

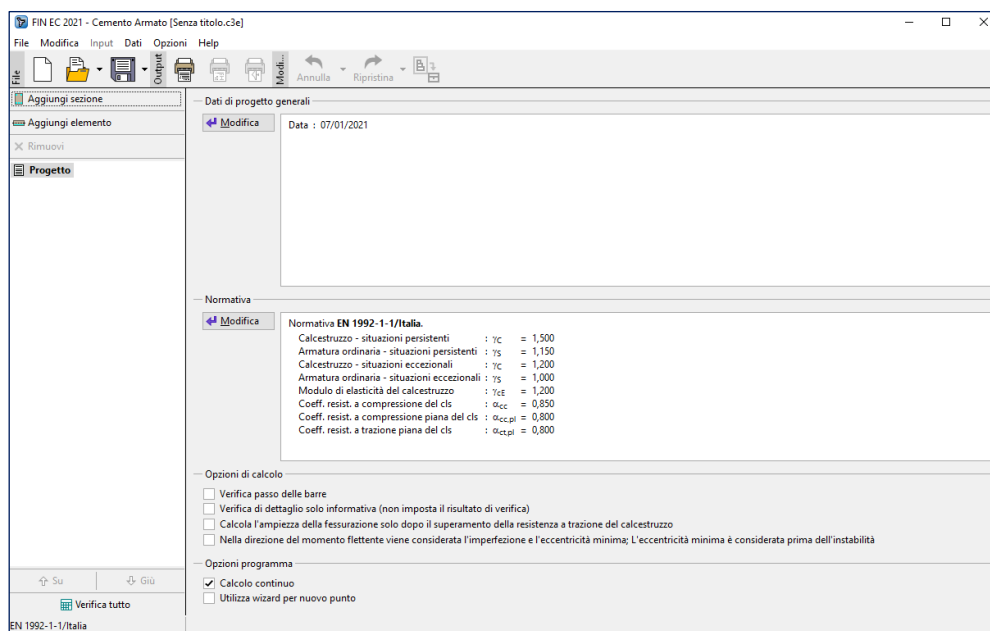
Pilastro in CA

Introduzione

Questo tutorial mostra la progettazione di un pilastro a sezione esagonale in Cemento Armato. Con 200mm di profondità della sezione e 2000mm di altezza, il pilastro è soggetto a presso-flessione deviata. Le azioni nello stato limite ultimo sono: $N_x = 400\text{kN}$, $M_y = 2.33\text{kNm}$ e $M_z = 5.46\text{kNm}$. La classe di resistenza del calcestruzzo è $C30/37$, classe di esposizione $X0$ e l'armatura utilizzata è $B500$.

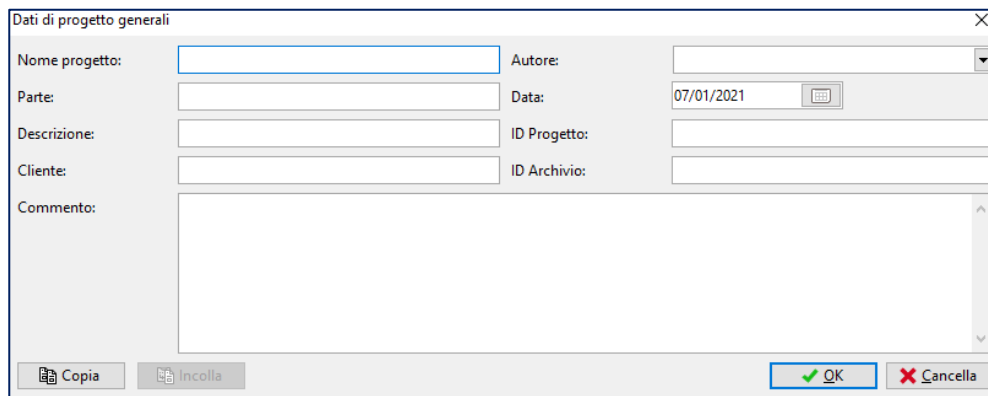
Inizio di un nuovo Progetto

La seguente schermata appare dopo aver avviato il programma “Cemento Armato”:




Schermata iniziale del programma “Cemento Armato”

Il programma offre l'opportunità di calcolare un numero illimitato di attività per progetto. Esistono due tipi di attività supportate dal software: “**Sezione**” ed “**Elemento**”. “**Sezione**” è adatto per una rapida verifica delle sezioni in CA, mentre “**Elemento**” viene solitamente utilizzato per la verifica delle strutture create nei programmi “Fin 2D” e “Fin 3D”. Useremo il tipo “**Sezione**” per la nostra analisi. La schermata iniziale contiene una parte “**Dati di Progetto generali**”, dove è possibile inserire il nome del progetto, la descrizione e altri dati identificativi. Dopo aver cliccato sul pulsante “**Modifica**”, inseriamo prima il nome del progetto e gli altri dettagli del progetto.

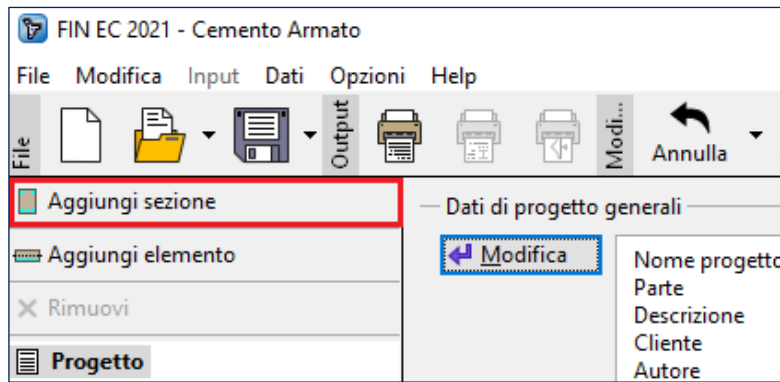


Finestra di dialogo “Dati di Progetto generali”

Questi dati potranno essere visualizzati nell'intestazione o nel piè di pagina della documentazione finale.

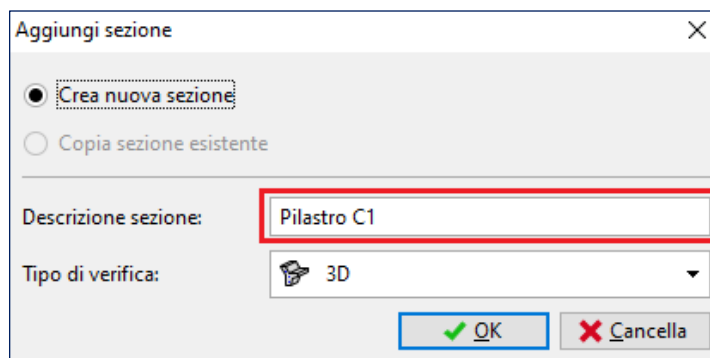
Prima di iniziare qualsiasi lavoro, è consigliabile salvare il file attraverso il tasto “”, o dal menu principale facendo clic su “**File**” - “**Salva con nome**” o utilizzando la scorciatoia “**Ctrl + S**”.

Ora possiamo procedere all'inserimento di una nuova attività facendo clic sul pulsante “**Aggiungi sezione**” nella parte superiore del menu ad albero del programma.



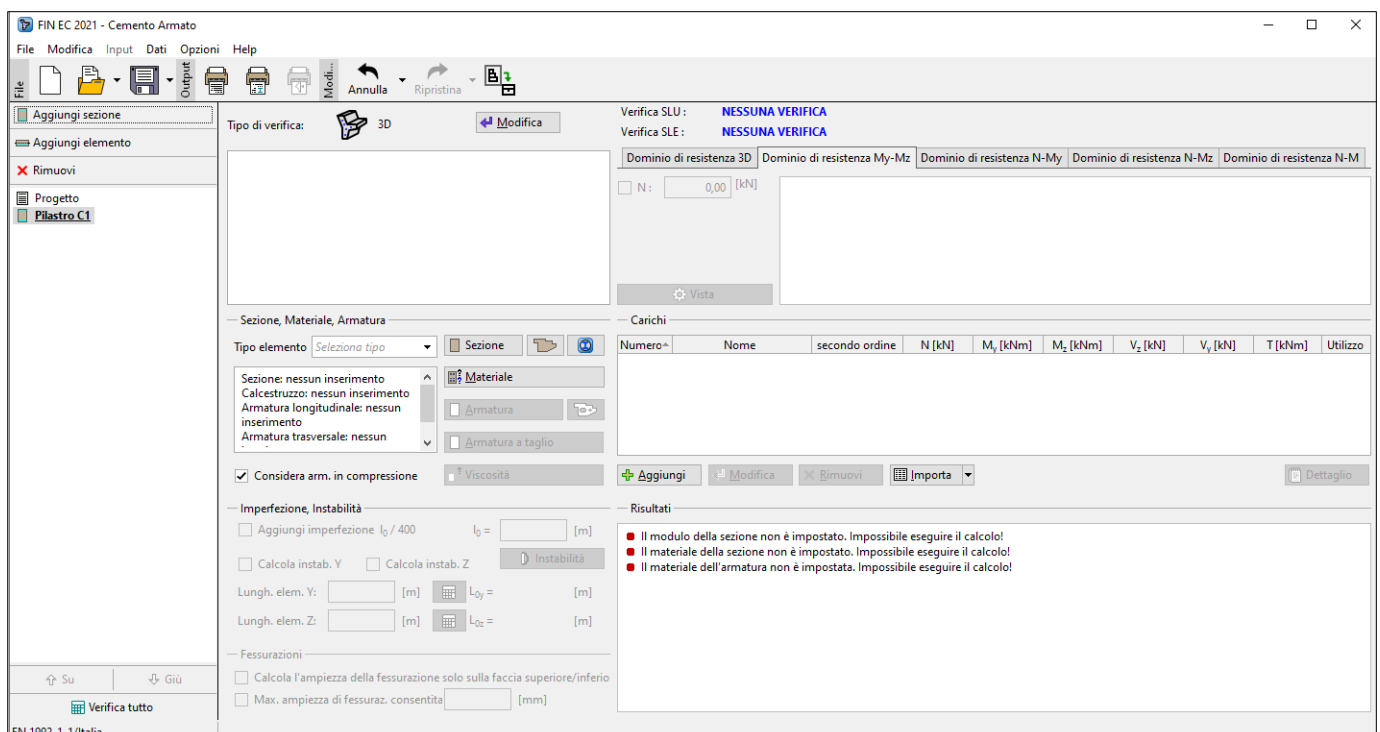
Inserimento di una nuova sezione

Viene visualizzata la seguente finestra di dialogo, in cui possiamo inserire il nome della sezione (“Pilastro”) nel campo “Descrizione sezione”, confermando con “OK”.



Finestra di dialogo per l’inserimento di una nuova sezione

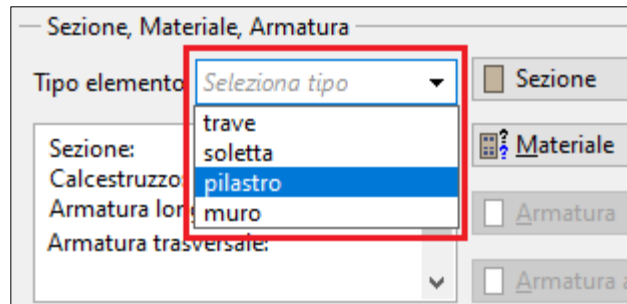
È stato generato una nuova voce nel menu ad albero, che rappresenta la nuova sezione aggiunta (“Pilastro C1”). Il programma ha ora selezionato automaticamente questo elemento; possiamo quindi procedere direttamente all’inserimento dei parametri della sezione.



Schermata principale per l’attività “Sezione”


Sezione, Materiale, Armatura

Per prima cosa è necessario inserire le caratteristiche geometriche e dei materiali nel riquadro “**Sezione, Materiale, Armatura**”. Selezioniamo il tipo di elemento dal menu a tendina “**Tipo elemento**”. Gli elementi disponibili sono “**trave**”, “**soletta**”, “**pilastro**” e “**muro**”.

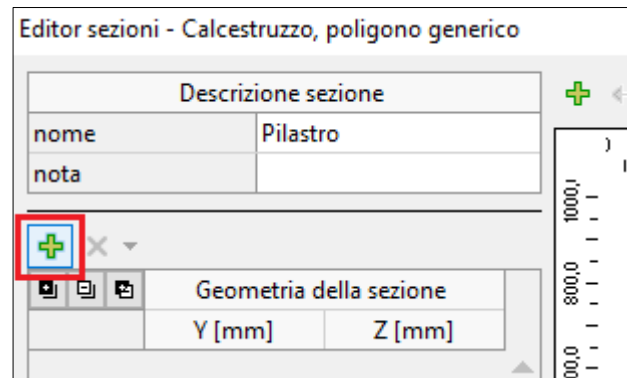


Scelta del tipo di elemento

Nel nostro esempio selezioniamo il tipo di elemento “**pilastro**”. Questa selezione influisce sull'analisi e sulle verifiche della disposizione dell'armatura.

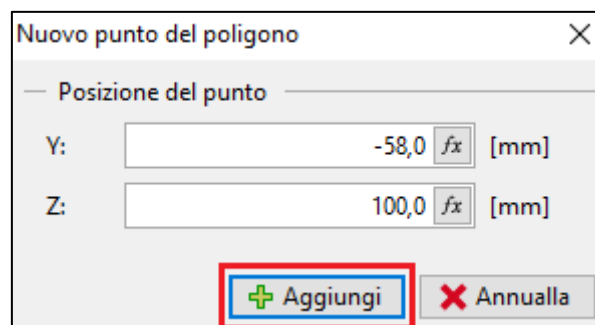
Poiché un esagono non è incluso nella libreria delle sezioni predefinite, è necessario utilizzare il tasto “” per definire una geometria generica. La forma del poligono può essere definita graficamente o numericamente nella finestra “**Editor Sezioni**”.

La forma della sezione è definita da sei punti, che devono essere inseriti nell'ordine corretto. Possiamo definire numericamente ciascuno dei punti facendo clic sul pulsante “**+**”, posto nella barra in alto a sinistra sopra la tabella dei punti.



Pulsante per l'inserimento di punti

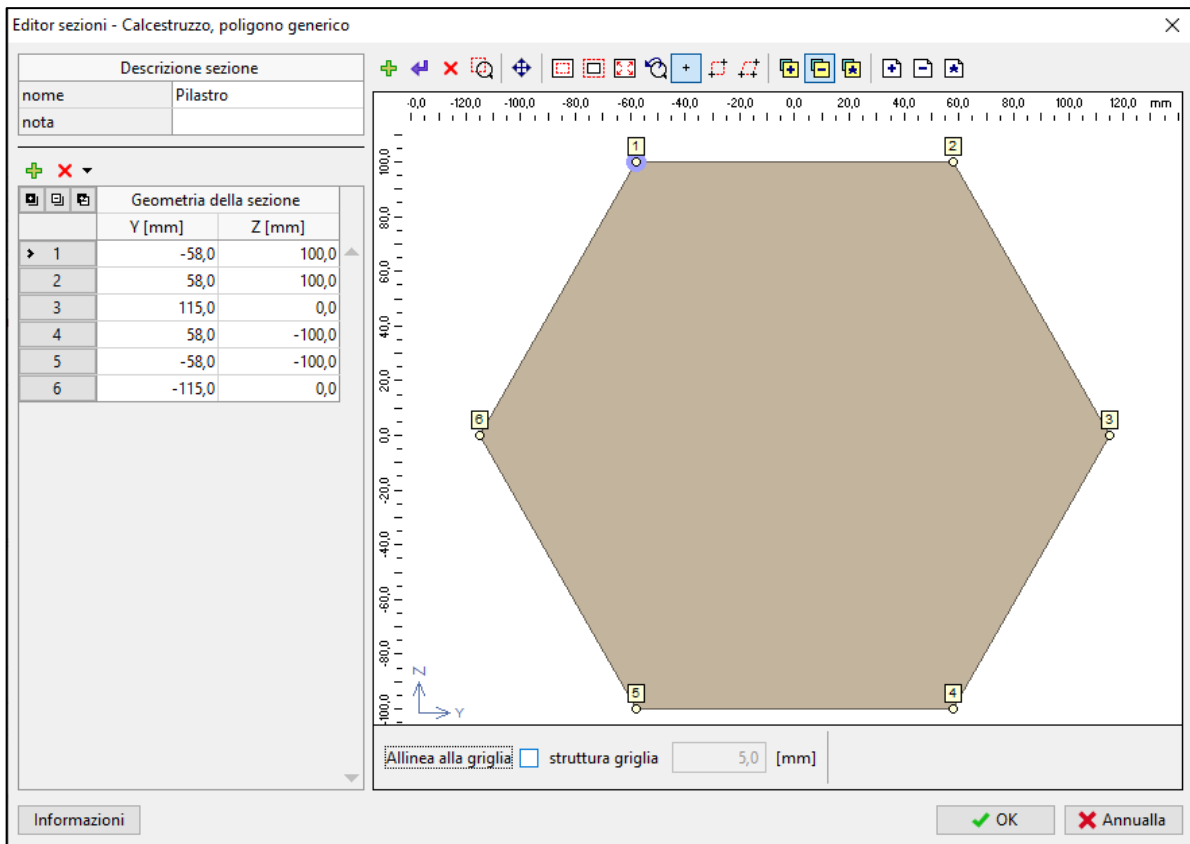
Viene visualizzata una nuova finestra per l'inserimento delle coordinate. Specifichiamo le coordinate del primo punto $[-0,058;0,100]$ e inseriamo il punto con il pulsante “**Aggiungi**”.



Inserimento di punti del poligono

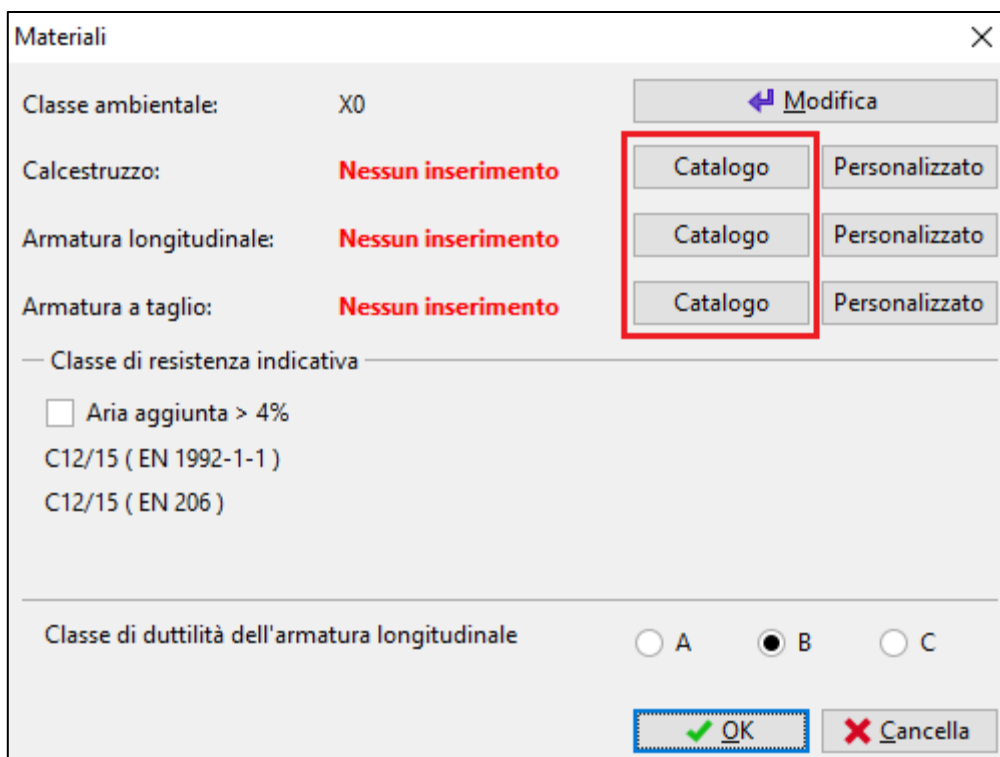
Specifichiamo le coordinate dei seguenti punti $[-0,058;0,100]$, $[0,058;0,100]$, $[0,115;0,000]$, $[0,058;-0,100]$, $[-0,058;-0,100]$, $[-0,115;0,000]$ nello stesso modo. Dopo aver inserito le coordinate dell'ultimo punto, si torna alla finestra di dialogo “**Editor Sezioni**” facendo clic sul pulsante “**Annulla**”.

La geometria della sezione viene visualizzata sul lato destro della finestra di dialogo; possiamo modificare le coordinate dei punti direttamente dalla tabella o graficamente a destra. Chiudiamo la finestra di dialogo facendo clic sul pulsante “**OK**”.



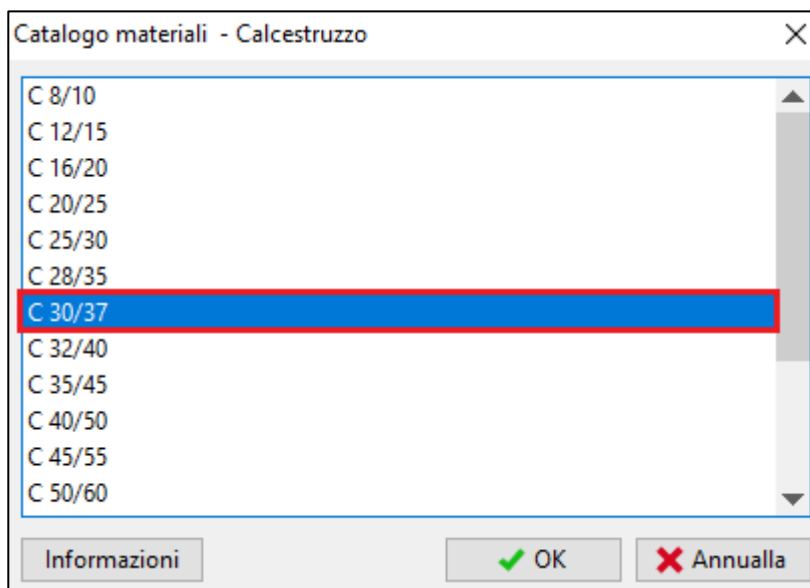
Geometria della sezione

Si procede con la definizione delle proprietà del materiale nella finestra di dialogo **"Materiali"** che viene aperta cliccando sul pulsante **"Materiale"** nel riquadro **"Sezione, Materiali, Armatura"**. Selezioniamo **"X0"** come **"Classe ambientale"** poiché la colonna non è a contatto con l'ambiente esterno. Successivamente si definiscono le proprietà materiali del calcestruzzo e dell'armatura. Possiamo selezionare i materiali dalla libreria dei materiali predefiniti cliccando sul pulsante **"Catalogo"**.



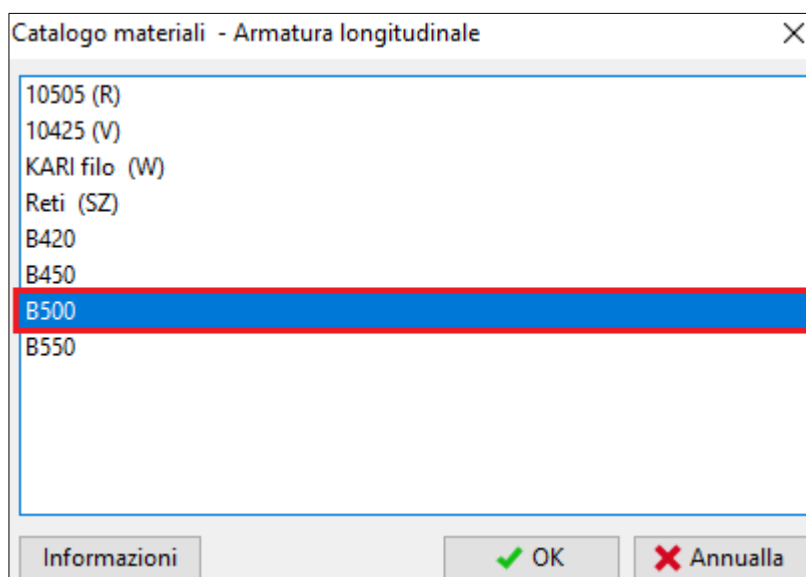
Finestra "Materiali"

Per il calcestruzzo selezioniamo la classe di resistenza “**C30/37**” e chiudiamo la finestra di dialogo facendo clic su “**OK**”.



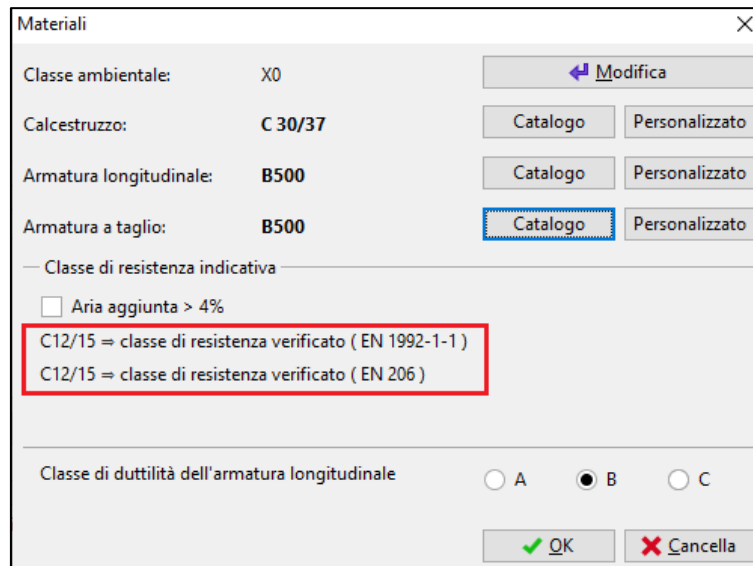
Classe di resistenza per il calcestruzzo

Procedendo alla definizione delle proprietà, selezioniamo “**B500**” sia per l'armatura longitudinale che per quella trasversale e chiudiamo la finestra di dialogo cliccando su “**OK**”.



Scelta del tipo di acciaio

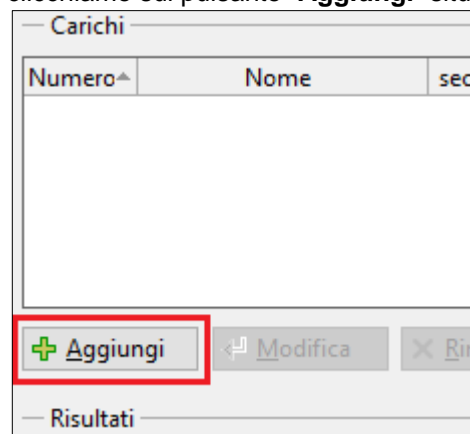
Dopo essere tornati alla finestra di dialogo “**Materiali**”, possiamo controllare il riepilogo dei materiali selezionati e confermare se la classe di calcestruzzo selezionata soddisfa i requisiti della “**Classe di resistenza indicativa**” fornita dalla classe di esposizione selezionata. Usciamo dalla finestra “**Materiali**” facendo clic su “**OK**”.



Verifica della Classe di resistenza indicative nella finestra "Materiali"

Carichi

Dopo aver definito la geometria della sezione e le proprietà del materiale, procediamo con la definizione dell'armatura e dei carichi. Per creare un caso di carico, clicchiamo sul pulsante "**Aggiungi**" situato sotto la tabella "**Carichi**".



Pulsante per l'inserimento di nuovi carichi

Nella finestra "**Nuovo carico**" selezioniamo un "**Tipo di combinazione**". Questa scelta dovrebbe essere selezionata in base al tipo di combinazione utilizzata per la determinazione di forze e momenti. Questo input influisce sul tipo di verifica. Sono disponibili le seguenti opzioni:

Progetto di base (SLU)	Forze e momenti flettenti sono stati ottenuti dalla combinazione di base per situazioni di progetto persistenti e transitorie secondo l'EN 1990, equazioni 6.10 , 6.10a e 6.10b
Situazione eccezionale (SLU)	Forze e momenti flettenti sono stati ottenuti dalla combinazione per situazioni di progetto accidentali secondo EN 1990, equazione 6.11
Caratteristica (SLE)	Forze e momenti flettenti sono stati ottenuti dalla combinazione caratteristica secondo l'EN 1990, equazione 6.14
Quasi-permanente (SLE)	Forze e momenti flettenti sono stati ottenuti dalla combinazione quasi permanente secondo l'EN 1990, equazione 6.16 . Questi carichi vengono utilizzati per la valutazione delle fessurazioni nello stato limite di esercizio.

Successivamente inseriamo le forze e i momenti flettenti agenti sulla sezione; nel nostro esempio la forza normale è $N = -400\text{kN}$ (valore negativo \rightarrow compressione) e i momenti flettenti sono $M_y = 2,33\text{kNm}$ e $M_z = 5,46\text{kNm}$.

Inoltre, dovremmo inserire il "Coefficiente di durata del carico". Se il valore esatto non è disponibile, possiamo lasciare il valore $1,00$, il che significa che il carico totale è considerato quasi permanente nei calcoli. Il nuovo caricamento viene confermato facendo clic sul pulsante "Aggiungi" e "Annulla" per uscire dalla finestra di dialogo.

Inserimento carichi

Per definire i carichi per lo stato limite di esercizio si utilizza la medesima procedura, come per i carichi allo stato limite ultimo. Per valutare la limitazione delle sollecitazioni, selezioniamo "Tipo di combinazione - caratteristica (SLE)" e immettiamo la relativa forza di compressione $N = -350\text{kN}$ e momento flettente $M_y = 2.00\text{kNm}$. Dopo la conferma dell'inserimento tramite il pulsante "Aggiungi", si esce dalla finestra utilizzando il pulsante "Annulla".

Di conseguenza, nella finestra di dialogo viene generata una tabella riepilogativa di tutti i casi di carico definiti.


Numero	Nome	secondo ordine	N [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	V_z [kN]	V_y [kN]	T [kNm]	Utilizzo
1	Carico 1 - progetto di base (SLU)		-400,00	2,33	5,40				
2	Carico 2 - quasi-permanente (SLE)		-350,00	2,33	5,46				

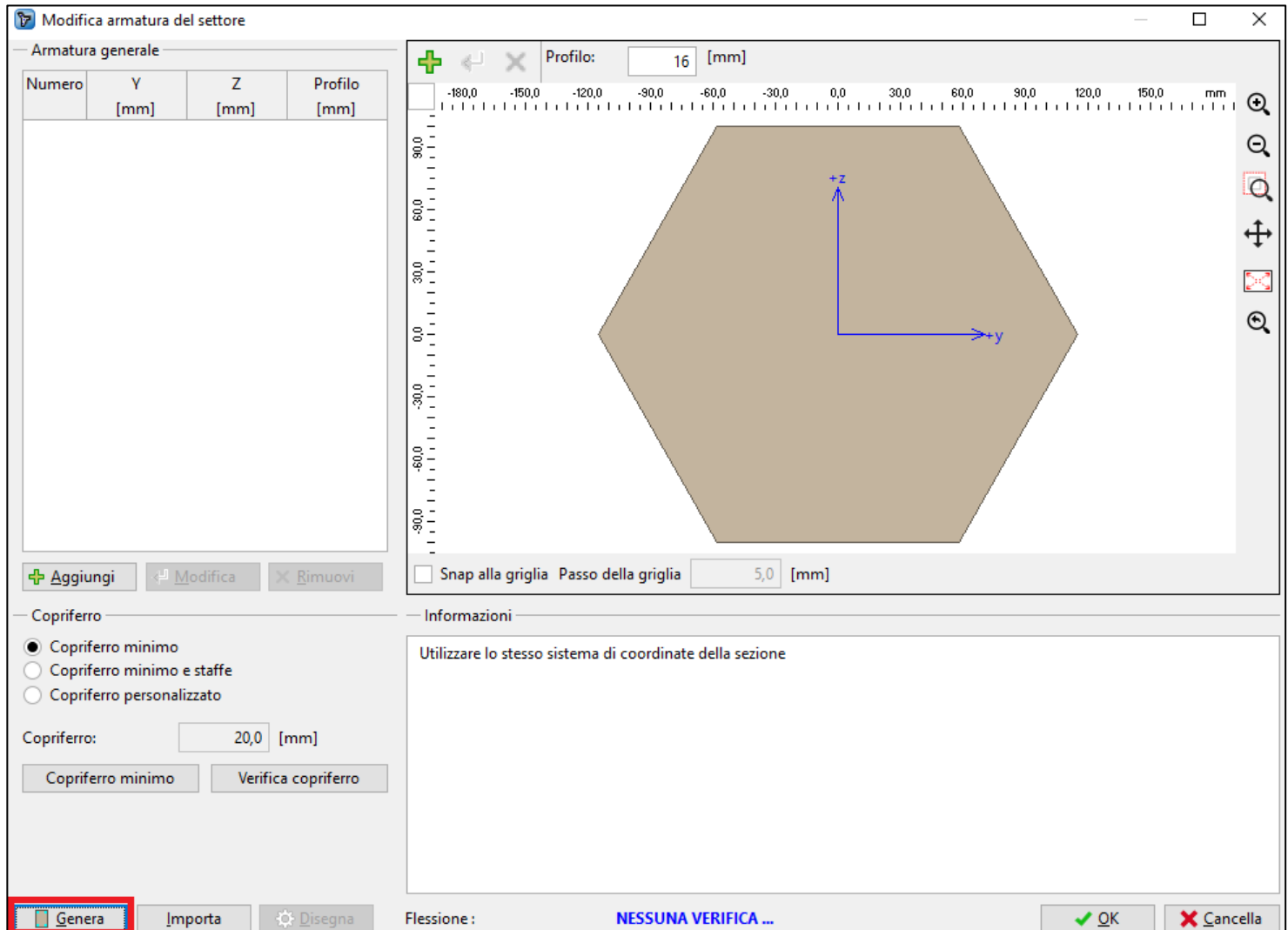
Carichi

Il numero di carichi non è limitato nel software. L'input può essere fatto anche utilizzando file di testo o file *.csv (pulsante "Importa").

Armatura

Dopo essere tornati alla finestra di dialogo principale, possiamo procedere alla definizione dell'armatura longitudinale e a taglio. Aprire la finestra di dialogo **"Modifica armatura"** per la definizione dell'armatura longitudinale facendo clic sul pulsante **"Armatura"** nel riquadro **"Sezione, Materiale, Armatura"**. La parte superiore della finestra contiene un'opzione per selezionare un metodo di calcolo del copriferro. Manteniamo il metodo **"Copriferro minimo"**

In questa finestra di dialogo possiamo definire l'armatura. E' anche possibile inserire direttamente l'armatura usando il wizard con il pulsante 



Inserimento semplificato dell'armatura

Ora possiamo definire l'armatura richiesta utilizzando barre da 16mm in ogni angolo della sezione, inserendo 3 file con copriferro appropriato:

Modifica armatura

— Copriferro

Copriferro minimo
 Copriferro minimo e staffe
 Copriferro personalizzato

Copriferro minimo
Verifica copriferro

Copriferro: [mm]

— Armatura superiore

	Diametro [mm]	Tipo Inserisci	Passo [mm]	Calcola [-]	Posizione Tipo	Posizione [mm]	A _s [mm ²]
<input checked="" type="checkbox"/> 1	<input type="text" value="16"/>	Numero ▾	<input type="text"/>	<input type="text" value="2"/>	Coprifer ▾	<input type="text" value="30,0"/>	402,1 ▲
<input checked="" type="checkbox"/> 2	<input type="text" value="16"/>	Numero ▾	<input type="text"/>	<input type="text" value="2"/>	Coprifer ▾	<input type="text" value="90,0"/>	402,1 ▲
<input type="checkbox"/> 3	<input type="text"/>	▾	<input type="text"/>	<input type="text"/>	▾	<input type="text"/>	
<input type="checkbox"/> 4	<input type="text"/>	▾	<input type="text"/>	<input type="text"/>	▾	<input type="text"/>	

Σ A_s [mm²]

— Armatura inferiore

	Diametro [mm]	Tipo Inserisci	Passo [mm]	Calcola [-]	Posizione Tipo	Posizione [mm]	A _s [mm ²]
<input checked="" type="checkbox"/> 1	<input type="text" value="16"/>	Numero ▾	<input type="text"/>	<input type="text" value="2"/>	Coprifer ▾	<input type="text" value="30,0"/>	402,1 ▲
<input type="checkbox"/> 2	<input type="text"/>	▾	<input type="text"/>	<input type="text"/>	▾	<input type="text"/>	
<input type="checkbox"/> 3	<input type="text"/>	▾	<input type="text"/>	<input type="text"/>	▾	<input type="text"/>	
<input type="checkbox"/> 4	<input type="text"/>	▾	<input type="text"/>	<input type="text"/>	▾	<input type="text"/>	

Σ A_s [mm²]

— Informazioni

Area totale dell'armatura: 1206,4 mm²

Verifica dell'armatura min e max

Pilastro (armatura totale):

$\rho_s = 0,0349 \geq \rho_{s,min} = 0,003 \Rightarrow$ **Verificato**

$\rho_s = 0,0349 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow$ **Verificato**

— Posizionamento armatura

Genera come da passo
 Barre il più possibile sul bordo

Flessione: 37,4 % VERIFICATO

Definizione dell'armatura

Dopo aver definito l'armatura possiamo immediatamente verificare, nella parte inferiore della finestra di dialogo, che l'area dell'armatura sia sufficiente e superi i criteri di progettazione (utilizzo del 34,1% per flessione). Nella sezione "Informazioni" possiamo anche verificare i requisiti dettagliati forniti dall'Eurocodice. Infine dobbiamo verificare se il copriferro è definito correttamente. Avendo una colonna con staffe, l'opzione "Copriferro min e staffe" è selezionata nella sezione "Copriferro" della finestra di dialogo. Il programma calcolerà la copertura minima richiesta dell'armatura longitudinale come somma del copriferro minimo previsto dal codice e il diametri delle staffe. Il calcolo può essere verificato nella finestra di dialogo aperta facendo clic sul pulsante "Copriferro minimo":

Copriferro [X]

Classe ambientale

Classe ambientale: X0

Classe di resistenza indicativa C12/15 = classe di resistenza verificato (EN 1992-1-1)
C12/15 = classe di resistenza verificato (EN 206)

Classe strutturale

Classe:

Strutture edilizie ed altre strutture comuni

Geometria della soletta Vita utile di progetto 100 anni
 Aria aggiunta CLS > 4% Controllo di qualità speciale

Classe strutturale risultante: **S3**

Altre influenze

Classe di abrasione:

La dimensione nominale massima dell'aggregato è maggiore di 32 mm.

Superfici irregolari [mm]

Margine di sicurezza aggiuntivo $\Delta C_{dur,y}$ [mm]

Acciaio inossidabile $\Delta C_{dur,st}$ [mm]

Protezioni aggiuntive $\Delta C_{dur,add}$ [mm]

Margine di progetto per gli scostamenti ΔC_{dev} [mm]

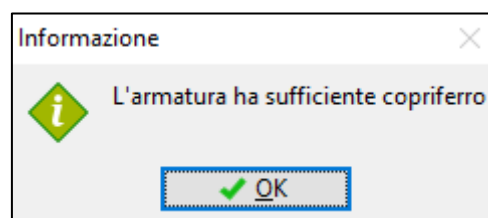
Terreno: trattato direttamente contro il terreno

Copriferro minimo

$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur}; 10) = \max(16; 10; 10) = 16 \text{ mm}$
 $c_{nom} = c_{min} + \Delta C_{dev} = 16 + 10 = \mathbf{26 \text{ mm}}$

Calcolo copriferro minimo

Poiché non è necessario modificare le impostazioni di calcolo del copriferro, possiamo uscire dalla finestra cliccando "OK" e tornare alla finestra di dialogo per la definizione dell'armatura longitudinale. Per verificare se la geometria dell'armatura longitudinale soddisfa i requisiti del copriferro minimo, possiamo eseguire la valutazione facendo clic su "Verifica copriferro".



Risultato della verifica


La verifica ha restituito un risultato positivo, quindi possiamo tornare alla finestra di dialogo principale facendo clic su "OK".

Armatura a taglio

Possiamo procedere alla definizione dell'armatura a taglio cliccando sul pulsante nella schermata principale. Inseriamo un diametro di 10mm con un passo di 150mm :

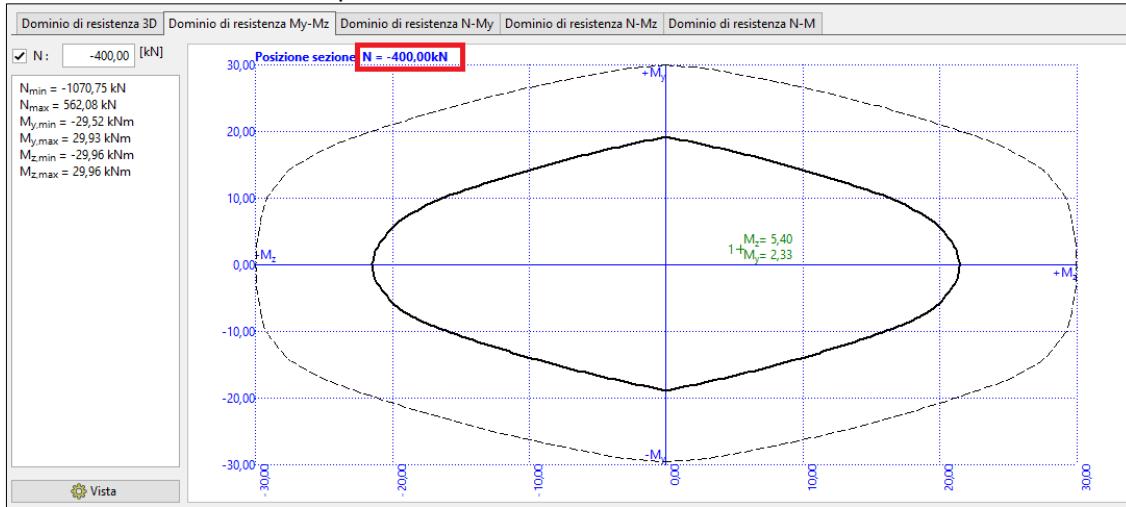
Definizione dell'armatura a taglio

Buckling

Il passaggio successivo è la definizione dei parametri di instabilità. Per prima cosa dobbiamo spuntare le caselle "Calcola instab. Y" e "Calcola instab. Z" quindi inserire le lunghezze del pilastro per entrambe le direzioni, in base alla quale verranno calcolate le lunghezze di instabilità effettive. Per una colonna semplicemente appoggiata su entrambe le estremità, le lunghezze di instabilità effettive sono pari a quella nominale. La definizione di diverse condizioni alle estremità può essere eseguita facendo clic su "  " per ogni direzione.

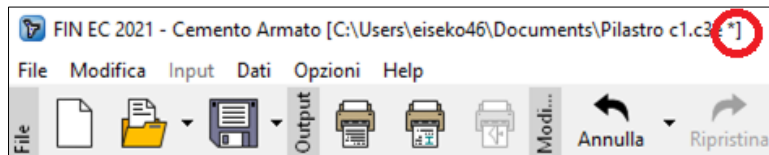
Definizione parametri di buckling

Dopo aver definito i parametri di instabilità, nel diagramma di vengono mostrate due distinte aree: la linea sottile tratteggiata denota la capacità dell'elemento senza influenza di instabilità e la linea spessa denota la capacità ridotta dall'effetto di instabilità. Per controllare la posizione di un caso di carico definito nel "Dominio di resistenza" è necessario inserire la forza normale; nel nostro esempio $N = -400\text{kN}$:



Dominio di resistenza

Poiché abbiamo completato la definizione di tutti i parametri, si consiglia di salvare il lavoro facendo clic su sulla barra degli strumenti o utilizzando la scorciatoia "Ctrl + S". Lo stato effettivo del lavoro durante il lavoro potrebbe non essere identico a quello salvato su disco; questo è indicato da nell'intestazione della finestra del programma. In tal caso è consigliabile salvare il lavoro.



Indicazione dello stato del file non salvato

Poiché tutti i requisiti strutturali sono stati verificati e soddisfatti durante la definizione dei parametri e poiché la finestra di dialogo principale indica che la sezione supera le verifiche sia negli stati limite ultimo che in quello di esercizio, il lavoro può essere considerato terminato.

Numero	Nome	secondo ordine	N [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]	Vx [kN]	Vy [kN]	T [kNm]	Utilizzo
1	Carico 1 - progetto di base (SLU)		-400,00	2,33	5,40				55,9 %
2	Carico 2 - esercizio (SLE)		-350,00	2,33	5,40				23,3 %

n.	Nome	N _{sd}	M _{sd,y}	M _{sd,z}	V _{sd,x}	V _{sd,y}	Utilizzo	Analisi
		[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]		
1	Carico 1	-400,00	2,33 - 10,62	5,40 - 12,92	0,00	0,00	55,9	Verificato

n.	Nome	N _{sd}	M _{sd,y}	M _{sd,z}	Δ _s	f _{cr,max}	w	Utilizzo	Analisi
		[kN]	[kNm]	[kNm]	[-]	[mm]	[mm]		
2	Carico 2	-350,00	2,33 - 10,01	5,40 - 12,42	59,3 10 ⁻⁴	0,148	0,009	2,2	Verificato

Verifica di una sezione con il programma Cemento Armato

Relazioni

Quando il lavoro è terminato e salvato, possiamo procedere alla composizione della documentazione di output (relazione). Per prima cosa stampiamo una relazione a pagina singola che riassume tutti i dati inseriti e i risultati delle verifiche.

La composizione di questo tipo di relazione viene eseguita facendo clic su **“File”** e **“Output grafico”** o nella barra dagli strumenti.

Stampa ed esporta documento

Documento: Output grafico | Schema: colore

Editor

Contenuti:

- Progetto
- Normativa
- Opzioni di stampa
- Stampa sezione
- Pilastro C1

Pilastro C1

Diagramma: Sezione esagonale con armatura a spirale. Dimensioni: lato esagonale 200,0 mm. Armatura: 2x16-capp.30,0.

Verifica dell'armatura min e max

Verifica prescrizioni staffe

Verifica allo Stato Limite Ultimo

n.	Nome	N _{Ed}	M _{Edy}	M _{Edz}	V _{Edy}	V _{Edz}	Analisi
1	Carico 1	400,00	2,33	10,62	5,40	12,92	Verificato

Stato limite ultimo VERIFICATO

Verifica dello stato limite di esercizio

n.	Nome	N _{Ed}	M _{Edy}	M _{Edz}	V _{Edy}	V _{Edz}	Analisi
1	Carico 2	-300,00	2,33	-10,01	5,40	-12,42	Verificato

Stato limite di esercizio VERIFICATO

Il documento corrisponde alle impostazioni | 1 / 1 | A4 (21,0 x 29,7 cm)

Relazione grafica del programma Cemento Armato

Possiamo stampare il documento direttamente cliccando su oppure salvarlo come file *.pdf o *.rtf facendo clic su . Usiamo la seconda opzione e salviamo il file. Nella finestra di dialogo **“Salva con nome”** possiamo inserire il nome del file e selezionare la cartella di destinazione.

Oltre a questa breve relazione, possiamo anche comporre ununa relazione dettagliato facendo clic su nella barra degli strumenti o selezionando **“File”** e **“Output di testo”** nel menu principale. Tuttavia, poiché siamo ancora nella finestra di dialogo **“Stampa ed esporta documento”**, possiamo cambiare il tipo di documento di output direttamente dall'elenco a discesa **“Documento”** della barra degli strumenti.

Stampa ed esporta documento

Documento: Output di testo

Schema: Output grafico

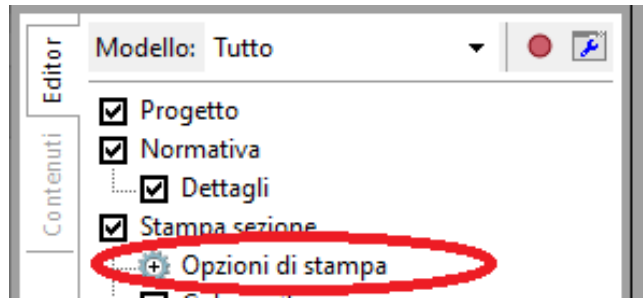
Editor

Contenuti:

- Progetto
- Normativa
- Dettagli
- Stampa sezione
- Opzioni di stampa

Cambio tipo di relazione

Dopo essere passati alla modalità “**Output di testo**” possiamo impostare nell’ “**Editor**” quali parti includere nella relazione e quanto dettagliata sarà.



Opzioni di stampa per le relazioni

Il programma rigenererà immediatamente l'output e riporta ogni modifica apportata. Una volta che l'output contiene tutte le informazioni richieste, possiamo salvare nuovamente il documento.

Stampa ed esporta documento

Documento: Output di testo | Schema: colore | Setup della pagina | Intestazione e piè di pagina | Numerazione pagine

Seleziona tutto | Rimuovi selezione | Copia | Ampiezza pagina | Due pagine | Una pagina | Pagine multiple | Fascicola | Mostra allegati | Inserisci allegati | Administrator Allegati

Progetto
Autore: Eiseko Computers
Data: 07/01/2021

Normativa
Normativa EN 1992-1-1/Italia
Calcestruzzo - situazioni persistenti : $f_{td} = 1,500$
Armatura ordinaria - situazioni persistenti : $f_{td} = 1,150$
Calcestruzzo - situazioni eccezionali : $f_{td} = 1,200$
Armatura ordinaria - situazioni eccezionali : $f_{td} = 1,000$
Modulo di elasticità del calcestruzzo : $E_{td} = 1,200$
Coeff. resist. a compressione del cls : $\alpha_{cc} = 0,850$

1 Pilastro C1
1.1 Dati inseriti
Tipo di elemento: pilastro
Classe ambientale: X0
Lunghezza: 2,00m

Sezione

poligono generico
Coordinate dei punti del poligono (numero di punti 6)
Punto n. 1 [Y: -58,0 mm, Z: 100,0 mm]
Punto n. 2 [Y: 58,0 mm, Z: 100,0 mm]
Punto n. 3 [Y: 115,0 mm, Z: 0,0 mm]
Punto n. 4 [Y: 58,0 mm, Z: -100,0 mm]
Punto n. 5 [Y: -58,0 mm, Z: -100,0 mm]
Punto n. 6 [Y: -115,0 mm, Z: 0,0 mm]

Materiali
Calcestruzzo: C 30/37
 $f_{td} = 30,0 \text{ MPa}$; $f_{td,m} = 2,9 \text{ MPa}$; $E_{td,m} = 33000 \text{ MPa}$
Armatura longitudinale: B500B
 $f_{td} = 500,0 \text{ MPa}$; $E_{td} = 200000 \text{ MPa}$
Armatura trasversale: B500
 $f_{td} = 500,0 \text{ MPa}$; $E_{td} = 200000 \text{ MPa}$

Forze interne - progetto di base (SLU)

n.	Nome carico	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	$M_{Ed,z}$ [kNm]	$V_{Ed,x}$ [kN]	$V_{Ed,y}$ [kN]	T_{Ed} [kNm]	Coeff. QP
1	Carico 1	-400,00	2,33	5,40	0,00	0,00	0,00	1,000

Forze interne - quasi-permanente (SLE)

n.	Nome carico	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	$M_{Ed,z}$ [kNm]
1	Carico 2	-350,00	2,33	5,46

Il documento corrisponde alle impostazioni | 1 / 3 | A4 (21,0 x 29,7 cm)

Relazione generata

Completando la generazione della relazione, il nostro lavoro è terminato.