

# Quarmon

## Questa guida

Questa guida si riferisce all'ambiente Quarmon di Nòlian All In One, dedicato alla valutazione della resistenza al fuoco di elementi strutturali monodimensionali in calcestruzzo armato.

**Per un uso corretto e completo di questo ambiente è indispensabile avere la licenza d'uso dell'ambiente EasyBeam.**

Tutti i diritti su questo manuale sono di proprietà della Softing srl.

© 2012 Softing srl. Tutti i diritti riservati.

Prima edizione: 18 gennaio 2012

Ultima revisione: 28 novembre 2024

## Accordo di licenza d'uso del software Softing

- 1. Licenza.** A fronte del pagamento del corrispettivo della licenza, compreso nel prezzo di acquisto di questo prodotto, e all'osservanza dei termini e delle condizioni di questa licenza la Softing s.r.l., nel seguito Softing, cede all'acquirente, nel seguito Licenziatario, un diritto non esclusivo e non trasferibile di utilizzo di questa copia di programma software, nel seguito Software.
- 2. Proprietà del software.** La Softing mantiene la piena proprietà di questa copia di programma Software e della documentazione ad essa allegata. Pertanto la Softing non vende alcun diritto sul Software sul quale mantiene ogni diritto.
- 3. Utilizzo del software.** Questo Software contiene segreti commerciali. È espressamente proibito effettuare copie o modifiche o reingegnerizzazioni, sotto qualsiasi forma e con qualsiasi mezzo, anche parziali, del Software e della documentazione a esso allegata. Il Licenziatario è responsabile a tutti i fini legali per qualunque infrazione causata o incoraggiata dalla non osservanza dei termini di questa licenza. È consentito effettuare una sola copia del Software esclusivamente per installazione su un solo disco rigido.
- 4. Cessione del software.** Il software viene ceduto in licenza unicamente al Licenziatario e non può essere ceduto a terzi. In nessun caso è consentito cedere, assegnare, affidare, affittare o disporre in altro modo del Software se non nei termini qui espressamente specificati.
- 5. Cessazione.** Questa licenza ha la durata di anni dieci. Il Licenziatario può porvi termine in ogni momento con la completa distruzione del Software. Questa licenza si intende cessata, senza onere di comunicazione da parte di Softing, qualora vi sia inadempienza da parte del Licenziatario delle condizioni della licenza.
- 6. Esonero della garanzia del software.** Il Licenziatario si fa carico di ogni rischio derivante, dipendente e connesso all'uso del Software. Il Software e la relativa documentazione vengono forniti nello stato in cui si trovano. Softing si esonera espressamente da ogni garanzia espressa o implicita ivi inclusa, ma senza limitazioni, la garanzia implicita di commerciabilità e di idoneità del prodotto a soddisfare particolari scopi. Softing non garantisce che le funzioni contenute nel Software siano idonee a soddisfare le esigenze del Licenziatario né garantisce una operatività ininterrotta o immune da difetti del Software né che i difetti riscontrati nel software vengano corretti. Softing non garantisce l'uso o i risultati derivanti dall'uso del Software e della documentazione né la loro correttezza, affidabilità e accuratezza. Le eventuali informazioni orali o scritte di esponenti o incaricati di Softing non inficiano questo esonero di garanzia.
- 7. Limitazioni di responsabilità.** Softing è espressamente sollevata da ogni responsabilità per qualsiasi danno, diretto o indiretto, di ogni genere e specie, derivante dall'uso o dal non uso del Software e della relativa documentazione. In ogni caso

i limiti di responsabilità di Softing nei confronti del Licenziatario per il complesso dei danni, delle perdite, e per ogni altra causa, sarà rappresentato dall'importo dal Licenziatario corrisposto a Softing per il relativo Software.

**8. Foro esclusivo.** In caso di controversie relative a questo accordo, sarà esclusivamente competente a decidere l'Autorità Giudiziaria di Roma.

**9. Obbligatorietà ed interezza dell'Accordo.** Il Licenziatario, avendo letto il testo che precede ed avendo riscontrato che questa Licenza e la Garanzia Limitata che contiene sono accettabili, le accetta senza condizioni e conferma, con l'atto di accettare l'installazione del Software, la sua volontà di vincolarsi alla scrupolosa osservanza di questo Accordo. Il Licenziatario dà altresì atto che quanto precede costituisce la totalità delle intese intercorse e che pertanto esso annulla e sostituisce ogni eventuale precedente accordo o comunicazione tra le parti.

**SOFTING NON GARANTISCE CHE LE FUNZIONI CONTENUTE NEL SOFTWARE SIANO IDONEE A SODDISFARE LE ESIGENZE DEL LICENZIATARIO NÉ GARANTISCE UNA OPERATIVITÀ ININTERROTTA O IMMUNE DA DIFETTI DEL SOFTWARE NÉ CHE I DIFETTI RISCONTRATI VENGANO CORRETTI. SOFTING NON GARANTISCE L'USO O I RISULTATI DERIVANTI DALL'USO DEL SOFTWARE E DELLA DOCUMENTAZIONE NÉ LA LORO CORRETTEZZA, AFFIDABILITÀ E ACCURATEZZA.**

Le informazioni contenute in questo documento sono soggette a cambiamento senza preavviso e non costituiscono impegno alcuno da parte della Softing s.r.l. Nessuna parte di questo manuale e per nessun motivo può essere utilizzata se non come aiuto all'uso del programma.

*Nòlian è registrato presso il Registro Pubblico Speciale per i programmi per Elaboratore in data 14/07/2000 al progressivo 001629, ordinativo D002017; EasyBeam in data 14/05/96 al progressivo 000348, ordinativo D000409; EasySteel in data 14/05/96 al progressivo 000346, ordinativo D000407; EasyWall in data 14/05/96 al progressivo 000347, ordinativo D000408; MacSap in data 23/11/97 al progressivo 000222, ordinativo D000264, ArchiLink in data 14/07/2000 al progressivo 001630, ordinativo D002018.*

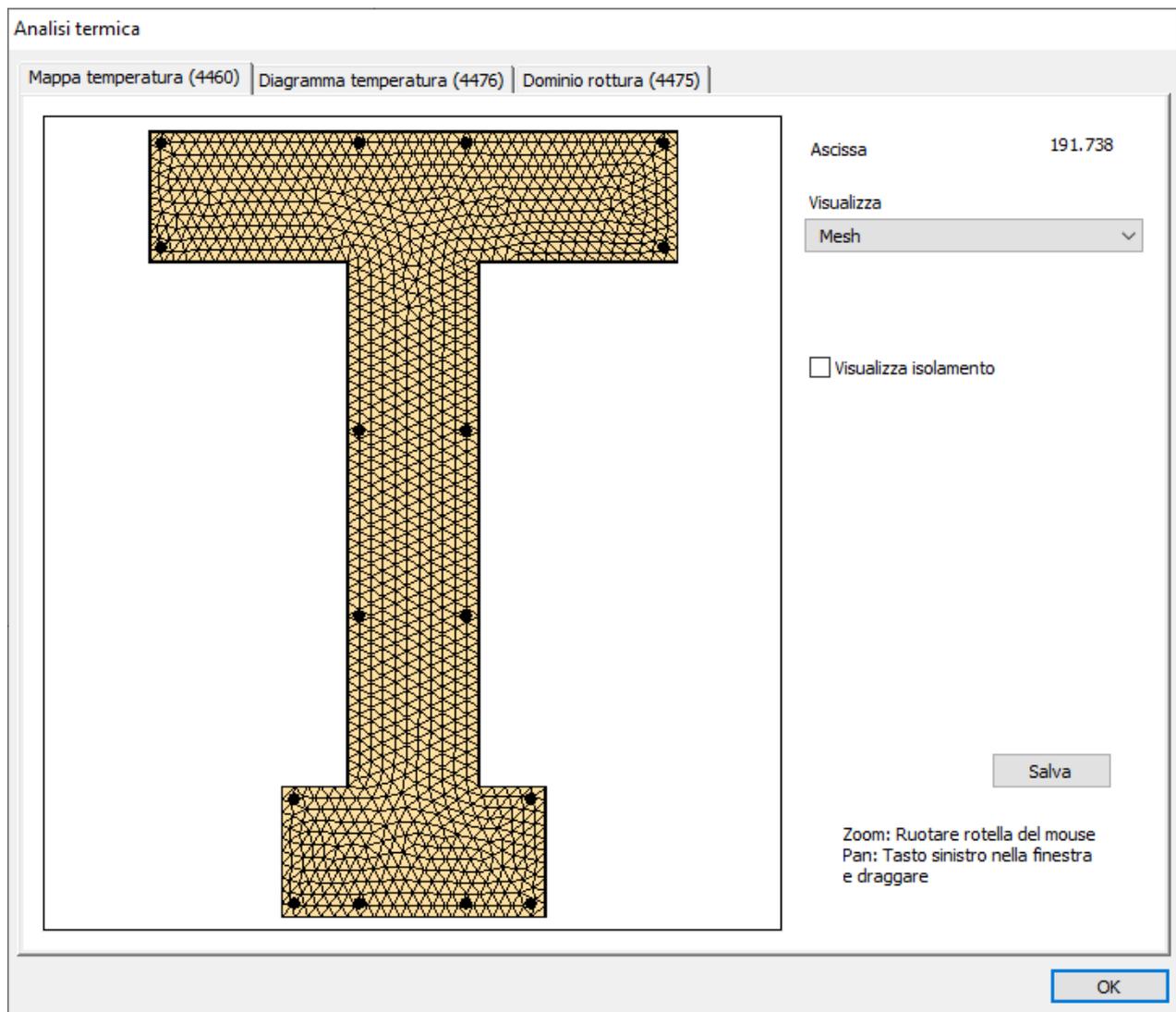
*Softing®, il logo Softing, Nòlian®, il logo Nòlian®, Mac-Sap®, MacBeam®, CADSap®, EasyWall®, EasySteel®, EasyBeam®, EasyFrame®, EasyWorld®, HyperGuide®, Sap-Script®, FreeLite®, inMod®, EasyQuill®, Quilian® sono marchi registrati di Softing s.r.l.*

## Introduzione

Quarmon è un ambiente di Nòlian All In One dedicato alla valutazione della resistenza al fuoco di travi e pilastri in calcestruzzo armato. Trae il suo nome dalle equazioni differenziali che governano il problema della conduzione del calore che sono appunto Quasi Armoniche.

Benché questo ambiente sia progettato per un uso molto lineare e semplice, esso racchiude alcuni "gioielli" dei più moderni metodi numerici. Infatti, dato il contorno di una sezione ed assegnati tramite un apposito dialogo le condizioni al contorno (lati esposti direttamente, indirettamente, in regime adiabatico, ricoperti da strati di isolante), Quarmon:

- costruisce automaticamente una mesh di elementi finiti della sezione e degli eventuali ricoprimenti e pertanto è dotato di un sofisticato mesher frontale
- risolve il problema della diffusione del calore in regime transitorio tramite il metodo degli elementi finiti e quindi dispone di un elemento finito per tale problema, di un metodo skyline di fattorizzazione del sistema di equazioni e di un integratore nel dominio del tempo.
- Ottenute le temperature, si è in grado di ottenere il degrado delle caratteristiche meccaniche del materiale. Poiché tali caratteristiche variano da punto a punto e la sezione può essere sottoposta a sollecitazioni deviate, il problema della valutazione del momento e del taglio ultimo viene eseguita costruendo un modello a fibre della sezione dove ogni fibra ha le caratteristiche meccaniche del materiale in quel punto, il legame costitutivo è non lineare e viene eseguita un'analisi non lineare della sezione.



Come si vede, benché Quarmon sia dedicato ad un ambito prevalentemente edile, la sua formulazione è totalmente basata sui più sofisticati metodi di analisi numerica e non su semplificazioni che non sono le più adatte in un sistema computazionale.

L'ambiente Quarmon ha il modello strutturale già analizzato con Nòlian e progettato con EasyBeam e su questo opera.

**NOTA BENE:**

Benché queste procedure siano accessibili in modo molto semplice ed intuitivo e, per motivi di razionalità e produttività collocate in un dialogo, esse implicano delle analisi e delle elaborazioni estremamente complesse ed onerose per cui l'attivazione delle funzioni può richiedere del tempo prima che avvenga la visualizzazione o la risposta del sistema.

## Opzioni di analisi

Opzioni analisi termica (4472)

Parametri analisi termica

Curva di incendio DM08 (UNI EN 1991-1-2) Standard

Durata incendio (min) 30.000000

Passi di calcolo 50

Parametri mesh

Lato medio singolo elemento [cm] 2.0000000

Continua

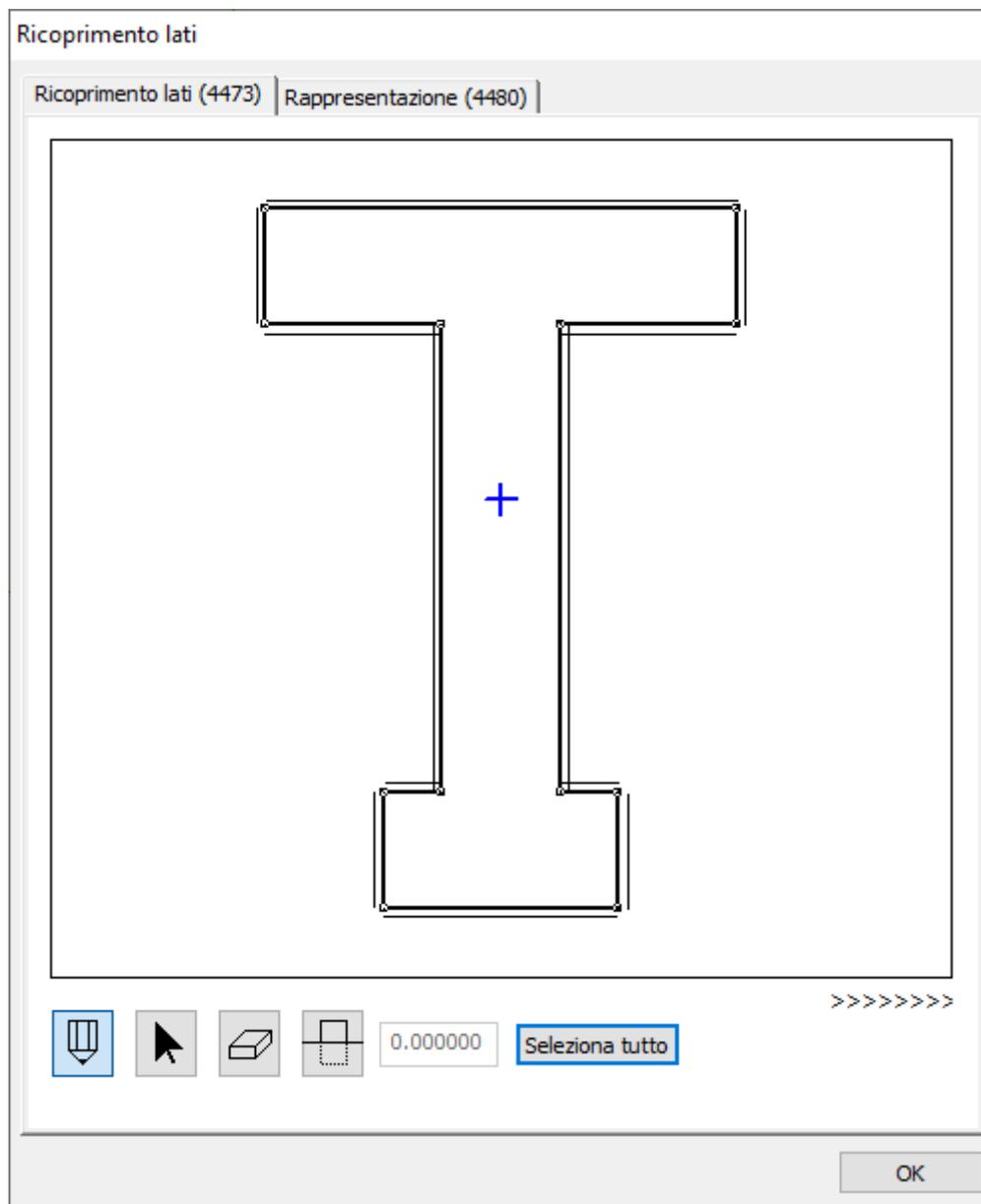
Il primo passo è quello di assegnare le opzioni generali di analisi. Queste vengono registrate nelle preferenze e nel file per cui, se non cambiano, non è necessario assegnarle ogni volta.

Si assegnano:

- la durata dell'analisi in minuti
- la curva nominale d'incendio secondo UNI 9502
- la dimensione media degli elementi finiti della mesh
- il numero di passi per l'integrazione nel dominio del tempo

Si ricorda che la durata del tempo di esposizione è determinata dalla classe e questa a sua volta dal livello prestazionale richiesto come da DM 9 marzo 2007

## Condizioni al contorno



Il passo successivo è quello di assegnare lo stato conduttivo dei contorni, a questo aspetto è dedicato un apposito dialogo il quale consente di definire dei tratti di lato, o un lato intero ed associare ad esso le condizioni di conduzione (esposto direttamente, in regime adiabatico, esposto indirettamente) oppure lo spessore ed il materiale del ricoprimento di materiale isolante. Le condizioni di conduttività di default sono quelle di esposizione diretta e pertanto per sezioni non ricoperte da isolante e non annegate in altri materiali, questo passo non è necessario.

Le condizioni al contorno si intendono valide per tutta la lunghezza dell'elemento e non è possibile assegnarle a tratti in lunghezza.

La soluzione per i ricoprimenti in materiale isolante, in considerazione del sofisticato metodo di analisi, potrebbero essere modellate tramite elementi finiti con le caratteristiche termiche del materiale ma si è preferito seguire la via indicata dalla normativa e cioè di assegnare uno spessore equivalente di calcestruzzo.

Il dialogo presenta quattro bottoni ad icona.



Il bottone a forma di matita consente di selezionare un lato della sezione. Si apre un dialogo che consente di assegnare l'ascissa d'inizio del tratto e la sua lunghezza (il poligono è orientato in senso orario) e quindi lo stato di conduzione che per default è non ricoperto e direttamente esposto per cui i lati in tale condizione non necessitano di alcuna assegnazione. Se il lato è direttamente esposto, si può assegnare un ricoprimento selezionando il tipo di materiale e lo spessore. Si usa il metodo di normativa di assegnare uno spessore equivalente in calcestruzzo, il cui valore moltiplicativo di norma è presentato in un campo del dialogo non modificabile. Selezionando Assegnabile come materiale si può assegnare il moltiplicatore voluto

Il bottone contrassegnato da una freccia consente di selezionare un tratto già assegnato e di modificarne le caratteristiche. La selezione avviene cliccando sul lato in corrispondenza del tratto voluto.

Il bottone con la gomma per cancellare consente di selezionare un tratto e cancellarlo.

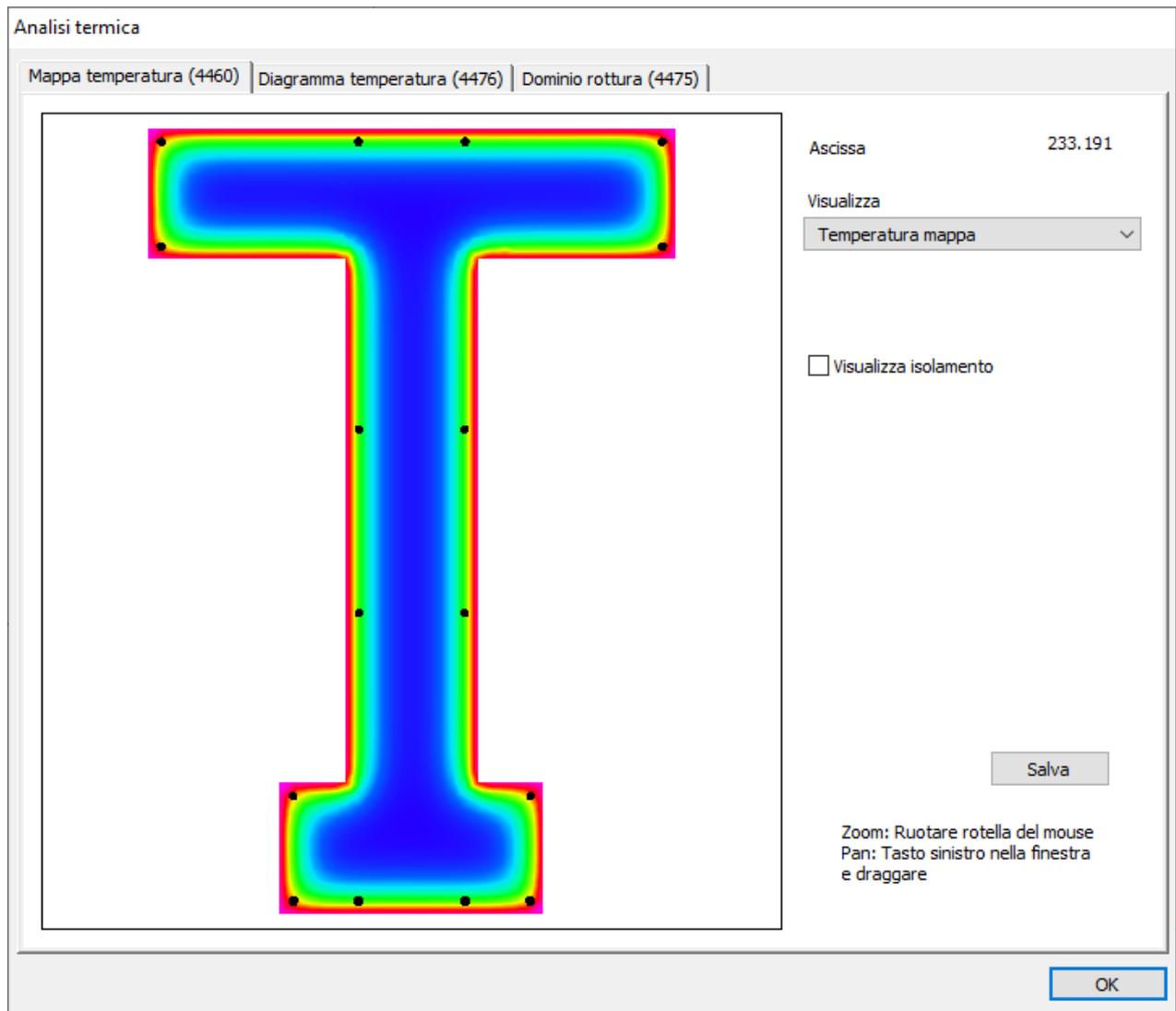
Il quarto bottone consente di posizionare sull'ordinata voluta una linea "orizzontale" che divide la sezione in due parti. A questo punto si può cliccare su una delle due parti ed assegnare a tutte le porzioni di lato da quella parte le caratteristiche volute come già descritto. I bottoni di inizio e lunghezza tratto sono oscurati in quanto tali valori saranno assegnati automaticamente.

Il bottone infine "Seleziona tutto" consente di agire contemporaneamente su tutti i lati in funzione della operazione prescelta. Se ad esempio è attiva la matita, si genereranno i ricoprimenti su tutti i lati. Se è attiva la gomma, si cancelleranno tutti i ricoprimenti assegnati. E così via.

Assegnazione fascia su un lato (4474)

Inizio [cm]	<input type="text"/>
Lunghezza [cm]	<input type="text"/>
Condizioni conduzione	Direttamente esposto ▾
Rivestimento	Conglomerato cementizio ▾
Molt. Spessore equivalente	1.00000
Spessore [cm]	1
<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Annulla"/>	

## Analisi termica



Per calcolare e visualizzare la distribuzione del calore e lo stato di degrado si impiega un dialogo apposito. È sufficiente attivare la funzione dal menu Verifiche e quindi cliccare sul punto voluto dell'elemento. Verrà automaticamente generata la mesh, assegnate le caratteristiche degli elementi, assegnate le condizioni al contorno compresi i ricoprimenti isolanti, risolto il problema della conduzione del calore tramite un'analisi nel transitorio secondo la curva di incendio assegnata e verrà visualizzata la mappa a colori della distribuzione delle temperature.

La rappresentazione della sezione può essere ingrandita o ridotta agendo sulla rotella del mouse e traslata cliccando nel campo della sezione e trascinando con il mouse e bottone tenuto premuto.

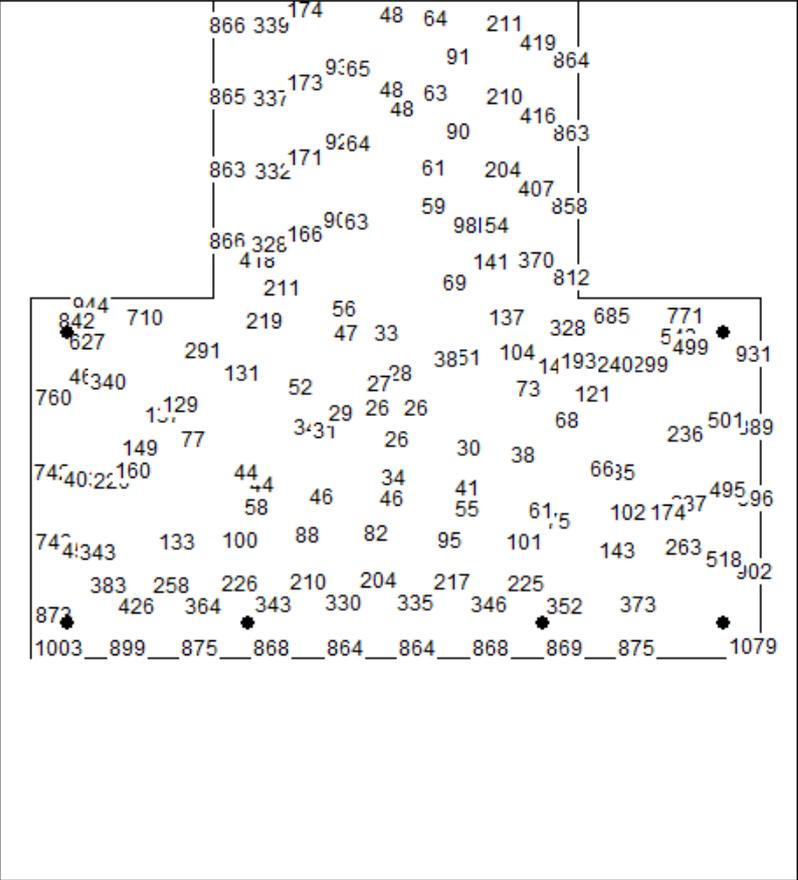
Il menu delle visualizzazioni consente altre rappresentazioni:

- visualizzazione della sola sezione
- visualizzazione della mesh con o senza le parti di ricoprimento in funzione della selezione del check box relativo
- visualizzazione dei valori numerici della temperatura. Ingrandendo l'immagine vengono rappresentate le temperature medie in ogni elemento finito della mesh.

- visualizzazione dello stato conduttivo dei contorni e dei ricoprimenti

Analisi termica

Mappa temperatura (4460) | Diagramma temperatura (4476) | Dominio rottura (4475)



Ascissa 152.235

Visualizza  
 Temperatura C°

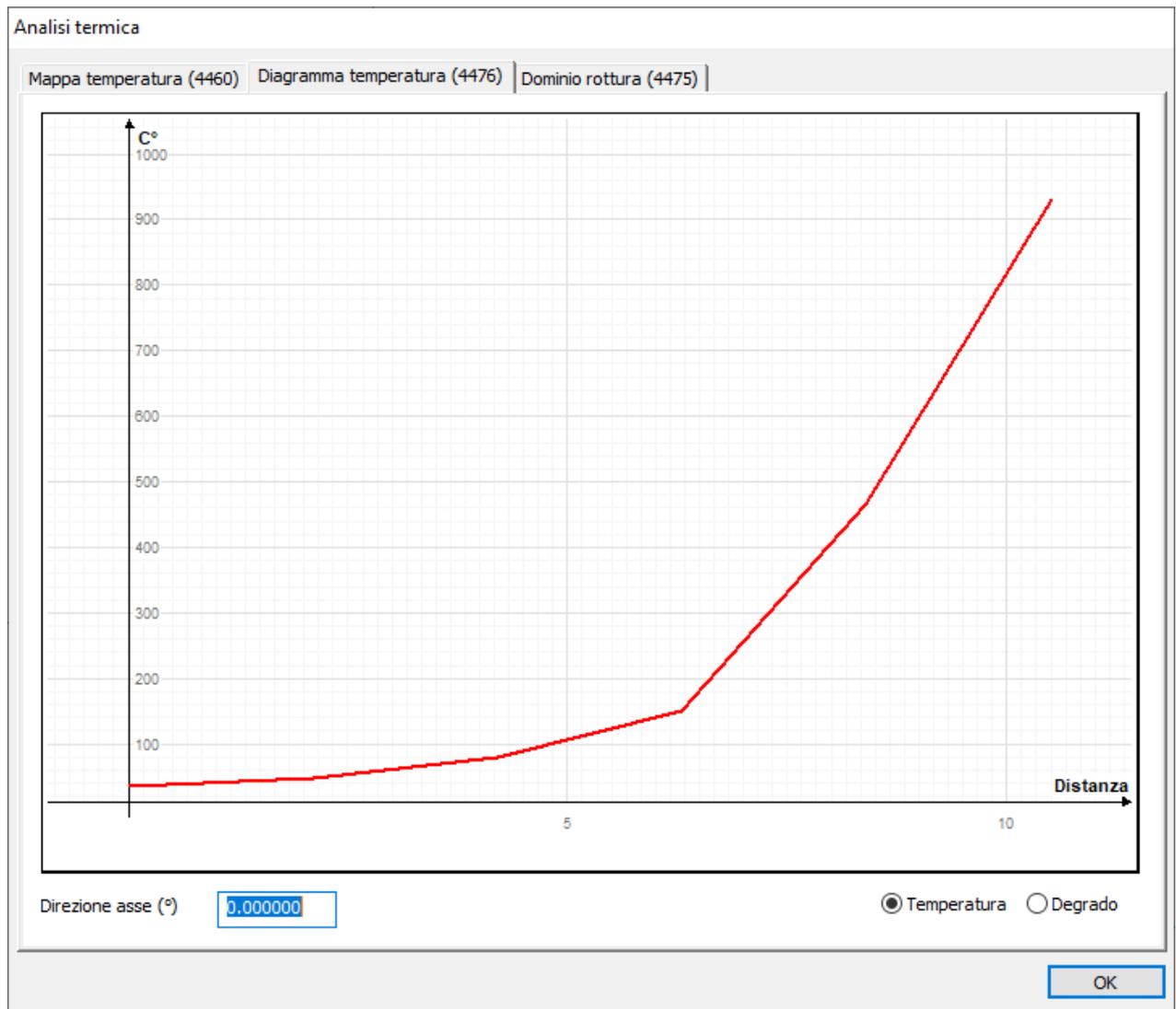
Visualizza isolamento

Salva

Zoom: Ruotare rotella del mouse  
 Pan: Tasto sinistro nella finestra e draggare

OK

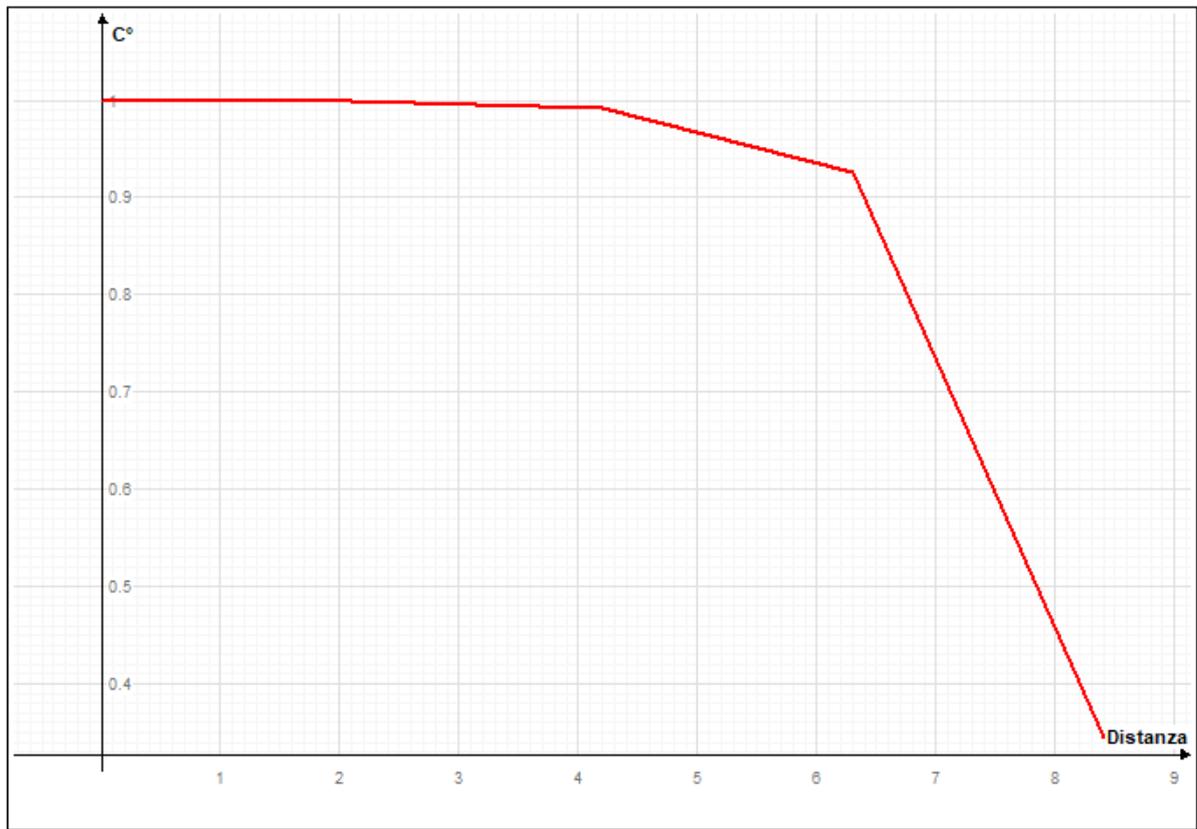
## Diagramma temperatura e degrado



Questo dialogo multi-pagina consente di accedere alla pagina per avere un diagramma sia della variazione di temperatura che del degrado della sezione in calcestruzzo secondo una semiretta baricentrica di inclinazione assegnata.

Analisi termica

Mappa temperatura (4460) | Diagramma temperatura (4476) | Dominio rottura (4475)



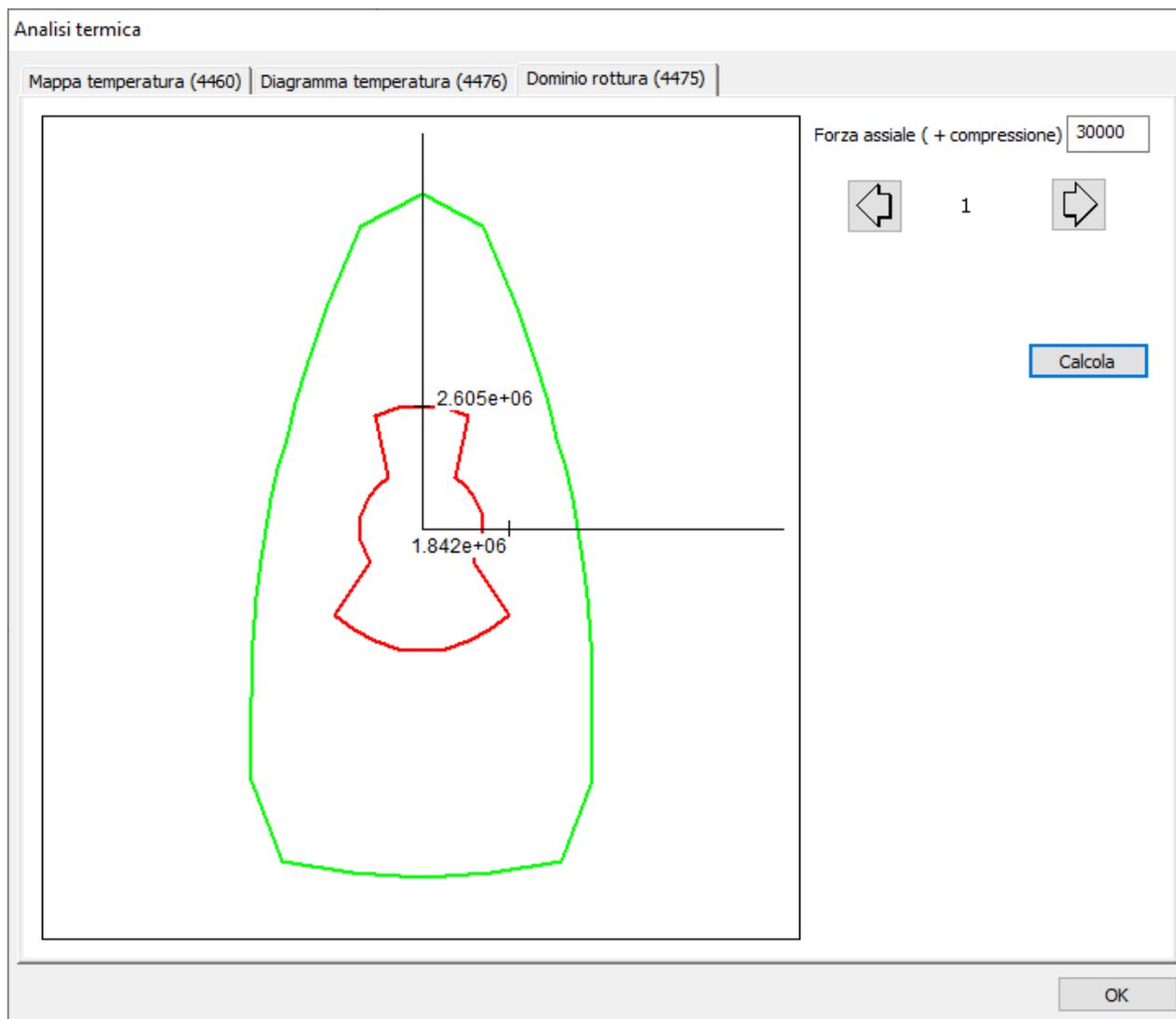
Direzione asse (°)

0.000000

Temperatura  Degrado

OK

## Dominio di rottura



La pagina del dominio di rottura consente di visualizzare il dominio di rottura a sezione non degradata (colore verde) e degradata (colore rosso) per una forza assiale assegnata. Agendo sulle frecce per la scelta della condizione di carico sarà automaticamente assegnata la forza assiale di tale condizione e, tramite il bottone Calcola, saranno ricostruiti i diagrammi. Nel caso di combinazioni di azioni eccezionali, queste combinazioni, usando i tasti freccia, vengono "saltate" ovvero, con un esempio, se si è sulla combinazione 2 e si preme il bottone a freccia di destra e la combinazione 3 contiene azioni eccezionali questa verrà ignorata e si passerà alla combinazione 4. La condizione scelta (e le eventuali altre con medesima forza assiale) saranno rappresentate sul diagramma nelle componenti del momento flettente.

## Verifiche meccaniche

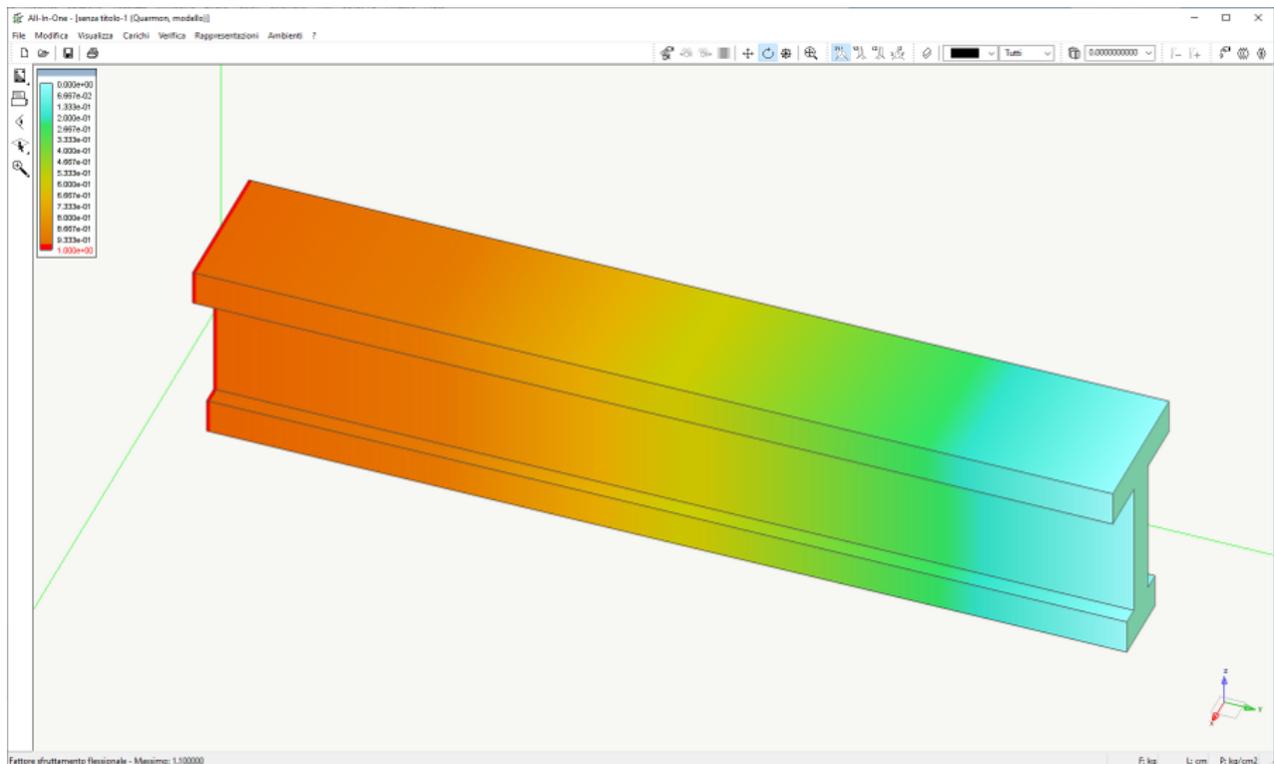
Verifica meccanica resistenza incendio (4471)	
Ascissa	238.34069
Flessione	
Momento resistente	2604912.5
Massimo momento agente	261659.31
Forza assiale agente	0.00000000
Inclinazione asse (°)	0.00000000
Fattore sicurezza flessionale	9.9553598
Taglio	
Taglio resistente	69603.801
Massimo taglio agente	1000.00000
Fattore sicurezza a taglio	69.603801

Infine, obiettivo finale di questo ambiente, è possibile valutare il coefficiente di sicurezza a taglio e a flessione. Questa funzione si attiva dal menu delle Verifiche e quindi cliccando sul punto dell'elemento voluto dopo averla attivata dal menu Verifiche. Non è necessario aver prima avuto accesso al dialogo per la visualizzazione della distribuzione delle temperature in quanto tale calcolo viene eseguito in automatico da questa stessa funzione.

Come si è già detto, l'analisi viene effettuata tramite una discretizzazione a fibre, e viene eseguita un'analisi per ogni combinazione dei carichi in quanto per ognuna di esse cambia la forza assiale e la direzione della sollecitazione. Per motivi di sintesi, vengono esposti solo i risultati per l'analisi che ha conseguito il minor coefficiente di sicurezza. Come azioni, vengono impiegate le combinazioni di progetto con esclusione delle combinazioni contenenti azioni eccezionali. I coefficienti di sicurezza parziale dei materiali è assunto unitario come da normativa. Se si desidera eseguire la verifica con combinazioni volute, è possibile formare le combinazioni volute nell'ambiente EasyBeam.

L'analisi flessionale viene eseguita tramite procedimento iterativo non lineare sulla integrazione del contributo delle fibre ricercando la deformazione che genera una posizione equilibrata delle azioni interne con le azioni esterne. Nel caso del taglio vengono eseguite due analisi flessionali in due sezioni poste a distanza piccola ma finita per ottenere numericamente la variazione unitaria delle tensioni e da queste lo scorrimento, punto per punto lungo un asse di verifica, tipicamente l'asse neutro. I valori di scorrimento sono già quelli relativi alla sezione degradata (in modo analogo ma molto più sofisticato, di quello della "sezione equivalente"). Le resistenze del calcestruzzo e dell'acciaio lungo l'asse di verifica sono quelle degradate ottenute dalla distribuzione delle temperature. Questo metodo è molto generale e se ne possono considerare una versione più semplice i metodi di verifica per sezioni parzializzate e pertanto, essendo una evoluzione di queste, sono compatibili con le indicazioni di normativa senza richiedere ulteriori giustificazioni metodologiche ai fini della norma.

# Rappresentazioni grafiche



Infine sono disponibili due rappresentazioni a mappa di colori dei coefficienti di sicurezza a flessione e taglio calcolati su cinque sezioni di ogni trave. Questa è una rappresentazione sintetica e di impiego immediato per avere conoscenza del comportamento di tutta la struttura.

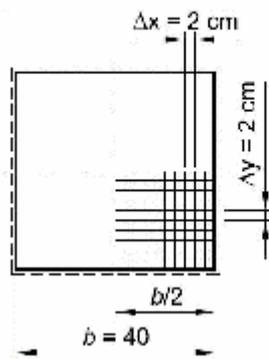
## Normativa

Per le curve di incendio e i valori di degrado delle caratteristiche meccaniche nonché per le caratteristiche termiche dei materiali si fa riferimento al DM 14 gennaio 2008 e a UNI 9502.

## Validazione

La validazione del metodo si è effettuata sui risultati tabellari esposti in UNI 9502 dei quali se ne riporta uno stralcio.

prospetto 3 **Mappatura termica su sezione quadrata**



Il prospetto 3 si riferisce a pilastri quadrati di 40 cm di lato, riportando la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) al centro del quadratino di 2 cm di lato.

t = 30									
20	20	21	22	26	37	63	119	234	487

I risultati ottenuti con Quarmon, con mesh di 2 cm e solo 5 iterazioni nel tempo sono i seguenti:

20 20 21 22 26 35 58 107 237 488

Lo scarto % medio è 1.5%.