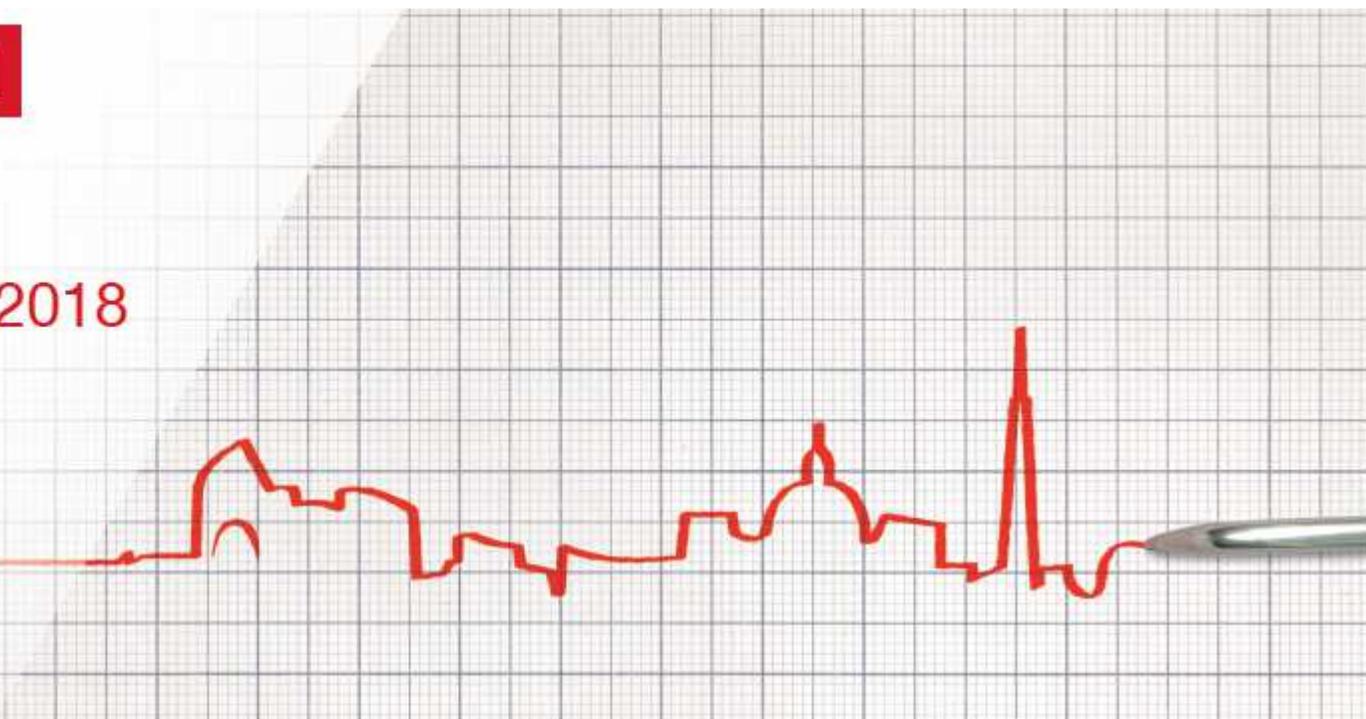




ROMA

3 OTTOBRE 2018

Villa Miani
Via Trionfale, 151
Roma



Progettazione sismica e antincendio di strutture composte acciaio-calcestruzzo



Prof. Ing. Emidio Nigro

**Di.St. - Dipartimento di Strutture per
l'Ingegneria e l'Architettura
Università di Napoli Federico II**

E-mail: emidio.nigro@unina.it



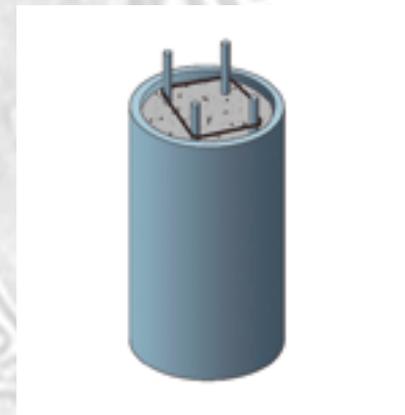
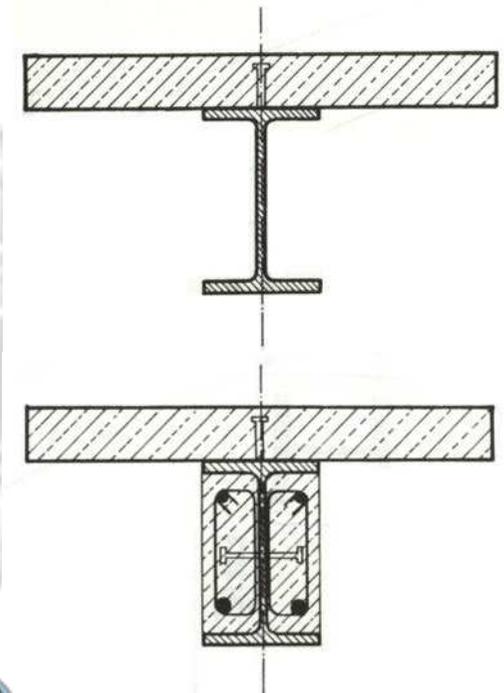
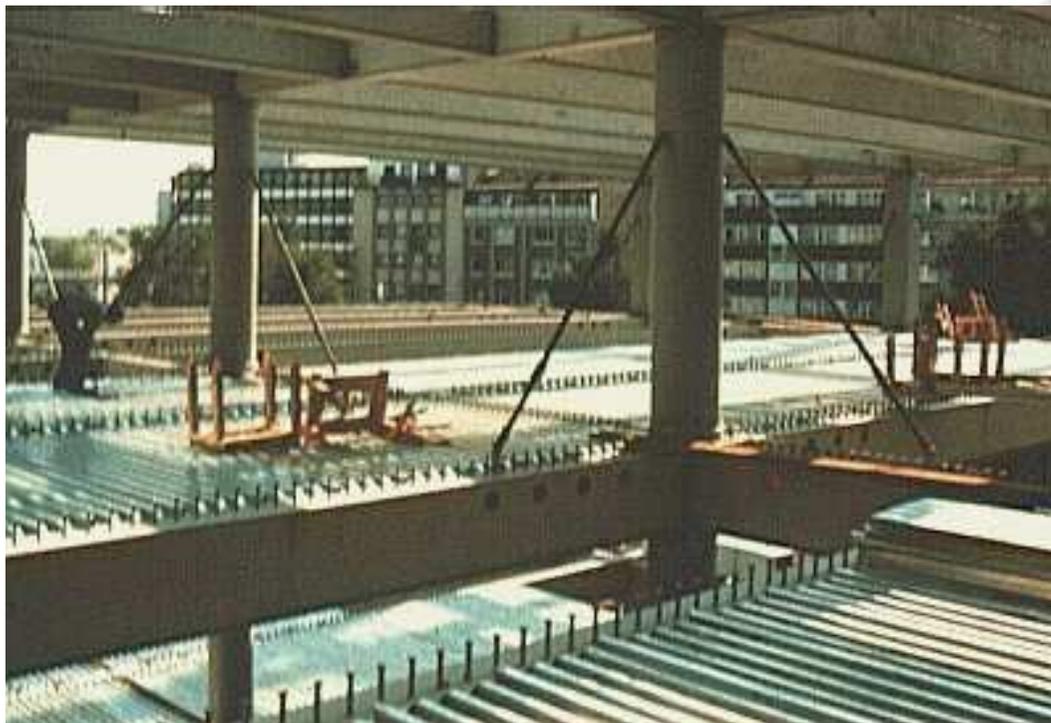
www.promozioneacciaio.it

STRUTTURE COMPOSTE ACCIAIO-CALCESTRUZZO

Un sistema strutturale "composto" ottimale è quello che supera gli svantaggi e sfrutta al meglio le prestazioni di acciaio e calcestruzzo in un sistema strutturale realmente unificato.

➤ Vantaggi della soluzione composta acciaio-calcestruzzo

- prestazioni statiche: resistenza, rigidezza, duttilità;
- riduzione problematiche di instabilità locale e globale;
- ottime prestazioni in caso di incendio;
- buona velocità di costruzione.



IMPALCATO COMPOSTO

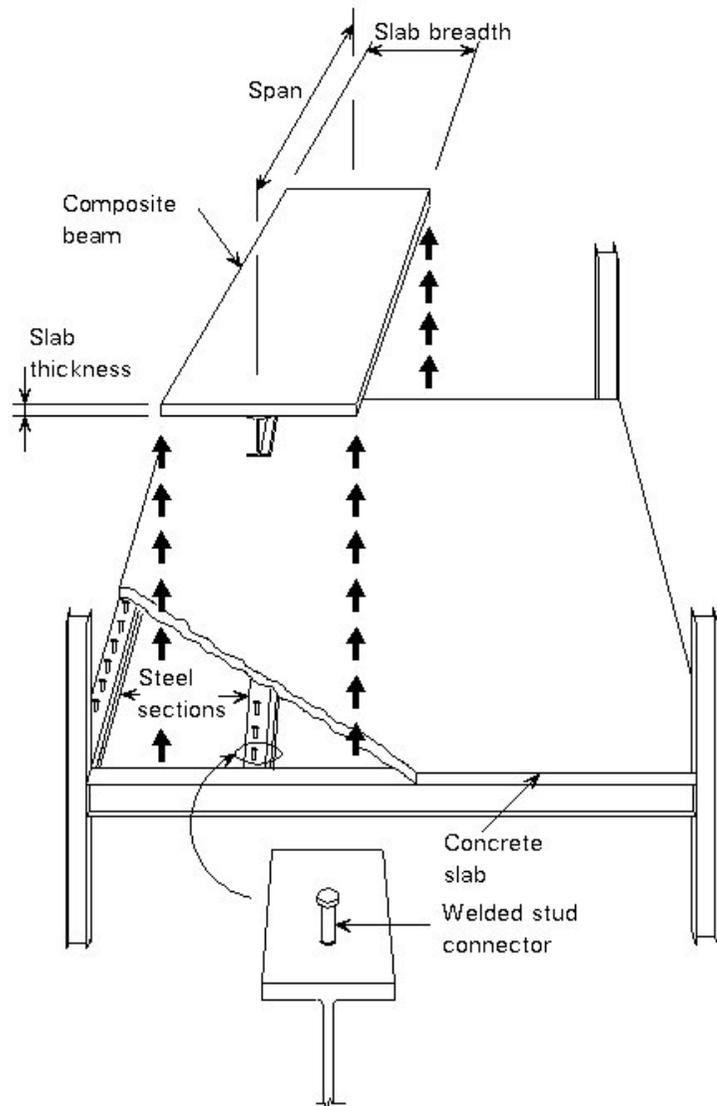
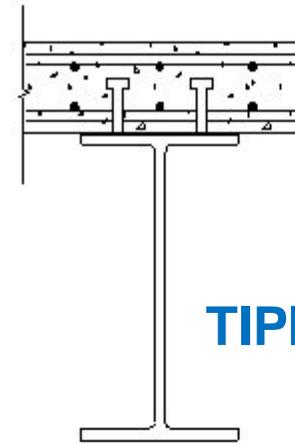
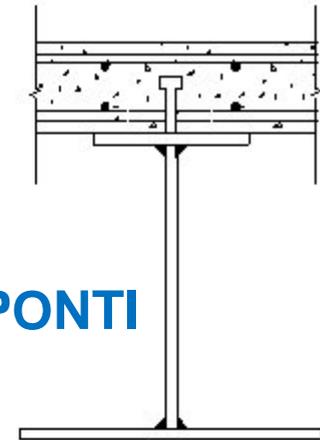


Figure 1 A typical composite floor showing an idealised and isolated single composite beam

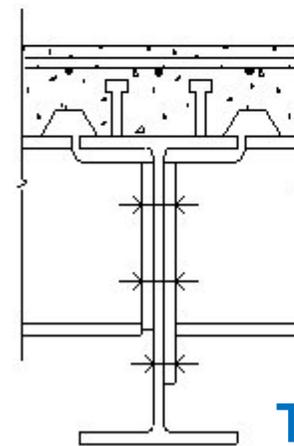


(a)

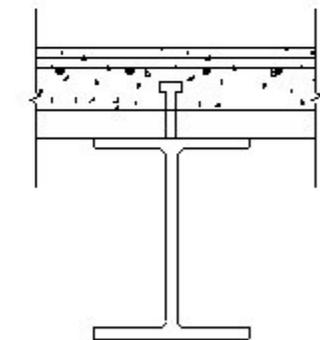


(b)

TIPICA DEI PONTI



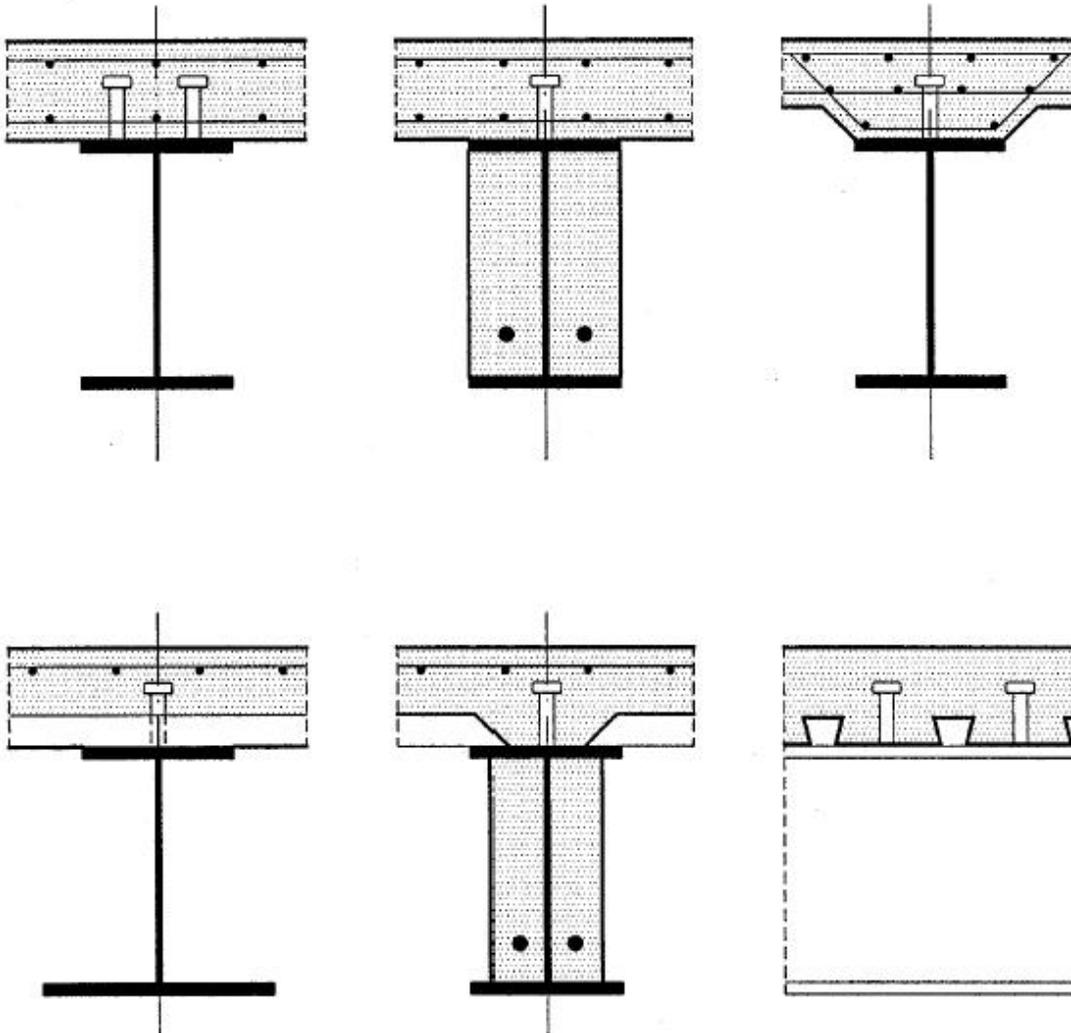
(c)



(d)

TIPICA DEGLI EDIFICI

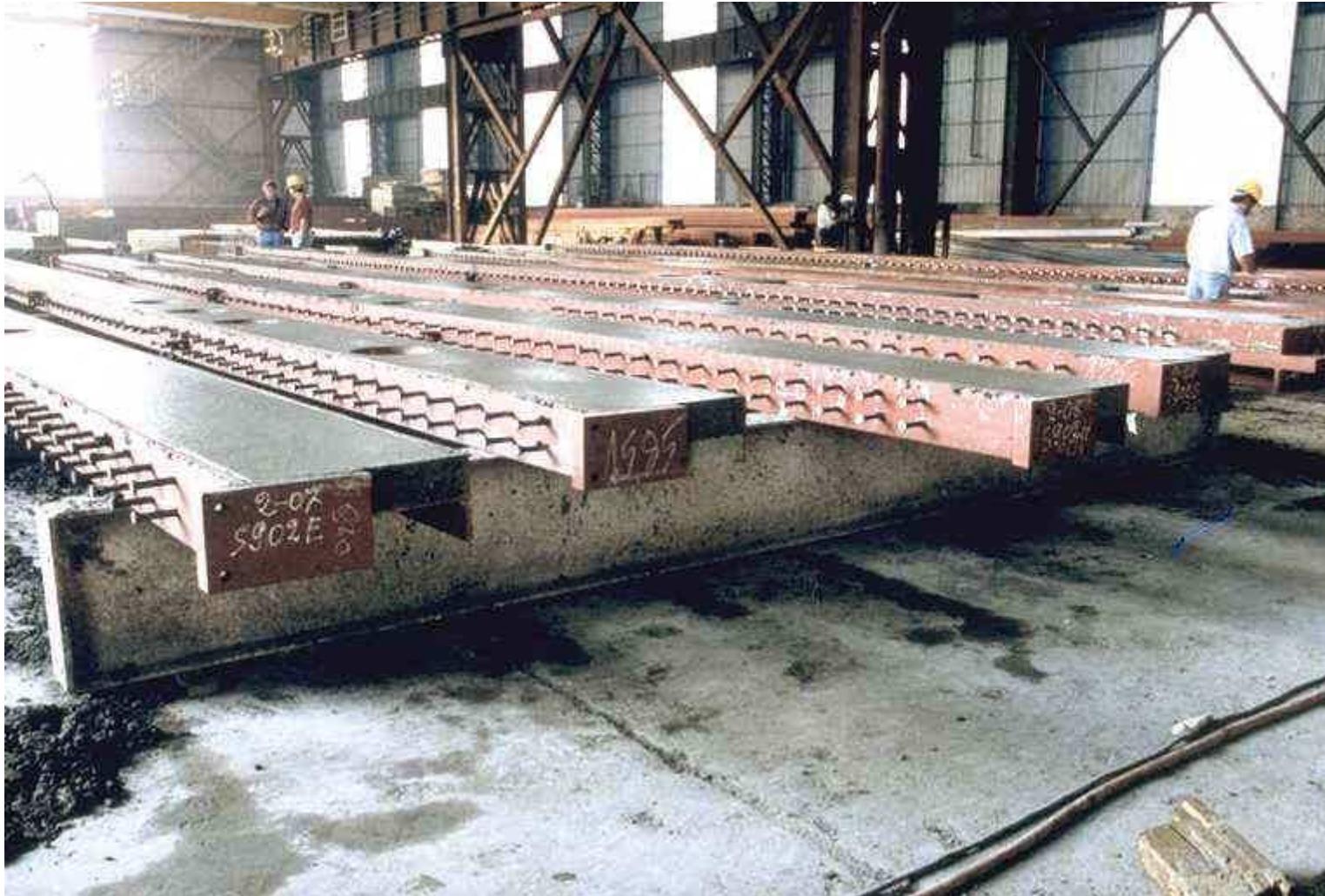
TRAVI COMPOSTE: LE SEZIONI



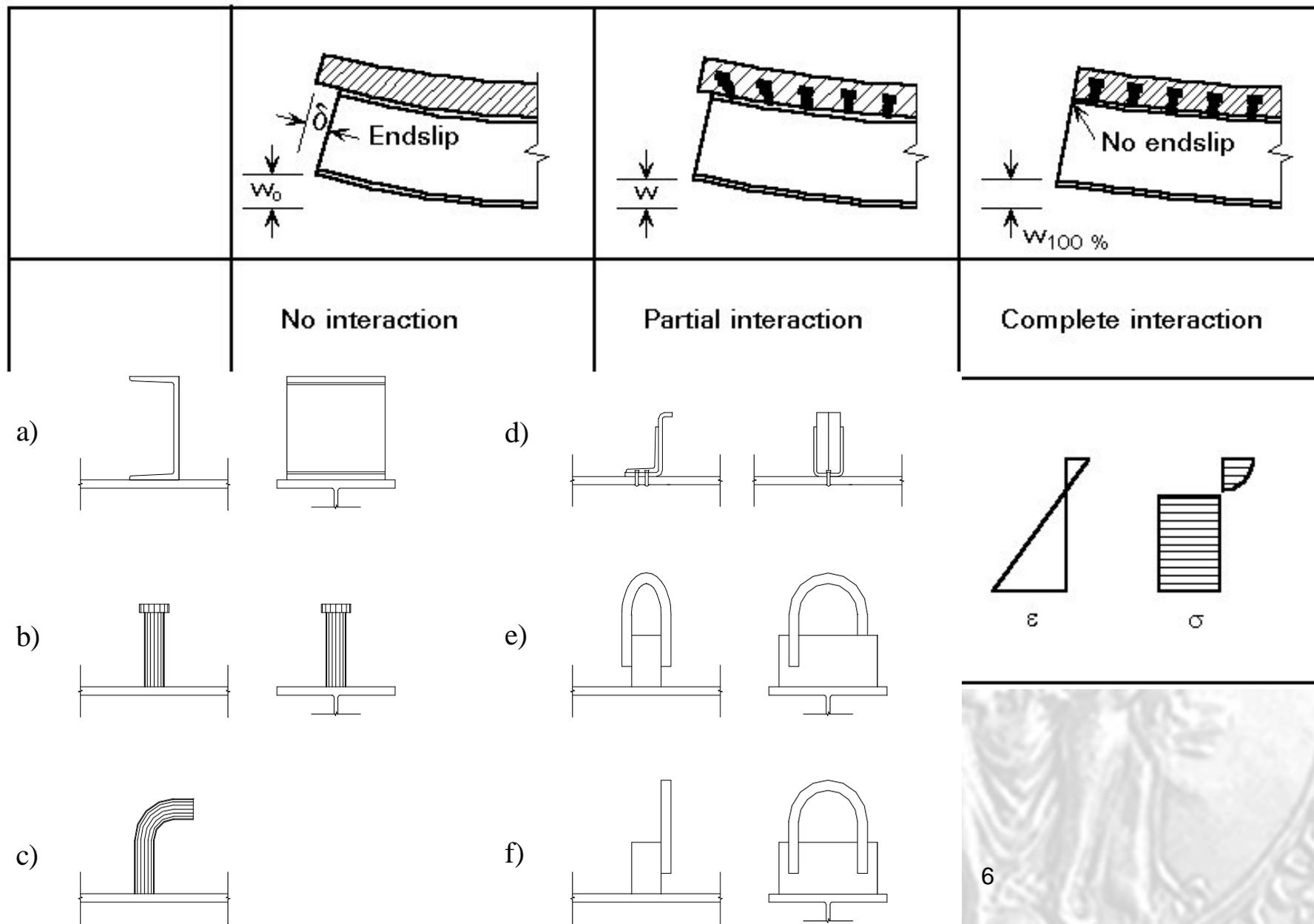
Il riempimento tra le flange della trave non è considerato nel calcolo della resistenza, ma serve per proteggere dalla corrosione e dal fuoco

TRAVI COMPOSTE "PARTIALLY ENCASED"

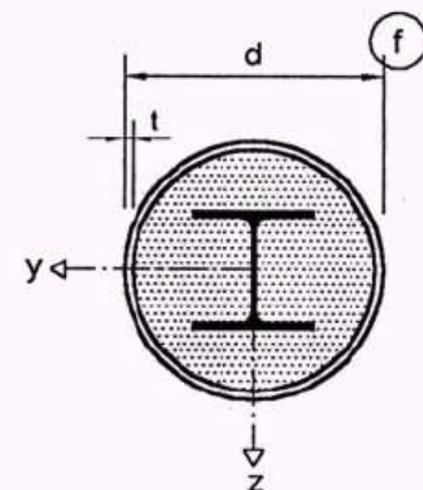
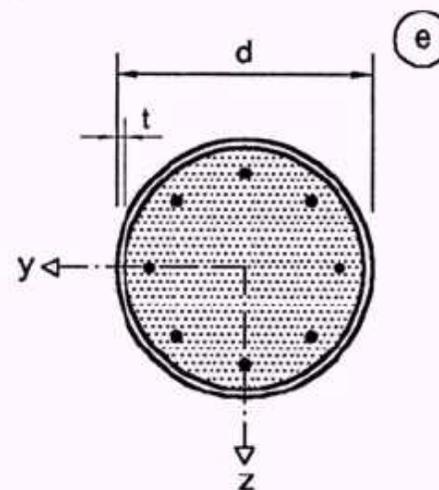
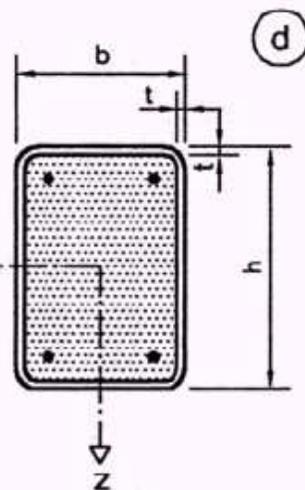
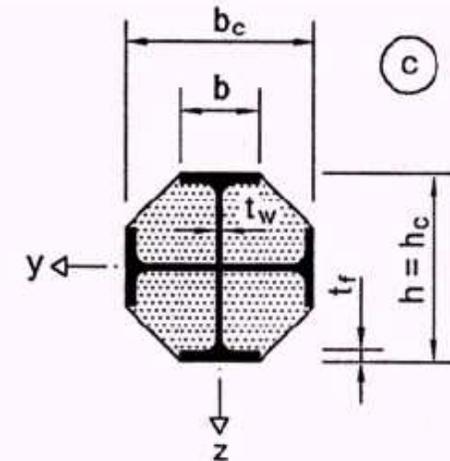
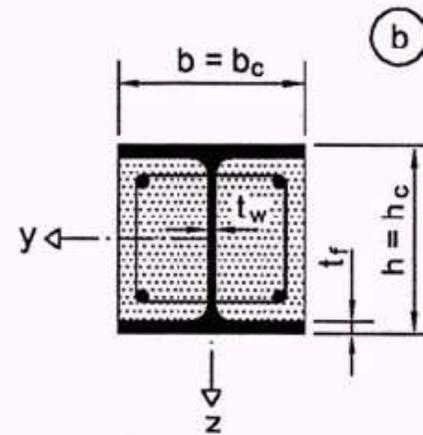
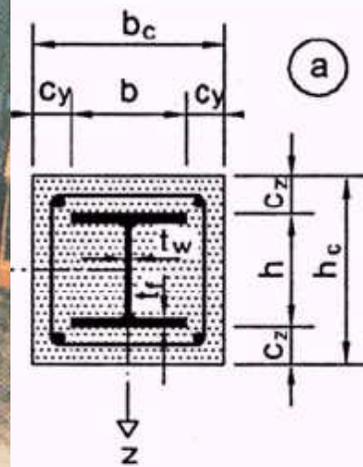
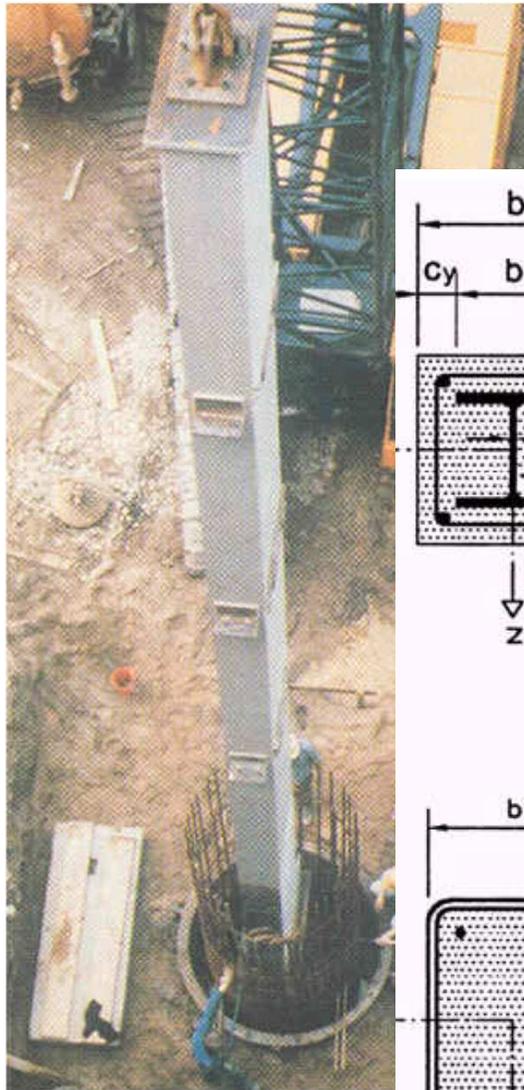
Getto del calcestruzzo in stabilimento



TRAVI COMPOSTE: LA CONNESSIONE



COLONNE COMPOSTE: LE SEZIONI



Riferimenti Normativi

Norme italiane (NTC)

Decreto del Ministero dell'Interno del Gennaio **2018**

Norme Tecniche per le Costruzioni

Circolare del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici del Febbraio **2009**

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008
(in attesa della circolare al D.M. 17 gennaio 2018)

Eurocodici

EN 1990 May 2002

Basis of structural design

EN 1992-1-1 April 2005

Design of concrete structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings

EN 1993-1-1 August 2005

Design of steel structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings

EN 1993-1-3 March 2004

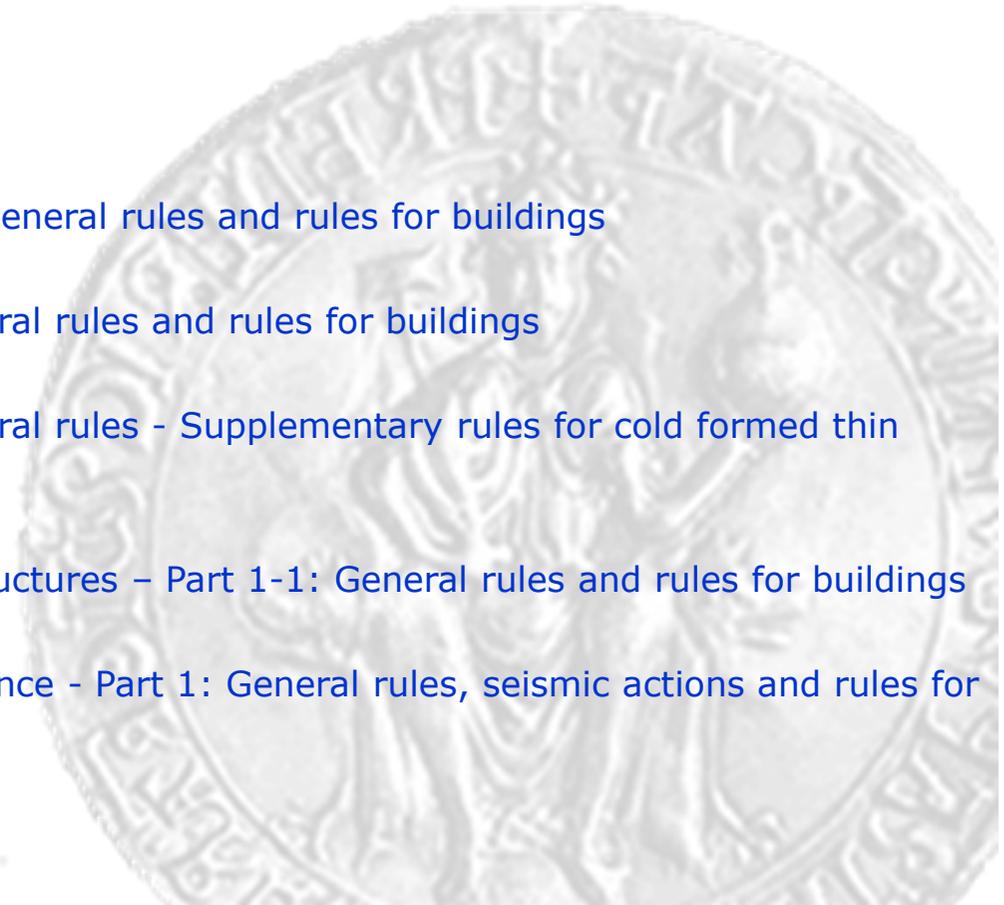
Design of steel structures – Part 1-3: General rules - Supplementary rules for cold formed thin gauge members and sheeting

EN 1994-1-1 March 2005

Design of composite steel and concrete structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings

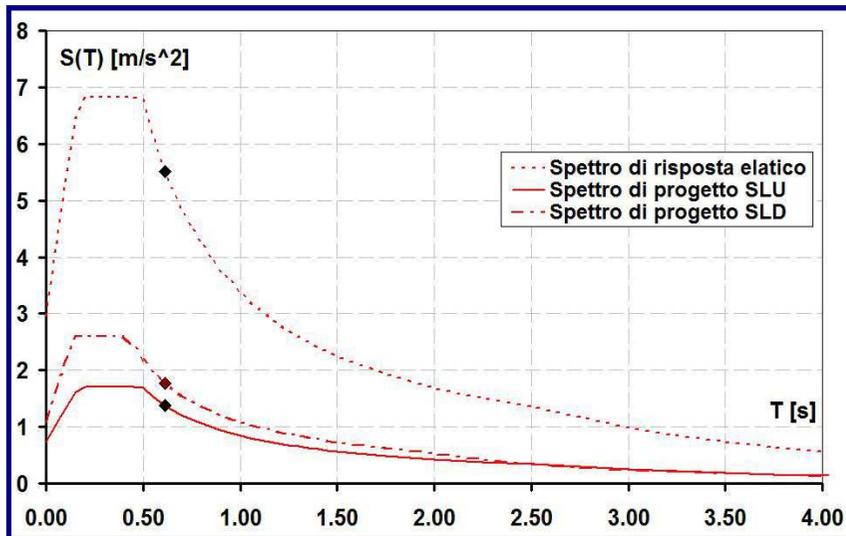
EN 1998-1 December 2004

Design of structures for earthquake resistance - Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings



La progettazione di strutture in zona sismica

- Definizione delle azioni di progetto a partire dallo spettro elastico e considerando la duttilità strutturale (fattore di struttura q).
- Progetto delle strutture sismo-resistenti al fine di conseguire il livello richiesto di duttilità globale.
- Progetto delle sezioni e degli elementi strutturali per assicurare la necessaria duttilità locale.
- Analisi delle sollecitazioni (statica lineare, dinamica modale, statica non lineare, dinamica non lineare)
- Verifiche: Stato Limite di Danno e Stato Limite Ultimo.



dei valori di q_0 per le diverse tipologie strutturali e le diverse classi di duttilità.

TIPOLOGIA STRUTTURALE	q_0	
	CD "B"	CD "A"
Strutture intelaiate	4	$5\alpha_w/\alpha_1$
Strutture a controventi eccentrici	4	4
Strutture a controventi concentrici a diagonale tesa attiva	4	4
Strutture a controventi concentrici a V	2	2,5
Strutture a controventi concentrici a mensola o a pendolo inverso	2	$2\alpha_w/\alpha_1$
Strutture a controventi concentrici	4	$4\alpha_w/\alpha_1$
Strutture a controventi concentrici con tamponature in muratura	2	2

Tipologie strutturali composte sismo-resistenti

Gli edifici con struttura sismo-resistente composta acciaio-calcestruzzo devono essere progettati assumendo uno dei seguenti **comportamenti strutturali**:

- a. Comportamento strutturale **dissipativo** con meccanismi di dissipazione in **componenti e membrature composte acciaio-calcestruzzo**.
- b. Comportamento strutturale **dissipativo** con meccanismi di dissipazione in **componenti e membrature in acciaio strutturale**.
- c. Comportamento strutturale **non dissipativo**.

COMPORAMENTO STRUTTURALE DISSIPATIVO

Caso a) Capacità di parti della struttura (zone dissipative) di rispondere alle azioni sismiche oltre il campo elastico: criteri di progetto delle zone dissipative per garantire una sufficiente duttilità vengono forniti nei punti 7.6.4 e 7.6.5 delle norme

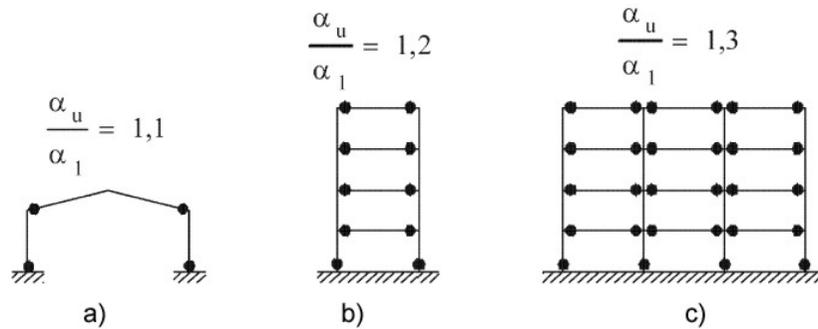
Caso b) Le parti composte devono essere progettate secondo le NTC-2008 per le combinazioni di carico non sismiche, mentre le parti metalliche (che devono avere capacità dissipative) devono essere progettate secondo le indicazioni delle norme per le strutture metalliche (punto 7.5).

COMPORAMENTO STRUTTURALE NON DISSIPATIVO

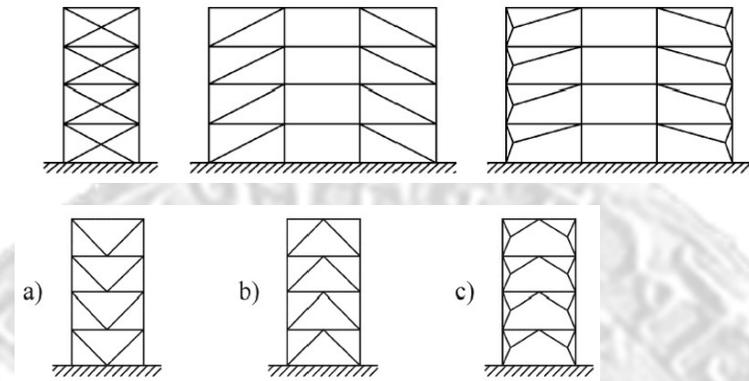
Gli effetti delle azioni sismiche sono calcolati, assumendo un fattore di struttura $q = 1$, indipendentemente dalla tipologia strutturale.

Tipologie strutturali e riserve di duttilità

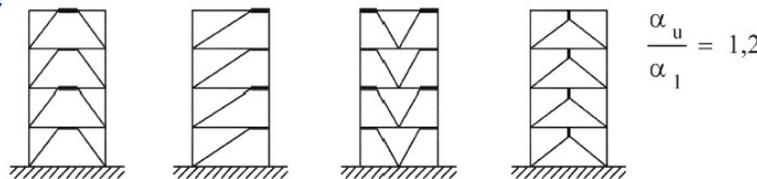
STRUTTURE INTELAIATE, nelle quali le travi e le colonne possono essere composte acciaio-calcestruzzo.



STRUTTURE CON CONTROVENTI CONCENTRICI, nelle quali le travi o le colonne possono essere composte acciaio-calcestruzzo; i controventi sono invece in acciaio strutturale.

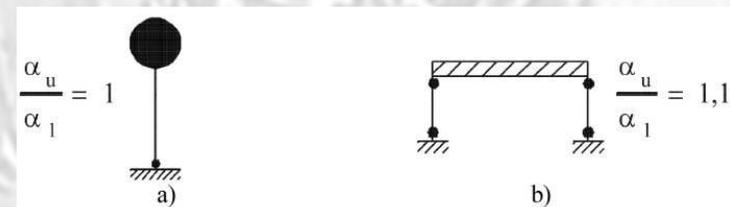


STRUTTURE CON CONTROVENTI ECCENTRICI, nelle quali le aste che non contengono i controventi possono essere composte oppure in acciaio strutturale. I link dissipativi devono essere realizzati in acciaio strutturale e la dissipazione di energia viene conseguita per plasticizzazione a taglio degli ste



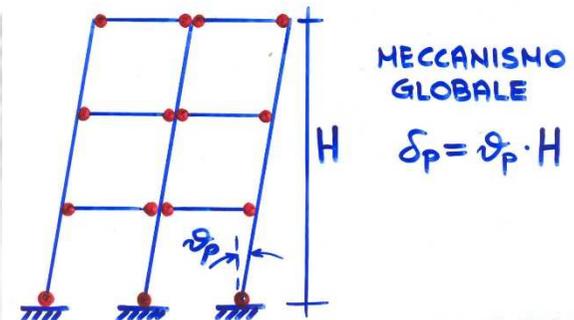
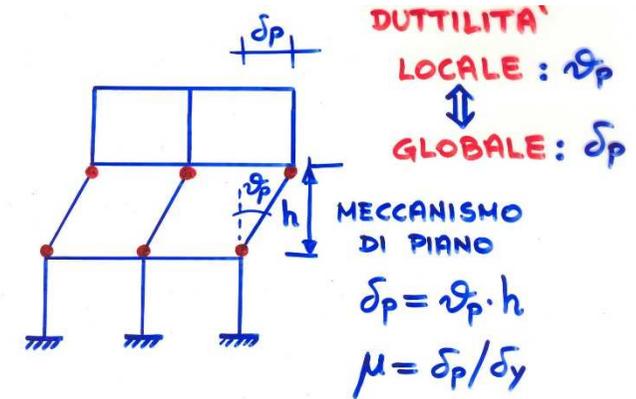
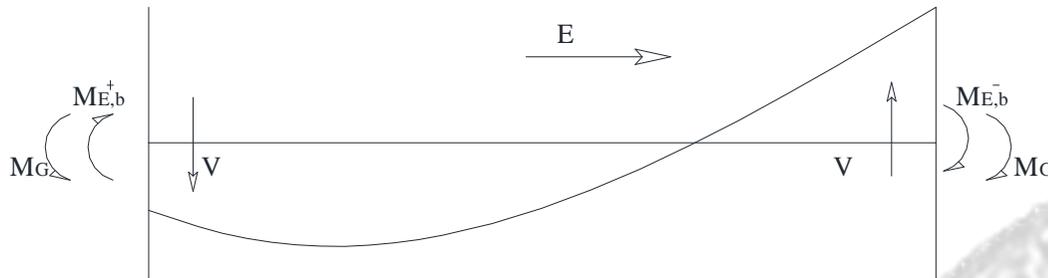
STRUTTURE A MENSOLA O A PENDOLO INVERSO,

costituite da membrature presso-inflesse in cui le zone dissipative sono collocate alla base.



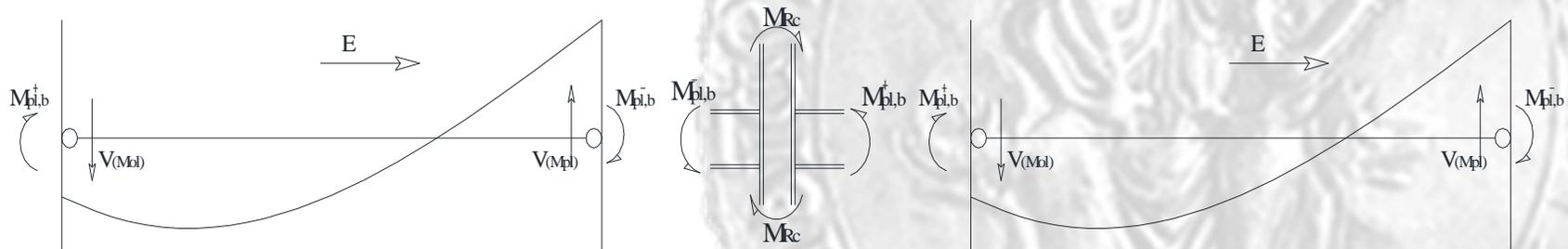
Meccanismi di collasso

Al fine di conseguire un comportamento duttile, i telai devono essere progettati in maniera tale che le cerniere plastiche si formino nelle travi piuttosto che nelle colonne \Rightarrow **GERARCHIA DELLE RESISTENZE**



SOVRARESISTENZA DELLE COLONNE

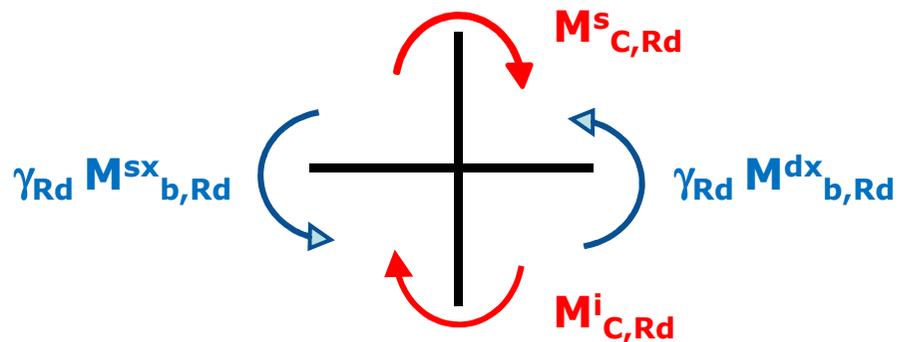
PER EVITARE MECCANISMI DI PIANO:
CRITERIO DI GERARCHIA : $\sum M_{pc} \geq \sum M_{pb}$



Requisito non richiesto in sommità delle colonne dell'ultimo piano degli edifici multipiano e nel caso di edifici monopiano.

Criterio di gerarchia delle resistenze

Si assume il nodo in equilibrio ed i momenti, sia nei pilastri che nelle travi, tra loro concordi. Nel caso in cui i momenti nel pilastro al di sopra ed al di sotto del nodo siano tra loro discordi, il minore va sommato ai momenti di plasticizzazione delle travi.



$\gamma_{Rd} = 1.3$ per strutture in classe CD"A"
 $\gamma_{Rd} = 1.1 \cdot 1.3$ per strutture in classe CD"B"
 (NTC2018)

$$M_{C,pl,Rd}^s + M_{C,pl,Rd}^i \geq \gamma_{Rd} \cdot \left(M_{b,pl,Rd}^{sx} + M_{b,pl,Rd}^{dx} \right)$$

$M_{C,pl,Rd}$ momento resistente della colonna ridotto per azione assiale

$M_{b,pl,Rd}$ momento resistente della trave (limite superiore)

$$M_{b,pl,Rd} = M_{b,U,Rd} = 1.1 \gamma_{ov} M_{b,Rd}$$

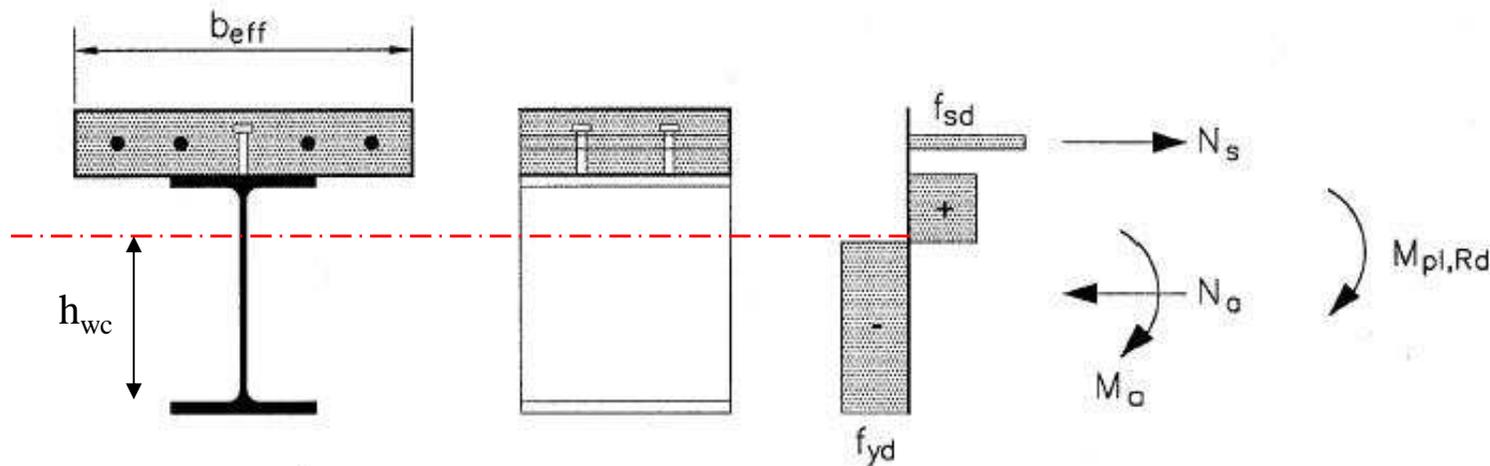
$\gamma_{ov} = 1.25$ per acciaio
 S235, S275, S355

$\gamma_{ov} = 1.15$ per acciaio
 S420, S460

Duttilità nelle sezioni - Travi

Si deve garantire una duttilità locale sufficiente negli elementi che dissipano energia
(rif. Par. 7.5.3.2 – elementi in acciaio)

Classe di duttilità	Valore di riferimento del fattore di struttura q_0	Classe di sezione trasversale richiesta
CD "B"	$2 < q_0 \leq 4$	Classe 1 o 2
CD "A"	$q_0 > 4$	Classe 1



Duttilità nelle sezioni - Travi

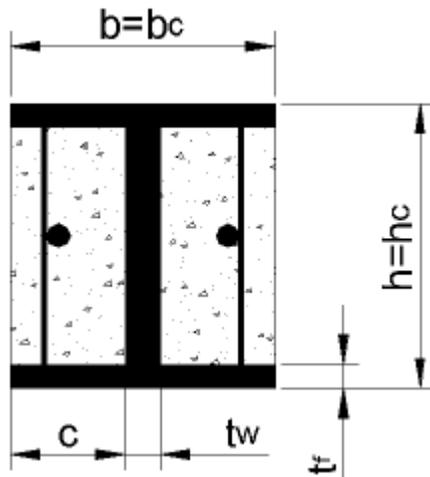
Lo sviluppo di una adeguata capacità rotazionale nelle zone di dissipazione a momento positivo va garantito attraverso il controllo della profondità dell'asse neutro a rottura, x , dato dal rapporto $x/d < \epsilon_{cu}/(\epsilon_{cu} + \epsilon_a)$.

I massimi valori del rapporto x/d di progetto sono funzione

- della classe di duttilità della struttura
- della tensione di snervamento dell'acciaio strutturale.

Classe di duttilità	f_y [N/mm ²]	x/d
$q_0 > 4$	355	0.20
	275	0.24
	235	0.27
$1.5 \leq q_0 \leq 4$	355	0.27
	275	0.32
	235	0.36

Colonne rivestite/riempite: duttilità



Elementi compressi e presso-inflessi (colonne composte):

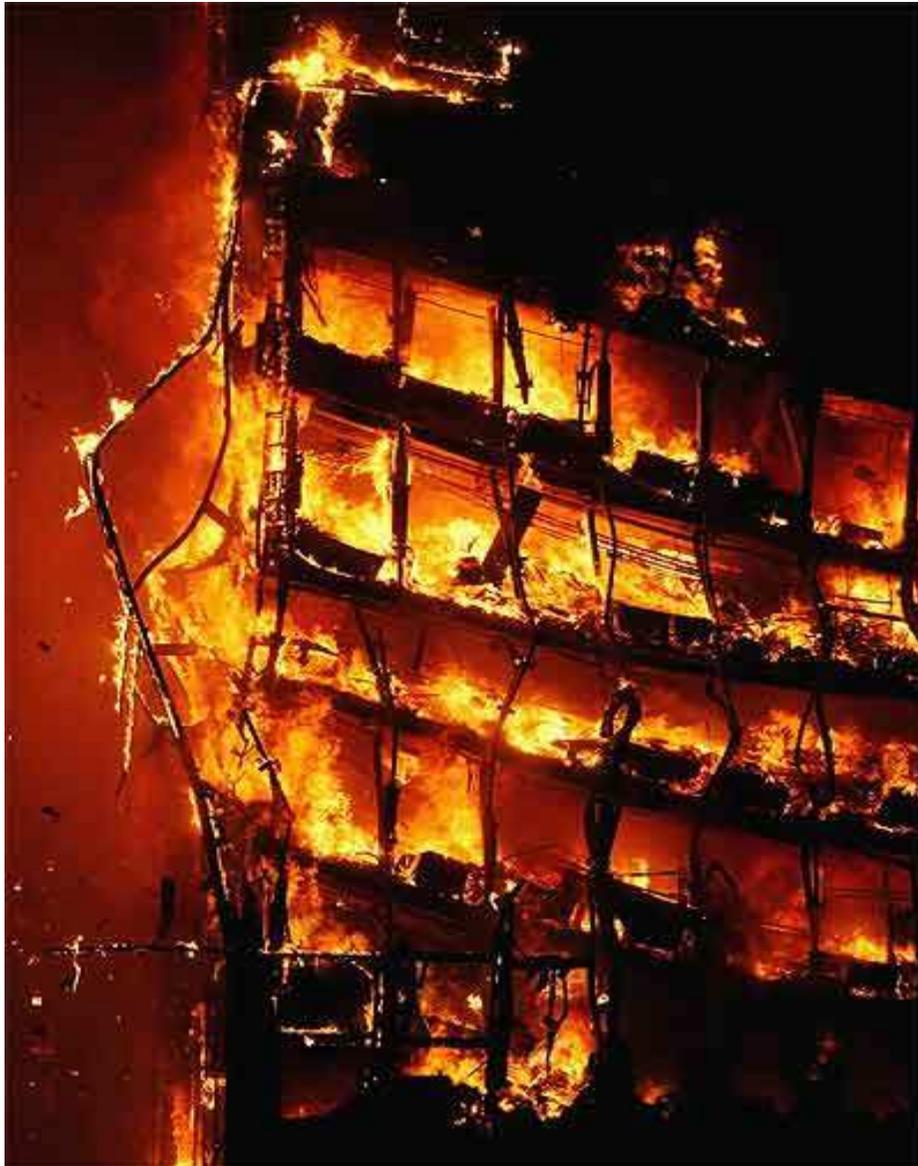
Le zone dissipative collocate in colonne composte devono soddisfare i rapporti dimensionali riportati in tabella in funzione del fattore di struttura e del tipo di sezione trasversale.

In presenza di specifici dettagli costruttivi è possibile fare riferimento a valori maggiori, come indicato di seguito.

$$[\varepsilon = (f_y/235)^{0.5}]$$

CLASSE DI DUTTILITÀ	$q_0 > 4$	$1.5 \leq q_0 \leq 4$
Sezioni IPE o HE parzialmente rivestite Sezioni IPE o HE completamente rivestite $c/t_f \leq$	9ε	14ε
Sezioni rettangolari riempite di cls: $h/t \leq$	24ε	38ε
Sezioni circolari riempite di cls: $d/t \leq$	$80 \varepsilon^2$	$85 \varepsilon^2$

L'Incendio



QUADRO NORMATIVO PER LA SICUREZZA STRUTTURALE

Italiane	Ministero dell'Interno Decreto 16 febbraio 2007	D.M. 03/08/2015 NORME TECNICHE DI PREVENZIONE INCENDI
	Ministero dell'Interno Decreto 9 marzo 2007	
	Ministero dell'Interno Decreto 9 maggio 2007	
Europee	Ministero Infrastrutture DM 14 gennaio 2008	<i>Norme Tecniche per le Costruzioni / NTC 2018</i>
	Circolare NTC2008 n. 617 2 Febbraio 2009	<i>Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni» di cui al decreto 14 gennaio 2008</i>
	EN 1990	<i>Eurocodice – Criteri generali di progettazione strutturale</i>
	EN 1991-1-2	<i>Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-2: <u>Azioni sulle strutture esposte al fuoco</u></i>
	EN 1992-1-2	<i>Eurocodice 2 – Progettazione delle <u>strutture di calcestruzzo</u> – Parte 1-2: Regole generali – Progettazione strutturale contro l'incendio</i>
	EN 1993-1-2	<i>Eurocodice 3 – Progettazione delle <u>strutture di acciaio</u> – Parte 1-2: Regole generali – Progettazione strutturale contro l'incendio</i>
	EN 1994-1-2	<i>Eurocodice 4 – Progettazione delle <u>strutture composte acciaio-calcestruzzo</u> – Parte 1-2: Regole generali – Progettazione strutturale contro l'incendio</i>

La sicurezza strutturale in caso di incendio – NTC 2018

NTC2018 (§2.1: **PRINCIPI FONDAMENTALI**)

In particolare, secondo quanto stabilito nei capitoli specifici, **le opere e le varie tipologie strutturali devono possedere i seguenti requisiti:**

- *sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU): ... ;*
- *sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE): ...;*
- **sicurezza antincendio: capacità di garantire le prestazioni strutturali previste in caso d'incendio, per un periodo richiesto;**
- *durabilità: ... ;*
- *robustezza nei confronti di azioni eccezionali: ...*

NTC2018 (§2.2.3: **SICUREZZA ANTINCENDIO**)

Quando necessario, i rischi derivanti dagli incendi devono essere limitati progettando e realizzando le costruzioni in modo tale da garantire la resistenza e la stabilità degli elementi portanti, nonché da limitare la propagazione del fuoco e dei fumi.

NTC2018 (§2.2.6: **VERIFICHE**)

Le opere strutturali devono essere verificate:

- a) *per gli stati limite ultimi ...*
- b) *per gli stati limite di esercizio ... definiti in relazione alle prestazioni attese;*
- c) **quando necessario, nei confronti degli effetti derivanti dalle azioni termiche connesse con lo sviluppo di un incendio.**

La sicurezza strutturale in caso di incendio – NTC 2008/2018

2.5.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

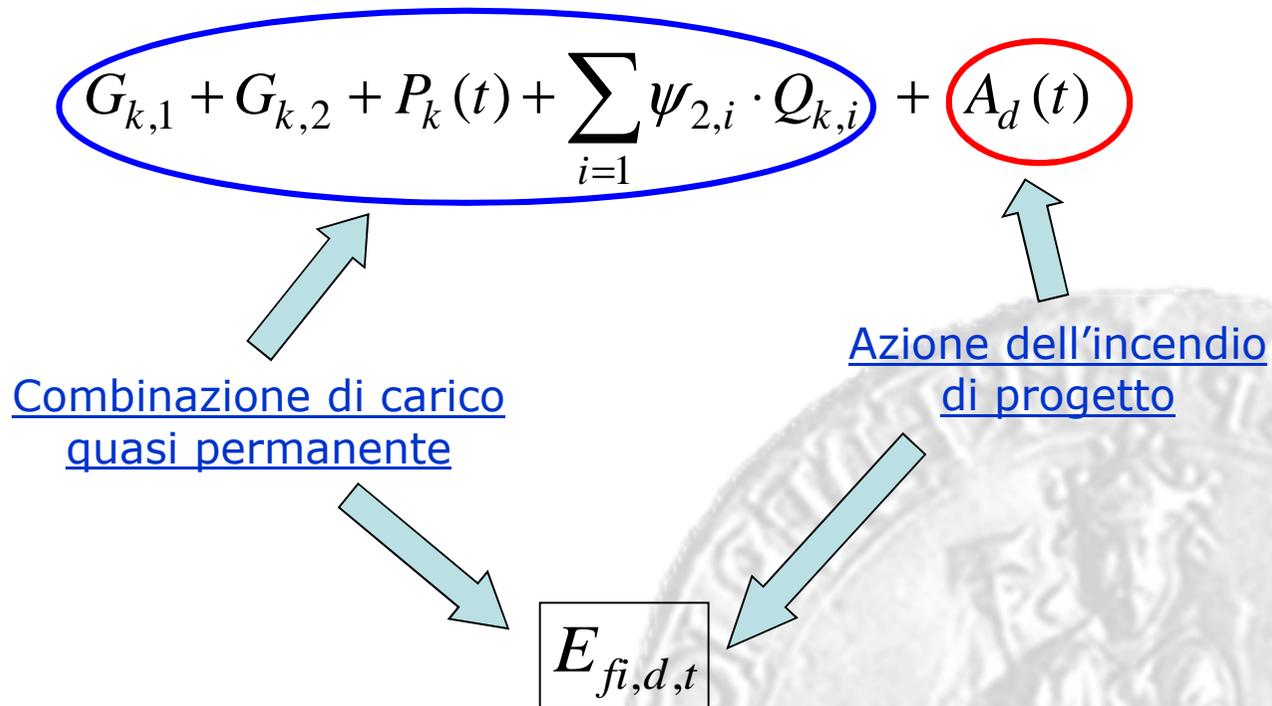
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto A_d (v. § 3.6):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.6)$$

Nelle combinazioni per SLE, si intende che vengono omissi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 .

COMBINAZIONI DI CARICO IN CASO DI INCENDIO

Combinazione di carico eccezionale



$$F_{fi,d} = \eta_{fi} \cdot F_d$$

$$\eta_{fi} = \frac{\gamma_{GA} + \psi_{1,1} \cdot \xi}{\gamma_G + \gamma_Q \cdot \xi} = \frac{1.0 + \psi_{1,1} \cdot \xi}{1.4 + 1.5 \cdot \xi}, \quad \text{con } \xi = \frac{Q_{k,1}}{G_k}$$

Per gli usuali valori di ξ risulta: $\eta_{fi} = (0.5 \div 0.7)$

L'azione incendio – NTC 2008/NTC 2018

NTC2008/NTC2018 (§3.6: **Azioni eccezionali**)

Le azioni eccezionali sono quelle che si presentano in occasione di eventi quali **incendi**, esplosioni ed urti ...

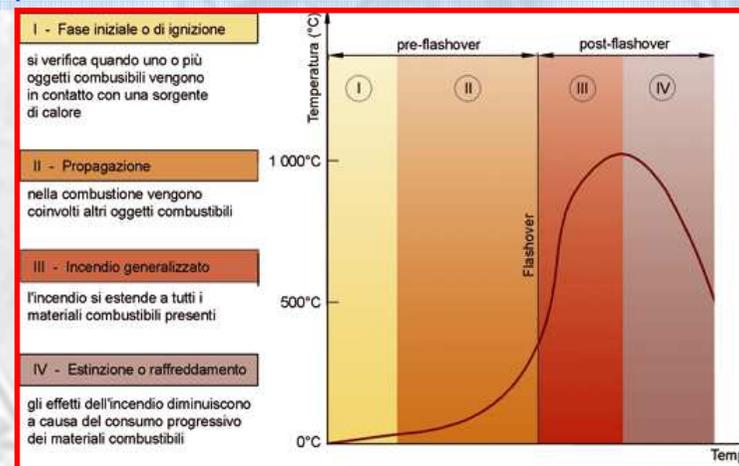
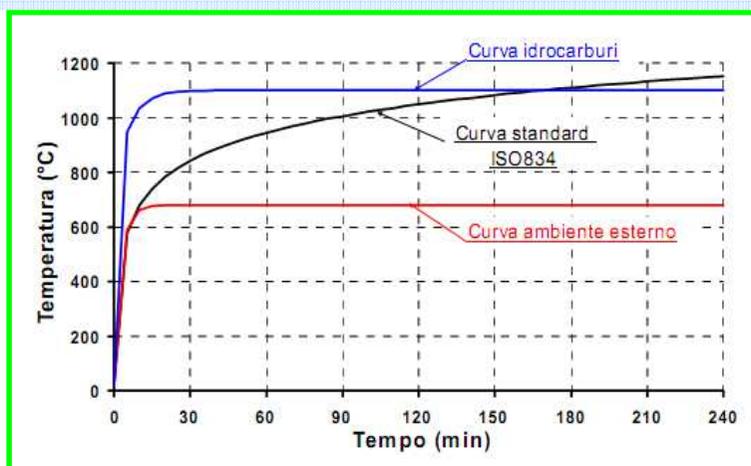
NTC2008/NTC2018 (§3.6.1.1: **Definizioni**)

Per incendio, si intende la combustione autoalimentata ed incontrollata di materiali combustibili presenti in un compartimento.

Ai fini della presente norma si fa riferimento ad un incendio convenzionale di progetto definito attraverso **una curva di incendio che rappresenta l'andamento, in funzione del tempo, della temperatura dei gas di combustione nell'intorno della superficie degli elementi strutturali.**

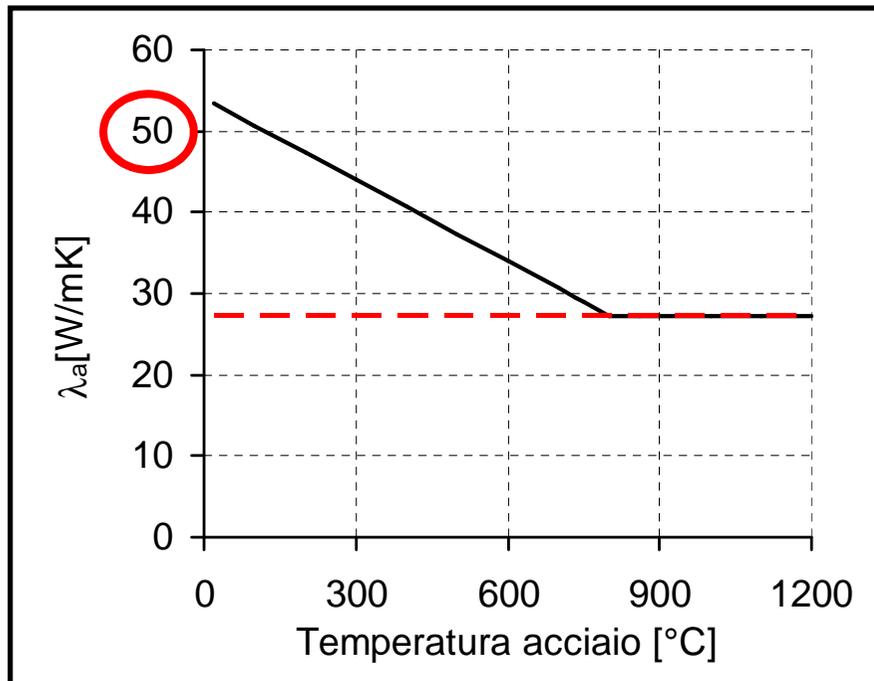
La **curva di incendio di progetto** può essere:

- **nominale**: curva adottata per la classificazione delle costruzioni e per le verifiche di resistenza al fuoco di tipo convenzionale;
- **naturale**: curva determinata in base a modelli d'incendio e a parametri fisici che definiscono le variabili di stato all'interno del compartimento.

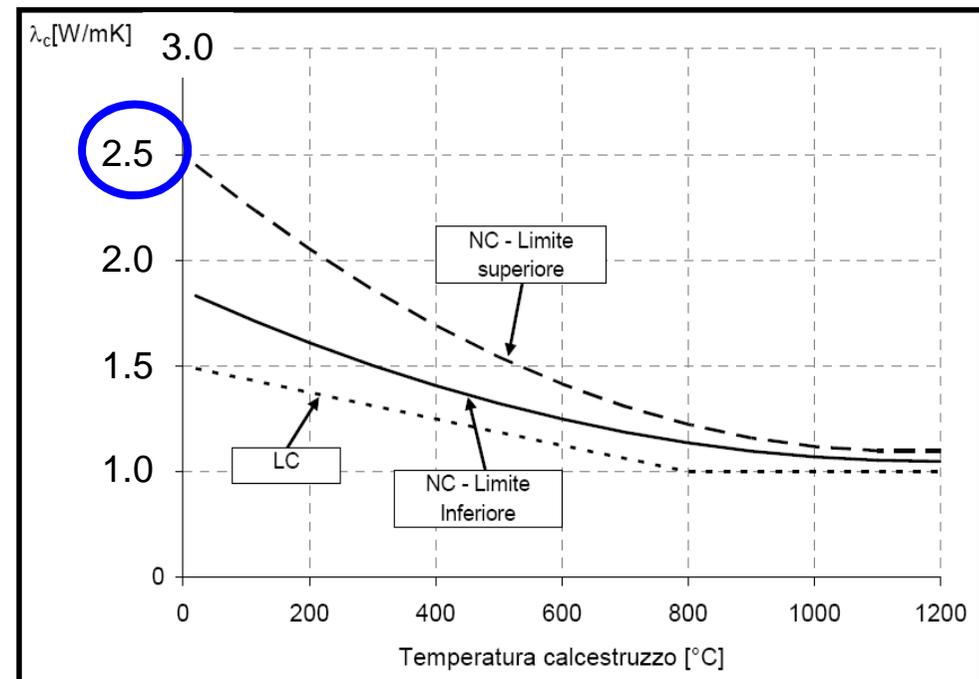


CONDUCIBILITÀ TERMICA DI ACCIAIO E CALCESTRUZZO

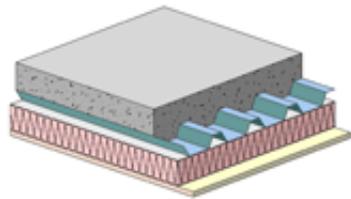
ACCIAIO



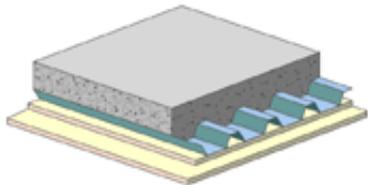
CALCESTRUZZO



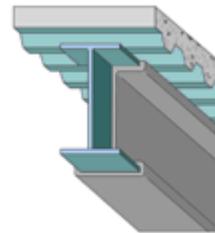
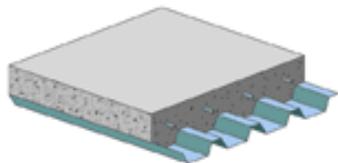
MEMBRATURE COMPOSITE ACCIAIO-CALCESTRUZZO



Soletta composta rivestita con materiale protettivo

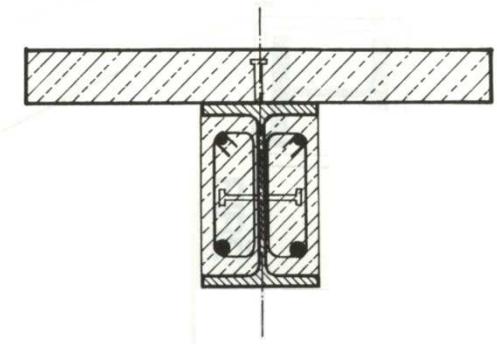
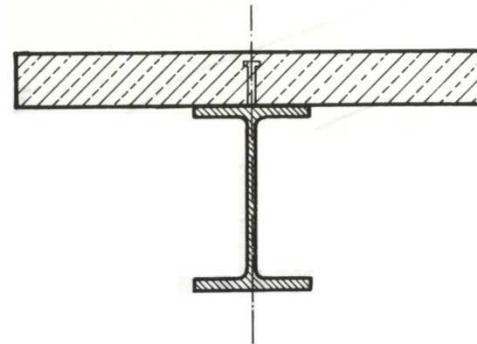


Soletta composta rinforzata con armature aggiuntive nelle nervature



Trave composta rivestita di materiale protettivo

Trave composta parzialmente rivestita di calcestruzzo



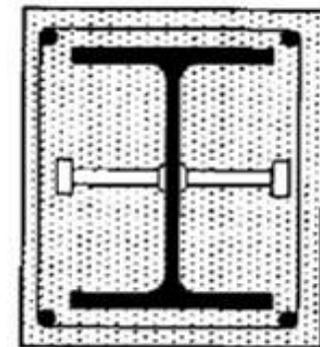
Colonna "FILLED"



"PARTIALLY ENCASED"

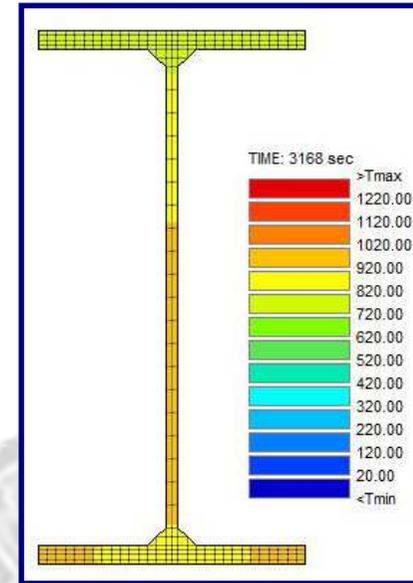
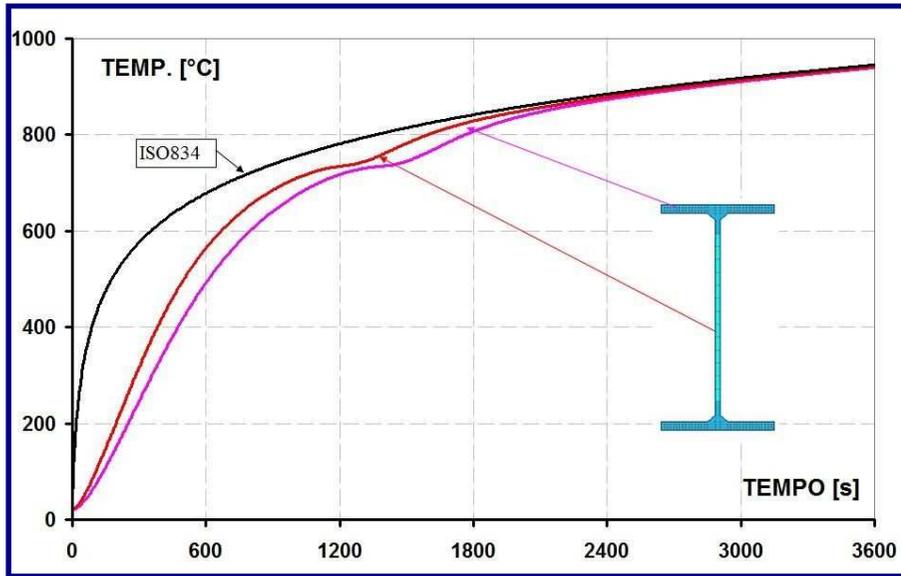


"FULLY ENCASED"

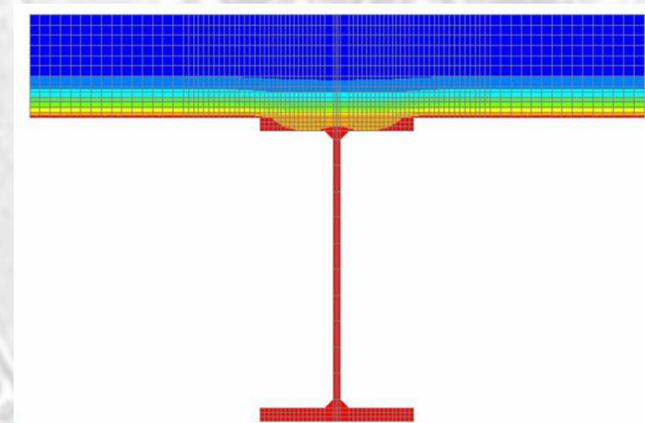
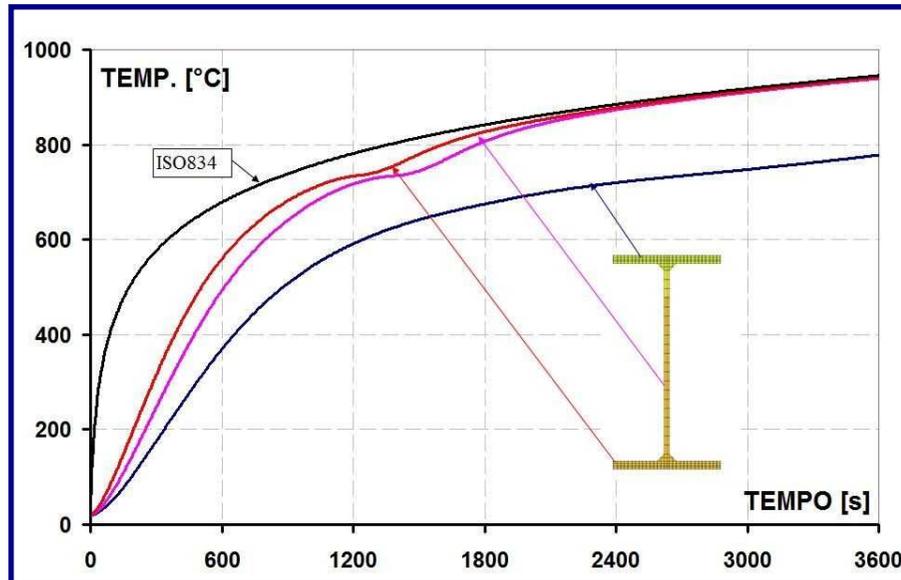


DISTRIBUZIONE DELLE TEMPERATURE NELLE SEZIONI

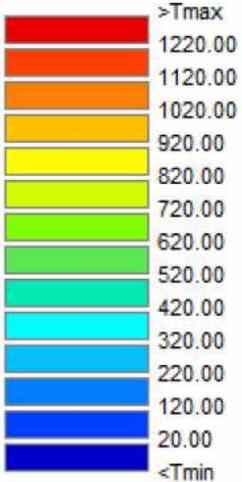
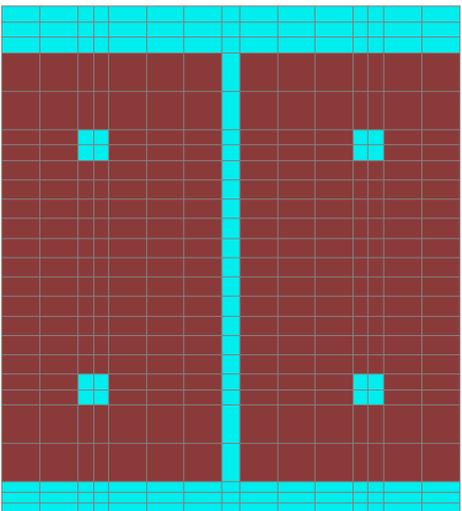
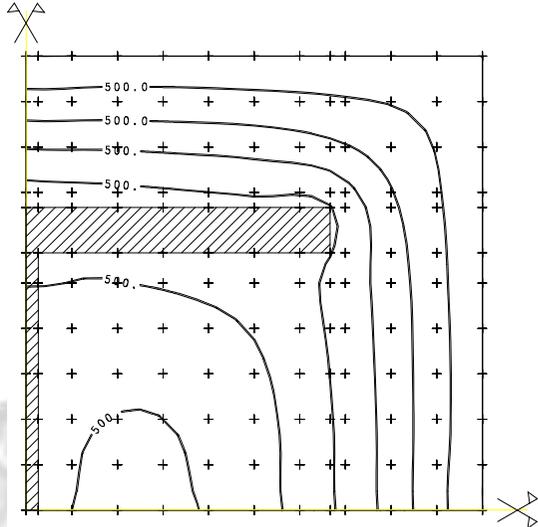
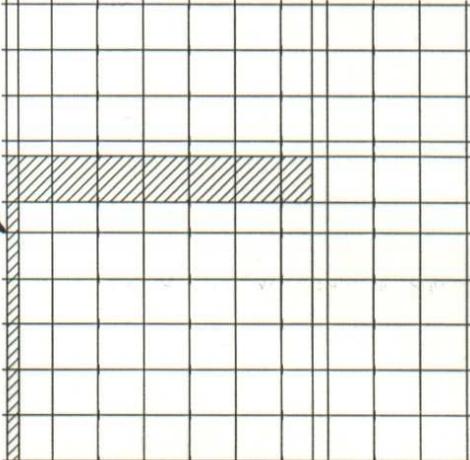
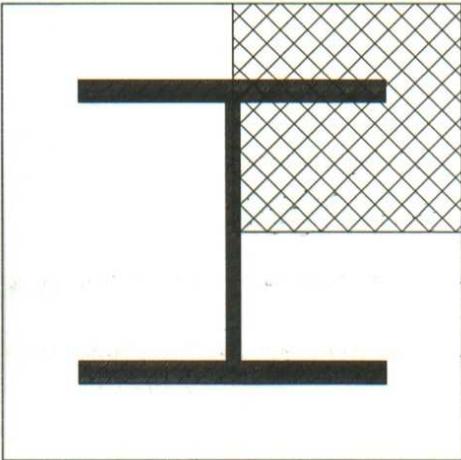
COLONNA RISCALDATA SU TUTTI I LATI



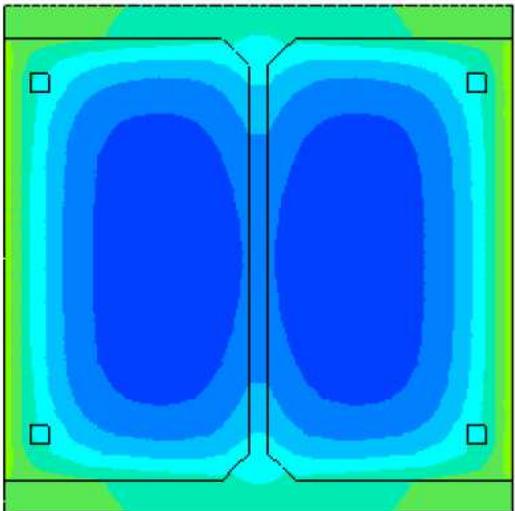
TRAVE RISCALDATA DAL BASSO (SU TRE LATI)



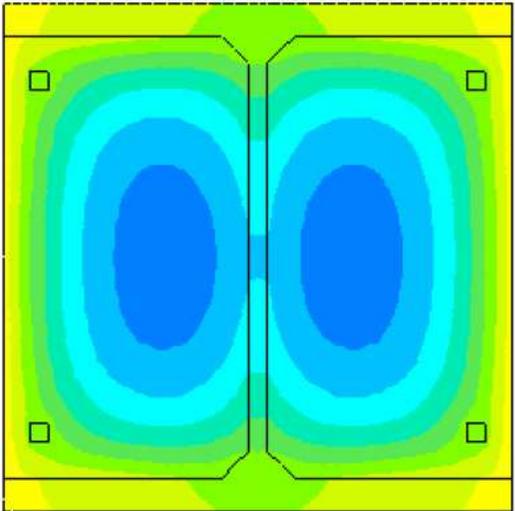
MEMBRATURE COMPOSITE ACCIAIO-CALCESTRUZZO



TIME: 1800 sec



TIME: 3600 sec



CURVE DI RIDUZIONE DELLA RESISTENZA ($k_{y,\theta}$) E DELLA RIGIDEZZA ($k_{E,\theta}$) DELL'ACCIAIO

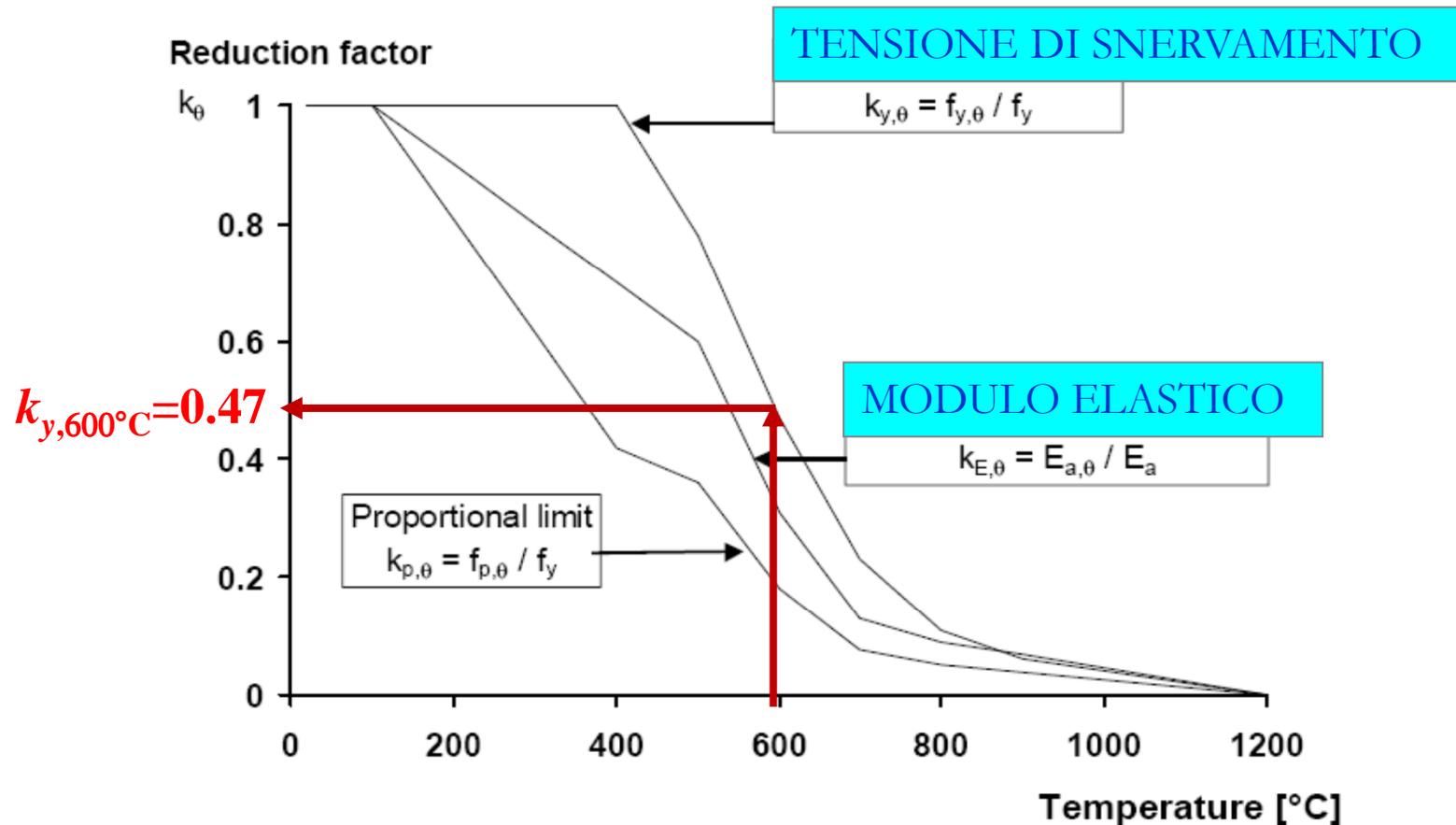
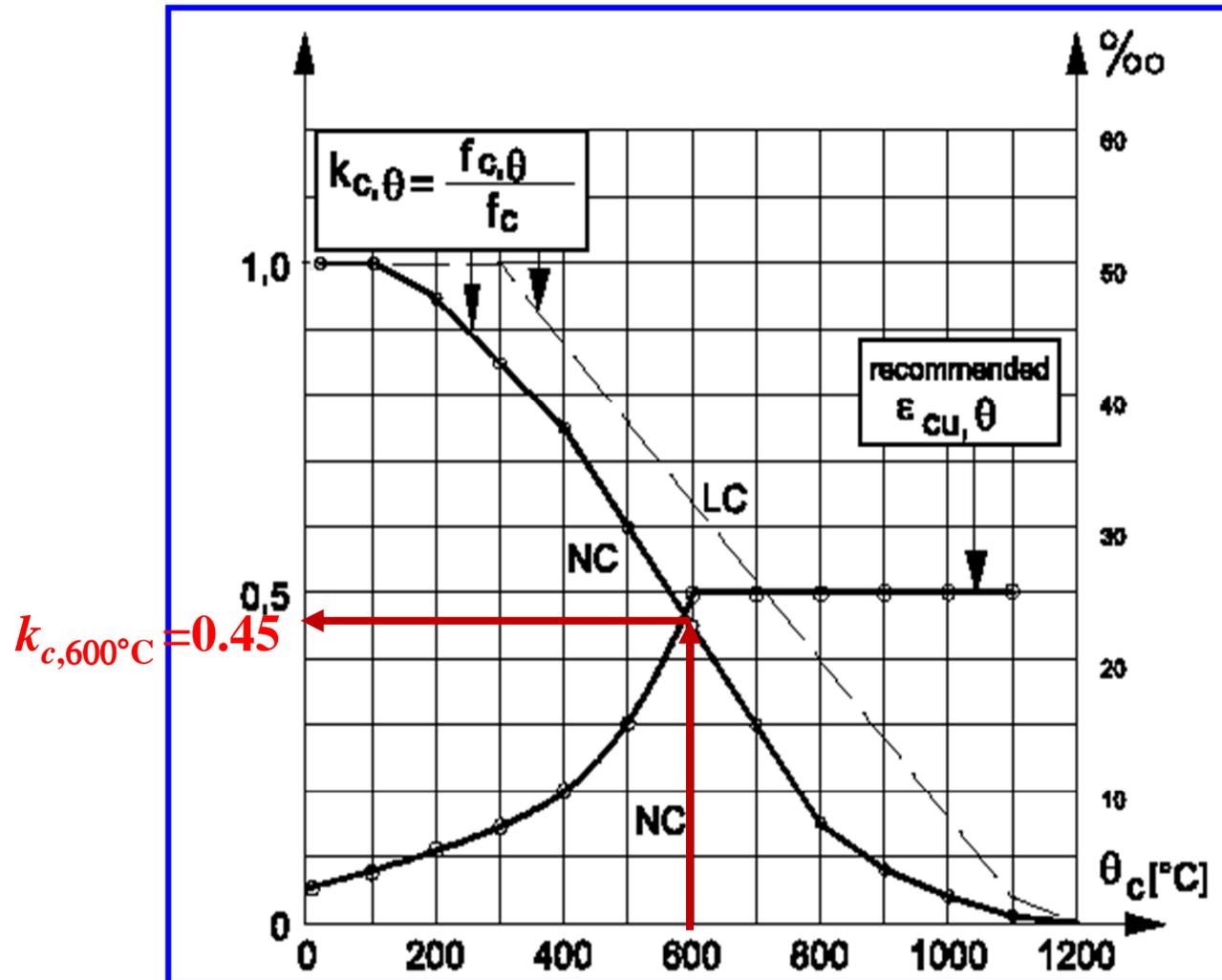


Figure 3.2: Reduction factors for the stress-strain relationship of carbon steel at elevated temperatures

CURVE DI RIDUZIONE DELLA RESISTENZA ($k_{c,\theta}$) DEL CALCESTRUZZO



Fattori di riduzione della resistenza e della rigidezza
per il calcestruzzo normale(NC) e alleggerito(LC)

RIDUZIONE DI RESISTENZA DI UNA MEMBRATURA SOGGETTA AD INCENDIO

Verifica di sicurezza per esposizione a curva di incendio standard

■ Nel dominio delle resistenze:

$$R_{fi,d,t} \geq E_{fi,d,t}$$

■ Nel dominio delle temperature:

$$\Theta_{d,t} \leq \Theta_{cr,d}$$

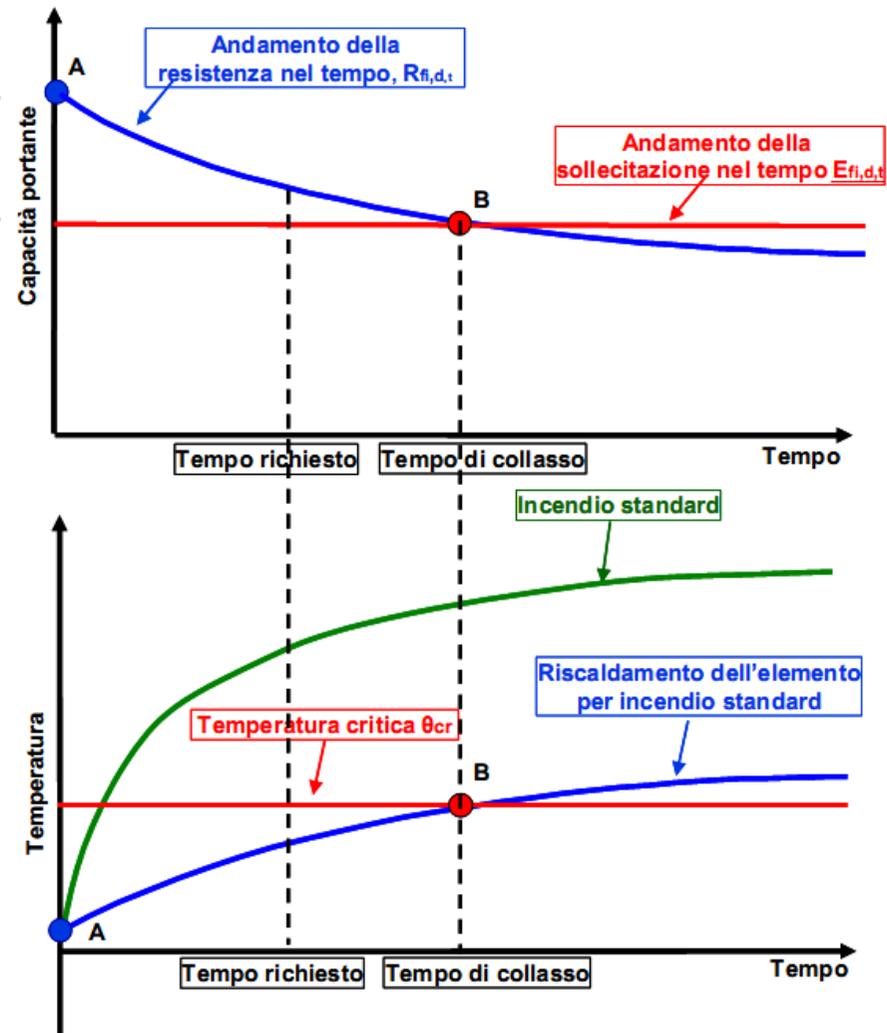
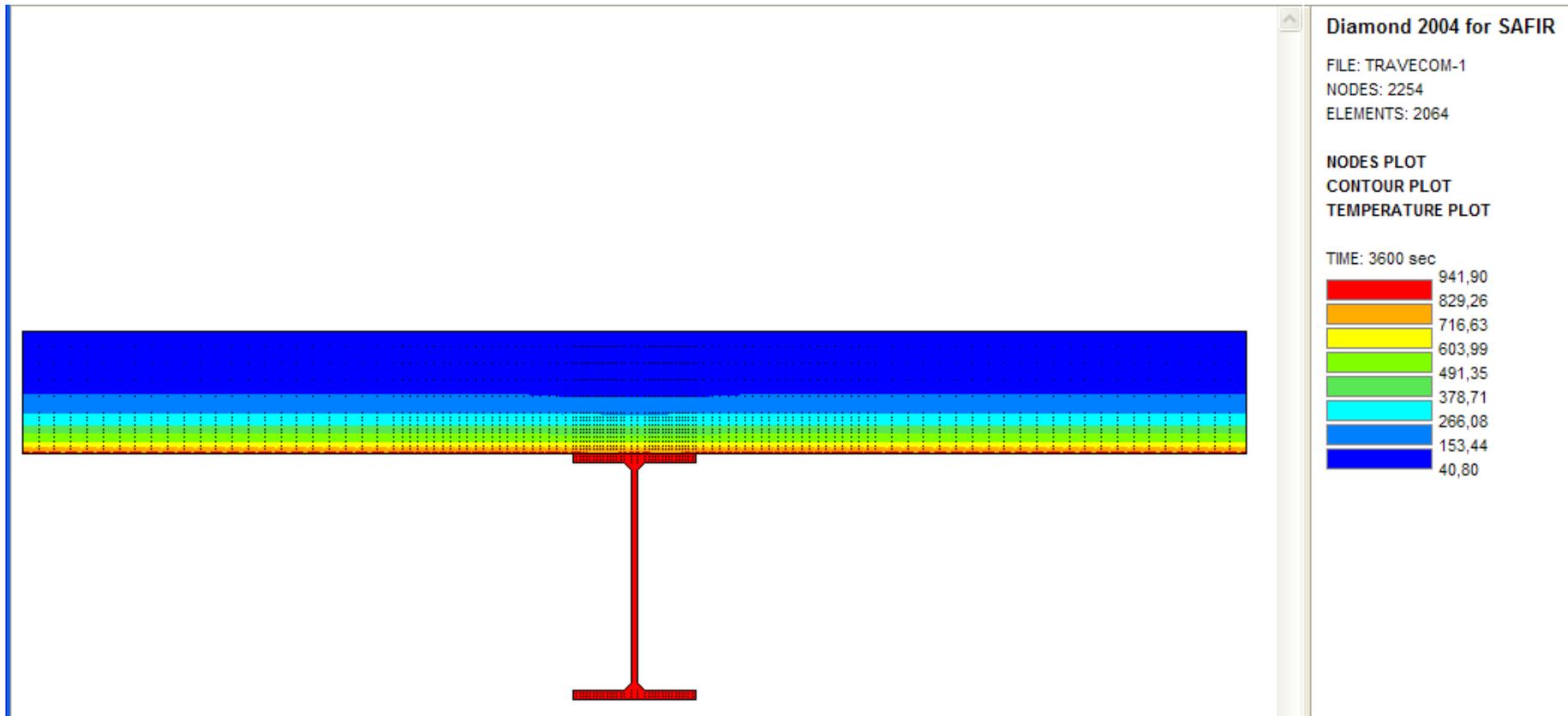


Figura 5.6 Verifica di sicurezza nel caso di esposizione all'incendio standard.

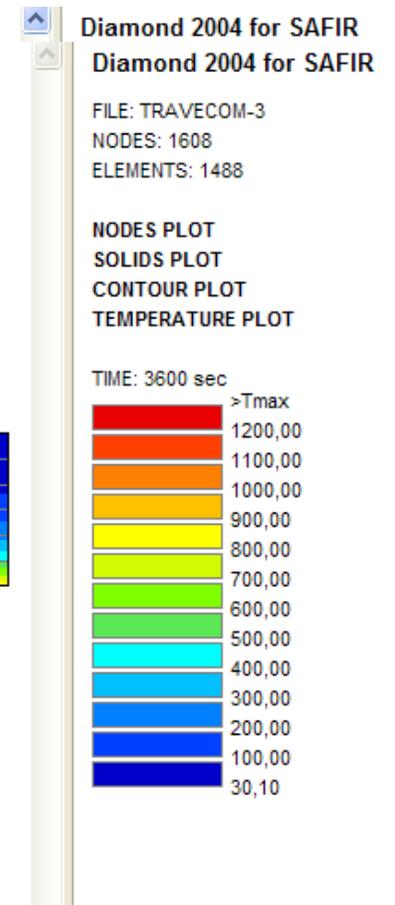
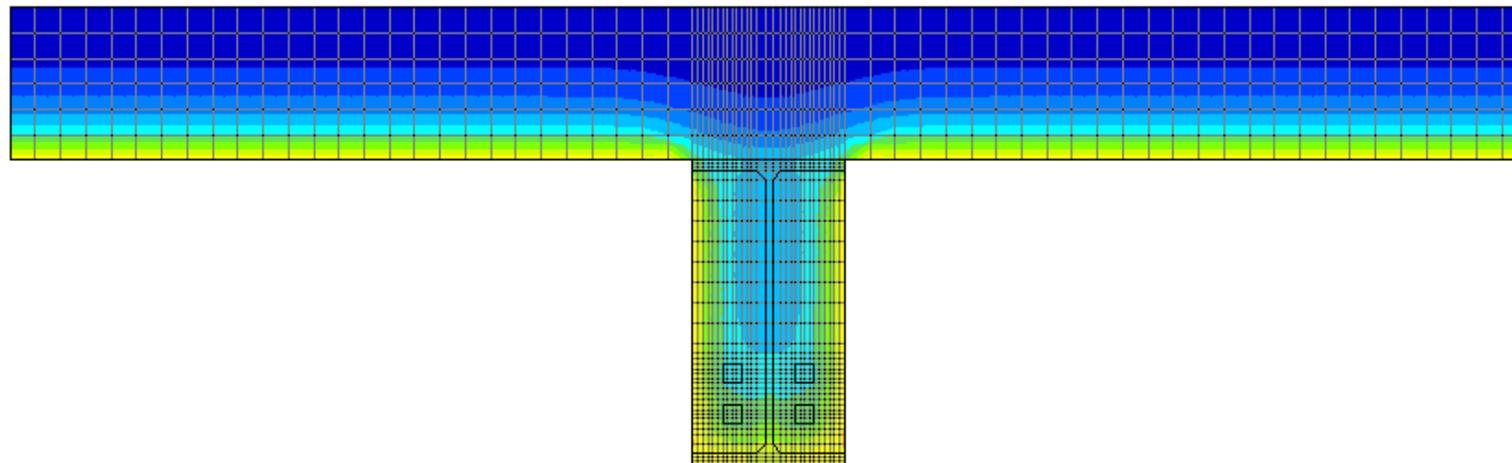
TRAVE COMPOSTA NON RIVESTITA

- ANALISI TERMICA -

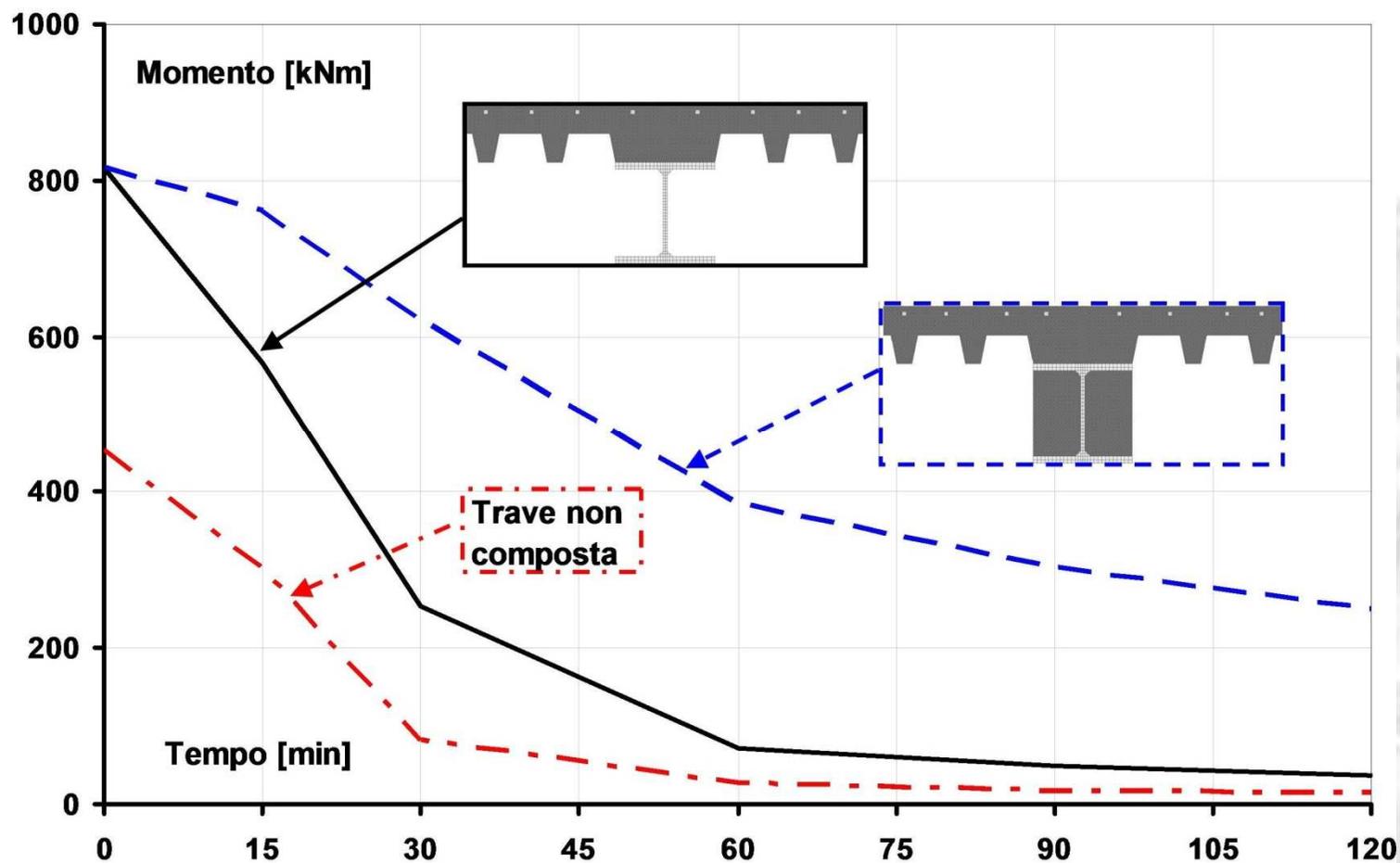


TRAVE COMPOSTA PARZIALMENTE RIVESTITA

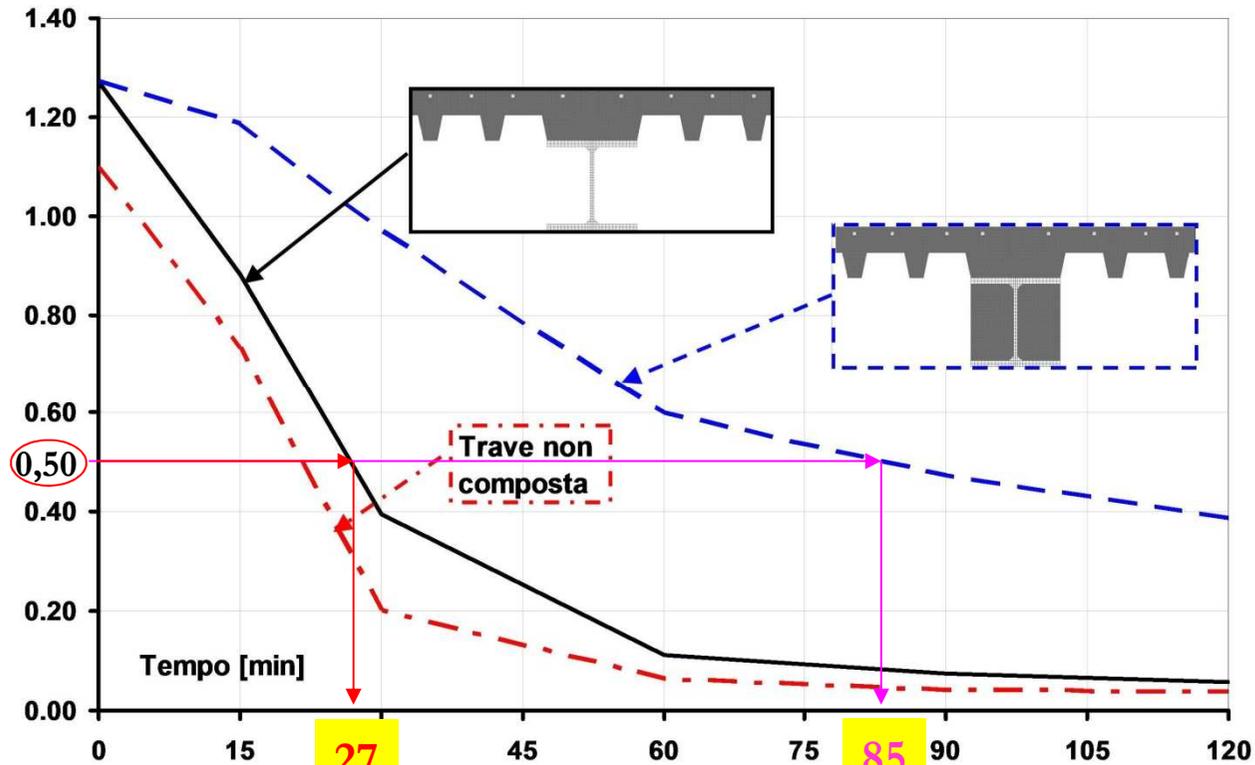
- ANALISI TERMICA -



EFFICACIA DEL SISTEMA COMPOSTO IN PRESENZA DI INCENDIO CONFRONTO TRA DIVERSE TIPOLOGIE



EFFICACIA DEL SISTEMA COMPOSTO IN PRESENZA DI INCENDIO



rapporto
di carico

$$= \frac{M_{Rd,fi,t}}{M_{Rd}}$$

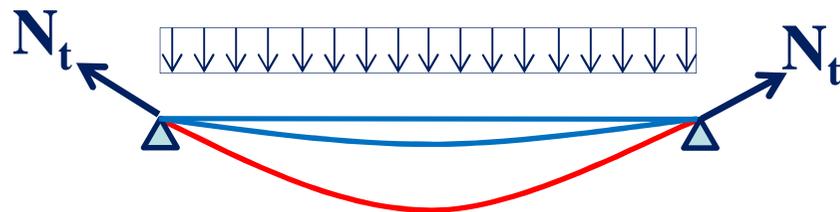
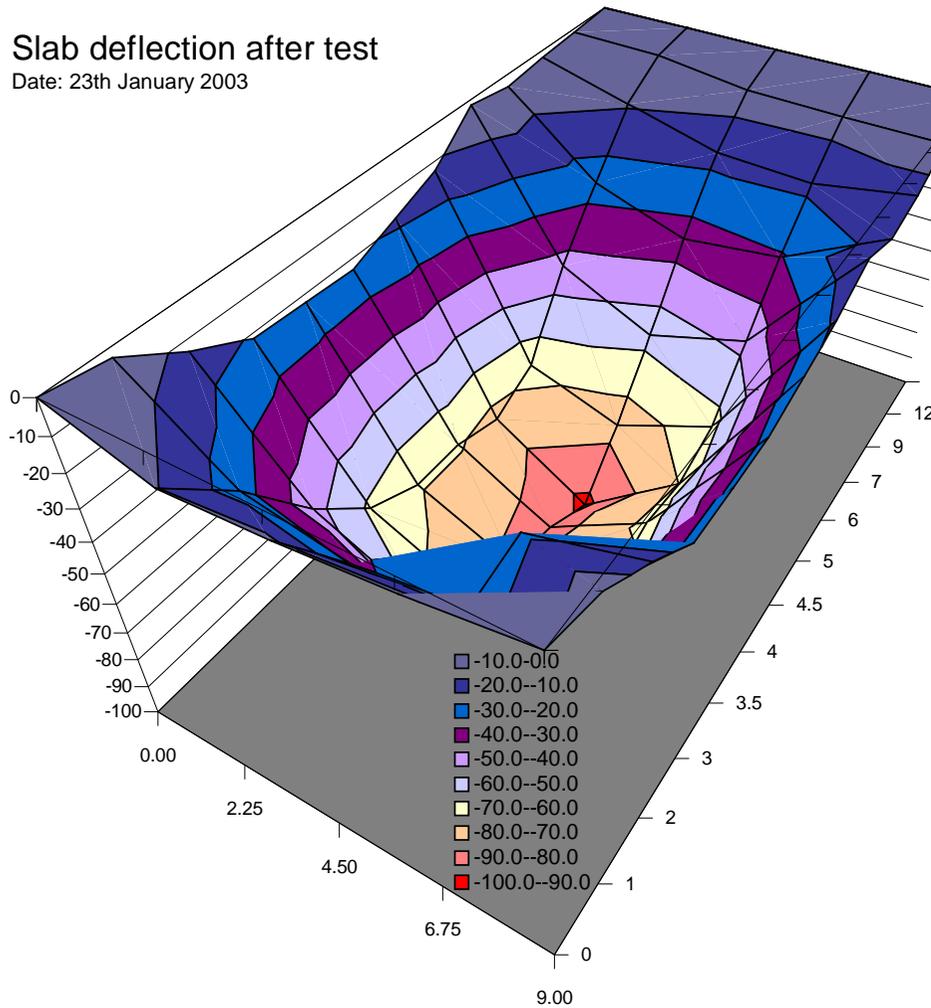
$\gamma_{M,fi} = 1.0$

$\gamma_{M,fi} \neq 1.0$

PROVA INCENDIO SU EDIFICIO IN CARDINGTON (UK)

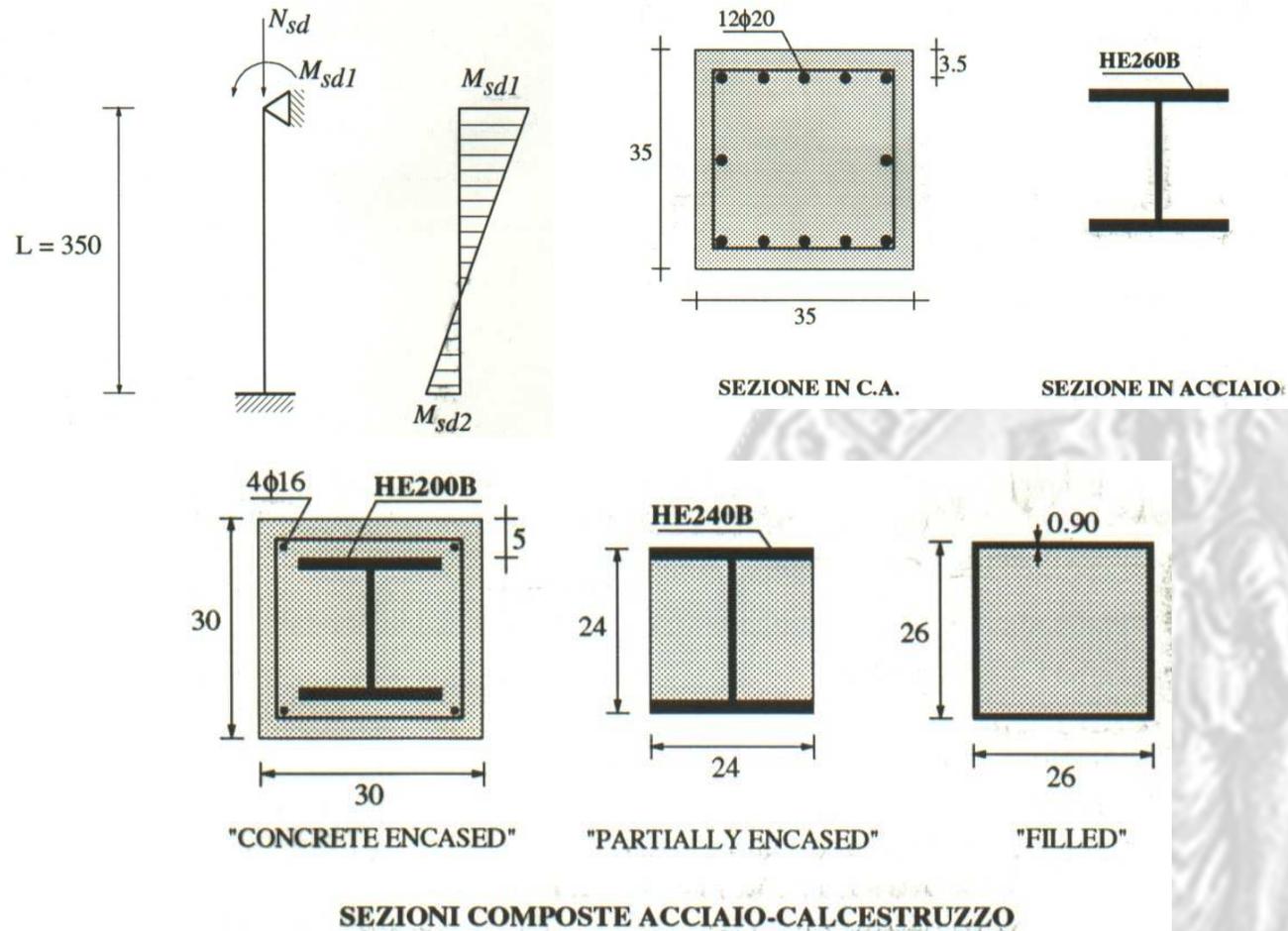
Slab deflection after test

Date: 23th January 2003

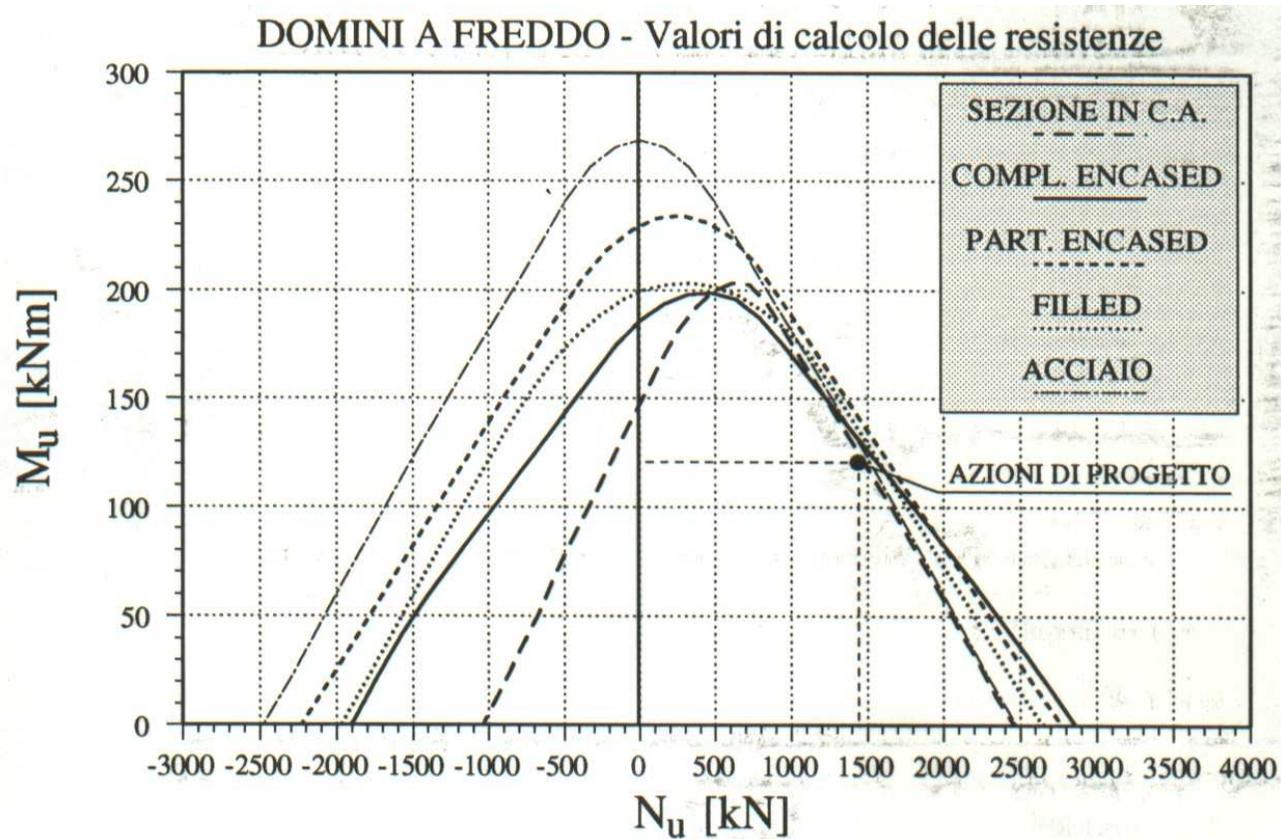


Travi e Solette composte acciaio-calcestruzzo: grandi spostamenti e sviluppo dell'effetto catena nelle travi e dell'effetto "membrana" nelle solette.

RESISTENZA AL FUOCO DI TIPOLOGIE STRUTTURALI DIFFERENTI

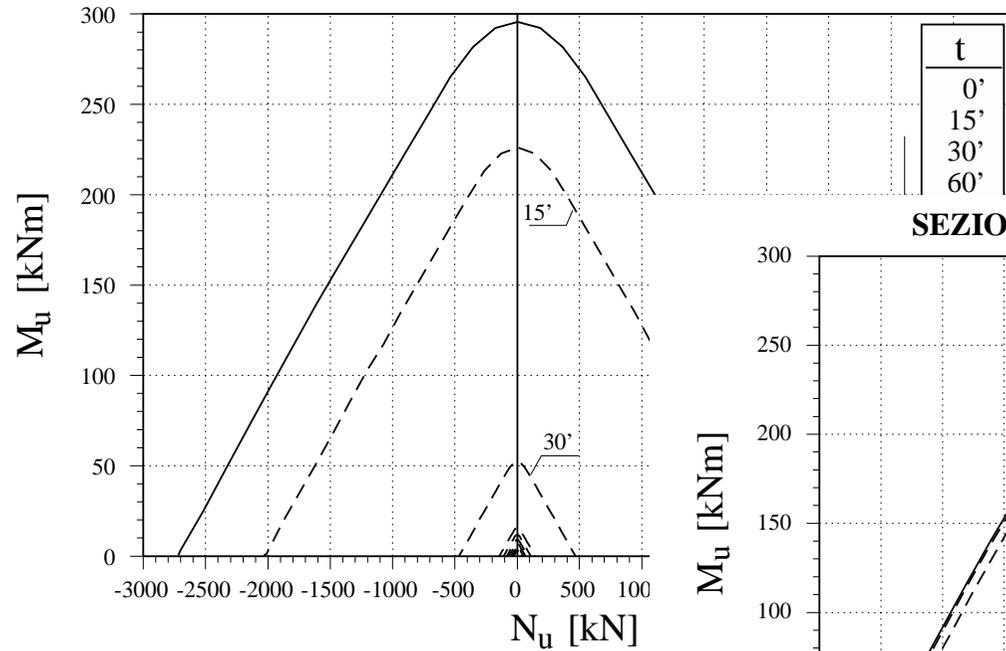


RESISTENZA AL FUOCO DI TIPOLOGIE STRUTTURALI DIFFERENTI

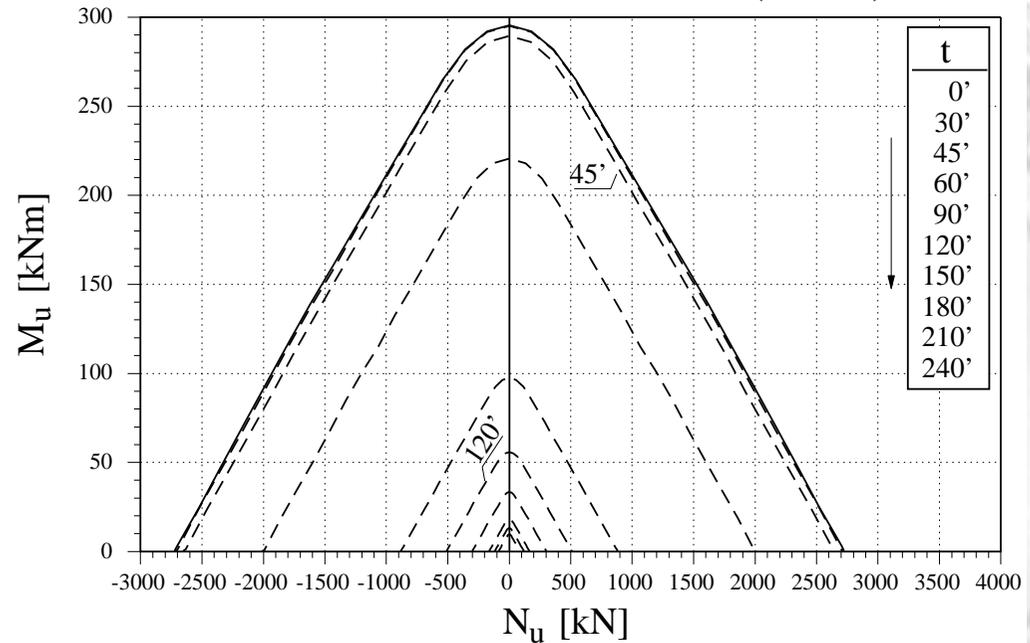


RIDUZIONE DEL DOMINIO DI RESISTENZA DI COLONNE DI ACCIAIO IN CASO DI INCENDIO

SEZIONE IN ACCIAIO NON PROTETTA

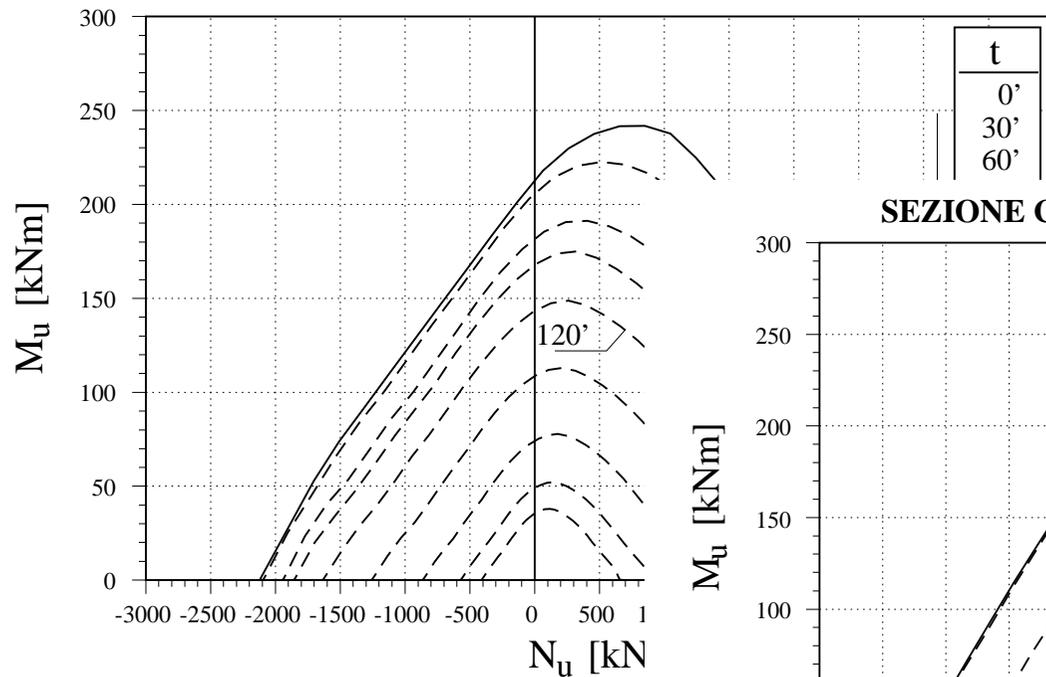


SEZIONE IN ACCIAIO PROTETTA (s = 1 cm)

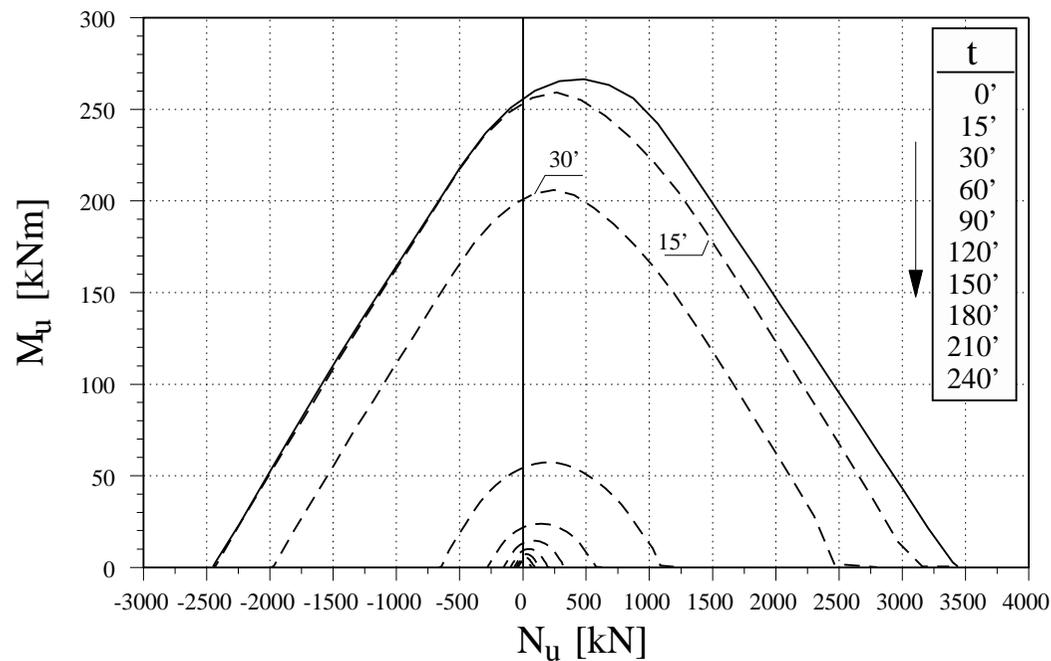


RIDUZIONE DEL DOMINIO DI RESISTENZA DI COLONNE COMPOSTE IN CASO DI INCENDIO

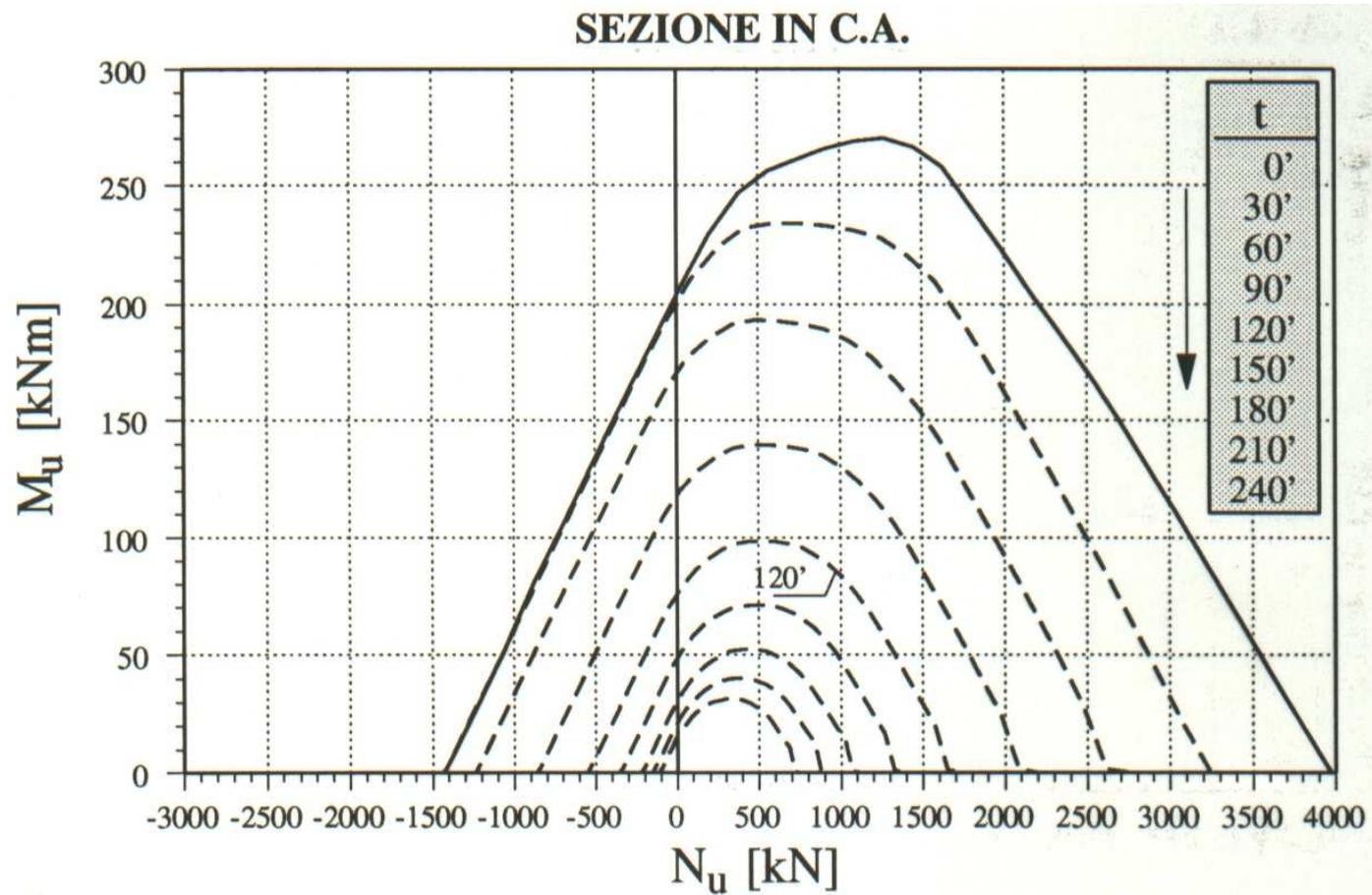
SEZIONE COMPOSTA "COMPLETELY ENCASED"



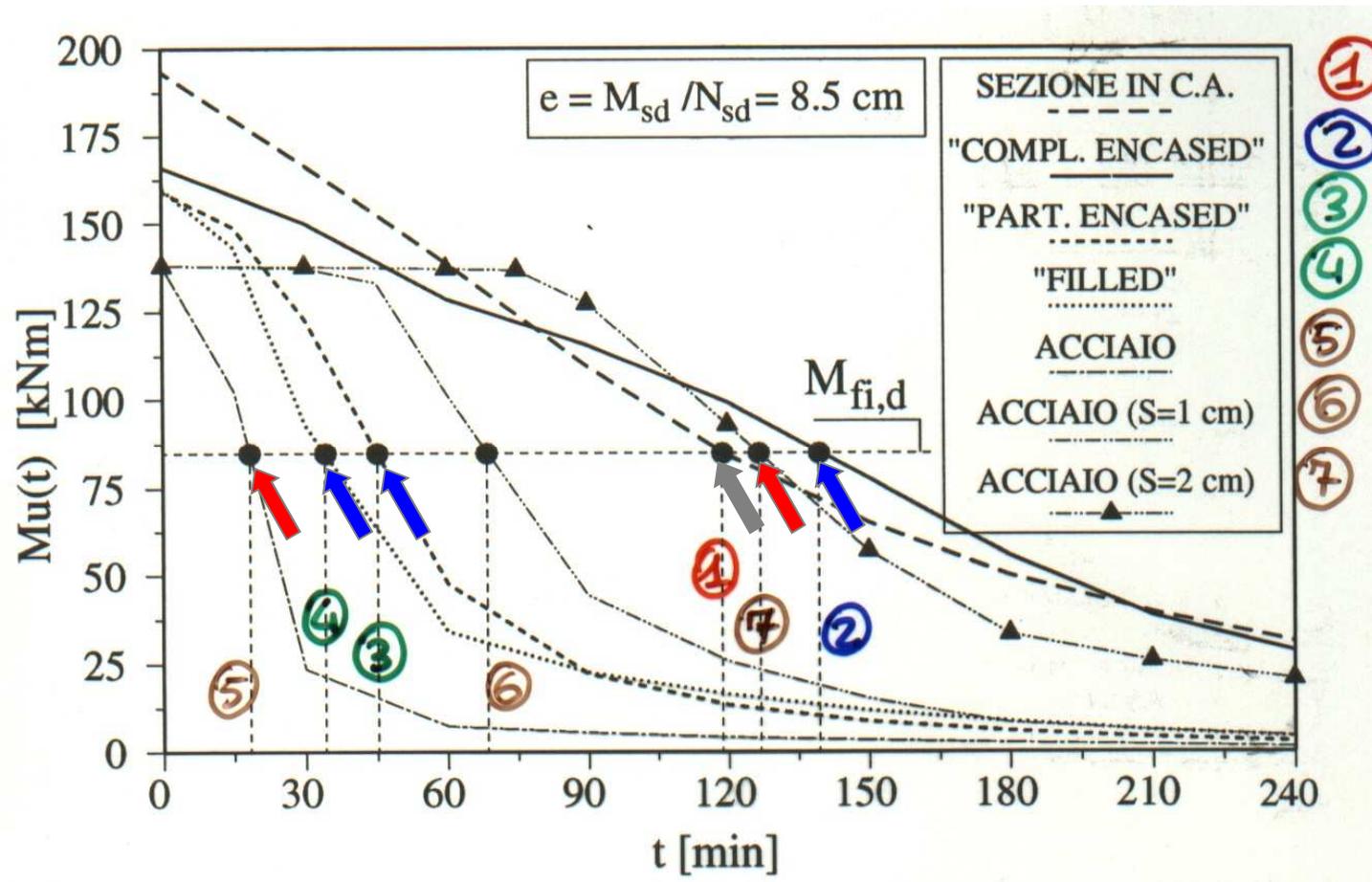
SEZIONE COMPOSTA "PARTIALLY ENCASED"



RIDUZIONE DEL DOMINIO DI RESISTENZA DI COLONNE IN C.A. IN CASO DI INCENDIO

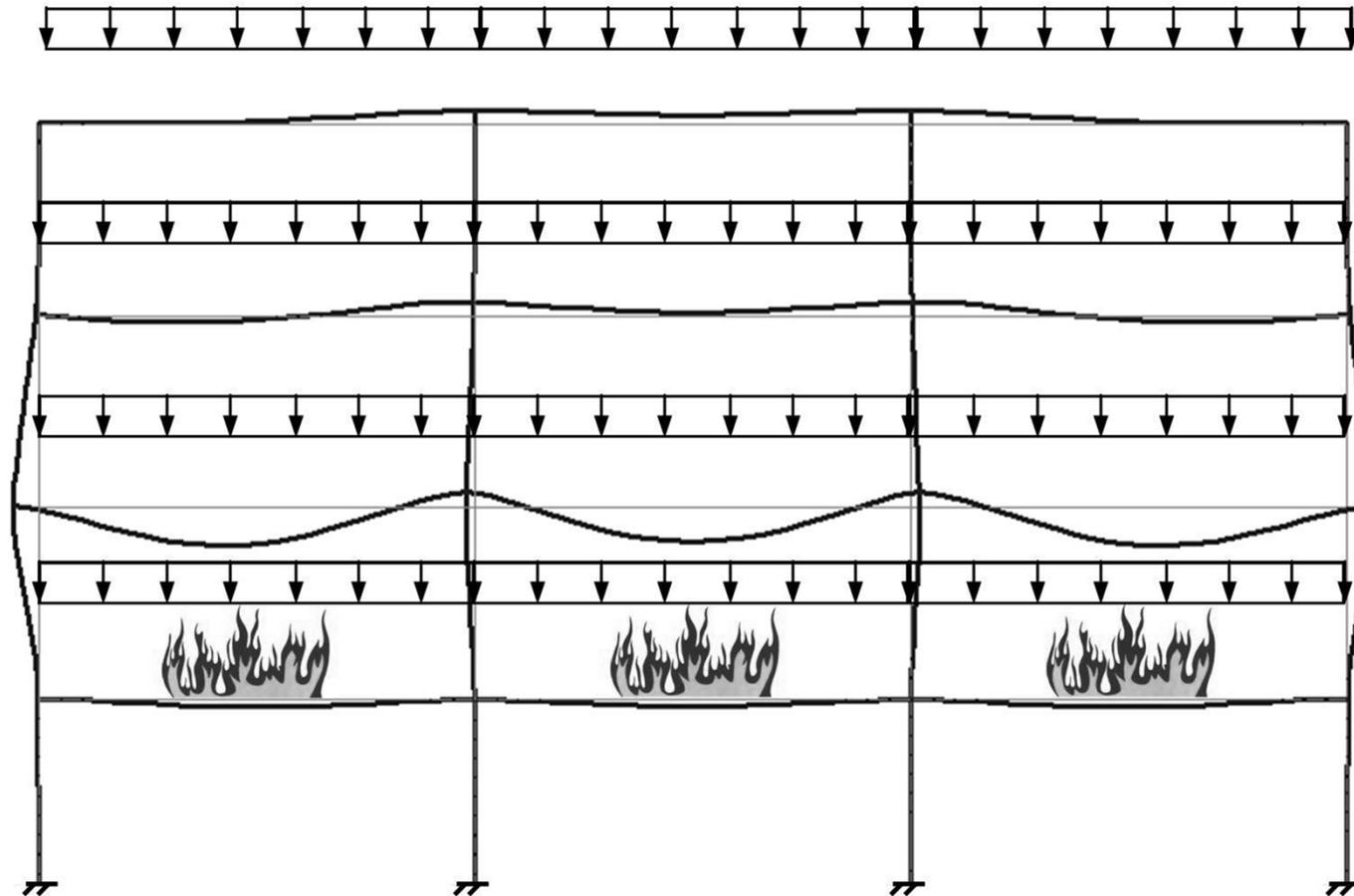


CURVE DI DEGRADO DELLA RESISTENZA NEL TEMPO DI TIPOLOGIE STRUTTURALI DIFFERENTI



COMPORTAMENTO STRUTTURALE COMPLESSIVO SOTTO INCENDIO

EFFETTI IPERSTATICI DOVUTI ALLE DILATAZIONI TERMICHE CONTRASTATE



Deformata della struttura di un edificio multipiano per effetto di un incendio che si verifica al primo piano dell'edificio.

ANALISI STRUTTURALE DI TELAI COMPOSTI

[Nigro E., Cefarelli G., Ferraro A. (2009)]

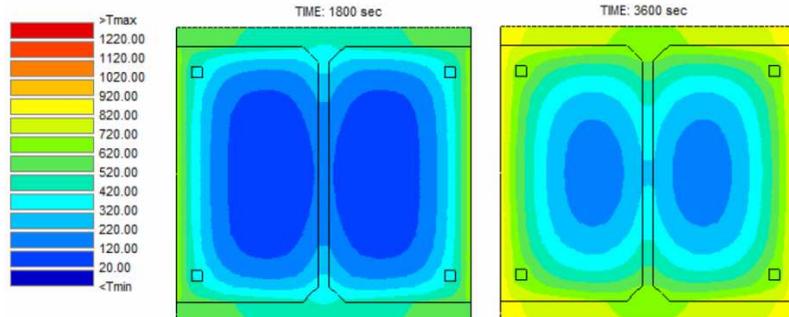
Analisi strutturale con modelli di calcolo avanzati per la valutazione degli effetti delle sollecitazioni iperstatiche indotte dalle deformazioni termiche impedito

- Analisi globali di telai multipiano in struttura composta acciaio-clc, al variare della zona sismica, della tipologia di trave composta, dello scenario d'incendio e della curva di incendio.
- Analisi semplificate per singoli elementi di telai multipiano in struttura composta acciaio-clc, al variare della zona sismica e dello scenario d'incendio

STRUMENTI DI CALCOLO UTILIZZATI

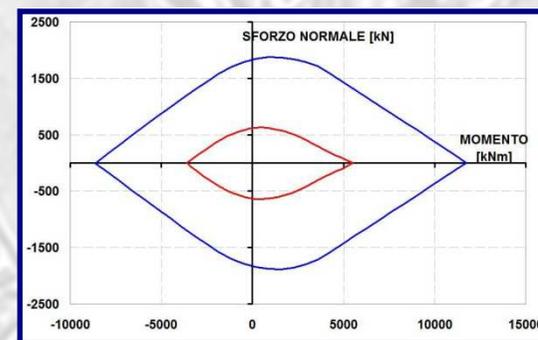
SAFIR 2004

Codice di calcolo agli elementi finiti per analisi strutturali in ambito non lineari



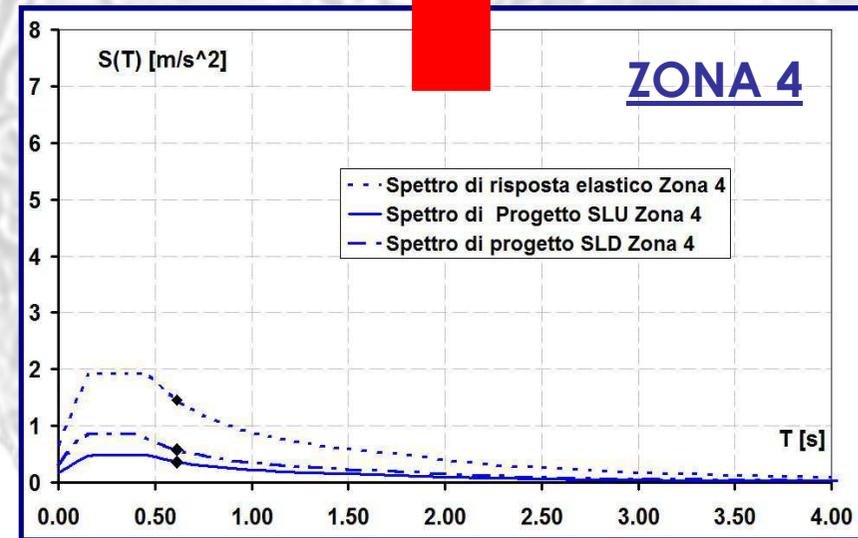
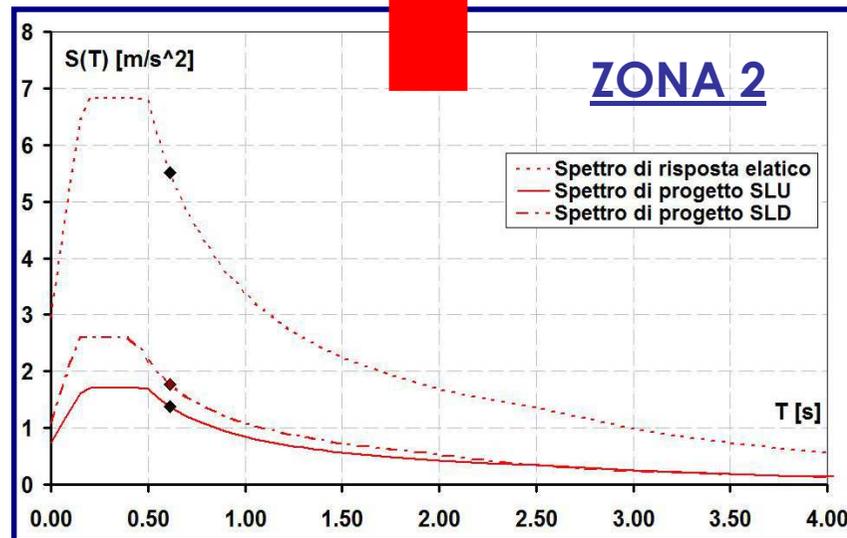
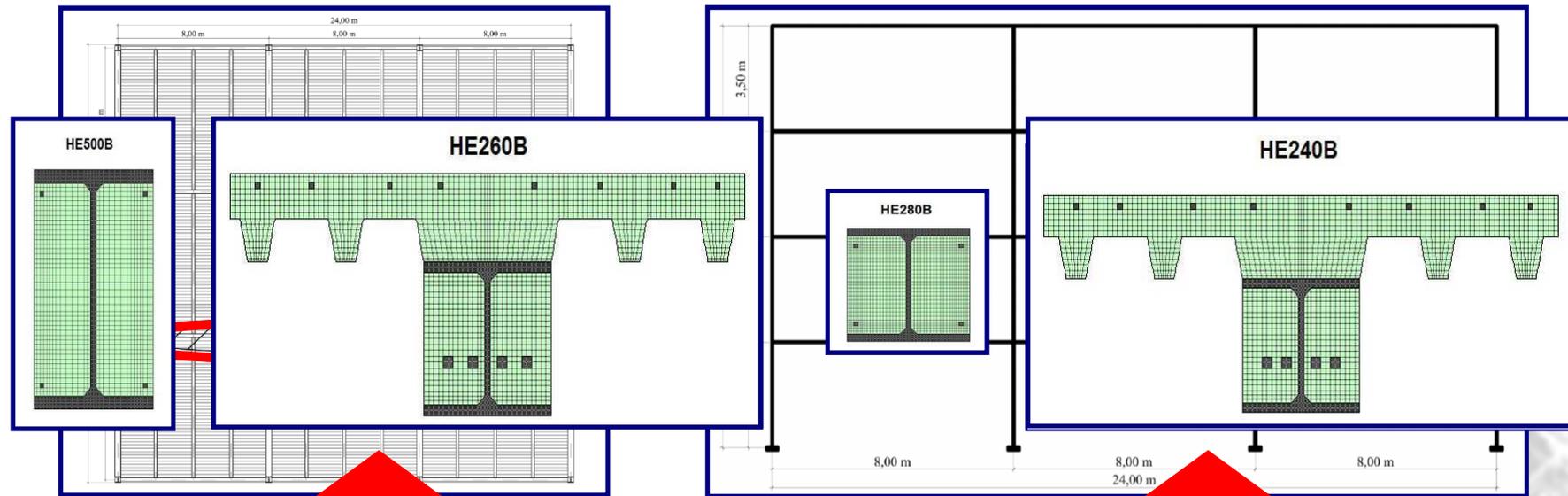
METODO M- χ

Calcolo del diagramma momento-curvatura e dei domini N-M



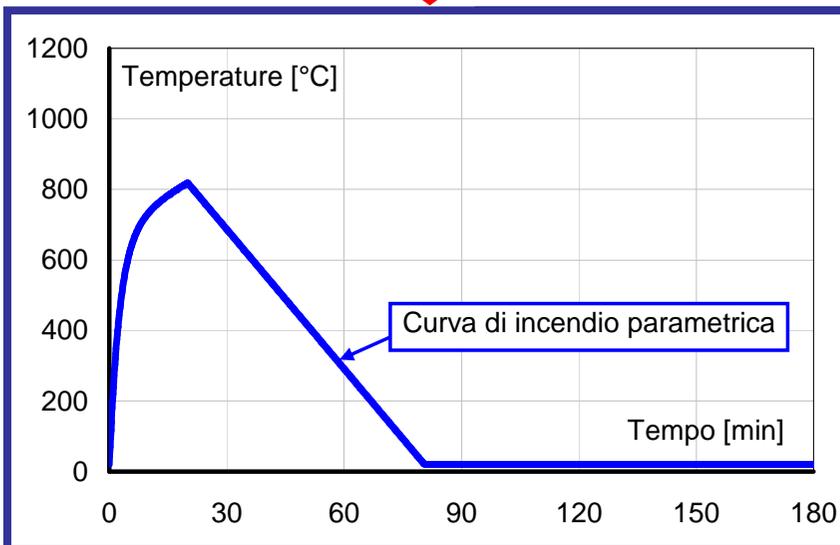
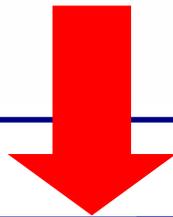
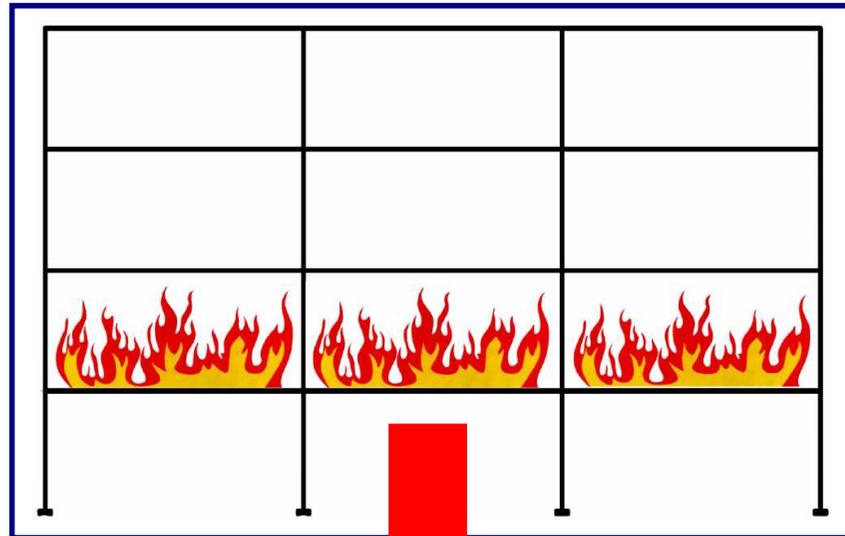
Telaio in struttura composta acciaio-clt

LA PROGETTAZIONE A "FREDDO"

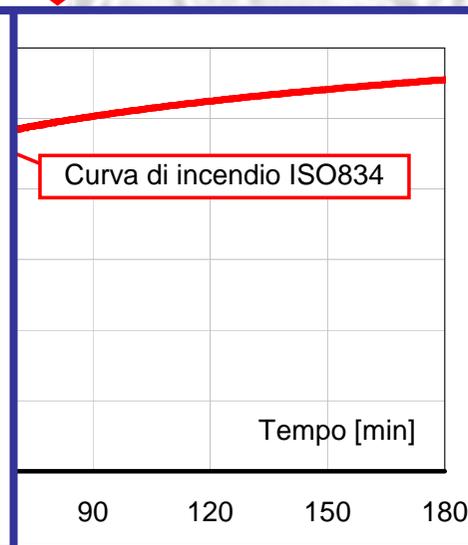
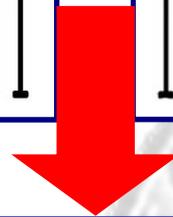
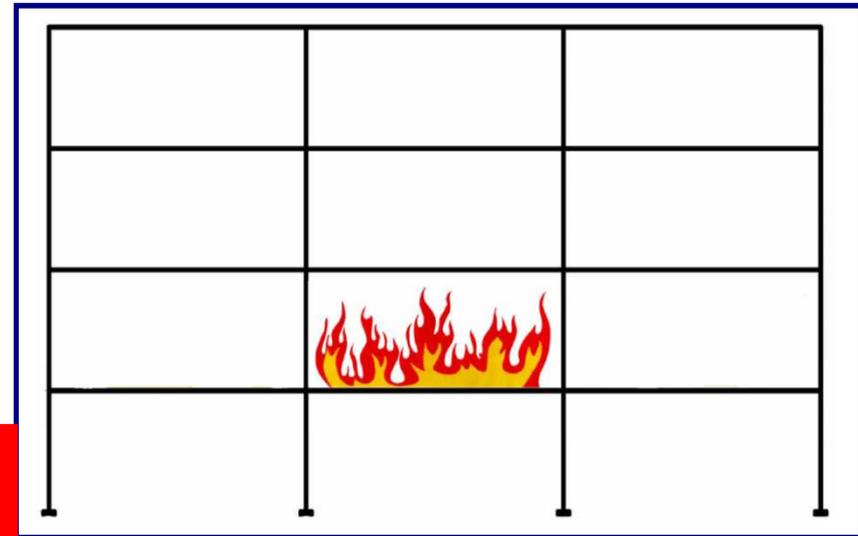


Telaio in struttura composta acciaio-clc

SCENARIO 1

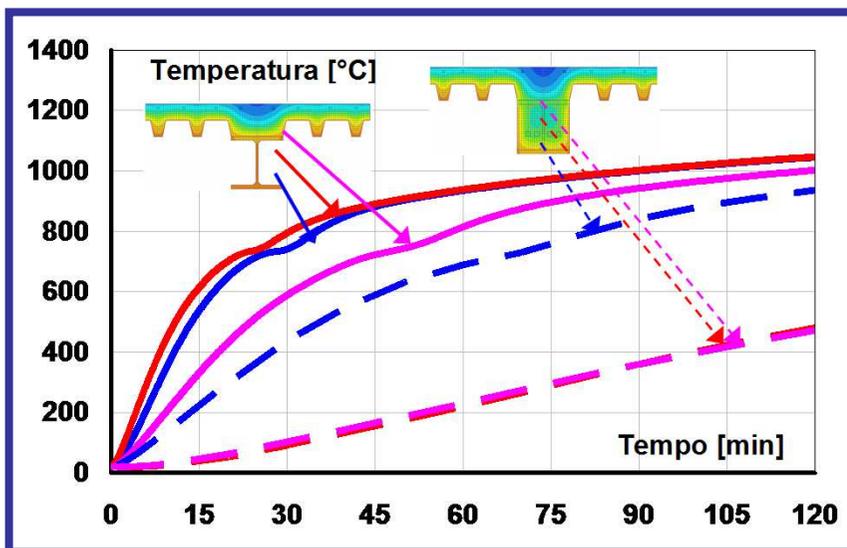


SCENARIO 2

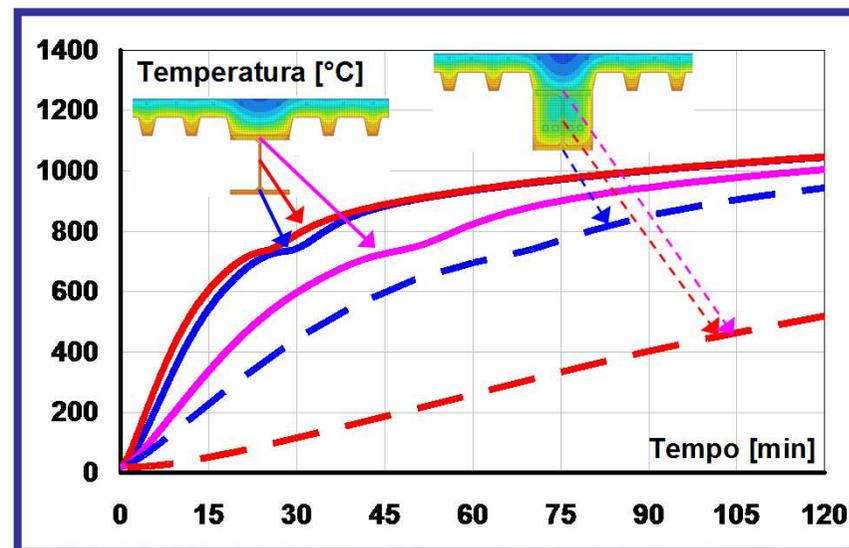


Analisi termiche delle sezioni

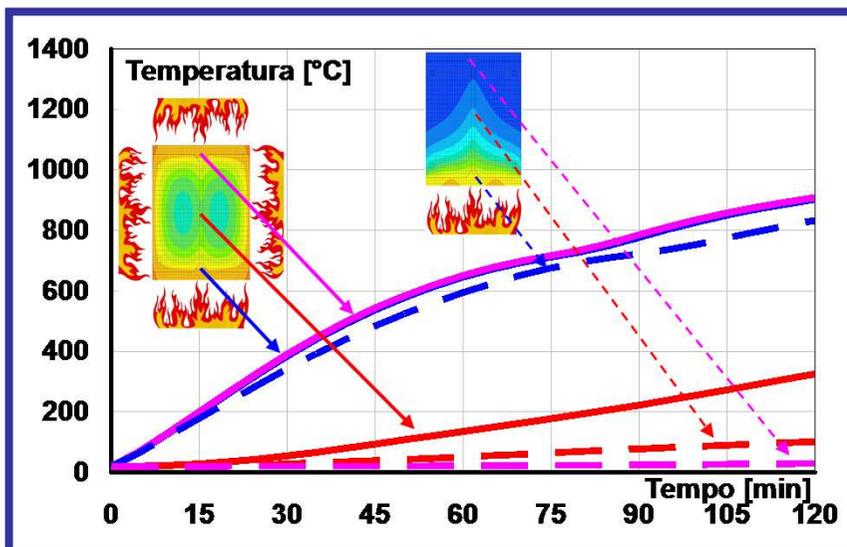
HE 260 B



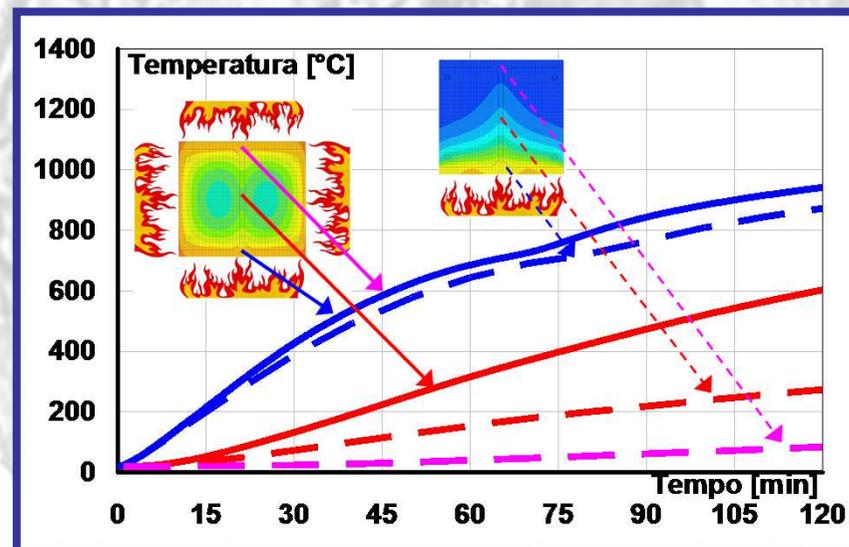
HE 240 B



HE 500 B

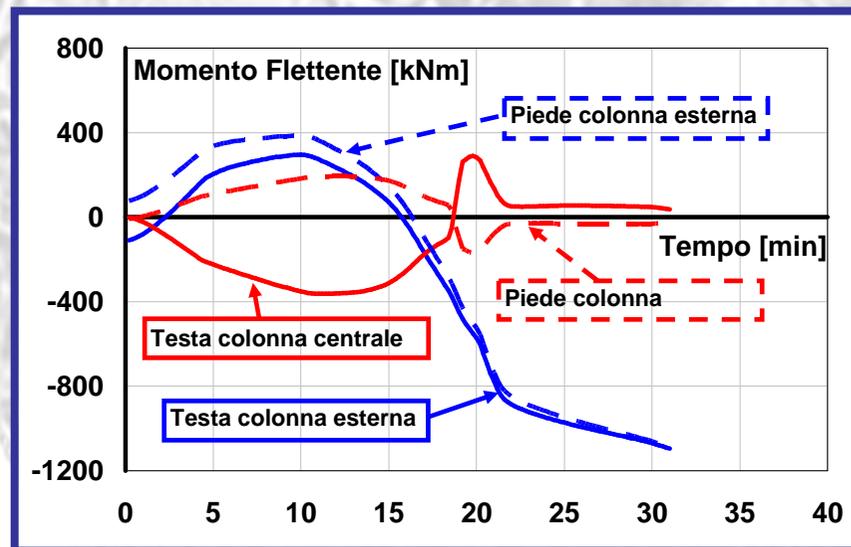
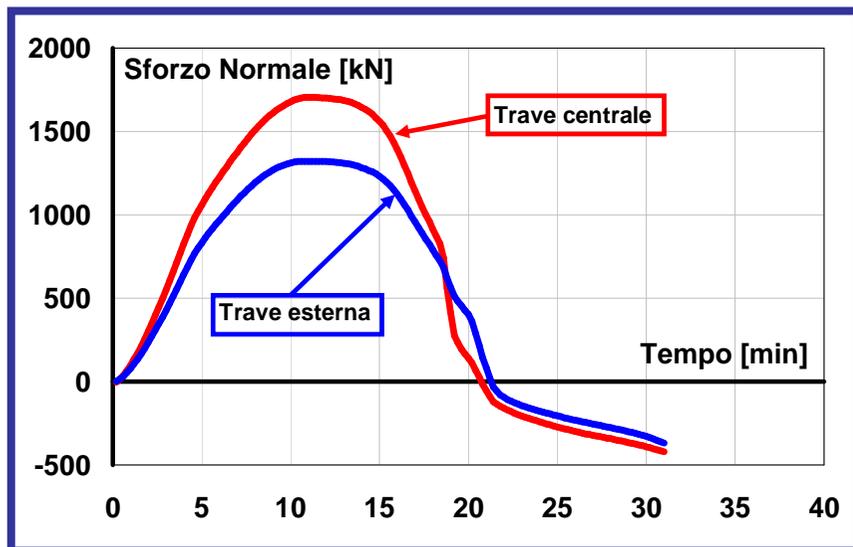
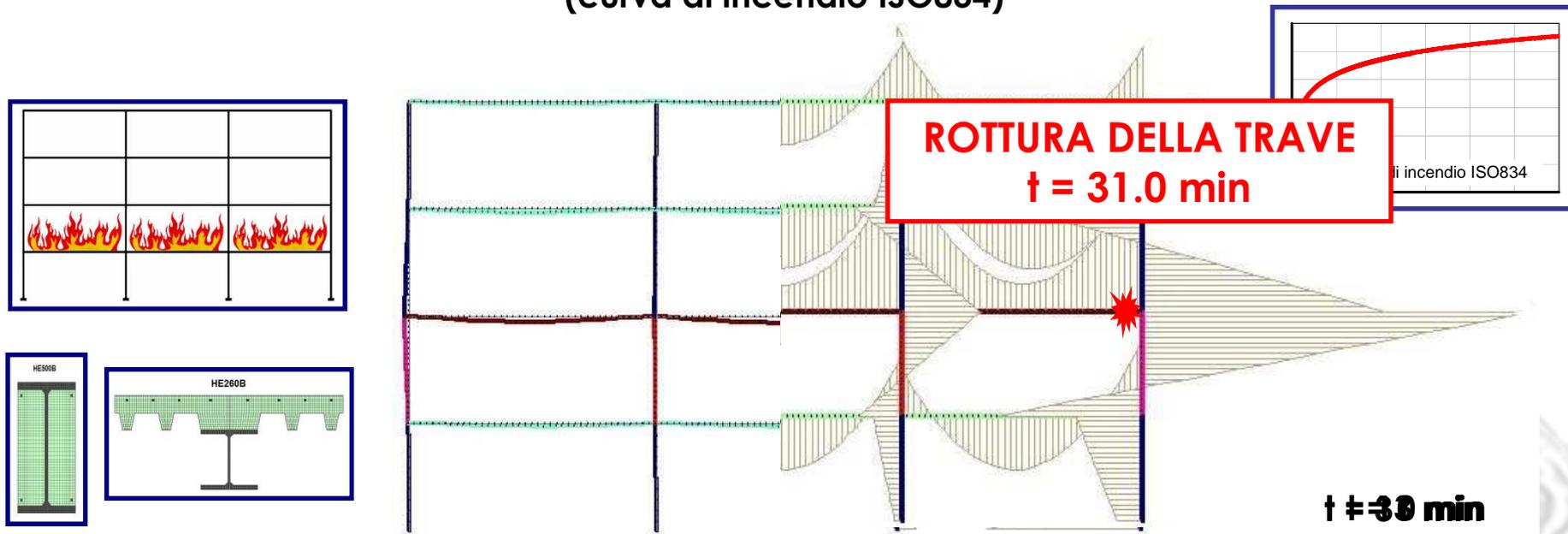


HE 280 B



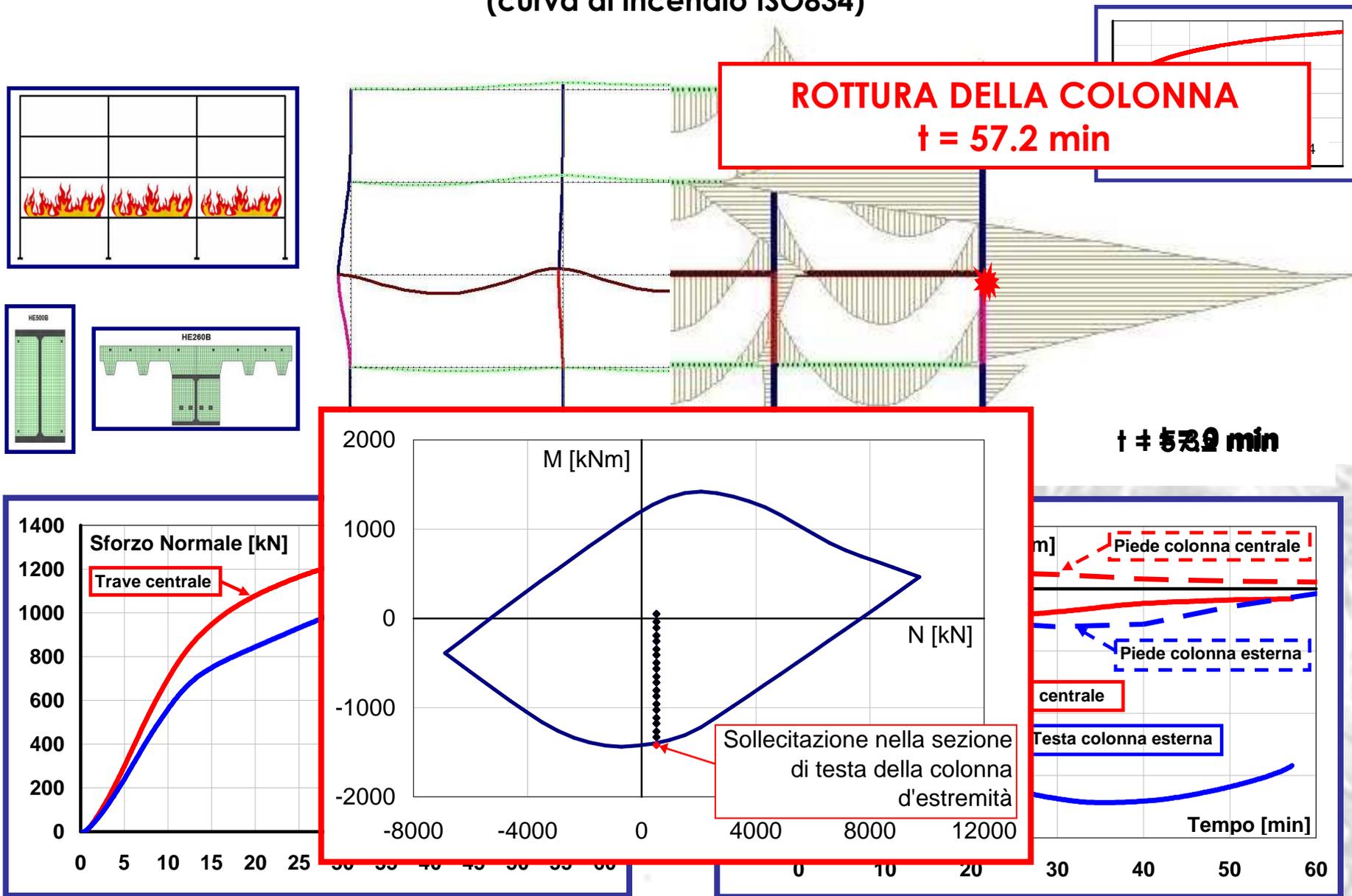
Analisi globale telaio in struttura composta acciaio-clt

Telaio con travi non rivestite progettato in zona sismica 2 sottoposto allo scenario d'incendio 1 (curva di incendio ISO834)



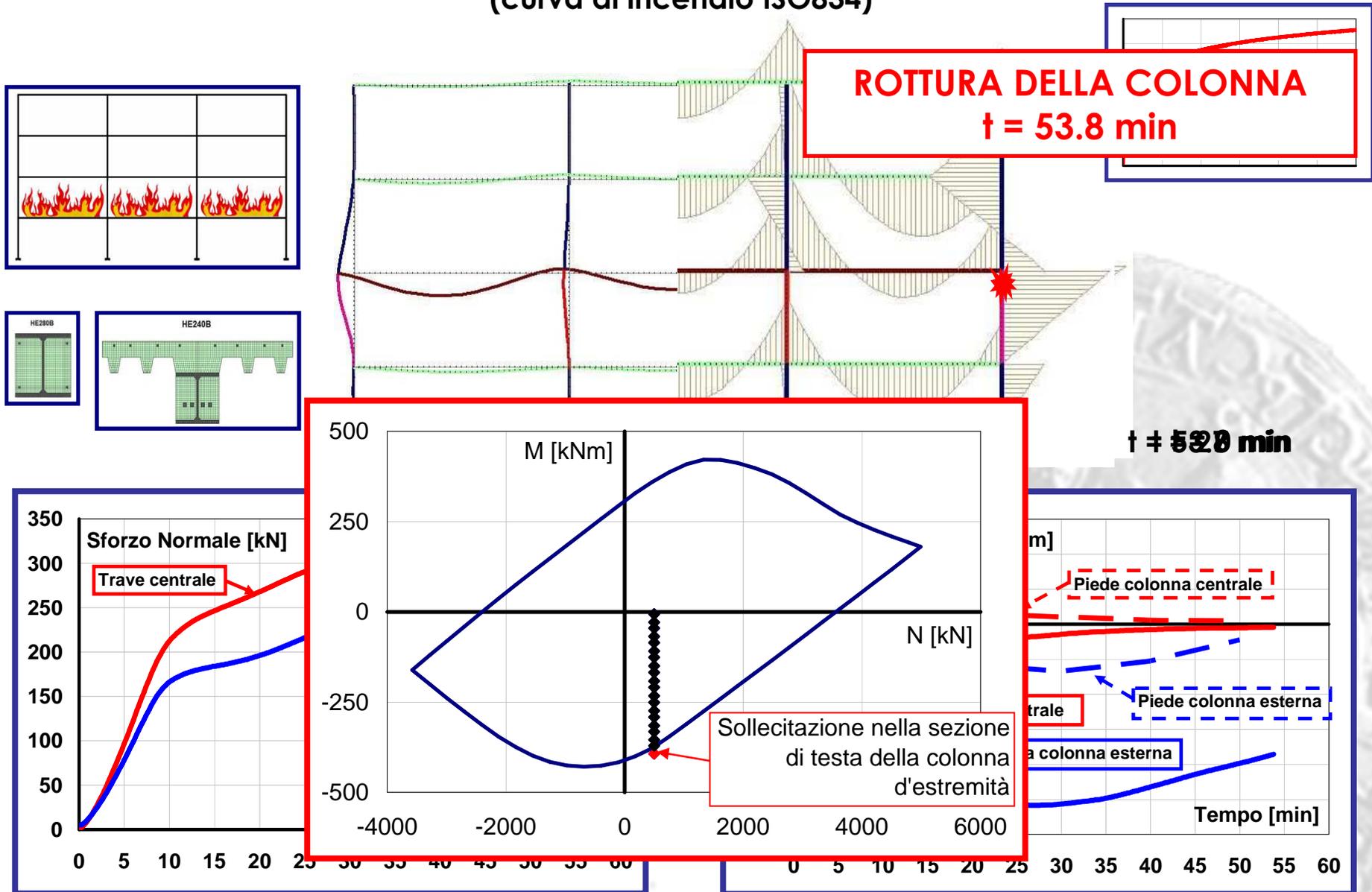
Analisi globale telaio in struttura composta acciaio-clt

Telaio con travi rivestite progettato in zona sismica 2 sottoposto allo scenario d'incendio 1 (curva di incendio ISO834)



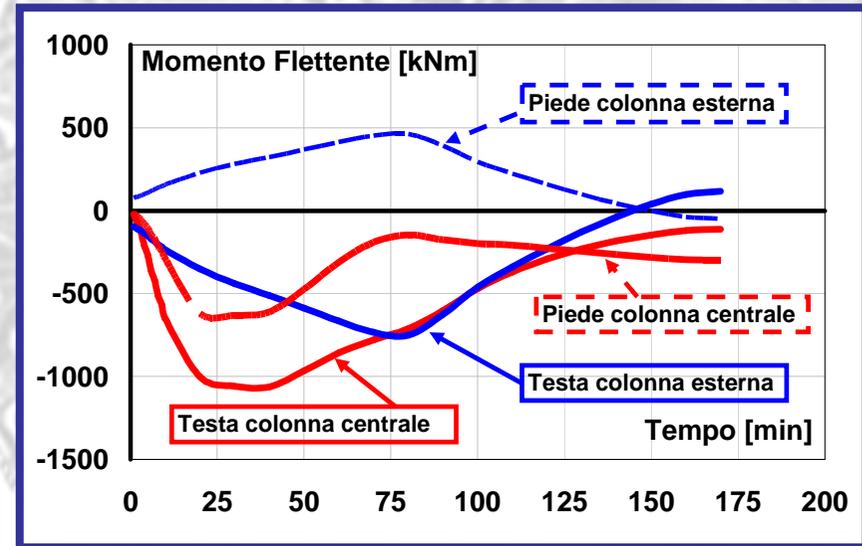
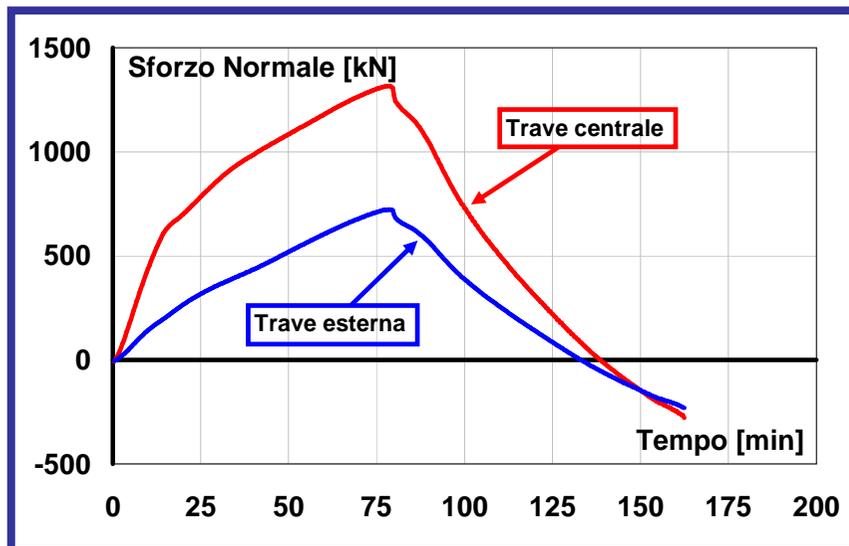
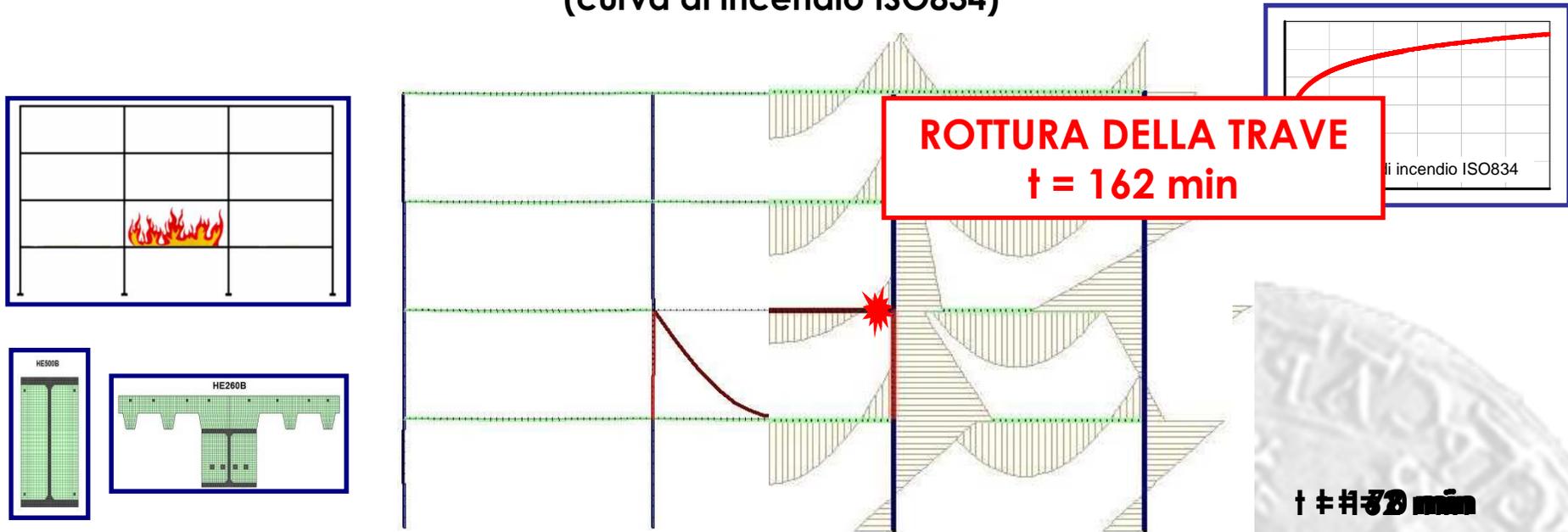
Analisi globale telaio in struttura composta acciaio-clc

Telaio con travi rivestite progettato in zona sismica 4 sottoposto allo scenario d'incendio 1 (curva di incendio ISO834)

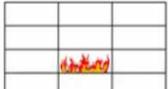
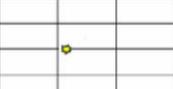
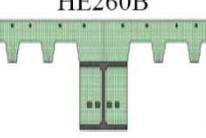
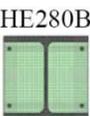
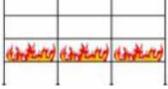
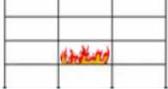
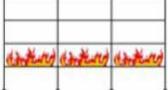
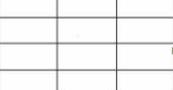
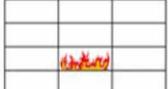
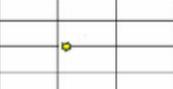


Analisi globale telaio in struttura composta acciaio-clt

Telaio con travi rivestite progettato in zona sismica 2 sottoposto allo scenario d'incendio 2 (curva di incendio ISO834)

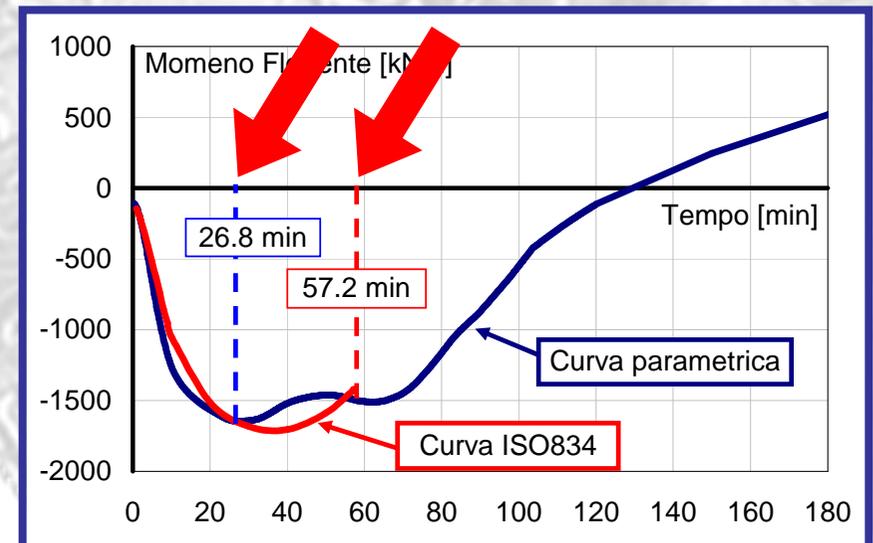
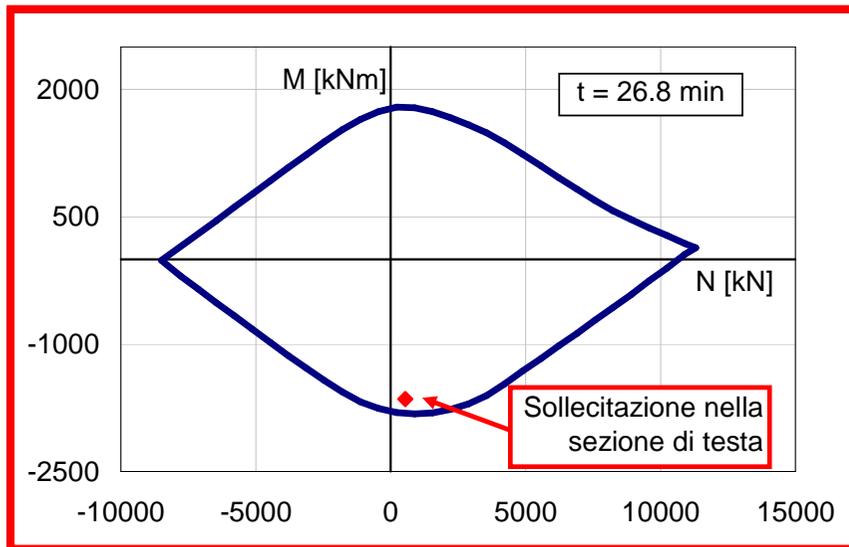
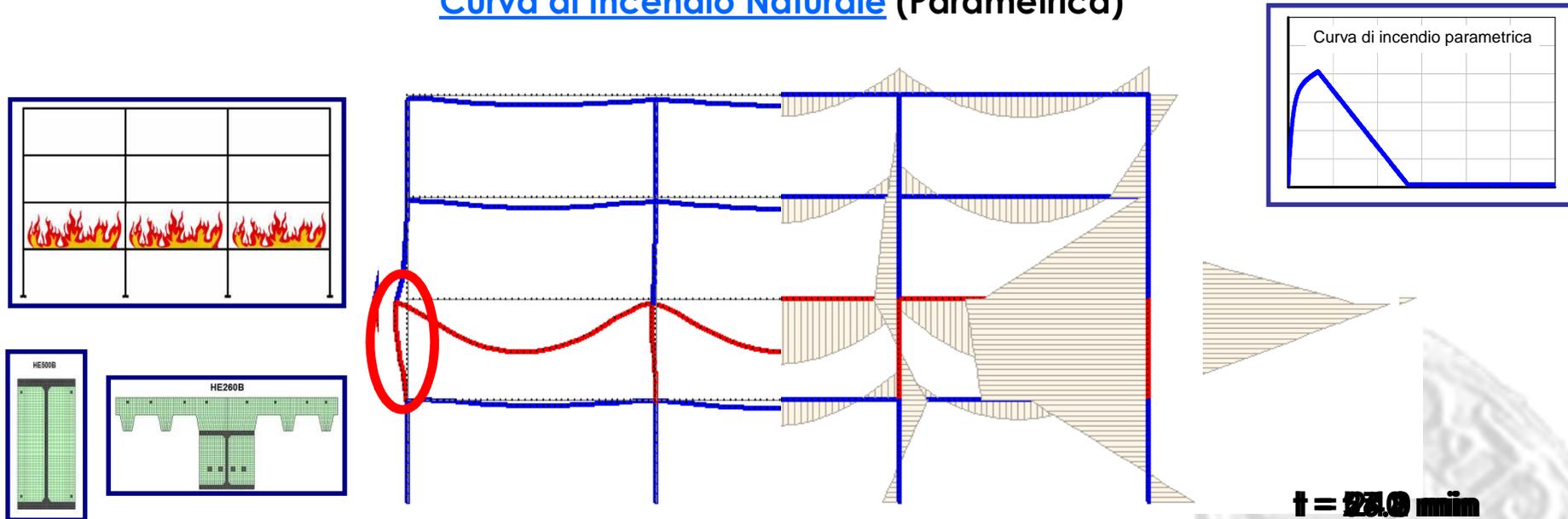


Analisi globale telaio in struttura composta acciaio-clt

ZONA SISMICA	TIPOLOGIA SEZIONE		SCENARIO D'INCENDIO	ANALISI GLOBALE	
	Travi	Colonne		Tempo collasso	Sezione critica
2	 HE260B	 HE500B		31.0 min	
				31.0 min	
	 HE260B	 HE500B		57.2 min	
				162.3 min	
4	 HE240B	 HE280B		28.8 min	
				29.0 min	
	 HE240B	 HE280B		53.8 min	
				152.4 min	

Analisi globale telaio in struttura composta acciaio-clt

Telaio con travi rivestite progettato in zona sismica 2 sottoposto allo scenario d'incendio 1
Curva di Incendio Naturale (Parametrica)



Osservazioni

✓ **Comportamento fortemente non-lineare.**

✓ **Capacità di redistribuzione delle sollecitazioni:**

Significative riserve di resistenza possono essere evidenziate rimuovendo l'ipotesi di piccoli spostamenti: infatti le analisi effettuate mostrano che, durante l'incendio, la struttura riesce a sopportare il carico anche grazie a configurazioni d'equilibrio nei grandi spostamenti, con sviluppo del cosiddetto "effetto catena".

✓ **Importanza degli effetti iperstatici:**

E' stata valutata per telai caratterizzati da diverse tipologie di travi, criteri di progetto a freddo e scenari di incendio:

- Influenza della tipologia di trave (rivestita o non rivestita)
- Influenza dello scenario di incendio: crisi su colonna o su trave

✓ **Analisi semplificate per singoli elementi:**

L'analisi per singoli elementi, che non tiene in conto le sollecitazioni che nascono per effetto delle dilatazioni termiche impedito, può portare a risultati conservativi con scenari di incendio più compartimentati, in cui tali effetti sono meno importanti. Invece risulta a svantaggio di sicurezza nel caso di scenari più coinvolgenti, in cui gli effetti iperstatici non sono trascurabili.

**Riferimento
Bibliografico
(Novembre 2009)**

**GRAZIE PER
L'ATTENZIONE**



Commissione per la Sicurezza
delle Costruzioni in Acciaio
in caso d'Incendio



Fondazione
Promozione Acciaio

www.hoepli.it

www.promozioneacciaio.it

