piccoli. Se vi sono forze assiali disponibili nel sistema, queste porteranno ad un aumento dei momenti flettenti. Così, il calcolo secondo l'analisi del secondo ordine di TIMOSHENKO [10] ha effetto solo se le forze assiali sono nettamente più elevate delle forze di taglio. Il momento flettente aggiuntivo ΔM è la risultante della forza assiale N e della leva elastica e_{el} .

$$\Delta M = N \cdot e_{el}$$

Equazione 7.1

Per i sistemi strutturali sottoposti a pressione, c'è una relazione sopralineare tra il carico e le forze interne. Normalmente, è anche possibile calcolare con azioni γ .

La differenza della forza assiale nelle iterazioni, rappresenta il criterio di interruzione. Per gli elementi dell'asta, la rigidità che modifica la forza assiale decisiva per l'analisi del secondo ordine si presuppone sia costante lungo l'intera lunghezza dell'asta. Il calcolo si interrompe non appena la differenza delle forze normali assume valori inferiori ad un certo valore. È possibile influenzare questo limite di interruzione nella sezione di dialogo *Precisione e tolleranza* della scheda di dialogo *Parametri di calcolo generali*.

Per calcoli non lineari secondo l'analisi del secondo ordine, le ipotesi di analisi elastica lineare sono le stesse con le seguenti addizioni:

- non si verificano spostamenti generalizzati plastici
- le forze esterne mantengono la direzione
- per le aste con una forza assiale non costante (ad esempio pilastri), il valore medio della forza assiale N è applicato per determinare il coefficiente dell'asta ε .

Analisi a grandi spostamenti

L'analisi a grandi spostamenti ("teoria del terzo ordine") considera le forze longitudinali e trasversali durante il calcolo delle forze interne. Se si seleziona il calcolo secondo l'analisi a grandi spostamenti, tutte le superfici e le aste saranno calcolate secondo questa teoria di calcolo.



La matrice di rigidità per il sistema in studio si creerà dopo ogni step di iterazione. Si noti che vi sono differenze significative tra i carichi definiti come locali e globali: per esempio, quando un carico di superficie, definito come globale in Z , agisce su di un impalcato, questo mantiene la sua direzione se gli elementi finiti stanno per ingobbarsi. Ma quando il carico è efficace nella direzione dell'asse locale z della superficie, esso agisce su ciascun elemento secondo l'ingobbamento dell'elemento.

Analisi post-critica

Si effettuerà una analisi di stabilità con attenzione al cedimento post-critico. Il metodo rappresenta un calcolo modificato secondo l'analisi a grandi spostamenti secondo NEWTON-RAPHSON in cui si considera l'influenza delle forze assiali per i cambiamenti dovuti alla rigidità tagliente e flessionale. La matrice di rigidità tangenziale è salvata in ogni step dell'iterazione. In caso di singolarità (che significa instabilità), la matrice di rigidità della iterazione precedente sarà utilizzata per le iterazioni di nuovi incrementi geometrici, fino a quando la matrice di rigidità tangenziale secondo le impostazioni attuali diventa regolare (stabile).

Metodo per la risoluzione di un sistema di equazioni non lineari

Sono disponibili sei metodi da selezionare per risolvere il sistema algebrico di equazioni non lineari:

Newton-Raphson

Il metodo secondo NEWTON-RAPHSON è quello predefinito per analisi a grandi spostamenti. Il sistema di equazioni non lineari si risolve numericamente utilizzando delle approssimazioni iterative alle tangenti. La matrice di rigidità tangenziale si determina come funzione dello stato attuale di

Metodo per la risoluzione del sistema di

equazioni algebriche non-lineari:

- Newton-Raphson
- Newton-Raphson combinato con Picard
- Picard
- Newton-Raphson con matrice di rigidità costante
- Newton-Raphson modificato
- Rilassamento dinamico

deformazione; la matrice si inverte in ogni ciclo di iterazione. Nella maggior parte dei casi, si raggiunge una convergenza (quadratica) velocemente.

È possibile influenzare la convergenza con il numero di incrementi del carico impostati nella scheda di dialogo *Parametri di calcolo generali*.

Newton-Raphson combinato con Picard

All'inizio, si applica il metodo di PICARD (si veda sotto). Dopo poche iterazioni, il programma cambia la metodologia ed utilizza quello di NEWTON-RAPHSON. L'idea di base di è quella di utilizzare il metodo relativamente forte di PICARD per i primi step di iterazione per evitare messaggi di instabilità. A questa approssimazione iniziale segue un metodo veloce secondo il metodo di NEWTON-RAPHSON per trovare lo stato ultimo di equilibrio.

Nella sezione di dialogo *Impostazioni* della scheda di dialogo *Parametri di calcolo generali*, si può definire la percentuale usata per le iterazioni secondo PICARD quando si applicherà il metodo combinato (si veda figura, pagina 281).

Picard

Il metodo di PICARD, conosciuto anche come il metodo della secante, può essere compreso come una approssimazione della differenza finita del metodo di Newton. Il programma valuta la differenza tra l'iterazione attuale in corso e quella originale nello step di incremento del carico attuale.

Spesso, la conversione è più lenta del metodo di calcolo secondo NEWTON-RAPHSON. Ma questo metodo dimostra le sua affidabilità e robustezza nelle problematiche non-lineari, rendendo il calcolo più stabile.

Newton-Raphson con matrice di rigidezza costante

Questa versione del metodo di NEWTON-RAPHSON può essere selezionata per i calcoli di analisi a grandi spostamenti. La matrice di rigidezza è creata soltanto una volta al primo step della iterazione e poi è utilizzata in tutti i cicli successivi di calcolo.

In questo modo, il calcolo avviene più rapidamente ma non è così stabile come i calcoli secondo il metodo normale o modificato di NEWTON-RAPHSON.

Newton-Raphson modificato

Questo metodo è utilizzato per eseguire l'analisi post-critica (si veda la sezione di dialogo *Metodo di analisi* sopra) dove si deve calcolare un intervallo di instabilità. Se si affronta una instabilità e la matrice di rigidezza non può essere invertita, allora il programma utilizzerà la matrice di rigidezza del passo dell'ultima iterazione stabile. Il programma continua il calcolo utilizzando questa matrice fino a quando trova un intervallo stabile.

Rilassamento dinamico

Il metodo finale è appropriato per le analisi a grandi spostamenti e per la risoluzione di problemi riguardanti le analisi post-critiche. Viene introdotto un parametro temporale artificiale. Tenendo conto dell'inerzia e dello smorzamento, il collasso può essere gestito come un problema dinamico. Questo approccio usa il metodo esplicito dell'integrazione temporale; la matrice di rigidezza non sarà invertita.

Per un calcolo con rilassamento dinamico nessuna parte del modello può avere un peso specifico uguale a zero.

Questo metodo include lo smorzamento di RAYLEIGH che può essere definito tramite le costanti α e β secondo la seguente equazione, derivata per il tempo:

$$M\ddot{u} + C\dot{u} + Ku = f$$

dove	M	matrice della massa
	C	Matrice di smorzamento $C = \alpha M + \beta K$
	K	Matrice di rigidezza

f	Vettore delle forze esterne
u	Vettore di spostamento discretizzato

Equazione 7.2

Opzioni

Considera gli effetti favorevoli dovuti alla trazione

Le forze di trazione hanno un effetto favorevole su sistemi strutturali pre-deformati. Perciò, la pre-deformazione è ridotta e la struttura è stabilizzata.

Vi sono opinioni differenti di come considerare le forze di trazione agenti in modo favorevole. Le norme contengono delle regolamentazioni secondo le quali le azioni rilevanti si devono considerare con un coefficiente di sicurezza parziale più piccolo di quello degli effetti sfavorevoli.

I coefficienti parziali che variano da un'asta all'altra non possono essere realizzati in un tempo di calcolo accettabile. Perciò, RFEM offre l'opzione per impostare le forze di trazione generalmente uguali a zero per calcoli secondo l'analisi del secondo ordine. Con questo approccio si è a vantaggio di sicurezza. Se si desidera utilizzare questa opzione, deselezionare la casella di controllo.

D'altra parte, si può dire che le norme si riferiscono alle azioni e non alle forze interne. Di conseguenza, è necessario decidere se l'azione completa è favorevole o sfavorevole. Quindi, se un effetto sfavorevole ha un effetto favorevole in determinate zone della struttura, si può considerare definitivamente questo effetto. Così, se si desidera prendere in considerazione le forze assiali nel calcolo secondo questo approccio senza nessun cambiamento, si dovrà segnare la casella di controllo (impostazione predefinita).

L'effetto favorevole delle forze di trazione si dovrebbe considerare nella maggior parte dei casi, per esempio nei capannoni con controventi o in sistemi strutturali con presenza di inflessione. Ma è necessario tenere presente che l'alleggerimento a causa degli effetti della forza di trazione per le travi con funi vincolanti può tradursi in una riduzione indesiderata di spostamenti generalizzati e forze interne.

Modifica carico con il coefficiente

Dopo avere segnato la casella di controllo, è possibile inserire il coefficiente nel campo di input con il quale saranno moltiplicati tutti i carichi contenuti nel caso o nella combinazione di carico. Il coefficiente si riflette anche nei vettori di carico e nei valori della grafica. Di solito, sono consentiti anche coefficienti negativi.

Le norme più vecchie avevano come obiettivo quello di moltiplicare i carichi globalmente per un determinato coefficiente per aumentare gli effetti secondo l'analisi del secondo ordine per progetti di stabilità. D'altro canto, il progetto deve essere effettuato con i carichi caratteristici. Entrambi i requisiti possono essere soddisfatti inserendo un fattore maggiore di 1,00 e segnando la casella di controllo *Dividi i risultati per il coefficiente del carico*.

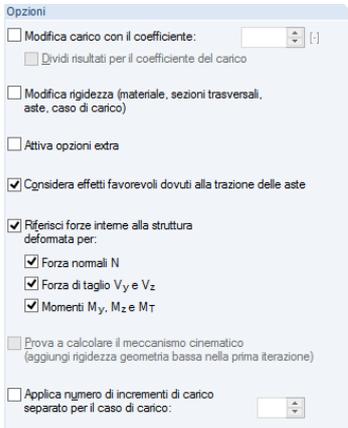
Quando si analizzano le strutture secondo le norme attuali, i carichi non si devono modificare con nessun coefficiente. Invece, è necessario applicare i coefficienti parziali ed i coefficienti di combinazione per la combinazione nelle combinazioni di carico e di risultati.

Riferisci forze interne alla struttura deformata

L'opzione attiva l'output per i calcoli non lineari mostrando le forze assiali e di taglio così come i momenti flettenti e torsionali delle aste in relazione ai sistemi di coordinate ruotati del sistema deformato. Vi sono tre caselle di controllo disponibili per i tipi forze interne *Forze normali*, *Forze di taglio* e *Momenti*.

Calcola il meccanismo cinematico

Si può provare a rendere instabile un modello disponibile per il calcolo: internamente, si applicheranno delle piccole molle per stabilizzare la struttura per la prima iterazione. Quando si sarà raggiunto uno stato iniziale stabile, le molle saranno rimosse per le iterazioni successive.



Numero definito dall'utente degli incrementi di carico

È possibile definire un singolo numero di step di incrementi del carico per ogni caso di carico ed ogni combinazione di carico. Perciò, il numero specificato nella sezione di dialogo *Parametri di calcolo generali* non è più valido (si veda paragrafo 7.3.3, pagina 281).

Dividi la rigidezza del materiale con il coefficiente parziale γ_M

Quando si segna la casella di controllo, RFEM divide le rigidezze con i coefficienti parziali per il materiale γ_M , fondate sui moduli di elasticità e di taglio. Il coefficiente γ_M deve essere definito per ogni materiale separatamente (si veda paragrafo 4.3, pagina 63).

7.3.1.2 Scheda di dialogo *Modifica rigidezza*

La scheda di dialogo si visualizzerà solo quando sarà segnata la casella di controllo delle opzioni avanzate nella scheda *Opzioni* della finestra di dialogo *Dati generali* (si veda figura 12.32, a pagina 598).

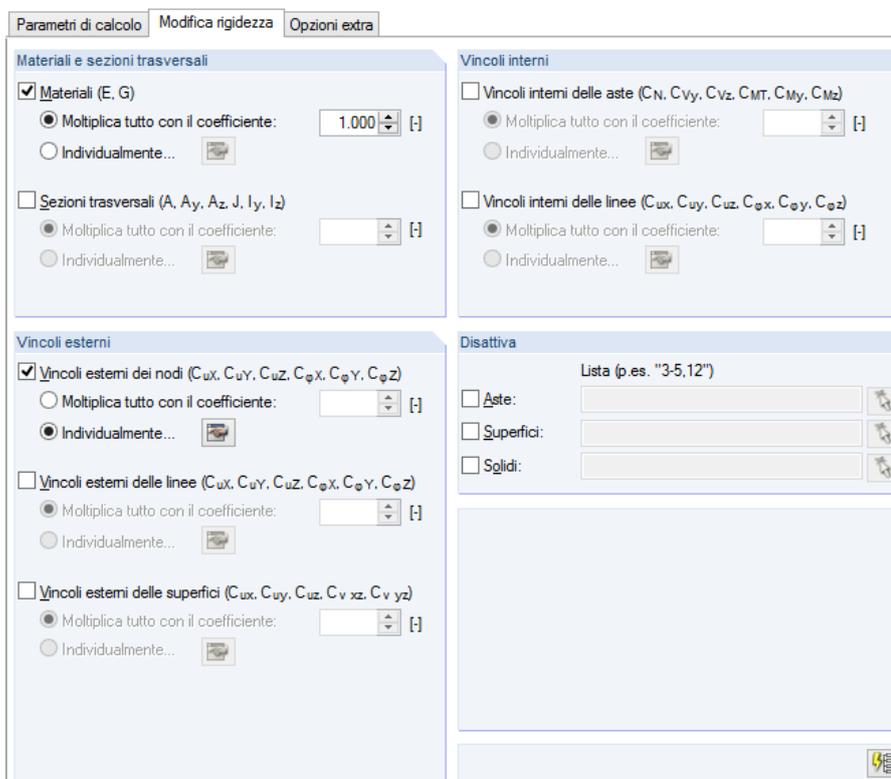


Figura 7.18: Scheda di dialogo *Modifica rigidezza*



Le impostazioni inserite in questa scheda di dialogo influenzano solo il caso di carico o la combinazione di carico che è selezionata nell'elenco a sinistra. Il pulsante [Applica impostazioni] trasferisce i parametri attuali a tutti i casi, rispettivamente, combinazioni di carico.

Materiali e sezioni trasversali / vincoli esterni / vincoli interni

Con le specificazioni definite nelle tre sezioni di dialogo si potrà definire come saranno prese in considerazione le rigidezze dei parametri differenti del modello nel calcolo.

Di solito, le norme richiedono che le rigidezze del materiale siano divise per i coefficienti parziali γ_M . I coefficienti sono salvati con le proprietà del materiale (si veda paragrafo 4.3, pagina 63). Se si ottiene un riduzione indesiderata dai coefficienti forniti, è possibile applicare specificazioni singole:

- *Moltiplica tutto con il coefficiente*

Specificare un coefficiente con il quale si moltiplicheranno globalmente le rigidezze di tutti i materiali (moduli di elasticità e taglio).

- *Individualmente*

Utilizzare il pulsante [Modifica] per aprire una nuova finestra di dialogo dove è possibile assegnare un coefficiente specifico della rigidezza a ciascun materiale.



Sono disponibili entrambi i campi di selezione per le *Sezioni trasversali*, *Vincoli esterne* e *Vincoli interni*. In questo modo, è possibile influenzare il calcolo specificamente.

Disattiva

Utilizzare i tre campi di immissione per definire quali *Aste*, *Superfici* o *Solidi* non saranno interessati dalle modifiche delle rigidezze definite, il che significa quali di queste sono considerate con il coefficiente 1,0 nella calcolazione. È possibile selezionare gli oggetti anche graficamente, utilizzando la funzione [↵].



7.3.1.3 Scheda di dialogo *Opzioni extra*

La scheda di dialogo sarà visualizzata solo quando viene spuntata la casella di controllo delle opzioni avanzate nella scheda *Opzioni* della finestra di dialogo *Dati generali* (si veda figura 12.32, a pagina 598).

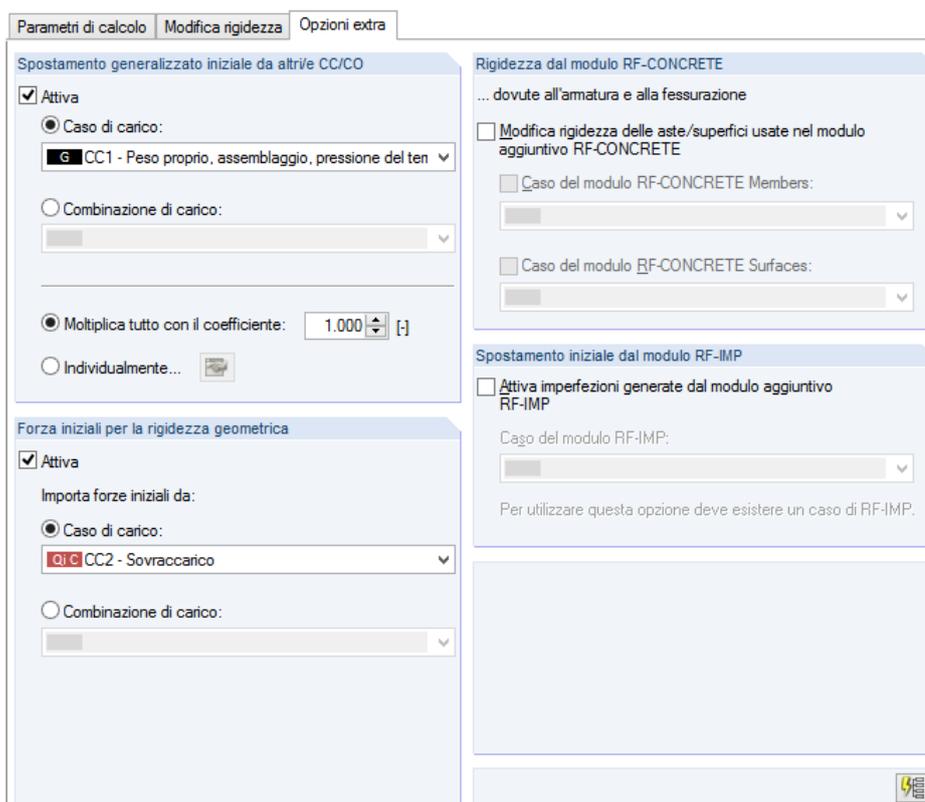


Figura 7.19: Scheda di dialogo *Opzioni extra*

Spostamenti generalizzati iniziali da caso/combinazione di carico

In questa sezione di dialogo, è possibile selezionare un caso o una combinazione di carico i cui spostamenti generalizzati sono considerati come spostamenti generalizzati iniziali nel calcolo. I nodi EF sono spostati conformemente prima dell'avvio del calcolo. Se i risultati non saranno ancora disponibili per il caso o la combinazione selezionati, questi saranno calcolati automaticamente.

Specificare il coefficiente con il quale si desidera ridimensionare gli spostamenti generalizzati:

- *Moltiplica tutto con il coefficiente*

Gli spostamenti generalizzati delle aste, delle superfici e dei solidi sono moltiplicati globalmente per il coefficiente specificato.

- *Individualmente*

Utilizzare il pulsante [Modifica] per aprire una nuova finestra di dialogo dove è possibile assegnare un coefficiente specifico di ridimensionamento dello spostamento generalizzato ad ogni asta, superficie e solido.



Forze iniziali per la rigidezza geometrica

È possibile selezionare un caso o una combinazione di carico di cui si desidera utilizzare le forze assiali per uno spostamento generalizzato iniziale. In questo modo, è possibile considerare per esempio l'effetto stabilizzante di un altro caso di carico (di quello specificato sopra nella sezione di dialogo *Spostamento generalizzato iniziale*).



L'accesso alla sezione di dialogo è soltanto disponibile per un calcolo secondo l'analisi del secondo ordine.

Rigidezza dal modulo aggiuntivo RF-CONCRETE

Si possono prendere in considerazione per il calcolo le rigidezze degli elementi di calcestruzzo armato risultanti dall'analisi non-lineare delle armature e fessurative eseguita nei moduli RF-CONCRETE. Dopo avere segnato la casella di controllo, specificare il caso di analisi delle aste del modulo **RF-CONCRETE Members** o **RF-CONCRETE Surfaces**.

I calcoli con le rigidezze da RF-CONCRETE sono possibili soltanto se si sono creati i casi di progetto e se i progetti sono privi di situazioni non progettabili.

Spostamenti generalizzati iniziali dal modulo RF-IMP

È possibile considerare le imperfezioni nella forma di un modello equivalente pre-deformato creato nel modulo aggiuntivo **RF-IMP**. Se non si possiede la licenza del modulo, le imperfezioni equivalenti per le aste (si veda paragrafo 6.13, pagina 254) o gli spostamenti generalizzati iniziali di un caso di carico (si veda sopra) possono essere applicati manualmente.

Il calcolo su un modello equivalente predeformato è solo possibile se questo modello è stato precedentemente creato nel modulo aggiuntivo RF-IMP. Il modulo genera le imperfezioni in base agli autovalori da RF-STABILITY, RF-DYNAM o dagli spostamenti generalizzati di un caso di carico di RFEM che viene scalato all'ordinata massima.

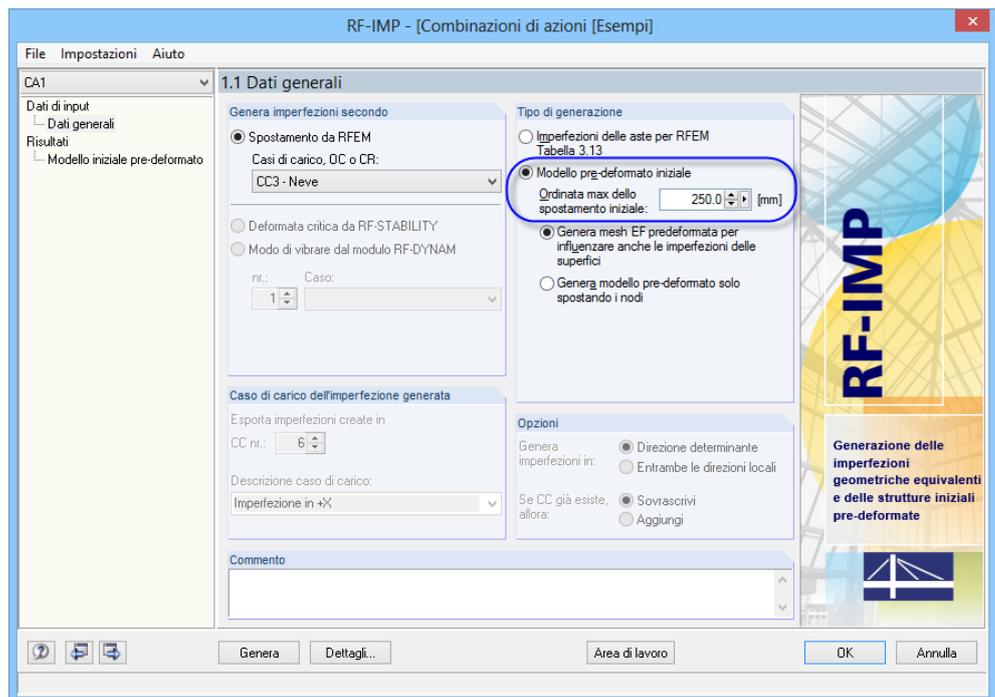


Figura 7.20: Modulo aggiunto RF-IMP con il tipo di generazione *Struttura iniziale pre-deformata*

Il modello equivalente sarà memorizzato separatamente senza cambiare i dati geometrici caratteristici. Le coordinate dei nodi EF sono allineate con il modello equivalente fino al momento che le combinazioni di carico sono state calcolate.

È possibile utilizzare un modello equivalente differente per ciascuna combinazione di carico. Selezionare il caso pertinente nell'elenco *Caso del modulo RF-IMP*.

7.3.2 Combinazioni di risultati

Per le informazioni di base sulla combinazione dei casi di carico in combinazioni dei risultati, si veda il paragrafo 5.6 *Combinazioni di risultati* a pagina 208.

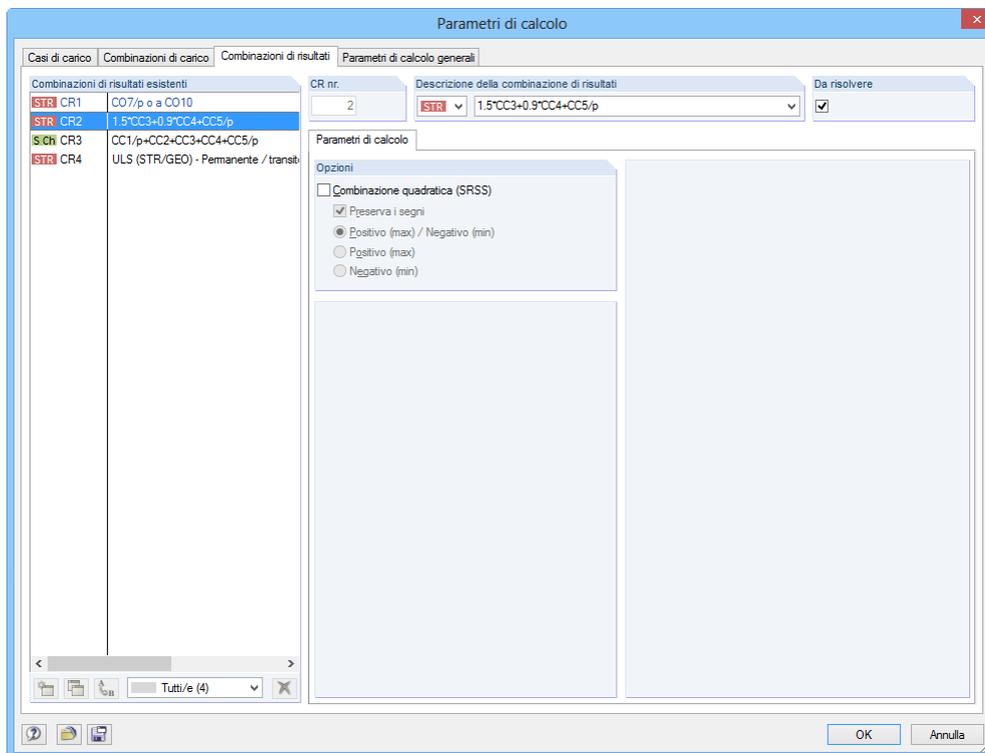


Figura 7.21: Finestra di dialogo *Parametri di calcolo*, scheda *Combinazioni di risultati*

Nella sezione di dialogo *Combinazioni di risultati esistenti*, è possibile trovare un elenco di tutte le combinazioni di risultati create o generate. È possibile modificare i *Parametri di calcolo* della voce selezionata nella sezione di dialogo a destra.

Opzioni

La *Combinazione quadratica* è disattivata come da impostazione predefinita. Quindi, le forze interne saranno combinate additivamente:

$$B = A_1 + A_2 + \dots + A_n$$

Equazione 7.3

L'impostazione predefinita è appropriata per i casi di maggiore applicazione. L'addizione dei quadrati delle forze interne ha senso per le analisi dinamiche, per esempio quando si combinano i casi di carico dovuti alle forze centrifughe. In questo caso, la somma pitagorica è creata secondo la formula:

$$B = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + \dots + A_n^2}$$

Equazione 7.4

Quando si attiva l'addizione quadratica, sarà possibile utilizzare le opzioni *Positivo/Negativo* per decidere quali valori estremi dei casi di carico saranno considerati nella super combinazione, e se si desiderano *Mantenere i segni*. In questo modo, i valori estremi delle forze interne degli spostamenti generalizzati come pure i risultati che appartengono alla componente dominante potranno essere determinate in modo conforme ai segni.

7.3.3 Parametri di calcolo generali



La sezione di dialogo *Parametri di calcolo generali* gestisce le impostazioni applicate generalmente a tutti i casi e combinazioni di carico. Per aprire la finestra di dialogo corrispondente,

selezionare **Parametri di calcolo** nel menu **Calcola**.

oppure si utilizzi il pulsante della barra degli strumenti mostrato sulla sinistra.

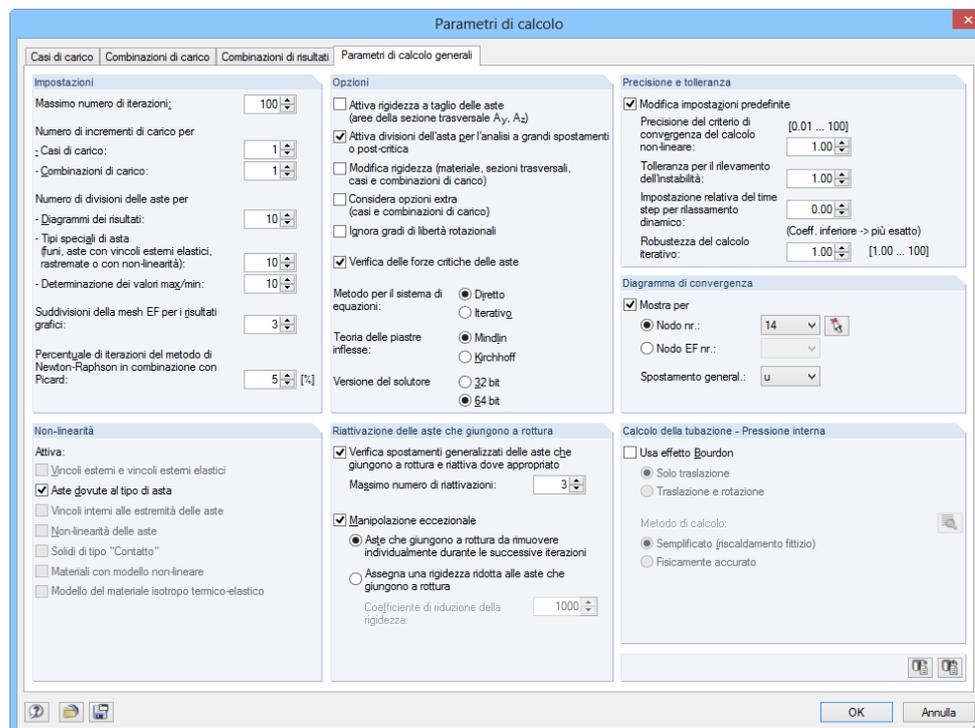


Figura 7.22: Finestra di dialogo *Parametri di calcolo*, scheda *Parametri di calcolo generali*

Impostazioni

Numero massimo di iterazioni

Quando si utilizzano le analisi del secondo ordine o a grandi spostamenti ed anche oggetti che non sono linearmente efficaci, bisognerà eseguire il calcolo iterativamente. Il valore del campo di immissione definisce il numero più alto possibile delle esecuzioni di calcolo. La specificazione non ha niente a che fare con il metodo iterativo impostato per il sistema di equazioni descritto per la sezione di dialogo *Opzioni*.

Quando il calcolo raggiunge il numero massimo di iterazioni senza raggiungere un equilibrio, RFEM visualizzerà un messaggio corrispondente. È possibile comunque visualizzare i risultati.

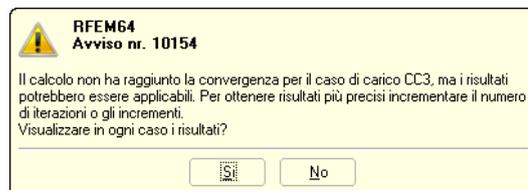


Figura 7.23: Messaggio visualizzato nel caso di problemi di convergenza

Numero degli incrementi di carico

Le specificazioni del campo di immissione hanno effetto solo per i calcoli secondo l'analisi del secondo ordine o a grandi spostamenti. L'individuazione dell'equilibrio è spesso difficile quando si considerano i grandi spostamenti. È possibile evitare le instabilità applicando il carico in più passi.

Per esempio, quando si specificano due incrementi di carico, metà del carico sarà applicato nel primo passo. Le iterazioni saranno effettuate fino a quando non si raggiungerà l'equilibrio. Dopo, in un secondo passo, si applicherà il carico completo al sistema già deformato e le iterazioni saranno di nuovo eseguite fino a quando non si raggiungerà l'equilibrio.

Si fa notare che gli incrementi di carico hanno un effetto sfavorevole sul tempo di elaborazione. Perciò, il valore 1 (nessun incremento graduale del carico) è predisposto nel campo di immissione.

Inoltre, è possibile definire per ciascun caso e combinazione di carico quanti incrementi di carico si desidera applicare (si veda paragrafo 7.3.1.1, pagina 276). Quindi, le specificazioni globali saranno trascurate.

Numero di divisioni delle aste per i diagrammi dei risultati

Il campo di immissione incide sul diagramma grafico dei risultati delle aste che non hanno una distinta, altra divisione della mesh EF (per esempio dovuta all'infittimento della mesh EF o a una superficie collegata). Se si impone una divisione di 10, RFEM divide la lunghezza dell'asta più lunga nel sistema per 10. Sulla base di questa divisione, RFEM determina per ciascun asta la distribuzione grafica dei risultati nei punti di divisione.

Anche nella finestra di dialogo *Impostazioni mesh EF* è possibile dividere le aste (si veda figura, pagina 267). Questa divisione è già integrata nel calcolo a condizione che i nodi EF siano generati su aste libere (non integrate nelle superfici). Le forze interne nei nodi EF delle aste derivano da queste.

Numero di divisioni delle aste per tipi speciali di aste (funi, vincoli esterni elastici, rastremate, con non-linearità)

A differenza dell'opzione di divisione precedente, qui viene definita una vera e propria divisione con nodi interni intermedi. La specificazione coinvolge le funi, le aste con vincolo esterno elastico (tensioni di contatto), aste rastremate (interpolazione dei valori della sezione trasversale) e aste con proprietà plastiche (zone di snervamento) se queste non sono state divise in modo diverso da nodi EF: questa divisione è irrilevante se un'asta è posta sulla linea del contorno di una superficie o se la linea di definizione ha un infittimento della mesh EF.

Numero di divisioni delle aste per la determinazione dei valori massimi

Il valore specifica la divisione interna con la quale si determinano le forze interne massime e minime delle aste. Pertanto, la divisione (impostazione di default: 12) rappresenta la base per i valori massimi riportati nelle tabelle dei risultati e nei grafici. La divisione è anche utilizzata per il calcolo delle forze interne delle aste delle combinazioni di carico.

Suddivisioni della mesh EF per i risultati grafici

La divisione controlla l'accuratezza delle distribuzioni grafiche all'interno degli elementi finiti. Nell'esempio seguente sono confrontati i risultati con le divisioni di 0 e di 3.

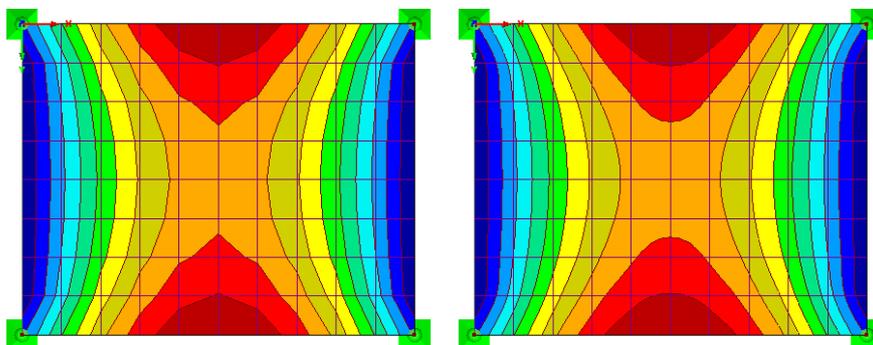


Figura 7.24: Diagramma grafico dei risultati m-x con la divisione 0 (a sinistra) e 3 (a destra)

Percentuale di iterazioni del metodo di Picard in combinazione con Newton-Raphson

L'approccio secondo PICARD agisce con il presupposto delle rigidezze secanti, ma il metodo di NEWTON-RAPHSON assume le rigidezze tangenti (si veda paragrafo 7.3.1, pagina 273). Quando si seleziona l'opzione di calcolo *Newton-Raphson combinato con Picard*, le rigidezze secanti sono utilizzate nelle prime iterazioni prima che siano applicate le rigidezze tangenti per le restanti iterazioni.

Nel campo di immissione, è possibile definire la percentuale delle prime iterazioni con le rigidezze secanti. Specificare il valore in relazione al numero totale di iterazioni.

Opzioni

Opzioni

Attiva rigidezza a taglio delle aste (aree della sezione trasversale A_y, A_z)

Attiva divisioni dell'asta per l'analisi a grandi spostamenti o post-critica

Modifica rigidezza (materiale, sezioni trasversali, casi e combinazioni di carico)

Considera opzioni extra (casi e combinazioni di carico)

Ignora gradi di libertà rotazionali

Verifica delle forze critiche delle aste

Metodo per il sistema di equazioni: Diretto Iterativo

Teoria delle piastre inflesse: Mindlin Kirchhoff

Versione del solutore: 32 bit 64 bit

Attiva rigidezza a taglio delle aste (aree della sezione trasversale A_y, A_z)

La considerazione delle rigidezze a taglio comporta un aumento di deformazioni dovute alle forze di taglio. Poiché la deformazione di taglio è quasi irrilevante per sezioni trasversali laminate e saldate, la casella di controllo è disattivata per impostazione predefinita. Per sezioni trasversali massicce e di legno, tuttavia, si raccomanda di considerare le rigidezze a taglio per le analisi degli spostamenti generalizzati.

Gli spostamenti generalizzati da taglio hanno un effetto solo sulle estremità dei nodi delle aste. Pertanto, una trave con una singola campata deve essere divisa in nodi intermedi in modo che l'effetto diventi attivo.

Attiva divisioni delle aste per l'analisi a grandi spostamenti o post-critica

Le travi si possono dividere in nodi intermedi per il calcolo secondo l'analisi a grandi spostamenti per calcolare tali aste con una precisione maggiore. Il numero di divisioni è preso dal campo di immissione usato per le funi e i vincoli esterni elastici.

Ignora gradi di libertà rotazionali

Solitamente, si devono considerare sei gradi di libertà nei sistemi strutturali spaziali. Per risparmiare tempo, l'opzione consente di calcolare i modelli strutturali con solo tre gradi di libertà. Si possono applicare le seguenti semplificazioni: sono possibili solo spostamenti, ma non le rotazioni. Come forze interne saranno calcolate solo le forze assiali, senza momenti flettenti o torsionali e forze di taglio, come se il modello fosse composto solo da travature reticolari, funi o membrane.

Quando si utilizza questo approccio, la matrice di rigidezza si riduce a metà delle righe e delle tabelle, il che influenza di conseguenza il tempo di calcolo.

Verifica delle forze critiche delle aste

Spesso, il superamento del carico critico già nella prima iterazione conduce ad un'instabilità. Utilizzare questa casella di controllo per gestire se il carico critico è controllato per le travature reticolari, le aste compresse e le aste instabili. Saranno prese in considerazione le lunghezze libere d'inflessione delle aste definite.

Metodo per il sistema di equazioni

Entrambe le opzioni controllano il metodo utilizzato per risolvere i sistemi di equazioni: *Diretto* o *Iterativo*. Per evitare equivoci: quando si risolve il sistema di equazioni direttamente, si esegue anche un calcolo iterativo, se sono disponibili delle non linearità o se i dati sono calcolati secondo l'analisi del secondo ordine e a grandi spostamenti. *Diretto* e *Iterativo* fanno riferimento alla gestione dei dati durante il calcolo.

La scelta del metodo di risoluzione che conduce rapidamente ai risultati dipende dalla complessità del modello, nonché dalla dimensione della memoria principale (RAM) disponibile:

- Per sistemi di piccole e medie dimensioni, il metodo di risoluzione *Diretto* è più efficace.
- Per sistemi grandi e complessi, il metodo *Iterativo* è più veloce per i risultati di output.

Non appena le matrici per il metodo diretto non possono essere memorizzate nella memoria principale, Windows attiva lo swap di dati sul disco rigido, che rallenta il calcolo diretto. L'attività del disco rigido aumenta e si riduce il carico del processore, che è visibile in Gestione attività di Win-

dows. Utilizzando il metodo iterativo di calcolo ICG (*Gradiente coniugato incompleto*), è possibile evitare questo problema della memoria.



È necessario accertarsi che il file di swap sia abbastanza grande, rispettivamente la dimensione del file deve essere gestita automaticamente da Windows. Con un file di swap troppo piccolo potrebbe avvenire un arresto anomalo del programma.



Nel menu della barra degli strumenti **Opzioni**, selezionare **Opzioni del programma**, oppure utilizzare il pulsante della barra degli strumenti mostrato sulla sinistra per aprire la finestra di dialogo *Opzioni del programma*. Nella scheda di dialogo *Assistente*, è possibile definire il numero di elementi 2D e 3D, che, se superati, causerà la visualizzazione di un messaggio di avvertimento di RFEM, informando che si sta utilizzando il metodo del calcolo diretto.

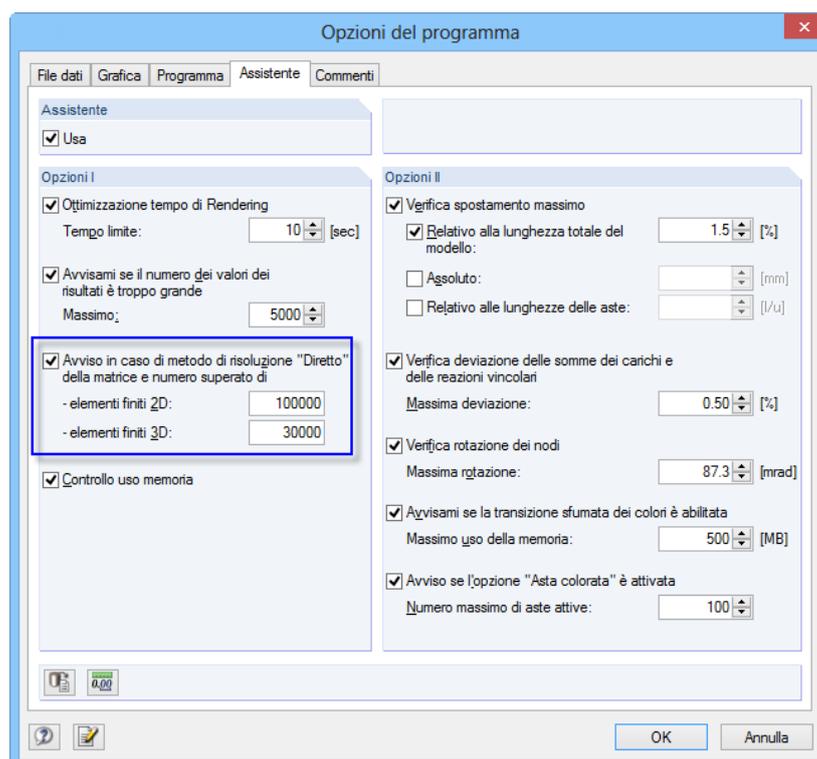


Figura 7.25: Finestra di dialogo *Opzioni del programma*, scheda *Assistente*

Teoria delle piastre inflesse

Le superfici si possono calcolare secondo le teorie flessionali di MINDLIN o KIRCHHOFF. Il calcolo secondo MINDLIN include gli spostamenti generalizzati della forza di taglio, nel calcolo secondo KIRCHHOFF questi non sono considerati.



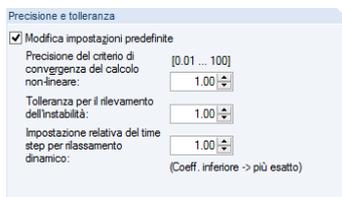
Pertanto, l'opzione di calcolo di *Mindlin* è appropriata per piastre e gusci relativamente spessi utilizzati in strutture solide. L'opzione di *Kirchhoff* è consigliata per superfici relativamente sottili come lamiere di metallo in strutture di acciaio.

Versione del solutore

Il metodo diretto per risolvere il sistema di equazioni (si veda sopra) si basa su un'analisi core utilizzando le capacità dell'ampia memoria RAM dei sistemi operativi a 64-bit. In questo modo, è possibile calcolare i casi e le combinazioni di carico in una volta sola, anche per grandi sistemi strutturali; in questo modo si risparmia tempo, supponendo che nessun oggetto abbia delle non linearità. La memoria RAM deve essere abbastanza grande in modo da poter includere la matrice di rigidità e tutte le operazioni di caricamento.

Precisione e tolleranza

Solo raramente, è necessario modificare la convergenza predisposta e i parametri di tolleranza. Selezionare la casella di controllo *Modifica impostazioni predefinite* per attivare i campi di immissione sottostanti.



Precisione del criterio di convergenza del calcolo non-lineare

Se sono coinvolti effetti non lineari, o se il calcolo viene effettuato secondo l'analisi del secondo ordine o a grandi spostamenti, è possibile influenzare il calcolo tramite i criteri di convergenza.

Il cambiamento di forze assiali di due iterazioni successive è sempre verificato per ogni elemento. Non appena il cambiamento raggiunge il valore di un numero razionale specifico della massima forza assiale, il calcolo si arresta. Durante le iterazioni, tuttavia, è possibile che le forze assiali di uno o più elementi oscillino tra due valori anziché convergere. Con il valore inserito in questo campo di immissione, è possibile definire una certa sensibilità, al fine di trascurare gli effetti di queste oscillazioni.

La precisione influenza anche il criterio di convergenza per il cambiamento dello spostamento generalizzato nei calcoli secondo l'analisi a grandi spostamenti dove sono considerate le non linearità geometriche.

Il valore predefinito è 1,0. Il coefficiente minimo è 0,1 e quello massimo 100. Maggiore è il coefficiente, meno sensibile sarà il limite di interruzione.

Tolleranza per il rilevamento dell'instabilità

Vi sono diversi approcci per poter analizzare il comportamento di stabilità di una struttura. Tuttavia, nessuno di questi è in grado di rilevare matrici singolari di rigidità con assoluta affidabilità.

RFEM utilizza due procedure per determinare l'instabilità: da una parte, gli elementi sulla diagonale principale della matrice di rigidità sono confrontati con lo stesso numero nelle iterazioni; da l'altro lato, ogni elemento della diagonale principale è analizzato in relazione al numero adiacente. La tolleranza può essere modificata nel campo di immissione. Più piccolo è il valore, meno "sensibile" sarà l'analisi effettuata.

Impostazione relativa del time step per rilassamento dinamico

Il parametro temporale controlla il calcolo con il metodo del rilassamento dinamico (vedi paragrafo 7.3.1.1, pagina 272). Più è piccolo il valore, minore è lo step temporale e più accurati saranno i risultati.

Diagramma di convergenza

Durante il calcolo, si visualizzerà un diagramma che mostra lo sviluppo di spostamenti e rotazioni (si veda figura, pagina 289). I valori visualizzati si riferiscono al nodo con gli spostamenti generalizzati massimi.



Nella sezione di dialogo *Diagramma di convergenza*, si ha la possibilità di definire un nodo particolare con una componente di spostamento generalizzato i cui risultati saranno illustrati inoltre nella finestra di dialogo *Diagramma di convergenza* (si veda figura, pagina 292).

Non linearità

Quando si utilizzano elementi che agiscono non linearmente nel modello, è possibile disattivare l'effetto dei seguenti elementi per il calcolo:

- Vincoli esterni e vincoli esterni elastici che giungono a rottura (→ paragrafo 4.7, p. 102, paragrafo 4.8, p. 109, paragrafo 4.9, p. 114)
- Aste che giungono a rottura (→ paragrafo 4.17, p. 148)
- Vincoli interni delle aste (→ paragrafo 4.14, p. 135)
- Non-linearità delle aste (→ paragrafo 4.20, p. 164)
- Solidi di contatto (→ paragrafo 4.5, p. 93)
- Non-linearità dei materiali (→ paragrafo 4.3, p. 65)



Si consiglia di disattivare gli effetti non lineari solo per scopi di test, per esempio quando si ricerca la causa di una instabilità. Le opzioni in questa sezione di dialogo aiutano nella ricerca di errori: a volte, criteri di cedimenti impropriamente definiti sono i responsabili dell'interruzione del calcolo.

Riattivazione di aste che giungono a rottura

Le impostazioni in questa sezione di dialogo riguardano gli elementi asta che possono cedere (per esempio aste di trazione, di compressione o con vincoli esterni elastici). Si approfitti delle opzioni per risolvere i problemi di instabilità derivanti dalle aste che giungono a rottura: una struttura, per esempio, è irrigidita con tiranti. A causa di accorciamenti postumi dovuti ai carichi verticali, le aste di trazione ricevono delle piccole forze di compressione nel primo step di calcolo. Esse saranno rimosse dal sistema. Quindi, nell'esecuzione del secondo calcolo, la struttura risulterà instabile senza la presenza tiranti.

Verifica spostamenti generalizzati delle aste che giungono a rottura e riattiva dove appropriato

Quando si seleziona la casella di controllo, RFEM analizza gli spostamenti generalizzati dei nodi in ogni iterazione. Se le estremità di un tirante ceduto si allontanano l'una dall'altra, l'asta viene riattivata.

In alcuni casi, la riattivazione delle aste può essere problematica: un'asta sarà rimossa dopo la prima iterazione, ma riattivata dopo la seconda iterazione, poi rimossa di nuovo dopo la terza iterazione ecc. Il calcolo eseguirà questo ciclo fino al raggiungimento del numero massimo di iterazioni senza convergenza. Questo effetto può essere evitato mediante la definizione di un *Massimo numero di riattivazioni* specificando quante volte un'asta può essere riattivata prima di essere definitivamente eliminata dalla matrice di rigidezza.

Manipolazione eccezionale

Dopo aver segnato la casella di controllo, sono disponibili due metodi per la gestione delle aste che giungono a rottura. Queste si possono combinare con le opzioni di riattivazione descritte sopra.

- **Aste che giungono a rottura da rimuovere individualmente durante le successive iterazioni**

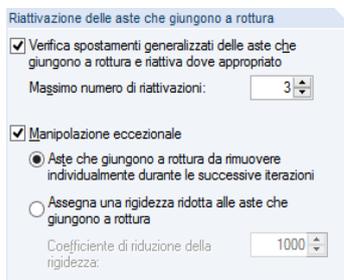
Dopo la prima iterazione, RFEM non elimina, ad esempio, tutte le aste tese con una forza di compressione, ma solo quella con la massima forza di compressione. Quindi, nella seconda iterazione, mancherà solo una asta nella matrice di rigidezza. Nella fase successiva, RFEM rimuoverà di nuovo l'asta tesa con la massima forza di compressione. In questo modo, si potrà raggiungere un comportamento migliore della convergenza del sistema a causa degli effetti della redistribuzione.

Questa opzione di calcolo richiede più tempo perché il programma deve eseguire un maggior numero di iterazioni. Inoltre, sarà necessario impostare un numero sufficiente di possibili iterazioni nella sezione di dialogo *Impostazioni*, sopra.

- **Assegna una rigidezza ridotta alle aste che giungono a rottura**

Le aste che sono giunte a rottura non saranno rimosse dalla matrice di rigidezza. Invece, RFEM assegna una rigidezza molto piccola a queste. Specificare questo nel campo di immissione *Coefficiente di riduzione della rigidezza*: un coefficiente pari a 1.000 significa una riduzione della rigidezza di 1/1000.

Si noti che questa opzione di calcolo implica piccole forze interne saranno visualizzate sulle aste, che in realtà non possono essere assorbite dall'asta a causa della loro tipologia.



7.4 Avvio del calcolo

È possibile scegliere diverse opzioni per l'avvio del calcolo. Prima di iniziare il calcolo, si consiglia di effettuare un breve controllo di plausibilità dei dati di ingresso (si veda paragrafo 7.1.1, pagina 259).

Calcola tutto

Per avviare la funzione corrispondente,

selezionare **Calcola tutto** nel menu **Calcola**.

oppure si utilizzi il pulsante della barra degli strumenti mostrato sulla sinistra.



Figura 7.26: Pulsante [Calcola tutto]

Il comando avvia il calcolo di tutti i casi e le combinazioni di carico e di risultati, nonché di tutti i moduli aggiuntivi laddove vi sono dati disponibili.

Utilizzare la funzione [Calcola tutto] con attenzione:

- Molti casi di carico non possono esistere isolatamente. I carichi del vento, per esempio, agiscono sempre insieme al peso proprio. Per strutture con vincoli esterni che giungono a rottura per trazione, le instabilità possono verificarsi durante il calcolo di batch di tutti i singoli casi di carico.
- Se sono disponibili molte combinazioni di carico e casi di progetto dei moduli, RFEM impiegherà molto tempo per il calcolo.

Calcola i casi di carico selezionati

Per aprire la finestra di dialogo per la selezione dei casi di carico che sono rilevanti per il calcolo,

selezionare **Da calcolare** nel menu **Calcola**.

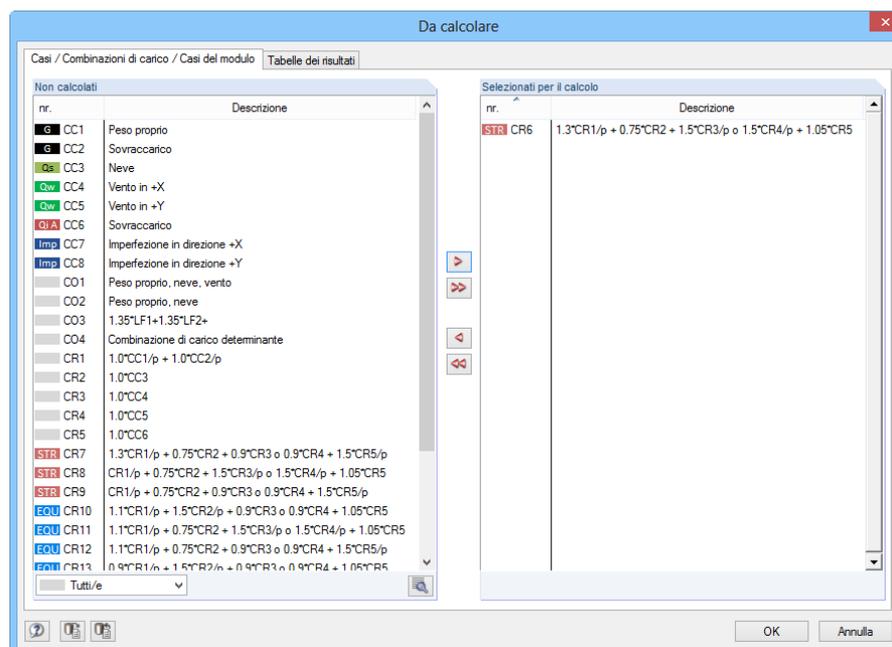
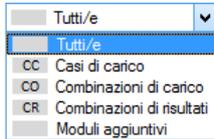


Figura 7.27: Finestra di dialogo *Da calcolare*



Nella sezione di dialogo *Non calcolati* a sinistra, RFEM elenca tutti i casi di carico, le combinazioni di carico e le combinazioni di risultati, nonché i casi di analisi dei moduli aggiuntivi per i quali non sono presenti i risultati. Utilizzare il pulsante [►] per trasferire le voci selezionate nell'elenco *Selezionati per il calcolo*. Si può fare anche un doppio clic sulle voci. Per trasferire l'elenco completo a destra, utilizzare il pulsante [►►].

Se sono stati selezionati le combinazioni di risultati o i casi dei moduli che richiedono i risultati dai casi di carico, i casi di carico rilevanti saranno calcolati automaticamente.

Le voci di carico si possono ordinare in base alle opzioni del filtro disponibili sotto l'elenco in base a questi criteri:

- Casi di carico
- Combinazioni di carico
- Combinazioni di risultati
- Moduli aggiuntivi

Il pulsante [Parametri di calcolo] mostrato sulla sinistra apre la finestra di dialogo *Parametri di calcolo* (si veda paragrafo 7.3, pagina 281) dove le impostazioni possono essere controllate e modificate per il calcolo.

La scheda di dialogo *Tabelle dei risultati* della finestra di dialogo *Da calcolare* controlla la disponibilità delle tabelle mostrate dopo il calcolo.

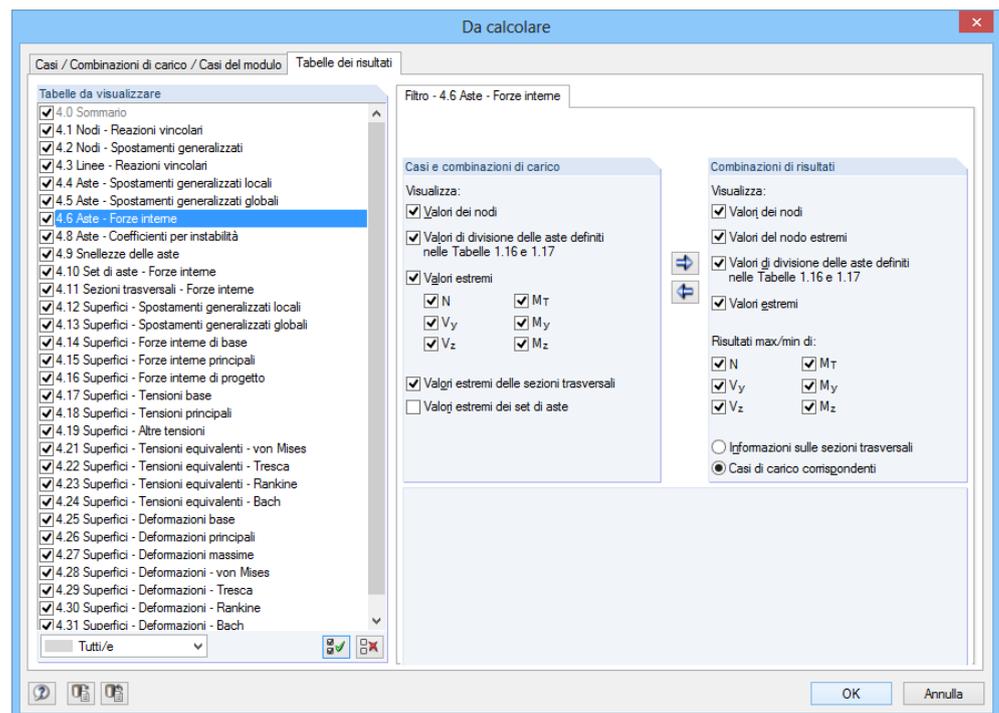


Figura 7.28: Finestra di dialogo *Da calcolare*, scheda *Tabelle dei risultati*

Più opzioni di filtro sono disponibili in alcune tabelle dei risultati. Queste sono presentate nel capitolo 8 *Risultati* insieme con le rispettive tabelle di output (si veda per esempio la Figura 8.15, pagina 302).

Calcola il caso di carico corrente

È possibile avviare il calcolo di un singolo caso di carico direttamente: selezionare il caso di carico, la combinazione di carico o di risultati nell'elenco della barra degli strumenti e quindi fare clic sul pulsante [Mostra risultati].





Figura 7.29: Calcolo del caso di carico direttamente utilizzando il pulsante [Mostra risultati]

Il calcolo può essere avviato dopo che è stato visualizzato un messaggio che non è stato trovato nessun risultato.

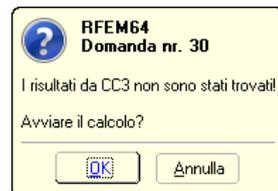


Figura 7.30: Richiesta prima del calcolo

Calcola risultati selezionati

Il menu della barra degli strumenti *Calcola* offre ulteriori opzioni per la selezione dei risultati da calcolare:

- Solo i risultati di RFEM
- Solo i risultati dei moduli
- Tutti i risultati di tutti i modelli aperti
- Solo i risultati di RFEM di tutti i modelli aperti
- Solo i risultati dei moduli di tutti i modelli aperti

Il calcolo inizia immediatamente dopo aver richiamato la funzione corrispondente.

Processo di calcolo

Il processo di calcolo è mostrato nella finestra *Calcolo EF* dove è possibile osservare, oltre ai passi di calcolo che RFEM sta eseguendo, i grafici degli spostamenti massimi in un diagramma di convergenza.

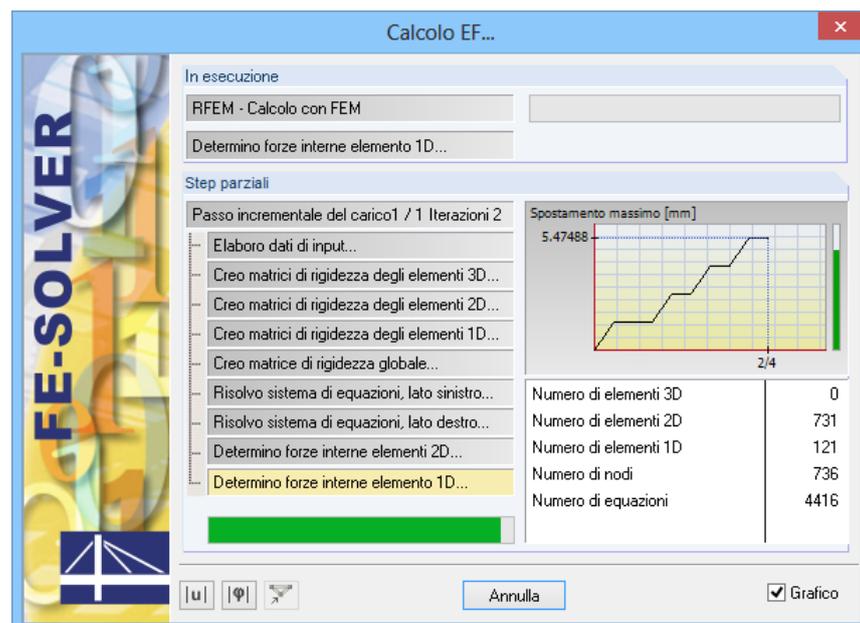


Figura 7.31: Processo di calcolo

Le barre verticali verdi o rosse a destra della finestra, visualizzano il comportamento della convergenza durante il calcolo: ciascun incremento di carico prende una parte della colonna, ad esempio, 4/5, nella figura in alto, rappresenta il quarto dei cinque incrementi di carico. Quando la barra è verde, le deformazioni sono in una zona accettabile. Una barra rossa simboleggia spostamenti o rotazioni troppo grandi ($\geq 0,1$ rad.).

8. Risultati

La numerazione di questo capitolo del manuale segue la numerazione delle tabelle dei risultati, il che rende più facile trovare le descrizioni della scheda corrispondente.



Si noti che qualsiasi analisi EF rappresenta un'approssimazione. I risultati devono essere interpretati e verificati con la plausibilità di un know-how ingegneristico.



Quando i dati sono stati calcolati, apparirà la scheda aggiuntiva *Risultati* nel navigatore (si veda paragrafo 3.4.3, pagina 25) per controllare la visualizzazione grafica dei risultati. I risultati sono elencati in ordine numerico in tabelle separate (si veda paragrafo 3.4.4, pagina 27).

Barre colorate

Le colonne dei risultati delle tabelle sono evidenziate parzialmente in rosso o blu (si veda figura 8.4, pagina **Error! Bookmark not defined.**). Le barre colorate rappresentano i valori dei risultati graficamente. Questi sono ridimensionati ai valori massimi delle forze interne o degli spostamenti generalizzati di tutti gli oggetti. I valori negativi sono rappresentati da barre rosse, i valori positivi da barre blu. Così, la tabella permette anche una valutazione visiva del risultato.



Per attivare e disattivare le barre colorate,

selezionare **Visualizza** nel menu **Tabella**, e quindi fare clic su **Barre colorate**,

oppure si utilizzi il pulsante nella barra degli strumenti della tabella mostrato sulla sinistra.

Filtro della tabella

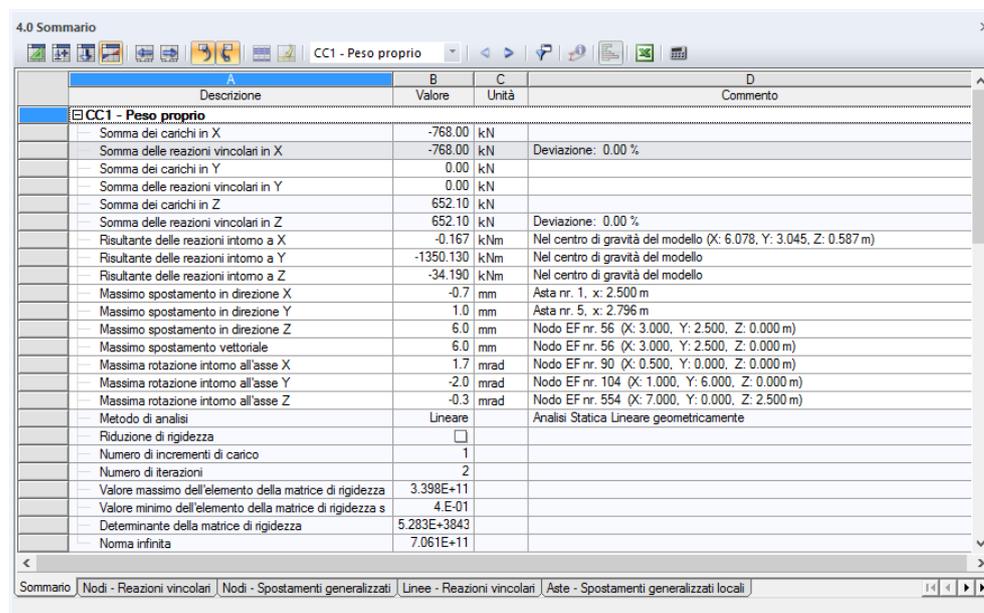


Le tabelle visualizzate dipendono dalle selezioni impostate nella scheda della finestra di dialogo *Tabelle dei risultati* della finestra di dialogo *Da calcolare* (si veda paragrafo 7.4, pagina 288).

8.0 Equilibrio dei risultati

Tabella

La tabella 4.0 *Sommario* rappresenta un riepilogo del processo di calcolo, ordinato per caso e combinazione di carico.



A	B	C	D
Descrizione	Valore	Unità	Commento
CC1 - Peso proprio			
Somma dei carichi in X	-768.00	kN	
Somma delle reazioni vincolari in X	-768.00	kN	Deviazione: 0.00 %
Somma dei carichi in Y	0.00	kN	
Somma delle reazioni vincolari in Y	0.00	kN	
Somma dei carichi in Z	652.10	kN	
Somma delle reazioni vincolari in Z	652.10	kN	Deviazione: 0.00 %
Risultante delle reazioni intorno a X	-0.167	kNm	Nel centro di gravità del modello (X: 6.078, Y: 3.045, Z: 0.587 m)
Risultante delle reazioni intorno a Y	-1350.130	kNm	Nel centro di gravità del modello
Risultante delle reazioni intorno a Z	-34.190	kNm	Nel centro di gravità del modello
Massimo spostamento in direzione X	-0.7	mm	Asta nr. 1, x: 2.500 m
Massimo spostamento in direzione Y	1.0	mm	Asta nr. 5, x: 2.796 m
Massimo spostamento in direzione Z	6.0	mm	Nodo EF nr. 56 (X: 3.000, Y: 2.500, Z: 0.000 m)
Massimo spostamento vettoriale	6.0	mm	Nodo EF nr. 56 (X: 3.000, Y: 2.500, Z: 0.000 m)
Massima rotazione intorno all'asse X	1.7	mrad	Nodo EF nr. 90 (X: 0.500, Y: 0.000, Z: 0.000 m)
Massima rotazione intorno all'asse Y	-2.0	mrad	Nodo EF nr. 104 (X: 1.000, Y: 6.000, Z: 0.000 m)
Massima rotazione intorno all'asse Z	-0.3	mrad	Nodo EF nr. 554 (X: 7.000, Y: 0.000, Z: 2.500 m)
Metodo di analisi	Lineare		Analisi Statica Lineare geometricamente
Riduzione di rigidezza	<input type="checkbox"/>		
Numero di incrementi di carico	1		
Numero di iterazioni	2		
Valore massimo dell'elemento della matrice di rigidezza	3.398E+11		
Valore minimo dell'elemento della matrice di rigidezza s	4.E-01		
Determinante della matrice di rigidezza	5.283E+3843		
Norma infinita	7.061E+11		

Figura 8.1: Tabella 4.0 *Sommario*

Questa panoramica mostra le somme di controllo dei carichi e delle reazioni vincolari. La deviazione deve essere inferiore all'1% in ogni direzione. Se non è così, si sono verificati dei problemi numerici a causa di notevoli differenze nella rigidezza. È anche possibile che il modello abbia una stabilità insufficiente o che il calcolo abbia raggiunto il numero massimo di iterazioni senza una convergenza. Inoltre la panoramica informa l'utente sulle reazioni vincolari risultanti che sono efficaci nel baricentro del modello in modo idealizzato.

Inoltre, il sommario mostra gli spostamenti e le rotazioni massime relative agli assi globali X, Y e Z, nonché lo spostamento totale più grande. A causa del controllo degli spostamenti generalizzati, può essere valutata l'affidabilità dei risultati.

Il sommario ordinato per caso di carico è completato dai parametri di calcolo che sono stati usati. Il *Numero di iterazioni* richiesto per ottenere i risultati è particolarmente interessante in questo ambito.

La tabella termina con un *Sommario* dei parametri di analisi selezionati e delle specificazioni globalmente valide di calcolo (si veda figura, pagina 281: finestra di dialogo *Parametri di calcolo*, scheda *Parametri di calcolo generali*)

Diagramma di convergenza

Lo sviluppo degli spostamenti generalizzati è rappresentato graficamente durante il calcolo (si veda figura, pagina 289). È possibile utilizzare questo schema di iterazione anche dopo il calcolo di valutazione. Per aprire la finestra di dialogo corrispondente,

selezionare **Diagrammi di iterazione...** nel menu **Risultati**.

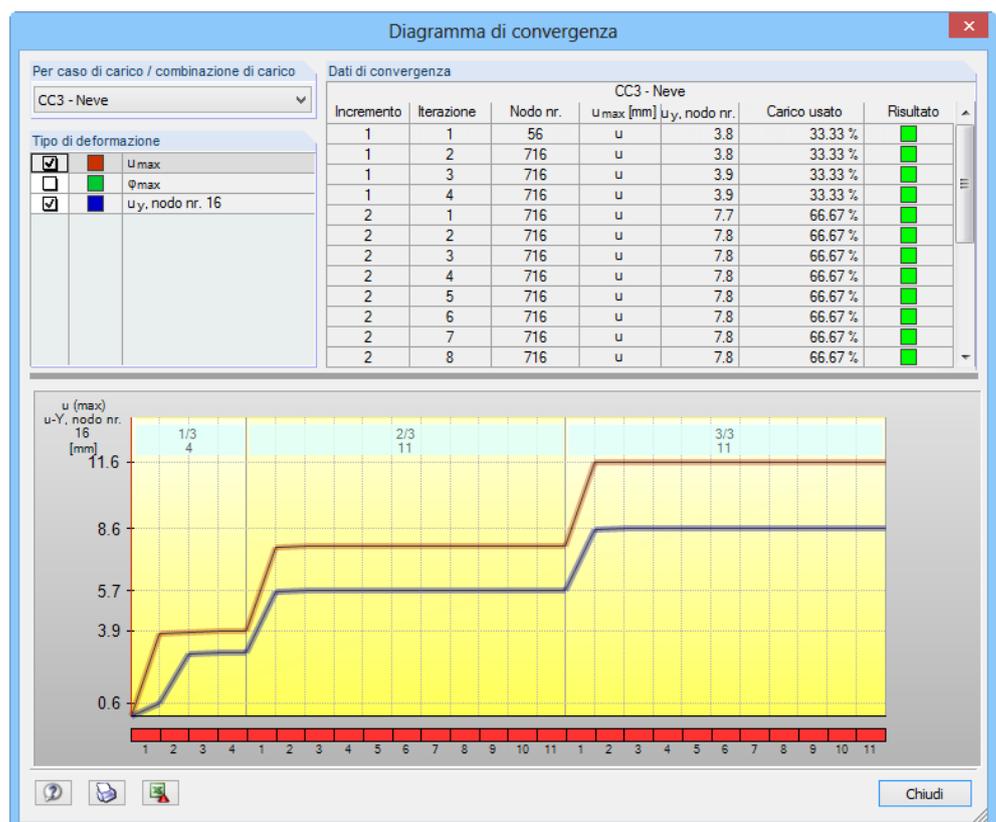


Figura 8.2: Finestra di dialogo *Diagramma di convergenza*

Il caso di carico rilevante si può selezionare nell'elenco *Per caso di carico / combinazione di carico*.

Nella sezione di dialogo *Tipo di deformazione*, il valore massimo degli spostamenti u_{max} e delle rotazioni φ_{max} è preimpostato. Quando si definisce un nodo particolare con gli spostamenti generalizzati corrispondenti nei parametri di calcolo generali (si veda figura, pagina 281, sezione di dialo-

go *Diagramma di convergenza*), anche gli spostamenti generalizzati relativi a questo nodo saranno contenuti nell'elenco.

Nella seconda metà della finestra di dialogo, si possono vedere i grafici degli spostamenti generalizzati attivati nella sezione di dialogo *Tipo di deformazione*.

Con un clic in una delle righe disponibili nella sezione di dialogo *Tipo di deformazione*, è possibile aggiornare i valori dei risultati degli spostamenti generalizzati corrispondenti nella tabella *Dati di convergenza*. In questo modo, si può fare una valutazione specifica dei passi di iterazione, dei nodi determinanti e dei diagrammi degli spostamenti generalizzati.

Inoltre, il diagramma di iterazione permette di prendere misure correttive per risultati "oscillanti" (non convergenti). Inoltre, è possibile controllare il diagramma degli spostamenti generalizzati nelle iterazioni in seguito, nel caso che i calcoli impieghino molto tempo.

Oltre il diagramma di iterazione, si può creare un diagramma carico-deformazione per gli incrementi di carico copiando i valori dei risultati negli appunti.

8.1 Nodi – Reazioni vincolari

Con le voci incluse in *Reazioni vincolari* nel navigatore *Risultati* si deciderà quali componenti saranno visualizzate graficamente nell'area di lavoro. Queste possono essere relative agli assi locali dei vincoli esterni ruotati o al sistema di assi globale XYZ. La tabella 4.1 riporta le forze e i momenti vincolari in forma numerica.

Se la struttura è un modello 2D, RFEM visualizza solo le colonne della tabella delle forze e dei momenti vincolari che sono rilevanti per un sistema strutturale piano.

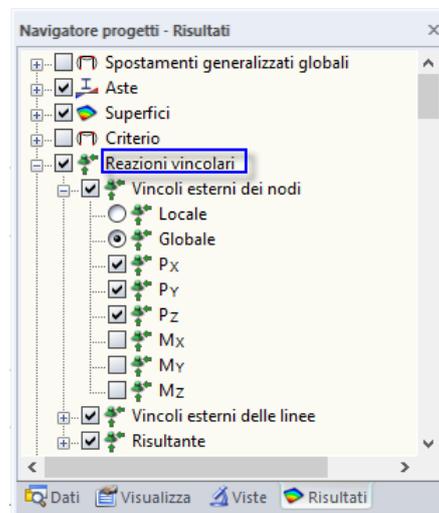
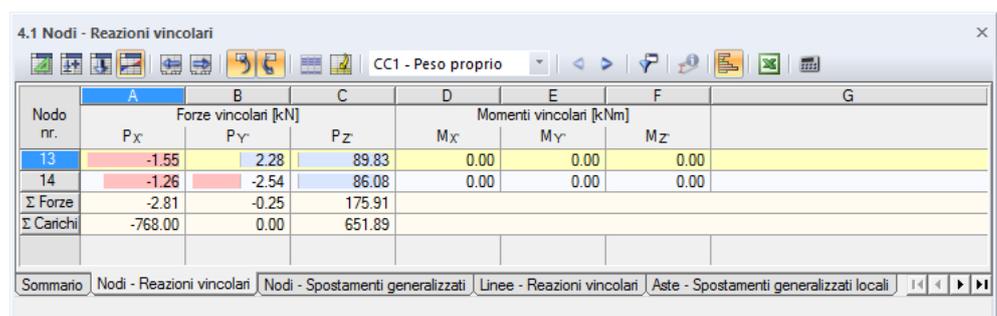


Figura 8.3: Navigatore *Risultati* : *Reazioni vincolari* → *Vincoli esterni dei nodi*



Nodo nr.	Forze vincolari [kN]			Momenti vincolari [kNm]		
	P _X	P _Y	P _Z	M _X	M _Y	M _Z
13	-1.55	2.28	89.83	0.00	0.00	0.00
14	-1.26	-2.54	86.08	0.00	0.00	0.00
Σ Forze	-2.81	-0.25	175.91			
Σ Carichi	-768.00	0.00	651.89			

Figura 8.4: Tabella 4.1 *Nodi – Reazioni vincolari*

CC2 - Neve

Per visualizzare le reazioni dei vincoli esterni di un caso di carico particolare, selezionare il caso di carico dall'elenco della barra degli strumenti principale o dalla barra degli strumenti della tabella.

Forze vincolari $P_x / P_y / P_z$

Le forze vincolari sono elencate in tre colonne della tabella dove sono ordinate per nodo. Solitamente, le forze hanno gli assi del sistema di riferimento X, Y e Z del sistema globale di coordinate. Per visualizzare le forze relative agli assi X', Y' e Z' del vincolo esterno locale (vincoli esterni ruotati) nel grafico, nonché nella tabella, si vada al navigatore dei *Risultati* e si imposti **Reazioni vincolari** → **Vincoli esterni dei nodi** → **Locale**.

I nodi con rotazioni del vincolo esterno sono contrassegnati da un asterisco (*) come mostrato in figura 8.4. Le forze sono posizionate in relazione al sistema assiale selezionato. Nell'ultima colonna della tabella è indicato l'angolo di rotazione del vincolo esterno.



La tabella mostra le forze che agiscono sul vincolo esterno. Quindi, per quanto riguarda i segni, la tabella non indica le forze di reazione da parte del vincolo esterno. I segni derivano dalla direzione degli assi globali. Se l'asse globale Z è diretto verso il basso, allora il caso di carico del peso proprio, per esempio, risulterà in una forza positiva del vincolo esterno P_z , e un carico del vento che agisce in direzione opposta all'asse globale X ha una forza negativa del vincolo esterno P_x . Quindi, le forze del vincolo esterno mostrate nella tabella rappresentano i carichi della fondazione.

Al contrario, i vettori verdi nel grafico mostrano le forze di reazione da parte dei vincoli esterni. Le componenti delle reazioni vincolari sono visualizzate mediante la dimensione e la direzione dei vettori.

Si possono visualizzare i segni delle reazioni vincolari nella finestra di lavoro. Selezionare *Risultati* nel navigatore *Visualizza* e spuntare la casella di controllo dell'opzione corrispondente.

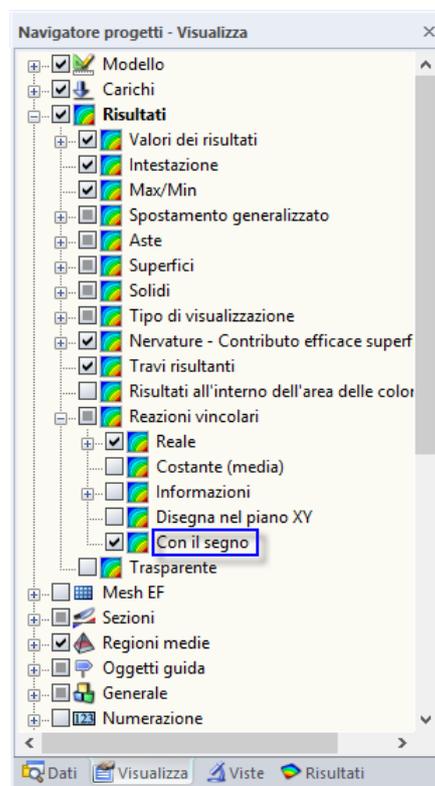


Figura 8.5: navigatore *Visualizza*, *Risultati* → *Reazioni vincolari* → *Con il segno*

I segni nel grafico fanno riferimento al sistema di riferimento assiale globale XYZ o al sistema di riferimento assiale locale X'Y'Z', che è ruotato. Una reazione vincolare positiva agisce nella direzione

dell'asse positivo corrispondente. Per esempio, un carico di vento che agisce in direzione opposta all'asse globale X ha come risultato una reazione vincolare positiva P_x .

Si consiglia di visualizzare questi segni solo al fine di una verifica, poiché potrebbero condurre ad una interpretazione errata perché i vettori li hanno già. I segni nei grafici sono destinati ad essere una caratteristica supplementare della visualizzazione del vettore, indicando le direzioni per i valori in relazione agli assi globali.

Momenti vincolari $M_x / M_y / M_z$

I momenti vincolari sono elencati nelle tre colonne della tabella dove sono ordinati secondo la disposizione dei nodi. Solitamente, i momenti fanno riferimento agli assi X, Y e Z del sistema globale di coordinate. Utilizzare il navigatore *Risultati* per visualizzare i momenti relativi agli assi dei vincoli esterni locali X' , Y' e Z' nell'area di lavoro così come nella tabella.

La tabella mostra i momenti che agiscono sul vincolo esterno. Per quanto riguarda i segni, come per le forze vincolari, la tabella non indica le reazioni da parte del vincolo esterno. I segni derivano dalla direzione degli assi globali. Quindi, i momenti dei vincoli esterni mostrati nella tabella rappresentano i carichi della fondazione.

Nella finestra di lavoro, tuttavia, i momenti vincolari sono mostrati dalla parte del vincolo esterno.

I segni per i momenti dei vincoli esterni possono essere visualizzati nell'area di lavoro (si veda figura 8.5). Un momento positivo di un vincolo esterno agisce in senso orario intorno all'asse globale positivo. Come per i vettori delle forze vincolari, i vettori hanno già i segni e le indicazioni dei valori devono essere considerati in modo indipendente: i segni indicano le direzioni dei momenti rispetto agli assi globali.

Oltre alla visualizzazione del vettore, si può impostare la visualizzazione dell'arco. Per aprire la finestra di dialogo corrispondente,

puntare su **Proprietà di visualizzazione** nel menu **Opzioni**, quindi selezionare **Modifica**.

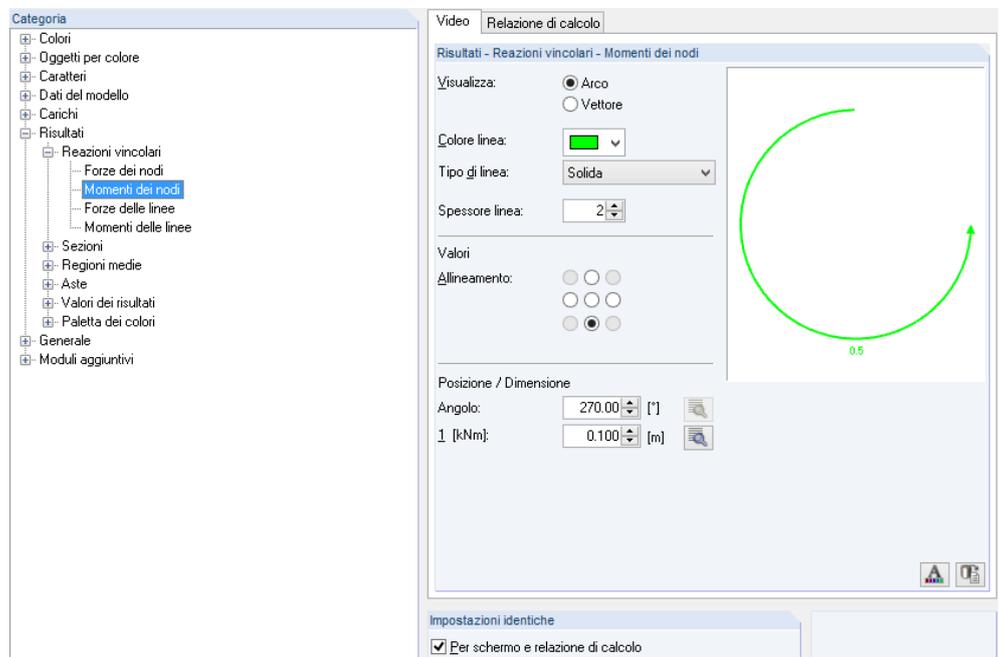


Figura 8.6: Finestra di dialogo *Proprietà di visualizzazione* (sezione di dialogo): *Momenti dei nodi* con l'opzione di visualizzazione *Arco*

Nella sezione di dialogo *Categoria* a sinistra, impostare *Risultati*, *Reazioni vincolari* e *Momenti dei nodi*, e dopo selezionare la *Opzione di visualizzazione dell'arco* a destra.

Vincoli esterni dei nodi ruotati

Nell'ultima colonna della tabella, sono presenti gli angoli di rotazione del vincolo esterno dei nodi (si veda figura 8.4, pagina 293). Questi nodi sono contrassegnati da un asterisco (*).

Somme di controllo

Alla fine della tabella, RFEM visualizza le somme di controllo di carichi e delle reazioni vincolari per i casi e le combinazioni di carico. Vi sono delle differenze tra le somme delle Σ forze e Σ carichi se il modello ha anche vincoli esterni delle linee e aste/superfici con i vincoli esterni elastici. Pertanto, anche la Σ forze disponibile nelle tabelle 4.3, 4.7 e 4.20 si deve considerare nel sommario totale.



Importazione delle reazioni vincolari come carico

Le forze e i momenti vincolari di un altro modello di RFEM si possono applicare come carichi nel modello corrente. In questo modo, i carichi si possono trasferire dagli impalcati per analizzare le piastre 2D. Questa funzione è descritta nel paragrafo 8.3 a pagina 301.

Le forze vincolari dei nodi, che sono state importate, saranno applicate come carichi liberi concentrati.



Filtro delle reazioni vincolari delle combinazioni di risultati

Per le combinazioni di risultati è possibile modificare l'impostazione predefinita dei valori estremi presenti nella tabella dei risultati. Per aprire la finestra di dialogo corrispondente,

selezionare **Visualizza** nel menu **Tabella**, e quindi fare clic su **Filtro dei risultati**, oppure si utilizzi il pulsante nella barra degli strumenti della tabella mostrato sulla sinistra.

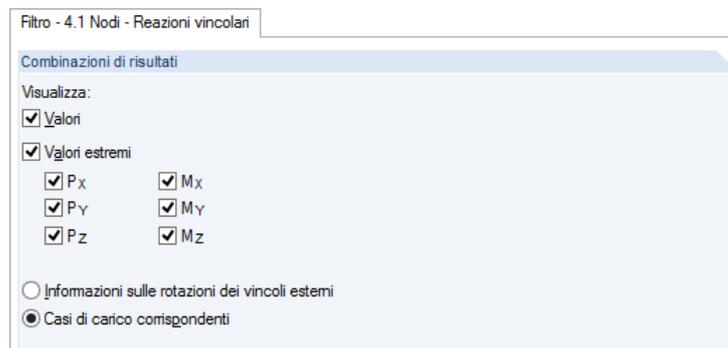


Figura 8.7: Finestra di dialogo *Filtro della tabella* (sezione di dialogo):

Le caselle di controllo nella sezione di dialogo *Combinazioni di risultati* della finestra di dialogo *Filtro della tabella* controllano il tipo e la quantità dei dati numerici.

Risultante delle reazioni vincolari

Le risultanti delle reazioni vincolari per i casi di carico e le combinazioni di carico sono mostrati nella tabella 4.0 *Sommario* nella forma numerica per ciascuna direzione globale (si veda figura 8.1, pagina 291). Utilizzare il navigatore *Risultati* per visualizzare le forze risultanti anche nel modello.

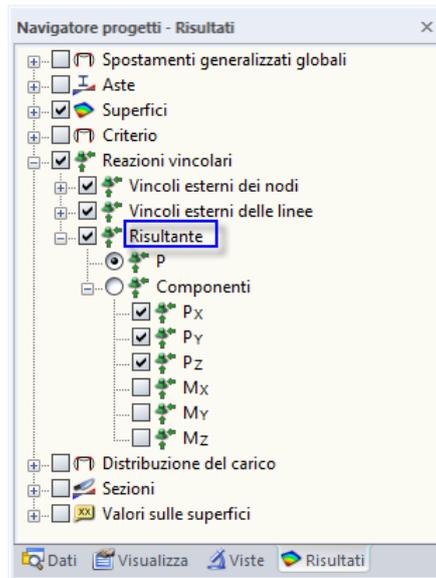


Figura 8.8: Navigatore Risultati: Reazioni vincolari → Risultante

Oltre alla risultante totale P , è possibile visualizzare le singole *Componenti* che sono efficaci in modo idealizzato nel modello del baricentro. In questo modo, è possibile controllare la posizione e la dimensione della risultante delle forze vincolari in un colpo d'occhio.

8.2 Nodi - Spostamenti generalizzati

Per controllare graficamente gli spostamenti e le rotazioni dei nodi, si spunti la casella di controllo *Spostamenti generalizzati globali* nel navigatore *Risultati*. La tabella 4.2 riporta gli spostamenti generalizzati dei nodi in forma numerica.

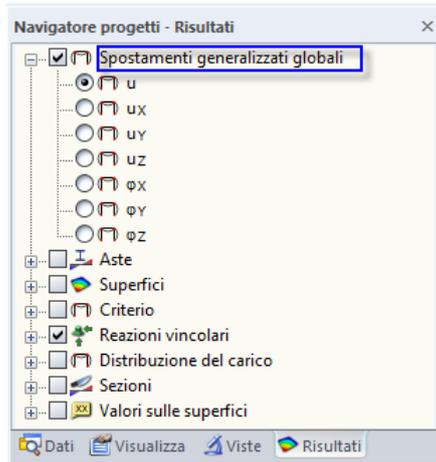
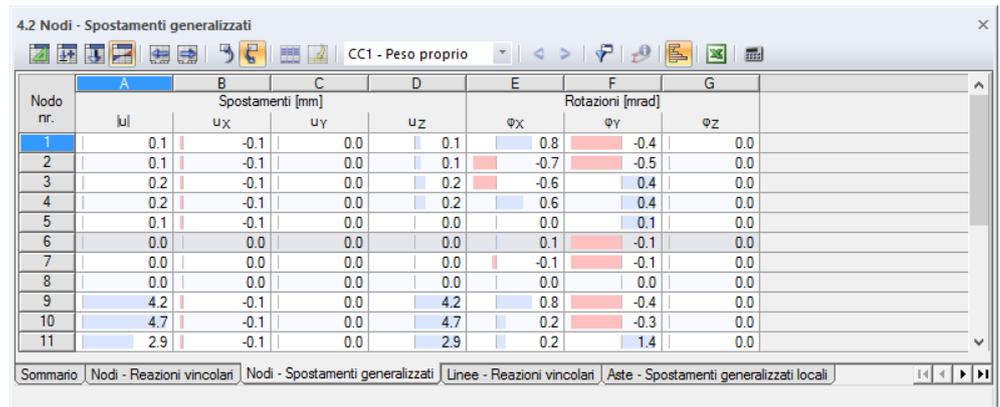


Figura 8.9: Navigatore Risultati: Spostamenti generalizzati globali



Nodo nr.	Spostamenti [mm]				Rotazioni [mrad]		
	u _x	u _y	u _z	φ _x	φ _y	φ _z	
1	0.1	-0.1	0.0	0.1	0.8	-0.4	0.0
2	0.1	-0.1	0.0	0.1	-0.7	-0.5	0.0
3	0.2	-0.1	0.0	0.2	-0.6	0.4	0.0
4	0.2	-0.1	0.0	0.2	0.6	0.4	0.0
5	0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	4.2	-0.1	0.0	4.2	0.8	-0.4	0.0
10	4.7	-0.1	0.0	4.7	0.2	-0.3	0.0
11	2.9	-0.1	0.0	2.9	0.2	1.4	0.0

Figura 8.10: Tabella 4.2 Nodi - Spostamenti generalizzati

Gli spostamenti e le rotazioni sono elencate per nodo.

Spostamenti / Rotazioni

Gli spostamenti generalizzati hanno i seguenti significati:

u	Spostamento totale
u _x	Spostamento nella direzione dell'asse globale X
u _y	Spostamento nella direzione dell'asse globale Y
u _z	Spostamento nella direzione dell'asse globale Z
φ _x	Rotazione attorno all'asse globale X
φ _y	Rotazione attorno all'asse globale Y
φ _z	Rotazione attorno all'asse globale Z

Tabella 8.1: Spostamenti generalizzati dei nodi

8.3 Linee - Reazioni vincolari

Con le voci disponibili in *Reazioni vincolari* nel navigatore *Risultati* si deciderà quali componenti saranno visualizzate graficamente nell'area di lavoro. Queste possono essere relative agli assi locali dei vincoli esterni ruotati o al sistema di assi globale X Y Z. La tabella 4.2 riporta le forze vincolari e i momenti in forma numerica.

Se la struttura è un modello 2D, RFEM visualizza solo le colonne della tabella delle forze e dei momenti vincolari che sono rilevanti per un sistema strutturale piano.

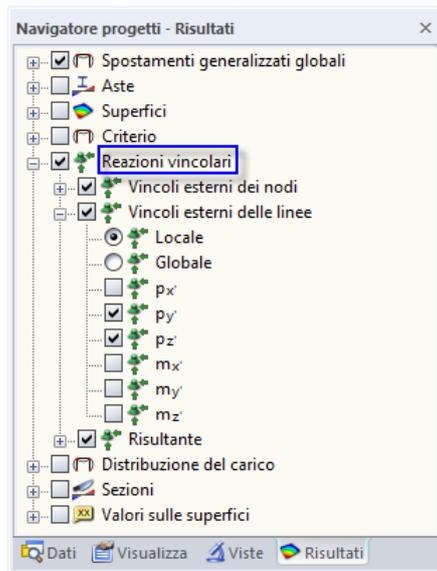


Figura 8.11: Navigatore Risultati: Reazioni vincolari → Vincoli esterni delle linee

4.3 Linee - Reazioni vincolari

CC1 - Peso proprio

Linea nr.	A Nodo nr.	B Posizione x [m]	D Forze vincolari [kN/m]			G Momenti vincolari [kNm/m]		
			C p _x	p _y	p _z	m _x	m _y	m _z
6		5.655	-4.04	9.93	-9.41	0.00	0.00	0.00
		6.126	-6.59	12.15	0.11	0.00	0.00	0.00
		6.597	-8.09	11.72	15.40	0.00	0.00	0.00
		7.069	-6.98	8.84	37.15	0.00	0.00	0.00
		7.540	-2.33	4.59	64.48	0.00	0.00	0.00
		8.011	5.52	0.67	93.31	0.00	0.00	0.00
		8.482	13.67	-1.02	112.74	0.00	0.00	0.00
		8.954	18.34	-0.49	117.30	0.00	0.00	0.00
	6	9.425	-6.68	6.47	39.50	0.00	0.00	0.00
	Σ Forze		2.48	0.20	398.24			
	Σ Carichi		0.00	0.00	521.41			

Sommario | Nodi - Reazioni vincolari | Nodi - Spostamenti generalizzati | Linee - Reazioni vincolari | Aste - Spostamenti generalizzati locali

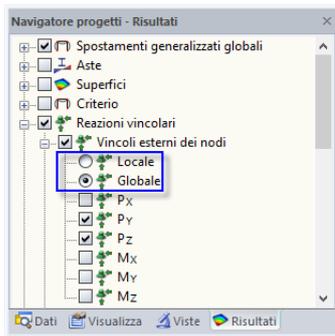
Figura 8.12: Tabella 4.3 Linee – Reazioni vincolari

CC2 - Neve

Per visualizzare le reazioni vincolari di un caso di carico particolare, selezionare il caso di carico dall'elenco della barra degli strumenti principale o dalla barra degli strumenti della tabella.

Posizione x

Le reazioni vincolari sono elencate per linea. Le posizioni x mostrate nella colonna della tabella rappresentano le distanze dei nodi EF lungo la linea. Queste sono relative al nodo iniziale della linea. La griglia della superficie non è importante per le reazioni vincolari delle linee.

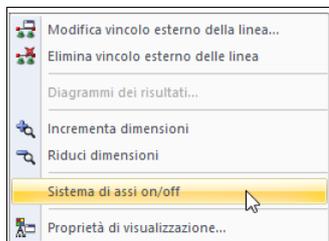


Forze vincolari $p_x / p_y / p_z$

Le forze vincolari sono elencate in tre colonne della tabella dove sono ordinate per nodo. Le forze possono essere relative agli assi globali X, Y e Z o gli assi locali X', Y' e Z' dei vincoli esterni delle linee. L'asse di riferimento nella tabella è controllato dalle impostazioni nel navigatore *Risultati* (si veda figura sulla sinistra).

La tabella mostra le forze che agiscono sul vincolo esterno. Quindi, per quanto riguarda i segni, la tabella non indica le forze di reazione da parte del vincolo esterno. Se le forze vincolari fanno riferimento al sistema globale di coordinate, i segni derivano dalle direzioni degli assi globali. Se l'asse globale Z è diretto verso il basso, allora il caso di carico del peso proprio, per esempio, sarà una forza positiva del vincolo esterno p_z , e un carico di vento che agisce in direzione opposta all'asse globale X ha una forza negativa del vincolo esterno p_x . Quindi, le forze del vincolo esterno mostrate nella tabella rappresentano i carichi della fondazione.

Se vengono visualizzate le reazioni vincolari locali $p_{x'}$, $p_{y'}$ e $p_{z'}$, le forze fanno riferimento agli assi X', Y' e Z' dei vincoli esterni delle linee. Pertanto, i segni nella tabella per le forze introdotte risultano dalle direzioni degli assi locali dei vincoli esterni. Utilizzare il navigatore *Visualizza* o il menu contestuale dei vincoli esterni delle linee per visualizzare questi assi.



Menu contestuale del vincolo esterno della linea

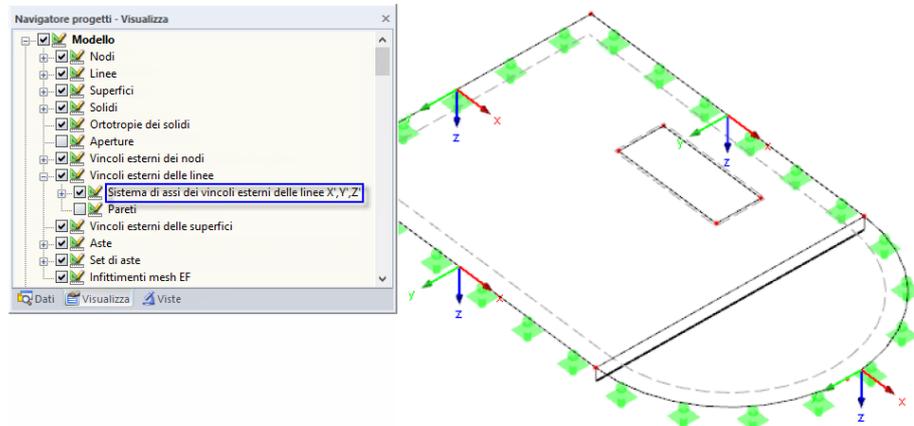


Figura 8.13: Attivazione dei sistemi assiali locali dei vincoli esterni delle linee nel navigatore *Visualizza*

Al contrario, i vettori di colore verde nel grafico mostrano le forze di reazione da parte dei vincoli esterni. Le componenti delle reazioni vincolari sono visualizzate mediante la quota e la direzione dei vettori.

Momenti vincolari $m_x / m_y / m_z$

I momenti vincolari sono elencati in tre colonne della tabella in funzione dei nodi. Questi sono relativi al sistema di assi globale XYZ o sistema assiale locale del vincolo esterno della linea X'Y'Z'. Se è stato impostato il riferimento locale, i momenti vincolari sono indicati con $m_{x'}$, $m_{y'}$ e $m_{z'}$.

La tabella mostra i momenti che agiscono sul vincolo esterno. Quindi, per quanto riguarda i segni, la tabella non mostra le reazioni da parte del vincolo esterno della linea.

Nell'area di lavoro, tuttavia, i momenti vincolari sono mostrati dalla parte del vincolo esterno. Oltre alla visualizzazione a vettore, si può impostare la visualizzazione ad arco. Puntare su **Proprietà di visualizzazione** nel menu **Opzioni**, e selezionare **Modifica** (si veda figura, pagina 295).

Somme di controllo

Alla fine della tabella, RFEM visualizza le somme di controllo dei carichi e delle reazioni vincolari per i casi e le combinazioni di carico. Questi sono sempre riferiti al sistema assiale globale. Vi saranno delle differenze tra le sommatorie Σ *Forze* e Σ *Carichi* se il modello ha anche vincoli esterni dei nodi e aste/superfici con vincoli esterni elastici. In questo caso è necessario considerare per la somma totale anche la Σ *Forze* disponibile nelle tabelle 4.1, 4.7 e 4.20.

Diagrammi dei risultati

I diagrammi dei risultati dei vincoli esterni delle linee possono essere valutati specificamente in una nuova finestra. Fare clic con il pulsante destro sul(i) vincolo(i) esterno(i) della linea(e) (selezionata(i)), e quindi fare clic sull'opzione *Diagrammi dei risultati* nel menu contestuale (vedere la figura a sinistra nella Figura 8.13).

Per informazioni più dettagliate sulla finestra del *Diagramma dei risultati*, si veda paragrafo 9.5 a pagina 373.

Nella finestra di lavoro, sono disponibili ulteriori informazioni per il vincolo esterno di ogni linea:

- Σ Somma come forza risultante
- Φ Valore medio
- x Distanza del punto intermedio della linea dall'inizio della linea
- e Eccentricità della forza risultante relativa al punto centrale della linea
- M Momento dovuto all'eccentricità della forza risultante

Per visualizzare queste informazioni, selezionare i *Risultati* nel navigatore *Visualizza*, cliccare due volte *Reazioni vincolari*, e quindi spuntare la casella di controllo per le *Info*.

Importa forze di vincoli esterni come carico

Le componenti Z delle forze dei nodi e del vincolo esterno della linea di un altro modello di RFEM si possono applicare come carichi nel modello che è attualmente in elaborazione. In questo modo, ad esempio, si possono trasferire i carichi dagli impalcati per analizzare piastre 2D degli impalcati.

Le forze dei vincoli esterni saranno importate nel caso di carico attuale. Pertanto, potrebbe essere favorevole creare prima un caso di carico per nuovi carichi.

Per aprire la finestra di dialogo di importazione

selezionare **Importa reazioni vincolari come carico** nel menu **Strumenti**.

p-Z
 Σ : 445.08 kN
 Φ : 63.58 kN/m
 x: 3.500 m
 e: 0.284 m
 M: 126.350 kNm

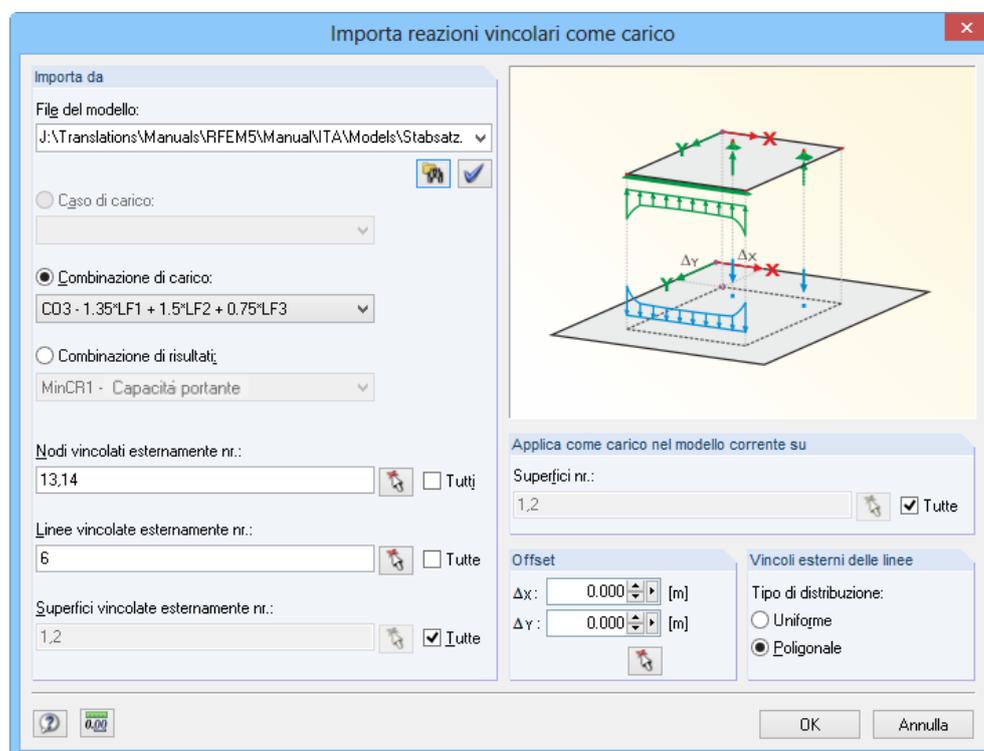


Figura 8.14: Finestra di dialogo *Importa reazioni vincolari come carico*



All'inizio, specificare il modello pertinente nella sezione di dialogo *Importare da*. Il pulsante a sinistra guida per la selezione del modello esatto. Quindi, RFEM importerà i casi di carico calcolati,

combinazioni di carico e combinazioni dei risultati per i quali sarà necessario effettuare la prossima decisione. Quando si imposta una combinazione di risultati (*CR*) è necessario, inoltre, specificare se si desiderano importare le forze vincolari massime o minime.



Se non si desidera importare *Tutte* le forze vincolari, si possono specificare i numeri dei nodi pertinenti, delle linee e delle superfici. È anche possibile selezionarli graficamente nel modello originale utilizzando la funzione [^].



Nella sezione di dialogo *Applica come carico nel modello attuale*, immettere i numeri di superfici per le quali si desidera creare i carichi. È anche possibile selezionarle graficamente.

Se le superfici originali e obiettivo giacciono l'una sull'altra, non sarà necessario eseguire una immissione nella sezione di dialogo *Offset*. In caso contrario, è possibile utilizzare i campi di immissione per definire gli offset globali ΔX e ΔY per l'importazione. Questi fanno riferimento agli assi globali.

Nella sezione di dialogo *Vincoli esterni delle linee*, è possibile scegliere se creare le forze vincolari come carichi della linea con una distribuzione del carico uniforme o poligonale.

Filtrazione delle forze del vincolo esterno delle combinazioni di risultati



Per le combinazioni di risultati è possibile modificare l'impostazione predefinita dei valori massimi illustrati nella tabella dei risultati. Per aprire la finestra di dialogo corrispondente,

selezionare **Vista** nel menu **Tabella**, e quindi fare clic su **Filtro dei risultati**, oppure si utilizzi il pulsante nella barra degli strumenti della tabella mostrato sulla sinistra.

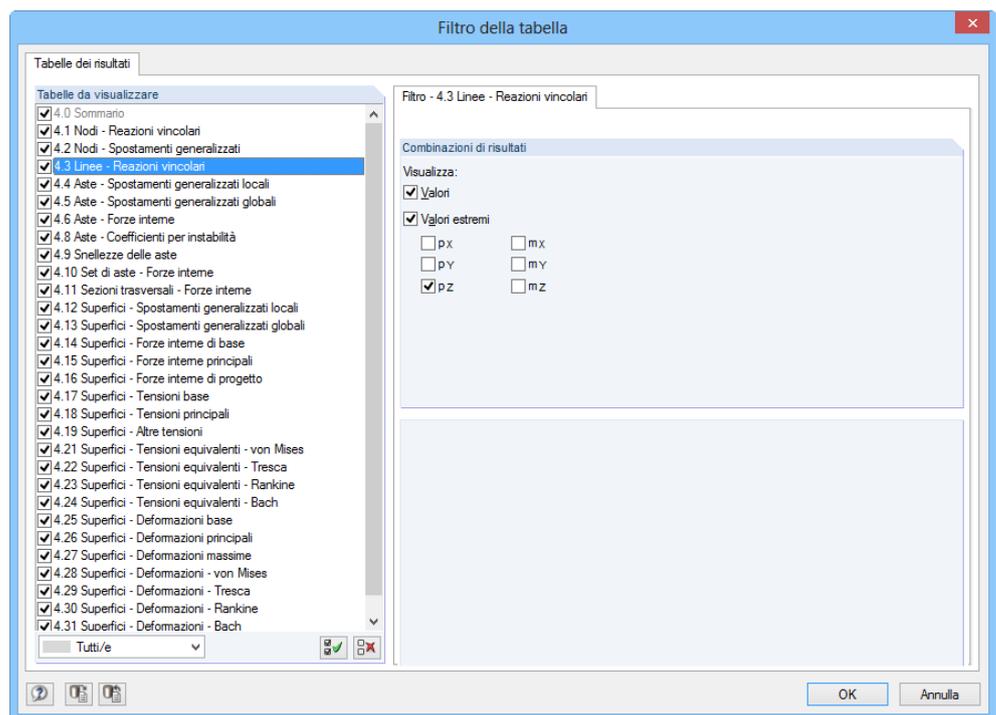


Figura 8.15: Finestra di dialogo *Filtro della tabella*

Le caselle di controllo nella finestra di dialogo *Filtro della tabella* controllano il tipo e la quantità dei dati numerici.

8.4 Aste - Spostamenti generalizzati

Per controllare la visualizzazione grafica dello spostamento dell'asta e le rotazioni delle aste, si spuntano la casella di controllo delle Aste nel navigatore Risultati. Quando si utilizzano sezioni trasversali asimmetriche, è possibile selezionare se i risultati fanno riferimento agli assi principali u e v (vedere il grafico a pagina 126) o negli assi dei punti standard y e z . La tabella 4.4 mostra gli spostamenti generalizzati locali delle aste in forma numerica.

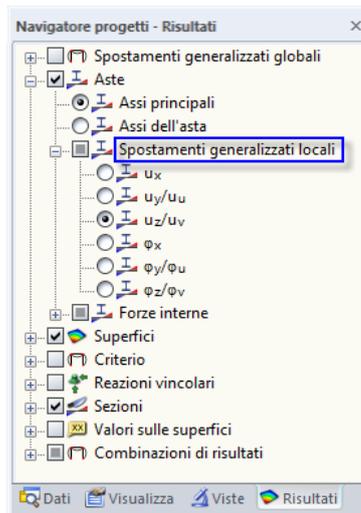


Figura 8.16: Navigatore Risultati: Aste → Spostamenti generalizzati locali

Asta nr.	Nodo nr.	Posizione x [m]	l [m]	Spostamenti [mm]			Rotazioni [mrad]			Sezione trasversale
				u_x	u_y	u_z	ϕ_x	ϕ_y	ϕ_z	
6	2	0.000	0.3	-0.1	0.0	-0.3	0.0	-0.6	-0.9	3 - HE A 300 ; DIN 1025-3:1994
	16	3.843	1.0	-0.2	0.9	-0.1	0.0	-0.3	0.8	
	Max u_x	0.000	0.3	-0.1	0.0	-0.3	0.0	-0.6	-0.9	
	Min u_x	3.843	1.0	-0.2	0.9	-0.1	0.0	-0.3	0.8	
	Max u_y	3.843	1.0	-0.2	0.9	-0.1	0.0	-0.3	0.8	
	Min u_y	0.961	0.5	-0.2	-0.5	0.0	0.0	-0.1	-0.2	
	Max u_z	0.961	0.5	-0.2	-0.5	0.0	0.0	-0.1	-0.2	
	Min u_z	0.000	0.3	-0.1	0.0	-0.3	0.0	-0.6	-0.9	
	Max ϕ_x	3.843	1.0	-0.2	0.9	-0.1	0.0	-0.3	0.8	
	Min ϕ_x	0.000	0.3	-0.1	0.0	-0.3	0.0	-0.6	-0.9	
	Max ϕ_y	2.402	0.3	-0.2	-0.1	-0.1	0.0	0.1	0.6	
	Min ϕ_y	0.000	0.3	-0.1	0.0	-0.3	0.0	-0.6	-0.9	
7	4	0.000	0.3	-0.1	0.0	-0.3	-0.1	0.4	0.6	3 - HE A 300 ; DIN 1025-3:1994
	19	3.000	0.7	-0.2	0.5	-0.3	0.1	0.2	-0.1	

Figura 8.17: Tabella 4.4 Aste - Spostamenti generalizzati locali

CC2 - Neve

Per visualizzare gli spostamenti generalizzati di un caso di carico particolare, selezionare il caso di carico dall'elenco nella barra degli strumenti principale o la barra degli strumenti della tabella.

Nodo nr.

I numeri del nodo iniziale e finale sono visualizzati per ogni asta nelle prime due righe delle tabelle in modo che sia possibile leggere i valori nodali. Nelle righe successive, è possibile visualizzare le informazioni relative allo spostamento generalizzato massimo o minimo mostrato nelle colonne della tabella da D a I.

Posizione x

La tabella elenca gli spostamenti generalizzati di ciascuna asta nei seguenti punti:

- Nodo iniziale e finale
- Punti di divisione secondo la divisione dell'asta definita (si veda paragrafo 4.16, pagina 144)
- Valori estremi (Max/Min) degli spostamenti e delle rotazioni



Per modificare l'impostazione predefinita delle posizioni x visualizzate, selezionare **Visualizza** nel menu **Tabella**, e quindi fare clic su **Filtro dei risultati**, oppure si utilizzi il pulsante nella barra degli strumenti della tabella mostrato sulla sinistra.

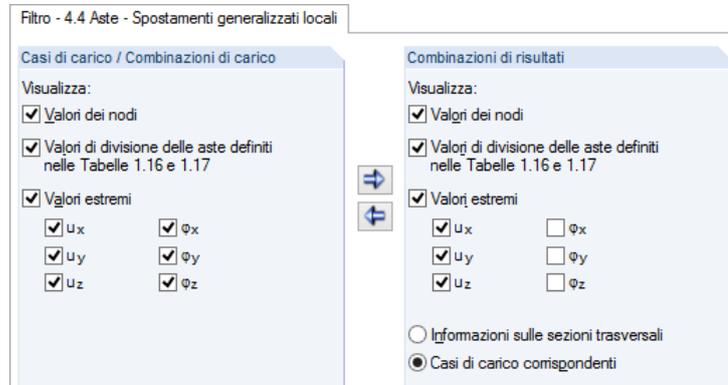


Figura 8.18: Finestra di dialogo *Filtro della tabella* (sezione di dialogo):



Menu contestuale dell'asta

Le caselle di controllo nella finestra di dialogo *Filtro della tabella* (si veda figura 8.15, pagina 302) gestiscono controllano il tipo e la quantità dei dati numerici.

Spostamenti / rotazioni

Gli spostamenti generalizzati dell'asta hanno i seguenti significati:

u	Spostamento totale assoluto (non per combinazioni dei risultati)
u_x	Spostamento dell'asta nella direzione del suo asse longitudinale
u_y / u_u	Spostamento dell'asta nella direzione dell'asse locale y o u (si veda pagina 126)
u_z / u_v	Spostamento dell'asta nella direzione dell'asse locale z o v
ϕ_x	Rotazione dell'asta intorno al suo asse longitudinale
ϕ_y / ϕ_u	Rotazione dell'asta intorno all'asse locale y o u
ϕ_z / ϕ_v	Rotazione dell'asta intorno all'asse locale z o v

Tabella 8.2: Spostamenti generalizzati delle aste

Per verificare la posizione dell'asse locale dell'asta, selezionare il *Modello* e le *Aste* nel navigatore *Visualizza* e attivare i *Sistemi assiali delle aste x,y,z* (si veda Figura 8.24, pagina 308). È inoltre possibile utilizzare il menu contestuale dell'asta mostrato a sinistra.

Inoltre, il sistema assiale dell'asta locale ha un impatto sui segni degli spostamenti generalizzati. Uno spostamento positivo segue la direzione dell'asse locale positivo, una rotazione positiva agisce in senso orario attorno all'asse positivo dell'asta.

Sezione Trasversale

L'ultima colonna della tabella informa sulle sezioni trasversali utilizzate nelle aste o sui casi di carico corrispondenti (per combinazioni di risultati).

Nella finestra di lavoro, gli spostamenti generalizzati delle aste possono essere rappresentati con una visualizzazione a due o a più colori, nonché nella modalità di rendering (si veda paragrafo 9.3, pagina 363).

Inoltre, gli spostamenti generalizzati delle aste si possono visualizzare come una animazione del processo di deformazione (si veda paragrafo 9.10, pagina 396).



8.5 Aste - Spostamenti generalizzati globali



Per controllare la visualizzazione grafica degli spostamenti e delle rotazioni delle aste relative agli assi globali X, Y e Z, si spunti la casella di controllo degli *Spostamenti generalizzati globali* nel navigatore *Risultati*. La tabella 4.5 riporta gli spostamenti generalizzati globali delle aste in forma numerica.

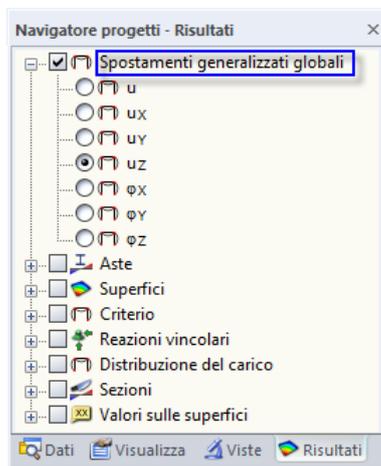


Figura 8.19: Navigatore *Risultati*: *Spostamenti generalizzati globali*

Asta nr.	Nodo nr.	Posizione x [m]	Sp. [mm]	Spostamenti [mm]			Rotazioni [mrad]			Sezione trasversale
			u	u _x	u _y	u _z	φ _x	φ _y	φ _z	
6		0.343	0.6	0.1	0.5	0.3	-0.9	-0.7	0.0	3- HE A 300 ; DIN 1025-3:1994
		0.343	0.6	0.1	0.5	0.3	-0.9	-0.7	0.0	
		3.000	3.9	0.0	3.9	0.3	2.7	0.1	0.3	
		3.000	3.9	0.0	3.9	0.3	2.7	0.1	0.3	
		3.843	6.3	0.2	6.3	0.4	2.9	-0.6	0.4	
	16	3.843	6.3	0.2	6.3	0.4	2.9	-0.6	0.4	
	Max u _x	0.961	0.6	0.4	0.4	0.3	0.3	-0.1	0.1	
	Min u _x	0.000	1.1	-0.2	1.0	0.3	-1.8	-1.2	0.0	
	Max u _y	3.843	6.3	0.2	6.3	0.4	2.9	-0.6	0.4	
	Min u _y	0.961	0.6	0.4	0.4	0.3	0.3	-0.1	0.1	
	Max u _z	3.843	6.3	0.2	6.3	0.4	2.9	-0.6	0.4	
	Min u _z	0.000	1.1	-0.2	1.0	0.3	-1.8	-1.2	0.0	
	Max φ _x	3.843	6.3	0.2	6.3	0.4	2.9	-0.6	0.4	
	Min φ _x	0.000	1.1	-0.2	1.0	0.3	-1.8	-1.2	0.0	
	Max φ _y	1.922	1.5	0.3	1.4	0.3	1.8	0.3	0.2	
	Min φ _y	0.000	1.1	-0.2	1.0	0.3	-1.8	-1.2	0.0	
	Max φ _z	3.843	6.3	0.2	6.3	0.4	2.9	-0.6	0.4	
	Min φ _z	0.000	1.1	-0.2	1.0	0.3	-1.8	-1.2	0.0	

Figura 8.20: Tabella 4.5 Aste - *Spostamenti generalizzati globali*

Le colonne della tabella *Nodo nr.* e *Posizione x* corrispondono alle colonne della tabella dei risultati precedenti 4.4 *Aste - Spostamenti generalizzati locali*.

Spostamenti / rotazioni

Gli spostamenti generalizzati dell'asta hanno i seguenti significati:

u	Spostamento totale assoluto (non per combinazioni dei risultati)
u _x	Spostamento dell'asta nella direzione dell'asse globale X
u _y	Spostamento dell'asta nella direzione dell'asse globale Y
u _z	Spostamento dell'asta nella direzione dell'asse globale Z
φ _x	Rotazione dell'asta intorno all'asse globale X
φ _y	Rotazione dell'asta intorno all'asse globale Y
φ _z	Rotazione dell'asta intorno all'asse globale Z

Tabella 8.3: Spostamenti generalizzati globali dell'asta

8.6 Aste - Forze interne

Per controllare la visualizzazione grafica delle forze interne delle aste, si spunti la casella di controllo delle Aste nel navigatore Risultati. La tabella 4.6 riporta le forze e i momenti in forma numerica.

Se la struttura è un modello 2D, RFEM visualizza solo le colonne della tabella delle forze interne che sono rilevanti per un sistema strutturale piano.

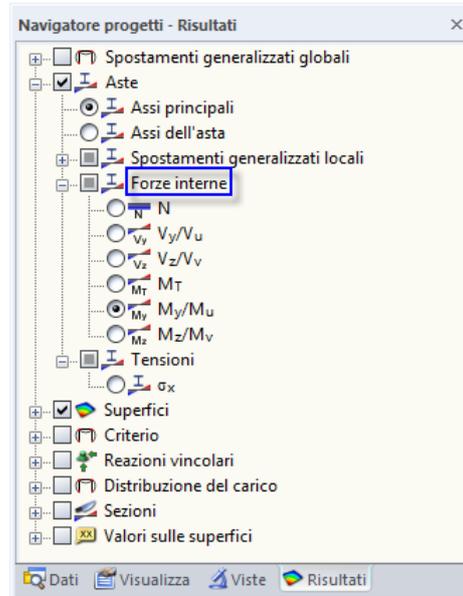
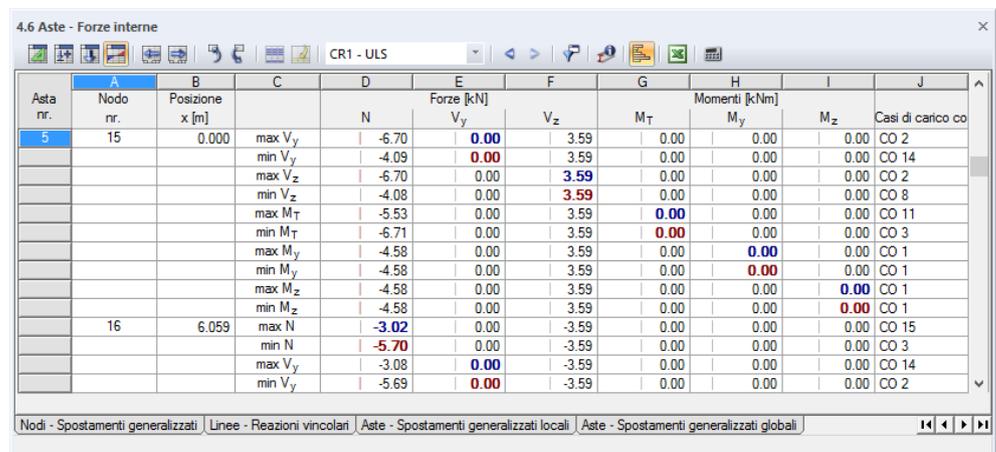


Figura 8.21: Navigatore Risultati : Aste → Forze interne



Asta nr.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Nodo nr.	Posizione x [m]		N	Forze [kN]	V _z	M _T	Momenti [kNm]	M _z	Casi di carico co
					V _y			M _y		
5	15	0.000	max V _y	-6.70	0.00	3.59	0.00	0.00	0.00	CO 2
			min V _y	-4.09	0.00	3.59	0.00	0.00	0.00	CO 14
			max V _z	-6.70	0.00	3.59	0.00	0.00	0.00	CO 2
			min V _z	-4.08	0.00	3.59	0.00	0.00	0.00	CO 8
			max M _T	-5.53	0.00	3.59	0.00	0.00	0.00	CO 11
			min M _T	-6.71	0.00	3.59	0.00	0.00	0.00	CO 3
			max M _y	-4.58	0.00	3.59	0.00	0.00	0.00	CO 1
			min M _y	-4.58	0.00	3.59	0.00	0.00	0.00	CO 1
			max M _z	-4.58	0.00	3.59	0.00	0.00	0.00	CO 1
			min M _z	-4.58	0.00	3.59	0.00	0.00	0.00	CO 1
	16	6.059	max N	-3.02	0.00	-3.59	0.00	0.00	0.00	CO 15
			min N	-5.70	0.00	-3.59	0.00	0.00	0.00	CO 3
			max V _y	-3.08	0.00	-3.59	0.00	0.00	0.00	CO 14
			min V _y	-5.69	0.00	-3.59	0.00	0.00	0.00	CO 2

Figura 8.22: Tabella 4.6 Aste - Forze interne

Per visualizzare le forze interne di un caso di carico particolare, selezionare il caso di carico dall'elenco nella barra degli strumenti principale o della barra degli strumenti della tabella.

Posizione x

La tabella elenca le forze interne di ciascuna asta nei seguenti punti:

- Nodo iniziale e finale
- Punti di divisione secondo la divisione dell'asta definita (si veda paragrafo 4.16, pagina 144)
- Valori estremi (Max/Min) delle forze interne N, V_z e M_y.

Per modificare l'impostazione predefinita delle posizioni x visibile nella tabella dei risultati, selezionare **Visualizza** nel menu **Tabella**, e quindi fare clic su **Filtro dei risultati**,



oppure si utilizzi il pulsante nella barra degli strumenti della tabella mostrato sulla sinistra.

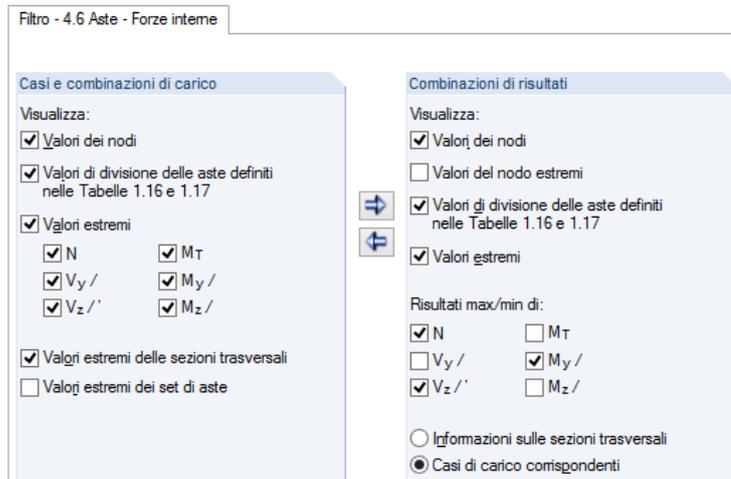


Figura 8.23: Finestra di dialogo *Filtro della tabella* (sezione di dialogo):

Le caselle di controllo nella finestra di dialogo *Filtro della tabella* controllano il tipo e la quantità dei dati numerici (si veda paragrafo 11.5.5, pagina 517).

I diagrammi grafici delle forze interne sono basati sui valori dei risultati nei nodi della mesh EF rispettivamente delle divisioni che sono state definite nella finestra di dialogo *Impostazioni* della finestra di dialogo *Parametri di calcolo* (si veda paragrafo 7.3.3, pagina 281).

Forze / Momenti

Le forze interne dell'asta hanno i seguenti significati:

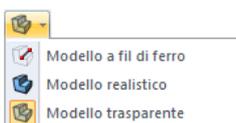
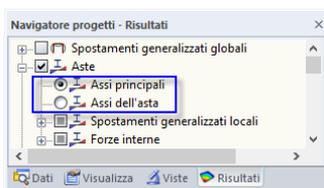
N	Forza assiale nell'asta
V_y / V_u	Forza di taglio nella direzione dell'asse locale dell'asta y o u (si veda pagina 126)
V_z / V_v	Forza di taglio in direzione dell'asse locale dell'asta z o v
M_T	Momento torsionale
M_y / M_u	Momento flettente intorno all'asse y o u
M_z / M_v	Momento flettente intorno all'asse z o v

Tabella 8.4: Forze interne delle aste

Gli assi locali dell'asta y e z o u e v sono gli assi principali della sezione trasversale. L'asse y o u rappresenta l'asse "forte", l'asse debole è rappresentato dall'asse z o v (si veda paragrafo 4.17, pagina 153). Quando si utilizzano sezioni trasversali asimmetriche, è possibile selezionare se le forze interne fanno riferimento agli assi principali u e v (si veda grafico a pagina 126) o agli assi di immissione standard y e z. Per impostare la visualizzazione dei risultati, utilizzare il navigatore *Risultati* come mostrato a sinistra. Questa impostazione di visualizzazione influisce sia sull'output grafico sia tabellare dei risultati.

Quando si effettua un'analisi non lineare, le forze interne possono anche essere relative ai sistemi di assi dell'asta deformata. Il riferimento delle forze interne è impostato nella sezione di dialogo *Opzioni* della finestra di dialogo *Parametri di calcolo* (si veda paragrafo 7.3.1, pagina 275).

Per controllare la posizione dell'asta, utilizzare il rendering 3D. È inoltre possibile utilizzare il navigatore *Visualizza* dove dopo aver selezionato *Modello* e *Aste*, spuntare la casella di controllo *Sistemi assiali delle aste x,y,z* (si veda figura sotto).





Menu contestuale dell'asta

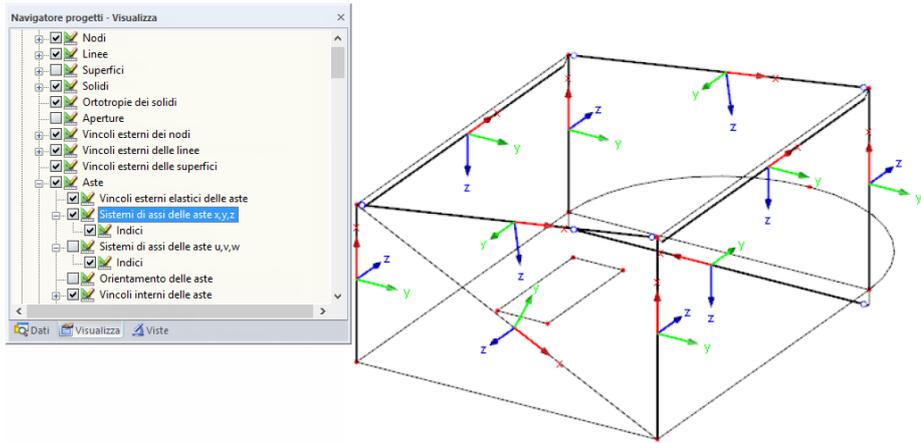


Figura 8.24: Selezione dei sistemi assiali locali dell'asta nel navigatore Visualizza

La visualizzazione degli assi dell'asta può essere attivata anche nel menu contestuale dell'asta visualizzata a sinistra.

Il sistema assiale locale dell'asta influisce sui segni delle forze interne.

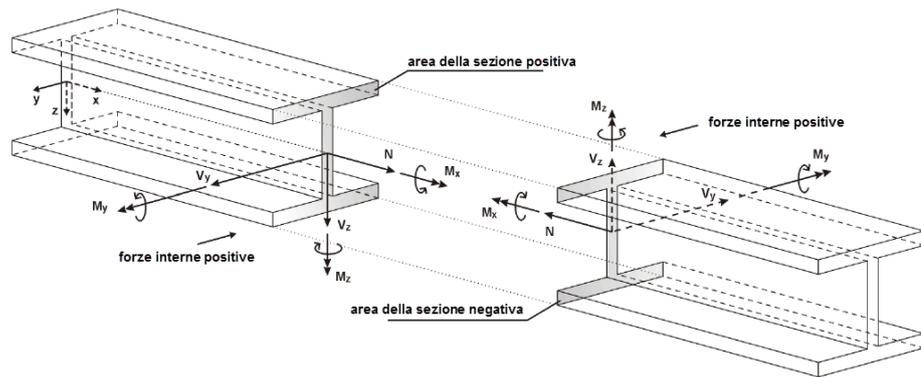


Figura 8.25: Definizione positiva delle forze interne

Il momento flettente M_y è positivo se le sollecitazioni di trazione accadono sul lato positivo dell'asta (nella direzione dell'asse z). M_z è positivo se le sollecitazioni di compressione accadono sul lato positivo dell'asta (nella direzione dell'asse y). La definizione del segno per i momenti torsionali, per le forze assiali e di taglio è conforme alle convenzioni usuali. Queste forze interne sono positive se agiscono nella direzione positiva.

Valori estremi

Se è stata attivata la visualizzazione della tabella dei valori estremi (si veda figura, pagina 307), RFEM mostra il massimo positivo (Max) e il minimo negativo (Min) delle forze interne di ciascuna asta. Nella tabella dei risultati, i valori estremi sono evidenziati in grassetto. I valori nelle altre colonne della rispettiva riga della tabella rappresentano le forze interne relative al valore estremo (si veda paragrafo 11.5.5, pagina 517).

Sezione trasversale / casi di carico corrispondenti

L'ultima colonna della tabella informa sulle sezioni trasversali utilizzate nelle aste.

Combinazioni di risultati

Quando si analizzano i risultati delle combinazioni di risultati, la colonna ha il titolo con *Casi di carico corrispondenti* (si veda figura 8.22). La tabella mostra i numeri dei casi o delle combinazioni di carico che sono state utilizzate per determinare le forze interne massime o minime della riga della

tabella corrispondente. I casi di carico classificati come *Permanenti* appaiono sempre in questa colonna della tabella. I casi di carico *Variabili* saranno visualizzati solo se le loro forze interne hanno un effetto sfavorevole sul risultato (si veda paragrafo 5.6, pagina 211).

Allo stesso tempo, la tabella è estesa a una nuova colonna che è la terza colonna C. Alla fine dell'elenco della forza interna di un'asta, sarà possibile leggere i valori massimi positivi (**Max**) e minimi negativi (**Min**).



È possibile ridurre la quantità di dati nelle tabelle delle combinazioni di risultati utilizzando le funzioni di filtro specifiche disponibili nella finestra di dialogo *Filtro della tabella* (si veda figura 8.23, pagina 307). Per aprire la finestra di dialogo,

selezionare **Visualizza** nel menu **Tabella**, e cliccare su **Filtro dei risultati**, oppure si utilizzi il pulsante nella barra degli strumenti della tabella mostrato sulla sinistra.

8.7 Aste - Forze di contatto

Quando nel modello sono presenti delle aste con vincoli esterni elastici (si veda paragrafo 4.19, pagina 161), le forze e i momenti di contatto sono visualizzati numericamente nella tabella 4.6. Per controllare la visualizzazione grafica dei risultati, spuntare la casella di controllo *Aste* nel navigatore *Risultati*.

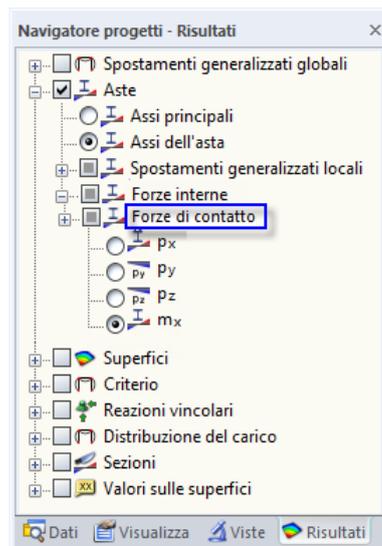


Figura 8.26: Navigatore *Risultati*: *Aste* → *Forze di contatto*

Asta nr.	Nodo nr.	Posizione x [m]	Forze di contatto [kN/m]			Momenti m_x [kNm/m]	Sezione trasversale
			p_x	p_y / p_u	p_z / p_v		
3	3	0.000	-0.016	2.160	17.411	0.098	2 - Rettangolo 250/400
	27	4.500	-0.015	1.689	13.682	0.099	
	Max p_x	4.500	-0.015	1.689	13.682	0.099	
	Min p_x	0.000	-0.016	2.160	17.411	0.098	
	Max p_y	0.000	-0.016	2.160	17.411	0.098	
	Min p_y	0.238	-0.016	1.677	13.664	0.099	
	Max p_z	0.000	-0.016	2.160	17.411	0.098	
	Min p_z	0.238	-0.016	1.677	13.664	0.099	
	Max m_x	3.000	-0.015	1.684	13.679	0.099	
	Min m_x	0.000	-0.016	2.160	17.411	0.098	
	Σ Forze		7.571	0.070	61.535		
	Σ Carichi		-768.00	0.00	651.89		

Figura 8.27: Tabella 4.7 *Aste - Forze di contatto*

Nodo nr.

Nelle prime due righe delle tabelle, i numeri dei nodi iniziale e finale sono visualizzati per ciascun vincolo esterno dell'asta. Le rimanenti righe informano sui tipi di valori estremi disponibili per le forze di contatto e momenti.



Per modificare le impostazioni predefinite per l'output di valori estremi,

selezionare **Visualizza** nel menu **Tabella**, e cliccare su **Filtro dei risultati**, oppure si utilizzi il pulsante nella barra degli strumenti della tabella mostrato sulla sinistra.

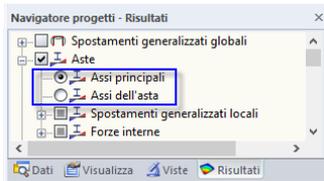
Posizione x

La tabella elenca le forze interne di contatto di ciascuna asta nei seguenti punti:

- Nodo iniziale e finale
- Punti di divisione secondo la divisione dell'asta definita (si veda paragrafo 4.16, pagina 144)
- Valori estremi (*Max/Min*) delle forze di contatto e di momenti

Forze di contatto $p_x / p_y / p_z$

Le forze di contatto che sono efficaci nella direzione degli assi locali dell'asta x , y e z sono mostrate in relazione a una lunghezza standard. Quando si utilizzano sezioni trasversali asimmetriche, è possibile selezionare se le forze interne fanno riferimento agli assi principali u e v (si veda grafico a pagina 126) o agli assi di immissione standard y e z . Per impostare la visualizzazione dei risultati, utilizzare il navigatore *Risultati*.



Per verificare la posizione degli assi locali, selezionare *Modello* e *Aste* nel navigatore *Visualizza* e attivare *Sistemi di assi x,y,z delle aste* (si veda figura 8.24). I segni sono conformi alle usuali definizioni spiegate nel paragrafo 8.6 a pagina 308 che descrivono le forze interne degli elementi.

Quando si desidera determinare le pressioni di contatto del suolo in base ai valori della tabella, sarà inoltre necessario dividere i risultati per le larghezze delle rispettive sezioni trasversali.

Momenti m_x

Anche i momenti di contatto intorno all'asse x dell'asta longitudinale fanno riferimento alla lunghezza standard. I momenti m_x sono influenzati dalla costante rotazionale della molla C_ϕ .

Sezione trasversale / Casi di carico corrispondenti

L'ultima colonna della tabella informa sulle sezioni trasversali utilizzate nelle aste. Quando si imposta una combinazione di risultati, si vedranno i casi e le combinazioni di carico che sono stati utilizzati per determinare le forze di contatto massime o minime nella riga della tabella corrispondente.

Sommatorie di controllo

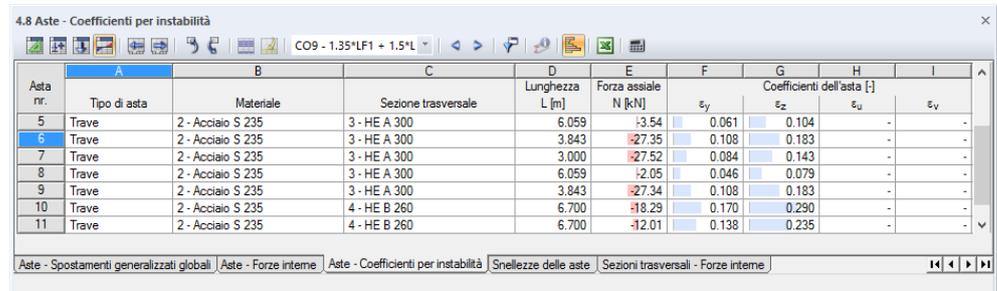
Alla fine della tabella, RFEM visualizza le sommatorie di controllo dei carichi e delle forze di contatto per i casi e le combinazioni di carico. Vi sono delle differenze tra le sommatorie Σ *Forze* e Σ *Carichi* se il modello ha vincoli esterni dei nodi e delle linee o superfici con vincoli esterni elastici. Pertanto, è necessario considerare nel sommario totale anche la Σ *Forze* disponibile nelle tabelle 4.1, 4.3 e 4.20.

8.8 Aste - Coefficienti delle aste per instabilità

Quando si calcolano modelli di aste sottoposti a compressione secondo l'analisi del secondo ordine, il coefficiente dell'asta ϵ è importante (si veda paragrafo 7.3.1, pagina 273). Ogni asta ha un proprio coefficiente che è determinato dalla forza di compressione, dalla lunghezza dell'asta e dalla rigidità dell'asta.

Le aste con i coefficienti superiori a 1 devono essere analizzate, se è il caso, secondo un'analisi del secondo ordine. Anche le norme di alcuni paesi come gli USA hanno normative o regole dove i coefficienti dell'asta devono essere limitati.

La tabella 4.8 mostra i coefficienti dell'asta che sono dominanti per l'instabilità. Non vi è nessuna opzione di output grafico.



Asta nr.	Tipo di asta	Materiale	Sezione trasversale	Lunghezza L [m]	Forza assiale N [kN]	Coefficienti dell'asta [-]			
						ϵ_y	ϵ_z	ϵ_u	ϵ_v
5	Trave	2 - Acciaio S 235	3 - HE A 300	6.059	-3.54	0.061	0.104	-	-
6	Trave	2 - Acciaio S 235	3 - HE A 300	3.843	-27.35	0.108	0.183	-	-
7	Trave	2 - Acciaio S 235	3 - HE A 300	3.000	-27.52	0.084	0.143	-	-
8	Trave	2 - Acciaio S 235	3 - HE A 300	6.059	-2.05	0.046	0.079	-	-
9	Trave	2 - Acciaio S 235	3 - HE A 300	3.843	-27.34	0.108	0.183	-	-
10	Trave	2 - Acciaio S 235	4 - HE B 260	6.700	-18.29	0.170	0.290	-	-
11	Trave	2 - Acciaio S 235	4 - HE B 260	6.700	-12.01	0.138	0.235	-	-

Figura 8.28: Tabella 4.8 Aste – Coefficienti per instabilità

I coefficienti delle aste elencate sono ordinate in base ai numeri delle aste.

Tipo di asta

I tipi di asta sono indicati per informazioni (si veda paragrafo 4.17, pagina 147). RFEM determina i coefficienti solo per le aste che sono in grado di assorbire le forze di compressione.

Materiale

Le caratteristiche del materiale influiscono sulla rigidità dell'asta.

Sezione trasversale

I momenti d'inerzia delle sezioni trasversali dell'area sono necessari per determinare le rigidità dell'asta.

Lunghezza L

La colonna D della tabella mostra le lunghezze delle aste.

Forza assiale N

Questa colonna elenca le forze assiali utilizzate per la determinazione del coefficiente dell'asta. Le forze assiali sono disponibili nel centro dell'asta ($x = L/2$).

I coefficienti delle aste si determinano solo per le aste che hanno forze di compressione in almeno una parte dell'asta (travatura reticolare) o lungo tutta l'asta (asta compressa, asta instabile ecc.).

Coefficienti dell'asta ϵ_y / ϵ_z

Il coefficiente dell'asta dipende dalla lunghezza L dell'asta, la forza di compressione N e la rigidità E · I.

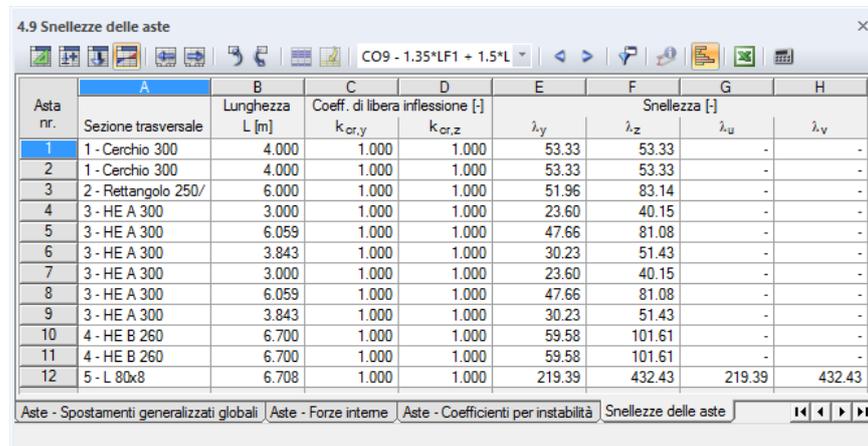
$$\epsilon = L \cdot \sqrt{\frac{|N|}{E \cdot I}}$$

Equazione 8.1: Coefficiente dell'asta ϵ

Le colonne F e G della tabella mostrano i coefficienti facenti riferimento al sistema assiale locale dell'asta y e z. Quando si utilizzano sezioni trasversali asimmetriche come gli angolari, appariranno altre due colonne dove i coefficienti dell'asta sono mostrati anche in relazione agli assi principali u e v.

8.9 Snellezze delle aste

La tabella 4.9 mostra le snellezze delle aste. Queste sono importanti per la valutazione del comportamento instabile di aste sottoposte a compressione. Non vi è nessuna opzione di output grafico.



Asta nr.	A Sezione trasversale	B Lunghezza L [m]	C Coeff. di libera inflessione [-]		D Snellezza [-]			
			$k_{cr,y}$	$k_{cr,z}$	λ_y	λ_z	λ_u	λ_v
1	1 - Cerchio 300	4.000	1.000	1.000	53.33	53.33	-	-
2	1 - Cerchio 300	4.000	1.000	1.000	53.33	53.33	-	-
3	2 - Rettangolo 250/	6.000	1.000	1.000	51.96	83.14	-	-
4	3 - HE A 300	3.000	1.000	1.000	23.60	40.15	-	-
5	3 - HE A 300	6.059	1.000	1.000	47.66	81.08	-	-
6	3 - HE A 300	3.843	1.000	1.000	30.23	51.43	-	-
7	3 - HE A 300	3.000	1.000	1.000	23.60	40.15	-	-
8	3 - HE A 300	6.059	1.000	1.000	47.66	81.08	-	-
9	3 - HE A 300	3.843	1.000	1.000	30.23	51.43	-	-
10	4 - HE B 260	6.700	1.000	1.000	59.58	101.61	-	-
11	4 - HE B 260	6.700	1.000	1.000	59.58	101.61	-	-
12	5 - L 80x8	6.708	1.000	1.000	219.39	432.43	219.39	432.43

Figura 8.29: Tabella 4.9 *Snellezze delle aste*

Le snellezze delle aste elencate sono ordinate in base ai numeri delle aste.

Sezione trasversale

I raggi di inerzia delle sezioni trasversali sono necessari per determinare le snellezze.

Lunghezza L

Le lunghezze delle aste sono indicate nella colonna B della tabella.

Coefficienti di libera inflessione $k_{cr,y}$ / $k_{cr,z}$

I coefficienti di libera inflessione descrivono il rapporto tra la lunghezza libera d'inflessione e la lunghezza dell'asta.

$$k_{cr} = \frac{s_K}{L}$$

Equazione 8.2: Coefficiente di libera inflessione k_{cr}

La lunghezza libera d'inflessione s_K si riferisce al comportamento instabile perpendicolare dell'asse y "forte", rispettivamente dell'asse z "debole" dell'asta. Se non è stata definita nessuna lunghezza libera d'inflessione manualmente (si veda paragrafo 4.17, pagina 157), si assumerà il modo 2 di instabilità di EULERO: la lunghezza libera d'inflessione è uguale alla lunghezza dell'asta. Analisi più accurate possono essere effettuate con il modulo aggiuntivo RF-STABILITY o con i moduli di progettazione Dlubal come RF-STEEL EC3.

Snellezza λ_y / λ_z

La snellezza rappresenta un puro valore geometrico. Si determina dal coefficiente di libera inflessione k_{cr} , dalla lunghezza dell'asta L e dal raggio di inerzia i.

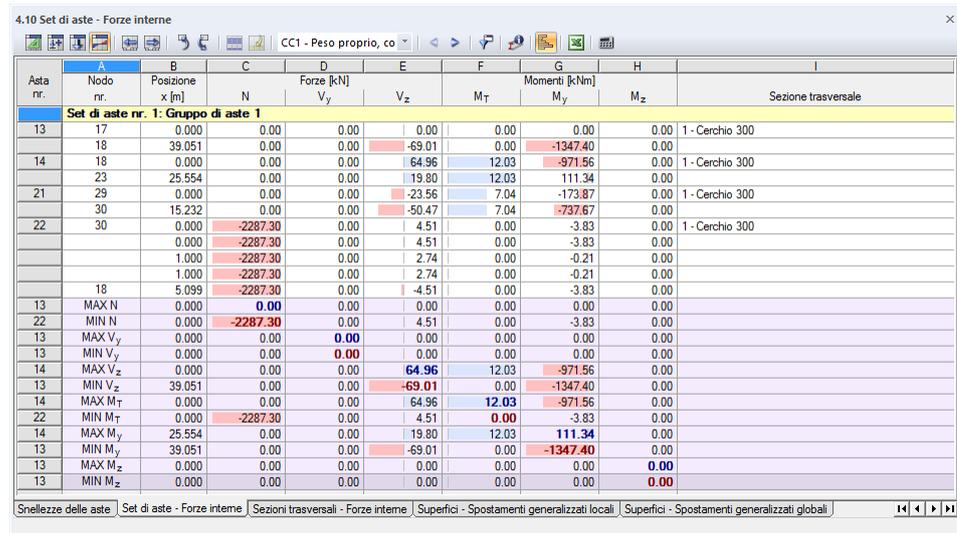
$$\lambda = \frac{k_{cr} \cdot L}{i}$$

Equazione 8.3: Snellezza λ

Le colonne E e F della tabella mostrano le snellezze facenti riferimento al sistema assiale locale y e z dell'asta. Quando si utilizzano sezioni trasversali asimmetriche come gli angolari, appariranno altre due colonne dove le snellezze sono mostrate anche in relazione agli assi principali u e v.

8.10 Set di aste - Forze interne

La tabella 4.10 mostra le forze interne ordinate per set di aste (si veda paragrafo 4.21, pagina 167).



Asta nr.	Nodo nr.	Posizione x [m]	N	Forze [kN] Vy	Vz	M _T	Momenti [kNm] My	Mz	Sezione trasversale
Set di aste nr. 1: Gruppo di aste 1									
13	17	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1 - Cerchio 300
	18	39.051	0.00	0.00	-69.01	0.00	-1347.40	0.00	
14	18	0.000	0.00	64.96	12.03	0.00	-971.56	0.00	1 - Cerchio 300
	23	25.554	0.00	0.00	19.80	12.03	111.34	0.00	
21	29	0.000	0.00	0.00	-23.56	7.04	-173.87	0.00	1 - Cerchio 300
	30	15.232	0.00	0.00	-50.47	7.04	-737.67	0.00	
22	30	0.000	-2287.30	0.00	4.51	0.00	-3.83	0.00	1 - Cerchio 300
		0.000	-2287.30	0.00	4.51	0.00	-3.83	0.00	
		1.000	-2287.30	0.00	2.74	0.00	-0.21	0.00	
		1.000	-2287.30	0.00	2.74	0.00	-0.21	0.00	
	18	5.099	-2287.30	0.00	-4.51	0.00	-3.83	0.00	
13	MAX N	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
22	MIN N	0.000	-2287.30	0.00	4.51	0.00	-3.83	0.00	
13	MAX Vy	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
13	MIN Vy	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
14	MAX Vz	0.000	0.00	0.00	64.96	12.03	-971.56	0.00	
13	MIN Vz	39.051	0.00	0.00	-69.01	0.00	-1347.40	0.00	
14	MAX M _T	0.000	0.00	0.00	64.96	12.03	-971.56	0.00	
22	MIN M _T	0.000	-2287.30	0.00	4.51	0.00	-3.83	0.00	
14	MAX M _y	25.554	0.00	0.00	19.80	12.03	111.34	0.00	
13	MIN M _y	39.051	0.00	0.00	-69.01	0.00	-1347.40	0.00	
13	MAX M _z	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
13	MIN M _z	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Figura 8.30: Tabella 4.10 Set di aste - Forze interne

La struttura della tabella è simile a quella della tabella 4.6 Aste - Forze interne descritta nel paragrafo 8.6. In questo caso, i risultati sono ordinati per aste continue o gruppo di aste. Le descrizioni dei set di aste restano fisse nella riga in alto della tabella in modo che sia più semplice l'ispezione dei dati dei risultati.

La tabella include i risultati asta per asta di tutte le aste contenute nel set di aste. L'elenco dei risultati di un set di aste termina con le righe della tabella evidenziata a colori: esse mostrano gli estremi totali **MAX** e **MIN** di ogni tipo di forza interna nel set di aste. I valori estremi sono evidenziati in grassetto. I valori nelle altre colonne della tabella della riga corrispondente rappresentano le forze interne relative al valore estremo.



È possibile ridurre la quantità di dati nella tabella delle aste utilizzando le funzioni di filtro specifiche disponibili nella finestra di dialogo *Filtro della tabella* (si veda 11.5.5, pagina 517). Per aprire la finestra di dialogo,

selezionare **Visualizza** nel menu **Tabella**, e cliccare su **Filtro dei risultati**, oppure si utilizzi il pulsante nella barra degli strumenti della tabella mostrato sulla sinistra.

8.11 Sezioni trasversali - Forze interne

La tabella 4.11 mostra le forze interne ordinate per sezioni trasversali.

4.11 Sezioni trasversali - Forze interne									
CC1 - Peso proprio									
Asta nr.	A	B	C	D		F	G		H
	Nodo nr.	Posizione x [m]	N	Forze [kN]		M _T	Momenti [kNm]		M _Z
				V _y	V _Z		M _y		
Sezione trasversale nr. 1: IPE 360									
1	1	0.000	-11.46	2.43	0.51	0.25	-0.22	-1.48	
	2	4.500	3.28	11.09	0.50	0.10	0.11	0.33	
2	2	0.000	0.56	3.58	0.63	-0.10	-0.04	0.02	
	4	1.335	1.28	2.50	0.47	-0.06	0.05	0.03	
5	5	0.000	0.27	0.00	-0.58	0.00	-0.09	0.00	
	6	6.143	-0.50	0.00	-11.91	0.00	-4.16	0.00	
6	6	0.000	-0.21	0.00	12.00	0.00	-15.47	0.00	
	7	6.143	-1.80	0.00	-6.18	0.00	2.40	0.00	
8	11	0.000	-24.10	0.00	1.25	0.00	0.00	0.00	
	9	4.500	-13.04	0.00	1.25	0.00	5.63	0.00	
9	9	0.000	-12.79	0.00	1.25	0.00	5.56	0.00	
	8	1.335	-9.50	0.00	1.25	0.00	7.23	0.00	
1	MAX N	4.500	3.28	11.09	0.50	0.10	0.11	0.33	
8	MIN N	0.000	-24.10	0.00	1.25	0.00	0.00	0.00	
1	MAX V _y	3.000	-0.76	11.18	0.51	0.12	-0.02	-0.06	
5	MIN V _y	0.000	0.27	0.00	-0.58	0.00	-0.09	0.00	
6	MAX V _Z	0.000	-0.21	0.00	12.00	0.00	-15.47	0.00	
5	MIN V _Z	6.143	-0.50	0.00	-11.91	0.00	-4.16	0.00	
1	MAX M _T	0.000	-11.46	2.43	0.51	0.25	-0.22	-1.48	
2	MIN M _T	0.000	0.56	3.58	0.63	-0.10	-0.04	0.02	
6	MAX M _y	4.300	-1.32	0.00	-0.73	0.00	8.77	0.00	
6	MIN M _y	0.000	-0.21	0.00	12.00	0.00	-15.47	0.00	
1	MAX M _Z	4.500	3.28	11.09	0.50	0.10	0.11	0.33	
1	MIN M _Z	0.000	-11.46	2.43	0.51	0.25	-0.22	-1.48	
Sezione trasversale nr. 3: HE A 220									
3	2	0.000	1.00	-2.39	0.02	0.03	0.00	0.05	
	3	0.500	1.17	-2.04	0.01	0.00	0.00	-0.08	
10	9	0.000	0.00	0.00	0.25	0.00	-0.06	0.00	

Figura 8.31: Tabella 4.11 Sezioni trasversali - Forze interne

La struttura della tabella è simile a quella della tabella 4.6 Aste - Forze interne descritte nel paragrafo 8.6. In questo caso, i risultati sono ordinati per sezione trasversale. Le descrizioni delle sezioni trasversali restano fisse nella riga in alto della tabella in modo che sia più semplice l'ispezione dei dati dei risultati durante lo scorrimento.

La tabella include i risultati asta per asta di tutte le aste che utilizzano la sezione trasversale pertinente. L'elenco dei risultati di una sezione trasversale termina con le righe della tabella evidenziata a colori: saranno mostrati gli estremi totali **MAX** e **MIN** di ogni tipo di forza interna nella sezione trasversale. I valori estremi sono evidenziati in grassetto. I valori nelle altre colonne della tabella della riga corrispondente rappresentano le forze interne relative al valore estremo.



È possibile ridurre la quantità di dati nella tabella delle utilizzando le funzioni di filtro specifiche disponibili nella finestra di dialogo *Filtro della tabella* (si veda 11.5.5, pagina 517).

8.12 Superfici - Spostamenti generalizzati locali



Per controllare la visualizzazione grafica degli spostamenti generalizzati delle superfici, spuntare la casella di controllo *Superfici* nel navigatore *Risultati*. La tabella 4.12 mostra gli spostamenti generalizzati locali delle superfici in forma numerica.

Per strutture 2D RFEM mostra solo le colonne rilevanti della tabella di spostamenti generalizzati.

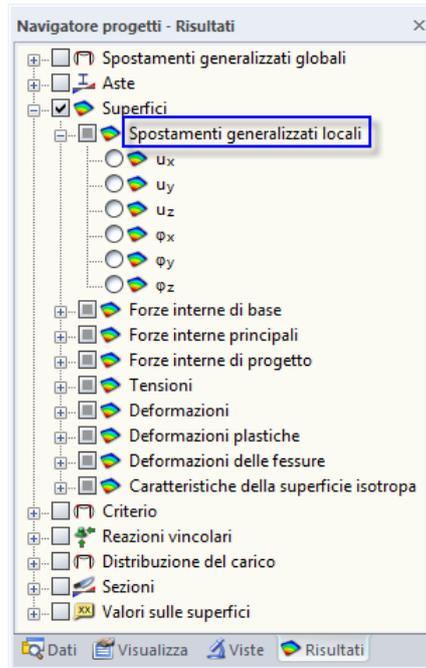


Figura 8.32: Navigatore *Risultati* : *Superfici* → *Spostamenti generalizzati locali*

Superf. nr.	Punto griglia	Coordinate dei punti della griglia [m]			u	Spostamenti [mm]			Rotazioni [mrad]		
		X	Y	Z		u _x	u _y	u _z	φ _x	φ _y	φ _z
2	1	7.212	5.992	0.000	0.5	0.3	-0.4	-0.1	-0.9	0.6	
	2	7.212	5.992	0.500	0.4	0.2	-0.3	0.1	-0.1	0.1	
	3	7.212	5.992	1.000	0.4	0.2	-0.3	-0.1	0.0	0.5	
	4	7.212	5.992	1.500	0.5	0.2	-0.3	-0.4	0.2	0.5	
	5	7.212	5.992	2.000	0.7	0.1	-0.3	-0.6	0.3	0.3	
	6	7.212	5.992	2.500	0.7	0.1	-0.3	-0.6	0.4	0.0	
	7	7.212	5.992	3.000	0.6	0.1	-0.2	-0.6	0.4	-0.3	
	8	7.212	5.992	3.500	0.4	0.1	-0.1	-0.4	0.2	-0.6	
	9	7.212	5.992	4.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.8	
	10	7.706	5.916	0.000	0.5	0.1	-0.4	-0.2	-0.0	-0.5	
	11	7.706	5.916	0.500	0.4	0.1	-0.3	-0.1	-0.1	0.0	
	12	7.706	5.916	1.000	0.4	0.1	-0.3	-0.1	0.0	0.3	
	13	7.706	5.916	1.500	0.4	0.1	-0.3	-0.3	0.2	0.3	
	14	7.706	5.916	2.000	0.5	0.1	-0.2	-0.4	0.3	0.2	
	15	7.706	5.916	2.500	0.5	0.1	-0.2	-0.5	0.4	-0.0	
	16	7.706	5.916	3.000	0.5	0.1	-0.1	-0.4	0.3	-0.2	
	17	7.706	5.916	3.500	0.3	0.0	-0.1	-0.3	0.2	-0.5	
	18	7.706	5.916	4.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.6	
	19	8.180	5.758	0.000	0.4	0.1	-0.4	-0.2	0.0	-0.3	
	20	8.180	5.758	0.500	0.4	0.1	-0.3	-0.1	-0.0	-0.0	
	21	8.180	5.758	1.000	0.3	0.1	-0.3	-0.2	0.0	0.2	
	22	8.180	5.758	1.500	0.4	0.1	-0.2	-0.3	0.2	0.2	

Figura 8.33: Tabella 4.12 *Superfici* - *Spostamenti generalizzati locali*

La tabella mostra gli spostamenti e le rotazioni ordinati per superficie. I risultati sono elencati in riferimento ai punti della griglia di ciascuna superficie.

Punto della griglia

I numeri dei punti della griglia sono elencati per superficie. Essi rappresentano le caratteristiche di qualsiasi superficie. Il numero e la disposizione dei punti della griglia può essere regolato nella scheda *Griglia* della finestra di dialogo *Modifica superficie*.

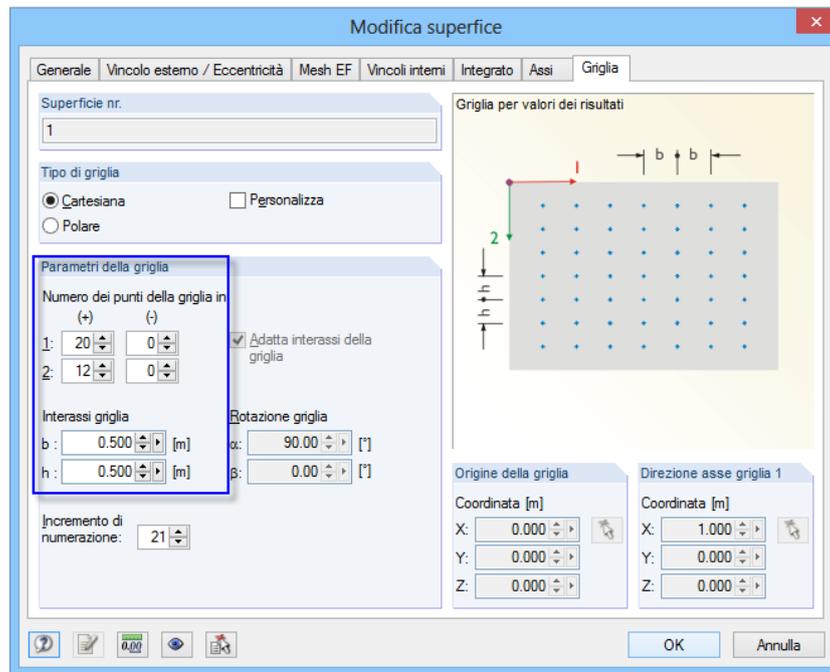


Figura 8.34: Finestra di dialogo *Modifica superficie*, scheda *Griglia*

Nella scheda di dialogo *Griglia*, è possibile definire il *Tipo di griglia*, i *Parametri della griglia* e, se necessario, l'*Origine della griglia* nonché la *Direzione dell'asse 1 della griglia*. L'impostazione predefinita è una superficie cartesiana della griglia con le *Distanze della griglia* uniformi di 0,5 cm per i punti della griglia in entrambe le direzioni.



La griglia permette l'output dei risultati in punti equidistanti, modificabili che non dipendono dalla mesh EF. Per piccole superfici la dimensione standard della mesh di partenza di 0,5 m può produrre soltanto alcuni punti della griglia (o anche un solo punto di risultato della griglia nell'origine della griglia). Quindi, il *numero* e le *distanze* dei punti della griglia si devono modificare secondo la dimensione della superficie al fine di generare più punti della griglia.

Quando si modifica la griglia della superficie, non è necessario un nuovo calcolo dei risultati perché i valori della griglia saranno interpolati dai valori dei risultati di nodi EF.

L'output dei risultati in tabella si basa sulla griglia dei risultati della superficie. Nell'area di lavoro, sia i valori dei nodi EF che dei punti della griglia possono essere visualizzati. Per impostare la visualizzazione, utilizzare il navigatore *Risultati*:

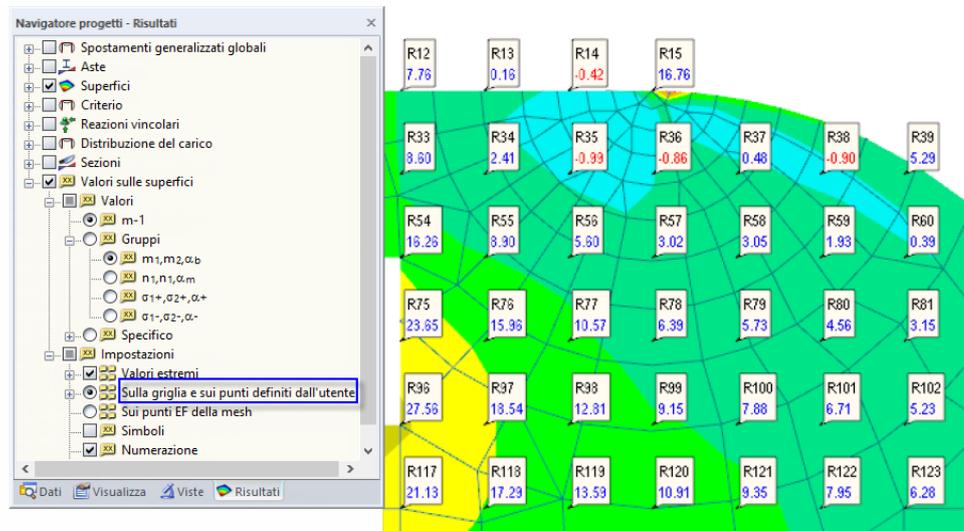


Figura 8.35: Navigatore Risultati : Valori sulle superfici → Impostazioni → Sulla griglia e sui punti definiti dall'utente

RFEM numera i punti della griglia automaticamente. Per visualizzare i numeri dei punti della griglia nei grafici dei risultati, selezionare la casella di controllo *Numerazione* nel navigatore *Risultati* come mostrato nella figura precedente.

Coordinate del punto della griglia

Le colonne della tabella da B a D mostrano le coordinate dei punti della griglia nel sistema globale di coordinate XYZ. Quando si clicca sulla riga della tabella, il punto corrispondente della griglia è indicato nell'area di lavoro da una freccia.

Spostamenti / Rotazioni

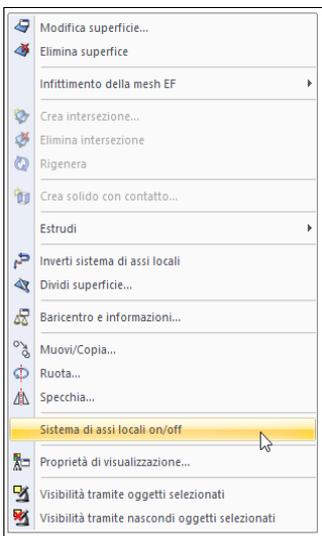
Gli spostamenti generalizzati hanno i seguenti significati:

$ u $	Spostamento totale assoluto (non per combinazioni dei risultati)
u_x	Spostamento della superficie nella direzione dell'asse locale x
u_y	Spostamento della superficie nella direzione dell'asse locale y
u_z	Spostamento della superficie nella direzione dell'asse locale z
φ_x	Rotazione della superficie intorno all'asse locale x
φ_y	Rotazione della superficie intorno all'asse locale y
φ_z	Rotazione della superficie intorno all'asse locale z

Tabella 8.5: Spostamenti generalizzati della superficie locale

Per verificare la posizione degli assi locali della superficie, selezionare *Modello* e *Superfici* nel navigatore *Visualizza* e attivare i *Sistemi di assi x,y,z della superficie*. È inoltre possibile utilizzare il menu contestuale della superficie mostrato a sinistra.

Quando si analizzano superfici curve, queste si riferiscono agli assi degli elementi finiti (si veda figura, pagina 320).



Menu contestuale della superficie

8.13 Superfici - Spostamenti generalizzati globali



Per controllare la visualizzazione grafica degli spostamenti e delle rotazioni delle superfici relative agli assi globali X, Y e Z, si spunti la casella di controllo *Spostamenti generalizzati globali* nel navigatore *Risultati*. La tabella 4.13 riporta gli spostamenti generalizzati globali delle superfici in forma numerica.

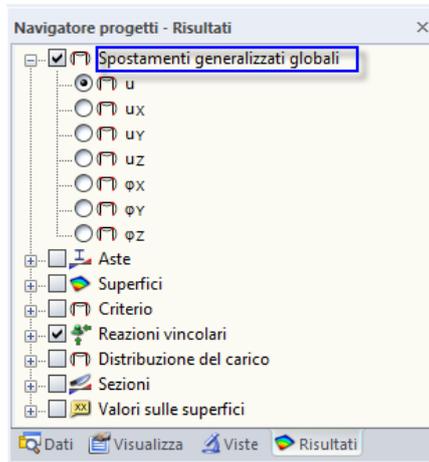


Figura 8.36: Navigatore *Risultati*: *Spostamenti generalizzati globali*

Superf. nr.	Punto griglia	Coordinate dei punti della griglia [m]			u	Spostamenti [mm]			Rotazioni [mrad]		
		X	Y	Z		u _x	u _y	u _z	φ _x	φ _y	φ _z
2	1	7.212	5.992	0.000	0.5	-0.4	-0.1	0.3	-0.9	0.7	-0.0
2	2	7.212	5.992	0.500	0.4	-0.3	0.1	0.2	0.1	0.2	-0.1
3	3	7.212	5.992	1.000	0.4	-0.3	-0.1	0.2	0.5	0.0	0.0
4	4	7.212	5.992	1.500	0.5	-0.3	-0.3	0.2	0.5	-0.0	0.2
5	5	7.212	5.992	2.000	0.7	-0.3	-0.5	0.1	0.3	0.0	0.3
6	6	7.212	5.992	2.500	0.7	-0.3	-0.6	0.1	0.0	0.1	0.4
7	7	7.212	5.992	3.000	0.6	-0.3	-0.6	0.1	-0.3	0.2	0.4
8	8	7.212	5.992	3.500	0.4	-0.1	-0.3	0.1	-0.6	0.2	0.2
9	9	7.212	5.992	4.000	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.8	-0.0	0.0
10	10	7.706	5.916	0.000	0.5	-0.4	-0.1	0.1	-0.4	0.3	-0.0
11	11	7.706	5.916	0.500	0.4	-0.3	0.0	0.1	0.1	0.2	-0.1
12	12	7.706	5.916	1.000	0.4	-0.3	-0.1	0.1	0.3	0.1	0.0
13	13	7.706	5.916	1.500	0.4	-0.3	-0.2	0.1	0.3	0.0	0.2
14	14	7.706	5.916	2.000	0.5	-0.3	-0.4	0.1	0.2	0.0	0.3
15	15	7.706	5.916	2.500	0.5	-0.3	-0.4	0.1	0.0	0.1	0.4
16	16	7.706	5.916	3.000	0.5	-0.2	-0.4	0.1	-0.2	0.2	0.3
17	17	7.706	5.916	3.500	0.3	-0.1	-0.2	0.0	-0.4	0.2	0.2
18	18	7.706	5.916	4.000	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.5	0.2	0.0
19	19	8.180	5.758	0.000	0.4	-0.4	-0.1	0.1	-0.3	0.2	0.0
20	20	8.180	5.758	0.500	0.4	-0.3	-0.0	0.1	0.0	0.1	-0.0
21	21	8.180	5.758	1.000	0.3	-0.3	-0.1	0.1	0.2	0.1	0.0
22	22	8.180	5.758	1.500	0.4	-0.3	-0.2	0.1	0.2	0.0	0.2

Figura 8.37: Tabella 4.13 *Superfici - Spostamenti generalizzati globali*

Le colonne della tabella *Punto della griglia* e *Coordinate del punto della griglia* corrispondono alle colonne della tabella dei risultati precedenti 4.12 *Superfici - Spostamenti generalizzati locali*.

Spostamenti / Rotazioni

Gli spostamenti generalizzati della superficie hanno i seguenti significati:

u	Spostamento totale assoluto (non per combinazioni dei risultati)
u _x	Spostamento della superficie nella direzione dell'asse globale X
u _y	Spostamento della superficie nella direzione dell'asse globale Y

U_z	Spostamento della superficie nella direzione dell'asse globale Z
φ_x	Rotazione della superficie intorno all'asse globale X
φ_y	Rotazione della superficie intorno all'asse globale Y
φ_z	Rotazione della superficie intorno all'asse globale Z

Tabella 8.6: Spostamenti generalizzati della superficie globale

8.14 Superfici - Forze interne di base

Per controllare la visualizzazione grafica delle forze interne di base, si spunti la casella di controllo *Superfici* nel navigatore *Risultati*, e dopo si selezioni *Forze interne di base*. La tabella 4.14 mostra le forze interne di base delle superfici in forma numerica.

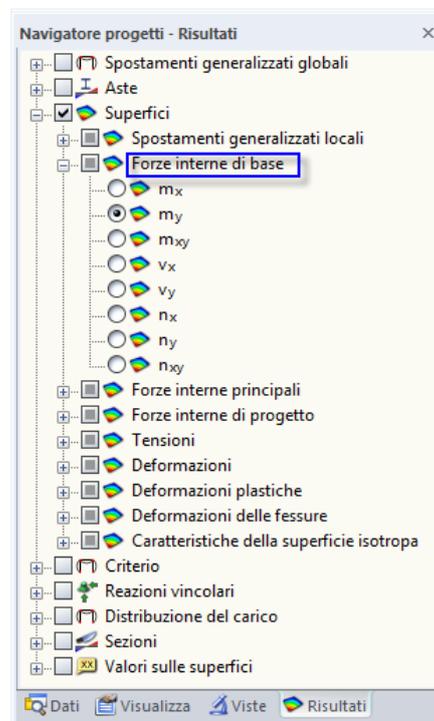


Figura 8.38: Navigatore Risultati : Superfici → Forze interne di base

Superf. nr.	Punto griglia	Coordinate dei punti della griglia [m]			Momenti [kNm/m]			Forze di taglio [kN/m]		Forze assiali [kN/m]		
		X	Y	Z	m_x	m_y	m_{xy}	v_x	v_y	n_x	n_y	n_{xy}
2	1	7.212	5.992	0.000	60.54	6.89	16.03	-64.72	103.96	-209.52	-130.82	-1€
	2	7.212	5.992	0.500	28.45	2.67	-1.78	-55.92	-9.68	-576.57	-73.08	-1€
	3	7.212	5.992	1.000	7.23	1.40	-5.76	-34.29	3.77	-423.83	-25.53	-1€
	4	7.212	5.992	1.500	-3.60	-0.59	-5.11	-32.46	0.02	-301.84	-11.01	-1€
	5	7.212	5.992	2.000	-10.89	-1.39	-3.56	-20.38	1.85	-233.78	-9.98	-1€
	6	7.212	5.992	2.500	-14.68	-1.39	-0.86	-5.87	0.73	-220.23	-22.11	-1€
	7	7.212	5.992	3.000	-15.05	-1.44	2.74	9.22	3.94	-346.11	-47.05	-1€
	8	7.212	5.992	3.500	-11.67	-1.62	5.97	26.14	18.95	-591.36	-100.01	2€
	9	7.212	5.992	4.000	2.38	1.44	4.44	43.99	-36.72	-987.68	-641.74	4€
	10	7.706	5.916	0.000	26.21	4.09	7.11	-17.27	41.26	48.86	53.72	1€
	11	7.706	5.916	0.500	19.06	1.59	-0.22	-25.12	-21.29	-27.89	-13.57	-1€
	12	7.706	5.916	1.000	6.24	0.40	-4.98	-20.32	5.70	-165.98	-25.21	-1€
	13	7.706	5.916	1.500	-2.58	-0.37	-5.42	-12.19	3.00	-250.61	-53.51	-1€
	14	7.706	5.916	2.000	-7.50	-0.61	-3.65	-6.82	8.40	-319.04	-83.24	-1€
	15	7.706	5.916	2.500	-9.89	-0.72	-0.90	-2.74	10.10	-360.04	-115.63	-1€

Figura 8.39: Tabella 4.14 Superfici - Forze interne di base

La tabella mostra le forze interne di base ordinate per superficie. I risultati sono elencati in riferimento ai punti della griglia di ciascuna superficie.

Punto della griglia

I numeri dei punti della griglia sono elencati per superficie. Per informazioni più dettagliate sui punti della griglia, si veda il paragrafo 8.12 a pagina 316.

Coordinate del punto della griglia

Le colonne della tabella da B a D mostrano le coordinate dei punti della griglia nel sistema globale di coordinate XYZ. Quando si clicca nella riga della tabella, il punto corrispondente della griglia sarà indicato nella finestra di lavoro da una freccia.

Momenti / Forze di taglio / Forze assiali

Al contrario delle forze interne dell'asta, le forze interne di una superficie sono rappresentate da lettere minuscole. Dalla definizione integrale dei momenti flettenti m_x e m_y deriva il fatto che i momenti sono relativi alle direzioni degli assi della superficie laddove si creano le tensioni normali corrispondenti. Per visualizzare gli assi della superficie, utilizzare il menu contestuale della superficie (si veda figura, pagina 123).

Quando si analizzano superfici curve, le forze interne fanno riferimento agli assi locali dei singoli elementi finiti. Gli assi si possono visualizzare selezionando la casella di controllo corrispondente nel navigatore *Visualizza*:

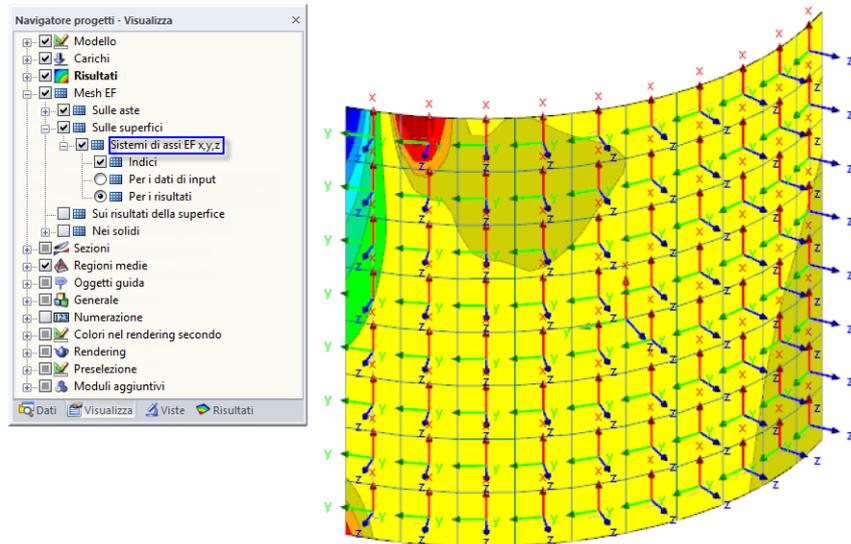


Figura 8.40: Navigatore *Visualizza* : Sistemi di assi EF x,y,z



Vi è una differenza di base tra le forze interne delle superfici e delle aste: un momento dell'asta M_y "ruota" attorno all'asse y dell'asta locale, mentre un momento della superficie m_y agisce nella direzione dell'asse y della superficie locale, il che significa attorno all'asse x del superficie.

La figura seguente illustra la definizione delle forze interne di base delle superfici:

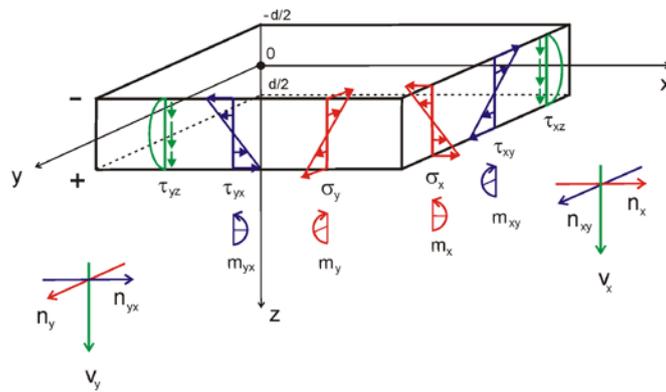


Figura 8.41: Tensioni e forze interne di una superficie

I momenti così come le tensioni tangenziali che agiscono perpendicolarmente alla superficie descrivono un grafico parabolico tramite lo spessore della superficie.



I segni aiutano a vedere da quale lato della superficie è disponibile la forza interna. Tuttavia, i segni dipendono anche dall'orientamento dell'asse globale Z: se l'asse Z globale è diretto verso il basso (standard), le forze interne positive generano tensioni di trazione sul lato positivo della superficie (che significa nella direzione della asse z della superficie positiva). Esse sono visualizzate con barre blu nella tabella. Le forze interne negative risultano in tensioni di compressione sul lato positivo della superficie. Esse sono rappresentate con barre rosse nella tabella.

Se l'asse Z globale è diretto verso l'alto, i segni dei momenti flettenti e le forze di taglio sono invertite.

Quando l'asse Z è diretto verso il basso, le forze interne di base sono determinate come segue:

m_x	Momento flettente che crea tensioni nella direzione dell'asse locale x $m_x = \int_{-d/2}^{+d/2} \sigma_x z dz$
m_y	Momento flettente che crea tensioni nella direzione dell'asse locale y $m_y = \int_{-d/2}^{+d/2} \sigma_y z dz$
m_{xy}	Momento torsionale $m_{xy} = m_{yx} = \int_{-d/2}^{+d/2} \tau_{xy} z dz$
v_x	Forza di taglio v_x $v_x = \int_{-d/2}^{+d/2} \tau_{xz} dz$
v_y	Forza di taglio v_y $v_y = \int_{-d/2}^{+d/2} \tau_{yz} dz$
n_x	Forza assiale nella direzione dell'asse locale x $n_x = \int_{-d/2}^{+d/2} \sigma_x dz$
n_y	Forza assiale nella direzione dell'asse locale x $n_y = \int_{-d/2}^{+d/2} \sigma_y dz$
n_{xy}	Flusso di taglio $n_{xy} = \int_{-d/2}^{+d/2} \tau_{xy} dz$

Tabella 8.7: Forze interne di base

8.15 Superfici - Forze interne principali

Per controllare la visualizzazione grafica delle forze interne principali, si spunti la casella di controllo *Superfici* nel navigatore *Risultati*, e dopo si selezioni *Forze interne principali*. La tabella 4.15 mostra le forze interne principali delle superfici in forma numerica.

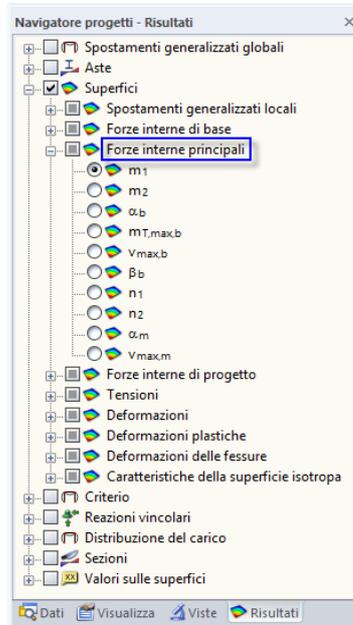


Figura 8.42: Navigatore Risultati : Superfici → Forze interne principali

Superf. nr.	Punto griglia	Coordinate del punto della griglia [m]	Momenti [kNm/m]			Forze di taglio [kN/m]		Forze assiali				
		X	Y	Z	m1	m2	α_b [°]	mT,max,b	Vmax,b	β_b [°]	n1	n2
1	1	0.000	0.000	0.000	-29.61	-256.99	-52.60	113.69	745.94	26.47	152.07	-24.05
2	2	0.500	0.000	0.000	-5.03	-78.58	-74.53	36.78	346.46	16.07	125.32	29.57
3	3	1.000	0.000	0.000	12.58	-13.20	42.79	12.89	152.49	10.22	58.45	0.75
4	4	1.500	0.000	0.000	27.96	-2.96	22.66	15.46	118.34	4.04	44.35	-1.15
5	5	2.000	0.000	0.000	38.30	-0.70	14.02	19.50	84.59	5.88	43.70	-0.24
6	6	2.500	0.000	0.000	45.22	0.40	7.29	22.41	51.73	6.64	46.78	-0.55
7	7	3.000	0.000	0.000	51.52	0.59	5.06	25.47	21.84	11.44	49.12	0.99
8	8	3.500	0.000	0.000	52.59	0.12	1.46	26.24	4.87	30.51	47.01	-0.61
9	9	4.000	0.000	0.000	46.58	0.49	1.64	23.05	8.63	174.93	43.05	0.41
10	10	4.500	0.000	0.000	36.65	-0.10	1.24	18.37	20.00	174.73	40.76	-1.56
11	11	5.000	0.000	0.000	23.54	-0.15	-0.48	11.84	22.94	176.59	40.80	-1.16
12	12	5.500	0.000	0.000	7.44	-0.45	25.03	3.95	44.54	179.31	47.13	1.44
13	13	6.000	0.000	0.000	0.13	-14.64	-86.64	7.39	64.40	179.96	40.22	2.47
14	14	6.500	0.000	0.000	-0.46	-47.20	88.61	23.37	60.83	174.62	2.04	-71.47
15	15	7.000	0.000	0.000	0.66	-110.79	58.84	55.72	104.21	45.53	980.59	-337.93

Figura 8.43: Tabella 4.15 Superfici - Forze interne principali

La tabella mostra le forze interne principali ordinate per superficie. I risultati sono elencati in riferimento ai punti della griglia di ciascuna superficie.

Le colonne della tabella *Punto della griglia* e *Coordinate del punto della griglia* corrispondono alle colonne della tabella dei risultati precedenti 4.14 *Superfici - Forze interne di base*.

Momenti / Forze di taglio / Forze assiali

Le *Forze interne di base* descritte nel capitolo precedente fanno riferimento al sistema di coordinate xyz di una superficie. Al contrario, le *Forze interne principali* rappresentano i valori estremi della forze interne in un elemento della superficie. A questo scopo, le forze interne di base sono trasformate nelle direzioni di entrambi gli assi principali. L'asse principale 1 (valore massimo) e 2 (valore minimo) sono disposti ortogonalmente.

Le forze interne principali sono determinate dalle forze interne di base:

m_1	Momento flettente nella direzione dell'asse principale 1 $\frac{1}{2} \left(m_x + m_y + \sqrt{(m_x - m_y)^2 + 4 \cdot m_{xy}^2} \right)$
m_2	Momento flettente nella direzione dell'asse principale 2 $\frac{1}{2} \left(m_x + m_y - \sqrt{(m_x - m_y)^2 + 4 \cdot m_{xy}^2} \right)$
α_b	Angolo tra l'asse locale x (o y) e l'asse principale 1 (o 2) $\frac{1}{2} \left[\arctan \left(\frac{2 \cdot m_{xy}}{m_x - m_y} \right) \right]$
$m_{T,max,b}$	Momento torsionale massimo $\frac{\sqrt{(m_x - m_y)^2 + 4 \cdot m_{xy}^2}}{2}$
$v_{max,b}$	Forza di taglio massima risultante dalle componenti flessionali $v_{max,b} = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$
β_b	Angolo tra la forza principale di taglio $v_{max,b}$ e l'asse locale x $\beta = \arctan \frac{v_y}{v_x}$
n_1	Forza assiale nella direzione dell'asse principale 1 $\frac{1}{2} \left(n_x + n_y + \sqrt{(n_x - n_y)^2 + 4 \cdot n_{xy}^2} \right)$
n_2	Forza assiale nella direzione dell'asse principale 2 $\frac{1}{2} \left(n_x + n_y - \sqrt{(n_x - n_y)^2 + 4 \cdot n_{xy}^2} \right)$
α_m	Angolo tra l'asse x e l'asse principale 1 (per la forza assiale n_1) $\frac{1}{2} \left[\arctan \left(\frac{2 \cdot n_{xy}}{n_x - n_y} \right) \right]$
$v_{max,m}$	Forza di taglio massima risultante dalle componenti membranali $\frac{\sqrt{(n_x - n_y)^2 + 4 \cdot n_{xy}^2}}{2}$

Tabella 8.8: Forze interne principali

Le direzioni degli assi principali α_b (per i momenti flettenti), β_b (per le forze di taglio) e α_m (per le forze assiali) si possono visualizzare come traiettorie nell'area di lavoro.

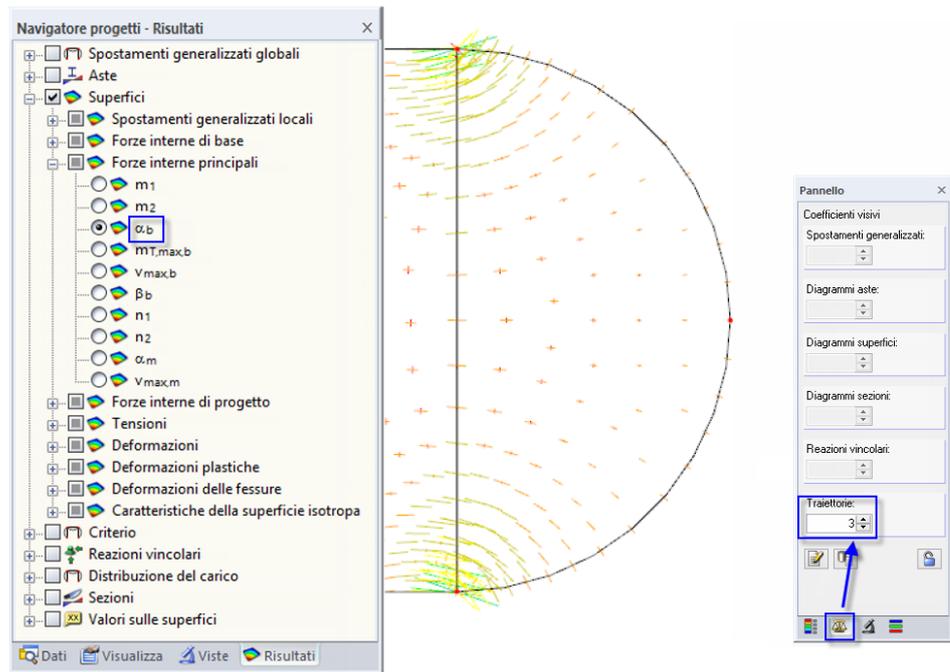


Figura 8.44: Traiettorie degli assi principali

Ad esempio, nella figura sopra la visualizzazione dell'angolo α_b mostra anche la dimensione dei momenti principali corrispondenti perché le traiettorie sono ridimensionate ai valori dei momenti m_1 e m_2 .

8.16 Superfici - Forze interne di progetto

Per controllare la visualizzazione grafica delle forze interne di progetto, si spunti la casella di controllo *Superfici* nel navigatore *Risultati*, e dopo si selezioni *Forze interne di progetto*. La tabella 4.16 mostra le forze interne di progetto delle superfici in forma numerica.

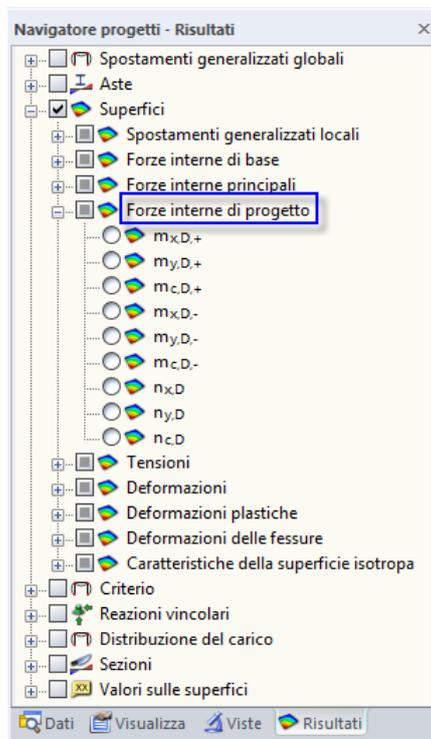


Figura 8.45: Navigatore Risultati : Superfici → Forze interne di progetto

4.16 Superfici - Forze interne di progetto

CO2 - 1.35*LF1 + 1.5*L

Superf. nr.	Punto griglia	Coordinate dei punti della griglia [m]			Momenti [kNm/m]						Forze assiali [kN/m]	
		X	Y	Z	$m_{x,D+}$	$m_{y,D+}$	$m_{c,D+}$	$m_{x,D-}$	$m_{y,D-}$	$m_{c,D-}$	$n_{x,D}$	$n_{y,D}$
1	7.212	5.992	0.000	76.57	22.92	-32.05	0.00	-2.61	-64.82	6.51	-39.74	
2	7.212	5.992	0.500	30.23	4.45	-3.56	0.00	-2.52	-28.61	0.00	-20.60	
3	7.212	5.992	1.000	12.99	7.17	-11.52	0.20	3.08	-11.91	0.00	6.93	
4	7.212	5.992	1.500	2.29	4.04	-10.53	8.71	5.70	-10.21	0.00	6.17	
5	7.212	5.992	2.000	0.00	-0.20	-12.09	14.45	4.95	-7.12	0.00	-5.09	
6	7.212	5.992	2.500	0.00	-1.27	-14.79	15.74	2.46	-2.13	0.00	-18.60	
7	7.212	5.992	3.000	0.00	-0.91	-15.58	17.79	4.18	-5.48	0.00	-9.77	
8	7.212	5.992	3.500	0.00	1.62	-14.90	17.64	7.59	-11.95	0.00	23.12	
9	7.212	5.992	4.000	6.82	5.87	-8.88	3.88	2.07	-9.77	-58.85	-372.36	
10	7.706	5.916	0.000	33.32	11.20	-14.22	0.00	-2.16	-28.15	141.53	146.39	
11	7.706	5.916	0.500	20.29	2.83	-2.47	0.00	-1.41	-19.24	10.70	20.82	
12	7.706	5.916	1.000	11.23	5.39	-9.97	0.41	3.92	-10.97	0.00	24.29	
13	7.706	5.916	1.500	3.04	4.95	-10.94	8.01	5.79	-10.85	0.00	-33.62	
14	7.706	5.916	2.000	0.01	1.24	-9.37	11.15	4.26	-7.30	0.00	-79.07	
15	7.706	5.916	2.500	0.00	-0.21	-10.40	11.97	2.81	-4.17	0.00	-98.33	

Superfici - Forze interne di base | Superfici - Forze interne principali | Superfici - Forze interne di progetto | Superfici - Tensioni base | Superfici - Tensioni principali

Figura 8.46: Tabella 4.16 Superfici - Forze interne di progetto

La tabella mostra le forze interne di progetto ordinate per superficie. I risultati sono elencati in riferimento ai punti della griglia di ciascuna superficie.

Punto della griglia

I numeri dei punti della griglia sono elencati per superficie. Per informazioni più dettagliate sui punti della griglia, si veda il paragrafo 8.12 a pagina 316.

Coordinate del punto della griglia

Le colonne della tabella da B a D mostrano le coordinate dei punti della griglia nel sistema globale di coordinate XYZ.

Momenti / Forze assiali

I momenti di progetto e le forze assiali, visibili in questa tabella si basano sull'approccio descritto nella DIN V ENV 1992-1-1, appendice 2, A 2.8 e A 2.9. In questo modo, RFEM fornisce agli utenti che non hanno la possibilità di accedere al modulo di progettazione RF-CONCRETE Surfaces un tipo di strumento ausiliario necessario per la progettazione manuale del calcestruzzo armato. Poiché il modulo aggiuntivo utilizza il metodo di BAUMANN, nel modulo non sono applicate le forze interne di progetto di RFEM.



In questo contesto, è importante non dimenticare che i momenti e le forze assiali di progetto della tabella 4.16 non si devono combinare. Come spiegato nella DIN V ENV 1992-1-1, appendice 2.8, i momenti si riferiscono esclusivamente alle armature delle piastre. Le forze assiali si basano sulla progettazione degli elementi parete descritti nell'allegato 2.9.

Le forze interne di progetto hanno i seguenti significati:

$m_{x,D+}$	Momento di progetto nella direzione dell'asse locale x sul lato positivo della superficie (cioè sul lato nella direzione dell'asse z positivo della superficie)	
	$m_x + m_{xy} $	per $m_x \leq m_y$ e $m_x \geq - m_{xy} $
	0	per $m_x > m_y$ e $m_y \geq - m_{xy} $
	$m_x + \frac{m_{xy}^2}{ m_y }$	per $m_x \leq m_y$ e $m_x < - m_{xy} $
$m_{y,D+}$	Momento di progetto nella direzione dell'asse locale y sul lato positivo della superficie (cioè sul lato nella direzione dell'asse z positivo della superficie)	
	$m_y + m_{xy} $	per $m_x \leq m_y$ e $m_x \geq - m_{xy} $
	0	per $m_x > m_y$ e $m_y \geq - m_{xy} $
	$m_y + \frac{m_{xy}^2}{ m_x }$	per $m_x \leq m_y$ e $m_x < - m_{xy} $
$m_{c,D+}$	Momento di progetto per il progetto di tensione del calcestruzzo sul lato positivo della superficie	
	$-2 \cdot m_{xy} $	per $m_x \leq m_y$ e $m_x \geq - m_{xy} $
	$m_x - \frac{m_{xy}^2}{ m_x }$	per $m_x > m_y$ e $m_y \geq - m_{xy} $
	$m_y - \frac{m_{xy}^2}{ m_y }$	per $m_x \leq m_y$ e $m_x < - m_{xy} $
$m_{x,D-}$	Momento di progetto nella direzione dell'asse x sul lato negativo della superficie	
	$-m_x + m_{xy} $	per $m_x \leq m_y$ e $m_y \leq m_{xy} $
	0	per $m_x > m_y$ e $m_x \leq m_{xy} $
	$-m_x + \frac{m_{xy}^2}{ m_y }$	per $m_x \leq m_y$ e $m_y > m_{xy} $
0	per $m_x > m_y$ e $m_x > m_{xy} $	

$m_{y,D-}$	<p>Momento di progetto nella direzione dell'asse y sul lato negativo della superficie</p> $-m_y + m_{xy} \quad \text{per } m_x \leq m_y \text{ e } m_y \leq m_{xy} $ $0 \quad \text{per } m_x > m_y \text{ e } m_x \leq m_{xy} $ $0 \quad \text{per } m_x \leq m_y \text{ e } m_y > m_{xy} $ $-m_y + \frac{m_{xy}^2}{ m_x } \quad \text{per } m_x > m_y \text{ e } m_x > m_{xy} $
$m_{c,D-}$	<p>Momento di progetto per il calcolo della tensione del calcestruzzo sul lato negativo della superficie</p> $-2 \cdot m_{xy} \quad \text{per } m_x \leq m_y \text{ e } m_y \leq m_{xy} $ $-m_y - \frac{m_{xy}^2}{ m_y } \quad \text{per } m_x > m_y \text{ e } m_x \leq m_{xy} $ $-m_x - \frac{m_{xy}^2}{ m_x } \quad \text{per } m_x \leq m_y \text{ e } m_y > m_{xy} $ $-m_x - \frac{m_{xy}^2}{ m_x } \quad \text{per } m_x > m_y \text{ e } m_x > m_{xy} $
$n_{x,D}$	<p>Forza di progetto nella direzione dell'asse locale x</p> $n_x + n_{xy} \quad \text{per } n_x \leq n_y \text{ e } n_x \geq - n_{xy} $ $0 \quad \text{per } n_x > n_y \text{ e } n_y \geq - n_{xy} $ $0 \quad \text{per } n_x \leq n_y \text{ e } n_x < - n_{xy} $ $n_x + \frac{n_{xy}^2}{ n_y } \quad \text{per } n_x > n_y \text{ e } n_y < - n_{xy} $
$n_{y,D}$	<p>Forza di progetto nella direzione dell'asse locale y</p> $n_y + n_{xy} \quad \text{per } n_x \leq n_y \text{ e } n_x \geq - n_{xy} $ $0 \quad \text{per } n_x > n_y \text{ e } n_y \geq - n_{xy} $ $n_y + \frac{n_{xy}^2}{ n_x } \quad \text{per } n_x \leq n_y \text{ e } n_x < - n_{xy} $ $0 \quad \text{per } n_x > n_y \text{ e } n_y < - n_{xy} $
$n_{c,D}$	<p>Forza di progetto per il calcolo della tensione di calcestruzzo</p> $-2 \cdot n_{xy} \quad \text{per } n_x \leq n_y \text{ e } n_x \geq - n_{xy} $ $- n_x - \frac{n_{xy}^2}{ n_x } \quad \text{per } n_x > n_y \text{ e } n_y \geq - n_{xy} $ $- n_x - \frac{n_{xy}^2}{ n_x } \quad \text{per } n_x \leq n_y \text{ e } n_x < - n_{xy} $ $- n_y - \frac{n_{xy}^2}{ n_y } \quad \text{per } n_x > n_y \text{ e } n_y < - n_{xy} $

Tabella 8.9: Forza interne di progetto

8.17 Superfici - Tensioni di base

Per controllare la visualizzazione grafica delle tensioni di base, si spunti la casella di controllo *Superfici* nel navigatore *Risultati*, e dopo si selezionino *Tensioni*. La tabella 4.17 mostra le tensioni di base delle superfici in forma numerica.

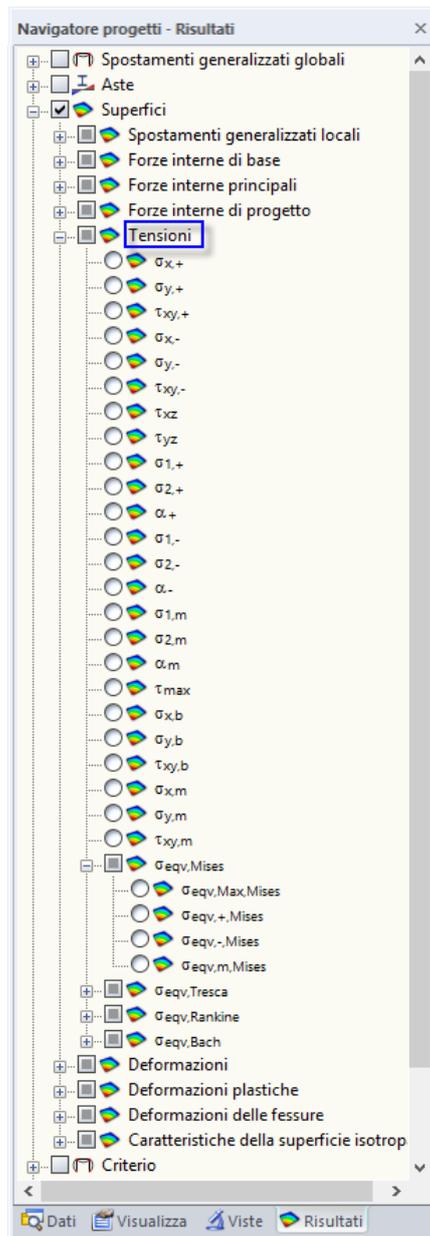


Figura 8.47: Navigatore *Risultati* : *Superfici* → *Tensioni*

4.17 Superfici - Tensioni base

CO2 - 1.35*LF1 + 1.5*L

Superf. nr.	A Punto griglia	B Coordinate dei punti della griglia [m]			F Tensioni assiali [kN/cm ²]						J Tensioni tangenziali [kN/cm ²]			
		X	Y	Z	$\sigma_{x,+}$	$\sigma_{y,+}$	$\sigma_{x,-}$	$\sigma_{y,-}$	$\tau_{xy,+}$	$\tau_{xy,-}$	τ_{xz}	τ_{yz}		
2	1	7.212	5.992	0.000	0.80	0.04	-1.01	-0.17	0.21	-0.27	-0.05	0.08		
	2	7.212	5.992	0.500	0.14	0.00	-0.72	-0.08	-0.11	-0.05	-0.04	-0.01		
	3	7.212	5.992	1.000	-0.10	0.01	-0.32	-0.03	-0.14	0.03	-0.03	0.00		
	4	7.212	5.992	1.500	-0.20	-0.01	-0.10	0.00	-0.11	0.04	-0.02	0.00		
	5	7.212	5.992	2.000	-0.28	-0.03	0.05	0.02	-0.07	0.04	-0.02	0.00		
	6	7.212	5.992	2.500	-0.33	-0.03	0.11	0.01	-0.00	0.02	-0.00	0.00		
	7	7.212	5.992	3.000	-0.40	-0.05	0.05	-0.00	0.08	0.00	0.01	0.00		
	8	7.212	5.992	3.500	-0.47	-0.07	-0.12	-0.03	0.22	0.04	0.02	0.01		
	9	7.212	5.992	4.000	-0.46	-0.30	-0.53	-0.34	0.29	0.15	0.03	-0.03		
	10	7.706	5.916	0.000	0.42	0.09	-0.37	-0.03	0.15	-0.06	-0.01	0.03		
	11	7.706	5.916	0.500	0.27	0.02	-0.30	-0.03	-0.02	-0.01	-0.02	-0.02		
	12	7.706	5.916	1.000	0.01	-0.01	-0.18	-0.02	-0.12	0.03	-0.02	-0.00		
	13	7.706	5.916	1.500	-0.16	-0.03	-0.09	-0.02	-0.12	0.05	-0.01	0.00		
	14	7.706	5.916	2.000	-0.27	-0.05	-0.05	-0.03	-0.06	0.05	-0.01	0.01		
	15	7.706	5.916	2.500	-0.33	-0.07	-0.03	-0.06	0.02	0.04	-0.00	0.01		
	16	7.706	5.916	3.000	-0.36	-0.08	-0.04	-0.07	0.13	0.04	0.00	0.01		
	17	7.706	5.916	3.500	-0.30	-0.10	-0.05	-0.10	0.20	0.01	0.00	0.01		
	18	7.706	5.916	4.000	-0.13	-0.09	-0.05	-0.05	0.16	0.01	0.00	-0.03		
	19	8.180	5.758	0.000	0.30	0.07	-0.28	-0.03	0.08	-0.02	-0.02	0.01		
	20	8.180	5.758	0.500	0.17	0.04	-0.17	0.03	0.01	0.03	-0.01	-0.01		
	21	8.180	5.758	1.000	0.02	-0.01	-0.10	-0.00	-0.05	0.06	-0.01	-0.00		
	22	8.180	5.758	1.500	-0.10	-0.03	-0.07	-0.06	-0.06	0.07	-0.00	0.00		

Superfici - Forze interne di base | Superfici - Forze interne principali | Superfici - Forze interne di progetto | Superfici - Tensioni base | Superfici - Tensioni principali

Figura 8.48: Tabella 4.17 Superfici - Tensioni di base

La tabella mostra le forze tensioni di base ordinate per superfici. I risultati sono elencati in riferimento ai punti della griglia di ciascuna superficie.

Punto della griglia

I numeri dei punti della griglia sono elencati per superficie. Per informazioni più dettagliate sui punti della griglia, si veda il paragrafo 8.12 a pagina 316.

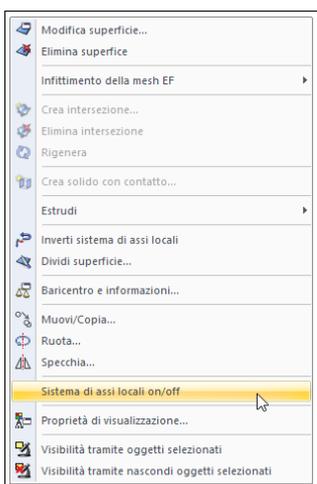
Coordinate del punto della griglia

Le colonne della tabella da B a D mostrano le coordinate dei punti della griglia nel sistema globale di coordinate X Y Z.

Tensioni di base

Le tensioni sono relative alle direzioni degli assi locali della superficie. Quando si analizzano superfici curve, queste si riferiscono agli assi degli elementi finiti (si veda figura, pagina 320).

Le tensioni di base sono mostrate nella Figura 8.41 a pagina 321 ed hanno i seguenti significati:



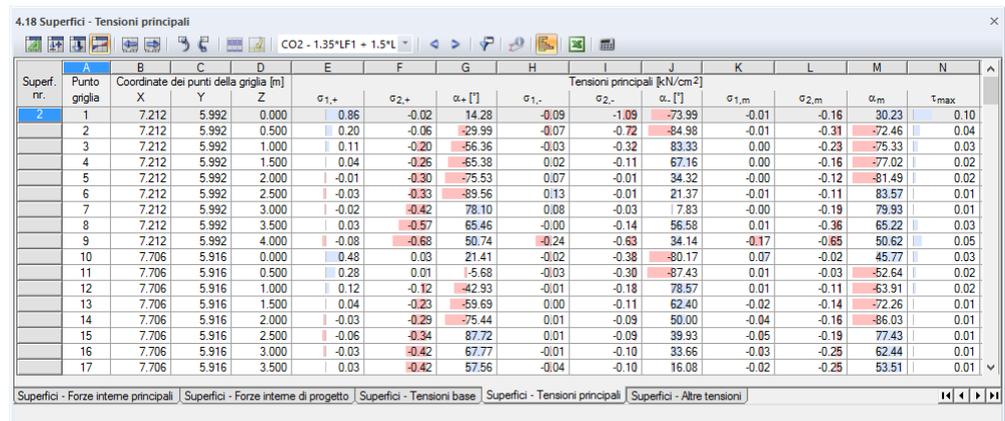
Menu contestuale della superficie

$\sigma_{x,+}$	<p>Tensione nella direzione dell'asse locale x sul lato positivo della superficie (cioè sul lato nella direzione dell'asse z positivo della superficie)</p> $\sigma_{x,+} = \frac{n_x}{d} + \frac{6 \cdot m_x}{d^2}$ <p>con d: spessore della superficie</p>
$\sigma_{y,+}$	<p>Tensione nella direzione dell'asse locale y sul lato positivo della superficie (cioè sul lato nella direzione dell'asse z positivo della superficie)</p> $\sigma_{y,+} = \frac{n_y}{d} + \frac{6 \cdot m_y}{d^2}$
$\tau_{xy,+}$	<p>Tensione torsionale sul lato positivo della superficie</p> $\tau_{xy,+} = \frac{n_{xy}}{d} + \frac{6 \cdot m_{xy}}{d^2}$
$\sigma_{x,-}$	<p>Tensione nella direzione dell'asse x sul lato negativo della superficie</p> $\sigma_{x,-} = \frac{n_x}{d} - \frac{6 \cdot m_x}{d^2}$
$\sigma_{y,-}$	<p>Tensione nella direzione dell'asse y sul lato negativo della superficie</p> $\sigma_{y,-} = \frac{n_y}{d} - \frac{6 \cdot m_y}{d^2}$
$\tau_{xy,-}$	<p>Tensione torsionale sul lato negativo della superficie</p> $\tau_{xy,-} = \frac{n_{xy}}{d} - \frac{6 \cdot m_{xy}}{d^2}$
τ_{xz}	<p>Tensione di taglio ortogonale alla superficie nella direzione dell'asse x</p> $\frac{3 \cdot v_x}{2 \cdot d}$ <p>con d: spessore della superficie</p>
τ_{yz}	<p>Tensione di taglio ortogonale alla superficie nella direzione dell'asse y</p> $\frac{3 \cdot v_y}{2 \cdot d}$

Tabella 8.10: Tensioni di base

8.18 Superfici - Tensioni principali

Per controllare la visualizzazione grafica delle tensioni di principali, si spunti la casella di controllo *Superfici* nel navigatore *Risultati*, e dopo si selezioni *Tensioni* (si veda figura, pagina 330). La tabella 4.18 mostra le tensioni principali delle superfici in forma numerica.



Superf. nr.	Punto griglia	Coordinate dei punti della griglia [m]			Tensioni principali [N/cm ²]									
		X	Y	Z	σ ₁₊	σ ₂₊	α ₊ [°]	σ ₁₋	σ ₂₋	α ₋ [°]	σ _{1,m}	σ _{2,m}	α _m	τ _{max}
1	1	7.212	5.992	0.000	0.86	-0.02	14.28	-0.09	-1.09	-73.99	-0.01	-0.16	30.23	0.10
2	2	7.212	5.992	0.500	0.20	-0.06	-29.99	-0.07	-0.72	-84.98	-0.01	-0.31	-72.46	0.04
3	3	7.212	5.992	1.000	0.11	-0.20	-56.36	-0.03	-0.32	83.33	0.00	-0.23	-75.33	0.03
4	4	7.212	5.992	1.500	0.04	-0.26	-65.38	0.02	-0.11	67.16	0.00	-0.16	-77.02	0.02
5	5	7.212	5.992	2.000	-0.01	-0.30	-75.53	0.07	-0.01	34.32	-0.00	-0.12	-81.49	0.02
6	6	7.212	5.992	2.500	-0.03	-0.33	-89.56	0.13	-0.01	21.37	-0.01	-0.11	-83.57	0.01
7	7	7.212	5.992	3.000	-0.02	-0.42	78.10	0.08	-0.03	17.83	-0.00	-0.19	79.93	0.01
8	8	7.212	5.992	3.500	0.03	-0.57	65.46	-0.00	-0.14	56.58	0.01	-0.36	65.22	0.03
9	9	7.212	5.992	4.000	-0.08	-0.68	50.74	-0.24	-0.63	34.14	-0.17	-0.65	50.62	0.05
10	10	7.706	5.916	0.000	0.48	0.03	21.41	-0.02	-0.38	-80.17	0.07	-0.02	45.77	0.03
11	11	7.706	5.916	0.500	0.28	0.01	-5.68	-0.03	-0.30	-87.43	0.01	-0.03	-52.64	0.02
12	12	7.706	5.916	1.000	0.12	-0.12	-42.93	-0.01	-0.18	78.57	0.01	-0.11	-63.91	0.02
13	13	7.706	5.916	1.500	0.04	-0.23	-59.69	0.00	-0.11	62.40	-0.02	-0.14	-72.26	0.01
14	14	7.706	5.916	2.000	-0.03	-0.29	-75.44	0.01	-0.09	50.00	-0.04	-0.16	-86.03	0.01
15	15	7.706	5.916	2.500	-0.06	-0.34	87.72	0.01	-0.09	39.93	-0.05	-0.19	77.43	0.01
16	16	7.706	5.916	3.000	-0.03	-0.42	67.77	-0.01	-0.10	33.66	-0.03	-0.25	62.44	0.01
17	17	7.706	5.916	3.500	0.03	-0.42	57.56	-0.04	-0.10	16.08	-0.02	-0.25	53.51	0.01

Figura 8.49: Tabella 4.18 *Superfici - Tensioni principali*

La tabella mostra le tensioni principali ordinate per superficie. I risultati sono elencati in riferimento ai punti della griglia di ciascuna superficie.

Le colonne della tabella *Punto della griglia* e *Coordinate del punto della griglia* corrispondono alle colonne della tabella dei risultati precedenti 4.17 *Superfici - Tensioni di base*.

Tensioni principali

Le tensioni di base descritte nel paragrafo 8.17 fanno riferimento al sistema di coordinate xyz della superficie. Le tensioni principali, comunque, rappresentano i valori estremi delle tensioni in un elemento della superficie. L'asse principale 1 (valore massimo) e 2 (valore minimo) sono tra loro ortogonali.

È possibile visualizzare gli orientamenti α come traiettorie nella finestra di lavoro (si veda figura, pagina 325).

Le tensioni principali sono determinate dalle tensioni di base:

$\sigma_{1,+}$	<p>Tensione nella direzione dell'asse principale 1 sul lato positivo della superficie (cioè sul lato nella direzione dell'asse z positivo della superficie)</p> $\sigma_{1,+} = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,+} + \sigma_{y,+} + \sqrt{(\sigma_{x,+} - \sigma_{y,+})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,+}^2} \right)$
$\sigma_{2,+}$	<p>Tensione nella direzione dell'asse principale 2 sul lato positivo della superficie (cioè sul lato nella direzione dell'asse z positivo della superficie)</p> $\sigma_{2,+} = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,+} + \sigma_{y,+} - \sqrt{(\sigma_{x,+} - \sigma_{y,+})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,+}^2} \right)$
α_+	<p>Angolo tra l'asse locale x (o y) e l'asse principale 1 (o 2) per le tensioni sul lato positivo della superficie</p> $\alpha_+ = \frac{1}{2} \arctan 2 \left(2 \cdot \tau_{xy,+}, \sigma_{x,+} - \sigma_{y,+} \right) \in (-90^\circ, 90^\circ)$
$\sigma_{1,-}$	<p>Tensione nella direzione dell'asse principale 1 sul lato negativo della superficie</p> $\sigma_{1,-} = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,-} + \sigma_{y,-} + \sqrt{(\sigma_{x,-} - \sigma_{y,-})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,-}^2} \right)$
$\sigma_{2,-}$	<p>Tensione nella direzione dell'asse principale 2 sul lato negativo della superficie</p> $\sigma_{2,-} = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,-} + \sigma_{y,-} - \sqrt{(\sigma_{x,-} - \sigma_{y,-})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,-}^2} \right)$
α_-	<p>Angolo tra l'asse locale x (o y) e l'asse principale 1 (o 2) per le tensioni sul lato negativo della superficie</p> $\alpha_- = \frac{1}{2} \arctan 2 \left(2 \cdot \tau_{xy,-}, \sigma_{x,-} - \sigma_{y,-} \right) \in (-90^\circ, 90^\circ)$
τ_{\max}	<p>Tensione tangenziale massima perpendicolare alla superficie</p> $\tau_{\max} = \sqrt{\tau_x^2 + \tau_y^2}$

Tabella 8.11: Tensioni principali

8.19 Superfici - Altre tensioni

Per controllare la visualizzazione grafica delle componenti tensionali dai momenti flettenti e le forze di membrature, si segni la casella di controllo per le *Superfici* nel navigatore *Risultati*, e dopo selezionare *Tensioni* (si veda Figura 8.47, pagina 330). La tabella 4.19 mostra queste tensioni in forma numerica.

Superf. nr.	Punto griglia	Coordinate dei punti della griglia [m]			Tensioni dai momenti [kN/cm ²]			Tensioni dalle forze assiali [kN/cm ²]		
		X	Y	Z	$\sigma_{x,b}$	$\sigma_{y,b}$	$\tau_{xy,b}$	$\sigma_{x,m}$	$\sigma_{y,m}$	$\tau_{xy,m}$
2	1	7.212	5.992	0.000	0.91	0.10	0.24	-0.10	-0.07	-0.03
	2	7.212	5.992	0.500	0.43	0.04	-0.03	-0.29	-0.04	-0.08
	3	7.212	5.992	1.000	0.11	0.02	-0.09	-0.21	-0.01	-0.05
	4	7.212	5.992	1.500	-0.05	-0.01	-0.08	-0.15	-0.01	-0.04
	5	7.212	5.992	2.000	-0.16	-0.02	-0.05	-0.12	0.00	-0.02
	6	7.212	5.992	2.500	-0.22	-0.02	-0.01	-0.11	-0.01	0.01
	7	7.212	5.992	3.000	-0.23	-0.02	0.04	-0.17	-0.02	0.04
	8	7.212	5.992	3.500	-0.18	-0.02	0.09	-0.30	-0.05	0.13
	9	7.212	5.992	4.000	0.04	0.02	0.07	-0.49	-0.32	0.22
	10	7.706	5.916	0.000	0.39	0.06	0.11	0.02	0.03	0.05

Figura 8.50: Tabella 4.19 *Superfici - Altre tensioni*

La tabella mostra le altre tensioni ordinate per superfici. I risultati sono elencati in riferimento ai punti della griglia di ciascuna superficie.

Punto della griglia

I numeri dei punti della griglia sono elencati per superficie. Per informazioni più dettagliate sui punti della griglia, si veda il paragrafo 8.12 a pagina 316.

Coordinate del punto della griglia

Le colonne della tabella da B a D mostrano le coordinate dei punti della griglia nel sistema globale di coordinate XYZ.

Tensioni dovute ai momenti flettenti / forze assiali

Le tensioni sono relative alle direzioni degli assi locali della superficie. Quando si analizzano superfici curve, queste si riferiscono agli assi degli elementi finiti (si veda figura, pagina 320).

Le tensioni hanno i seguenti significati:

$\sigma_{x,b}$	Tensione dovuta al momento flettente m_x $\sigma_{x,b} = \frac{6 \cdot m_x}{d^2}$ con d: spessore della superficie
$\sigma_{y,b}$	Tensione dovuta al momento flettente m_y $\sigma_{y,b} = \frac{6 \cdot m_y}{d^2}$
$\tau_{xy,b}$	Tensione dovuta al momento torsionale m_{xy} $\tau_{xy,b} = \frac{6 \cdot m_{xy}}{d^2}$

$\sigma_{x,m}$	Tensione della membratura dovuta alla forza assiale n_x $\sigma_{x,m} = \frac{n_x}{d}$
$\sigma_{y,m}$	Tensione della membratura dovuta alla forza assiale n_y $\sigma_{y,m} = \frac{n_y}{d}$ <p style="text-align: right;">con d: spessore della superficie</p>
$\tau_{xy,m}$	Tensione della membratura dovuta alla flusso assiale n_{xy} $\tau_{xy,m} = \frac{n_{xy}}{d}$

Tabella 8.12: Altre tensioni

8.20 Superfici - Tensioni di contatto

Quando il modello ha vincoli esterni delle superfici (si veda paragrafo 4.9, pagina 110), la tabella 4.20 mostra le sollecitazioni di contatto ("pressioni di contatto del suolo") delle superfici in forma numerica. Per controllare la visualizzazione grafica dei risultati, si segni la casella di controllo *Superfici* nel navigatore *Risultati*, e dopo si selezioni *Tensioni di contatto*.

Per le piastre 2D è visualizzata solo la colonna dei risultati σ_z .

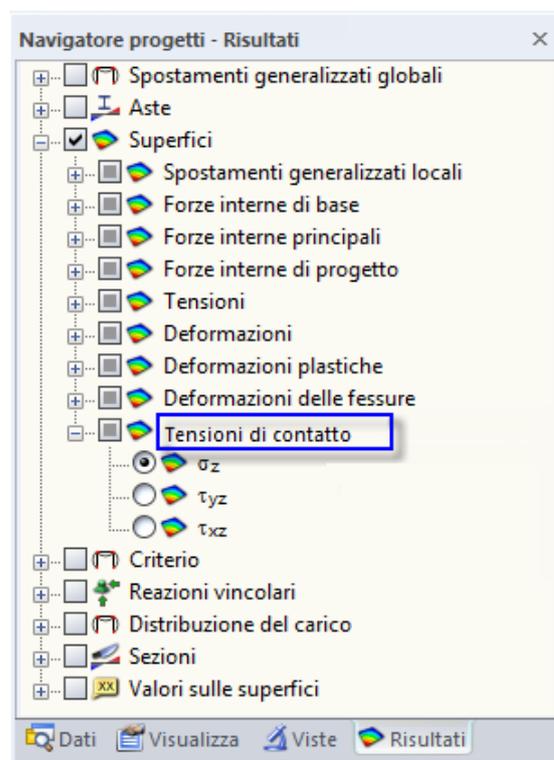


Figura 8.51: Navigatore Risultati : Superfici → Tensioni di contatto

Superf. nr.	Punto griglia	Coordinate dei punti della griglia [m]			Tensioni di contatto [kN/m ²]		
		X	Y	Z	σ_z	τ_{yz}	τ_{xz}
1	1	0.000	0.000	0.000	0.00	0.80	-1.41
2	2	0.500	0.000	0.000	0.01	0.71	-1.38
3	3	1.000	0.000	0.000	0.01	0.66	-1.36
4	4	1.500	0.000	0.000	0.02	0.61	-1.34
5	5	2.000	0.000	0.000	0.02	0.57	-1.33
6	6	2.500	0.000	0.000	0.03	0.54	-1.32
7	7	3.000	0.000	0.000	0.03	0.50	-1.31
8	8	3.500	0.000	0.000	0.03	0.47	-1.31
9	9	4.000	0.000	0.000	0.03	0.44	-1.30
10	10	4.500	0.000	0.000	0.02	0.42	-1.29

Figura 8.52: Tabella 4.20 Superfici - Tensioni di contatto

La tabella mostra le tensioni di contatto ordinate per superficie. I risultati sono elencati in riferimento ai punti della griglia di ciascuna superficie.

Punto della griglia

I numeri dei punti della griglia sono elencati per superficie. Per informazioni più dettagliate sui punti della griglia, si veda il paragrafo 8.12 a pagina 316.

Coordinate del punto della griglia

Le colonne della tabella da B a D mostrano le coordinate dei punti della griglia nel sistema globale di coordinate XYZ. Quando si fa clic su una riga della tabella, il corrispondente punto della griglia è indicato nella finestra di lavoro da una freccia, purché la sia attivata la sincronizzazione di selezione (si veda paragrafo 11.5.4, pagina 516).

Tensioni di contatto

Le tensioni sono relative alle direzioni degli assi locali della superficie. Quando si analizzano superfici curve, queste si riferiscono agli assi degli elementi finiti (si veda figura, pagina 320).

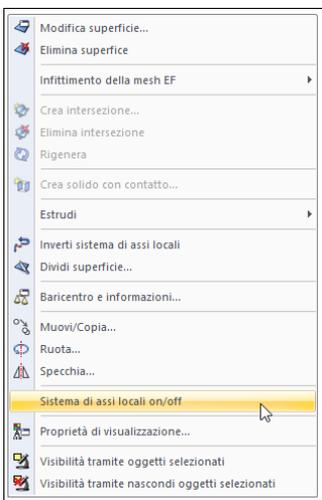
Le tensioni di contatto hanno i seguenti significati:

σ_z	<p>Tensione di contatto ("pressione del terreno") in direzione dell'asse z della superficie</p> $\sigma_z = v \cdot (\sigma_x + \sigma_y)$ <p>con σ_x / σ_y: tensioni nel suolo v: coefficiente di Poisson del suolo</p>
τ_{yz}	<p>Tensione tangenziale dal vincolo esterno della superficie</p> $\tau_{yz} = \frac{3 \cdot v_y}{2 \cdot d}$ <p>con d: spessore della superficie</p>
τ_{xz}	<p>Tensione tangenziale dal vincolo esterno della superficie</p> $\tau_{xz} = \frac{3 \cdot v_x}{2 \cdot d}$

Tabella 8.13: Tensioni di contatto

Le tensioni di contatto positive sono visualizzate con barre blu nella tabella. Di conseguenza, le tensioni negative sono rappresentate da barre rosse.

La tabella mostra le tensioni trasferite nel vincolo esterno sotto forma di forze per superficie. Così, per quanto riguarda i segni, la tabella non mostra le reazioni dalla parte del vincolo esterno. Se



Menu contestuale della superficie



l'asse locale z della superficie è orientato verso il basso, un carico, per esempio nella direzione dell'asse z avrà come risultato una tensione positiva σ_z . Così, i segni derivano dalla direzione dell'asse z della superficie (si veda figura, pagina 87).

L'orientamento dell'asse locale z della superficie può essere cambiato rapidamente nelle strutture 3D: fare clic con il pulsante destro sulla superficie per aprire il menu contestuale della superficie (si veda figura sopra a sinistra), quindi selezionare l'opzione *Inverti sistema assiale locale*. Si noti, tuttavia, che l'efficacia cambierà quindi la direzione di azione.

8.21 Superfici - Tensioni equivalenti - von Mises

Per controllare la visualizzazione grafica delle tensioni equivalenti delle superfici, segnare la casella di controllo *Superfici* nel navigatore *Risultati*, e selezionare *Tensioni*. La tabella 4.21 mostra le tensioni equivalenti determinate secondo VON MISES in forma numerica.

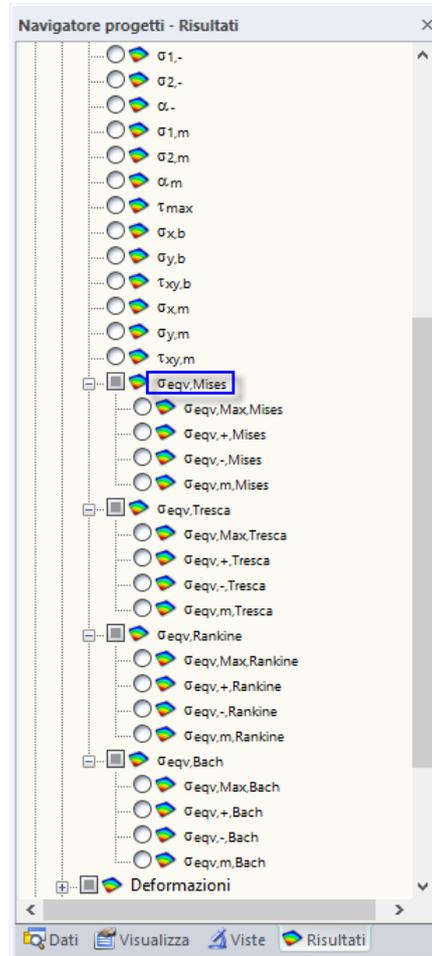


Figura 8.53: Tensioni equivalenti nel navigatore *Risultati* : *Superfici* → *Tensioni* → $\sigma_{eqv,Mises}$

Superf. nr.	Punto griglia	Coordinate dei punti della griglia [m]			Tensioni equivalenti von Mises [kN/cm ²]			
		X	Y	Z	$\sigma_{eqv,max}$	$\sigma_{eqv,+}$	$\sigma_{eqv,-}$	$\sigma_{eqv,m}$
2	1	7.212	5.992	0.000	1.08	0.88	1.05	0.15
	2	7.212	5.992	0.500	0.69	0.24	0.69	0.31
	3	7.212	5.992	1.000	0.31	0.27	0.31	0.23
	4	7.212	5.992	1.500	0.28	0.28	0.13	0.16
	5	7.212	5.992	2.000	0.29	0.29	0.08	0.12
	6	7.212	5.992	2.500	0.32	0.32	0.14	0.11
	7	7.212	5.992	3.000	0.41	0.41	0.12	0.19
	8	7.212	5.992	3.500	0.59	0.59	0.15	0.36
	9	7.212	5.992	4.000	0.66	0.64	0.56	0.58
	10	7.706	5.916	0.000	0.46	0.46	0.37	0.08

Figura 8.54: Tabella 4.21 *Superfici - Tensioni equivalenti - von Mises*

La tabella mostra le tensioni equivalenti ordinate per superficie. I risultati sono elencati in riferimento ai punti della griglia di ciascuna superficie.

Punto della griglia

I numeri dei punti della griglia sono elencati per superficie. Per informazioni più dettagliate sui punti della griglia, si veda il paragrafo 8.12 a pagina 316.

Coordinate del punto della griglia

Le colonne della tabella da B a D mostrano le coordinate dei punti della griglia nel sistema globale di coordinate XYZ.

Tensioni equivalenti

Nel navigatore *Risultati*, sono disponibili quattro ipotesi di tensioni equivalenti da selezionare per la condizione di tensione piana. L'approccio di VON MISES è anche chiamato "Massima energia di distorsione". Si suppone che il materiale giunge a rottura non appena l'energia di deformazione superi un certo limite. Questa energia è il tipo di energia che provoca una distorsione o deformazioni dell'oggetto.

L'approccio rappresenta l'ipotesi di tensione equivalente più nota e utilizzata di frequente. È appropriata per tutti i materiali che non sono fragili. Pertanto, è ampiamente utilizzata in opere edili d'acciaio. Tuttavia, l'ipotesi non è adeguata per le condizioni di tensioni idrostatiche con tensioni principali equali tutte le direzioni, dato che qui la tensione equivalente è pari a zero.

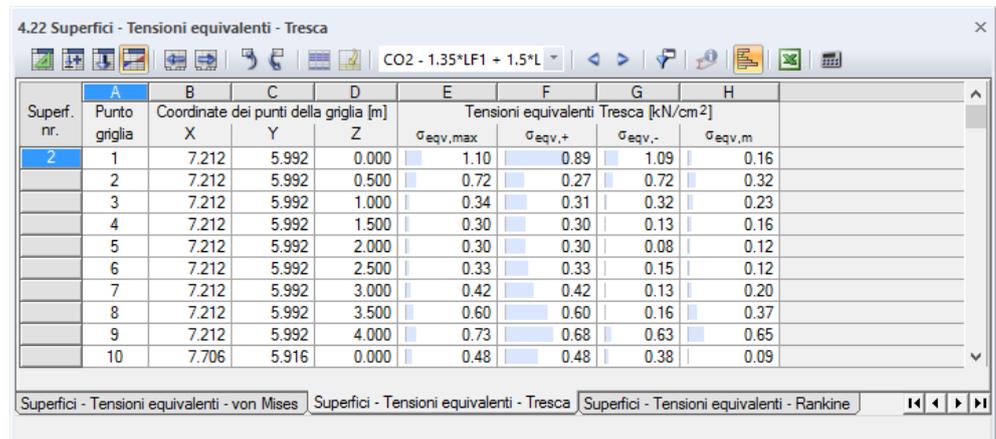
Le tensioni equivalenti, secondo VON MISES per le condizioni di tensione del piano hanno i seguenti significati:

$\sigma_{v,+}$	<p>Tensione equivalente sul lato positivo della superficie (cioè sul lato nella direzione dell'asse z positivo della superficie)</p> $\sigma_{v,+} = \sqrt{\sigma_{x,+}^2 + \sigma_{y,+}^2 - \sigma_{x,+} \cdot \sigma_{y,+} + 3 \cdot \tau_{xy,+}^2}$
$\sigma_{v,-}$	<p>Tensione equivalente sul lato negativo della superficie</p> $\sigma_{v,-} = \sqrt{\sigma_{x,-}^2 + \sigma_{y,-}^2 - \sigma_{x,-} \cdot \sigma_{y,-} + 3 \cdot \tau_{xy,-}^2}$
$\sigma_{v,m}$	<p>Tensione equivalente della membratura come valore massimo assoluto di</p> $\sigma_{v,m} = \frac{\sigma_{x,m} + \sigma_{y,m}}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_{x,m} - \sigma_{y,m}}{2}\right)^2 + \tau_{xy,m}^2} \text{ o}$ $\sigma_{v,m} = \frac{\sigma_{x,m} + \sigma_{y,m}}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_{x,m} - \sigma_{y,m}}{2}\right)^2 + \tau_{xy,m}^2} \text{ o}$ $\sigma_{v,m} = \sqrt{(\sigma_{x,m} - \sigma_{y,m})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,m}^2}$ <p>dove:</p> $\sigma_{x,m} = \frac{n_x}{d}$ $\sigma_{y,m} = \frac{n_y}{d} \quad \text{con d: spessore della superficie}$ $\tau_{xy,m} = \frac{n_{xy}}{d}$

Tabella 8.14: Tensioni equivalenti secondo a VON MISES

8.22 Superfici - Tensioni equivalenti - Tresca

Per controllare la visualizzazione grafica delle tensioni equivalenti delle superfici, si segni la casella di controllo *Superfici* nel navigatore *Risultati*, e dopo si selezioni *Tensioni* (si veda figura, pagina 339). La tabella 4.22 mostra le tensioni equivalenti delle superfici determinate secondo TRESCA in forma numerica.



Superf. nr.	Punto griglia	Coordinate dei punti della griglia [m]			Tensioni equivalenti Tresca [kN/cm ²]			
		X	Y	Z	$\sigma_{eqv,max}$	$\sigma_{eqv,+}$	$\sigma_{eqv,-}$	$\sigma_{eqv,m}$
2	1	7.212	5.992	0.000	1.10	0.89	1.09	0.16
	2	7.212	5.992	0.500	0.72	0.27	0.72	0.32
	3	7.212	5.992	1.000	0.34	0.31	0.32	0.23
	4	7.212	5.992	1.500	0.30	0.30	0.13	0.16
	5	7.212	5.992	2.000	0.30	0.30	0.08	0.12
	6	7.212	5.992	2.500	0.33	0.33	0.15	0.12
	7	7.212	5.992	3.000	0.42	0.42	0.13	0.20
	8	7.212	5.992	3.500	0.60	0.60	0.16	0.37
	9	7.212	5.992	4.000	0.73	0.68	0.63	0.65
	10	7.706	5.916	0.000	0.48	0.48	0.38	0.09

Figura 8.55: Tabella 4.22 *Superfici - Tensioni equivalenti - Tresca*

Le colonne della tabella *Punto della griglia* e *Coordinate del punto della griglia* corrispondono alle colonne della tabella dei risultati precedenti 4.21 *Superfici - Tensioni equivalenti - von Mises*.

L'approccio proposto da TRESCA è noto anche come "teoria della tensione tangenziale massima". Si suppone che la rottura è causata dalla tensione tangenziale massima. Poiché è possibile applicare questa ipotesi ai materiali fragili, è spesso utilizzata in ingegneria meccanica.

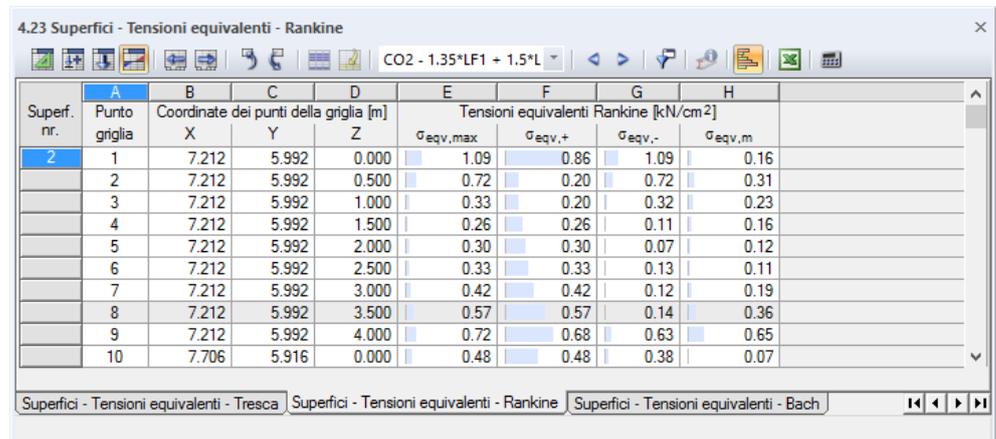
Le tensioni equivalenti secondo TRESCA si determinano come segue:

$\sigma_{v,max,Tresca}$	Massimo della tensione equivalente sul lato positivo e negativo della superficie
$\sigma_{v,+Tresca}$	Tensione equivalente sul lato positivo della superficie $\sigma_{v,+} = \sqrt{(\sigma_{x,+} - \sigma_{y,+})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,+}^2}$
$\sigma_{v,-Tresca}$	Tensione equivalente sul lato negativo della superficie $\sigma_{v,-} = \sqrt{(\sigma_{x,-} - \sigma_{y,-})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,-}^2}$
$\sigma_{v,m,Tresca}$	Tensione equivalente della membratura $\sigma_{v,m} = \sqrt{(\sigma_{x,m} - \sigma_{y,m})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,m}^2}$
$\sigma_{v,m,Tresca,Rankine}$	Massimo della tensione equivalente della membratura secondo TRESCA o RANKINE

Tabella 8.15: Tensioni equivalenti secondo a TRESCA

8.23 Superfici - Tensioni equivalenti - Rankine

Per controllare la visualizzazione grafica delle tensioni equivalenti delle superfici, si segni la casella di controllo *Superfici* nel navigatore *Risultati*, e dopo si selezioni *Tensioni* (si veda figura, pagina 339). La tabella 4.23 mostra le tensioni equivalenti delle superfici determinate secondo RANKINE in forma numerica.



Superf. nr.	Punto griglia	Coordinate dei punti della griglia [m]			Tensioni equivalenti Rankine [kN/cm ²]			
		X	Y	Z	$\sigma_{\text{eqv,max}}$	$\sigma_{\text{eqv,+}}$	$\sigma_{\text{eqv,-}}$	$\sigma_{\text{eqv,m}}$
2	1	7.212	5.992	0.000	1.09	0.86	1.09	0.16
	2	7.212	5.992	0.500	0.72	0.20	0.72	0.31
	3	7.212	5.992	1.000	0.33	0.20	0.32	0.23
	4	7.212	5.992	1.500	0.26	0.26	0.11	0.16
	5	7.212	5.992	2.000	0.30	0.30	0.07	0.12
	6	7.212	5.992	2.500	0.33	0.33	0.13	0.11
	7	7.212	5.992	3.000	0.42	0.42	0.12	0.19
	8	7.212	5.992	3.500	0.57	0.57	0.14	0.36
	9	7.212	5.992	4.000	0.72	0.68	0.63	0.65
	10	7.706	5.916	0.000	0.48	0.48	0.38	0.07

Figura 8.56: Tabella 4.23 *Superfici - Tensioni equivalenti - Rankine*

Le colonne della tabella *Punto della griglia* e *Coordinate del punto della griglia* corrispondono alle colonne della tabella dei risultati 4.21 *Superfici - Tensioni equivalenti - von Mises*.

L'ipotesi della tensione equivalente di RANKINE è nota anche come "criterio della tensione principale massima". Si suppone che la rottura è causata dalla tensione principale massima.

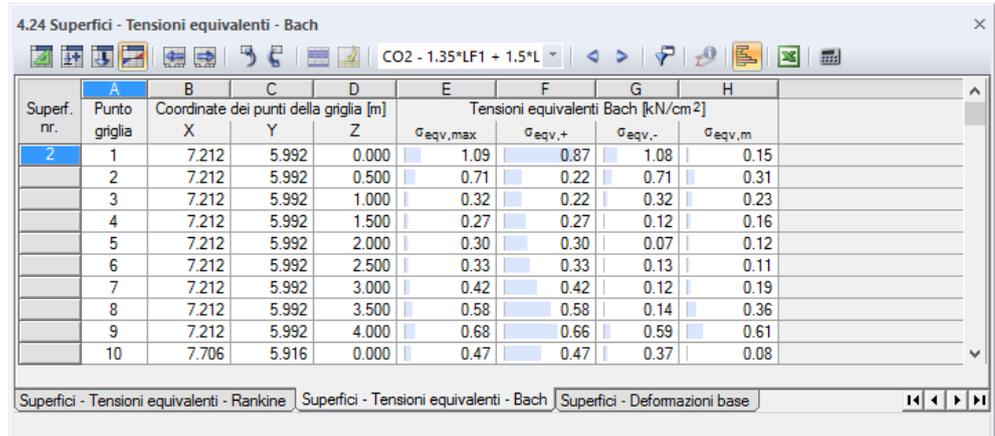
Le tensioni equivalenti sono determinate come segue:

$\sigma_{v,\text{max,Rankine}}$	Massimo della tensione equivalente sul lato positivo e negativo della superficie
$\sigma_{v,+,\text{Rankine}}$	Valore assoluto massimo della tensione equivalente sul lato positivo della superficie $\sigma = \frac{1}{2}(\sigma_{x,+} + \sigma_{y,+}) \pm \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_{x,+} - \sigma_{y,+})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,+}^2}$
$\sigma_{v,-,\text{Rankine}}$	Valore assoluto massimo della tensione equivalente sul lato negativo della superficie $\sigma = \frac{1}{2}(\sigma_{x,-} + \sigma_{y,-}) \pm \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_{x,-} - \sigma_{y,-})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,-}^2}$
$\sigma_{v,m,\text{Rankine}}$	Valore assoluto massimo della tensione equivalente della membratura $\sigma_m = \frac{1}{2}(\sigma_{x,m} + \sigma_{y,m}) \pm \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_{x,m} - \sigma_{y,m})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,m}^2}$
$\sigma_{v,m,\text{Tresca,Rankine}}$	Massimo della tensione equivalente della membratura secondo TRESKA o RANKINE

Tabella 8.16: Tensioni equivalenti secondo RANKINE

8.24 Superfici - Tensioni equivalenti - Bach

Per controllare la visualizzazione grafica delle tensioni equivalenti delle superfici, si segni la casella di controllo *Superfici* nel navigatore *Risultati*, e dopo si selezioni *Tensioni* (si veda figura, pagina 339). La tabella 4.24 mostra le tensioni equivalenti delle superfici determinate secondo BACH in forma numerica.



Superf. nr.	Punto griglia	Coordinate dei punti della griglia [m]			Tensioni equivalenti Bach [kN/cm ²]			
		X	Y	Z	$\sigma_{eqv,max}$	$\sigma_{eqv,+}$	$\sigma_{eqv,-}$	$\sigma_{eqv,m}$
2	1	7.212	5.992	0.000	1.09	0.87	1.08	0.15
	2	7.212	5.992	0.500	0.71	0.22	0.71	0.31
	3	7.212	5.992	1.000	0.32	0.22	0.32	0.23
	4	7.212	5.992	1.500	0.27	0.27	0.12	0.16
	5	7.212	5.992	2.000	0.30	0.30	0.07	0.12
	6	7.212	5.992	2.500	0.33	0.33	0.13	0.11
	7	7.212	5.992	3.000	0.42	0.42	0.12	0.19
	8	7.212	5.992	3.500	0.58	0.58	0.14	0.36
	9	7.212	5.992	4.000	0.68	0.66	0.59	0.61
	10	7.706	5.916	0.000	0.47	0.47	0.37	0.08

Figura 8.57: Tabella 4.24 *Superfici - Tensioni equivalenti - Bach*

Le colonne della tabella *Punto della griglia* e *Coordinate del punto della griglia* corrispondono alle colonne della tabella dei risultati 4.21 *Superfici - Tensioni equivalenti - von Mises*.

L'ipotesi della tensione equivalente di BACH è nota anche come "criterio di deformazione principale". Si suppone che la rottura si verifica nella direzione della deformazione massima. L'approccio è simile alla determinazione della tensione secondo RANKINE descritta nel paragrafo 8.23. Qui, la deformazione principale è utilizzata al posto della tensione principale.

Le tensioni equivalenti secondo BACH sono determinate come segue:

$\sigma_{v,max,Bach}$	Massimo della tensione equivalente sul lato positivo e negativo della superficie
$\sigma_{v,+,Bach}$	Valore assoluto massimo della tensione equivalente sul lato positivo della superficie $\sigma_{v,+} = \frac{1-\nu}{2}(\sigma_{x,+} + \sigma_{y,+}) \pm \frac{1+\nu}{2}\sqrt{(\sigma_{x,+} - \sigma_{y,+})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,+}^2}$ con ν : Rapporto di Poisson (si veda paragrafo 4.3, pagina 64)
$\sigma_{v,-,Bach}$	Valore assoluto massimo della tensione equivalente sul lato negativo della superficie $\sigma_{v,-} = \frac{1-\nu}{2}(\sigma_{x,-} + \sigma_{y,-}) \pm \frac{1+\nu}{2}\sqrt{(\sigma_{x,-} - \sigma_{y,-})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,-}^2}$
$\sigma_{v,m,Bach}$	Valore assoluto massimo della tensione equivalente della membratura $\sigma_{v,m} = \frac{1-\nu}{2}(\sigma_{x,m} + \sigma_{y,m}) \pm \frac{1+\nu}{2}\sqrt{(\sigma_{x,m} - \sigma_{y,m})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,m}^2}$

Tabella 8.17: Tensioni equivalenti secondo a BACH

8.25 Superfici - Deformazioni base

Per controllare la visualizzazione grafica delle deformazioni delle superfici, si segni la casella di controllo *Superfici* nel navigatore *Risultati*, e dopo si selezioni *Deformazioni*. La tabella 4.25 mostra le deformazioni di base delle superfici in forma numerica.



Figura 8.58: Navigatore *Risultati* : *Superfici* → *Deformazioni*

4.25 Superfici - Deformazioni base										
Superf. nr.	Punto griglia	Coordinate dei punti della griglia [m]			Deformazioni base [-]					
		X	Y	Z	$\epsilon_{x,+}$	$\epsilon_{y,+}$	$\gamma_{xy,+}$	$\epsilon_{x,-}$	$\epsilon_{y,-}$	$\gamma_{xy,-}$
2	1	7.212	5.992	0.000	0.00024	-0.00004	0.00015	-0.00030	0.00001	-0.00020
	2	7.212	5.992	0.500	0.00004	-0.00001	-0.00008	-0.00021	0.00002	-0.00004
	3	7.212	5.992	1.000	-0.00003	0.00001	-0.00010	-0.00010	0.00001	0.00003
	4	7.212	5.992	1.500	-0.00006	0.00001	-0.00008	-0.00003	0.00001	0.00003
	5	7.212	5.992	2.000	-0.00008	0.00001	-0.00005	0.00001	0.00000	0.00003
	6	7.212	5.992	2.500	-0.00010	0.00001	-0.00000	0.00003	-0.00000	0.00002
	7	7.212	5.992	3.000	-0.00012	0.00001	0.00006	0.00002	-0.00000	0.00000
	8	7.212	5.992	3.500	-0.00014	0.00001	0.00016	-0.00004	-0.00000	0.00003
	9	7.212	5.992	4.000	-0.00012	-0.00006	0.00021	-0.00014	-0.00007	0.00011
	10	7.706	5.916	0.000	0.00012	0.00000	0.00011	-0.00011	0.00001	-0.00004

Figura 8.59: Tabella 4.25 *Superfici - Deformazioni base*

La tabella mostra le deformazioni ordinate per superficie. I risultati sono elencati in riferimento ai punti della griglia di ciascuna superficie.

Punto della griglia

I numeri dei punti della griglia sono elencati per superficie. Per informazioni più dettagliate sui punti della griglia, si veda il paragrafo 8.12 a pagina 316.

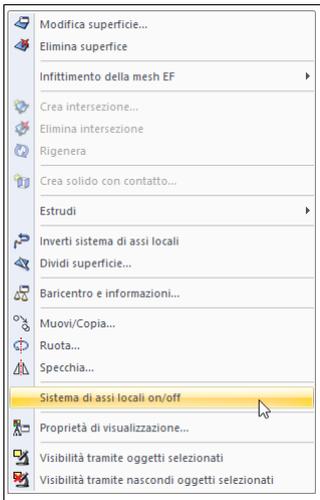
Coordinate del punto della griglia

Le colonne della tabella da B a D mostrano le coordinate dei punti della griglia nel sistema globale di coordinate X Y Z.

Deformazioni base

Le deformazioni sono relative alle direzioni degli assi locali della superficie. Quando si analizzano superfici curve, queste si riferiscono agli assi degli elementi finiti (si veda figura, pagina 320).

Le deformazioni di base hanno i seguenti significati:



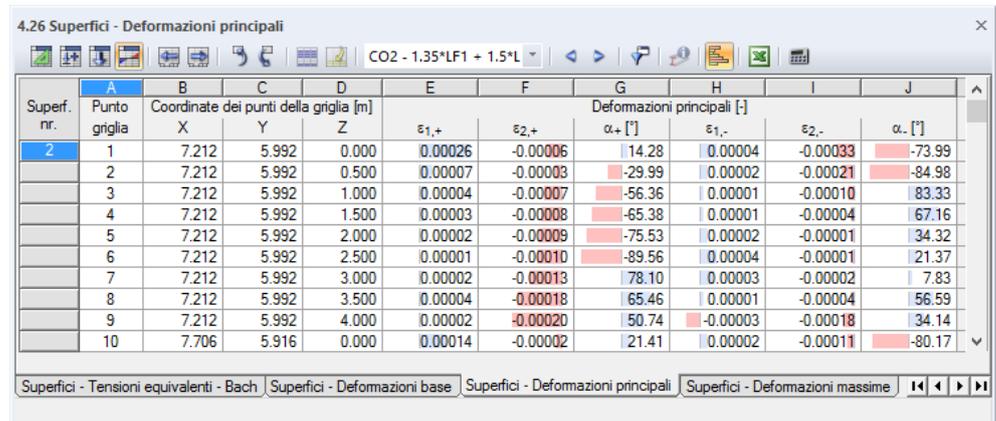
Menu contestuale della superficie

$\epsilon_{x,+}$	Tensione nella direzione dell'asse locale x sul lato positivo della superficie (cioè sul lato nella direzione dell'asse z positivo della superficie) $\epsilon_{x,+} = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{d}{2} \cdot \frac{\partial \varphi_y}{\partial x}$ con d: spessore della superficie
$\epsilon_{y,+}$	Deformazione nella direzione dell'asse locale y sul lato positivo della superficie (cioè sul lato nella direzione dell'asse z positivo della superficie) $\epsilon_{x,+} = \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{d}{2} \cdot \left(-\frac{\partial \varphi_x}{\partial y} \right)$
$\gamma_{xy,+}$	Rotazione relativa al lato positivo della superficie $\gamma_{xy,+} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{d}{2} \cdot \left(\frac{\partial \varphi_y}{\partial y} - \frac{\partial \varphi_x}{\partial x} \right)$
$\epsilon_{x,-}$	Deformazione nella direzione dell'asse x sul lato negativo della superficie $\epsilon_{x,-} = \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{d}{2} \cdot \frac{\partial \varphi_y}{\partial x}$
$\epsilon_{y,-}$	Deformazione nella direzione dell'asse y sul lato negativo della superficie $\epsilon_{x,-} = \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{d}{2} \cdot \left(-\frac{\partial \varphi_x}{\partial y} \right)$
$\gamma_{xy,-}$	Rotazione relativa al lato negativo della superficie $\gamma_{xy,+} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{d}{2} \cdot \left(\frac{\partial \varphi_y}{\partial y} - \frac{\partial \varphi_x}{\partial x} \right)$

Tabella 8.18: Deformazioni di base

8.26 Superfici - Deformazioni principali

Per controllare la visualizzazione grafica delle deformazioni, si segni la casella di controllo *Superfici* nel navigatore *Risultati*, e dopo si selezioni *Deformazioni* (si veda figura, pagina 344). La tabella 4.26 mostra le deformazioni principali delle superfici in forma numerica.



Superf. nr.	A Punto griglia	B Coordinate dei punti della griglia [m]			G Deformazioni principali [-]					
		X	Y	Z	$\epsilon_{1,+}$	$\epsilon_{2,+}$	α_+ [°]	$\epsilon_{1,-}$	$\epsilon_{2,-}$	α_- [°]
2	1	7.212	5.992	0.000	0.00026	-0.00006	14.28	0.00004	-0.00033	-73.99
	2	7.212	5.992	0.500	0.00007	-0.00003	-29.99	0.00002	-0.00021	-84.98
	3	7.212	5.992	1.000	0.00004	-0.00007	-56.36	0.00001	-0.00010	83.33
	4	7.212	5.992	1.500	0.00003	-0.00008	-65.38	0.00001	-0.00004	67.16
	5	7.212	5.992	2.000	0.00002	-0.00009	-75.53	0.00002	-0.00001	34.32
	6	7.212	5.992	2.500	0.00001	-0.00010	-89.56	0.00004	-0.00001	21.37
	7	7.212	5.992	3.000	0.00002	-0.00013	78.10	0.00003	-0.00002	7.83
	8	7.212	5.992	3.500	0.00004	-0.00018	65.46	0.00001	-0.00004	56.59
	9	7.212	5.992	4.000	0.00002	-0.00020	50.74	-0.00003	-0.00018	34.14
	10	7.706	5.916	0.000	0.00014	-0.00002	21.41	0.00002	-0.00011	-80.17

Figura 8.60: Tabella 4.26 *Superfici - Deformazioni principali*

La tabella mostra le deformazioni principali ordinate per superficie. I risultati sono elencati in riferimento ai punti della griglia di ciascuna superficie.

Le colonne della tabella *Punto della griglia* e *Coordinate del punto della griglia* corrispondono alle colonne della tabella dei risultati precedenti 4.25 *Superfici - Deformazioni di base*.

Deformazioni principali

Le deformazioni di base descritte nel paragrafo 8.25 fanno riferimento al sistema di coordinate xyz della superficie. Le deformazioni principali, comunque, rappresentano i valori estremi delle deformazioni in un elemento della superficie. L'asse principale 1 (valore massimo) e 2 (valore minimo) sono tra loro ortogonali.

È possibile visualizzare gli orientamenti degli assi principali α come traiettorie nella finestra di lavoro (si veda Figura 8.44, pagina 325 per le forze interne principali).

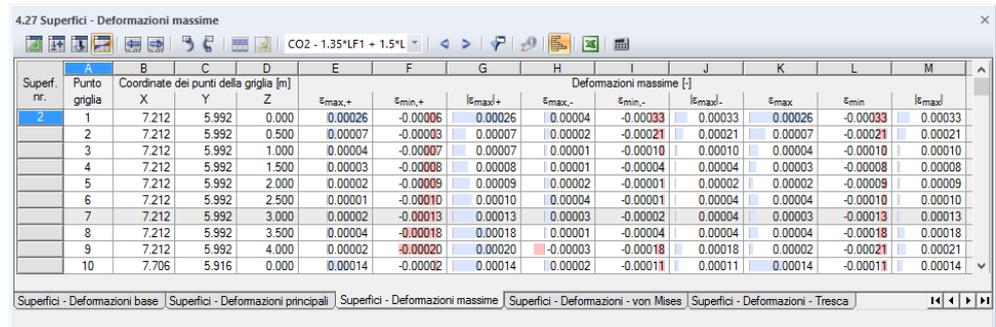
Le deformazioni principali hanno i seguenti significati:

$\varepsilon_{1,+}$	<p>Deformazione nella direzione dell'asse principale 1 sul lato positivo della superficie (cioè sul lato nella direzione dell'asse z positivo della superficie)</p> $\varepsilon_{1,+} = \frac{1}{2} \left(\varepsilon_{x,+} + \varepsilon_{y,+} + \sqrt{(\varepsilon_{x,+} - \varepsilon_{y,+})^2 + \gamma_{xy,+}^2} \right)$
$\varepsilon_{2,+}$	<p>Deformazione nella direzione dell'asse principale 2 sul lato positivo della superficie (cioè sul lato nella direzione dell'asse z positivo della superficie)</p> $\varepsilon_{2,+} = \frac{1}{2} \left(\varepsilon_{x,+} + \varepsilon_{y,+} - \sqrt{(\varepsilon_{x,+} - \varepsilon_{y,+})^2 + \gamma_{xy,+}^2} \right)$
α_+	<p>Angolo tra l'asse locale x (o y) e l'asse principale 1 (o 2) per le deformazioni sul lato positivo della superficie</p> $\alpha_+ = \frac{1}{2} \left(\arctan \left(\frac{\gamma_{xy,+}}{\varepsilon_{x,+} - \varepsilon_{y,+}} \right) \right)$
$\varepsilon_{1,-}$	<p>Deformazione nella direzione dell'asse principale 1 sul lato negativo della superficie</p> $\varepsilon_{1,-} = \frac{1}{2} \left(\varepsilon_{x,-} + \varepsilon_{y,-} + \sqrt{(\varepsilon_{x,-} - \varepsilon_{y,-})^2 + \gamma_{xy,-}^2} \right)$
$\varepsilon_{2,-}$	<p>Deformazione nella direzione dell'asse principale 2 sul lato negativo della superficie</p> $\varepsilon_{2,-} = \frac{1}{2} \left(\varepsilon_{x,-} + \varepsilon_{y,-} - \sqrt{(\varepsilon_{x,-} - \varepsilon_{y,-})^2 + \gamma_{xy,-}^2} \right)$
α_-	<p>Angolo tra l'asse locale x (o y) e l'asse principale 1 (o 2) per le tensioni sul lato positivo della superficie</p> $\alpha_- = \frac{1}{2} \left(\arctan \left(\frac{\gamma_{xy,-}}{\varepsilon_{x,-} - \varepsilon_{y,-}} \right) \right)$

Tabella 8.19: Deformazioni principali

8.27 Superfici - Deformazioni massime

Per controllare la visualizzazione grafica dei valori massimi delle deformazioni, si segni la casella di controllo *Superfici* nel navigatore *Risultati*, e dopo si selezioni *Deformazioni* (si veda figura, pagina 344). La tabella 4.27 mostra queste deformazioni in forma numerica.



Superf. nr.	Punto griglia	Coordinate dei punti della griglia [m]			Deformazioni massime [-]								
		X	Y	Z	$\epsilon_{max,+}$	$\epsilon_{min,+}$	$ \epsilon_{max} _+$	$\epsilon_{max,-}$	$\epsilon_{min,-}$	$ \epsilon_{max} _-$	ϵ_{max}	ϵ_{min}	$ \epsilon_{max} $
1	7.212	5.992	0.000	0.00026	-0.00006	0.00026	0.00004	-0.00033	0.00033	0.00026	-0.00033	0.00033	
2	7.212	5.992	0.500	0.00007	-0.00003	0.00007	0.00002	-0.00021	0.00021	0.00007	-0.00021	0.00021	
3	7.212	5.992	1.000	0.00004	-0.00007	0.00007	0.00001	-0.00010	0.00010	0.00004	-0.00010	0.00010	
4	7.212	5.992	1.500	0.00003	-0.00008	0.00008	0.00001	-0.00004	0.00004	0.00003	-0.00008	0.00008	
5	7.212	5.992	2.000	0.00002	-0.00009	0.00009	0.00002	-0.00001	0.00002	0.00002	-0.00009	0.00009	
6	7.212	5.992	2.500	0.00001	-0.00010	0.00010	0.00004	-0.00001	0.00004	0.00004	-0.00010	0.00010	
7	7.212	5.992	3.000	0.00002	-0.00013	0.00013	0.00003	-0.00002	0.00004	0.00003	-0.00013	0.00013	
8	7.212	5.992	3.500	0.00004	-0.00018	0.00018	0.00001	-0.00004	0.00004	0.00004	-0.00018	0.00018	
9	7.212	5.992	4.000	0.00002	-0.00020	0.00020	-0.00003	-0.00018	0.00018	0.00002	-0.00021	0.00021	
10	7.706	5.916	0.000	0.00014	-0.00002	0.00014	0.00002	-0.00011	0.00011	0.00014	-0.00011	0.00014	

Figura 8.61: Tabella 4.27 Superfici - Deformazioni massime

La tabella mostra i valori estremi delle deformazioni ordinate per superfici. I risultati sono elencati in riferimento ai punti della griglia di ciascuna superficie.

Le colonne della tabella *Punto della griglia* e *Coordinate del punto della griglia* corrispondono alle colonne della tabella dei risultati 4.25 *Superfici - Deformazioni di base*.

Deformazioni massime

Questi valori rappresentano i valori estremi delle deformazioni determinate dalle equazioni mostrate nella Tabella 8.19.

$\epsilon_{max,+}$	Valore massimo della deformazione sul lato positivo della superficie (cioè sul lato nella direzione dell'asse z positivo della superficie)
$\epsilon_{min,+}$	Valore minimo della deformazione sul lato positivo della superficie
$ \epsilon_{max} _+$	Valore assoluto massimo di entrambi i valori massimi sul lato positivo della superficie
$\epsilon_{max,-}$	Valore minimo della deformazione sul lato negativo della superficie
$\epsilon_{min,-}$	Valore minimo della deformazione sul lato negativo della superficie
$ \epsilon_{max} _-$	Valore assoluto massimo di entrambi i valori estremi sul lato negativo della superficie
ϵ_{max}	Valore massimo della deformazione sul lato positivo o negativo della superficie (colonne E e H)
ϵ_{min}	Valore minimo della deformazione sul lato positivo o negativo della superficie (colonne F e I)
$ \epsilon_{max} $	Valore massimo assoluto della deformazione sul lato positivo o negativo della superficie (colonne K e L)

Tabella 8.20: Deformazioni massime

8.28 Superfici - Deformazioni - Von Mises

Per controllare la visualizzazione grafica delle deformazioni delle superfici disponibili con l'ipotesi della tensione equivalente secondo VON MISES, si segni la casella di controllo *Superfici* nel navigatore *Risultati*, e dopo si selezioni *Deformazioni*. La tabella 4.28 mostra queste deformazioni in forma numerica.

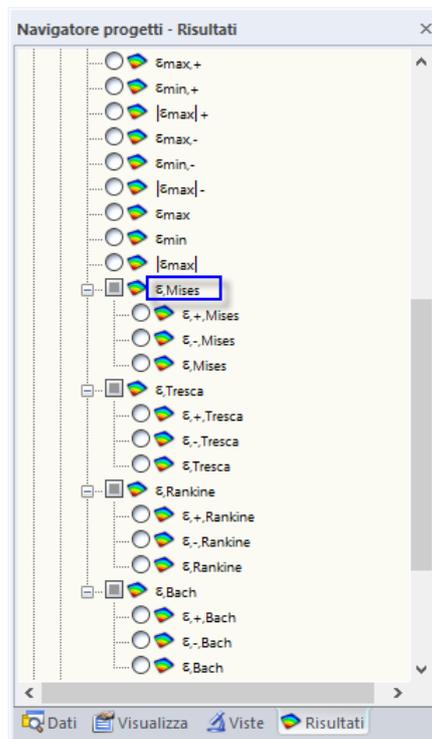


Figura 8.62: Deformazioni equivalenti nel navigatore *Risultati* : *Superfici* → *Deformazioni*

Superf. nr.	Punto griglia	Coordinate dei punti della griglia [m]			von Mises [-]		
		X	Y	Z	$\epsilon_{+,Mises}$	$\epsilon_{-,Mises}$	ϵ_{Mises}
2	1	7.212	5.992	0.000	0.00027	0.00032	0.00033
	2	7.212	5.992	0.500	0.00007	0.00021	0.00021
	3	7.212	5.992	1.000	0.00008	0.00009	0.00010
	4	7.212	5.992	1.500	0.00008	0.00004	0.00008
	5	7.212	5.992	2.000	0.00009	0.00002	0.00009
	6	7.212	5.992	2.500	0.00010	0.00004	0.00010
	7	7.212	5.992	3.000	0.00013	0.00004	0.00013
	8	7.212	5.992	3.500	0.00018	0.00004	0.00018
	9	7.212	5.992	4.000	0.00020	0.00017	0.00020
	10	7.706	5.916	0.000	0.00014	0.00011	0.00014

Figura 8.63: Tabella 4.28 *Superfici - Deformazioni - von Mises*

La tabella mostra le deformazioni equivalenti ordinate per superficie. I risultati sono elencati in riferimento ai punti della griglia di ciascuna superficie.

Punto della griglia

I numeri dei punti della griglia sono elencati per superficie. Per informazioni più dettagliate sui punti della griglia, si veda il paragrafo 8.12 a pagina 316.

Coordinate del punto della griglia

Le colonne della tabella da B a D mostrano le coordinate dei punti della griglia nel sistema globale di coordinate XYZ.

Deformazioni equivalenti secondo VON MISES

Gli approcci descritti per la condizione di planarità della deformazione nei paragrafi da 8.21 a 8.24 si possono selezionare nel navigatore *Risultati*. L'approccio di VON MISES è anche chiamato "Massima energia di distorsione". Si suppone che il materiale giunga a rottura non appena l'energia che modifica la forma superi un certo limite. Questa energia è il tipo di energia che provoca una distorsione o deformazione dell'oggetto (si veda paragrafo 8.21, pagina 339).

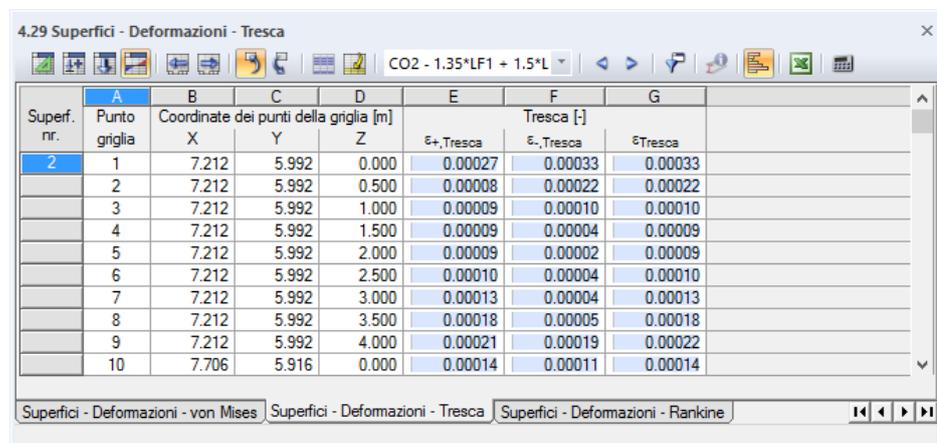
Le deformazioni secondo VON MISES per la condizione di planarità hanno i seguenti significati:

$\epsilon_{+,Mises}$	Deformazione equivalente sul lato positivo della superficie (cioè sul lato nella direzione dell'asse z positivo della superficie) $\epsilon_{+} = \frac{\sqrt{(\epsilon_{x,+} - \epsilon_{y,+})^2 + \left(\frac{\epsilon_{x,+} + \nu \cdot \epsilon_{y,+}}{1 - \nu}\right)^2 + \left(\frac{\nu \cdot \epsilon_{x,+} + \epsilon_{y,+}}{1 - \nu}\right)^2 + \frac{3}{2} \gamma_{xy,+}^2}}{\sqrt{2} \cdot (1 + \nu)}$
$\epsilon_{-,Mises}$	Deformazione equivalente sul lato negativo della superficie $\epsilon_{-} = \frac{\sqrt{(\epsilon_{x,-} - \epsilon_{y,-})^2 + \left(\frac{\epsilon_{x,-} + \nu \cdot \epsilon_{y,-}}{1 - \nu}\right)^2 + \left(\frac{\nu \cdot \epsilon_{x,-} + \epsilon_{y,-}}{1 - \nu}\right)^2 + \frac{3}{2} \gamma_{xy,-}^2}}{\sqrt{2} \cdot (1 + \nu)}$
ϵ_{Mises}	Massima deformazione equivalente sul lato positivo o negativo della superficie (colonne E e F)

Tabella 8.21: Deformazioni equivalenti secondo VON MISES

8.29 Superfici - Deformazioni - Tresca

Per controllare la visualizzazione grafica delle deformazioni disponibili delle superfici con le ipotesi della tensione equivalente secondo TRESCA, si segni la casella di controllo *Superfici* nel navigatore *Risultati*, e dopo si selezioni *Deformazioni* (si veda figura, pagina 349). La tabella 4.29 mostra queste deformazioni in forma numerica.



Superf. nr.	Punto griglia	Coordinate dei punti della griglia [m]			Tresca [-]		
		X	Y	Z	$\epsilon_{+,Tresca}$	$\epsilon_{-,Tresca}$	ϵ_{Tresca}
2	1	7.212	5.992	0.000	0.00027	0.00033	0.00033
	2	7.212	5.992	0.500	0.00008	0.00022	0.00022
	3	7.212	5.992	1.000	0.00009	0.00010	0.00010
	4	7.212	5.992	1.500	0.00009	0.00004	0.00009
	5	7.212	5.992	2.000	0.00009	0.00002	0.00009
	6	7.212	5.992	2.500	0.00010	0.00004	0.00010
	7	7.212	5.992	3.000	0.00013	0.00004	0.00013
	8	7.212	5.992	3.500	0.00018	0.00005	0.00018
	9	7.212	5.992	4.000	0.00021	0.00019	0.00022
	10	7.706	5.916	0.000	0.00014	0.00011	0.00014

Figura 8.64: Tabella 4.29 *Superfici - Deformazioni - Tresca*

Le colonne della tabella *Punto della griglia* e *Coordinate del punto della griglia* corrispondono alle colonne della tabella dei risultati precedenti 4.28 *Superfici - Deformazioni - von Mises*.

Con l'approccio secondo TRESKA si suppone che il cedimento è causato dalla tensione tangenziale massima (si veda paragrafo 8.22, pagina 341).

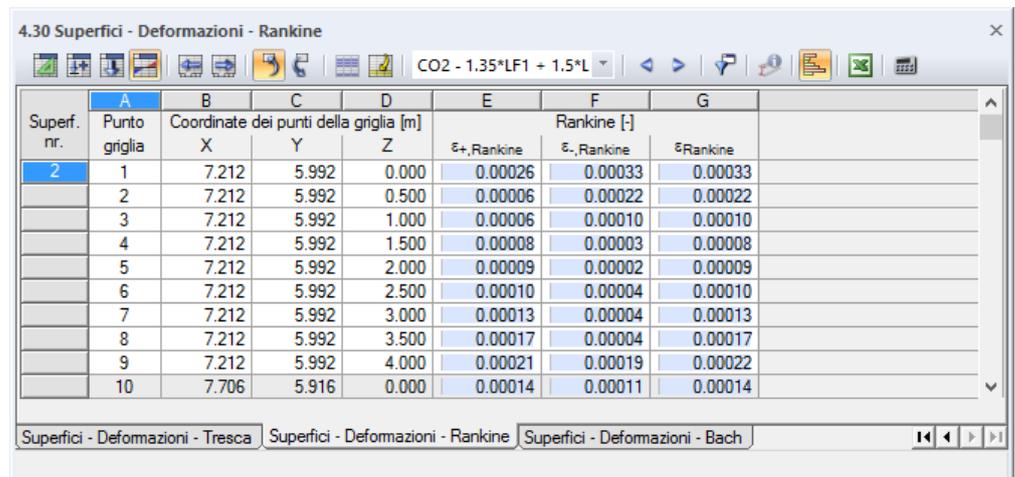
Le deformazioni secondo TRESKA si determinano come segue:

$\epsilon_{+,Tresca}$	<p>Deformazione equivalente sul lato positivo della superficie (cioè sul lato nella direzione dell'asse z positivo della superficie)</p> $\epsilon_{+} = \frac{\sqrt{(\epsilon_{x,+} - \epsilon_{y,+})^2 + \gamma_{xy,+}^2}}{1 + \nu}$ <p>Allo stesso tempo, sarà analizzata la deformazione equivalente secondo RANKINE (si veda paragrafo seguente 8.30). Se si raggiunge una deformazione più grande con questa ipotesi, questo valore sarà mostrato nella colonna E della tabella.</p>
$\epsilon_{-,Tresca}$	<p>Deformazione equivalente sul lato negativo della superficie</p> $\epsilon_{-} = \frac{\sqrt{(\epsilon_{x,-} - \epsilon_{y,-})^2 + \gamma_{xy,-}^2}}{1 + \nu}$ <p>Se le ipotesi di RANKINE hanno come risultato una maggiore deformazione equivalente, questo valore sarà mostrato nella colonna F.</p>
ϵ_{Tresca}	<p>Massima deformazione equivalente sul lato positivo o negativo della superficie (colonne E e F)</p>

Tabella 8.22: Deformazioni secondo TRESKA

8.30 Superfici - Deformazioni - Rankine

Per controllare la visualizzazione grafica delle deformazioni disponibili delle superfici con le ipotesi della tensione equivalente secondo RANKINE, si segni la casella di controllo *Superfici* nel navigatore *Risultati*, e dopo si selezioni *Deformazioni* (si veda figura, pagina 349). La tabella 4.30 mostra queste deformazioni in forma numerica.



Superf. nr.	Punto griglia	Coordinate dei punti della griglia [m]			Rankine [-]		
		X	Y	Z	$\epsilon_{+,Rankine}$	$\epsilon_{-,Rankine}$	$\epsilon_{Rankine}$
2	1	7.212	5.992	0.000	0.00026	0.00033	0.00033
	2	7.212	5.992	0.500	0.00006	0.00022	0.00022
	3	7.212	5.992	1.000	0.00006	0.00010	0.00010
	4	7.212	5.992	1.500	0.00008	0.00003	0.00008
	5	7.212	5.992	2.000	0.00009	0.00002	0.00009
	6	7.212	5.992	2.500	0.00010	0.00004	0.00010
	7	7.212	5.992	3.000	0.00013	0.00004	0.00013
	8	7.212	5.992	3.500	0.00017	0.00004	0.00017
	9	7.212	5.992	4.000	0.00021	0.00019	0.00022
	10	7.706	5.916	0.000	0.00014	0.00011	0.00014

Figura 8.65: Tabella 4.30 *Superfici - Deformazioni - Rankine*

Le colonne della tabella *Punto della griglia* e *Coordinate del punto della griglia* corrispondono alle colonne della tabella dei risultati 4.28 *Superfici - Deformazioni - von Mises*.

Con l'approccio secondo RANKINE si suppone che il cedimento è causato dalla massima tensione principale (si veda paragrafo 8.23, pagina 342).

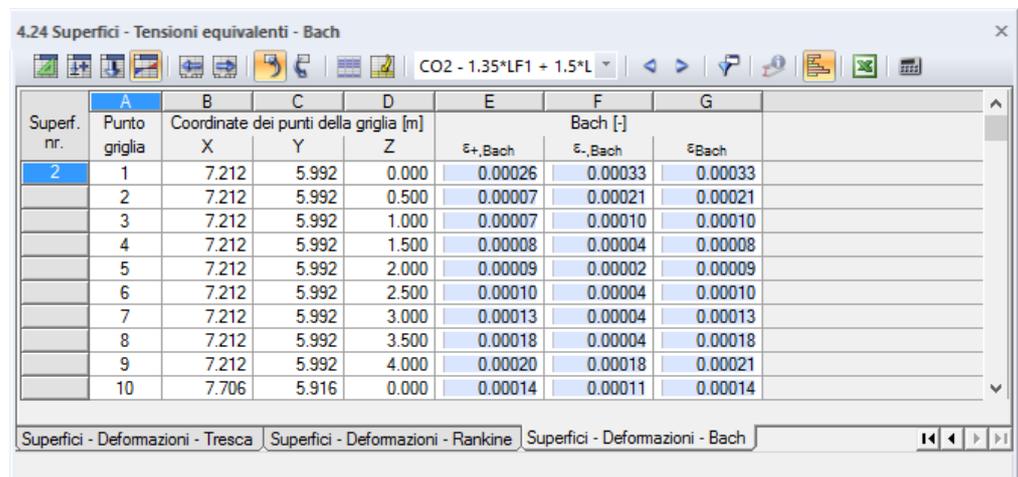
Le deformazioni secondo RANKINE si determinano come segue:

$\epsilon_{+,Rankine}$	Deformazione equivalente sul lato positivo della superficie (cioè sul lato nella direzione dell'asse z positivo della superficie) $\epsilon_{+} = \frac{1}{2} \left(\frac{ \epsilon_{x,+} + \epsilon_{y,+} }{1-\nu} + \frac{\sqrt{(\epsilon_{x,+} - \epsilon_{y,+})^2 + \gamma_{xy,+}^2}}{1+\nu} \right)$
$\epsilon_{-,Rankine}$	Deformazione equivalente sul lato negativo della superficie $\epsilon_{-} = \frac{1}{2} \left(\frac{ \epsilon_{x,-} + \epsilon_{y,-} }{1-\nu} + \frac{\sqrt{(\epsilon_{x,-} - \epsilon_{y,-})^2 + \gamma_{xy,-}^2}}{1+\nu} \right)$
$\epsilon_{Rankine}$	Massima deformazione equivalente sul lato positivo o negativo della superficie (colonne E e F)

Tabella 8.23: Deformazioni secondo RANKINE

8.31 Superfici - Deformazioni - Bach

Per controllare la visualizzazione grafica delle deformazioni disponibili delle superfici con le ipotesi della tensione equivalente secondo BACH, si segni la casella di controllo *Superfici* nel navigatore *Risultati*, e dopo selezioni *Deformazioni* (si veda figura, pagina 349). La tabella 4.31 mostra queste deformazioni in forma numerica.



Superf. nr.	A Punto griglia	B Coordinate dei punti della griglia [m]			G Bach [-]		
		X	Y	Z	E $\epsilon_{+,Bach}$	F $\epsilon_{-,Bach}$	G ϵ_{Bach}
2	1	7.212	5.992	0.000	0.00026	0.00033	0.00033
	2	7.212	5.992	0.500	0.00007	0.00021	0.00021
	3	7.212	5.992	1.000	0.00007	0.00010	0.00010
	4	7.212	5.992	1.500	0.00008	0.00004	0.00008
	5	7.212	5.992	2.000	0.00009	0.00002	0.00009
	6	7.212	5.992	2.500	0.00010	0.00004	0.00010
	7	7.212	5.992	3.000	0.00013	0.00004	0.00013
	8	7.212	5.992	3.500	0.00018	0.00004	0.00018
	9	7.212	5.992	4.000	0.00020	0.00018	0.00021
	10	7.706	5.916	0.000	0.00014	0.00011	0.00014

Figura 8.66: Tabella 4.31 *Superfici - Deformazioni - Bach*

Le colonne della tabella *Punto della griglia* e *Coordinate del punto della griglia* corrispondono alle colonne della tabella dei risultati 4.28 *Superfici - Deformazioni - von Mises*.

Con l'approccio secondo BACH si suppone che il cedimento avviene nella direzione della massima deformazione (si veda paragrafo 8.24, pagina 343).

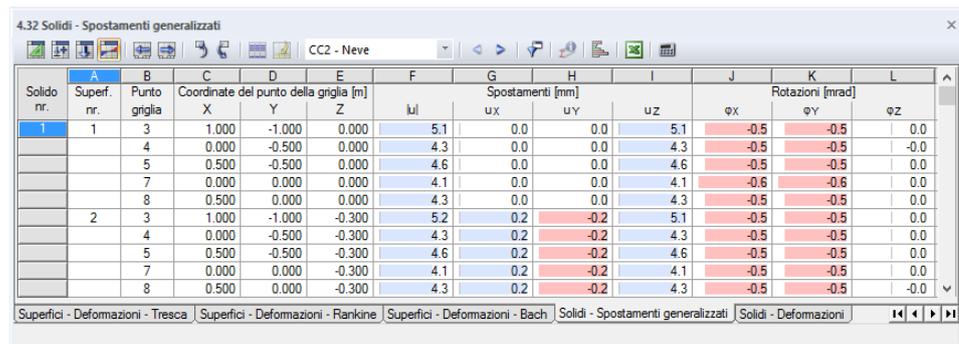
Le deformazioni secondo BACH si determinano come segue:

$\epsilon_{+,Bach}$	Valore assoluto massimo della deformazione principale ϵ_{1+} o ϵ_{2+} sul lato positivo della superficie (si veda paragrafo 8.26, pagina 347).
$\epsilon_{-,Bach}$	Valore assoluto massimo della deformazione principale ϵ_{1-} o ϵ_{2-} sul lato negativo della superficie (cioè sul lato nella direzione opposta dell'asse z positivo della superficie)
ϵ_{Bach}	Massima deformazione equivalente sul lato positivo o negativo della superficie (colonne E e F)

Tabella 8.24: Deformazioni secondo BACH

8.32 Solidi - Spostamenti generalizzati

Per controllare la visualizzazione grafica degli spostamenti generalizzati dei solidi, si spunti la casella di controllo *Spostamenti generalizzati globali* nel navigatore *Risultati*, (si veda figura, pagina 318). La tabella 4.32 riporta gli spostamenti generalizzati per le superfici di contorno dei solidi in forma numerica.



Solido nr.	Superf. nr.	Punto griglia	Coordinate del punto della griglia [m]			Spostamenti [mm]				Rotazioni [mrad]		
			X	Y	Z	u	ux	uy	uz	φx	φy	φz
1	3	1	1.000	-1.000	0.000	5.1	0.0	0.0	5.1	-0.5	-0.5	0.0
		4	0.000	-0.500	0.000	4.3	0.0	0.0	4.3	-0.5	-0.5	-0.0
		5	0.500	-0.500	0.000	4.6	0.0	0.0	4.6	-0.5	-0.5	0.0
		7	0.000	0.000	0.000	4.1	0.0	0.0	4.1	-0.6	-0.6	0.0
2	3	8	0.500	0.000	0.000	4.3	0.0	0.0	4.3	-0.5	-0.5	0.0
		3	1.000	-1.000	-0.300	5.2	0.2	-0.2	5.1	-0.5	-0.5	0.0
		4	0.000	-0.500	-0.300	4.3	0.2	-0.2	4.3	-0.5	-0.5	0.0
		5	0.500	-0.500	-0.300	4.6	0.2	-0.2	4.6	-0.5	-0.5	0.0
	7	7	0.000	0.000	-0.300	4.1	0.2	-0.2	4.1	-0.5	-0.5	0.0
		8	0.500	0.000	-0.300	4.3	0.2	-0.2	4.3	-0.5	-0.5	-0.0

Figura 8.67: Tabella 4.32 *Solidi - Spostamenti generalizzati*

La tabella mostra gli spostamenti e le rotazioni per i punti della griglia delle singole superfici del contorno. Gli spostamenti generalizzati all'interno del solido non sono mostrati.

Punto della griglia

I numeri dei punti della griglia sono elencati per superficie. Per informazioni più dettagliate sui punti della griglia, si veda il paragrafo 8.12 a pagina 316.

Coordinate del punto della griglia

Le colonne della tabella da C a E mostrano le coordinate dei punti della griglia nel sistema globale di coordinate XYZ.

Spostamenti / rotazioni

Gli spostamenti generalizzati hanno i seguenti significati:

u	Spostamento totale assoluto (non per combinazioni dei risultati)
ux	Spostamento del solido nella direzione dell'asse globale X
uy	Spostamento del solido nella direzione dell'asse globale Y
uz	Spostamento del solido nella direzione dell'asse globale Z
φx	Rotazione del solido intorno all'asse globale X

φ_y	Rotazione del solido intorno all'asse globale Y
φ_z	Rotazione del solido intorno all'asse globale Z

Tabella 8.25: Spostamenti generalizzati nei solidi

8.33 Solidi - Tensioni

Per controllare la visualizzazione grafica delle tensioni dei solidi, si spunti la casella di controllo *Solidi* nel navigatore *Risultati*. La tabella 4.33 riporta le tensioni dei solidi in forma numerica.



I risultati in tabella si riferiscono ai punti della griglia delle superfici del contorno. Questo significa che la tabella non include nessuna tensione disponibile all'interno del solido. Comunque, le tensioni all'interno del solido si possono rappresentare graficamente nei punti della mesh EF interni: nel navigatore *Risultati*, selezionare la casella di controllo *Valori sulle superfici*, e quindi selezionare *Impostazioni e Sui punti della mesh EF*. Utilizzare un piano di sezione (si veda paragrafo 9.9.2, pagina 393) per visualizzare i valori specifici.



Figura 8.68: Navigatore *Risultati* : *Solidi* → *Tensioni*

Solido nr.	Superf. nr.	Punto griglia	Coordinate del punto della griglia			Tensioni di base [kN/cm ²]			Tensioni tangenziali [kN/cm ²]				Tensioni principali [kN/cm ²]		
			X	Y	Z	σ_x	σ_y	σ_z	τ_{yz}	τ_{xz}	τ_{xy}	τ_{max}	σ_1	σ_2	σ_3
1	1	3	1.000	-1.000	0.000	-28.63	-28.63	-76.40	39.18	-39.18	35.34	66.32	6.72	-14.44	-125.93
		4	0.000	-0.500	0.000	9.70	-3.39	9.14	11.76	-0.01	-8.56	32.60	36.62	7.42	-28.59
		5	0.500	-0.500	0.000	10.62	10.62	-10.54	-2.13	2.13	-5.58	18.28	20.48	6.32	-16.09
		7	0.000	0.000	0.000	-38.62	-38.62	-88.14	-47.47	47.47	42.66	77.98	4.04	-17.48	-151.93
2	1	8	0.500	0.000	0.000	-3.39	9.70	9.14	0.01	-11.76	-8.56	32.60	36.62	7.42	-28.59
		3	1.000	-1.000	-0.300	-58.00	-58.00	-88.41	54.50	-54.50	31.76	77.07	12.01	-26.24	-166.16
		4	0.000	-0.500	-0.300	-20.44	-15.34	0.53	7.94	3.81	-0.76	31.82	21.93	-15.45	-41.72
	1	5	0.500	-0.500	-0.300	-23.28	-23.28	-24.40	-1.67	1.67	5.25	10.17	13.19	-24.24	-33.53
		7	0.000	0.000	-0.300	-43.33	-43.33	-90.06	-41.77	41.77	11.45	61.66	10.76	-31.88	-134.08

Figura 8.69: Tabella 4.33 *Solidi - Tensioni*

La tabella mostra le tensioni dei solidi ordinate secondo le superfici. I risultati sono elencati con riferimento ai punti della griglia di ciascuna superficie.

Punto della griglia

I numeri dei punti della griglia sono elencati per superficie. Per informazioni più dettagliate sui punti della griglia, si veda il paragrafo 8.12 a pagina 316.

Coordinate del punto della griglia

Le colonne della tabella da C a E mostrano le coordinate dei punti della griglia nel sistema globale di coordinate XYZ.

Tensioni di base / Tensioni tangenziali / Tensioni principali

Diversamente dalle tensioni delle superfici, le tensioni dei solidi non possono essere descritte con semplici equazioni. Le *Tensioni di base* σ_x , σ_y e σ_z così come le *Tensioni tangenziali* τ_{xy} , τ_{yz} e τ_{xz} si determinano direttamente dal core di analisi.

Se da un oggetto 3D con carico multiassiale si estrae un cubo con lunghezze dei lati d_x , d_y e d_z le tensioni su ciascuna superficie cubica si possono suddividere in tensioni normali e tangenziali. Se non si prendono in considerazione né la forza spaziale né le differenze di tensione su superfici parallele, la condizione tensionale nel sistema di coordinate locali del cubo possono essere descritte da nove componenti.

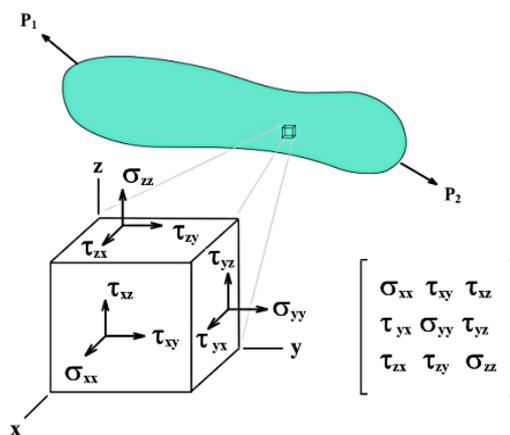


Figura 8.70: Elemento solido con componenti di tensione

La matrice del tensore della tensione è la seguente:

$$S = \begin{bmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_z \end{bmatrix}$$

Equazione 8.4: Matrice del tensore della tensione

Le *Tensioni principali* σ_1 , σ_2 e σ_3 derivano dagli autovalori del tensore secondo la seguente formula:

$$\det(S - \sigma E) = 0$$

dove E: matrice 3X3

Equazione 8.5: Tensioni principali

La massima *Tensione tangenziale* τ_{max} si determina secondo il cerchio di Mohr.

$$\tau_{\max} = \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3)$$

Equazione 8.6: Tensione tangenziale massima

Le traiettorie delle tensioni principali si possono rappresentare graficamente selezionando la voce del navigatore σ_{123} .

Tensioni equivalenti

La *Tensione equivalente* σ_v secondo VON MISES può essere espressa dalle seguenti equazioni omologhe:

$$\sigma_{v,Mises} = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2]}$$

Equazione 8.7: Tensione equivalente dalle tensioni principali secondo VON MISES

$$\sigma_{v,Mises} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 - \sigma_x\sigma_y - \sigma_x\sigma_z - \sigma_y\sigma_z + 3 \cdot (\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2 + \tau_{yz}^2)}$$

Equazione 8.8: Tensione equivalente dalle tensioni principali secondo VON MISES

Per determinare la *Tensione equivalente* σ_v secondo TRESCA, RFEM analizza le differenze delle tensioni principali per determinare tra queste il valore massimo.

$$\sigma_{v,Tresca} = \max(|\sigma_1 - \sigma_2|, |\sigma_2 - \sigma_3|, |\sigma_3 - \sigma_1|)$$

Equazione 8.9: Determinazione della tensione equivalente secondo TRESCA

La *Tensione equivalente* σ_v secondo RANKINE si determina dai valori massimi assoluti delle tensioni principali.

$$\sigma_{v,Tresca} = \max(|\sigma_1|, |\sigma_2|, |\sigma_3|)$$

Equazione 8.10: Determinazione della tensione equivalente secondo RANKINE

Per determinare la *Tensione equivalente* σ_v secondo BACH, RFEM analizza le differenze delle tensioni principali, considerando il coefficiente di Poisson, per determinare il valore massimo tra queste.

$$\sigma_{v,Bach} = \max[|\sigma_1 - \nu \cdot (\sigma_2 + \sigma_3)|, |\sigma_2 - \nu \cdot (\sigma_3 + \sigma_1)|, |\sigma_3 - \nu \cdot (\sigma_1 + \sigma_2)|]$$

Equazione 8.11: Determinazione della tensione equivalente secondo BACH

8.34 Solidi - Deformazioni

Per controllare la visualizzazione grafica delle deformazioni dei solidi, si segni la casella di controllo *Solidi* nel navigatore *Risultati*, e dopo si selezioni *Deformazioni*. La tabella 4.34 mostra le deformazioni in forma numerica.

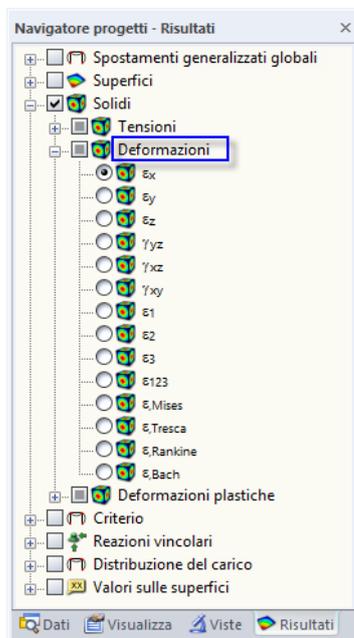


Figura 8.71: Navigatore Risultati : Solidi → Deformazioni

Solido nr.	Superf. nr.	Punto griglia	Coordinate dei punti della griglia [m]			ϵ_x	ϵ_y	ϵ_z	γ_{yz}	γ_{xz}	γ_{xy}	Solidi - Deformazioni []		
			X	Y	Z							ϵ_1	ϵ_2	ϵ_3
1	1	1	0.000	-1.500	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
		2	0.500	-1.500	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
		3	1.000	-1.500	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
		4	1.500	-1.500	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
		5	2.000	-1.500	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
		6	0.000	-1.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
		7	0.500	-1.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
		8	1.000	-1.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
		9	1.500	-1.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

Figura 8.72: Tabella 4.34 Solidi - Deformazioni

La tabella mostra le deformazioni ordinate per superficie. I risultati sono elencati in riferimento ai punti della griglia di ciascuna superficie.

Le colonne della tabella *Punto della griglia* e *Coordinate del punto della griglia* corrispondono alle colonne della tabella dei risultati precedenti 4.33 *Solidi - Tensioni*.

Solidi - Deformazioni

Le deformazioni si determinano direttamente dal core di analisi partendo dagli autovalori della matrice di deformazione. Quando si analizza il modello secondo l'analisi lineare statica o del secondo ordine, si eseguirà un calcolo lineare. Per un calcolo secondo l'analisi a grandi spostamenti, si determineranno le deformazioni con un approccio logaritmico.

Le deformazioni equivalenti si determinano secondo le quattro ipotesi di tensione come segue:

ϵ_{Mises}	$\epsilon_{\text{Mises}} = \frac{1}{1+\nu} \sqrt{\epsilon_x^2 + \epsilon_y^2 + \epsilon_z^2 - \epsilon_x \epsilon_y - \epsilon_y \epsilon_z - \epsilon_z \epsilon_x + \frac{3}{4} (\gamma_{xy}^2 + \gamma_{yz}^2 + \gamma_{xz}^2)}$
ϵ_{Tresca}	<p>Massimo tra le differenze degli autovalori secondo la matrice R (si veda Equazione 8.12)</p> $\epsilon_{\text{Tresca}} = \max(R_1 - R_2 , R_2 - R_3 , R_3 - R_1)$
$\epsilon_{\text{Rankine}}$	<p>Massimo degli autovalori secondo la matrice R</p> $\epsilon_{\text{Rankine}} = \max(R_1 , R_2 , R_3)$
ϵ_{Bach}	<p>Massimo tra le differenze degli autovalori considerando il coefficiente di Poisson ν secondo matrice R</p> $\epsilon_{\text{Bach}} = \max[R_1 - \nu \cdot (R_2 + R_3) , R_2 - \nu \cdot (R_3 + R_1) , R_3 - \nu \cdot (R_1 + R_2)]$

Tabella 8.26: Deformazioni equivalenti

$$R = \frac{1}{1+\nu} \begin{bmatrix} (1-\nu) \cdot \epsilon_x + \nu \cdot (\epsilon_y + \epsilon_z) & \frac{\gamma_{xy}}{2} & \frac{\gamma_{xz}}{2} \\ \frac{\gamma_{xy}}{2} & (1-\nu) \cdot \epsilon_y + \nu \cdot (\epsilon_x + \epsilon_z) & \frac{\gamma_{yz}}{2} \\ \frac{\gamma_{xz}}{2} & \frac{\gamma_{yz}}{2} & (1-\nu) \cdot \epsilon_z + \nu \cdot (\epsilon_x + \epsilon_y) \end{bmatrix}$$

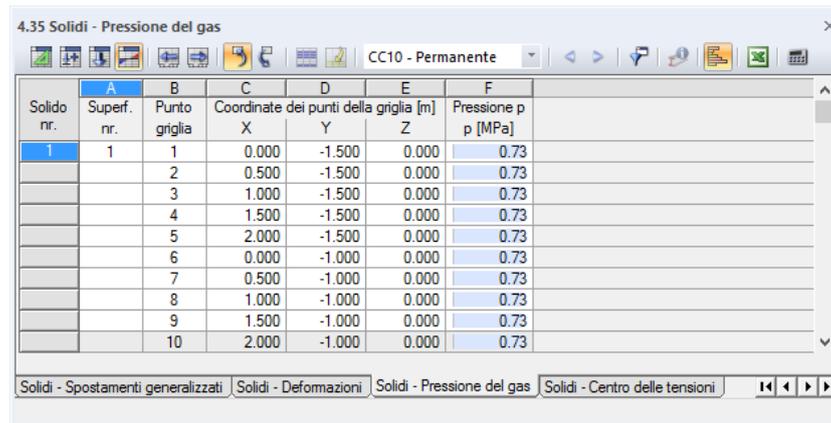
Equazione 8.12: Matrice R

8.35 Solidi - Pressione del gas

Per controllare la visualizzazione grafica della pressione del gas, selezionare la casella di controllo *Solidi* nel navigatore *Risultati*, e dopo selezionare *Tensioni* e *Pressione P*. La tabella 4.35 mostra la pressione del gas dei solidi in forma numerica.



Figura 8.73: Navigatore Risultati: Solidi → Tensioni → Pressione P



Solido nr.	A		C			E	F
	Superf. nr.	Punto griglia	Coordinate dei punti della griglia [m]		Z	Pressione p p [MPa]	
			X	Y			
1	1	1	0.000	-1.500	0.000	0.73	
		2	0.500	-1.500	0.000	0.73	
		3	1.000	-1.500	0.000	0.73	
		4	1.500	-1.500	0.000	0.73	
		5	2.000	-1.500	0.000	0.73	
		6	0.000	-1.000	0.000	0.73	
		7	0.500	-1.000	0.000	0.73	
		8	1.000	-1.000	0.000	0.73	
		9	1.500	-1.000	0.000	0.73	
		10	2.000	-1.000	0.000	0.73	

Figura 8.74: Tabella 4.35 *Solidi - Pressione del gas*

La tabella mostra la distribuzione della pressione ordinate per superficie. I risultati sono elencati in riferimento ai punti della griglia di ciascuna superficie.

Le colonne della tabella *Punto della griglia* e *Coordinate del punto della griglia* corrispondono alle colonne della tabella dei risultati 4.33 *Solidi - Tensioni*.

Pressione p del gas

La pressione del gas è un tipo specifico di tensione per i solidi di tipo "gas" (si veda paragrafo 4.5, pagina 92). Si determina con le funzioni di stato per il volume V e la temperatura T secondo la seguente condizione:

$$p \cdot \frac{V}{T} = \text{cost}$$

Equazione 8.13: Equazione di stato per i gas

9. Valutazione dei risultati

9.1 Risultati disponibili

Per aprire la finestra di dialogo corrispondente,

selezionare **Risultati disponibili** nel menu **Risultati**.

Apparirà una finestra di dialogo con una panoramica su tutti i casi e le combinazioni di carico calcolate.

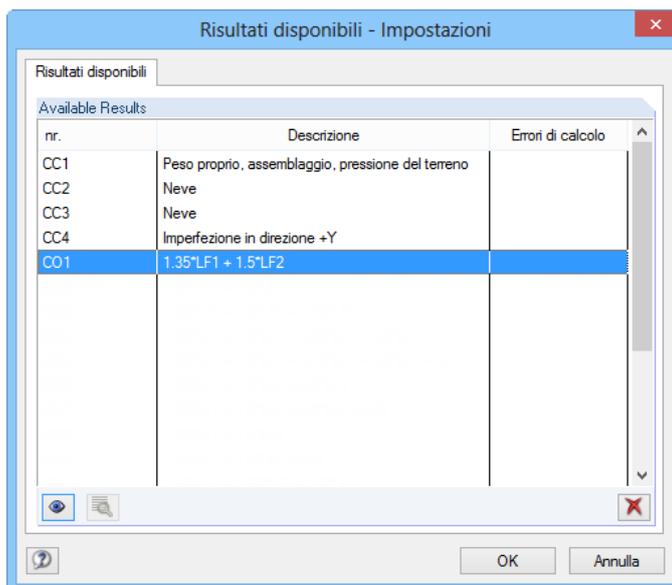


Figura 9.1: Finestra di dialogo *Risultati disponibili - Impostazioni*



L'elenco visualizza i calcoli effettuati dei casi di carico, delle combinazioni di carico e di risultati. Eventuali problemi che si sono verificati durante il processo di calcolo sono indicati nella colonna della tabella *Errori di calcolo*. Per visualizzare i dettagli dell'errore, si selezioni il caso di carico rilevante e si faccia clic sul pulsante [Dettagli] mostrato a sinistra.



Per visualizzare un particolare risultato nell'area di lavoro, selezionarlo nella finestra di dialogo e fare clic sul pulsante [Mostra]. È anche possibile fare doppio clic sulla voce. I risultati che non sono necessari possono essere cancellati mediante il pulsante [X].



È anche possibile selezionare i casi di carico, le combinazioni di carico o di risultati nell'elenco dei casi di carico della barra degli strumenti principale o nella barra degli strumenti delle tabelle dei risultati. La visualizzazione grafica dei risultati e la tabella corrispondente vengono aggiornati automaticamente se la sincronizzazione della selezione è attiva (si veda paragrafo 11.5.4, pagina 516).

CC2 - Neve

9.2 Selezione dei risultati



Utilizzare il navigatore *Risultati* per controllare la visualizzazione di spostamenti generalizzati, forze interne, tensioni, deformazioni e/o reazioni vincolari, nonché le sezioni e gli intervalli di discretizzazione, dove applicabile.

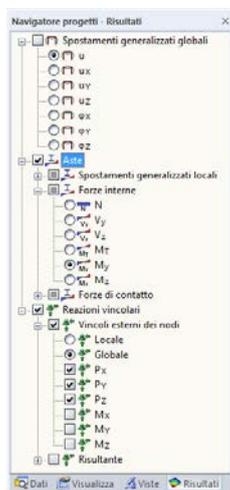


Figura 9.2: Navigatore *Risultati*

È anche possibile selezionare i risultati utilizzando la barra degli strumenti *Risultati*.



Figura 9.3: Pulsanti della barra degli strumenti *Risultati*



Per attivare e disattivare la visualizzazione grafica dei risultati, utilizzate il pulsante della barra degli strumenti [Mostra risultati] mostrato a sinistra. Per visualizzare i valori dei risultati, utilizzare il pulsante della barra degli strumenti [Mostra valori dei risultati] a destra.

Per i risultati di una combinazione di risultati (CR) è utilizzabile la voce aggiuntiva *Combinazione di risultati* nel navigatore.

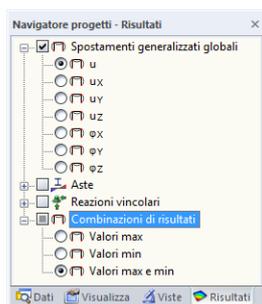


Figura 9.4: Navigatore *Risultati* per una combinazione di risultati

Tre opzioni sono disponibili per influenzare la visualizzazione grafica dei risultati per spostamenti generalizzati, forze interne e vincoli esterni: i *Valori max* e i *Valori min* possono essere visualizzati separatamente. Per visualizzare entrambi gli involucri di tutti i valori estremi del modello, si selezionano *Valori max e min*.

9.3 Visualizzazione dei risultati

Il modo in cui i risultati saranno rappresentati è impostato nel navigatore *Visualizza*.

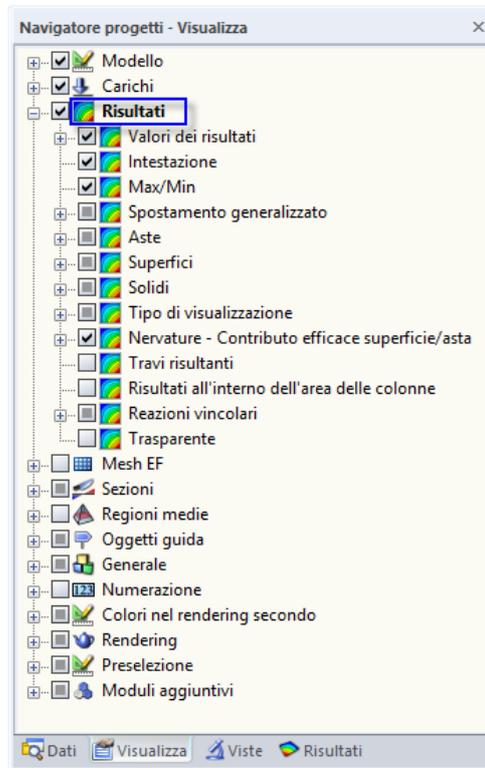


Figura 9.5: Navigatore *Visualizza: Risultati*



Nel navigatore *Risultati*, si specificherà quali risultati si dovranno visualizzare. Il navigatore *Visualizza* invece definisce come questi risultati saranno rappresentati.

9.3.1 Risultati dell'asta

Le forze interne delle aste sono visualizzate *A due colori* per impostazione predefinita. Le forze interne positive sono rappresentate con linee blu chiare, quelle negative con linee rosse. Gli spostamenti generalizzati sono mostrati con *Linee* aventi un solo colore per impostazione predefinita.

Il diagramma grafico dei risultati dipende dal numero immesso nel campo di immissione *Numero di divisioni delle aste per i diagrammi dei risultati* nella scheda *Parametri di calcolo generali* della finestra di dialogo *Parametri di calcolo* (si veda figura 7.22, pagina 281). Se si imposta una divisione di 10, RFEM divide la lunghezza dell'asta più lunga nel sistema per 10. In base alla lunghezza di divisione del sistema relativo, RFEM determina per ciascun asta le distribuzioni grafiche dei risultati nei punti di divisione.

Se si imposta una rappresentazione delle forze interne delle aste colorata usando o l'opzione *Con diagramma* o l'opzione *Senza diagramma*, i colori per i risultati grafici saranno assegnati in funzione dello spettro del pannello di controllo. Si consulti il paragrafo 3.4.6 a pagina 30 per la modifica dei colori e dei valori dello spettro.

Le forze interne si possono anche visualizzare come *Sezioni trasversali*: apparirà una rappresentazione fotorealistica delle aste che mostrerà diagrammi colorati delle forze interne sulle aste renderizzate.

Analogamente, è possibile visualizzare gli spostamenti generalizzati delle *Sezioni trasversali* (rendering 3D delle deformazioni) o delle *Sezioni trasversali colorate* (rendering delle deformazioni con gradazione di colore).

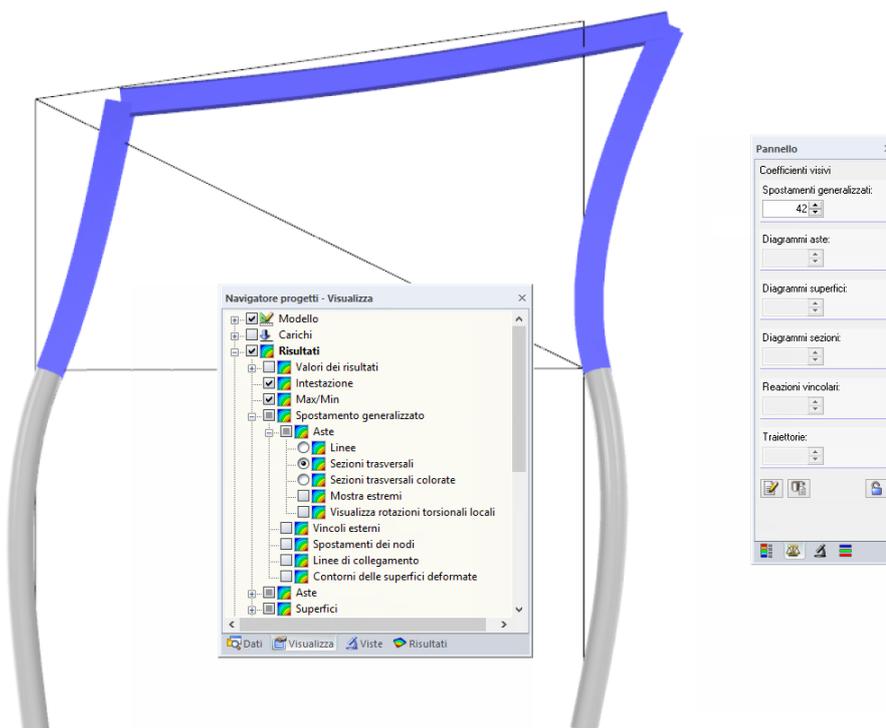


Figura 9.6: Immagini in scala di spostamenti generalizzati in rendering 3D

9.3.2 Risultati delle superfici e dei solidi

I risultati delle superfici e dei solidi sono visualizzati come *Isobande* per impostazione predefinita. L'assegnazione dei colori è gestita nel pannello di controllo (si veda paragrafo 3.4.6, pagina 30).

Inoltre, il navigatore *Visualizza* offre diverse opzioni di visualizzazione per i risultati dei solidi e delle superfici selezionando *Risultati* e *Tipo di visualizzazione*.

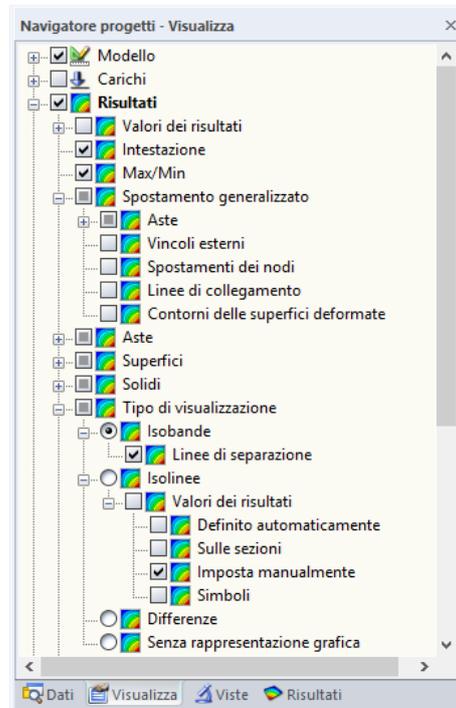


Figura 9.7: Navigatore *Visualizza* : *Risultati* → *Tipo di visualizzazione*

I risultati delle superfici e dei solidi possono essere visualizzati come *Isobande* o *Isolinee*. Spesso, le isolinee si rivelano utili per l'output su una stampante in bianco e nero.

L'opzione di visualizzazione *Senza rappresentazione grafica* permette un output dei valori dei risultati puri: le isobande o le isolinee saranno nascoste cosicché saranno visualizzati solo i valori dei risultati sulla griglia o sui punti della mesh EF. Questa impostazione vale anche per la stampa.

L'opzione di visualizzazione *Differenze* è disponibile solo per le tensioni. Con questa impostazione, è possibile vedere la variazione della tensione negli elementi finiti, che consente di trarre conclusioni concernenti la qualità della mesh EF: in caso di differenze significative negli elementi EF adiacenti, si deve prendere in considerazione un possibile infittimento della mesh di EF in queste posizioni.



Tensioni
nei solidi



È possibile selezionare l'opzione *Nodi EF del solido* per valutare le tensioni all'interno di un solido purché la mesh EF sia sufficientemente fine. L'assegnazione del colore ai nodi EF avviene secondo lo spettro del pannello di controllo. Se si attivano inoltre i *Valori* nei punti della mesh EF nel navigatore *Risultati*, sarà possibile vedere direttamente le tensioni del solido sul modello.

È possibile gestire la scala degli spostamenti generalizzati e delle forze interne con le impostazioni nella scheda *Coefficienti* del pannello di controllo (al centro). La scheda *Filtro* (a destra) è utilizzata per la selezione specifica di aste, superfici o solidi dei quali si desidera visualizzare i risultati (si veda figura, pagina 396). Entrambe le schede dei pannelli sono descritte nel paragrafo 3.4.6 a pagina 33.

Criteri per proprietà di materiali non lineari

Quando è stato selezionato un modello di un materiale con effetti non lineari (si veda paragrafo 4.3, pagina 65), si possono verificare graficamente quali zone sono influenzate dalla riduzione della rigidità, per esempio, quando si raggiunge la tensione di snervamento. Si noti che è possibile utilizzare questa opzione solo se si possiede la licenza del modulo aggiuntivo **RF-MAT NL**.

L'opzione di visualizzazione dei risultati *È non-lineare* mostra la porzione dei punti di GAUSS che sono stati analizzati non-linearmente almeno una volta durante l'analisi. Con il *Criterio di snervamento* è possibile ad esempio sapere quali zone di snervamento emergono sopra i vincoli esterni di una piastra.

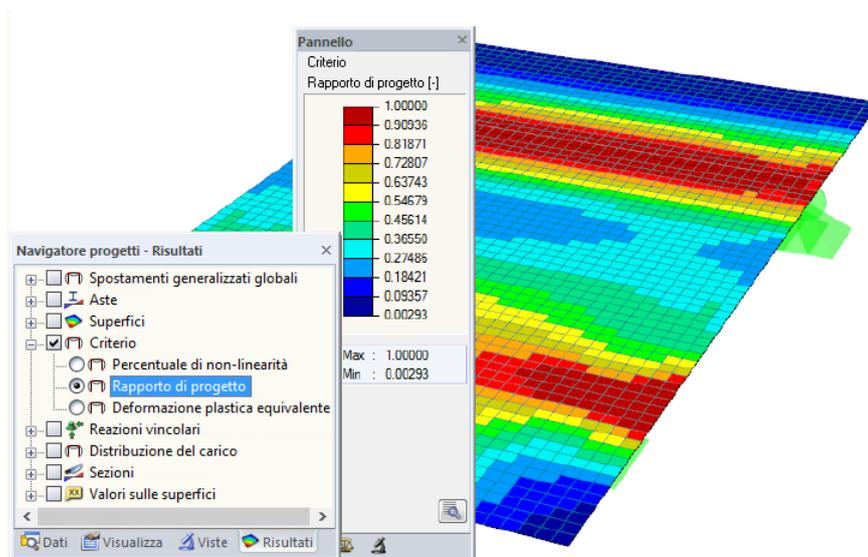


Figura 9.8: Riduzione della rigidità per una piastra con zone di snervamento

Distribuzione del carico

Selezionando le caselle di controllo sotto la voce del navigatore *Distribuzione del carico*, è possibile visualizzare le forze e i momenti nei *Nodi EF* o negli *Elementi EF* derivanti dai carichi inseriti. Le forze degli elementi finiti si possono rappresentare in relazione al sistema di assi globali XYZ o agli assi locali xyz della superficie.

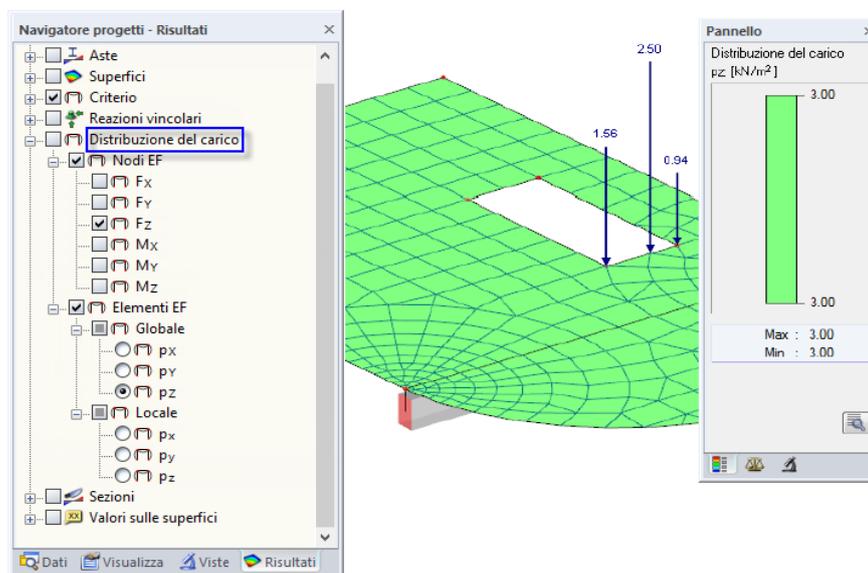


Figura 9.9: Distribuzione del carico con i carichi della mesh per il carico di linea (Fz) e carico della superficie (pz)

Utilizzando i carichi della mesh si possono verificare i carichi inseriti. Per esempio per carichi liberi concentrati è possibile verificare se il carico agisce su tutte le superfici indicate nell'elenco *Sulle superfici* (si veda figura, pagina 241).

9.4 Visualizzazione dei valori

La visualizzare dei valori è gestita nel navigatore *Risultati* (si veda paragrafo 3.4.3, pagina 26).

9.4.1 Valori dei risultati

La categoria del navigatore *Valori* gestisce i valori dei risultati visualizzati nell'area di lavoro.

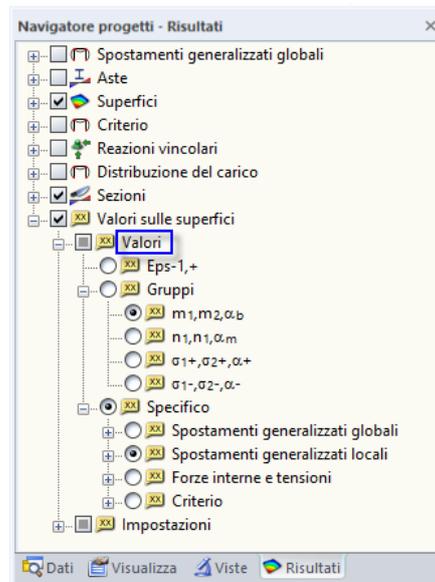


Figura 9.10: Navigatore *Risultati*: *Valori sulle superfici* → *Valori*

Valori grafici dei risultati

La prima opzione ($m-1$ nella figura sopra) è allineata con il tipo di risultato che è visualizzato nell'area di lavoro. Quando il campo di selezione è attivo, RFEM visualizza i valori dei risultati dello spostamento generalizzato, della tensione della forza interna corrente.

Gruppi di valori

Con l'opzione *Gruppi* è possibile mostrare due valori dei risultati per ciascuna posizione della superficie. Quattro gruppi sono predisposti. La seguente figura mostra il primo gruppo con i momenti principali m_1 e m_2 . I valori ordinati della griglia sono ruotati intorno all'angolo α_b .

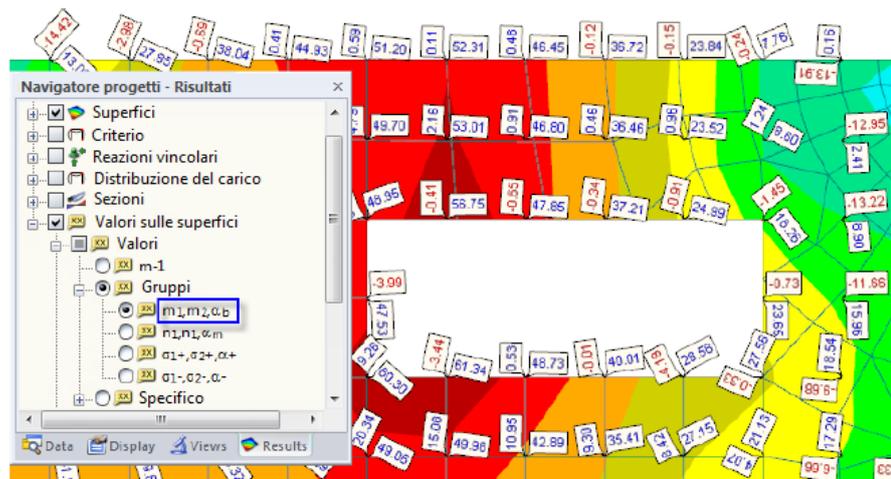


Figura 9.11: Gruppo di valori dei momenti principali nell'area di lavoro



È anche possibile creare gruppi di valori definiti dall'utente: fare clic con il pulsante destro sulla voce del navigatore *Gruppi* per aprire il menu contestuale visualizzato a sinistra. Selezionare *Nuovo gruppo di valori* per aprire la seguente finestra di dialogo.

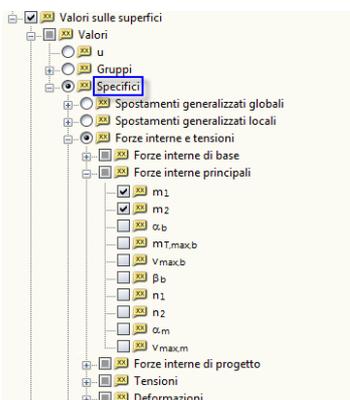


Figura 9.12: Finestra di dialogo *Nuovo gruppo di valori*

Prima di tutto, definire il *Nome del gruppo* che appare come voce del navigatore in seguito. Nella sezione di dialogo *Valori nel gruppo*, è possibile selezionare i tipi di risultato negli elenchi *1° valore*, *2° valore* e *3° valore*. La rotazione dei valori è specificata nei campi sotto *Ruotato di alpha*.

Valori di risultati specifici

È possibile utilizzare il campo di selezione *Specifici* per determinare i valori dei risultati (spostamento generalizzato, forze interne, tensioni, deformazioni) che si desidera visualizzare, indipendentemente dal tipo di risultato attivo nell'area di lavoro. Pertanto, è possibile visualizzare più dati simultaneamente, ad esempio, gli spostamenti generalizzati di una superficie e i valori delle principali forze interne m_1 e m_2 come mostrato a sinistra.



9.4.2 Impostazioni

Le opzioni di visualizzazione disponibili sotto la voce del navigatore *Impostazioni* controllano le posizioni di progetto dei valori dei risultati e la loro rappresentazione.

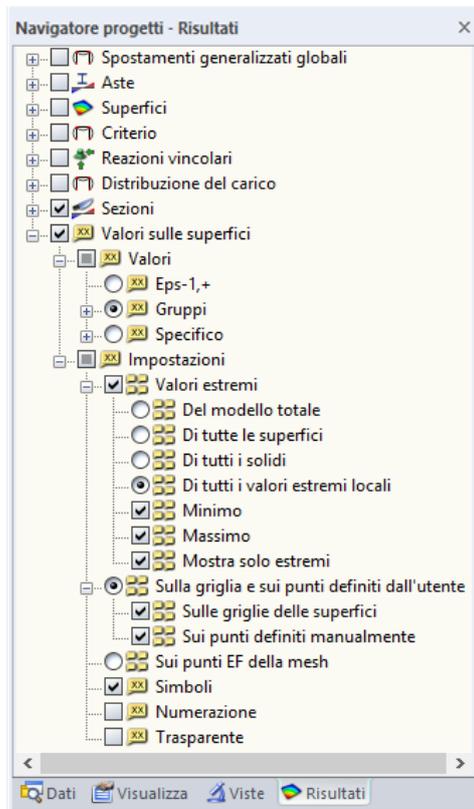


Figura 9.13: Navigatore Risultati : Valori sulle superfici → Impostazioni

Valori estremi

Se si seleziona l'opzione *Valori estremi*, saranno visualizzati solo i rispettivi minimi o massimi, a seconda delle impostazioni.

Punti della griglia / Punti della mesh EF

Inoltre, i valori dei risultati si possono visualizzare anche *Sulla griglia e nei punti definiti dall'utente* o *Nei punti della mesh EF*. Si utilizzi con cautela l'ultima opzione perché l'importazione di tutti i valori dei risultati EF richiede tempo per i modelli più grandi.

Simboli / Numerazione / Trasparente

Le ultime tre caselle di controllo elencate sotto le *Impostazioni* gestiscono il tipo e l'entità delle etichette.

- È possibile visualizzare i *Simboli* del tipo di risultato impostato (u , m_x , σ_z ecc.).
- La *Numerazione* dei punti della griglia o dei nodi della mesh EF ($G1$, $M1$ ecc.) può essere visualizzata come opzione aggiuntiva.
- I valori possono essere visualizzati con l'opzione *Trasparente*, il che significa senza contorno e sfondo.

Per modificare i colori e i caratteri dei valori dei risultati,

puntare su **Proprietà di visualizzazione** nel menu **Opzioni**, quindi selezionare **Modifica**.

m-x	22.12
G95	M52
16.31	19.84
M75	
m-x	21.12
m-y	7.50

Si aprirà una finestra di dialogo con le impostazioni globali per le *Proprietà di visualizzazione*. Selezionare *Valori dei risultati* nella categoria *Risultati*, quindi fare clic su *Valori dei risultati sulle superfici* per specificare le impostazioni.

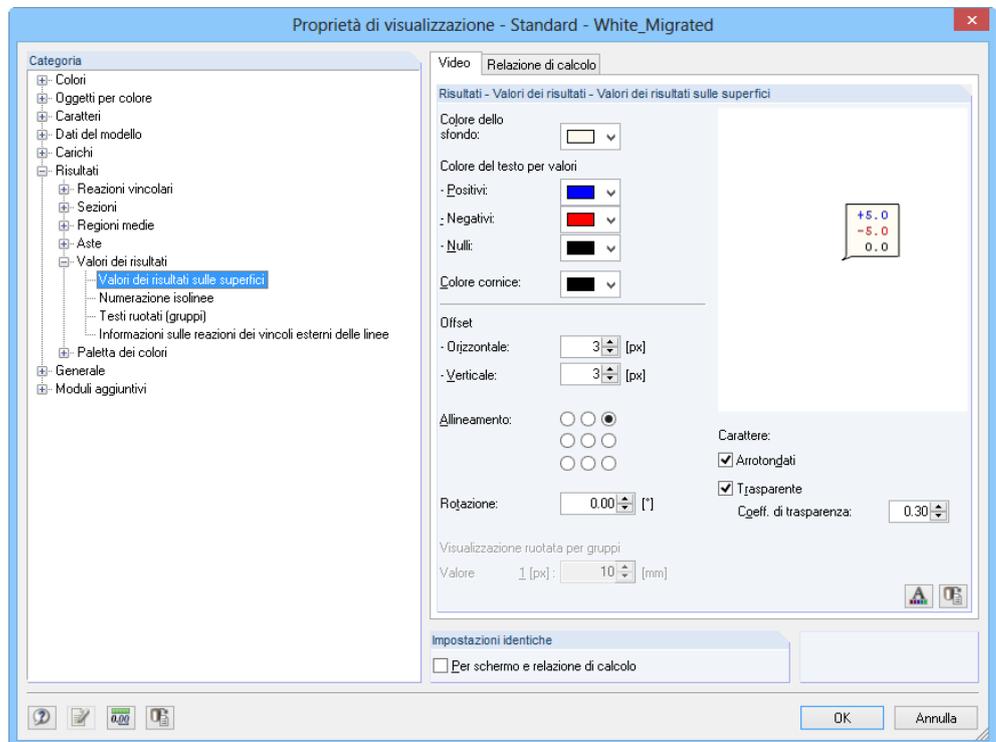


Figura 9.14: Finestra di dialogo *Proprietà di visualizzazione*: categoria *Risultati* (*Valori dei risultati*) *Valori dei risultati sulle superfici*

9.4.3 Valori dei risultati definiti dall'utente

Valori della griglia

I punti della griglia rappresentano un attributo della superficie. Il numero e la disposizione dei punti della griglia si possono modificare nella scheda *Griglia* della finestra di dialogo *Modifica superficie*. L'output dei risultati nelle tabelle si basa sulla griglia di risultati delle superfici. Nell'area di lavoro, è possibile visualizzare sia i valori dei nodi EF che i punti della griglia.

Per informazioni più dettagliate sui punti della griglia, si veda il paragrafo 8.12 a pagina 316.

Valori Grafici

Nell'area di lavoro, è possibile impostare i valori dei risultati in un punto qualsiasi del modello. Se la visualizzazione dei risultati è attiva, è possibile accedere alla funzione nel modo seguente:

selezionare **Imposta i valori dei risultati manualmente** nel menu **Risultati**

oppure si utilizzi il pulsante della barra degli strumenti mostrato sulla sinistra (si veda figura).



Figura 9.15: Funzione *Imposta valori dei risultati manualmente* nella barra degli strumenti dei *Risultati*

Quando si sposta il mouse su di una superficie, saranno visualizzati i valori per la posizione attuale del puntatore del mouse. Inserire, quindi, i valori dei risultati con un semplice clic del mouse nelle posizioni rilevanti.

Un valore inserito manualmente, può essere facilmente eliminato: selezionare il valore con un semplice clic del mouse, quindi premere il tasto [Canc] sulla tastiera. Per una selezione multipla, tenere premuto il tasto [Ctrl] o disegnare una finestra attraverso i valori che si desidera selezionare.

Per accedere al menu contestuale dei valori dei risultati, fare clic con il pulsante destro su uno dei valori. Il menu ha delle funzioni specifiche di visualizzazione e di filtro per la valutazione grafica.

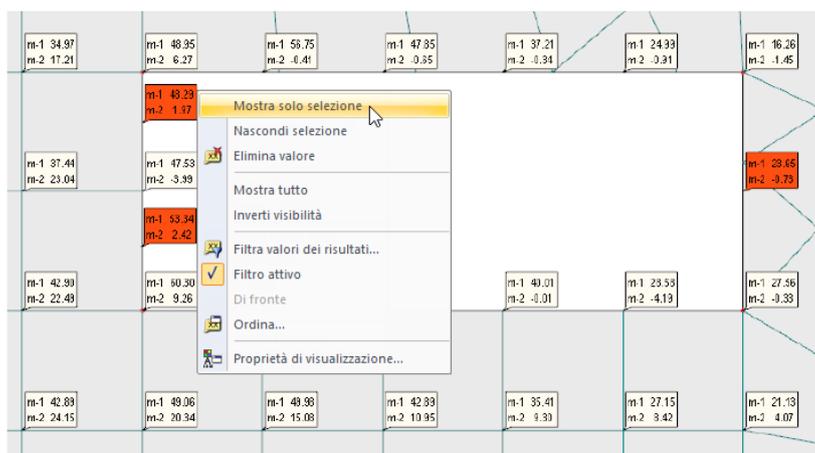


Figura 9.16: Menu contestuale di valori dei risultati



Con la funzione del menu contestuale *Filtra valori dei risultati* (si veda figura sopra) è possibile definire specifiche precise per i valori dei risultati da visualizzare. Per aprire la finestra di dialogo corrispondente,

puntare su **Opzioni di visualizzazione** nel menu **Risultati** dove si selezionerà la voce corrispondente. Apparirà la seguente finestra di dialogo per l'inserimento dei criteri di filtro.

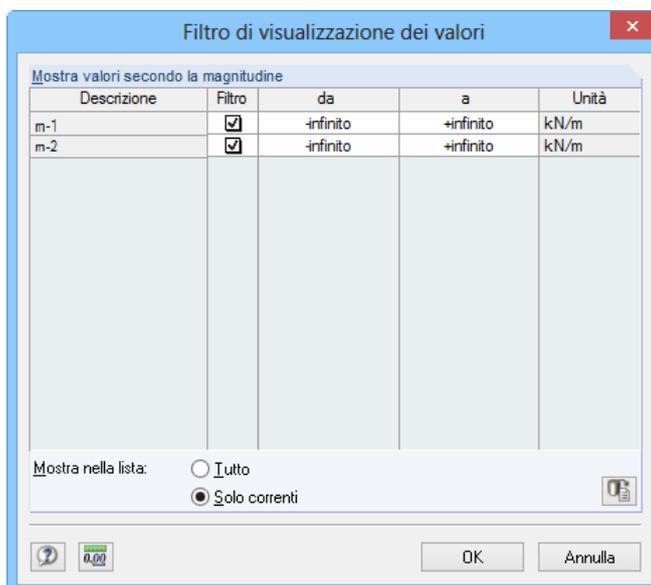


Figura 9.17: Finestra di dialogo *Filtro di visualizzazione dei valori*

Nell'elenco *Mostra valori secondo la magnitudine*, è possibile definire i limiti per i valori dei risultati nelle colonne della tabella *da* e *a*. I valori che sono fuori da questi intervalli non saranno mostrati nell'area di lavoro.

Criteri di ricerca per i valori estremi locali

Per controllare l'output dei valori grafici estremi per le superfici,

puntare su **Opzioni di visualizzazione** sul menu **Risultati**, quindi selezionare i **Criterio di ricerca per valori estremi locali**

oppure utilizzare il menu contestuale della voce *Di tutti i valori estremi locali* del navigatore *Risultati*.

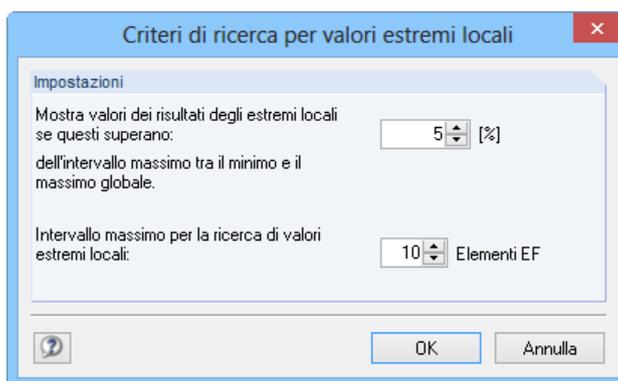


Figura 9.18: Finestra di dialogo *Criteri di ricerca per valori estremi locali*

Nel primo campo di input, è possibile specificare la percentuale con la quale un valore di un risultato sarà considerato come un picco locale. Quindi, la differenza tra il massimo ed il minimo globale di tutte le superfici attive sarà moltiplicata per il valore di percentuale specificato. Quanto più bassa è la soglia, più valori estremi locali saranno visualizzati.

Nel secondo campo di input, è possibile definire quanti elementi finiti generati attorno ad un punto si desidera applicare per l'analisi dei valori estremi. Più grande è il numero, più valori estremi locali saranno visualizzati.

9.4.4 Informazioni dell'oggetto



Per i risultati delle aste e delle superfici, è possibile accedere a una speciale funzione di output. Per aprire la finestra di dialogo corrispondente,

selezionare **Informazioni sull'oggetto** nel menu degli **Strumenti**

oppure si utilizzi il pulsante della barra degli strumenti mostrato sulla sinistra.

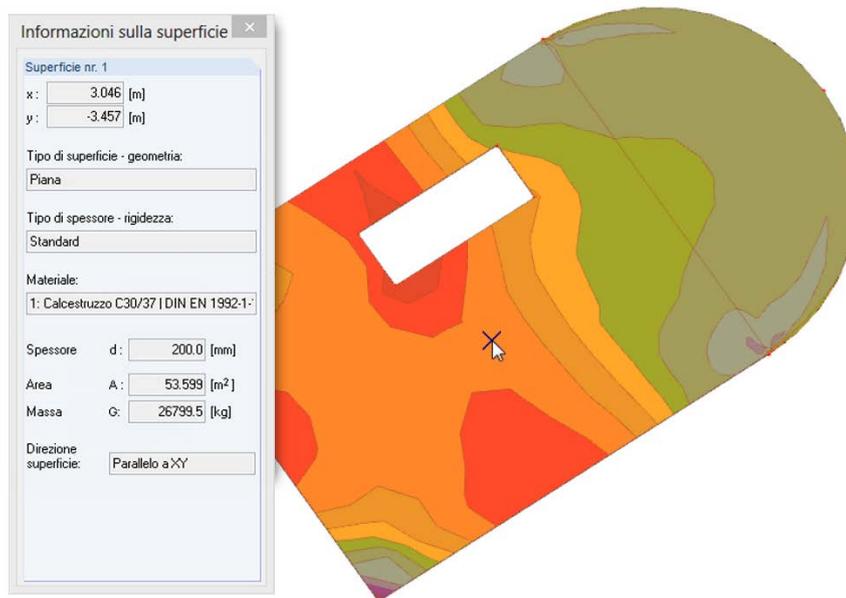


Figura 9.19: Finestra di dialogo *Informazioni sulla superficie*

Apparirà la finestra di *Informazioni*. Quando si sposta il puntatore su una superficie, un'asta o un solido, la finestra informa l'utente sui dati dell'oggetto (materiale, spessore, sezione trasversale ecc.) nonché sui valori di deformazione, forze interne o tensioni nella posizione attuale del puntatore.

Per valutare i risultati della superficie si consiglia di attivare il tipo di rappresentazione *Modello trasparente*.



-  Modello a fil di ferro
-  Modello realistico
-  Modello trasparente

9.5 Diagrammi dei risultati

Il diagramma dei risultati permette di visualizzare la distribuzione dei risultati degli oggetti in dettaglio:

- Sezione
- Asta
- Set di aste
- Linea
- Vincolo esterno della linea

Prima di tutto, selezionare gli oggetti nella finestra di lavoro (selezione multipla tenendo premuto il tasto [Ctrl]). Per aprire la finestra corrispondente, selezionare **Diagrammi dei risultati di aste/set di aste/linee/vincoli esterni delle linee selezionate** dal menu **Risultati**

o utilizzare il menu contestuale dell'oggetto corrispondente. Per le aste e i set di aste, è possibile utilizzare il pulsante aggiuntivo della barra degli strumenti mostrato a sinistra.

Si aprirà una nuova finestra con i diagrammi dei risultati dell'oggetto selezionato.

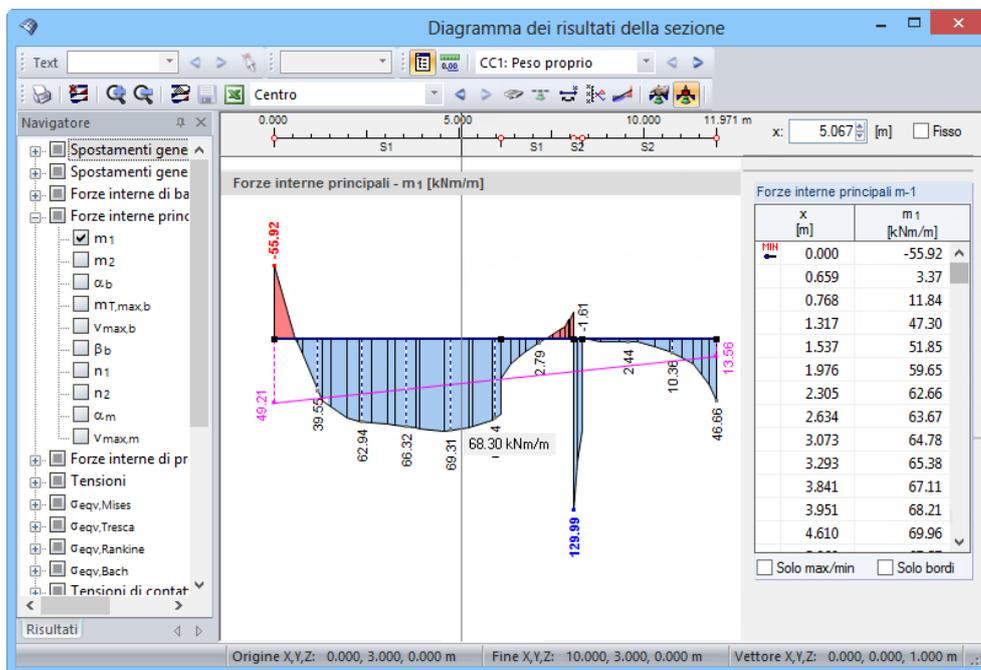


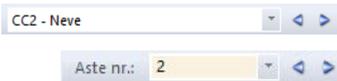
Figura 9.20: Finestra di dialogo *Diagramma dei risultati della sezione*



Il navigatore *Risultati* a sinistra gestisce gli spostamenti generalizzati, le forze interne, le tensioni, le deformazioni o le reazioni vincolari da visualizzare nel diagramma dei risultati. Utilizzare l'elenco nella barra degli strumenti per scegliere un caso di carico, una combinazione di carico o di risultati.

Nei diagrammi dei risultati per le aste, i numeri delle aste selezionate sono elencate nell'angolo in alto a sinistra della finestra. È anche possibile inserire manualmente i numeri delle aste nel campo di immissione *Aste nr.* In questo modo, è possibile estendere, ridurre o riorganizzare completamente la selezione.

Quando si sposta il mouse lungo la linea o l'asta selezionata nel diagramma dei risultati, è possibile vedere i valori dei risultati "in movimento" per la posizione attuale x. La posizione x è relativa all'inizio della linea o dell'asta ed è indicata nell'angolo in alto a destra della finestra. È anche possibile inserire un posizione specifica x manualmente nel campo di immissione. La casella di controllo *Fisso* fissa il puntatore alla posizione indicata.



Nella sezione della finestra a destra, i valori dei risultati sono elencati in ordine numerico, e rappresentando i risultati sui nodi del bordo, così come sulle posizioni dei valori estremi e dei punti di divisione. Questi ultimi corrispondono ai nodi della mesh EF o alle divisioni dell'asta secondo le specifiche impostate nella scheda *Parametri di calcolo generali* della finestra di dialogo *Parametri di calcolo* (si veda figura 7.22, pagina 281). In caso di linee che separano due superfici l'una dall'altra, la finestra mostra i risultati della superficie di entrambi i lati.

I pulsanti della barra degli strumenti *Operazioni dell'utente*, in particolare le opzioni di discretizzazione delle reazioni vincolari, delle linee o delle sezioni, consentono di valutare i risultati ai fini della progettazione nel campo nell'ingegneria civile.

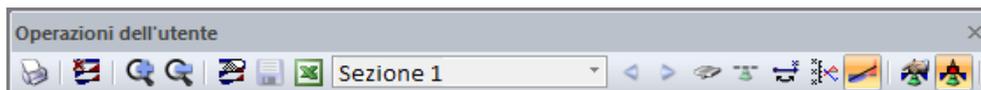


Figura 9.21: Barra degli strumenti mobile *Operazioni dell'utente*

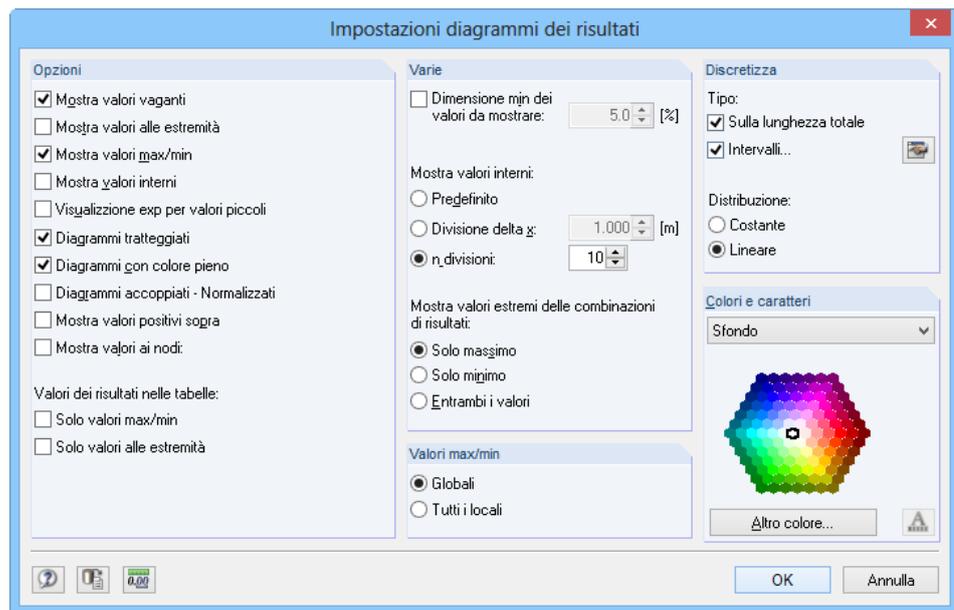
I pulsanti hanno i seguenti significati:

Pulsante	Funzione
	Stampa i diagrammi dei risultati
	Rimuove tutti i diagrammi dei risultati visualizzati
	Ingrandisce i diagrammi dei risultati
	Ridimensiona i diagrammi dei risultati
	Accede ai parametri di controllo mostrati in figura 9.22
	Salva i diagrammi dei risultati discretizzati
	Apri la finestra di dialogo <i>Esporta tabella</i> (si veda figura 11.126, pagina 520)
	Mostra i risultati delle aste con o senza componenti della nervatura
	Attiva e disattiva il diagramma dei risultati sopra l'area della colonna
	Inverte la direzione x dell'asta
	Attiva e disattiva le ordinate con i valori massimi
	Attiva e disattiva la visualizzazione dei valori medi
	Apri la finestra di dialogo per definire gli intervalli di discretizzazione (si veda figura 9.35, pagina 384)
	Attiva e disattiva la visualizzazione degli intervalli di discretizzazione

Tabella 9.1: Pulsanti della barra degli strumenti *Operazioni dell'utente*



Utilizzare il pulsante [Impostazioni diagrammi dei risultati] per aprire una finestra di dialogo che offre diverse opzioni per modificare la finestra *Diagramma dei risultati*.

Figura 9.22: Finestra di dialogo *Impostazioni diagrammi dei risultati*

9.6 Sezioni

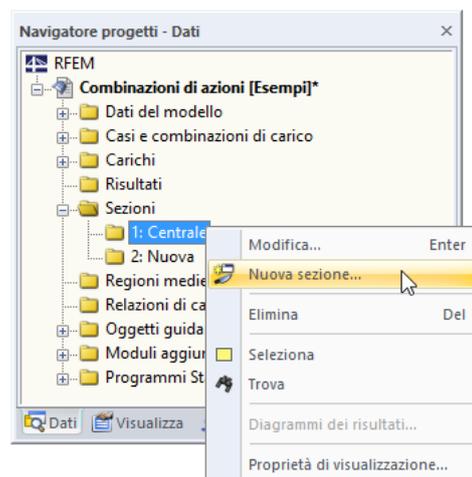
È possibile creare sezioni definite dall'utente in RFEM definendo un piano di sezione del modello. Con l'aiuto delle sezioni è possibile valutare in dettaglio i risultati che sono disponibili sulle linee del piano di intersezione delle superfici e dei solidi. Le sezioni sono gestite come oggetti indipendenti nelle schede del Navigatore progetti.



Per generare una nuova sezione,

selezionare **Sezione** nel menu **Inserisci**

o utilizzare il menu contestuale corrispondente nel navigatore *Dati*.

Figura 9.23: navigatore *Dati* : menu contestuale delle *Sezioni*

Si aprirà una finestra di dialogo nella quale è possibile definire i parametri della sezione.

9.6.1 Sezione attraverso la superficie

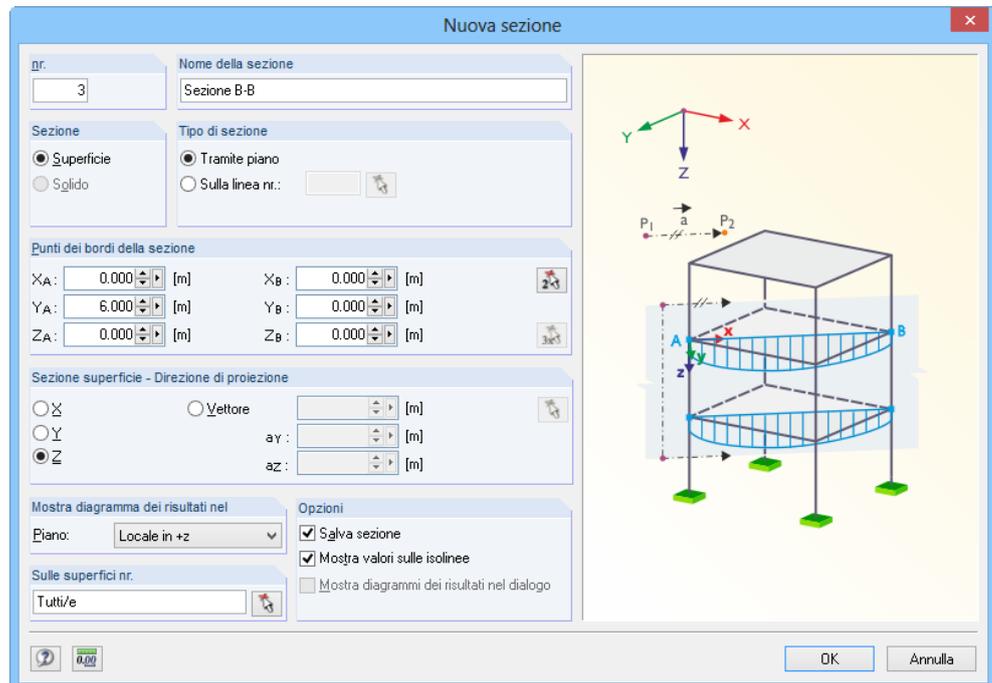


Figura 9.24: Finestra di dialogo *Nuova Sezione* per la superficie

Oltre al *nr.* della sezione, sarà necessario inserire il *Nome della sezione* che garantisce una assegnazione affidabile quando si valutano i risultati. Tutte le sezioni sono memorizzate sotto la voce *Sezioni* nel navigatore *Dati* dove si possono modificare in seguito. L'immissione del numero e del nome non è necessaria se la casella di controllo *Salva sezione* non è spuntata nella sezione di dialogo *Opzioni*.

Quando si crea una *Sezione* attraverso una *Superficie*, è possibile vedere i parametri specifici della superficie visualizzati nelle sezioni di dialogo *Tipo di sezione* e *Direzione di proiezione* nonché i grafici corrispondenti a destra.



Il *Tipo di sezione* può essere creato come *Piano* di sezione della struttura. In alternativa, è possibile sezionare con una sezione lungo una qualsiasi *linea* nel modello. Il numero di linea può essere inserito manualmente o determinato con la funzione [~] nell'area di lavoro.



I *Punti dei bordi della sezione* devono essere specificati con le coordinate globali XYZ di entrambi i punti A e B. Inoltre, è possibile selezionarli graficamente utilizzando la funzione [^]. Per selezionare dei punti liberi (cioè senza nodi) nel piano di lavoro, si modifichi il piano di lavoro attuale, dove necessario.



A partire dal punto A e B, si traccino due linee rette nella direzione della proiezione. Se le linee si intersecano con una superficie contenuta nell'elenco *Sulle superfici nr.*, il diagramma dei risultati sarà visualizzato lungo la linea di collegamento di entrambi i punti di intersezione. Nel caso che più superfici siano tagliate dal piano di proiezione, i diagrammi dei risultati saranno visualizzati per ciascuna di queste superfici.



Oltre alle *Direzioni di proiezione* globali in X, Y e Z, è possibile definire un vettore. Con la funzione [^] è possibile selezionare due punti nella finestra di lavoro per definire il vettore.

La sezione di dialogo *Mostra diagramma dei risultati nel piano* definisce il piano della superficie in cui la sezione sarà rappresentata. L'impostazione riguarda solo la finestra di lavoro (si veda figura, pagina 378) ma non la finestra di dialogo *Diagramma dei risultati* (Figura 9.25).



La sezione di dialogo *Sulle superfici* elenca i numeri delle superfici su cui le linee di taglio sono visualizzate. Questa opzione è utile se il piano di sezione interseca diverse superfici. È possibile selezionare gli oggetti anche graficamente, utilizzando la funzione [↖].

Utilizzare le tre caselle di controllo nella sezione di dialogo *Opzioni* per decidere se i diagrammi dei risultati saranno visualizzati in una finestra di dialogo (si veda figura) dopo aver fatto clic su [OK] e se si desidera *Salvare* la sezione. Quando si segna la casella di controllo per *Mostra valori sulle isolinee*, le isolinee saranno etichettate automaticamente nell'area di lavoro.

Quando la finestra di dialogo di immissione sarà completa, si faccia clic su [OK]. Solitamente, apparirà la finestra di dialogo del *Diagramma dei risultati* (si veda figura sotto).

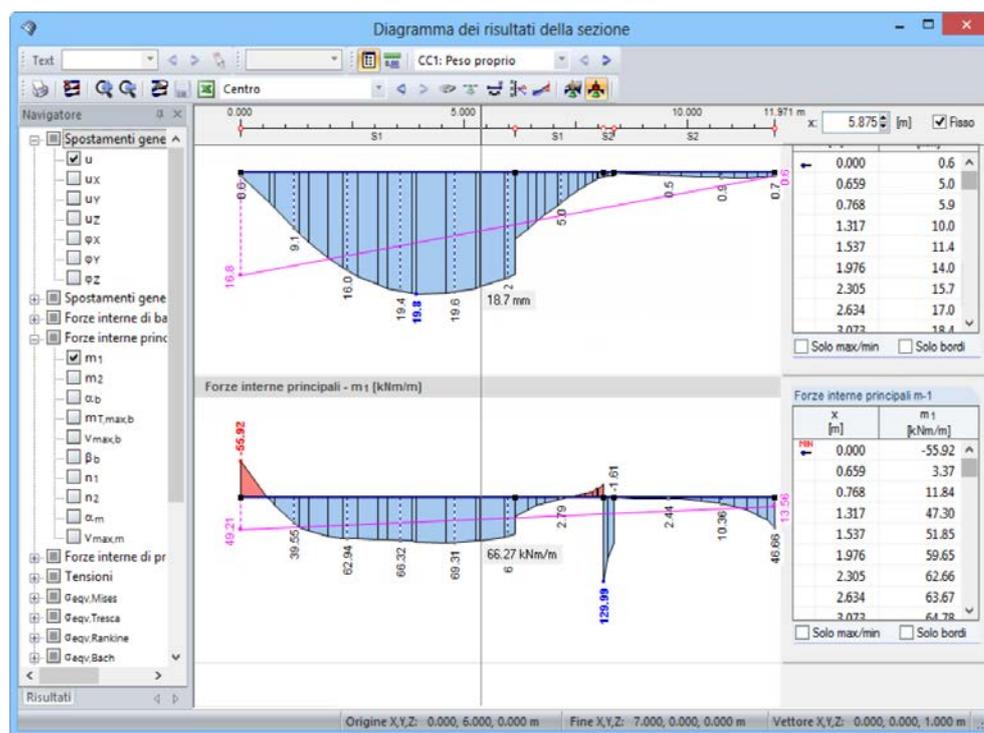


Figura 9.25: Finestra di dialogo *Diagramma dei risultati della sezione*

Quando si sposta il mouse nel diagramma lungo la sezione, è possibile vedere i valori dei risultati "in movimento" per la posizione attuale x . La posizione x è relativa all'inizio A della sezione ed è indicata nell'angolo in alto a destra della finestra. È anche possibile inserire un posizione specifica x manualmente nel campo di immissione. La casella di controllo *Fisso* fissa il puntatore alla posizione indicata.

Utilizzare l'elenco nella barra degli strumenti per passare tra le singole sezioni.

I pulsanti della finestra di dialogo *Diagramma dei risultati* sono descritti nel paragrafo 9.5 a pagina 374.



Con il pulsante mostrato a sinistra, è possibile attivare e disattivare le sezioni nell'area di lavoro. È anche possibile utilizzare il navigatore *Risultati* che consente inoltre di selezionare sezioni specifiche tra le sezioni che sono state salvate.

Il navigatore *Visualizza* offre le opzioni delle impostazioni globali che rappresentano le sezioni.

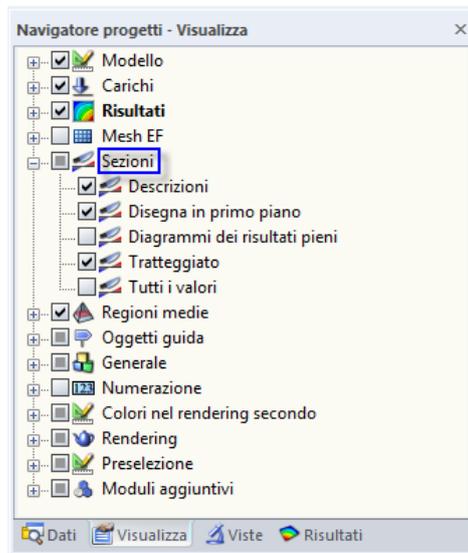


Figura 9.26: Navigatore *Visualizza* per la rappresentazione delle sezioni

La seguente figura mostra una sezione di un piano e una superficie curva che sono entrambe sezionate dal piano di sezione. Per questa visualizzazione grafica è stata selezionata prima l'opzione delle *Sezioni Diagrammi dei risultati pieni* nel navigatore *Visualizza*.

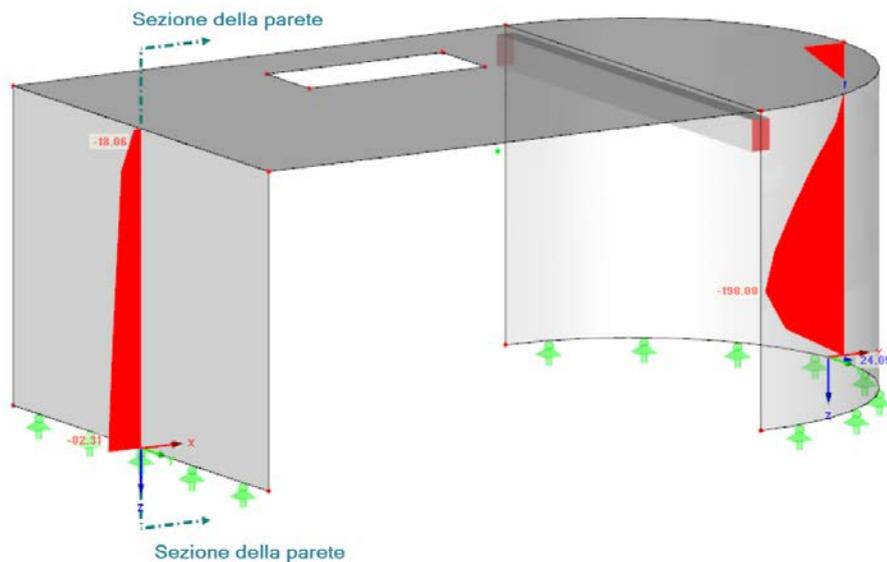


Figura 9.27: Visualizzazione delle sezioni delle forze assiali n-2 sul modello RFEM

9.6.2 Sezione attraverso il solido

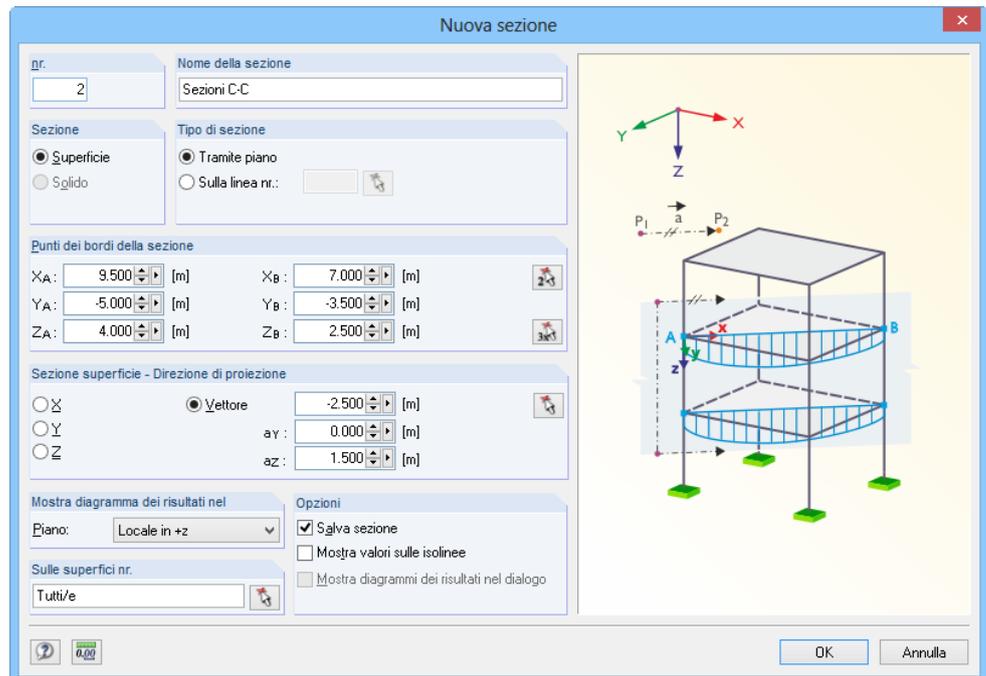


Figura 9.28: Finestra di dialogo *Nuova Sezione* per il solido

Similmente ad una sezione attraverso le superfici, immettere il *nr.* e il *Nome della sezione* se si desidera *Salvare* la sezione (vedere la sezione di dialogo *Opzioni*).

Quando si crea una *Sezione attraverso un Solido*, è possibile vedere i parametri specifici del solido visualizzati nelle sezioni di dialogo *Tipo di sezione* e *Visualizza diagrammi dei risultati* nonché i grafici corrispondenti a destra.

Quando la sezione seziona un solido, è possibile generare una *linea di sezione* che passa attraverso l'oggetto. Quindi, i risultati saranno visualizzati come per le superfici nella finestra di dialogo *Diagramma dei risultati* (si veda figura, pagina 377). In alternativa, i risultati possono essere rappresentati nell'area di lavoro sulle *Superfici del contorno del solido* intersecata dal piano. L'opzione *Area della sezione del solido nell'area di lavoro* mostra i risultati direttamente nel piano di sezione.



I *Punti dei bordi della sezione* devono essere inseriti come descritto per le superfici, ma si possono selezionare anche graficamente.

Partendo dai punti A e B, si traccino due linee rette nella direzione del *Vettore*. Se le linee si intersecano con un solido presente nell'elenco *Sui solidi nr.*, i risultati saranno visualizzati lungo la linea di collegamento di entrambi i punti di intersezione, rispettivamente come piano di sezione tra le linee rette. Nel caso che più solidi siano sezionati dal piano di proiezione, i diagrammi dei risultati saranno visualizzati per ciascuno di questi solidi.



Il *Vettore* definisce la direzione di proiezione della sezione. È inoltre possibile utilizzare la funzione [↖] per la definizione del vettore per selezionare due punti graficamente nella finestra di lavoro.

9.7 Discretizzazione dei risultati

L'analisi EF determina i risultati per ciascun nodo della mesh EF. Solitamente, una distribuzione continua della forza interna o della deformazione è preferibile per motivi grafici. A questo scopo, è necessario arrotondare i risultati, per esempio mediante una interpolazione.

Le seguenti opzioni di discretizzazione sono disponibili per i solidi e le superfici:

- Costante sugli elementi
- Discontinuo
- Continuo all'interno di superfici/solidi
- Totale continuo

In aggiunta, è possibile definire degli intervalli di arrotondamento per i diagrammi dei risultati (si veda figura, pagina 384).

9.7.1 Finestra di Lavoro

Il navigatore *Visualizza* gestisce la discretizzazione dei risultati influenzando la finestra di lavoro.

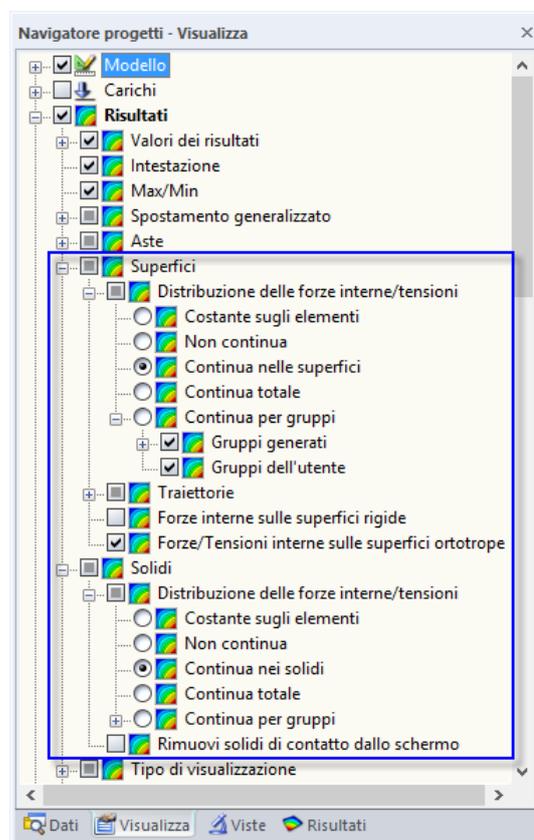


Figura 9.29: Navigatore *Visualizza* : Risultati → Superfici o Solidi → Distribuzione delle forze interne/tensioni

Esempio

Un esempio mostra gli effetti delle diverse opzioni di discretizzazione.

Una piastra di acciaio con le dimensioni 3m x 3m e uno spessore di 3 cm, si vincola esternamente su due linee. La piastra non è modellata da una superficie completa ma da due superfici con le stesse proprietà, giacenti fianco a fianco. Gli assi locali z di entrambe le superfici sono orientati in direzioni opposte.

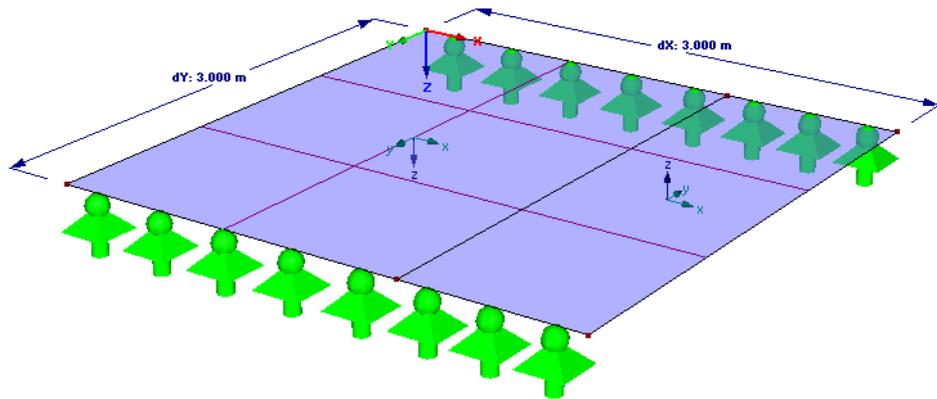


Figura 9.30: Piastra di acciaio modellata con due superfici

La lunghezza EF è 1 m. È ovvio che la dimensione di questo elemento non fornisce risultati appropriati. È utilizzata solo per dimostrare le rappresentazioni dei risultati dei differenti modi di discretizzazione.

La superficie di acciaio è sollecitata solo dal peso proprio.

Distribuzione delle forze interne Costante sugli elementi

Basic Internal Forces m-y
LC1

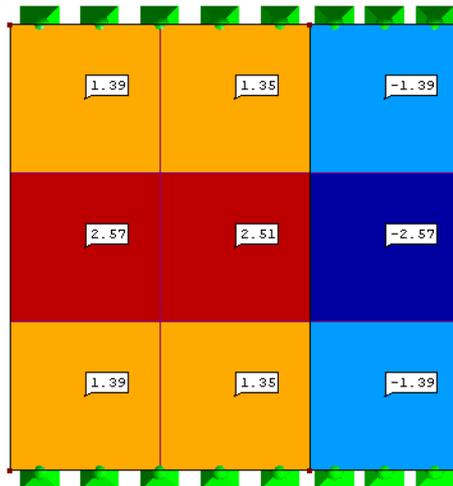


Figura 9.31: La distribuzione delle forze interne Costante sugli elementi (navigatore Visualizza), valori Sui punti della mesh EF (navigatore Risultati)

I valori dei nodi EF vengono mediati e il risultato è visualizzato al centro degli elementi. La distribuzione in ciascun elemento finito è costante. Questo tipo di visualizzazione dei risultati è consigliato per modelli di materiale plastico (si veda paragrafo 4.3, pagina 65).

Distribuzione delle forze interne *Non continua*

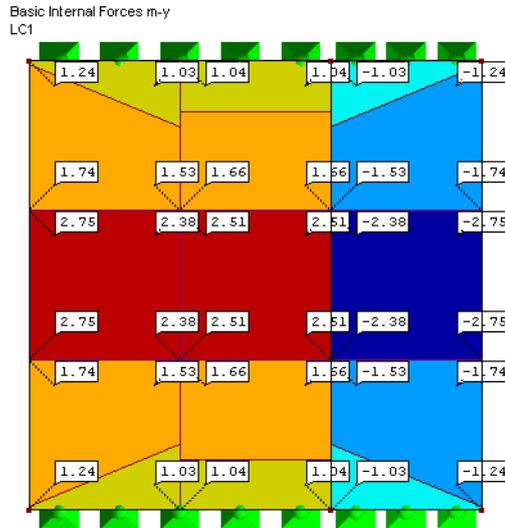


Figura 9.32: Distribuzione delle forze interne *Non continua*, valori Nei punti della mesh EF

La visualizzazione mostra i valori dei nodi EF derivante dagli spostamenti e dalle rotazioni di ogni singolo elemento. Pertanto, per ogni nodo EF saranno visualizzati diversi valori. Una linea tratteggiata sul valore del nodo indica l'elemento a cui appartiene il valore.

Per la visualizzazione grafica, un piano è definito dai valori all'angolo di ogni elemento. Poiché i risultato degli elementi adiacenti non sono presi in considerazione, sarà visualizzata una distribuzione discontinua.

Distribuzione delle forze interne *Continua nelle superfici/solidi*

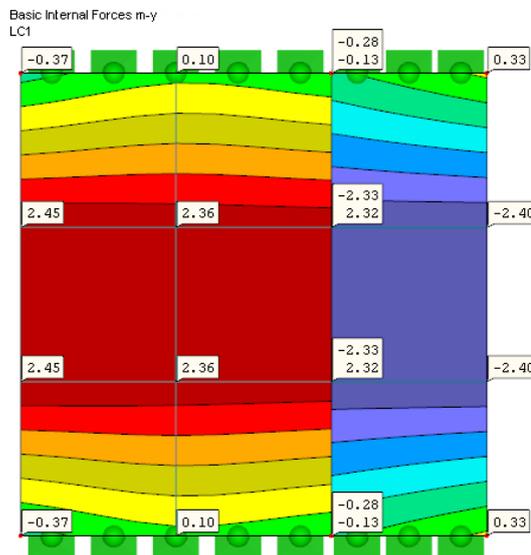


Figura 9.33: La distribuzione dei valori delle forze interne *Continua nelle superfici*, valori Sui punti della mesh EF

Si effettua la media dei valori dei nodi EF. L'esecuzione della media si arresta sul contorno della superficie che può causare discontinuità tra superfici adiacenti. Tuttavia, ciò è assolutamente corretto nel nostro esempio. Sulla linea del contorno, saranno visualizzati due valori del nodo EF.

Questa opzione di discretizzazione è impostata come da predisposizione, perché nella maggior parte dei casi fornisce i risultati migliori.

Distribuzione delle forze interne *Continua totale*

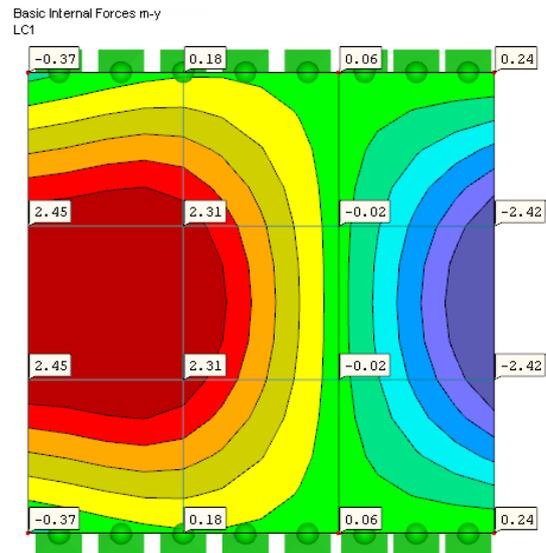


Figura 9.34: La distribuzione delle forze interne *Continua totale*, valori Sui punti della mesh EF

I valori medi sono determinati considerando i valori EF oltre i contorni della superficie. Questo porta ad una distribuzione continua tra le superfici adiacenti, che non è corretta per il nostro esempio.



I seguenti requisiti devono essere soddisfatti per applicare questa visualizzazione dei risultati correttamente:

- L'orientamento dei sistemi assiali della superficie locale è congruente.
- Solo due superfici concorrono.
- Le superfici giacciono in un unico piano.
- Nessun vincolo interno della linea è stato definito sulla linea al contorno.

Se una di queste condizioni non è soddisfatta, allora si visualizzerà una distribuzione incorretta dei risultati.

9.7.2 Diagrammi dei risultati



Nella finestra di dialogo *Diagramma dei risultati* (si veda paragrafo 9.5, pagina 373), è possibile creare intervalli di discretizzazione utili alla visualizzazione dei risultati nel campo dell'ingegneria civile. Per utilizzare questa funzione, fare clic sul pulsante della barra degli strumenti del diagramma mostrato sulla sinistra. Si aprirà la seguente finestra di dialogo:

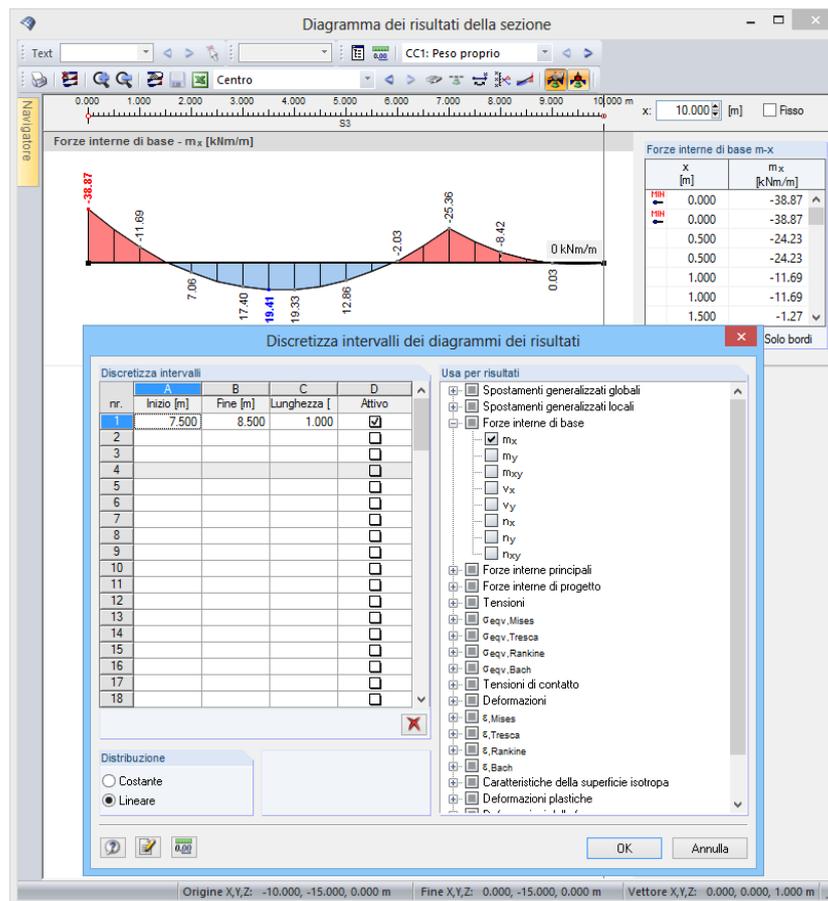


Figura 9.35: Finestra di dialogo *Discretizza intervalli dei diagrammi dei risultati*

Nelle colonne della tabella *Discretizza intervalli* a sinistra, definire gli intervalli. Si noti che le voci *Inizio*, *Fine* e *Lunghezza* sono interattive. Ogni intervallo può essere impostato separatamente ad *Attivo*. Nella sezione di dialogo *Usa per risultati* a destra, si decide per quali spostamenti generalizzati, forze interne, tensioni o deformazioni si desidera applicare una discretizzazione.

La discretizzazione può essere definita come una distribuzione *Costante* (come mostrato nella figura sopra) o come *Lineare* per tutti gli intervalli di discretizzazione.

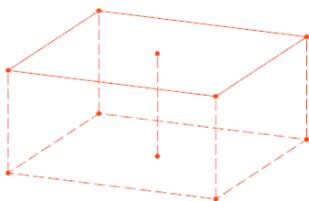
9.7.3 Regione media

È possibile definire una regione nel modello in cui i risultati grafici non saranno visualizzati con le attuali distribuzioni ma come un valore medio. Questa regione media rappresenta un'altra possibilità per valutare le forze interne della superficie e le tensioni. Le regioni sono gestite come oggetti indipendenti nelle schede del Navigatore progetti.

Per creare una regione media,

selezionare **Nuova regione media** nel menu **Risultati**

o utilizzare il menu contestuale corrispondente nel navigatore *Dati*.



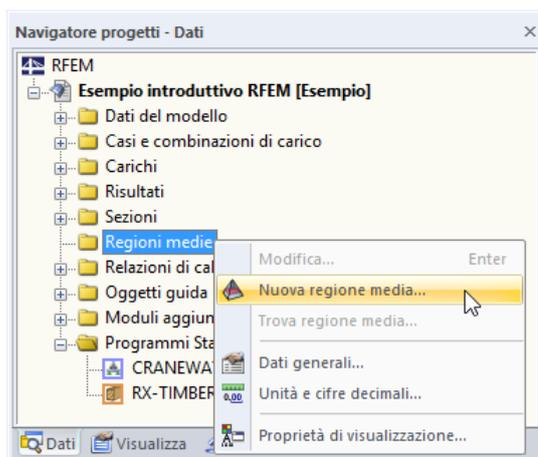


Figura 9.36: Navigatore *Dati*: menu contestuale delle *Regioni medie*

Si aprirà una finestra di dialogo nella quale è possibile specificare i parametri della regione.

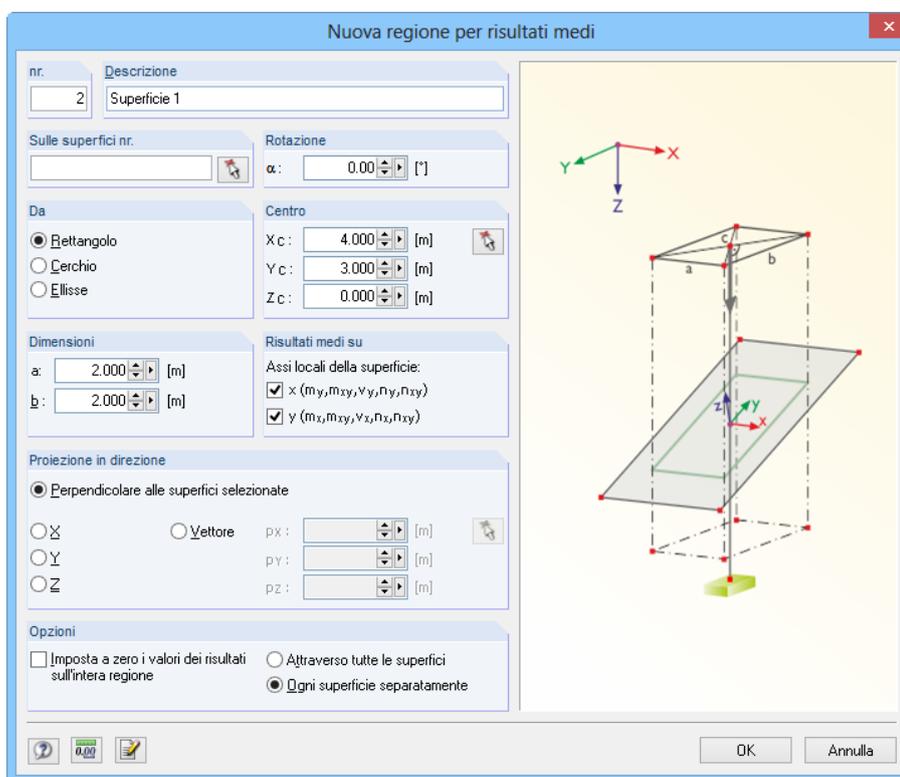


Figura 9.37: Finestra di dialogo *Nuova regione per risultati medi*

Oltre al *nr.* è necessario inserire la *Descrizione* della regione, il che rende la selezione più semplice quando si valutano i risultati. Le regioni sono memorizzate sotto *Regioni medie* nel navigatore *Dati* dove si potranno modificare in seguito.



La sezione di dialogo *Su superfici nr.* elenca i numeri delle superfici per le quali si desiderano i risultati medi. Questa opzione è utile se la proiezione della regione interseca diverse superfici. È possibile selezionare gli oggetti anche graficamente, utilizzando la funzione [↖].

La *Forma* della regione può essere definita come rettangolo, cerchio o ellisse. I rispettivi parametri sono mostrati nel grafico del dialogo a destra.



Nella sezione di dialogo *Centro*, si specifichi il punto centrale della regione. Le coordinate possono essere inserite manualmente o selezionate graficamente nell'area di lavoro utilizzando la funzione [↵]. Le *Dimensioni* descrivono la forma della regione con i parametri che dipendono dalla *Forma*.

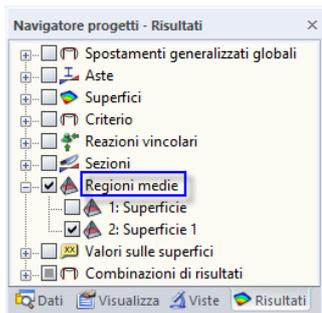


Nella sezione di dialogo *Risultati medi su*, è possibile decidere se si desidera, che i risultati medi siano in relazione ad entrambi gli assi della superficie o se la media si riferisca solo ad uno degli assi locali.

La sezione di dialogo *Proiezione in direzione* descrive il riferimento della regione definita alle superfici. In generale, la proiezione è perpendicolare alle superfici selezionate, ma sono anche possibili le direzioni della proiezione globale in X, Y e Z, e l'immissione di vettori di proiezione. Con la funzione [↵] è possibile selezionare due punti nella finestra di lavoro per definire il vettore.

Infine, la finestra di dialogo è dotata di una opzione per *Impostare a zero valori dei risultati sull'intera regione*. In questo modo, è possibile disattivare i valori dei risultati in una zona selezionata del modello.

Nel navigatore *Risultati*, è possibile visualizzare e nascondere regioni medie singolarmente o globalmente.



Controllo delle regioni nel navigatore *Risultati*



9.8 Vista con finestre multiple

Sullo schermo, diverse finestre con differenti spostamenti generalizzati o forze interne possono essere visualizzati insieme. Per aprire la finestra di dialogo corrispondente,

selezionare **Ordina finestra dei risultati** nel menu **Risultati**

oppure si utilizzi il pulsante della barra degli strumenti mostrato sulla sinistra.

Si aprirà una finestra di dialogo che mostrerà una struttura del navigatore in cui è possibile selezionare i tipi di risultati corrispondenti da selezionare.

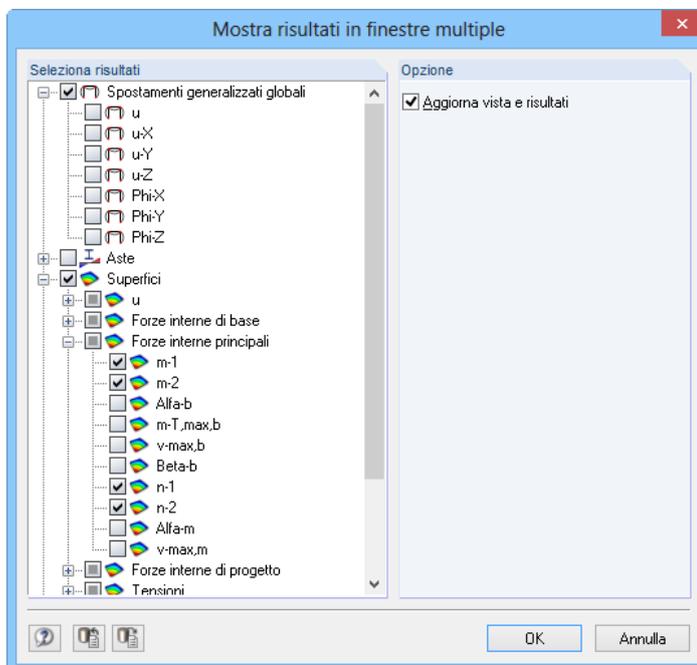


Figura 9.38: Finestra di dialogo *Mostra risultati in finestre multiple*

La vista con finestre multiple può essere utilizzata anche per la stampa (si veda paragrafo 10.2.1, pagina 427).

9.9 Filtro dei risultati

Sono disponibili varie funzioni di filtro, che si dimostrano particolarmente utili nel caso di sistemi strutturali complessi per valutare e documentare i risultati.

9.9.1 Viste

Le viste definite dall'utente (punti di vista, impostazioni dello zoom ecc.) rendono la valutazione dei risultati più semplice. Utilizzando le "visibilità" è possibile suddividere il modello in viste parziali generate e definite dall'utente che soddisfano determinati criteri. In questo modo, è possibile attivare la visualizzazione ad esempio solo delle superfici di un piano o di una particolare sezione trasversale. Naturalmente, è possibile usare queste possibilità sia nella valutazione dei risultati che nella creazione del modello o dei carichi.

È possibile accedere alle diverse funzioni in un **navigatore** indipendente (paragrafo 9.9.1.1) e utilizzando l'**elenco di pulsanti** o le **funzioni dei menu** (paragrafo 9.9.1.2).

9.9.1.1 Navigatore Viste

La scheda *Viste* del Navigatore progetti consente di creare viste definite dall'utente del modello che è possibile utilizzare per l'immissione e la valutazione. La scheda gestisce anche le visibilità definite dall'utente e create automaticamente.

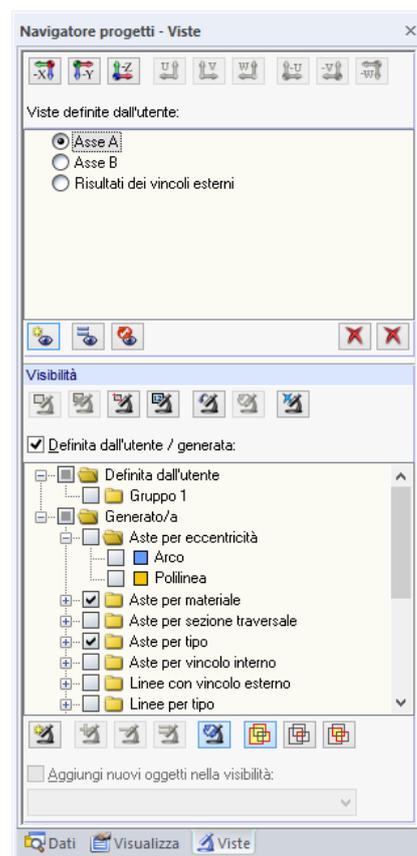


Figura 9.39: Scheda *Viste* del Navigatore progetti

Viste definite dall'utente

A differenza delle *Visibilità* orientate per oggetto (si veda sotto), le *Viste definite dall'utente* consentono di salvare e importare particolari angoli di visualizzazione, viste ingrandite e le impostazioni del navigatore *Visualizza*.

La vista attualmente impostata sarà salvata come impostazione di visualizzazione - non importa quali siano le specificazioni del filtro efficaci nell'elenco delle *Visibilità*: RFEM utilizza sempre le impostazioni attuali delle visibilità per la rappresentazione dell'oggetto di una *Vista definita dall'utente*. Una vista definita dall'utente gestisce solo l'angolo di visualizzazione, il fattore di zoom e le specificazioni nel navigatore *Visualizza*.

Utilizzare i pulsanti [Vista] per impostare i seguenti angoli standard di vista rapidamente:

	Vista rispetto all'asse X
	Vista rispetto all'asse Y
	Vista rispetto all'asse Z
 	Vista in direzione o rispetto all'asse U del piano di lavoro (si veda paragrafo 11.3.1, pagina 457)
 	Vista in direzione o rispetto all'asse V del piano di lavoro
 	Vista in direzione o rispetto all'asse W del piano di lavoro

Tabella 9.2: Pulsanti [Vista]

I pulsanti sotto l'elenco delle *Viste* sono riservati per le seguenti funzioni:

	Crea una nuova <i>Vista definita dall'utente</i> dalla vista attuale (figura 9.40)
	Ridefinisce la <i>Vista definita dall'utente</i> attiva dalla vista attuale
	Ripristina la <i>Vista definita dall'utente</i> attiva dopo le modifiche
	Elimina la voce selezionata nell'elenco <i>Viste definite dall'utente</i>
	Elimina tutte le <i>Viste definite dall'utente</i>

Tabella 9.3: Pulsanti nella sezione di dialogo *Viste definite dall'utente*

Creazione delle viste definite dall'utente

La vista attualmente impostata può essere salvata utilizzando il pulsante [Nuova] mostrato a sinistra. Apparirà una finestra di dialogo dove si dovrà inserire il *Nome* della nuova impostazione di visualizzazione.



Figura 9.40: Finestra di dialogo *Nuova visibilità definita dall'utente*

Visibilità

Con la cosiddette "visibilità" è possibile visualizzare le viste parziali del modello o gruppi di oggetti.

Pulsanti delle visibilità

I pulsanti sopra l'elenco delle *Visibilità* (si veda Figura 9.39: Scheda *Viste* del Navigatore progetti, pagina 387) consentono di selezionare gli oggetti per la rappresentazione di particolari criteri. Questi sono riservati per le seguenti funzioni:

	Visualizza gli oggetti selezionati nell'area di lavoro come vista parziale
	Nasconde gli oggetti selezionati nell'area di lavoro
	Crea una visibilità disegnando una finestra (si veda pagina 391)
	Definisce una nuova visibilità tramite i numeri degli oggetti (si veda pagina 391)
	Ripristina la visibilità precedente
	Inverte visualizzazione attuale (nuova visibilità: oggetti nascosti)
	Termina la modalità visibilità, tutti gli oggetti sono visualizzati di nuovo.

Tabella 9.4: Pulsanti sopra l'elenco delle *Visibilità*

L'elenco delle *Visibilità* contiene le visibilità definite dall'utente e delle visibilità generate.

Visibilità definite dall'utente

Con la selezione grafica o numerica degli oggetti (si veda paragrafo 11.2, pagina 453) è possibile creare una visibilità.

Utilizzare il pulsante [Crea nuova visibilità definita dall'utente] (al di sotto dell'elenco *Visibilità*) per salvare la vista parziale attuale. La finestra di dialogo *Nuova visibilità definita dall'utente* si apre e si definisce un nome e il *Gruppo* (si veda figura 9.44, pagina 392).

I pulsanti sotto l'elenco delle *Visibilità* sono riservati per le seguenti funzioni:

	Apparirà la finestra di dialogo <i>Nuova visibilità definita dall'utente</i> (si veda figura 9.44, pagina 392).
	Aggiunge gli oggetti selezionati nella finestra di lavoro al gruppo contrassegnato nell'elenco precedente (si veda pagina 392)
	Rimuove gli oggetti selezionati nella finestra di lavoro dal gruppo contrassegnato nell'elenco precedente (si veda pagina 392)
	Riassegna gli oggetti selezionati al gruppo contrassegnato sopra
	Inverte visualizzazione attuale (nuova visibilità: oggetti nascosti)
	Mostra tutti gli oggetti attivati nell'elenco delle <i>Visibilità</i>
	Mostra solo gli oggetti disponibili in ciascuna voce attiva delle <i>Visibilità</i>
	Mostra gli oggetti disponibili in ciascun <i>Gruppo</i> attivo

Tabella 9.5: Pulsanti sotto l'elenco delle *Visibilità*



Con la casella di controllo *Aggiungi nuovi oggetti nella visibilità* è possibile decidere come si desidera trattare i nuovi nodi, linee, aste ecc. quando si opera in una visibilità definita dall'utente. Se l'opzione è stata selezionata, sarà possibile definire il gruppo appropriato nell'elenco riportato di seguito.



Un simbolo di colore sarà assegnato automaticamente ad ogni visibilità definita dall'utente. I colori possono essere usati anche nel navigatore *Visualizza* per la rappresentazione grafica degli oggetti (si veda paragrafo 11.1.9, pagina 451). In questo modo, è possibile rilevare le visibilità rapidamente nel modello. Per impostare la visualizzazione dei gruppi, utilizzare il navigatore *Viste*.

Visibilità generate

RFEM genera automaticamente le visibilità per superfici, linee, aste ecc., secondo particolari criteri.

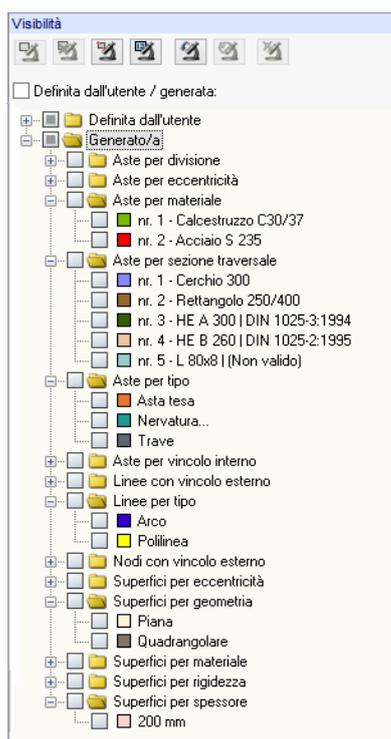


Figura 9.41: Visibilità generate nel navigatore *Viste*

Quei tipi di visibilità generate consentono di avere una rapida panoramica sul modello, poiché è possibile prendere l'elenco per filtrare gli oggetti utilizzati specificamente. In questo modo, è possibile controllare facilmente sia l'immissione che i risultati in RFEM.



Oltre alla selezione multipla di viste generate (impostazione predefinita), l'elenco consente di creare un set di intersezioni. Utilizzare i pulsanti del navigatore mostrati a sinistra per impostare l'intersezione. Si possono trovare sotto l'elenco. Le funzioni sono descritte nella tabella 9.5 di cui sopra.

Con la casella di controllo *Definita dall'utente / generata* in cima alla lista è possibile decidere se la funzione di filtro è efficace per la finestra di lavoro. Tutti gli oggetti saranno nuovamente visualizzati dopo aver tolto il segno di spunta.



9.9.1.2 Menu e pulsanti delle Visibilità

Per accedere alle varie funzioni di visibilità,

puntare su **Visibilità** nel menu **Visualizza**

o utilizzare il pulsante corrispondente dell'elenco di pulsanti del menu a comparsa nella barra degli strumenti.

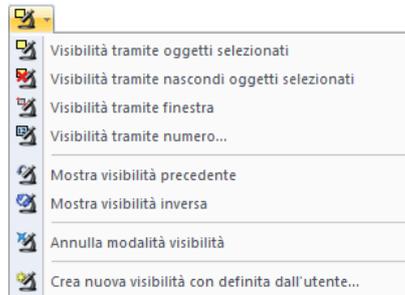


Figura 9.42: Elenco di pulsanti per le *Visibilità*

Visibilità tramite finestra



Le viste parziali possono essere create graficamente utilizzando il mouse e disegnando una finestra.

Quando si apre la finestra da sinistra a destra, la visibilità include solo gli oggetti che sono completamente contenuti all'interno della finestra. Quando si apre la finestra da destra a sinistra, la vista parziale contiene anche gli oggetti che sono tagliati dalla finestra.

Visibilità tramite numero



Si inseriscano i numeri dei *Nodi*, *Linee*, *Aste*, *Superfici* o *Solidi* che sono pertinenti per la vista parziale in una finestra di dialogo.

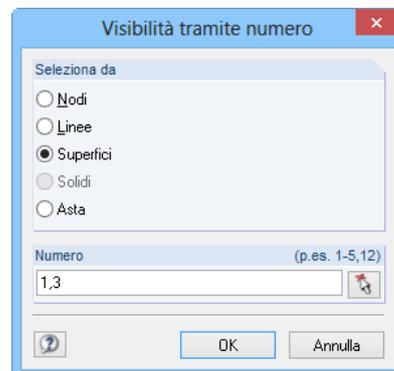


Figura 9.43: Finestra di dialogo *Visibilità tramite numero*

Annulla modalità visibilità



Utilizzare questa funzione per ripristinare la vista di tutti gli oggetti.

Creazione di una visibilità definita dall'utente

Prima di accedere alla funzione, selezionare gli oggetti che si desidera salvare come *Visibilità* nell'area di lavoro (si veda paragrafo 11.2.1, pagina 453 e paragrafo 11.2.2, pagina 456). La seguente funzione di selezione è utile: puntare su **Seleziona** nel menu **Modifica**, quindi selezionare **Speciale**.



Solo gli oggetti che sono selezionati nell'area di lavoro saranno integrati nella *Visibilità*. Pertanto, quando si utilizza la funzione [Visibilità nascondendo gli oggetti selezionati], sarà necessario selezionare gli oggetti visualizzati ancora una volta disegnando una finestra su di essi.

Dopo un click sul pulsante [Nuovo] mostrato a sinistra apparirà la seguente finestra di dialogo.



Figura 9.44: Finestra di dialogo *Nuova visibilità definita dall'utente*



Definire il *Nome* e il *Gruppo*. Se si desiderano utilizzare più gruppi di visibilità, cliccare sul pulsante [Nuovo] per creare un altro gruppo.

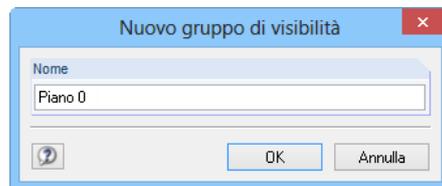


Figura 9.45: Finestra di dialogo *Nuovo gruppo di visibilità*

Fare clic sul pulsante [OK] per salvare il gruppo di oggetti come una nuova visibilità.

Le visibilità definite dall'utente sono gestite nel navigatore *Viste* dove si possono attivare e disattivare singolarmente (si veda figura, pagina 387).

Cambia gli oggetti nelle visibilità



Gli oggetti possono essere integrati successivamente nelle visibilità esistenti: terminare la modalità visibilità facendo clic sul pulsante mostrato a sinistra. È possibile anche puntare su *Visibilità* nel menu *Visualizza* in cui è possibile selezionare *Annulla modalità visibilità*. Adesso, selezionare gli oggetti che si desidera aggiungere.



Nel navigatore *Viste*, fare clic sulla voce corrispondente nell'elenco *Definita dall'utente*. RFEM abilita il pulsante [+] in modo che sia possibile integrare gli oggetti selezionati nella visibilità definita dall'utente.



Allo stesso modo, è possibile utilizzare il pulsante [-] per rimuovere gli oggetti selezionati da una visibilità definita dall'utente.



Cliccare sul pulsante [=] per sovrascrivere gli oggetti disponibili nella visibilità marcata del navigatore *Viste* con la selezione nell'area di lavoro. Così, le visibilità esistenti si possono ridefinire ma si conserva il nome.

Trasparenza degli oggetti nascosti

Quando si utilizzano le visibilità, è possibile visualizzare gli oggetti nascosti con intensità minore sullo sfondo. Il grado di visibilità è definito individualmente nella scheda *Grafica* della finestra di dialogo *Opzioni del programma* (si veda figura 9.51, pagina 397).

La visualizzazione degli oggetti sullo sfondo può essere attivata e disattivata nel navigatore *Visualizza*.

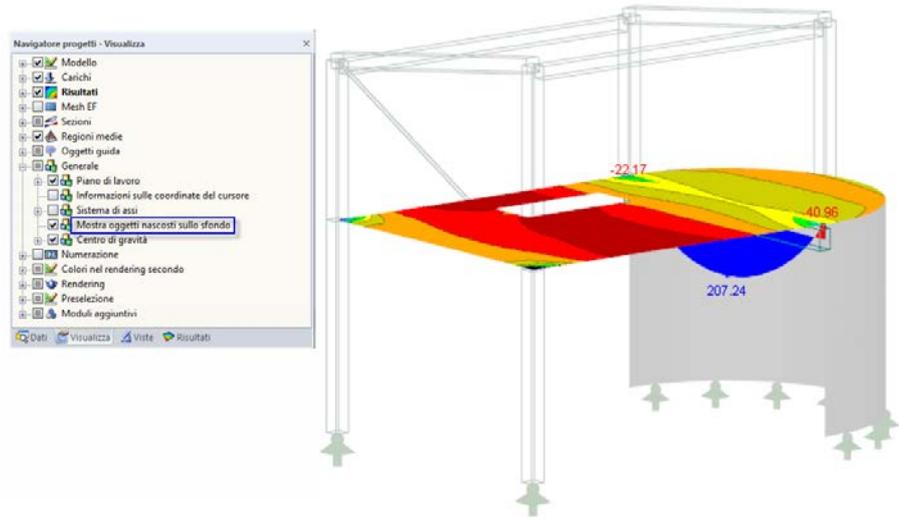


Figura 9.46: Navigatore *Visualizza* : Opzione *Generale* → *Mostra oggetti nascosti sullo sfondo*

9.9.2 Piano di sezione

È possibile definire delle sezioni piane sezionando il modello. La zona di fronte (o dietro) il piano verrà nascosta sullo schermo. In questo modo, è possibile, per esempio, esaminare i risultati in un'intersezione o in un solido.

RFEM pone il piano di sezione attraverso il centro di tutte le dimensioni geometriche. Così, il piano è in relazione alla geometria del modello. Nell'area di lavoro, il piano di sezione è incluso da una cornice.

Non è possibile salvare un piano di sezione.

Per accedere alla funzione corrispondente

selezionare **Piano di sezione** nel menu **Inserisci**.

Si aprirà la seguente finestra di dialogo:



Figura 9.47: Finestra di dialogo *Piano di sezione*



È possibile organizzare il *Piano* parallelamente ad uno dei piani individuato dagli assi del sistema globale di coordinate XYZ. Inoltre, è possibile posizionare il piano nel piano di lavoro attuale. È inoltre possibile selezionare tre punti nella finestra di lavoro facendo clic sul pulsante [↖] mostrato a sinistra.



Il valore immesso nel campo di immissione *Offset* comporterà uno spostamento parallelo del piano nella direzione dell'asse positivo o negativo che è perpendicolare al piano. Entrambe le direzioni sono indicate da frecce grigie nell'area di lavoro. L'offset può essere inserito direttamente o impostato con la casella di selezione. Il campo di immissione *Step* definisce la quantità con la quale si sposta il piano.

Nella sezione di dialogo *Opzioni*, si ha la possibilità di modificare il lato attivo del piano di sezione. Inoltre, è possibile attivare e disattivare i diagrammi dei risultati disponibili sui contorni di sezione.

Inoltre, è possibile ruotare il piano di sezione con una *Rotazione* attorno all'angolo α (attorno all'ultimo asse nominato del piano) e all'angolo β (intorno al primo asse nominato). La grafica cambia interattivamente con l'immissione.

Quando si apre la finestra di dialogo *Piano di sezione*, è possibile utilizzare tutte le funzioni di visualizzazione e modifica nell'area di lavoro, ma non vi sarà nessuna opzione di stampa. Terminare la funzione con il pulsante [Chiudi].

L'esempio seguente mostra un piano di sezione attraverso un nodo di un collegamento tubolare.

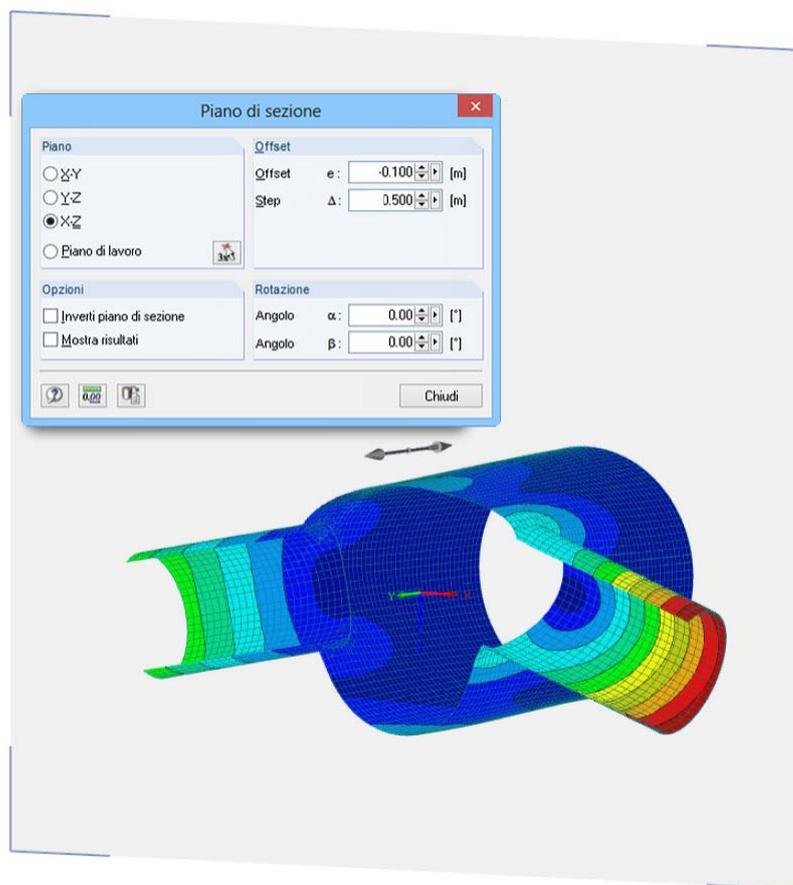


Figura 9.48: Piano di sezione tramite un collegamento tubolare

9.9.3 Funzioni di filtro

Le opzioni di raggruppamento descritte nel paragrafo 9.9.1 *Viste* si riferiscono agli oggetti del modello. Inoltre, è possibile utilizzare le forze interne, gli spostamenti generalizzati e le tensioni come criteri di filtro.

Filtro dei risultati

I risultati sono filtrati tramite il pannello di controllo. Se il pannello non è visualizzato, selezionare **Pannello di controllo (Spettro colori, Coefficienti, Filtro)** nel menu **Visualizza** oppure si utilizzi il pulsante della barra degli strumenti mostrato sulla sinistra.

Il pannello di controllo è descritto nel paragrafo 3.4.6 a pagina 30.

Le impostazioni di filtro per i risultati sono definite nella scheda *Spettro dei colori* che è visibile per i risultati a isobande e isoline di superfici e solidi (si veda figura 3.17, a pagina 30). Poiché la scheda non è disponibile per la visualizzazione a due colori delle forze interne delle aste, sarà necessario passare all'opzione di visualizzazione *Con/Senza diagramma* o *Sezioni trasversali* nel navigatore *Visualizza* (si veda figura a sinistra).

Nel pannello è possibile impostare visualizzazioni specifiche, ad esempio, quella della visualizzazione dei momenti di aste solo se superano un valore particolare, o delle forze interne di base di superfici usando una gradazione fine entro l'intervallo di ± 30 kNm (si veda figura 3.19, a pagina 32).

L'esempio seguente rappresenta una piastra di un impalcato. RFEM visualizza le tensioni di contatto solo tra -120 kN/m² e -260 kN/m² del modello.



Impostazioni navigatore *Visualizza* per i risultati a colori multipli

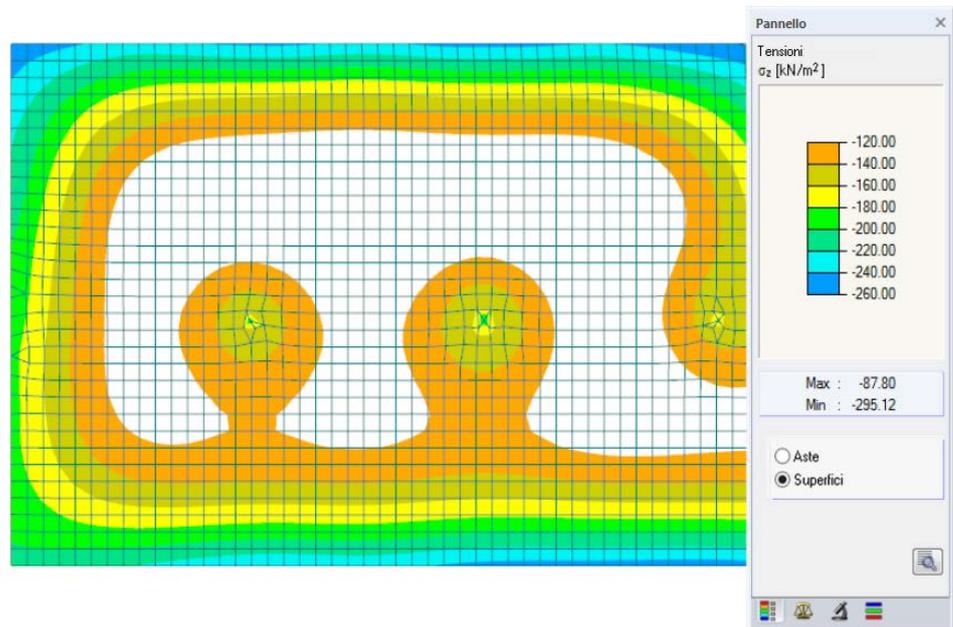


Figura 9.49: Filtro delle tensioni di contatto con lo spettro di colori modificato

Poiché il modello fornisce anche i risultati delle aste con colorazione multipla, nel pannello di controllo è attivo il campo di selezione *Superfici*. Inoltre, lo spettro di colori è modificato in modo tale che l'intervallo di colori ricopra esattamente -20 kN/m². Non si visualizzerà nessun risultato per elementi di superficie con vincoli esterni elastici le cui tensioni di contatto siano al di sotto dell'intervallo di valori definito.

Filtro degli oggetti



Nella scheda *Filtro* del pannello di controllo, è possibile immettere i numeri delle aste selezionate, di superfici o solidi per visualizzare i diagrammi dei risultati in una visualizzazione filtrata. Questa funzione è descritta nel paragrafo 3.4.6 a pagina 34.

In contrasto con la funzione di visibilità, il modello sarà visualizzato completamente nella grafica.

La figura seguente mostra i momenti flettenti disponibili sulle superfici degli impalcati di un edificio. Le pareti sono rappresentate nel modello ma visualizzate senza le forze interne.

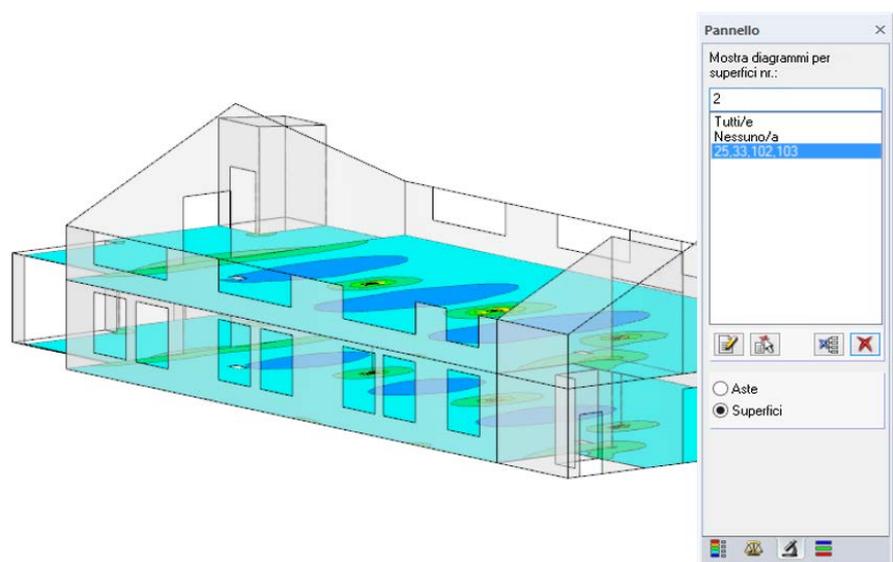


Figura 9.50: Filtro di superfici: momenti flettenti di impalcati

9.10 Animazione degli spostamenti generalizzati



Normalmente, gli spostamenti generalizzati degli oggetti sono visualizzati nel loro stato finale.

Ma è anche possibile visualizzare il processo degli spostamenti generalizzati in movimento. Per avviare l'animazione,

selezionare **Animazione** nel menu **Risultati**.

oppure si utilizzi il pulsante della barra degli strumenti mostrato sulla sinistra. Per terminare la visualizzazione animata, cliccare di nuovo sul pulsante. È inoltre possibile utilizzare il tasto [Esc].



Per definire le impostazioni dettagliate per il processo di animazione, utilizzare la finestra di dialogo delle *Opzioni del programma*.



Selezionare **Opzioni del programma** nel menu **Opzioni**, quindi aprire la scheda di dialogo *Grafica*.

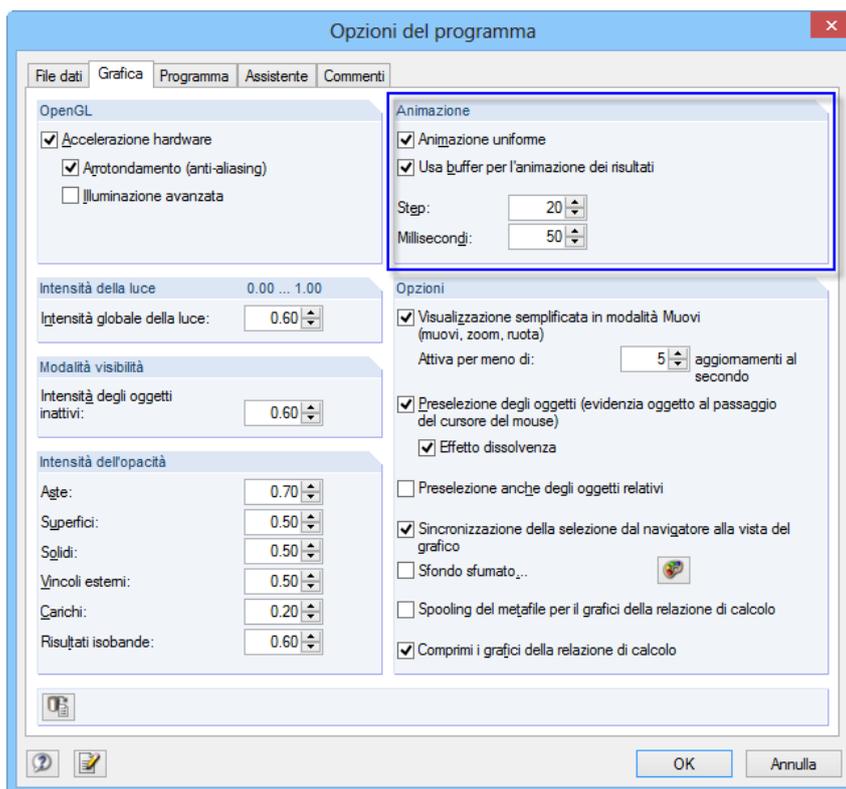


Figura 9.51: Finestra di dialogo *Opzioni del programma*, scheda *Grafica*



L'animazione degli spostamenti generalizzati si può salvare come file video. Impostare la grafica animata opportunamente sullo schermo, e dopo selezionare

Crea file video nel menu degli **Strumenti**.

È possibile che venga visualizzato un messaggio di impostazioni prima che appaia la finestra di dialogo corrispondente dove sarà possibile definire diverse impostazioni per creare il file video.

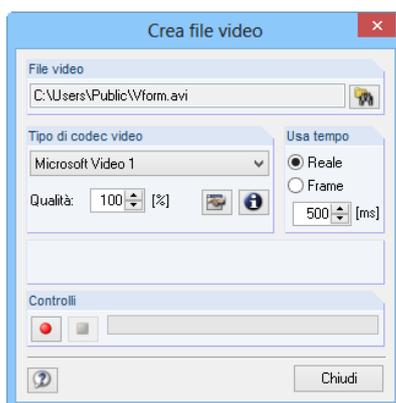


Figura 9.52: Finestra di dialogo *Crea file video*



Fare clic sul pulsante [Sfoglia] per definire il nome del file video in una finestra di dialogo separata.

Il pulsante rosso [Registra] inizia la registrazione e il pulsante blu [Stop] la arresta.



10. Relazione

10.1 Relazione di calcolo

Normalmente, i dati di immissione e dei risultati di RFEM non sono inviati direttamente alla stampante. Invece, si genererà prima la cosiddetta relazione di calcolo a cui è possibile aggiungere elementi grafici, spiegazioni, scansioni ed altri elementi. Nella relazione di calcolo è possibile definire i dati che appariranno nella relazione finale.

È possibile creare diverse relazioni di calcolo per il modello. Se la struttura è piuttosto complessa, si consiglia di suddividere i dati in diverse piccole relazioni invece di creare una relazione unica che è piuttosto vasta. Ad esempio, è possibile creare una relazione per i dati di input, un'altra per le forze dei vincoli esterni e una per i risultati delle superfici. In questo modo, è possibile ridurre i tempi.

È possibile creare diverse relazioni di calcolo in un modello di RFEM. A seconda dei dati richiesti, i progettisti e gli ingegneri di collaudo possono ricevere diverse relazioni di calcolo.

Una relazione di calcolo può essere generata solo se una stampante predefinita è installata in Windows. L'anteprima della relazione di calcolo utilizza il driver della stampante.

È possibile lavorare parallelamente sia per la relazione di calcolo che nell'interfaccia utente di RFEM: dopo aver fatto clic sul pulsante [Riduci] nell'angolo più in alto a destra della relazione, è possibile continuare a lavorare in RFEM. Quando si ritorna alla relazione di calcolo, apparirà una richiesta se si desidera aggiornare le modifiche nella relazione.

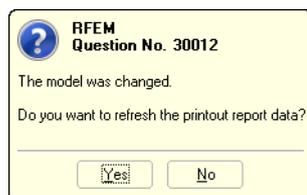


Figura 10.1: Richiesta per le modificazioni in RFEM dopo essere ritornati alla relazione di calcolo

10.1.1 Creazione o apertura della relazione di calcolo

Per creare una nuova relazione di calcolo

selezionare **Apri relazione di calcolo** nel menu **File**

oppure si utilizzi il pulsante della barra degli strumenti mostrato sulla sinistra. È inoltre possibile utilizzare il menu contestuale della voce corrispondente nel navigatore *Dati*.

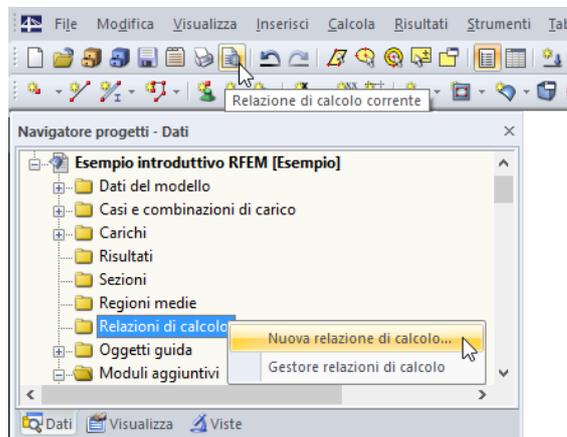


Figura 10.2: Pulsante e menu contestuale della *Relazione di calcolo*

Si aprirà la seguente finestra di dialogo:



Figura 10.3: Finestra di dialogo *Nuova relazione di calcolo*

Il *nr.* della relazione è predisposto, ma può essere modificato. Nel campo di immissione *Descrizione*, è possibile immettere un nome per la relazione, facilitando la ricerca tra gli elenchi più semplici in futuro. La descrizione non apparirà nella stampa.

Inoltre, è possibile selezionare un particolare modello di relazione di calcolo dall'elenco nella sezione di dialogo *Schema di relazione di calcolo* (si veda paragrafo 10.1.7, pagina 415).

I pulsanti nella finestra di dialogo sono riservati per le seguenti funzioni:

	Crea un nuovo schema di relazione di calcolo.
	Modifica la selezione della relazione (→ paragrafo 10.1.3, pagina 402).

Tabella 10.1: Pulsanti nella finestra di dialogo *Nuova relazione di calcolo*

Quando una relazione di calcolo è già disponibile, e si seleziona **Apri relazione di calcolo** dal menu **File**, apparirà il *Gestore relazioni di calcolo*.

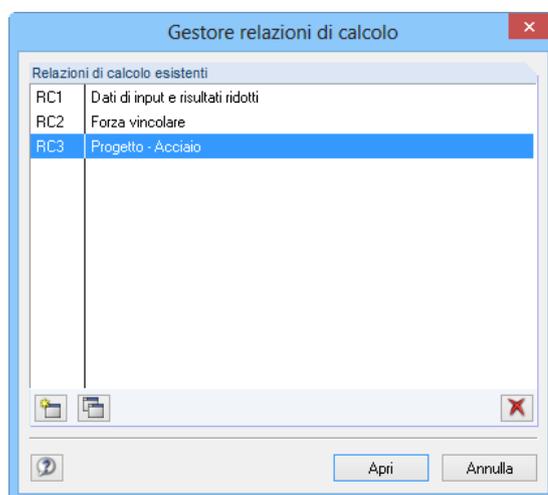


Figura 10.4: Finestra di dialogo *Gestore relazioni di calcolo*

È possibile selezionare la relazione di calcolo pertinente dall'elenco.

I pulsanti nella finestra di dialogo sono riservati per le seguenti funzioni:

	Crea una nuova relazione di calcolo
	Elimina la relazione di calcolo selezionata

Tabella 10.2: Pulsanti nella finestra di dialogo *Gestore relazioni di calcolo*

10.1.2 Lavorare con la relazione di calcolo

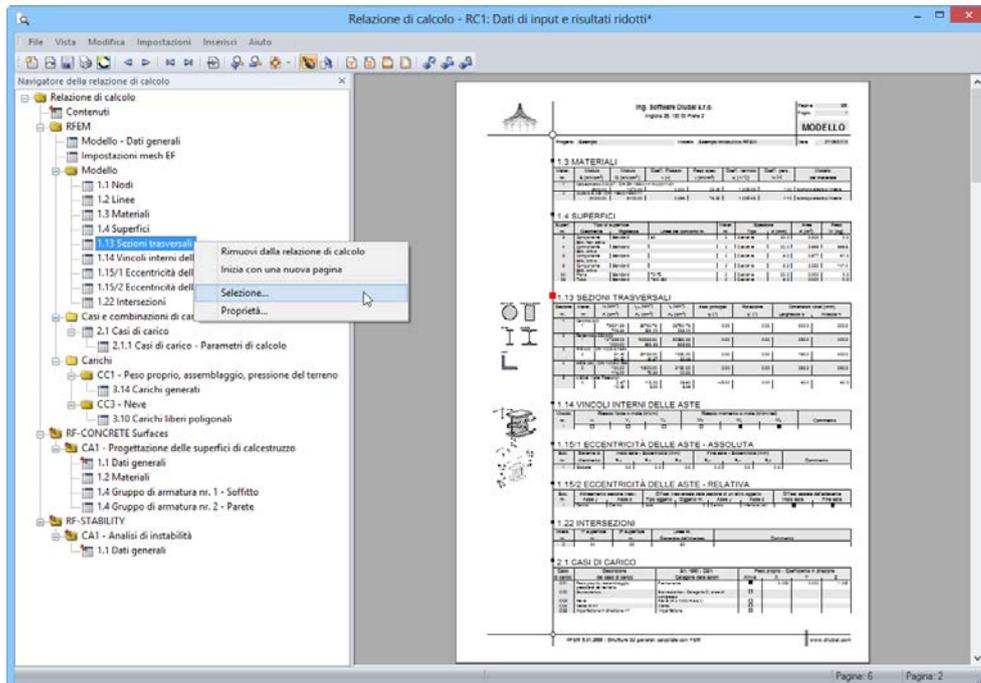


Figura 10.5: Relazione di calcolo con menu contestuale

Quando si apre la relazione di calcolo, si potrà vedere il navigatore della relazione di calcolo a sinistra e a destra, l'anteprima della relazione di calcolo.

I singoli capitoli della relazione di calcolo si possono spostare ovunque nel navigatore, utilizzando la funzione di trascinarsi della selezione.

Menu contestuale

Il menu contestuale offre diverse opzioni per redigere la relazione di calcolo. Come è solito per le applicazioni Windows, sono possibili le selezioni multiple con i tasti [Ctrl] e [⇧].

Rimuovi dalla relazione di calcolo

Il capitolo selezionato sarà cancellato. Se si vorrà inserirlo nuovamente, si utilizzi la selezione: fare clic su *Selezione* nel menu *Modifica* per aprire una finestra di dialogo in cui sarà possibile scegliere i dati da visualizzare nella relazione di calcolo.

Inizia con una nuova pagina

Il capitolo selezionato inizia con una nuova pagina ed è evidenziato con uno spillo rosso nel navigatore (come il capitolo *Risultati - Sommario* mostrato nella figura precedente).

Selezione

È possibile accedere alla selezione globale descritta nelle pagine seguenti. Il capitolo selezionato è preimpostato.

Proprietà

Alcune proprietà generali del capitolo selezionato possono essere modificate.



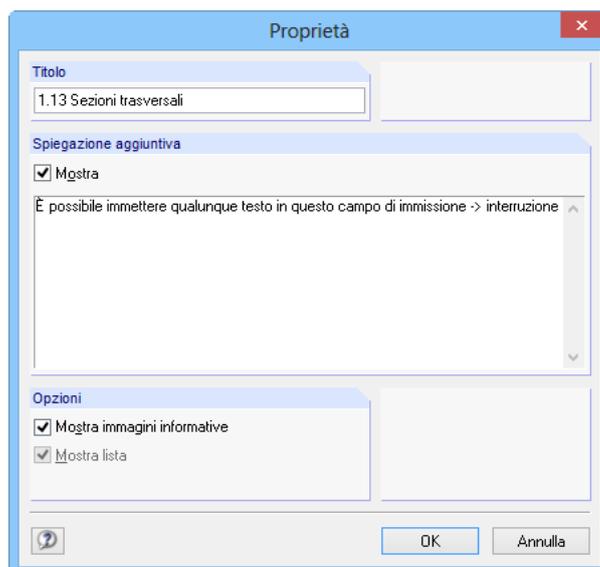


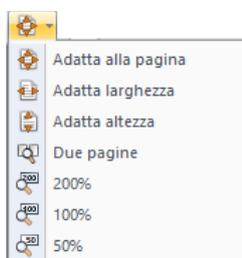
Figura 10.6: Finestra di dialogo *Proprietà*

È possibile modificare il *Titolo* del capitolo ed inserire una *Spiegazione aggiuntiva* che apparirà sul margine sinistro della relazione di calcolo. Il testo aggiuntivo può essere abilitato o disabilitato per la visualizzazione come le *immagini informative* del capitolo (ad esempio disegni di sezioni trasversali o di carichi).

Navigazione nella relazione di calcolo

Per controllare una particolare sezione della relazione di calcolo, fare clic sul corrispondente capitolo nel navigatore.

Il menu **Visualizza** è dotato di ulteriori funzioni per la navigazione. È inoltre possibile utilizzare i pulsanti della barra degli strumenti della relazione per accedere alla funzione corrispondente.



	Passa alla pagina precedente
	Passa alla pagina successiva
	Passa alla prima pagina
	Passa all'ultima pagina
	Specificare il numero di una pagina particolare in una finestra di dialogo
	Zoom in
	Zoom out
	Elenco di pulsanti per lo <i>Zoom</i> per modificare la dimensione di visualizzazione
	Modalità Grab: utilizza il mouse per la navigazione all'interno della relazione
	Modalità selezione: selezionar e modifica i capitoli con un semplice clic del mouse

Tabella 10.3: Pulsanti di navigazione nella barra degli strumenti della relazione di calcolo

10.1.3 Definizione dei contenuti della relazione di calcolo

Nella selezione globale, è possibile selezionare i capitoli che si desidera visualizzare nella relazione di calcolo. Per aprire la finestra di dialogo corrispondente,



selezionare **Selezione** nel menu **Modifica**

oppure si utilizzi il pulsante della barra degli strumenti mostrato sulla sinistra. Si può anche utilizzare il menu contestuale della voce del navigatore della *Relazione di calcolo*.

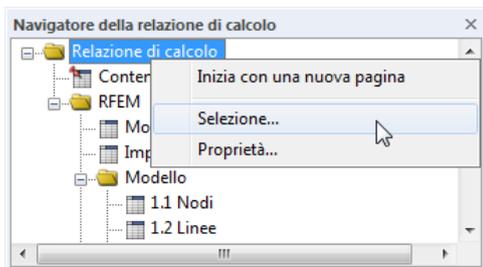


Figura 10.7: Aprire la selezione globale tramite la *Relazione di calcolo* del menu contestuale

Apparirà la seguente finestra di dialogo:

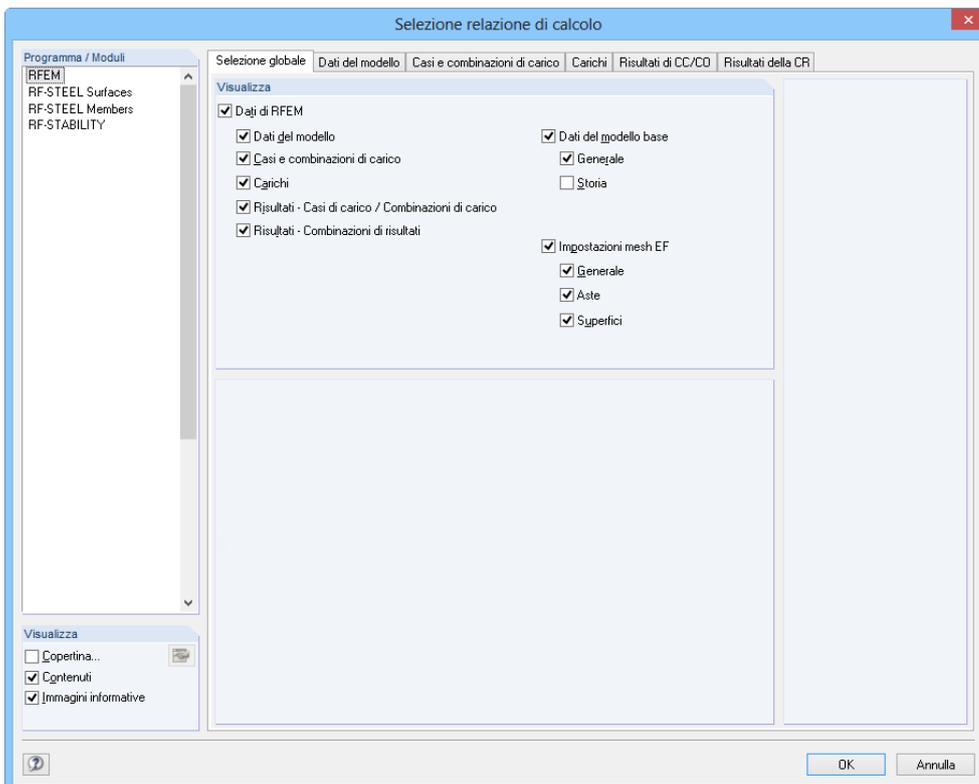


Figura 10.8: Finestra di dialogo *Selezione relazione di calcolo*, scheda *Selezione globale*

L'elenco nella sezione di dialogo *Programma / Moduli* contiene tutti i moduli aggiuntivi dove sono disponibili i dati di immissione. Quando si seleziona un programma nell'elenco, è possibile scegliere i capitoli da stampare nelle schede a destra.

La scheda *Selezione globale* gestisce i principali capitoli della relazione di calcolo. Se si deseleziona la casella di controllo, scomparirà la scheda corrispondente.

Utilizzare le tre caselle di controllo nella sezione di dialogo *Visualizza* (in basso a sinistra) per decidere se si dovrà visualizzare la *Copertina*, i *Contenuti* o delle piccole *Immagini informative* nella relazione di calcolo.

10.1.3.1 Selezione dei dati del modello

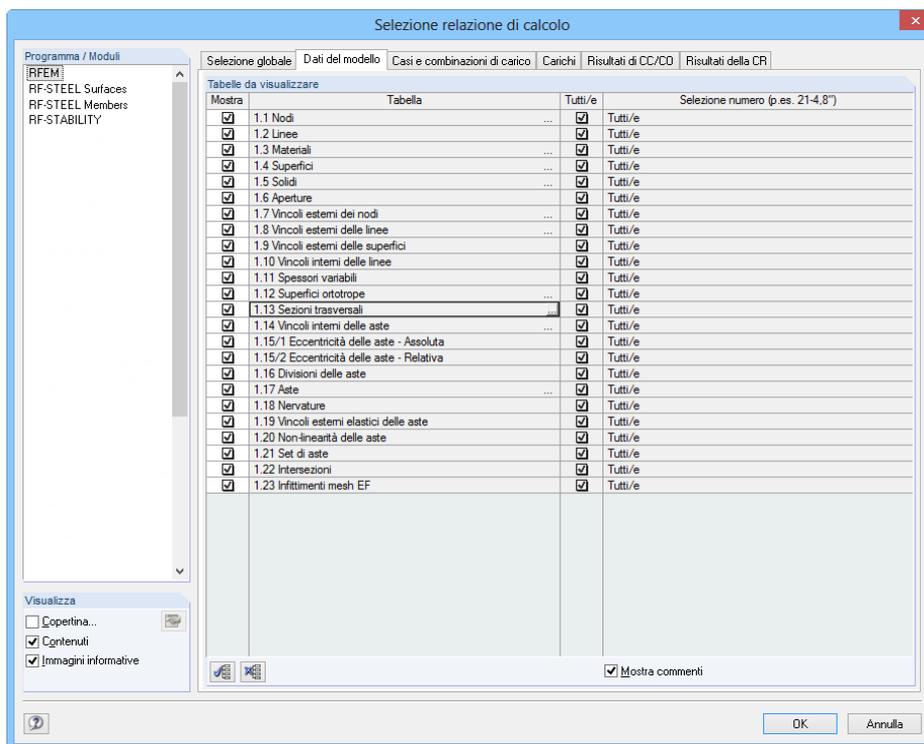


Figura 10.9: Finestra di dialogo *Selezione relazione di calcolo*, scheda *Dati del modello*

Con le caselle di controllo nella colonna *Mostra* si decide quali paragrafi appaiono nella relazione di calcolo.

Per alcune tabelle vi sono dei sottoparagrafi. Quando si fa clic, ad esempio nel campo della tabella *1.13 Sezioni trasversali*, il pulsante [...] è abilitato ed è possibile aprire un'altra finestra di dialogo in cui è possibile selezionare le sezioni trasversali che dovranno essere visibili. Per definire i tipi e la quantità dei dettagli, utilizzare il pulsante [Dettagli] mostrato a sinistra.

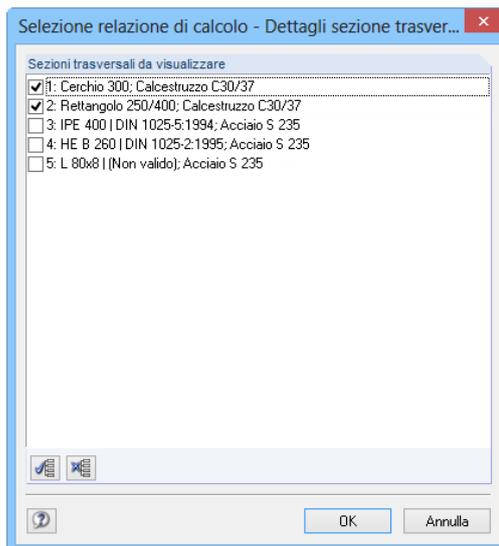


Figura 10.10: Finestra di dialogo *Selezione relazione di calcolo - Dettagli delle sezioni trasversali*

La relazione di calcolo si basa sulle tabelle di immissione descritta nel capitolo 4. Con le caselle di controllo nella terza colonna *Tutti/e* si decide se tutte le righe della tabella selezionata saranno in-

cluse nella relazione di calcolo. Quando si deseleziona una casella di controllo, è possibile specificare i numeri di oggetti selezionati (righe della tabella) nella colonna *Selezione numero*.

Anche in questo caso, si consiglia di utilizzare il pulsante [...] alla fine del campo di immissione, perché in questo modo è possibile selezionare nodi, linee, superfici, membri, gruppi di membri, aperture e solidi graficamente nell'area di lavoro. Per gli oggetti rimanenti apparirà un elenco di righe della tabella.

10.1.3.2 Selezione dei dati del carico

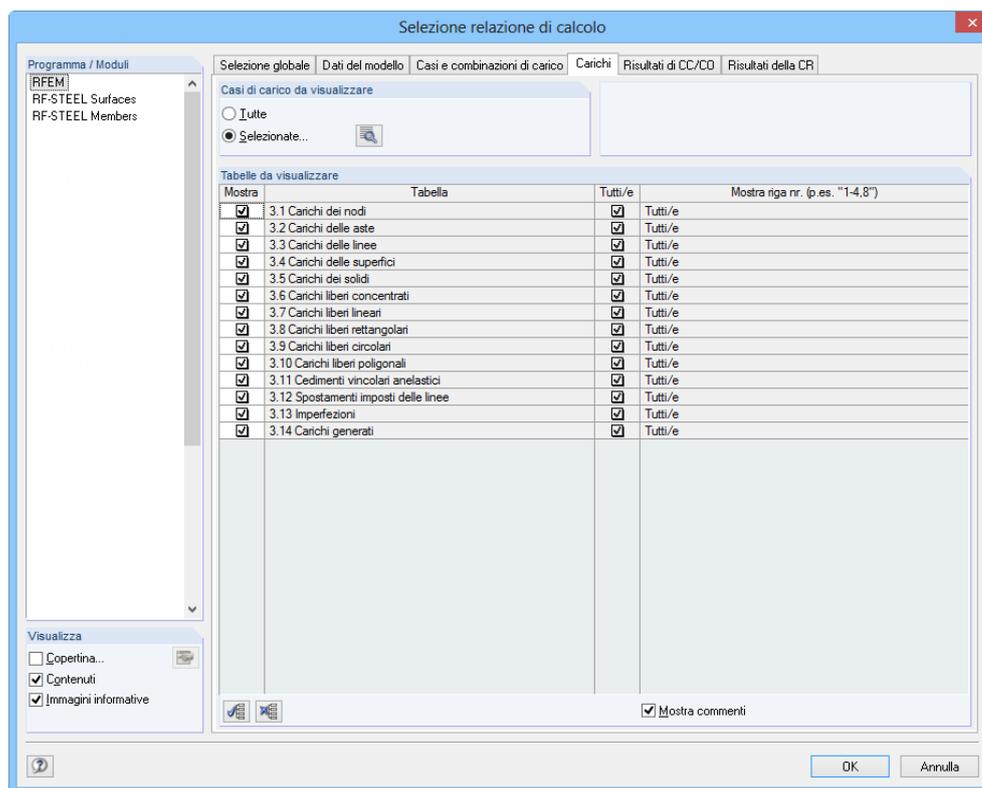


Figura 10.11: Finestra di dialogo *Selezione relazione di calcolo*, scheda *Carichi*

Le tabelle sono selezionate come descritto nel paragrafo precedente 10.1.3.1.

Tuttavia, sono disponibili opzioni di selezione aggiuntive in questa scheda: nella sezione di dialogo *Casi di carico da visualizzare - Tabelle* è possibile decidere se dovranno essere presenti nella stampa i dati di immissione di *Tutti* o solo alcuni dei casi di carico selezionati. Quando si attiva il campo di selezione *Selezionati*, sarà possibile utilizzare il pulsante [Dettagli] per aprire una nuova finestra di dialogo dove si definiscono i casi di carico.

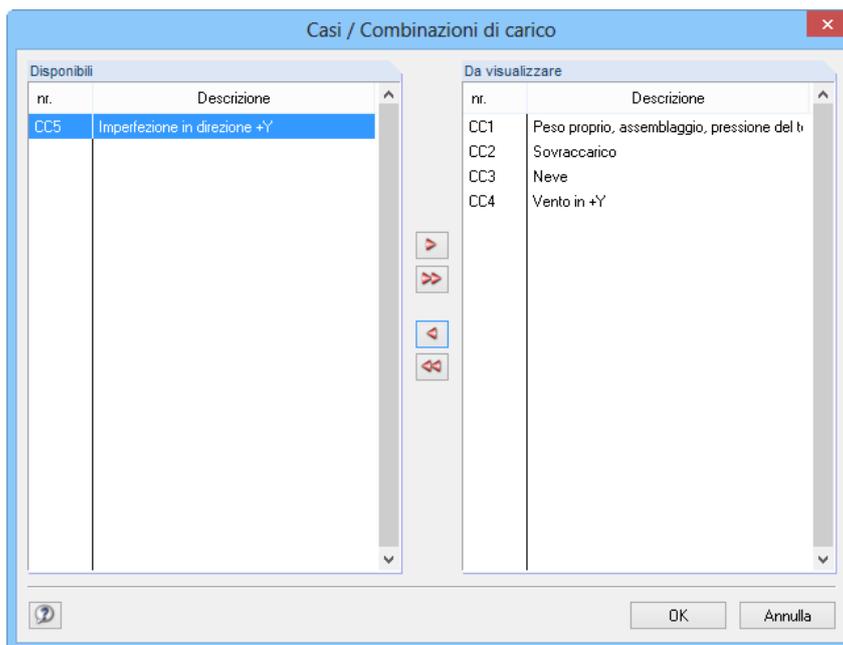


Figura 10.12: Selezione dei casi di carico

10.1.3.3 Selezione dei dati dei risultati

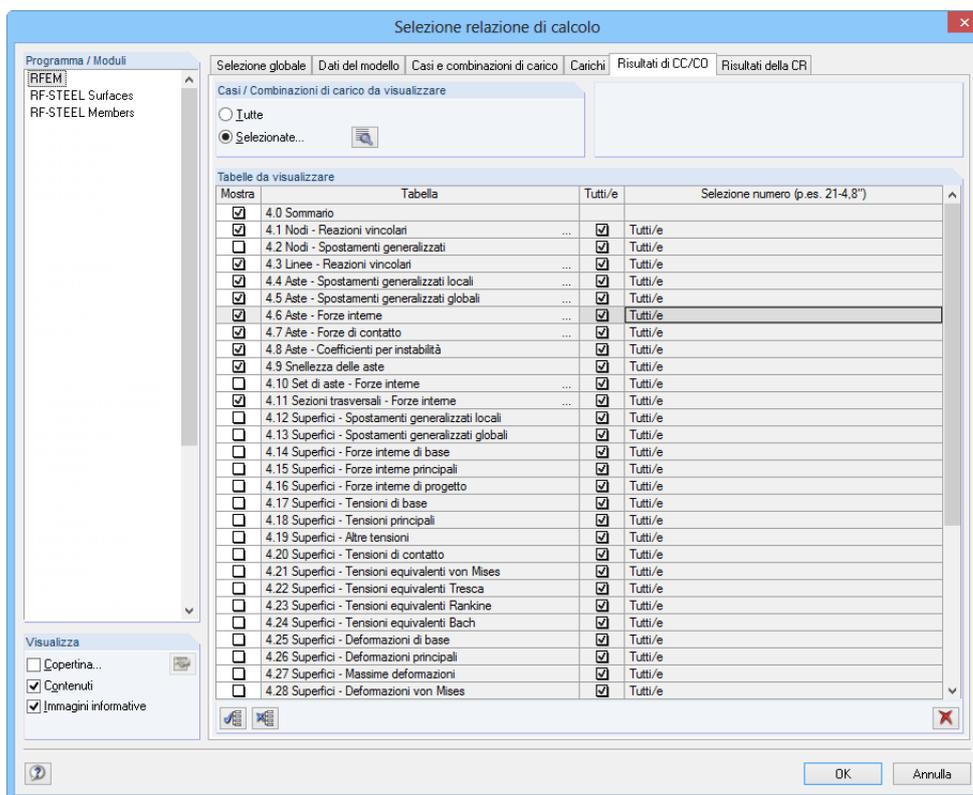


Figura 10.13: Finestra di dialogo *Selezione relazione di calcolo*, scheda *Risultati di CC/CO*

La selezione dei dati dei risultati si effettua solitamente in due schede di dialogo: la scheda *Risultati di CC/CO* gestisce la selezione di casi e combinazioni di carico, mentre la scheda *Risultati delle CR* controlla la stampa dei risultati di combinazioni di risultati.



I dati dei risultati possono essere preparati come i dati dei carichi (si veda paragrafo precedente 10.1.3.2): utilizzare il campo di selezione *Selezionati* per limitare la stampa ai risultati di casi di carico o combinazioni particolari. Nella sezione di dialogo *Tabelle da visualizzare*, è possibile selezionare le tabelle e le righe della tabella come descritto nel paragrafo 10.1.3.1. La colonna *Selezione numero* permette di specificare particolari oggetti o selezionarli graficamente mediante il pulsante [...] che è disponibile alla fine della riga della tabella.



Nella colonna *Tabella*, sono visibili alcune righe che mostrano i tre punti alla fine della riga. I punti indicano il pulsante [...] che può essere attivato facendo clic sulla riga della tabella. Utilizzare questo pulsante per accedere ad ulteriori criteri di selezione, ad esempio per le forze interne delle aste.

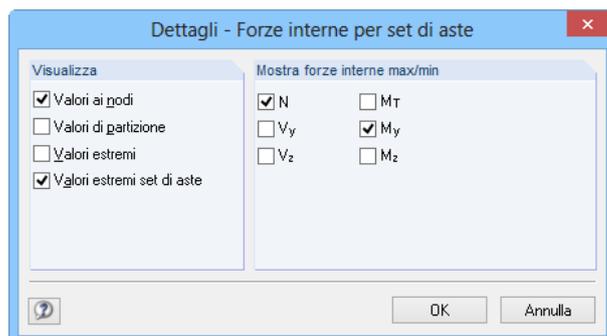


Figura 10.14: Finestra di dialogo *Dettagli - Forze interne per set di aste*

La relazione di calcolo elenca i risultati di ciascuna asta nei seguenti punti:

- Nodo iniziale e finale
- Punti di divisione secondo la divisione dell'asta definita (si veda paragrafo 4.16, pagina 144)
- Valori estremi (*Max/Min*) dei risultati (si veda paragrafo 8.6, pagina 308)

La selezione è collegata con le impostazioni di *Filtro della tabella* (si veda figura 11.122, pagina 518).



È possibile ridurre il contenuto da stampare notevolmente limitando i dati in uscita ai risultati che sono indispensabili per la documentazione.

10.1.3.4 Selezione dei dati dei moduli aggiuntivi

Tutti i dati dei moduli da stampare sono anche gestiti nella relazione di calcolo di RFEM. È possibile riassumerli insieme con i dati di RFEM in un'unica relazione, oppure organizzarli in più relazioni di calcolo ma separate. Per i sistemi strutturali complessi con un elevato numero di casi di progetto, è consigliabile suddividere i dati in più relazioni di calcolo, rendendo la disposizione dei dati più chiara.

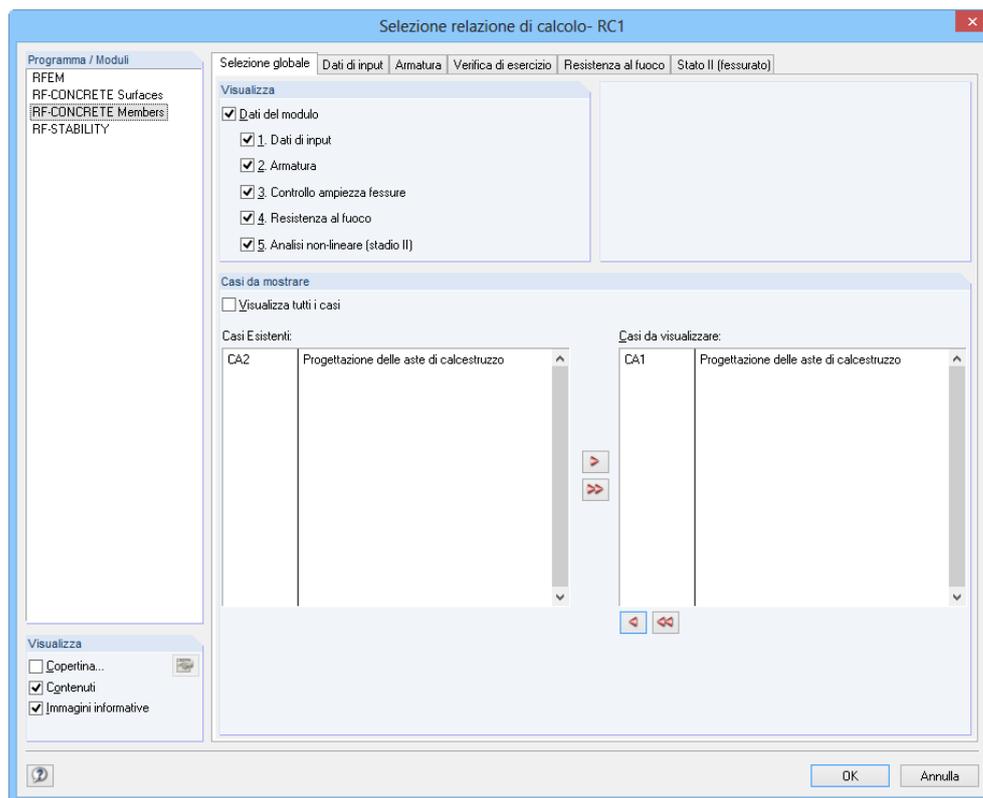


Figura 10.15: Finestra di dialogo *Selezione relazione di calcolo*, scheda *Selezione globale* del modulo aggiuntivo **RF-CONCRETE Members**

In aggiunta a RFEM, l'elenco nella sezione di dialogo *Programma / Moduli* contiene tutti i moduli aggiuntivi per cui sono state create delle voci. Quando si seleziona un modulo nell'elenco, è possibile scegliere i capitoli da stampare nelle schede a destra.

La scheda di dialogo *Selezione globale* gestisce i capitoli principali dei dati dei moduli aggiuntivi. Se si deseleziona una casella di controllo, scomparirà la scheda corrispondente.

Nella sezione di dialogo *Casi da visualizzare*, l'opzione *Visualizza tutti i casi* è selezionata per impostazione predefinita. Se si desidera includere solo i casi di progetti particolari nella relazione di calcolo, deselezionare la casella di controllo. Dopo sarà possibile spostare qualsiasi caso irrilevante dall'elenco *Casi da visualizzare* nell'elenco *Casi esistenti*.

La selezione nelle schede di dettagli dei dati di immissione e dei risultati è simile alla selezione descritta nei paragrafi 10.1.3.1 *Selezione dei dati del modello* e 10.1.3.3 *Selezione dei dati dei risultati*.

10.1.4 Modifica dell'intestazione della relazione di calcolo

Durante l'installazione del programma, si creerà un'intestazione della relazione dai dati del cliente. Per modificare le specifiche,

selezionare **Intestazione** dal menu **Impostazioni** nella relazione di calcolo oppure si utilizzi il pulsante nella relazione di calcolo mostrato a sinistra.

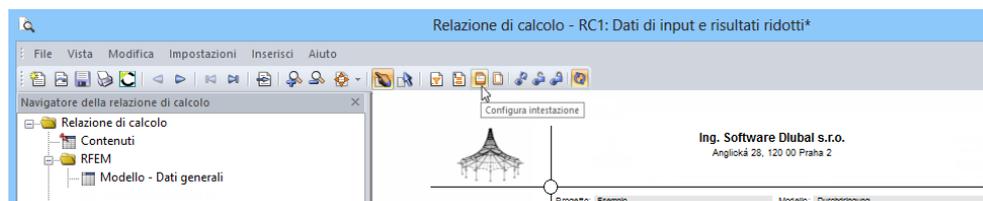


Figura 10.16: Pulsante *Configura intestazione*

Apparirà la seguente finestra di dialogo:

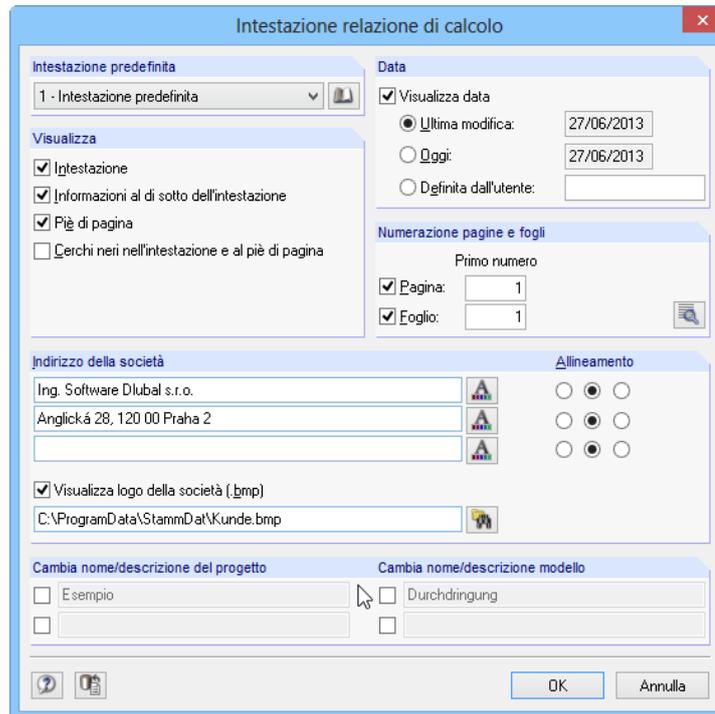


Figura 10.17: Finestra di dialogo *Intestazione relazione di calcolo*

Intestazione predefinita

Nel caso che siano disponibili diverse impostazioni, è possibile selezionare l'impostazione predefinita appropriata nell'elenco.



Inoltre, è possibile utilizzare il pulsante [Libreria delle intestazioni] per accedere alle diverse intestazioni delle relazione di calcolo. Inoltre, è possibile creare, modificare o eliminare le intestazioni nella libreria.

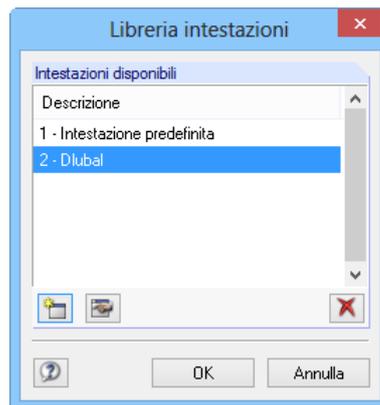


Figura 10.18: Finestra di dialogo *Libreria intestazioni*

I pulsanti nella *Libreria intestazioni* hanno i seguenti significati:

	Crea una nuova intestazione. Inserire le specificazioni in un'altra finestra di dialogo il cui layout è simile a quella della finestra di dialogo <i>Intestazione</i> (si veda figura).
	Modifica le proprietà della intestazione della relazione di calcolo selezionata.
	L'intestazione selezionata nell'elenco sarà cancellata.

Tabella 10.4: Pulsanti della finestra di dialogo *Libreria intestazioni*



Le intestazioni vengono normalmente memorizzate nel file **DlubalProtocolConfig.cfg** che si trova nella cartella principale di dati *C:\ProgramData\Dlubal\Stammdat*. Questo file non sarà sovrascritto se si effettueranno delle installazioni di aggiornamenti. Comunque, si consiglia di fare una copia di backup.

Visualizza

Le impostazioni in questa sezione di dialogo determinano gli elementi delle intestazioni o il layout di pagina che sarà visualizzato.

L'opzione *Informazioni al di sotto dell'intestazione* attiva e disattiva la visualizzazione dei dati di progetto e del modello, con o senza la data (si veda sotto). La descrizione del progetto è presa dai dati generali del progetto memorizzato nella Gestione progetti (si veda paragrafo 12.1.1, a pagina 583). La descrizione del modello è presa dai dati di base del modello (si veda paragrafo 12.2, a pagina 593). È possibile modificare le specifiche predefinite per la stampa nelle sezioni di dialogo *Nome del progetto* e *Nome del modello* (si veda sotto).

Il *Piè di pagina* può essere attivato e disattivato, così come i *Cerchi neri* nei punti di intersezione della linea di margine con l'intestazione e il piè di pagina.

Data

RFEM è predisposto con una impostazione automatica predefinita e con una opzione specifica *Definita dall'utente* per la visualizzazione della data nell'intestazione della relazione di calcolo.

Numerazione di pagine e fogli



Se la *Pagina* e il *Foglio* hanno lo stesso numero iniziale e le caselle di controllo di *Visualizzazione* sono spuntate, non c'è differenza nella numerazione. Ma se si desidera assegnare diverse pagine ad un foglio di calcolo, è possibile inserire le specifiche dettagliate per la numerazione mediante il pulsante delle [Impostazioni] mostrato a sinistra.

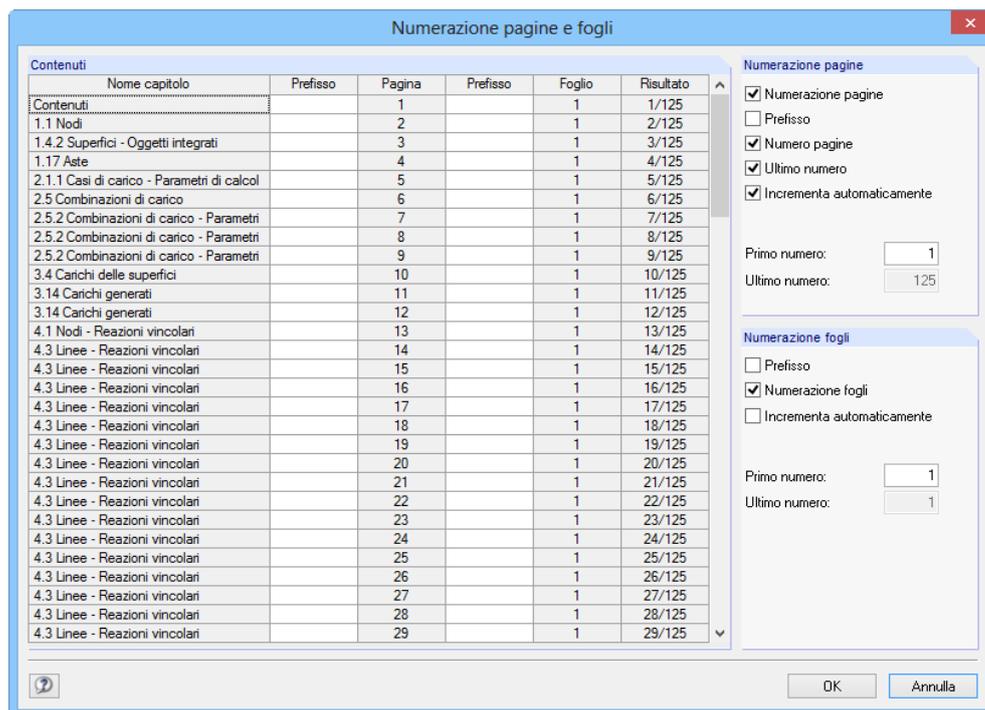


Figura 10.19: Finestra di dialogo Numerazione pagine e fogli

Utilizzare questa finestra di dialogo per decidere se si dovrà applicare un *Prefisso* nella parte anteriore della *Numerazione pagine*. Il prefisso può essere una abbreviazione che è definita dal capitolo e indica ad esempio tutti i dati del modello nella numerazione con il prefisso "MO". Inoltre, è possibile decidere se sarà incluso il *Numero finale*, per esempio "Pagina: MO3/25".

Utilizzare le due caselle di controllo *Incrementa automaticamente* per definire una numerazione continua. Inoltre, è possibile specificare il *Primo numero* per la pagina e la numerazione del foglio. La colonna della tabella *Risultati* mostra il risultato di tutte le specifiche in modo dinamico.

Indirizzo della società

Questa sezione di dialogo della finestra di dialogo *Intestazione della relazione di calcolo* contiene le informazioni dei dati del cliente che possono essere modificate. È disponibile un campo di immissione separato per ciascuna delle tre righe dell'intestazione della relazione di calcolo. Utilizzare il pulsante [A] mostrato a sinistra per modificare i caratteri e le loro dimensioni. L'*Allineamento* delle righe può essere definito anche separatamente.

La zona a sinistra nell'intestazione è riservata al logo della società. L'immagine deve essere disponibile in un formato di file bitmap (per esempio MS Paint salva le grafiche come *.bmp).

Per salvare le impostazioni modificate, fare clic sul pulsante [Imposta intestazione come predefinita] nella parte inferiore della finestra di dialogo. Si aprirà la finestra di dialogo *Nome dello schema di intestazione* dove si dovrà inserire una *Descrizione*. Quindi, la nuova intestazione della relazione di calcolo apparirà come *Intestazione predefinita* sulla parte superiore della relazione di calcolo.

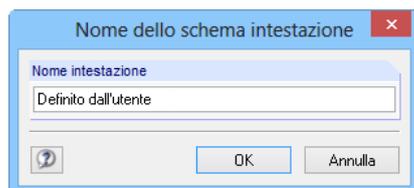


Figura 10.20: Finestra di dialogo Nome dello schema intestazione



Modifica nome/descrizione del progetto/del modello

In entrambe le sezioni di dialogo, il progetto e il nome del modello, incluse le descrizioni definite dall'utente sono preimpostate. Per modificare le impostazioni predefinite, si selezionino le caselle di controllo nella parte anteriore del nome corrispondente. In questo modo, i campi di input diventeranno accessibili per le nuove voci che appariranno nella relazione di calcolo in futuro.

10.1.5 Inserire grafici di RFEM



Ogni immagine visualizzata nell'area di lavoro può essere integrata nella relazione di calcolo. Inoltre, è possibile includere i diagrammi dei risultati di sezioni, aste, vincoli esterni delle linee nonché sezioni e dettagli di sezioni trasversali nella relazione utilizzando il pulsante [Stampa] nelle rispettive finestre di dialogo.

Per stampare il grafico attualmente visualizzato, selezionare **Stampa grafico** nel menu **File** oppure si utilizzi il pulsante della barra degli strumenti mostrato sulla sinistra.



Figura 10.21: Pulsante *Stampa grafico* nella barra degli strumenti della finestra di lavoro

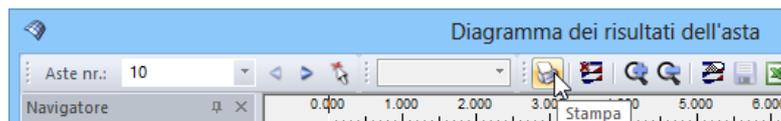


Figura 10.22: Pulsante *Stampa* nella barra degli strumenti della finestra di *Diagramma dei risultati*

Apparirà la seguente finestra di dialogo:

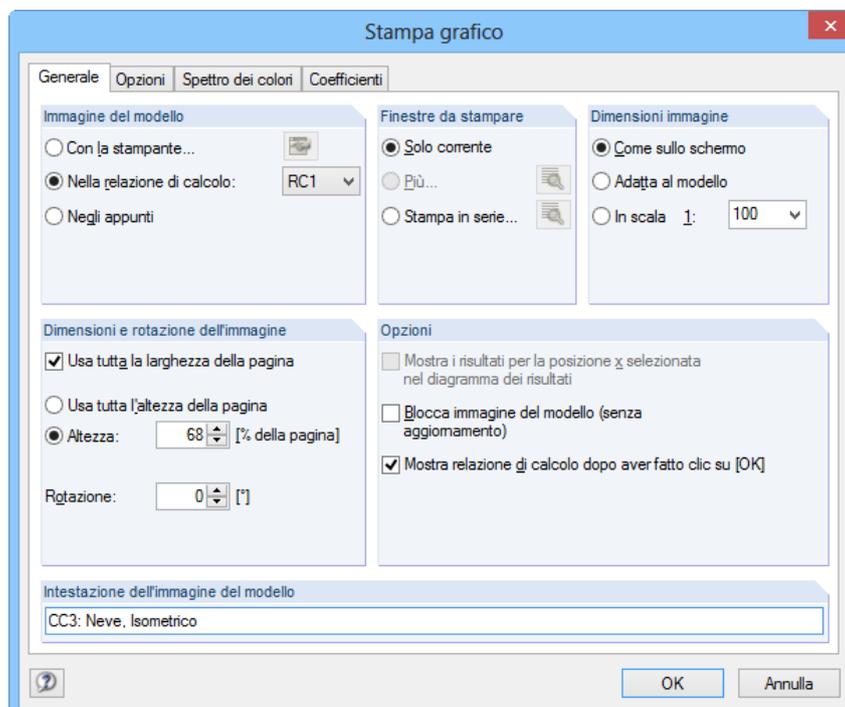


Figura 10.23: Finestra di dialogo *Stampa grafico*, scheda *Generale*

Nella sezione di dialogo *immagine del modello*, selezionare l'opzione *Nella relazione di calcolo*. Se sono disponibili diverse relazioni di calcolo, è possibile selezionare il numero della relazione di calcolo nell'elenco a destra.

Opzioni

Come impostazione predefinita, RFEM genera immagini dinamiche: quando si modifica il modello o i risultati, i grafici nella relazione di calcolo saranno aggiornati automaticamente. Se si verificano problemi di prestazioni a causa di immagini presenti nella relazione, è possibile arrestare la dinamicità, spuntando la casella di controllo per *Blocca immagine del modello (senza aggiornamento)* nella sezione di dialogo *Opzioni*.

Naturalmente, è possibile sbloccare un'immagine nella relazione di calcolo: fare clic con il pulsante destro sulla voce dell'immagine nel navigatore della relazione di calcolo per aprire il menu contestuale (si veda figura 10.5, pagina 400). Selezionare *Proprietà* per accedere di nuovo alla finestra di dialogo *Stampa grafico* per l'immagine. È anche possibile contrassegnare l'immagine nel navigatore della relazione di calcolo e selezionare *Proprietà del capitolo* nel menu *Modifica*.

I pulsanti di bloccaggio nella barra degli strumenti della relazione di calcolo offrono diverse funzioni per classificare le immagini come statiche o dinamiche (si veda figura 10.5, pagina 400). Questi sono riservati per le seguenti funzioni:

	Tutte le immagini saranno aggiornate.
	Tutte le immagini saranno sbloccate e aggiornate dinamicamente.
	Tutte le immagini saranno bloccate e sono fissate nella relazione di calcolo.

Tabella 10.5: Pulsanti grafici nella relazione di calcolo

OK

Il pulsante [OK] della finestra di dialogo è un elenco di pulsanti.

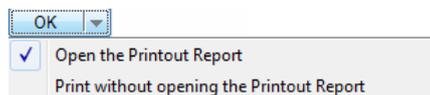


Figura 10.24: Elenco di pulsanti [OK]

Con l'impostazione predefinita *Apri la relazione di calcolo*, RFEM apre la relazione di calcolo e dopo avere fatto clic su [OK] mostrerà la grafica integrata. Questo può essere fastidioso, per esempio, quando si vuole inserire più grafiche, consecutivamente, nella relazione di calcolo. L'opzione *Stampa senza aprire la relazione di calcolo* consente di stampare foto senza tempi di attesa al momento della creazione della relazione di calcolo.



Le altre funzioni e le schede della finestra di dialogo *Stampa grafico* sono spiegate nel paragrafo 10.2 a pagina 425.

10.1.6 Inserire immagini e testi

Anche i grafici esterni ed i testi possono essere integrati nelle relazioni di calcolo di RFEM.

Immagini

Per inserire un'immagine esterna a RFEM, sarà necessario aprire il file immagine in un editor di immagini (per esempio MS Paint). Poi, si copierà negli appunti utilizzando la combinazione di tasti [Ctrl]+[C].

Per inserire il grafico dagli appunti nella relazione di calcolo.

selezionare **Immagine dagli appunti** nel menu **Inserisci**.

Si dovrà inserire il nome di un capitolo per la nuova immagine prima di inserirla.

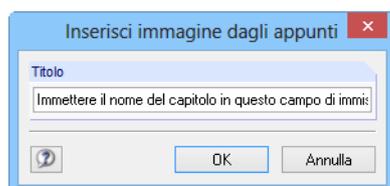


Figura 10.25: Finestra di dialogo *Inserisci immagine dagli appunti*

L'immagine apparirà come un unico capitolo nella relazione di calcolo.

Testi

Si possono aggiungere delle brevi note definite dall'utente alla relazione di calcolo. Per aprire la finestra di dialogo corrispondente,

selezionare **Blocco di testo** nel menu **Inserisci**.

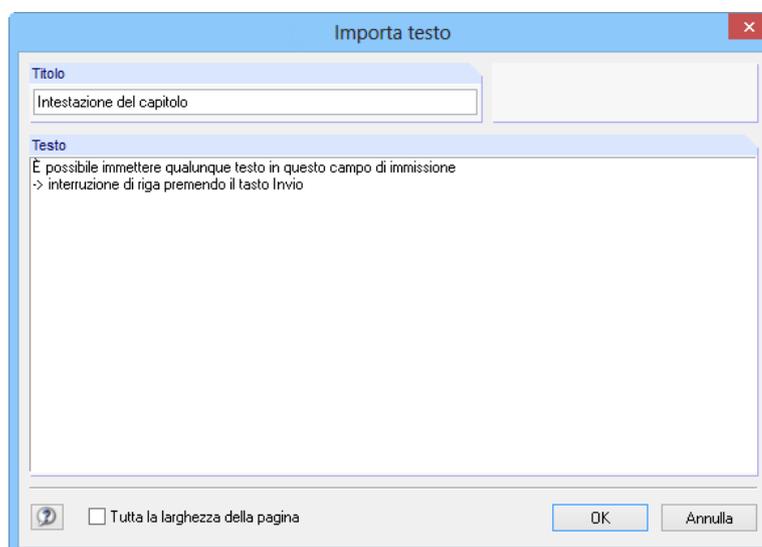


Figura 10.26: Finestra di dialogo *Importa testo*

Inserire il *Titolo* e il *Testo* nella finestra di dialogo. Dopo aver fatto clic su [OK] il capitolo sarà inserito alla fine della relazione di calcolo. Quindi, è possibile utilizzare la funzione di trascinamento della selezione (drag-and-drop) per spostare il capitolo in un posto adeguato nella relazione di calcolo.



Nella modalità di selezione (si veda tabella 10.3, pagina 401) è possibile modificare il testo successivamente con un doppio clic. In alternativa, fare clic con il pulsante destro sulla intestazione nella relazione di calcolo, e dopo selezionare *Proprietà* nel menu contestuale.

File di testo e RTF

È possibile integrare file di testo disponibili in formato ASCII, così come file RTF formattati con le grafiche incluse nella relazione di calcolo. Pertanto, è possibile salvare testi ricorrenti nei file per utilizzarli nella relazione di calcolo.

Inoltre, questa funzione consente di integrare l'analisi dei dati da altri programmi di progettazione nella relazione di calcolo, a condizione che i risultati siano disponibili in formato ASCII o RTF.

Per inserire il testo e file RTF,

selezionare **File di testo** nel menu **Inserisci**.

All'inizio, apparirà la finestra di dialogo di Windows *Apri* dove è possibile selezionare il file. Dopo aver fatto clic sul pulsante [Apri], il capitolo sarà inserito alla fine della relazione di calcolo. Quindi, sarà possibile utilizzare la funzione di trascinamento della selezione (drag-and-drop) per spostare il capitolo in un posto adeguato nella relazione di calcolo.



Nella modalità di selezione (si veda tabella 10.3, pagina 401) è possibile modificare il testo successivamente con un doppio clic. Apparirà così la finestra di dialogo *Importa testo* per gli adattamenti definiti dall'utente.

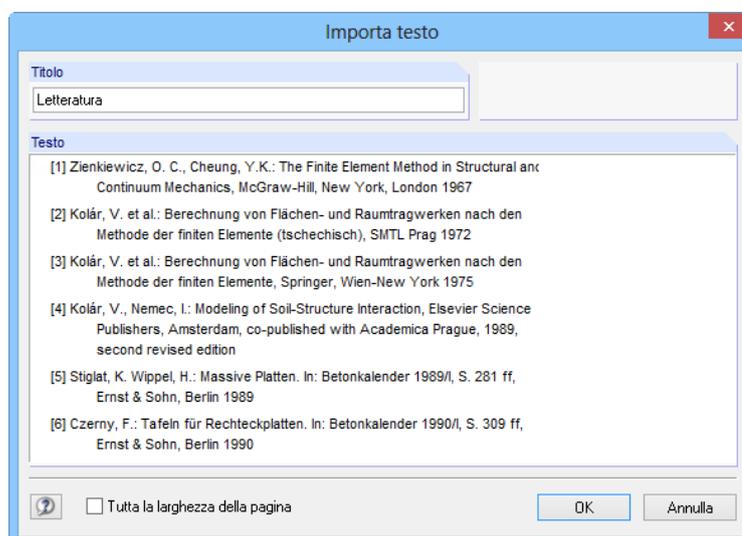


Figura 10.27: Finestra di dialogo *Importa testo*

10.1.7 Schema di relazione di calcolo

La modalità descritta nel paragrafo 10.1.3 richiede tempi piuttosto lunghi. Quindi, è possibile salvare questa selezione, incluse le immagini, sottoforma di uno schema che sarà possibile utilizzare anche per altri modelli. La creazione di relazioni di calcolo diventa più efficiente utilizzando gli schemi.

Una relazione di calcolo esistente può anche essere salvata come schema.

Creazione di un nuovo schema

Per definire un nuovo schema,

selezionare **Schema di relazione di calcolo** nel menu **Impostazioni** della relazione di calcolo, e dopo cliccare

Nuovo oppure

selezionare **Schema di relazione di calcolo** nel menu **Impostazioni** della relazione di calcolo, e dopo cliccare

Nuovo dalla relazione di calcolo corrente.

Nuovo

Si aprirà la finestra di dialogo della selezione descritta nel paragrafo 10.1.3 a pagina 402.

Utilizzare le schede per selezionare i capitoli che si desiderano stampare. Quando la selezione è completa, fare clic su [OK] e inserire una *Descrizione* per il nuovo schema di relazione di calcolo.

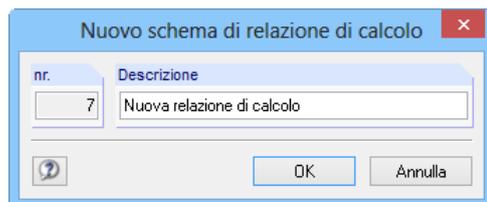


Figura 10.28: Finestra di dialogo *Nuovo schema di relazione di calcolo*

Nuovo dalla relazione di calcolo corrente

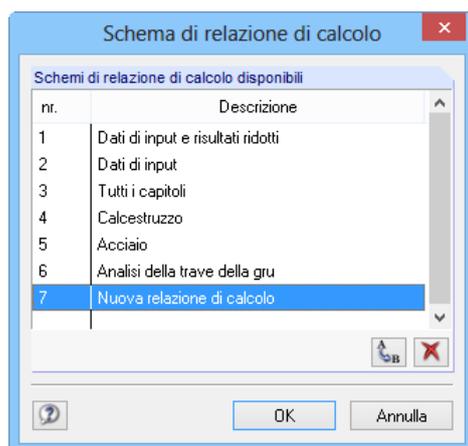
La selezione della relazione di calcolo corrente sarà utilizzata per il nuovo schema. Inserire la *Descrizione* del nuovo schema di relazione di calcolo nella finestra di dialogo (si veda figura 10.28 Il team di RFEM).

Applica uno schema

Quando una relazione di calcolo è già aperta, sarà possibile applicare il contenuto selezionato di uno schema alla relazione di calcolo corrente. Per aprire la finestra di dialogo corrispondente,

selezionare **Schema di relazione di calcolo** dal menu **Impostazioni**, quindi fare clic su **Selezione**.

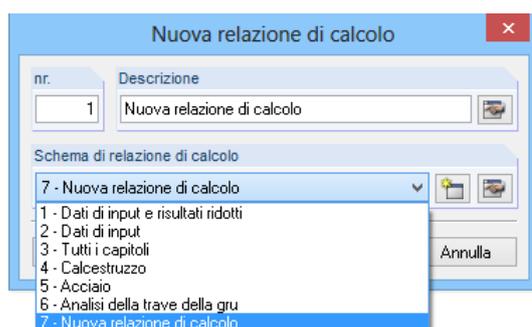
Si aprirà una finestra di dialogo nella quale sarà possibile selezionare lo schema dall'elenco *Schemi di relazione di calcolo disponibili*.

Figura 10.29: Finestra di dialogo *Schema di relazione di calcolo*

Dettagli per i pulsanti in questa finestra di dialogo si possono trovare nella tabella 10.6.

Dopo avere confermato la finestra di dialogo e la successiva richiesta di sicurezza, la selezione attuale sarà sovrascritta dallo schema.

Ora, quando si crea una relazione di calcolo, è possibile selezionare uno schema dall'elenco *Schema di relazione di calcolo* da applicare alle impostazioni specifiche alla nuova relazione.

Figura 10.30: Finestra di dialogo *Nuova relazione di calcolo* con l'elenco degli schemi

Gestione degli schemi

Tutti gli schemi sono gestiti nella finestra di dialogo *Schema di relazione di calcolo*. Per aprire la finestra di dialogo corrispondente,

selezionare **Schema di relazione di calcolo** dal menu **Impostazioni**, quindi fare clic su **Selezione**.

Apparirà la finestra di dialogo mostrata nella figura 10.29. Le funzioni dei pulsanti sono abilitate solo per gli schemi definiti dall'utente.

	Modifica il nome dello schema selezionato
	Lo schema selezionato sarà eliminato

Tabella 10.6: Pulsanti nella finestra di dialogo *Schema di relazione di calcolo*

Gli schemi di relazione di calcolo verranno salvati nel file **RfemProtocolConfig.cfg** che si può trovare nella cartella dei dati principali di RFEM 5 C:\ProgramData\Dluba\RFEM 5.01\General Data. Questo file non sarà sovrascritto se si effettueranno delle installazioni di aggiornamenti. Comunque, si consiglia di fare una copia di backup.

10.1.8 Modifica del layout

Il layout di una relazione di calcolo può essere modificato intervenendo sul carattere, sul colore dei caratteri, sulle impostazioni dei margini e sull'aspetto della tabella.



Per aprire la finestra di dialogo in cui è possibile modificare il layout di pagina, selezionare **Pagina** nel menu **Impostazioni** o si utilizzi il pulsante della barra degli strumenti nella relazione di calcolo mostrato a sinistra.

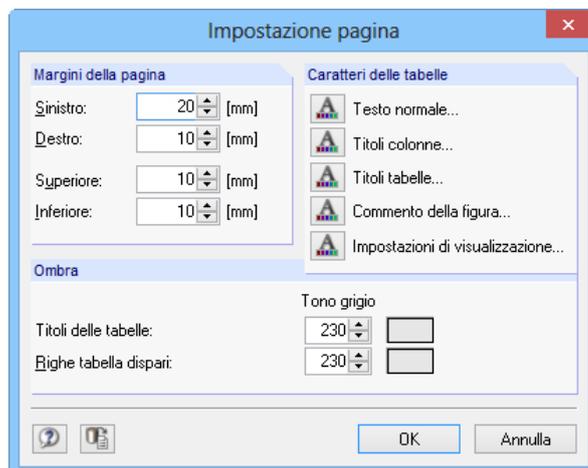


Figura 10.31: Finestra di dialogo *Impostazione della pagina*



I caratteri di default per i contenuti delle tabelle e le intestazioni delle tabelle sono relativamente piccole. Tuttavia, è necessario essere cauti nel cambiare le impostazioni predefinite. I caratteri grandi non sempre rientrano all'interno delle colonne.



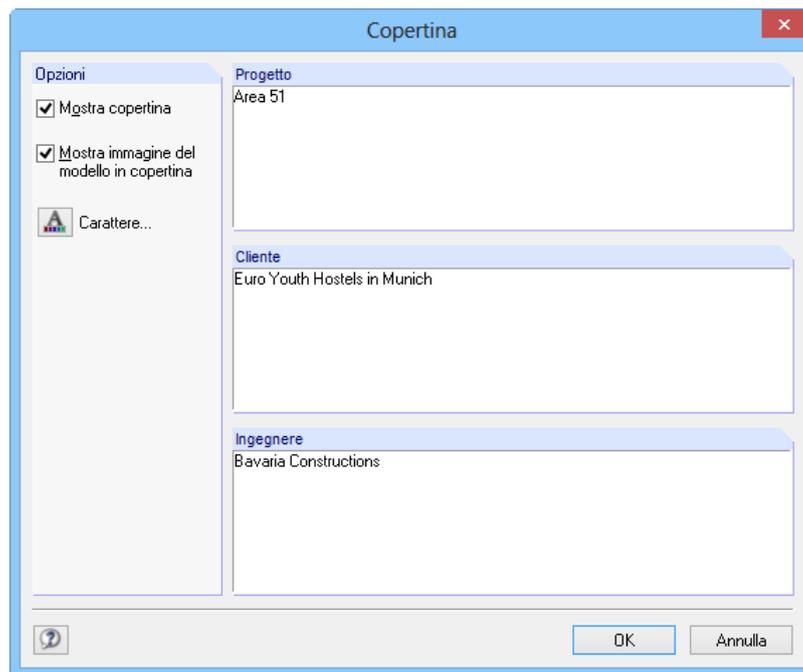
Le impostazioni di layout si applicano anche alla relazione di calcolo dei moduli aggiuntivi di RFEM.

10.1.9 Creazione della copertina



Si può creare una copertina per la relazione di calcolo. Per aprire la finestra di dialogo in cui è possibile modificare il layout della copertina,

selezionare **Copertina** nel menu **Impostazioni** nella relazione di calcolo oppure si utilizzi il pulsante della barra degli strumenti nella relazione di calcolo mostrato a sinistra.

Figura 10.32: Finestra di dialogo *Copertina*

Quando l'immissione è completa, fare clic su [OK] per creare la copertina nella relazione.



Ing. Software Dlubal s.r.o.
Anglíková 28, 120 00 Praha 2

Pagina: 1/7
Foglio: 1

Progetto: Esempio

Modello: Durohringung

Data: 27/06/2013

ANALISI STRUTTURALE

PROGETTO

Area 51

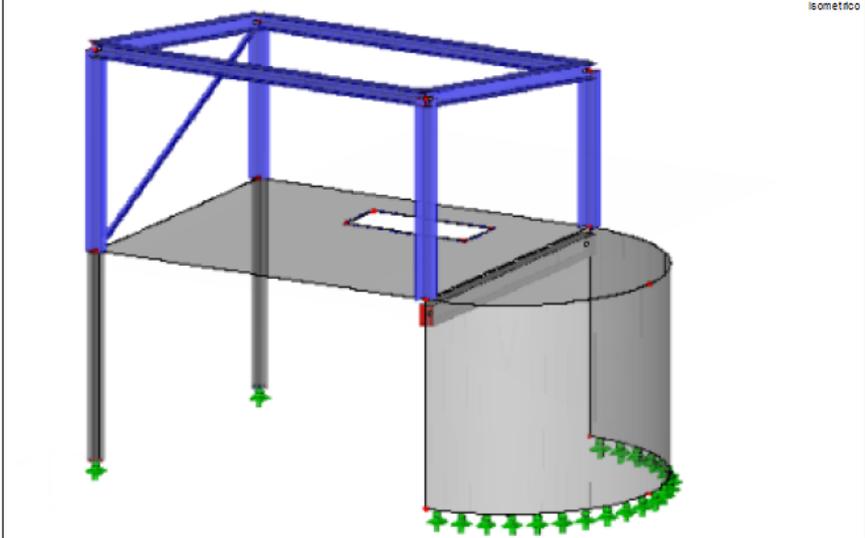
COMMITTENTE

Euro Youth Hostels in Munich

CREATO DA

Bavaria Constructions

isometrico



RFEM 5.01.2888 - Strutture 3D generali calcolate con FEM

www.dlubal.com

Figura 10.33: Copertina nella relazione di calcolo



I contenuti della copertina si possono modificare ancora con un doppio clic nella modalità di selezione (si veda tabella 10.3, pagina 401). Alternativamente, cliccare sulla copertina con il pulsante destro nella relazione di calcolo e selezionare *Proprietà* nel menu contestuale.

10.1.10 Stampa della relazione di calcolo



Per avviare il processo di stampa,

selezionare **Stampa** nel menu **File**

oppure si utilizzi il pulsante nella relazione di calcolo mostrata a sinistra.

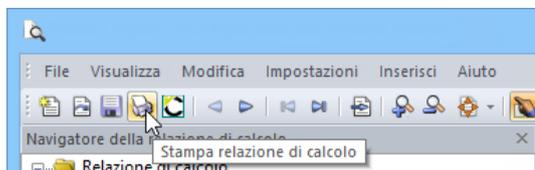


Figura 10.34: Pulsante *Stampa relazione di calcolo*

Si aprirà la finestra di dialogo per la configurazione della stampante predisposta di Windows. Selezionare la stampante e inserire le pagine che si desidera stampare.

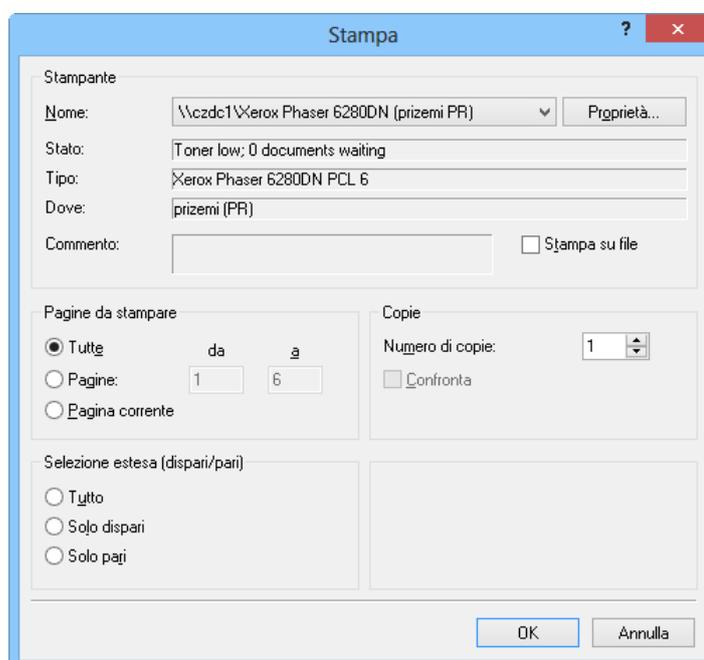


Figura 10.35: Finestra di dialogo *Stampa*

Se si sceglie un'altra stampante diversa dalla stampante predefinita, il fine pagina e quindi la numerazione stampata delle pagine potrebbe essere diversa da quella dell'anteprima di stampa in RFEM.

Quando si seleziona l'opzione *Stampa su file*, è possibile creare un file di stampa in formato PRN che può essere inviato alla stampante tramite il comando **copia**.

10.1.11 Esportazione della relazione di calcolo

La relazione di calcolo può essere esportata in diversi formati di file. È anche possibile esportarla direttamente a *VCmaster*.

Esportazione in RTF

Tutti i programmi più comuni di elaborazione di testo supportano il formato di file RTF. Per esportare la relazione di calcolo incluse le immagini come documento RTF,

selezionare **Esporta in RTF** nel menu **File**.

Si aprirà la finestra di dialogo di Windows *Salva con nome*.

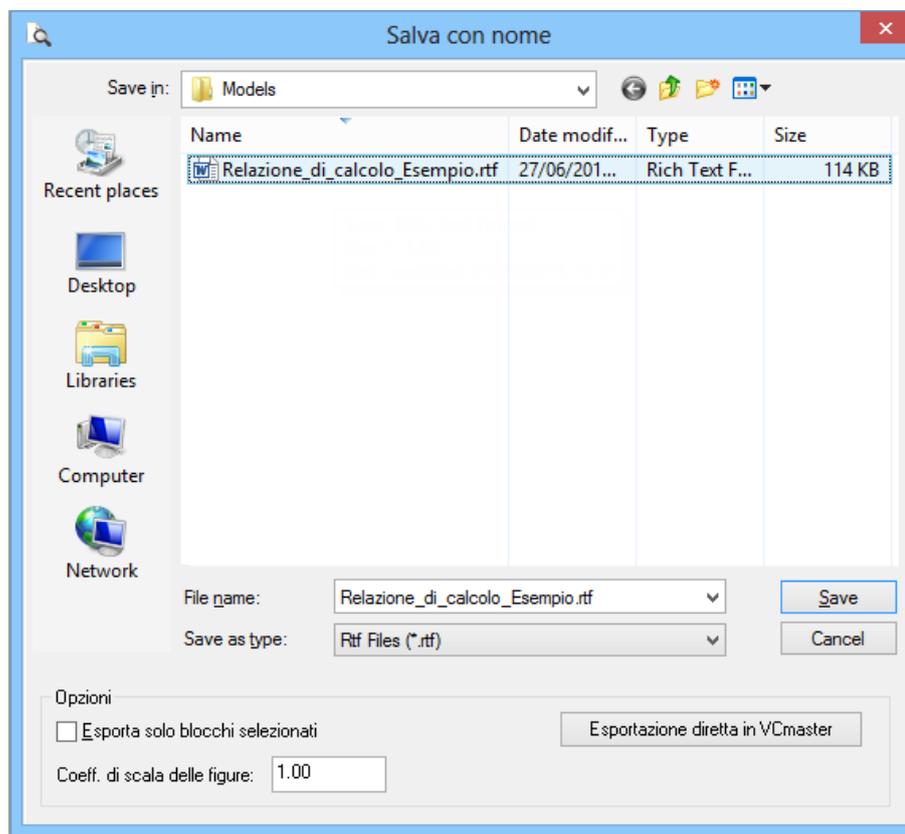


Figura 10.36: Finestra di dialogo *Salva con nome*

Immettere il percorso di memorizzazione e il nome del file. Se si seleziona la casella di controllo per l'esportazione *Esporta solo blocchi selezionati*, solo i capitoli precedentemente selezionati saranno esportati, invece di esportare tutta la relazione.

Esportazione in PDF

La stampante integrata in formato PDF in RFEM, consente di mettere i dati della relazione in un file PDF. Per aprire la finestra di dialogo corrispondente,

selezionare **Esporta in PDF** nel menu **File**.

Si aprirà la finestra di dialogo di Windows *Salva con nome* (si veda figura 10.36) dove è possibile inserire il luogo di memorizzazione e il nome del file. Nella sezione di dialogo *Descrizione* sotto, si possono inserire delle note per il file PDF.

Inoltre, il file PDF è creato con segnalibri per facilitare la navigazione nel documento digitale.

Esportazione in VCmaster

VCmaster della società VEIT CHRISTOPH è un programma di elaborazione testi con delle funzionalità specifiche per i calcoli strutturali.

Per avviare l'esportazione diretta a *VCmaster*,

selezionare **Esporta in RTF** nel menu **File** oppure

si utilizzi il pulsante [Esporta in VC-Master] nella barra degli strumenti della relazione di calcolo mostrata a sinistra.

Apparirà la finestra di dialogo mostrata nella figura 10.36 dove si dovrà selezionare la casella di controllo *Esportazione diretta in VC-Master*.



Non è necessario immettere un nome per il file, ma *VC-Master* deve essere in esecuzione, anche se solo sullo sfondo. Per avviare il modulo di importazione di *VC-Master*, cliccare [OK].

10.1.12 Impostazioni della lingua

La lingua nella relazione di calcolo può essere impostata indipendentemente dalla lingua utilizzata nell'interfaccia utente grafica di RFEM. Così, per esempio, è possibile creare una relazione di calcolo in tedesco o italiano anche se si lavora con l'interfaccia utente grafica in lingua inglese.

Modifica della lingua per la relazione di calcolo

Per cambiare la lingua utilizzata nella relazione di calcolo,

selezionare **Lingua** nel menu **Impostazioni** nella relazione di calcolo

Si aprirà una finestra di dialogo nella quale è possibile specificare la lingua della relazione di calcolo dall'elenco.

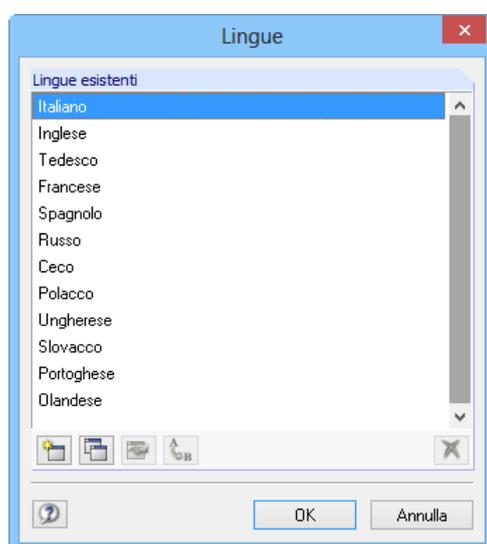


Figura 10.37: Finestra di dialogo *Lingue*

Aggiungere una lingua all'elenco

Le espressioni utilizzate nella relazione di calcolo sono memorizzate nelle stringhe. Quindi, aggiungere nuove lingue è piuttosto facile.

Per aprire la finestra di dialogo *Lingue*,

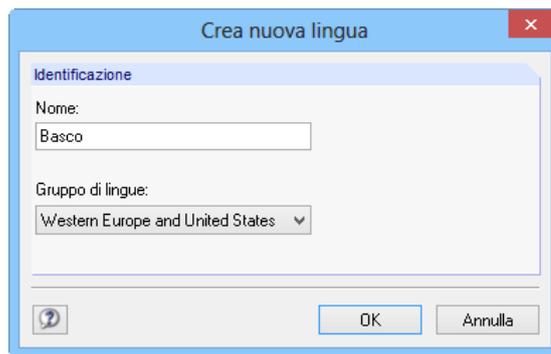
selezionare **Lingua** nel menu **Impostazioni** della relazione di calcolo.

Nella parte inferiore della finestra di dialogo (figura 10.37), sono visibili alcuni pulsanti che consentono di gestire le lingue.

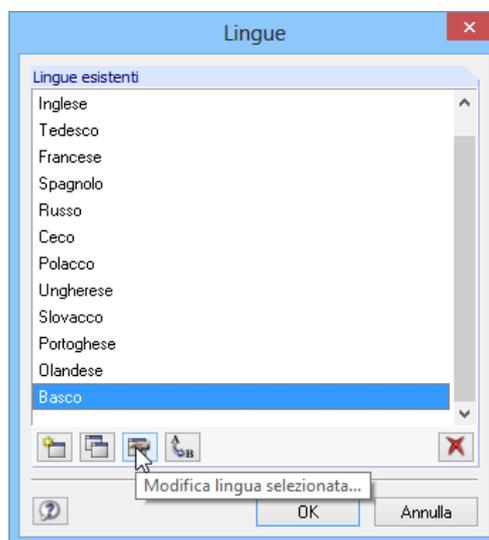


Creazione di una nuova lingua

Cliccare il pulsante mostrato sulla sinistra per aprire la finestra di dialogo qui sotto. Si specifichi il *Nome* della nuova lingua e selezionare il *Gruppo di lingue* dall'elenco in modo che il set di caratteri sia interpretato correttamente.

Figura 10.38: Finestra di dialogo *Crea nuova lingua*

Cliccare su [OK] per confermare la finestra di dialogo. La nuova lingua adesso sarà disponibile nell'elenco *Lingue esistenti*.

Figura 10.39: Finestra di dialogo *Lingue*, pulsante *Modifica lingua selezionata*

Utilizzare il pulsante [Modifica] per inserire le stringhe della nuova lingua.

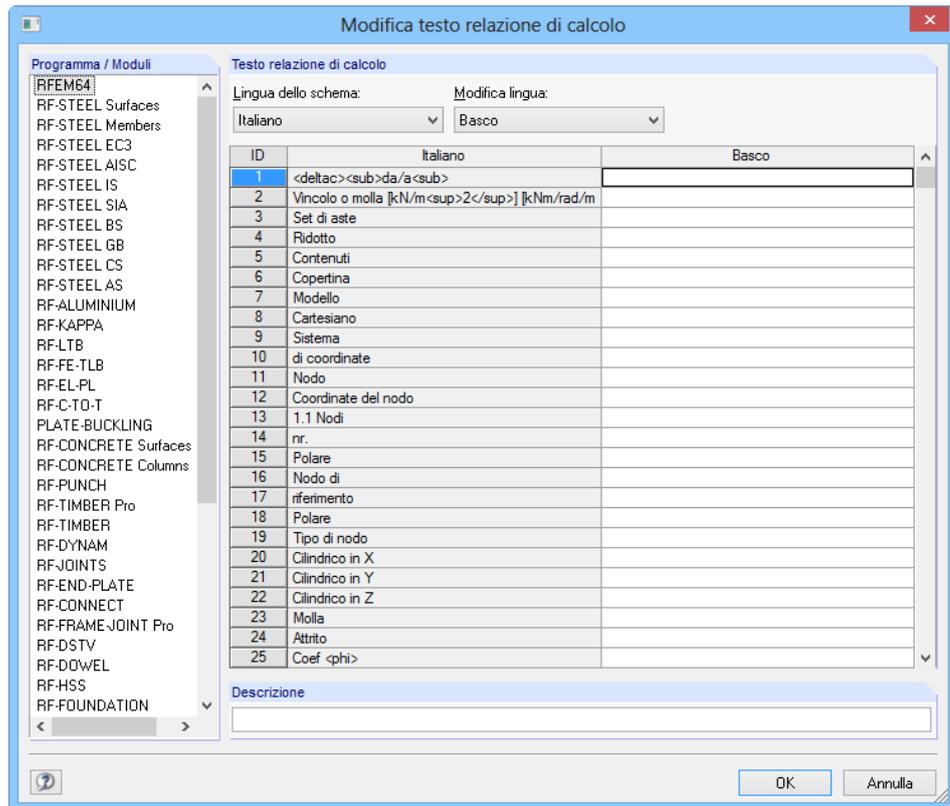


Figura 10.40: Finestra di dialogo *Modifica testo relazione di calcolo*

Solo le lingue definite dall'utente possono essere modificate.



Copiare una lingua

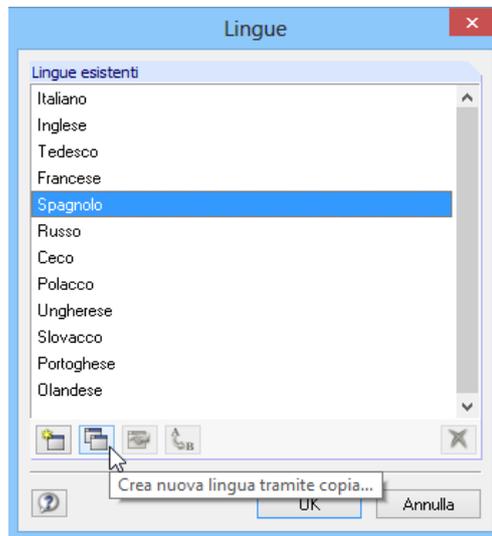


Figura 10.41: Finestra di dialogo *Lingue* , pulsante *Crea nuova lingua tramite copia*

Questa funzione è simile alla creazione di una nuova lingua. La differenza è che non si crea una colonna "vuota" della lingua (si veda figura 10.40, colonna *Basco*) poiché la terminologia della lingua selezionata è già preimpostata.

Rinominare o eliminare una lingua



Utilizzare gli altri pulsanti della finestra di dialogo *Lingue* per rinominare o eliminare una lingua. Le due funzioni non sono disponibili per le lingue predisposte predefinite ma solo per le lingue definite dall'utente.

10.2 Stampa diretta dei grafici

Ogni immagine dell'area di lavoro può essere stampata immediatamente senza che sia integrata nella relazione di calcolo (si veda paragrafo 10.1.5, pagina 411). Anche i diagrammi dei risultati di sezioni, aste, set di aste, linee e vincoli esterni di linee, nonché i dettagli delle sezioni trasversali possono essere inviati direttamente alla stampante tramite il pulsante [Stampa] nella finestra corrispondente.



Per stampare la vista corrente direttamente,

selezionare **Stampa grafico** nel menu **File**

oppure si utilizzi il pulsante della barra degli strumenti mostrato sulla sinistra.



Figura 10.42: Pulsante *Stampa grafico* nella barra degli strumenti della finestra principale

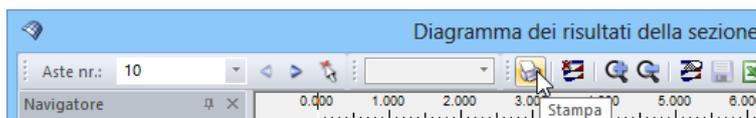


Figura 10.43: Pulsante *Stampa* nella barra degli strumenti della finestra di *Diagramma dei risultati della sezione*

Apparirà una finestra di dialogo con diverse schede che sono descritte nei capitoli successivi.

10.2.1 Generale

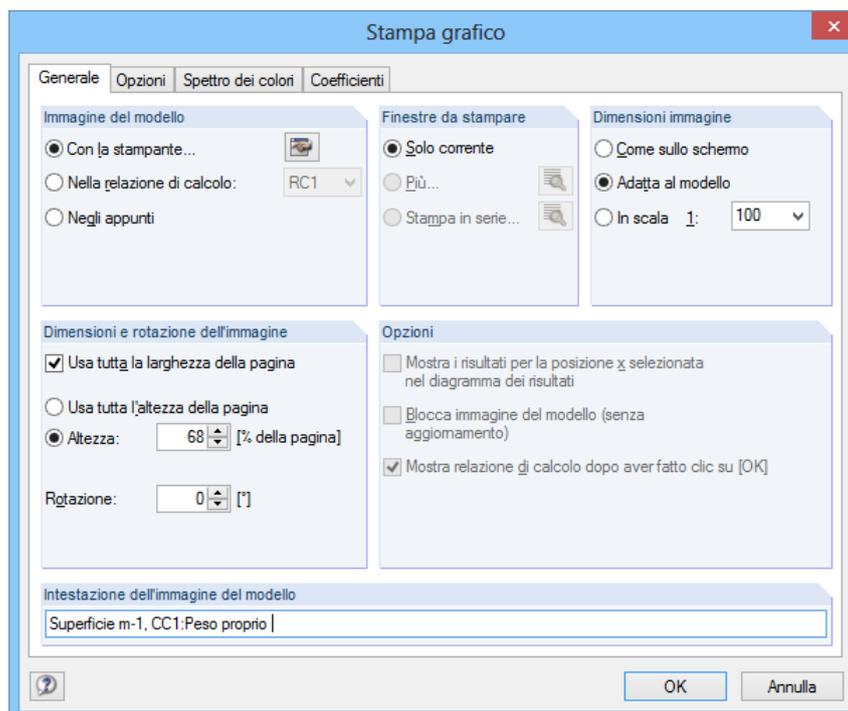


Figura 10.44: Finestra di dialogo *Stampa grafico*, scheda *Generale*

Immagine del grafico

Sono disponibili tre opzioni di output grafico: è possibile inviare l'immagine

- direttamente alla stampante
- ad una relazione di calcolo (si veda paragrafo 10.1.5, pagina 411)
- negli appunti.

Gli *Appunti* rendono la grafica disponibile ad altri programmi, nei quali si possono, in genere, importare selezionando **Inserisci** nel menu **Modifica**.



L'opzione *Con la stampante* ha come risultato la stampa diretta. È possibile modificare l'intestazione della relazione di calcolo direttamente utilizzando il pulsante [Modifica intestazione relazione di calcolo] che apre la finestra di dialogo *Intestazione della relazione di calcolo* (si veda paragrafo 10.1.4, pagina 407).

Finestre da stampare

La sezione di dialogo *Finestre da stampare* è utilizzata per definire le impostazioni di vista multipla delle finestre. Selezionare *Solo corrente* per stampare il grafico della finestra, che è attualmente attivo (per esempio la finestra a destra nella figura 10.45).

Si noti che quando si stampano più finestre grafiche (si veda paragrafo 9.8, pagina 386), che è possibile stampare solo immagini di un unico modello. La stampa incrociata di più modelli non è possibile.

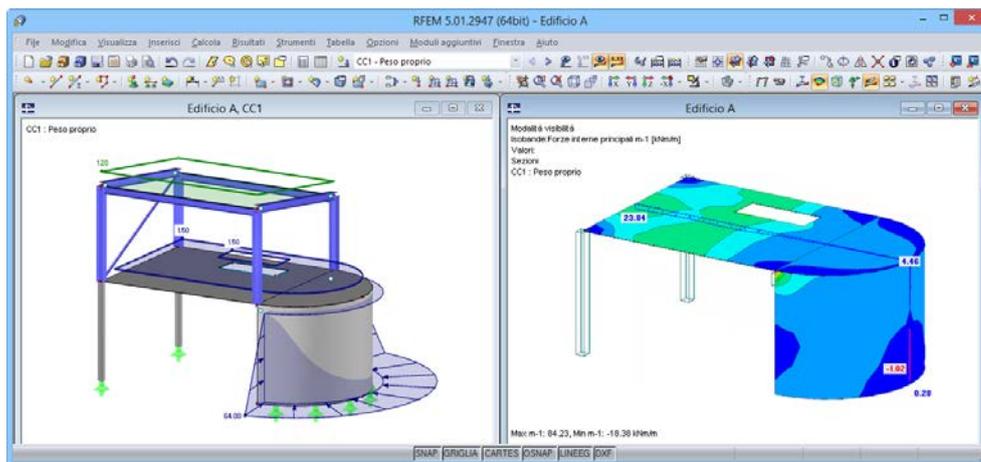


Figura 10.45: Visualizzazione con due finestre dello stesso modello



Selezionare *Più* per abilitare il pulsante [Modifica disposizione finestre] che aprirà una finestra di dialogo con opzioni di gestione per la disposizione della stampa delle grafiche.

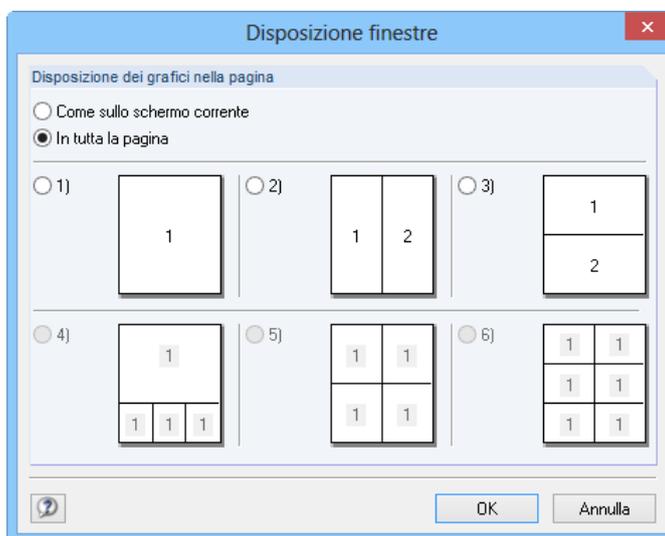


Figura 10.46: Finestra di dialogo *Disposizione finestre*

Selezionare *Come sullo schermo corrente* per disporre le finestre sul foglio di stampa secondo le proporzioni visualizzate sullo schermo. Quindi, il quadro complessivo della pagina sarà solitamente più largo della altezza – così come è presentato sullo schermo. Selezionare *In tutta la pagina* per utilizzare la dimensione del foglio intero per la visualizzazione delle finestre.

Con l'opzione *Stampa in serie* è possibile trasferire la grafica predefinita contemporaneamente alla relazione di calcolo. Quando si seleziona questa opzione, diventeranno disponibili tre schede aggiuntive dove sarà possibile definire i parametri (si veda paragrafo 10.2.4, pagina 432).

Dimensioni dell'immagine del grafico

La sezione di dialogo nell'angolo superiore destro della finestra di dialogo *Stampa grafico* (figura 10.44) gestisce la scala dell'immagine dell'immagine sul foglio.

Se si desidera utilizzare la stessa dimensione dell'immagine visualizzata sul monitor, selezionare *Come sullo schermo*. Approfittare di questa opzione per stampare le aree ingrandite o le viste speciali.

L'opzione *Adatta al modello* stampa l'intero grafico sul foglio. Sarà utilizzato l'angolo di vista attualmente impostato (si veda sezione di dialogo successiva).

Con l'opzione *In scala*, l'immagine verrà stampata con la scala selezionata dall'elenco o inserita manualmente nel campo di immissione. Ancora una volta, si utilizzerà l'angolo di vista attuale. Una vista prospettica non è adatta per la stampa in larga scala.

Dimensioni e rotazioni dell'immagine

Le impostazioni in questa sezione definiscono la dimensione della grafica sul foglio.

Se è stata selezionata la casella di controllo *Usa tutta la larghezza della pagina*, sarà anche utilizzato il margine sinistro oltre la linea di separazione verticale per il grafico come mostrato nella figura seguente.

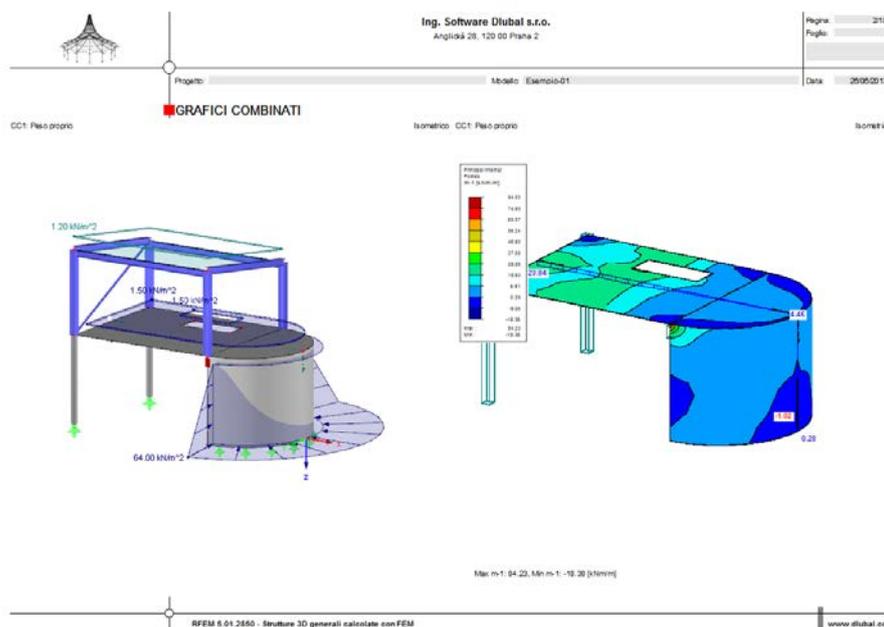


Figura 10.47: Stampa di grafici in formato orizzontale: risultato delle opzioni *Tutte le finestre* e *Usa tutta la larghezza della pagina*

Se non si desidera utilizzare la pagina completa per la grafica, è possibile definire l'*Altezza* dell'area grafica in percentuale.

L'angolo di rotazione nel campo di immissione *Rotazione ruota* l'immagine da stampare.

Opzioni

Questa sezione di dialogo è irrilevante per la stampa diretta di una immagine dell'area di lavoro.

Quando si stampano i diagrammi dei risultati, è possibile utilizzare la casella di controllo per *Mostra i risultati per la posizione x selezionata nel diagramma dei risultati* per decidere se i valori che figurano nella posizione della linea verticale saranno stampati (si veda figura, pagina 373).

Intestazione dell'immagine del grafico

Quando si apre la finestra di dialogo *Stampa grafico*, viene già predisposto un titolo. Può essere modificato nel campo di immissione.

10.2.2 Opzioni

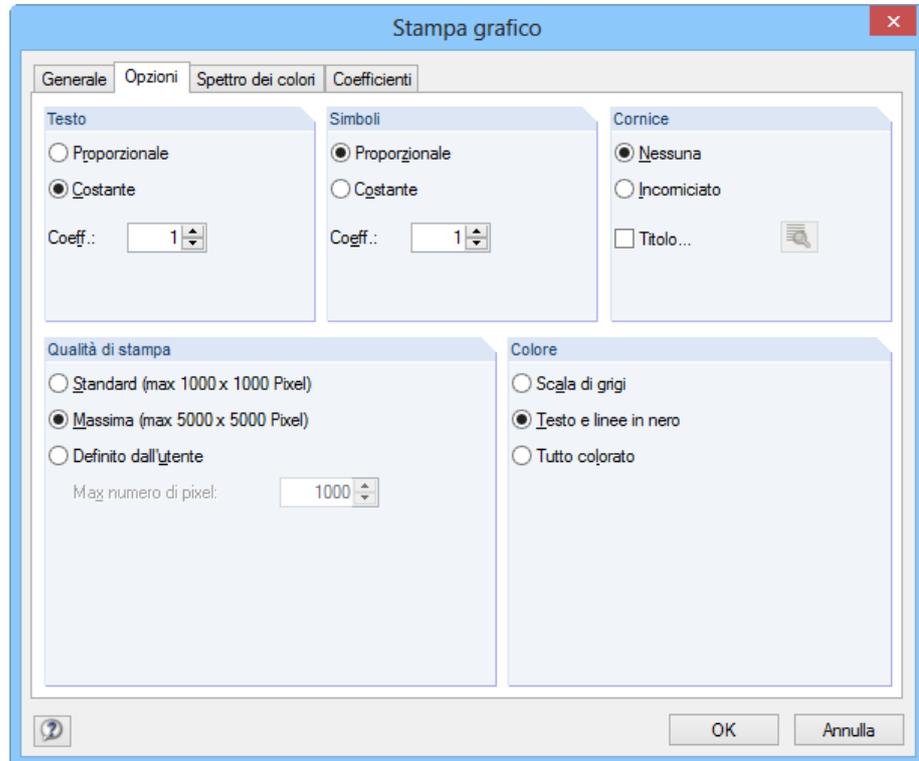


Figura 10.48: Finestra di dialogo *Stampa grafico*, scheda *Opzioni*

Testo / Simboli

Nella maggior parte dei casi, non è necessario modificare le impostazioni predefinite nelle due sezioni di dialogo. Per la stampa con i plotter, utilizzando grandi formati, tuttavia, è necessario modificare il coefficiente (si veda paragrafo 10.2.5, pagina 434).

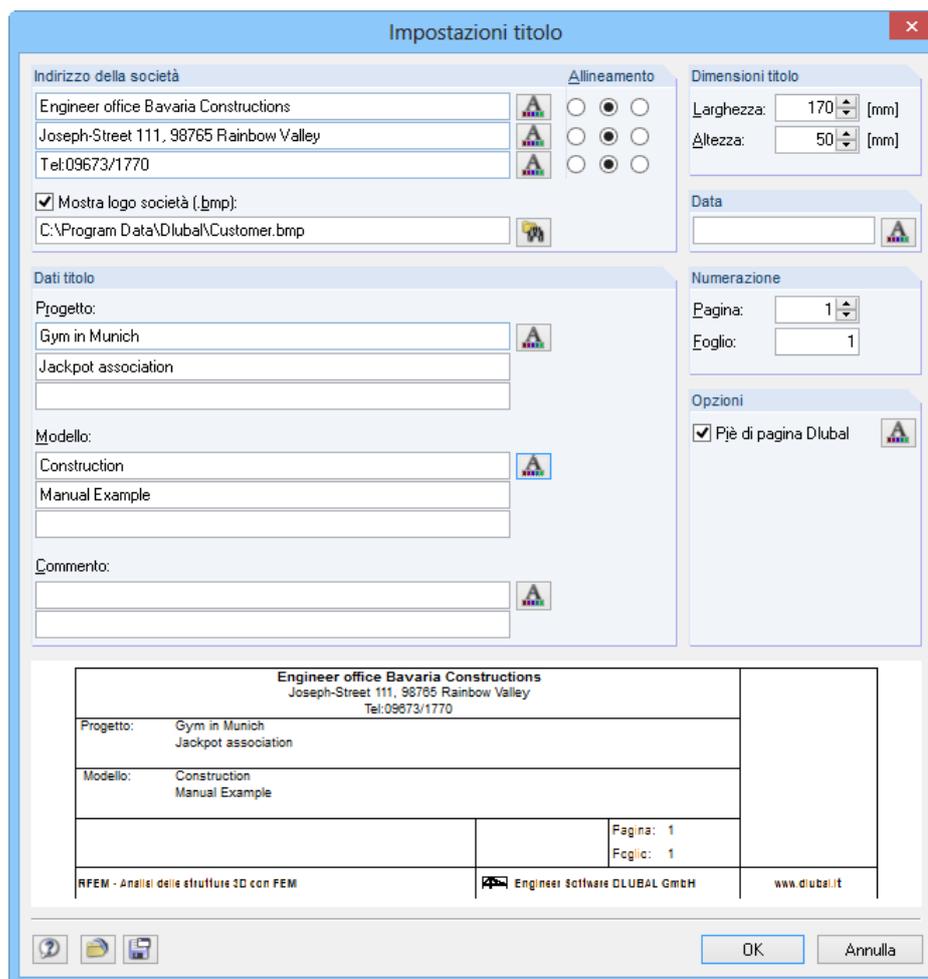
La dimensione del carattere e dei simboli grafici (nodi, vincoli esterni, linee ecc.) dipende dal driver della stampante. Se non si è soddisfatti con i risultati ottenuti, i coefficienti si possono definire separatamente per il *Testo* e i *Simboli*.

Cornice

Il grafico può essere stampato con o senza cornice.



Inoltre, si ha la possibilità di aggiungere una casella di titolo alla stampa. Cliccare sul pulsante [Modifica impostazioni titolo] mostrata a sinistra per aprire la seguente finestra di dialogo in cui è possibile definire il layout e i contenuti della casella del titolo. Nella parte inferiore della finestra di dialogo è visibile una anteprima.

Figura 10.49: Finestra di dialogo *Impostazioni titolo*

Qualità di stampa

Nella maggior parte dei casi, non è necessario modificare le impostazioni predefinite nelle due sezioni di dialogo *Qualità di stampa* (figura 10.48). Si selezioni *Standard* per stampare l'immagine come un file bitmap in una risoluzione massima di 1.000 x 1.000 pixel. La risoluzione *Massima* di 5.000 x 5.000 pixel con la profondità di colore a 32-bit crea un file di circa di circa 100 MB. Poiché questo può causare problemi ad alcuni driver di stampanti, si faccia attenzione nella selezione di risoluzioni elevate.

Colore

Se si vuole stampare su una stampante in bianco e nero, è possibile stampare il *Testo e le linee in nero* invece di utilizzare le scale di grigio per migliorare la leggibilità. Si noti che alcuni elementi, come le isobande e i simboli dei vincoli esterni non sono influenzati da questa impostazione e quindi appaiono colorati nella relazione di calcolo.

La conversione di diagrammi dei risultati colorati a scale di grigio è sempre fatta dal driver della stampante. Le opzioni delle impostazioni corrispondenti non esistono in RFEM.



10.2.3 Spettro dei colori

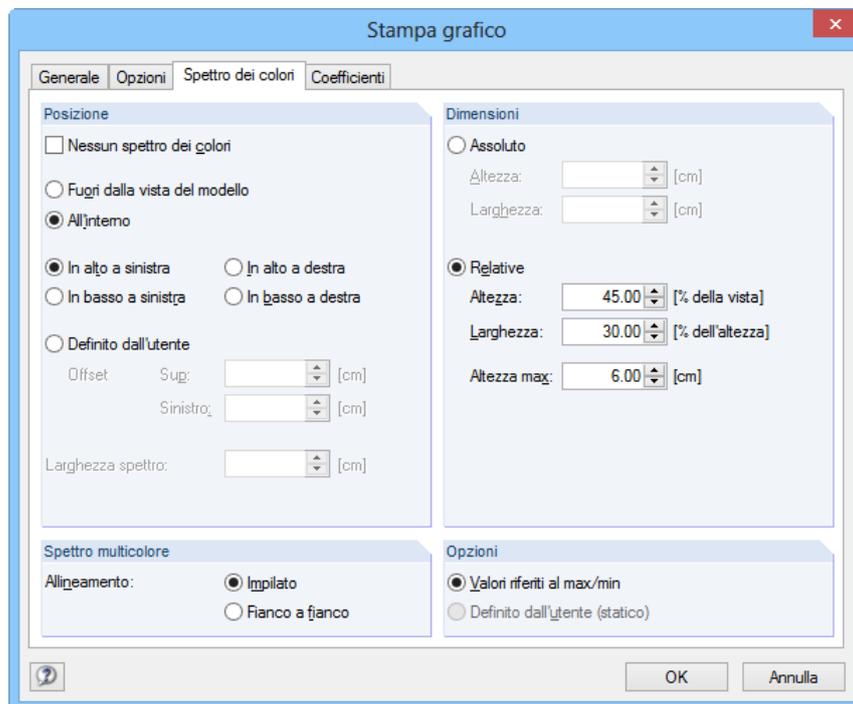


Figura 10.50: Finestra di dialogo *Stampa grafico*, scheda *Spettro dei colori*

La scheda è disponibile solo quando i risultati sono mostrati in un display a colori (si veda paragrafo 9.3, pagina 362).

Posizione

Lo spettro di colori del pannello di controllo viene solitamente stampato nella relazione. Se non si desidera stamparlo, selezionare la casella di spunta per *Nessun spettro dei colori*.

Quando il pannello giace *All'interno* dell'immagine del grafico, lo spettro di colori si sovrappone ad una parte dell'immagine. È possibile specificare la posizione del pannello: è anche possibile impostarla in uno dei quattro angoli o come per disposizione *Definita dall'utente*.

L'opzione *Fuori dell'immagine del grafico* delimita un lembo della finestra del grafico e lo utilizza solo per lo spettro di colori. È possibile definire la *Larghezza dello spettro* nella parte inferiore della finestra di dialogo.

Dimensioni

Le dimensioni dello spettro di colori possono essere definiti in valori assoluti o relativamente alle dimensioni dell'immagine.

Spettro multicolore

Se nell'area di lavoro sono visualizzati sia i risultati delle aste e che delle superfici, è possibile definire lo spettro di colori pertinente lo schermo nel pannello di controllo (si veda figura, pagina 395). Sul foglio, comunque, in questo caso, saranno visualizzati due spettri di colori. La loro disposizione può essere specificata in questa sezione di dialogo.

Opzioni

L'assegnazione del valore-colore nell'area di lavoro può essere definita dall'utente (si veda paragrafo 3.4.6, pagina 31).

È possibile decidere se utilizzare lo spettro di colori predefinito con riferimento ai valori estremi (*max/min*) o lo spettro di colore definito dall'utente per la stampa. Per quest'ultimo, non è disponibile l'aggiornamento dinamico.

10.2.4 Stampa di massa

La finestra di dialogo *Stampa di massa* viene visualizzata se si clicca sul pulsante [Impostazioni] a destra dell'opzione **Stampa di massa** nella scheda *Generale*. Utilizzare queste impostazioni di stampa per decidere quale grafico predefinito del modello, dei carichi e dei risultati saranno integrati automaticamente nella relazione di calcolo.

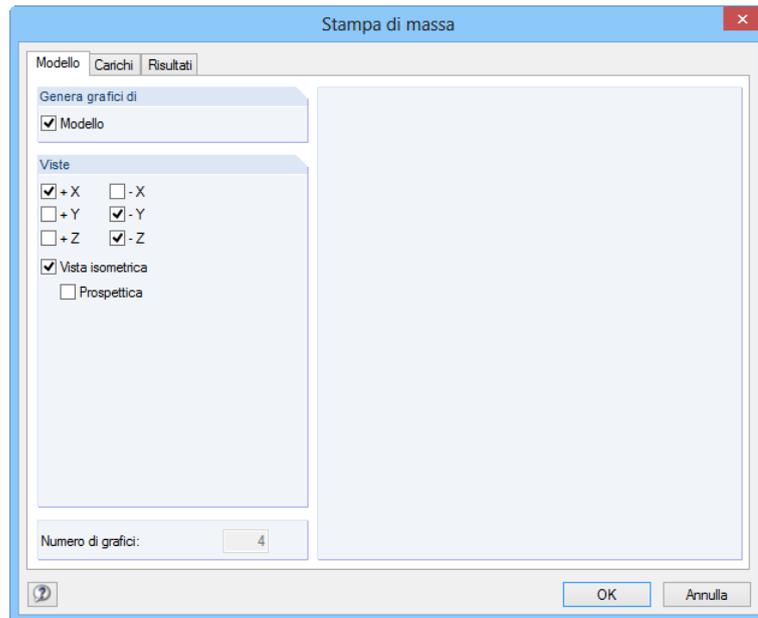


Figura 10.51: Finestra di dialogo *Stampa di massa* scheda *Modello*

In aggiunta alla visualizzazione attuale, sono disponibili sette viste standard da selezionare. Inoltre, è possibile attivare una *Prospettiva* 3D per la rappresentazione del modello.

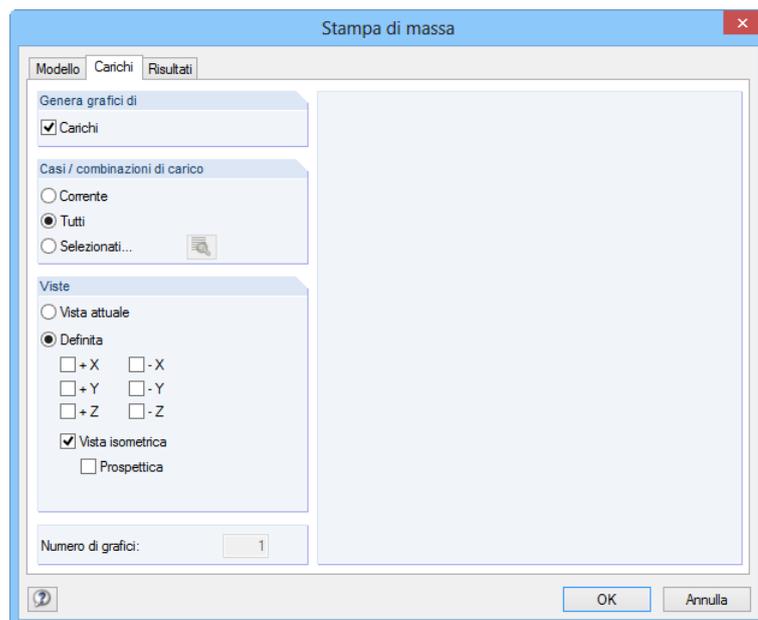


Figura 10.52: Finestra di dialogo *Stampa di massa*, scheda *Carichi*



Nella sezione di dialogo *Carichi*, decidere se saranno creati i grafici dei carichi. Quindi, nella sezione di dialogo *Casi di carico / Combinazioni*, specificare i casi di carico rilevanti. Utilizzare il pulsante [Seleziona] mostrato a sinistra per definire i casi di carico *Selezionati* nella finestra di dialogo *Casi di carico* (si veda figura 10.54, pagina 433).

Infine, nella sezione di dialogo *Viste*, si deciderà quali angoli di vista saranno utilizzati per le grafiche predefinite.

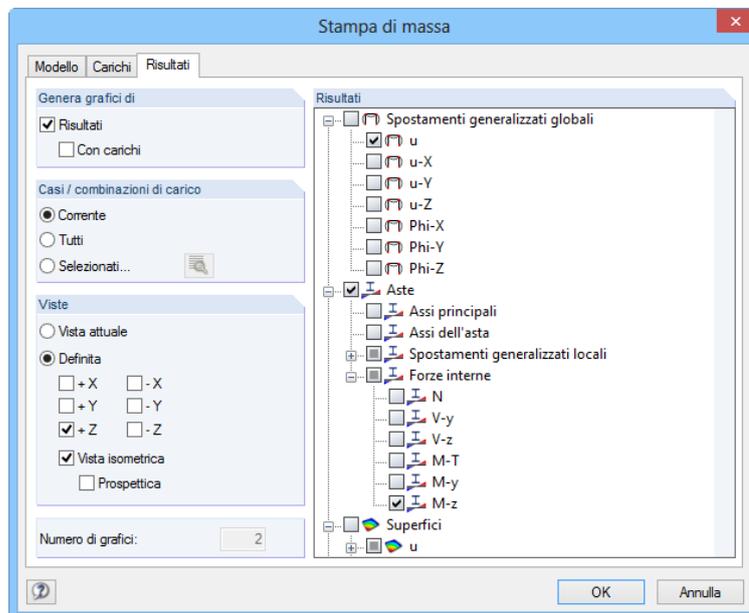


Figura 10.53: Finestra di dialogo *Stampa della grafica*, scheda *Risultati*

Nella sezione di dialogo *Risultati*, è possibile selezionare gli spostamenti generalizzati, le forze interne o le reazioni vincolari rilevanti nella struttura ad albero, selezionando le caselle di controllo.



Nelle sezioni di dialogo *Genera grafici di* e *Casi / Combinazioni di carico*, è possibile decidere se la grafica è creata con o senza rappresentazioni di carico e quali casi di carico sono rilevanti per la stampa. Cliccare il pulsante [Seleziona] mostrato a sinistra per definire i casi di carico *Selezionati* in una finestra di dialogo separata.

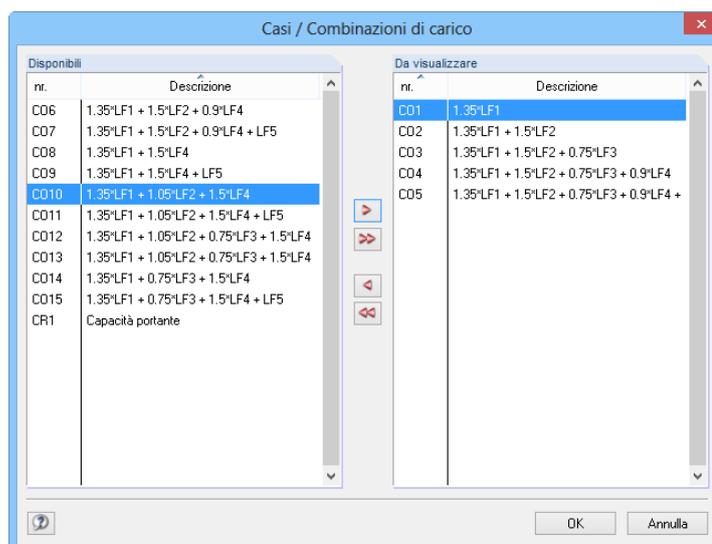


Figura 10.54: Finestra di dialogo *Casi / Combinazioni di carico*

La vista dei grafici è definita nella sezione di dialogo *Viste*.

10.2.5 Note per la stampa su plotter

Si noti che per raggiungere i migliori risultati di stampa sul plotter si consigliano le seguenti impostazioni.

Impostazioni nel sistema operativo

RFEM utilizza il sistema di stampa di Windows. A differenza di alcuni programmi CAD, RFEM non utilizza driver speciali per la gestione del plotter. Pertanto, il plotter deve essere installato come una normale stampante in Windows.

Verifiche interne hanno dimostrato che i driver forniti con Windows sono instabili e non affidabili. Pertanto, si consiglia di utilizzare i driver originali o i driver attuali messi a disposizione sul sito web del produttore del plotter.

Quando si stampano enormi quantità di dati elaborati, è necessario garantire che vi sia uno spazio sufficiente disponibile nella partizione di sistema dell'elaboratore.



Non impostare il plotter come stampante predefinita del sistema. Si consiglia di selezionare il plotter un momento prima di avviare il processo di stampa. Sfondo: la relazione di calcolo utilizza il driver di stampa standard per l'anteprima di stampa. Si sono verificati degli incidenti nella relazione di calcolo con i driver dei plotter in prova.

Molti driver di plotter offrono l'opzione di preparare il grafico in un plotter o nel computer. In generale, la preparazione dei grafici nel plotter è più veloce perché ha un processore specializzato. Inoltre, il lavoro nel computer non è influenzato da questo processo. Il problema è, tuttavia, che il plotter spesso ha solo una piccola memoria RAM. Se la memoria non è più sufficiente per memorizzare e processare le immagini, alcune parti andranno perse. Quando si stampano grafici di RFEM sul plotter, si potranno vedere le parti mancanti sotto forma di descrizioni o riempimenti, linee mancanti ecc. In questo caso, il plotter mostrerà un messaggio corrispondente.

In caso di dubbio, si preparino i dati nel computer. Si noti che l'impostazione di default è impostata per la preparazione nel plotter. In questo caso, modificare opportunamente le proprietà della stampante.

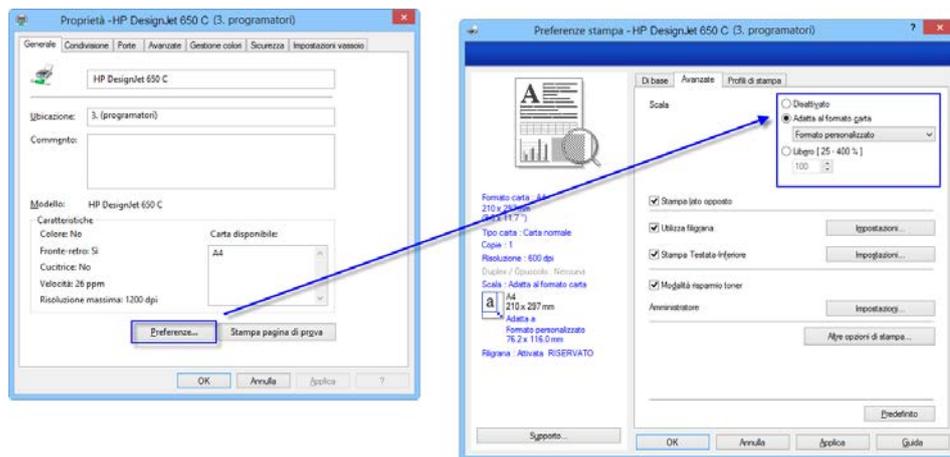


Figura 10.55: Finestra di dialogo *Impostazioni di stampa* per il plotter HP DesignJet per Windows® XP in tedesco.

Impostazioni di RFEM

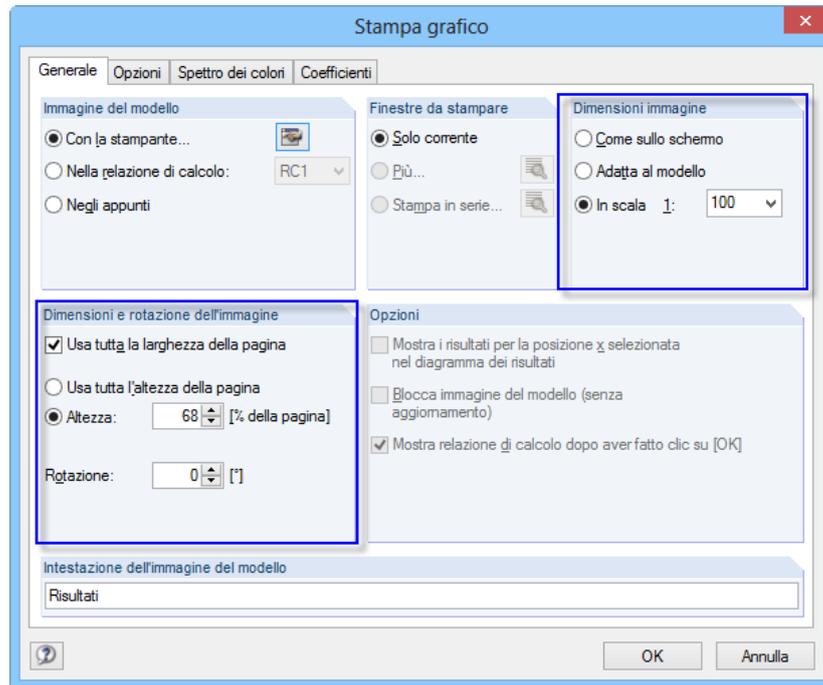


Figura 10.56: Finestra di dialogo *Stampa grafico*, scheda *Generale*

Si consiglia di selezionare la dimensione del grafico **In scala** nella scheda *Generale* della finestra di dialogo *Stampa grafico* poiché l'output su un piano di dimensioni A0 è quasi sempre in scala. Quindi, selezionare l'opzione scala dall'elenco o immetterlo direttamente nel campo di immissione.

Inoltre, si consiglia di utilizzare l'area completa del foglio di output del plotter. Segnare la casella di controllo per **Usa tutta la larghezza della pagina** nella sezione di dialogo *Dimensioni e rotazione dell'immagine* della finestra di dialogo *Stampa grafico*.

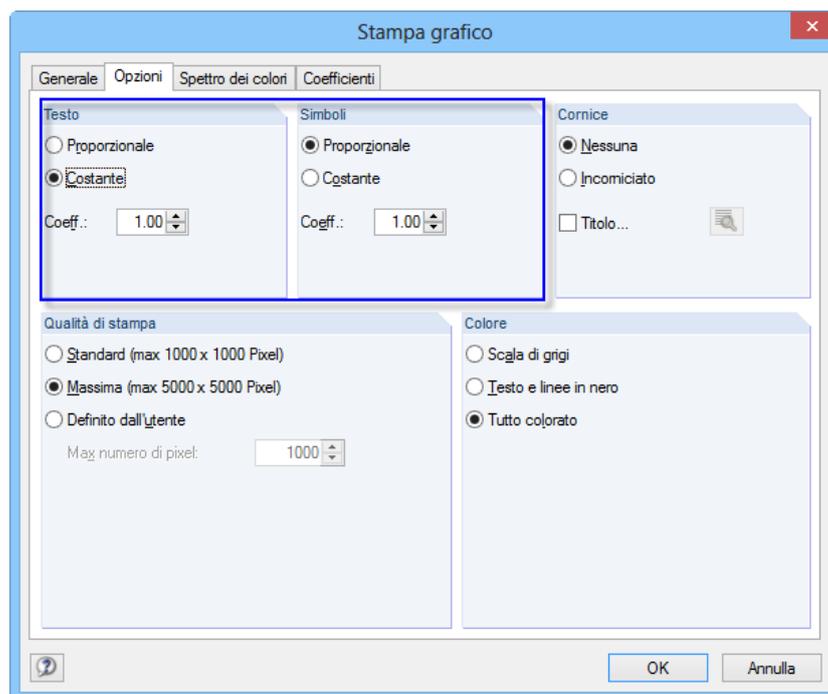


Figura 10.57: Finestra di dialogo *Stampa grafico*, scheda *Opzioni*

Nella scheda *Opzioni*, è possibile definire le impostazioni che influenzano la qualità dell'output. Sarà sicuramente necessario eseguire alcune stampe di prova per trovare le impostazioni ottimali. Purtroppo non è possibile fornire raccomandazioni globali perché gli effetti delle impostazioni dipendono dal driver della stampante. I valori guida mostrati nella figura sopra si riferiscono al plotter HP DesignJet 650C con la versione del driver 4.62 del sistema operativo Windows XP.

Se avvengono degli arresti anomali durante l'esecuzione della stampa sul plotter, si consiglia di installare il driver della stampante in uso come descritto sopra e di selezionarlo per la preparazione della grafica nel *Computer*, (si veda la finestra di dialogo per le impostazioni di stampa). Se avvengono ancora dei comportamenti anomali durante l'esecuzione della stampa sul plotter, ridurre la risoluzione gradualmente nella sezione di dialogo *Qualità di stampa* nella scheda *Opzioni* della finestra di dialogo *Stampa grafico*.

La sezione di dialogo *Testo* nella scheda *Opzioni* della finestra di dialogo *Stampa grafico* gestisce il ridimensionamento della dimensione dei caratteri per le numerazioni, dimensioni e i valori dei risultati. Si sono ottenuti dei buoni risultati con il fattore 2 e l'impostazione *Costante* per la stampa su A0 sul plotter HP DesignJet 650C.

La sezione di dialogo *Simboli* non influenza solo la dimensione dei simboli dei vincoli esterni, nodi o altri elementi ma anche dello spessore della linea. Se le linee sono troppo spesse, si dovrebbe ridurre il fattore. Si sono ottenuti dei buoni risultati per la stampa sul formato A0 sul plotter HP DesignJet 650C utilizzando il fattore 0.2 e l'impostazione *Proporzionale*.

I fattori impostati per i simboli e i caratteri influenzano tutti i caratteri e i simboli a livello globale. Per modificare l'aspetto di particolari oggetti in particolare, utilizzare le impostazioni nella finestra di dialogo *Proprietà di visualizzazione* (si veda figura, pagina 439). Si consiglia di salvare le impostazioni per il plotter come una nuova configurazione utilizzata per la relazione di calcolo. Per informazioni più dettagliate, si veda il paragrafo 11.1.2 a pagina 438.

Dopo aver fatto clic sul pulsante [OK] si visualizzerà la finestra di dialogo *Stampa* del sistema operativo. Selezionare il plotter dall'elenco delle stampanti. Cliccare su [Proprietà] per aprire un'altra finestra di dialogo in cui sarà possibile impostare le dimensioni della pagina e l'allineamento.



Proprietà...

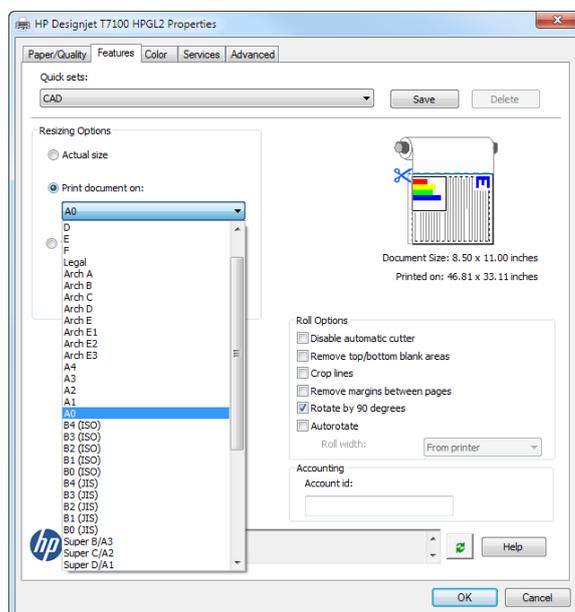


Figura 10.58: Proprietà del plotter per impostare il formato della pagina (Windows XP tedesco)

11. Strumenti

In questo capitolo, sono presenti le descrizioni delle funzioni di input grafico e tabellare per programmi di tipo CAD per la progettazione o la generazione di oggetti del modello e di carico, opzioni di modifica, operazioni nei fogli di calcolo o delle immissioni di parametri.

11.1 Funzioni generali

Questo capitolo descrive le funzioni che sono generalmente utili e presenti in molte finestre di dialogo di RFEM.

11.1.1 Impostazioni della lingua

La lingua selezionata durante il processo di installazione è quella che apparirà nella GUI. I materiali e le tabelle delle sezioni trasversali sono anche predisposte secondo le esigenze specifiche dei paesi impostati.

Per modificare l'interfaccia grafica utente di RFEM,



selezionare **Opzioni del programma** nel menu **Opzioni**

oppure si utilizzi il pulsante della barra degli strumenti mostrato sulla sinistra.

Nella sezione di dialogo *Programma*, è possibile scegliere un'altra *Lingua del programma* dall'elenco.

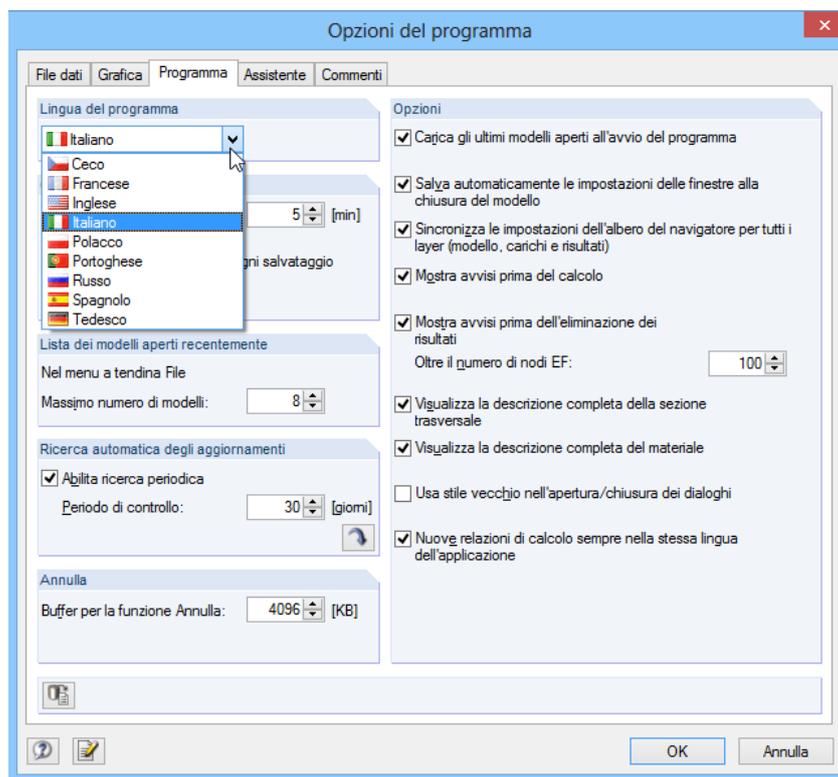


Figura 11.1: Modifica della *Lingua del programma* nella finestra di dialogo *Opzioni del programma*

La modifica delle impostazioni della lingua sarà efficace dopo il riavvio del programma.

Quando si cambia la lingua, si noti quanto segue:



- alcuni caratteri saranno visualizzati correttamente solo se i corrispondenti caratteri sono disponibili nel sistema operativo
- la nuova lingua influenza la disposizione delle tabelle delle sezioni trasversali nelle librerie.

11.1.2 Proprietà di visualizzazione

Le proprietà di visualizzazione determinano il modo in cui un oggetto grafico sarà rappresentato sullo schermo e nella stampa. Nel navigatore *Visualizza* si decide se raffigurare un oggetto o meno (si veda paragrafo 3.4.3, pagina 25).

Regolare la visualizzazione



Per aprire la finestra di dialogo per regolare la visualizzazione grafica,

puntare su **Proprietà di visualizzazione** nel menu **Opzioni**, quindi selezionare **Modifica** o utilizzare il Gestore configurazioni (si veda paragrafo 3.4.10, pagina 38).

È anche possibile accedere alle proprietà di visualizzazione di ogni oggetto grafico (modello, carico o simbolo del risultato) direttamente: fare clic con il pulsante destro per aprire il menu contestuale e selezionare la voce del menu *Proprietà di visualizzazione*. Adesso, sarà possibile regolare immediatamente le proprietà di visualizzazione degli oggetti nella finestra di dialogo *Proprietà di visualizzazione* (Figura 11.3).

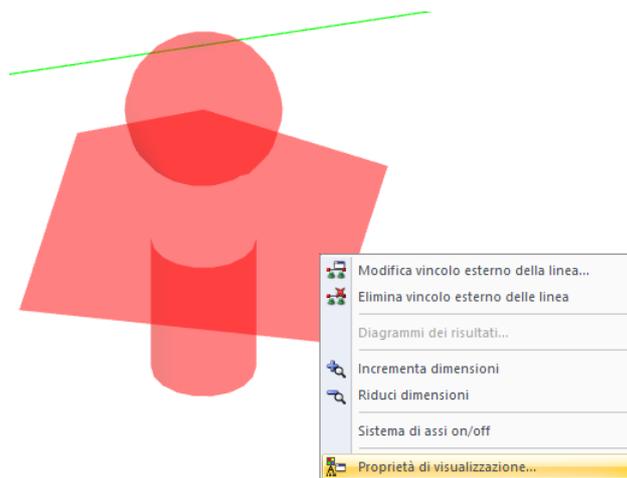


Figura 11.2: Menu di scelta rapida del vincolo esterno del nodo

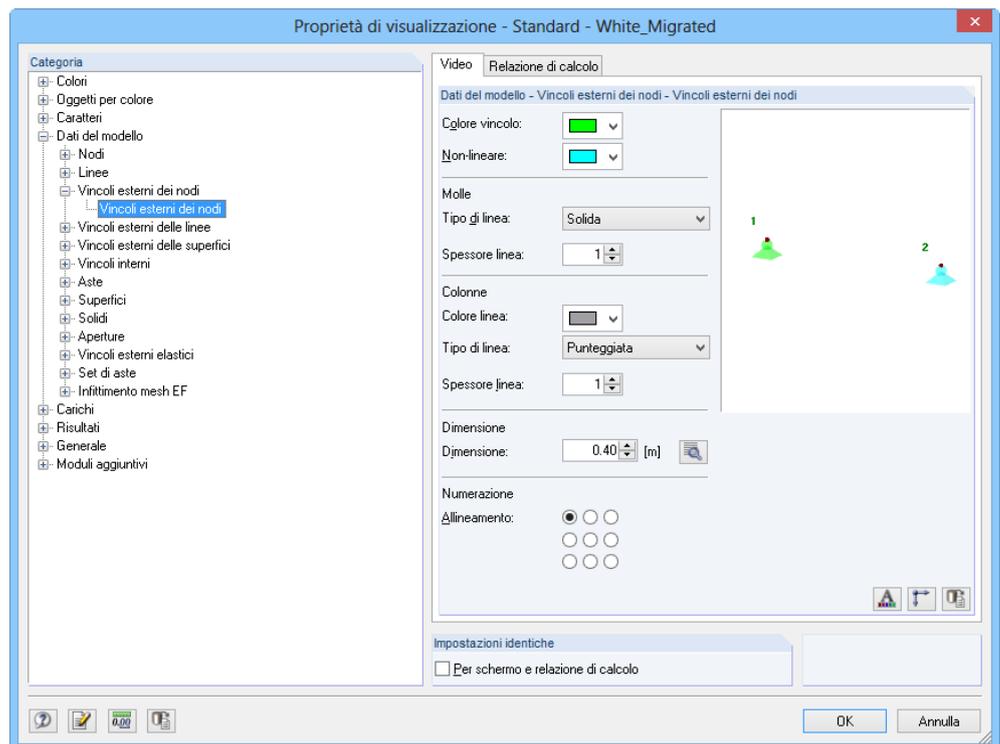


Figura 11.3: Finestra di dialogo *Proprietà di visualizzazione* (per la categoria *Vincoli esterni dei nodi*)



Le impostazioni per la visualizzazione sullo *Schermo* e nella *Relazione di calcolo* sono gestite in due schede di dialogo. In questo modo, è possibile definire separatamente le correzioni per la grafica del monitor (per esempio, la dimensione dei simboli dei vincoli esterni su sfondo nero) e per la stampa.

Se si decide definire *Impostazioni identiche per schermo e relazione di calcolo*, utilizzare la casella di controllo sotto le schede per sincronizzare le proprietà di visualizzazione per lo schermo e la relazione di calcolo. Segnare la casella e tutte le impostazioni definite in seguito saranno applicate anche alle altre schede (*Schermo* o *Relazione di calcolo*) della categoria attuale. Le impostazioni già definite non possono essere trasferite successivamente utilizzando la funzione descritta.

Il navigatore *Categoria* mostra gli oggetti grafici elencati in un menu ad albero. Per modificare le proprietà di visualizzazione di un oggetto, selezionare la voce pertinente. Quindi, regolare i parametri di visualizzazione specifici dell'oggetto nella finestra di dialogo a destra: colori, visualizzazione della linea, dimensioni nella finestra di lavoro, il tipo e la disposizione della numerazione, il carattere, dimensione del vettore di carico, ecc.



RFEM offre ulteriori pulsanti di [Dettagli] per alcuni parametri.

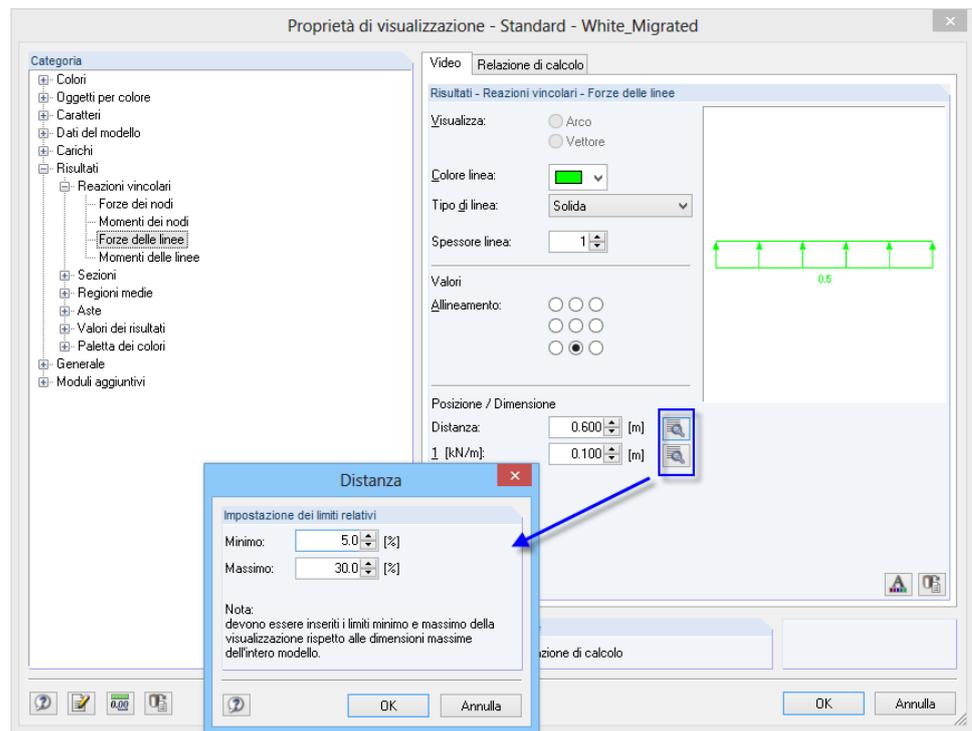


Figura 11.4: Finestra di dialogo *Distanza* per *Forze delle linee*

I pulsanti sono utilizzati per aprire nuove finestre di dialogo nelle quali è possibile modificare, ad esempio, la scala della distanza o le dimensioni dell'oggetto alle dimensioni della struttura totale.

I pulsanti sotto i parametri sono riservati per le seguenti funzioni:

	Aprire la finestra di dialogo <i>Carattere</i> per cambiare il tipo, la dimensione e colore del carattere
	Passa alla visualizzazione dei parametri degli assi dell'oggetto attuale
	Ritorna ai dati di base dell'oggetto
	Aprire la finestra di dialogo <i>Posizioni relative</i> (figura 11.5) per disporre le descrizioni
	Ripristina le impostazioni predefinite

Tabella 11.1: Pulsanti nella finestra di dialogo *Proprietà di visualizzazione*



Per gli oggetti rilevanti alle linee e le aste è possibile organizzare la descrizione o il simbolo con impostazioni definite dall'utente. Si aprirà una finestra di dialogo nella quale è possibile definire la posizione delle informazioni attraverso la distanza relativa all'inizio della linea o dell'asta.

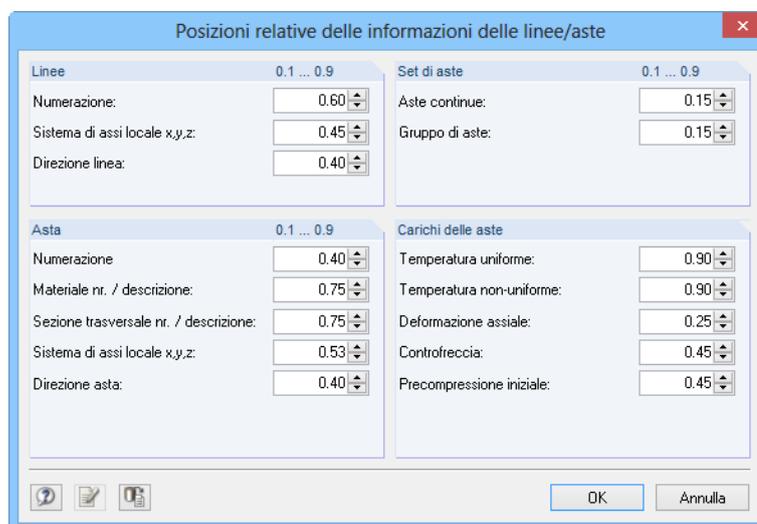


Figura 11.5: Finestra di dialogo *Posizioni relative delle informazioni della linea/asta*

Salva configurazione di visualizzazione

La finestra di dialogo *Proprietà di visualizzazione* consente di regolare la configurazione di visualizzazione secondo i requisiti dati. In questo modo è possibile, ad esempio, creare diverse impostazioni per lo schermo con lo sfondo colorato e per il plotter con impostazioni specifiche.

Si noti, tuttavia, che non è possibile salvare le modifiche nella finestra di dialogo *Proprietà di visualizzazione*. Il *Gestore configurazioni* descritto nel paragrafo 3.4.10 a pagina 38 è responsabile per la gestione delle configurazioni di visualizzazione.

Pertanto, si proceda come segue per creare un nuovo profilo di visualizzazione in base alle modifiche apportate:



- Confermare le modifiche nella finestra di dialogo *Proprietà di visualizzazione* con [OK].
- Aprire il *Gestore configurazioni* (si veda paragrafo 3.4.10, pagina 38).
- Crea una [Nuova] configurazione.
- Immettere una descrizione nella finestra di dialogo *Nuova configurazione*. Quindi confermare l'immissione con [OK].

11.1.3 Unità e cifre decimali

Le unità e le cifre decimali per RFEM e tutti i moduli aggiuntivi sono gestiti in una finestra di dialogo. Le impostazioni possono essere modificate come richiesto durante la modellazione o la verifica. Tutti i valori numerici saranno convertiti o adeguati.

Modifica delle unità e delle cifre decimali



Molte finestre di dialogo sono dotate del pulsante mostrato a sinistra che è possibile utilizzare per accedere a una finestra di dialogo per cambiare le unità e le cifre decimali (si veda Figura 11.4 per la finestra di dialogo *Proprietà di visualizzazione*).

Per aprire la finestra di dialogo *Unità e cifre decimali*, si può anche selezionare **Unità e cifre decimali** dal menu **Modifica**.

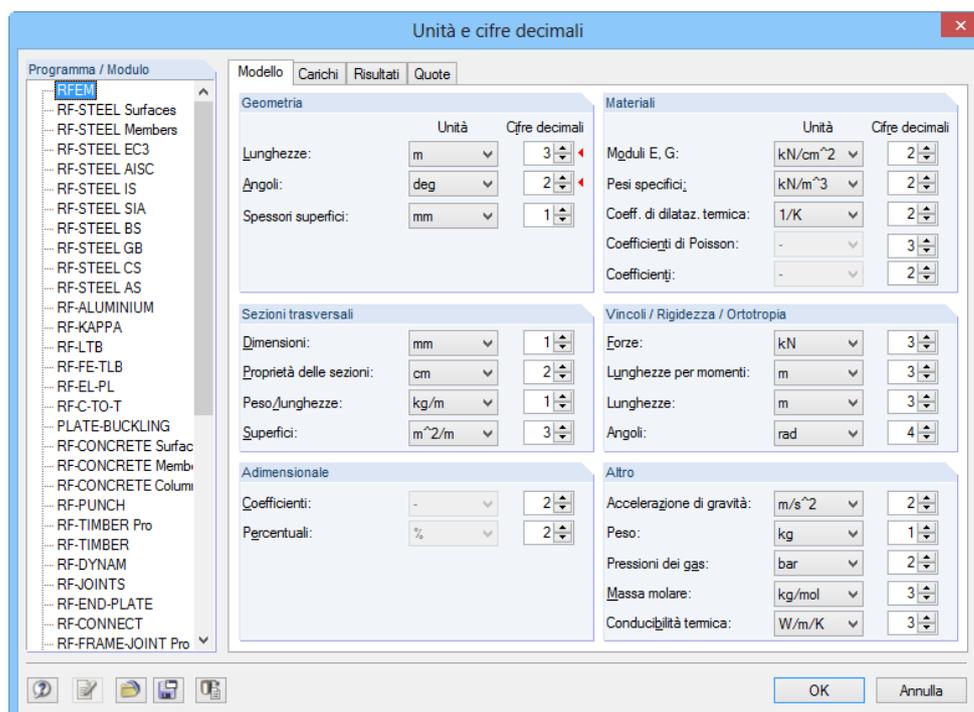


Figura 11.6: Finestra di dialogo *Unità e cifre decimali*

Prima, selezionare il modulo nella sezione di dialogo *Programma / Modulo* per il quale si desidera modificare le unità o le cifre decimali. A seconda della selezione, il lato destro della finestra di dialogo cambia.

Tre schede di dialogo sono offerte da RFEM, dove è possibile specificare le impostazioni separatamente per il *Modello*, i *Carichi* e i dati dei *Risultati*. Anche per alcuni moduli aggiuntivi è possibile vedere che la parte destra del dialogo è suddivisa in diverse schede. Le unità e le cifre decimali sono riepilogate in gruppi presentati nelle sezioni di dialogo.

Quando si apre la finestra di dialogo da un'altra finestra di dialogo (ad esempio la finestra *Nuova asta*), le unità e le cifre decimali rilevanti sono contrassegnate con un triangolo rosso sulla destra, come illustrato nella figura precedente.

Salvare e importare le unità come profilo utente

Le impostazioni definite nella finestra di dialogo *Unità e cifre decimali* si possono salvare e riutilizzare in altri modelli. Così, è possibile la creazione di profili specifici di unità, ad esempio per strutture in acciaio e di calcestruzzo armato.



Il pulsante mostrato sulla sinistra apre una finestra di dialogo in cui si specificherà il *Nome* del profilo dell'utente delle nuove unità.

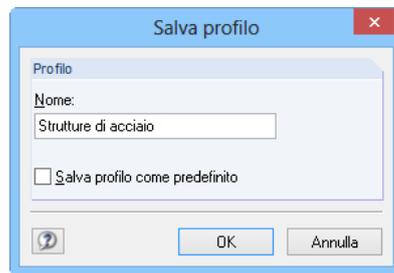


Figura 11.7: Finestra di dialogo *Salva profilo*

Per utilizzare questo profilo come impostazione predisposta per i nuovi modelli, segnare la casella di spunta per *Salva profilo come predefinito*.



Un profilo utente può essere importato con il pulsante mostrato a sinistra. Si aprirà una finestra di dialogo nella quale sono disponibili diversi profili da selezionare. Un profilo di unità metriche e imperiali (Anglo-americana) rappresenta le impostazioni predefinite.

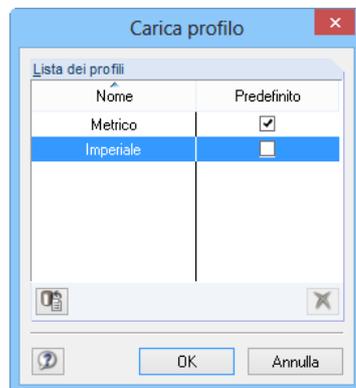


Figura 11.8: Finestra di dialogo *Carica profilo*

11.1.4 Commenti

Questo capitolo descrive i campi di commento disponibili nelle finestre di dialogo e nelle tabelle (si veda ad esempio la figura 4.12, pagina 45). I commenti che si possono inserire graficamente sono descritti nel paragrafo 11.3.6 a pagina 472.

Utilizzo dei commenti



È possibile inserire qualsiasi tipo di testo nei campi di commento. Con il pulsante [Importa commento] mostrato a sinistra è possibile usufruire dei moduli di testo predefiniti che sono memorizzati dalla gestione di modelli incrociati.

Apparirà una finestra di dialogo con un elenco di moduli di testi memorizzati.

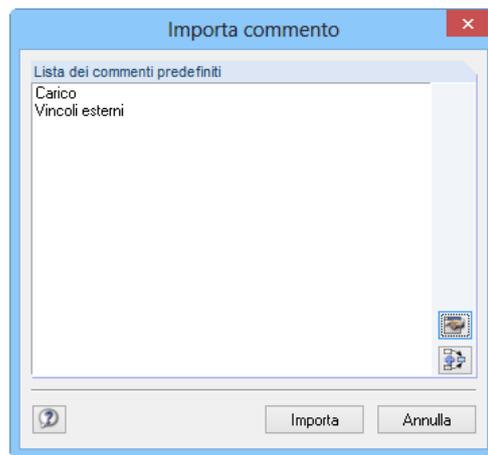


Figura 11.9: Finestra di dialogo *Importa commento*

Importa

La *Lista di commenti predefiniti* contiene tutti i commenti che sono adatti per la categoria. Fare clic sul pulsante [Importa] per inserire il commento selezionato nel campo di commento della finestra di dialogo. Se il campo di commento contiene già un testo, questo verrà sovrascritto. Quindi, sarà possibile continuare a modificare il commento nel campo di commento.

Utilizzare il pulsante a sinistra per aggiungere il commento selezionato ad un testo del campo di commento già disponibile.

Creare e gestire i commenti

Nella finestra di dialogo *Importa commento* (figura 11.9), è possibile creare nuovi moduli di testo mediante il pulsante visibile a sinistra. In alternativa, è possibile utilizzare la scheda dei *Commenti* nella finestra di dialogo *Opzioni del programma* dove sono gestiti i commenti. Per aprire la finestra di dialogo,

selezionare **Opzioni del programma** nel menu **Opzioni**
oppure si utilizzi il pulsante della barra degli strumenti mostrato sulla sinistra.



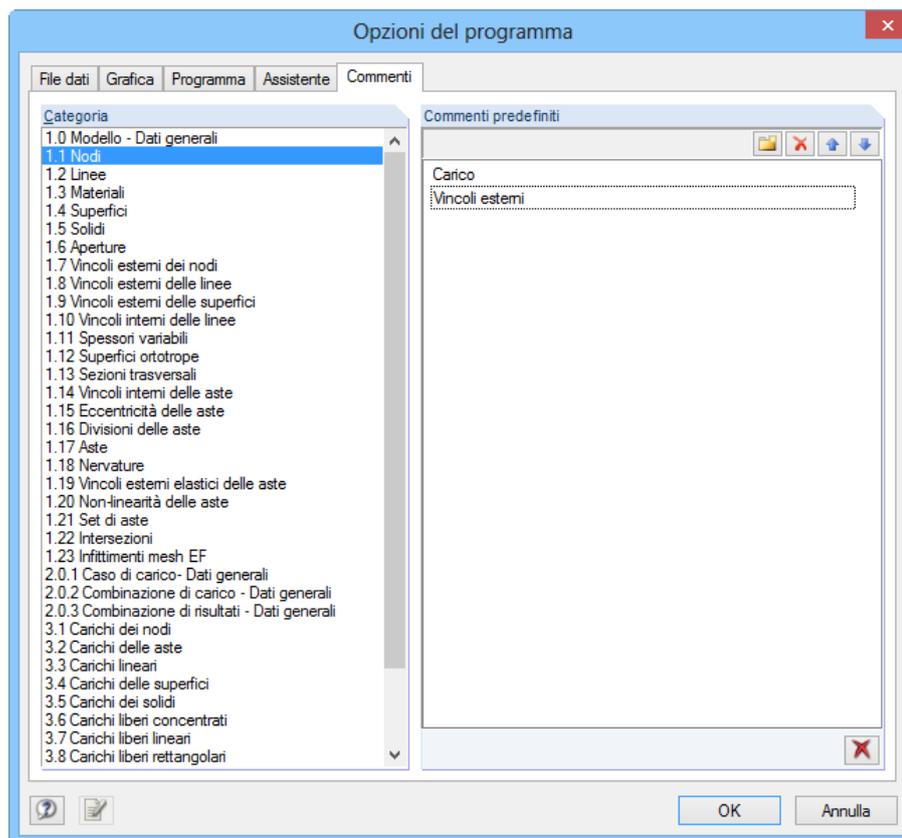


Figura 11.10: Finestra di dialogo *Opzioni del programma*, scheda *Commenti*

Nella sezione di dialogo *Categoria* a sinistra, si determini il gruppo (cioè tabella o finestra di dialogo di immissione) a cui si desidera assegnare il testo del commento.

La sezione di dialogo *Commenti predefiniti* a destra offre quattro pulsanti che sono riservati per le seguenti funzioni:

Pulsante	Descrizione
	Crea un nuovo commento all'interno della <i>Categoria</i> contrassegnata. Inserire il testo nell'elenco.
	Elimina il commento selezionato nell'elenco.
	Muove il commento selezionato verso l'alto.
	Muove il commento selezionato verso il basso.

Tabella 11.2: Pulsanti nella finestra di dialogo *Opzioni del programma* scheda *Commenti*



Quando si utilizza la selezione speciale (si veda paragrafo 11.2.2, pagina 456), è possibile filtrare i dati con i commenti definiti dall'utente.

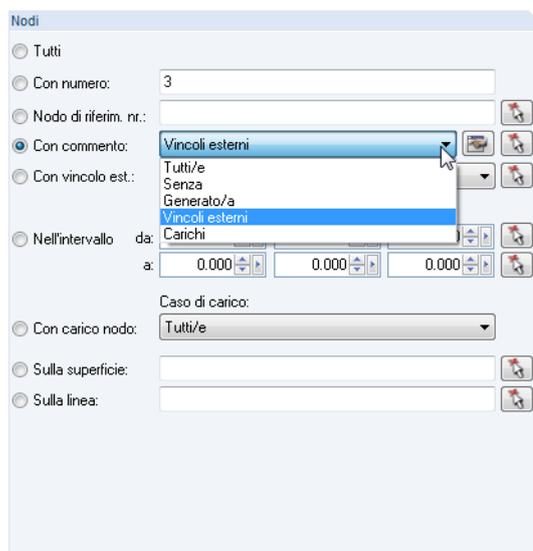


Figura 11.11: Sezione della finestra di dialogo *Selezione speciale* per i nodi filtrati *Con commento*

11.1.5 Funzioni di misura

Al fine di controllare l'immissione, si possono misurare le distanze e gli angoli. Per accedere alla funzione corrispondente

puntare su **Misura** nel menu **Strumenti**.

Le seguenti funzioni di misura saranno disponibili per la selezione:

- Distanza tra 2 nodi
- Angolo tra 3 nodi
- Angolo tra 2 aste
- Angolo tra 2 superfici
- Angolo tra asta e superficie
- Angolo tra 2 linee
- Angolo tra asta e linea
- Angolo tra linea e superficie

Fare clic sugli oggetti per la misurazione uno dopo l'altro, nella finestra di lavoro. Quindi, la *Distanza* e lo *Spostamento generalizzato* dei nodi saranno visualizzati in una finestra di dialogo.

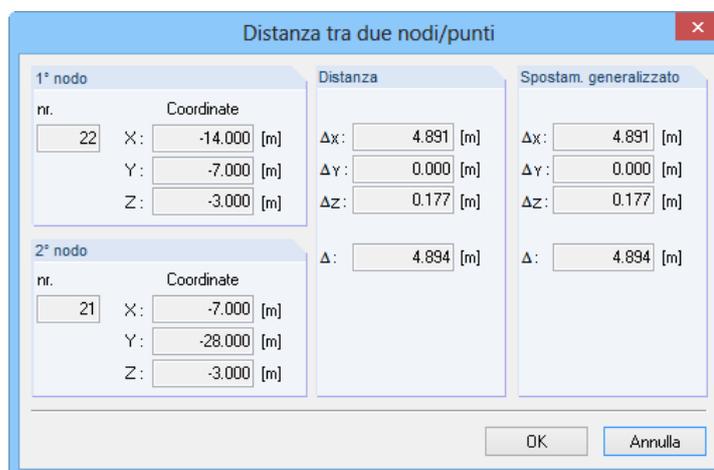


Figura 11.12: Finestra di dialogo *Distanza tra due nodi/punti*

11.1.6 Funzioni di ricerca

Selezione tramite tabella

Per trovare un oggetto nell'area di lavoro, è possibile utilizzare le tabelle. Fare clic su una riga della tabella per vedere l'oggetto pertinente evidenziato a colori nella finestra di lavoro. Approfittare di questa funzione per modelli di piccole dimensioni per rilevare gli oggetti in modo facile e veloce nell'area di lavoro.



La selezione grafica con la tabella lavora solo se la sincronizzazione della selezione è attiva (si veda paragrafo 11.5.4, pagina 516).

Ricerca per numero dell'oggetto

In RFEM è possibile cercare oggetti in modo specifico. Questa funzionalità è particolarmente consigliata, soprattutto se si stanno elaborando strutture grandi e complesse. Per accedere alla funzione di ricerca,



selezionare **Trova tramite numero** nel menu **Modifica**.

Apparirà la seguente finestra di dialogo:

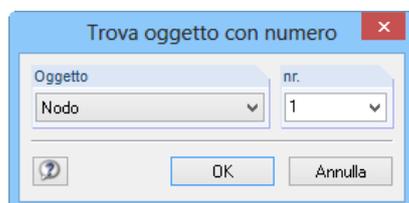


Figura 11.13: Finestra di dialogo *Trova oggetto con numero*



Nella sezione di dialogo *Oggetto*, utilizzare l'elenco per definire la categoria di oggetti per la ricerca: nodo, linea, superficie, solido, o elemento finito. Quindi, immettere il *nr.* dell'oggetto direttamente nel campo di immissione a destra, o utilizzare l'elenco per selezionare un numero.

Cliccare su [OK] per confermare la finestra di dialogo. Quindi, sarà possibile vedere una grande freccia indicante l'oggetto nella finestra di lavoro. La freccia sarà ancora visibile anche quando si modificherà opportunamente la zona intorno all'oggetto zoomando o ruotando il modello. La freccia scomparirà con un clic nell'area di lavoro.



11.1.7 Punto di vista e angolo di vista



RFEM offre le viste standard nella direzione [X/Y/Z] e nella direzione [opposta X/Y/Z] nonché la [Vista isometrica] che può essere selezionata tramite i pulsanti a sinistra. Sono disponibili pulsanti aggiuntivi per i sistemi di coordinate e gli angoli di vista definiti dall'utente nell'elenco di pulsanti della barra degli strumenti e nel navigatore *Viste* (si veda paragrafo 9.9.1.1, pagina 388).

Se queste viste, che includono l'opzione di rotazione (utilizzare la barra degli strumenti [Sposta] e tenere premuto il tasto [Ctrl]), non raffigurano l'effetto desiderato, è possibile utilizzare le opzioni estese della finestra di dialogo *Modifica il punto di vista*.

Per aprire la finestra di dialogo,

selezionare **Punto di vista** nel menu **Visualizza**.

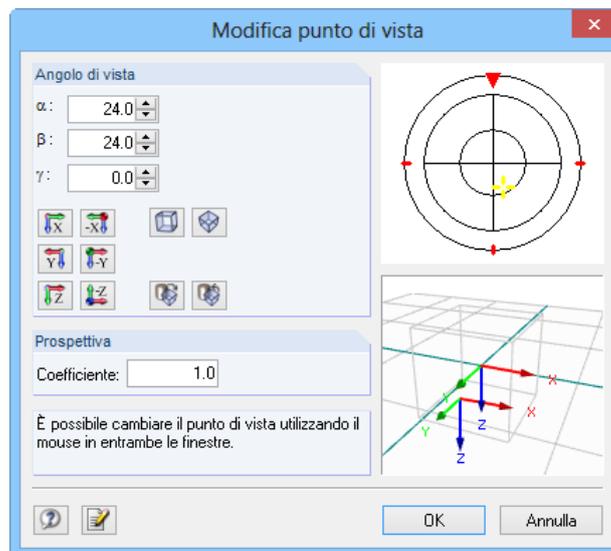


Figura 11.14: Finestra di dialogo *Modifica punto di vista*

Fare clic all'interno delle finestre di anteprima sulla destra e spostare il mouse per impostare il punto di vista e l'angolo di vista. Inoltre, è possibile modificare il coefficiente per la *Prospettiva*.

11.1.8 Determinazione del baricentro

Il centro di gravità del modello generale viene visualizzato automaticamente quando la mesh EF è stata generata con successo e quando è stata selezionata l'opzione corrispondente nel navigatore *Visualizza* sotto la voce del navigatore *Generale*. Si può modificare il colore e la dimensione nella finestra di dialogo *Proprietà di visualizzazione*: fare clic su *Colori* → *Altro* → *Centro di gravità* (si veda paragrafo 11.1.2, pagina 438).

Per di più, è possibile determinare il centro di gravità di oggetti particolari: selezionare le aste pertinenti, i solidi e le superfici, ad esempio, con la selezione multipla o aprendo una finestra di selezione (si veda paragrafo 11.2, pagina 453). Attivare il menu contestuale visualizzato a sinistra con il pulsante destro del mouse su uno degli oggetti. Quindi, fare clic sulla voce di menu *Centro di gravità e informazioni* per aprire una finestra di dialogo contenente le informazioni relative agli oggetti selezionati.

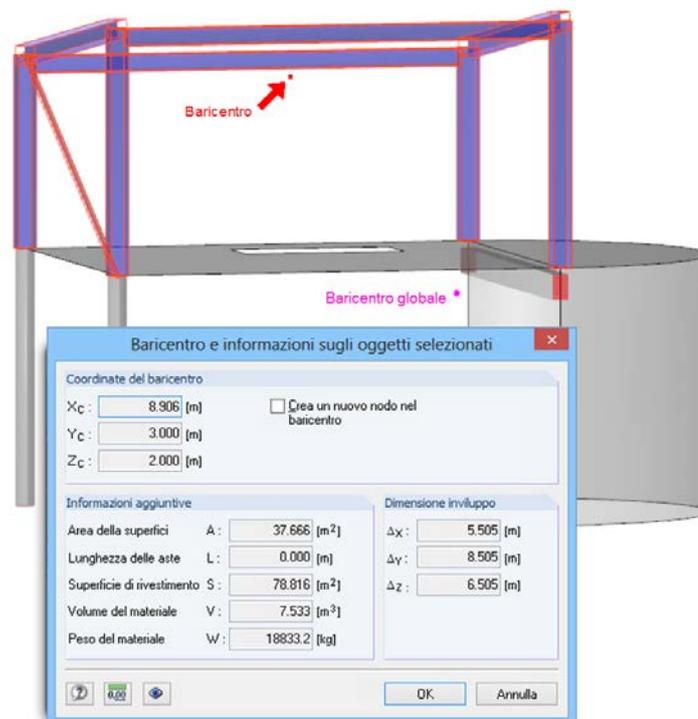
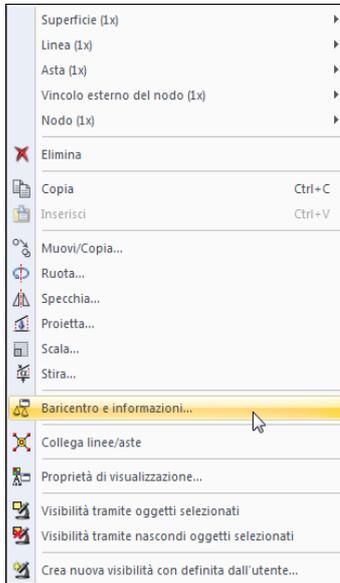


Figura 11.15: Finestra di dialogo *Baricentro e informazioni sugli oggetti selezionati*

La finestra di dialogo mostra le *Coordinate del baricentro* rispetto all'origine del sistema assiale XYZ. Nella finestra di lavoro, il baricentro è indicato da una grande freccia. Facoltativamente, è possibile *Crea un nuovo nodo nel centro baricentro*.

Oltre alla *Dimensione dell'involuppo* globale degli oggetti selezionati, si visualizzeranno le seguenti *Informazioni aggiuntive* :

- Area di tutte le superfici
- Lunghezza delle aste
- Area della superficie delle superfici visibili di tutti gli oggetti
- Volume Netto
- Massa totale

11.1.9 Rendering



La rappresentazione del modello nell'area di lavoro può essere definita dall'utente. Utilizzare l'apposito elenco di pulsanti nella barra degli strumenti mostrato sulla sinistra per attivare alternativamente i vari tipi di visualizzazione *Fil di ferro*, *Modello realistico* e *trasparente*.

Le impostazioni dettagliate per i singoli oggetti possono essere specificate nel navigatore *Visualizza* sotto la voce del navigatore **Rendering**.

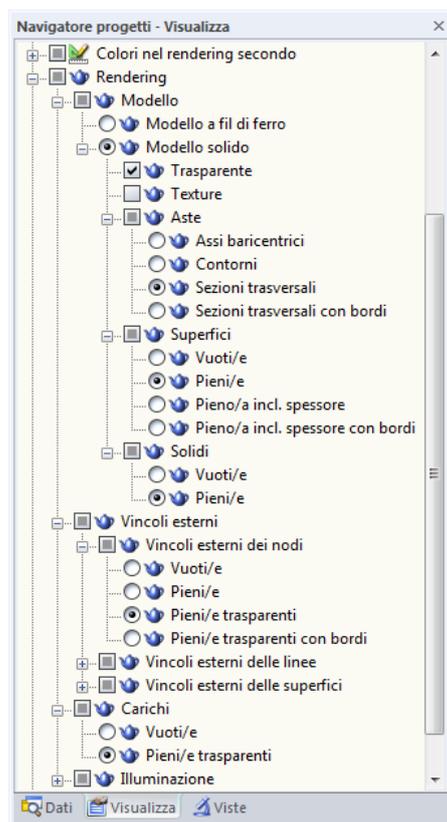


Figura 11.16: Navigatore *Visualizza* con opzioni per il *Rendering* del modello e dei carichi

La rappresentazione del *Modello realistico* può essere modificata individualmente per le aste, le superfici e i solidi. Sono anche disponibili opzioni di controllo simili per la visualizzazione dei vincoli esterni e dei carichi.

Texture

Quando si attivano le *Texture*, RFEM visualizza le texture della superficie nel modello in rendering. Per accedere alle impostazioni avanzate delle texture,

puntare a **Proprietà di visualizzazione** nel menu **Opzioni**, quindi selezionare **Modifica**.

Si aprirà la finestra di dialogo *Proprietà di visualizzazione*, in cui è possibile selezionare *Materiali* nella categoria *Oggetti per colore*. I materiali sono elencati con le texture e i colori assegnati a destra. Fare doppio clic in un campo della riga della tabella per aprire la finestra di dialogo *Modifica colore e texture del materiale*.

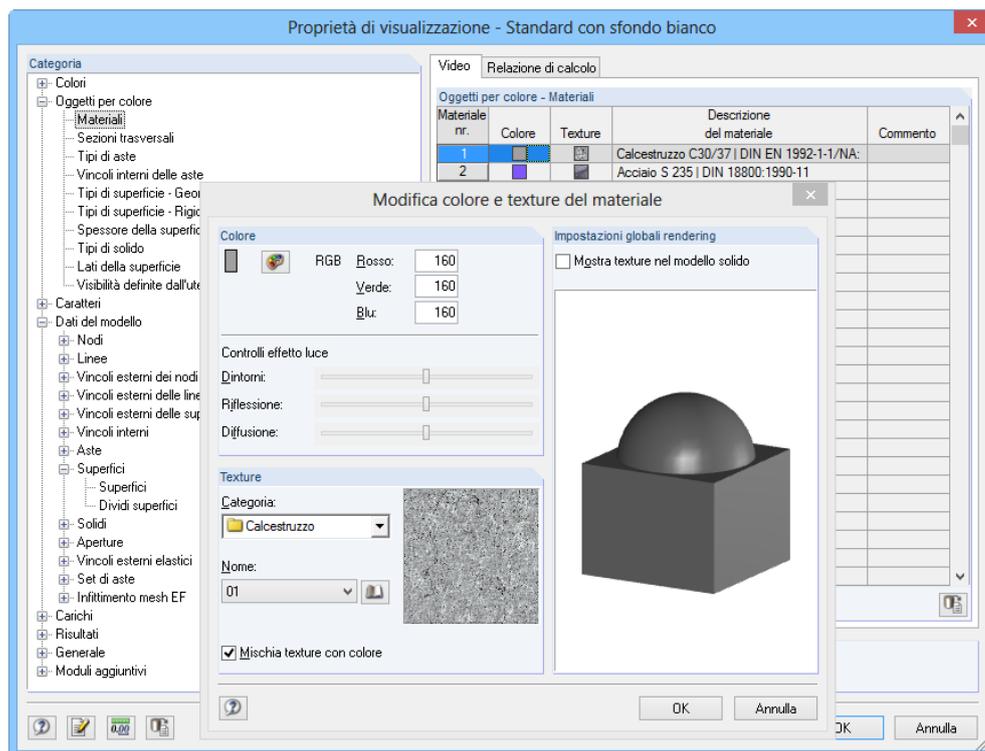


Figura 11.17: Finestra di dialogo *Modifica colore e texture del materiale*



Utilizzare la finestra di dialogo per regolare il *Colore* e la *Texture* del materiale selezionato. RFEM è dotato di una tavolozza di colori e una vasta libreria di texture (si vedano i pulsanti di dialogo).

Gestione dei colori

La voce **Colori nel rendering secondo** del navigatore *Visualizza* (si veda Figura 11.16) contiene diversi campi di selezione. L'attivazione di un campo gestisce l'assegnazione dei colori per gli oggetti nel rendering. RFEM utilizza per impostazione predefinita i colori del materiale definito per i singoli materiali edilizi (si veda paragrafo 4.3, pagina 63). Con le opzioni rimanenti è possibile verificare graficamente anche le sezioni trasversali e i tipi di aste, superfici, solidi ecc., tramite i colori assegnati.

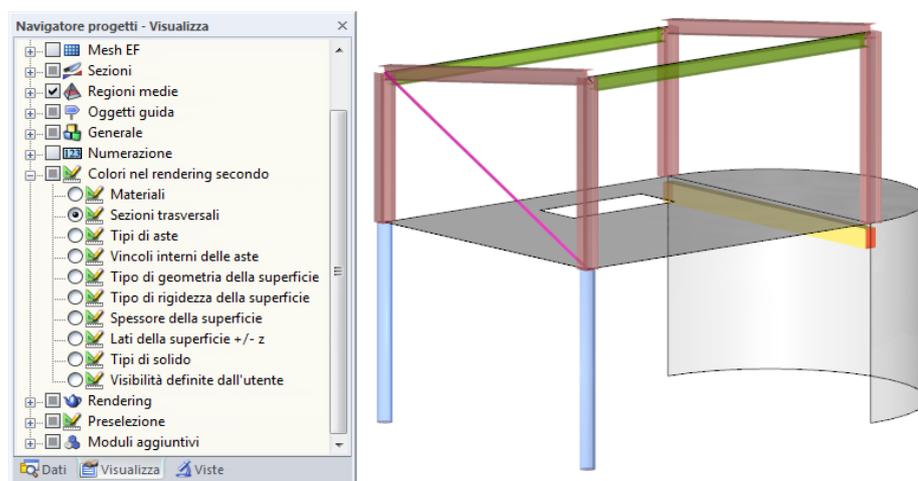


Figura 11.18: L'opzione *Colori di Rendering secondo le sezioni trasversali* per controllare i tipi di sezioni trasversali

L'opzione *+/- z dei lati di superficie* è utilizzata per verificare la posizione dei lati della superficie che è importante per definire le fondazioni con uno strato di armatura. Il lato superiore di una superficie è visualizzato in rosso, il lato inferiore è visualizzato in blu (predefinito).

11.1.10 Illuminazione

L'illuminazione e gli effetti di luce del modello in rendering possono essere modificati individualmente. Per gestire l'illuminazione nel navigatore *Visualizza*,

selezionare **Illuminazione** nel **Rendering**.

Sarà possibile selezionare sei sorgenti di luce: le sorgenti da 1 a 4 illuminano il modello lateralmente, le sorgenti 5 e 6 da sotto e sopra. Ciascuna *Luce* può essere attivata e disattivata singolarmente.

Segnare la casella di spunta per *Mostra posizioni delle luci* per visualizzare le sorgenti di luce nell'area di lavoro. Le luci attive sono raffigurate in oro, le luci inattive sono mostrate in grigio.

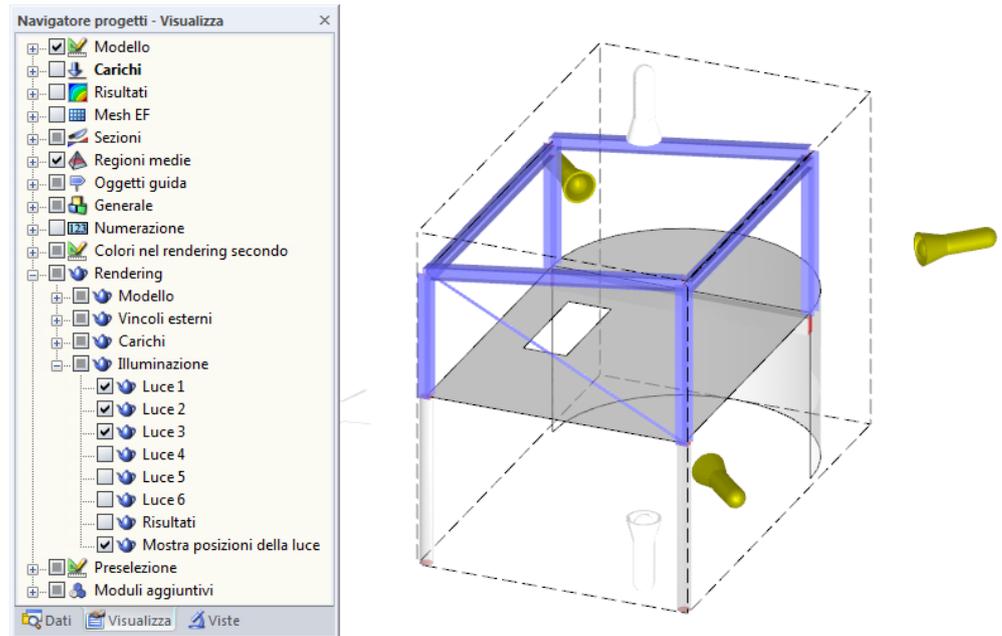


Figura 11.19: Visualizzazione delle posizioni delle luci utilizzando il navigatore *Visualizza*

È inoltre possibile alcuni effetti di luce per i *Risultati*. La casella di controllo è inattiva per impostazione predefinita perché l'illuminazione ha spesso un effetto sfavorevole sulla visibilità dei risultati di superfici e solidi.

11.2 Selezione

Con le funzioni di selezione è possibile definire oggetti per modifiche successive. Gli oggetti sono rappresentati da nodi, linee, superfici, solidi, aste, vincoli esterni, infittimenti della mesh EF ecc.. Ma è anche possibile selezionare i carichi e gli oggetti di guida (linee delle dimensioni, commenti) graficamente.



Per selezionare (o trovare) un oggetto nella finestra di lavoro, è possibile utilizzare le tabelle: fare clic in una riga della tabella per vedere l'oggetto pertinente evidenziato a colori nella grafica. Comunque, questo tipo di selezione funziona solo se la sincronizzazione della selezione è attiva (si veda paragrafo 11.5.4, pagina 516).

Un'altra opzione per selezionare gli oggetti è quella di utilizzare il navigatore *Dati*: fare clic con il pulsante destro del mouse, quindi selezionare la voce del menu *Seleziona* nel menu contestuale.

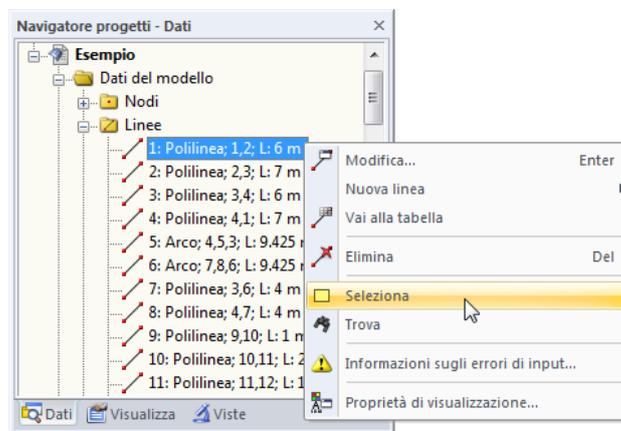


Figura 11.20: Menu contestuale nel navigatore *Dati*

11.2.1 Selezione di oggetti graficamente

Selezione con il mouse

Ogni oggetto può essere selezionato nell'area di lavoro con un semplice clic del mouse. Quando si seleziona l'oggetto, questo sarà evidenziato graficamente con un altro colore. Solo l'ultimo oggetto selezionato rimane sempre selezionato purché l'impostazione predefinita *Nuova selezione* (si veda sotto) non è stata modificata.

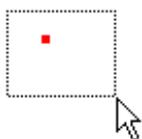


Se si desidera selezionare più di un oggetto con un clic, si tenga premuto il tasto [Ctrl]. Un altro modo è quello di impostare *Aggiungi alla selezione* utilizzando il pulsante della barra degli strumenti mostrato sulla sinistra. È anche possibile puntare su *Seleziona* nel menu *Modifica*. Quindi, sarà possibile selezionare gli oggetti uno dopo l'altro, anche se questi sono selezionati individualmente.

La cosiddetta **preselezione** consente di individuare gli oggetti prima di fare clic. Se la selezione degli oggetti risulta essere difficile per sistemi strutturali complessi, è possibile escludere oggetti non richiesti dalla preselezione grafica nel navigatore *Visualizza*, categoria *Preselezione*.

Selezione tramite finestra

Utilizzare la finestra di selezione per contrassegnare molti oggetti in un unico passaggio: tenere premuto il pulsante sinistro del mouse e disegnare una finestra sugli oggetti pertinenti. Se si apre la finestra da sinistra a destra, tutti gli oggetti che saranno all'interno della finestra disegnata saranno selezionati. Quando si apre la finestra da destra a sinistra, si selezioneranno anche gli oggetti che sono all'esterno della finestra.





Le linee o i nodi giacenti in una superficie possono essere selezionati senza spostare la superficie involontariamente: tenere premuto il tasto [Alt] mentre si apre la finestra sugli oggetti all'interno della superficie.

Selezionare con un romboide



Nella vista isometrica, a volte è difficile selezionare un oggetto con una finestra rettangolare. Quindi, si consiglia di utilizzare la funzione *Selezione tramite un romboide*.

Puntare a **Selezione** nel menu **Modifica**, quindi selezionare **Romboide** oppure si utilizzi il pulsante della barra degli strumenti mostrato sulla sinistra.

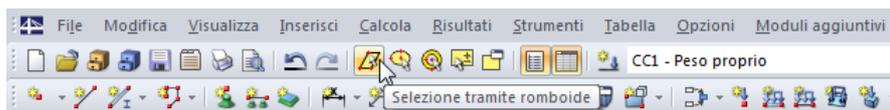


Figura 11.21: Pulsante *Selezione tramite romboide*

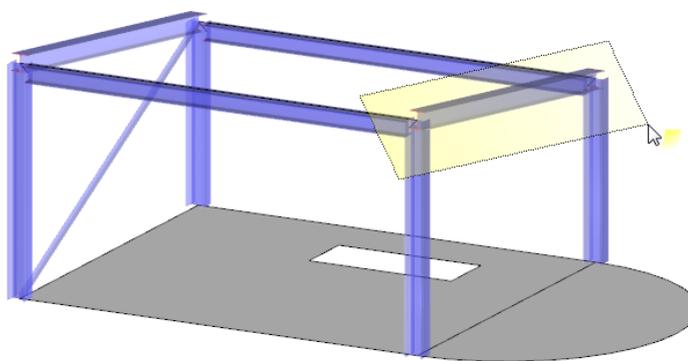


Figura 11.22: Selezione tramite romboide

Selezione con ellisse/anello circolare



La possibilità di selezionare gli oggetti con un'ellisse o un anello circolare che può essere utilizzato, ad esempio, per superfici circolari, rappresenta una alternativa alla selezione tramite romboide. Per accedere alla funzione corrispondente

puntare a **Selezione** nel menu **Modifica**, e quindi selezionare **Ellisse** o **Anello circolare** o utilizzare i corrispondenti pulsanti della barra degli strumenti.



Figura 11.23: Pulsanti *Selezione tramite Ellisse o Anello circolare*

La zona di selezione ellittica o anulare può essere impostata tramite clic del mouse che definisce il punto centrale ed entrambi i raggi.

Selezione con la linea di sezione



È possibile selezionare gli oggetti tramite una linea che passante sul modello. Per accedere alla funzione,

puntare a **Selezione** nel menu **Modifica**, e quindi selezionare **Linea di sezione**.

La linea di sezione può essere definita nell'area di lavoro come una semplice linea o come un poligono. Fare clic sui punti pertinenti uno dopo l'altro con un semplice clic del mouse per definire la linea. I punti sono indipendenti del piano di lavoro: la selezione comprende tutti gli oggetti che sono intersecati dalla linea di intersezione visualizzata nella vista attuale.

Dopo aver impostato il punto finale della linea di sezione, fare clic su di esso ancora una volta (in alternativa: fare doppio clic sull'ultimo punto). Essere sicuri di inserire questo punto in un'area vuota della finestra di lavoro.

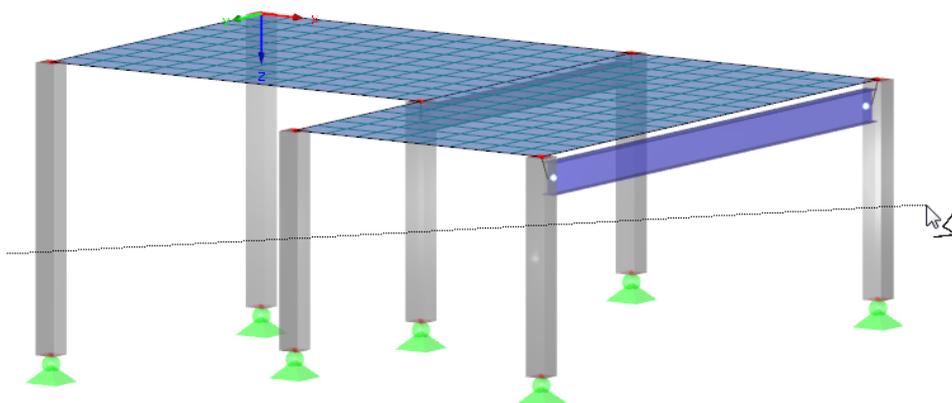


Figura 11.24: Selezione di tutti i pilastri con una linea di sezione

Selezione nel piano



Gli oggetti che giacciono in un unico piano (ad esempio le superfici delle coperture) possono essere facilmente selezionate con la funzione di selezione *Nel piano*. Per aprire la finestra di dialogo corrispondente,

puntare su **Seleziona** nel menu **Modifica**, e quindi cliccare **Nel piano**.

Apparirà una finestra di dialogo con impostazioni dettagliate per selezionare gli oggetti e il piano.



Figura 11.25: Finestra di dialogo *Seleziona nel piano*

Dopo aver cliccato sul pulsante [OK] si può definire il piano di selezione graficamente: cliccare su 3 *Nodi*, o disegnare una catena *Poligonale* a piacere o con l'ausilio di nodi nel piano di lavoro.

Selezione dei nodi liberi



Per selezionare i nodi che non vengono utilizzati per definire linee o superfici,

puntare su **Seleziona** nel menu **Modifica**, e quindi cliccare su **Nodi liberi**.

Il modo più semplice per eliminare i nodi liberi selezionati è quello di utilizzare il tasto [Canc].

Selezione degli oggetti associati



Quando si seleziona ad esempio una superficie con un clic, i nodi e le linee appartenenti alla superficie non saranno incluse nella selezione. Per selezionare anche i componenti degli oggetti,

puntare su **Seleziona** nel menu **Modifica**, e quindi cliccare **Oggetti associati**.

Utilizzare questa funzione, ad esempio, per integrare rapidamente i vincoli esterni delle aste o delle superfici nel processo di selezione e di salvarli come oggetti correlati in una visibilità definita dall'utente (si veda paragrafo 9.9.1.2, pagina 392).

11.2.2 Selezione di oggetti in base a criteri

La funzione permette di selezionare gli oggetti con criteri particolari. Inoltre, gli oggetti specifici possono essere aggiunti o rimossi da una selezione esistente.



Per aprire la finestra di dialogo per la selezione speciale,

puntare a **Selezione** nel menu **Modifica**, quindi selezionare **Speciale** oppure si utilizzi il pulsante della barra degli strumenti mostrato sulla sinistra.

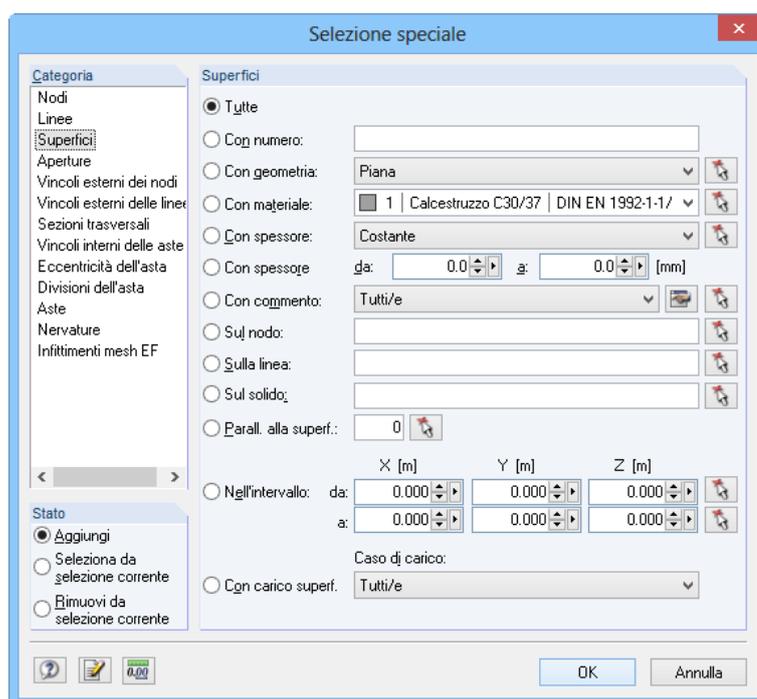


Figura 11.26: Finestra di dialogo *Selezione speciale*

La sezione di dialogo *Categoria* a sinistra elenca gli oggetti definiti nel modello. Le impostazioni nella parte destra della finestra di dialogo dipendono dall'oggetto selezionato. Stabilire un criterio di selezione e specificare le impostazioni dettagliate, se necessario.

Esempio



Con le impostazioni mostrate nella figura 11.26, saranno selezionate tutte le superfici modellate *Parallele alla superficie 1* (piastra dell'impalcato). È inoltre possibile utilizzare il pulsante [↵] per selezionare la superficie originaria graficamente.

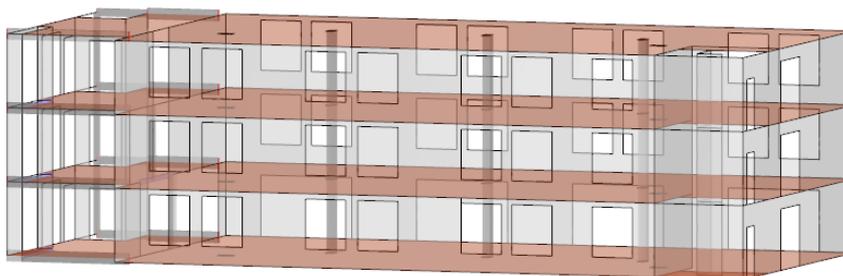


Figura 11.27: Selezione di superfici parallele

11.3 Area di lavoro

Funzioni speciali CAD, come ad esempio, piani di lavoro, opzioni di snap, linee guida e sistemi di coordinate definiti dall'utente, consentono di modellare gli oggetti grafici nell'area di lavoro.

11.3.1 Piani di lavoro

Anche se una struttura è definita nello spazio, è possibile visualizzare solo due dimensioni sullo schermo. Pertanto, la definizione di oggetti in modalità grafica è un problema, poiché essa si deve eseguire su un piano di lavoro prescelto, dove gli oggetti saranno creati facendo clic nella finestra grafica. Il piano di lavoro determina quale coordinata è sempre "fissa".

Gli assi delle coordinate del piano di lavoro attualmente impostato sono rappresentati da due linee verdi, ortogonali. Il punto di intersezione delle linee si chiama "origine del piano di lavoro".

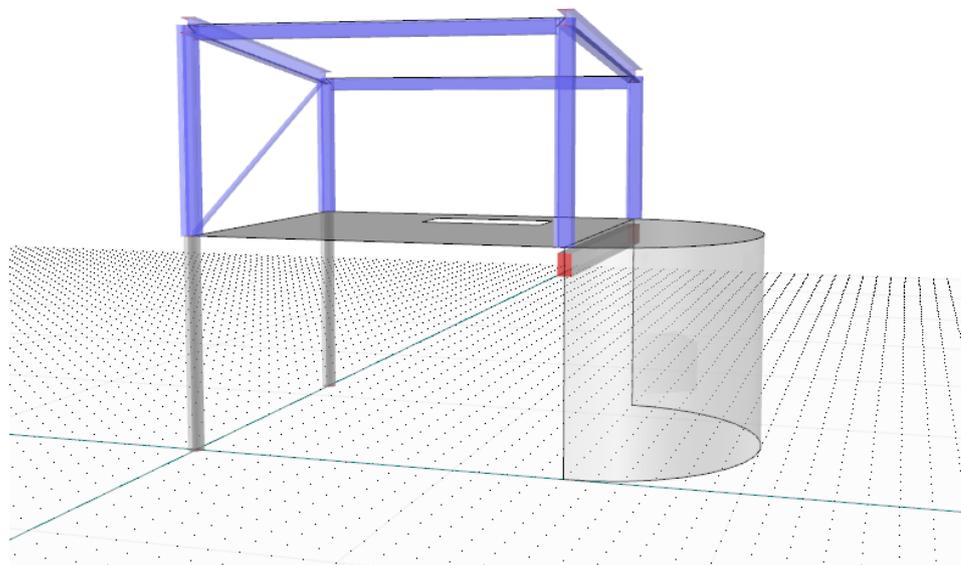


Figura 11.28: Piano di lavoro rappresentato nella grafica

Solitamente, un piano di lavoro è parallelo a uno dei piani XY, XZ o YZ che sono attraversati da due assi del sistema globale di coordinate. Ma è anche possibile specificare un piano di lavoro direttamente con qualsiasi inclinazione, o definirlo, tramite una linea, assi delle aste e delle superfici.



Per aprire la finestra di dialogo *Piano di lavoro e griglia/Snap* con i parametri del piano di lavoro, selezionare **Piano di lavoro, Griglia/Snap, Snap ad oggetto, Linee guida** nel menu **Strumenti**

oppure si utilizzi il pulsante della barra degli strumenti mostrato sulla sinistra.

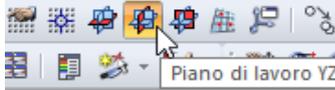


Figura 11.29: Pulsante *Impostazioni piano di lavoro*

Apparirà la finestra di dialogo mostrata nella figura 11.34 a pagina 460.

Parallelo al piano globale XY / YZ / XZ

Il piano di lavoro può essere allineato in parallelo con uno dei seguenti piani globali.

Piano	Selezione nella finestra di dialogo <i>Piano di lavoro</i>	Selezione nella barra degli strumenti
XY		
YZ		
XZ		

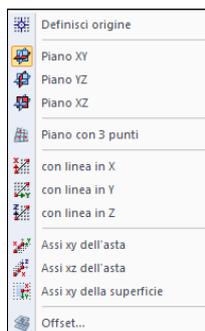


Tabella 11.3: Selezione del piano di lavoro

Per trovare più opzioni per definire i piani di lavoro, puntare su **Seleziona piano di lavoro** nel menu **Strumenti** oppure utilizzare i corrispondenti pulsanti della barra degli strumenti.

Piano con 3 punti

Nella finestra di lavoro, è possibile selezionare tre punti che definiscono un nuovo piano di lavoro con il sistema assiale UVW . I punti non devono essere definiti su una linea retta.

Piano con linea in X / Y / Z

Il piano di lavoro è definito da uno degli assi globali ed una linea che si determina graficamente nella finestra di lavoro. L'origine del nuovo piano di lavoro viene inserito nel nodo di partenza della linea. L'asse U è allineato in parallelo con l'asse globale selezionato. In questo modo, è possibile passare rapidamente nel piano di lavoro, ad esempio, nell'area della copertura.

Piano con gli assi xy / xz dell'asta

I piani degli assi xy ("asse debole") o xz ("asse forte") dell'asta vengono utilizzati per definire il piano di lavoro (si veda paragrafo 4.17, pagina 154). L'asta pertinente deve essere definita graficamente nella finestra di lavoro. L'origine del nuovo piano di lavoro si inserirà nel nodo di partenza dell'asta.



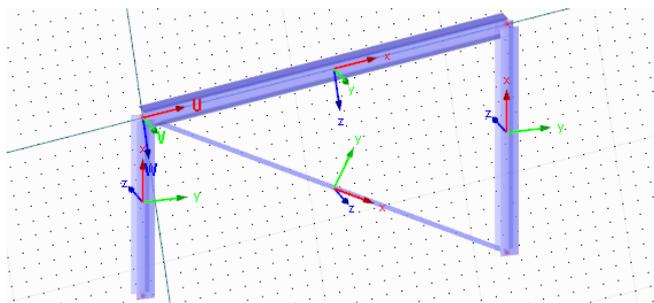


Figura 11.30: Piano di lavoro della copertura inclinata degli assi xz dell'asta

Piano con gli assi xy della superficie

Il piano di lavoro è definito dagli assi xy di una superficie che si determinano graficamente nell'area di lavoro (si veda paragrafo 4.4, pagina 88). Gli assi del nuovo piano di lavoro si chiameranno *UVW* (si veda Figura 11.30).

Offset del piano di lavoro

Utilizzare questa funzione per spostare il piano di lavoro perpendicolare al piano attuale. Specificare la distanza nella finestra di dialogo *Offset del piano di lavoro*.



Figura 11.31: Finestra di dialogo *Offset del piano di lavoro*



L'offset rimane attivo fino a quando la funzione viene annullata nel menu.

Origine del piano di lavoro

La finestra di dialogo *Piano di lavoro* (Figura 11.34) gestisce le impostazioni del punto zero (origine) del piano di lavoro. È inoltre possibile utilizzare la funzione [↖] per selezionare un nodo nell'area di lavoro. Fare clic sul pulsante [Nuovo] per definire un nuovo nodo. È anche possibile inserire le coordinate di un punto qualsiasi direttamente.



Figura 11.32: Finestra di dialogo *Piano di lavoro*, sezione di dialogo *Origine del piano di lavoro*



Il punto zero del piano di lavoro può essere definito anche graficamente.

Puntare su **Seleziona piano di lavoro** nel menu **Strumenti**, quindi selezionare **Definisci origine**

oppure si utilizzi il pulsante della barra degli strumenti mostrato sulla sinistra.

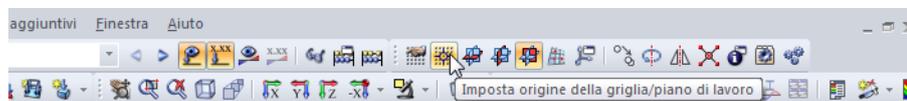


Figura 11.33: Pulsante *Imposta origine della griglia/piano di lavoro*

11.3.2 Griglia

I punti della griglia sono utilizzati per aiutare l'immissione grafica nel piano di lavoro. Quando si definiscono i nodi graficamente, il puntatore aggancia i punti della griglia.



Le proprietà dei punti della griglia sono gestiti nella finestra di dialogo *Piano di lavoro e Griglia/Snap*. Per aprire la finestra di dialogo,

selezionare **Piano di lavoro, Griglia/Snap, Snap di oggetto, Linee guida** nel menu **Strumenti**

oppure si utilizza il pulsante della barra degli strumenti mostrato sulla sinistra (si veda figura 11.29, pagina 457).

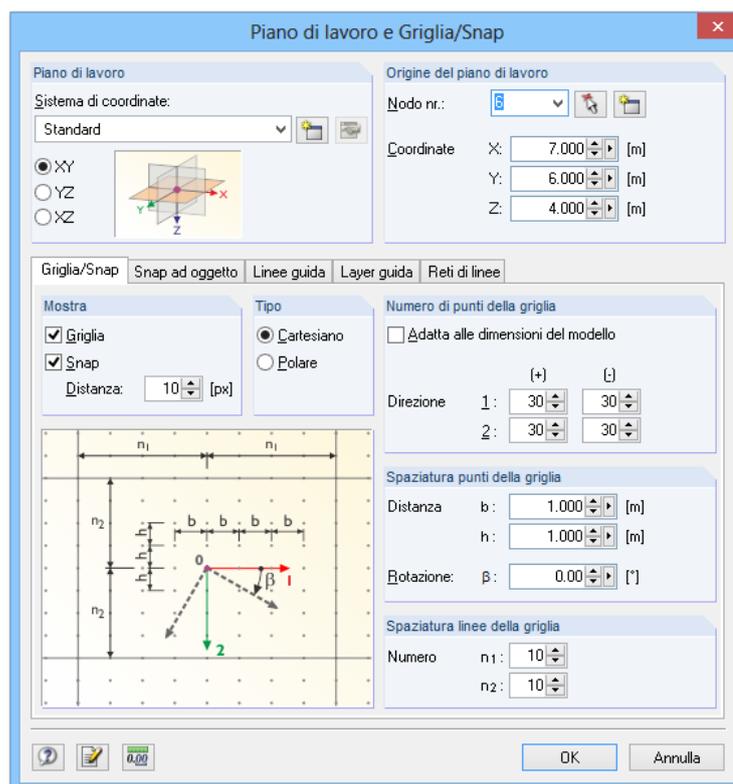


Figura 11.34: Finestra di dialogo *Piano di lavoro e Griglia/Snap*

Le opzioni delle impostazioni relative alla griglia sono disponibili nella scheda di dialogo *Griglia/Snap*.

Mostra

Per visualizzare la griglia nell'area di lavoro, selezionare la casella di controllo *Griglia*. Lo snap può essere attivato e disattivato indipendentemente dalla griglia mediante la casella di controllo *Snap*. Così, è possibile attivare gli snap sui punti della griglia mentre la griglia è invisibile.

Per attivare e disattivare entrambe le funzioni rapidamente, utilizzare i pulsanti [SNAP] e [GRID] nella barra di stato.

Tipo

I punti della griglia possono essere disposti in sistemi di coordinate cartesiane o di coordinate polari. A seconda della selezione, cambiano i contenuti delle sezioni di dialogo visualizzate.

In alternativa, è possibile selezionare il sistema di coordinate tramite i tasti [CARTES], [POLARE] o [ORTO] nella barra di stato.

[SNAP] [GRIGLIA]

[CARTES]

Numero di punti della griglia

Quando è impostata la griglia cartesiana, sarà possibile definire il numero di punti della griglia per entrambi le direzioni degli assi separatamente.

Quando si imposta la griglia polare, sarà necessario specificare il numero dei cerchi concentrici della griglia.

Quando è stata selezionata l'opzione *Adatta alle dimensioni del modello*, la griglia si adeguerà automaticamente alle dimensioni del modello. Così, un numero sufficiente di punti della griglia sarà sempre disponibile intorno alla struttura. Ma i punti della griglia richiesti saranno ricalcolati dopo ogni immissione, il che può rallentare la velocità per creare la grafica.

Spaziatura dei punti della griglia

Quando si utilizza la griglia cartesiana, sarà possibile definire la spaziatura dei punti della griglia separatamente per le direzioni 1 e 2.

Per la griglia polare sarà necessario specificare la distanza radiale della polare r per i cerchi della griglia. L'angolo α gestisce la spaziatura dei punti della griglia sui cerchi.

Eventualmente, la griglia cartesiana e polare si possono ruotare intorno all'angolo di rotazione β .

Se necessario, si può regolare il numero di pixel che controllano la *Distanza di Snap*.

11.3.3 Snap ad oggetto

Lo snap ad oggetto facilita la modellazione simile a CAD nella definizione delle linee. Oltre ai nodi, si possono attivare diversi punti snap lungo la linea.



Le impostazioni per lo snap ad oggetto sono anche definite nella finestra del *Piano di lavoro*. Per aprire questa finestra di dialogo,

selezionare **Piano di lavoro, Griglia/Snap, Snap di oggetto, Linee guida** nel menu **Strumenti**

oppure si utilizzi il pulsante della barra degli strumenti mostrato sulla sinistra (si veda figura 11.29, pagina 457).

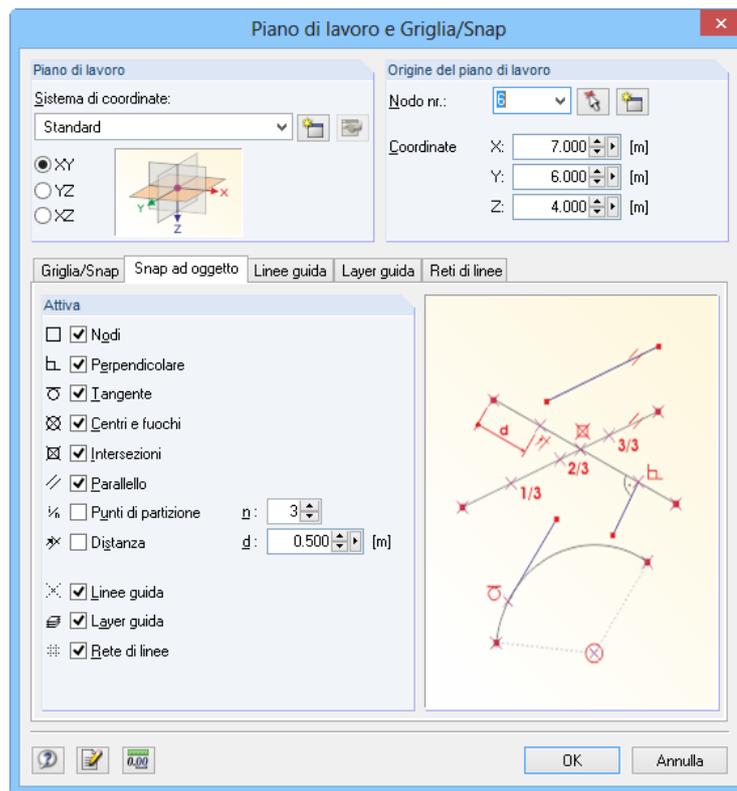


Figura 11.35: Finestra di dialogo *Piano di lavoro e Griglia/Snap*

La scheda di dialogo *Snap ad oggetto* gestisce le diverse funzioni di snap.

OSNAP

Per rendere le funzioni dello snap ad oggetto efficace, assicurarsi che il pulsante [OSNAP] sia attivato nella barra di stato.

Nodi

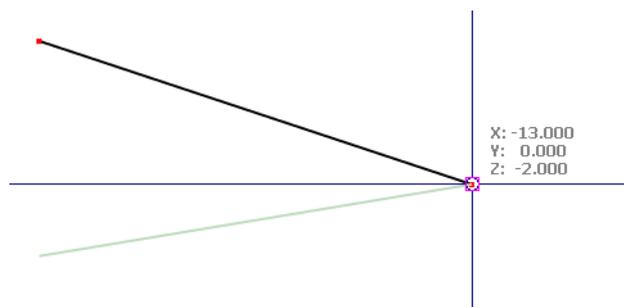


Figura 11.36: Snap ad un nodo

Quando si definisce una nuova linea, si catturano i nodi esistenti. I punti di Snap sono rappresentati da quadratini.

Perpendicolare

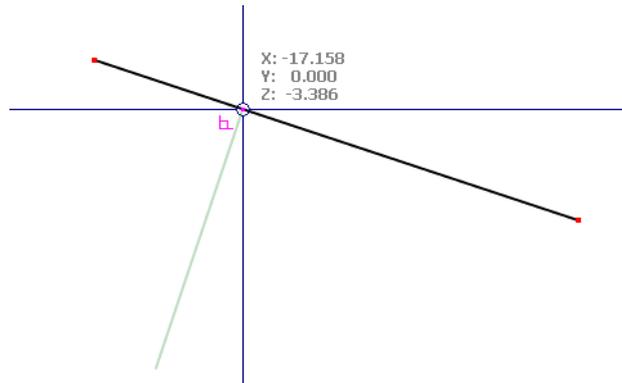


Figura 11.37: Collegare una linea perpendicolarmente



Quando si traccia una linea, il puntatore scatta quando si passa vicino al punto perpendicolare. Il punto di snap è simboleggiato da un simbolo perpendicolare.

Tangente

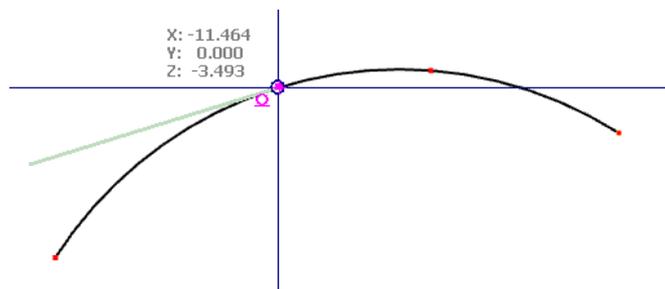


Figura 11.38: Collegare una tangente ad un arco



Una tangente si crea su un arco di cerchio. Quando si traccia una linea, il puntatore scatta quando si passa vicino al punto di tangenza. Il punto di snap è simboleggiato da un simbolo tangente.

Centri e fuochi

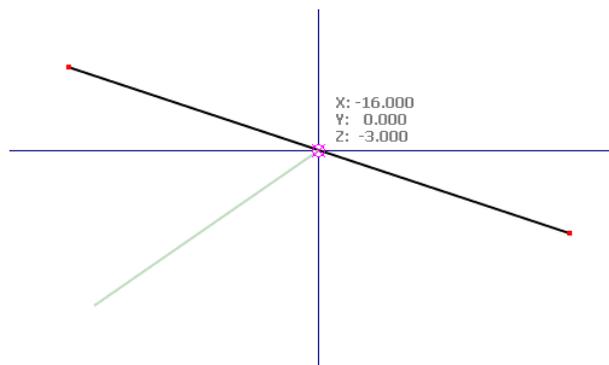


Figura 11.39: Collegare una linea al centro



Quando si sposta il puntatore vicino al centro (alla metà) di una linea, si attiverà lo snap. Il simbolo del centro apparirà nel punto di snap.

Intersezioni

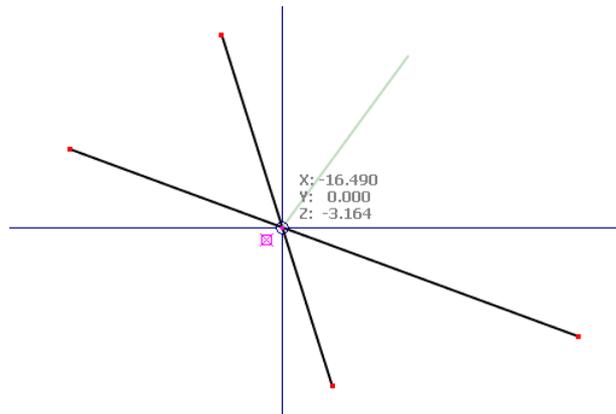


Figura 11.40: Linee di snap nel punto di intersezione



Si attiverà lo snap del puntatore nel punto di intersezione di due linee (che si incrociano) che non hanno alcun nodo comune. Il punto di snap è simboleggiato dal simbolo di intersezione mostrato sulla sinistra.

Parallelo

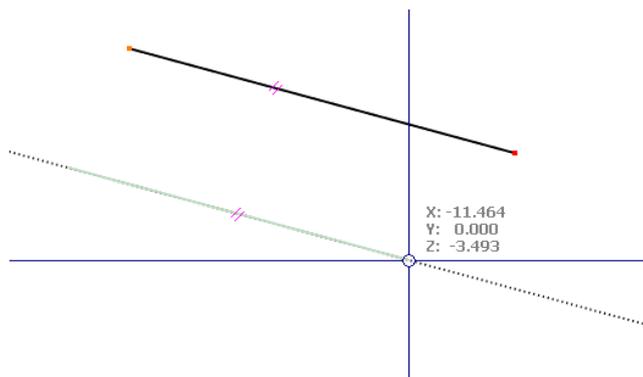


Figura 11.41: Snap di una linea parallela



Utilizzare questa funzione per impostare le linee parallele: definire il nodo iniziale della nuova linea, e quindi spostare il puntatore su una riga del modello. Adesso, se si sposta il puntatore in prossimità di un fine nodo potenziale della nuova linea parallela al modello, apparirà il simbolo parallelo indicato sulla sinistra su entrambe le linee.

Punti di partizione

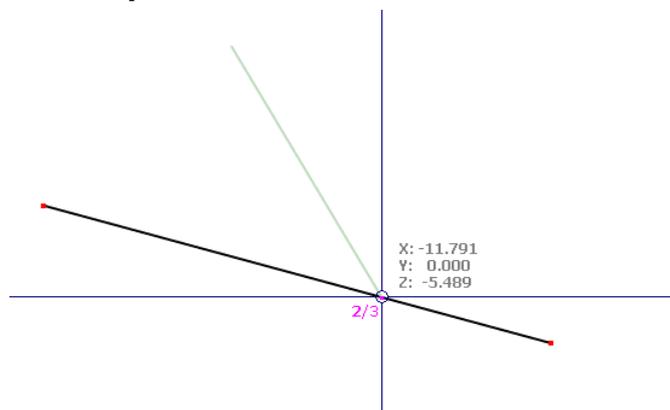


Figura 11.42: Attivare lo snap di una linea sul punto di partizione (esempio: punto 2/3)



Nella sezione di dialogo *Snap ad oggetto* della finestra di dialogo *Piano di lavoro*, è possibile immettere il numero di suddivisioni della linea n . Quando si sposta il puntatore lungo una linea, si attiverà lo snap di questo punto sui punti di partizione. La partizione è visualizzata come frazione sul puntatore.

Distanza

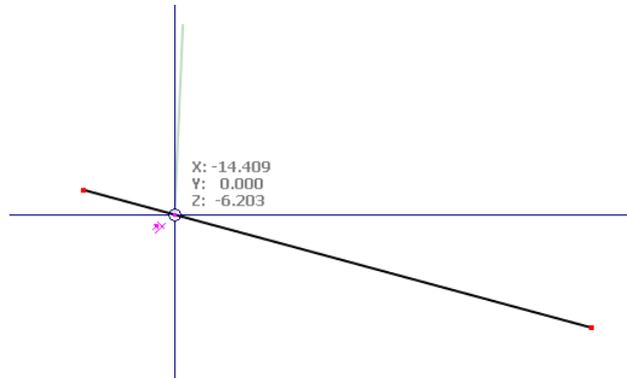


Figura 11.43: Collegare una linea con una distanza definita



Nella sezione di dialogo *Snap ad oggetto* della finestra di dialogo *Piano di lavoro*, è possibile immettere una distanza d per la divisione di una linea. Quando si sposta il puntatore lungo una linea, si attiverà lo snap del puntatore alla distanza definita dall'inizio e dalla fine della linea. Apparirà il simbolo della distanza sul puntatore.

Linee guida

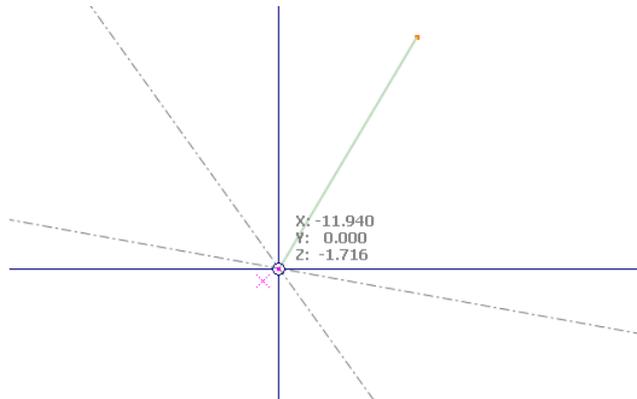


Figura 11.44: Snap di linee guida nel punto di intersezione



Quando si sposta il puntatore vicino al punto di intersezione di due linee guida (si veda paragrafo 11.3.7, pagina 473), questo attiverà lo snap. Il punto di snap è simboleggiato da un simbolo di intersezione.

Layer guida

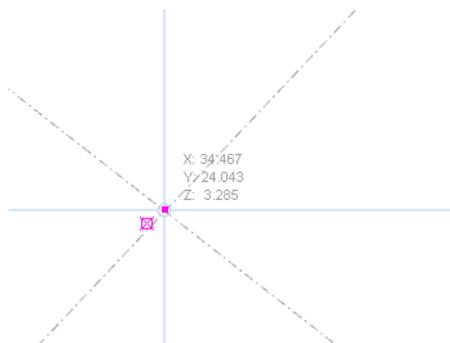


Figura 11.45: Snap di layer guida nel punto di intersezione



Utilizzare questa funzione per impostare i nodi nei punti di intersezione dei layer guida (si veda paragrafo 11.3.7, pagina 473). Il simbolo di intersezione apparirà nel punto di snap.

Rete di linee

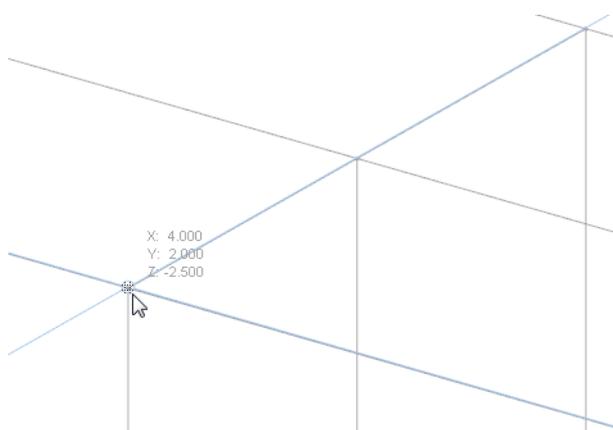


Figura 11.46: Punti di snap della rete di linee

Utilizzare questa funzione per inserire gli oggetti nei punti di intersezione di una rete di linee (si veda paragrafo 11.3.8, pagina 478).

11.3.4 Sistemi di coordinate

L'utilizzo di sistemi di coordinate definite dall'utente consente l'immissione di parti inclinate di un modello più facile. Non hanno nulla a che vedere con i sistemi assiali di linee, superfici o aste. Come alternativa, è possibile definire piani di lavoro graficamente tramite i punti o assi di linee, aste e superfici (si veda paragrafo 11.3.1, pagina 459).



Per aprire la finestra di dialogo *Sistema di coordinate*,

selezionare **Sistema di coordinate** nel menu degli **Strumenti**.

oppure si utilizzi il pulsante della barra degli strumenti mostrato sulla sinistra.



Figura 11.47: Pulsante *Sistema di coordinate*



È inoltre possibile utilizzare la finestra di dialogo *Piano di lavoro e Griglia/Snap* (si veda figura 3.15, pagina 29), dove si trova il pulsante [Nuovo] per la creazione di un sistema di coordinate definito dall'utente.

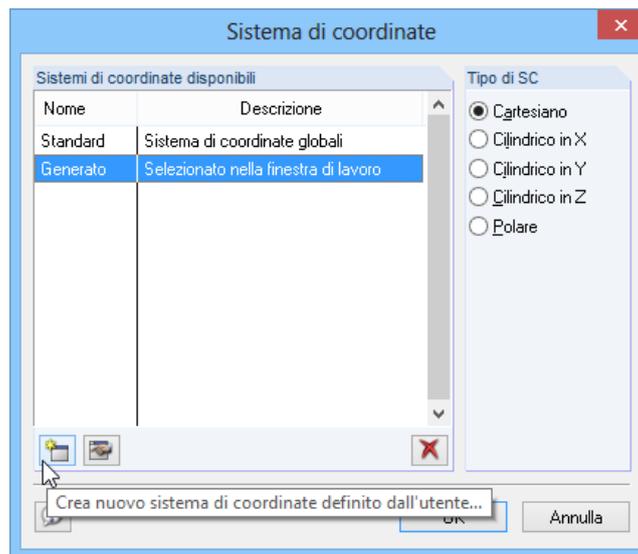


Figura 11.48: Finestra di dialogo *Sistema di coordinate*

Il sistema di coordinate preimpostato è quello *Standard*, e fa riferimento agli assi globali X,Y,Z e all'origine.

Creare un sistema di coordinate



Fare clic sul pulsante [Nuovo] mostrato nella figura 11.48 per aprire la seguente finestra di dialogo. Si troverà lo stesso pulsante nella finestra di dialogo *Piano di lavoro e Griglia/Snap* (si veda figura 3.15, pagina 29).

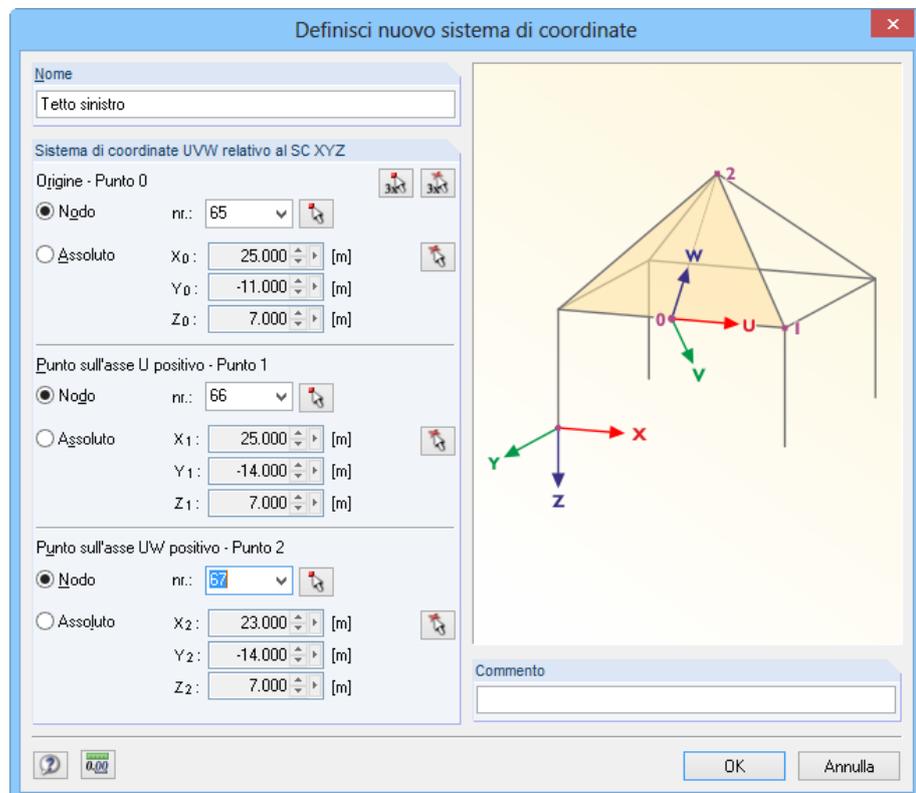


Figura 11.49: Finestra di dialogo *Definisci nuovo sistema di coordinate*

Immettere un *Nome* per il nuovo sistema di coordinate. Quindi, si definisca il sistema assiale con l'aiuto di tre parametri nella sezione di dialogo *Sistema di coordinate UVW relativo al SC XYZ*:

- Origine (punto zero del nuovo sistema di coordinate)
- Punto sull'asse positivo U (primo asse)
- Punto nel piano positivo UW (rotazione del piano attorno all'asse U)



Specificare tre punti che si possono inserire direttamente o selezionarli graficamente. I punti non devono essere definiti su una linea retta.

È possibile utilizzare i pulsanti a sinistra per selezionare i tre punti uno dopo l'altro nella finestra di lavoro (si raccomanda di osservare la sequenza quando si definiscono i punti da 0 a 2). Con il tasto sinistro è possibile selezionare solo i *Nodi*, con il pulsante destro è possibile selezionare un *Punto* qualsiasi. La differenza diventa particolarmente importante quando si cambia un nodo che rappresenta un punto di definizione del sistema di coordinate. Quindi, il sistema di coordinate sarà modificato automaticamente. In caso di eventuali punti, il sistema di coordinate è fissato.

Se un piano definito dall'utente si definisce con l'aiuto di tre punti (si veda paragrafo 11.3.1, pagina 458), RFEM crea automaticamente un nuovo sistema di coordinate con il nome *Generato*.

Modificare o eliminare un sistema di coordinate

Solo sistemi di coordinate definiti dall'utente possono essere modificati o eliminati. Utilizzare i due pulsanti seguenti disponibili nella finestra di dialogo *Sistema di coordinate*.

	Modifica il sistema di coordinate prescelto
	Elimina il sistema di coordinate prescelto

Tabella 11.4: Pulsanti nella finestra di dialogo *Sistema di coordinate*

Esempio

In un giunto di telaio, si definisce un nuovo sistema di coordinate per la diagonale che giace nel piano della copertura. L'*Origine* è impostata nel nodo all'angolo **6**. Il nodo finale **4** dell'asta diagonale è stato selezionato come il punto sull' *Asse U* positivo. Il nodo di base **5** dell'asta diagonale è stato selezionato come il punto sull'*Asse U* positivo.

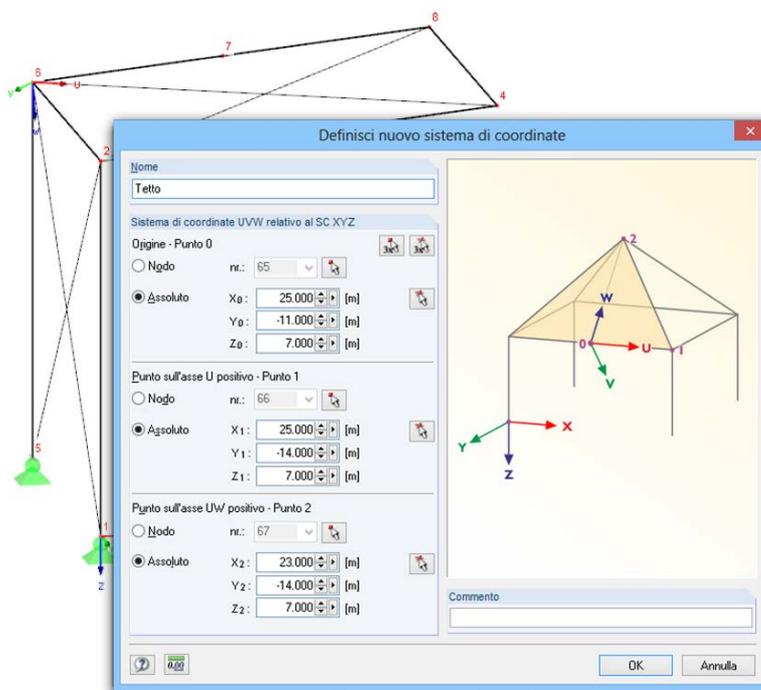


Figura 11.50: Sistema di coordinate definite dall'utente **UVW** in un giunto del telaio

Adesso, la griglia si riferisce ai piani di lavoro UV, VW e UW dove è possibile definire nuovi oggetti (si veda paragrafo 11.3.1, pagina 457).

11.3.5 Quote

È possibile aggiungere linee di quotatura definite dall'utente al modello strutturale.



Per applicare le funzioni di quotatura,

puntare su **Quote** nel menu **Inserisci**

oppure utilizzare i corrispondenti pulsanti della barra degli strumenti.

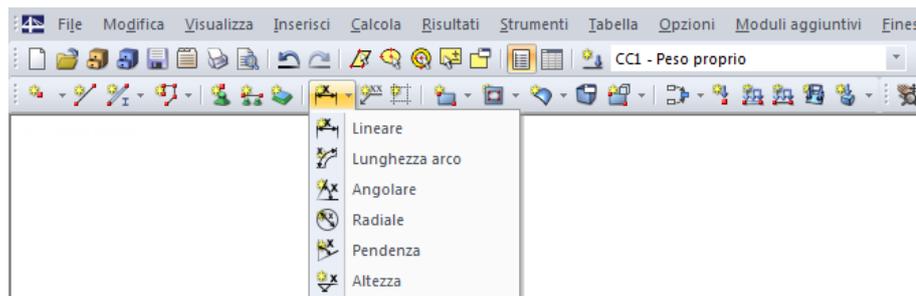


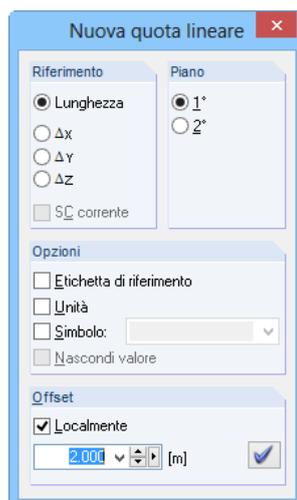
Figura 11.51: Pulsante ad elenco *Nuova quota*

Si possono selezionare le seguenti opzioni di quotatura.

Quota	Oggetti quotati
Lineare	Lunghezza tra due o più nodi
Lunghezza arco	Lunghezza tra i nodi di un arco
Angolare	Angolo tra tre nodi o due linee
Radiale	Diametro o raggio del cerchio e dell'arco
Pendenza	Angolo di inclinazione tra una linea e un piano
Altezza	Livello di altezza di un nodo

Tabella 11.5: Funzioni per la quotatura

Si aprirà la finestra di dialogo *Nuova quota*. L'aspetto della finestra di dialogo dipende dalla selezione.

Figura 11.52: Finestra di dialogo *Nuova quota lineare*

Utilizzare il puntatore visualizzato con un simbolo di selezione e cliccare gli oggetti che rappresentano i punti di riferimento della quotatura uno dopo l'altro. Nella sezione di dialogo *Riferimento*, è possibile selezionare la lunghezza reale o la proiezione su una delle direzioni dell'asse globale.

Nella sezione di dialogo a destra, è possibile determinare il *Piano* a cui si applica la dimensione. L'impostazione si riferisce agli assi del sistema globale di coordinate XYZ, rispettivamente agli assi della linea. Se si modifica il piano e si sposta il puntatore nell'area di lavoro, sarà possibile vedere l'effetto di entrambi i campi di selezione.

Utilizzare le quattro caselle di controllo nella sezione di dialogo *Opzioni* per definire le informazioni che appaiono sui valori. Quando si seleziona *Simbolo*, è possibile immettere un simbolo di quotatura. È anche possibile selezionarlo dall'elenco. Spuntare *Nascondi valore* per disattivare il valore misurato in modo da far apparire solo i simboli.



L'*Offset* determina la distanza della linea di quotatura dal primo nodo selezionato. La distanza si può definire anche graficamente utilizzando il puntatore del mouse. Per definire la linea di quotatura, cliccare sulla finestra di lavoro, o utilizzare il pulsante [Imposta dimensione] mostrato a sinistra.



Per definire una sequenza di quotature con offset uguale, fare clic su singoli nodi uno dopo l'altro, e dopo specificare l'offset.

Per impostare la visualizzazione delle linee di quotatura, utilizzare il navigatore *Visualizza* oppure il menu contestuale generale (con il tasto destro del mouse in un'area priva di oggetti della finestra di lavoro).

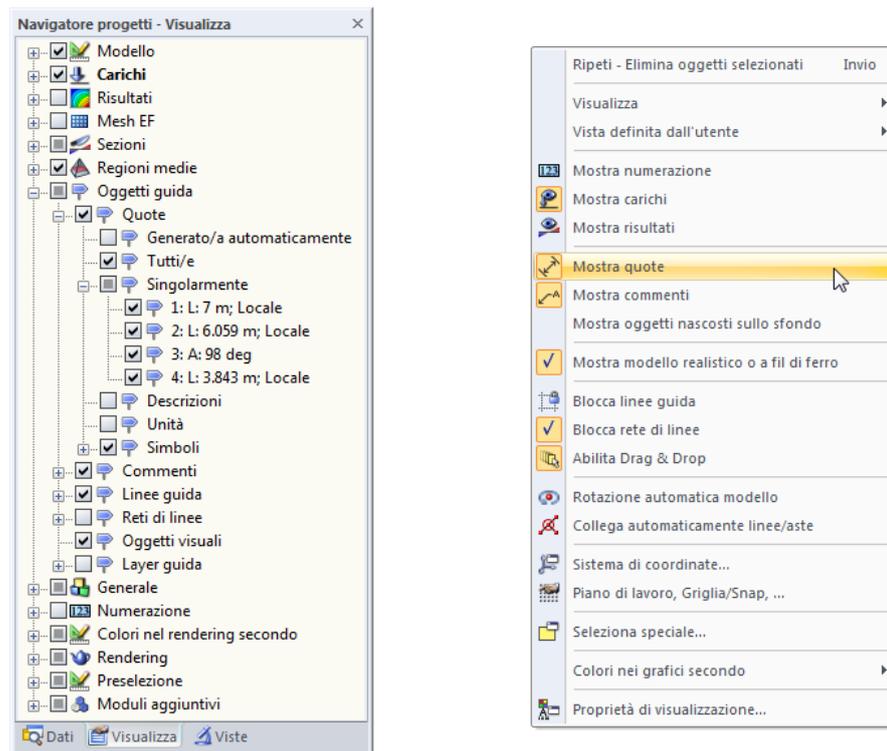


Figura 11.53: Navigatore *Visualizza* (*Oggetti guida* → *Quote*) e menu di contesto generale



Quando la geometria del modello viene modificata, le quote si modificheranno automaticamente.

Per aprire la finestra di dialogo *Modifica quota*, cliccare due volte sulla quota rilevante. In questo modo, successivamente, è possibile regolare l'offset. Tuttavia, se si desidera correlare la linea di quotatura ad altri nodi o linee, eliminare prima la quota. Quindi, sarà possibile ridefinirla.

11.3.6 Commenti

Esistono due tipi di commenti:

- Commenti nelle finestre di dialogo e nelle tabelle (si veda paragrafo 11.1.4, pagina 443)
- Commenti nell'area di lavoro

Questo capitolo descrive il modo in cui i commenti sono impostati graficamente.

È possibile inserire dei commenti in riferimento ai nodi e centri di linee e aste. Essi possono anche essere posizionati in qualsiasi punto dell'attuale piano di lavoro o nel piano globale.



Per aprire la finestra di dialogo per definire i commenti graficamente,

selezionare **Commenti** nel menu **Inserisci**

oppure si utilizzi il pulsante della barra degli strumenti mostrato sulla sinistra.

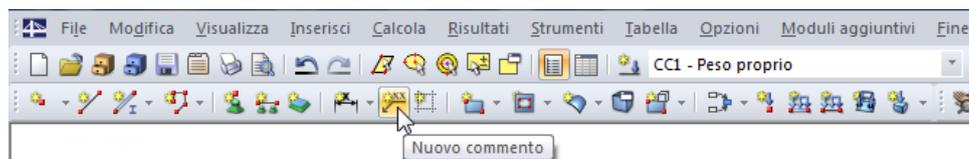


Figura 11.54: Pulsante *Nuovo Commento*

Si aprirà la finestra di dialogo *Nuovo commento*.

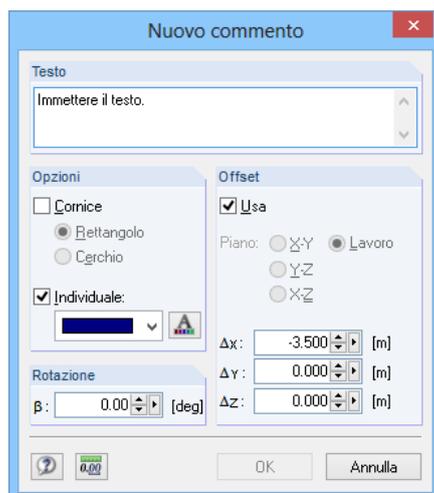


Figura 11.55: Finestra di dialogo *Nuovo commento*



Inserire il testo del commento nella sezione di dialogo *Testo*. L'aspetto del commento, per quanto riguarda i colori e i [Caratteri] può essere modificata nella sezione di dialogo *Opzioni*. Eventualmente, il commento può essere visualizzato con una *Cornice* rettangolare o circolare.

La *Rotazione* del commento consente all'utente di definire la disposizione del testo del commento.

Se è stata selezionata la casella di controllo nella sezione di dialogo *Offset*, il commento sarà disposto ad una distanza specifica dall'oggetto. È possibile definirlo anche graficamente: prima di tutto, fare clic sull'oggetto dopo aver inserito il testo del commento. Quindi, utilizzare il puntatore del mouse per individuare la posizione appropriata dove si inserirà il testo del commento con un altro clic del mouse. RFEM visualizza l'attuale piano di lavoro in modo che sia possibile collocare il commento correttamente. Se necessario, è possibile modificare il piano di lavoro prima di inserire il commento.

Per impostare la visualizzazione dei commenti, utilizzare il navigatore *Visualizza* oppure il menu contestuale generale (con il tasto destro del mouse in un'area priva di oggetti della finestra di lavoro, si veda figura sotto).

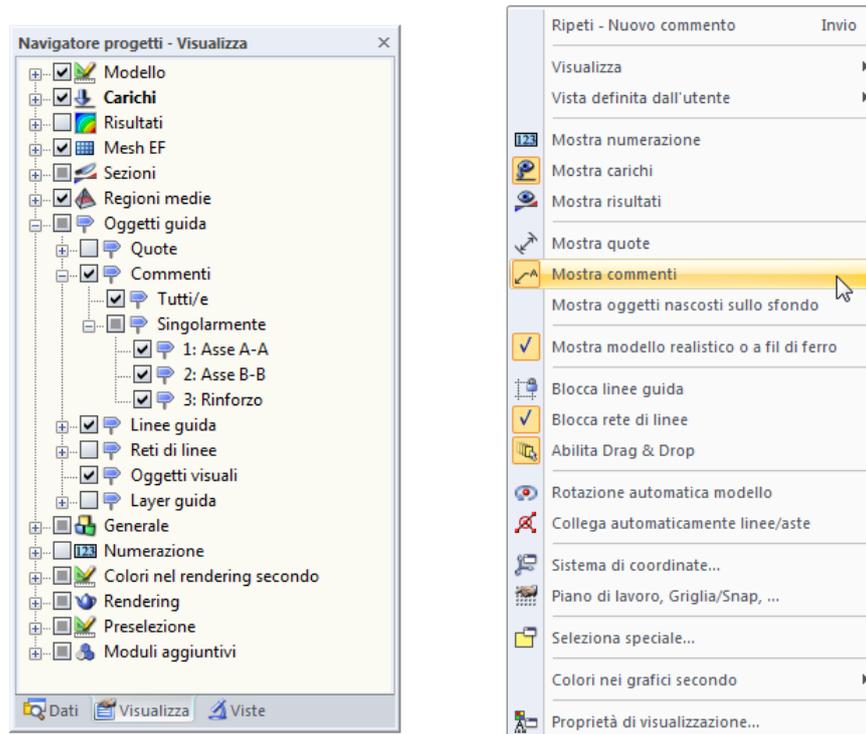


Figura 11.56: Navigatore *Visualizza* (*Oggetti guida* → *Commenti*) e menu di contesto generale



Quando si modifica la geometria del modello, i commenti si aggheranno automaticamente.

I testi dei commenti, compreso l'offset, può essere modificato successivamente: fare doppio clic su il commento nella finestra di lavoro o la sua voce nel navigatore *Dati*.



È possibile spostare i commenti utilizzando la funzione di trascinamento (per copiare: tenere premuto il tasto [Ctrl]). Si noti quanto segue: quando si "cattura" la freccia del commento grafico alla propria fine, sarà possibile spostare l'intero commento. Quando lo si "cattura" sul testo, la punta della freccia continua a puntare l'oggetto e così è possibile modificare la posizione del testo del commento nel piano di lavoro.

11.3.7 Linee guida

Le linee guida rappresentano una griglia di assi e righe sotto la finestra di lavoro grafico. I punti di intersezione delle linee guida sono anche i punti snap per l'input grafico, a condizione che la funzione di snap per *Linee guida-Intersezioni* è attivo nello snap ad oggetto (si veda paragrafo 11.3.3, pagina 465).

Non è necessario che le linee guida siano parallele agli assi del sistema globale di coordinate XYZ. Gli angoli possono essere specificati a piacere. È anche possibile definire una disposizione polare delle linee guida. Anche le spaziature tra le linee guida possono essere arbitrarie.

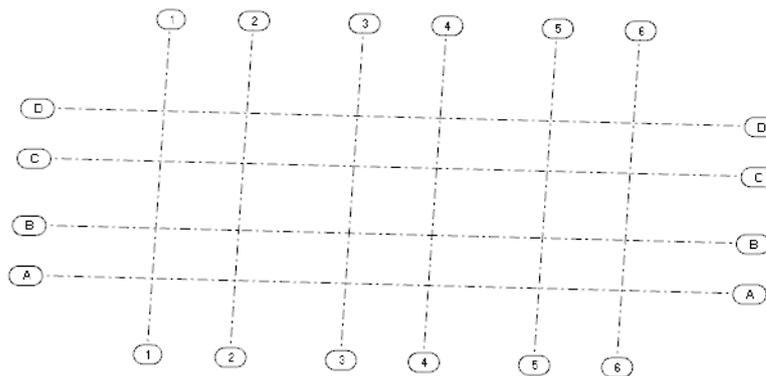


Figura 11-57: Griglia di linee guida

Creazione delle linee guida

Dialogo di immissione

Per aprire la finestra di dialogo per la creazione di una nuova linea guida, puntare su **Linee guida** nel menu **Inserisci**, e dopo selezionare **Finestra di dialogo** o utilizzare il menu contestuale nel navigatore *Dati*.

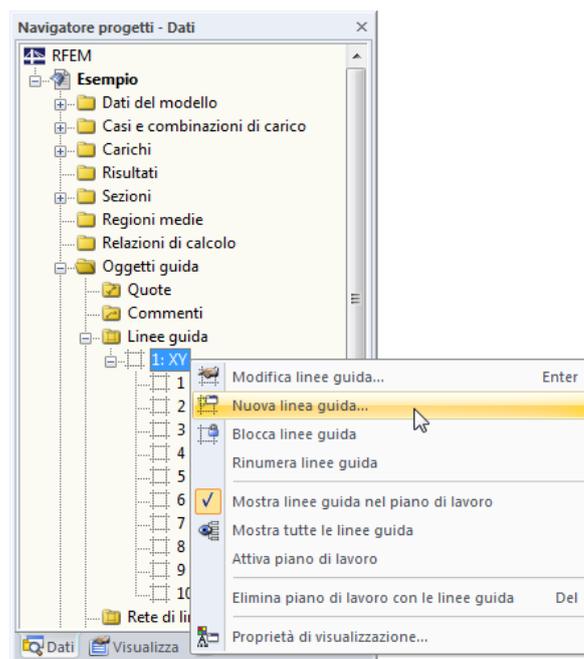
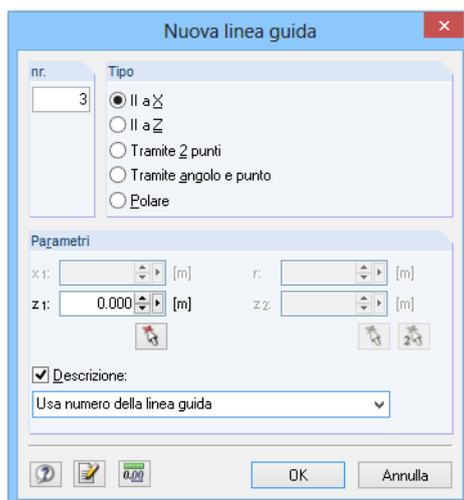


Figura 11.58: Menu contestuale della *Nuova linea guida* nel navigatore *Dati*

Apparirà la seguente finestra di dialogo:

Figura 11.59: Finestra di dialogo *Nuova linea guida*

Il *nr.* della linea guida è assegnato dal programma, ma può essere modificato, se necessario.

Con le opzioni nella sezione di dialogo *Tipo* è possibile impostare la modalità di creazione della linea guida (si veda tabella sotto).

Tipo	Spiegazione
Il a X / Y / Z (parallelo agli assi globali X, Y o Z)	La linea guida si crea parallelamente ad uno degli assi globali. Specificare le distanze $x1 / y1 / z1$ dei rispettivi assi globali nella sezione di dialogo Parametri.
Tramite 2 punti	Nella sezione di dialogo Parametri, immettere le coordinate di due punti nell'attuale piano di lavoro per definire le linee guida.
Tramite angolo e punto	Nella sezione di dialogo Parametri, si devono specificare le coordinate di un punto e un angolo di rotazione. La linea guida sarà creata nell'attuale piano di lavoro.
Polare	Nella sezione di dialogo Parametri, si deve specificare il punto centrale e il raggio della linea guida circolare.

Tabella 11.6: Tipi di linee guida



Inserire i singoli parametri nei campi di immissione o determinarli graficamente nella finestra di lavoro utilizzando la funzione [↖] funzione.

Quando è stata selezionata la casella di controllo *Descrizione*, è possibile immettere una descrizione per la linea guida nel campo di immissione. È possibile selezionare una descrizione dall'elenco.

Immissione grafica

Per definire una linea guida graficamente,

- puntare su **Linee guida** nel menu **Inserisci**, quindi selezionare **Graficamente**,
- utilizzare il pulsante [Nuova linea guida graficamente] visibile a sinistra o
- cliccare su una asse del piano di lavoro per muoverlo in una direzione parallela (possibile solo se le linee guida non sono bloccate, si veda sotto).



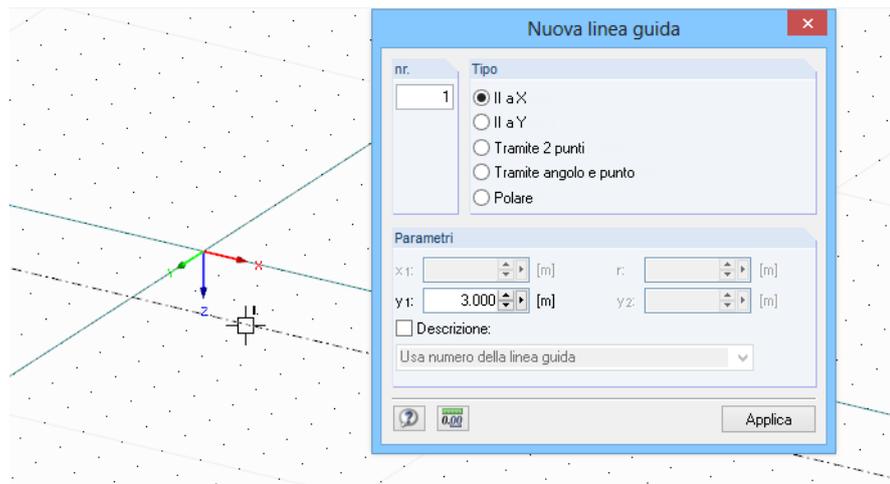


Figura 11.60: Creazione di una linea guida graficamente

La finestra di dialogo *Nuova linea guida* è stata descritta sopra.

Modifica ed eliminazione delle linee guida

Per aprire la finestra di dialogo che permette di modificare le linee guida, fare doppio clic su una linea guida nella grafica o la sua entrata nel navigatore *Dati*.

Quando una linea guida non può essere selezionata nella grafica, questa è bloccata (si veda sotto). Le linee guida possono essere sbloccate rapidamente nel modo seguente: Fare clic con il pulsante destro in uno spazio vuoto della finestra di lavoro e disattivare l'opzione *Blocca linee guida* nel menu contestuale.

Un'altra possibilità per modificare le linee guida è quella di selezionare *Piano di lavoro, griglia/snap, snap ad oggetto, linee guida* nel menu *Strumenti*, o di utilizzare il pulsante della barra degli strumenti mostrato sulla sinistra. Si aprirà una finestra di dialogo nella quale sarà possibile utilizzare la scheda *Linee guida* non solo per l'attivazione dello snap, ma per modificare, eliminare o nascondere e visualizzare le linee guida, nonché creare nuove linee guida.



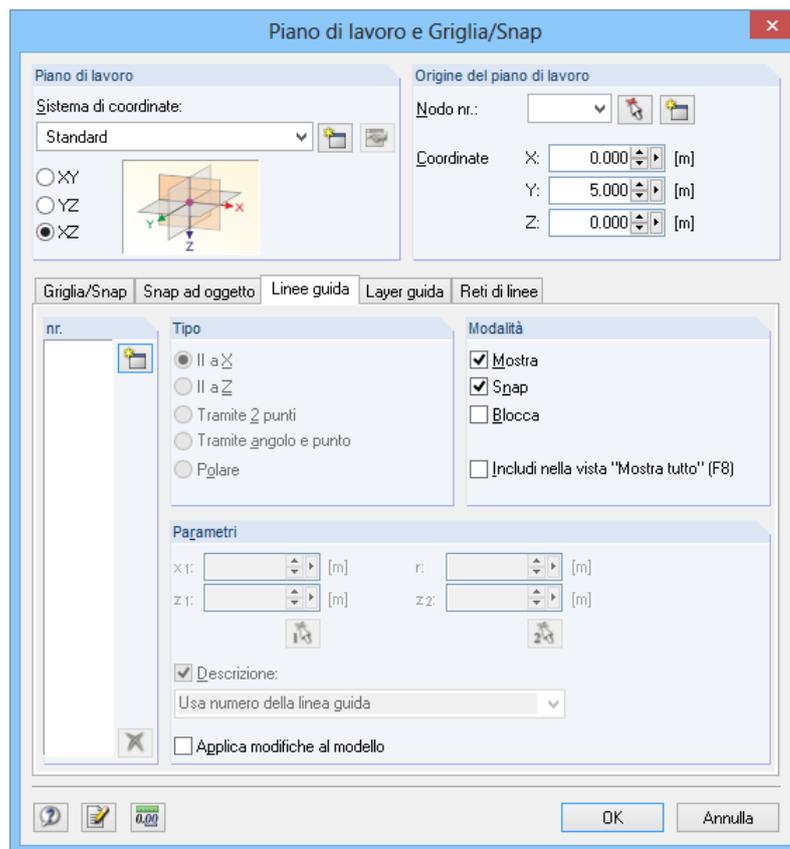


Figura 11.61: Finestra di dialogo *Piano di lavoro e Griglia/Snap*, scheda di dialogo *Linee guida*

Le linee guida possono essere eliminate sia nella finestra di lavoro che nel navigatore *Dati*: cliccare con il pulsante destro sulla linea guida e selezionare dopo *Elimina* nel menu contestuale.

Bloccare le linee guida

Quando le linee guida sono bloccate, non si possono selezionare, modificare o spostare. In questo modo, essi non pregiudicano l'inserimento di oggetti grafici. Tuttavia, la funzione di scatto sui punti di intersezione rimane attiva.

Per bloccare o sbloccare tutte le linee guida,

- cliccare con il pulsante destro la linea guida e selezionare *Blocca linee guida* nel menu contestuale,
- puntare a **Linee guida** nel menu **Modifica**, e selezionare **Blocca** oppure
- cliccare con il pulsante destro nel navigatore le *Linee guida* e selezionare *Blocca linee guida* nel menu contestuale.

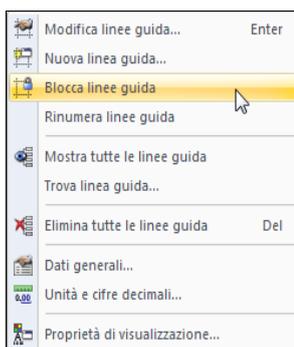
Copiare e spostare linee guida

Le linee guida sono normali oggetti grafici a cui è possibile applicare tutte le funzioni di editing.

Per spostare o copiare una linea guida, selezionare prima la linea guida. Quindi applicare la funzione descritta nel capitolo 11.4.1 a pagina 486.

Mostra le linee guida

Il navigatore *Visualizza* gestisce la rappresentazione grafica delle linee guida in dettaglio (si veda la figura seguente).



Menu contestuale della linee

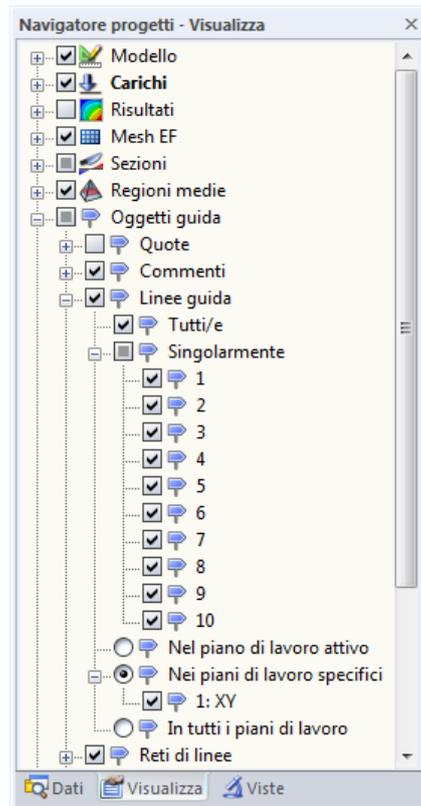


Figura 11.62: Impostazioni delle linee guida nel navigatore *Visualizza*

11.3.8 Rete di linee

Le reti di linee definite dall'utente consentono di modellare le strutture costituite da superfici, graticci di travi o griglie. I punti di intersezione della griglia rappresentano i punti di definizione per le superfici, le linee e le aste.

È possibile utilizzare diverse reti di linee in un modello.

Creazione di una rete di linee

Per aprire la finestra di dialogo per la creazione di una nuova rete della linea,

selezionare **Rete di linee** nel menu **Inserisci**

oppure utilizzare il menu contestuale nel navigatore *Dati*.



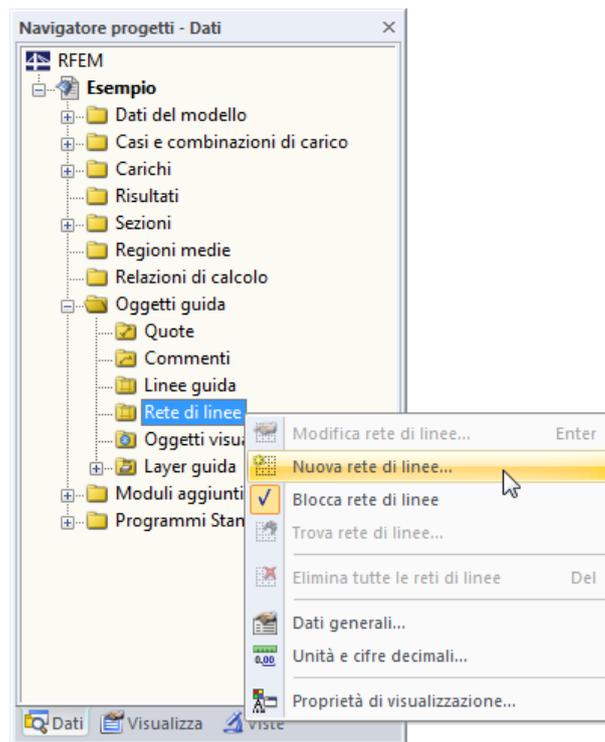


Figura 11.63: Menu contestuale della Nuova rete di linee nel navigatore Dati

La finestra di dialogo Rete di linee apparirà per definire la nuova griglia.

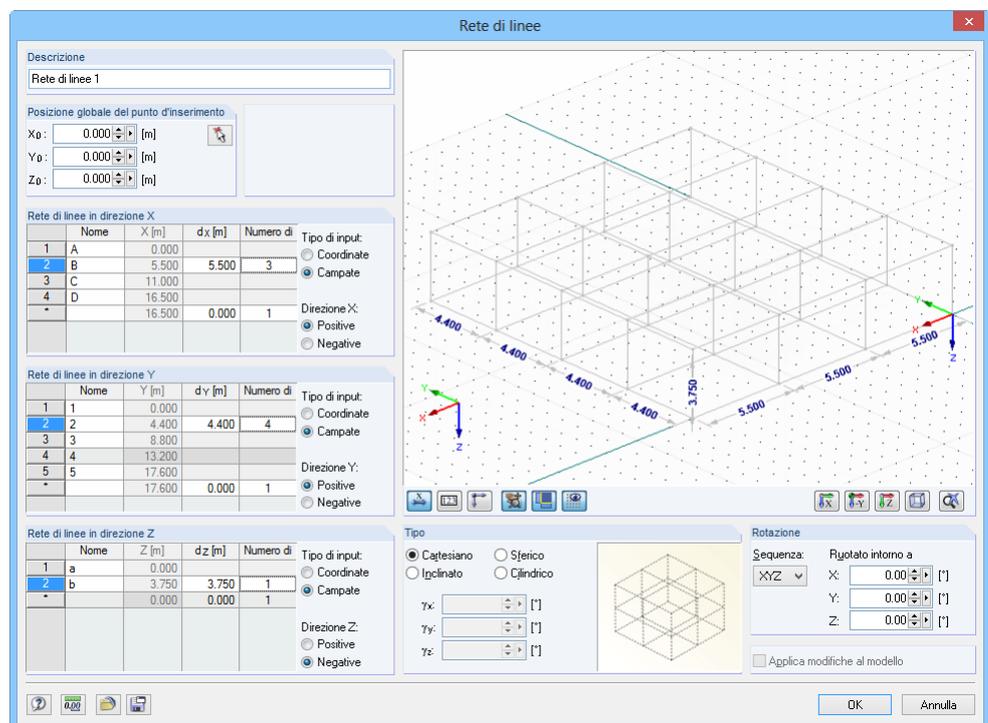


Figura 11.64: Finestra di dialogo Rete di linee



La Posizione globale del punto di inserimento definisce l'origine della rete di linee. Le coordinate possono essere inserite manualmente o selezionate nella finestra di lavoro utilizzando la funzione [↵].

La sezione di dialogo *Tipo* offre le seguenti opzioni di selezione per definire il sistema (assiale) della griglia prima di inserire ulteriori dati:

- Cartesiano
- Sferico
- Inclinato (rotazione della griglia attorno ad un asse con un angolo qualsiasi di rotazione y)
- Cilindrico

La piccola immagine a destra è interattiva con il tipo di specificazione.

Nelle sezioni di dialogo *Rete di linee in direzione X/Y/Z*, immettere le distanze d il *Numero di intervalli* per ciascuna direzione. Il *Nome* è predisposto, ma può essere modificato. È anche possibile inserire le *Coordinate* delle distanze o modificarle successivamente.

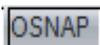
Le opzioni *Positiva* e *Negativa* determinano in quale direzione dell'asse globale, sarà creata la rete di linee.

Con la sezione di dialogo *Rotazione* si ha la possibilità di ruotare la rete di linee attorno ad un asse: innanzitutto, selezionare la *Sequenza* che determina l'ordine della griglia della terna di assi locali X' , Y' e Z' . Quindi, immettere l'angolo di rotazione per gli assi globali X , Y e Z nei campi di immissione sotto *Ruotata intorno a*. È inoltre possibile utilizzare i pulsanti dei campi [►] per definire la rotazione del vincolo esterno graficamente.

Una grande parte della finestra di dialogo è coperta da una finestra grafica dove l'immissione è rappresentata graficamente. I pulsanti sotto la finestra sono familiari, sono quelli di RFEM. Essi gestiscono la visualizzazione per il dimensionamento, per la numerazione, degli assi e delle viste. È anche possibile utilizzare le opzioni di controllo del mouse per il grande grafico del dialogo (si veda paragrafo 3.4.9, pagina 37).

Ogni rete di linee può essere salvata come modello e riutilizzata in seguito. Entrambi i pulsanti a sinistra sono utilizzati per [Salva] e [Carica] i dati della griglia.

Dopo la chiusura della finestra di dialogo è possibile impostare gli oggetti sui nodi della griglia. Assicurarsi che sia attivo lo snap ad oggetto (si veda paragrafo 11.3.3, pagina 461).



11.3.9 Oggetti visivi

Gli oggetti visivi sono oggetti 3D utilizzati, ad esempio, nei programmi di progettazione architettonica per rappresentare oggetti simili alla realtà (ad esempio persone, automobili, alberi, texture ecc.). È inoltre possibile integrare oggetti 3D nel modello di RFEM per dimostrare le proporzioni del modello.

Caricamento degli oggetti visivi

Per aprire la finestra di dialogo per importare un oggetto visivo,

selezionare **Oggetto visivo** nel menu **Inserisci**

o utilizzare il menu contestuale nel navigatore *Dati*.

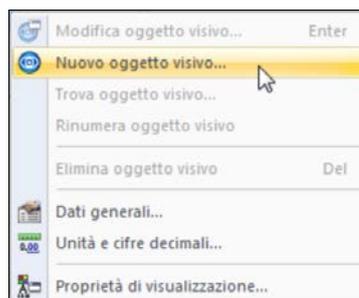


Figura 11.65: Menu contestuale nel navigatore *Dati*, *Oggetti guida* → *Oggetti visivi*

Si aprirà la finestra di dialogo *Nuovo oggetto visivo*, in cui è possibile specificare la *Descrizione* e il *Nome del file*.

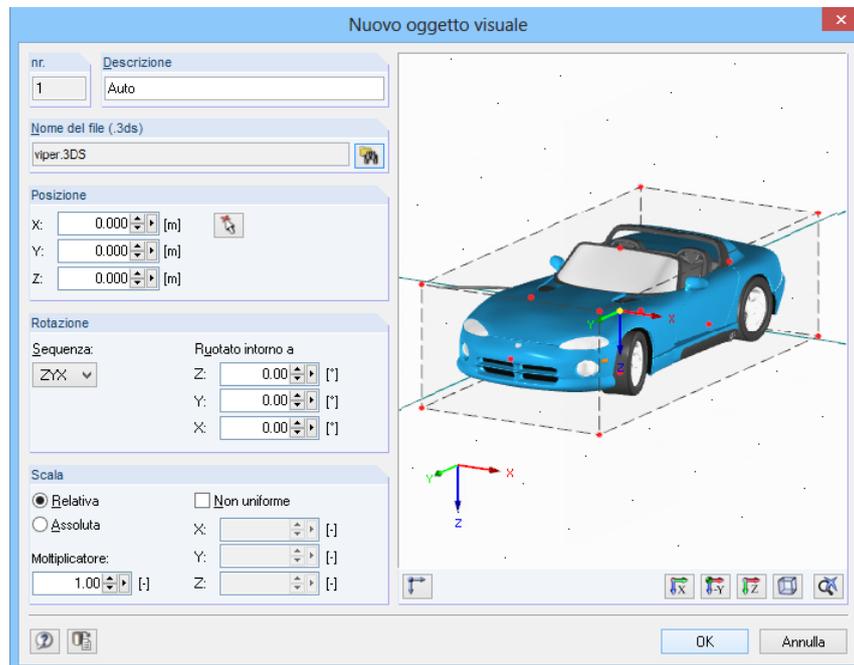


Figura 11.66: Finestra di dialogo *Nuova oggetto visuale*



L'oggetto visivo deve essere disponibile in formato *.3ds. Utilizzare il pulsante [Sfogli] per selezionare il file nella finestra di dialogo di Windows *Apri*.



Definire la *Posizione* dell'oggetto nel modello immettendo le coordinate. È inoltre possibile utilizzare la funzione [↖] per definirla graficamente nell'area di lavoro. Il punto di riferimento dell'oggetto 3D è indicato dalla selezione del colore nel grafico a destra.

Inoltre, è possibile definire una *Rotazione* dell'oggetto o *Modificare la scala* dell'oggetto.

Fare clic su [OK] per inserire l'oggetto nel modello.

La finestra di dialogo di modifica di un oggetto visivo si può accedere facendo doppio clic sull'oggetto nell'area di lavoro o nel navigatore *Dati*.

11.3.10 Layer guida

Un file DXF può essere importato come un layer guida e utilizzato per la rappresentazione grafica di oggetti. Contrariamente all'importazione DXF (si veda paragrafo 12.5.2, pagina 611) dove viene caricato il modello e convertito in nodi e linee, i layer guida rappresentano una sorta di fogli trasparenti per una modellazione speciale.

È possibile utilizzare diversi layer guida in un modello.

Creare layer guida



Per aprire la finestra di dialogo per la creazione di un nuovo layer guida,

selezionare **Layer guida** nel menu **Inserisci**

oppure utilizzare il menu contestuale nel navigatore *Dati*.

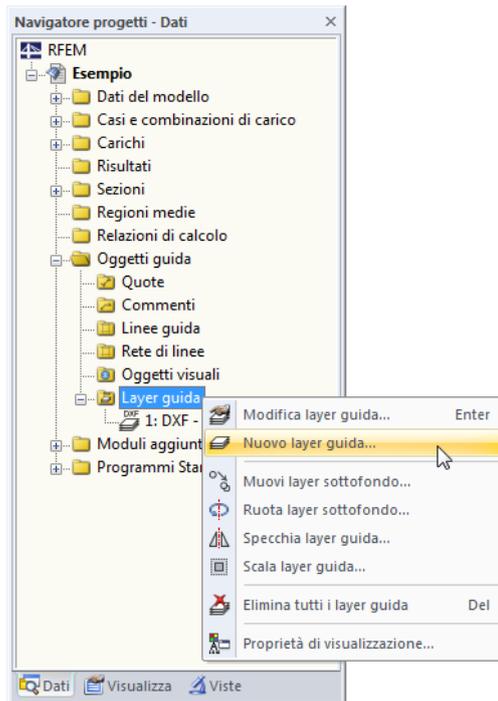


Figura 11.67: Menu contestuale dei Layer guida nel navigatore Dati

Apparirà la finestra di dialogo di Windows *Apri*. Inserire il nome della directory e il nome del file DXF.

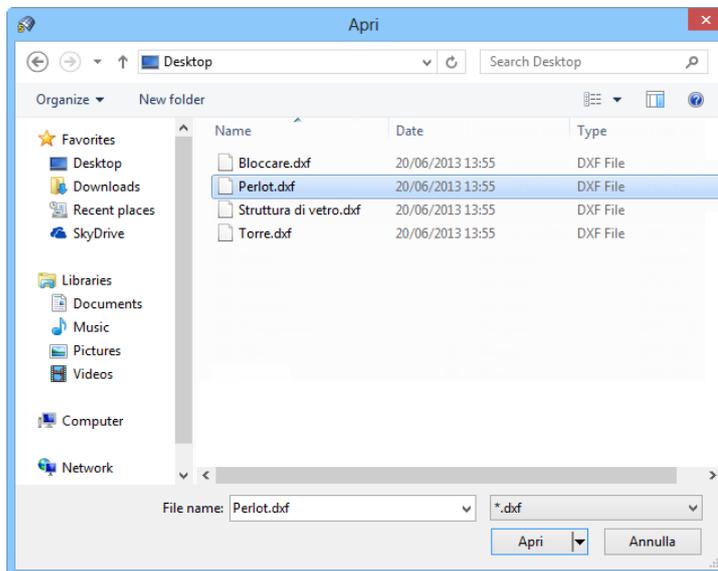


Figura 11.68: Finestra di dialogo *Apri*



Fare clic sul pulsante [Apri] per accedere alla finestra di dialogo *Layer guida*.



Figura 11.69: Finestra di dialogo *Layer guida*

Il nr. del layer è assegnato dal programma. Nella sezione di dialogo *Descrizione del layer guida*, è possibile inserire un nome qualsiasi per rendere l'assegnazione più semplice in futuro.



Utilizzare il pulsante [Modifica] mostrato a sinistra per accedere a ulteriori impostazioni per l'importazione da DXF. I dettagli nella finestra di dialogo si possono trovare nella figura 12.50 a pagina 611.

Dopo aver fatto clic su [OK] RFEM importerà i layer di colore grigio sullo sfondo dell'area di lavoro. Nel modello a fil di ferro, sarà adesso possibile definire i nodi, le linee e le aste.

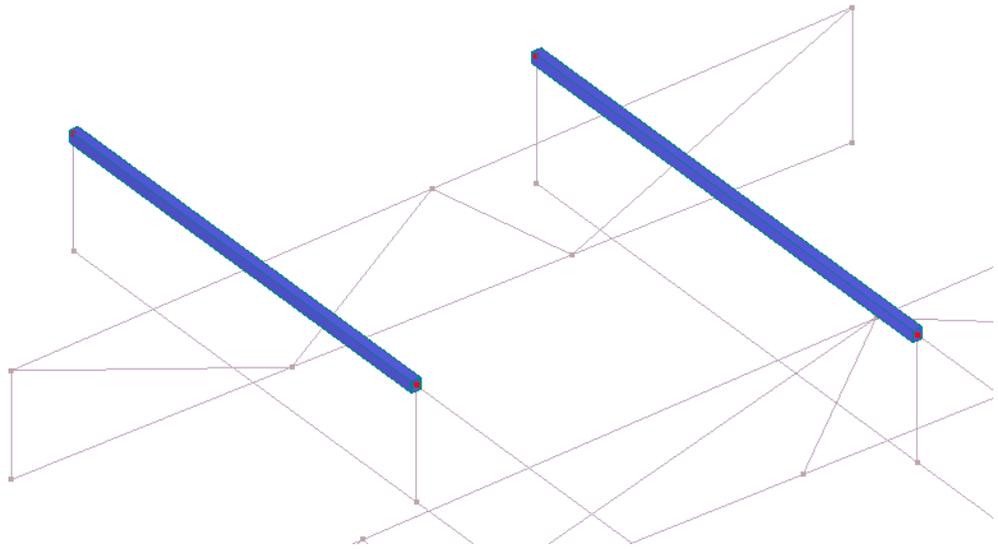


Figura 11.70: Definizione di aste con il layer guida



Assicurarsi che lo snap ad oggetto per i layer guida sia attivo, in modo da poter organizzare gli oggetti sui punti disponibili nel layer. Per attivare lo snap ad oggetto per i punti DXF, utilizzare il pulsante [DXF] nella barra di stato. Un'altra possibilità per modificare le linee guida è quella di selezionare *Piano di lavoro, Griglia/Snap, Snap ad oggetto, Linee guida* nel menu *Strumenti*, o di utilizzare il pulsante della barra degli strumenti mostrato sulla sinistra.



Si aprirà la finestra di dialogo *Piano di lavoro e Griglia/Snap*. Nella scheda di dialogo *Layer guida*, non solo è possibile attivare lo snap ma modificare, eliminare o nascondere e visualizzare i layer, nonché creare nuovi layer.

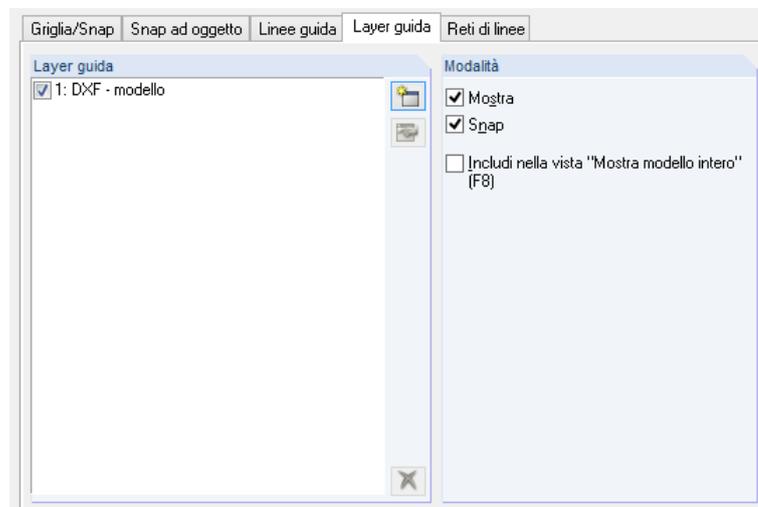


Figura 11.71: Finestra di dialogo *Piano di lavoro e Griglia/Snap*, scheda *Layer guida* (sezione di dialogo)



Modificare, cancellare o copiare layer guida

Per aprire la finestra di dialogo di modifica, fare doppio clic sul layer guida o la voce relativa del navigatore *Dati* (si veda figura 11.67, pagina 482). È inoltre possibile utilizzare anche la scheda di dialogo *Layer guida* disponibile nella finestra di dialogo per le impostazioni del piano di lavoro (si veda figura 11.71): dopo aver selezionato il layer nell'elenco, sarà possibile [Modifica]-rlo.

L'eliminazione di un layer guida è anche possibile nel navigatore *Dati*.

Per spostare, copiare o duplicare un layer guida, selezionare il layer prima. Quindi applicare la funzione descritta ne paragrafo 11.4.1 a pagina 486.

Visualizzazione dei layer guida

Il navigatore *Visualizza* gestisce la rappresentazione dei layer guida in dettaglio.

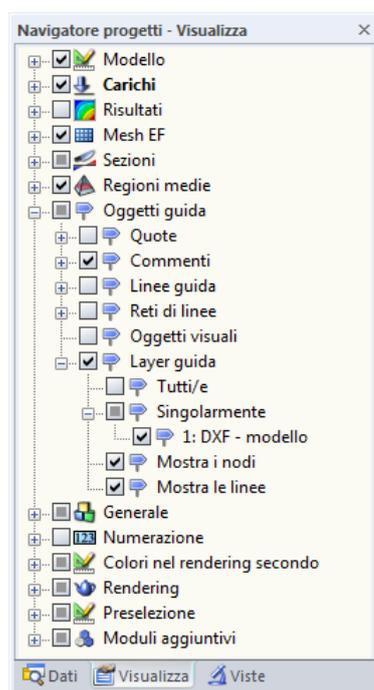


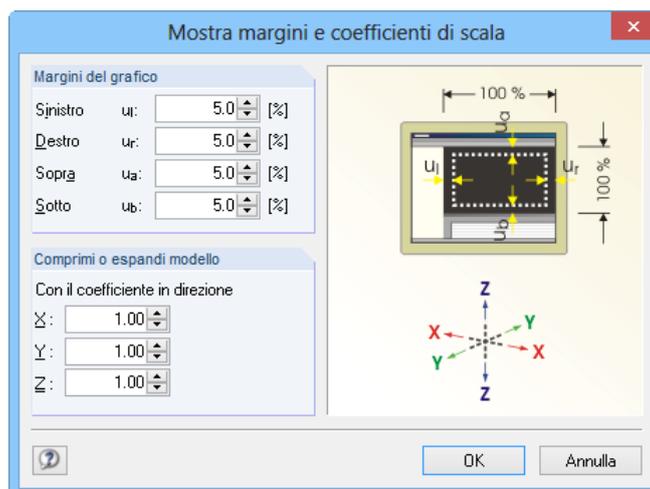
Figura 11.72: Impostazioni dei layer guida nel navigatore *Visualizza*

11.3.11 Margini e coefficienti di scala



Nella maggior parte dei casi, non è necessario modificare la disposizione intera dello schermo o la scala del modello nella finestra di lavoro. Ma se è necessario modificare i parametri di visualizzazione globale,

selezionare **Mostra margini e coefficienti di scala** dal menu **Opzioni** per aprire una finestra di dialogo per gestire le impostazioni predefinite.

Pulsanti nel menu *Vista*Figura 11.73: Finestra di dialogo *Mostra margini e coefficienti di scala*

Le impostazioni nella sezione di dialogo *Margini dell'area di lavoro* determinano le distanze minime che vengono conservate per la rappresentazione del modello sui quattro lati dei margini dell'area di lavoro. I valori sono impostati in percentuale e si riferiscono all'altezza totale o larghezza della finestra di lavoro. Essi hanno un impatto quando si utilizzano i pulsanti della voce del menu *Seleziona vista* nel menu *Visualizza* (si veda figura a sinistra) o la funzione *Mostra modello intero* [F8] per l'esecuzione della rappresentazione grafica della finestra.

Per visualizzare il modello in una visione distorta, è possibile definire i coefficienti diversi da 1 per le direzioni globali nella sezione di dialogo *Comprimi o espandi modello*. La modifica delle impostazioni in questa sezione di dialogo può essere richiesta solo in casi eccezionali. Essi riguardano solo la visualizzazione del modello ma non la geometria attuale. Per mettere in scala il modello, si utilizzi la funzione *Scala* che è disponibile nel menu *Modifica* (si veda paragrafo 11.4.5, pagina 492).

11.4 Funzioni di modifica

Utilizzare le funzioni di modifica grafica per modificare gli oggetti selezionati in precedenza nell'area di lavoro. Gli oggetti selezionati possono essere

- spostati
- copiati
- ruotati
- specchiati
- proiettati
- in scala
- estrusi
- tagliati

Non è necessaria nessuna selezione per le funzioni CAD descritte nel paragrafo 11.3. Le seguenti funzioni permettono di modellare nuovi oggetti.

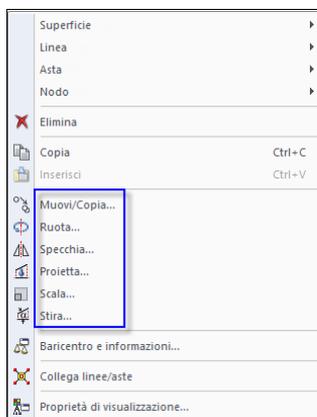
Inoltre, il presente capitolo descrive come si possono suddividere le linee, come inserire i commenti e cambiare la numerazione.

11.4.1 Spostare e copiare



Per spostare o copiare gli oggetti selezionati,
selezionare **Muovi/Copia** nel menu **Modifica**

o utilizzare il menu contestuale dell'oggetto corrispondente. Si può anche utilizzare il pulsante della barra degli strumenti mostrato sulla sinistra.



Menu contestuale di oggetti selezionati



Figura 11.74: Pulsante *Muovi e/o copia*

Apparirà la seguente finestra di dialogo:

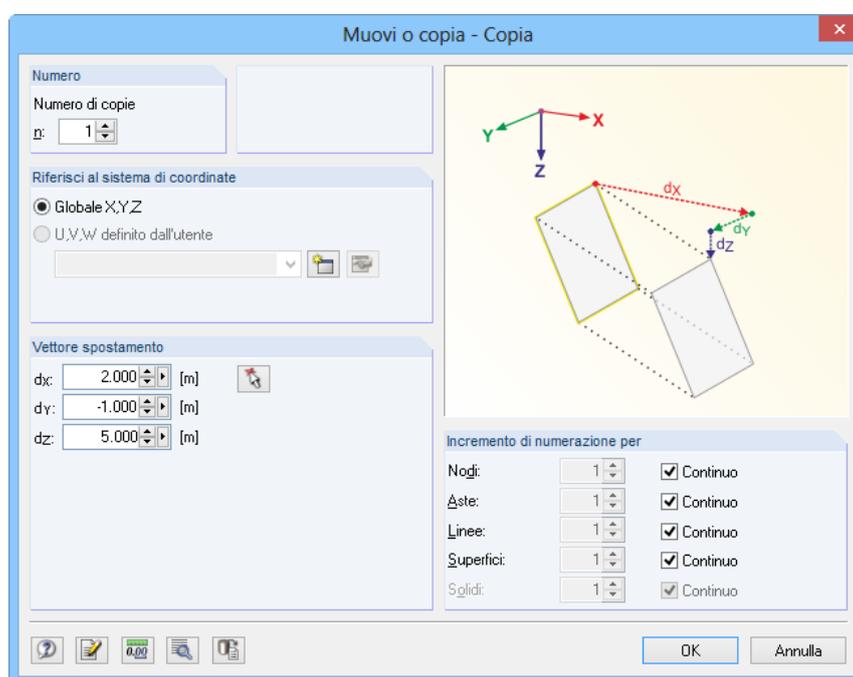


Figura 11.75: Finestra di dialogo *Sposta o copia - Copia*

Quando il *Numero* di copie è impostato a **0**, gli oggetti selezionati saranno spostati. In caso contrario, si genererà il numero di copie inserito.



Con le opzioni nella sezione di dialogo *Riferisci al sistema di coordinate* si imposta, se gli oggetti saranno spostati o copiati nel sistema globale di coordinate XYZ o in un sistema di coordinate UVW definito dall'utente (se veda paragrafo 11.3.4, pagina 466). Il sistema di coordinate definito dall'utente può essere selezionato nell'elenco o creato con il pulsante [Nuovo].



Il *Vettore spostamento* è specificato dalle distanze d_x , d_y e d_z , o d_u , d_v e d_w per un sistema di coordinate definito dall'utente. Il vettore può anche essere determinato nella finestra di lavoro utilizzando la funzione [↖] o facendo clic su due punti della griglia o nodi.



Se si creano delle copie, si può anche impostare la numerazione dei nuovi nodi, aste, linee, superfici e solidi nella sezione di dialogo *Incremento di numerazione per*.

Fare clic sul pulsante [Modifica] a sinistra, per aprire un'altra finestra di dialogo con opzioni utili per copiare. Si utilizzi la stessa finestra di dialogo anche per altre funzioni come lo specchio, la rotazione ecc.

Impostazioni dettagliate

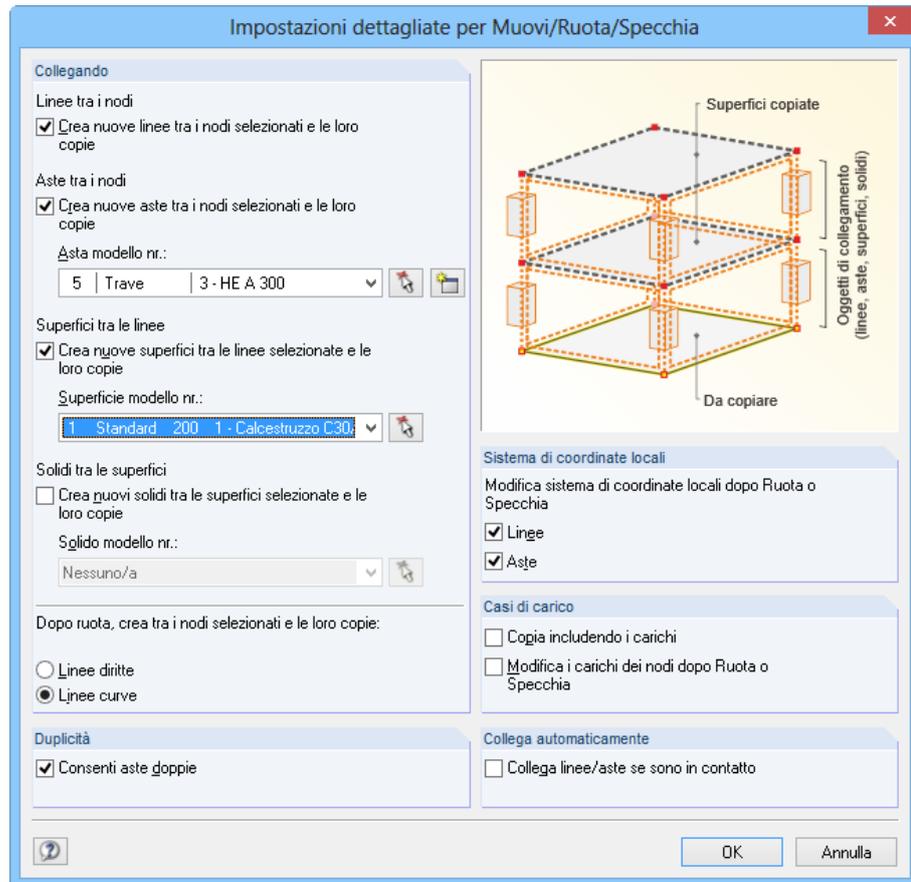


Figura 11.76: Finestra di dialogo *Impostazioni dettagliate per Muovi/Ruota/Specchia*

Collegamento

È possibile creare nuove *Linee* e *Aste* tra i nodi selezionati e le loro copie. In più, è possibile generare *Superfici* e *Solidi* tra le righe selezionate o le superfici e le loro copie.

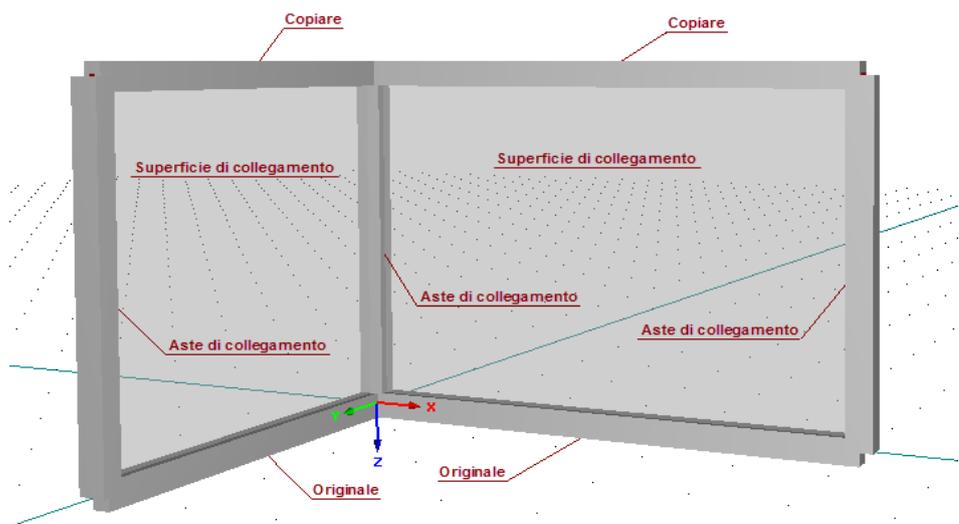


Figura 11.77: La copia con aste di collegamento e superfici di collegamento



Quando si seleziona un'*Asta modello*, una *Superficie modello* o un *Solido modello* nell'elenco o nel grafico utilizzando la funzione [↵], le sue proprietà sono utilizzate per il collegamento di oggetti.

Duplicità

Durante la copia è possibile che si creino aste doppie. Utilizzare la casella di controllo per decidere se consentire la sovrapposizione o la fusione automatica in un'unica asta.

Sistemi di coordinate locali

È possibile modificare sistemi di coordinate locali delle aste e delle linee alla nuova posizione durante la rotazione e la specchiatura.



Spesso, la modifica automatica degli assi locali diventa importante quando si effettua la specchiatura degli oggetti. La funzione di rivela utile anche nel ruotare un'asta verticale poiché il suo asse y è orientato parallelamente all'asse Y globale (si veda paragrafo 4.17, pagina 154).

Inoltre, la funzione modifica le connessioni eccentriche definite nella direzione degli assi globali X, Y e Z.

Casi di carico

Se è spuntata la casella di controllo per la *Copia includendo i carichi*, i carichi agenti sugli oggetti selezionati saranno trasferiti alle copie. Si noti che i carichi di tutti i casi di carico saranno copiati, non solo i carichi del caso di carico attualmente selezionato.

I carichi dei nodi possono essere definiti solo in direzione degli assi globali X, Y, Z. Se si vuole influenzare la direzione dei carichi dei nodi durante la copia delle superfici o delle aste, si utilizzi la casella di controllo *Modifica i carichi dei nodi dopo Ruota o Specchia*. Quando è selezionata, RFEM converte i carichi come carichi concentrati locali per la nuova posizione. In questo caso, assicurarsi che i carichi dei nodi siano selezionati prima di effettuare la rotazione o la specchiatura. Se la casella di controllo non è attiva, la direzione del carico globale sarà mantenuta.

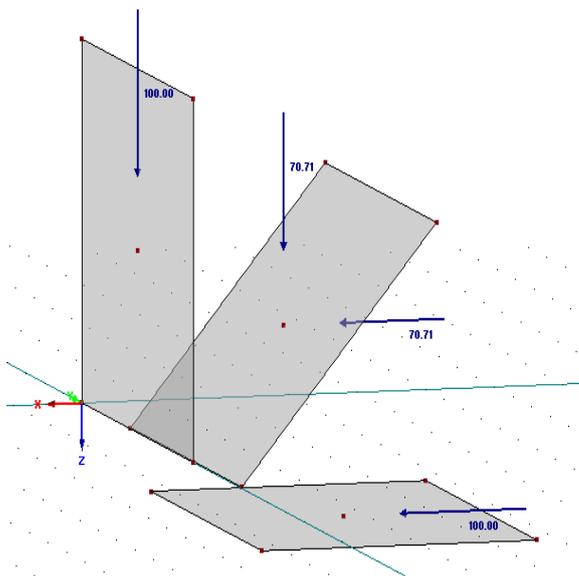


Figura 11.78: Carichi dei nodi modificati quando si ruota due volte di circa 45°

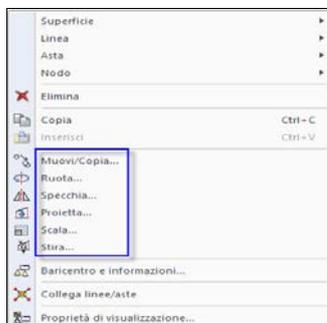
Collega automaticamente

Utilizzare la casella di controllo per decidere se le copie delle linee e delle aste saranno collegate automaticamente alle linee e alle aste già esistenti. Quando è selezionata la casella, si creerà un nodo nel punto di intersezione.

11.4.2 Ruota

Per ruotare gli oggetti selezionati attorno ad un asse,
selezionare **Ruota** nel menu **Modifica**

o utilizzare il menu contestuale dell'oggetto corrispondente. Si può anche utilizzare il pulsante della barra degli strumenti mostrato sulla sinistra.



Menu contestuale di oggetti selezionati



Figura 11.79: Pulsante *Ruota*

Apparirà la seguente finestra di dialogo:

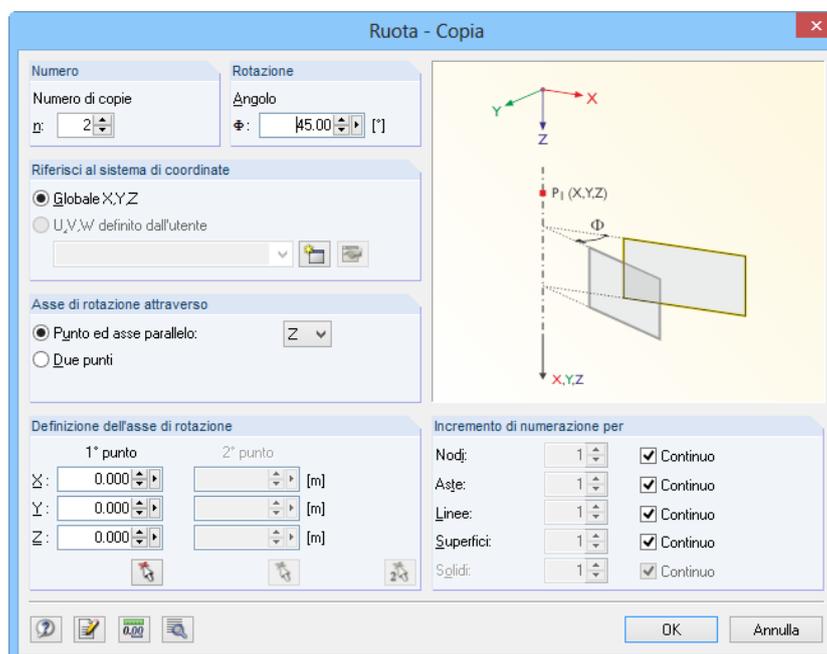


Figura 11.80: Finestra di dialogo *Ruota - Copia*

Quando il *Numero* di copie è impostato a **0**, gli oggetti selezionati saranno ruotati. In caso contrario, si genererà il numero di copie inserito.

Inserire l'angolo di rotazione nella sezione di dialogo *Rotazione*. L'angolo si riferisce ad un sistema di coordinate che è orientato in senso orario.

L' *Asse di rotazione* si può definire in due modi:

- L'asse di rotazione è parallelo ad un asse del sistema di assi globali XYZ. In questo caso, attivare la prima opzione e selezionare l'asse corrispondente dall'elenco a destra. Quindi, nella sezione di dialogo *Definizione dell'asse di rotazione*, specificare un punto attraverso il quale passa l'asse di rotazione.
- L'asse di rotazione giace in un punto qualsiasi del piano di lavoro. In questo caso, attivare la seconda opzione. Quindi, nella sezione di dialogo *Definizione dell'asse di rotazione*, specificare due punti che definiscono l'asse di rotazione.

Se si creano delle copie, si può impostare la numerazione dei nuovi oggetti nella sezione di dialogo *Incremento di numerazione per*.

Utilizzare il pulsante [Modifica] a sinistra per aprire un'altra finestra di dialogo con opzioni molto utili, che sono descritte nel paragrafo 11.4.1 a pagina 487. Con le voci nella finestra di dialogo per



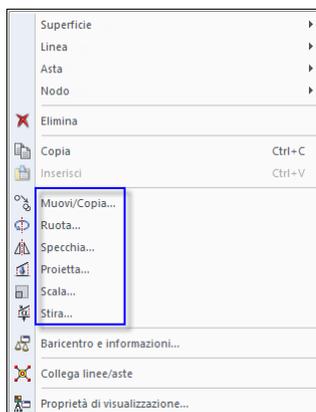
le impostazioni avanzate è possibile determinare se le linee di collegamento create durante la copia sono generate come linee rette o archi.

11.4.3 Specchia

Per specchiare gli oggetti selezionati su un piano,

selezionare **Specchia** nel menu **Modifica**

o utilizzare il menu contestuale dell'oggetto corrispondente. Si può anche utilizzare il pulsante della barra degli strumenti mostrato sulla sinistra.



Menu contestuale di oggetti selezionati



Figura 11.81: Pulsante *Specchia*

Apparirà la seguente finestra di dialogo:

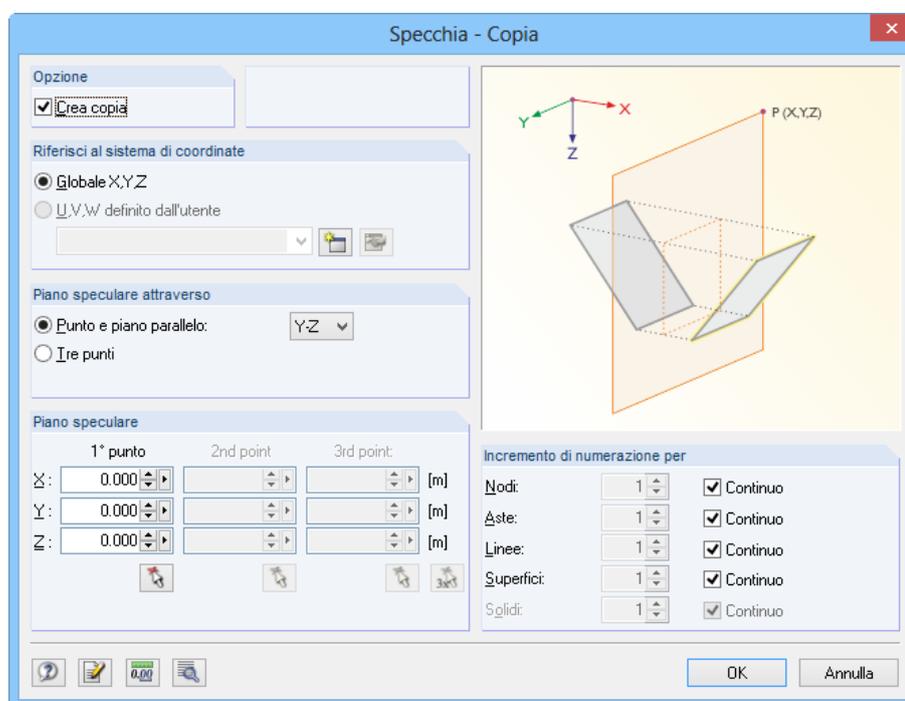


Figura 11.82: Finestra di dialogo *Specchia - Copia*

Per mantenere l'oggetto originale, selezionare la casella di spunta *Crea copia*.

Il *Piano di rotazione* si può definire in due modi:

- Il piano di speculare è parallelo ad un piano individuato dagli assi del sistema assiale globale XYZ. In questo caso, attivare la prima opzione e selezionare il piano pertinente dall'elenco a destra. Quindi, nella sezione di dialogo *Piano speculare*, inserire un punto giacente appartenente al piano impostato sopra.
- Il piano speculare giace in un punto qualsiasi nel piano di lavoro. In questo caso, attivare la seconda opzione. Quindi, nella sezione di dialogo *Piano speculare*, inserire tre punti che definiscono il piano.



Se si creano delle copie, si può impostare la numerazione dei nuovi oggetti nella sezione di dialogo *Incremento di numerazione per*.



Utilizzare il pulsante [Modifica] a sinistra per aprire un'altra finestra di dialogo con opzioni molto utili, che sono descritte nel paragrafo 11.4.1 a pagina 487.

11.4.4 Proietta

Utilizzare questa funzione per proiettare gli oggetti selezionati su un piano. Così, è possibile modificare, ad esempio, l'angolo di inclinazione di travi orizzontali o di puntoni.

Esempio

Un'asta si proietta in direzione X sul piano YZ.

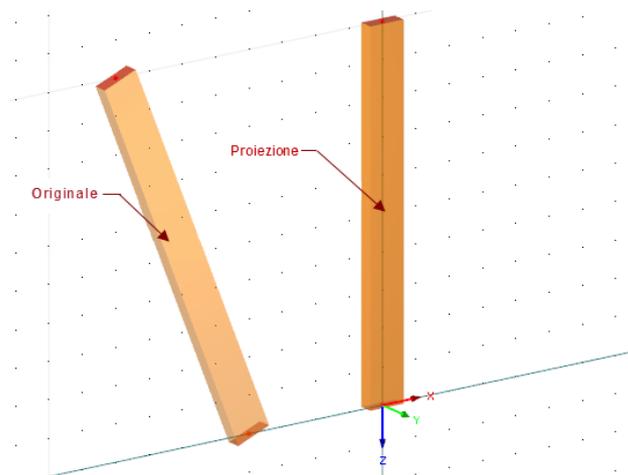
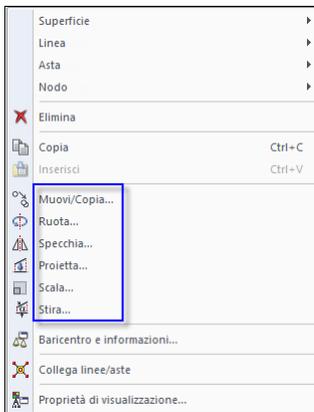


Figura 11.83: Asta originale e copia proiettata sul piano YZ



Menu contestuale di oggetti selezionati



Per aprire la finestra di dialogo per inserire i parametri di proiezione, selezionare **Proietta** nel menu **Modifica** oppure utilizzare il menu contestuale degli oggetti selezionati.

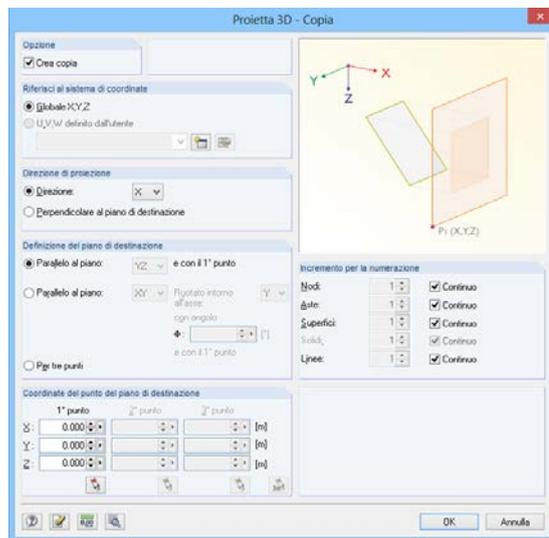


Figura 11.84: Finestra di dialogo Proietta 3D -Copia

Per mantenere l'oggetto originale, selezionare la casella di spunta per *Crea copia*.

Nella sezione di dialogo *Direzione di proiezione*, è possibile decidere se gli oggetti saranno proiettati nella direzione di un asse globale (X, Y o Z) o perpendicolare ad un piano di destinazione.

Il *Piano di destinazione* si può definire con tre modalità diverse:



- Il piano di destinazione è parallelo ad un piano individuato dagli assi del sistema assiale globale XYZ. In questo caso, attivare la prima opzione e selezionare il piano pertinente dall'elenco a destra. Quindi, nella sezione di dialogo *Coordinate del punto del piano di destinazione*, inserire un punto giacente appartenente al piano impostato sopra.
- Il piano obiettivo è parallelo ad un piano individuato dagli assi del sistema assiale globale XYZ, ma è ruotato intorno ad uno degli assi. In questo caso, attivare la seconda opzione. Nell'elenco a destra, selezionare il relativo piano e specificare l'asse e l'angolo di rotazione. Quindi, nella sezione di dialogo *Coordinate del punto del piano di destinazione*, inserire un punto giacente appartenente al piano impostato sopra.
- Il piano obiettivo giace in un punto qualsiasi nel piano di lavoro. In questo caso, attivare la terza opzione. Quindi, nella sezione di dialogo *Punto delle coordinate del piano di destinazione*, definire il piano tramite tre punti.

Se si creano delle copie, si può impostare la numerazione dei nuovi oggetti nella sezione di dialogo *Incremento di numerazione per*.



Utilizzare il pulsante [Modifica] a sinistra per aprire un'altra finestra di dialogo con opzioni molto utili, che sono descritte nel paragrafo 11.4.1 a pagina 487.

11.4.5 Scala

Utilizzare questa funzione per scalare gli oggetti selezionati rispetto ad un punto.

Esempio

Una superficie quadrangolare è ugualmente scalata a partire dall'origine in tutte e tre le direzioni con coefficiente 2.

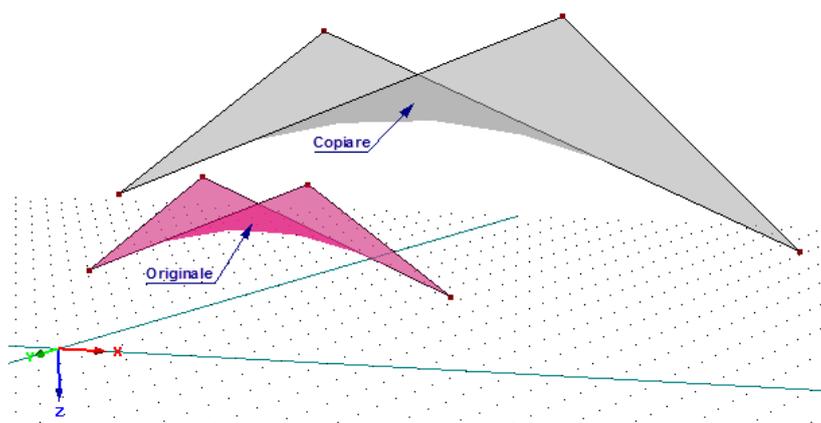


Figura 11.85: Superficie originale e copia messa in scala



Per aprire la finestra di dialogo per inserire i parametri in scala, selezionare **Scala** nel menu **Modifica**

oppure utilizzare il menu contestuale degli oggetti selezionati (si veda figura nel margine alla sinistra della Figura 11.83).

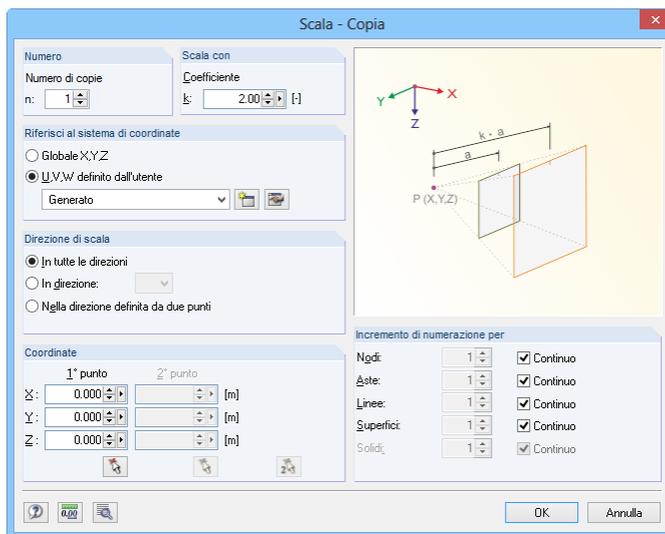


Figura 11.86: Finestra di dialogo *Scala - Copia*

Quando il *Numero* di copie è impostato a **0**, gli oggetti selezionati saranno scalati. In caso contrario, si genererà il numero di copie inserito.

La sezione di dialogo *Scala con* gestisce il coefficiente di scala *k* (si veda grafico nella finestra di dialogo).

Sono disponibili tre possibilità da selezionare per definire la *Direzione di scala*:



Ugualmente in X,Y,Z	<u>T</u> utte le coordinate degli oggetti (X, Y e Z) saranno scalate in relazione al punto di partenza definito nella sezione di dialogo <i>Coordinate</i> .
Nella direzione: X / Y / Z	È necessario definire uno degli assi globali. <u>S</u> olo le coordinate dell'oggetto dell'asse globale selezionato saranno scalate in relazione al punto di partenza definito nella sezione di dialogo <i>Coordinate</i> .
Nella direzione definita da due punti	Nella sezione di dialogo <i>Coordinate</i> , specificare un vettore inserendo due punti. Gli oggetti saranno messi in scala nella direzione del vettore.



Tabella 11.7: Sezione di dialogo *Direzione di scala*

Se si creano delle copie, si può impostare la numerazione dei nuovi oggetti nella sezione di dialogo *Incremento di numerazione per*.



Utilizzare il pulsante [Modifica] a sinistra per aprire un'altra finestra di dialogo con opzioni molto utili, che sono descritte nel paragrafo 11.4.1 a pagina 487.

È anche possibile scalare i layer guida. Per aprire la finestra di dialogo corrispondente, puntare a **Layer guida** nel menu **Modifica**, e quindi selezionare **Scala** oppure utilizzare il menu contestuale del layer guida nel navigatore *Dati*.

Nella finestra di dialogo *Seleziona layer guida*, specificare il layer rilevante. Quindi, è possibile definire il coefficiente di scala nella finestra di dialogo *Scala layer guida*.



Menu contestuale di layer di sottofondo

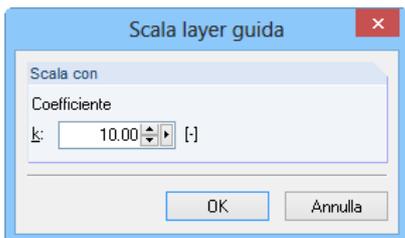


Figura 11.87: Finestra di dialogo *Scala layer guida*

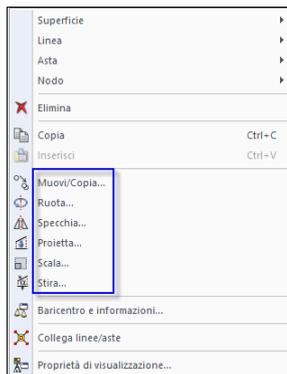
11.4.6 Stira

La funzione ruota gli oggetti attorno ad un asse e modifica solo le coordinate di una singola direzione. È possibile utilizzare la funzione di stira, ad esempio, per spostare le aste orizzontali nel piano di inclinazione di una copertura. Le lunghezze delle aste saranno modificate, le componenti orizzontali delle coordinate rimangono invariate.

Prima di utilizzare la funzione, selezionare anche i nodi corrispondenti in aggiunta alle aste.

Per aprire la finestra di dialogo per inserire i parametri di taglio, selezionare **Stira** nel menu **Modifica**

oppure utilizzare il menu contestuale degli oggetti selezionati.



Menu contestuale di oggetti selezionati

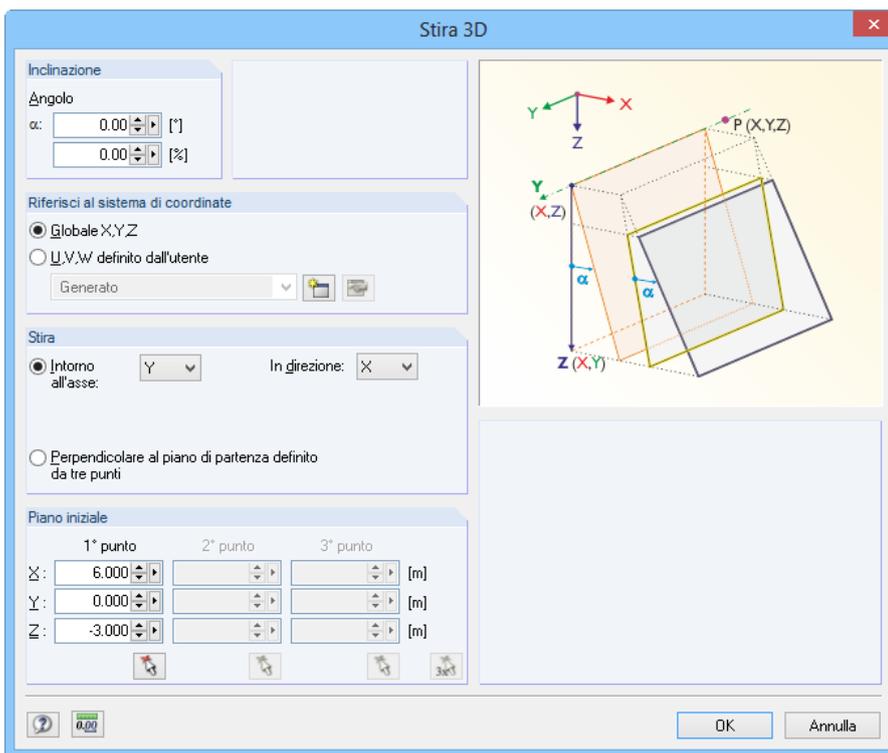


Figura 11.88: Finestra di dialogo *Stira 3D*

Nella sezione di dialogo *Inclinazione*, immettere l'angolo di rotazione in [°] o in [%].

I parametri per la funzione di *Stira* si possono definire in due modi:



- L'asse di rotazione è parallelo al piano individuato dagli assi del sistema assiale globale XYZ. In questo caso, attivare l'opzione *Intorno all'asse* e selezionare l'asse rilevante di rotazione dall'elenco a destra. Quindi, nell'elenco *In direzione*, selezionare l'asse globale che è rilevante per la modificazione delle coordinate del nodo. Infine, nella sezione di dialogo *Piano iniziale*, inserire il punto di rotazione.



- L'asse di rotazione giace in un punto qualsiasi del piano di lavoro. In questo caso, attivare la seconda opzione. Quindi, nella sezione di dialogo *Piano iniziale*, definire entrambi i punti dell'asse di rotazione e un altro punto per determinare il piano. È possibile selezionare gli oggetti anche graficamente, utilizzando i pulsanti [↖].



11.4.7 Dividere le linee e le aste

Linee e aste si possono dividere rapidamente: cliccare con il pulsante destro l'oggetto e selezionare *Dividi linea* o nel menu contestuale *Dividi asta*.

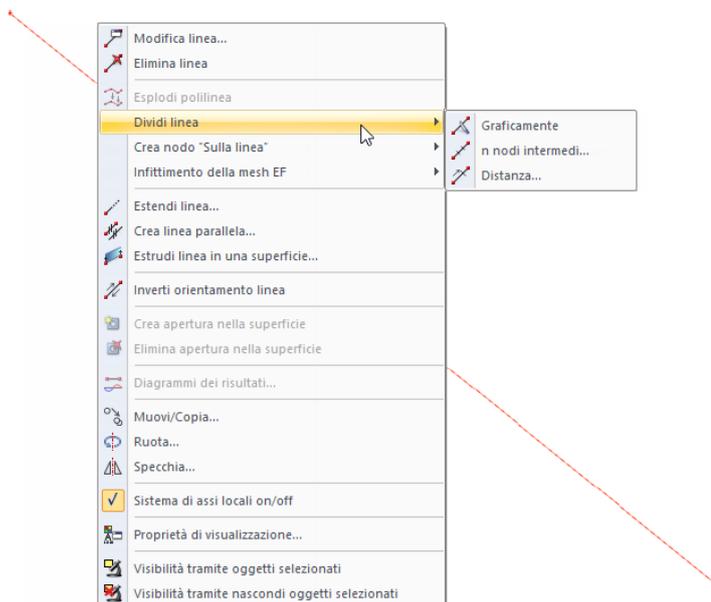


Figura 11.89: Menu contestuale *Dividi linea*

La voce di menu offre tre opzioni di divisione.

Graficamente



Figura 11.90: Finestra di dialogo *Dividi linea*

Si aprirà la finestra di dialogo *Dividi linea*. Quando si sposta il puntatore lungo la linea, si attiverà lo snap del puntatore alle distanze specificate nella sezione di dialogo *Step*. Fare clic per definire il punto di divisione. Il *Riferimento* delle spaziature di divisione si possono impostare in distanze assolute o relative in relazione alla lunghezza totale.

È anche possibile inserire la *Spaziatura della divisione* direttamente. Prima di immettere la spaziatura, specificare la linea che si desidera dividere e il numero della nuova linea nei campi di input *Linea nr.* e *Nuovo nr.*. Se si desidera correlare la spaziatura di divisione alla fine della linea, sarà possibile modificare l'orientamento della linea con la casella di controllo *Inverti orientamento*.

n nodi intermedi

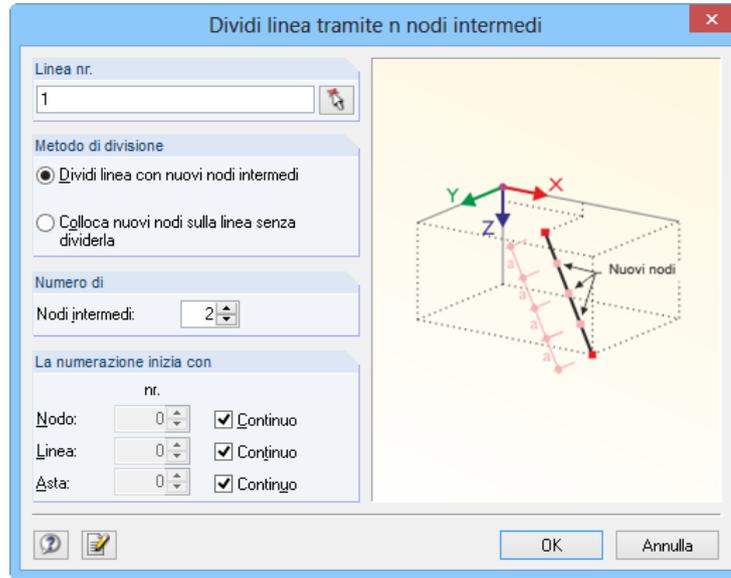


Figura 11.91: Finestra di dialogo *Dividi linea tramite n nodi intermedi*

Utilizzare questa funzione per dividere la linea in più parti uguali. Nella sezione di dialogo *Numero di*, è possibile definire il numero di *Nodi intermedi* per la divisione della linea.

Decidere se si desidera dividere la linea in linee "reali" con *nuovi nodi intermedi*, o mantenere la linea mentre RFEM creerà *nodi sulla linea* in spaziature eguali. Solitamente, si preferisce una divisione reale. Tuttavia, se si desidera cambiare il corso di una linea B-spline quando si divide la linea, la seconda opzione è la scelta migliore.

Nella sezione di dialogo *La numerazione inizia con*, è possibile impostare la numerazione dei nuovi nodi, delle linee e delle aste.

Distanza

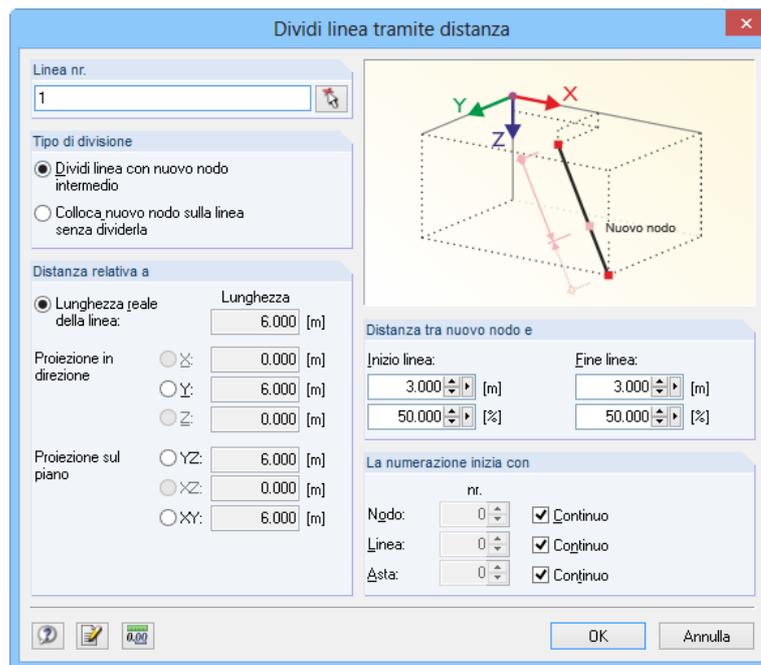


Figura 11.92: Finestra di dialogo *Dividi linea tramite distanza*

Utilizzare questa funzione per generare un nodo di divisione su una particolare posizione della linea.

La linea è divisa in linee "reali" con un *nuovo nodo intermedio* o mantenuta integra mentre RFEM crea un *nuovo nodo sulla linea*.

Le impostazioni nella sezione di dialogo *Distanza relativa a* gestiscono il riferimento della distanza di divisione. La distanza può essere riferita alla lunghezza reale della linea (caso normale) o ad una proiezione.

La *Distanza tra nuovo nodo e nodo iniziale* o finale della linea si deve specificare come valore assoluto o relativamente alla lunghezza totale. I quattro campi di immissione sono interattivi.



Per inserire la distanza è importante conoscere la linea o l'orientamento dell'asta. Gli orientamenti e i sistemi assiali di linee e di aste si possono attivare e disattivare nel menu contestuale o nel navigatore *Visualizza* (si veda figura 4.26, pagina 52 e figura 4.158, pagina 154).

La sezione di dialogo *La numerazione inizia con* gestisce la numerazione dei nuovi oggetti.

11.4.8 Collegare linee e aste

Utilizzare questa funzione per collegare linee e aste che si intersecano, ma non hanno un nodo comune.

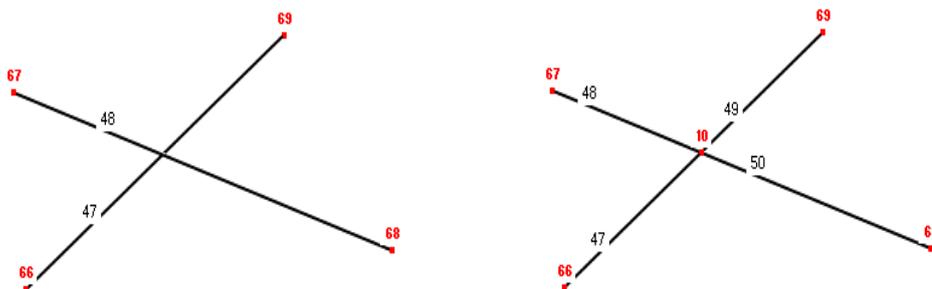


Figura 11.93: Originale a sinistra (linee che si intersecano, non collegate) e risultato a destra (linee collegate)



Per accedere alla funzione corrispondente

selezionare **Collega linee/aste** nel menu degli **Strumenti**

oppure si utilizzi il pulsante della barra degli strumenti mostrato sulla sinistra.



Figura 11.94: Pulsante *Collega linee o aste*

Andare nella finestra di lavoro e disegnare una finestra in tutta la zona in cui si desidera collegare le linee o le aste. Non è necessario catturare gli oggetti completamente.

Inoltre, la funzione può essere utilizzata per determinare il punto di intersezione di una linea che passa attraverso una superficie.

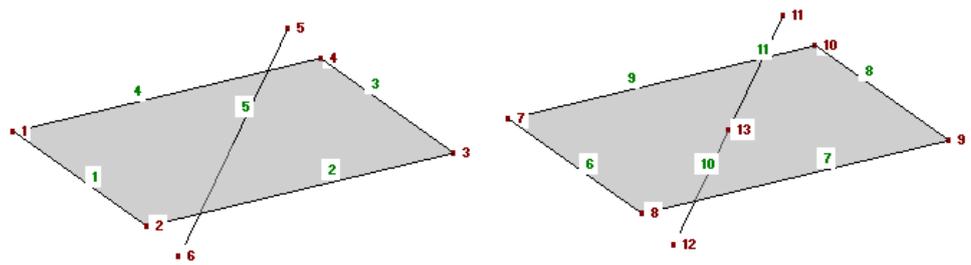


Figura 11.95: Creazione di un punto di intersezione tra la linea e la superficie: originale (a sinistra) e copia con risultato (a destra)

La funzione di *Connessione automatica* è preimpostata per la definizione di nuove linee o aste graficamente, come mostrato nella figura seguente. Ma i nodi di collegamento saranno creati solamente quando le linee/aste sono collegate ad altre linee/aste, il che significa che esse terminano sull'oggetto corrispondente. In tal modo, quando si definiscono diagonali che si incrociano, nessun nodo di intersezione sarà generato.



Nella finestra di dialogo *Nuova linea* o *Nuova asta*, è possibile utilizzare il pulsante [Dettagli] per determinare se le linee o le aste sono collegate automaticamente quando si generano.

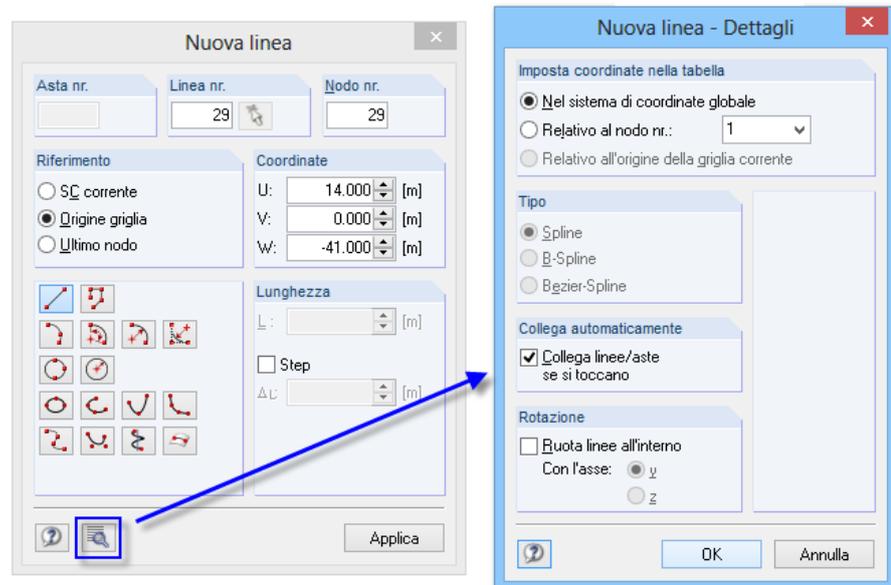


Figura 11.96: Finestra di dialogo *Nuova linea - Dettagli*

11.4.9 Fondere linee e aste

Le linee o le aste che sono collegate l'una con l'altra si possono fondere, creando una linea singola o asta. Questa funzione è soltanto disponibile nel menu contestuale dei nodi di divisione. Cliccare con il pulsante destro, il nodo di divisione per aprire il menu contestuale.



Figura 11.97: Voci del menu contestuale *Elimina nodo* → *Fondi linee/aste collegate* con risultato (a destra)

Il menu contestuale offre opzioni estese per la funzione *Elimina nodo* mentre il tasto [Canc] elimina semplicemente il nodo selezionato e di conseguenza le linee, le aste e le superfici collegate. Ma queste opzioni speciali sono previste solo per i nodi che collegano due linee o due aste.

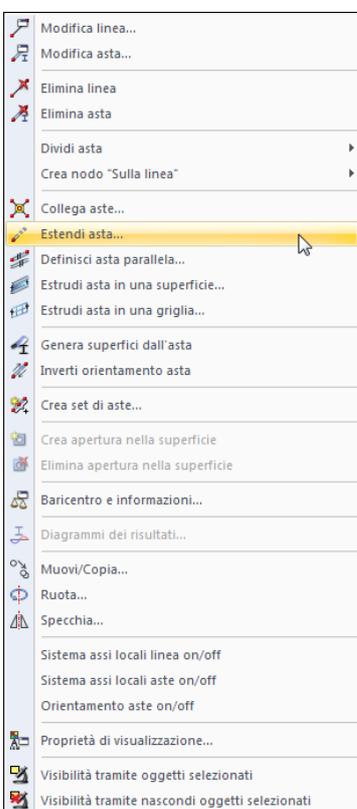
Nel caso le linee o le aste non giacciono su una linea retta, RFEM creerà una nuova linea o asta tra i nodi di estremità durante l'operazione di fusione.

11.4.10 Estendi linee e aste

Questa funzione consente di regolare la lunghezza di una linea o di una asta in generale, o per estendere la linea fino a raggiungere un'altra linea.

Per accedere alla funzione di estensione, utilizzare il menu contestuale della linea (si veda Figura 11.89, pagina 496) o il menu contestuale dell'asta mostrato a sinistra.

Si aprirà la finestra di dialogo *Estendi linea* o *Estendi asta*.



Menu contestuale dell'asta

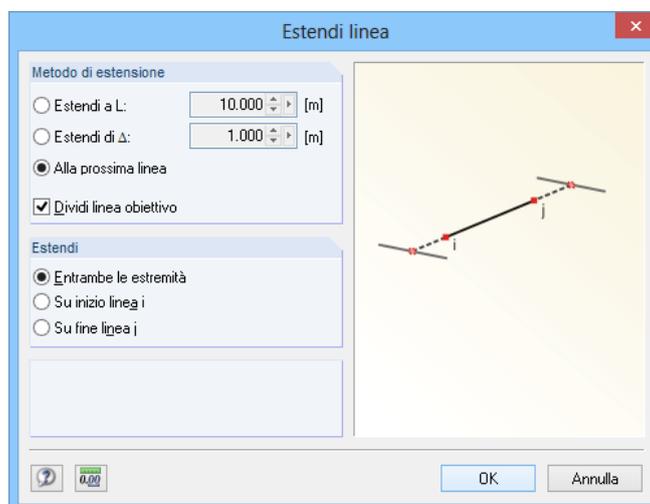


Figura 11.98: Finestra di dialogo *Estendi asta*

La sezione di dialogo *Metodo di estensione* offre tre opzioni:

- *Estendi a L* cambia la lunghezza totale della linea o di un'asta ad una dimensione che è possibile specificare nel campo di immissione.
- *Estendi di Δ* si estende un lato dell'asta o di entrambi i lati con un valore specifico, o accorcia il/i lato(i) se il valore nel campo di input è negativo.
- Selezionare *Alla prossima linea o asta* per estendere l'oggetto alla linea più vicina che produrrà una intersezione con la linea retta estesa della linea o dell'asta. Quando è stata selezionata la casella di controllo *Dividi linea obiettivo*, gli oggetti saranno collegati automaticamente.

Specificare la direzione di estensione nella sezione di dialogo sottostante *Estendi*: l'opzione *Entrambe le estremità* risulta in un'estensione da entrambe le estremità dell'oggetto. Con questa impostazione è possibile riferire la lunghezza totale L al centro della linea o dell'asta, o per estendere la linea su entrambi i lati del valore Δ o fino a quando non si raggiungono le prossime due linee. In alternativa, utilizzare le opzioni *Su inizio linea i* o *Su fine linea j* per modificare la lunghezza della linea o dell'asta su un solo lato.

La visualizzazione della linea o gli orientamenti delle aste può essere impostato nel navigatore *Visualizza* (si veda figura 4.26, a pagina 52).

11.4.11 Unisci aste

Contrariamente al collegamento di aste (si veda paragrafo 11.4.8, pagina 498), la funzione non richiede un punto comune di intersezione. In questo modo, le aste ad una certa distanza da un'asta si possono collegare ai nodi di quest'ultima. Tuttavia, se si desidera collegare l'asta con l'estensione dell'asta, utilizzare la funzione *Estendi asta* (si veda paragrafo 11.4.10).



Per accedere alla funzione corrispondente

selezionare **Unisci aste** nel menu degli **Strumenti**.

Apparirà la seguente finestra di dialogo:

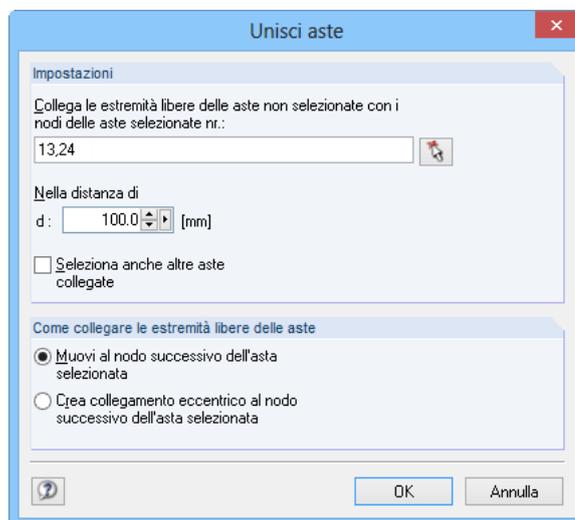


Figura 11.99: Finestra di dialogo *Unisci aste*



Nella sezione di dialogo *Impostazioni*, inserire il numero dell'asta ai cui nodi che si desidera collegare le aste libere. È inoltre possibile selezionare l'asta anche graficamente, utilizzando la funzione [↖]. Il campo di immissione sotto specifica la *distanza*, cioè la circonferenza dove RFEM cerca le estremità libere delle aste. Se è stata selezionata la casella di controllo *Seleziona anche altre aste collegate*, RFEM includerà anche le aste che sono collegate con un'asta già selezionata nell'elenco delle aste del campo di immissione sopra.

Nella sezione di dialogo *Come collegare le estremità libere delle aste*, si imposta come saranno collegate le estremità libere delle aste alle aste selezionate: è possibile spostarle verso i nodi delle aste selezionate o collegarle con collegamenti eccentrici.

11.4.12 Inserire un nodo

Utilizzare questa funzione per creare un nuovo nodo tra due nodi qualsiasi. In questo modo, non è necessario definire una linea e dividerla per un nodo intermedio (si veda paragrafo 11.4.7, pagina 496).

Per accedere alla funzione corrispondente

puntare su **Dati del modello** nel menu **Inserisci**, selezionare **Nodi** e fare clic sul **Nodo tra due punti**

oppure utilizzare il pulsante ad elenco [Nuovo nodo] nella barra degli strumenti.

Selezionare, nella finestra di lavoro, i due punti (nodi, punti della griglia, punti qualsiasi) uno dopo l'altro. Quindi, apparirà la seguente finestra di dialogo:

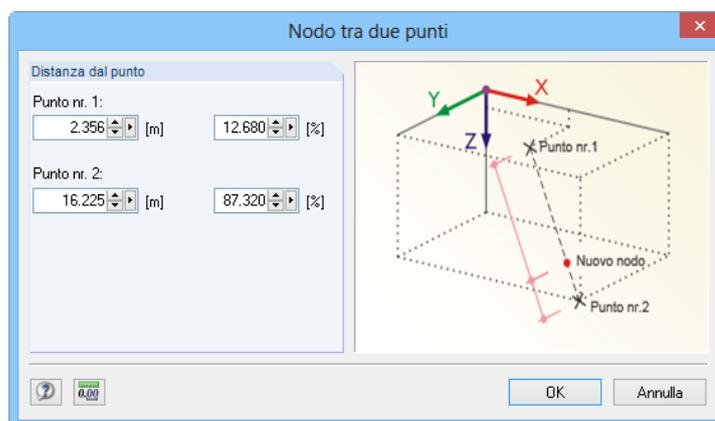
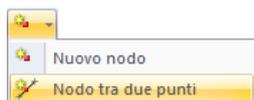


Figura 11.100: Finestra di dialogo *Nodo tra 2 punti*

La *Distanza dal punto* può essere definita in valori assoluti o relativi. La finestra di lavoro mostra le modifiche immediatamente. Per creare il nuovo nodo, fare clic su [OK].

11.4.13 Inserire un'asta

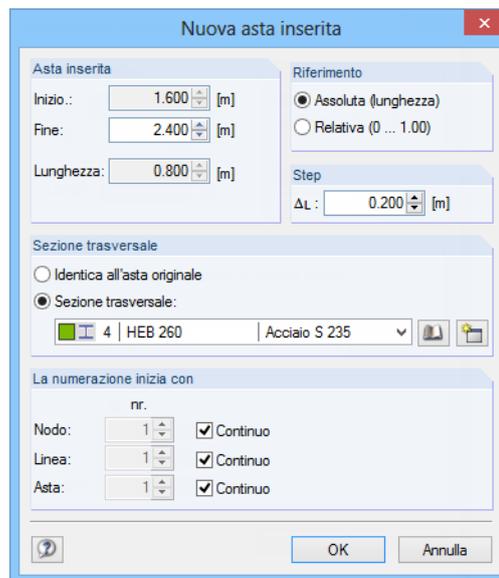
È possibile definire su un'asta esistente una sezione che ha differenti proprietà. L'asta originale sarà divisa da due nodi intermedi.

Per accedere alla funzione corrispondente

puntare su **Dati del modello** nel menu **Inserisci**, quindi selezionare **Aste Graficamente** e fare clic su **Asta inserita**.

Dopo aver selezionato l'asta, apparirà la seguente finestra di dialogo:




 Figura 11.101: Finestra di dialogo *Nuova asta inserita*

Definire entrambi i punti di divisione con un clic del mouse nell'area di lavoro. Una croce sulla posizione del puntatore indica l'attuale punto di divisione sull'asta. Le distanze che si visualizzano quando si sposta il puntatore lungo l'asta sono controllate dal campo di input *Step*.

Le posizioni x del nodo iniziale e finale sono visualizzate nei campi di immissione della sezione di dialogo *Asta inserita* dove possono essere modificate, se necessario. La *Lunghezza* dell'asta intermedia sarà visualizzata nella parte inferiore.

Con le opzioni nella sezione di dialogo *Riferimento*, si imposta se le spazature di divisione fanno riferimento alle lunghezze assolute o alle distanze relative all'inizio dell'asta.



La *Sezione trasversale* può essere anche accettata o assegnata come una *nuova* selezionata dall'elenco delle sezioni trasversali già definite. Utilizzare i pulsanti a sinistra per creare una [Nuova] sezione trasversale o per selezionare una sezione trasversale non ancora utilizzata dalla [Libreria].

La sezione di dialogo *La numerazione inizia con* gestisce la numerazione dei nuovi oggetti.

11.4.14 Assegnazione grafica delle proprietà delle aste

Utilizzare questa funzione per trasferire i criteri di definizione della sezione trasversale, dei vincoli interni e dell'eccentricità alle aste già generate.



Per accedere alla funzione corrispondente

selezionare **Dati del modello** nel menu **Inserisci**, puntare su **Aste** e selezionare **Assegna proprietà dell'asta graficamente alle aste** o

aprire il menu **Modifica**, puntare **Dati del modello** e **Aste**, dopo selezionare **Assegna proprietà alle aste graficamente**.

Apparirà la seguente finestra di dialogo:

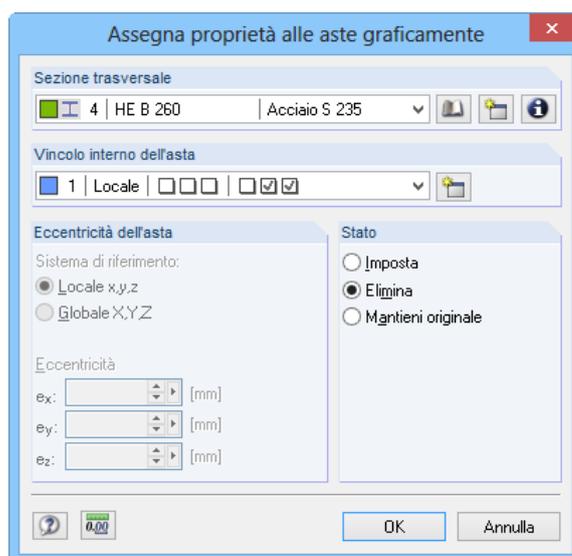


Figura 11.102: Finestra di dialogo *Assegna proprietà alle aste graficamente*



Selezionare la *Sezione trasversale* dall'elenco o utilizzare i pulsanti mostrati a sinistra per selezionare la sezione trasversale dalla [Libreria] o per crearne una [Nuova]. Se necessario, è possibile definire il *Vincolo interno dell'asta* con un elenco, ma è anche possibile creare un [Nuovo] tipo di vincolo interno (si veda paragrafo 4.14, pagina 135).

È possibile correlare l'*Eccentricità dell'asta* al sistema assiale xyz dell'asta locale o al sistema globale di coordinate XYZ. Se necessario, definire l'eccentricità nei corrispondenti campi di immissione (si veda paragrafo 4.15, pagina 142).

Con le opzioni nella sezione di dialogo *Stato* decidere se l'eccentricità dell'asta è riassegnata (*Imposta*) o rimossa (*Elimina*). Quando si seleziona *Mantieni originale*, solo la sezione trasversale e il vincolo interno dell'asta sarà cambiato ma non l'eccentricità disponibile.

Dopo aver fatto clic su [OK] si potrà vedere che le aste sono divise graficamente ad un terzo dei punti di divisione (si veda figura 4.135, pagina 137). Adesso, si possono cliccare i lati dell'asta ai quali si desidera applicare le proprietà selezionate (per esempio un vincolo interno). Fare clic sull'asta nella sua area del centro per assegnare il vincolo interno o l'eccentricità ad entrambe le estremità dell'asta.

11.4.15 Arrotondare gli angoli



Angoli e spigoli nel modello possono causare effetti di singolarità. Per aprire la finestra di dialogo per disegnare gli angoli in modo che siano più vicini alla realtà con raccordi,

selezionare **Crea spigolo arrotondato o smussato** dal menu **Strumenti**.

Non è necessario selezionare entrambe le linee precedentemente. Apparirà la seguente finestra di dialogo:



Figura 11.103: Finestra di dialogo *Crea spigolo arrotondato o smussato*

Nella sezione di dialogo *Tipo di spigolo*, si decide se la zona d'angolo sarà *Arrotondata* o *Smussata*. A seconda della selezione, è necessario inserire il raggio di raccordo r o una riduzione con le lunghezze l_1 e l_2 nella sezione di dialogo *Parametri*.

Quindi, selezionare entrambe le linee con il clic del mouse nell'area di lavoro senza chiudere la finestra di dialogo. I numeri di linea saranno visibili nella sezione di dialogo *Creare tra le linee nr.*

Quando è stata selezionata la casella di controllo per le *Taglia linee*, RFEM eliminerà le estensioni delle linee originali sovrapponendo la zona all'angolo dopo la creazione dell'arco, o della nuova linea. L'opzione *Elimina spigolo* rimuove anche il nodo in un angolo.

11.4.16 Divisione di una superficie



Le superfici possono essere suddivise in componenti superficiali se è soddisfatta una delle seguenti condizioni:

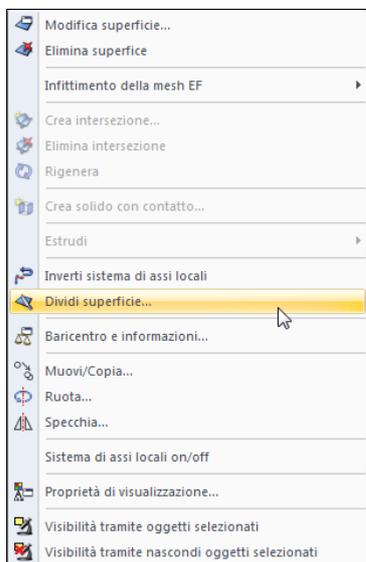
- la superficie è definita da quattro linee e non angoli rientranti. Le linee non sono linee di intersezione, curve di traiettorie o oggetti simili.
- la superficie è una superficie di rotazione con un angolo di rotazione di $\alpha < 360^\circ$.

Per dividere una superficie, fare clic su di essa con il pulsante destro e selezionare *Dividi superficie* nel menu contestuale.

Ci sarà un'anteprima nella finestra di dialogo *Dividi superficie* (si veda Figura 11.104) suggerendo una divisione che illustra i parametri predefiniti. La impostazione dei parametri e il grafico del dialogo sono interattivi: quando si modifica il *Numero di divisioni* per le linee di confine A + C e B + D, il grafico mostrerà la nuova sotto-superficie immediatamente.

È possibile definire una *Distanza relativa* per ogni linea di divisione. Si possono definire anche criteri di divisione irregolari.

Nel grafico della finestra, è possibile utilizzare le funzioni comuni del mouse come le funzioni di zoom o rotazione per cambiare la visualizzazione (si veda paragrafo 3.4.9, pagina 37).



Menu di scelta rapida della superficie

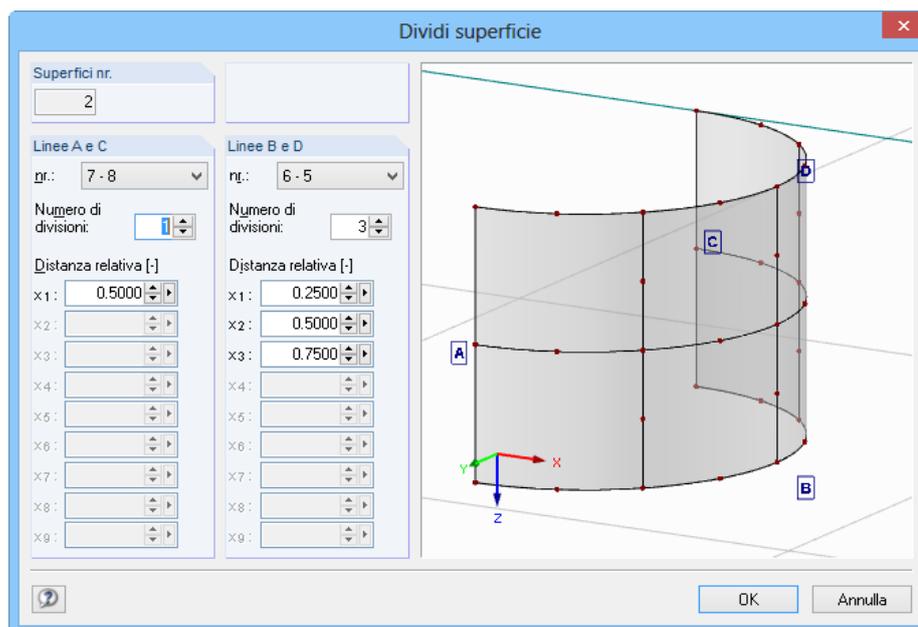


Figura 11.104: Finestra di dialogo *Dividi superficie*

11.4.17 Creare una tangente ai cerchi



È possibile creare facilmente una tangente ad un arco o un cerchio utilizzando lo snap ad oggetto (si veda paragrafo 11.3.3, pagina 463). Un'altra funzione speciale consente di trovare le tangenti anche per due cerchi o archi circolari. Per aprire la finestra di dialogo corrispondente,

selezionare **Tangente a due cerchi/archi** nel menu **Strumenti**.

Apparirà la seguente finestra di dialogo:

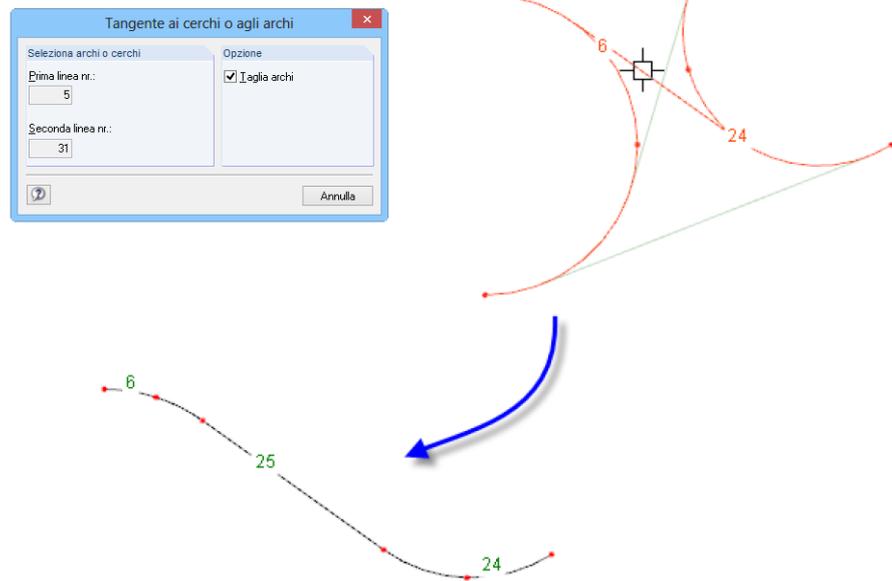


Figura 11.105: Finestra di dialogo *Tangente a cerchi o agli archi* (sopra) con risultato (sotto)

Prima di tutto, cliccare le linee dei cerchi o degli archi una dopo l'altra nell'area di lavoro. RFEM disegna le possibili tangenti sotto forma di linee grigie. Ora, fare clic sulla linea pertinente. RFEM divide la linea circolare o l'arco con dei nodi e crea la tangente come una nuova linea.

Selezionando la casella di controllo per *Taglia archi* è possibile rimuovere sezioni di linee eccedenti (si veda figura sopra).

11.4.18 Cambiare la numerazione

La numerazione regolare e strutturale si dimostra utile nella modellazione strutturale nonché nelle valutazioni. Tuttavia, le immissioni grafiche e le successive modifiche possono sconvolgere la numerazione.

Vi sono tre opzioni per aggiustare l'ordine della numerazione successivamente. Per accedere alle funzioni corrispondenti,

selezionare **Rinumera** nel menu degli **Strumenti**.

Questo non crea un problema per i carichi se si cambia la numerazione perché il carico assegnato sarà automaticamente trasferito ai nuovi numeri degli oggetti.

Singolarmente



Figura 11.106: Finestra di dialogo *Rinumera - Singolarmente*

Nella sezione di dialogo *Oggetto da rinumerare*, si imposta se saranno rinumerati i nodi, le linee, le aste o gli altri oggetti strutturali selezionati dall'elenco. Specificare il numero di partenza della nuova numerazione, nonché l'incremento nella sezione di dialogo *Rinumerozione*.

Chiudi

Dopo la chiusura della finestra di dialogo con il pulsante [Chiudi], è possibile selezionare gli oggetti rilevanti uno dopo l'altro nella finestra di lavoro. Si noti che RFEM può assegnare solo i numeri liberi che non sono stati ancora assegnati.

Automaticamente

All'inizio, selezionare i nodi, le linee e le aste (si veda paragrafo 11.2.1, pagina 453) di cui si desidera modificare la numerazione. Quindi, aprire la seguente finestra di dialogo.

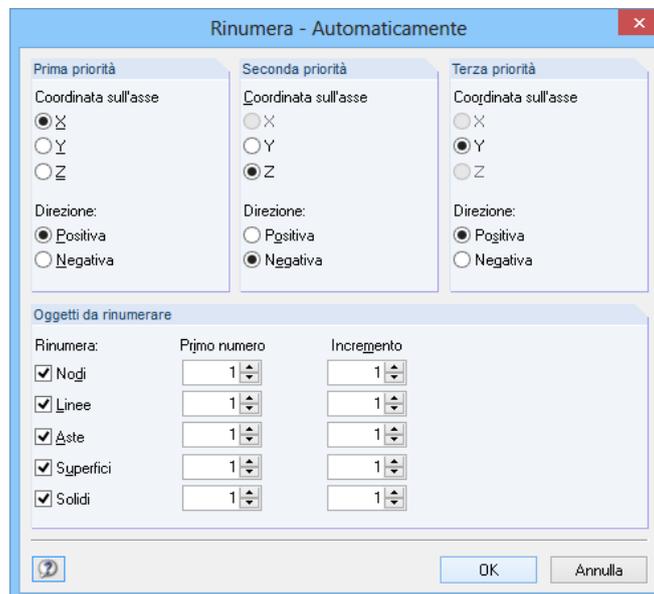


Figura 11.107: Finestra di dialogo *Rinumera - Automaticamente* per i nodi, le linee e le aste

Specificare la *Priorità* delle direzioni globali X, Y e Z per la nuova numerazione. Inoltre, sarà necessario decidere se la numerazione crescente sarà applicata in *Direzione* del rispettivo asse positivo o negativo.

Nell'esempio di cui sopra, i nodi (così come le linee e le aste) con le coordinate X più piccole riceveranno i nuovi numeri per primi. I nodi sono elaborati nella direzione positiva X. Se due nodi hanno le coordinate X identiche, la seconda priorità decide quale nodo riceverà il numero inferiore: questo sarà il nodo con la coordinata Y minore. Nel caso che le coordinate Y sono identiche, anche, la terza priorità è quella decisiva.

La sezione di dialogo *Oggetti da rinumerare* determina quali oggetti saranno rinumerati e quali numeri di partenza e incrementi saranno utilizzati per la rinumerazione. I numeri già assegnati non devono essere riassegnati. Tuttavia, RFEM consente l'utilizzo di numeri che sono stati assegnati prima di cambiare i numeri ma diventano inutilizzati durante la rinumerazione.

Spostando

All'inizio, selezionare gli oggetti la cui numerazione si desidera modificare. Si aprirà la seguente finestra di dialogo puntando su *Rinumera* nel menu *Strumenti*.

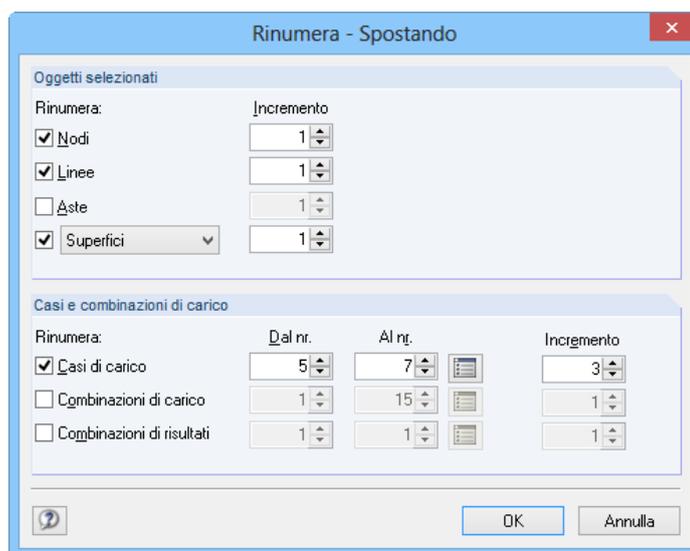
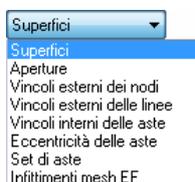


Figura 11.108: Finestra di dialogo *Rinumera - Spostando*



Nella sezione di dialogo *Oggetti selezionati*, definire gli oggetti che si desidera rinumerare: oltre ai nodi, le linee e le aste, è possibile selezionare altri oggetti strutturali in un elenco. Nella colonna *Incremento* a destra, è possibile specificare un valore in base al quale i numeri degli oggetti selezionati saranno aggiornati. Utilizzare gli incrementi negativi per diminuire la numerazione. Assicurarsi che nessun numero sia minore di 1.

Nella sezione di dialogo *Casi di carico e combinazioni*, è possibile modificare la numerazione dei casi di carico, delle combinazioni di carico e di risultati. Specificare i loro numeri sotto forma di un elenco nelle colonne *Da nr.* e *A nr.*. La colonna *Incremento* a destra gestisce il valore dei numeri dei carichi che saranno aggiornati.

Dopo aver fatto clic su [OK] i numeri saranno spostati. Si noti che solo i numeri che non sono stati ancora assegnati, possono essere assegnati ai diversi oggetti strutturali e di carico.

11.5 Funzioni delle tabelle

11.5.1 Funzioni di modifica

Le funzioni di modifica sono strumenti che rendono l'inserimento dei dati nelle tabelle più facile (si veda paragrafo 3.4.4, pagina 26). A differenza delle funzioni di selezione descritte nel paragrafo 11.5.2 seguente, non è necessario selezionare le celle in precedenza. Le funzioni di modifica riguardano solo la cella in cui si trova il puntatore.

Per attivare e disattivare le tabelle,

selezionare **Visualizza** nel menu della **Tabella**.

oppure si utilizzi il pulsante della barra degli strumenti mostrato sulla sinistra.



Accesso alle funzioni di modifica

Per attivare le funzioni di modifica di una tabella, posizionare il puntatore in una cella della tabella. Per accedere alle funzioni di modifica, puntare su **Modifica** nel menu **Tabella**.



Alcune funzioni di modifica sono disponibili nella barra degli strumenti della tabella.



Figura 11.109: Pulsanti per varie funzioni di modifica nella barra degli strumenti della tabella

In alternativa, si utilizza il menu contestuale della tabella per accedere alle funzioni.

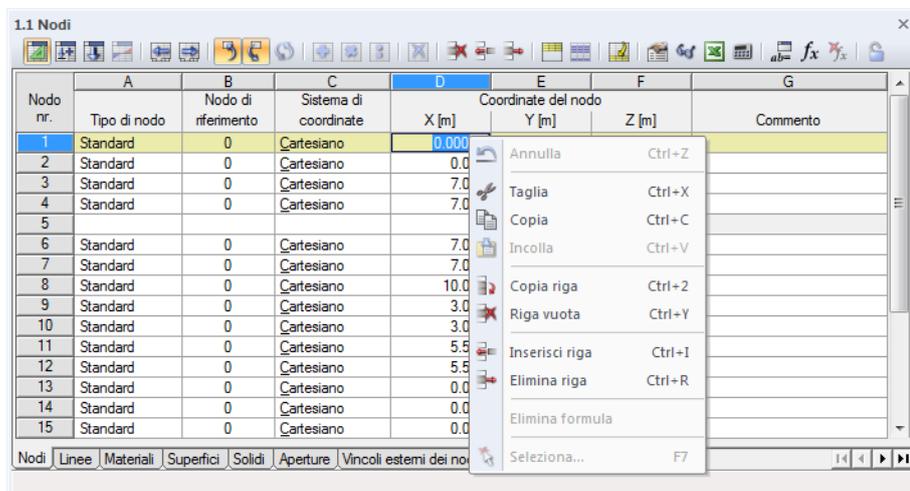


Figura 11.110: Funzioni di modifica nel menu contestuale della tabella

Funzioni e comandi

Funzione	Effetto
Taglia [Ctrl+X]	Elimina il contenuto della cella e lo salva negli appunti
Copia [Ctrl+C]	Copia il contenuto della negli appunti
Incolla [Ctrl+V]	Inserisce i contenuti degli appunti nella cella Se i contenuti degli appunti sono più grandi della cella, le celle e le righe delle successive colonne della tabella saranno sovrascritte. Si visualizzerà un avviso prima di procedere
Copia riga [Ctrl+2]	Sovrascrive la riga successiva con i contenuti della riga attuale
Svuota riga [Ctrl+Y] 	Elimina i contenuti della riga senza eliminare la riga stessa
Inserisci riga [Ctrl+I] 	Inserisce una nuova riga vuota. Le righe successive saranno spostate verso il basso.
Elimina riga [Ctrl+R] 	Elimina la riga attiva. Le righe successive saranno spostate verso il basso.
Trova [Ctrl+F]	Cerca un numero o una stringa all'interno di una tabella
Sostituisci [Ctrl+H]	Ricerca un numero o una stringa all'interno di una tabella e la rimpiazza con un'altra voce
Svuota tabella	Elimina i contenuti della tabella attuale completamente senza avviso
Svuota tutte le tabelle	Elimina il contenuto di tutte le tabelle
Seleziona [F7]	Apri un elenco per la selezione in cella
Aggiorna grafici 	Trasferisce le modifiche inserite nella tabella d alla grafica
Modifica nella finestra di dialogo	Apri una finestra di dialogo dove si possono inserire i dati della riga attuale.

Tabella 11.8: Funzioni di modifica

11.5.2 Funzioni di selezione

Le funzioni di selezione sono strumenti che rendono più facile l'inserimento dei dati nelle tabelle. Al contrario delle le funzioni di modifica descritte nel paragrafo 11.5.1, si devono selezionare prima più celle collegate, come una *Selezione*.

Sistema di coordinate	Coordinate del nodo		
	X [m]	Y [m]	Z [m]
Cartesiano	0.000	6.000	0.000
Cartesiano	7.000	6.000	0.000
Cartesiano	7.000	0.000	0.000
Cartesiano	10.000	3.000	0.000
Cartesiano	7.000	6.000	4.000
Cartesiano	7.000	0.000	4.000
Cartesiano	10.000	3.000	4.000
Cartesiano	3.000	1.000	0.000
Cartesiano	3.000	2.000	0.000

Figura 11.111: Selezione

Non è importante se le celle sono vuote o riempite di contenuto. Una funzione di selezione modifica completamente il contenuto delle celle selezionate.

Accesso alle funzioni di selezione

Prima di tutto, evidenziare una selezione come un blocco di celle contigue nella tabella: spostare il mouse su alcune celle tenendo premuto il tasto sinistro del mouse. Un clic su una intestazione della tabella (A, B, C ...) seleziona l'intera colonna della tabella. Per selezionare l'intera riga della tabella, fare clic sul numero di riga a sinistra.

Per accedere alle funzioni di selezione,

selezionare **Selezione** nel menu della **Tabella**.



Alcune funzioni di selezione sono disponibili nella barra degli strumenti della tabella.



Figura 11.112: Pulsanti per varie funzioni di selezione nella barra degli strumenti della tabella

In alternativa, utilizzare il menu contestuale nella tabella per accedere alle funzioni.

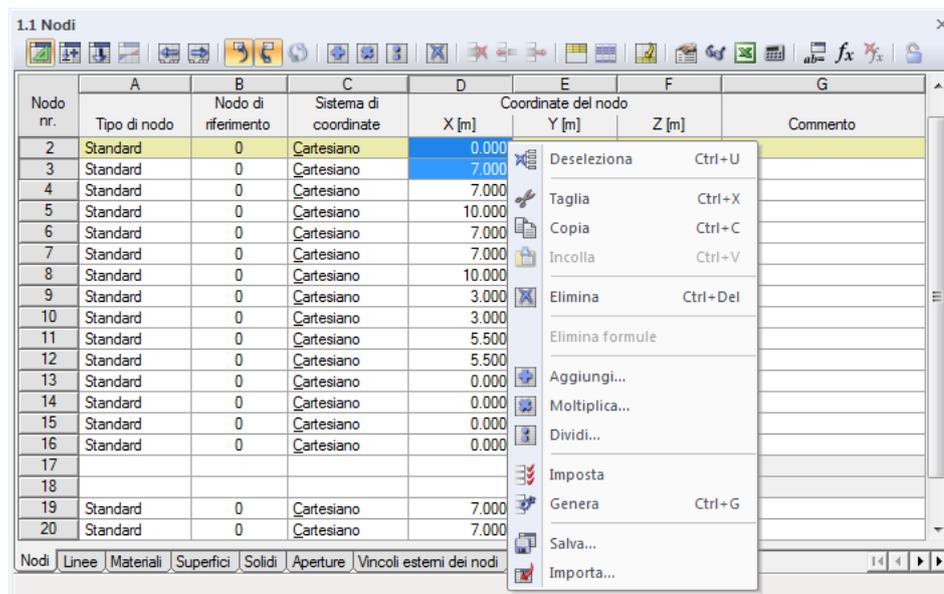


Figura 11.113: Funzioni di selezione nel menu contestuale della tabella

Funzioni e comandi

Funzione	Effetto
Deseleziona [Ctrl+D]	Annulla la selezione della riga o della colonna
Taglia [Ctrl+X]	Rimuove il contenuto della cella selezionata e lo salva negli appunti
Copia [Ctrl+C]	Copia il contenuto della selezione negli appunti
Incolla [Ctrl+V]	Inserisce il contenuto degli appunti nella tabella Il comando è solo disponibile se gli appunti contengono dati appropriati (per esempio da Excel).
Elimina [Ctrl+Canc] 	Elimina tutto il contenuto delle celle selezionate
Aggiungi 	Aggiunge o sottrae valori numerici alle celle
Moltiplica 	Moltiplica i valori numerici delle celle per un coefficiente
Dividi 	Divide i valori numerici delle celle con un numero
Configura	Assegna il valore della prima cella a tutte le celle della selezione
Genera [Ctrl+G]	Utilizzato per le celle con valori numerici. Genera celle tra la prima e l'ultima cella selezionata mediante l'interpolazione di entrambi i valori di base (vedere l'esempio sotto).
Salva	Salva la selezione come file
Importa	Importa la selezione salvata come file

Tabella 11.9: Funzioni di selezione

Esempio: Generare i valori delle celle

Utilizzare questa funzione per riempire le celle vuote rapidamente. I valori intermedi si determinano con una interpolazione lineare dal valore iniziale della cella superiore (per esempio 6.000) e il valore finale della cella in fondo (per esempio 30.000).

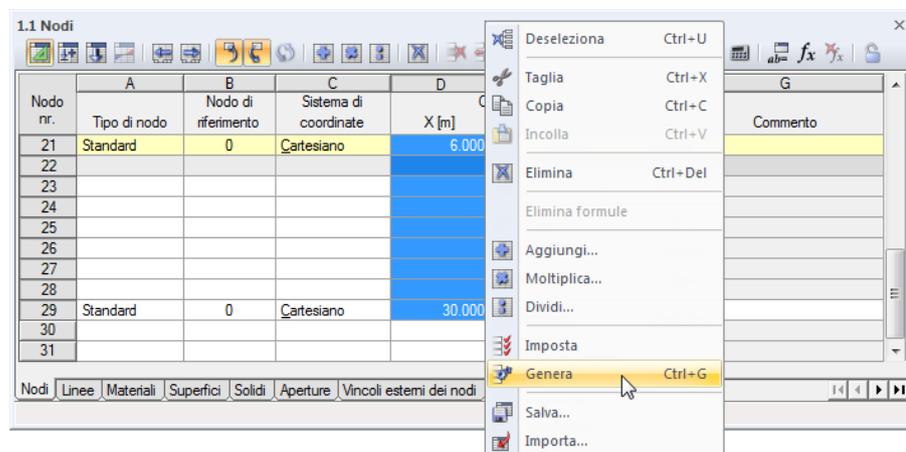
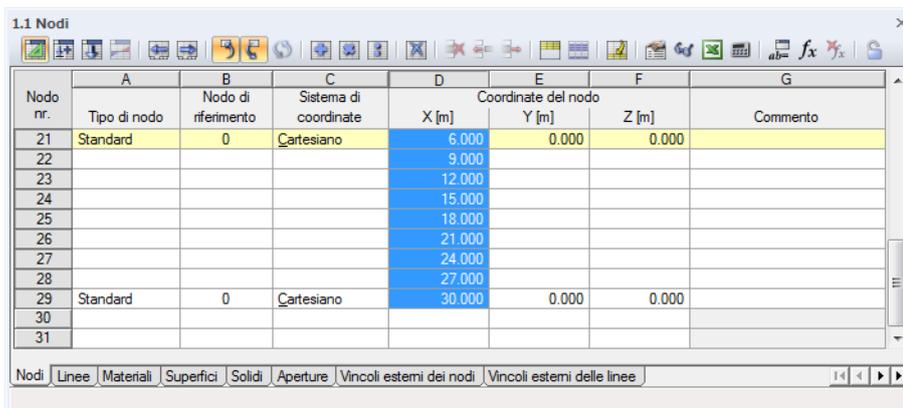


Figura 11.114: Menu contestuale della selezione

Quando si applica la funzione **Genera**, nelle celle intermedie saranno presenti i valori interpolati.



Nodo nr.	A	B	C	E			G
	Tipo di nodo	Nodo di riferimento	Sistema di coordinate	Coordinate del nodo			
				X [m]	Y [m]	Z [m]	Commento
21	Standard	0	Cartesiano	6.000	0.000	0.000	
22				9.000			
23				12.000			
24				15.000			
25				18.000			
26				21.000			
27				24.000			
28				27.000			
29	Standard	0	Cartesiano	30.000	0.000	0.000	
30							
31							

Figura 11.115: Risultato

11.5.3 Funzioni di visualizzazione

La tabella può essere modificata da diverse funzioni di visualizzazione per migliorare la panoramica dei dati nella tabella.

Accesso alle funzioni di visualizzazione

Per accedere alle funzioni della vista,

selezionare **Visualizza** nel menu **Tabella** o

selezionare **Ottimizza dati dei carichi** nel menu della **Tabella**.



Alcune funzioni di visualizzazione sono disponibili nella barra degli strumenti della tabella.



Figura 11.116: Pulsanti per varie funzioni di visualizzazione nella tabella degli strumenti

Funzioni

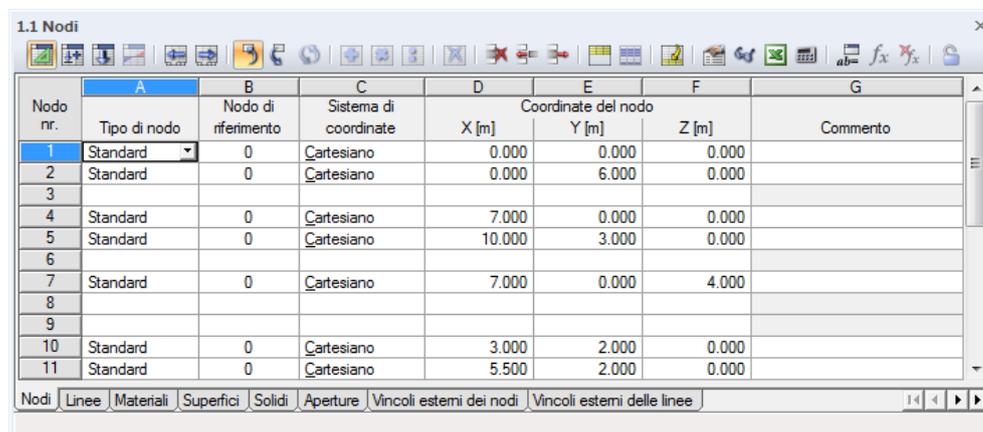
Funzione	Effetto
Solo righe riempite 	Nasconde tutte le righe vuote della tabella
Solo righe evidenziate 	Mostra solo le righe selezionate
Solo oggetti selezionati 	Mostra solo gli oggetti selezionati nell'area di lavoro
Seleziona oggetti associati 	In aggiunta ai carichi, saranno anche selezionati gli oggetti strutturali relativi (i nodi, le superfici, le aste ecc.) nell'area di lavoro. Solo disponibile nelle tabelle dei dati di carico 3.
Comprimi dati 	Riepiloga oggetti con gli stessi carichi in un'unica riga della tabella dei carichi
Decomprimi dati	Elenca i carichi per ciascun oggetto individualmente

	
Filtro dei risultati 	La tabella di output può essere limitata a particolari tipi di risultati (si veda paragrafo 11.5.5, pagina 517).
Informazioni sulla sezione trasversale 	Mostra valori caratteristici della sezione trasversale corrente
Mostra i diagrammi dei risultati 	Visualizza i risultati delle aste selezionate graficamente in una nuova finestra (si veda paragrafo 9.5, pagina 373)
Barre colorate 	Attiva o disattiva la visualizzazione delle barre rosse e blu nella tabella
Barra del titolo	Attiva o disattiva la barra del titolo
Barra degli strumenti	Attiva o disattiva la barra degli strumenti
Barra della colonna	Attiva e disattiva le intestazioni delle colonne (A, B, C, ...)
Barra di stato	Attiva o disattiva la barra di stato della tabella
Evidenzia riga della tabella	La riga della tabella in cui si trova il puntatore si evidenzia con colori o non sarà evidenziata.

Tabella 11.10: Funzioni di vista

Esempio: Solo righe riempite

Una tabella contiene righe vuote il che può dare fastidio nella visione panoramica della tabella.



Nodo nr.	A	B	C	Coordinate del nodo			G
	Tipo di nodo	Nodo di riferimento	Sistema di coordinate	X [m]	Y [m]	Z [m]	
1	Standard	0	Cartesiano	0.000	0.000	0.000	
2	Standard	0	Cartesiano	0.000	6.000	0.000	
3							
4	Standard	0	Cartesiano	7.000	0.000	0.000	
5	Standard	0	Cartesiano	10.000	3.000	0.000	
6							
7	Standard	0	Cartesiano	7.000	0.000	4.000	
8							
9							
10	Standard	0	Cartesiano	3.000	2.000	0.000	
11	Standard	0	Cartesiano	5.500	2.000	0.000	

Figura 11.117: Tabella con righe vuote



Utilizzare il pulsante *Solo righe compilate* per nascondere tutte le righe vuote.

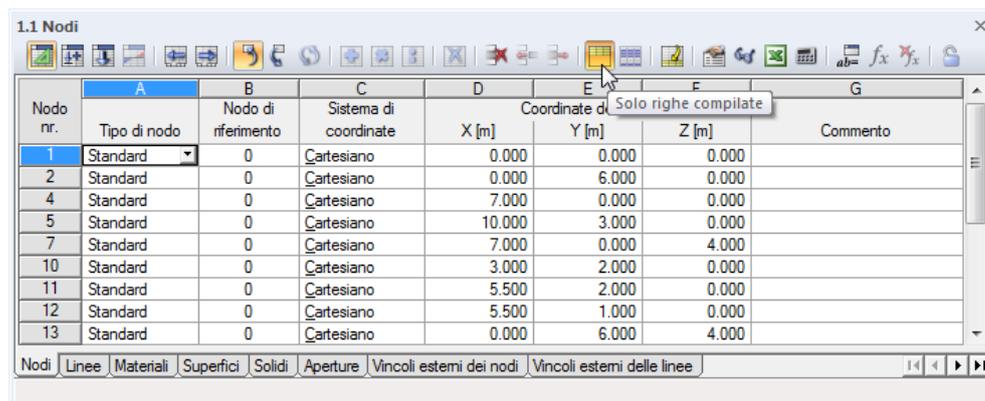


Figura 11.118: Tabella senza righe vuote

11.5.4 Impostazioni della tabella

È possibile modificare il tipo di carattere e il colore utilizzato nelle tabelle. Inoltre, è possibile sincronizzare la selezione tra l'area di lavoro e la tabella.

Accesso alle impostazioni della tabella



Per accedere le opzioni delle impostazioni, selezionare **Impostazioni** nel menu della **Tabella**.

Per attivare e disattivare la sincronizzazione della selezione, è possibile utilizzare anche i pulsanti della barra degli strumenti della tabella.

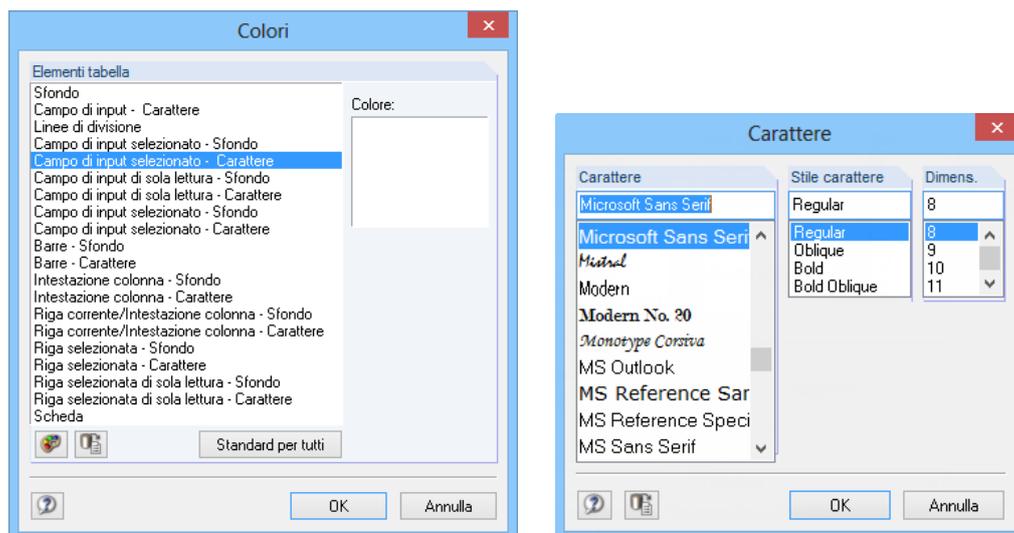


Figura 11.119: Pulsanti Sincronizzazione selezione

Funzioni

Funzione	Effetto
Colori	Aprire la finestra di dialogo <i>Colori</i> (figura 11.120). I colori dei singoli oggetti della tabella possono essere modificati separatamente.
Caratteri	Aprire la finestra di dialogo <i>Caratteri</i> (figura 11.120). Il carattere, lo stile e la dimensione del carattere si può modificare a livello globale per tutti gli oggetti della tabella.
Seleziona l'oggetto corrente nell'area di lavoro 	La funzione è attiva per impostazione predefinita: gli oggetti della riga della tabella selezionata dal puntatore sono selezionati anche nell'area di lavoro.
Mostra oggetti selezionati nelle tabelle 	La funzione è attiva per impostazione predefinita: gli oggetti selezionati nell'area di lavoro sono evidenziati nella tabella.

Tabella 11.11: Impostazioni della tabella

Figura 11.120: Finestra di dialogo *Colori* e *Carattere*

11.5.5 Funzioni di filtro

Le varie funzioni di filtro consentono di valutare le forze interne e le forze di contatto e gli spostamenti generalizzati in particolare nelle tabelle dei risultati delle aste. Inoltre, sono disponibili le opzioni di filtro per le forze dei vincoli esterni delle linee e dei nodi delle combinazioni dei risultati (si veda paragrafo 8.1, pagina 296 e paragrafo 8.3, pagina 302).

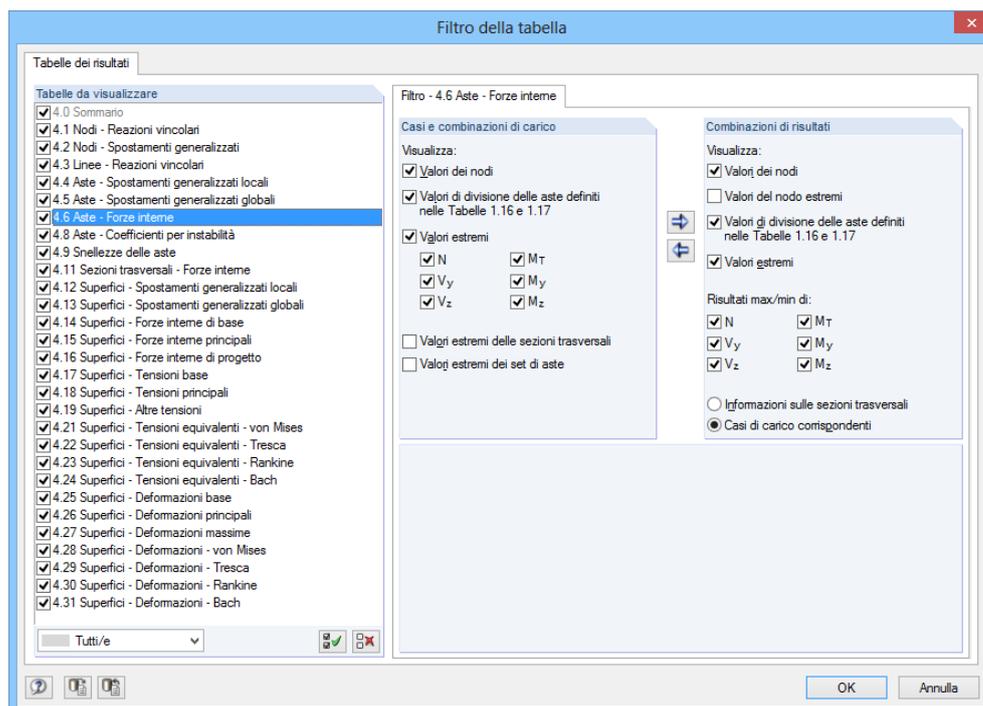
Accesso alle funzioni di filtro

Per accedere alle funzioni di filtro,

selezionare **Visualizza** nel menu **Tabella**, e cliccare su **Filtro dei risultati**, oppure si utilizzi il pulsante nella barra degli strumenti della tabella mostrato sulla sinistra.

Figura 11.121: Pulsante *Filtro dei risultati*

Apparirà la seguente finestra di dialogo:

Figura 11.122: Finestra di dialogo *Filtro della tabella*

Selezionare i risultati pertinenti nella sezione di dialogo *Tabelle da visualizzare*. Quindi, utilizzare la scheda di dialogo sulla destra per determinare quali valori saranno mostrati numericamente.

Quando è stata impostata la tabella per le forze interne delle aste, sarà possibile definire separatamente per i *Casi e le combinazioni di carico* e le *Combinazioni dei risultati* se visualizzare i *Valori dei nodi* (inizio asta e fine asta), i *Valori di divisione delle aste* (punti intermedi della divisione dell'asta definita dall'utente, si veda paragrafo 4.16) come pure i *Valori estremi* delle aste sono riportate nella tabella. Si deve selezionare almeno una delle sei caselle di controllo per le forze interne. Le forze interne selezionate sono mostrate nelle posizioni dei valori dei risultati che sono attivate da un segno di spunta.

Appariranno due valori dei risultati in ogni posizione per le combinazione dei risultati, le forze interne minime e massime con le forze interne corrispondenti.

Utilizzare i pulsanti mostrati a sinistra per trasferire i criteri di filtro da una sezione di dialogo all'altra.



Esempio

Una divisione dell'asta con due punti intermedi è stata definita per l'asta 11 che ha una lunghezza di 6,70 m. Le impostazioni del filtro per le combinazioni dei risultati visibile nella figura 11.122 ha come risultato la seguente tabella dei risultati *4.6 Aste - Forze interne*.

4.6 Aste - Forze interne

CR1 - Combinazione d

Asta nr.	A Nodo nr.	B Posizione x [m]	C	E Forze [kN]			G M _T	H Momenti [kNm]		I M _Z	J Casi di carico corrispondenti
				N	V _y	V _z		M _y	M _z		
11	16	0.000	max M _y	-15.09	0.02	21.24	0.00	-20.12	0.02	CO2	
			min M _y	-21.08	1.45	31.62	-0.02	-30.03	-0.11	CO14	
			max M _y	-15.09	0.02	21.24	0.00	-20.12	0.02	CO2	
			min M _y	-21.08	1.45	31.62	-0.02	-30.03	-0.11	CO14	
			max M _y	-15.77	1.27	10.70	-0.01	18.63	-4.64	CO2	
			min M _y	-19.33	0.01	6.86	-0.01	9.99	-0.02	CO14	
	2.233		max M _y	-15.78	0.00	0.06	-0.02	24.64	-5.39	CO2	
			min M _y	-19.34	0.00	-0.27	-0.01	13.67	-0.02	CO14	
			max M _y	-15.78	0.00	0.06	-0.02	24.64	-5.39	CO2	
			min M _y	-19.34	0.00	-0.27	-0.01	13.67	-0.02	CO14	
			max M _y	-15.77	-1.27	-10.60	-0.02	18.75	-4.63	CO2	
			min M _y	-19.33	-0.01	-7.41	-0.01	9.38	-0.01	CO14	
	3.350		max M _y	-12.38	-2.30	-21.83	0.02	-20.58	-0.27	CO2	
			min M _y	-22.71	-0.04	-31.68	0.00	-31.17	0.04	CO14	
			max M _y	-12.38	-2.30	-21.83	0.02	-20.58	-0.27	CO2	
			min M _y	-22.71	-0.04	-31.68	0.00	-31.17	0.04	CO14	
			Max M _y	-15.78	0.00	0.06	-0.02	24.64	-5.39	CO2	
			Min M _y	-22.71	-0.04	-31.68	0.00	-31.17	0.04	CO14	
	4.467		max M _y	-12.38	-2.30	-21.83	0.02	-20.58	-0.27	CO2	
			min M _y	-22.71	-0.04	-31.68	0.00	-31.17	0.04	CO14	
			max M _y	-12.38	-2.30	-21.83	0.02	-20.58	-0.27	CO2	
			min M _y	-22.71	-0.04	-31.68	0.00	-31.17	0.04	CO14	
			Max M _y	-15.78	0.00	0.06	-0.02	24.64	-5.39	CO2	
			Min M _y	-22.71	-0.04	-31.68	0.00	-31.17	0.04	CO14	
	6.700		max M _y	-12.38	-2.30	-21.83	0.02	-20.58	-0.27	CO2	
			min M _y	-22.71	-0.04	-31.68	0.00	-31.17	0.04	CO14	
			max M _y	-12.38	-2.30	-21.83	0.02	-20.58	-0.27	CO2	
			min M _y	-22.71	-0.04	-31.68	0.00	-31.17	0.04	CO14	
			Max M _y	-15.78	0.00	0.06	-0.02	24.64	-5.39	CO2	
			Min M _y	-22.71	-0.04	-31.68	0.00	-31.17	0.04	CO14	
	20		max M _y	-12.38	-2.30	-21.83	0.02	-20.58	-0.27	CO2	
			min M _y	-22.71	-0.04	-31.68	0.00	-31.17	0.04	CO14	
			max M _y	-12.38	-2.30	-21.83	0.02	-20.58	-0.27	CO2	
			min M _y	-22.71	-0.04	-31.68	0.00	-31.17	0.04	CO14	
			Max M _y	-15.78	0.00	0.06	-0.02	24.64	-5.39	CO2	
			Min M _y	-22.71	-0.04	-31.68	0.00	-31.17	0.04	CO14	

Aste - Spostamenti generalizzati globali | Aste - Forze interne | Snellezze delle aste | Set di aste - Forze interne | Sezioni trasversali - Forze interne

Figura 11.123: I risultati filtrati con valori dei nodi, punti di divisione e i valori estremi M_y

La colonna della tabella H mostra il valore massimo e minimo dei momenti flettenti M_y sui nodi e sui punti di divisione nonché i valori estremi assoluti in grassetto. Questi ultimi appaiono con una lettera maiuscola iniziale come *Max M_y* e *Min M_y*, alla fine dell'elenco (si vedano le celle marcate nella figura sopra). I valori di altre colonne rappresentano le forze corrispondenti interne dei rispettivi valori massimi e minimi.

11.5.6 Tabelle di importazione e esportazione

Una tabella di Microsoft Excel o Open Office.org Calc si può importare direttamente nella tabella corrente di immissione di RFEM. I programmi coinvolti devono essere aperti. È inoltre possibile esportare la tabella corrente di RFEM, tutta o in parte, in Excel o Open Office.org Calc.

Accesso alle funzioni d'importazione e di esportazione

Per applicare la funzione di importazione o esportazione, fare clic sul pulsante [Esporta/importa tabella] nella barra degli strumenti delle tabelle.



1.1 Nodi

Nodo nr.	A	B	C	E			G
	Tipo di nodo	Nodo di riferimento	Sistema di coordinate	Coordinate del nodo			Commento
				X [m]	Y [m]	Z [m]	

Figura 11.124: Pulsante *Esporta/importa tabella* nella barra degli strumenti delle tabelle

Utilizzare questo pulsante per aprire la finestra di dialogo *Esporta tabella* e *Importa tabella*.

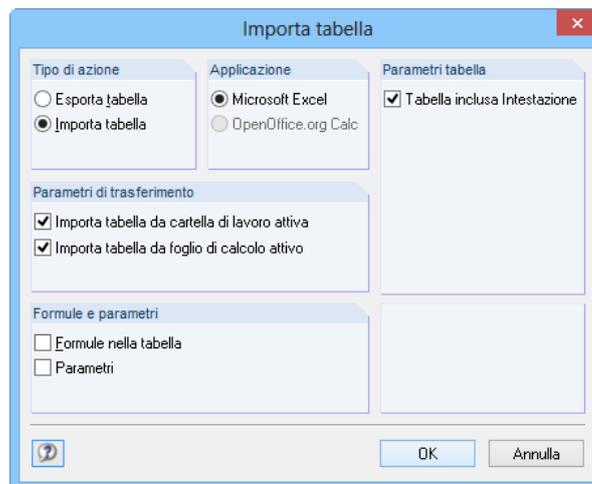


Figura 11.125: Finestra di dialogo *Importa tabella*

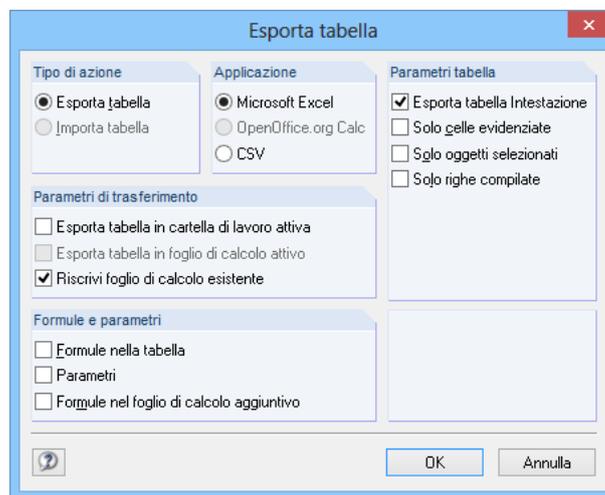


Figura 11.126: Finestra di dialogo *Esporta tabella*

Tabella di importazione

È necessario aprire la cartella di lavoro di MS Excel o OpenOffice prima dell'importazione. Se vi sono delle intestazioni nei fogli di lavoro, si selezioni la casella di spunta per *Includi intestazioni tabella*. Quindi, le intestazioni saranno ignorate durante l'importazione. Solo gli elenchi saranno importati nelle tabelle di RFEM.

Nella sezione di dialogo *Applicazione*, è possibile scegliere tra i fogli di calcolo di Microsoft Excel e OpenOffice.org Calc.

La sezione di dialogo *Parametri di trasferimento* specifica se sarà importata la cartella di lavoro attiva o solo il foglio di lavoro attivo. Quando si importa una cartella di lavoro completa, l'ordine e la struttura dei fogli di lavoro devono essere completamente coerenti con le tabelle di RFEM.

Nella sezione di dialogo *Formule e parametri*, è possibile decidere se formule memorizzate in Excel o OpenOffice saranno importate, proprio quando avviene lo scambio di dati.

Fare clic su [OK] per avviare l'importazione.



Se si desidera importare solo parti determinate del foglio di lavoro, si consiglia di utilizzare la funzione copia: selezionare l'area di interesse nella tabella di Excel e copiarlo negli appunti con

[Ctrl]+[C]. Poi, posizionare il puntatore nella cella corrispondente della tabella di RFEM e inserire il contenuto degli appunti con [Ctrl]+[V].

Tabella di esportazione

Per esportare le tabelle di RFEM, non è necessario avviare precedentemente MS Excel o Open Office.org Calc.

Nella sezione di dialogo *Applicazione*, sono disponibili i fogli di calcolo di MS Excel e OpenOffice.org Calc per la selezione. In aggiunta, è possibile creare un file CSV dal foglio di calcolo (si veda paragrafo 4.13, pagina 134).

Nella sezione di dialogo *Parametri tabella*, specificare inoltre, se saranno esportate le intestazioni. Quando è stata selezionata la casella di controllo *Con intestazioni*, il risultato in Excel si presenterà come qui sotto:

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Nodo		Nodo di riferimento	Sistema di coordinate	Coordinate del nodo			
2	nr.	Tipo di nodo			X [m]	Y [m]	Z [m]	Commento
3	1	Standard	0	Cartesiano	0,000	0,000	0,000	
4	2	Standard	0	Cartesiano	0,000	6,000	0,000	
5	3	Standard	0	Cartesiano	7,000	6,000	0,000	
6	4	Standard	0	Cartesiano	7,000	0,000	0,000	
7	5	Standard	0	Cartesiano	10,000	3,000	0,000	
8	6	Standard	0	Cartesiano	7,000	6,000	4,000	
9	7	Standard	0	Cartesiano	7,000	0,000	4,000	
10	8	Standard	0	Cartesiano	10,000	3,000	4,000	
11	9	Standard	0	Cartesiano	3,000	1,000	0,000	
12	10	Standard	0	Cartesiano	3,000	2,000	0,000	
13	11	Standard	0	Cartesiano	5,500	2,000	0,000	
14	12	Standard	0	Cartesiano	5,500	1,000	0,000	
15	13	Standard	0	Cartesiano	0,000	6,000	4,000	
16	14	Standard	0	Cartesiano	0,000	0,000	4,000	
17	15	Standard	0	Cartesiano	0,000	0,000	-3,000	
18	16	Standard	0	Cartesiano	0,000	6,000	-3,843	

Figura 11.127: Tabella di Excel con le intestazioni esportate

Quando si deseleziona la casella di controllo, solo il contenuto della tabella sarà trasferito in Excel.

Con l'opzione *Solo celle evidenziate*, è possibile esportare il contenuto della tabella selezionata (si veda paragrafo 11.5.2, pagina 511).

Utilizzare la casella di controllo *Solo oggetti selezionati* per l'esportazione dei dati o dei risultati dei numeri delle righe selezionate. La selezione è facilitata dalla sincronizzazione della selezione tra grafica e tabella (si veda paragrafo 11.5.4, pagina 516).

L'opzione *Solo righe compilate* controlla l'esportazione delle righe vuote.

Nella sezione di dialogo *Parametri di trasferimento*, è possibile definire le tabelle di destinazione dove i dati verranno scritti. Quando la prima casella di controllo è disattivata, RFEM creerà una nuova cartella di lavoro. Con l'opzione *Esporta tabella nella cartella di lavoro attiva*, è possibile utilizzare il foglio di lavoro attuale del foglio di calcolo. Se è spuntata la casella di controllo *Riscrivi foglio di calcolo esistente*, RFEM cercherà nella cartella di lavoro una tabella con lo stesso nome in RFEM e la sovrascriverà.

Utilizzando le caselle di controllo nella sezione di dialogo *Formule e parametri*, è possibile decidere se e come le formule salvate in RFEM saranno esportate.

Per avviare l'esportazione della tabella attuale di RFEM, fare clic su [OK].



Per trasferire più tabelle tutte in una volta in Excel o OpenOffice.org Calc, si consiglia di selezionare **Esporta** nel menu **File** (si veda paragrafo 12.5.2, pagina 609). Quindi, sarà possibile selezionare le relative tabelle in una finestra di dialogo.

11.6 Immissione parametrizzata

11.6.1 Concetto

Le immissioni parametrizzate per il modello e i dati di carico fanno uso di variabili (ad esempio lunghezza, larghezza, carico da traffico, ecc.) che sono chiamati "parametri" e memorizzate in un **elenco di parametri**.

I parametri possono essere utilizzati nelle formule per determinare un valore numerico. Le formule sono modificate nell'**editore di formule**. Se un parametro viene modificato nell'elenco dei parametri, i risultati di tutte le formule che utilizzano questo parametro saranno modificate.

L'immissione parametrizzata è utile per progetti dove saranno eseguite numerosi cambiamenti. Le formule memorizzate sono facili da seguire e portano più chiarezza a strutture complesse. L'immissione di parametri è anche molto adatta quando si eseguono delle modifiche a strutture ricorrenti che sono simili tra loro nel progetto: è sufficiente aprire un file di modello e modificare i parametri.

11.6.2 Elenco di parametri

L'elenco di parametri gestisce tutti i parametri necessari per la modellazione.

Accesso all'elenco di parametri

Per accedere all'elenco dei parametri, fare clic sul pulsante [Modifica parametri]:

- nella barra degli strumenti di una tabella di immissione



Figura 11.128: Pulsante *Modifica parametri* nella barra strumenti delle tabelle

- nell'editor di formule.

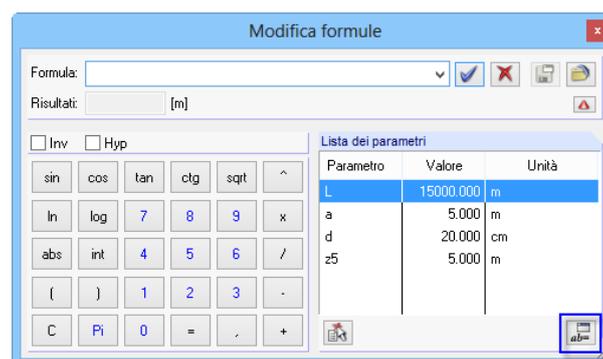
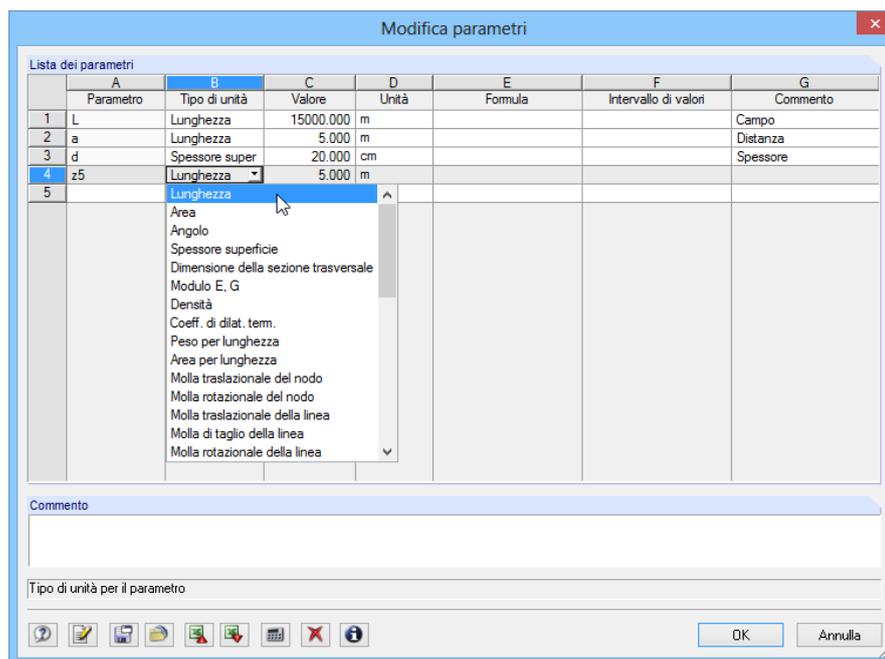


Figura 11.129: Pulsante *Modifica parametri* nell'editor di formule

Descrizione

Apparirà la finestra di dialogo *Modifica parametri*.

Figura 11.130: Finestra di dialogo *Modifica parametri*

Ogni riga della tabella gestisce un *Parametro*. Nella colonna **A**, inserire un nome composto da caratteri ASCII. Il nome non deve contenere nessun spazio. La descrizione è utilizzata per fare riferimento al parametro nelle formule. Ogni nome del parametro può essere assegnato solo una volta.

Nella colonna **B** della tabella, definire il *Tipo di unità* per determinare se il parametro rappresenta una lunghezza, un carico, una densità ecc. I tipi di unità sono predefiniti. Per accedere all'elenco della selezione disponibile nella colonna, utilizzare il pulsante di contesto [▼] oppure il tasto [F7].

Nella colonna **C**, definire il *Valore* numerico del parametro.

Specificare l'*Unità* nella colonna **D** della tabella. Per accedere l'elenco di selezione delle unità disponibili nella colonna, utilizzare il pulsante di contesto [▼] oppure il tasto [F7].

Nella colonna **E**, è possibile immettere una *Formula* per determinare il valore del parametro della colonna C della tabella. In aggiunta alle comuni operazioni matematiche, sono disponibili anche le istruzioni **IF-THEN** e le funzioni **max/min**. Con il riferimento **\$** è possibile fare riferimento a una tabella particolare (ad esempio, **\$1.1(A1)** che utilizza il valore della cella A1 nella tabella 1.1).

Esempi:

If(A<B;10;B) Se il parametro A è minore del parametro B, si applica il valore 10. In caso contrario, sarà utilizzato il parametro B.

max(A;B) Sarà applicato il valore maggiore tra i parametri A e B.

min(max(A;B);C) Si determina il valore maggiore tra i parametri A e B e questo sarà confrontato con il valore del parametro C. Il valore minimo sarà quello scelto.

Utilizzare il pulsante [...] nella colonna della tabella E per accedere a *Lista di operatori e funzioni*.

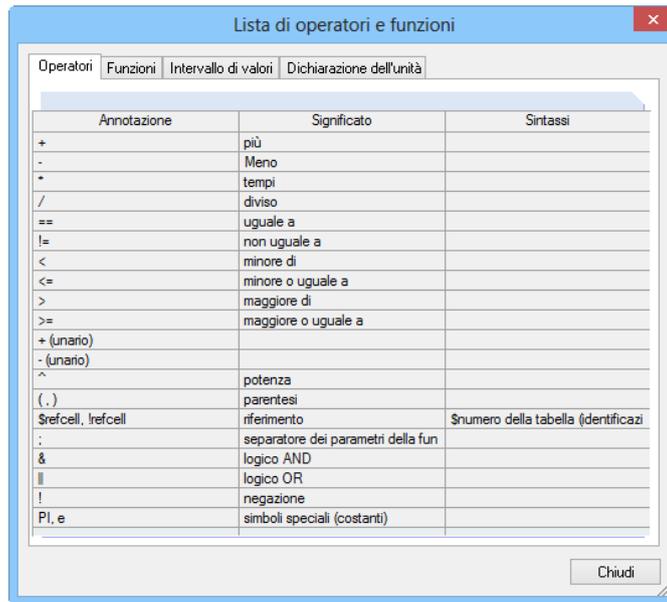


Figura 11.131: Finestra di dialogo *Lista di operatori e funzioni*

Nella colonna **F** della tabella, è possibile definire un *Intervallo di valori* per controllare i valori della colonna C.

La colonna **G** è riservata all'inserimento dei *Commenti*.

Funzioni di immissione

I parametri possono essere inseriti cella per cella.

Diversi strumenti per un efficace ingresso sono disponibili nel menu contestuale che si apre con un clic del pulsante destro del mouse. Le funzioni di editing (svuota riga o inserisci riga, sostituisci ecc.) sono descritte nel paragrafo 11.5.1 a pagina 510.

Quando più celle sono contrassegnate da una selezione, apparirà il seguente menu contestuale.

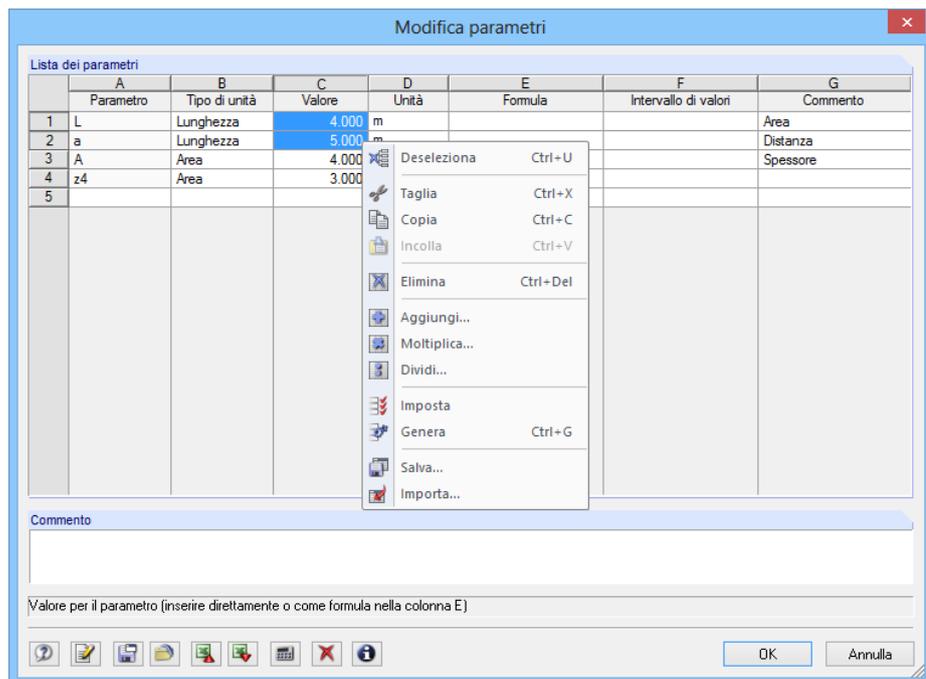


Figura 11.132: Menu contestuale di una selezione nell'elenco parametri

Si trovi una descrizione delle funzioni del menu nel paragrafo 11.5.1 e 11.5.2, a pagina 509.

Pulsanti

In aggiunta ai pulsanti predefiniti, sono disponibili le seguenti funzioni nell'elenco dei parametri.

Pulsante	Descrizione
	Salva l'elenco dei parametri in un file
	Carica un elenco dei parametri salvato
	Esporta l'elenco dei parametri in MS Excel
	Importa i dati da una tabella Excel aperta
	Apri la calcolatrice e importa il suo risultato
	Elimina l'intero contenuto dell'elenco di parametri
	Mostra i dettagli delle sezioni trasversali utilizzate nel modello

Tabella 11.12: Finestra di dialogo *Modifica parametri*: Pulsanti

11.6.3 Formula Editor

Il Formula Editor gestisce le equazioni con input parametrizzati.

Accesso al Formula Editor

Per aprire il Formula Editor,

- utilizzare il pulsante nella barra degli strumenti delle tabelle mostrato a sinistra



Figura 11.133: Pulsante *Modifica formule* nella barra degli strumenti delle tabelle

- fare clic sull'angolo giallo o rosso della cella della tabella (un angolo rosso indica un errore nella formula)

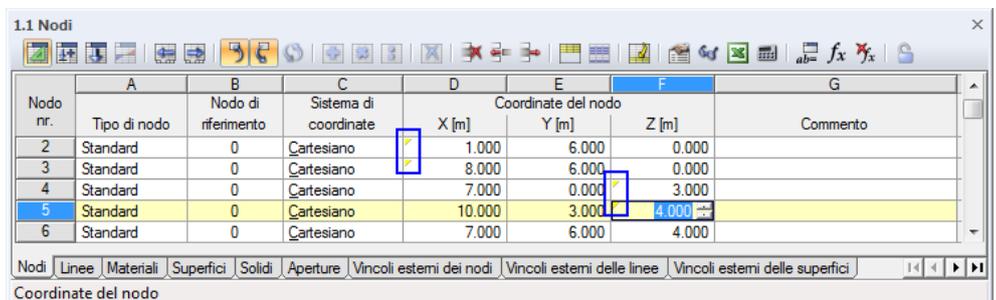


Figura 11.134: Angoli contrassegnati delle celle nella tabella 1.1 *Nodi*

- utilizzare i pulsanti funzione dei campi di immissione nelle finestre di dialogo (si veda figura 11.139).

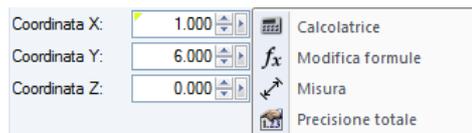


Figura 11.135: Pulsanti funzione con menu contestuale nella finestra di dialogo *Modifica Nodo*

È anche possibile importare le formule salvate in Excel e esportare le formule da RFEM in Excel. Per informazioni più dettagliate per l'interscambiabilità dei dati con Excel, si veda il paragrafo 12.5.2 a pagina 609.

Descrizione



Figura 11.136: Finestra di dialogo *Modifica formule*

Nel campo di immissione *Formula*, qualsiasi formula può essere inserita manualmente. Quando si utilizza la calcolatrice, i risultati saranno trasferiti automaticamente.

La formula può essere formata da valori numerici costanti, parametri o funzioni. Il risultato dell'equazione sarà visualizzato nel campo sottostante. Utilizzare il pulsante [▼] alla fine del campo di immissione *Formula* per selezionare una voce dall'elenco di formule già inserite.

Fare clic sul pulsante [✓] per applicare la formula alla cella di una tabella o ad un campo di input della finestra di dialogo. Eliminare la formula con il pulsante [X]. In caso di immissioni errate, le formule saranno visualizzate in rosso nel campo di immissione *Formula*.

Il contenuto di altre celle potrà essere utilizzato nelle formule per mezzo di riferimenti.

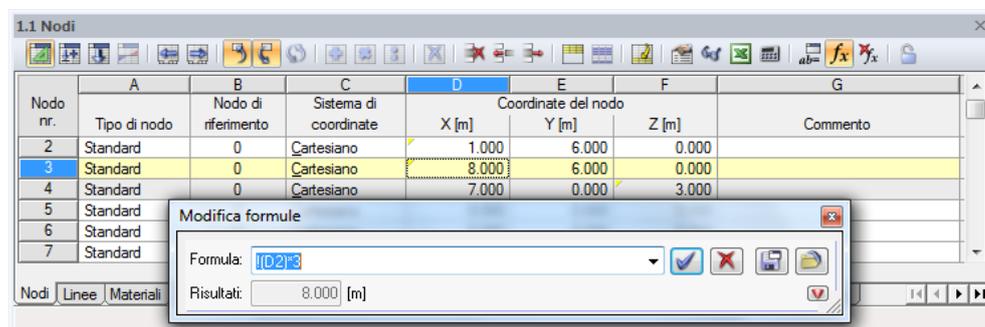


Figura 11.137: Editor di formula con un riferimento

Un riferimento è introdotto da un punto esclamativo (!). La cella di riferimento sarà tra parentesi. Come mostrato nella figura qui sopra, il contenuto della cella **D3** è tre volte il valore della cella **D2**.

Con il segno uguale è possibile immettere le formule anche direttamente nelle celle di una tabella (ad esempio =2,5*Pi). Se si utilizzano dei valori (per esempio =22,1 + A*H), questi saranno integrati in unità SI con [m] o [N] nella formula.

Le seguenti funzioni sono disponibili nel calcolatore del Formula Editor:

Funzione	Descrizione
	Seno
	Coseno
	Tangente
	Cotangente
	Radice quadrata
	Potenza
	Logaritmo naturale
	Logaritmo in base 10
	Valore assoluto
	Intero, ad esempio $int(5,638) = 5$
	Svuota riga della formula
<input type="checkbox"/> Inv	Inverso, ad esempio $inv\ sqrt(5)$ significa 5^2
<input type="checkbox"/> Hyp	Funzione iperbolica

Tabella 11.13: Funzioni di calcolo



La sezione di dialogo *Lista di parametri* nel Formula Editor elenca tutti i parametri con i valori attuali. Per trasferire un particolare parametro alla riga *Formula*, fare doppio clic sulla voce o selezionare la voce e usare il pulsante [Applica] mostrato a sinistra.



Fare clic sul pulsante [Modifica parametri] (si veda paragrafo 11.6.2, pagina 522) per aprire l'elenco dei parametri dove è possibile modificare o completare i parametri.

Pulsanti

I pulsanti disponibili nel Formula Editor sono riservati per le seguenti funzioni:

Pulsante	Descrizione
	Applica la formula alla cella di una tabella o un campo di dialogo
	Elimina l'immissione della formula
	Salva il contenuto del Formula Editor come un file
	Carica un file salvato
	Visualizza o nasconde la calcolatrice e l'elenco dei parametri

Tabella 11.14: Finestra di dialogo *Formula Editor*: Pulsanti

11.6.4 Formule nelle tabelle e nelle finestre di dialogo

Le equazioni memorizzate nel Formula Editor si possono utilizzare sia nelle celle delle tabelle sia nei campi di immissione delle finestre di dialogo. Poiché le tabelle e le finestre di dialogo sono interattive, è possibile accedere alle formule attraverso entrambe le modalità di ingresso.

Formule nelle tabelle

0.30



Quando le celle sono contrassegnate da una bandiera gialla o rossa (triangolo) nell'angolo in alto a sinistra, significa che esiste in essa un riferimento di una formula (si veda figura 11.134, pagina 525). Cliccare la bandiera per aprire l'editore di formule.

Per collegare un cella "normale" con una formula, posizionare il puntatore nella cella e aprire l'editore di formule utilizzando il pulsante a sinistra.



Figura 11.138: Pulsante *Modifica formule* nella barra degli strumenti delle tabelle



Una bandiera rossa indica un errore nella definizione della formula, corrispondente alla linea della formula contrassegnata in rosso nell'editore della formula. Si consiglia di correggere la formula.

Formule nelle finestre di dialogo

L'immissione parametrica è stata sviluppata principalmente per l'applicazione nelle tabelle. Tuttavia, è anche possibile utilizzare le formule nelle finestre di dialogo.



Un pulsante funzione a destra dei campi di input nelle finestre di dialogo indica se essi possono essere collegati con le formule.

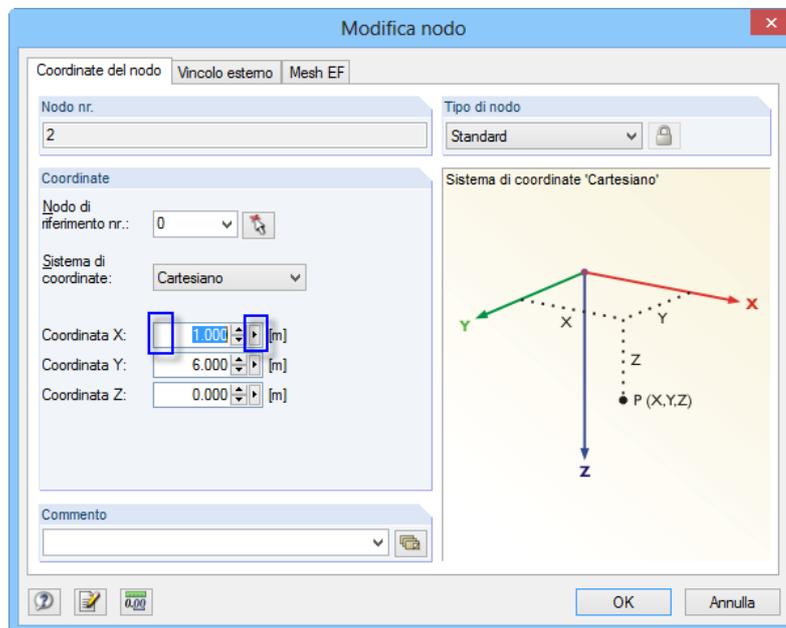


Figura 11.139: Finestra di dialogo con la formula collegata e il pulsante della funzione

Quando il campo è già stato collegato con una formula, esso è contrassegnato come una cella con una bandiera gialla (o bandiera rossa in caso di errato input).



Fare clic sul pulsante della funzione per aprire il menu contestuale mostrato nella Figura 11.135 a pagina 526 dove è possibile accedere al Formula Editor.

11.7 Generatori di modelli

Una serie di strumenti permettono di creare modelli o parti di modelli strutturali. Oltre a copiare e estrarre funzioni, RFEM è dotato di funzioni speciali, finestre di dialogo per la generazione di modelli di aste e superfici.

11.7.1 Copie ed estrusioni

11.7.1.1 Offset parallelo di linee e aste

È facile copiare le linee o le aste selezionate graficamente: spostare gli oggetti nella posizione desiderata nello spazio di lavoro tenendo premuto il tasto [Ctrl]. La funzione segue gli standard generali per le applicazioni di Windows.

Se si desidera creare linee o aste parallele, sarà possibile immettere le impostazioni specifiche in una finestra di dialogo. Per aprire la finestra di dialogo corrispondente,

selezionare **Definisci linea parallela** nel menu **Strumenti** oppure
selezionare **Definisci asta parallela** nel menu **Strumenti**

o utilizzare il menu contestuale della linea o dell'asta (si veda Figura 11.149, pagina 536).

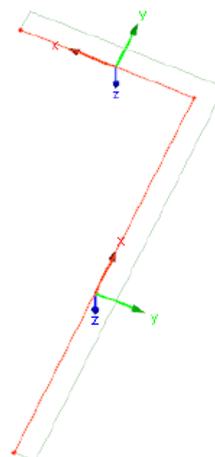
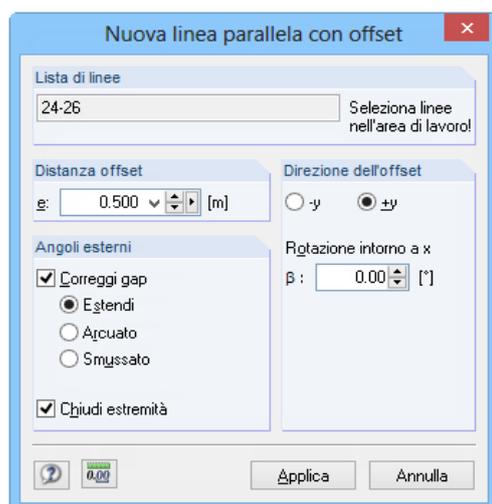


Figura 11.140: Finestra di dialogo *Nuova linea parallela con offset*

La linea selezionata sarà visualizzata nella *Lista di linee*. Se necessario, si possono aggiungere altre linee cliccandole nella finestra di lavoro. Si noti che tutte le linee dell'elenco devono giacere in un solo piano.

Nella sezione di dialogo *Distanza offset*, sarà necessario specificare la distanza della copia dall'originale.

Quando si copiano diverse linee con offset paralleli, si hanno diverse possibilità offerte nella sezione di dialogo *Angoli esterni* per regolare le linee o le aste copiate. La figura sopra mostra le linee copiate (senza assi) estese al punto comune di intersezione. Inoltre, avendo segnato la casella di controllo *Chiudi estremità*, entrambe le estremità saranno adesso collegate con le linee originali.

Le impostazioni nella sezione di dialogo *Direzione dell'offset* definisce il lato su cui le linee saranno copiate. Le direzioni $+y$ e $-y$ sono visualizzate direttamente nella finestra di lavoro. Sono utilizzati in particolare per questa finestra di dialogo e non dipendono dall'attuale piano di lavoro. Pertanto, non riflettono necessariamente gli assi della linea. Grazie al campo di immissione *Rotazione intorno a x*, è possibile copiare gli oggetti al di fuori del piano.

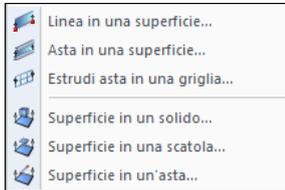
11.7.1.2 Estrudi linee e aste

Estrudendo le linee o le aste è possibile creare rapidamente superfici, griglie o intelaiature. Ma se si desidera generare una griglia irregolare con specifiche estese, si consiglia di utilizzare la finestra di dialogo *Genera griglia* (si veda paragrafo 11.7.2, pagina 541).

Per accedere alle funzioni di estrusione,
selezionare **Estrudi** nel menu degli **Strumenti**.

È inoltre possibile utilizzare il menu contestuale della linea o asta rilevante.

Estrudi asta/linea in una superficie



Menu *Strumenti* → *Estrudi*

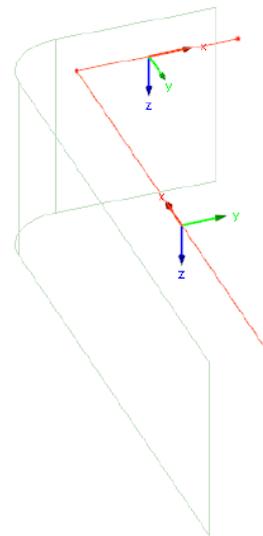
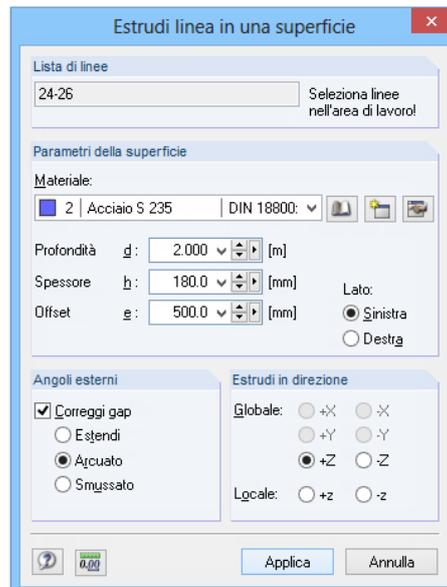


Figura 11.141: Finestra di dialogo *Estrudi linea in una superficie*

La linea selezionata sarà visualizzata nella *Lista di linee*. Se necessario, si possono aggiungere altre linee cliccandole nell'area di lavoro. Si noti che tutte le linee dell'elenco devono giacere in un solo piano.

Quindi, immettere il materiale, la profondità e lo spessore della nuova superficie nei *Parametri della superficie*. Se è stato definito un *Offset*, la superficie verrà creata in una distanza laterale relativa alla direzione di estrusione. In questo caso, specificare il *Lato*. I parametri modificati saranno visualizzati immediatamente nell'immagine dell'area di lavoro.

Quando si estrudono diverse linee, si hanno diverse possibilità offerte nella sezione di dialogo *Angoli esterni* per modificare le linee copiate. La figura sopra mostra le linee (senza assi) estruse con un offset e collegate con un arco.

Nella sezione di dialogo *Estrudi in direzione*, definire la direzione globale o locale dell'estrusione.

Estrudi asta in una griglia

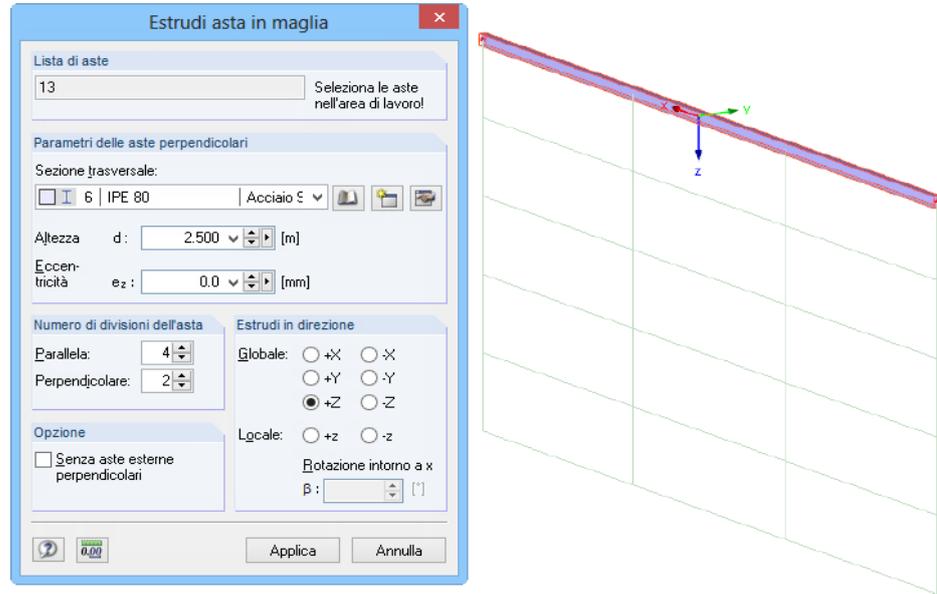


Figura 11.142: Finestra di dialogo *Estrudi asta in maglia*

L'asta selezionata sarà visualizzata nella *Lista di aste*. Se necessario, si possono aggiungere altre aste cliccando su di esse nella finestra di lavoro. Tutte le aste dell'elenco devono giacere in un solo piano.

Nella sezione di dialogo *Parametri delle aste perpendicolari*, inserire la sezione trasversale delle aste verticali e la profondità del valore per l'altezza totale della griglia. Facoltativamente, è possibile specificare un'eccentricità per collegare le aste con un collegamento eccentrico (si veda paragrafo 4.15, pagina 142).

Le impostazioni nella sezione di dialogo *Numero di divisioni dell'asta* gestisce la divisione in una griglia uniforme costituita da aste verticali e parallele. Inoltre, è disponibile utilizzare l'*Opzione* per la generazione senza aste verticali esterne.

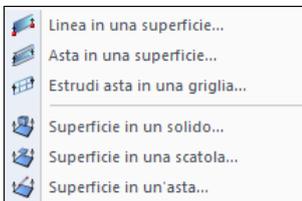
Nella sezione di dialogo *Estrudi in direzione*, definire la direzione globale o locale dove le aste della griglia saranno create. Il campo di immissione *Rotazione intorno a x* consente di copiare gli oggetti fuori dal piano.

11.7.1.3 Estrudi superfici

Utilizzare l'estrusione delle superfici piane per creare oggetti nello spazio rapidamente.

Per accedere alle funzioni corrispondenti, selezionare **Estrudi** nel menu degli **Strumenti**.

È inoltre possibile utilizzare il menu contestuale della superficie.



Menu *Strumenti* → *Estrudi*

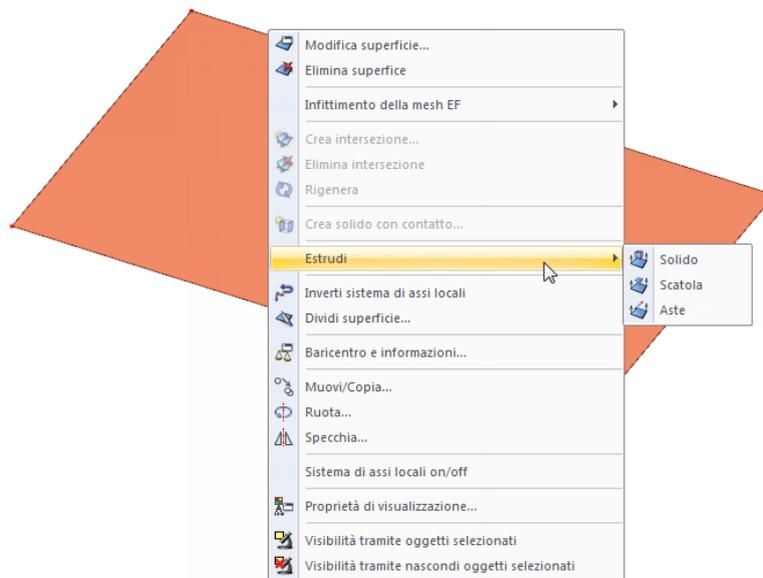
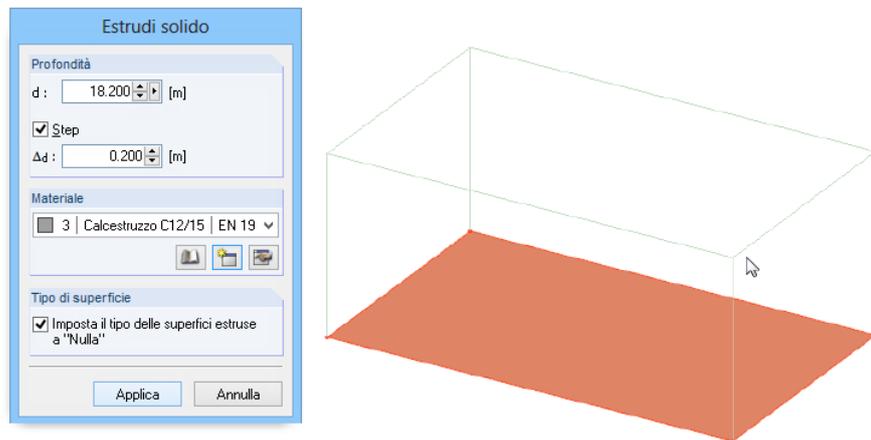


Figura 11.143: Menu contestuale della superficie

Per creare oggetti estrusi spostando la superficie parallela nell'area di lavoro, selezionare una delle tre opzioni seguenti nel menu contestuale.

- **Solido:** si creerà un solido 3D (si veda paragrafo 4.5, pagina 89).
- **Scatola:** si generano solo superfici che racchiudono l'oggetto spaziale.
- **Asta:** saranno create le aste sulle linee di collegamento fra i nodi e le loro copie. Eventualmente, sarà anche copiata la superficie di base.

A seconda della selezione eseguita, si visualizzerà una finestra di dialogo dove sarà necessario definire i parametri importanti. La *Profondità* d può essere immessa direttamente o determinata graficamente con il mouse.

Figura 11.144: Finestra di dialogo *Estrudi solido*

11.7.1.4 Generare solidi

Il capitolo precedente descrive come possono essere utilizzate le superfici esistenti per creare solidi o scatole. Ma se si desidera creare un nuovo solido, RFEM offre funzioni speciali per creare oggetti 3D: come primo passo, si creino le superfici (rettangolo con arrotondamenti, semicerchio ecc.). In una seconda fase, estrarre le superfici in relazione ad un punto o un piano.

Estrudere la superficie rispetto ad un piano parallelo

Per accedere alla funzione corrispondente

puntare su **Dati del modello** nel menu **Inserisci**, selezionare **Solidi e Graficamente**, e dopo fare clic su **Estrudi con rastremato**

o utilizzare il pulsante corrispondente dell'elenco di pulsanti della barra dei menu.



Figura 11.145: Elenco di pulsanti *Estrudi superficie*

Il menu contiene un gran numero di forme di superfici piana che possono essere definite graficamente e quindi essere estruse parallelamente al piano della superficie.

Il principio di funzionamento è simile all'immisione grafica delle superfici (si veda paragrafo 4.4, pagina 79): prima di tutto, si definisca il materiale e la rigidità in una finestra di dialogo. Quindi, è possibile creare le superfici nella finestra di lavoro cliccando i punti di definizione.

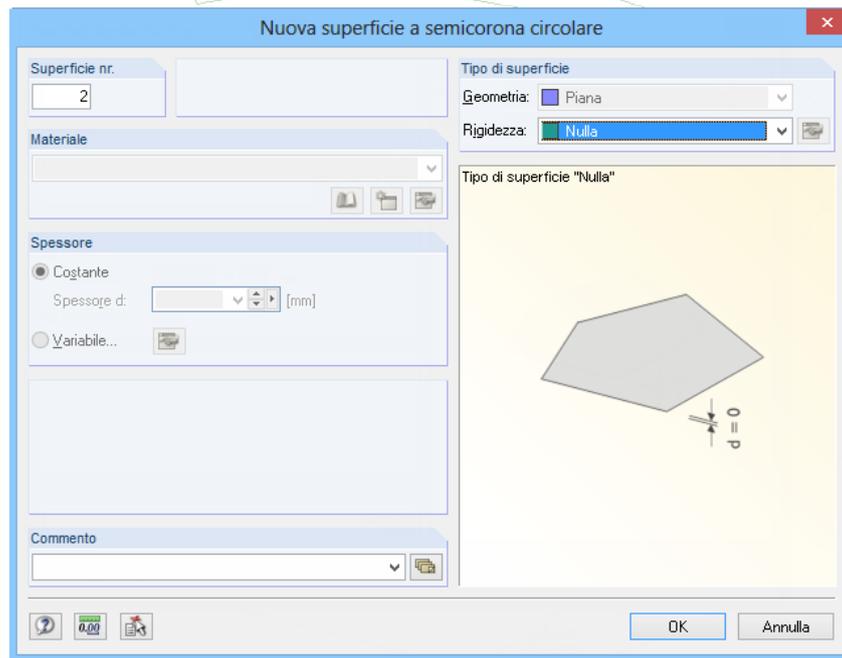


Figura 11.146: Finestra di dialogo *Nuova superficie a semicorona circolare* per la definizione grafica della superficie

Quando è stata definita la superficie di base, definire i parametri per la creazione del solido nella finestra di dialogo *Estrudi*.

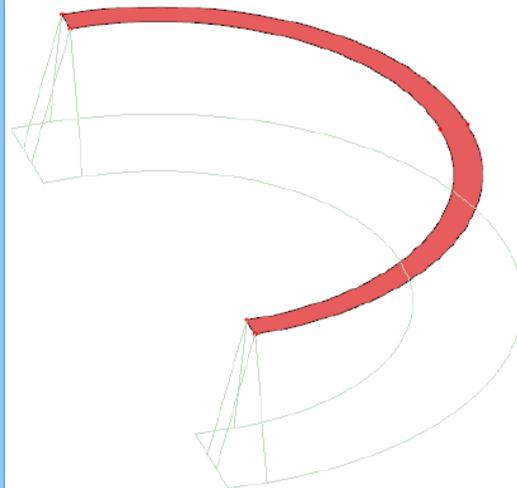
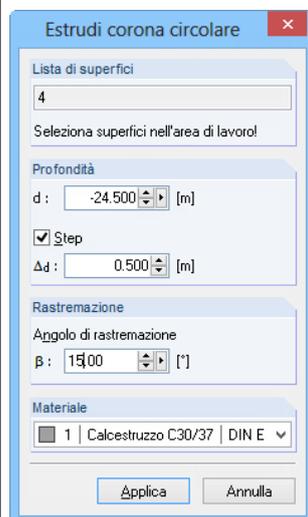
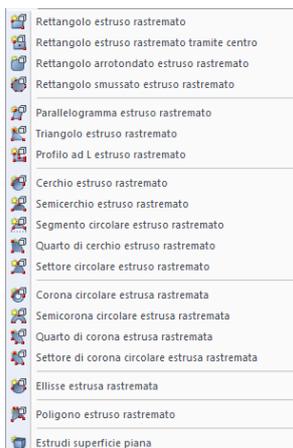


Figura 11.147: Finestra di dialogo *Estrudi semicorona circolare* con le superfici laterali inclinate

La *Profondità* d può essere immessa direttamente nella finestra di dialogo o determinata graficamente con il mouse. La direzione di proiezione è sempre ortogonale al piano della area di base.

Immettendo un valore nella sezione di dialogo *Rastremazione* sarà possibile creare una copertura parallela o area di base con i lati inclinati. L'angolo β descrive l'inclinazione rispetto alla direzione di proiezione.

Inoltre, il *Materiale* del nuovo solido deve essere specificato.



Estrudere la superficie rispetto ad un punto

Per accedere alla funzione corrispondente

puntare su **Dati del modello** nel menu **Inserisci**, selezionare **Solidi** e **Graficamente**, e dopo fare clic su **Estrudi nel punto**.

Il menu contiene un gran numero di forme di superfici piane che possono essere definite graficamente e quindi essere estruse in relazione ad un punto.

Il principio di funzionamento è simile all'estrusione dell'oggetto in riferimento ad un piano parallelo (si veda sopra): all'inizio, si definisca la superficie di base graficamente. Quindi, sarà possibile immettere il punto di proiezione dell'estrusione nella finestra di dialogo *Estrudi*. Si può anche definirlo graficamente.

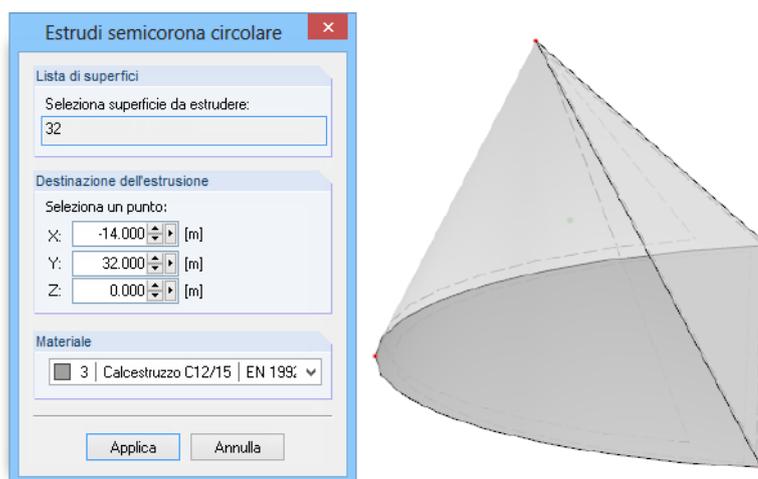


Figura 11.148: Finestra di dialogo *Estrudi semicorona circolare* con risultato

11.7.1.5 Dividi asta nella superficie

A volte, è necessario analizzare zone particolari di un modello di un telaio più dettagliatamente (ad esempio valutazione su vincoli esterni o giunti di telaio come modello di superficie). Sarebbe possibile inserire manualmente, ma richiederebbe molto tempo, una sezione trasversale utilizzando elementi di superficie. La funzione *Genera superfici da aste* consente di rappresentare un'asta 1D tramite elementi di superficie 2D.



La funzione è disponibile solo se il tipo di modello è stato definito come 3D (si veda Figura 12.23, pagina 592).



Per dividere un'asta selezionata in precedenza,

puntare su **Genera superfici da aste** nel menu degli **Strumenti**, e quindi selezionare **Genera**.

Questa funzione è anche disponibile anche nel menu contestuale. Fare clic con il pulsante destro sull'asta per aprire il menu contestuale.

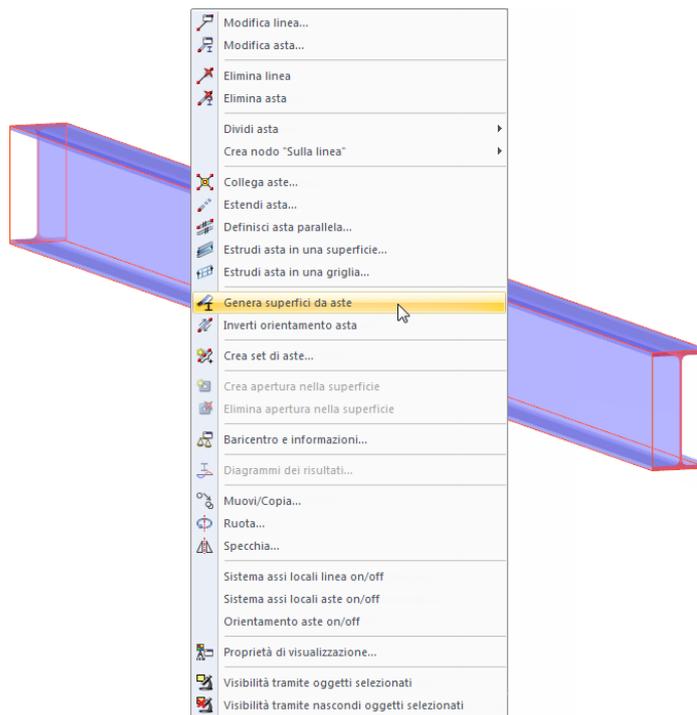
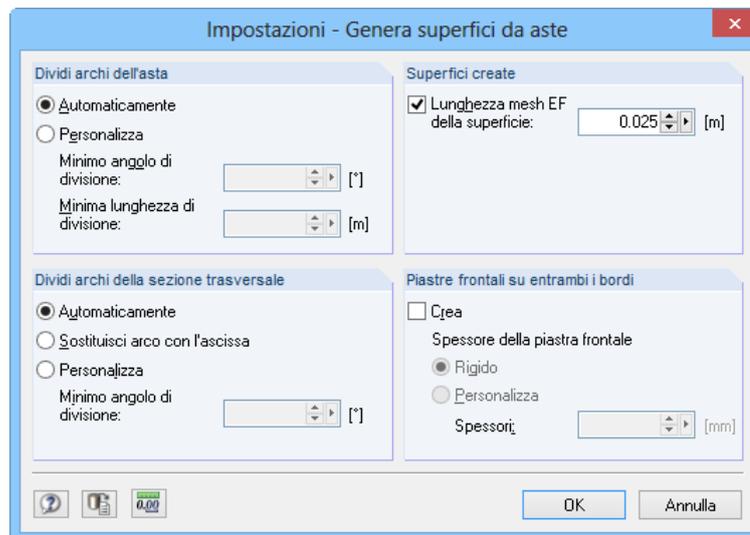


Figura 11.149: Menu contestuale dell'asta

Le informazioni sull'elemento non andranno perse: oltre alle superfici, un'asta fittizia sarà creata sull'asse del baricentro. L'asta fittizia contiene tutti i dati delle aste, ma questi non saranno presi in considerazione durante l'esecuzione del calcolo.

Per accedere a ulteriori opzioni per la funzione *Genera superfici dall'asta*,

puntare a **Genera superfici dall'asta** nel menu degli **Strumenti**, e quindi selezionare **Impostazioni**.

Figura 11.150: Finestra di dialogo *Impostazioni - Genera superfici da aste*

Utilizzare la sezione di dialogo *Dividi archi dell'asta* per gestire quante volte si dovrà dividere un'asta giacente su una linea curva. Se si crea una catena poligonale irregolare con le impostazioni predefinite *Automaticamente*, è possibile optare per la personalizzazione della suddivisione e ridurre l'angolo di divisione o la lunghezza di divisione.

Le impostazioni nella sezione di dialogo *Dividi archi della sezione trasversale* influenzano la suddivisione delle superfici curve, ad esempio questo vale per il tipo di sezioni trasversale di tipo "Tubo". Ancora una volta, la divisione può essere infittita con un *angolo di divisione* definito dall'utente.

Nella sezione di dialogo *Superfici create*, è possibile definire un infittimento della mesh EF per le superfici generate (si veda paragrafo 4.23, pagina 175).

Durante la conversione, si possono creare *Piaste frontali* aggiuntive anche alle estremità delle aste. Le caratteristiche delle superfici generate si possono regolare in seguito modificando le superfici (si veda paragrafo 4.12, pagina 119).

11.7.2 Generatori di modelli

Per accedere alle finestre di dialogo per creare oggetti strutturali, selezionare **Genera modello - Aste** nel menu **Strumenti** oppure selezionare **Genera modello - Superfici** nel menu **Strumenti**.

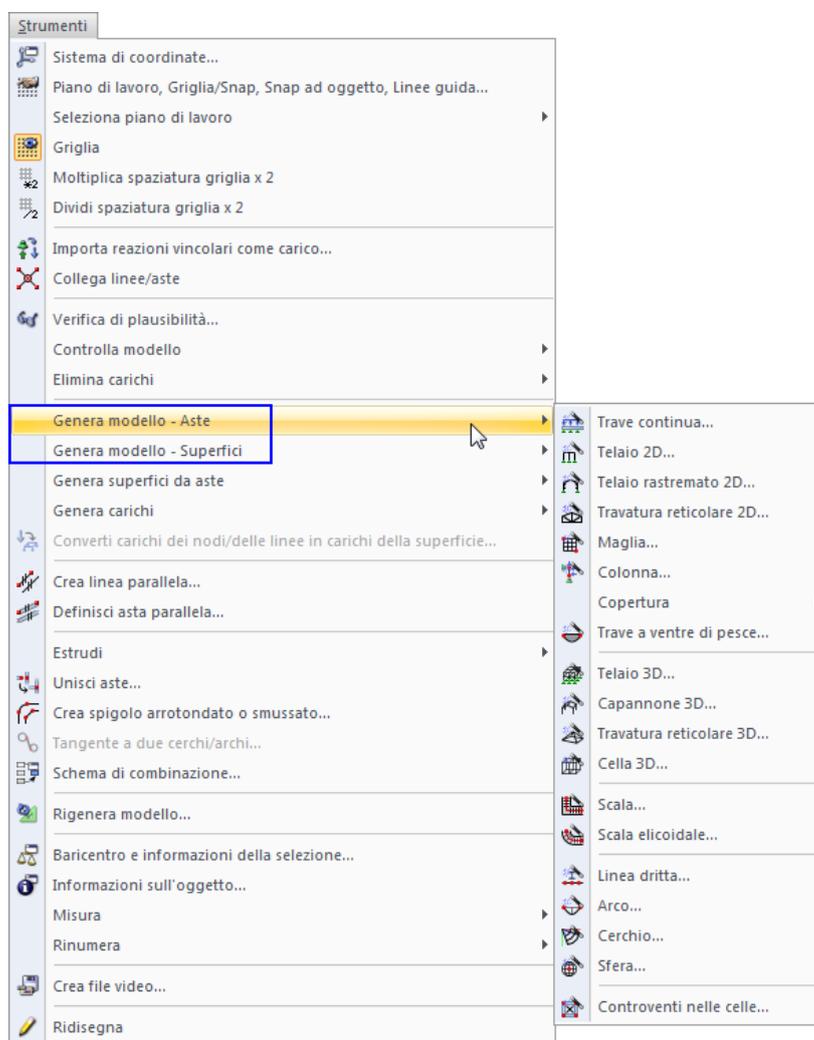


Figura 11.151: Menu *Strumenti* → *Genera modello - Aste* o *Superfici*

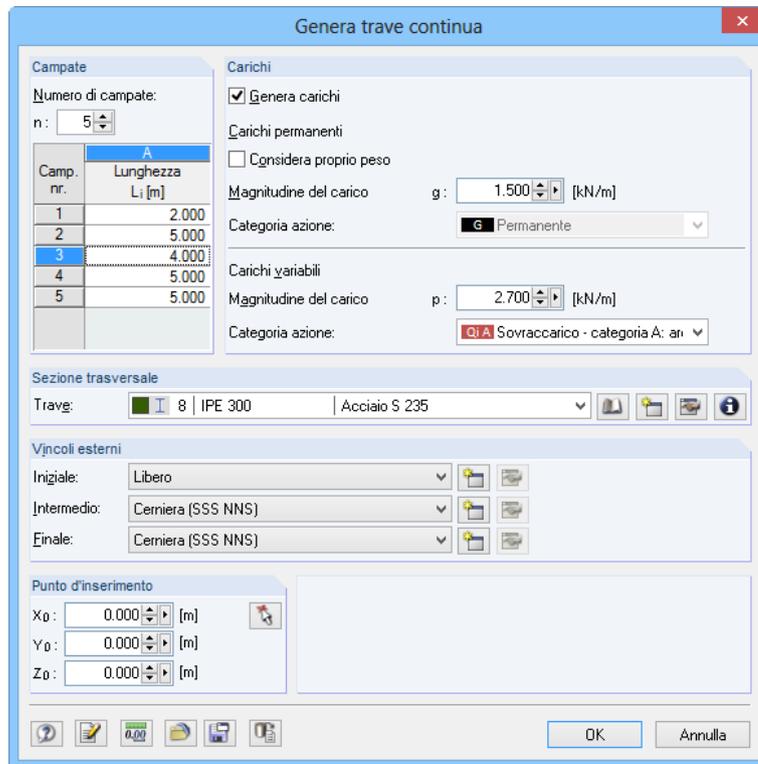
Più avanti, le funzioni saranno descritte in dettaglio. Tuttavia, non è possibile trovare una descrizione dettagliata del singolo generatore di finestre di dialogo. Le grafiche di dialogo mostrano i parametri in modo appropriato.

Ogni immissione nel dialogo può essere salvata come modello e riutilizzato in seguito. Entrambi i pulsanti a sinistra sono utilizzati per salvare e caricare i dati del generatore.



11.7.2.1 Aste

Trave continua



Genera trave continua

Campate

Numero di campate:
n: 5

Camp. nr.	Lunghezza L _i [m]
1	2.000
2	5.000
3	4.000
4	5.000
5	5.000

Carichi

Genera carichi

Carichi permanenti

Considera proprio peso

Magnitudine del carico g: 1.500 [kN/m]

Categoria azione: G Permanente

Carichi variabili

Magnitudine del carico p: 2.700 [kN/m]

Categoria azione: Q1+A Sovraccarico - categoria A: an

Sezione trasversale

Trave: 8 | IPE 300 | Acciaio S 235

Vincoli esterni

Iniziale: Libero

Intermedio: Cerniera (SSS NNS)

Finale: Cerniera (SSS NNS)

Punto d'inserimento

X₀: 0.000 [m]

Y₀: 0.000 [m]

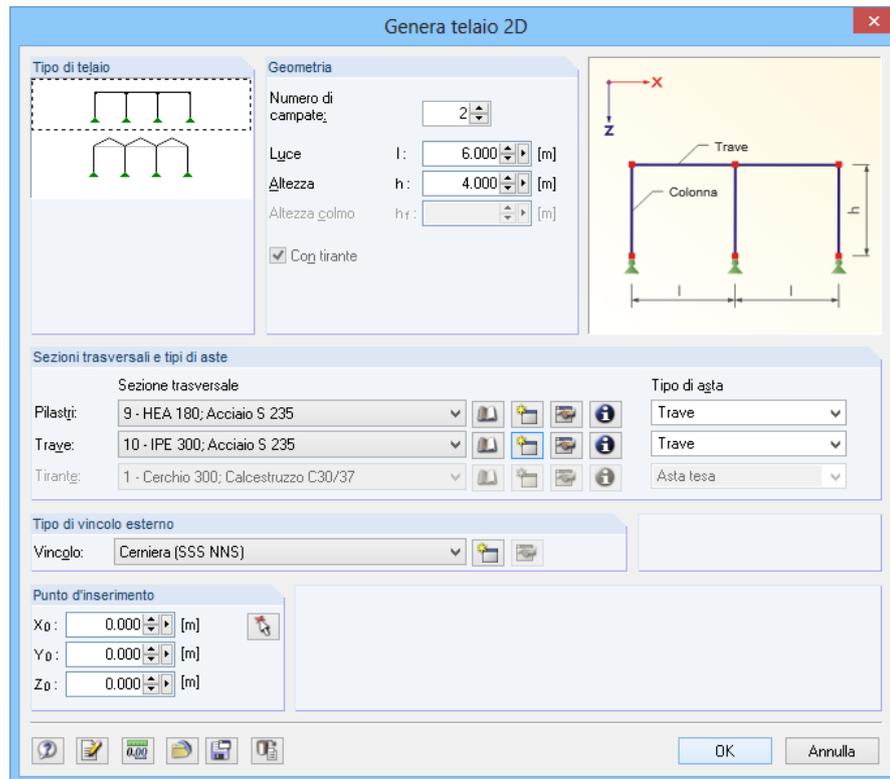
Z₀: 0.000 [m]

OK Annulla

Figura 11.152: Finestra di dialogo *Genera trave continua*

RFEM crea una trave continua con una sezione trasversale uniforme, vincoli esterni e campate irregolari. Eventualmente, si creeranno anche i casi di carico e le combinazioni di risultati.

Telaio 2D

Figura 11.153: Finestra di dialogo *Genera telaio 2D*

Prima di immettere i dati geometrici e le proprietà della sezione trasversale, selezionare il *Tipo di telaio*. Le colonne del telaio piano avranno tutte le stesse condizioni di vincolo esterno.

Telaio rastremato 2D

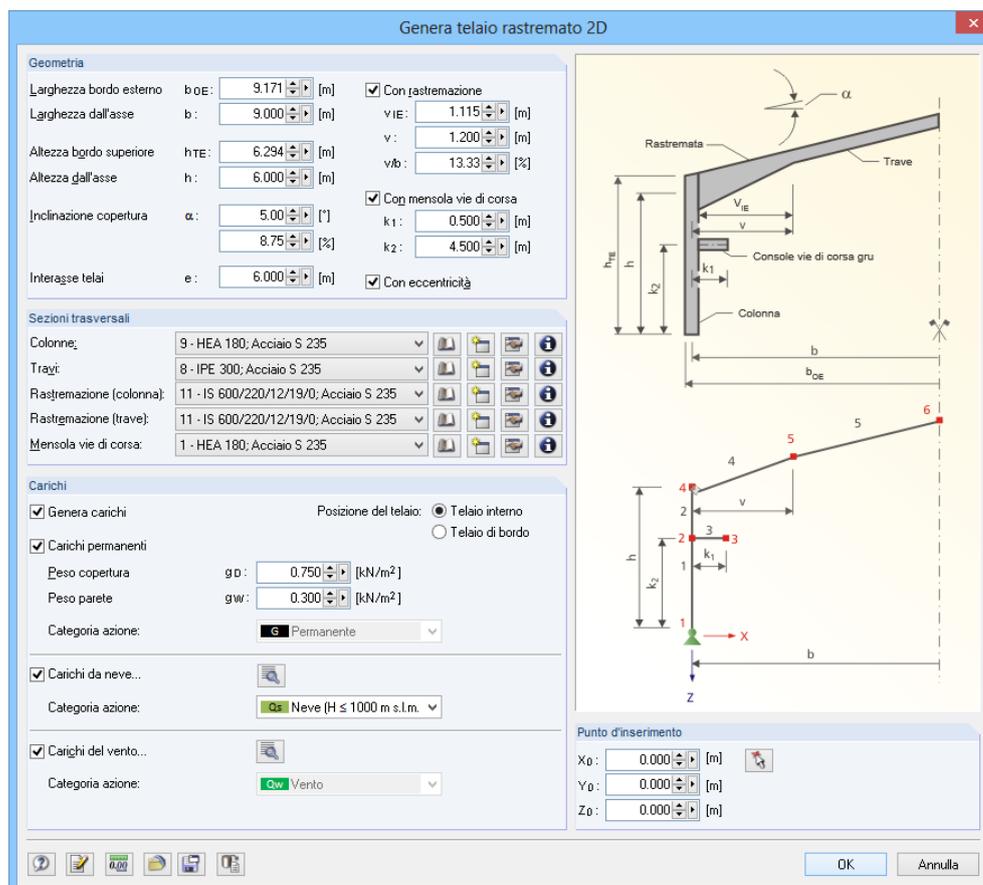


Figura 11.154: Finestra di dialogo *Genera telaio rastremato 2D*



Il telaio piano deve essere definito con la propria *Geometria* e le proprie *Sezioni trasversali*. È possibile creare rastremazioni, mensole di carroporti e collegamenti eccentrici. È possibile generare anche i *Carichi*. I pulsanti delle [Impostazioni] offrono l'accesso al generatore di parametri. La *Posizione del telaio* è importante per la determinazione del carico.

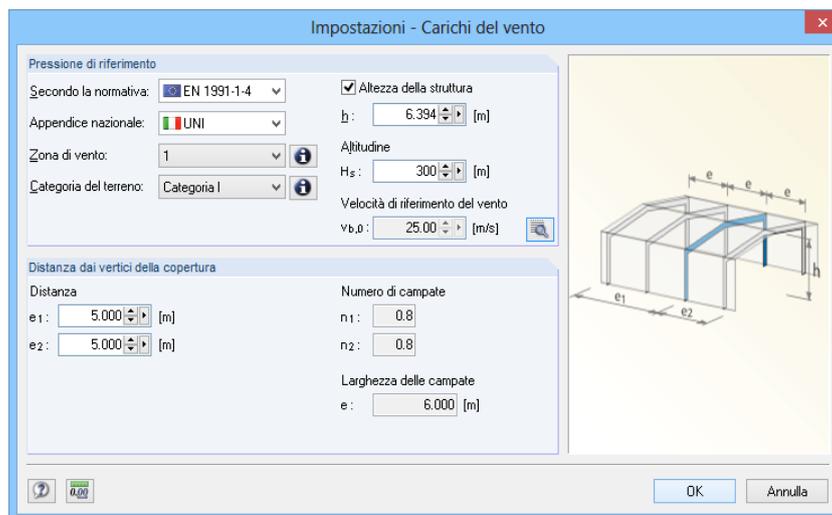
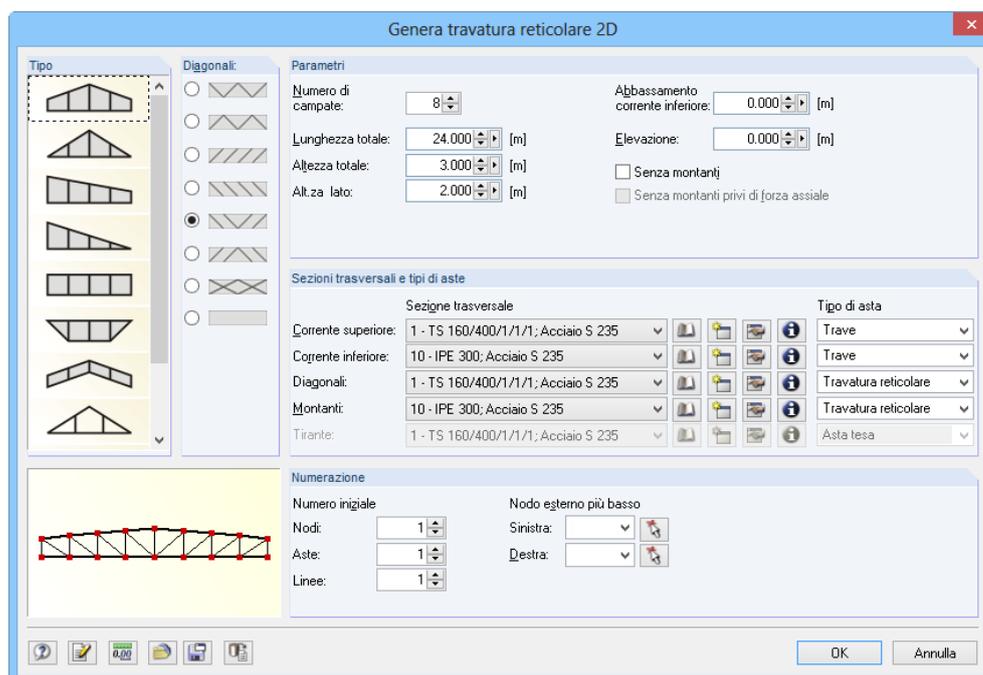


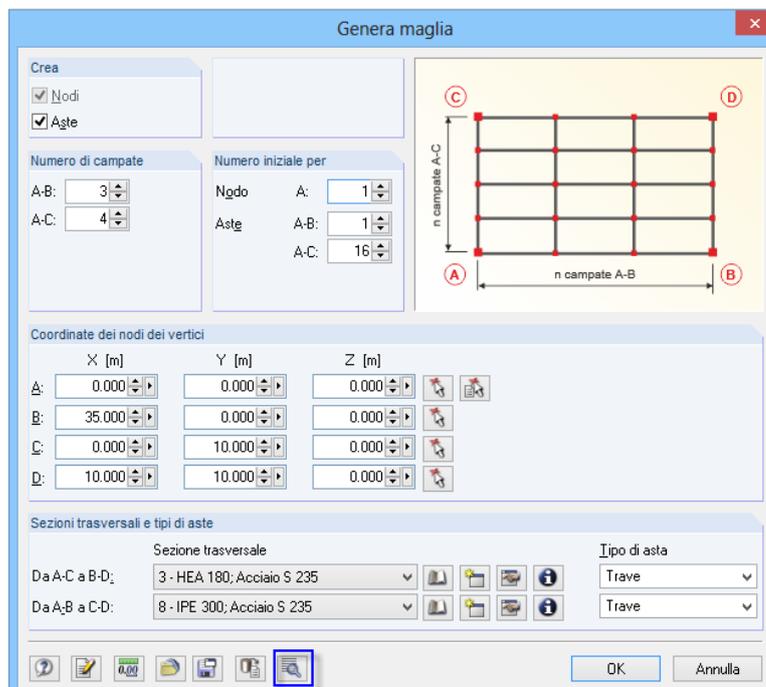
Figura 11.155: Finestra di dialogo *Impostazioni - Carichi del vento*

Travatura reticolare 2D

Figura 11.156: Finestra di dialogo *Genera travature reticolare 2D*

Prima di tutto, definire il *Tipo* di travatura e la disposizione delle *Diagonali*. Quindi, sarà possibile definire i *Parametri*, le *Sezioni trasversali* e *tipi di aste*.

Maglia

Figura 11.157: Finestra di dialogo *Genera maglia*

Utilizzare questo generatore per creare strutture che hanno una griglia uniforme (ad esempio reticoli). Non è necessario progettarle con angoli retti come mostrato nel grafico della finestra di dialogo sopra. È possibile qualsiasi tipo di modello spaziale quadrangolare con quattro vertici. Per

generare una "vera" maglia di travi, si consiglia di impostare il *Tipo di modello* a **2D - XY** nella finestra di dialogo del modello *Dati generali* (si veda paragrafo 12.2, pagina 592).

Per generare griglie irregolari, utilizzare il pulsante [Modifica impostazioni avanzate] mostrato a sinistra.

Colonna

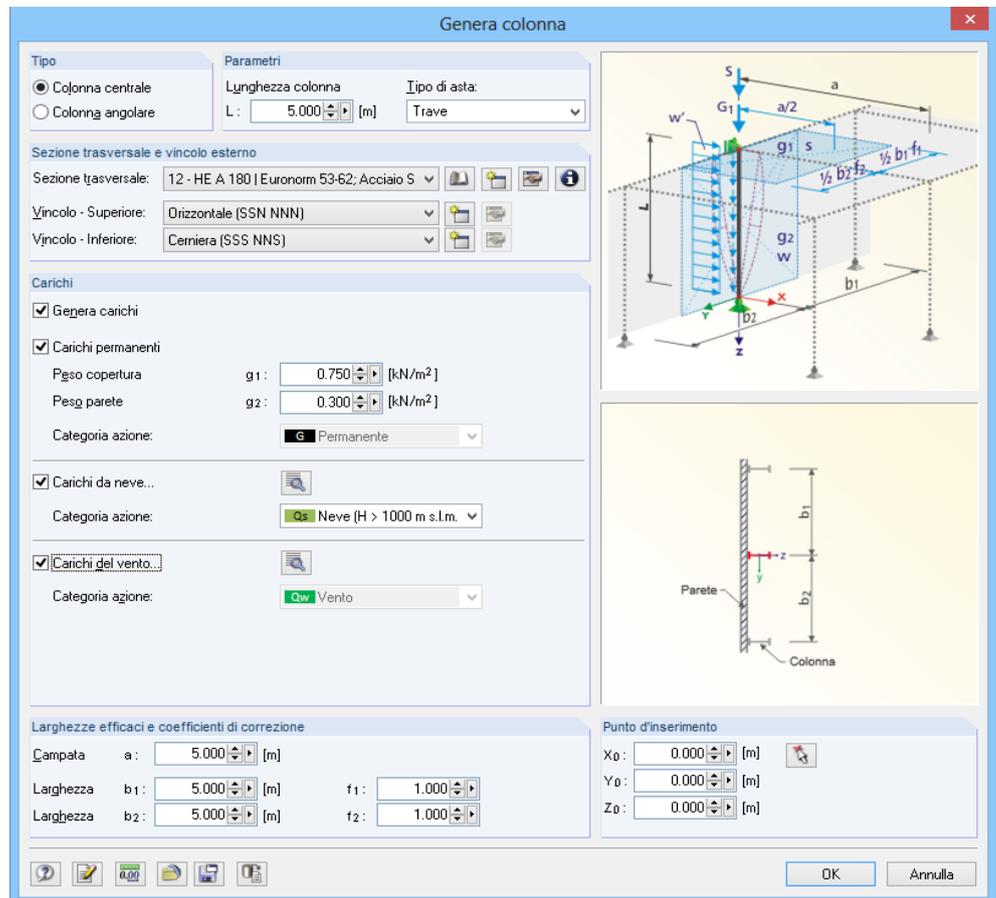


Figura 11.158: Finestra di dialogo *Genera colonna*

Nella sezione di dialogo *Tipo*, è possibile decidere se sarà generata una colonna centrale o angolare. Nel caso in cui si desidera generare i *Carichi*, sarà necessario specificare le loro *Larghezze efficaci e coefficienti di correzione*. Per generare una colonna della facciata, sarà necessaria la *Campata a* per l'intervallo di influenza nella direzione longitudinale del capannone. I coefficienti f_1 e f_2 sono utilizzati per mettere in scala geometrica le larghezze b_1 e b_2 per il modello strutturale, o per considerare i requisiti di norme speciali (ad esempio, i coefficienti per l'incremento dei carichi per singoli progetti).

Generatori di coperture

La voce del menu *Copertura* è dotata di tre generatori che è possibile selezionare per generare sistemi di coperture piani compresi i carichi. I pulsanti [Impostazioni] disponibili nella finestra di dialogo delle coperture, consentono di determinare i carichi di neve e vento (si veda figura 11.155, pagina 540).

A puntoni e controcatena

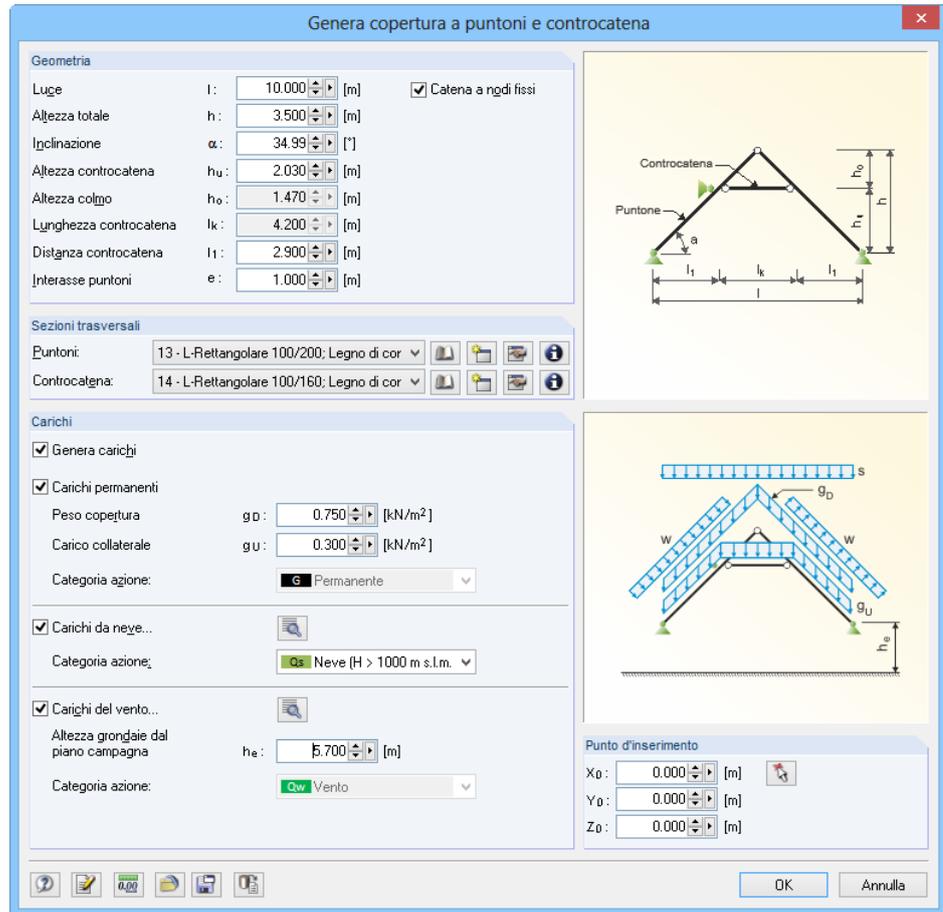


Figura 11.159: Finestra di dialogo *Genera copertura a puntoni e controcatena*

Copertura a puntoni

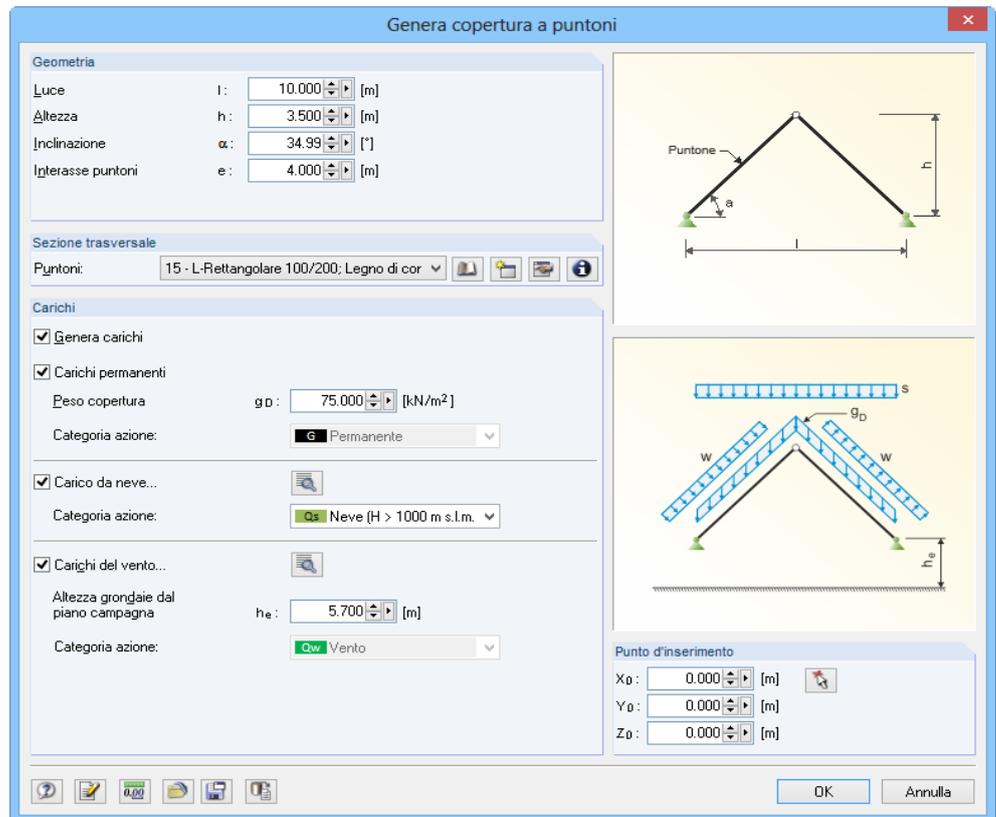


Figura 11.160: Finestra di dialogo *Genera copertura a puntoni*

Arcareccio

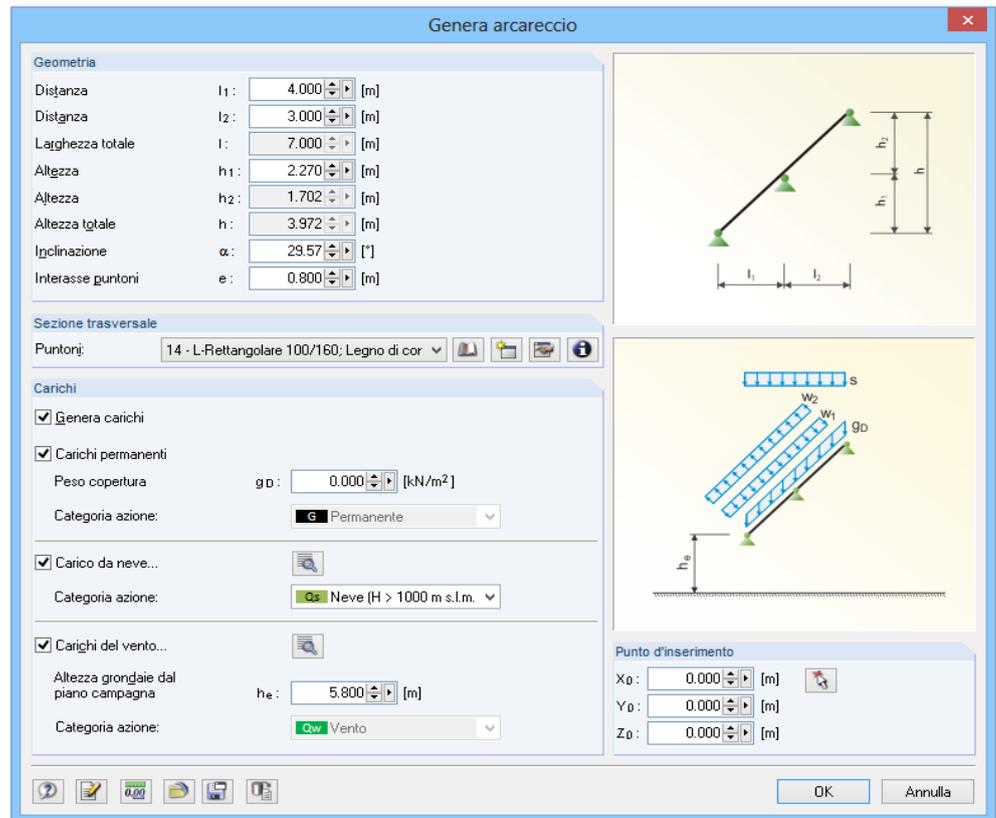


Figura 11.161: Finestra di dialogo *Genera arcareccio*

Trave a ventre di pesce

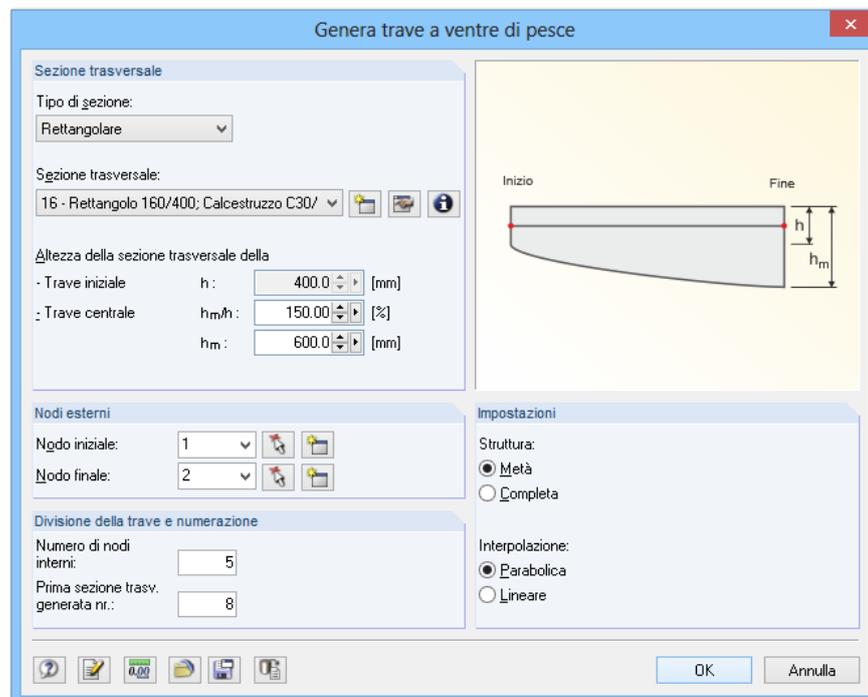


Figura 11.162: Finestra di dialogo *Genera trave a ventre di pesce*

Per la generazione di travi a ventre di pesce comunemente usate nella costruzioni di legno, sono disponibili i tipi di sezione rettangolare e ITS (travi a I simmetriche) da selezionare nell'elenco *Tipo di sezione trasversale*.

Telaio 3D

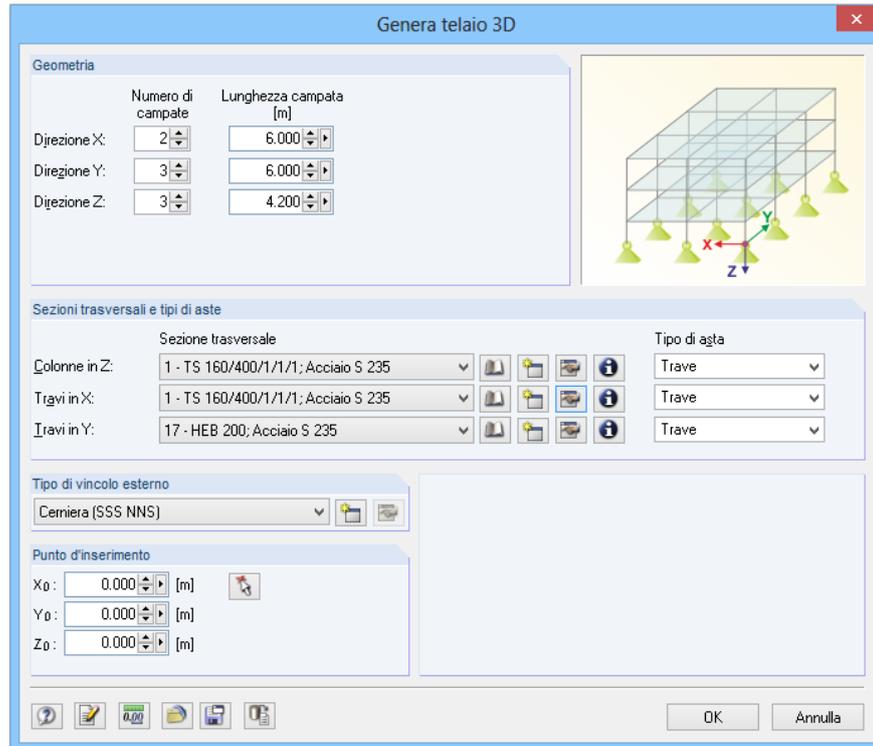
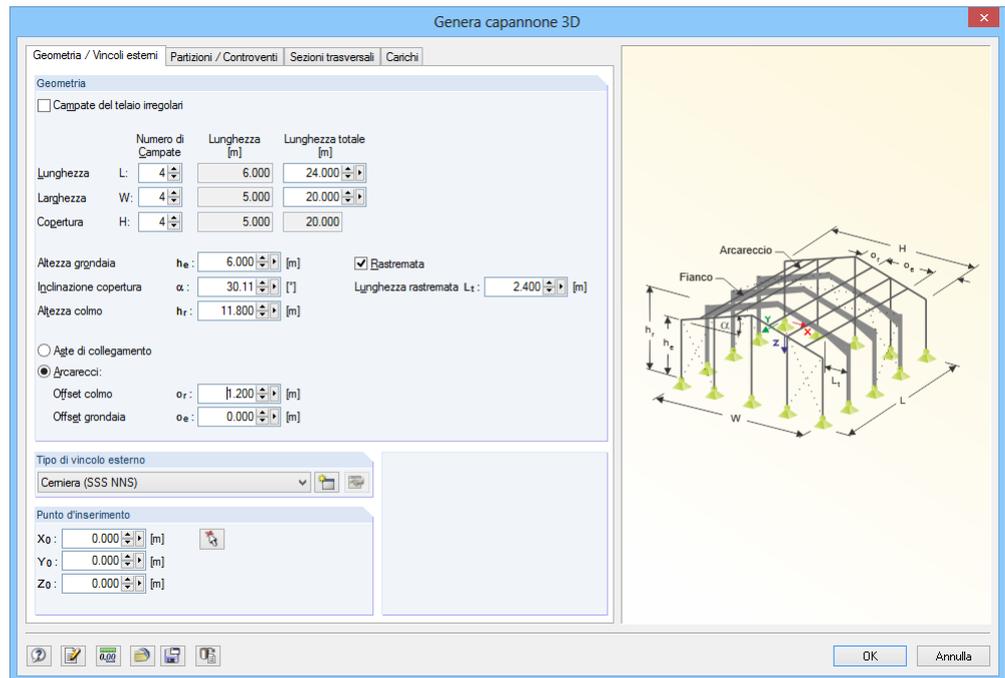


Figura 11.163: Finestra di dialogo *Genera telaio 3D*

Utilizzare questo generatore per creare strutture con telaio regolare. Le colonne del telaio avranno tutte gli stessi vincoli esterni.

Capannone 3D

Figura 11.164: Finestra di dialogo *Genera capannone 3D*

Questo generatore complesso crea un capannone completo includendo i carichi. Sono previste quattro schede di dialogo: *Geometria/Vincoli esterni* gestisce la geometria del sistema, *Partizioni/Controventi* gestisce la spaziatura della griglia e la disposizione dei controventi. Nelle altre due schede, sono definite le *Sezioni trasversali* e i *Carichi*.

Cella 3D

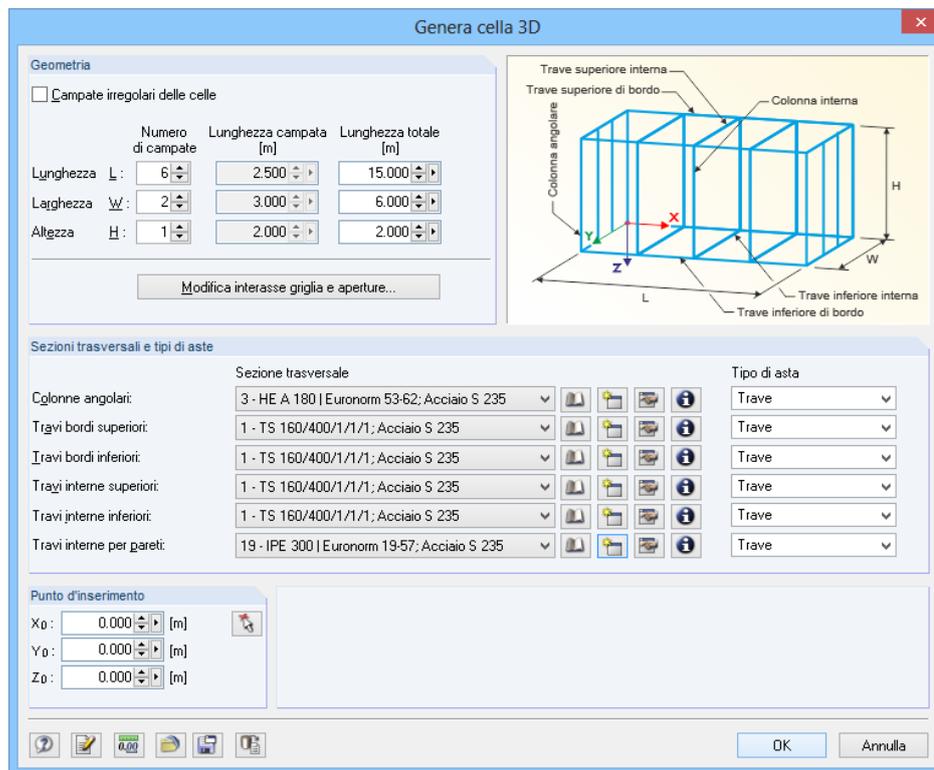


Figura 11.166: Finestra di dialogo *Genera cella 3D*

Modifica interasse griglia e aperture...

Il generatore crea una cella spaziale con diversi campi. Utilizzare il pulsante [Modifica interasse griglia ed aperture] per aprire un'altra finestra di dialogo in cui è possibile definire aperture nonché la disposizione della griglia per spaziature di campi irregolari.

Scala

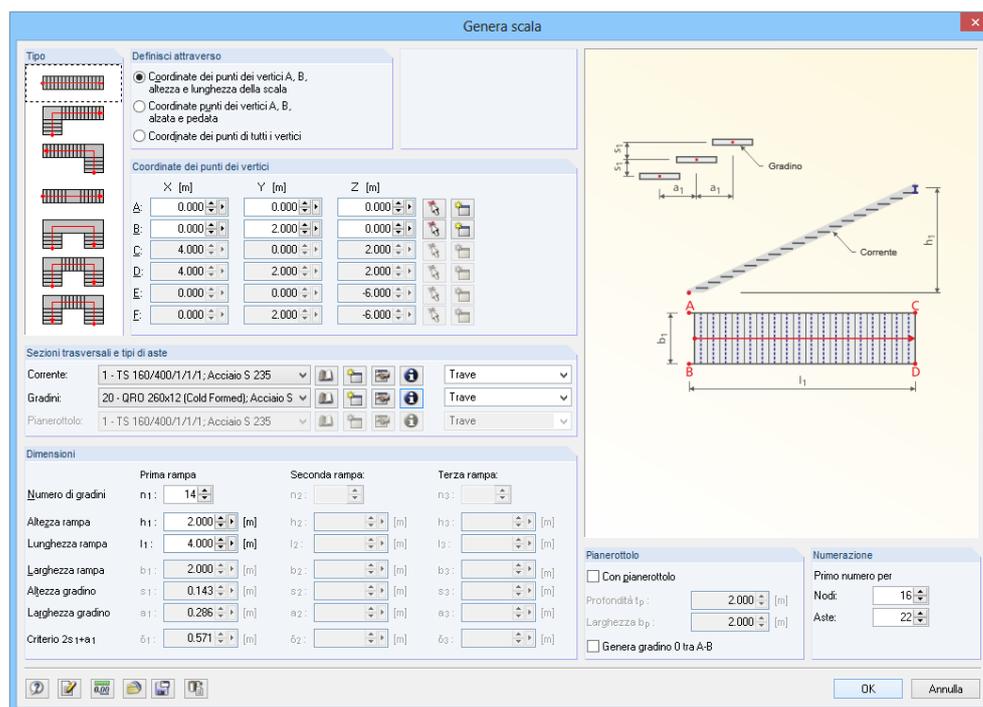


Figura 11.167: Finestra di dialogo *Genera scala*

Nell'elenco, selezionare il *Tipo* ed inserire i parametri restanti.

Scala elicoidale

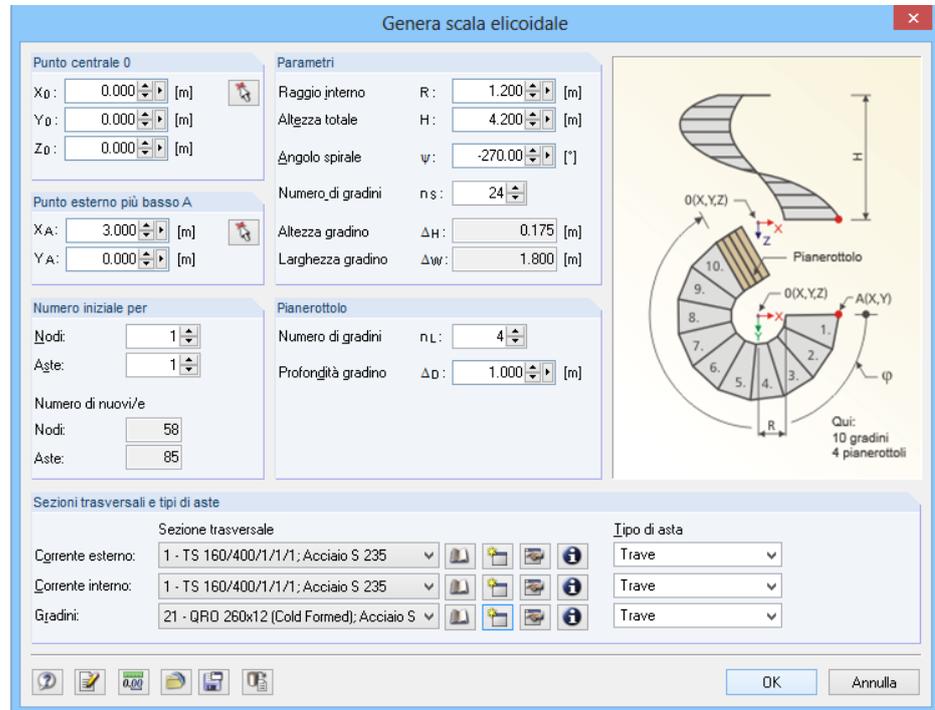


Figura 11.168: Finestra di dialogo *Genera scala elicoidale*

Linea dritta

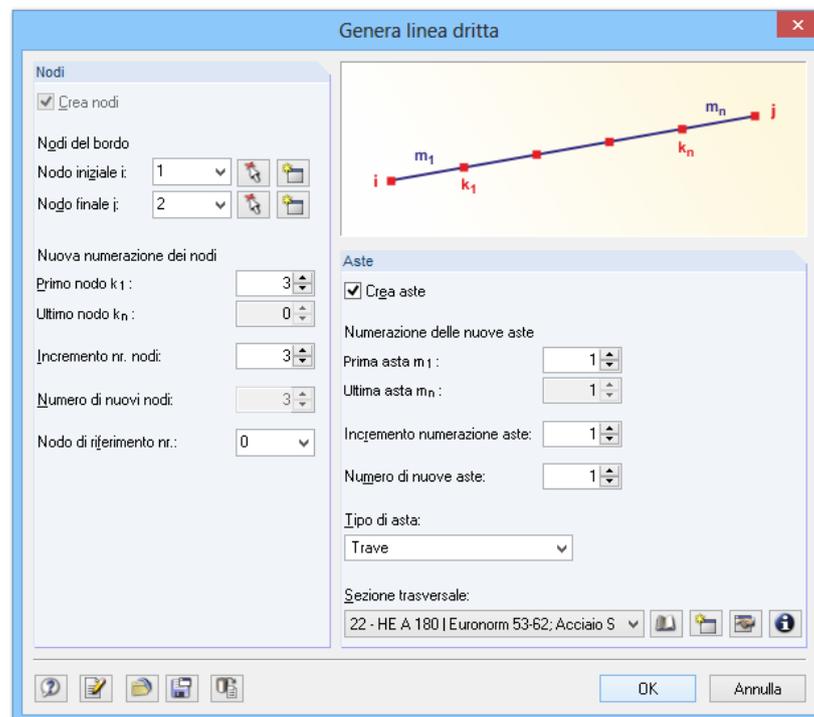


Figura 11.169: Finestra di dialogo *Genera linea dritta*

Questa funzione permette di generare linee rette sulla base di nodi già esistenti o nuovi. È inoltre possibile creare solo nodi collocati su una linea retta immaginaria.

Arco

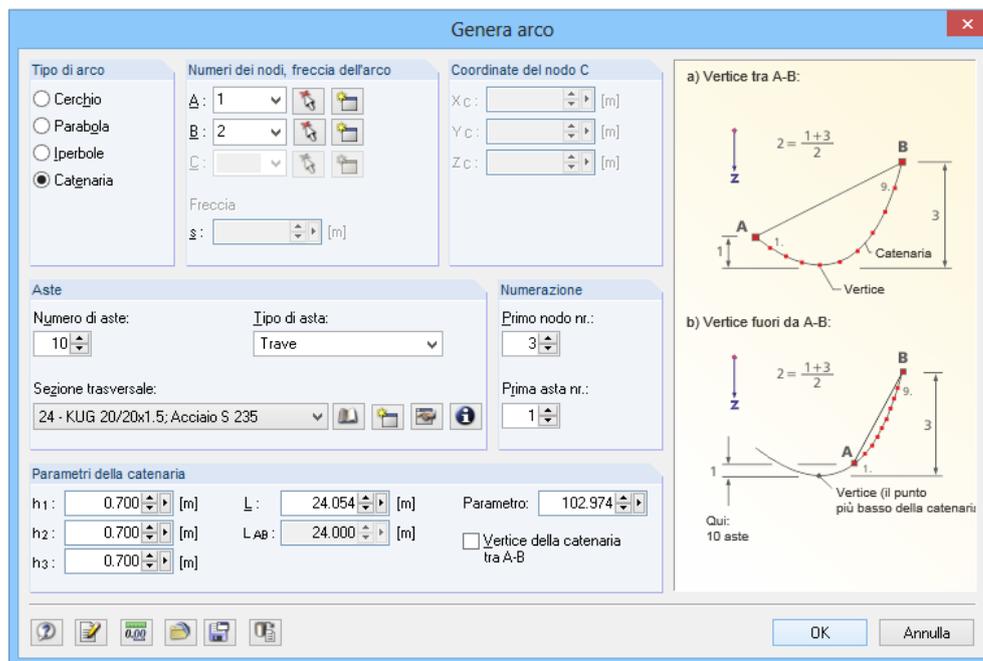


Figura 11.170: Finestra di dialogo *Genera arco*

Prima di tutto, definire il *Tipo di arco*: circonferenza, parabola, iperbole o catenaria. I punti A e B rappresentano i nodi dei bordi dell'arco, ed il punto C determina la sua disposizione. La *Freccia dell'arco* definisce l'abbassamento. La lunghezza di una catenaria è definita dal parametro L. Le altezze h_1 , h_2 e h_3 sono interattive.

Il *Parametro* descrive la costante nella seguente equazione della catenaria:

$$y(x) = a \cdot \cosh\left(\frac{x - v_x}{a}\right) + v_y \quad \text{Dove } v_x \text{ o } v_y : \quad \text{spostamenti in } x \text{ o } y$$

Equazione 11.1

Maggiore sarà il numero di aste, più precisa sarà la modellazione dell'arco come una catena poligonale.

Arco di circonferenza

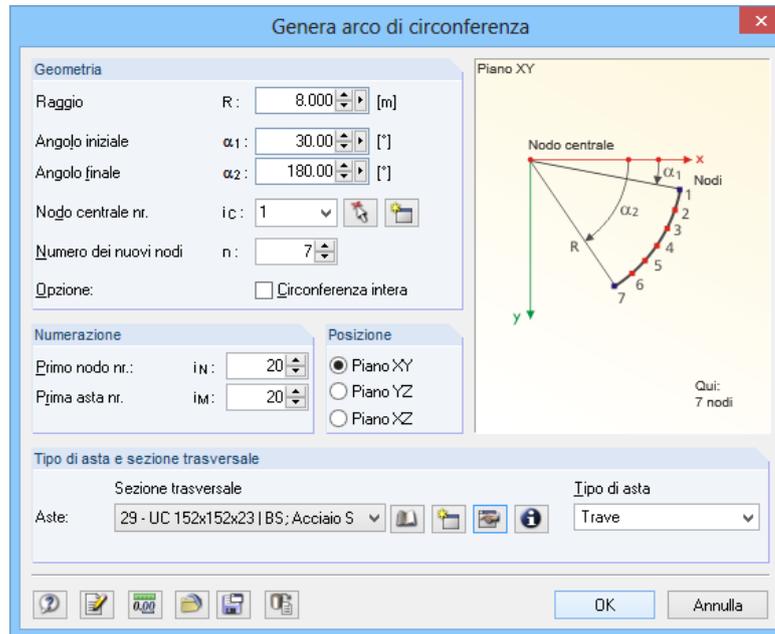


Figura 11.171: Finestra di dialogo *Genera arco di circonferenza*

L'arco di circonferenza è definito dal *Raggio* e dagli angoli. L'oggetto sarà creato attorno a un punto centrale che può essere selezionato in uno dei piani globali.

Sfera

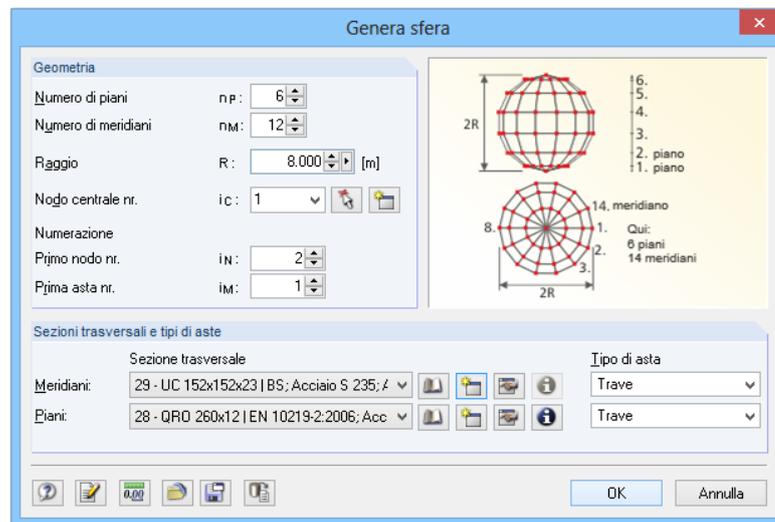


Figura 11.172: Finestra di dialogo *Genera sfera*

Maggiore è il *Numero dei piani* e dei *meridiani*, più tonda sarà la forma della sfera. La forma sferica è approssimata da catene poligonali dove ciascuna asta rappresenta un segmento.

Controventi nelle celle

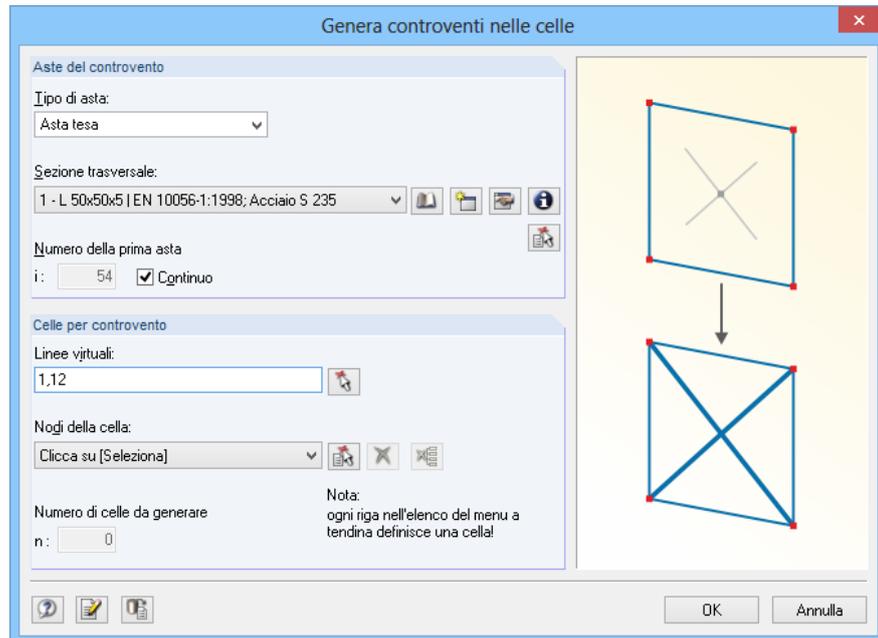


Figura 11.173: Finestra di dialogo *Genera controventi nelle celle*



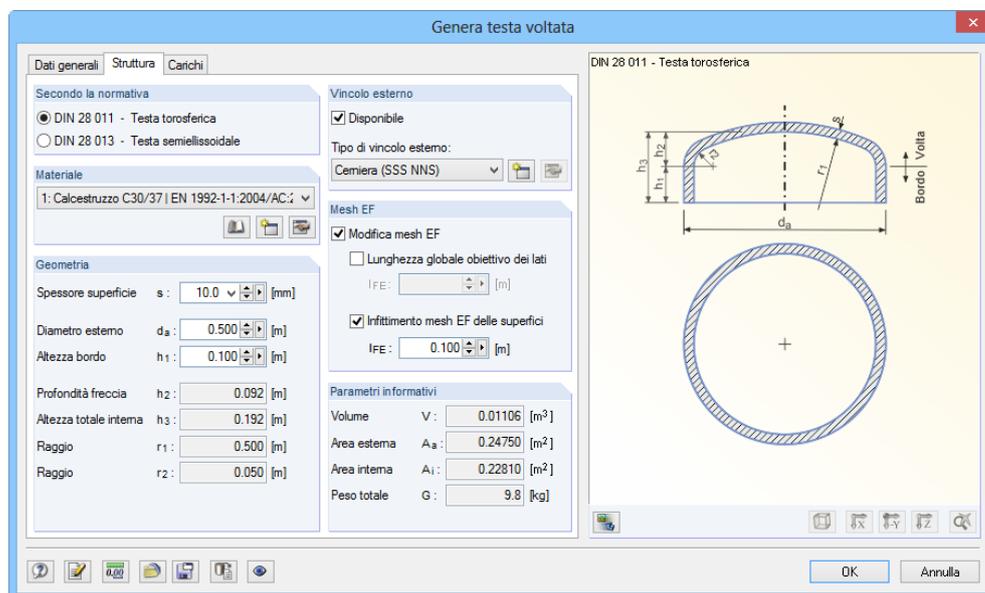
Le celle sono definite da quattro nodi ad angolo, racchiusi da aste su tutti i lati e disposte su un unico piano. Nella finestra di dialogo del generatore, specificare le *Aste del controvento* e le *Celle per controvento*. È inoltre possibile utilizzare anche la funzione [^] per selezionarli nell'area di lavoro cliccando sulle croci delle celle.



Inoltre, *Linee virtuali* consentono di chiudere le celle in modo che i controventi si possono creare, per esempio, anche tra vincoli esterni a parete.

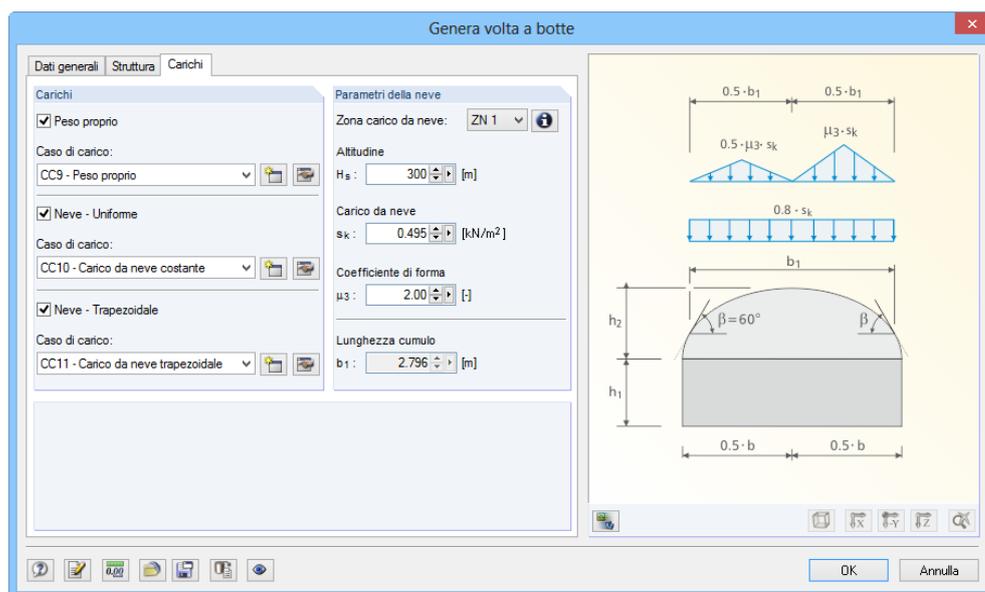
11.7.2.2 Superfici

Testa voltata secondo DIN 28 011 o DIN 28 013

Figura 11.174: Finestra di dialogo *Genera testa voltata*, scheda *Struttura*

Per la creazione di una testa voltata, RFEM offre le varianti standard *Testa torosferica* e *Testa semiellissoidale*. Una volta che il punto di riferimento per il posizionamento della testa è stato impostato nella scheda *Dati generali*, è possibile definire i parametri del materiale e del generatore per lo spessore della superficie, il diametro esterno e altezza nella scheda di dialogo *Struttura*. Inoltre, è possibile specificare la sovrappressione come carico di superficie per la generazione nella sezione di dialogo *Carichi*.

Volta a botte

Figura 11.175: Finestra di dialogo *Genera volta a botte*, scheda *Carichi*

Definire i parametri della volta a botte nelle schede di dialogo *Dati generali* e *Struttura*. Nella scheda *Carichi*, inserire i dati richiesti per la creazione dei casi di carico da neve.

Cupola

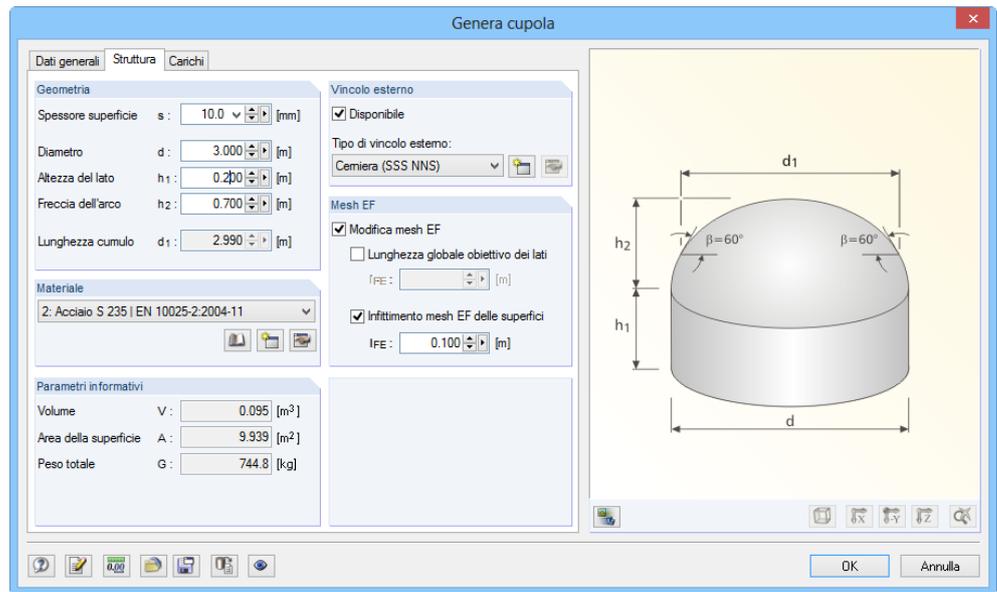


Figura 11.176: Finestra di dialogo *Genera cupola*, scheda *Struttura*

Definire i parametri della cupola nelle schede di dialogo *Dati generali* e *Struttura*. Nella scheda *Carichi*, inserire i dati richiesti per la creazione dei casi di carico da neve.

Superfici da celle

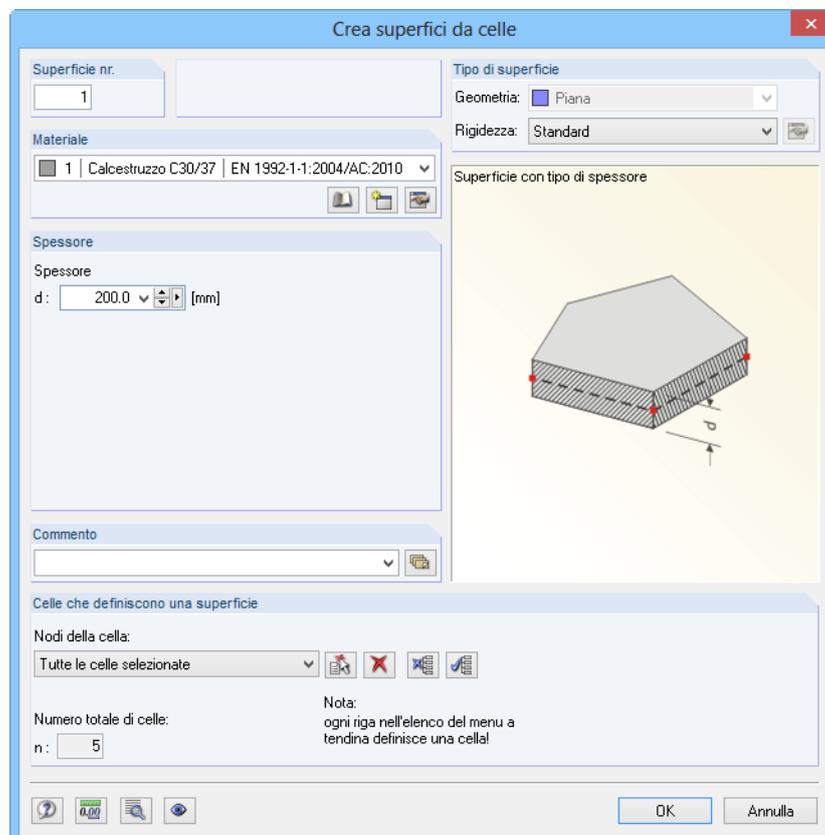


Figura 11.177: Finestra di dialogo *Crea superfici da celle*



Le celle sono costituite da almeno tre spigoli. Sono definite da linee o aste su tutti i lati e disposte su un unico piano. Per riempire le celle con superfici, definire prima il *Materiale* e lo *Spessore* della superficie. Quindi, selezionare le celle graficamente utilizzando la funzione [↵] facendo clic sulla cella che attraversa l'area di lavoro.

11.8 Generatori di carico

Il secondo gruppo di generatori consente di applicare carichi delle aste e delle superfici: da una parte, è possibile convertire i carichi superficiali agenti sul sistema strutturale (ad esempio neve, vento) in carichi di asta e superficie. Dall'altra parte, è possibile convertire carichi liberi lineari e del rivestimento dovuti al gelo in carichi di aste.

Per aprire le finestre di dialogo per la generazione di carichi delle aste e delle superfici, selezionare **Genera carichi** nel menu degli **Strumenti**.

11.8.1 Caratteristiche generali

Impostazioni per la generazione del carico



Molte finestre di dialogo dei generatori offrono il pulsante [Impostazioni] (si veda figura 11.184, pagina 560) che apre la finestra di dialogo *Impostazioni di generazione del carico* utilizzata per controllare la tolleranza per l'integrazione di nodi nel piano di carico e correggere i carichi generati.

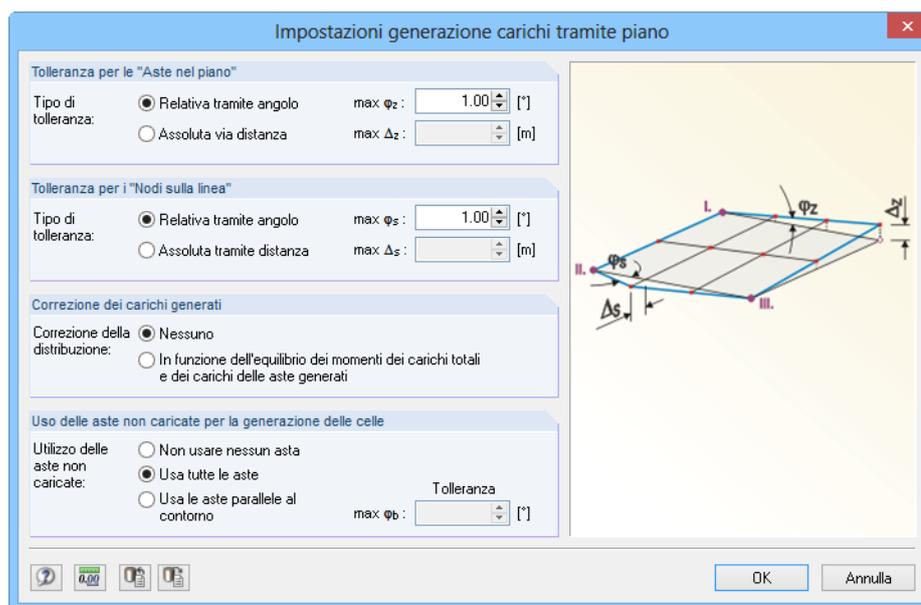


Figura 11.178: Finestra di dialogo *Impostazioni generazione carichi tramite piano*

Le specifiche nella finestra di dialogo impostazioni sono valide per tutti i generatori di carico delle aste. La *Tolleranza* determina le condizioni di appartenenza delle aste o dei nodi ad un *Piano* o a una *Linea*. Queste impostazioni si possono attivare inserendo un *angolo* o una *distanza*. Se i nodi giacciono all'interno delle soglie definite, RFEM riconoscerà le celle e genererà i carichi.

La sezione di dialogo *Correzione dei carichi generati* consente un confronto tra i carichi superficiali disponibili e i carichi delle aste determinati. Le somme di controllo sono visualizzate nelle finestre di dialogo che appaiono dopo la generazione del carico e prima che sia eseguita la conversione finale in carichi delle aste (si veda Figura 11.188, pagina 563). In caso di minori differenze, è possibile correggere la distribuzione secondo *l'equilibrio dei momenti*. Si applicano le seguenti equazioni:

$$\int_{L_{\text{Cell}}} (q_{\text{Member}} + q_{\text{correct}}) dL = \int_{M_{\text{Cell}}} q dS \quad \text{Equilibrio delle forze}$$

$$\int_{L_{\text{Cell}}} (q_{\text{Member}} + q_{\text{correct}}) r dL = \int_{M_{\text{Cell}}} q r dS \quad \text{Equilibrio dei momenti}$$

dove $r = (x, y)$ Distanza dal baricentro della cella

Durante la correzione dei carichi generati con l'*equilibrio dei momenti*, il momento è calcolato dai carichi superficiali rispetto al baricentro e poi confrontato con il momento dei carichi delle aste rispetto al baricentro. In via esemplificativa, si può immaginare la correzione del momento come un ricalcolo delle reazioni vincolari. Queste ultime verranno poi applicate come carico di linea all'asta.

Le impostazioni nella sezione di dialogo *Uso delle aste non caricate per la generazione delle celle* riguardano principalmente le aste che si trovano in una posizione inclinata all'interno del modello. Nel corso della generazione dei carichi, si determinerà prima l'area totale da caricare. Quindi, RFEM esamina le aste che racchiudono le celle che vengono sottratte dall'area totale. Se si esclude un'asta dal caricamento (opzione *Rimuovi influenza da*, si veda di seguito), RFEM trasferirà il suo carico alle altre aste del piano o della cella.

Adesso, le tre opzioni sono spiegate mediante un esempio di costruzione di una piattaforma. Si desidera applicare i carichi di traffico solo alle aste nella direzione X. L'asta inclinata, come le aste parallele ad Y, è esclusa dall'applicazione del carico, ma influenza la creazione di carichi di aste in funzione dell'impostazione definita.

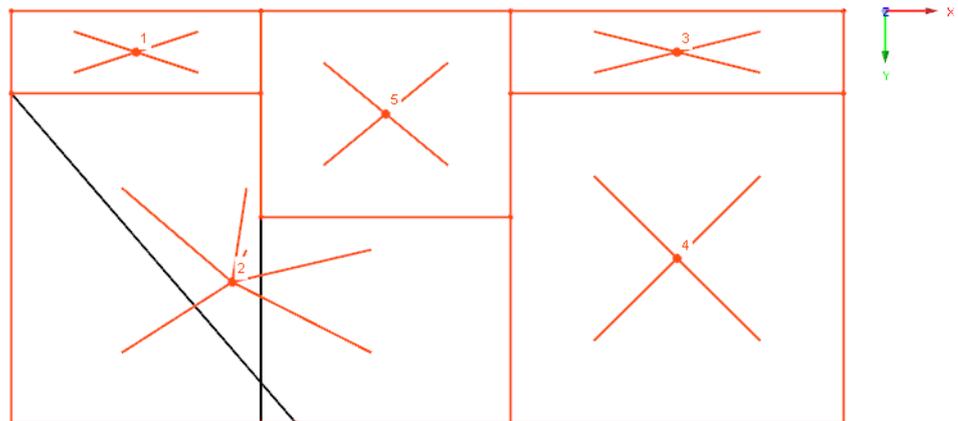


Figura 11.179: Costruzione della piattaforma con le celle per la generazione del carico

- *Non usare nessun asta:*

Il carico viene applicato uniformemente alle aste di bordo e alle aste intermedie. Con questa impostazione tutte le aste escluse saranno ignorate, il che significa che saranno applicate internamente per distribuzione del carico. Dopo il calcolo dell'area della cella, il carico sarà distribuito alle aste non escluse della cella.

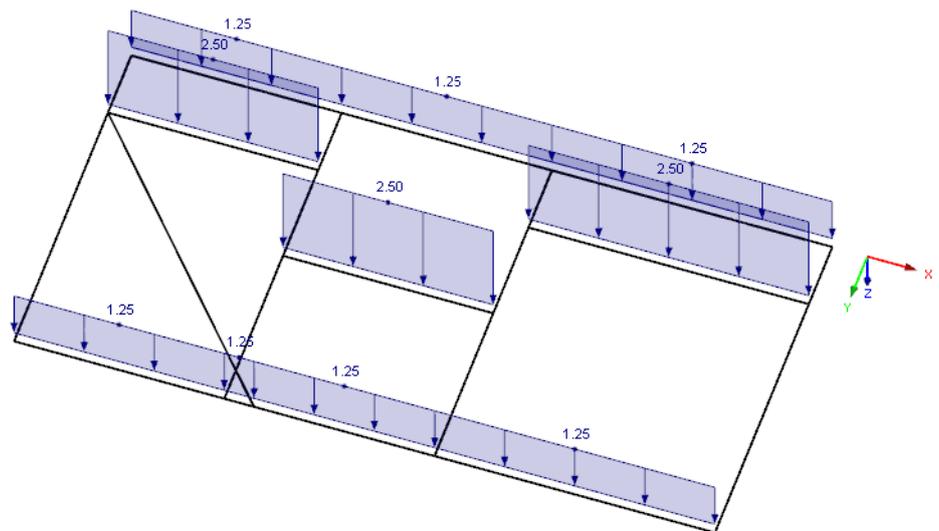


Figura 11.180: Risultato per *Non usare nessun asta non caricata*

- *Usa tutte le aste*
Tutte le aste non caricate saranno escluse per la generazione del carico. C'è ancora un piccolo problema nella distribuzione del carico a causa della grande cella 2, generata.

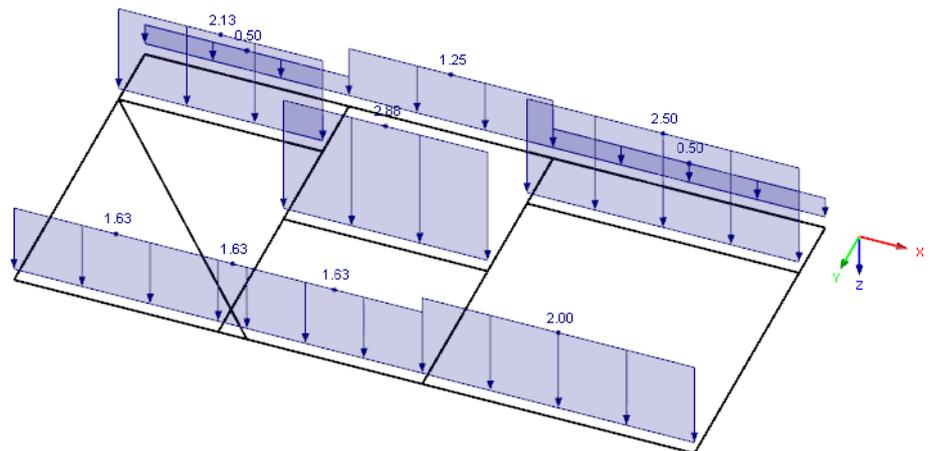


Figura 11.181: Risultato per *Usa tutte le aste non caricate*

- *Usa le aste parallele al contorno:*
In questo modo, è possibile escludere le aste che sono in una posizione inclinata. Se l'angolo limite tra le aste φ_b è limitato a 40.55° nella finestra di dialogo *Impostazioni* (si veda figura 11.178, pagina 556), il carico sarà generato come previsto.

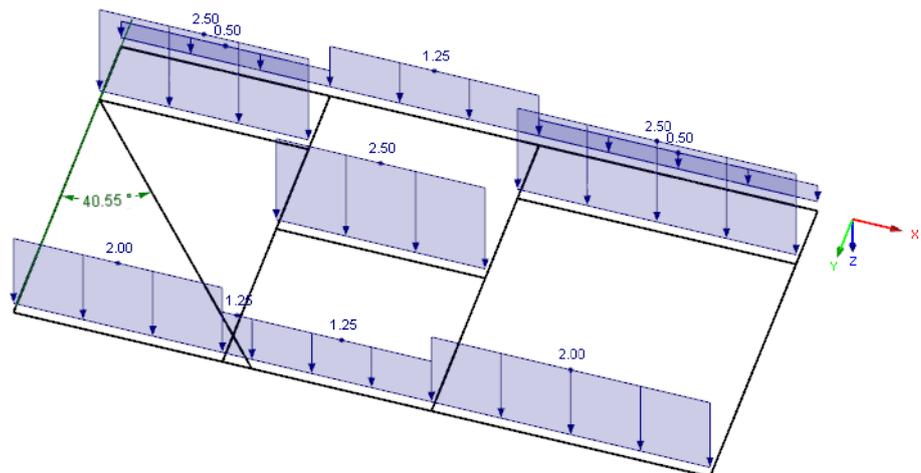


Figura 11.182: Risultati per Usa le aste parallele al contorno

Modificare i carichi generati successivamente

Dopo aver confermato la finestra di dialogo del generatore, il carico generato sarà trasferito nella tabella di carico 3.14. Apparirà la voce aggiuntiva *Carichi generati* nel navigatore *Dati* (si veda figura 6.52, pagina 258). I parametri del generatore non andranno persi perché le finestre di dialogo originali rimarranno accessibili come oggetti di input per la modifica. Per aprire la finestra di dialogo iniziale di nuovo, fare doppio clic su una delle voci nel navigatore. È anche possibile fare doppio clic su un carico generato nell'area di lavoro. Apparirà la finestra di dialogo originale dove sarà possibile regolare i parametri.

Ma se si desidera trattare i carichi generati come oggetti di carico isolati, sarà necessario svincolare i carichi dal concetto generale e suddividerli nei loro componenti. L'accesso a questa funzione è disponibile nel menu contestuale del carico, che si aprirà con il pulsante destro del mouse su un carico generato. Selezionare *Disconnetti carico generato* nel menu contestuale per creare carichi singoli (vedere figura sotto).

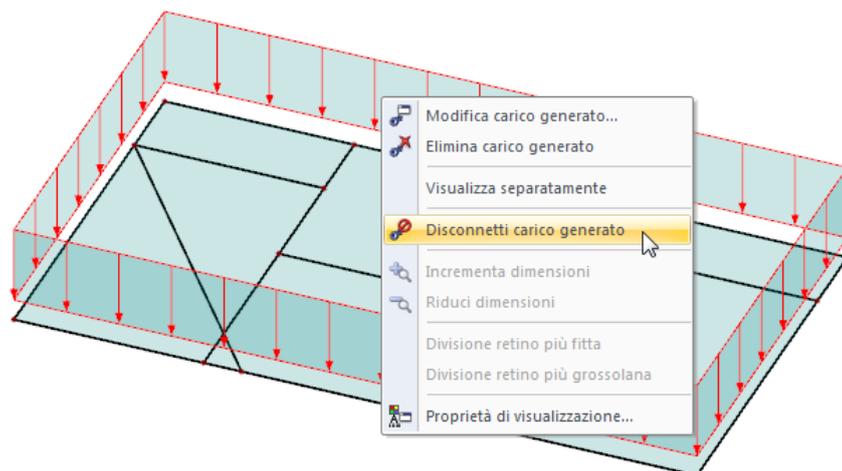


Figura 11.183: Menu contestuale del carico generato

È inoltre possibile utilizzare il menu contestuale del carico generato nel navigatore *Dati*.

11.8.2 Carichi delle aste/lineari dai carichi di area



11.8.2.1 Carichi delle aste dal carico dell'area tramite piano

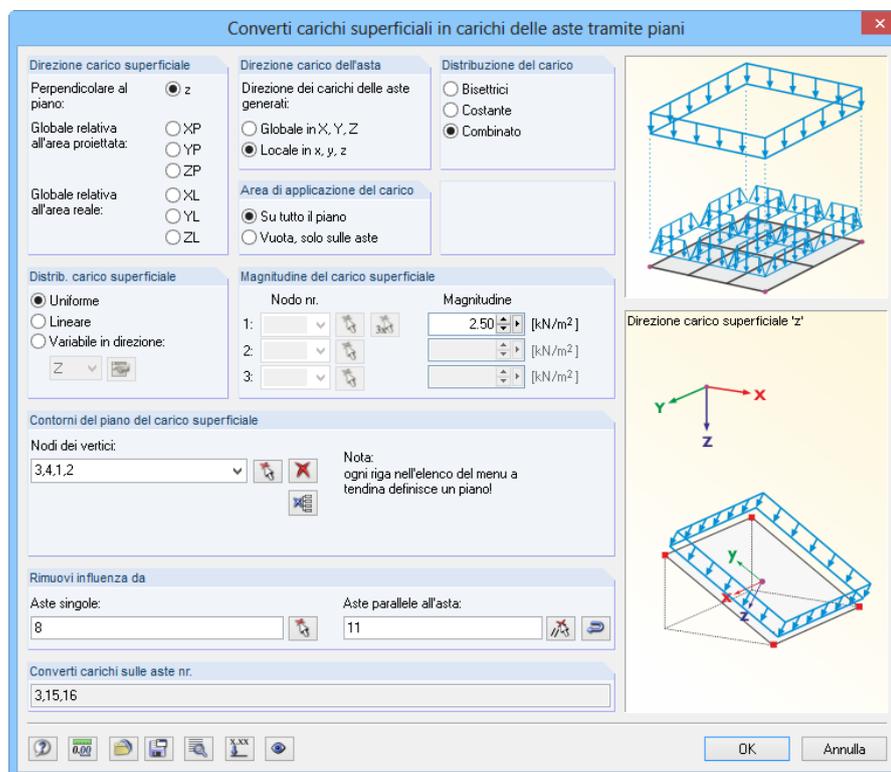


Figura 11.184: Finestra di dialogo *Converti carichi superficiali in carichi delle aste tramite piani*

Direzione del carico superficiale

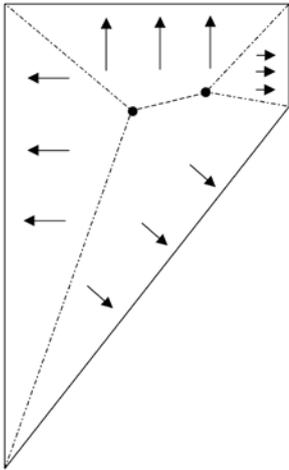
Decidere se il carico agisce perpendicolarmente al piano o globalmente in relazione alla superficie reale o proiettata. Il grafico della finestra di dialogo nell'angolo a destra illustra il carico selezionato.

Direzione del carico delle aste

I carichi delle aste generati si possono impostare in modo che siano carichi globali o locali (si veda paragrafo 6.2, pagina 227). La differenza è specialmente significativa per calcoli non lineari.

Area d'applicazione del carico

Sono disponibili due opzioni da selezionare. Selezionare *Su tutto il piano* quando nel piano di carico esiste una superficie tra le aste (ad esempio la superficie di una parete o di una copertura) che non è rappresentato nel modello di RFEM. In questo caso, RFEM convertirà il carico superficiale che agisce su tutto il piano in carico delle aste. Ma se la costruzione è composta solo di aste (ad esempio di torri a tralicci), selezionare l'opzione *Vuota, solo sulle aste*. Quindi, RFEM caricherà solo l'area efficace o proiettata che è fornita dalle sezioni trasversali dell'asta come "superficie di applicazione del carico". Il carico sarà applicato in considerazione all'orientamento dell'asta.



Tipo di distribuzione del carico

È possibile decidere in che modo le componenti del carico superficiale saranno assegnate alle aste. Selezionare *Bisettrici* per i poligoni che non hanno angoli maggiori 180° . I punti di intersezione delle bisettrici saranno collegati in modo tale che le aree di applicazione saranno create come mostrato nell'immagine a sinistra. In questo modo è possibile distribuire il carico dell'area alle aste senza alcuna ambiguità.

Il metodo delle bisettrici non è applicabile per piani con angoli maggiori di 180° o per poligoni. In tali casi, si imposti il tipo di distribuzione del carico *Costante*. In aggiunta alle bisettrici degli angoli, RFEM determinerà anche il baricentro del piano. Se i punti di intersezione delle bisettrici si trovano davanti al baricentro, saranno generate le aree di applicazione triangolari. Se si trovano dietro il baricentro, sarà disegnata una linea parallela all'asta attraverso il baricentro, formando un'area di applicazione con entrambe le bisettrici degli angoli.

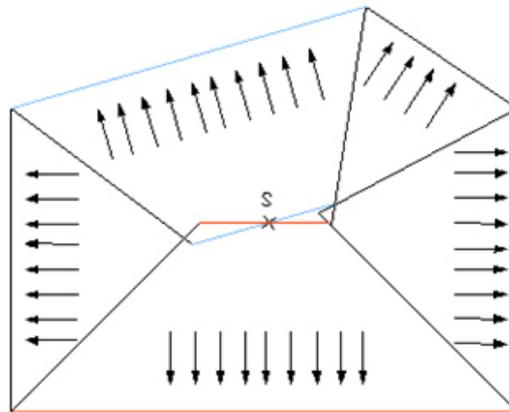


Figura 11.185: Tipo di distribuzione del carico *Costante*

L'utilizzazione di questo metodo è dovuto al fatto che le aree o non sono prese in considerazione o sono applicate due volte. La quantità mancante o rimanente sarà moltiplicata per una costante in modo che le somme dei carichi superficiali e delle aste siano uguali.

L'opzione *Combinato* determina l'area di applicazione dei triangoli, quadrangoli e poligoni secondo il metodo delle bisettrici, ove possibile. Se il metodo non può essere utilizzato, RFEM attiva automaticamente la distribuzione del carico costante. Pertanto, il metodo combinato è impostato come predisposto; RFEM selezionerà automaticamente il metodo più appropriato.

Distribuzione del carico superficiale

Il carico può agire su un area come con distribuzione *Uniforme* o variabile *Lineare*. È anche possibile definire un carico superficiale che agisce liberamente *Variabile in direzione* di un asse globale (ad esempio un carico del vento dipendente dall'altezza). Utilizzare il pulsante [Modifica] per aprire una finestra di dialogo in cui è possibile definire i parametri di carico in funzione dei livelli di altezza.



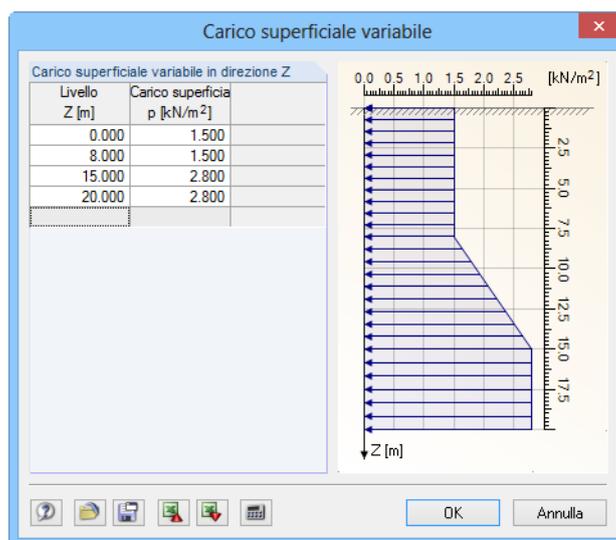


Figura 11.186: Finestra di dialogo *Carico superficiale variabile*

Nella colonna sinistra della tabella, si immettano le ordinate globali del *Livello*. Assegnare i valori rispettivi del *Carico superficiale* a destra. La figura mostra lo stato attuale di immissione.



Quando si impostano carichi variabili, sarà necessario selezionare la correzione della distribuzione secondo l'equilibrio di momenti nella finestra di dialogo *Impostazioni* (si veda figura 11.178, pagina 556). In caso contrario, saranno generati carichi delle aste costanti.

Magnitudine del carico superficiale

Quando il carico agisce in modo uniforme sull'area, si inserisca il valore del carico nel campo di immissione abilitato. Per i carichi linearmente variabili, si specifichino tre numeri dei nodi con i rispettivi carichi. Sarà inoltre possibile utilizzare la funzione [^] per selezionare i nodi graficamente nell'area di lavoro.



Contorni del piano del carico superficiale

Il contorno è impostato con i nodi ai vertici del piano. Utilizzare la funzione [^] e cliccare i nodi pertinenti uno dopo l'altro nella finestra di lavoro. Il piano sarà evidenziato con il colore di selezione. Il piano completamente inserito sarà visualizzato in colore ciano. Almeno tre nodi sono necessari per definire un piano. La zona non ha bisogno di essere racchiusa da linee o aste da tutti i lati.

È possibile definire diversi piani che appaiono nell'elenco *Nodi dei vertici*.



Se la finestra di dialogo viene aperta più volte, è probabile che nell'elenco *Nodi dei vertici* sia presente l'ultimo piano inserito. Per evitare l'assegnazione di carichi doppi involontariamente a questi piani, si consiglia di svuotare l'elenco, in questo caso, con il pulsante [Elimina piano del carico superficiale corrente].

Rimuovi influenza da



Nella sezione di dialogo *Rimuovi influenza da*, è possibile escludere aste dall'applicazione del carico (ad esempio arcarecci o controventi). La selezione è effettuata asta per asta o inserendo un modello di una asta parallela alle aste prive di carico. Anche in questo caso, si consiglia di utilizzare la funzione [^] per la selezione grafica.

Fare clic sul pulsante [Impostazioni] mostrato a sinistra per aprire la finestra di dialogo *Impostazioni generazione carichi tramite piano* (si veda Figura 11.178, pagina 556). Quindi, è possibile regolare la tolleranza per l'integrazione dei nodi nel piano di carico o correggere il carico generato.

Utilizzare il pulsante [Assegna coefficienti di correzione dei carichi] per mettere in scala i carichi di aste particolari. In questo modo, si possono considerare, ad esempio, gli effetti della continuità di una lamiera di copertura sui puntoni perimetrali per generare carichi delle aste ridotti. Apparirà la seguente finestra di dialogo.



Figura 11.187: Finestra di dialogo *Assegna coefficienti di correzione alle aste*



Utilizzare i pulsanti [↔] per selezionare le aste nella finestra di lavoro. Quindi, è possibile metterli in scala con un *Coefficiente*.

Fare clic su [OK] per avviare la generazione di carichi dell'asta. Apparirà una panoramica di informazioni sulle celle e i carichi.

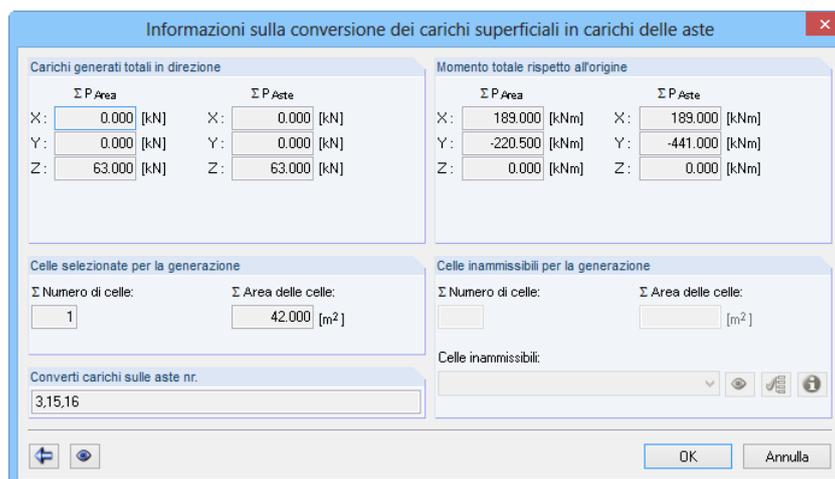


Figura 11.188: Finestra di dialogo *Informazioni sulla conversione dei carichi superficiali in carichi delle aste*



Se vi dovessero essere delle celle inammissibili, significa che RFEM non è stato in grado di assegnare i carichi senza ambiguità. Utilizzare il pulsante occhio [Mostra cella inammissibile corrente] per evidenziare la cella nella grafica. Per mostrare un elenco di motivi per cui le celle non sono valide, fare clic sul pulsante [Informazioni]. Spesso, i contorni rimossi della cella (cioè le aste al perimetro escluse dall'applicazione del carico) o aste trasversali che non sono collegate, causano i problemi che si verificano durante la conversione dei carichi.



Nella sezione di dialogo *Momento totale rispetto all'origine*, i carichi determinati dell'asta sono confrontati con i carichi superficiali applicati. In caso di differenze, è possibile utilizzare il pulsante [Indietro] per accedere alla finestra di dialogo iniziale dove è possibile modificare i parametri. Le specifiche devono essere modificate nella finestra di dialogo *Impostazioni generazione carichi* (si veda Figura 11.178, pagina 556) che è possibile accedere tramite il pulsante [Impostazioni].

I pulsanti in basso a sinistra della finestra di informazioni sono riservati per le seguenti funzioni:

Pulsante	Descrizione
	La finestra di dialogo <i>Converti carichi superficiali in carichi delle aste</i> si aprirà di nuovo e lì sarà possibile modificare i parametri di generazione.
	RFEM mostra l'area di lavoro dove è possibile modificare la vista (modalità di vista). Per ritornare alla finestra <i>Informazioni</i> , fare clic con il pulsante destro nella finestra di lavoro, o utilizzare il tasto [Esc].



Tabella 11.15: Pulsanti nella finestra di informazioni per i carichi dell'asta convertiti

11.8.2.2 Carichi delle aste dal carico dell'area tramite celle

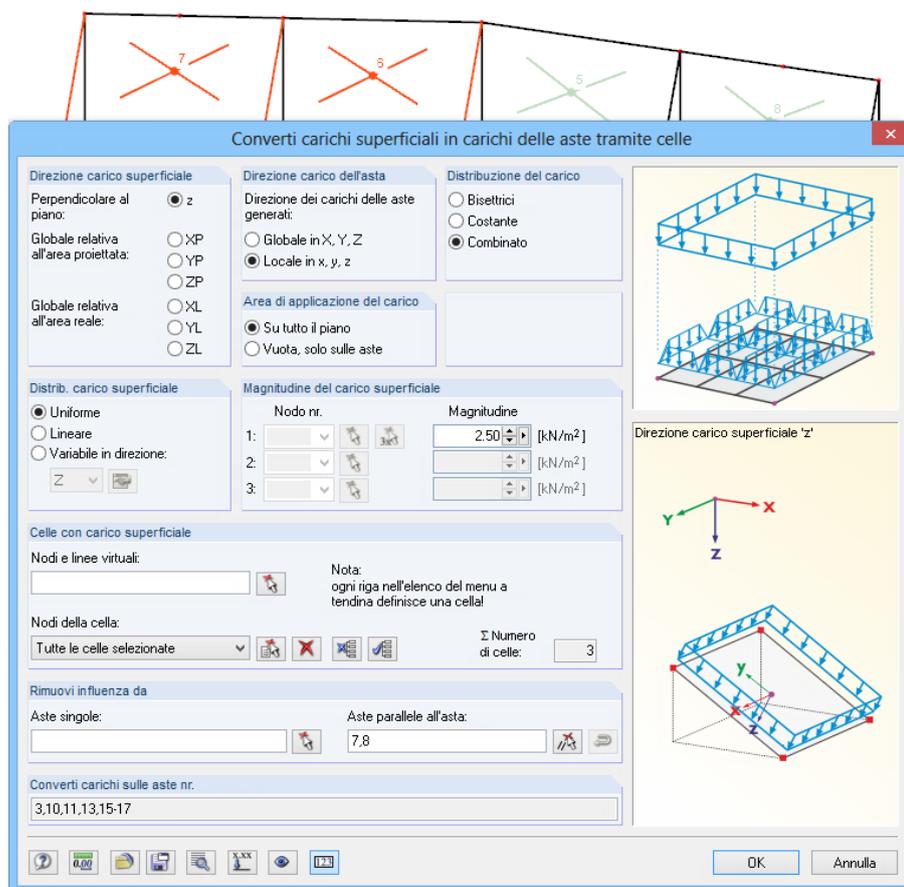


Figura 11.189: Finestra di dialogo *Converti carichi superficiali in carichi delle aste tramite celle*

Questa finestra di dialogo è simile alla finestra di dialogo *Converti carichi superficiali in carichi delle aste tramite piani* descritta a pagina 560. RFEM controlla sempre l'esistenza di celle nel modello quando si apre la finestra di dialogo. Le celle disponibili sono rappresentate con delle croci. Le celle sono zone definite da tre o più nodi ai vertici, racchiuse dalle aste su tutti i lati e disposte su un unico piano.



Il generatore di carico tramite le celle non può essere utilizzato per i carichi di vento, ad esempio, sulla parete di un capannone con colonne: RFEM non riconosce nessuna cella, perché non ci sono aste tra le fondazioni. In tal caso, è possibile creare delle *Linee virtuali* facendo clic sul nodo iniziale e finale utilizzando la funzione [↵]. In questo modo, le celle saranno chiuse con un artificio e potranno essere riconosciute dal generatore.



I *Nodi della cella* si possono selezionare con la [↖] uno dopo l'altro nell'area di lavoro. Apparirà, dopo la generazione, una panoramica con informazioni sulle celle e sui carichi.



Fare clic sul pulsante [Impostazioni] mostrato a sinistra per aprire la finestra di dialogo *Impostazioni generazione dei carichi* (si veda Figura 11.178, pagina 556). Quindi, è possibile regolare la tolleranza per l'integrazione dei nodi nel piano di carico o correggere il carico generato.

11.8.2.3 Carichi delle linee dai carichi della superficie sulle aperture

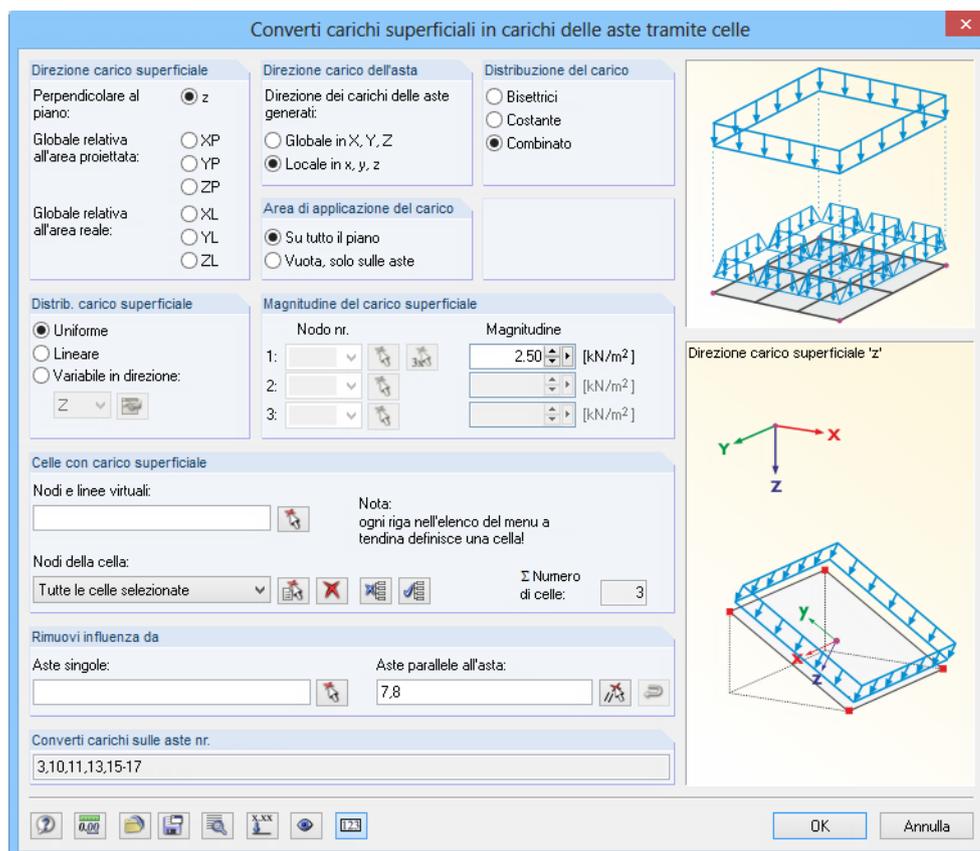


Figura 11.190: Finestra di dialogo *Converti carichi superficiali in carichi delle aste tramite celle*

Questa finestra di dialogo è simile alla finestra di dialogo *Converti carichi superficiali in carichi delle aste tramite piani* descritta a pagina 560. Nelle sezioni di dialogo più in alto, è possibile definire i parametri di carico differenti.



Nel campo di input *Aperture con carico superficiale*, immettere i numeri delle aperture. È inoltre possibile anche selezionarle con la funzione [↖] nell'area di lavoro.

Fare clic su [OK]. Apparirà una panoramica con l'informazione sul carico generato. Quindi, fare clic su [OK] per creare i carichi della linea carichi sui vertici dell'apertura(e).

11.8.3 Altri carichi

11.8.3.1 Carichi delle aste da carichi liberi lineari

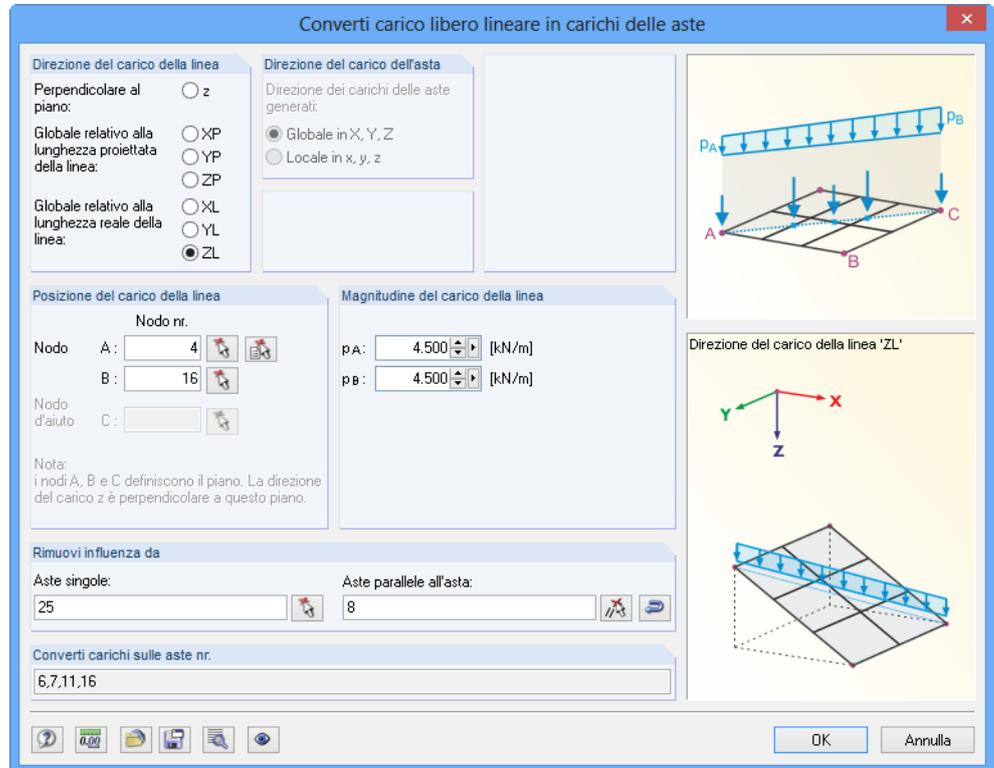


Figura 11.191: Finestra di dialogo *Converti carico libero lineare in carichi delle aste*

Utilizzare il generatore per definire carichi liberi lineari per strutture composte solo da aste come graticci per dividere proporzionalmente i carichi tra le aste.

La corretta assegnazione del carico richiede delle specificazioni per la *Direzione del carico lineare* e la *Direzione del carico delle aste*, laddove si può applicare. Queste sezioni di dialogo nonché l'opzione *Rimuovi influenza da* è descritta per la funzione "Carichi delle aste da carico superficiale tramite piano" a pagina 560.

La *Magnitudine del carico lineare* può essere definita costantemente o linearmente. La *Posizione del carico lineare* può essere definita graficamente con la funzione [↖], facendo clic sul nodo iniziale e finale. Se il carico di linea è perpendicolare al piano, inserire anche il nodo di aiuto C.

Fare clic sul pulsante [Impostazioni] mostrato a sinistra per aprire la finestra di dialogo *Impostazioni generazione dei carichi* (si veda figura 11.178, pagina 556).





11.8.3.2 Carichi delle aste dal rivestimento

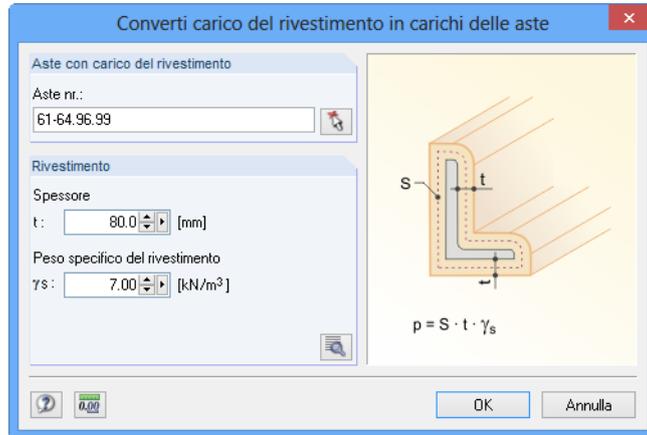


Figura 11.192: Finestra di dialogo *Converti carico del rivestimento in carichi delle aste*



Aste con carico del rivestimento può essere immesso direttamente o determinato graficamente con [↖]. Il *Rivestimento* deve essere definito dallo spessore e il peso specifico.



Utilizzare il pulsante [Informazioni] mostrato sulla sinistra per verificare le zone di rivestimento A_S delle sezioni trasversali delle aste selezionate da applicare per determinare il carico del ghiaccio. Le aree sono relative alle linee centrali del carico del ghiaccio come mostrato nel grafico della finestra di dialogo (figura 11.192). Così, i carichi saranno determinati correttamente anche per piccole sezioni trasversali con molti bordi.



11.8.3.3 Carichi da movimenti accelerati

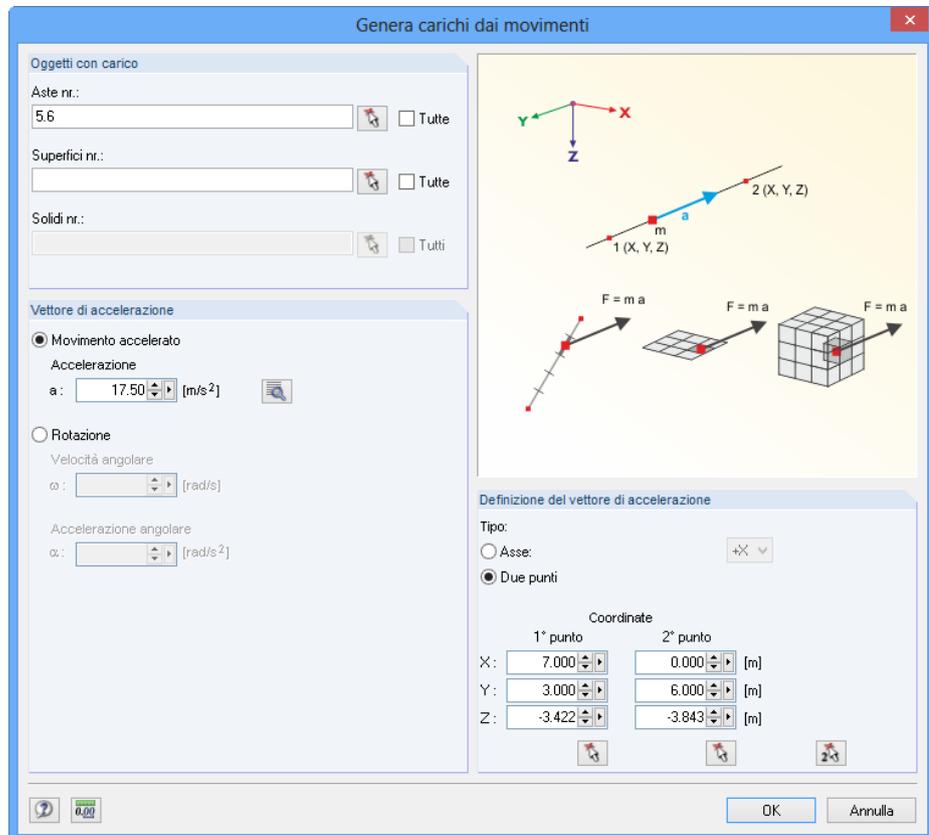


Figura 11.193: Finestra di dialogo *Genera carichi dai movimenti*

Il generatore crea dei carichi risultanti da una accelerazione o una rotazione che agisce su oggetti particolari del modello. La massa è determinata dal peso proprio.



Nella sezione di dialogo *Oggetti con carico*, immettere i numeri di elementi rilevanti, superfici e solidi. È inoltre possibile selezionarli anche graficamente, utilizzando la funzione [↵].



Definire il *Vettore di accelerazione* come accelerazione o (velocità di) rotazione (velocità angolare ω , accelerazione angolare α). Utilizzare il pulsante [Apri], mostrato a sinistra, per determinare l'accelerazione dalle velocità che sono disponibili su due punti.



Nella sezione di dialogo *Definizione del vettore di accelerazione*, decidere se il vettore è correlato a un asse globale o definito da due punti. Il vettore può essere definito graficamente utilizzando i pulsanti [↵].

Fare clic su [OK] per creare i carichi per il caso di carico attualmente impostato.

11.8.4 Carichi da neve

11.8.4.1 Copertura piana/a una falda

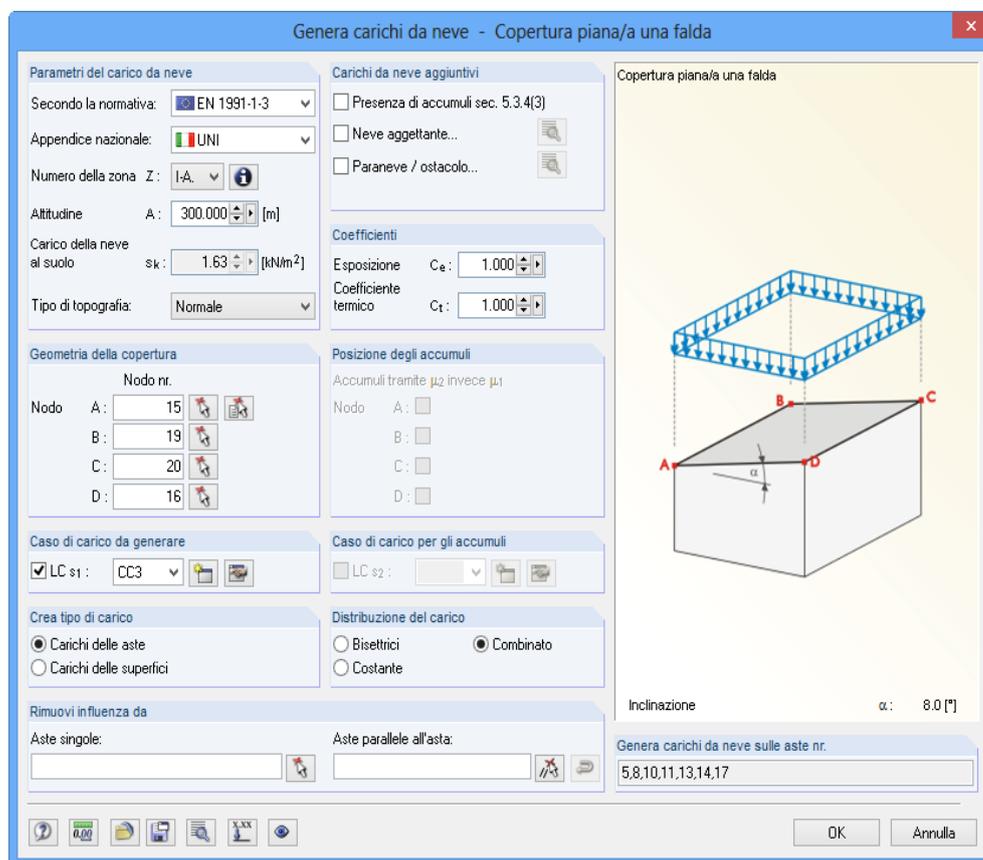


Figura 11.194: Finestra di dialogo *Genera carichi da neve - Copertura piana/a una falda*

Le coperture piane e ad una falda sono gestite insieme in una sola finestra di dialogo. I coefficienti di forma per le coperture piane o coperture con l'inclinazione da un lato, sono considerati secondo la EN 1991-1-3 e la DIN 1055-5.

Prima di tutto, definire la norma e, se necessario, l'Appendice nazionale nella sezione di dialogo *Parametri del carico da neve*. Le impostazioni gestiscono i campi di immissione abilitati per l'accesso.



Utilizzare il pulsante [Informazioni] per aprire una mappa in cui la zona di carico da neve Z può essere selezionata graficamente. In base alle specifiche imposte, RFEM determinerà il valore caratteristico del carico da neve s_k a terra, prendendo in considerazione l'altitudine A (si veda livello).

Utilizzare le tre caselle di controllo nella sezione di dialogo *Carichi da neve aggiuntivi* per decidere se si devono considerare altri carichi da neve:

- Accumuli di neve dovute a depositi di neve
- Neve aggettante dalle grondaie
- Carichi da neve su barriere paraneve



Utilizzare i pulsanti [Modifica] per definire i parametri per la neve aggettante e paraneve.

Se necessario, è possibile modificare il coefficiente di esposizione C_e (EN 1991-1-3, tabella 5.1) nonché il coefficiente termico C_t (EN 1991-1-3, sezione 5.2 (8)) nella sezione di dialogo *Coefficienti*.



Definire la *Geometria della copertura* attraverso i nodi della copertura da A a D in conformità con la figura della finestra di dialogo. È inoltre possibile utilizzare la funzione [^] per selezionarli graficamente nell'area di lavoro. Il piano sarà evidenziato con il colore di selezione. Almeno tre nodi sono necessari per definire un piano. La zona non ha bisogno di essere racchiusa da linee o aste da tutti i lati.

La *Posizione degli accumuli* può essere definita dai nodi ai bordi dell'area della copertura.



Nelle sezioni di dialogo *Casi di carico da generare* e *Caso di carico per gli accumuli*, si specificano i numeri dei casi di carico per la generazione del carico. I casi di carico da neve si possono creare con il pulsante [Nuovo]. Se vi sono superfici disponibili nel modello, è possibile utilizzare le opzioni nella sezione di dialogo *Crea tipo di carico* per decidere se si creeranno carichi di aste o superfici.

Le sezioni di dialogo *Distribuzione del carico* e *Rimuovi influenza da* sono descritte per la funzione del generatore "Carichi dell'asta dal carico della superficie tramite il piano" a pagina **Error!**

Bookmark not defined..



Fare clic sul pulsante [Impostazioni] mostrato a sinistra per aprire la finestra di dialogo *Impostazioni generazione dei carichi* (si veda Figura 11.178, pagina 556).

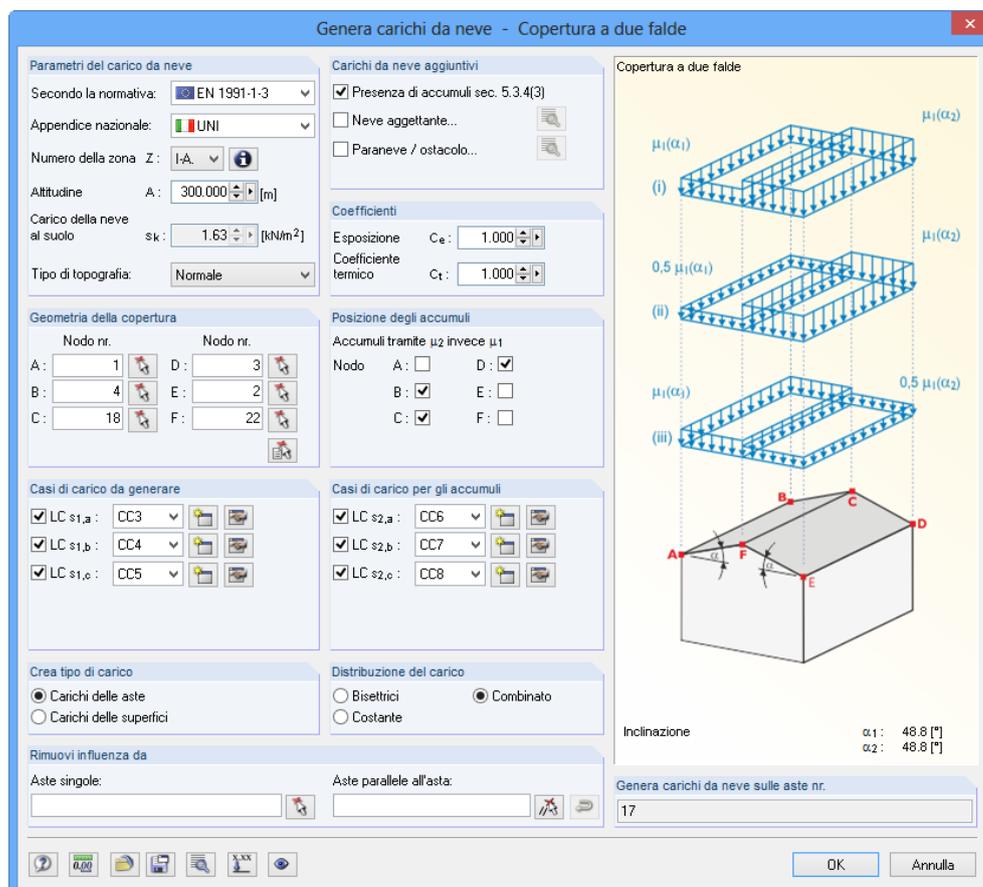


Utilizzare il pulsante [Assegna coefficienti di correzione dei carichi] per mettere in scala i carichi di aste particolari. Le specifiche saranno immesse in una finestra di dialogo separata (si veda figura 11.187, pagina 563).



Dopo avere confermato la finestra di dialogo del generatore con [OK], RFEM mostrerà i risultati della generazione dei carichi per tutti i casi di carico in una panoramica. Così, i carichi superficiali agenti si possono confrontare con i carichi convertiti. Prima che i carichi siano trasferiti a RFEM, è possibile fare clic sul pulsante [Indietro] per accedere alla finestra di dialogo iniziale dove è possibile modificare i parametri dei carichi.

11.8.4.2 Copertura a due falde

Figura 11.195: Finestra di dialogo *Genera carichi da neve - Copertura a due falde*

Prima di tutto, definire la norma e, se necessario, l'Appendice nazionale nella sezione di dialogo *Parametri del carico da neve*. L'impostazione gestisce i campi di immissione abilitati per l'immissione dei dati di carico.



Specificare i parametri come descritto nel paragrafo precedente. La *Geometria della copertura a due falde* è definita dai nodi ai vertici da A a F, in conformità al grafico della finestra di dialogo. Sarà inoltre possibile utilizzare la funzione [↵] per determinare i nodi graficamente nell'area di lavoro.



Nelle sezioni di dialogo *Casi di carico da generare* e *Casi di carico per gli accumuli*, si specificano i numeri dei casi di carico per la generazione del carico. Si creeranno casi di carico alternativi quando si considereranno ulteriori carichi da neve (ad esempio DIN 1055-5, figura 4) o coefficienti di forma (per esempio EN 1991-1-3, figura 5.3). I casi di carico da neve rilevanti si possono creare con il pulsante [Nuovo].

11.8.5 Carichi da vento

11.8.5.1 Pareti verticali

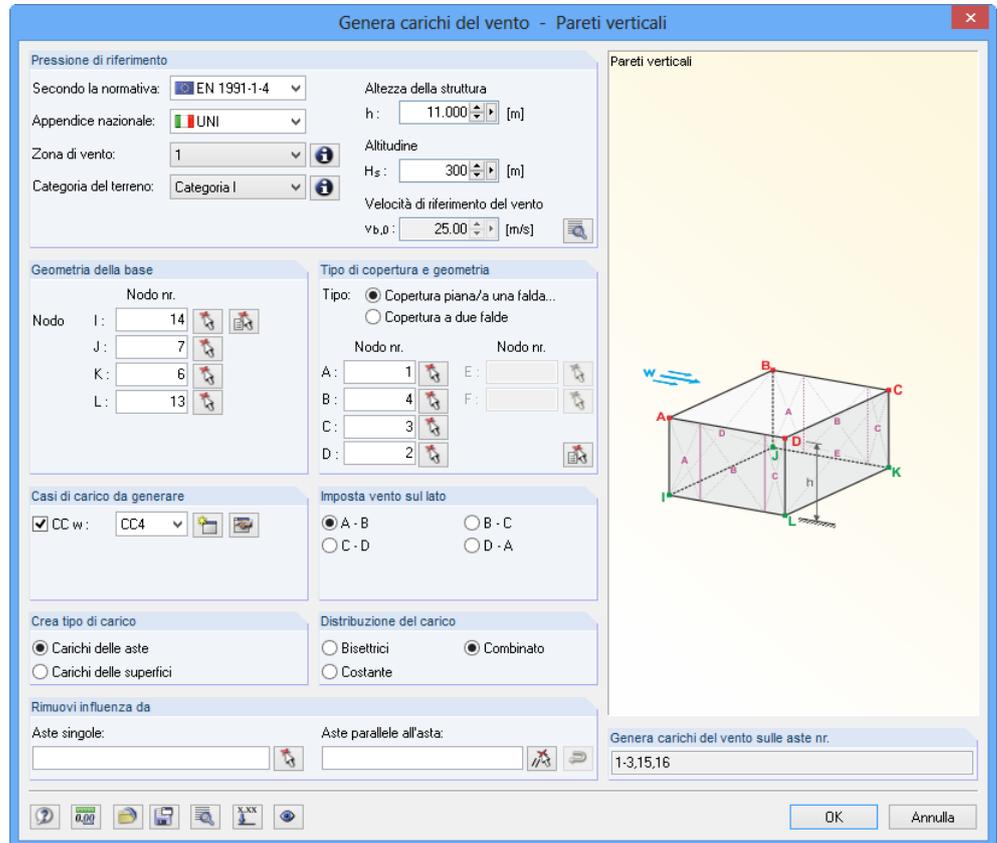


Figura 11.196: Finestra di dialogo *Genera carichi del vento - Pareti verticali* (geometria della copertura: *Copertura a due falde*)

Prima di tutto, definire la norma e, dove si può applicare, l'Appendice nazionale nella sezione di dialogo *Pressione di riferimento*. Le impostazioni gestiscono i campi di immissione abilitati per l'accesso.



È possibile selezionare graficamente la zona del vento e la categoria del terreno in una mappa che si aprirà con il tasto [Informazioni]. L'altezza della struttura h non si ricava automaticamente dal modello ma deve essere specificata. In base alle impostazioni, RFEM determina il valore di base della velocità fondamentale del vento $v_{b,0}$.



Fare clic sul pulsante [Modifica] mostrato a sinistra per accedere a ulteriori coefficienti utilizzati per determinare i carichi del vento.



Figura 11.197: Finestra di dialogo *Coefficienti per la generazione dei carichi del vento*



Le pareti saranno determinate dalla *Geometria della base* (nodi da *I* a *L*) e il *Tipo di copertura e geometria* (nodi da *A* a *D* o *F* per coperture, sopra). In caso di neve aggettante sulle coperture, specificare i nodi della parete superiore, non i nodi della copertura. Come mostrato nel grafico della finestra di dialogo, i carichi del vento possono essere generati per edifici chiusi da tutti i lati con un'area di base quadrilaterale. Si noti che quando si inserisce la geometria i nodi iniziali *I* e *A* devono giacere l'uno sull'altro. Inoltre, la direzione di clic sui nodi deve essere coerente quando si determina l'area della base e della copertura. È inoltre possibile utilizzare i pulsanti [*^*] per definire la geometria della base e della copertura graficamente.

Nella sezione di dialogo *Casi di carico da generare*, immettere il caso di carico per la generazione del carico. Con il pulsante [Nuovo] è possibile creare i casi di carico di vento.

La direzione del vento è definita nella sezione di dialogo *Imposta vento sul lato*. Il vento agisce perpendicolarmente alla linea specificata.

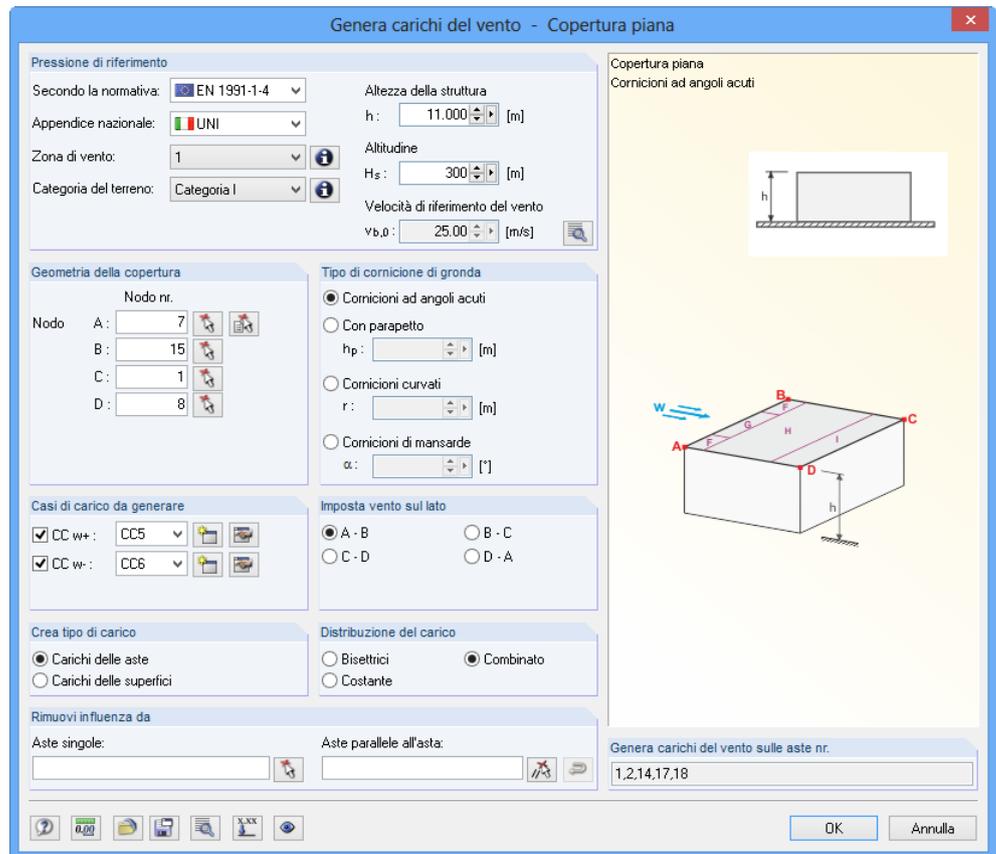
Se vi sono superfici disponibili nel modello, è possibile utilizzare le opzioni nella sezione di dialogo *Crea tipo di carico* per decidere se si creeranno carichi delle aste o delle superfici.

Le sezioni di dialogo *Distribuzione del carico* e *Rimuovi influenza da* sono descritte per la funzione del generatore "Carichi delle aste da carico superficiale tramite piano" a pagina **Error! Bookmark not defined.**

Fare clic sul pulsante [Impostazioni] mostrato a sinistra per aprire la finestra di dialogo *Impostazioni generazione dei carichi* (si veda figura 11.178, pagina 556).

Dopo avere confermato la finestra di dialogo del generatore con [OK], RFEM mostrerà i risultati della generazione del carico in una panoramica. Così, i carichi superficiali agenti si possono confrontare con i carichi convertiti. Prima che i carichi siano trasferiti a RFEM, è possibile fare clic sul pulsante [Indietro] per accedere alla finestra di dialogo iniziale dove è possibile modificare i parametri dei carichi.

11.8.5.2 Copertura piana

Figura 11.198: Finestra di dialogo *Genera carichi del vento - Copertura piana*

RFEM ritiene che una copertura sia piana se l'inclinazione del tetto è $\alpha < 5^\circ$.

Prima di tutto, definire la norma e, se necessario, l'Appendice nazionale nella sezione di dialogo *Pressione di riferimento*. Le impostazioni gestiscono i campi di immissione abilitati per l'accesso.

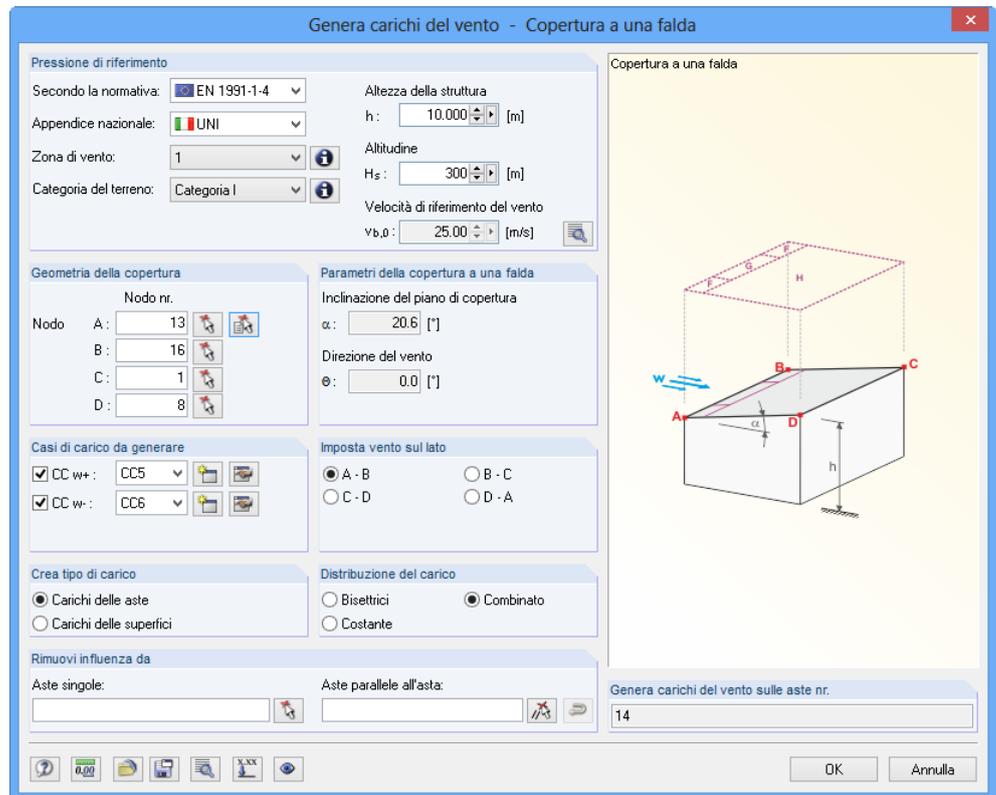
Specificare i parametri come descritto nel paragrafo precedente. La sezione di dialogo *Tipo di gronda* è legato al grafico interattivo del dialogo a destra illustrante le singole impostazioni.

Come descritto per l'esempio nella EN 1991-1-4, tabella 7.2, vari casi di carico si devono prendere in considerazione per una copertura piana. Nella sezione di dialogo *Casi di carico da generare*, specificare i numeri dei casi di carico per la generazione del carico. I carichi di compressione sono creati nel caso di carico CC w+. I carichi di aspirazione sono generati in LC w-. I casi di carico rilevanti si possono creare con il pulsante [Nuovo].

Dopo avere confermato la finestra di dialogo del generatore con [OK], RFEM mostrerà i risultati della generazione di carico per tutti i casi di carico in una panoramica (si veda Figura 11.201, pagina 576). Le schede di dialogo rappresentano un'importante opzione di controllo perché è possibile vedere per ogni caso di carico il coefficiente di pressione esterna $c_{pe,10}$ e la pressione esterna w_e visualizzata in zone.



11.8.5.3 Copertura a una falda

Figura 11.199: Finestra di dialogo *Genera carichi del vento - Copertura a una falda*

Prima di tutto, definire la norma e, dove si può applicare, l'Appendice nazionale nella sezione di dialogo *Pressione di riferimento*. Le impostazioni gestiscono i campi di immissione abilitati per l'accesso.

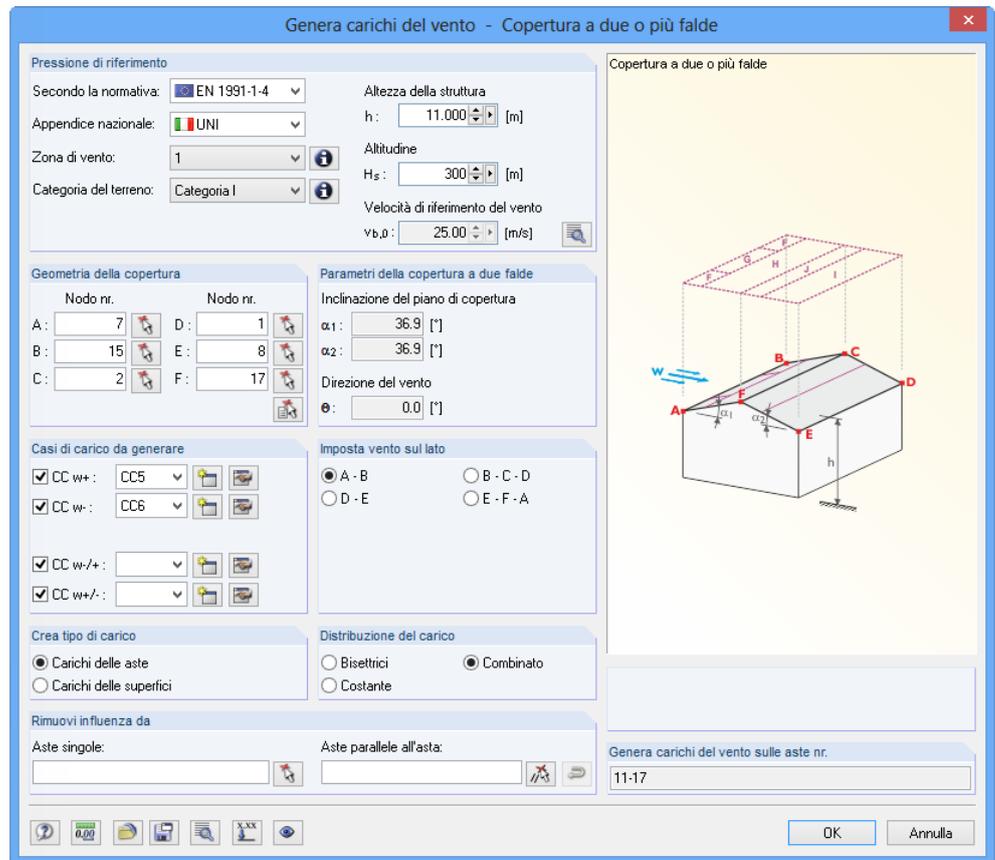
Specificare i parametri come descritto nel paragrafo 11.8.5.1. I *Parametri della copertura a una falda* sono determinati automaticamente dalla geometria della copertura e il lato in cui soffia il vento.

Come descritto per l'esempio nella EN 1991-1-4, tabella 7.3a, vari casi di carico si devono prendere in considerazione per una copertura piana. Nella sezione di dialogo *Casi di carico da generare*, specificare i numeri dei casi di carico per la generazione del carico. I carichi di compressione sono creati nel caso di carico *LC w+*. I carichi di aspirazione sono generati in *LC w-*. I casi di carico rilevanti si possono creare con il pulsante [Nuovo].

Utilizzare il pulsante [Assegna coefficienti di correzione dei carichi] per mettere in scala i carichi di aste particolari. In questo modo, si possono considerare, ad esempio, gli effetti della continuità di una lamiera di copertura sui puntoni di bordo per generare i carichi delle aste ridotti. Le specifiche saranno immesse in una finestra di dialogo separata (si veda figura 11.187, pagina 563).



11.8.5.4 Copertura a due falde o più falde

Figura 11.200: Finestra di dialogo *Genera carichi del vento - Copertura a due o più falde*

Prima di tutto, definire la norma e, dove si può applicare, l'Appendice nazionale nella sezione di dialogo *Pressione di riferimento*. Le impostazioni gestiscono i campi di immissione abilitati per l'accesso.

Specificare i parametri come descritto nel paragrafo 11.8.5.1 a pagina 571. I *Parametri della copertura a due falde* sono determinati automaticamente dalla geometria della copertura e il lato in cui soffia il vento.



Come descritto per l'esempio nella EN 1991-1-4, tabella 7.4a, vari casi di carico si devono prendere in considerazione per una copertura a due falde. Nella sezione di dialogo *Casi di carico da generare*, specificare i numeri dei casi di carico per la generazione del carico. I carichi di compressione sono creati nel caso di carico $LC w+$. I carichi di aspirazione sono generati in $LC w-$. Le combinazioni (compressione su un lato della copertura e aspirazione sul lato opposto) sono definite come $LC w+/-$ e $LC w+/-$. I casi di carico rilevanti si possono creare con il pulsante [Nuovo].

Dopo avere confermato la finestra di dialogo del generatore con [OK], RFEM mostrerà i risultati della generazione del carico per tutti i casi di carico in una panoramica. Le schede di dialogo rappresentano un'importante opzione di controllo perché è possibile vedere per ogni caso di carico il coefficiente della pressione esterna $C_{pe,10}$ e la pressione esterna w_e visualizzata in zone.

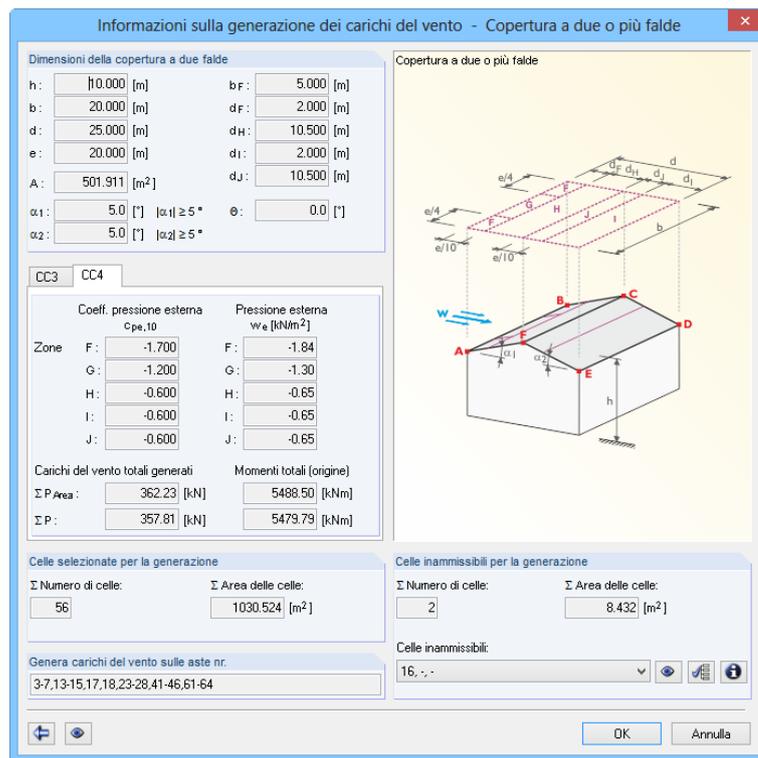


Figura 11.201: Finestra di dialogo *Informazioni sulla generazione di carichi del vento - Copertura a due o più falde*



Prima che i carichi siano trasferiti a RFEM, è possibile fare clic sul pulsante [Indietro] per accedere alla finestra di dialogo iniziale dove è possibile modificare i parametri dei carichi.

11.8.5.5 Pareti verticali con copertura

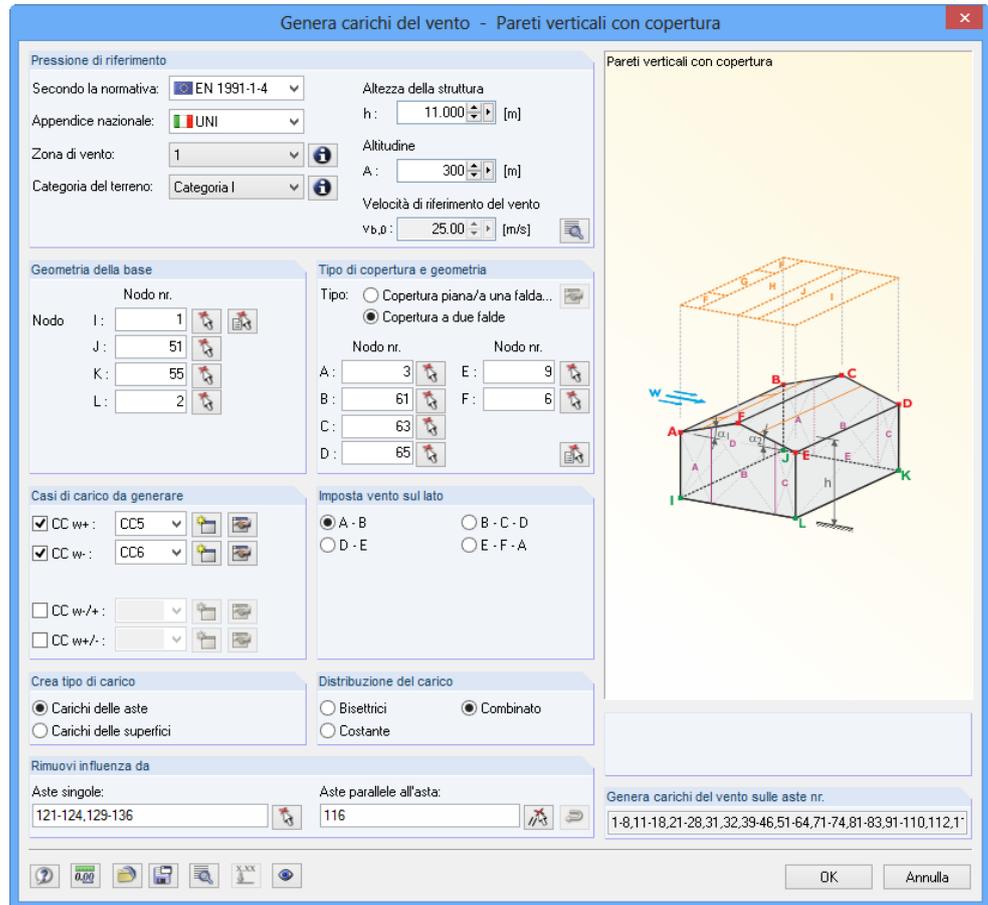


Figura 11.202: Finestra di dialogo *Genera carichi del vento - Pareti verticali con copertura* (geometria: *Copertura a due falde*)

Prima di tutto, definire la norma e, dove si può applicare, l'Appendice nazionale nella sezione di dialogo *Pressione di riferimento*. Le impostazioni gestiscono i campi di immissione abilitati per l'accesso.

Specificare i parametri come descritto nel paragrafo 11.8.5.1 a pagina 571.



Come descritto per l'esempio nella EN 1991-1-4, tabella 7.4a, vari casi di carico si devono prendere in considerazione per una copertura a due falde. Nella sezione di dialogo *Casi di carico da generare*, specificare i numeri dei casi di carico per la generazione del carico. I carichi di compressione sono creati nel caso di carico $LC w+$. I carichi di aspirazione sono generati in $LC w-$. Le combinazioni (compressione su un lato della copertura e aspirazione sul lato opposto) sono definite come $LC w-/+$ e $LC w+/-$. I casi di carico rilevanti si possono creare con il pulsante [Nuov].



Utilizzare il pulsante [Assegna coefficienti di correzione dei carichi] per mettere in scala i carichi delle aste particolari. Le specifiche saranno immesse in una finestra di dialogo separata (si veda figura 11.187, pagina 563).

Dopo avere confermato la finestra di dialogo del generatore con [OK], RFEM mostrerà i risultati della generazione del carico per tutti i casi di carico in una panoramica (si veda Figura 11.201, pagina 576). Le schede di dialogo rappresentano un'importante opzione di controllo perché è possibile vedere per ogni caso di carico il coefficiente della pressione esterna $c_{pe,10}$ e la pressione esterna w_e visualizzata in zone.

12. Gestione dei file

Questo capitolo spiega come i dati siano organizzati nel Gestore progetti e come i componenti strutturali ricorrenti sia gestiti in blocchi. Inoltre, il capitolo descrive l'importazione e l'esportazione di dati con le interfacce integrate per lo scambio di dati con altri programmi.

12.1 Gestore progetti

Nell'analisi strutturale, un progetto è spesso suddiviso in diversi modelli. Il *Gestore progetti* consente di organizzare i dati delle proprie applicazioni Dlubal. È possibile utilizzarlo anche per la gestione di modelli di RFEM in rete (si veda paragrafo 12.3, pagina 600).

Il Gestore progetti può essere lasciato aperto come una applicazione autonoma quando si lavora in RFEM.



Per aprire il Gestore progetti, selezionare **Gestore progetti** nel menu **File**, oppure utilizzare il pulsante della barra degli strumenti mostrato sulla sinistra.



Figura 12.1: Pulsante *Gestore progetti* della barra degli strumenti



È inoltre anche possibile accedere al Gestore progetti nella finestra di dialogo del modello *Dati generali*.

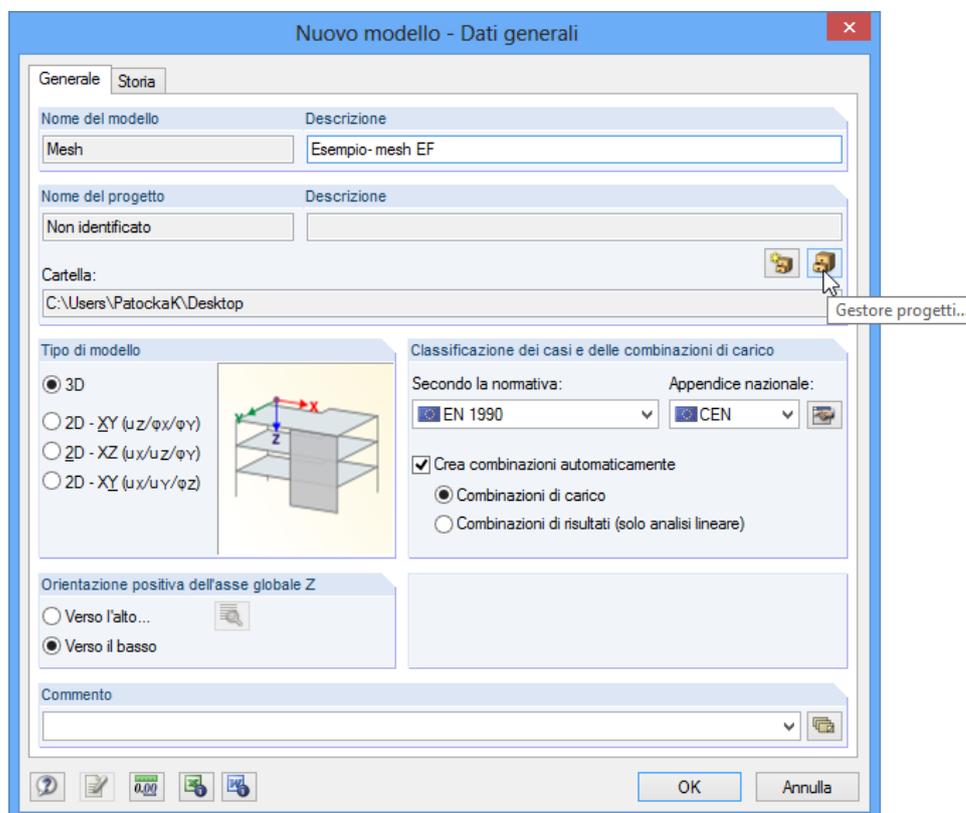


Figura 12.2: Pulsante *Gestore progetti* nella finestra di dialogo *Dati generali*

Quando si apre il Gestore progetti, apparirà la seguente finestra a più parti con un proprio menu e una propria barra degli strumenti.

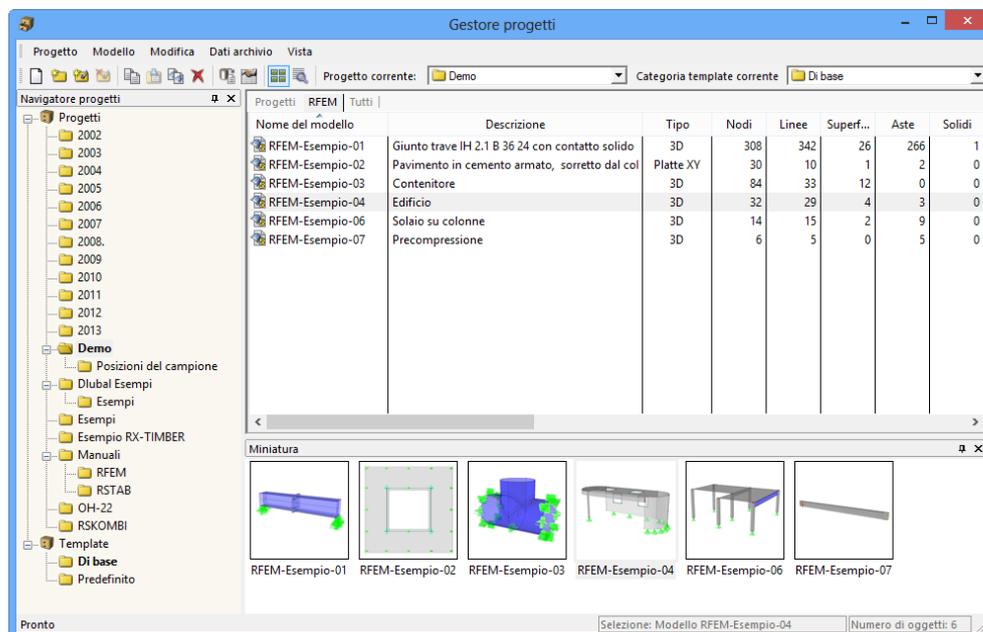


Figura 12.3: Gestore progetti

Navigatore progetti

A sinistra è visualizzato un navigatore che elenca tutti i progetti in una struttura ad albero. Il progetto attuale è impostato in grassetto. Per selezionare un altro progetto, fare doppio clic sulla voce corrispondente o utilizzare l'elenco *Progetto corrente* nella barra degli strumenti. La tabella a destra del navigatore elenca i modelli contenuti nel progetto selezionato.

Tabella dei modelli

I modelli sono disposti in diverse schede, ordinate dalle applicazioni Dlubal. La scheda *RFEM* elenca tutti i modelli contenuti nel progetto selezionato. Si visualizzerà, rispettivamente, il *Nome del modello* e la *Descrizione* nonché le informazioni strutturali significative del file con il nome dell'utente che ha creato e modificato il modello.



Per modificare la visualizzazione delle colonne, selezionare **Gestione registro colonne** nel menu **Visualizza** del Gestore progetti, oppure utilizzare il pulsante della barra degli strumenti mostrato a sinistra (si veda pagina 589).

Dettagli

Questa parte della finestra mostra tutte le informazioni disponibili per il modello che sarà selezionato nella sezione della finestra sovrastante.

Anteprima

Il modello selezionato sarà visualizzato in anteprima. La dimensione della finestra di anteprima può essere regolata spostando il bordo superiore della finestra.

Miniature

La zona inferiore del Gestore progetti offre una panoramica grafica sui modelli contenuti nel progetto selezionato. Le immagini in miniatura sono interattive con la tabella di cui sopra.

Utilizzare i pulsanti pin per ridurre al minimo particolari componenti della finestra. Questi saranno ancorati come schede al piè di pagina.



12.1.1 Gestione dei progetti

Creazione di un nuovo progetto

Per creare un nuovo progetto,

- selezionare **Nuovo** nel menu **Progetto** del Gestore progetti o
- cliccare il pulsante [Nuovo Progetto] nella barra degli strumenti mostrata a sinistra.

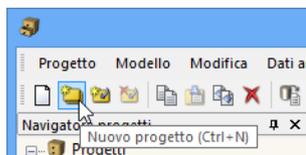


Figura 12.4: Pulsante *Nuovo progetto*

Si aprirà la finestra di dialogo *Crea nuovo progetto* dove è possibile immettere il nome del nuovo progetto. Quindi, selezionare la *Cartella* nella quale si desidera salvare i modelli. Utilizzare il pulsante [Sfoglia] mostrato a sinistra per impostare la directory. È inoltre anche possibile aggiungere una breve *Descrizione* del progetto. Sarà mostrato nell'intestazione della relazione di calcolo.

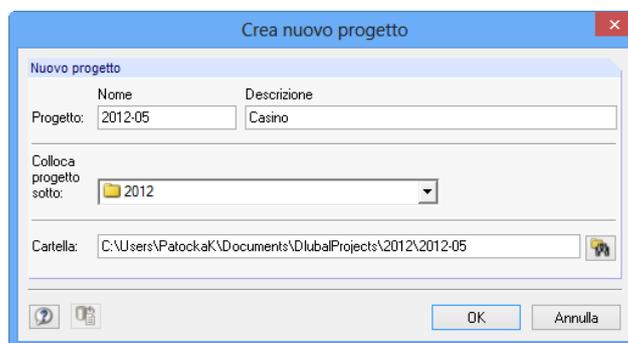
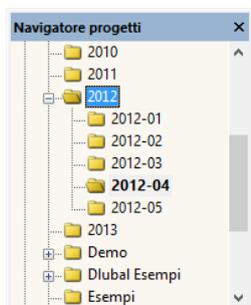


Figura 12.5: Finestra di dialogo *Crea nuovo progetto*



È anche possibile, per creare sotto-progetti nel Gestore progetti, selezionare un progetto nell'elenco *Colloca progetto sotto*. Il nuovo progetto sarà visualizzato come sotto-progetto nel navigatore. Se non si desidera utilizzare questa impostazione, selezionare la voce *Progetti* in cima alla lista. Quindi, il progetto sarà visualizzato come voce principale nel navigatore.

Dopo aver fatto clic su [OK], una nuova cartella con il nome del progetto si creerà sull'unità locale o di rete.

Collegare una cartella esistente

Per integrare una cartella contenente già vari modelli di RFEM come un progetto,

- selezionare **Collega cartella** nel menu **Progetto** del Gestore progetti o
- utilizzare il pulsante [Collega cartella] nella barra degli strumenti mostrata a sinistra.

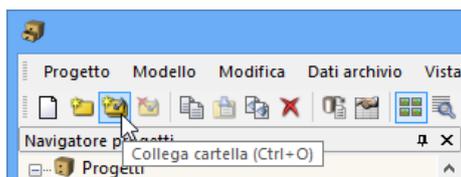


Figura 12.6: Pulsante *Collega cartella*

È irrilevante su quale unità locale o di rete, si trova la cartella che si desidera collegare. Sarà inclusa nella gestione dei file e lasciata nella sua posizione, simile alla creazione di un collegamento sul desktop. Le informazioni saranno salvate nel file ASCII **PRO.DLP** nella cartella **ProMan** (si veda paragrafo 12.1.4.3, pagina 591).



Si aprirà una finestra di dialogo che è simile alla finestra di dialogo mostrata nella figura 12.5. Inserire il *Nome* e la *Descrizione* del progetto, e utilizzare il pulsante [Sfogli] per impostare la directory per la *Cartella* corrispondente. Se un progetto è specificato nell'elenco *Colloca progetto sotto*, la cartella di collegamento deve essere contenuta nella directory di questo progetto. La cartella sarà quindi gestita come un sotto-progetto. Ma se si desidera che la cartella si visualizzi come un progetto indipendente nel Gestore progetti, selezionare *Progetti* in cima all'elenco.

Selezionare l'opzione *Collega cartella e sottocartelle* per collegare tutte le cartelle contenute nella cartella selezionata in una volta e gestirle con il Gestore progetti.

Scollegare una cartella

Per scollegare una cartella integrata nel Gestore progetti,

- selezionare **Disconnetti** dal menu **Progetto** del Gestore progetti (il progetto deve essere stato precedentemente selezionato) o
- utilizzare il menu contestuale del progetto nel navigatore.

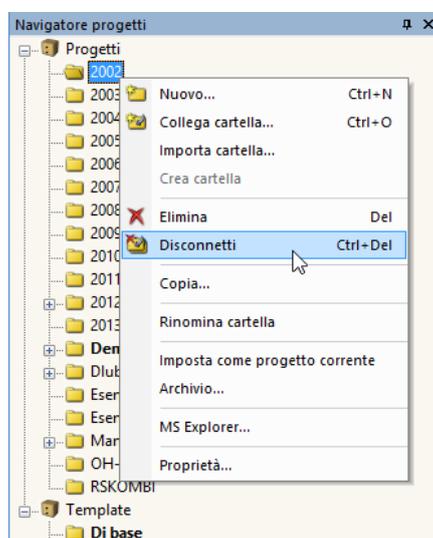


Figura 12.7: Menu contestuale di un progetto



Il progetto sarà rimosso solo dalla gestione interna. La cartella sul disco rigido e il suo contenuto non sarà eliminato.

Eliminare un progetto

Per eliminare un progetto,

- selezionare **Elimina** nel menu **Progetto** del Gestore progetti (il progetto deve essere stato precedentemente selezionato),
- cliccare il pulsante [Elimina] nella barra degli strumenti del Gestore mostrata a sinistra, o
- utilizzare la voce **Elimina** nel menu contestuale del progetto disponibile nel navigatore (si veda figura sopra).

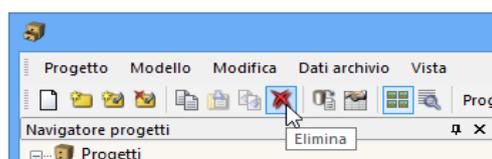


Figura 12.8: Pulsante *Elimina*

La cartella, compreso il suo contenuto, sarà completamente eliminata dal disco rigido.

Se la cartella contiene anche file creati con altri programmi, solo i file provenienti da applicazioni Dlubal saranno eliminati. La cartella stessa sarà conservata.



Per annullare l'eliminazione dei progetti,

selezionare l'opzione **Ripristina da cestino Dlubal** nel menu **Modifica** del Gestore progetti.

Il cestino Dlubal è descritto nel paragrafo 12.1.4.2 a pagina 590.

Nel caso che siano eliminati file memorizzati su unità di rete, questi file saranno copiati tramite la rete nel cestino Dlubal sul disco fisso, che è diverso da quello standard di Windows in cui i dati sono irrecuperabili. In questo modo, è possibile ripristinare i file eliminati su unità di rete, dall'elaboratore pertinente. Se non si desidera che i file siano copiati nel cestino, si consiglia, semplicemente, di scollegare il progetto (vedere sopra). Quindi, sarà possibile eliminare i dati dall'unità di rete manualmente.

Copiare un progetto

Per copiare un progetto,

- selezionare **Copia** dal menu **Progetto** del Gestore progetti (il progetto deve essere stato precedentemente selezionato) o
- utilizzare la voce **Copia** nel menu contestuale del progetto disponibile nel navigatore (si veda figura 12.7).

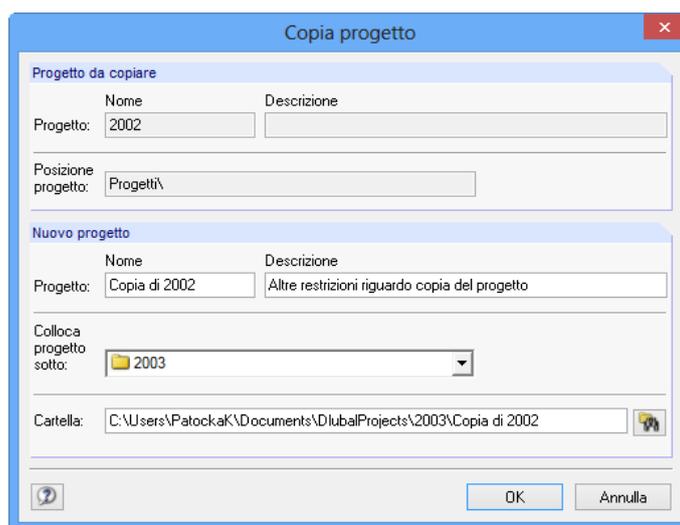


Figura 12.9: Finestra di dialogo *Copia progetto*

Inserire il *Nome*, la *Descrizione* e l'ubicazione del nuovo progetto nel Gestore progetti e definire la *Cartella* che verrà creata dalla funzione di copia.

È anche possibile copiare il progetto con esplora risorse di Windows. Quindi, è possibile integrare la nuova cartella come una cartella collegata nel Gestore progetti (si veda Figura 12.6, pagina 580).

Rinominare un progetto / Modificare la descrizione

Per modificare la descrizione di un progetto,

- selezionare **Proprietà** dal menu **Progetto** del Gestore progetti (il progetto deve essere stato precedentemente selezionato) o
- utilizzare la voce **Proprietà** nel menu contestuale del progetto nel navigatore (si veda Figura 12.7).

Si aprirà la finestra di dialogo *Proprietà progetto*, in cui è possibile modificare il *Nome* e la *Descrizione* del progetto. Sarà visualizzata anche la *Cartella* del progetto.

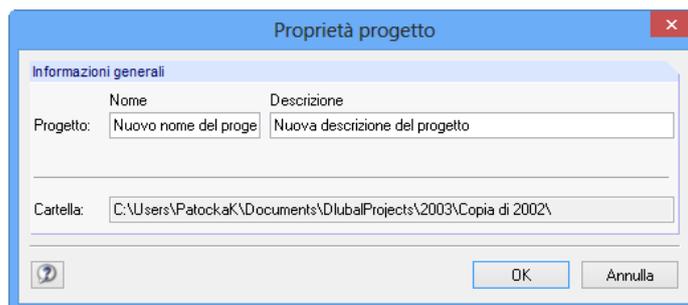


Figura 12.10: Finestra di dialogo *Proprietà progetto*

Importare una cartella di progetto

Dopo aver cambiato il computer, è possibile ripristinare la struttura completa della directory del Gestore progetti senza copiare il file PRO.DLP (si veda paragrafo 12.3, pagina 600). Tutti i progetti contenuti in una cartella saranno immessi nel Gestore progetti (il che significa che la cartella deve contenere progetti ma non i modelli). In questo modo, non sarà necessario che i progetti siano collegati singolarmente.

Per aprire la finestra di dialogo per importare la cartella di progetto,

selezionare **Importa cartella** nel menu **Progetto** del Gestore progetti.



Figura 12.11: Finestra di dialogo *Importa cartella*



Nell'elenco *Colloca progetti sotto*, definire il modo in cui si desidera integrare la cartella di progetto nella gestione. Ma se si desidera che la cartella si visualizzi come un progetto indipendente nel Gestore Progetti, selezionare la voce dell'elenco *Progetti* in cima all'elenco. Utilizzare il pulsante [Sfogli] mostrato a sinistra per impostare la directory per la *Cartella* da collegare.

Selezionare l'opzione *Collega cartelle e sottocartelle* per integrare tutte le sottocartelle delle cartelle nella gestione del Gestore progetti.

12.1.2 Gestione dei modelli

Aprire un modello

Per aprire dal Gestore progetti,

- fare doppio clic sul nome del modello o la sua immagine in miniatura,
- selezionare **Apri** nel menu **Modello** del Gestore progetti (il progetto deve essere stato precedentemente selezionato) o
- utilizzare il menu contestuale del modello.

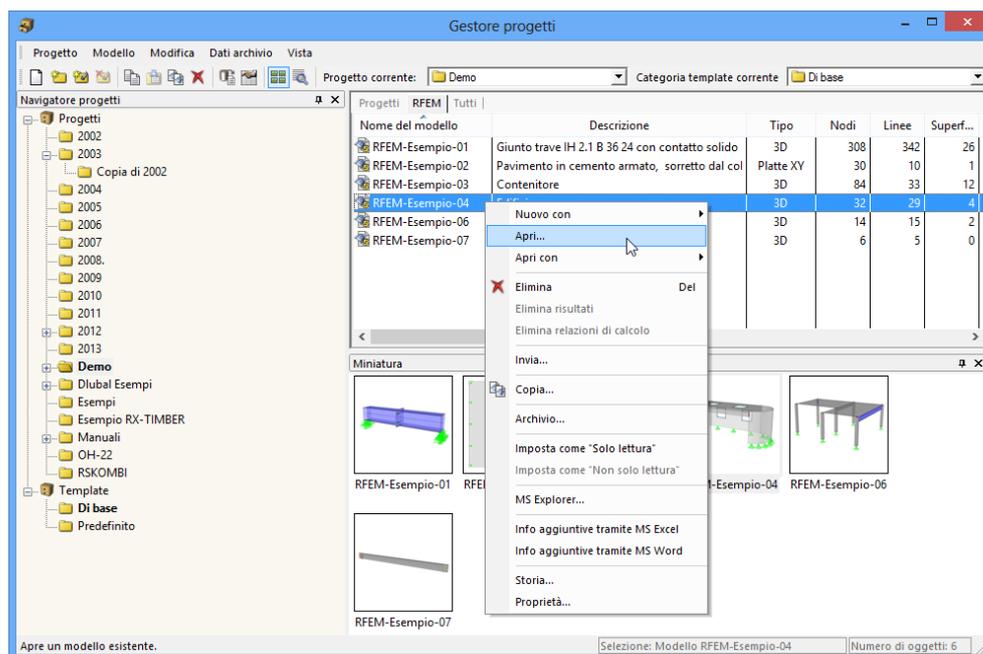
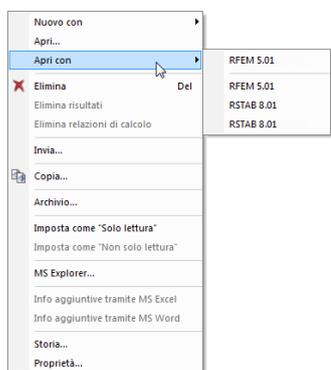


Figura 12.12: Menu contestuale *Modello*

Utilizzare l'opzione del menu contestuale *Apri con* mostrato a sinistra per selezionare una particolare applicazione Dlubal con la quale si desidera aprire il modello.

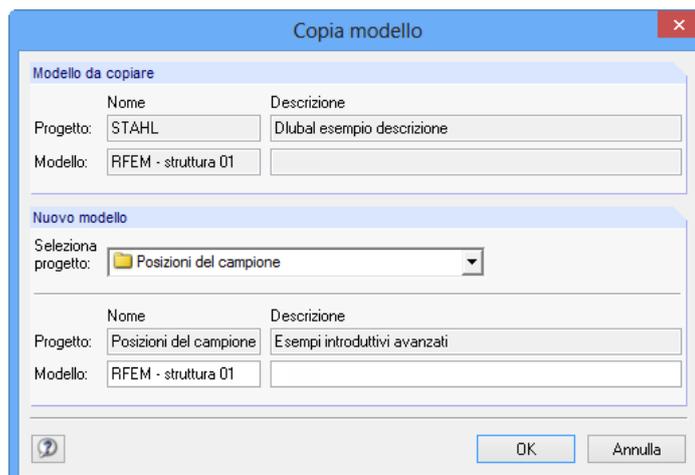


È anche possibile aprire file da RSTAB direttamente in RFEM.

Spostare / Copiare un modello

Per copiare un modello a un altro progetto,

- selezionare **Copia** nel menu **Modello** (il modello deve essere stato precedentemente selezionato),
- utilizzare la voce **Copia** nel menu contestuale del modello (si veda figura sopra) o
- utilizzare la funzione di trascinamento della selezione tenendo premuto il tasto [Ctrl].

Figura 12.13: Finestra di dialogo *Copia modello*

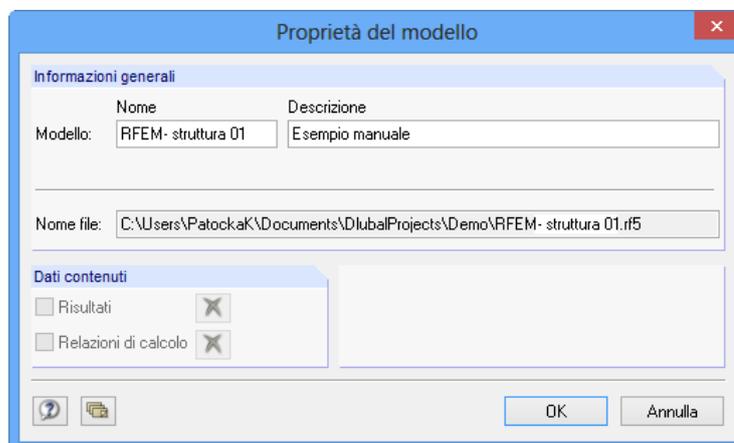
Nella finestra di dialogo *Copia modello*, specificare il progetto obiettivo e immettere il *Nome* e la *Descrizione* per la copia del modello.

Per spostare un modello, tenere premuto il pulsante sinistro del mouse quando lo si sposta in un'altra cartella.

Rinominare un modello

Per rinominare un modello,

- selezionare **Proprietà** nel menu **Modello** del Gestore progetti (il progetto deve essere stato precedentemente selezionato)
- utilizzare la voce **Proprietà** nel menu contestuale del modello (si veda Figura 12.12).

Figura 12.14: Finestra di dialogo *Proprietà del modello*

Nella finestra di dialogo *Proprietà del modello*, in cui è possibile modificare il *Nome* e la *Descrizione* del modello. Sarà anche visualizzato il *Nome del file* e la directory del modello.

Se il modello contiene anche i risultati e le relazioni di calcolo, è possibile rimuovere tali *Dati* supplementari di registrazioni di dati utilizzando il pulsante [Elimina].

Eliminare un modello

Per eliminare un modello,

- selezionare **Elimina** nel menu **Modello** del Gestore progetti (il modello deve essere stato precedentemente selezionato)
- cliccare il pulsante [Elimina] nella barra degli strumenti mostrata a sinistra



- utilizzare la voce **Elimina** nel menu contestuale del modello (si veda Figura 12.12).

Nel menu contestuale, è anche possibile utilizzare le voci *Elimina risultati* e *Elimina relazione di calcolo*. In entrambi i casi, i dati di ingresso rimangono disponibili.



Per annullare l'eliminazione dei modelli,

selezionare **Ripristina da cestino Dlubal** nel menu **Modifica**.

Il cestino Dlubal è descritto nel paragrafo 12.1.4.2 a pagina 590.

Visualizzare la storia

Per verificare la storia di un modello,

- selezionare **Storia** nel menu **Modello** del Gestore progetti (il modello deve essere stato precedentemente selezionato)
- utilizzare la voce **Storia** nel menu contestuale del modello (si veda Figura 12.12).

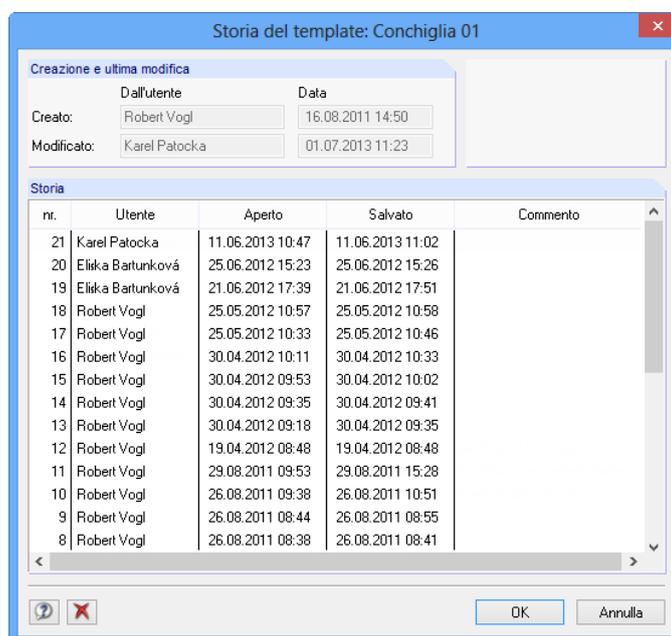


Figura 12.15: Finestra di informazioni *Storia del template*

Apparirà una finestra di dialogo che mostra le informazioni sugli utenti che hanno creato, aperto o modificato il modello. La panoramica include anche il momento in cui le singole azioni sono state effettuate.

Le osservazioni elencate nella colonna *Commento* si basano sui dati generali del modello. Le voci corrispondenti nella finestra di dialogo *Dati generali* sono gestiti nella scheda di dialogo *Storia*. Utilizzare i commenti per descrivere la rispettiva elaborazione strutturale (si veda paragrafo 12.2.3, pagina 599).

12.1.3 Backup dei dati

Archiviare i dati

È possibile eseguire il backup di modelli selezionati o addirittura della cartella di un intero progetto in un file di backup compresso. I modelli originali rimangono disponibili.

Per avviare l'archiviazione,

- selezionare **Genera archivio** nel menu **Archivia dati** del Gestore progetti (il modello o progetto deve essere stato precedentemente selezionato)
- e utilizzare il menu contestuale del progetto (si veda figura 12.7) o modello (si veda figura 12.12).

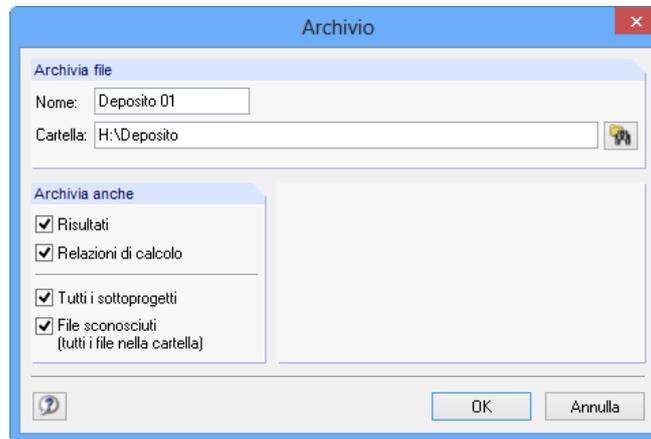


Figura 12.16: Finestra di dialogo *Archivio*

Il file di backup si possono generare con o senza i risultati e la relazione di calcolo. Ulteriori opzioni consentono l'integrazione di sottoprogetti e i file che non appartengono a nessuna delle applicazioni Dlubal.

Quando è stato definito il *Nome* e la *Cartella* del file di archivio, sarà possibile creare un file ZIP, facendo clic su [OK].

Estrazione dall'archivio

Per estrarre i dati dall'archivio,

selezionare **Estrai progetto/modelli dall'archivio** nel menu dei **Dati archivio** del Gestore progetti.

All'inizio, apparirà la finestra di dialogo di Windows *Apri* dove sarà possibile selezionare il file. Dopo aver fatto clic su [OK], si visualizzeranno i contenuti.

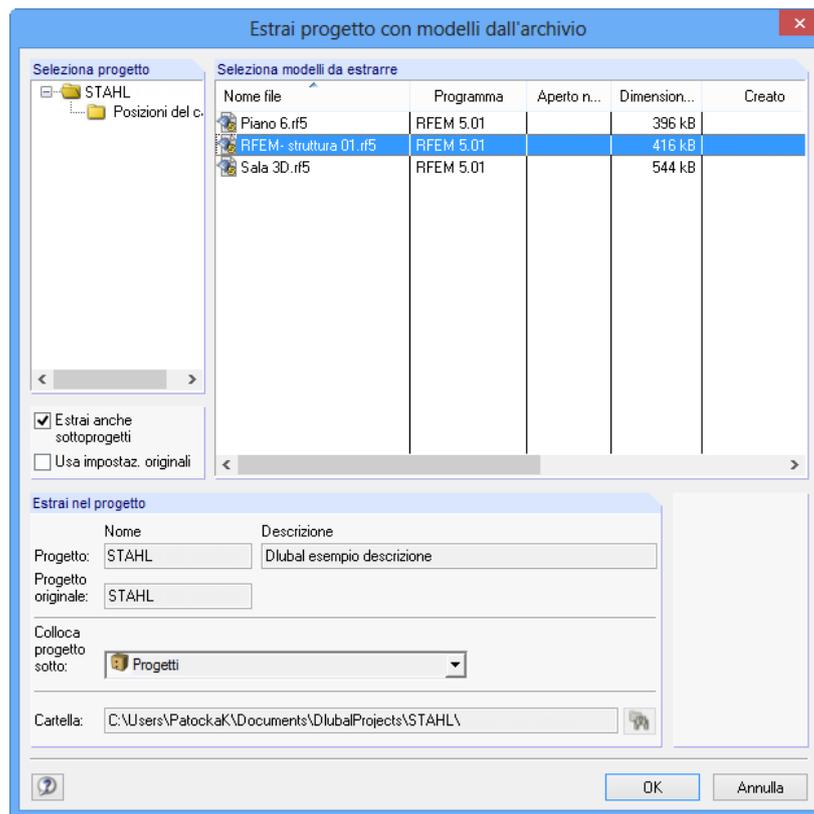


Figura 12.17: Finestra di dialogo *Estrai progetto con modelli dall'archivio*



Nella sezione di dialogo *Selezione modelli da estrarre*, selezionare i modelli che si desidera ripristinare. Questi si possono estrarre anche con le impostazioni del progetto originale o come nuovo progetto. Nell'elenco *Colloca progetto sotto*, è possibile definire la graduatoria nella gestione della struttura del Gestione progetti. In alternativa, è possibile creare una nuova directory mediante il pulsante [Sfoggia].

12.1.4 Impostazioni

12.1.4.1 Visualizza

Visualizzazione delle miniature e dei dettagli

L'area della finestra sotto la tabella del modello può essere modificata secondo le vostre preferenze. È possibile scegliere tra due opzioni per ulteriori finestre che possono essere attivate indipendentemente l'una dall'altra.

Per accedere alle opzioni di visualizzazione,

selezionare **Anteprima di tutti i modelli** nel menu **Visualizza** o

selezionare **Dettagli modelli correnti** nel menu **Visualizza** del Gestore progetti oppure utilizzare i corrispondenti pulsanti della barra degli strumenti.

Pulsante	Funzione
	Mostra le miniature di tutti i modelli nel progetto
	Mostra i dettagli del modello e l'anteprima del modello

Tabella 12.1: Pulsanti per la impostazione della vista

Ordinare i modelli

La disposizione dei modelli nella tabella può essere modificata come segue: come è consueto per le applicazioni di Windows, è possibile ordinare l'elenco in ordine crescente o decrescente cliccando sui titoli della colonna.

In alternativa, è possibile

selezionare **Ordina modelli** nel menu **Visualizza**.

Modificare le colonne

Per ordinare le colonne secondo le proprie esigenze,

- selezionare **Gestisci colonne del registro** nel menu **Visualizza** del Gestore progetti o
- utilizzare il pulsante [Gestisci colonne registro] nella barra degli strumenti del Gestore mostrato a sinistra.



Figura 12.18: Finestra di dialogo *Gestisci colonne del registro*



Definire, prima di tutto, il *Registro* di quelle colonne che si desidera modificare (ad esempio RFEM). Ora, è possibile selezionare le voci rilevanti nell'elenco *Colonne - Disponibili* per trasferirle all'elenco *Colonne - Da visualizzare*.

Utilizzare i pulsanti freccia [►] per il trasferimento. Si può fare anche un doppio clic sulle voci. Le colonne che si desidera che non siano visualizzate possono essere nascoste con i pulsanti [◀].



L'ordine delle colonne nell'elenco dei modelli può essere modificato utilizzando i pulsanti [▲] e [▼] nell'elenco *Colonne - Da visualizzare*. Fare clic su di essi per spostare una voce selezionata in su e in giù.



Per ottimizzare le larghezze delle colonne nell'elenco dei modelli, selezionare **Disponi automaticamente** nel menu **Visualizza** del Gestore progetti. Si può anche utilizzare il pulsante della barra degli strumenti mostrato sulla sinistra.

12.1.4.2 Cestino

Per ripristinare i progetti e i modelli eliminati,

selezionare l'opzione **Ripristina dal cestino Dlubal** nel menu **Modifica** del Gestore progetti.

Apparirà una finestra di dialogo dove tutti i modelli eliminati saranno elencati nei progetti.

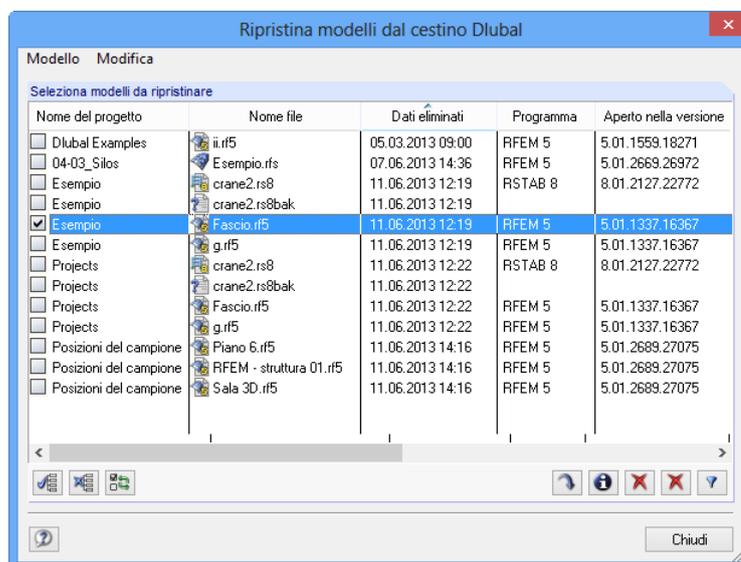


Figura 12.19: Finestra di dialogo *Ripristina modelli dal cestino Dlubal*



I modelli che si devono ripristinare si possono selezionare con un click del mouse. Con il pulsante [Seleziona tutto] è possibile selezionare tutte le voci in una volta. Fare clic su [Ripristina modelli selezionati] per inserire i modelli eliminati nelle cartelle del progetto originario.



Per eliminare gli oggetti memorizzati nel cestino Dlubal,

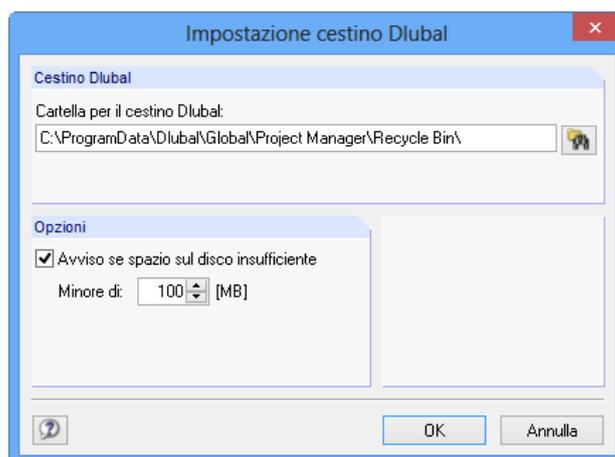
selezionare l'opzione **Svuota cestino Dlubal** nel menu **Modifica** del Gestore progetti.

Prima che sia eseguita l'eliminazione definitiva, apparirà una richiesta di sicurezza.

Per modificare le impostazioni per il cestino Dlubal,

selezionare l'opzione **Impostazioni cestino Dlubal** nel menu **Modifica** del Gestore progetti.

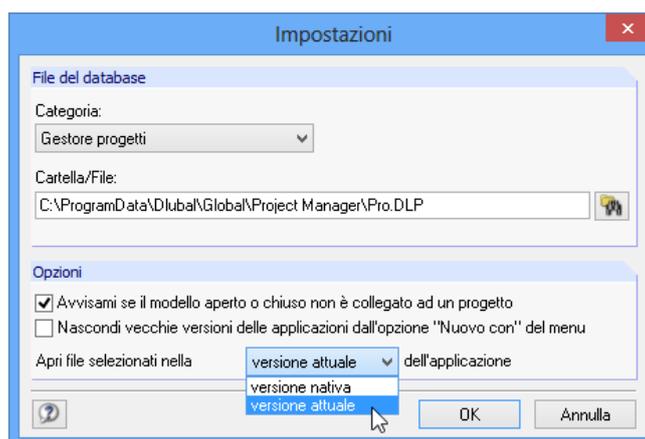
Apparirà una finestra di dialogo dove si può gestire l'ubicazione della memoria e la dimensione della memoria.

Figura 12.20: Finestra di dialogo *Impostazione cestino Dlubal*

12.1.4.3 Directory

Le directory del Gestore progetti (e Gestore blocchi) possono essere controllate nelle *Opzioni del programma*. Per aprire la finestra di dialogo corrispondente,

selezionare **Opzioni del programma** nel menu **Modifica** del Gestore progetti.

Figura 12.21: Finestra di dialogo *Impostazioni*

La *Categoria* gestisce le impostazioni sia per il Gestore progetti che per il Gestore blocchi separatamente. La cartella e il nome del file saranno visualizzate nel campo di immissione sotto, dove è possibile modificarle, se necessario. I progetti sono gestiti nel file **PRO.DLP** che di solito si trova nella cartella *C:\ProgramData\Dlubal\ProMan* (64-bit) o *C:\Documents and Settings\All Users\Application Data\Dlubal\ProMan* (32-bit). Il pulsante [Sfoggia] consente di impostare un altro percorso.

Poiché il Gestore progetti è compatibile con una rete, è possibile organizzare la gestione dei dati per i modelli contenuti nel Gestore progetti centralmente: impostare la directory per la *PRO.DLP* file sul server (si veda paragrafo 12.3, pagina 600).

La sezione di dialogo *Opzioni* visualizza le impostazioni generali per la gestione dei file di RFEM: solitamente, apparirà un messaggio per l'apertura di un file di Esplora risorse, un programma di e-mail ecc. quando la cartella relativa non è integrata nella gestione del Gestore progetti. Il messaggio può essere disattivato. Inoltre, è possibile decidere quale versione del programma si desidera utilizzare per creare o aprire i file di un modello.

12.2 Creazione di un nuovo modello



Per creare un modello,

- selezionare **Nuovo** nel menu **File** di RFEM,
- cliccare il pulsante della barra degli strumenti [Nuovo modello] visibile a sinistra.
- puntare a **Nuovo con** nel menu **Modello** del Gestore progetti, e dopo selezionare RFEM 5.



Figura 12.22: Pulsante *Nuovo modello*

Si aprirà la finestra di dialogo *Nuovo Modello - Dati generali* aprendo tre schede.

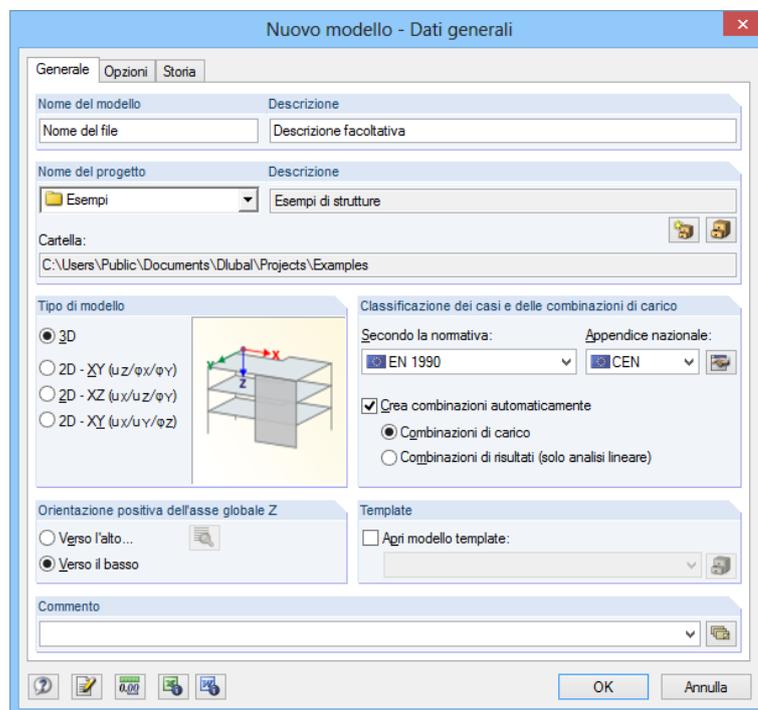


Figura 12.23: Finestra di dialogo *Nuovo Modello - Dati generali*, scheda *Generale*

Quando si desidera modificare il modello dei dati generali dopo,

- puntare a **Dati del modello** nel menu **Modifica**, e dopo selezionare **Dati generali**
- utilizzare il menu contestuale del modello nel navigatore *Dati*.

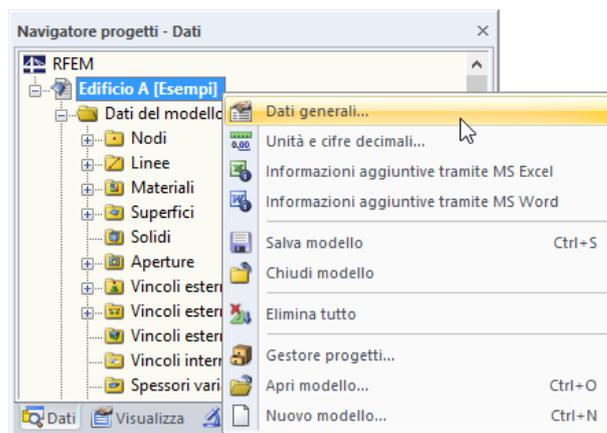


Figura 12.24: Menu contestuale del modello

12.2.1 Generale

La prima scheda di dialogo (si veda figura 12.23) gestisce i parametri di base del modello.

Nome/Descrizione del modello

Immettere un nome nel campo per il *Nome del modello*. Allo stesso tempo, è utilizzato come il nome del file del modello. Inserendo una *Descrizione* è possibile descrivere il modello in dettaglio. Apparirà nella relazione di calcolo.



Figura 12.25: Descrizione del modello della relazione di calcolo



Nome / Descrizione del progetto

Nell'elenco del *Nome del progetto*, è possibile selezionare la cartella del progetto dove il modello sarà creato. Il progetto attuale è impostato da predisposizione. Se necessario, è possibile modificare la preimpostazione del Gestore progetti (si veda paragrafo 12.1, pagina 578) che è possibile accedere con il pulsante di dialogo a destra.

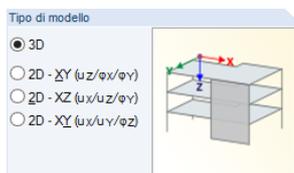
La *Descrizione* e la *Cartella* del progetto selezionato sono visualizzati per avere alcune informazioni immediatamente.

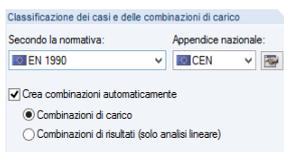
Tipo di modello

Tra i dati generali del modello, è necessario specificare se la struttura è un modello piano o spaziale. Nel caso di modelli 2D, i dati di immissione si riducono a coordinate e a gradi di libertà limitati.

Il tipo 2D-XY è utilizzato per strutture a piastra piane come ad esempio le solette che sono sollecitate perpendicolarmente al piano della superficie. I tipi di modelli 2D-XZ e 2D-XY possono essere utilizzate per le pareti e i gusci dotati di quei carichi che agiscono solo nella direzione del piano della superficie. L'uso di tipo 2D-XZ è consigliato per strutture di telai piani poiché questa opzione prende in considerazione solo momenti intorno agli assi forti delle aste.

È possibile cambiare il tipo selezionato di modello successivamente. Si noti che una tale modifica può causare la perdita di dati, ad esempio quando si riduce una struttura 3D ad una parete.





Classificazione dei casi e delle combinazioni di carico

Il carico viene applicato attraverso i casi di carico. I casi di carico sono ad esempio: peso-proprio, neve o sovraccarichi.

Le singole norme definiscono le regole di combinazione dei casi di carico. È importante assegnare i casi di carico a particolari categorie di azioni (si veda paragrafo 5.1, pagina 180). Così, nella creazione delle combinazioni di carico e di risultati, RFEM è in grado di assegnare ai casi di carico automaticamente i coefficienti di sicurezza parziali e di combinazione.

Secondo la normativa

L'elenco *Secondo la normativa* contiene una serie di normative che descrivono i principi per lo stato limite ultimo, di esercizio e la resistenza dei sistemi strutturali. Con la selezione della normativa, si definiscono le regole per la creazione delle combinazioni di carico e di risultati in RFEM. Questa specificazione è particolarmente significativa per la creazione automatica di combinazioni da RFEM (si veda da paragrafo 5.2, pagina 183 e paragrafo 5.4, pagina 195).

Quando si imposta *Nessuna*, nessuna combinazione sarà creata automaticamente, che corrisponde all'impostazione predefinita in RFEM 4. In questo caso, i casi di carico si devono combinare manualmente (si veda paragrafo 5.5.1, pagina 200 e paragrafo 5.6.1, pagina 208).

Quando si modifica la normativa successivamente, è necessario riclassificare i casi di carico ed aggiustare la combinazione. Apparirà il seguente avviso.

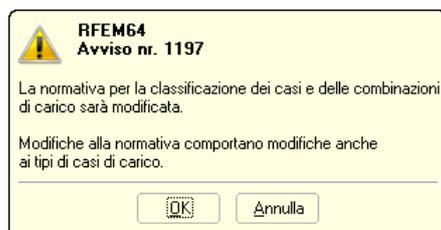


Figura 12.26: Avviso durante la modifica della normativa

Appendice nazionale

Quando si seleziona la normativa *EN 1990*, si visualizzerà un ulteriore elenco: sebbene le regole di combinazione siano definite negli Eurocodici, i singoli stati possono cambiare e specificare i coefficienti di sicurezza parziale e di combinazione.

L'elenco offre una vasta scelta tra le Appendici nazionali di diverse nazioni. Quando è stata imposta l'opzione *CEN*, saranno applicati i coefficienti consigliati dalla Commissione europea.

Utilizzare il pulsante del dialogo [Modifica] per controllare e modificare i coefficienti di sicurezza parziali e di combinazione per la normativa attualmente selezionata.

I coefficienti sono organizzati in diverse schede nella finestra di dialogo *Coefficienti*. La prima scheda gestisce i *Coefficienti parziali* per la progettazione di situazioni di "equilibrio statico" e "stato limite ultimo".

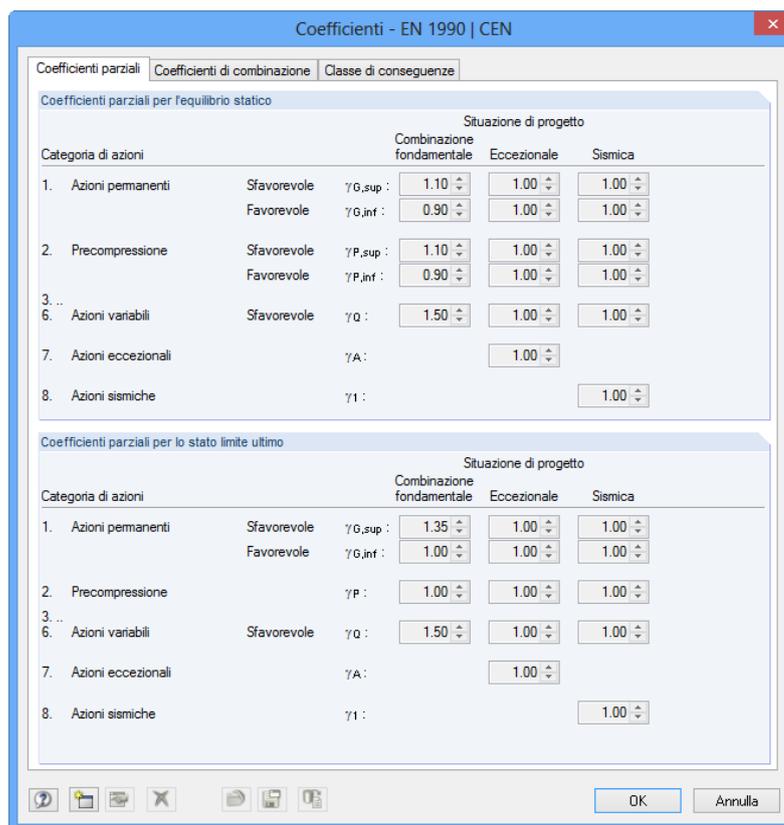


Figura 12.27: Finestra di dialogo *Coefficienti*, scheda *Coefficienti parziali*

La scheda di dialogo *Coefficienti di combinazione* (si veda figura 5.23, a pagina 197) gestisce i coefficienti ψ e ξ . Nella scheda *Coefficienti di costruzione*, che è disponibile per la EN 1990, è possibile definire il coefficiente di affidabilità K_{FI} .

Crea combinazioni automaticamente

La casella di controllo è disattivata per impostazione predefinita, così entrambe le opzioni sotto non sono attivate per l'accesso. Così, il carico richiesto e le combinazioni dei risultati devono essere create manualmente come in RFEM 4 (si veda paragrafo 5.5.1, pagina 200 e paragrafo 5.6.1, pagina 208). Quando si combinano casi di carico, la norma specificata assicura che i coefficienti parziali di sicurezza e combinazione siano assegnati automaticamente.

In alternativa, è possibile utilizzare la funzione *Crea combinazioni automaticamente*. Quindi, ulteriori schede di dialogo sono disponibili nella finestra di dialogo *Modifica carichi e combinazioni di carico* e voci separate nel navigatore *Dati*. Inoltre, le tabelle 2.2 e 2.4 sono abilitate. La generazione di combinazioni è descritta in dettaglio dal paragrafo 5.2, a pagina 183 al paragrafo 5.4, pagina 195.



La combinazione automatica avviene sulla base dei concetti predisposti nel modulo aggiuntivo RF-COMBI. Per ulteriori informazioni sul calcolo combinatorio si consulti il manuale del modulo che è disponibile per il download sul sito internet www.dlubal.it.

Durante la combinazione automatica RFEM crea le *Combinazioni di carico* oppure le *Combinazioni di risultati*. La differenza tra entrambe le due possibilità di combinazione è descritta nei paragrafi 5.5 a pagina 199 e 5.6 a pagina 208.

Orientamento positivo dell'asse globale Z

Questa sezione di dialogo gestisce l'orientamento dell'asse globale Z. In programmi di CAD, l'asse Z è rivolto solitamente verso l'alto. Nella maggior parte dei programmi utilizzati per l'analisi strutturale, è rivolto verso il basso. La specificazione è irrilevante ai fini del calcolo.

Orientazione positiva dell'asse globale Z

Verso l'alto...



Verso il basso

Se Z è definito *Verso l'alto* e il peso proprio è specificato con fattore 1,0 in direzione Z, nei dati di base del caso di carico, il peso proprio agisce verso l'alto. Dove necessario, il coefficiente del peso proprio deve essere cambiato a -1,0.



Se l'asse globale Z è diretto verso l'alto, è possibile definire più impostazioni per le superfici e le aste in posizione orizzontale utilizzando il pulsante [Scegli] mostrato sulla sinistra. Apparirà la finestra di dialogo *Orientamento asse locale z*.



Figura 12.28: Finestra di dialogo *Orientamento asse locale z*

L'asse locale z può essere orientato *Verso l'alto* o *Verso il basso* per assegnare, ad esempio, fondazioni elastiche della superficie o strati di armature in modo appropriato.



In RFEM 5 è possibile modificare l'orientamento dell'asse Z successivamente. Si ha anche la possibilità di modificare le coordinate globali e i carichi in modo che la visualizzazione del modello sia sempre funzionante. Se si modifica la direzione dell'asse, si visualizzerà la seguente richiesta:

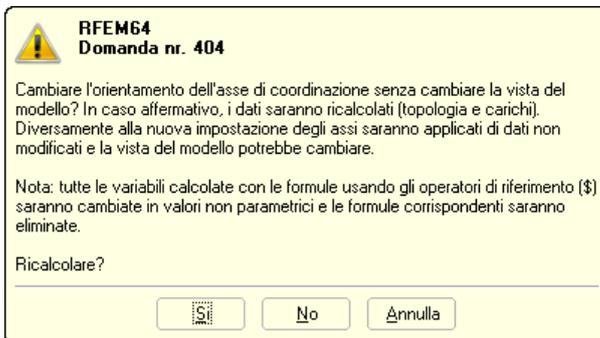


Figura 12.29: Richiesta durante la modifica della direzione Z

Template

Un modello può essere creato utilizzando un Template salvato in un altro modello.

Per accedere alla funzione di salvataggio,

selezionare **Salva come template** nel menu **File**.

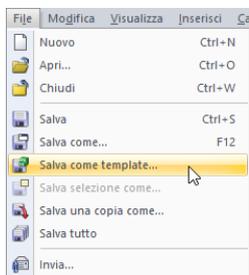


Figura 12.30: Finestra di dialogo *Salva come template*

In generale, i template sono memorizzati nella cartella Dlubal chiamata *Base*. L'accesso è disponibile anche nel navigatore del Gestore progetti selezionando *Predefinito* in *Template* (si veda Figura 12.3, pagina 579).

Dopo aver convalidato la casella di controllo nella finestra di dialogo *Nuovo Modello - Dati generali*, è possibile selezionare il *Modello template* dall'elenco.

Fare clic sul pulsante a sinistra per aprire una panoramica con anteprima che consente una migliore selezione tra i template.

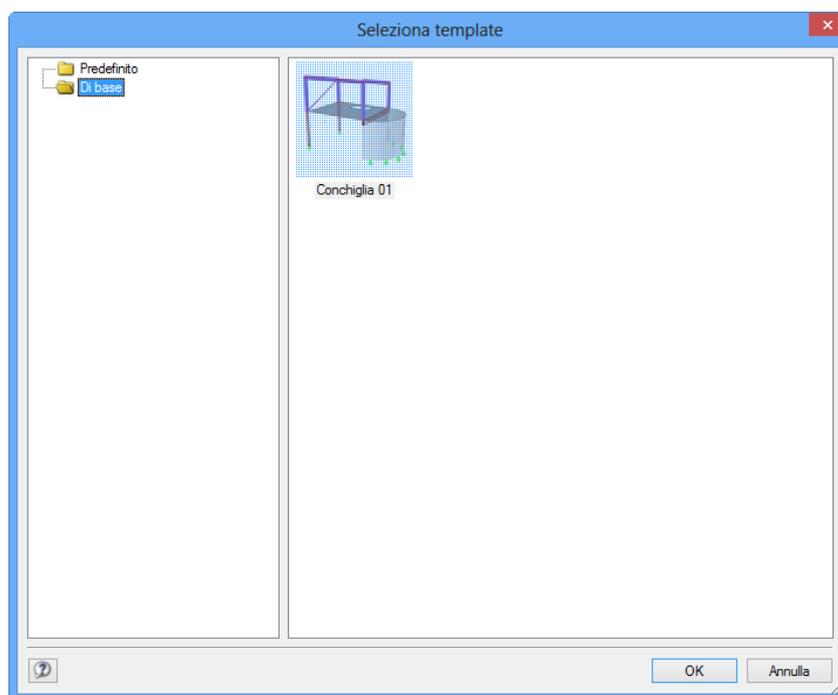
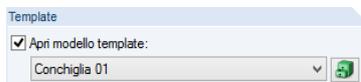


Figura 12.31: Finestra di dialogo *Seleziona template*

Commento

È possibile inserire un testo nel campo di immissione o selezionare un testo dall'elenco per aggiungere una breve descrizione dei dati generali. Il commento apparirà anche nella relazione di calcolo.

I pulsanti nella finestra di dialogo *Dati generali* sono riservati per le seguenti funzioni:

Pulsante	Descrizione	Spiegazione
	Commento	→ Paragrafo 11.1.4, pagina 443
	Unità e cifre decimali	→ Paragrafo 11.1.3, pagina 442
	MS Excel	Opzione per ulteriori spiegazioni sotto forma di file XLS salvate in RFEM
	MS Word	Opzione per ulteriori spiegazioni sotto forma di file DOC salvate in RFEM

Tabella 12.2: Finestra di dialogo *Dati generali* pulsanti

12.2.2 Opzioni

Con la seconda scheda della finestra di dialogo *Nuovo Modello - Dati generali* si decide se si devono visualizzare le funzioni aggiuntive nelle combinazioni e nei casi di carico nelle finestre di dialogo e quale valore dell'accelerazione di gravità sarà utilizzato dal programma.

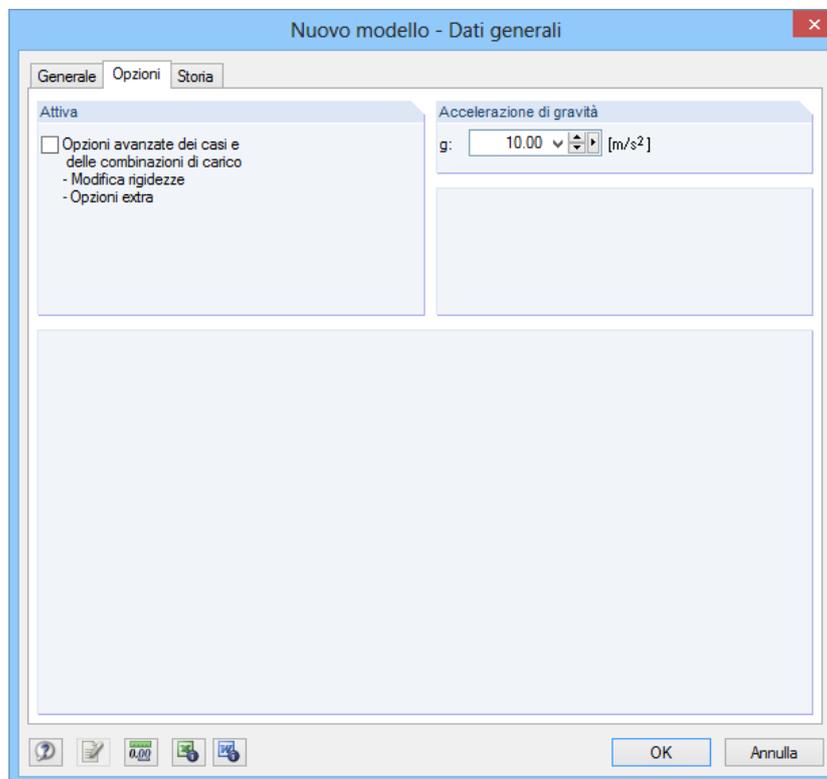


Figura 12.32: Finestra di dialogo *Nuovo Modello - Dati generali*, scheda *Opzioni*

Se è stata selezionata la casella di controllo per le *Opzioni avanzate dei casi e combinazioni di carico*, sarà possibile accedere a ulteriori schede della finestra di dialogo *Modifica casi di carico e combinazioni*:

- *Modifica rigidezze* (si veda paragrafo 7.3.1.2, pagina 276)
- *Opzioni extra* (si veda paragrafo 7.3.1.3, pagina 277)

Oltre a regolare la rigidezza dei materiali, di sezioni trasversali, vincoli esterni e interni e rilasci, è possibile utilizzare le schede aggiuntive per tener conto degli spostamenti generalizzati iniziali da un altro caso di carico o da RF-IMP, di forze iniziali di un caso di carico o di rigidezze in base al modulo RF-CONCRETE.

La sezione di dialogo *Gravità standard* gestisce il valore di base dell'accelerazione di gravità g che è significativa, per esempio, ai fini della determinazione del peso proprio e per le analisi dinamiche. Se necessario, è possibile modificare il valore approssimativo di 10 m/s^2 .

12.2.3 Storia

La seconda scheda della finestra di dialogo *Dati generali* registra il processo sotto forma di *Storia*.

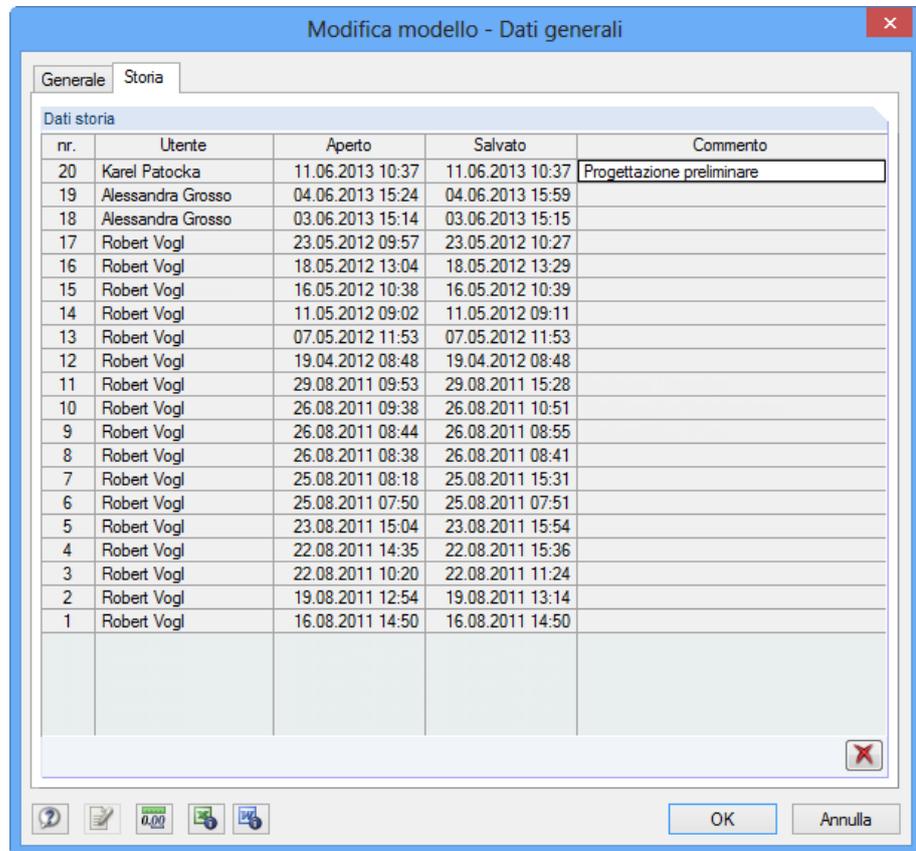


Figura 12.33: Finestra di dialogo *Modifica modello - Dati generali*, scheda *Storia*

La tabella mostra le informazioni circa il momento in cui un *Utente* ha *Aperto* e *Salvato* il modello.

Nella riga della tabella più in alto, è possibile inserire un *Commento* che descrive lo stato attuale di elaborazione del modello. L'osservazione diverrà efficace per la storia quando al prossimo salvataggio del modello. Il commento viene visualizzato non solo nella scheda *Storia*, ma è disponibile anche nel Gestore progetti (si veda figura 12.15, pagina 586).



Per eliminare la storia, fare clic sul pulsante [X]. In questo modo, sarà possibile rimuovere le informazioni personali dal file.

12.3 Gestione della rete

Quando più utenti stanno lavorando sullo stesso progetto, la gestione dei modelli può essere organizzata dal Gestore progetti, a condizione che i modelli siano memorizzati in una cartella che è accessibile in rete.

Primo, collegare la cartella di rete alla gestione interna del progetto. Consultare il paragrafo 12.1.1 a pagina 580. Ora, è possibile accedere direttamente ai modelli di questa cartella nel Gestore progetti, il che significa che è possibile aprire o copiare i modelli, verificare la loro storia o fornire loro una protezione da scrittura.

Se un altro utente sta già lavorando sul modello che si desidera aprire, verrà visualizzato un messaggio di avviso. In questo caso, sarà possibile aprire una copia del modello.

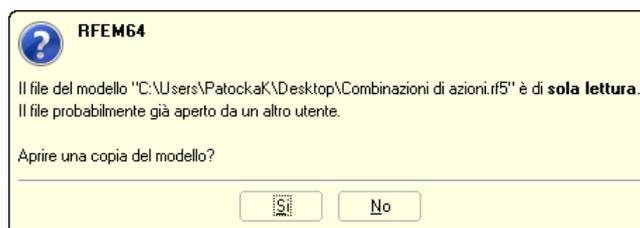


Figura 12.34: Avviso che appare quando si sta per aprire un modello protetto da scrittura



Una sincronizzazione automatica delle modifiche dei dati non è possibile.

Le informazioni sui progetti registrati nel Gestore progetti sono memorizzate nel file **PRO.DLP**. Si tratta di un file ASCII che normalmente si trova al percorso `C:\ProgramData\Dlubal\ProMan (64 bit)` o in `C:\Documents and Settings\All Users\Application Data\Dlubal\ProMan (32-bit)`.

Copiando il file PRO.DLP su un altro computer è possibile evitare una ulteriore elaborazione dei collegamenti delle cartelle, progetto per progetto. Inoltre, il file può essere modificato in un editor. Ciò facilita l'importazione di tutte le cartelle di progetto rilevanti nella gestione dei file interni del Gestore progetti, soprattutto dopo l'esecuzione di nuove installazioni. In alternativa, è possibile utilizzare la funzione *Importa cartella* (si veda paragrafo 12.1.1, pagina 583).

Prima di copiare il file PRO.DLP, come prima di disinstallare le applicazioni Dlubal, si consiglia di salvare il file già esistente.

Il Gestore progetti è compatibile con la rete. La gestione dei file può essere organizzata con una gestione centrale, in modo che tutti gli utenti sono integrati nella gestione di un progetto comune. Per definire le impostazioni di rete,

selezionare **Opzioni del programma** nel menu **Modifica** del Gestore progetti.

Si aprirà una finestra di dialogo nella quale è possibile definire l'ubicazione della memorizzazione del file PRO.DLP (si veda Figura 12.21, pagina 591).

Il Gestore progetti può essere eseguito su ogni computer locale, ma ciascuno deve utilizzare il file del server centrale PRO.DLP. In questo modo, tutti gli utenti possono effettuare modifiche sulla struttura del progetto allo stesso tempo. Per l'accesso con la scrittura al file PRO.DLP, il file è bloccato per un breve periodo di tempo, per essere sbloccato subito dopo.

12.4 Gestore blocchi

Il Gestore blocchi gestisce i blocchi del modello con una gestione trasversale del progetto: gli oggetti selezionati possono essere salvati come blocchi e reimportati su altri modelli. Una moltitudine di elementi normalizzati è predefinito nel *Catalogo* del Gestore blocchi.



Per aprire il Gestore blocchi, selezionare **Gestore progetti** nel menu **File** in RFEM, oppure utilizzare il pulsante della barra degli strumenti mostrato a sinistra.



Figura 12.35: Pulsante *Gestore blocchi* della barra degli strumenti

Quando si apre il Gestore blocchi, apparirà la seguente finestra a più parti. Come nel Gestore progetti (si veda paragrafo 12.1), esso ha il proprio menu e la propria barra degli strumenti.

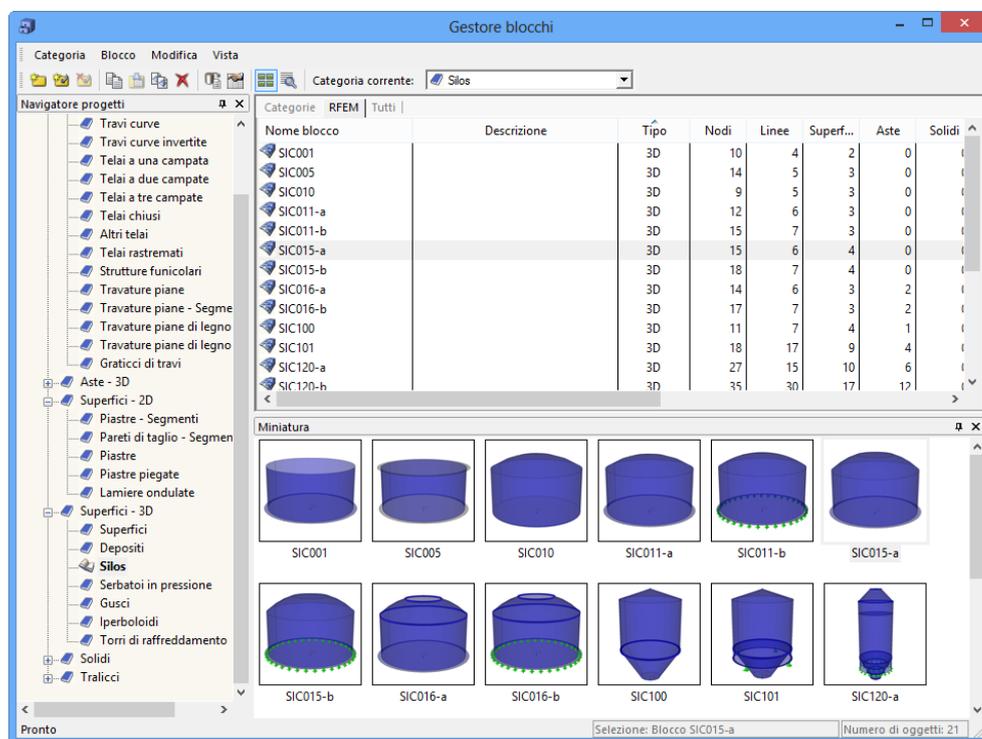


Figura 12.36: Gestore blocchi

Navigatore blocchi

Sulla sinistra, è visibile il navigatore con il *Catalogo* di tutte le categorie dei blocchi. La categoria corrente è impostata in grassetto. Per selezionare un'altra categoria, fare doppio clic sulla voce corrispondente o utilizzare l'elenco *Categoria corrente* nel Gestore della barra degli strumenti. La tabella a destra del navigatore elenca gli oggetti inseriti nella categoria selezionata. È possibile selezionare svariati modelli di aste, superfici e solidi.

Tabella dei blocchi

I blocchi della categoria selezionata sono elencati uno ad uno. Sono indicati anche il *Nome blocco*, *Descrizione* e importanti informazioni sul file.



Per modificare la visualizzazione delle colonne, selezionare **Gestisci colonne del registro** nel menu **Visualizza** del Gestore blocchi, oppure utilizzare il pulsante della barra degli strumenti mostrato a sinistra (si veda paragrafo 12.1.4.1, pagina 589).

Dettagli

La sezione della finestra visualizza informazioni dettagliate sul blocco selezionato.

Anteprima

Il blocco selezionato sarà visualizzato in anteprima. La dimensione della finestra di anteprima può essere regolata spostando il bordo superiore della finestra.

Miniature

La zona inferiore del Gestore blocchi offre una panoramica grafica dei blocchi contenuti nel progetto selezionato. Le immagini in miniatura sono interattive con la tabella di cui sopra.

Utilizzare i pulsanti pin per ridurre al minimo particolari componenti della finestra. Questi saranno ancorati come schede al piè di pagina.



12.4.1 Creare un blocco

Per creare un blocco da particolari oggetti, selezionare gli oggetti rilevanti del modello corrente di RFEM nella finestra di lavoro. Una selezione multipla è possibile tracciando una finestra con il pulsante del mouse. Si possono in oltre selezionare più elementi cliccando e tenendo premuto il tasto [Ctrl].

Per creare un nuovo blocco,

selezionare **Salva come blocco** nel menu **File** di RFEM.

Si aprirà la seguente finestra di dialogo.

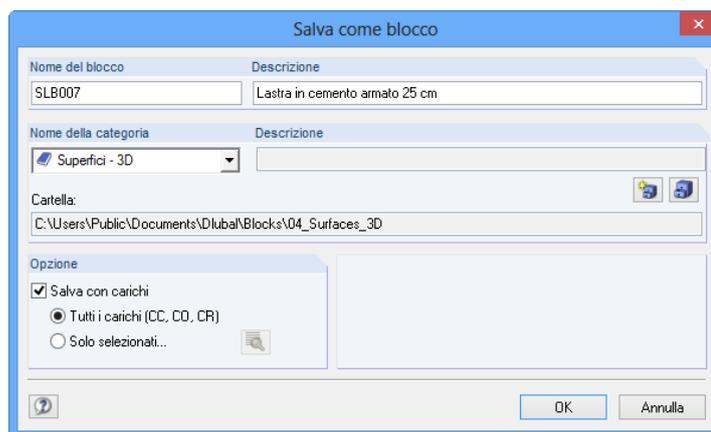


Figura 12.37: Finestra di dialogo *Salva come blocco*

Si definisca il *Nome del blocco* e il *Nome della categoria* in cui si desidera salvare il blocco. La categoria si può selezionare dall'elenco. La *Descrizione* è una voce opzionale usata per descrivere il blocco brevemente.

La directory del blocco è indicata nel campo di dialogo *Cartella*.

Nel caso che siano definiti dei carichi, questi si possono salvare insieme al blocco. Inoltre, è possibile utilizzare le impostazioni nella sezione di dialogo *Opzione* per decidere se tutti i carichi o solo i casi di carico selezionati siano pertinenti.



Per creare una nuova categoria di blocchi, utilizzare il pulsante [Nuova categoria] mostrato a sinistra.

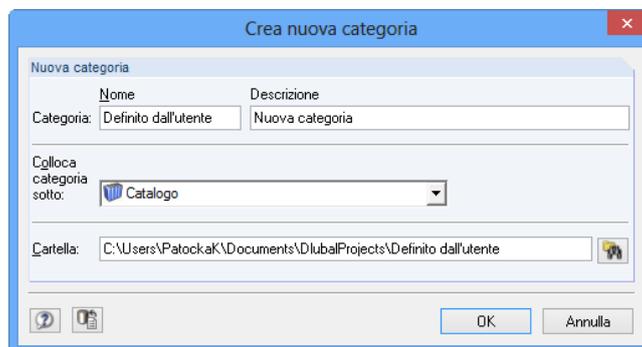


Figura 12.38: Finestra di dialogo *Crea nuova categoria*

La creazione di un blocco è simile alla creazione di un nuovo progetto nel Gestore progetti (si veda paragrafo 12.1.1, pagina 580).

12.4.2 Importazione di un blocco



Per importare un blocco nel modello attuale di RFEM, aprire il Gestore blocchi (si veda figura 12.35, pagina 601). All'inizio, selezionare la categoria nel catalogo. Quindi, è possibile selezionare il relativo blocco nella scheda di RFEM con un clic del mouse.

Per avviare l'importazione,

- selezionare **Inserisci blocco** nel menu **Blocco**
- si utilizzi il menu contestuale del blocco.

Categorie RFEM Tutti								
Nome blocco	Descrizione	Tipo	Nodi	Linee	Superf...	Aste	Solidi	
SHC001c		3D	6	4	1	0	0	
SHC002c-a		3D	6	5	1	0	0	
SHC002c-b		3D	6	4	1	0	0	
SHC005c		3D	6	4	1	0	0	
SHC006c-a		3D	6	5	1	0	0	
SHC006c-b		3D	6	4	1	0	0	
SHC007c-a		3D	5	5	1	0	0	
SHC007c-b		3D	5	4	1	0	0	
SHC020c-a		3D	10	10	3	0	0	
SHC020c-b		3D	10	10	3	0	0	
SHC021c-a		3D	10	10	3	0	0	
SHC021c-b		3D	10	10	3	0	0	
SHC022c-a		3D	14	10	3	0	0	
SHC022c-b		3D	14	10	3	0	0	
SHC025c-a		3D	6	6	3	0	0	
SHC025c-b		3D	6	6	3	0	0	
SHC026c-a		3D	12	12	5	0	0	
SHC026c-b		3D	12	12	5	0	0	
SHC027c-a		3D	12	14	7	0	0	
SHC027c-b		3D	12	14	7	0	0	

Figura 12.39: Menu contestuale del blocco

È anche possibile fare doppio clic sul blocco nella tabella. Apparirà la seguente finestra di dialogo.

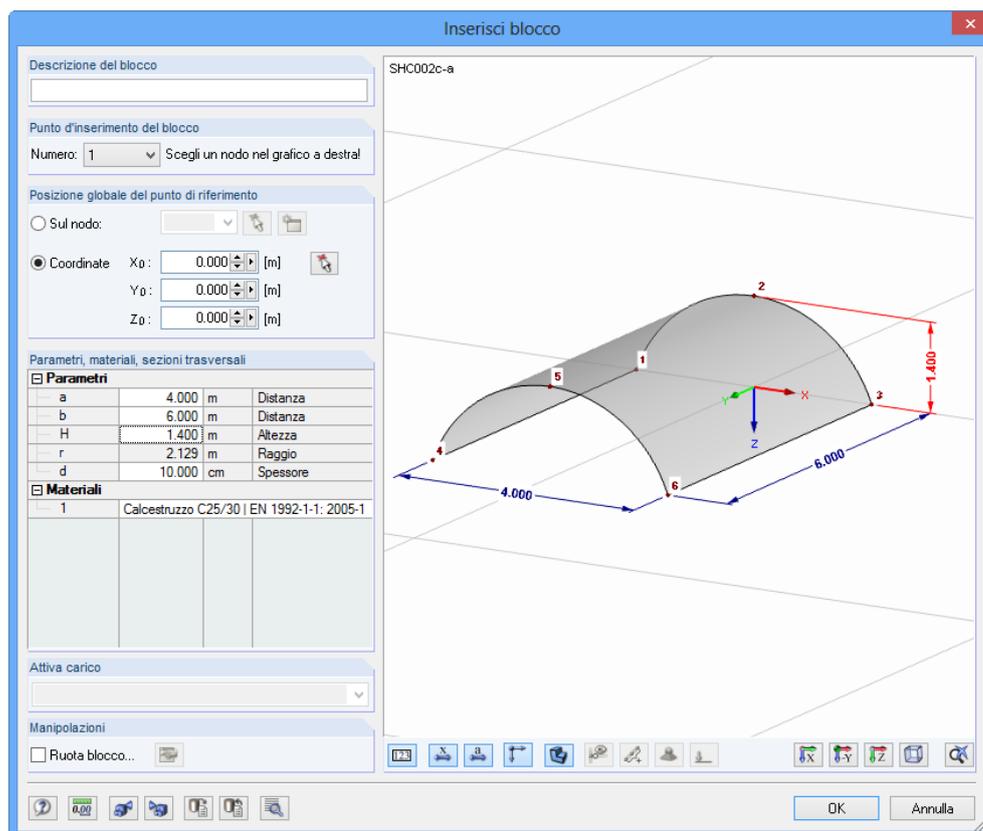


Figura 12.40: Finestra di dialogo *Inserisci blocco*



Specificare il *Punto di inserimento del blocco* (il "punto di snap") e la *Posizione globale del punto di riferimento* nella finestra di dialogo. I punti possono essere selezionati anche graficamente nel blocco o nel modello di RFEM.



I *Parametri*, il *Materiale* e le *Sezioni trasversali* geometrici possono essere modificati. Un clic nel campo appropriato di immissione abilita i pulsanti che è possibile utilizzare per selezionare gli elementi da un elenco o per aprire le librerie.

Per i blocchi definiti dall'utente, è anche possibile importare i carichi: il *Carico attivo* può essere selezionato nell'elenco.



Fare clic sul pulsante [Modifica], mostrato a sinistra, per accedere a particolari impostazioni di importazione che possono essere definite in un'altra finestra di dialogo.

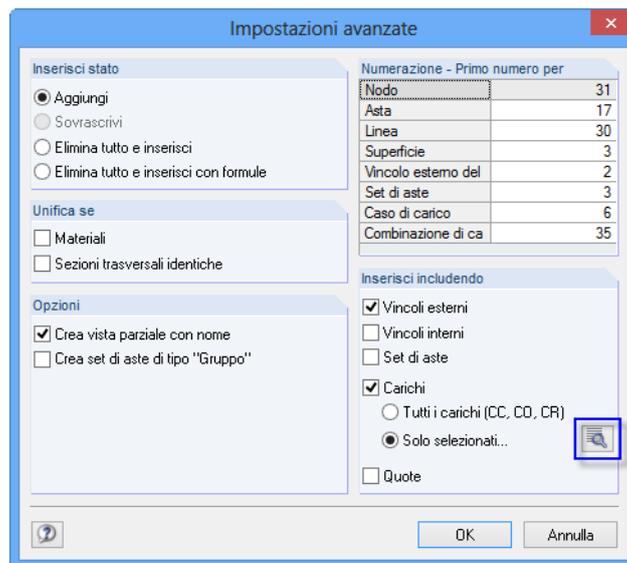


Figura 12.41: Finestra di dialogo *Impostazioni avanzate*

Con le opzioni disponibili nella finestra di dialogo *Impostazioni avanzate* si determina il modo in cui gli oggetti verranno allineati con gli elementi strutturali esistenti. Inoltre, è possibile influenzare la *Numerazione*.



Fare clic sul pulsante [Seleziona] per aprire una nuova finestra di dialogo in cui è possibile selezionare i casi di carico, le combinazioni di carico e di risultati per l'importazione.

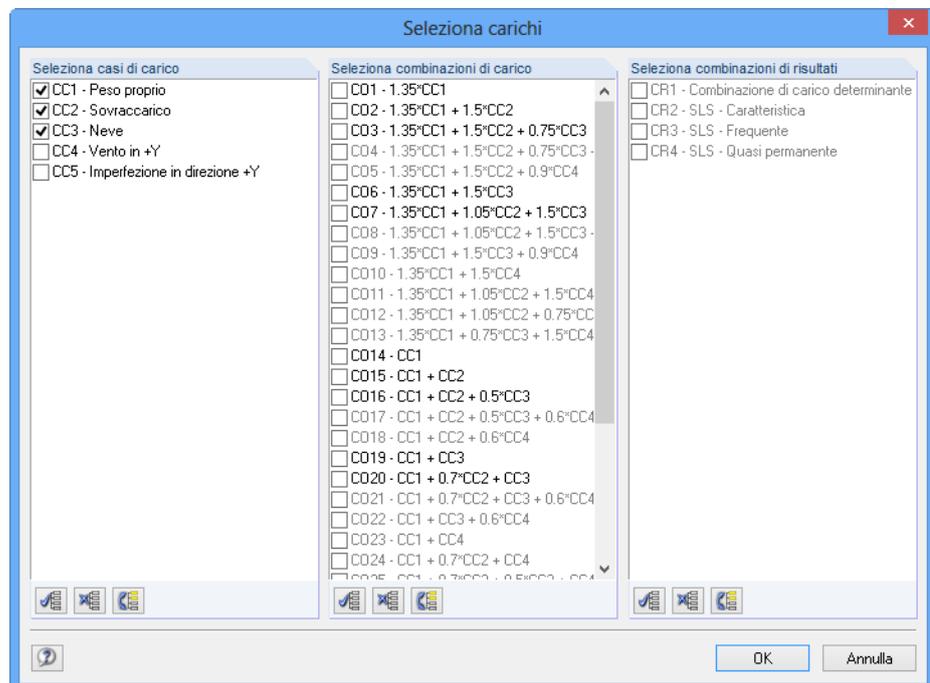


Figura 12.42: Finestra di dialogo *Selezione carichi*

12.4.3 Elimina Blocco



Per eliminare un blocco,

- selezionare **Elimina** nel menu **Blocco** del Gestore blocchi (il modello deve essere stato precedentemente selezionato)
- cliccare il pulsante [Elimina] nella barra degli strumenti mostrata a sinistra
- si utilizzi il menu contestuale del blocco (si veda Figura 12.39).



Figura 12.43: Pulsante *Elimina*

Dopo avere confermato l'avviso di sicurezza, il blocco sarà inserito nel cestino Dlubal.

12.5 Interfacce

RFEM offre la possibilità di scambiare dati con altri programmi. In tal modo, è possibile utilizzare, ad esempio, i modelli CAD creati in altre applicazioni. Inoltre, i risultati di calcoli strutturali da costruzioni o progettazione software possono essere disponibili per queste.

L'esportazione della relazione di calcolo come file **RTF** e di **VCmaster** è descritta nel paragrafo 10.1.11 a pagina 420.

Inoltre, è possibile eseguire RFEM esternamente utilizzando un'interfaccia programmabile basata sulla tecnologia COM (ad esempio Visual Basic). Con **RF-COM** che può essere acquistato come modulo aggiuntivo di RFEM, si possono utilizzare immissioni personalizzate macro e programmi di follow-up.

12.5.1 Scambio di dati diretto

RFEM è dotato di un'interfaccia per i programmi software sviluppati dalla società DLUBAL. I dati di ingresso di tutte le versioni precedenti di **RFEM** possono essere importati senza problemi. Anche i file del programma per le strutture intelaiate **RSTAB** possono essere aperti direttamente in RFEM in modo che elementi di superficie o solidi possono essere aggiunti. Allo stesso modo, è possibile aprire i file creati con RFEM 5 in RSTAB 8.

RFEM ha un collegamento diretto con i programmi di CAD da **Tekla Structures** e **Autodesk AutoCAD** (ma non per le versioni LT). Con RFEM, quindi, è possibile usufruire dei vantaggi del processo BIM (Building Information Modeling) perché i dati dei modelli si possono scambiare direttamente per processi di pianificazione digitale.

Per avviare lo scambio diretto dei dati,

selezionare **Importa** o **Esporta** nel menu **File** in RFEM

oppure si utilizzino i pulsanti della barra degli strumenti mostrati sulla sinistra.



La finestra di dialogo in figura 12.44 o figura 12.45 a pagina 607 si aprirà, e quindi sarà possibile selezionare il relativo programma di CAD nella sezione di dialogo *Importazioni dirette* o *Esportazioni dirette*.

I pulsanti nella barra degli strumenti di RFEM *Esporta/Importa* sono riservati per le seguenti funzioni:

	Importazione diretta da Tekla Structures
	Esportazione diretta da Tekla Structures
	Importazione diretta da AutoCAD
	Esportazione diretta di AutoCAD

Tabella 12.3: Pulsanti della barra degli strumenti *Esporta/Importa*

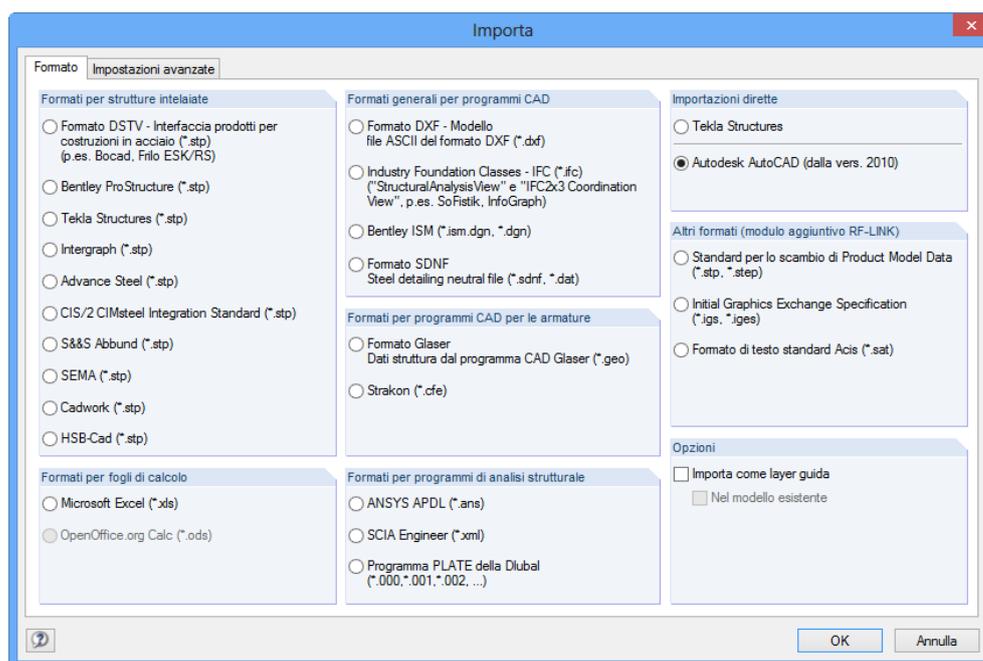
Le descrizioni delle interfacce con Tekla Structures e Autodesk AutoCAD Revit si possono trovare all'indirizzo www.dlubal.com/manuals-for-category-interfaces.aspx.

- **RX-Tekla**
- **RX-Revit**

12.5.2 Formati di file per lo scambio di dati

Se i programmi di CAD o i programmi per l'analisi strutturale possono creare file del tipo *.stp, *.dxf, *.fem, *.asf, *.dat, *.cfe o *.ifc, i dati corrispondenti possono essere utilizzati come modello per RFEM. Viceversa, RFEM è in grado di creare file in formati adeguati per altri programmi.

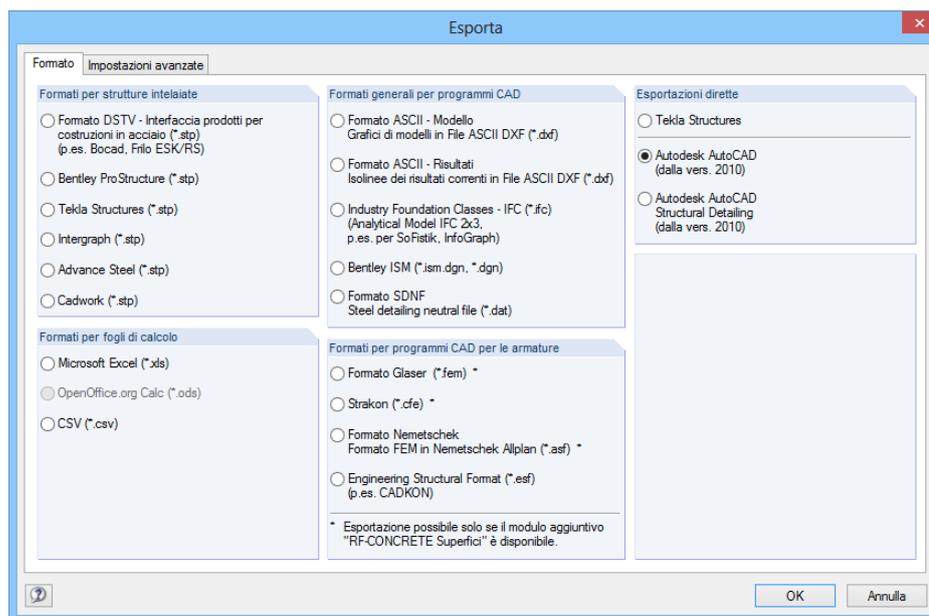
Per aprire la finestra di dialogo per l'importazione di un file, selezionare **Importa** nel menu **File**.

Figura 12.44: Finestra di dialogo *Importa*

Quando l'opzione *Importa come layer guida* è selezionata, RFEM mostrerà soltanto un modello a fil di ferro nell'area di lavoro che potrà essere utilizzato per definire nodi, linee ecc. (si veda paragrafo 11.3.10, pagina 481).

Per avviare l'esportazione di un file di RFEM selezionare **Esporta** nel menu **File**.



Figura 12.45: Finestra di dialogo *Esporta*

Formati di file per strutture intelaiate

Formato DSTV *.stp

Quando si utilizza l'interfaccia dei prodotti da DSTV (Associazione Tedesca di Costruzioni in Acciaio), il trasferimento non è eseguito con file di strutture intelaiate ridotte a modelli di linee, ma in file che contengono tutti i dati strutturali e di carico che sono necessari per un'elaborazione efficiente. DLUBAL, come molti altri produttori di software, opera per lo sviluppo dell'interfaccia del prodotto. In questo modo è possibile scambiare dati con una varietà di programmi come *Bentley ProStructure*, *Tekla Structures*, *Intergraph Frameworks*, *Advance Steel*, *CIS/2 CIMSteel* o *cadwork*. È possibile selezionare i programmi anche direttamente per l'importazione e l'esportazione delle finestre di dialogo.



L'interfaccia ricopre i dati strutturali e CAD in generale. RFEM supporta solo il formato strutturale con "entità" specifiche che possono essere trovate in una descrizione (PDF disponibile al link <http://www.deutscherstahlbau.de/asp/biblioaussdet.asp?auss=7>).

L'interfaccia trasferisce le informazioni dei nodi, delle aste e delle sezioni trasversali tra cui le eccentricità delle aste e le rotazioni delle sezioni trasversali. Inoltre, si trasferiscono i vincoli esterni dei nodi, i casi di carico, le combinazioni di carico e di risultati con i carichi dei nodi e delle aste nonché delle imperfezioni. Anche i risultati del calcolo possono essere memorizzati nel file di scambio.

Ulteriori impostazioni per lo scambio di dati si possono definire nella scheda di dialogo *DSTV* (.stp).

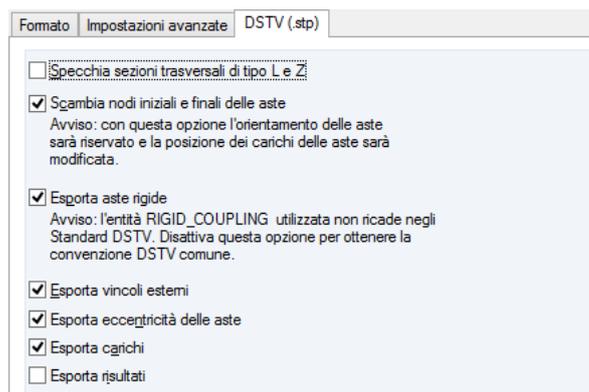


Figura 12.46: Finestra di dialogo *Esporta*, scheda *DSTV (.stp)*

Formati di file per fogli di calcolo

Formato MS Excel * .xls

RFEM è in grado di importare e creare tabelle in formato *.xls. Lo scambio di dati con MS Excel è descritto nel paragrafo 11.5.6 a pagina 519. Tuttavia, l'opzione di scambio descritta è disponibile solo per la tabella attiva di RFEM. La funzione descritta in seguito riguarda i dati del modello complessivi. Quindi, si possono utilizzare i generatori definiti dall'utente per dati strutturali e di carico.

Per **importare** un file XLS, aprire all'inizio il file in MS Excel. Quindi, è possibile utilizzare l'opzione *Microsoft Excel* nella finestra di dialogo di importazione di RFEM (si veda figura 12.44) per aprire la finestra di dialogo seguente.

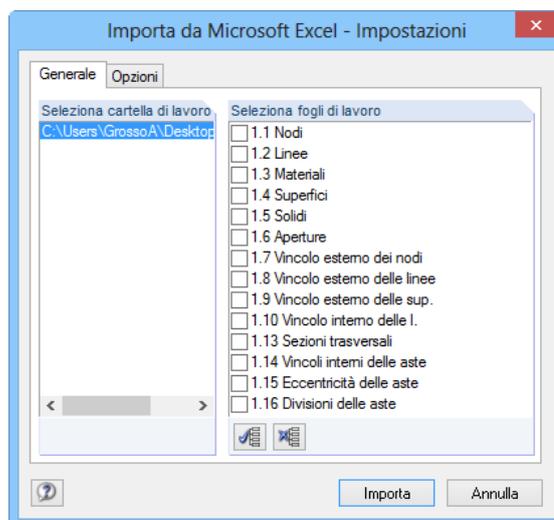
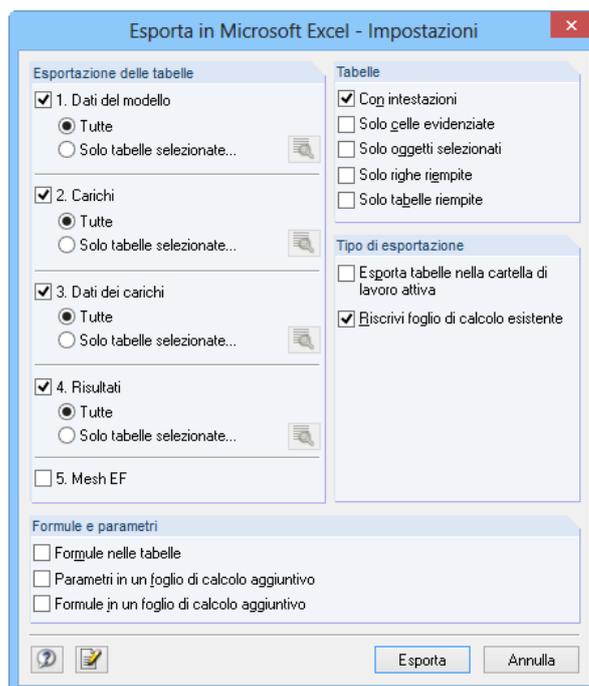


Figura 12.47: Finestra di dialogo *Importa da Microsoft Excel - Impostazioni*

Selezionare la *Cartella di lavoro* e i *Fogli di lavoro* che si desidera importare. Le descrizioni, la sequenza e la struttura dei fogli devono corrispondere esattamente ai dati di RFEM, in modo che i dati importati possano essere iscritti correttamente nelle tabelle di RFEM. Se non si è certi, provare a creare un file XLS dal file attuale di RFEM per eseguire delle prove.

Nella scheda *Opzioni*, specificare se i fogli di lavoro saranno importati con o senza intestazioni e come saranno rappresentate le formule nel foglio di lavoro.

Quando **si esporta** un file, non è necessario aprire MS Excel. Il foglio di calcolo si avvia automaticamente.

Figura 12.48: Finestra di dialogo *Esporta in Microsoft Excel - Impostazioni*

Nella sezione di dialogo *Esportazione di tabelle*, selezionare le tabelle che si desidera esportare. Quando si attiva l'opzione *Solo tabelle selezionate*, RFEM abilita il rispettivo pulsante [Seleziona] mostrato a sinistra. Fare clic sul pulsante per aprire un'altra finestra di dialogo per impostazioni specifiche.

Figura 12.49: Finestra di dialogo *Tabelle da esportare - Dati dei Risultati*

Nella sezione di dialogo *Formule e parametri* della finestra di dialogo iniziale (figura 12.48), è possibile decidere se le formule memorizzate saranno trasferite tra RFEM a Excel durante lo scambio di dati.

Formato di OpenOffice *.ods

Questa interfaccia è disponibile solo quando è installato OpenOffice.org Calc.

Le opzioni di importazione ed esportazione sono simili a quello per lo scambio di dati tra RFEM e Excel come descritto sopra in dettaglio.

Formati generali di file per programmi CAD

Formato ASCII *.dxf

Il formato DXF trasferisce solo informazioni generali concernenti le linee utilizzate del modello. RFEM è in grado di importare un modello di linee creato ad esempio in AutoCAD e creare un file DXF dal modello attuale. Un layer sarà utilizzato per ogni sezione trasversale. I vincoli esterni dei nodi, carichi ecc. non possono essere trasferiti.

Ulteriori impostazioni per lo scambio di dati si possono definire nella scheda di dialogo *Formato ASCII DXF (*.dxf)*. Si consiglia di controllare i parametri specialmente prima dell'importazione.

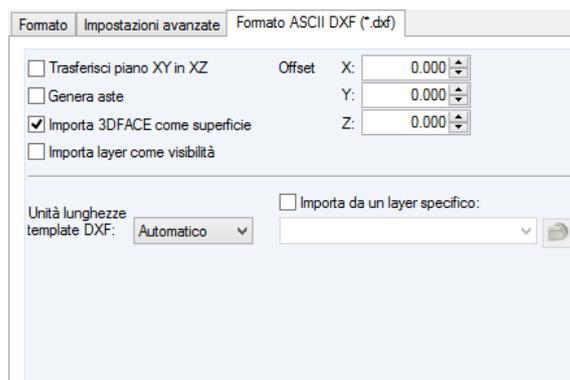


Figura 12.50: Finestra di dialogo *Importazione*, scheda *Formato ASCII DXF (*.dxf)*

Controllare le *Unità di lunghezza* del modello DXF. Se lo si desidera, è possibile specificare un *Offset* del modello quando si importa in RFEM. Selezionare l'opzione *Importa 3DFACE come superficie* per creare automaticamente superfici 3D in RFEM dal modello DXF.

Se si desidera *Importare* un file *da un layer specifico*, utilizzare il pulsante [Selezionare File DXF] mostrato a sinistra per selezionare il file DXF. Dopo, i singoli layer saranno disponibili per essere selezionati nell'elenco.

Nella maggior parte dei programmi di CAD, l'asse Z è diretto verso l'alto. In RFEM, tuttavia, è normalmente rivolto verso il basso. Ora, quando si passa alla seconda scheda di dialogo *Impostazioni avanzate* nella finestra di dialogo importa e si imposta *Verso il basso* nell'elenco per l'asse Z, i carichi di peso possono essere inseriti positivamente in RFEM.

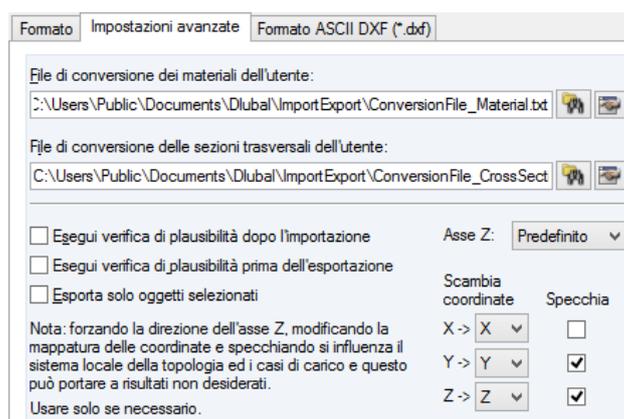


Figura 12.51: Finestra di dialogo *Importa*, scheda *Impostazioni avanzate*

L'esportazione DXF include anche i valori. Tuttavia, solo un valore o un gruppo di valori è possibile. Se si specificano diversi valori, sarà esportato sempre il primo valore ed un messaggio corrispondente sarà visualizzato.

Per l'esportazione DXF si consiglia inoltre di verificare l'orientamento dell'asse Z.



Logo IAI

Formato IFC *.ifc

La Industry Foundation Classes (IFC) è lo standard mondiale per lo scambio di dati per gli approcci di modelli di base nel settore dell'edilizia. Sono stati sviluppati dallo IAI (International Alliance for Interoperability). Gli IFC sono strutturati in domini (architettura, progettazione, analisi strutturali, ingegneria elettrica ecc.). Il software DLUBAL supporta il dominio per l'ingegneria strutturale che consente il trasferimento di dati strutturali come nodi, aste, vincoli esterni, casi di carico e carichi. Gli IFC sono ancora in fase di sviluppo.

È possibile trovare una descrizione dell'interfaccia sul sito www.buildingsmart.de.

Quando si esporta un modello di RFEM come un modello IFC, si creerà un modello analitico nella versione IFC 2 x Edizione 3.

Formato Bentley *.ism.dgn, *.dgn

L'interfaccia rende possibile lo scambio di dati con il prodotto CAD MicroStation. RFEM è in grado di importare i dati del modello e di esportare i file RFEM, utilizzando tutte le possibilità di interoperabilità. Così, è fornita una connessione con tutte le applicazioni Bentley come ProSteel, sulla base di ISM (Integrated Structural Modelling).

Formato SDNF *.dat

Il formato SDNF (*Steel detailing neutral file*) è utilizzato per scambiare i dati geometrici come nodi, sezioni trasversali e aste con INTERGRAPH.

Formati file per programmi CAD di armature

Formato Glaser *.geo, *.fem

RFEM è dotato di un'interfaccia con il programma *Glaser* da ISB CAD rendendo possibile lo scambio di dati geometrici e di armature.

Se si desidera esportare i risultati delle armature del modulo aggiuntivo RF-CONCRETE Surfaces, assicurarsi che le superfici siano definite come piano orizzontale, cioè create nel piano XY.

Nella scheda di dialogo *Risultati - Glaser (.fem)*, è possibile controllare i risultati delle armature che sono pertinenti per l'esportazione.

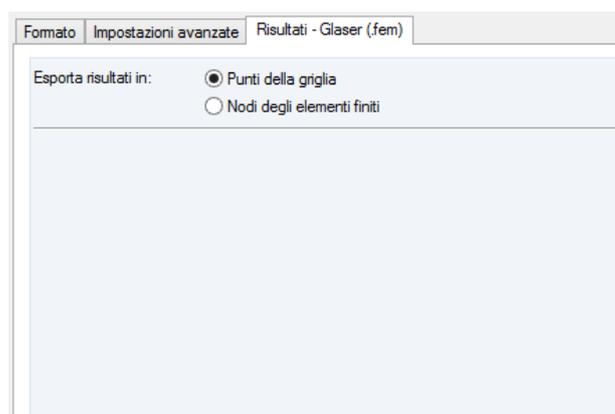


Figura 12.52: Finestra di dialogo *Esporta*, scheda *Risultati - Glaser (.fem)*

Le armature esportate in GLASER possono essere realizzate graficamente nei punti della griglia o nei nodi EF. Poiché sono disponibili come valori, è possibile utilizzarli nei disegni delle armature.

Formato Strakon *.cfe

Il formato Strakon supporta lo scambio di dati geometrici come le superfici con il programma CAD STRAKON prodotto da DICAD software.

Nella scheda di dialogo *Risultati* della finestra di dialogo *Esporta*, è possibile impostare le superfici con le armature da esportare (si veda Figura 12.53).

Formato Nemetschek *.asf

Lo scambio di dati è anche possibile con il programma Allplan della NEMETSCHKEK.

Per l'esportazione dei risultati dell'armatura del modulo aggiuntivo RF-CONCRETE Surfaces, si noti che le superfici possono essere definite in qualsiasi posizione ma devono essere piane. Durante l'esportazione, RFEM crea un file ASF per ogni superficie piana. Ad esempio: quando il modello di RFEM ha 12 facce, si creeranno 12 file che possono essere uniti in un modello 3D in Allplan.

Nella scheda di dialogo *Risultati* della finestra di dialogo *Esporta*, è possibile impostare le superfici le cui armature si desidera esportare.

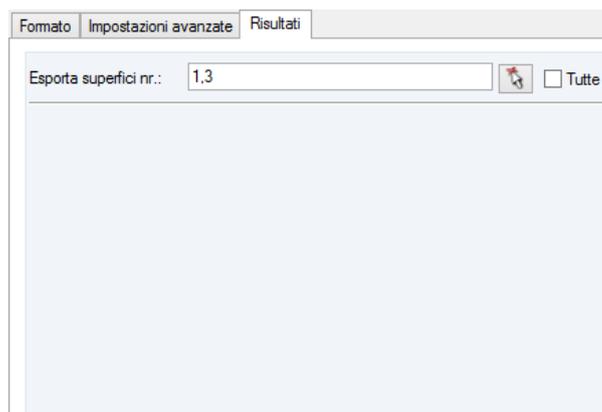


Figura 12.53: Finestra di dialogo *Esporta*, scheda *Risultati*

Formato ESF *.esf

Questa interfaccia è stata sviluppata specialmente per il programma CADKON da AB STUDIO. È possibile esportare le superfici piane di spessore costante, comprese le aperture e le informazioni sui materiali. Inoltre, è possibile esportare le armature delle superfici di RFEM in formato *.esf (*Engineering Structural Format*).

L'importazione di file *.esf non è possibile. È possibile utilizzare comunque il formato DXF.

Formati file per programmi di analisi strutturali

Formato Ansys *.ans

Utilizzare l'interfaccia con il programma ANSYS agli EF per importare i file disponibili in formato *.ans. In questo modo, è possibile utilizzare i dati di questo programma multifunzionale anche per le analisi eseguite con RFEM.

Formato Scia *.xml

È inoltre anche possibile importare i dati del modello dal programma di analisi strutturale *Scia* di NEMETSCHKEK in RFEM, a condizione che i dati siano disponibili in formato *.xml.

Formati generali Dlubal *.xml, *ft5

Per salvare i file di RFEM come file XML o template, selezionare **Salva come** nel menu **File**.

Nella finestra di dialogo di Windows *Salva con nome*, utilizzare l'elenco per impostare il tipo di file rilevante nel campo di dialogo *Salva come tipo*.

Figura 12.54: Finestra di dialogo *Salva come*

Con il formato FT5 si salva il modello come un modello che può essere importato in seguito per la creazione di un nuovo file (si veda Figura 12.23, pagina 592).



Quando si salva il modello con il tipo di file RFX, dati in formato tabellare saranno convertiti in un formato XML. I dati rimanenti saranno salvati in formato binario. I dati saranno memorizzati in un file compresso che può essere aperto come un file di archivio ZIP. In questo modo è possibile creare file per i programmi CAD.

12.5.3 Importazione di RX-LINK *.step, *.iges, *.sat

Con il modulo aggiuntivo RX-LINK (non contenuto in RFEM) è possibile importare i dati in formato STEP, IGES o ACIS. I formati dei file sono utilizzati principalmente in ingegneria meccanica - permettono un trasferimento della geometria del modello in forma di linee di contorno e di superfici.



Per importare i file del modello disponibile in uno dei formati sopra citati, selezionare **Importa** nel menu **File**.

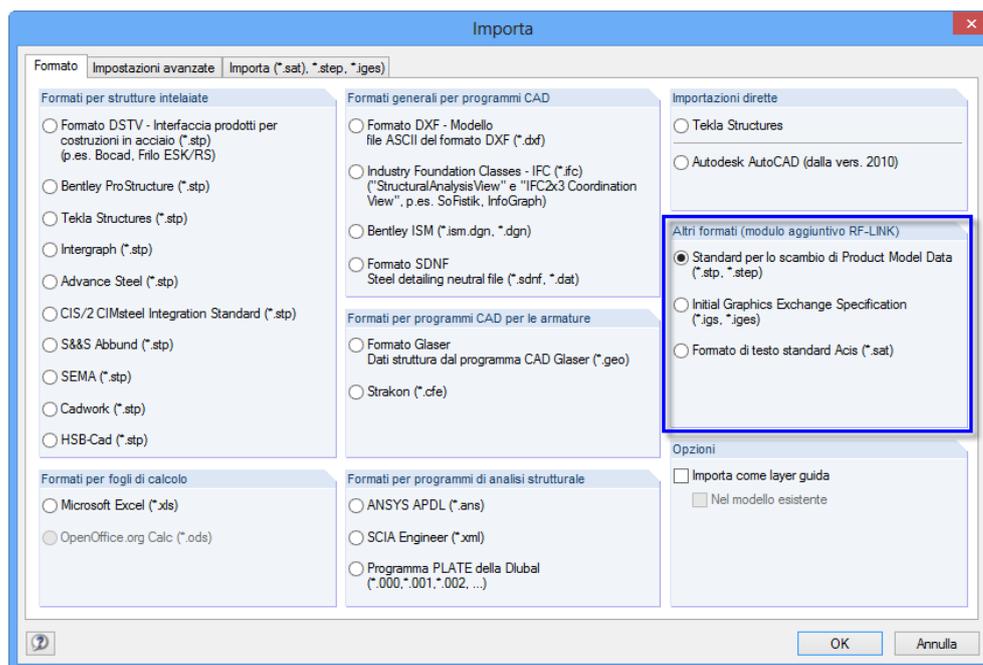


Figura 12.55: Finestra di dialogo *Importa*

Nella sezione di dialogo *Altri formati* della finestra di dialogo *Importa*, è possibile definire il formato pertinente del file:

- *Standard per lo scambio di dati del modello prodotto (*.stp, *.step)*
- *Initial Graphics Exchange Specification (*.iges)*
- *Formato di testo standard Acis (*.sat)*

L'accesso alle opzioni è disponibile solo quando è stato installato RX-LINK. L'installazione richiede un processo di installazione separato.

Nella scheda di dialogo *Importazione (*.sat, *.step, *.iges)*, è possibile specificare le impostazioni avanzate per unità e per il trattamento di linee e superfici.

Le opzioni di esportazione di RFEM di file nei formati STEP, IGES o SAT attualmente non sono disponibili.

A Bibliografia

- [1] ZIENKIEWICZ, O. C., CHEUNG, Y.K.: The Finite Element Method in Structural and Continuum Mechanics, McGraw-Hill, New York, London 1967
- [2] KOLÁR, V. et al.: Berechnung von Flächen- und Raumtragwerken nach den Methode der finiten Elemente (Czech), SMTL Prag 1972
- [3] KOLÁR, V. et al.: Berechnung von Flächen- und Raumtragwerken nach den Methode der finiten Elemente, Springer, Wien-New York 1975
- [4] KOLÁR, V., NEMEC, I.: Modeling of Soil-Structure Interaction, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, co-published with Academica Prague, 1989, second revised edition
- [5] STIGLAT, K., WIPPEL, H.: Massive Platten. In: Betonkalender 1989/I, S. 281 ff, Ernst & Sohn, Berlin 1989
- [6] CZERNY, F.: Tafeln für Rechteckplatten. In: Betonkalender 1990/I, S. 309 ff, Ernst & Sohn, Berlin 1990
- [7] WUNDERLICH, W. et al.: Modellierung und Berechnung von Deckenplatten mit Unterzügen. In: Bauingenieur 69, Heft 10, p. 381-389, Springer-Verlag, 1994
- [8] PASTERNAK, P.L.: Grundlagen einer neuen Methode der Berechnung von Fundamenten mittels zwei Bettungskoeffizienten, Gos. Isd. Stroj. i Arch., Moskau 1954 (Russian)
- [9] KOLÁR, V. et al.: Kurs für Statiker von Gründungsbauwerken und Erdkörpern, S. 146 ff., Haus der Technik, Ostrau 1983 (Czech)
- [10] TIMOSHENKO, S.P., WOINOWSKI-KRIEGER, S.: Theory of Plates and Shells, 2. Auflage, McGraw-Hill, New York 1959
- [11] GRASSER, E., THIELEN, G.: Heft 240 DAfSt, Ernst & Sohn, Berlin-München-Düsseldorf, 1978, 2. überarbeitete Auflage
- [12] GRASSER, E., KORDINA, K., QUAST, U.: Bemessung von Beton- und Stahlbetonbauteilen nach DIN 1045, DAfStb - Heft 220, Ernst & Sohn, Berlin 1979
- [13] KOLÁR, V. - NEMEC, I.: Contact Stress and Settlement in the Structure-Soil Interface. Study by the Czecho-slovak Academy of Sciences Nr. 16, Academia Praha 1991, 160 pages
- [14] PETERSEN, Chr.: Stahlbau, Vieweg & Sohn, Braunschweig-Wiesbaden 1988
- [15] BARTH, C., RUSTLER, W.: Finite Elemente in der Baustatik-Praxis, Bauwerk, Berlin 2010
- [16] NEMEC, I., KOLÁR, V. et al.: Finite Element Analysis of Structures - Principles and Praxis, Aachen 2010
- [17] KOLÁR, V. et al.: Kurs für Statiker von Gründungsbauwerken und Erdkörpern, Haus der Technik, Ostrau, 1983 (Czech)
- [18] KOLÁR, V. et al.: Bemessung von zwei- und dreidimensionalen Strukturen mit FEM, Springer-Verlag, New York/Wien, 1975, p. 425 ff., chapters 1 (1D element) and 6 (variation principle)
- [19] KOLÁR, V., NEMEC, I.: Finite Element Analysis of Structures. United Nations Development Program, Economic Com. for Europe, Workshop on CAD Techniques, June 1984, Prague-Geneva, Vol. I, 248 pp.
- [20] BERGAN, P. G.: Finite Elements Based on Energy Orthogonal Functions. Int. Journal for Numerical Methods in Engineering, 17 (1981), p. 154-155
- [21] BERGAN, P.G. - NYGARD, M. K.: Finite Elements With Increased Freedom in Choosing Shape Functions. Int. Journal for Num. Meth. in Eng., 20 (1984), p. 643-664, (Free Formulation Concept)
- [22] BERGAN, P.G. - FELIPPA, C. A.: A Triangular Membrane Element With Rotational Degrees of Freedom. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 50 (1985), pp. 25-69

- [23] ZIENKIEWIC, O.C.: The Finite Element Method in Engineering Science, Mc Graw - Hill, London 3rd Ed., repr. 1979, 787 pp., chapter 18 - 19 (Nonlinear Problems)
- [24] DVORKIN, E.N. - BATHE, K.-J.: A continuum mechanics based four-node shell element for nonlinear analysis. In: Eng. Comput., 1984, vol. 1, pp. 77-88.
- [25] BATHE, K.J.: Finite Element Procedures, New Jersey, 1996
- [26] BAUMANN, Th.: Zur Frage der Netzbewehrung von Flächentragwerken. In: Der Bauingenieur 47 (1972), pp. 36, Springer-Verlag, Berlin 1972
- [27] SCHLAICH, J., SCHÄFER, K.: Konstruieren im Stahlbetonbau. In: Betonkalender 1993, Teil II, 327 pp., Ernst & Sohn, Berlin 1993
- [28] LEONHARDT, F.: Vorlesungen über Massivbau, Teil 6, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1979
- [29] DIN 1045 (07.88), Beton und Stahlbeton, Bemessung und Ausführung, Beuth, Berlin-Wien-Zürich 1988
- [30] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: DIN 1045-1 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 1: Bemessung und Konstruktion. Entwurf 12.1998.
- [31] DIN 18800 (11.90) Teil 1, Stahlbauten, Bemessung und Konstruktion, Beuth, Berlin-Wien-Zürich 1992
- [32] DIN 18800 (11.90) Teil 2, Stahlbauten, Stabilitätsfälle, Knicken von Stäben und Stabwerken, Beuth, Berlin-Wien-Zürich 1992
- [33] Eurocode 2 Teil 1-1 (06.92), Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken, Beuth, Berlin-Wien-Zürich 1992
- [34] Eurocode 3 Teil 1-1 (04.93), Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten, Beuth, Berlin-Wien-Zürich 1993
- [35] KLINGMÜLLER, O. LAWOW, M., THIERAUF, G. (1983), Stabtragwerke, Matrizenmethoden der Statik und Dynamik, Teil 2: Dynamik, Fr. Vieweg & Sohn, Braunschweig
- [36] KLOTTER, K. (1981), Technische Schwingungslehre, Bd. 1, Teil A: Lineare Schwingungen, Teil B: Nichtlineare Schwingungen, Bd. 2: Schwinger von mehreren Freiheitsgraden, Springer, Berlin
- [37] KOLOUSEK, V. (1962), Dynamik der Baukonstruktionen, VEB-Verlag f. Bauwesen, Berlin
- [38] KRÄMER, E. (1984), Maschinendynamik, Springer, Berlin
- [39] LEHMANN, T. (1979), Elemente der Mechanik IV: Schwingungen, Variationsprinzip, Fr. Vieweg & Sohn, Braunschweig
- [40] LIPINSKI, J. (1972), Fundamente und Tragkonstruktionen für Maschinen, Bauverlag, Wiesbaden
- [41] LORENZ, H. (1960), Grundbau-Dynamik, Springer, Berlin
- [42] MÜLLER, F. P. (1978), Baudynamik, Betonkalender 1978, Ernst & Sohn, Berlin
- [43] NATKE, H. G. (1989), Baudynamik, B. G. Teubner, Stuttgart
- [44] NOWACKI, W. (1974), Baudynamik, Springer, Berlin
- [45] FLESCH, R. (1993), Baudynamik, praxisgerecht, Bauverlag, Wiesbaden-Berlin
- [46] MESKOURIS, K. (1999), Baudynamik, Modelle Methoden Praxisbeispiele, Ernst & Sohn, Berlin
- [47] BARES, R. A. (1989), Tabellen für die Berechnung von Platten und Wänden STNL, Prague
- [48] ŠEVČÍK, I., 3D Finite Elements with Rotational Degrees of Freedom, FEM Consulting s.r.o., Brno

B Indice

64-bit	287	Assi della linea	52, 235
A puntoni e controcatena	547	Assi della superficie	240, 320, 341
Accelerazione	572	Assi dell'asta	155, 231, 307, 492
Accelerazione di gravità	602	Assi principali	310
Accelerazione gravitazionale	602	Assistente di aiuto	287
Accoppiamento	122, 149, 153	Asta	147, 536
Accoppiamento rigido	149, 153	Asta del vincolo esterno	285, 312
Accumulo di neve depositata	573	Asta di fune	275
Aggiornamenti	14	Asta parallela	533
Aggiungere il caso di carico	184	Asta rigida	148, 149
Aggiungi	517	Aste che giungono a rottura	289
Altezza	473	Aste che si intersecano	264, 492
Analisi del secondo ordine	201, 276, 284	Aste continue	170
Analisi di grandi spostamenti	276, 284	Aste doppie	159
Analisi post-critiche	276, 286	Attività parziale	104, 141
Analisi statica lineare	257	Attrito	95, 105
Anello circolare	458	Avvio del calcolo	290
Angolo	450, 473	Avvio del programma	40
Angolo arrotondato	509	Azione	185
Angolo degli assi principali	128	Azione alternativa	186
Angolo di inclinazione	272, 473	Azione caratteristica	180
Angolo di rotazione della sezione trasversale	128	Azioni dominanti	195, 198, 208
Angolo di rotazione della sezione trasversale	128	Bach	346, 355, 359, 361
Angolo di vista	452	Baricentro	453
Animazione	307, 399	Barra degli strumenti	21
Ansys	618	Barra di stato	28
Anteprima della pagina	404	Barre colorate	294, 519
Apertura	97, 569	Bentley	616
Appendice nazionale	598	Bloccaggio delle grafiche	415
Applicazione del carico	564	Bloccare le linee guida	480, 481
Approccio del modulo di rigidezza	111	Blocco	606, 607
Appunti	429	Cadkon	618
Apri modello	588, 595	Calcolazione dei cedimenti	113
Archivio	590	Campo di commento	447
Arco	55, 58, 510, 555	Campo di immissione dati	17
Arco circolare	56	Campo di selezione	18
Area	453	Capacità portante del carico	187
Area d'applicazione del carico	564	Capannone	551
Area della sezione trasversale	127	Caratteri	420
Area della superficie	453	Carichi equivalenti	257
Area reale	249	Carichi generati	563
Asse di rotazione	493, 499	Carico concentrato	229, 234
Asse z	600, 615	Carico critico di instabilità	159

Carico da ghiaccio	571	Cestino	586, 590, 594
Carico da neve	572, 574	Cestino Dlubal	594
Carico da vento	575, 577, 578, 579, 581	Cifre decimali	446
Carico del nodo	223, 492	Classificazione	598
Carico del processore	286	Coefficiente (di sicurezza) parziale	180, 198, 204
Carico del solido	242	Coefficiente del carico	278
Carico del vento	565	Coefficiente della lunghezza libera d'inflexione	159
Carico della linea	233	Coefficiente della rigidezza	163, 368
Carico della superficie	237	Coefficiente di attrito	105
Carico dell'area	568	Coefficiente di dilatazione termica	64
Carico dell'asta	225	Coefficiente di libera inflessione	315
Carico di rivestimento	571	Coefficiente di Poisson	64
Carico di una struttura multi-strato	240	Coefficiente di ridimensionamento	33, 367, 498
Carico distribuito uniformemente	229	Coefficiente di riduzione	289
Carico globale	230, 235, 240, 276	Coefficiente di riduzione della rigidezza	121, 124
Carico libero circolare	250	Coefficiente di scala	488
Carico libero concentrato	244	Coefficiente parziale di sicurezza del materiale	64, 279
Carico libero della linea	246	Coefficienti	598
Carico libero poligonale	252	Coefficienti dell'asta	261, 313
Carico libero rettangolare	248	Coefficienti di correzione del carico	566, 573, 578, 581
Carico linearmente variabile di superficie	239	Collega asta	505
Carico locale	230, 235, 240, 276	Collega linee	492
Carico permanente	213	Collegare aste	502
Carico superficiale	564	Collegare cartella	584
Carico trapezoidale	229, 234	Collegare linee	502
Carico uniformemente distribuito	234	Colonna	101, 546
Carico variabile	213, 229, 234	Colore del materiale	454
CARTESIANO	29, 464	Combinazione additiva	213
Casella di controllo	18	Combinazione alternativa	213
Casella di titolo	432	Combinazione di azioni	196, 197, 198
Casi di carico relativi	311	Combinazione di carico	201, 202, 203, 206, 208, 599
Caso di carico	180, 492	Combinazione di risultati	195, 210, 212, 215, 216, 283, 311, 364, 599
Cassettonatura	123	Combinazione quadratica	283
Categoria	607	Combinazioni	599
Categoria d'azione	182, 186	Commento	447, 476, 603
Catena poligonale	555	Componente	85, 173
Catenaria	555	Componente attiva	173
Cedimento del pilastro	254	Componente della superficie	85
Cedimento vincolare anelastico	254	Compressione	149, 150
Cella	553, 557, 559, 568	Configurazioni	38
Cella tridimensionale	553	Contatto	91
Centro	467	Contenuto tubo	228
Centro di taglio	231		
Cerchio	56, 79, 98, 510, 555, 556		
Cerniera plastica	168		



Controfreccia	228, 238, 260	Diagramma tensioni-deformazioni	66, 67, 73
Controvento.....	557	Diagrammi dei risultati.....	304, 376, 380, 386, 431
Convergenza.....	288, 289, 293	Dialogo di immissione	219
Conversione di carichi dei nodi in carichi di superfici	224	Dicad	617
Conversione di carichi della linea a carichi di superfici	236	Differenze	367
Coordinate del nodo	49	Differenze nella rigidezza	128
Copertura a due falde	574, 581	Dimensione del grafico	430
Copertura a più falde	579	Dimensione della mesh.....	270
Copertura a puntoni.....	548	Dimensioni totali	129
Copertura a una falda	572, 578, 581	Direzione degli assi principali	328
Copertura di arcarecci.....	549	Direzione del carico.....	230, 235, 240, 247
Copertura piana	572, 577	Direzione di proiezione della sezione	379
Copia del caso di carico	184	Discretizzazione	175, 383, 385, 387
Copia modello	588	Discretizzazione dei risultati.....	383
Copiare.....	490, 515	Distanza	450, 469
Corona circolare	79	Distanza snap	465
Correzione della distribuzione del carico	560	Distribuzione del carico.....	229, 234, 239, 243, 249, 368
Costante della molla	154	Distribuzione delle forze interne.....	384, 385
Costanti del suolo	115, 164	Dividere la linea	500
Costruzione di sezioni trasversali	131	Dividere l'asta	500
Crea progetto	584	Dividi	517
Creazione modello	596	Dividi asta.....	539
Criterio.....	213	Dividi superficie	510
Criterio di attività	260	Divisione della mesh agli EF	285
Cupola	559	Divisione dell'asta.....	285, 366
Data	412	Divisioni di asta	146
Dati generali.....	596	Duplicità	492
Definizione dell'asse.....	599	Eccentricità.....	87
Deformazione assiale	228, 238, 243	Eccentricità della nervatura.....	161
Deformazioni.....	347, 349, 351, 352, 353, 354, 355, 360	Eccentricità dell'asta	144
Deformazioni di base	348	Editore di formule.....	524, 525, 529, 531, 532, 614
Deformazioni principali.....	350	Effetti non lineari	288
della statistica della mesh agli EF	273	Elementi finiti	268, 270
Descrizione comando	20	Elemento quadrangolare	272
Descrizione del materiale.....	63	Elemento triangolare	272
Descrizione del modello.....	412, 597	Elenco.....	18
Descrizione del progetto.....	412, 587	Elenco di aste.....	226, 258
Descrizione della sezione trasversale.....	126	Elenco di linee	234
Descrizione di comando.....	44	Elenco di parametri	526, 529, 531
diagonali del rettangolo EF	271	Elenco di pulsanti	17
Diagramma di convergenza	288, 292, 295	Elimina carichi	267
Diagramma di temperatura.....	73	Eliminare modello	589
Diagramma per il rilascio	142	Eliminare un progetto	585
Diagramma per il vincolo esterno del nodo	105	Ellisse.....	58, 98, 458
		Equilibrio dei risultati	294

Errore di calcolo	363	Forza interne di progetto.....	329, 331
Esercizio	188, 189	Forze Critiche.....	286
Esporta	525, 610, 611	Forze dei vincoli esterni della linea.....	301
Espressione di combinazioni.....	187	Forze del vincoli esterni dei nodi	296
Estendi asta	504	Forze del vincolo esterno come carico	244, 246, 299, 304
Estendi linea.....	504	Forze di contatto	313
Estrazione dall'archivio	591	Forze di trazione	278
Estrudi	534, 535	Forze iniziali	281
Excel.....	523, 525, 529, 530, 601, 613	Forze interne - rendering	366, 398
Fattori	198, 204	Forze interne con più colori	366, 398
Fila.....	515	Forze interne della superficie.....	323
File ASCII	136, 417	Forze interne delle nervature.....	377
File ASF.....	617	Forze interne delle superfici.....	326, 367
File di stampa.....	423	Forze interne di base	322, 325
File di Swap	287	Forze interne principali	326
File di testo	417	Fune.....	149, 150
File DXF	485, 487, 615	Fune su pulegge	151
file PDF	424	Funzione di selezione	515
File RTF	417, 423	Funzioni del mouse.....	37
File XML.....	618	Genera.....	517
Filtro34, 299, 305, 307, 309, 367, 373, 390, 398, 399, 521		Generatore di carico.....	560
Finestra	394	Generatore di strutture	541
Finestra di selezione.....	457	Generatori	533, 560
Fittizia	149	Gestore blocchi	605
Flusso di taglio.....	325	Gestore configurazioni	38
Foglio della copertina	420	Gestore delle relazioni di calcolo	402
Fondazione della striscia	164	Gestore progetti	14, 582
Fondazione elastica dell'asta.....	163	Glaser	617
Fondere aste	504	Grado di libertà	286
Fondere linee.....	504	Griglia	29, 464, 545
Formato ACIS.....	619	Griglia dei risultati	319, 373
Formato IFC.....	616	Griglia di output.....	319
Formato IGES	619	Gruppo.....	26, 213, 369, 392
Formato RFX	618	Gruppo di aste.....	170
Formato SDNF	616	Gruppo di valori.....	369
Formato STEP	619	Gruppo visibilità.....	395
Formula	527, 530, 532	Guscio	80, 269, 597
Forza	224, 228, 234, 238	I colori nel rendering.....	393, 455
Forza assiale.....	310, 325, 327	Illuminazione	456
Forza assiale di progetto	330	Immagini di informazione	404
Forza della membratura	338	Immissione grafica	219
Forza di contatto dell'asta.....	312	Immissione parametrizzata	526
Forza di precompressione	228	Impalcato cavo di calcestruzzo.....	123
Forza di taglio	310, 325	Impalcato con nervature.....	123
Forza interne dell'asta.....	309, 366	Imperfezione	190, 257



Imperfezione da RF-IMP	281	Larghezza efficace	162
Importa	524, 610, 611	Lato del vincolo interno della linea	117
Importazione della tabella di sezioni trasversali	136	Lato della superficie	88
Importazione di una cartella di progetto	587	Lato negativo della superficie.....	331, 335, 337, 348, 350
Impostazioni della lingua	425, 441	Lato positivo della superficie	331, 335, 337, 341, 348
Impostazioni della tabella.....	518, 520	Layer	485, 615
Inclinazione	260	Layer di sottofondo.....	470, 485, 487, 498, 611
Incolla	515	Layout	420
Incrementi di carico.....	279, 284	Libreria dei materiali	75
Indirizzo società	413	Libreria dei materiali completa.....	77
Inefficacia del vincolo esterno elastico	165	Libreria delle sezioni trasversali.....	129
Infittimento circolare	176	Limitazioni del programma.....	9
Infittimento della mesh agli EF	175, 273, 541	Line di influenza.....	228
Infittimento rettangolare	176	Linea	51, 554
Infittimento sul solido.....	178	Linea di intersezione	172
Infittimento sulla linea.....	176, 177, 272	Linea di quotatura	473
Infittimento sulla superficie.....	177	Linea di sezione.....	458
Informazioni dell'oggetto	375	Linea guida	469, 477, 480
Input nel grafico.....	40	Linea parallela	468, 533
Input nella finestra di dialogo	40	Linea sulla superficie.....	61
Inserire nodi	506	Linea virtuale	557, 568
Inserire un'asta	506	Linee collegate	265
Inserisci testo.....	416	Linee del contorno	80, 86, 97
Instabilità	149, 284, 288, 289, 313	Lingua del programma.....	441
Installazione	12	Logo.....	413
Installazione in parallelo.....	14	Logo società.....	413
Interfacce.....	610	Luce	456
Interfaccia COM.....	610	Lunghezza arco.....	473
Interfaccia utente grafica	15	Lunghezza dell'asta.....	158
Intergraph	616	Lunghezza di riferimento.....	231, 235
Intersezione	171, 468, 502	Lunghezza EF.....	179
Intestazione Azienda.....	410	Lunghezza libera d'inflessione	159
Intestazione della relazione di calcolo	413, 429	Lunghezza reale della linea	235, 247
Intestazione di stampa	410	Lunghezza reale dell'asta.....	231
Inviluppo.....	214, 365	Manipolazione eccezionale	289
Iperbole.....	58, 555	Margini dei grafici.....	488
Isobande	367	Materiale.....	63, 91, 122
Isolinee.....	367	Materiale di riferimento	127
Isotropia	86	Materiale ibrido	126
Isotropo.....	65, 85	Matrice di rigidità	122
Iterazioni	284	Matrice di rigidità trasformata.....	123
Kirchoff.....	287	Meccanismo cinematico	278
Lamellare	86	Membratura	86, 269
Lamiera trapezoidale	123	Menu contestuale.....	16, 516
Larghezza della mesh	175		

Menu contestuali	403, 442	Navigatore Risultati	26
Menu di scelta rapida	37	Navigatore Viste	26
Mesh agli EF mappata	272	Navigatore Visualizza	25, 365, 398, 474
Mesh EF	268	Nemetschek	617
Metodo di analisi	195, 275	Nervatura	148, 160
Metodo diretto	286	Newton-Raphson	276, 277
Metodo iterativo	286	Nodi	459
MicroStation	616	Nodi identici	263
Mindlin	287	Nodo	45
Miniatura	583, 593, 606	Nodo d'aiuto	157
MISES	68, 343, 353, 359, 361	Nodo di divisione	502
Modalità Grab	404	Nodo di Riferimento	47
Modello	618	Nodo intermedio	501
Modello del materiale	65	Nome del modello	414
Modello della fondazione	111	Nome del progetto	414
Modello della relazione di calcolo	402, 418	Non linearità del materiale	65, 71, 368
Modello di intestazione	411	Non linearità di solidi di contatto	94
Modello di suolo della fondazione	111	Non linearità di vincoli esterni	103, 110
Modello equivalente	281	Non linearità di vincoli esterni di superficie	115
Modifica rigidità	279	Non linearità per i rilasci	140
Moduli aggiuntivi	291, 292	Non-linearità dell'asta	166
Modulo di elasticità	63, 122	Normativa	598
Modulo di rigidità E_s	164	Numerazione	412, 511, 512
Modulo di taglio	64	Numerazione pagine	412
Molla	109, 114, 138, 154, 164	Numero del nodo	45
Molla della fondazione	114	Numero della linea	51
Molle di taglio della fondazione	164	Nuova pagina	403
Moltiplica	517	NURBS	60
Momenti di contatto	313	Offset	145, 397, 463, 474, 476
Momento	224, 228, 234	Oggetti associati	459
Momento di equilibrio	560	Oggetti integrati	87, 98, 267
Momento di inerzia	127	Oggetti nascosti	396
Momento di progetto	330	Oggetto visivo	484
Momento flettente	310, 325, 327, 338	OpenOffice	523, 525, 614
Momento torsionale	310, 325, 327	Operazione booleana	92
Momento torsionale di inerzia	126, 127	Opzioni	602
Momento totale relativo all'origine	567	Opzioni del programma	287
Momento ulteriore	276	Organizzazione dei dati relativi ai casi di carico	222
Moto rotatorio	228, 238, 243	Orientamento degli assi principali	336, 349
Movimento	571	Orientamento della linea	52, 500, 502, 505
Muratura	73	Orientamento dell'asta	502, 505
Navigatore	23	Origine	461, 463, 472
Navigatore Dati	25	Ortotropa	86
Navigatore progetti	23	Ortotropia	91, 123
Navigatore risultati	364, 369	Ortotropo	69, 70, 71, 85, 120



OSNAP	29, 466	Prefisso.....	413
Pannello	30	Preselezione.....	457
Pannello di controllo.....	30, 398, 434	Pressione del gas	361
Parabola.....	58, 555	Pressione idrostatica	243
Parallelogramma.....	79	Pressione interna del tubo.....	228
Parametri del pilastro.....	102	Pressioni di contatto del suolo	339
Parametri di calcolo.....	274, 284	Problema della memoria.....	287
Parametri di carico dell'asta.....	231	Processo di spostamento generalizzato.....	400
Parametri di infittimento.....	179	Profilo rastremato	158
Parametro della mesh agli EF	270	Profilo utente.....	446
Parametro di carico della linea.....	235	Progetti di Rete	604
Parametro di carico della superficie	240	Progetto corrente	583
Paraneve.....	573	Proietta	495
Parete	269, 575, 581, 597	Proiezione	231, 235, 240, 247, 249, 389
Perpendicolare	467	Proprietà delle sezioni trasversali ideali.....	127
Peso	158	Proprietà di visualizzazione.....	442, 443
Peso proprio.....	182	Pulsante	17
Peso specifico	64	Pulsanti predefiniti	35
Piano.....	564	Punti della mesh EF	371
Piano con 3 punti.....	462	Punti di divisione	146
Piano di lavoro.....	397, 461	Punti di partizione	468
Piano di mirroring.....	494	Punto della griglia	319, 323, 371, 464, 465
Piano di proiezione.....	245, 247, 249, 253	Punto di inserimento	608
Piano di proiezione del carico.....	253	Punto di vista.....	452
Piano di sezione	396	Punto zero.....	472
Piano obiettivo	496	Qualità di stampa	433
Piastra.....	597	Quotatura	473, 475
Picard.....	277, 286	Quotatura in sequenza	474
Pilastro	377	Rankine	345, 355, 359, 361
Plasticità.....	67	Rastremazione.....	118, 125, 155, 285, 544
Plastico.....	65, 67	Reazioni vincolari.....	296, 297, 301, 303
Plotter	432	Reazioni vincolari - Momenti	303
Poligono	79	Regione media	387
Polilinea	53	Regola del segno	157, 307, 311, 325
Posizione del carico.....	245, 247, 249, 253	Regola di combinazione	189
Posizione della linea.....	53	Relazione di calcolo.....	401, 406, 425
Posizione della luce	456	Rendering.....	307, 366, 454
Posizione della nervatura.....	161	Requisiti di sistema.....	12
Posizione dell'asta	155, 158, 310, 313	Rete.....	14
Posizione generale dell'asta	156, 159	Rete di linee	470, 482
Posizione verticale.....	156, 267	RF-COMBI	599
Precompressione finale	228	RF-CONCRETE	281, 330
Precompressione iniziale	228	RF-CONCRETE Superfici.....	281
Preferiti nella libreria di materiali	76	RFEM 4	14
Preferiti nella libreria di sezioni trasversali	131	RF-IMP	281

RF-LAMINATE.....	86	Scollegare una cartella	585
RF-MAT NL.....	65, 368	Scorrimento	154, 167
RF-SOILIN.....	113	Segni delle forze delle reazioni vincolari.....	340
Riattivazione	289	Segni delle forze interne	157
Riattivazione aste.....	289	Segni delle reazioni vincolari	297, 303
Ricerca	451, 515	Segno	283
Ridimensionamento.....	367	selezionare	273
Riduzione di combinazioni	193	Selezionare la modalità	404
Rigenera struttura.....	266	Selezione	457, 515, 516, 517, 528
Rigidezza.....	85, 149, 279	Selezione aggiuntiva	457
Rigidezza a taglio	124, 286	Selezione alternativa.....	457
Rigidezza della membrana	124	Selezione nella relazione di calcolo	405, 409, 410
Rigidezza flessionale	124	Selezione sincronizzata	23
Rigidezza torsionale	124	Selezione speciale	449, 460
Rilasci a forbici.....	139	Senza trazione	85
Rilascio del momento per l'asta.....	138	Set di aste	19, 169, 226, 258, 316
Rilassamento dinamico	277, 288	Sezione.....	17, 378, 379, 382
Rinominare modello	589	Sezione Trasversale	125
Rinumera	511	Sezione trasversale definita dall'utente.....	135
Rinumera il caso di carico.....	513	Sezione trasversale di legno.....	134
Risultante.....	299	Sezione trasversale di SHAPE-MASSIVE	136
Risultati	294, 364	Sezione trasversale di SHAPE-THIN.....	136
Ritiro	228, 238	Sezione trasversale laminata.....	130
Romboide	458	Sezione trasversale massiccia	133
Rotazione del vincolo esterno	101, 108, 297, 299	Sezione trasversale parametrica.....	132
Rotazione della linea.....	54	Sfera.....	556
Rotazione della sezione trasversale	128	Sincronizzazione della selezione	520
Rotazione dell'asta.....	155, 156	Singularità.....	101, 270, 509
Rotazione imposta.....	255	Sistema di assi	88, 96
Rotazioni.....	128, 228, 301, 307, 308, 320, 321, 356, 572	Sistema di coordinate.....	47, 88, 96, 470, 472, 492
Rotellina del mouse.....	37	Sistema di coordinate cartesiane	47, 464
Rottura del vincolo esterno	104, 110	Sistema di coordinate cilindrico	48
Rottura della fondazione.....	115, 165	Sistema di coordinate polari	48, 464
Ruota	493, 499	Sistema di equazioni	286
RX-LINK	619	Sistema di riferimento	138
Salvare la sezione trasversale.....	133	Situazione di progetto.....	189
Scala.....	497, 553	Snap.....	28, 464
Scala di colori.....	30	Snap ad oggetto	465, 477, 484, 487
Scala elicoidale	554	Snellezza.....	315
Scale di grigio	433	Snellezza dell'asta.....	315
Scatola.....	536	Snervamento	71, 168
Scheda.....	16	Solido	90, 536, 537, 539
Schema di combinazione.....	218	Solido composto.....	92
Scia.....	618	Solido di contatto	90, 94
Scollegare i carichi	563	Solido gassoso.....	91, 93



Solido nullo	91	Superficie.....	79
Solutore di equazioni	287	Superficie B-Spline	83
Somma di controllo	295, 299, 303	Superficie della traiettoria	84
Sostituisci.....	515	Superficie di contatto	93, 94
Sotto-progetto	584, 585	Superficie nulla	86, 90
Sovrapposizione di aste	264	Superficie NURBS.....	83
Sovrapposizione di linee	265	Superficie originale	85, 173
Sovrapposizione di superfici	265	Superficie ortotropa.....	120
Spaziatura di divisione.....	500	Superficie piana	79
Specchia.....	492, 494	Superficie quadrangolare	80
Spessore.....	86	Superficie reale.....	240
Spessore della superficie graficamente	87, 119	Superficie rigida.....	86
Spessore variabile.....	86, 118	Superposizione	213
Spettro di colori.....	398, 434	Tabella di immissione	515
Spettro di valori.....	31	Tabelle.....	26, 44, 219, 222, 291, 518
Spiegazione aggiuntiva.....	404	Taglia.....	515
Spline.....	60	Tangente	55, 467, 510
Spostamenti.....	228, 301, 307, 308, 320, 321, 356	Tasti di funzione.....	36
Spostamenti generalizzati	399	Telaio.....	543, 544, 550
Spostamenti generalizzati dei nodi	300	Temperatura	129, 228, 238, 243
Spostamenti generalizzati delle aste.....	306, 308	Temperatura di riferimento.....	73
Spostamenti generalizzati delle superfici..	318, 321, 367	Tensione della membratura	339
Spostamenti generalizzati nei solidi.....	356	Tensione di snervamento	67
Spostamento assiale	228	Tensione equivalente della membratura	343
Spostamento generalizzato - rendering	366	Tensioni	335, 337, 338, 367
Spostamento generalizzato iniziale.....	280	Tensioni dei solidi.....	357, 367
Spostamento imposto	254, 256	Tensioni di base	333, 334, 358
Spostamento imposto della linea	255	Tensioni di contatto	285, 339, 340
Spostare.....	490	Tensioni equivalenti....	342, 343, 344, 345, 346, 358, 359
Stampa.....	423	Tensioni normali	358
Stampa a colori.....	433	Tensioni principali	336, 337, 358
Stampa di grafici	428	Tensioni tangenziali	335, 337, 358
Stampa grafiche	414, 428	Tensioni torsionali	335
Stampa in serie.....	430, 435	Tensore della tensione	358
Stampa su plotter	438	Teoria della flessione	287
Stampante predefinita.....	401, 423	Teoria della piastra	287
Statistiche	263	Testa voltata	558
Stato limite ultimo	189	Texture	454
Storia	590, 603	Tipi di linee.....	52
Strakon	617	Tipo di asta.....	148
Strappamento	167, 168	Tipo di carico	228, 234, 238, 243
Struttura deformata	278	Tipo di distribuzione del carico	565
Superficie di rivoluzione.....	81	Tipo di griglia.....	464
Superfici di contorno	91	Tipo di grondaia.....	577
Superfici incurvate.....	265	Tipo di guida linea.....	479

Tipo di modello	597	Valori limite per la molla	154
Tipo di nodo	46	Valutazione dei risultati	363
Tipo di solido	91	VCmaster	424
Tipo di vincolo esterno	100, 103, 107, 110, 115	Velocità angolare	228, 238, 243, 572
Tipo di visualizzazione	568	Verifica della struttura	263
Tipo superficie	79	Verifica di plausibilità	262
Titolo	404	Vetro	85
Tolleranza	288	Vettore spostamento	490
Torsione	231	Video	400
Traiettorie	61, 328, 359	Vincoli esterni	98
Transizione dolce dei colori	32	Vincoli esterni dei nodi	98, 112
Trascinamento della selezione	37, 403	Vincolo esterno	106
Trasparenza	396	Vincolo esterno del nodo ruotato	299
Travatura	148, 545	Vincolo esterno della linea	106, 112
Travatura (solo N)	148, 150	Vincolo esterno della parete	108
Travatura 3D	552	Vincolo esterno della superficie	111, 339
Trave	148, 149	Vincolo interno all'estremità dell'asta	137
Trave a T	160	Vincolo interno della linea	116
Trave a ventre di pesce	549	Vincolo interno per la linea	118
Trave continua	542	Visibilità	390, 392, 394, 395
Trave della fondazione	164	Visibilità definite dall'utente	392
Trave di legno lamellare incollato	120	Visibilità generate	393
Trave grigliata	546	Vista	37, 390, 391, 393, 452
Trave risultante	149, 151	Vista definita dall'utente	391
Trazione	148	Vista multipla di finestre	389, 429
Tresca	344, 354, 359, 361	Vista parziale	26
Trova	451, 457	Visualizza	391, 444
Tsai-Wu	71	Visualizza diagramma dei risultati	382
Tubolari	82	Visualizzazione dei risultati	365
Unisci nodi	267	Visualizzazione del valore trasparente	371
Unità	446	Visualizzazione della sezione	379
Valore del nodo EF	319	Visualizzazione dell'arco	224, 298, 303
Valore della griglia	373	Visualizzazione di valori	369
Valori dei risultati	364, 370, 373, 377	Volta a botte	558
Valori dei risultati EF	371	von Mises	67
Valori estremi	285, 306, 309, 316, 365, 371, 374, 522	Word	601
Valori limite	32, 374		