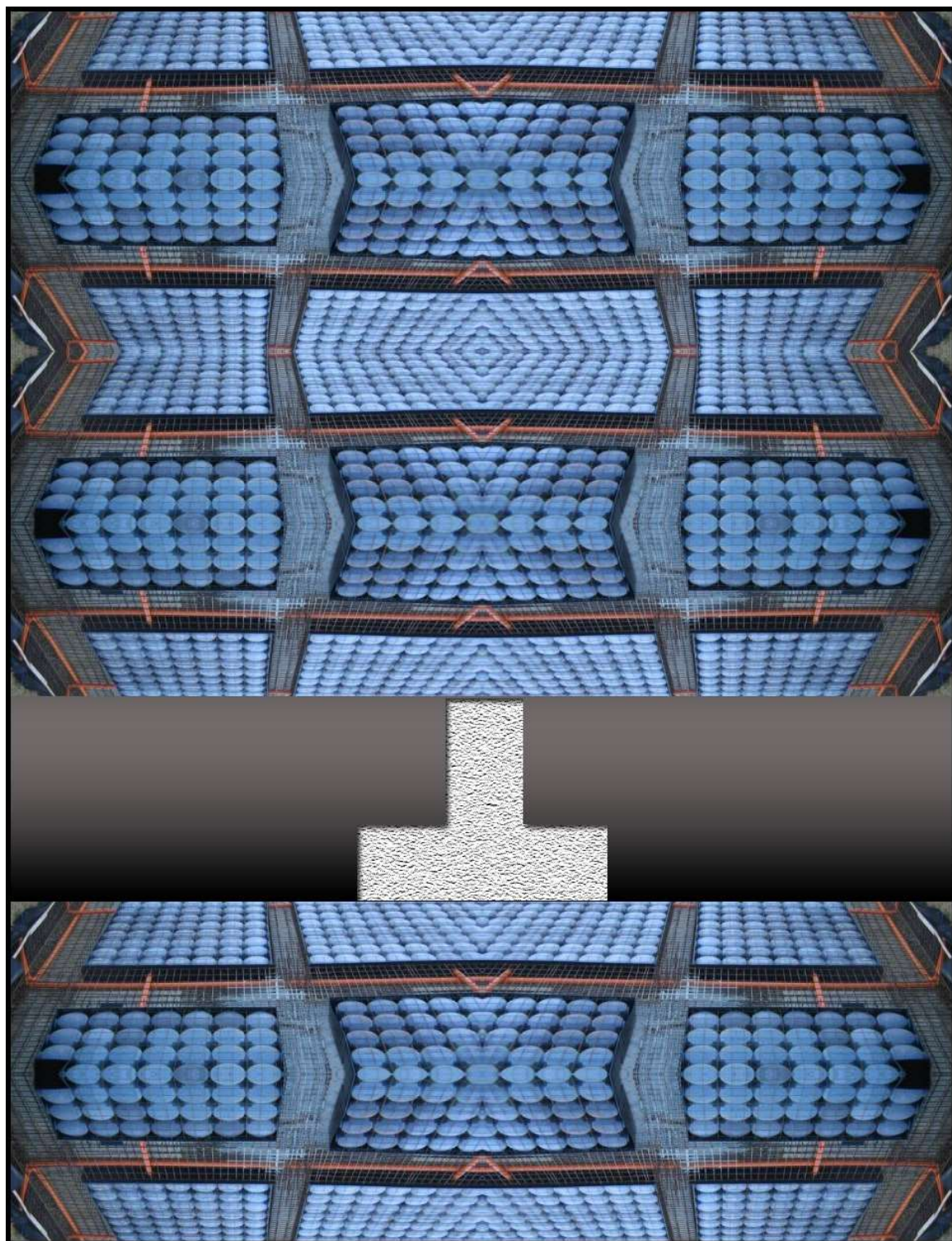




GRAT
programma di calcolo strutture a grigliato

MANUALE D'USO

INDICE

1	INTRODUZIONE	6
2	CENNI DI TEORIA	10
2.1	IL METODO DELLE DEFORMAZIONI IN FORMA MATRICIALE.....	10
2.2	LA MATRICE DI RIGIDEZZA LOCALE.....	10
2.3	LA MATRICE DI RIGIDEZZA GLOBALE.....	11
2.4	LA SOLUZIONE DEL SISTEMA DI EQUAZIONI	12
3	GRAT - IL MODULO DI INPUT	16
3.1	MENÙ <i>FILE</i>	19
3.1.1	<i>Nuovo grigliato</i>	19
3.1.2	<i>Carica grigliato</i>	20
3.1.3	<i>Salva grigliato</i>	20
3.1.4	<i>Salva grigliato come...</i>	20
3.1.5	<i>Importa DXF</i>	21
3.1.6	<i>Stampa grafico</i>	21
3.1.7	<i>Preferenze</i>	21
3.1.8	<i>Uscire</i>	22
3.2	MENÙ <i>"EDIT GRAFICO"</i>	23
3.2.1	<i>Inserisci aste</i>	23
3.2.2	<i>Inserisci quotature</i>	23
3.2.3	<i>Seleziona aste</i>	23
3.2.4	<i>Seleziona elementi strutturali</i>	28
3.2.5	<i>Seleziona nodi</i>	28
3.2.6	<i>Seleziona quotature</i>	30
3.2.7	<i>Seleziona etichette</i>	30
3.2.8	<i>Seleziona trave prefabbricata</i>	31
3.2.9	<i>Seleziona carico distribuito X,Y</i>	31
3.2.10	<i>Copia immagine</i>	32
3.3	MENÙ <i>"DATI GRIGLIATO"</i>	32
3.3.1	<i>Dati generali</i>	32
3.3.2	<i>Nodi e vincoli</i>	34
3.3.3	<i>Definizione aste</i>	35
3.3.4	<i>Caratteristiche aste</i>	36
3.3.5	<i>Carichi</i>	39
3.3.5.1	Nodali.....	40
3.3.5.2	Carichi distribuiti	40
3.3.5.3	Carichi parziali	41
3.3.5.4	Carichi concentrati	42
3.3.5.5	Coppie.....	43
3.3.5.6	Carichi termici	43
3.3.5.7	Distribuiti sul piano X,Y	44
3.3.6	<i>Cedimenti imposti</i>	46
3.3.7	<i>Le quotature</i>	46
3.4	MENÙ <i>"CALCOLO"</i>	48
3.4.1	<i>Coefficienti S.L.</i>	48
3.4.2	<i>Combinazioni</i>	50
3.4.3	<i>Calcolo</i>	50
3.5	MENÙ <i>"VISTA"</i>	51
3.5.1	<i>Vista</i>	51
3.5.2	<i>Visualizza</i>	51
3.6	MENÙ <i>"UTILITÀ"</i>	52
3.6.1	<i>Cambia sistema di riferimento</i>	52
3.6.2	<i>Generazione grigliato</i>	53
3.7	MENÙ <i>"AIUTO"</i>	55

3.7.1	Guida	55
3.7.2	Indice	55
3.7.3	www.sigmac.it.....	55
3.7.4	Info.....	55
4	GRAT - IL MODULO DI OUTPUT.....	57
4.1	MENÙ "GRAFICO"	59
4.1.1	Momento flettente	59
4.1.2	Taglio	59
4.1.3	Momento torcente.....	60
4.1.4	Deformata	60
4.1.5	Pressioni sul terreno	61
4.1.6	Interrogazione diagramma.....	61
4.1.7	Seleziona etichette.....	61
4.1.8	Seleziona elementi per verifica c.a.p.	62
4.2	MENÙ "STAMPA"	63
4.2.1	Relazione di calcolo	63
4.2.2	Grafico	65
4.3	MENÙ "COPIA"	65
4.3.1	Grafico	65
4.4	MENÙ "VISTA"	65
4.4.1	Vista	65
4.4.2	Visualizza	65
4.5	MENÙ "VERIFICHE"	66
4.5.1	C.A. tensioni ammissibili	67
4.5.2	C.A. stati limite	68
4.5.3	Acciaio CNR 10011.....	69
4.5.4	C.A.P. NTC2018.....	70
4.5.5	Seleziona elementi per verifica C.A.P.....	70
4.5.6	Annulla Selezione per verifica C.A.P.....	70

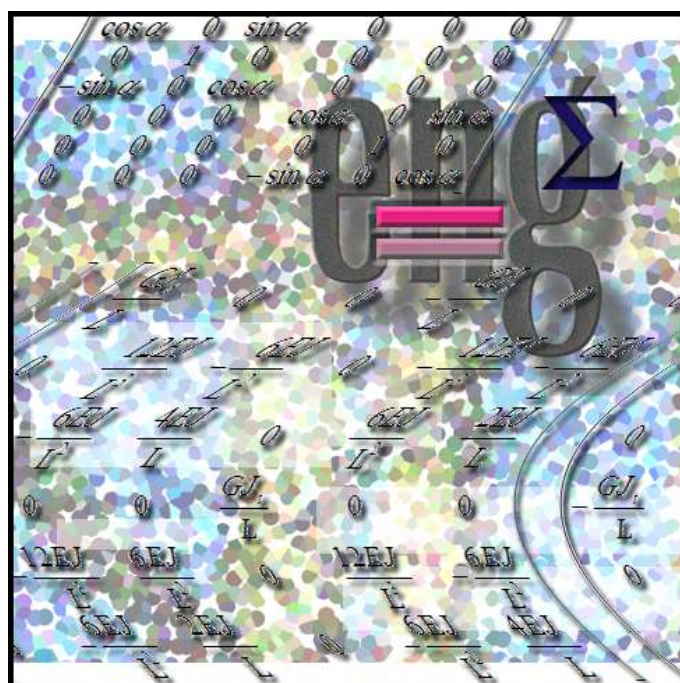
autori :

Lucio PEDROCCO, Cesare NESI, Renzo DITTADI, Igino Michele DI BENEDETTO, Luca PICCOLO (SIGMAc SOFT)

manuale dell'utente - rev. 9.4 agosto 2019

SIGMAc SOFT declina ogni responsabilit  derivante da una non corretta installazione o da un uso improprio del programma ai fini del raggiungimento dei risultati.

CAPITOLO 1



1 INTRODUZIONE

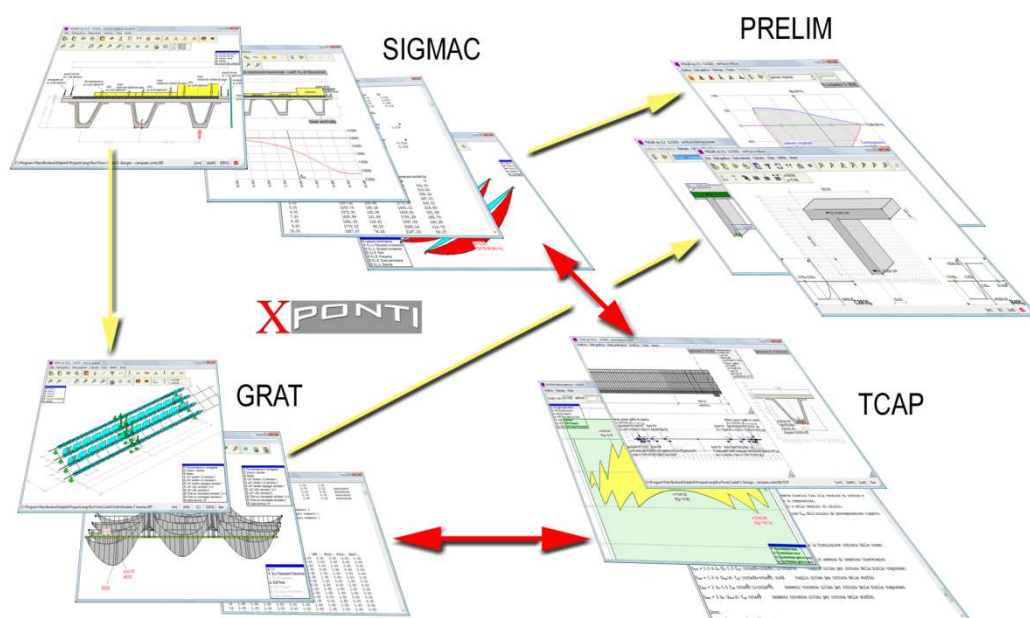
Il programma **XPONTI**, applicazione integrata nella suite **ENG9** per il calcolo strutturale, è dedicato specificatamente alla risoluzione di impalcati da ponte a travi e soletta collaborante.

Esso nasce da una lunga esperienza nel campo della progettazione e realizzazione di travi prefabbricate in c.a.p. e rappresenta uno strumento agile ed intuitivo capace di fornire una risposta completa ad un'ampia casistica di problematiche nell'impiego di tali manufatti.

Il programma è costituito da più moduli tra loro interfacciati riuscendo in tal modo a coniugare la facilità e velocità d'uso nei casi di strutture semplici alla completezza di tipologie risolvibili.

I moduli che compongono il pacchetto sono:

- **SIGMAC** soluzione di impalcati secondo il metodo di Massonnet
- **GRAT** soluzione di impalcati come grigliato, a geometria libera
- **TCAP** verifiche travi in c.a.p. realizzate in 2 fasi
- **PRELIM** verifiche di sezioni in c.a. e c.a.p.



Come illustrato dalla precedente figura **TCAP** costituisce il postprocessore in grado di verificare elementi in c.a. e in c.a.p. per sollecitazioni calcolate dai moduli **SIGMAC** e **GRAT**: qualsiasi modifica apportata in quest'ultimi aggiorna le verifiche condotte.

La valutazione del comportamento di una singola sezione, invece, può essere eseguita con il modulo **PRELIM**: i preprocessor che eseguono l'analisi forniscono i dati relativi alla geometria e alle sollecitazioni con le quali eseguire la verifica.

Il modulo **SIGMAC** esegue il calcolo di impalcati realizzati con travi prefabbricate in c.a.p., c.a., acciaio o altro materiale, e getto in opera di soletta collaborante, con eventuali traversi di collegamento in campata. Lo schema statico dell'impalcato utilizzato prevede travi semplicemente appoggiate alle estremità: nel caso di viadotti a più campate i singoli impalcati, quindi, risultano separati da un giunto. Il comportamento statico dell'impalcato, nei confronti delle azioni nei singoli elementi strutturali, risulta determinato dal rapporto fra le singole rigidità elastiche.

Il programma posiziona automaticamente sulla carreggiata i carichi previsti dalla normativa adottata in modo da rendere massime in ogni sezione le sollecitazioni sulla trave che il progettista intende verificare. È previsto l'utilizzo della normativa italiana **NTC2018** e dell'**Eurocodice**.

Il calcolo viene condotto con il **metodo di Massonnet** che permette di definire la ripartizione dei carichi sulle travi, specificatamente nei casi di impalcato con geometria regolare: vengono in questo modo determinate tutte le sollecitazioni flettenti, taglianti e torcenti sulle travi e le sollecitazioni flettenti sui traversi e sulla soletta, nonché le reazioni agli appoggi. L'implementazione di ulteriori semplici modelli consente di valutare gli effetti locali sulla soletta.

Il programma prevede accanto alla definizione dei carichi mobili anche quella di altri carichi, concentrati o distribuiti, agenti sull'impalcato (ad esempio pavimentazione, guard-rail, new jersey, cordoli, ecc.).

Viene fornito un ampio database, comunque espandibile, di carichi reali (autocarri a 3,4,5 assi) che possono essere posizionati in qualunque punto della struttura per simularne gli effetti in termini di sollecitazioni e deformazioni nelle fasi di collaudo.

Effettuata l'analisi della struttura il modulo **SIGMAC** fornisce i risultati in forma numerica e mediante l'utilizzo di grafici chiari ed intuitivi: viene lasciata all'utente ampia possibilità di come generare e cosa selezionare dei dati di input e dei risultati per le stampe di servizio, che possono prevedere un report sintetico o una relazione di calcolo completa, modificabile e dall'aspetto altamente professionale.

I grafici possono essere stampati su qualsiasi dispositivo gestito da Windows® mediante funzione di anteprima oppure esportati ed inseriti assai facilmente nelle relazioni di calcolo utilizzando un normale word processor.

Il programma prevede una voce di menù che consente di generare una struttura a griglia di travi e scaricarla in un file leggibile dal programma **GRAT**: in questo modo è possibile eseguire l'analisi dell'impalcato utilizzando come metodo di calcolo uno schema a graticcio.

Il modulo **GRAT** è un processore di calcolo per strutture a griglia di travi che permette di rappresentare tutte le geometrie che si trovano nella pratica quotidiana. Sebbene venga presentato in questo contesto come solutore di strutture per XPONTI, esso è in grado di risolvere anche graticci di fondazione, solai, ecc.

Il suo utilizzo è consigliato nel caso di forti inclinazioni in pianta dell'asse delle travi con l'asse delle pile, oppure nel caso di campate con travi di luce diversa; diviene, inoltre, fondamentale per l'analisi di impalcato a trave continua, assai utili per progetti nei quali è prevista l'eliminazione dei giunti.

Si possono inserire particolari condizioni di vincolo agli appoggi, utilizzando molle verticali e rotazionali. Il programma consente di definire elementi "trave prefabbricata" raggruppando insieme di aste e facilitando, di conseguenza, la comunicazione con il postprocessore **TCAP**.

TCAP è un postprocessore, interfacciato con i moduli **SIGMAC** e **GRAT**: esegue le verifiche di un elemento in c.a.p. realizzato in due fasi, prefabbricato e getto in opera, tenendo conto della storia delle sollecitazioni nelle varie fasi di costruzione. Il progetto prevede più travi prefabbricate precomprese a fili aderenti, anche inguainate in testata per ottimizzare lo stato di sollecitazione, e soggette a fasi transitorie di sollevamento e trasporto.

E' possibile inserire armature lente longitudinali in qualunque punto della sezione e descrivere le varie zone di staffatura per disporre un'adeguata armatura resistente a sollecitazioni di taglio e di torsione.

Se l'elaborazione è eseguita con **GRAT**, l'utente dovrà specificare in **TCAP** tutti i dati relativi alla prima fase: posizione appoggi, eventuali rompitratta, schema di sollevamento e di carico sull'automezzo. Al contrario se l'elaborazione viene fatta con **SIGMAC** tali dati saranno già presenti ed il calcolo avverrà automaticamente. I dati inputati in **TCAP**

vengono salvati in modo automatico con il salvataggio di quelli relativi al preprocessore: l'utente osserverà nella stessa posizione del problema elaborato con **SIGMAC** (file con estensione **.sig**) o con **GRAT** (file con estensione **.grt**) l'esistenza di un file con lo stesso nome assegnato ma con ulteriore estensione **.tcp**.

Il programma permette di inserire dei cavi di postensione in seconda fase, generando degli sforzi di precompressioni in opportune zone come ad esempio sulle pile nel caso di impalcati in continuità. Le sezioni oggetto di verifica vengono composte come nel modello reale accoppiando il prefabbricato, che può avere sezione variabile lungo la lunghezza ed è realizzato con calcestruzzi di resistenza elevata, al getto della soletta eseguito in opera, in genere non precompresso e di minore resistenza.

L'algoritmo memorizza lo stato tensionale nelle varie fasi di costruzione tenendo conto delle cadute di tensione nell'acciaio da precompressione per effetto del ritiro e della viscosità del calcestruzzo e del rilassamento dell'acciaio stesso.

Le verifiche delle sezioni vengono condotte secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite, come indicato dalle normative previste dal programma; esse comprendono:

- verifica SLU per flessione della sezione in tutte le fasi
- verifica SLU per taglio e torsione
- verifica SLE tensioni dei materiali (calcestruzzo, acciai da precompressione, acciai lenti)
- verifica delle deformazioni
- verifica a fessurazione *[non disponibile]*
- verifiche locali (bursting, spalling, spreading) *[non disponibile]*

I risultati, oltre ad essere riprodotti con i classici tabulati personalizzabili da parte dell'utente con i più moderni e potenti editor testi, sono direttamente interpretabili a video tramite i diagrammi dello stato deformativo e tensionale nel calcestruzzo e nell'acciaio. Tali grafici, inoltre, possono essere stampati su qualsiasi dispositivo gestito da Windows® mediante funzione di anteprima oppure esportati ed inseriti agevolmente nelle relazioni di calcolo utilizzando un normale word processor.

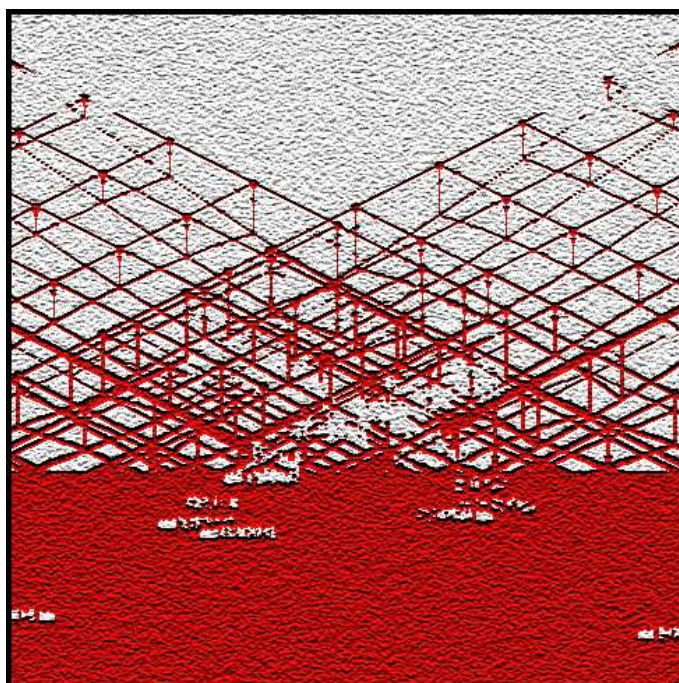
PRELIM È un modulo di analisi e verifica di sezioni in c.a. e c.a.p. di forma generica (rettangolare, circolare, a T, a doppio T, a doppio T smussata, ad L, ad U, trapezia, circolare cava, generica anche pluriconnessa definita per punti dall'Utente e da sagomario). La definizione di tali sezioni avviene tramite le coordinate dei vertici della poligonale del perimetro della sezione stessa, appartenenti al piano XY di una terna di riferimento di assi cartesiani ortogonali XYZ: sono previsti una serie di controlli atti ad evitare errori di inserimento dei dati ed a facilitarne al massimo l'uso. Le sezioni di più frequente utilizzo nella pratica sono parametrizzate numericamente; in ogni caso è consentita l'importazione di sezioni personalizzate direttamente da DXF.

Il programma affronta un'analisi nell'ipotesi di linearità dei materiali al fine di eseguire una verifica tensionale (verifica delle tensioni normali in presso-tenso flessione retta e deviata; verifica a fessurazione mediante il calcolo dell'apertura delle fessure), oppure un'analisi nell'ipotesi di non linearità con tracciamento dei domini di rottura, valutazione dei coefficienti di sicurezza rispetto alle sollecitazioni agenti e determinazione dei valori resistenti per le sollecitazioni taglianti e torcenti (è stata implementata la nuova metodologia che prevede l'uso dell'inclinazione variabile delle bielle compresse).

Ulteriore potenzialità a disposizione dell'utente è rappresentata dal calcolo dei momenti resistenti nell'ipotesi di flessione retta con definizione di armature di 2 tipi distinti, una delle quali può essere anche pretesa: ciò influisce nella determinazione dei valori delle sollecitazioni flettenti ultime.

Il modulo **PRELIM**, infine, risulta assai utile per il semplice calcolo di aree, inerzie, baricentri ecc.

CAPITOLO 2



2 CENNI DI TEORIA

Il modulo **GRAT** esegue il calcolo statico di strutture intelaiate soggette a carichi fissi e a cedimenti elastici o anelastici tali da agire normalmente al piano medio della griglia (si noti che il grigliato è contenuto in un piano orizzontale).

Il metodo di calcolo è quello degli spostamenti o delle rigidezze, nel quale le incognite del problema sono gli spostamenti di particolari punti detti nodi.

Gli spostamenti dei nodi sono posti in relazione tra loro tramite le rigidezze degli elementi che li collegano, cioè le aste. Queste ultime sono supposte di materiale omogeneo, isotropo e linearmente elastico; inoltre la loro sezione trasversale è costante lungo la lunghezza dell'asta.

2.1 Il metodo delle deformazioni in forma matriciale

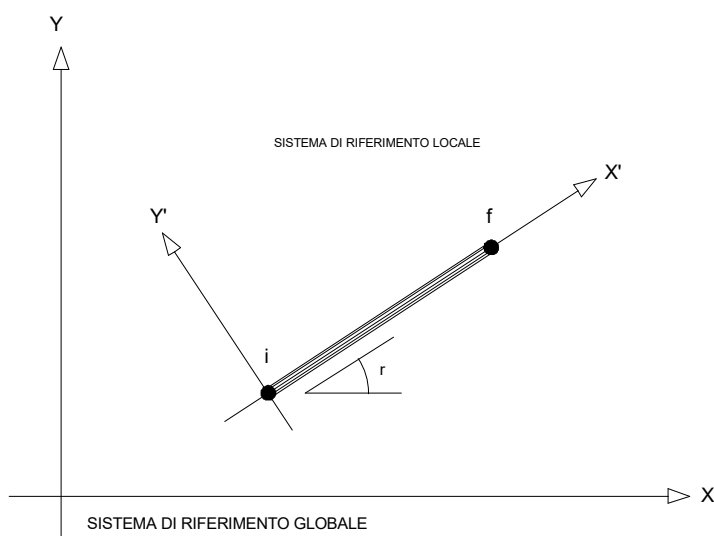
Per effettuare il calcolo degli spostamenti nodali è necessario innanzitutto trasformare le forze agenti lungo le aste in sistemi di forze equivalenti applicate ai nodi; per ogni tipo di carico (distribuito costante lungo l'asta, distribuito solo su una parte dell'asta, concentrato, coppia, ecc.) ed in base alla loro intensità vengono determinate le forze ai nodi appropriate. Eseguita questa operazione preliminare il sistema risulta rappresentato da nodi collegati tra loro da aste che li vincolano reciprocamente in maniera elastica: tutte le forze esterne sono concentrate ai nodi. Le condizioni di equilibrio per tutti i gradi di libertà di tutti i nodi possono ora scriversi con notazione matriciale in forma concisa :

$$\mathbf{F} = \mathbf{K} \times \mathbf{u} \quad [2.1]$$

dove $\mathbf{F}$ è il vettore colonna delle componenti delle forze
 $\mathbf{K}$ è la matrice di rigidezza della struttura
 $\mathbf{u}$ è il vettore colonna delle componenti di spostamento

2.2 La matrice di rigidezza locale

Per la costruzione della matrice di rigidezza della struttura $\mathbf{K}$ si può procedere determinando dapprima le matrici di rigidezza $\mathbf{K}_a$ delle singole aste; successivamente si combinano le stesse matrici individuate tenendo conto delle loro connessioni.



A tale scopo viene definito un sistema di riferimento locale per l'elemento asta: questa definizione risulta assai importante sia per la corretta descrizione dei carichi applicati sia per la lettura dei risultati.

Il sistema di riferimento locale è una terna destrorsa con asse x diretto dal nodo iniziale i al nodo finale f e asse z ortogonale al piano che contiene la struttura

Si consideri, ad esempio,

un'asta appartenente ad una struttura piana.

Allo scopo di creare un modello di comportamento per strutture a grigliato soggette a carichi ortogonali al piano che contiene il grigliato stesso, per ogni nodo viene assunto

come vettore degli spostamenti quello che contiene l'abbassamento w_i concorde all'asse Z, le componenti r_{xi} di rotazione attorno all'asse X locale e r_{yi} di rotazione attorno all'asse Y locale:

$$\mathbf{u}_a = \begin{bmatrix} r_{xi} & w_i & r_{yi} & r_{xf} & w_f & r_{yf} \end{bmatrix} \quad [2.2]$$

ed il vettore $\mathbf{F}_a$ delle forze all'estremità dell'asta è

$$\mathbf{F}_a = \begin{bmatrix} M_{t,i} & F_{z,i} & M_{f,i} & M_{t,f} & F_{z,f} & M_{f,f} \end{bmatrix} \quad [2.3]$$

dove si indicano con M_t, F_z, M_f rispettivamente momento torcente, taglio, momento flettente in corrispondenza del nodo iniziale (pedice “i”) e del nodo finale (pedice “f”). Nella relazione [2.1] il vettore $\mathbf{F}_a$ è noto mentre $\mathbf{u}_a$ è incognito.

Nell'ipotesi di comportamento perfettamente elastico del materiale la matrice che lega linearmente i due vettori viene ricavata da un'integrazione analitica, e quindi esatta, delle equazioni fornite dalla ben nota teoria di De Saint Venant sulle travi ad asse rettilineo, con dimensioni della sezione trasversale ragionevolmente “piccole”.

Rimandando ai testi specifici in letteratura per la trattazione completa dell'argomento, la matrice di rigidezza locale $\mathbf{K}_a$ dell'asta di lunghezza L, inerzia flessionale J e inerzia torsionale J_t della sezione trasversale, modulo di elasticità E del materiale e coefficiente di Poisson ν di cui è composta, può essere scritta come di seguito illustrato:

$$\begin{bmatrix} \frac{GJ_t}{L} & 0 & 0 & -\frac{GJ_t}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EJ}{L^3} & -\frac{6EJ}{L^2} & 0 & -\frac{12EJ}{L^3} & \frac{6EJ}{L^2} \\ 0 & -\frac{6EJ}{L^2} & \frac{4EJ}{L} & 0 & \frac{6EJ}{L^2} & -\frac{2EJ}{L} \\ -\frac{GJ_t}{L} & 0 & 0 & \frac{GJ_t}{L} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12EJ}{L^3} & \frac{6EJ}{L^2} & 0 & \frac{12EJ}{L^3} & -\frac{6EJ}{L^2} \\ 0 & \frac{6EJ}{L^2} & -\frac{2EJ}{L} & 0 & -\frac{6EJ}{L^2} & \frac{4EJ}{L} \end{bmatrix} \quad [2.4]$$

in cui il modulo di elasticità tangenziale $G=E/(1+\nu^2)$.

Si osservi che nel caso di una rigorosa trattazione tridimensionale del problema si dovrebbero considerare sei gradi di libertà per ogni nodo e le corrispondenti sei componenti di sollecitazione: in questo caso si dovrebbe esplicitare una matrice di rigidezza locale dell'asta avente dimensione 12×12 .

Il programma **GRAT**, tuttavia, analizza graticci di travi posti su un piano per il quale gli spostamenti nel piano stesso e le rotazioni attorno all'asse Z non vengono calcolate: vengono determinate come parametri di sollecitazione il momento flettente M_x , il momento torcente M_t e il taglio T_y .

2.3 La matrice di rigidezza globale

Le matrici di rigidezza $\mathbf{K}_a$ delle singole aste sono state calcolate nel sistema di riferimento locale: per quella globale $\mathbf{K}$, invece, occorre definire un unico sistema di riferimento detto, appunto, globale.

Allo scopo viene definita per ciascuna asta una matrice di trasformazione dal sistema di riferimento locale a quello globale; indicando con $\mathbf{u}_{a,g}$ il vettore degli spostamenti dei nodi dell'asta nel sistema di riferimento globale e $\mathbf{u}_a$ il vettore degli stessi spostamenti nel sistema di riferimento locale, si può scrivere una relazione del tipo:

$$\mathbf{u}_a = \mathbf{R} \times \mathbf{u}_{a,g} \quad [2.5]$$

dove $\mathbf{R}$ è la matrice di trasformazione.

Un'analoga relazione può essere definita per il vettore delle sollecitazioni.

Nel caso trattato la trasformazione dipende da un solo parametro: ad esempio può essere posta in relazione all'angolo α del quale occorre far ruotare in senso antiorario la direzione orientata dell'asse x globale per sovrapporlo all'asse x locale.

In tal caso la matrice assume la forma seguente:

$$\begin{bmatrix} \cos \alpha & 0 & \sin \alpha & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\sin \alpha & 0 & \cos \alpha & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cos \alpha & 0 & \sin \alpha \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\sin \alpha & 0 & \cos \alpha \end{bmatrix} \quad [2.6]$$

Si osservi che la matrice $\mathbf{R}$ è ortogonale, cioè la sua inversa è uguale alla sua trasposta.

La relazione locale dell'asta

$$\mathbf{F}_a = \mathbf{K}_a \times \mathbf{u}_a \quad [2.7]$$

può essere ora riscritta

$$\mathbf{R} \times \mathbf{F} = \mathbf{K}_a \times \mathbf{R} \times \mathbf{u} \quad [2.8]$$

Ricordando che $\mathbf{R}^{-1} = \mathbf{R}^T$, si ha :

$$\mathbf{F} = \mathbf{R}^T \times \mathbf{K}_a \times \mathbf{R} \times \mathbf{u} \quad [2.9]$$

In questo modo risulta definita la relazione tra matrice di rigidezza locale dell'asta $\mathbf{K}_a$ e la matrice di rigidezza della stessa asta ma nel sistema di riferimento globale:

$$\mathbf{K} = \mathbf{R}^T \times \mathbf{K}_a \times \mathbf{R} \quad [2.10]$$

L'assemblaggio della matrice globale deve tenere poi conto della matrice topologica della struttura, la quale descrive le connessioni tra le aste e posiziona correttamente i termini di $\mathbf{K}$ così calcolati.

2.4 La soluzione del sistema di equazioni

La relazione [2.1] rappresenta un sistema di n equazioni in n incognite, dove n corrisponde al numero di gradi di libertà indipendenti della struttura. Operativamente n può essere calcolato moltiplicando il numero dei nodi per il numero dei gradi di libertà di ogni nodo (pari a 3 per un problema di grigliato piano o pari a 6 nel caso di struttura tridimensionale).

Si sottolinea quanto segue per i gradi di libertà vincolati. Alcuni programmi di calcolo eliminano l'equazione ad essi corrispondente, diminuendo così la dimensione della matrice e facendola corrispondere con il suo rango. In altri codici di calcolo, come quello di **GRAT**, le equazioni relative ai nodi vincolati vengono mantenute nel sistema di equazioni ma

vengono trattate diversamente dalle altre; per esse lo spostamento corrispondente è noto e dall'equazione vengono desunte le reazioni dei vincoli, che sono incognite.

Una caratteristica importante della matrice di rigidezza **K** della struttura è quella di essere simmetrica, cioè $K_{ij} = K_{ji}$: questa proprietà semplifica notevolmente la programmazione di algoritmi risolutivi (in particolare permette di conservare in memoria solo metà della matrice stessa).

Nell'ambito degli algoritmi di risoluzione di sistemi simmetrici di equazioni lineari esistono molteplici metodi. Il programma **GRAT** utilizza il metodo di Gauss-Jordan ad eliminazione diretta delle equazioni e successiva sostituzione all'indietro; esso risulta assai rapido nella procedura di calcolo ed è adeguato ad un problema strutturale che conduce sempre ad una matrice di rigidezza dalla banda molto ridotta (pari a 6).

Nel calcolo vengono utilizzate 16 cifre significative.

Il programma esegue ad ogni equazione un controllo dell'ordine di grandezza dei termini diagonali e segnala all'utente gli eventuali casi critici, mediante il messaggio **“probabile labilità della struttura”**: esso è generico per qualsivoglia anomalia poiché il software non è in grado di distinguere l'origine del malcondizionamento del sistema di equazioni.

Il procedimento di calcolo sinteticamente illustrato viene condotto da **GRAT** per la soluzione del problema del grigliato piano.

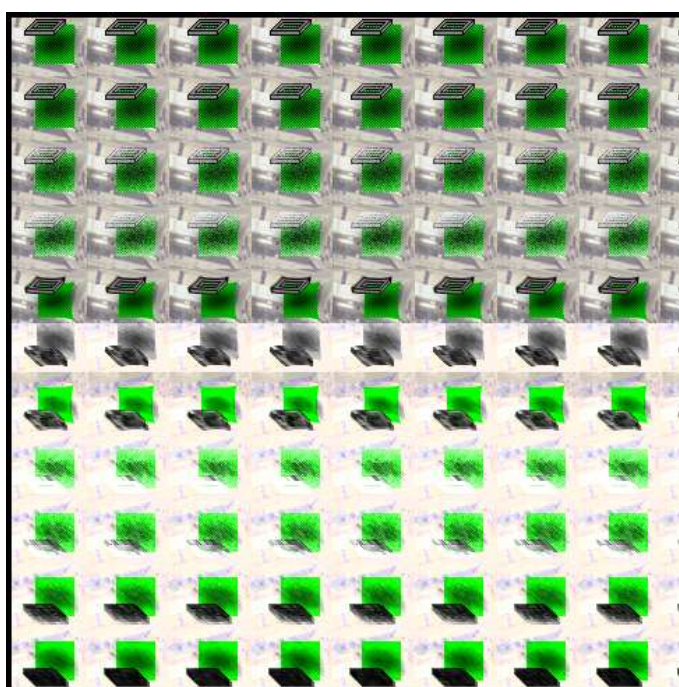
L'elaboratore esegue le operazioni citate per ogni condizione di carico dei carichi fissi: sono previste tutte le ottimizzazioni necessarie per non ripetere operazioni inutili.

Per ogni condizione di carico vengono generati dei files con i risultati dell'elaborazione: questi sono rappresentati dai valori degli spostamenti e delle sollecitazioni alle estremità delle aste.

Tutte le operazioni sono eseguite servendosi di formule esatte, derivate, cioè, da espressioni analitiche di M, N, T, D e P (D indica la deformata, P la pressione sul terreno trasmessa dalle aste su suolo elastico alla Winkler)

Questa elaborazione porta perciò a valori esatti.

CAPITOLO 3



3 GRAT - IL MODULO DI INPUT

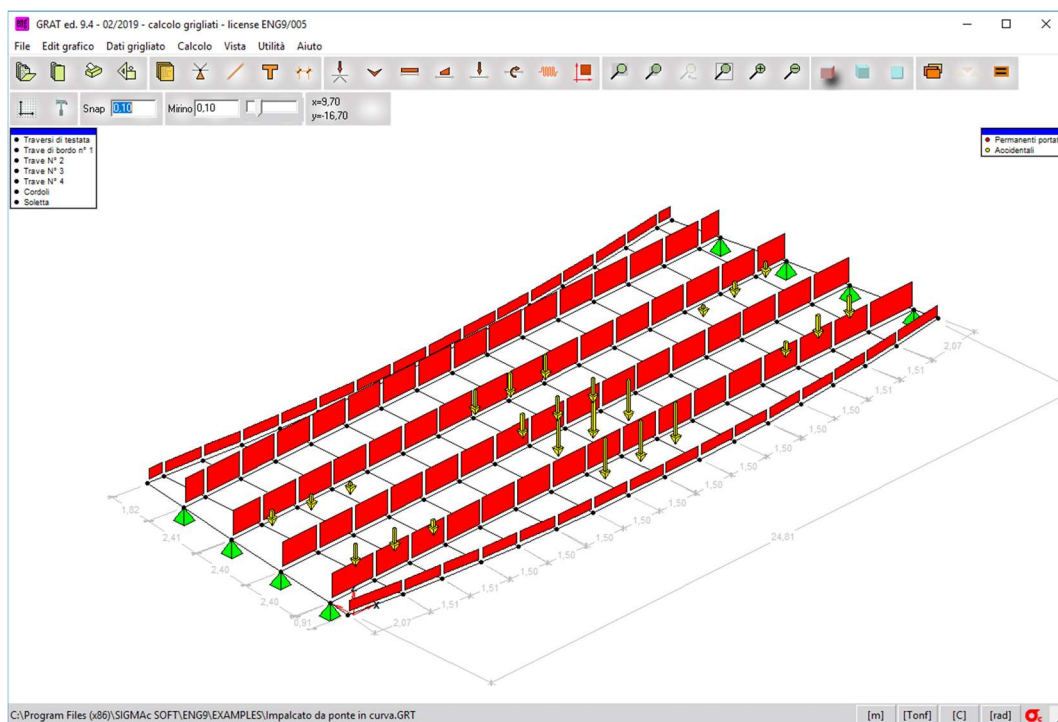
Nel presente capitolo vengono illustrate le nozioni di base dell'utilizzo del programma **GRAT** chiarendo come impostare correttamente l'ambiente di lavoro e come operarvi efficacemente.

Dalla barra degli strumenti di Microsoft Windows scegliere:
Avvio → Programmi → SigmaC Soft – ENG9

Sul desktop comparirà la barra dei moduli del pacchetto **ENG9**:



Premendo con il tasto sinistro del mouse sull'icona del programma **GRAT** si avvia la finestra principale dello stesso:



Nello spazio superiore di tale finestra di lavoro sono contenute le barre degli strumenti necessari: quando si porta il dispositivo di puntamento su uno strumento, ne viene visualizzato il nome in un “tips” (etichetta) di descrizione.

Di seguito vengono illustrati i comandi presenti:

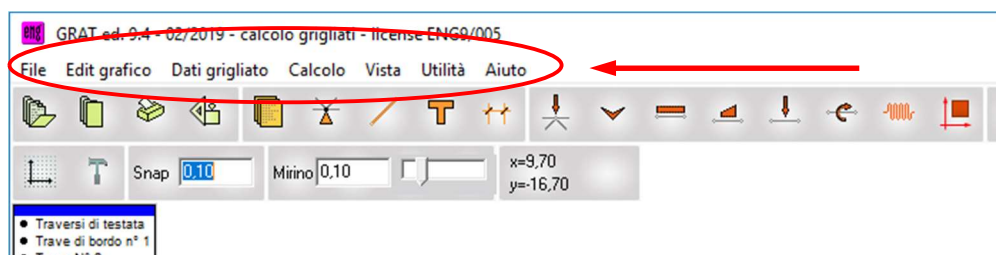
BARRA MENÙ FILE		
CARICA GRIGLIATO		Permette di sfogliare i modelli archiviati ed aprirne uno esistente
SALVA GRIGLIATO		Salva il modello
STAMPA GRAFICO		Stampa il grafico visualizzato nella finestra di input
UNITÀ DI MISURA		Visualizza l'impostazione delle unità di misura e permette di cambiarla
BARRA DATI GRIGLIATO		
DATI GENERALI		Accede a i dati generali dell'opera (titolo, normativa di riferimento, definizione elementi strutturali e condizioni di carico, ecc...)
NODI E VINCOLI		Accede ai dati relativi alle coordinate dei nodi e alle caratteristiche dei vincoli corrispondenti
DEFINIZIONE ASTE		Accede ai dati per l'individuazione delle aste e delle loro caratteristiche
GEOMETRIA ASTE		Accede alle caratteristiche geometriche e meccaniche delle sezioni definite
QUOTATURE		Accede alle quotature degli elementi strutturali del grigliato
CARICHI NODALI		Accede ai carichi applicati in corrispondenza dei nodi
SPOSTAMENTI IMPOSTI		Accede agli spostamenti imposti in corrispondenza dei nodi
CARICHI DISTRIBUITI		Accede ai carichi distribuiti applicati alle aste del grigliato
CARICHI PARZIALI		Accede ai carichi parziali applicati alle aste del grigliato
CARICHI CONCENTRATI		Accede ai carichi concentrati applicati alle aste del grigliato
COPPIE		Accede alle coppie applicate alle aste del grigliato
CARICHI TERMICI		Accede ai carichi termici applicati alle aste del grigliato
CARICHI DISTRIBUITI X,Y		Accede ai carichi distribuiti sul piano X,Y
BARRA MENÙ VISTA		
ZOOM ESTENSIONE		Adatta il grafico all'ingombro del modello
ZOOM WINDOWS		Permette di visualizzare la parte del grafico che l'utente ha selezionato
ZOOM PRECEDENTE		Ripristina la vista precedente

BARRA MENÙ VISTA		
ZOOM TUTTO		Adatta il grafico all'ingombro del modello più la griglia
ZOOM IN		Permette di aumentare di un fattore costante le dimensioni di visualizzazione degli oggetti nella finestra corrente
ZOOM OUT		Permette di diminuire di un fattore costante le dimensioni di visualizzazione degli oggetti nella finestra corrente
BARRA MENÙ VISTA ASSONOMETRICA		
VISTA ASSONOMETRICA, DX		Permette di visualizzare una vista assonometrica del grigliato
VISTA ASSONOMETRICA, SX		Permette di visualizzare una vista assonometrica del grigliato
VISTA IN PIANTA		Permette di visualizzare la vista in pianta del grigliato
BARRA MENÙ CALCOLO		
COMBINAZIONI		Visualizza le combinazioni per le diverse fasi costruttive e per gli stati limite di esercizio ed ultimo degli elementi costruttivi
REGOLE DI COMBINAZIONE		Apri la finestra di definizione delle regole per il generatore di combinazioni
CALCOLO		Esegue il calcolo delle sollecitazioni e delle deformazioni
BARRA MENÙ UTILITÀ		
CAMBIA SISTEMA DI RIFERIMENTO		Visualizza i dati necessari per effettuare il cambio del sistema di riferimento
GENERAZIONE GRIGLIATO		Visualizza una utility per la generazione rapida di un grigliato

Nella barra dei comandi, inoltre, sono presenti altri due strumenti assai utili per agire comodamente all'interno dell'area di lavoro

CASELLA SNAP	Snap 0.10	Valore [L] predefinito dello spostamento del mirino nell'area di lavoro per le operazioni grafiche
CASELLA E CURSORE MINIMO	Mirino 0.3	Valore [L] predefinito della dimensione del mirino nell'area di lavoro per le operazioni grafiche sia in finestra di input che di output

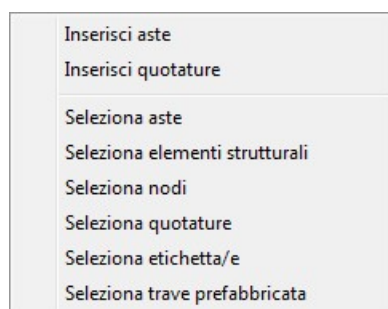
Al di sopra delle barre degli strumenti sono presenti i menù a discesa:



Dopo aver fatto clic sul nome di un menù, viene visualizzato l'elenco delle opzioni ad esso associato, dal quale è possibile scegliere l'opzione desiderata.

La descrizione esaustiva di tali opzioni verrà effettuata nel seguito.

Nella parte inferiore della finestra di lavoro sono visualizzati il nome del file dei dati con il percorso completo, le unità di misura correnti ed alcune opzioni di visualizzazione del grafico: assi di riferimento, griglia, cursore mirino, scelta colori e font, miscellanea (queste opzioni possono essere attivate anche mediante il menù **File** → **Preferenze**).



È presente, infine, un menù a cursore: esso viene visualizzato nella posizione del cursore premendo il tasto destro del mouse (per un mouse a due pulsanti). Il menù a cursore visualizza la serie di opzioni che è possibile selezionare nella fase corrente di lavoro. Questa sensibilità al contesto del menù a cursore si esprime nella visualizzazione di tutti e soli i comandi che sono contestualmente logici.

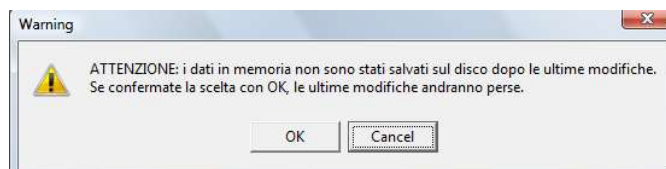
3.1 Menù **File**

Si analizzano le opzioni presenti nel menù **File**

Questo menù può essere attivato mediante i tasti di scelta rapida ALT+F.

3.1.1 Nuovo grigliato

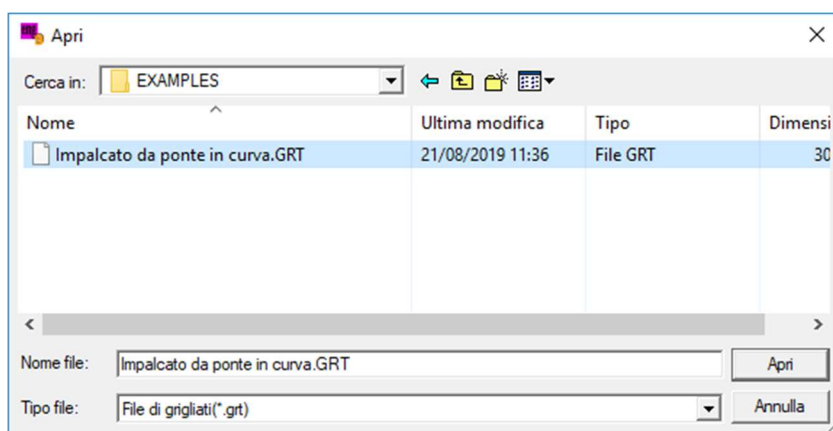
Il comando permette di creare un nuovo modello. Il programma effettua un controllo dei dati di input inseriti e/o cambiati per l'eventuale file in uso, e qualora modifiche importanti non fossero state salvate comparirà un messaggio di avvertenza per l'utente:



Al contrario, se i dati sono stati salvati o non sono state effettuate delle modifiche degli stessi dall'ultimo salvataggio effettuato, questo messaggio non verrà mostrato e si procederà all'inserimento dei dati di input di un nuovo impalcato.

3.1.2 Carica grigliato

Il comando, che può essere eseguito premendo i tasti di scelta rapida ALT+ F + C, apre la finestra di caricamento standard dei file in modo simile a qualsiasi altro prodotto funzionante in ambiente di lavoro Windows.



Questa finestra compare già predisposta per eseguire il caricamento dei file con estensione **.grt**.

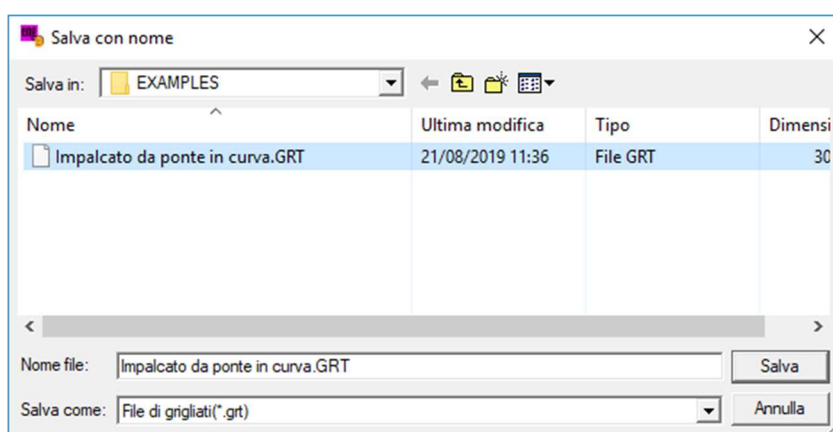
Tutti i file aventi estensione **.grt** sono stati salvati in precedenza dal programma **GRAT** con il comando **Salva grigliato come...**

3.1.3 Salva grigliato

Il comando salva il modello su disco, con il percorso e nome indicato nella barra inferiore della finestra di input; se nella barra inferiore non è indicato nessun nome si apre la finestra di dialogo per il salvataggio files, come se si fosse scelto **Salva grigliato come**

3.1.4 Salva grigliato come...

Si apre la finestra di salvataggio standard dei file in modo simile a qualsiasi altro prodotto funzionante in ambiente di lavoro Windows.



Questa finestra è già predisposta per eseguire il salvataggio dei file con estensione **.grt**

L'utente, una volta individuata la cartella dove salvare il file, si posiziona nella casella di testo **Nome file** ed assegna il nome al lavoro in oggetto.

3.1.5 Importa DXF...

Selezionando tale comando compare la finestra standard di Windows di apertura dei file. L'utente può importare, specificando il loro indirizzo, i file creati con qualsivoglia programma CAD e salvati all'interno di quest'ultimo con estensione DXF.

La funzione **Importa DXF** risulta particolarmente utile nel caso di grigliati aventi geometria complessa per i quali l'ausilio di uno strumento di disegno risulta efficace al fine di velocizzare la fase dell'input dei dati.

Il programma originerà in automatico delle aste e dei nodi in corrispondenza dei segmenti e dei loro punti iniziali e finali. Saranno creati diversi elementi strutturali distinti in base al colore loro assegnato in fase di definizione all'interno del CAD utilizzato: segmenti appartenenti a layer diversi ma di ugual colore apparterranno allo stesso elemento strutturale.

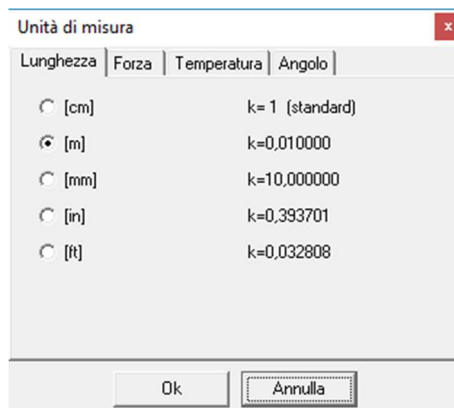
NOTA La numerazione delle aste del modello trasferito in GRAT rispetta l'ordine e l'orientamento (nodo iniziale - nodo finale) con i quali sono state disegnate all'interno del CAD utilizzato.

3.1.6 Stampa grafico

Viene visualizzata l'interfaccia di stampa della finestra corrente. Il comando può essere eseguito premendo il tasto F10.

3.1.7 Preferenze

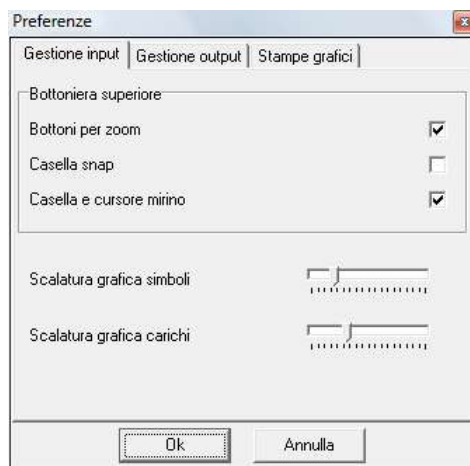
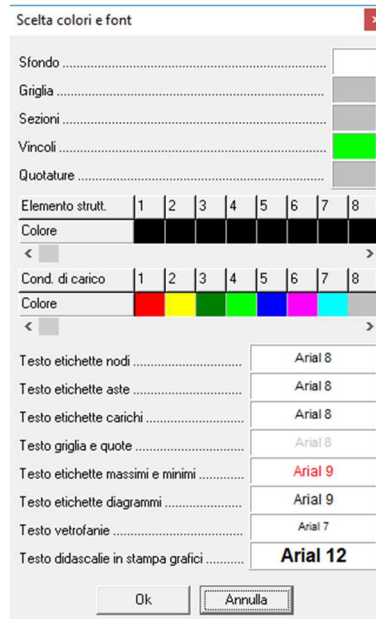
Selezionando tale comando si accede alle opzioni di visualizzazione nel seguito illustrate. Tutte le scelte operate in questa sezione vengono immediatamente applicate e vengono registrate nel file GRAT.INI al momento della chiusura del programma e costituiranno il default ad ogni successiva esecuzione.



Unità di misura: permette di impostare le unità di misura SI in input e output

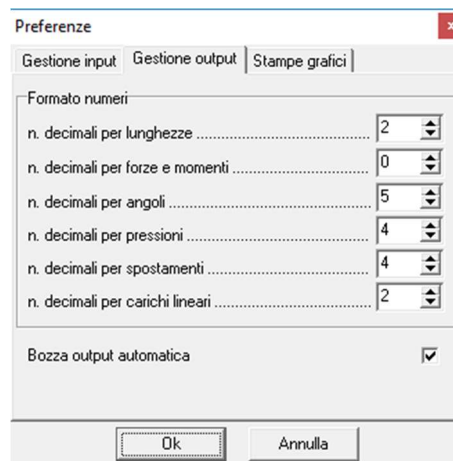
Griglia: consente di mostrare e definire una griglia di riferimento nel grafico dell'impalcato. Lo **"zoom tutto"** viene sempre riferito alle dimensioni della griglia definita.

Scelta colori e font: permette di definire l'aspetto grafico dell'area di lavoro. Le scelte per i colori da assegnare agli elementi strutturali che costituiscono il grigliato e ai carichi agenti vengono visualizzati nelle vetrofanie poste nell'area di lavoro.



Miscellanea: permette di visualizzare alcune opzioni delle barre superiori degli strumenti, di personalizzare i dati di output, di gestire le stampe dei grafici. Nel pannello **Gestione input**, ad esempio, l'utente può attivare l'opzione di visualizzazione, in corrispondenza della barra degli strumenti, della **Casella e cursore minimo** che permette di modificare le dimensioni del mirino di selezione dipendenti dalle dimensioni del grafico: maggiore è l'ingrandimento della struttura visualizzata maggiori appariranno le dimensioni del mirino.

Nel pannello **Gestione output** l'utente può indicare il numero di decimali che intende utilizzare per rappresentare le misure delle lunghezze, delle forze e dei momenti, degli angoli, delle pressioni, degli spostamenti e dei carichi relativi al problema studiato; può attivare le opzioni di visualizzazione della bozza di output ogni qualvolta si effettui il calcolo e quella di **Ricalcolo automatico** ogni volta che nel modulo di input viene apportata una modifica ai dati introdotti.



3.1.8 Uscire

Il comando permette di chiudere il programma **GRAT**. Se i dati in memoria sono stati modificati rispetto all'ultimo salvataggio, appare un promemoria.

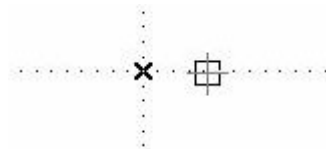
3.2 Menù “Edit grafico”

Si analizzano le opzioni presenti nel menù Edit grafico

Questo menù può essere attivato mediante i tasti di scelta rapida ALT+E oppure posizionando il cursore all'interno dell'area di lavoro e premendo il tasto destro del mouse; appare il menù locale che contiene la scelta di operazioni possibili.

3.2.1 Inserisci aste

Il comando permette di inserire una o più aste cliccando due punti all'interno dello spazio di lavoro. In fase di esecuzione di questo comando il cursore modifica il proprio aspetto e



diviene un mirino con una crocetta al proprio interno: il mirino indica la posizione effettiva del mouse e si sposta con esso; la crocetta, invece, evidenzia il punto destinato e viene calamitata sul punto più vicino della griglia funzione dello snap attivo, a meno che un nodo già definito non cada

all'interno del mirino, nel qual caso viene puntato il nodo stesso.

Prima dell'inserimento di un generico punto necessario alla definizione della nuova asta l'utente può leggere, in corrispondenza della barra superiore degli strumenti e nell'unità di misura correnti, le generiche coordinate x e y rispetto al sistema di riferimento globale; una volta definito il primo punto il programma fornisce non solo le generiche coordinate x e y corrispondenti ai punti di spostamento nel piano del cursore ma anche le grandezze necessarie ad individuare il vettore spostamento rispetto al punto precedentemente definito (distanze Δx , Δy , L e angolo α).

Per uscire dalla procedura **Inserisci aste** confermando le aste inserite graficamente è necessario premere il tasto C da tastiera; viceversa, per annullare la procedura o annullare la selezione del primo nodo, occorre premere rispettivamente il tasto ESC da tastiera e il tasto destro del mouse.

Quando l'input dei dati viene effettuato con il mouse bisogna porre attenzione a non inserire delle aste che risultano poi scollegate tra di loro.

NOTA Si ricordi che le aste inserite devono essere poi completate inserendo i dati relativi a sezione trasversale, eventuali vincoli agli estremi, proprietà elastiche del materiale.

3.2.2 Inserisci quotature

Il comando permette di inserire una quotatura, nelle unità di misura correnti, tra due nodi selezionati della struttura. La quotatura può essere parallela all'asse X, parallela all'asse Y o parallela alla linea individuata dai due vertici scelti.

3.2.3 Seleziona aste

Il comando permette di selezionare le aste che costituiscono il modello (un secondo click su un'asta scelta ne annulla la selezione) e le aste selezionate vengono evidenziate per mezzo di un simbolo grafico raffigurante una bandierina. Se il click viene eseguito in una zona in cui nessuna asta è presente il programma inizia una selezione "per finestra" e l'utente deve specificare il secondo punto della finestra di selezione: per tutte le aste che ricadono interamente all'interno della finestra viene invertita la selezione, ovvero le aste che non erano selezionate (cioè non avevano la bandierina) vengono selezionate, e viceversa. Si osservi che se, al momento del click mouse per la scelta del secondo punto della finestra, viene tenuto premuto il tasto SHIFT da tastiera, vengono selezionate tutte le aste che vi ricadono anche parzialmente.

Quando la selezione è completata, premendo il tasto destro del mouse compare un menù locale che mostra le opzioni possibili nella fase corrente di lavoro. Di seguito si illustrano tali opzioni.

- **Annulla** rende nulla la procedura di selezione delle aste effettuata.
- **Cancella** permette di eliminare in modo definitivo le aste selezionate ed i carichi su di esse agenti.

- **Duplica** consente la ripetizione di gruppi di aste. Oltre al **numero di copie** è possibile indicare, nelle unità di misura correnti, le distanze Δx e Δy relative ai nodi delle quali effettuare ciascuna traslazione. Per confermare la scelta effettuata occorre premere il pulsante **Ok**; in caso contrario il pulsante **Annulla** ripristina la situazione antecedente la selezione.

- **Specchia** permette di definire i criteri per creare delle aste simmetriche a quelle selezionate. L'utente seleziona due punti o ne digita le coordinate per individuare l'asse di simmetria rispetto al quale effettuare tale operazione; può cancellare, inoltre, le aste delle quali intende effettuare una copia simmetrica selezionando l'opzione corrispondente. Per confermare la scelta effettuata occorre premere il pulsante **Ok**; in caso contrario il pulsante **Annulla** ripristina la situazione antecedente la selezione.

- **Inverti incidenze** permette di modificare la definizione delle aste selezionate invertendone i nodi iniziale e finale.

- **Dividi** permette di suddividere in più aste le aste selezionate.

Si apre una finestra in cui bisogna inserire il numero delle aste e per ognuna di esse la lunghezza.

La somma delle lunghezze delle aste generate dovrà essere uguale alla lunghezza dell'asta originale.

Tutte le proprietà dell'asta originale vengono trasferite alle aste generate, ed i carichi eventualmente applicati vengono aggiornati alla nuova geometria.

- **Proprietà** mostra una finestra, suddivisa in tre pannelli, che contiene le principali informazioni circa la geometria dell'elemento selezionato, il materiale del quale è costituito, i vincoli e le preferenze di visualizzazione.

Nel primo pannello **Sezione** l'utente definisce le caratteristiche geometriche e meccaniche della sezione trasversale delle aste selezionate: i dati di input presenti nelle caselle possono essere modificati semplicemente riscrivendoli nelle unità di misura correnti. I primi 5 parametri sono quelli riconoscibili nell'esposizione dei cenni teorici all'inizio di questo manuale per i modelli a graticcio di travi alla De Saint-Venant; il **Peso specifico materiale** determina invece il peso proprio della struttura.

Facendo un click con il tasto sinistro del mouse sul disegno in basso (vuoto se all'asta non era mai stato assegnata una sezione), si accede agli archivi delle sezioni, dai quali è possibile scegliere un profilo o definirne uno nuovo.

Nel secondo pannello **Vincoli** l'utente può definire l'eventuale presenza di cerniere in corrispondenza dei nodi iniziale e/o finale: l'esistenza di entrambe corrisponde alla definizione di una trave in semplice appoggio (non si ha trasmissione di momento alle altre aste che concorrono al nodo). Viene offerta, inoltre, la possibilità di assegnare, nelle unità di misura correnti,

un **Coefficiente di sottofondo** ed una larghezza della **Base di appoggio** al fine di fornire un vincolo elastico alla Winkler costante lungo l'asta. Verranno così determinati i valori delle pressioni di contatto sul terreno per quell'asta.

Nel terzo pannello **Preferenze** l'utente stabilisce a quale elemento strutturale precedentemente definito (cioè è stata eseguita la sequenza di operazioni: **Dati grigliato** → **Dati generali grigliato** → **Elementi strutturali**) appartengono le aste selezionate. Nel pannello, inoltre, è possibile selezionare alcune opzioni di visualizzazione circa il disegno della sezione e dei dati che compaiono nelle etichette che è possibile rendere visibili.

NOTA Nel caso di selezione multipla di aste vengono visualizzati solamente i dati comuni a tutte le aste appartenenti alla selezione eseguita, mentre le caselle corrispondenti a proprietà diverse risultano vuote. Se in queste caselle vuote viene inserito un valore, quando si preme il bottone **Ok** il valore viene assegnato a tutti gli elementi della selezione.

- **Carichi distribuiti** permette di visualizzare i carichi distribuiti agenti sulle aste selezionate. E' possibile applicare carichi distribuiti verticali (positivi se concordi all'asse Z, cioè verso l'alto) espressi in termini di forza su una lunghezza $[F \cdot L^{-1}]$ oppure carichi distribuiti torsionali (positivi congruentemente alla regola della vite destrorsa) $[F]$.

Carichi distribuiti applicati ad aste: 42

carico n.	Descrizione	Condizione	Comp. Wz iniziale	Comp. Wz finale	Comp. Rx' iniziale	Comp. Rx' finale	Disegna etichetta
1	Pavimentazione + cordoli	Permanenti portati	-7	-7	0	0	☒

Ok Annulla Inserisci Cancella

- **Carichi parziali** permette di visualizzare i carichi parziali agenti sulle aste selezionate. Questi carichi sono concettualmente identici ai distribuiti uniformi con la sola differenza che agiscono su una lunghezza limitata dell'asta.

Carichi parziali applicati ad aste: 26

carico n.	Descrizione	Condizione	Carico Wz iniziale	Carico Wz finale	Carico Rx' iniziale	Carico Rx' finale	X' iniziale	X' finale	Disegna etichetta
1	Sbalzo	Permanenti portati	-1.3	-1.3	0.35	0.35	25	135	☒

Ok Annulla Inserisci Cancella

- **Carichi concentrati** permette di visualizzare i carichi concentrati agenti sulle aste selezionate. I dati di input presenti nelle caselle di questa finestra possono essere modificati semplicemente riscrivendoli e/o cambiandone l'assegnazione ad una condizione. Il **Carico Wz** è positivo se diretto verso l'alto ed ha le dimensioni di una forza [F].

Carichi concentrati applicati ad aste: 137

carico n.	Descrizione	Condizione	Carico Wz	Distanza da nodo iniziale	Disegna etichetta
1	Treno di carico	Accidentali	-127.53	1	☒

Ok Annulla Inserisci Cancella

- **Coppie** permette di visualizzare le coppie agenti sulle aste selezionate. Le coppie hanno 2 componenti, il cui vettore coppia è concorde con gli assi locali dell'asta (origine assi nel nodo 1, asse x' diretto dal nodo 1 al nodo 2, asse y' diretto verso l'alto guardando l'asta con il nodo 1 a sinistra): **Rx'** [F·L] è una coppia che induce torsione nell'asta, **Ry'** [F·L] è una coppia che induce flessione.

Coppie concentrate applicate ad aste: 142

coppia n.	Descrizione	Condizione	Componente Rx'	Componente Ry'	Distanza da nodo iniziale	Disegna etichetta
1	Sbalzo	Permanenti portati	1.24	1.24	0.77	☒

Ok Annulla Inserisci Cancella

- **Carichi termici** permette di visualizzare i carichi termici agenti sulle aste selezionate. I dati di input presenti nelle caselle di questa finestra possono essere modificati semplicemente riscrivendoli e/o cambiandone l'assegnazione ad una condizione. **Delta T** va espresso nell'unità di temperatura corrente [T]; un valore positivo induce una distorsione con freccia verso il basso nell'asta. Il **Coefficiente termico** ha dimensioni [T⁻¹].

Carichi termici applicati ad aste: 142

carico n.	Descrizione	Condizione	Delta T inf.-sup.	Coefficiente termico	Altezza sezione
1		Variazione termica	15	0.00001	1.34

Ok Annulla Inserisci Cancella

- **Trave prefabbricata** permette di definire le aste selezionate come travi prefabbricate. L'utente può assegnare il profilo che intende utilizzare accedendo per mezzo del pulsante **Tipo trave...** all'archivio delle travi prefabbricate. Si ricordi che tale archivio può essere modificato e personalizzato da parte dell'utente con il modulo accessorio **Archivio travi in c.a.p.**

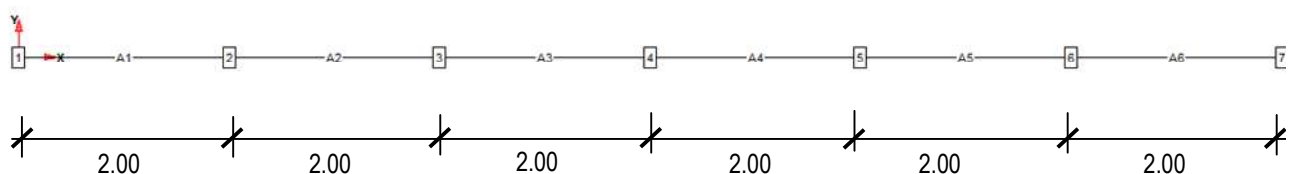
È possibile, inoltre, definire l'elemento prefabbricato specificandone, nelle unità di misura correnti [L], le eventuali **Lunghezza ringrosso testata** (si ricordi che il programma considera tale geometria in zona di appoggio identica alle due estremità) e **Lunghezza zona di svasatura** cioè la lunghezza della porzione di trave a sezione variabile che raccorda il tratto di manufatto a sezione ringrossata prevista in testata con il rimanente tratto di trave in campata. Per confermare la scelta effettuata occorre premere il pulsante **Ok**; in caso contrario

il pulsante **Annulla** ripristina la situazione antecedente la selezione.

Si noti che questa operazione può modificare il modello, e non è reversibile. Si distinguono due casi:

1. se non viene definita la lunghezza della zona ringrossata (cioè nella corrispondente casella è contenuto 0 oppure è vuota) l'algoritmo semplicemente assegnerà la sezione in campata della trave selezionata a tutte le aste, e la trave prefabbricata avrà lunghezza pari alla somma delle lunghezze delle aste;
2. se viene definita la lunghezza del ringrosso in testata ed eventualmente di una zona di svasatura può essere il caso che queste lunghezze non coincidano con la suddivisione delle aste. Poichè nel modello GRAT le aste hanno sezione costante, l'algoritmo suddivide ulteriormente le aste per poter descrivere correttamente le zone ringrossate e quelle di raccordo, creando nuove aste.

Esempio: aste selezionate 1-6



Scelta **Trave prefabbricata** da menù locale:

Modifica risultante sul modello:



Notare che sono state create le nuove aste n. 7,8,9,10 ed i nuovi nodi 8,9,10,11.

NOTA La definizione di trave prefabbricata assegnata alle aste influenza il calcolo delle sollecitazioni agenti sul graticcio solo per quanto attiene alle sue caratteristiche geometriche e meccaniche. Il programma, infatti, non valuta il contributo di eventuali coazioni impresse agli elementi prefabbricati. La definizione di “**Trave prefabbricata**” risulta, pertanto, utile in fase di verifica in quanto permette di trasferire tutti i dati ad essa riferiti al postprocessore TCAP.

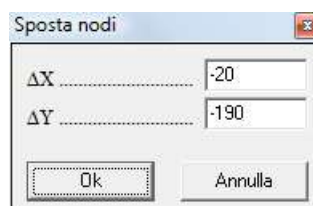
3.2.4 Seleziona elementi strutturali

Il comando permette di selezionare con una sola operazione le aste che appartengono ad uno degli elementi strutturali precedentemente definito (cioè è stata eseguita la sequenza di operazioni: **Dati grigliato** → **Dati generali grigliato** → **Elementi strutturali**). Tutte le aste selezionate vengono evidenziate per mezzo di un simbolo grafico raffigurante una bandierina: premendo il tasto destro del mouse compare un menù a cursore che mostra le opzioni che è possibile selezionare nella fase corrente di lavoro. Sugli elementi strutturali sono disponibili tutte le operazioni già descritte per le aste; in altre parole la selezione elementi strutturali consente di sfruttare il raggruppamento delle aste per una più veloce selezione degli elementi. Si rimanda al paragrafo precedente per la descrizione di tali operazioni.

3.2.5 Seleziona nodi

Il comando permette di selezionare i nodi del modello (un secondo click su un nodo scelto ne annulla la selezione). E' possibile effettuare una selezione multipla di nodi con la modalità "a finestra"; per attivare questa modalità bisogna eseguire un click con il mouse in una posizione tale che nessun nodo cada dentro al mirino, per poi fissare con un secondo click l'altro estremo del rettangolo di selezione. I nodi selezionati vengono evidenziati per mezzo di un simbolo grafico raffigurante una bandierina. Premendo il tasto destro del mouse compare un menù locale che mostra le opzioni selezionabili nella fase corrente di lavoro. Di seguito si illustrano tali opzioni.

- **Annulla** rende nulla la procedura di selezione dei nodi effettuata
- **Sposta** permette di spostare i nodi selezionati. L'utente deve specificare l'entità dello spostamento. E' possibile agire in due modi distinti:
 1. inserire, nelle unità di misura correnti, le componenti Δx e Δy dello spostamento nelle apposite caselle di input della finestra in sovraimpressione. Per confermare la scelta effettuata occorre premere il pulsante **Ok**;



oppure in caso contrario il pulsante **Annulla** che ripristina la situazione antecedente la selezione;

2. agire in modalità grafica, fissando un punto origine dello spostamento con il mouse sul disegno e successivamente il punto destinazione. In questa operazione vengono rispettate le regole di puntamento e la crocetta si sposta a passo di *snap* calamitando i nodi del modello.

➤ **Ruota** permette di definire i criteri per ruotare i nodi selezionati e di conseguenza le aste da quest'ultimi individuate. Anche in questo caso si può agire in due modi distinti:

1. utilizzando la finestra in sovrapposizione ed inserendo, nelle unità di misura correnti, le coordinate del centro di rotazione ed il valore dell'angolo, positivo se antiorario.

Per confermare la scelta effettuata occorre premere il pulsante **Ok**; in caso contrario il pulsante **Annulla** ripristina la situazione antecedente la selezione;

2. scegliendo sul grafico con il mouse il punto di rotazione e definendo, con la scelta di un secondo punto sul grafico, l'angolo di rotazione.

E' possibile anche utilizzare un metodo misto, fissando il centro di rotazione con il mouse sul grafico, ed inputando il valore dell'angolo nella casella **angolo** della finestra in sovrapposizione.

➤ **Proprietà** mostra una finestra che contiene i dati dei nodi selezionati e le caratteristiche di vincolo che è possibile assegnare. I vincoli elastici sono, dimensionalmente, $[F \cdot L^{-1}]$ per l'abbassamento W_z , e $[F \cdot L \cdot rad^{-1}]$ per le rotazioni.

Si ricordi che, quando una proprietà o un valore è comune a tutti i nodi della selezione effettuata, nella corrispondente casella compare tale valore, quando invece anche un solo nodo della selezione differisce dagli altri la casella appare vuota. Nell'esempio di figura qui riportata sono stati selezionati i nodi 13,14,43,46 (elencati nell'intestazione della finestra) ed hanno tutti la stessa coordinata $Y=-400$ ma hanno differenti X . Per i campi con la spuntatura è diverso: quando le proprietà sono tutte uguali (spuntati oppure non spuntati) compare il segno o il bianco comune a tutti, quando invece sono diverse compare il segno di spunta in grigio.

➤ **Carichi applicati** permette di visualizzare e modificare i carichi concentrati agenti sui nodi selezionati. I dati di input presenti nelle caselle di questa finestra possono essere modificati semplicemente riscrivendoli e/o cambiandone l'assegnazione ad una condizione. Le componenti W_z sono forze espresse in $[F]$, positive se verso l'alto concordemente all'asse Z ; le componenti R_x ed R_y sono coppie espresse in $[F \cdot L]$.

I tasti **Inserisci** e **Cancella** permettono di definire nuovi carichi applicati ai nodi o di cancellarne.

carico n.	Descrizione	Condizione	Intensità	Comp.	Disegna etichetta
1	Cordoli G1		-125	Wz	☒

- **Spostamenti imposti** permette di visualizzare e modificare gli spostamenti imposti ai nodi selezionati. Le componenti W_z sono [L], le componenti R_x ed R_y sono dimensionalmente degli angoli [A].



3.2.6 Seleziona quotature

Il comando permette di selezionare una o più quotature associate alle aste che costituiscono il grigliato oggetto (un secondo click su una quotatura scelta ne annulla la selezione). La quotatura selezionata viene evidenziata: premendo il tasto destro del mouse compare un menù a cursore che mostra le opzioni che è possibile selezionare nella fase corrente di lavoro. Di seguito si illustrano tali opzioni.

- **Annulla** rende nulla la procedura di selezione delle quotature effettuata
- **Cancella** permette di eliminare in modo definitivo le quotature selezionate
- **Sposta** permette di spostare una sola quotatura selezionata traslandola parallelamente a se stessa.
- **Proprietà** mostra una finestra che contiene le principali informazioni circa la posizione della quotatura selezionata e le sue caratteristiche. L'utente, infatti, può modificarne l'orientamento rispetto ai vertici tra i quali è definita e la distanza alla quale deve essere posizionata rispetto al primo vertice. Per confermare la scelta effettuata occorre premere il pulsante **Ok**; in caso contrario il pulsante **Annulla** ripristina la situazione antecedente la selezione.

3.2.7 Seleziona etichette

Il comando permette di selezionare un'etichetta associata ad un'asta oppure ad un carico (un secondo click su un'etichetta scelta ne annulla la selezione). Premendo il tasto destro del mouse compare un menù locale che mostra le opzioni disponibili.

- **Annulla** rende nulla la procedura di selezione delle etichette effettuata
- **Rendi invisibile** permette di eliminare la visualizzazione dell'etichetta selezionata. Tale comando equivale a deselectare le opzioni attivate nel pannello **Preferenze** dell'opzione **Proprietà** contestuale al comando **Seleziona aste** oppure **Seleziona elementi strutturali**.
- **Sposta** permette di traslare l'etichetta selezionata in qualsivoglia posizione dell'area di lavoro al fine di agevolare la lettura del grafico visualizzato. Si osservi che l'etichetta spostata rimane collegata all'elemento al quale si riferisce per mezzo di una linea tratteggiata.
- **Riposiziona** permette di traslare l'etichetta selezionata, precedentemente spostata, nella propria posizione originaria.

NOTA Le etichette riferite ai nodi non possono essere selezionate.

3.2.8 Seleziona trave prefabbricata

Il comando permette di selezionare le aste precedentemente definite come trave prefabbricata (cioè è stata eseguita la sequenza di operazioni: **Seleziona aste** → **Trave prefabbricata** oppure **Seleziona elementi strutturali** → **Trave prefabbricata**). Le aste selezionate vengono evidenziate: premendo il tasto destro del mouse compare un menù a cursore che mostra le opzioni che è possibile selezionare nella fase corrente di lavoro. Di seguito si illustrano tali opzioni.

- **Annulla** rende nulla la procedura di selezione delle travi prefabbricate effettuata
- **Proprietà** permette di visualizzare le caratteristiche geometriche assegnate alle aste. Si rimanda al paragrafo 3.2.3 per le spiegazioni.
- **Cancella assegnazione trave prefabbricata** permette di annullare la definizione di *trave prefabbricata* precedentemente assegnata alle aste selezionate. Tale operazione non modifica la geometria e le relative caratteristiche delle aste in oggetto: il comando, infatti, determina esclusivamente l'impossibilità in fase di verifica di trasferire i dati relativi al postprocessore.

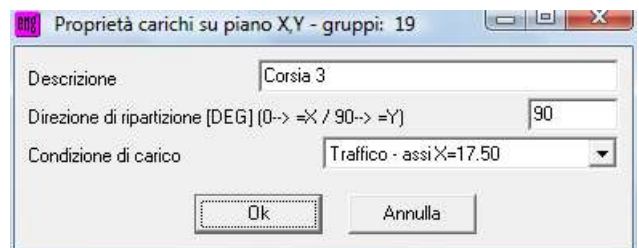
3.2.9 Seleziona carico distribuito X,Y

Se nel modello di calcolo sono precedentemente stati definiti dei carichi non applicati alle aste ma distribuiti e definiti sul piano X,Y del grigliato, possono essere selezionati per eseguire alcune utili operazioni su di essi.

La selezione riguarda i gruppi di carichi, e possono essere selezionati uno o più gruppi contemporaneamente.

- **Annulla** interrompe l'operazione sul gruppo selezionato.

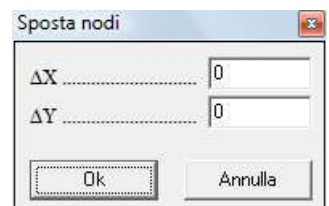
- **Proprietà...** permette di visualizzare e modificare alcune proprietà del gruppo, come la stringa di descrizione, la direzione di ripartizione e la condizione di carico a cui appartengono i gruppi selezionati.



- **Sposta...** consente di specificare le componenti di spostamento da applicare a tutti i gruppi selezionati. Con il bottone **Ok** viene immediatamente applicato lo spostamento.

L'operazione può essere eseguita anche graficamente con il mouse, fissando un *punto origine* ed un *punto destinazione* che identificano lo spostamento.

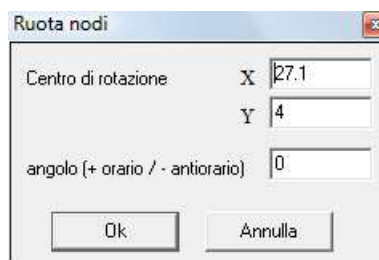
Lo spostamento specificato con questa procedura non modifica le coordinate dei vertici dei poligoni ma viene assegnato alle componenti di posizionamento del gruppo (cfr paragrafo 3.3.5.7).



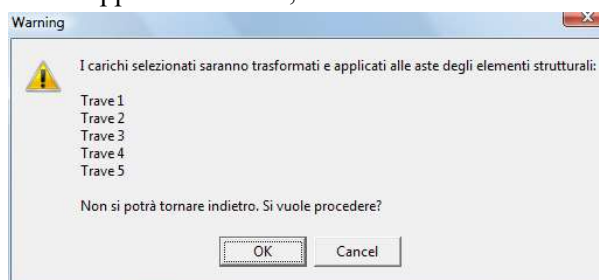
- **Ruota...** Analogamente all'operazione di spostamento è possibile ruotare i gruppi selezionati. L'operazione può essere eseguita inserendo i valori appropriati nelle celle di input della finestra in sovrapposizione e cliccando sul bottone **Ok**.

In alternativa si può scegliere graficamente con il mouse prima il centro di rotazione e successivamente un secondo punto che individua, assieme al centro di rotazione, l'angolo di rotazione.

Questa procedura modifica le coordinate dei vertici dei poligoni (cfr paragrafo 3.3.5.7).



- **Cancella** I gruppi selezionati di carichi X,Y vengono definitivamente cancellati.
- **Trasforma in carichi applicati alle aste ...** Questa funzione traduce definitivamente i carichi distribuiti sul piano X,Y in carichi applicati alle aste, ed è la stessa funzione che viene eseguita dal programma al momento del calcolo per trasferire i carichi alle aste del modello. Questa operazione è irreversibile: una volta eseguita il carico non potrà più essere trattato come carico applicato ad un'area del piano. Prima di essere completata viene chiesta conferma all'utente.



3.2.10 Copia immagine

Il comando, che può essere attivato mediante i tasti di scelta rapida Ctrl+C, esegue una copia del grafico contenuto nella finestra attiva sulla clipboard. L'immagine può essere inserita nella relazione di calcolo.

3.3 Menù "Dati grigliato"

Si analizzano le opzioni presenti nel menù **Dati grigliato**

Questo menù può essere attivato mediante i tasti di scelta rapida ALT+D.

3.3.1 Dati generali

Nella parte superiore della finestra che viene visualizzata l'utente può completare il campo **Titolo** inserendo delle informazioni di carattere generale che verranno riportate nelle fasi di output.

n. elem.	Nome elemento strutturale
1	Traversi di testata
2	Trave di bordo n° 1
3	Trave N° 2
4	Trave N° 3
5	Trave N° 4
6	Cordoli
7	Soletta

Si effettua, inoltre, la selezione della normativa di riferimento secondo la quale effettuare il calcolo e la verifica del grigliato: la scelta avviene per mezzo di un menù a discesa posto in corrispondenza del campo **Normativa**.

GRAT prevede la possibilità di effettuare il **Calcolo automatico peso proprio aste**: selezionando tale opzione il programma determina per ciascuna asta definita il relativo peso proprio funzione dell'area e del peso specifico assegnatole.

Nella parte inferiore della finestra in oggetto sono presenti due distinti pannelli.

Nel primo pannello **Elementi strutturali** l'utente può inserire, mediante il bottone **Inserisci**, i distinti elementi strutturali (individuati in modo univoco da un nome) che si prevede costituiscano il grigliato: una o più aste possono appartenere ad un solo elemento strutturale. Il bottone **Cancella** permette di eliminare uno degli elementi strutturali precedentemente definiti.

Tutti gli elementi strutturali definiti nel problema in oggetto vengono elencati in un'apposita vetrofania all'interno dell'area di lavoro: è possibile attivare/disattivare la visualizzazione di quest'ultima premendo il tasto di scelta rapida **F4**. All'interno della vetrofania agendo sul simbolo in corrispondenza di ciascun elemento strutturale è possibile attivare/disattivare la visualizzazione dello stesso.

Per una maggiore chiarezza del grafico, inoltre, ciascun elemento strutturale può essere contraddistinto da un diverso colore (per operare tale definizione occorre eseguire la sequenza di operazioni: **File** → **Preferenze** → **Scelta colori e font**).

Se è stata effettuata una generazione automatica mediante il relativo comando presente nella barra superiore degli strumenti, **GRAT** provvederà in modo autonomo alla individuazione degli elementi strutturali che descrivono la struttura. Per un grigliato a maglie rettangolari saranno individuate con **"travi"** l'insieme delle aste che si trovano su una stessa linea orizzontale; analogamente, con il nome di **"traversi"** tutte le aste che si trovano su una stessa linea verticale. La numerazione progressiva delle travi inizierà da quelle caratterizzate dal valore minore delle coordinate y dei nodi che le definiscono; per i traversi, invece, da quelle contraddistinte dal valore minore delle coordinate x dei nodi. Ai nomi generati automaticamente l'utente può apportare le eventuali modifiche semplicemente inputando in corrispondenza del campo che desidera cambiare il nuovo nome dell'elemento in oggetto.

L'utilità della definizione di distinti elementi strutturali risiede nella possibilità di procedere ad una rapida selezione e modifica dei dati relativi a tutte le aste appartenenti ad

un elemento strutturale; nei tabulati di stampa, inoltre, i risultati vengono raccolti ed illustrati suddividendoli per ciascun elemento strutturale introdotto.

Per confermare la scelta effettuata occorre premere il pulsante **Ok**; in caso contrario il pulsante **Annulla** ripristina la situazione antecedente la selezione e chiude la finestra **Dati Generali**.

Nel secondo pannello **Condizioni di carico** si possono introdurre, mediante il bottone **Inserisci**, le condizioni di carico nelle quali sono raggruppati i carichi agenti sulla struttura: ogni carico può appartenere ad una sola condizione di carico.

Elementi strutturali		Condizioni di carico
cond.	Nome cond. di carico	Azione
1	Cordoli G1	Permanente
2	Pavimentazione G2	Permanente non strutturale
3	Carichi lineari 2a fase G2	Permanente non strutturale
4	Traffico - folla camp.1	(R3) Traffico tab.5.1.IV folla
5	Traffico - UDL camp.1	(R2) Traffico tab.5.1.IV gr1/UDL
6	Traffico - assi X=1.11	(R1) Traffico tab.5.1.IV gr1/tandem
7	Traffico - assi X=17.50	(R1) Traffico tab.5.1.IV gr1/tandem

Il bottone **Cancella** permette di eliminare una condizione di carico precedentemente definita.

Tutte le condizioni di carico definite nel problema sono identificate dalla loro posizione in tabella (numero di condizione, colonna più a sinistra) e dalla stringa **Nome cond. di carico**, e vengono elencate in un'apposita vetrofania sul grafico di input che ne consente la visualizzazione selettiva: è possibile mostrare/nascondere la vetrofania premendo il tasto di scelta rapido **F5**.

Per una maggiore chiarezza del grafico, inoltre, ciascuna condizione di carico può essere caratterizzata da un diverso colore (per operare tale definizione occorre eseguire la sequenza di operazioni: **File** → **Preferenze** → **Scelta colori e font**).

La colonna di destra in tabella serve ad assegnare ad ogni condizione di carico la relativa classificazione (la scelta del tipo di azione avviene mediante un menù a discesa in corrispondenza della condizione in esame) finalizzata alla generazione automatica delle combinazioni di carico (si veda par. 3.4.2) oltre che ad una chiara esposizione dell'output dell'analisi.

Per confermare la scelta effettuata occorre premere il pulsante **Ok**; in caso contrario il bottone **Annulla** ripristina la situazione antecedente la selezione e chiude la finestra **Dati Generali**.

3.3.2 Nodi e vincoli

Nella finestra visualizzata vengono mostrati i dati relativi ai nodi definiti e le caratteristiche di vincolo, fisso ed elastico, che ciascuno di essi possiede: i valori di input presenti nelle caselle possono essere modificati semplicemente riscrivendoli e/o inserendo/rimuovendo il segno di spunta.

In corrispondenza di ciascuna riga viene descritto, completamente e nelle unità di misura correnti, un nodo:

- vengono riportate le coordinate **X** e **Y** nel sistema di riferimento globale;
- sono specificati i gradi di libertà che possono essere bloccati inserendo nella colonna corrispondente un segno di spunta (si ricordi che **Wz** individua gli spostamenti lungo l'asse Z del sistema di riferimento generale, **Rx** e **Ry** indicano

le rotazioni con vettori rotazione contenuti nel piano del grigliato e concordi agli assi X,Y);

- si possono introdurre i valori numerici che rappresentano le rigidezze delle molle applicate al nodo in esame e che ne vincolano lo spostamento o la rotazione (le grandezze inserite nelle colonne **Vincolo elast. Rx** e **Vincolo elast. Ry** sono dimensionalmente $[F \cdot L \cdot A^{-1}]$ mentre **Vincolo elast. Wz** è $[F \cdot L^{-1}]$).

nodo	X	Y	Vincolo Rx	Vincolo Wz	Vincolo Ry	Vincolo elast. Rx	Vincolo elast. Wz	Vincolo elast. Ry
10	13.905	-0.78				0	0	0
11	15.405	-0.75				0	0	0
12	16.905	-0.7				0	0	0
13	18.405	-0.6				0	0	0
14	19.905	-0.49				0	0	0
15	21.405	-0.35				0	0	0
16	22.905	-0.18				0	0	0
17	24.96	0.1				0	0	0
18	0	1		✓		0	0	0
19	1.905	1				0	0	0

Nella parte inferiore della finestra sono presenti il bottone **Inserisci** che consente di inserire manualmente un nuovo nodo; il comando **Cancella** permette di eliminare un nodo precedentemente definito.

Per confermare le modifiche effettuate occorre premere il pulsante **Ok**; in caso contrario il pulsante **Annulla** ripristina la situazione antecedente la selezione e chiude la finestra **Nodi e vincoli**.

NOTA Nella parte inferiore delle finestre di input è presente un'icona a forma di triangolo che indica la direzione dell'avanzamento automatico del cursore quando da una data casella di testo della tabella si preme il tasto Invio/Enter. Per modificare questo avanzamento automatico si deve premere il tasto funzione **F4** oppure cliccare con il mouse sull'icona stessa.

3.3.3 Definizione aste

Nella finestra visualizzata vengono mostrati i dati relativi alle aste che costituiscono il graticcio analizzato: i valori di input e le caratteristiche presenti nelle caselle possono essere modificati semplicemente riscrivendoli e/o inserendo/rimuovendo un segno di spunta.

In corrispondenza di ciascuna riga viene descritta, completamente e nelle unità di misura correnti, un'asta:

- vengono riportati i **Nodo iniziale** e **Nodo finale** che individuano il sistema di riferimento locale per l'asta considerata, che poi sarà utile avere presente per inserire i carichi applicati all'asta;
- vi è la possibilità di introdurre delle cerniere ai nodi aventi lo scopo di impedire la trasmissione del momento tra l'asta in esame e le altre che concorrono nello stesso nodo (se non vengono inserite cerniere le aste che concorrono in un nodo si trasmetteranno la sollecitazione momento flettente, in funzione della loro effettiva rigidezza);

- si può specificare, mediante un menù a discesa, a quale elemento strutturale l'asta in oggetto appartiene. Questa informazione può essere omessa: l'asta apparterrà all'elemento strutturale 0;
- vengono abilitate/disabilitate mediante un segno di spunta la visualizzazione dell'etichetta (che può riportare una stringa identificativa dell'asta, la sua area, il momento d'inerzia e, per le aste su suolo elastico, anche il coefficiente di sottofondo) e quella della sezione relative all'asta.

Asta	Nodo iniziale	Cerniera iniz.	Nodo finale	Cerniera finale	Elemento strutturale	Disegna etichetta	Disegna sezione
14	14		15		Cordoli	✓	✓
15	15		16		Cordoli	✓	✓
16	16		17		Cordoli	✓	✓
17	18		19		Trave di bordo n° 1	✓	✓
18	19		20		Trave di bordo n° 1	✓	✓
19	20		21		Trave di bordo n° 1	✓	✓
20	21		22		Trave di bordo n° 1	✓	✓
21	22		23		Trave di bordo n° 1	✓	✓
22	23		24		Trave di bordo n° 1	✓	✓
23	24		25		Trave di bordo n° 1	✓	✓

Nella parte inferiore della finestra sono presenti il pulsante **Inserisci**, che consente di inserire manualmente una nuova asta, ed il pulsante **Cancella** permette di eliminare un'asta precedentemente definita.

NOTA L'inserimento in questa tabella di una nuova asta in posizione intermedia alle preesistenti aste non aggiorna i carichi applicati a queste ultime. Per inserire una nuova asta in un modello già completamente definito si consiglia di aggiungerla in fondo alla tabella.

Per confermare le modifiche effettuate occorre premere il pulsante **Ok**; in caso contrario il pulsante **Annulla** ripristina la situazione antecedente la selezione e chiude la finestra **Definizione aste**.

3.3.4 Caratteristiche aste

Nella finestra visualizzata vengono mostrate i dati relativi alle caratteristiche geometriche e meccaniche delle aste che costituiscono il graticcio analizzato: i valori di input e le caratteristiche presenti nelle caselle possono essere modificati semplicemente riscrivendoli.

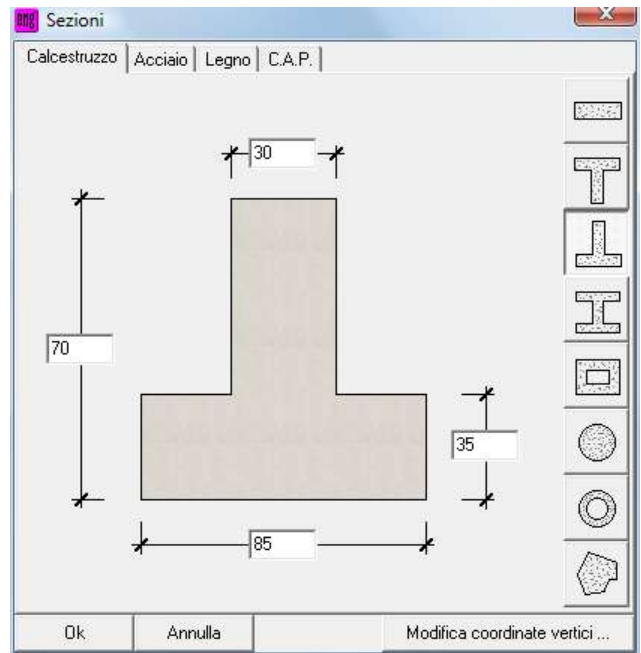
- nella colonna più a sinistra viene riportata la **Sezione** mediante la sua rappresentazione grafica. Cliccando con il mouse sulla cella corrispondente si abilita la gestione della sezione: la finestra, suddivisa in quattro pannelli per ciascuna tipologia (**Calcestruzzo**, **Legno**, **Acciaio** e **C.A.P.**), prevede un certo numero di sezioni standard che risultano di rapida descrizione sia grazie ad una utility di generazione automatica sia per mezzo di archivi forniti dal programma (modificabili e personalizzabili da parte dell'utente).

Nel primo pannello **Calcestruzzo** l'utente può creare molteplici sezioni (rettangolari piene e cave, a T diritte e rovescie, ad L, a doppio T, circolari piene e cave) selezionando l'icona di quella che vuole utilizzare dalla toolbar posta sulla parte destra della finestra e inserendo, nelle unità di misura correnti, le grandezze richieste.

Si ricordi che le sezioni circolari, piene o cave, vengono approssimate con dei poligoni: il programma richiede il numero dei lati da utilizzare.

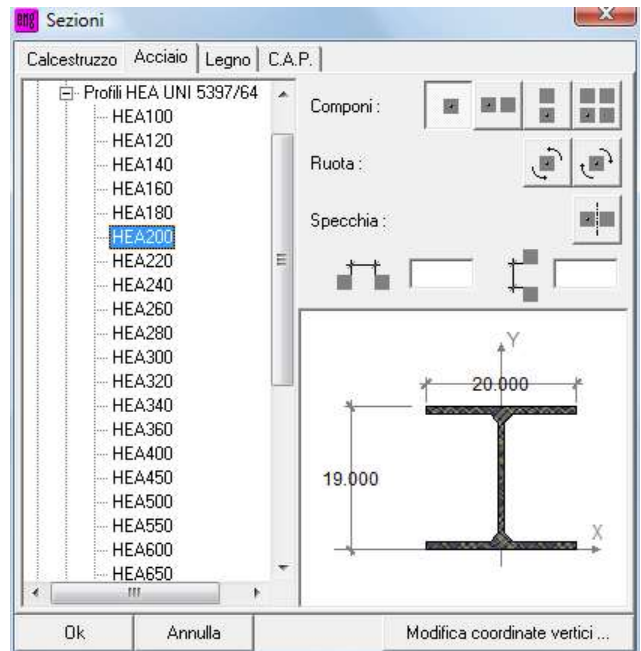
Il pulsante in basso **Modifica coordinate vertici...** apre l'editor di sezioni poligonali PRELIM e consente di inserire sezioni di calcestruzzo di forma qualunque.

Il pulsante  trasforma la sezione contenuta in memoria in una sezione di calcestruzzo di forma qualunque.



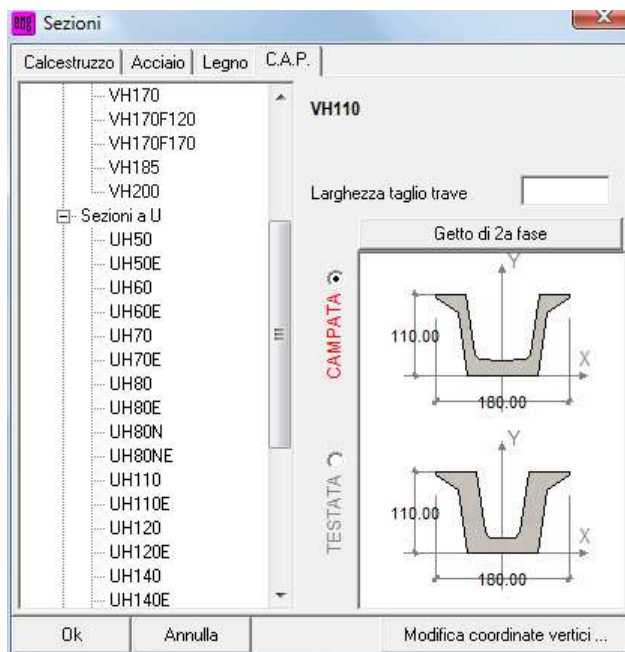
Il pannello **Acciaio** consente di scegliere dall'archivio sezioni in acciaio SEZIONI.ACC gestibile con un modulo esterno. In GRAT le sezioni possono essere composte con i tasti di composizione.

Se, dopo aver scelto una sezione dall'archivio, si utilizza il bottone **Modifica coordinate vertici...** e si modificano le coordinate della sezione, essa viene memorizzata con il nome originale seguito da ***modif.***.

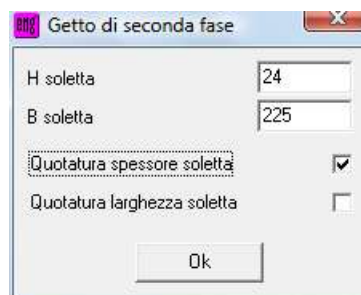


Il pannello **Legno** consente di inserire una sezione rettangolare con le opportune caratteristiche meccaniche del materiale.

Il pannello **C.A.P.** visualizza la scelta delle sezioni contenute nel file SEZIONI.CAP gestibile con un modulo esterno a GRAT. Le sezioni registrate in archivio possono essere tagliate in larghezza (solitamente per ridurre la larghezza delle ali) specificando una **Larghezza taglio trave** diversa da 0 e minore della larghezza propria del profilo. Può essere assegnata all'asta la sezione di campata oppure quella di testata.



Le sezioni possono essere composte con un getto integrativo eseguito in seconda fase (soletta da impalcato) cliccando con il mouse sul bottone **Getto di 2a fase**. Si apre una finestra che consente di specificare **H soletta** e **B soletta**, nelle unità di lunghezza correnti in cui compare anche l'opzione delle quotature delle grandezze scelte.



Il getto di seconda fase può essere modificato, come pure la forma della sezione del prefabbricato, accedendo al modulo PRELIM, usato come editor di geometria, tramite il pulsante **Modifica coordinate vertici...**

Nel pannello **C.A.P.** ed in quello delle sezioni in acciaio è possibile conoscere i parametri significativi della sezione visualizzata nel disegno posizionandosi sopra con il mouse e premendo il tasto destro: compare un menù locale che offre la possibilità di vedere i parametri.

Non tutti i parametri visualizzati vengono utilizzati da GRAT.

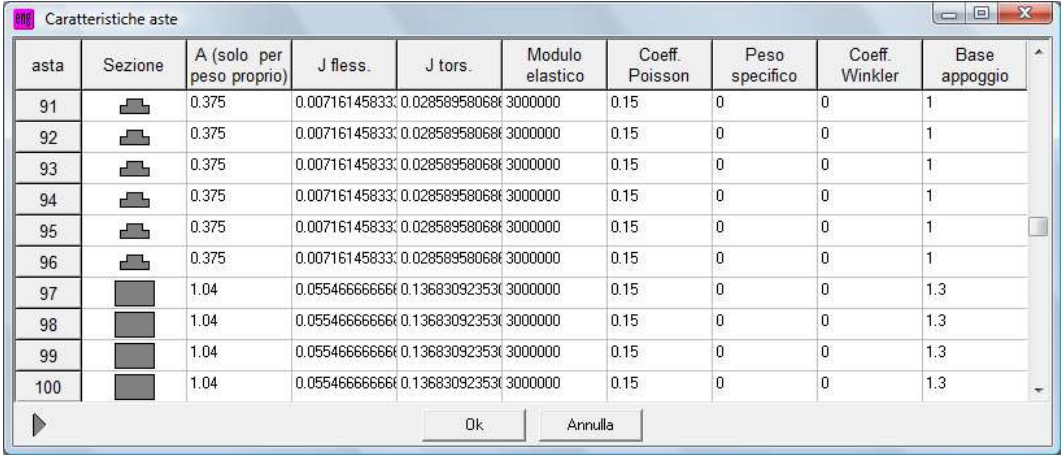
Per confermare le modifiche effettuate occorre premere il pulsante **Ok**; in caso contrario il pulsante **Annulla** ripristina la situazione antecedente la selezione e chiude la finestra riportando la visualizzazione alla tabella **Caratteristiche aste**.

- nelle colonne dalla 2 alla 6 sono riportati, nelle unità di misura correnti, i valori dell'area **A** [L^2] della sezione utilizzata, dei momenti di inerzia flessionali **J fless.** [L^4] e torsionali **J tors.** [L^4], il **Modulo elastico** [$F \cdot L^{-2}$] ed il **Coeff. Poisson.** [-]. Questi dati sono indispensabili per eseguire il calcolo

VH110		
Sezione in campata :		
Xg	0.00	cm
Yg	0.00	cm
Area	10813.44	cm ²
Jx	22146830.52	cm ⁴
Ct	9466043.00	cm ⁴
Ω	11460.00	cm ²
spess. anima	28.40	cm
perimetro Ω	431.00	cm
Sezione in testata :		
Xg	0.00	cm
Yg	82.04	cm
Area	13278.03	cm ²
Jx	24553935.37	cm ⁴
Ct	9466043.00	cm ⁴
Ω	9898.00	cm ²
spess. anima	55.60	cm
perimetro Ω	403.00	cm
Note modifiche :		
Data	Ora	Nota
15-08-2010	0:00	creazione archivio

della struttura poiché ne definiscono la rigidezza (ed il valore delle sollecitazioni dovute al peso proprio qualora sia stata attivata l'opzione **Calcolo automatico peso proprio aste** nella finestra **Dati generali** dal menù **Dati grigliato**). Si osservi che nel caso di precedente assegnazione di una specifica **Sezione** all'asta considerata i campi relativi a queste grandezze risultano già compilati: l'utente, tuttavia, può modificare i valori determinati in modo automatico o inserire quelli relativi ad una nuova asta direttamente senza dover definire la geometria della sezione.

- viene riportato il valore del **Peso specifico** $[F \cdot L^{-3}]$ del generico materiale impiegato. Si osservi che tale dato, comunque modificabile, viene utilizzato dal programma solo se è stata attivata l'opzione **Calcolo automatico peso proprio aste** nella finestra **Dati generali** dal menù **Dati grigliato**.
- valori del **Coeff Winkler** $[F \cdot L^{-3}]$ e della **Base d'appoggio** $[L]$ nel caso si voglia inserire un vincolo elastico continuo lungo l'asta con il modello del letto di molle o di Winkler. Il programma, infatti, permette di effettuare una simile analisi inserendo nei corrispondenti campi il valore del coefficiente di Winkler del suolo su cui insisterà l'asta-fondazione e la larghezza di quest'ultima lungo la quale si esplica la pressione di contatto.



asta	Sezione	A (solo per peso proprio)	J fless.	J tors.	Modulo elastico	Coeff. Poisson	Peso specifico	Coeff. Winkler	Base appoggio
91		0.375	0.00716145833	0.02858958068	3000000	0.15	0	0	1
92		0.375	0.00716145833	0.02858958068	3000000	0.15	0	0	1
93		0.375	0.00716145833	0.02858958068	3000000	0.15	0	0	1
94		0.375	0.00716145833	0.02858958068	3000000	0.15	0	0	1
95		0.375	0.00716145833	0.02858958068	3000000	0.15	0	0	1
96		0.375	0.00716145833	0.02858958068	3000000	0.15	0	0	1
97		1.04	0.05546666666	0.13683092353	3000000	0.15	0	0	1.3
98		1.04	0.05546666666	0.13683092353	3000000	0.15	0	0	1.3
99		1.04	0.05546666666	0.13683092353	3000000	0.15	0	0	1.3
100		1.04	0.05546666666	0.13683092353	3000000	0.15	0	0	1.3

Per confermare le modifiche effettuate occorre premere il pulsante **“Ok”** presente nella parte inferiore della finestra; in caso contrario il pulsante **“Annulla”** ripristina la situazione antecedente la selezione e chiude la finestra **“Caratteristiche aste”**.

3.3.5 Carichi

Nel seguito vengono illustrate le modalità d'inserimento e le caratteristiche di tutte le tipologie di carico che sono previste nel programma **GRAT**.

Si precisa che nel caso un'asta è supposta su suolo elastico (ovvero sono stati definiti un **Coefficiente di sottofondo** e la **Base di appoggio**) non possono essere ad essa applicati i carichi parziali e quelli concentrati; sono ammessi, al contrario, sia i carichi distribuiti che quelli concentrati. Nel caso di carichi agenti in un punto interno dell'asta, tuttavia, risulta conveniente inserire un nodo in corrispondenza di tale punto e definire il carico che si intende applicare come di tipo nodale.

NEW! Dalla edizione 9.4 tutte le tabelle consentono di ordinare le righe in ordine crescente o decrescente di valore contenuto, numeri o stringhe di caratteri. Nel secondo caso l'ordine sarà alfabetico. L'operazione si compie cliccando con il mouse sulla casella di intestazione della colonna corrispondente; cliccando nuovamente si inverte il criterio di ordinamento.

3.3.5.1 Carichi nodali

Nella finestra visualizzata, dopo aver selezionato il comando bottone **Inserisci** nella parte inferiore, si procede alla definizione di un carico nodale. È possibile specificarne: una **Descrizione** identificatrice (visualizzabile sia in fase di input che di output); la **Condizione** alla quale appartiene (nel menù a discesa corrispondente sono presenti tutte e sole le condizioni definite nel pannello **Condizioni di carico** della finestra **Dati generali** dal menù **Dati grigliato**); il numero del **Nodo** al quale applicarlo; l'**Intensità** ($[F]$ per comp. W_z , $[F \cdot L]$ per comp. R_x e R_y); la direzione di applicazione **Comp.**. In riferimento a quest'ultima si osservi che l'utente può effettuare la scelta mediante un menù a discesa: il carico nodale lungo **Wz** è una forza concentrata agente nella direzione dell'asse Z del sistema di riferimento generale e positivo se ad esso concorde; **Rx** e **Ry** rappresentano, invece, delle coppie applicate al nodo con vettore momento coincidente con gli assi X e Y del sistema di riferimento generale e positive seconda la regola della vite destrorsa.

carico n.	Descrizione	Condizione	Nodo	Intensità	Comp.	Disegna etichetta
1		Permanenti portati	44	-235	Wz	☒
2		Accidentali	45	-1200	Ry	☒

Ok Annulla Inserisci Cancella

Per ciascun carico nodale introdotto, inoltre, l'utente può attivare, mediante un segno di spunta, l'opzione di visualizzazione **Disegna etichetta**: in tal caso nel grafico vengono riportati la descrizione, la condizione di carico e l'intensità.

Nella parte inferiore della finestra sono presenti il comando **Inserisci** che consente di inserire manualmente una nuovo carico nodale (la nuova riga viene inserita prima delle riga che contiene il focus, ossia la riga attiva); il comando **Cancella** permette di eliminare un carico precedentemente definito.

Per confermare le modifiche effettuate occorre premere il pulsante **Ok**; in caso contrario il pulsante **Annulla** ripristina la situazione antecedente la selezione e chiude la finestra **Carichi nodali**.

3.3.5.2 Carichi distribuiti

Nella finestra visualizzata, dopo aver selezionato il comando bottone **Inserisci** nella parte inferiore, si procede alla definizione di un carico distribuito. È possibile specificarne: una descrizione identificatrice (visualizzabile sia in fase di input che di output); la condizione alla quale appartiene (nel menù a discesa corrispondente sono presenti tutte e sole le condizioni definite nel pannello **Condizioni di carico** della finestra **Dati generali** dal menù **Dati grigliato**); il numero dell'asta alla quale deve essere applicato. L'utente, inoltre, mediante i dati inseriti nelle caselle **Comp. Wz iniziale** e **Comp. Wz finale** può definire, nelle unità di misura correnti, l'intensità $[F \cdot L^{-1}]$ iniziale e finale del carico distribuito agente lungo la direzione Z del sistema di riferimento: la possibilità di distinguere il valore iniziale da quello finale consente di descrivere non solo un carico uniformemente distribuito (valori uguali) ma anche uno distribuito in modo triangolare (uno dei valori è nullo) oppure trapezoidale (valori distinti e non nulli) o in ultimo anche a "farfalla" (valori non nulli di segno opposto). Per ciascun carico distribuito inserito, poi, è possibile assegnare i valori iniziale e finale delle coppie torcenti distribuite lungo l'asta considerata: nelle caselle **Comp. Rx' iniziale** e **Comp. Ry' finale** si definiscono, nelle unità di misura correnti, l'intensità $[F \cdot L \cdot L^{-1}] = [F]$ iniziale e finale di tali coppie torcenti che possono risultare

distribuite in modo uniforme (valori uguali), triangolare (uno dei valori è nullo) oppure trapezoidale (valori distinti e non nulli).

Il segno delle coppie viene determinato con la regola della vite destrorsa.

carico n.	Descrizione	Condizione	Asta	Comp. Wz iniziale	Comp. Wz finale	Comp. Rx' iniziale	Comp. Rx' finale	Disegna etichetta
13	Pavimentazione + cordoli Permanenti portati		29	-7	-7	0	0	
14	Pavimentazione + cordoli Permanenti portati		30	-7	-7	0	0	
15	Pavimentazione + cordoli Permanenti portati		31	-7	-7	0	0	
16	Pavimentazione + cordoli Permanenti portati		32	-7	-7	0	0	☒
17	Pavimentazione + cordoli Permanenti portati		33	-7	-7	0	0	
18	Pavimentazione + cordoli Permanenti portati		34	-7	-7	0	0	
19	Pavimentazione + cordoli Permanenti portati		35	-7	-7	0	0	
20	Pavimentazione + cordoli Permanenti portati		36	-7	-7	0	0	

Per ciascun carico distribuito introdotto, inoltre, l'utente può attivare, mediante un segno di spunta, l'opzione di visualizzazione **Disegna etichetta**: in tal caso nel grafico vengono riportati la descrizione, la condizione di carico e le intensità delle diverse componenti.

Nella parte inferiore della finestra sono presenti il comando **Inserisci** che consente di inserire manualmente una nuovo carico distribuito (la nuova riga viene inserita prima delle riga che contiene il focus, ossia la riga attiva); il comando **Cancella** permette di eliminare un carico precedentemente definito.

Per confermare le modifiche effettuate occorre premere il pulsante **Ok**; in caso contrario il pulsante **Annulla** ripristina la situazione antecedente la selezione e chiude la finestra **Carichi distribuiti**.

3.3.5.3 Carichi parziali

Nella finestra visualizzata, dopo aver selezionato il comando bottone **Inserisci** nella parte inferiore, si procede alla definizione di un carico parziale. È possibile specificarne: una **Descrizione** identificatrice (visualizzabile sia in fase di input che di output); la **Condizione** alla quale appartiene (nel menù a discesa corrispondente sono presenti tutte e sole le condizioni definite nel pannello **Condizioni di carico** della finestra **Dati generali** dal menù **Dati grigliato**); il numero dell'asta alla quale deve essere applicato. L'utente, inoltre, mediante i dati inseriti nelle caselle **Comp. Wz iniziale** e **Comp. Wz finale** può definire, nelle unità di misura correnti, l'intensità $[F L^{-1}]$ iniziale e finale del carico parziale agente lungo la direzione Z del sistema di riferimento: la possibilità di distinguere il valore iniziale da quello finale consente di descrivere non solo un carico parziale uniformemente distribuito (valori uguali) ma anche uno parziale distribuito in modo triangolare (uno dei valori è nullo) oppure trapezoidale (valori distinti e non nulli). Per ciascun carico parziale inserito, poi, è possibile assegnare i valori iniziale e finale delle coppie torcenti distribuite parzialmente lungo l'asta considerata: nelle caselle **Comp. Rx' iniziale** e **Comp. Ry' finale** si definiscono, nelle unità di misura correnti, l'intensità $[F L L^{-1}] = [F]$ iniziale e finale di tali coppie torcenti che possono risultare distribuite parzialmente in modo uniforme (valori uguali), triangolare (uno dei valori è nullo) oppure trapezoidale (valori distinti e non nulli). Il segno delle coppie viene determinato con la regola della vite destrorsa.

La descrizione del carico parziale viene completata specificandone, nelle unità di misura correnti, la posizione lungo l'asse longitudinale dell'asta. Si osservi che l'individuazione della linea di applicazione del carico parziale viene effettuata definendo un sistema di riferimento locale secondo il quale l'asse X ha origine nel punto individuato come **Nodo iniziale** dell'asta considerata (visualizzabile nella finestra **Definizione aste** dal menù **Dati grigliato**): il carico, pertanto, può essere posizionato ad una distanza **X'iniziale** e **X'finale** [L] da tale punto.

carico n.	Descrizione	Condizione	Asta	Comp. Wz iniziale	Comp. Wz finale	Comp. Rx' iniziale	Comp. Rx' finale	X' iniziale	X' finale	Disegna etichetta
1		Permanenti portati	22	-1.55	-1.55			25	125	☒
2		Accidentali	44			1375.5	1375.5	0	75	☒

Ok Annulla Inserisci Cancella

Per ciascun carico parziale introdotto, inoltre, l'utente può attivare, mediante un segno di spunta, l'opzione di visualizzazione **Disegna etichetta**: in tal caso nel grafico vengono riportati la descrizione, la condizione di carico, le intensità delle diverse componenti e la posizione.

Nella parte inferiore della finestra sono presenti il comando **Inserisci** che consente di inserire manualmente una nuovo carico parziale (la nuova riga viene inserita prima delle riga che contiene il focus, ossia la riga attiva); il comando **Cancella** permette di eliminare un carico precedentemente definito.

Per confermare le modifiche effettuate occorre premere il pulsante **Ok**; in caso contrario il pulsante **Annulla** ripristina la situazione antecedente la selezione e chiude la finestra **Carichi parziali**.

3.3.5.4 Carichi concentrati

Nella finestra visualizzata, dopo aver selezionato il comando bottone **Inserisci** nella parte inferiore, si procede alla definizione di un carico concentrato. È possibile specificarne: una **Descrizione** identificatrice (visualizzabile sia in fase di input che di output); la **Condizione** alla quale appartiene (nel menù a discesa corrispondente sono presenti tutte e sole le condizioni definite nel pannello **Condizioni di carico** della finestra **Dati generali** dal menù **Dati grigliato**); il numero dell'asta alla quale deve essere applicato; l'**Intensità** [F] nelle unità di misura correnti (si ricordi che il segno positivo indica un carico concentrato concorde alla direzione dell'asse Z del sistema di riferimento).

La descrizione del carico concentrato viene completata specificandone, nelle unità di misura correnti, la posizione lungo l'asse longitudinale dell'asta. Si osservi che l'individuazione del punto di applicazione del carico parziale viene effettuata definendo un sistema di riferimento locale secondo il quale l'asse X ha origine nel punto individuato come **Nodo iniziale** dell'asta considerata (visualizzabile nella finestra **Definizione aste** dal menù **Dati grigliato**): il carico, pertanto, può essere posizionato ad una distanza [L] **Distanza da nodo iniziale** da tale punto.

carico n.	Descrizione	Condizione	Asta	Carico Wz	Distanza da nodo iniziale	Disegna etichetta
1	Treno di carico	Accidentali	132	-127.53	1	☐
2	Treno di carico	Accidentali	137	-127.53	1	☐
3	Treno di carico	Accidentali	142	-127.53	1	☐
4	Treno di carico	Accidentali	133	-127.53	1.2	☐
5	Treno di carico	Accidentali	138	-127.53	1.2	☐
6	Treno di carico	Accidentali	143	-127.53	1.2	☐
7	Treno di carico	Accidentali	134	-63.765	0.32	☐
8	Treno di carico	Accidentali	139	-63.765	0.32	☐

Ok Annulla Inserisci Cancella

Per ciascun carico concentrato introdotto, inoltre, l'utente può attivare, mediante un segno di spunta, l'opzione di visualizzazione **Disegna etichetta**: in tal caso nel grafico vengono riportati la descrizione, la condizione di carico e l'intensità.

Nella parte inferiore della finestra sono presenti il comando **Inserisci** che consente di inserire manualmente un nuovo carico concentrato (la nuova riga viene inserita prima della riga che contiene il focus, ossia la riga attiva); il comando **Cancella** permette di eliminare un carico precedentemente definito.

Per confermare le modifiche effettuate occorre premere il pulsante **Ok**; in caso contrario il pulsante **Annulla** ripristina la situazione antecedente la selezione e chiude la finestra **Carichi concentrati**.

3.3.5.5 Coppie

Nella finestra visualizzata, dopo aver selezionato il comando bottone **Inserisci** nella parte inferiore, si procede alla definizione di una coppia, flettente e/o torcente, agente in modo concentrato. È possibile specificarne: una **Descrizione** identificatrice (visualizzabile sia in fase di input che di output); la **Condizione** alla quale appartiene (nel menù a discesa corrispondente sono presenti tutte e sole le condizioni definite nel pannello **Condizioni di carico** della finestra **Dati generali** dal menù **Dati grigliato**); il numero dell'**Asta** alla quale deve essere applicato; le l'intensità [F L], nelle unità di misura correnti, sia della eventuale componente torcente **Mx' (torcente)** che di quella flettente **My' (flettente)** che risultano applicate in un punto con vettore momento coincidente rispettivamente con gli assi X e Y del sistema di riferimento locale dell'asta e si devono intendere positive secondo la regola della vite destrorsa.

La descrizione della coppia viene completata specificandone, nelle unità di misura correnti, la posizione lungo l'asse longitudinale dell'asta. Si osservi che l'individuazione del punto di applicazione della coppia viene effettuata definendo un sistema di riferimento locale secondo il quale l'asse X ha origine nel punto individuato come **Nodo iniziale** dell'asta considerata (visualizzabile nella finestra **Definizione aste** dal menù **Dati grigliato**): la coppia, pertanto, può essere posizionata ad una distanza **Distanza da nodo iniziale** da tale punto.

coppia n.	Descrizione	Condizione	Asta	Mx' (torcente)	My' (flettente)	Distanza da nodo iniziale	Disegna etichetta
1		Accidentali	120	256000		56	☒

Ok Annulla Inserisci Cancella

Per ciascuna coppia concentrata introdotta, inoltre, l'utente può attivare, mediante un segno di spunta, l'opzione di visualizzazione **Disegna etichetta**: in tal caso nel grafico vengono riportati la descrizione, la condizione di carico e l'intensità delle componenti.

Nella parte inferiore della finestra sono presenti il comando **Inserisci** che consente di inserire manualmente una nuova coppia concentrata (la nuova riga viene inserita prima della riga che contiene il focus, ossia la riga attiva); il comando **Cancella** permette di eliminare una coppia precedentemente definita.

Per confermare le modifiche effettuate occorre premere il pulsante **Ok**; in caso contrario il pulsante **Annulla** ripristina la situazione antecedente la selezione e chiude la finestra **Coppie concentrate sulle aste**.

3.3.5.6 Carichi termici

Nella finestra visualizzata, dopo aver selezionato il comando bottone **Inserisci** nella parte inferiore, si procede alla definizione di un carico termico.

Un carico termico può simulare, oltre che una reale distribuzione non uniforme di temperatura sulla struttura, una qualsiasi coazione interna dei materiali che compongono la struttura. Un esempio può essere costituito da un fenomeno reologico del calcestruzzo che si sviluppa in maniera diversa al lembo inferiore rispetto a quello superiore della trave.

È possibile specificarne: una **Descrizione** identificatrice (visualizzabile sia in fase di input che di output); la **Condizione** alla quale appartiene (nel menù a discesa corrispondente sono presenti tutte e sole le condizioni definite nel pannello **Condizioni di carico** della finestra **Dati generali** dal menù **Dati grigliato**); il numero dell'**Asta** alla quale deve essere applicato; il valore **Delta T inf-sup**, nell'unità di temperatura corrente [T], della differenza di temperatura tra il bordo inferiore e quello superiore della sezione dell'asta (un segno positivo porta ad un maggiore allungamento delle fibre inferiori rispetto a quelle superiori dell'asta, e quindi porta ad una distorsione dell'asta stessa con inflessione verso le Z negative); il valore del **Coefficiente termico** [T^{-1}] del materiale ($1.2 \cdot 10^{-5} [C^{-1}]$ è un valore appropriato per acciaio e calcestruzzo); **Altezza sezione** [L] per determinare la curvatura conseguente alla differenza di allungamento tra bordo inferiore e bordo superiore dell'asta.

carico n.	Descrizione	Condizione	Asta	Delta T inf-sup	Coefficiente termico	Altezza sezione
1		<non assegnato>	100	15	0.00001	80

Nella parte inferiore della finestra sono presenti il comando **Inserisci** che consente di inserire manualmente un nuovo carico termico (la nuova riga viene inserita prima della riga che contiene il focus, ossia la riga attiva); il comando **Cancella** permette di eliminare un carico precedentemente definito.

Per confermare le modifiche effettuate occorre premere il pulsante **Ok**; in caso contrario il pulsante **Annulla** ripristina la situazione antecedente la selezione e chiude la finestra **Carichi termici**.

3.3.5.7 Distribuiti sul piano X,Y

L'elemento base dei carichi distribuiti sul piano X,Y è rappresentato da un poligono, che viene descritto dall'utente tramite un arbitrario numero di vertici che delimita l'area caricata. Su questa area insiste una pressione costante, positiva se concorde all'asse Z, nelle unità di misura correnti [$F \cdot L^{-2}$]. Non c'è alcun vincolo reciproco tra i nodi del graticcio ed i vertici del poligono, che possono essere posizionati comunque sul piano X,Y.

Le coordinate dei vertici del poligono devono essere inserite nell'apposita finestra **Poligono area soggetta a carico** aprendo facendo un click all'interno della colonna geometria.

La geometria del poligono di area A e la pressione p su di esso agente definiscono completamente il carico $Q=p \cdot A$, ma il programma ha bisogno di alcune regole aggiuntive per poterlo trattare in maniera corretta. Esso deve infatti trasferirlo alle aste del graticcio nel modo più opportuno e congruente con le ipotesi adottate nel modello di calcolo.

A questo scopo l'utente deve indicare al programma una direzione di ripartizione del carico (indicata nei grafici dalla grossa doppia freccia) lungo la quale andare ad intercettare le aste a cui trasferire il carico.

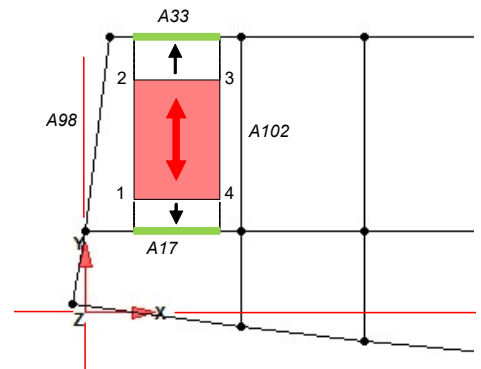
Nella figura seguente il carico applicato alla zona rettangolare evidenziata viene trasferito alle aste 17 e 33.

Il trasferimento interessa solo le zone centrali delle due aste, individuate in figura dalle linee verdi.

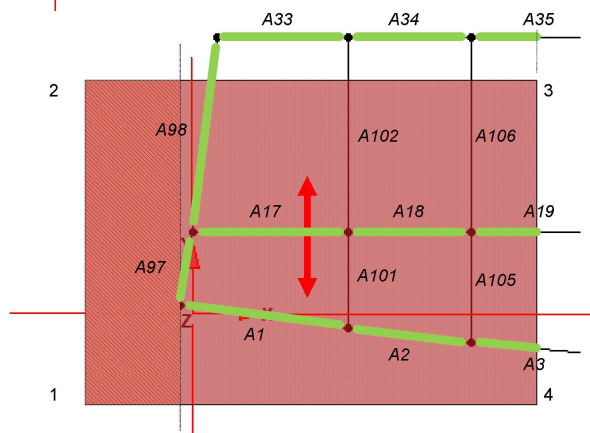
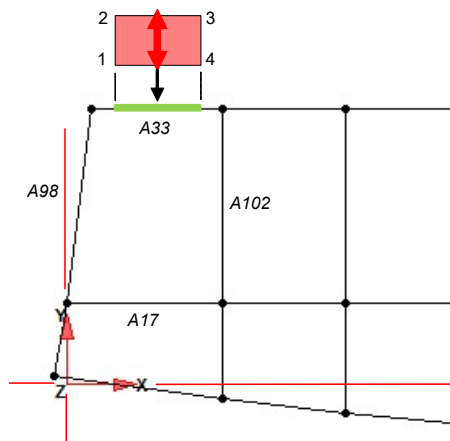
Nell'operare il trasferimento l'algoritmo mantiene la posizione della risultante del carico lungo la direzione di ripartizione.

I carichi applicati al modello saranno in generale:

1. carichi distribuiti verticali parziali sull'asta
2. carichi coppie torcenti distribuite parziali sull'asta.



Se la zona caricata si trova esternamente alle maglie del graticcio essa viene trasferita all'asta di bordo come se si trattasse di una mensola, ed il carico sull'asta sarà un carico verticale distribuito più una distribuzione di coppie torcenti sull'asta.

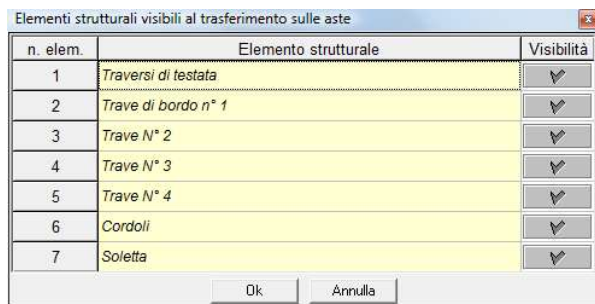


Si possono verificare casi in cui tutto il carico o parte di esso non trova collocazione sulle aste del modello; nel caso rappresentato nella figura seguente il carico appartenente alla zona tratteggiata di sinistra evidentemente non può essere assegnata ad alcuna asta, e viene perciò scartata dall'algoritmo. Nell'output viene quantificato il carico che non è stato inserito nel modello, per un giusto controllo del progettista. Ovviamente cambiando

la direzione di ripartizione si modifica il criterio di assegnazione alle aste e in generale cambia anche l'aliquota di carico scartato.

Un'ulteriore regola di trasferimento del carico alle aste del modello viene data al programma indicando quali sono le aste "visibili" all'algoritmo di trasferimento. Nel caso della figura precedente le aste 101,102,105,106 non hanno carico assegnato perchè sono parallele alla direzione di ripartizione; le aste 96,97 invece sono state caricate. Utilizzando la regola di visibilità delle aste si sarebbe potuto evitare l'assegnazione a queste ultime aste rendendole "non visibili" a questo carico.

Per definire la visibilità delle aste bisogna accedere alla finestra appropriata tramite il bottone **Trasferim. ad aste**.



Per poter utilizzare questa funzionalità è necessario che le aste siano state raggruppate in *elementi strutturali*; nel caso in cui vi sia la necessità di una scelta più selettiva bisognerà definire un apposito elemento strutturale e inserire in quest'ultimo le aste da trattare in modo particolare.

La visibilità così definita verrà applicata a tutti i carichi distribuiti sul piano X,Y.

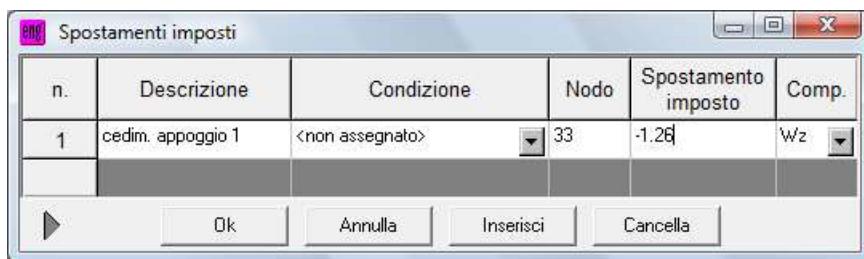
Ogni poligono appartiene ad un gruppo di poligoni, che possono essere differenziati per pressione applicata, oltre che per geometria. All'interno di ogni poligono la pressione è costante.

Ogni gruppo di poligoni può inoltre essere riposizionato nel piano X,Y inserendo dei valori non nulli nei campi **Posizionamento** ΔX e ΔY .

Trattandosi di carichi, per entrare nel calcolo ogni gruppo deve essere assegnato ad una condizione di carico, tramite la quale il carico riceve anche la classificazione in termini di variabilità.

3.3.6 Cedimenti imposti

Nella finestra visualizzata, dopo aver selezionato il comando bottone **Inserisci** nella parte inferiore, si procede alla definizione di un cedimento anelastico imposto ad un nodo da parte dell'utente. È possibile specificarne: una **Descrizione** identificatrice (visualizzabile sia in fase di input che di output); la **Condizione** alla quale appartiene (nel menù a discesa corrispondente sono presenti tutte e sole le condizioni definite nel pannello **Condizioni di carico** della finestra **Dati generali** dal menù **Dati grigliato**); il numero del nodo al quale applicarlo; il valore, nelle unità di misura correnti ([L] per comp. Wz, [A] per comp. Rx e Ry), dello **Spostamento imposto**; la direzione di applicazione che può appartenere al piano XY o essere ad esso ortogonale.



Nella parte inferiore della finestra sono presenti il comando **Inserisci** che consente di inserire manualmente una nuovo cedimento imposto (la nuova riga viene inserita prima delle righe che contengono il focus, ossia la riga attiva); il comando **Cancella** permette di eliminare un cedimento precedentemente definito.

Per confermare le modifiche effettuate occorre premere il pulsante **Ok**; in caso contrario il pulsante **Annulla** ripristina la situazione antecedente la selezione e chiude la finestra **Cedimenti imposti**.

3.3.7 Le quotature

Selezionando il comando **Quotature** compare la finestra nella quale l'utente può personalizzare la visualizzazione delle quotature nel grafico che rappresenta il grigliato al fine di renderne migliore la comprensione.

In ciascuna riga può essere introdotta una quotatura identificata e orientata dal **nodo 1** al **nodo 2**; essa, inoltre, può essere parallela all'asse **X**, parallela all'asse **Y** o parallela alla

linea individuata dai due vertici scelti “=” (è sufficiente inserire un segno di spunta nella casella della colonna corrispondente). Infine è possibile indicare, nelle unità di misura correnti, la **Distanza** tra la retta che contiene la quotatura e il Nodo 1.

Nella parte inferiore della finestra sono presenti il comando **Inserisci** che consente di inserire manualmente una nuova quotatura tra due nodi (la nuova riga viene inserita prima delle riga che contiene il focus , ossia la riga attiva); il comando **Cancella** permette di eliminare una quotatura precedentemente definita.

Per confermare le modifiche effettuate occorre premere il pulsante **Ok**; in caso contrario il pulsante **Annulla** ripristina la situazione antecedente la selezione e chiude la finestra **Quotature**.

quota	nodo 1	nodo 2	X	Y	=	Distanza
1	1	2			☒	-1.33
2	2	3			☒	-1.33
3	3	4			☒	-1.33
4	4	5			☒	-1.33
5	5	6			☒	-1.33

▶ Ok Annulla Inserisci Cancella

3.4 Menù “Calcolo”

Si analizzano le opzioni presenti nel menù **Calcolo**. Questo menù può essere attivato mediante i tasti di scelta rapida ALT+C.

3.4.1 Coefficienti S.L.

Coefficienti S.L.

Attivazione situazioni

S.L.U.

- SLU Persistenti/Transitorie STR ☒
- SLU Persistenti/Transitorie GEO ☐
- SLU Eccezionali ☐
- SLU Sismiche (collasso) ☐

S.L.E.

- SLE Rare ☒
- SLE Frequenti ☒
- SLE Quasi Permanenti ☒
- SLE Sismiche (danno) ☐

Azioni variabili - Coefficienti psi | Condizioni non contemporanee

Fattori di sicurezza parziali

		EQU	STR	GEO
Permanenti	$\gamma_{G1,inf}$	0.9	1	1
	$\gamma_{G1,sup}$	1.1	1.3	1
Permanenti non strutturali	$\gamma_{G2,inf}$	0	0	0
	$\gamma_{G2,sup}$	1.5	1.5	1.3
Azioni variabili	$\gamma_{Q,inf}$	0	0	0
	$\gamma_{Q,sup}$	1.5	1.5	1.3
Azioni traffico stradale	$\gamma_{traff,inf}$	0	0	0
	$\gamma_{traff,sup}$	1.35	1.35	1.15
Viscosità, cedimenti	$\gamma_{T,inf}$	0	0	0
	$\gamma_{T,sup}$	1.2	1.2	1
Precompressione	$\gamma_{P,inf}$		1	
	$\gamma_{P,sup}$		1	

Ok Annulla

Il comando risulta attivo solo se è stata scelta come normativa di riferimento le NTC2018 o gli Eurocodici dal pannello **Dati generali grigliato** dal menù **Dati grigliato**.

Nel riquadro **Attivazione situazioni** si possono selezionare le *situazioni* da considerare nel calcolo. Nella finestra **Combinazioni di carico - Stati Limite** (vedi oltre) saranno presenti solo i pannelli delle situazioni spuntate in questo riquadro.

Nei pannelli sottostanti si possono modificare i coefficienti di sicurezza dei carichi. Si sottolinea che questi coefficienti non verranno applicati ai carichi fintanto che non venga utilizzato il pulsante **Genera combinazioni di carico - Stati Limite**.

Nella stessa operazione di generazione delle combinazioni verranno utilizzati i **Coefficienti psi** delle azioni variabili presenti nel corrispondente pannello.

Tramite la colonna **Dominante** è possibile indicare alla procedura di generazione delle combinazioni di carico se escludere le combinazioni che vedono la corrispondente azione come di base (cfr. NTC2018-2.5.2)

La figura seguente illustra il criterio di generazione delle combinazioni di GRAT nell'ipotesi di presenza di carichi permanenti (distinti in tipo G1 e G2 come previsto dalla NTC2018, qui indicati rispettivamente come G_{pp} e G_{perm}) e di carichi accidentali di varia natura.

Fattori di sicurezza parziali				
Azioni variabili - Coefficienti psi		Condizioni non contemporanee		
Azione	ψ_0	ψ_1	ψ_2	Dominante
(R2) Traffico tab.5.1.IV gr1/UDL	0.4	0.4	0	☒
(R2) Traffico tab.5.1.IV gr1/UDL	0.4	0.4	0	☒
(R2) Traffico tab.5.1.IV gr1/UDL	0.4	0.4	0	☒
(R1) Traffico tab.5.1.IV gr1/tandem	0.75	0.75	0	☒
Cancella azioni non utilizzate ☐				

3.4.2 Combinazioni

Nella finestra principale vengono visualizzate le combinazioni di carico in funzione della normativa di riferimento prescelta.

Nel caso sia stata scelta la normativa che prevede una verifica alle Tensioni Ammissibili comparirà a video un'unica tabella nella quale l'utente deve definire i coefficienti moltiplicativi dei carichi definiti (tipicamente 1.0): per mezzo del comando **Inserisci** si possono introdurre tante righe quante sono le combinazioni desiderate. Per eliminare una combinazione precedentemente definita occorre selezionarla ed eseguire il comando **Cancella**. Per confermare le modifiche effettuate occorre premere il pulsante **Ok** presente nella parte inferiore della finestra; in caso contrario il pulsante **Annulla** ripristina la situazione antecedente la selezione e chiude la finestra **Combinazioni**.

comb. (16)	Permanenti G1	Permanenti G2	Traffico - UD L camp.1	Traffico - UD L camp.2	Traffico - UD L camp.3	Traffico - as si X=90.00	Traffico - as si X=1290.00	Traffico - as si X=4580.00
1	1.3	1.5	0	0	0	0	0	0
2	1	1.5	0	0	0	0	0	0
3	1.3	0	0	0	0	0	0	0
4	1	0	0	0	0	0	0	0
5	1.3	1.5	1.35	0	1.35	1.35	0	0
6	1	1.5	1.35	0	1.35	1.35	0	0
7	1.3	0	1.35	0	1.35	1.35	0	0
8	1	0	1.35	0	1.35	1.35	0	0
9	1.3	1.5	1.35	0	1.35	0	1.35	0
10	1	1.5	1.35	0	1.35	0	1.35	0

Nel caso sia stata scelta una normativa agli Stati Limite verrà visualizzata una finestra composta da tanti pannelli quante sono le combinazioni che si è deciso di effettuare mediante l'attivazione, con un segno di spunta, delle corrispondenti opzioni presenti nella parte superiore della finestra **Combinazioni S.L.** del menù **Calcolo**.

In ciascun pannello l'utente, mediante il bottone **Genera combinazioni**, può generare le combinazioni compatibili con lo stato limite considerato che rispettano le regole di combinazione definite nei pannelli della finestra **Combinazioni S.L.** del menù **Calcolo**. Si possono modificare le combinazioni in questo modo generate semplicemente riscrivendo i valori inseriti; è possibile, inoltre, procedere alla definizione di una nuova condizione dopo aver premuto il comando bottone **Inserisci** o cancellarne una mediante il bottone **Cancella**.

Per confermare le modifiche effettuate occorre premere il pulsante **Ok**; in caso contrario il pulsante **Annulla** ripristina la situazione antecedente la selezione e chiude la finestra **Combinazioni**.

3.4.3 Calcolo

Il comando, che può essere attivato anche mediante il tasto di scelta rapida F3, permette di eseguire il calcolo di tutte le sollecitazioni agenti sul grigliato secondo le modalità precedentemente definite.

Si ricordi che qualora fossero stati definiti erroneamente nodi o aste non collegate al grigliato principale il programma non esegue il calcolo e invia un messaggio di errore.

3.5 Menù “Vista”

Si analizzano le opzioni presenti nel menù **Vista**. Questo menù può essere attivato mediante i tasti di scelta rapida ALT+V.

3.5.1 Vista

Il comando permette di accedere alle seguenti opzioni di vista dell’area di lavoro per le quali si riporta la combinazione di tasti di scelta rapida:

Zoom Estensione	
Zoom Window	
Zoom Precedente	
Zoom Tutto	
Zoom In	Shift + Ctrl + F
Zoom Out	Shift + Ctrl + A
Pan Nord	Shift + Ctrl + E
Pan Sud	Shift + Ctrl + X
Pan Est	Shift + Ctrl + D
Pan Ovest	Shift + Ctrl + S
Vista assonometrica dx	Shift + Ctrl + R
Vista assonometrica sx	Shift + Ctrl + Q
Vista in pianta	Shift + Ctrl + C

Si osservi che il comando **Zoom precedente** risulta non attivo fino a quando non sono stati eseguiti degli **Zoom window**.

Il comando **Pan**, attivato per mezzo della combinazione di tasti o mediante il relativo bottone sulla barra degli strumenti, permette di spostare tutto il grafico visualizzato all’interno dell’area di lavoro: lo spostamento eseguito utilizzando il mouse (ovvero tenendo premuto il tasto sinistro del mouse e trascinando il disegno nella nuova posizione dove si rilascia il pulsante) risulta continuo mentre quello eseguito con i tasti avviene con un certo passo nelle varie dimensioni

Per uscire dalla modalità di vista **Pan** si deve premere il tasto funzione **Esc**.

3.5.2 Visualizza

Il comando permette di accedere alle opzioni di visualizzazione dei seguenti strumenti e parti strutturali per i quali si riporta la combinazione di tasti di scelta rapida:

Etichette nodi	Ctrl + O
Etichette aste	Ctrl + M
Etichette carichi	Ctrl + H
Sezioni aste	Ctrl + N
Cerniere aste	Ctrl + I
Carichi	Ctrl + J
Vincoli	Ctrl + L
Evidenzia nodi	Ctrl + K
Aste con spessore	Ctrl + B
Solo travi prefabbricate	Ctrl + F
Menù selez. elem. strutturali	F4
Menù selez. cond. carichi	F5

In corrispondenza delle opzioni attive è presente un segno di spunta.

In riferimento alla visualizzazione delle etichette si osservi che:

- le etichette dei nodi non possono essere selezionate e spostate in diversa posizione
- l’etichetta di un’asta è visibile solo se è stata attivata l’opzione **Disegna etichetta** nella finestra di **Definizione aste**; sono riportate, inoltre, le sole informazioni

attivate nel pannello **Preferenze** dell'opzione **Proprietà** alla quale si accede dopo la selezione di una o più aste (o elementi strutturali)

- l'etichetta dei carichi è visibile solo se è stata attivata l'opzione **Disegna etichetta** nelle corrispondenti finestre di definizione delle diverse tipologie previste

I carichi, generalmente, sono applicati normalmente al piano medio del grigliato: risulta, pertanto, opportuno attivare una delle due viste assonometriche disponibili per averne una visualizzazione di maggiore e veloce lettura ed interpretazione.

Il comando **Evidenzia nodi**, utile per ben riconoscere i nodi nel grafico del modello, deve essere eseguito dopo aver disabilitato il comando **Etichette nodi**.

3.6 Menù "Utilità"

Si analizzano le opzioni presenti nel menù **Utilità**. Questo menù può essere attivato mediante i tasti di scelta rapida ALT+U.

3.6.1 Cambia sistema di riferimento

Nella finestra visualizzata l'utente può leggere i dati relativi al sistema di riferimento generale **Standard** rispetto al quale è possibile definire uno o più nuovi sistemi di riferimento: talvolta, infatti, risulta conveniente averne a disposizione diversi al fine di agevolare l'inserimento dei dati di input.

Il sistema di riferimento generale, che non può essere cancellato, ha l'asse X orizzontale e diretto da sinistra verso destra e l'asse Y verticale orientato dal basso verso l'alto; l'asse Z, normale al piano XY, è orientato dal basso verso l'alto.



Per introdurre e definire un nuovo sistema di riferimento si seleziona il pulsante comando **Inserisci**: questa operazione genera una nuova riga che viene inserita prima delle riga che contiene il focus, ossia la riga attiva.

Nel campo di input **Descrizione** l'utente può digitare una descrizione identificatrice del nuovo sistema di riferimento.

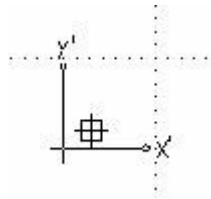
Nei campi di input **Dx** e **Dy** devono essere inseriti, nelle unità di misura correnti, i valori degli spostamenti, rispettivamente lungo l'asse X e lungo l'asse Y, dell'origine del sistema che si intende definire rispetto all'origine del sistema standard.

Nel campo di input **Angolo X->X'** deve essere inserito, nelle unità di misura correnti, il valore della rotazione dell'asse X del nuovo sistema di riferimento rispetto all'asse X di quello standard: se detto valore è nullo (e a **Dx** e **Dy** sono assegnati valori non nulli) il nuovo sistema di riferimento è definito per mezzo di una traslazione ma non di una rotazione rispetto a quello standard.

Inserendo un segno di spunta nel campo di input **Attivo** si sceglie, tra quelli definiti, quale sistema di riferimento usare e rispetto al quale inserire nuovi dati di input o leggere e visualizzare i risultati e i grafici.

Nella parte inferiore della finestra sono presenti il comando **Inserisci** che consente di aggiungere un nuovo sistema di riferimento (la nuova riga viene inserita prima delle riga che contiene il focus, ossia la riga attiva); il comando **Cancella** permette di eliminare un sistema di riferimento precedentemente definito.

Per confermare le modifiche effettuate occorre premere il pulsante **Ok**; in caso contrario il pulsante **Annulla** ripristina la situazione antecedente la selezione e chiude la finestra **Cambio sistema di riferimento**.

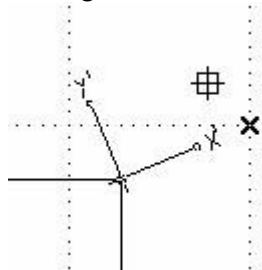


Si osservi che per definire un nuovo sistema di riferimento è possibile utilizzare contestualmente anche il mouse. Infatti, se, dopo aver premuto il pulsante comando **Inserisci**, si sposta il cursore al di fuori della finestra **Cambio sistema di riferimento** si può osservare comparire il mirino di inserimento del nuovo sistema.

Questo mirino segue il mouse nei suoi spostamenti sullo schermo mentre il nuovo sistema di riferimento si sposta sulla griglia in base allo snap al momento attivo.

Si fissa dapprima l'origine in qualsivoglia punto di coordinate x e y premendo il pulsante sinistro del mouse e bloccando in tal modo la traslazione del nuovo sistema di riferimento: questa scelta può essere annullata premendo successivamente il pulsante destro del mouse, per poi ripetere correttamente l'operazione.

Una volta sganciati gli assi nella nuova origine il mirino si trasformerà in un quadratino che seguirà il mouse nei suoi spostamenti.



Se lo snap è nullo il centro del mirino è il secondo punto del nuovo asse X e ne definisce la nuova direzione: questo punto coincide con la posizione del mouse sulla finestra attiva. Se lo snap è maggiore di zero, oltre al mirino comparirà anche una crocetta che individuerà la posizione del secondo punto necessario a definire il nuovo sistema di riferimento: la crocetta si sposterà sulla griglia in funzione dello snap.

3.6.2 Generazione grigliato

Nella finestra visualizzata è possibile definire un grigliato a maglie rettangolari nelle direzioni X e Y: l'utilità, quindi, permette di ottenere in modo assai agevole una struttura alla quale eventualmente apportare delle modifiche.

L'utente, innanzitutto, deve fissare il **Numero campi X** e il **Numero campi Y** che definiscono il numero di maglie rettangolari del grigliato: questa operazione si effettua utilizzando gli spin button contenuti nella form o inserendo direttamente nella casella di testo associata i valori desiderati.

All'interno delle tabelle associate ai campi in X e Y se ne definiscono, nelle unità di misura correnti, le lunghezze.

Nella finestra visualizzata sono presenti alcune opzioni che possono essere attivate: si possono cancellare gli eventuali dati relativi ad una struttura già definita nel file in uso mediante **Cancella dati esistenti**; si possono inserire in modo automatico delle quotature per mezzo di **Genera quotature**.

Nei restanti campi di input si definiscono, nelle unità di misura correnti, la posizione del **Punto di inserimento** del grigliato e il valore dell' **Angolo sghebo** cioè l'orientamento del suo asse Y' rispetto all'asse Y del sistema di riferimento generale.

Per confermare le modifiche effettuate occorre premere il pulsante **Ok**; in caso contrario il pulsante **Annulla** ripristina la situazione antecedente la selezione e chiude la finestra **Generazione grigliati**.

The dialog box 'Generazione grigliati' has the following elements:

- Numero campi X:** A spinner box set to 16.
- Numero campi Y:** A spinner box set to 5.
- Table 1 (X fields):**

	1	2	3
campi	1	2	3
lung.	1.905	1.5	1.5
- Table 2 (Y fields):**

	1	2	3
campi	1	2	3
lung.	1	2.38	2.38
- Options:**
 - ☒ Cancella dati esistenti
 - ☒ Genera quotature
- Punto di inserimento:**
 - X: 0
 - Y: 0
 - Angolo sghembo: 0
- Buttons:** Ok, Annulla

Si osservi che per definire il punto d’inserimento del nuovo grigliato è possibile utilizzare contestualmente anche il mouse. Infatti, se, dopo averne definito la geometria e le possibili opzioni, si sposta il cursore al di fuori della finestra “**Generazione grigliati**” si può osservare il grigliato stesso muoversi all’interno dell’area di lavoro: dopo averlo posizionato nel punto desiderato si conferma la scelta con il pulsante sinistro del mouse.

3.7 Menù “Aiuto”

Si analizzano le opzioni presenti nel menù **Aiuto**. Questo menù può essere attivato mediante i tasti di scelta rapida ALT+A.

3.7.1 Guida

Il comando apre la guida in linea del programma **SIGMAC**.
Non è disponibile nelle versioni dopo la 8.21

3.7.2 Indice

Il comando apre l'indice generale degli argomenti che costituiscono la guida del programma **SIGMAC**.
Non è disponibile nelle versioni dopo la 8.21

3.7.3 www.sigmac.it

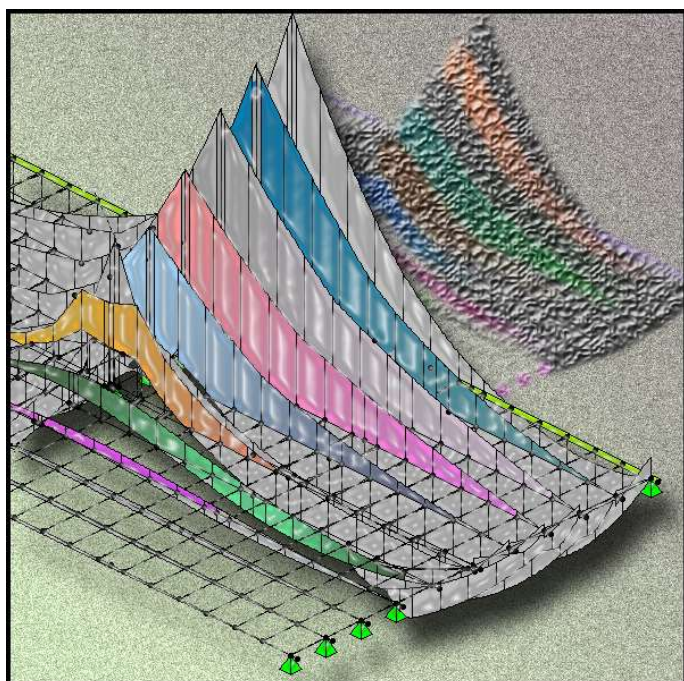
Il comando permette di accedere tramite il browser predefinito del computer al sito web della SIGMAC SOFT

3.7.4 Info



Viene visualizzata la finestra Informazioni sull'installazione che riporta le informazioni riguardanti la versione del programma per la corrente installazione. Nelle informazioni aggiuntive compaiono gli indirizzi dell'**Archivio SEZIONI.ACC** e dell'**Archivio SEZIONI.CAP**. Tale indicazione risulta particolarmente utile nel caso di una rete di computer: in questo caso, infatti, è possibile indirizzare la lettura di un unico archivio condiviso da più postazioni di lavoro impostando il medesimo percorso.

CAPITOLO 4

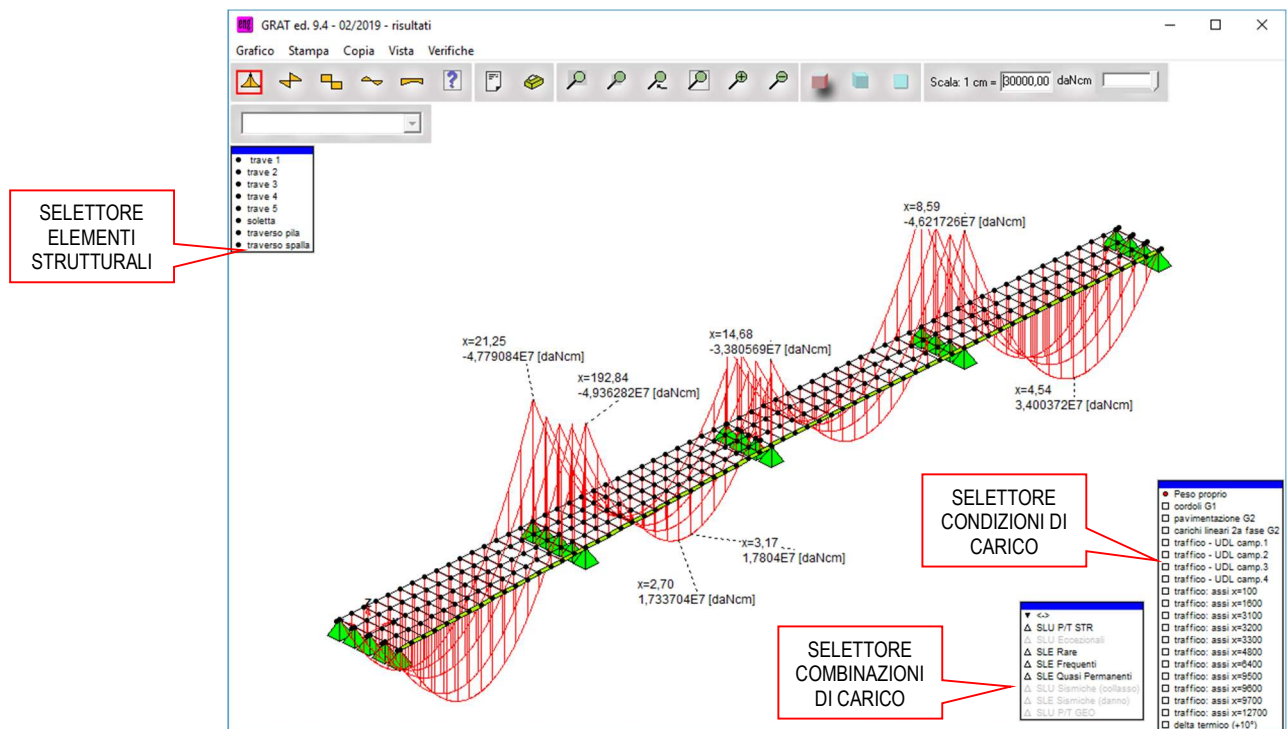


4 GRAT - IL MODULO DI OUTPUT

Questo capitolo descrive le nozioni di base dell'utilizzo del modulo **GRAT** spiegando come leggere e visualizzare i risultati forniti.

Eseguito il calcolo, ad esempio per mezzo del tasto di scelta rapida F3 vengono visualizzate la finestra dei risultati e la finestra di bozza della relazione di calcolo se abilitata mediante il check **Bozza output automatica** nel pannello **Gestione output** (dopo aver eseguito la sequenza di operazioni **File** → **Preferenze** → **Miscellanea**).

Il programma aggiorna automaticamente il calcolo e le finestre di output ogni qualvolta viene modificato un dato di input.



Se viene selezionato il comando relativo a momento flettente, taglio, momento torcente, abbassamento o pressioni sul terreno all'interno dell'area di lavoro della finestra dei risultati viene mostrato il relativo grafico degli elementi strutturali dell'impalcato oggetto di studio e le vetrofanie relative a:

- **Selettore elementi strutturali** (visualizzato mediante il tasto F4)
- **Selettore scelta cond carico** (tasto F5)
- **Selettore scelta combinazioni carico** (tasto F6).

L'utente, pertanto, può scegliere quali elementi strutturali visualizzare, per quali condizioni o combinazione di carico mostrare uno specifico diagramma di sollecitazione selezionando i relativi elementi strutturali, condizioni o combinazione di carico nelle vetrofanie pertinenti.

Una volta scelto di analizzare, ad esempio, il diagramma di momento flettente, il programma permette di visualizzare su ciascun elemento strutturale gli effetti di una o più condizione di carico e, contemporaneamente, di una sola combinazione di carico.

In tutti i grafici di inviluppo vengono inserite in automatico delle etichette che riportano per ogni elemento strutturale i valori massimi e minimi della grandezza visualizzata: queste etichette sono spostabili previa una loro selezione.

La lettura e la visualizzazione dei risultati è agevolata dagli strumenti che compaiono nella barra superiore della finestra e che richiamano i rispettivi comandi. Quando si porta il dispositivo di puntamento su uno strumento, ne viene visualizzato il nome in un “tips” di descrizione.

BARRA MENÙ GRAFICO		
MOMENTO FLETTENTE		Visualizza il diagramma di momento flettente
SFORZO TAGLIANTE		Visualizza il diagramma di sforzo di taglio
MOMENTO TORCENTE		Visualizza il diagramma di momento torcente
DEFORMATA		Visualizza il diagramma degli abbassamenti
PRESSIONI SUL TERRENO		Visualizza il diagramma delle pressioni di contatto sul terreno
INTERROGAZIONI E DIAGRAMMI		Attiva lo strumento di interrogazione del diagramma visualizzato

BARRA MENÙ STAMPA		
RELAZIONE DI CALCOLO		Visualizza la finestra delle opzioni per la creazione della relazione di calcolo
GRAFICO		Visualizza la finestra delle opzioni per la stampa del grafico visualizzato
BARRA MENÙ VISTA		
ZOOM ESTENSIONE		Adatta il grafico alle dimensioni della finestra attiva
ZOOM WINDOWS		Permette di visualizzare la parte del grafico che l'utente ha selezionato
ZOOM PRECEDENTE		Ripristina la vista precedente
ZOOM TUTTO		Adatta il righello alle dimensioni della finestra attiva
ZOOM IN		Permette di aumentare di un fattore costante le dimensioni di visualizzazione degli oggetti nella finestra corrente
ZOOM OUT		Permette di diminuire di un fattore costante le dimensioni di visualizzazione degli oggetti nella finestra corrente



Infine, sulla toolbar è presente un pannello che contiene una casella di testo e una barra a scorrimento per modificare la scala del

diagramma selezionato. La barra a scorrimento possiede una certa ampiezza di scalatura, per scale diverse bisogna agire sul valore di scala.

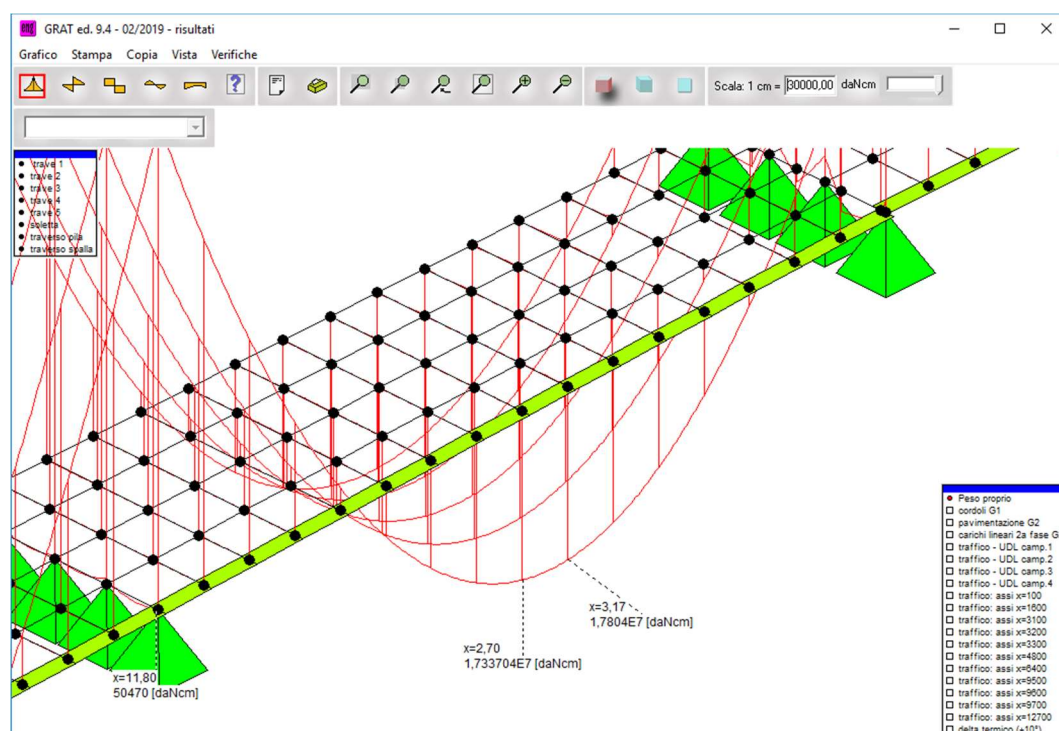
L'uso di tutti i comandi, compresi quelli presenti nella barra visualizzata, viene di seguito illustrato analizzando ciascun menù.

4.1 Menù “Grafico”

Si analizzano le opzioni presenti nel menù **Grafico**. Questo menù può essere attivato mediante i tasti di scelta rapida ALT+G.

4.1.1 Momento flettente

Il comando, che può essere attivato anche mediante i tasti di scelta rapida ALT+G+M, permette di visualizzare il diagramma delle sollecitazioni flettenti per gli elementi strutturali visualizzati e per le condizioni o combinazioni selezionate.



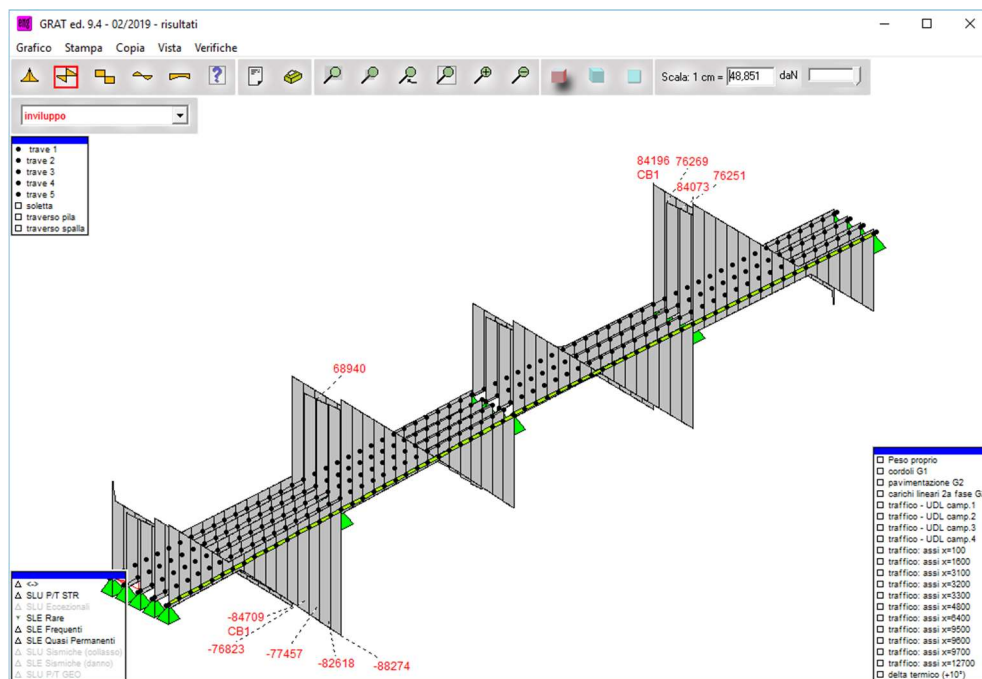
Le etichette dei valori massimi e minimi appaiono automaticamente solo per le curve di involuppo: il programma calcola il massimo ed il minimo per ogni elemento strutturale.

I valori delle curve delle singole condizioni di carico possono essere indagati con la funzione di interrogazione diagrammi, tramite la quale possono anche essere applicate etichette in sezioni di interesse.

Si consiglia di utilizzare il selettore di elementi strutturali e visualizzare solo gli elementi di interesse per una più rapida interrogazione dei diagrammi.

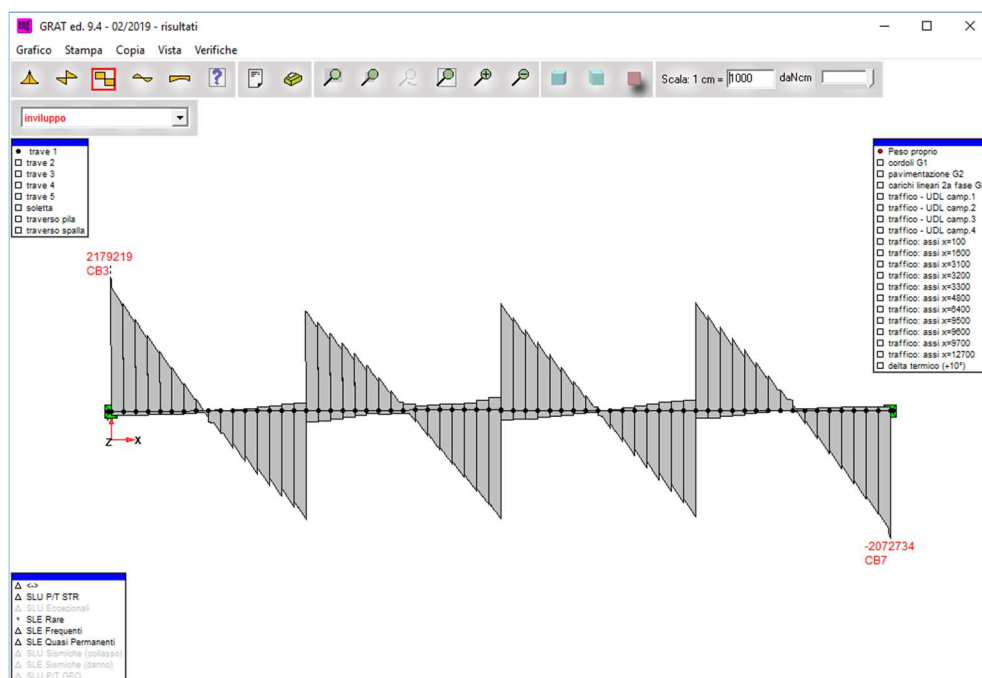
4.1.2 Taglio

Il comando, che può essere attivato anche mediante i tasti di scelta rapida ALT+G+T, permette di visualizzare il diagramma delle sollecitazioni taglianti per gli elementi strutturali visualizzati e per le condizioni o combinazioni selezionate.



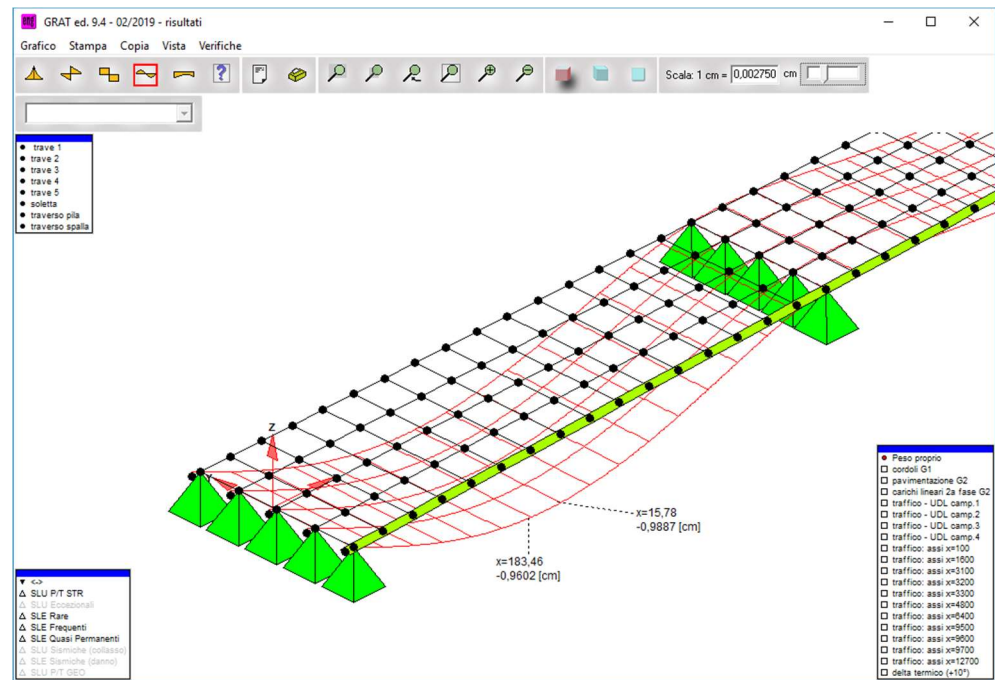
4.1.3 Momento torcente

Il comando, che può essere attivato anche mediante i tasti di scelta rapida ALT+G+R, permette di visualizzare il diagramma delle sollecitazioni taglianti per gli elementi strutturali visualizzati e per le condizioni o combinazioni selezionate.



4.1.4 Deformata

Il comando, che può essere attivato anche mediante i tasti di scelta rapida ALT+G+D, permette di visualizzare il diagramma delle sollecitazioni taglianti per gli elementi strutturali visualizzati e per le condizioni o combinazioni selezionate.



4.1.5 Pressioni sul terreno

Il comando, che può essere attivato anche mediante i tasti di scelta rapida ALT+G+P, permette di visualizzare il diagramma delle pressioni di contatto sul terreno per gli elementi strutturali visualizzati e per le condizioni o combinazioni selezionate.

4.1.6 Interrogazione diagramma

Il comando, accessibile pure dal menù a cursore, permette di interrogare il diagramma prescelto per ciascun elemento strutturale o asta visualizzato e per le condizioni o combinazioni selezionate. L'utente, posizionando il cursore al di sopra dell'elemento strutturale considerato, può leggere i valori numerici delle sollecitazioni e l'ascissa corrispondente nell'apposito riquadro della barra degli strumenti che viene attivata automaticamente; inoltre, nella posizione del cursore, premendo il tasto destro del mouse, viene visualizzato il menu contestuale delle opzioni che è possibile selezionare nella fase corrente di lavoro (inserire un'etichetta, effettuare la verifica di una specifica sezione attivando il modulo **PRELIM**).

Premendo il tasto funzione Esc si abbandona la modalità di esplorazione dei diagrammi e si ritorna alla finestra standard di output.

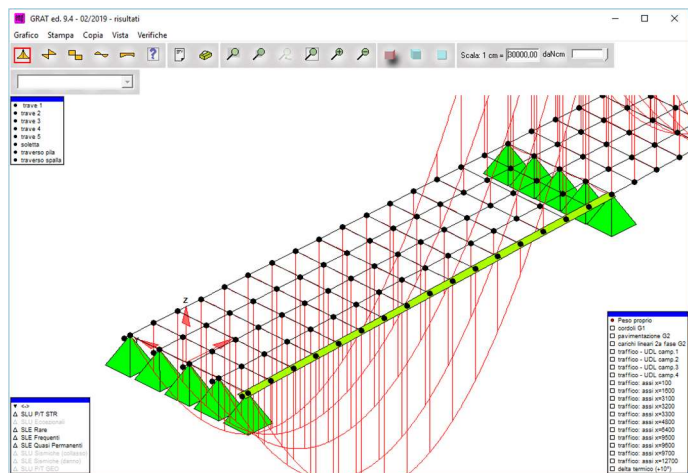
Si ricordi che la barra di esplorazione viene calamitata su alcuni punti notevoli (ascissa iniziale e finale, punto di massimo) dell'asta della quale si vuole leggere una specifica sollecitazione: per disattivare questa funzione è necessario eseguire l'interrogazione spostandosi sull'asta tenendo premuto il tasto Ctrl.

4.1.7 Seleziona etichette

Il comando, che può essere attivato pure dal menù a cursore, permette di selezionare un'etichetta associata al valore di sollecitazione e all'ascissa corrispondente sul grigliato in oggetto. L'etichetta scelta viene evidenziata: premendo il tasto destro del mouse compare un menù a cursore che mostra le opzioni che è possibile selezionare nella fase corrente di lavoro.

4.1.8 Selezione elementi per verifica c.a.p.

Il comando, che può essere attivato anche dal menù locale al cursore sul grafico, permette di selezionare una o più aste appartenenti al grigliato e di definirle, mediante l'opzione **Crea selezione permanente**, presente nel menù contestuale attivato premendo il tasto destro del mouse, come travi in c.a.p. Tale selezione permette di eseguire successivamente la verifica di un elemento prefabbricato mediante il postprocessore **TCAP** (attivabile dal comando **CAP NTC2018** del menù **Verifiche**)

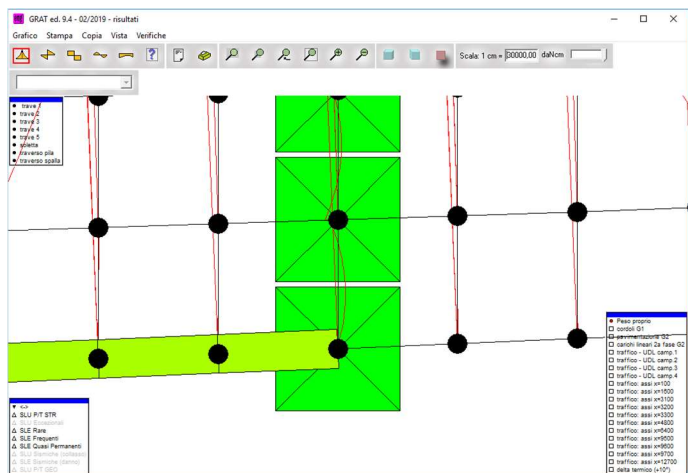


elementi prefabbricati, anche formati in 2 getti.

La selezione deve essere fatta selezionando in sequenza le aste che formano la trave che si vuole verificare, e che può essere composta di aste in c.a. o c.a.p.

Se viene selezionata un'asta facente parte di una trave prefabbricata viene selezionata tutta la trave, ovvero tutte le aste che formano la trave.

La selezione può continuare includendo aste singole o



Quando la selezione è terminata si conclude scegliendo la voce **Crea selezione permanente** dal menù locale al cursore del mouse.

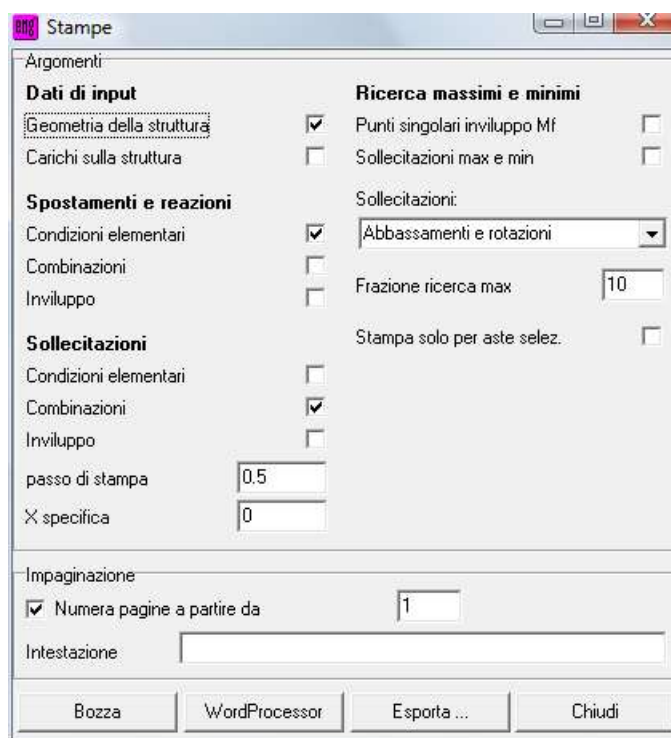
La selezione permanente di aste da trasferire al postprocessore TCAP viene evidenziata nel grafico con uno spessore verde.

4.2 Menù “Stampa”

Si analizzano le opzioni presenti nel menù **Stampa**. Questo menù può essere attivato mediante i tasti di scelta rapida ALT+S.

4.2.1 Relazione di calcolo

Il comando permette di accedere alle opzioni di personalizzazione della relazione di calcolo che si presenta curata nell’aspetto, professionale e modificabile. L’utente può decidere di inserire o meno i dati di input; può selezionare quali risultati inserire nell’elaborato finale, sia per gli spostamenti e le reazioni che per le sollecitazioni scegliendo se mostrarli per condizioni elementari e/o combinazioni e/o involucro (impostando un **passo di stampa** e introducendo particolari ascisse **X specifica**).

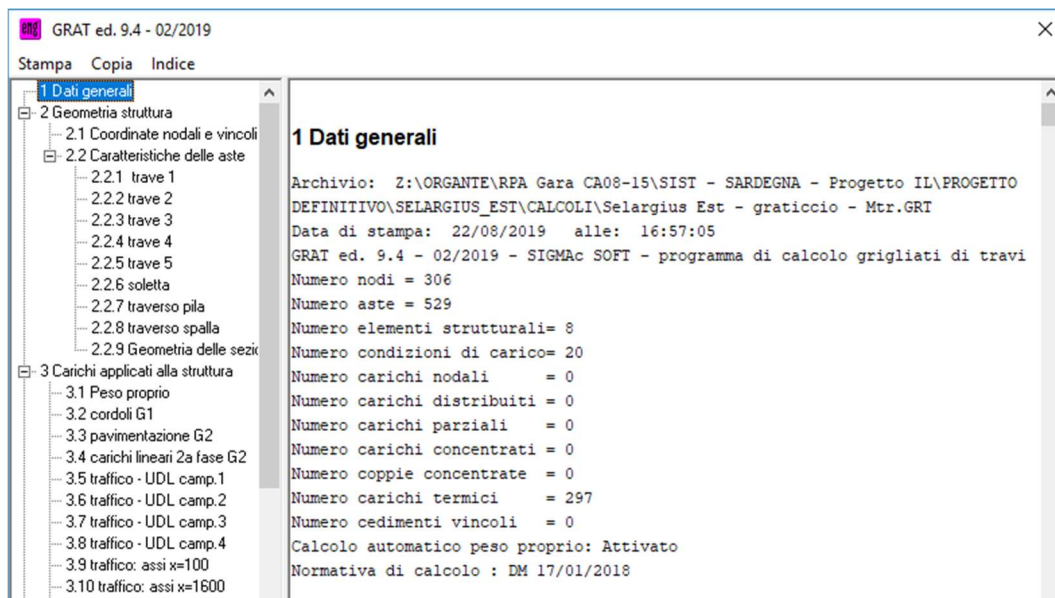


Si osservi che pur inserendo un passo con valore nullo e non specificando alcuna ascissa specifica il programma fornisce, comunque, in tutte le tabelle di output i valori relativi all’ascissa iniziale e a quella finale di ciascuna asta. Un valore non nullo del passo, invece, determina in output una tabella di sezioni poste ad una distanza pari al valore del passo assegnato comprese quelle poste in corrispondenza dell’ascissa iniziale e di quella finale.

La relazione può essere visualizzata in modalità **Bozza** o attraverso un editor di testo; è possibile, altresì, generare un file in formato RTF mediante l’opzione **Esporta** che potrà essere visualizzato mediante un word processor. I bottoni **WordProcessor** e **Esporta..** generano un output in testo ricco più completo di quello in bozza, con vere tabelle, intestazioni e numeri di pagina, struttura a paragrafi.

Per quanto riguarda la visualizzazione in modalità **Bozza**, nella relativa finestra sono presenti due menù a voce unica, **Stampa** e **Copia**: il primo comando invia la bozza direttamente alla stampante; il secondo permette di copiare tutto il testo per poterlo poi incollare, ad esempio, in un word processor.

Per una maggiore chiarezza e velocità di lettura dei risultati la finestra di bozza è dotata di un indice, visibile sulla parte sinistra e regolabile in larghezza agendo con il mouse sulla spalletta che divide le due aree. Le opzioni di visualizzazione dell’indice sono contenute nel menù **Indice**.



Il bottone **WordProcessor** apre direttamente il programma di trattamento testi predefinito nel sistema operativo e carica il file REL2GRT.RTF, in formato RTF (Rich Text Format). Dopo le modifiche si consiglia di salvare il documento assegnandogli un nuovo nome e scegliendo il formato principale del programma di trattamento testi, in modo da creare un file di dimensioni più contenute.

I paragrafi possono essere cancellati, o se ne possono inserire di nuovi, senza perdere l'automatismo della numerazione.

Le tabelle possono accettare nuove righe, ed è possibile cancellarne.

Il documento generato dal programma, strutturato a paragrafi, consente di inserire automaticamente un sommario all'inizio del testo:

RELAZIONE DI CALCOLO	
1 → DATI GENERALI	1
2 → GEOMETRIA STRUTTURA	2
2.1 → COORDINATE NODALI E VINCOLI FISSI	2
2.2 → CARATTERISTICHE DELLE ASTE	3
2.2.1 → Trave 1	3
2.2.2 → Trave 2	4
2.2.3 → Trave 3	4
2.2.4 → Trave 4	5
2.2.5 → Trave 5	5
2.2.6 → Traversi di testata	6
2.2.7 → Soletta	6
2.2.8 → Geometria delle sezioni	6
3 → CARICHI APPLICATI ALLA STRUTTURA	8
3.1 → CORDOLI G1	8
3.2 → PAVIMENTAZIONE G2	9
3.3 → CARICHI LINEARI 2A FASE G2	9
3.4 → TRAFFICO - FOLLA CAMP 1	11
3.5 → TRAFFICO - UDL CAMP 1	11
3.6 → TRAFFICO - ASSI X=1.11	13
3.7 → TRAFFICO - ASSI X=17.50	16
3.8 → CLASSIFICAZIONE DEI CARICHI	18
4 → RISULTATI	19
4.1 → CONDIZIONI DI CARICO	19
4.1.1 → Condizione: Cordoli G1	19

E' possibile infine inserire nel documento uno o più disegni selezionando il menù **Edit grafico**, **Copia immagine** (finestra GRAT di input) ovvero il menù **Copia, Grafico** (finestra GRAT di output) ed incollandoli nella posizione desiderata nel documento.

4.2.2 Grafico

Il comando, che può essere attivato anche mediante il tasto di scelta rapida F10, permette di stampare il grafico corrente, scalato ed adattato automaticamente alle dimensioni del foglio, su qualsiasi dispositivo gestito da Windows® mediante funzione di anteprima o impaginazione.

4.3 Menù “Copia”

Si analizzano le opzioni presenti nel menù **Copia**. Questo menù può essere attivato mediante i tasti di scelta rapida ALT+C.

4.3.1 Grafico

Il comando, che può essere attivato anche mediante i tasti di scelta rapida Ctrl+C, permette di copiare il grafico corrente su qualsiasi dispositivo gestito da Windows® e, successivamente, inserirlo in un documento (ad esempio nella relazione di calcolo).

4.4 Menù “Vista”

Si analizzano le opzioni presenti nel menù **Vista**. Questo menù può essere attivato mediante i tasti di scelta rapida ALT+V.

4.4.1 Vista

Il comando permette di accedere alle seguenti opzioni di vista dell'area di lavoro per le quali si riporta la combinazione di tasti di scelta rapida:

Zoom Estensione	
Zoom Window	
Zoom Precedente	
Zoom Tutto	
Zoom In	Shift + Ctrl + F
Zoom Out	Shift + Ctrl + A
Pan Nord	Shift + Ctrl + E
Pan Sud	Shift + Ctrl + X
Pan Est	Shift + Ctrl + D
Pan Ovest	Shift + Ctrl + S
Vista assonom. dx	Shift + Ctrl + R
Vista assonom. sx	Shift + Ctrl + Q
Vista in pianta	Shift + Ctrl + C

4.4.2 Visualizza

Il comando permette di accedere alle opzioni di visualizzazione dei seguenti strumenti e parti strutturali per i quali si riporta la combinazione di tasti di scelta rapida:

Numeri nodi	Ctrl + O
Numeri aste	Ctrl + M
Carichi	Ctrl + J
Vincoli	Ctrl + L
Cerniere	Ctrl + I
Menù scelta elementi strutturali	F4
Menù scelta cond carico	F5
Menù scelta combinazioni carico	F6

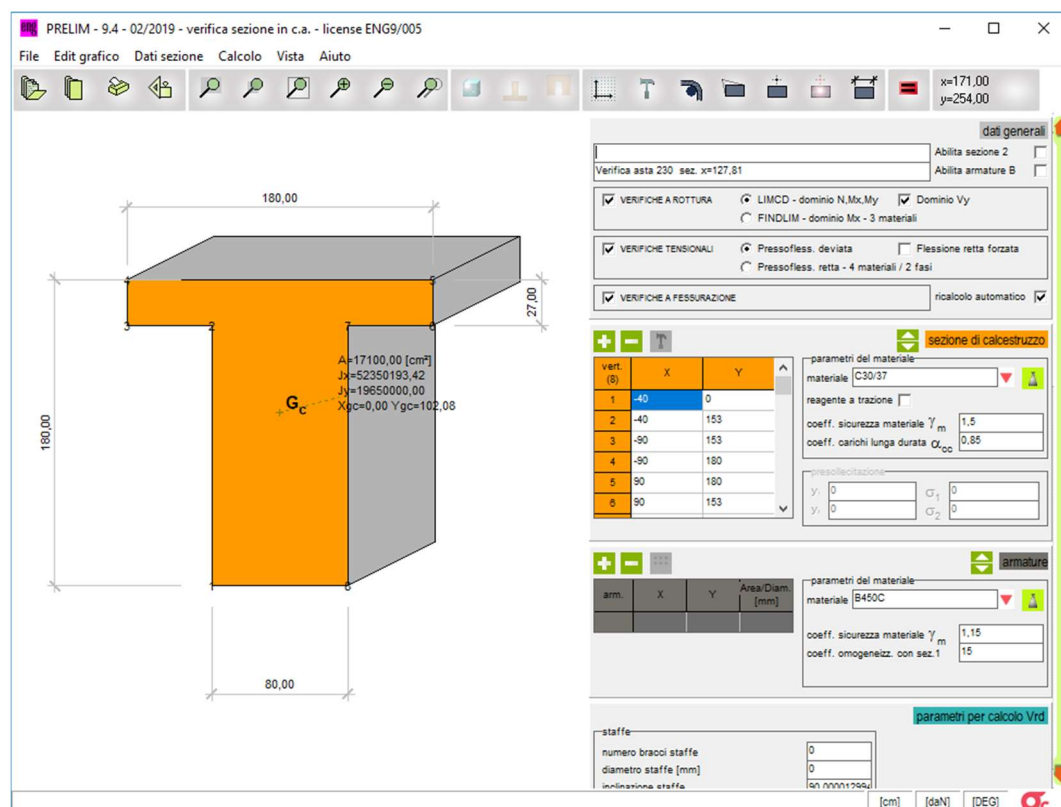
4.5 Menù “Verifiche”

Si analizzano le opzioni presenti nel menù **Verifiche**. Questo menù può essere attivato mediante i tasti di scelta rapida ALT+V.

Il programma permette di verificare tutte le aste che compongono il grigliato differenziandole per materiale e tipo di verifica: è necessario che esse siano in c.a., in c.a.p. o in acciaio ed abbiano una sezione definita geometricamente.

È stata introdotta, inoltre, la possibilità di effettuare la verifica di un elemento prefabbricato costituito da una o più aste.

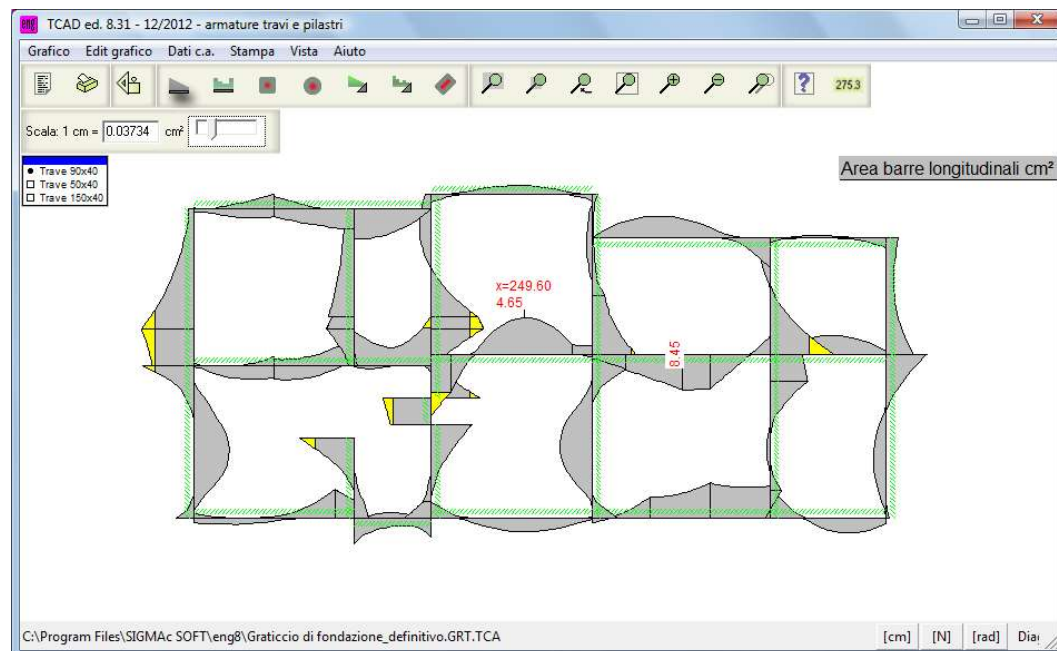
E' possibile effettuare delle verifiche puntuali delle sezioni lungo un'asta per mezzo del comando **Verifica sezione** attivabile dal menù a discesa durante la modalità **Interrogazione diagrammi**: i dati relativi alla geometria della sezione e le sollecitazioni agenti vengono trasferite al modulo PRELIM per effettuare le verifiche



Sarà sufficiente inserire le armature nella sezione, impostare le caratteristiche dei materiali, e condurre le verifiche a rottura e/o a limite tensionale e fessurazione con le funzionalità del modulo PRELIM.

4.5.1 C.A. tensioni ammissibili

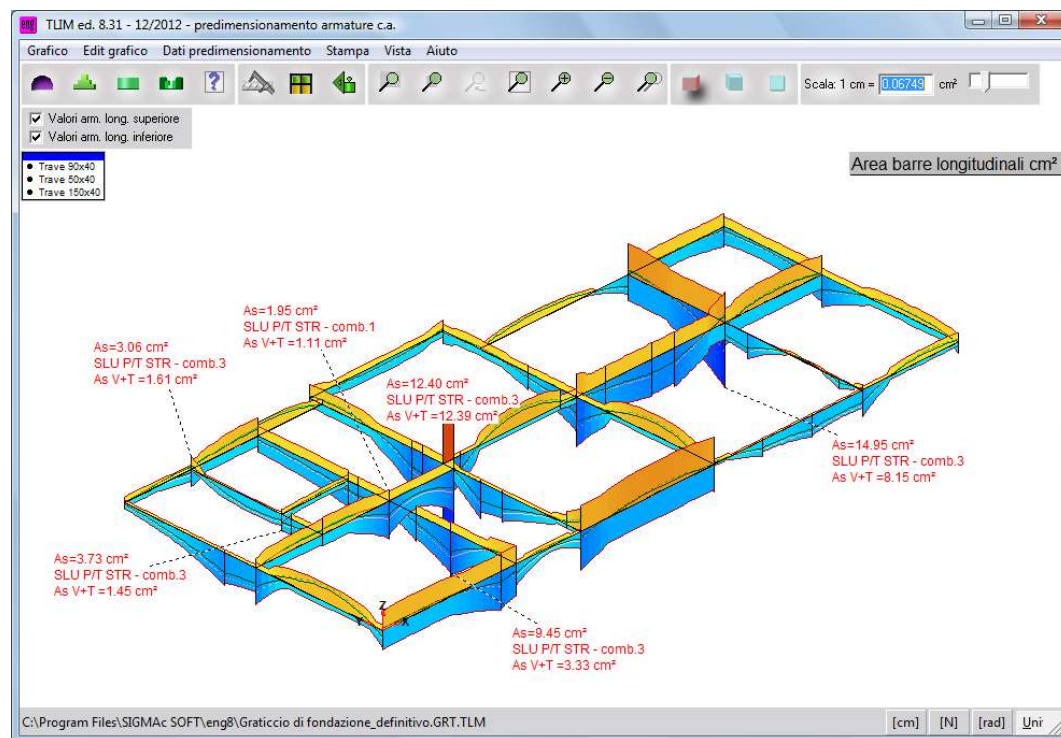
Per un dimensionamento delle armature delle aste in c.a. secondo il criterio delle **Tensioni Ammissibili**, può essere utilizzato questo comando che trasferisce tutti i dati di input e le sollecitazioni al postprocessore **TCAD**. Chiaramente questo criterio di verifica richiede che il calcolo delle sollecitazioni sia stato impostato alle tensioni ammissibili, con combinazioni dei carichi appropriate al metodo.



I dati del postprocessore TCAD vengono registrati automaticamente, al momento del salvataggio dei dati del modello a graticcio in GRAT, in un file con stesso nome ma con estensione .TCA

4.5.2 C.A. stati limite

Il dimensionamento delle armature secondo i criteri di verifica agli **Stati Limite** può essere eseguito servendosi del postprocessore **TLIM**. Questo si rende disponibile tra le voci del menù **Verifica** se è stato predisposto un calcolo secondo normative agli Stati Limite (NTC2018 o Eurocodici).

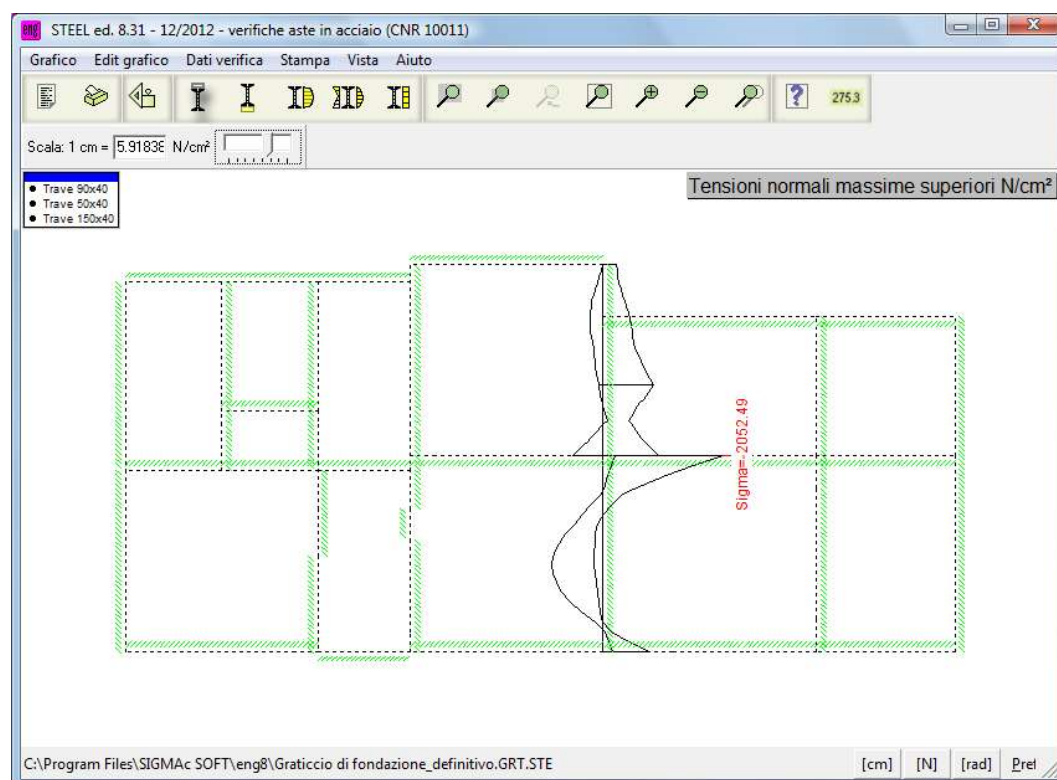


I dati del postprocessore TLIM vengono registrati automaticamente, al momento del salvataggio dei dati del modello a graticcio in GRAT, in un file con stesso nome ma con estensione .TLM

4.5.3 Acciaio CNR 10011

Il comando permette di accedere al modulo di verifica **STEEL**: all'interno della finestra visualizzata vengono mostrati tutti i diagrammi di tensione (normali, tangenziali e per instabilità) dell'acciaio in funzione delle caratteristiche geometriche e meccaniche delle aste definite dall'utente nelle procedure del menù **Dati verifica**. Nella finestra, inoltre, sono presenti tutti i comandi per una corretta visualizzazione dei risultati e per la loro presentazione in una relazione di calcolo.

Solo le aste in acciaio del modello diventano oggetto di verifica; le aste non in acciaio vengono indicate con un tratteggio.

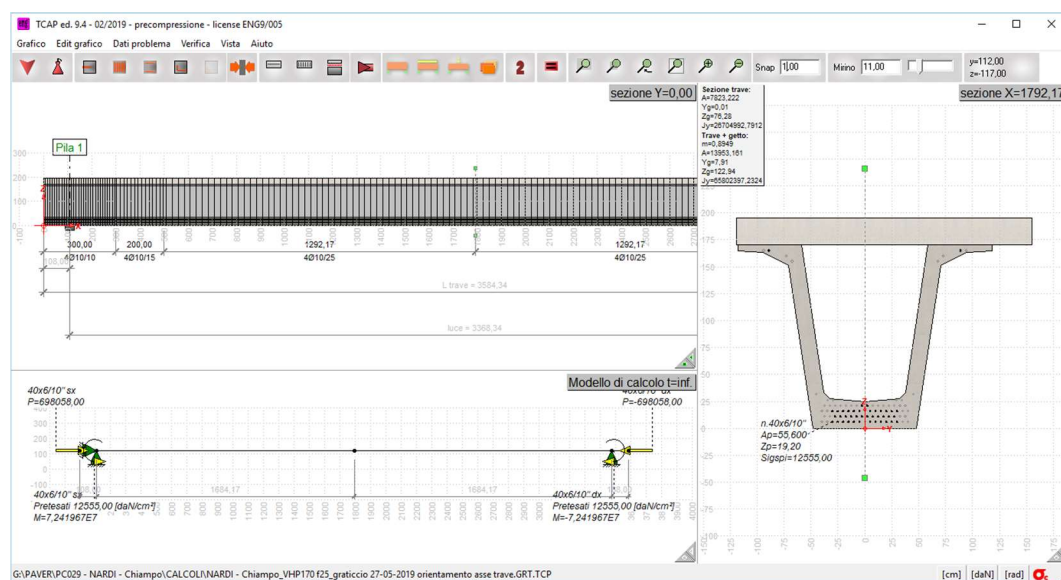


I dati del postprocessore STEEL vengono registrati automaticamente, al momento del salvataggio dei dati del modello a graticcio in GRAT, in un file con stesso nome ma con estensione .STE

4.5.4 C.A.P. NTC2018

Il comando permette di accedere al modulo di verifica **TCAP**: si osservi che tale procedura è possibile previa selezione e definizione di una o più aste del grigliato come elemento in c.a.p. tramite il comando **Seleziona elementi per verifica in c.a.p.** dal menù a discesa che compare premendo il tasto destro del mouse. Tale selezione è permanente, ovvero resta valida per ogni successiva rielaborazione del calcolo, fino a che non venga annullata con l'apposita voce di menù.

Ogni modifica apportata al modello in GRAT viene automaticamente notificata a TCAP che riesegue il suo algoritmo ed aggiorna l'output.



I dati del postprocessore TCAP (armature di precompressione, ecc.) vengono registrati automaticamente, al momento del salvataggio dei dati del modello a graticcio in GRAT, in un file con stesso nome ma con estensione .TCP

4.5.5 Seleziona elementi per verifica C.A.P

Il comando permette di selezionare una o più aste: dal menù che compare premendo il tasto destro del mouse è possibile eseguire il comando **“Crea selezione permanente”** per mezzo del quale le aste selezionate ed evidenziate nel grafico vengono definite come elementi prefabbricati e possono essere verificate con il modulo di verifica **TCAP**.

4.5.6 Annulla Selezione per verifica C.A.P

Il comando permette di annullare la selezione precedentemente effettuata degli elementi prefabbricati evidenziati nel grafico.