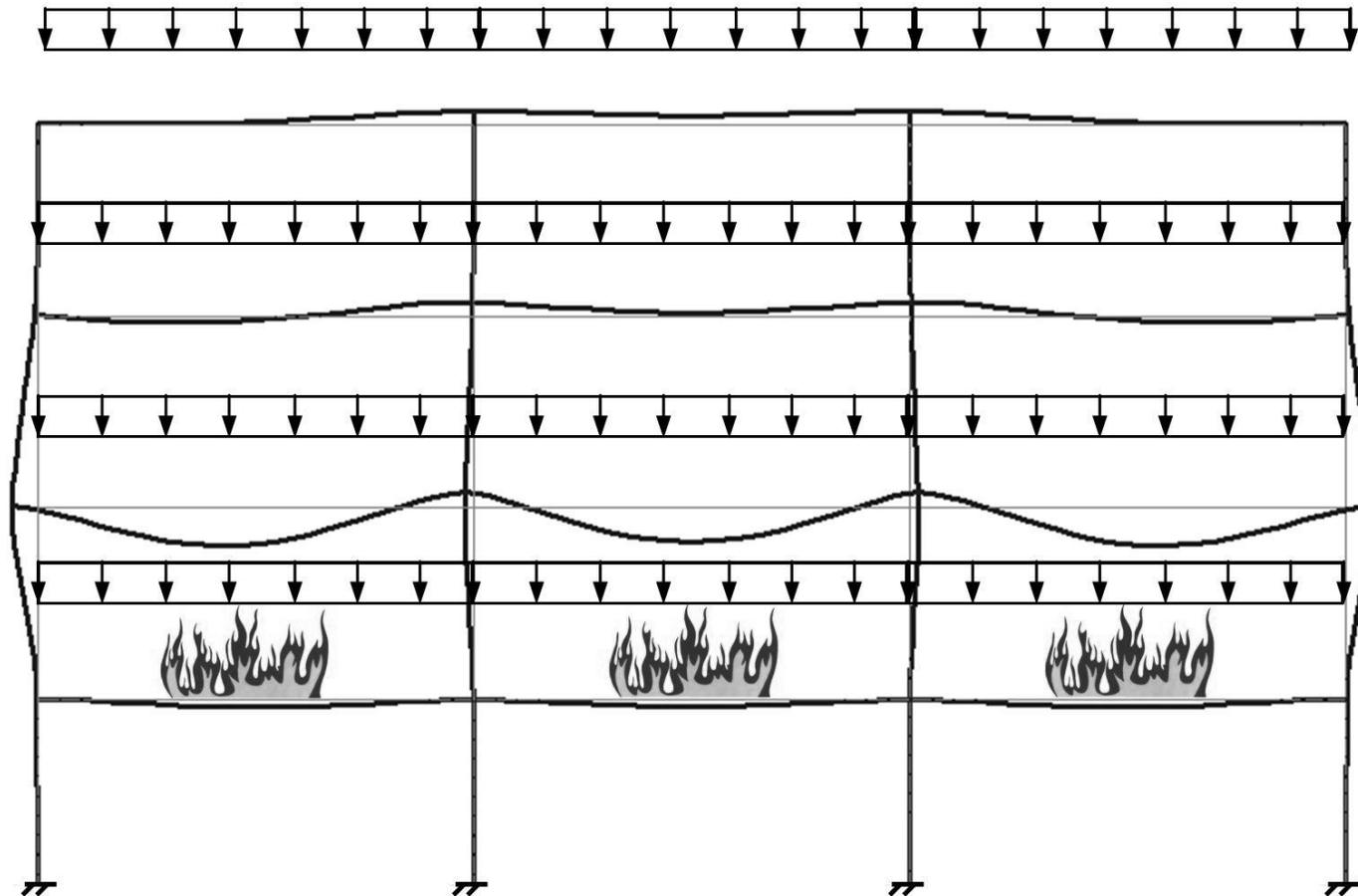
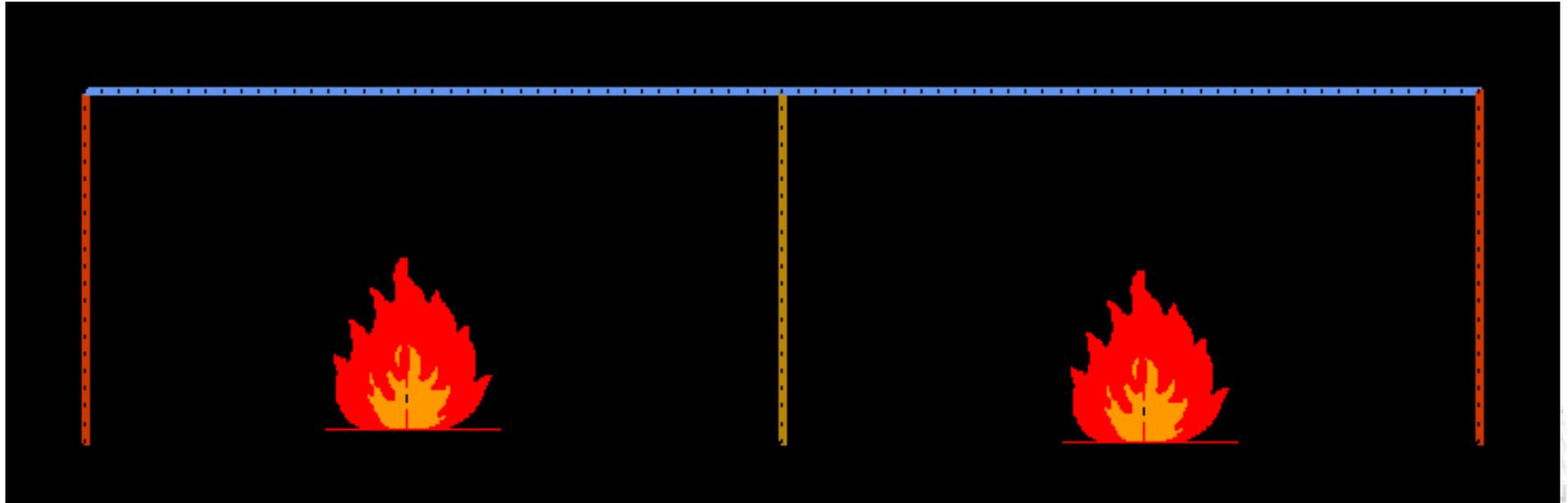


ANALISI PER SINGOLI ELEMENTI O SOTTOSTRUTTURE

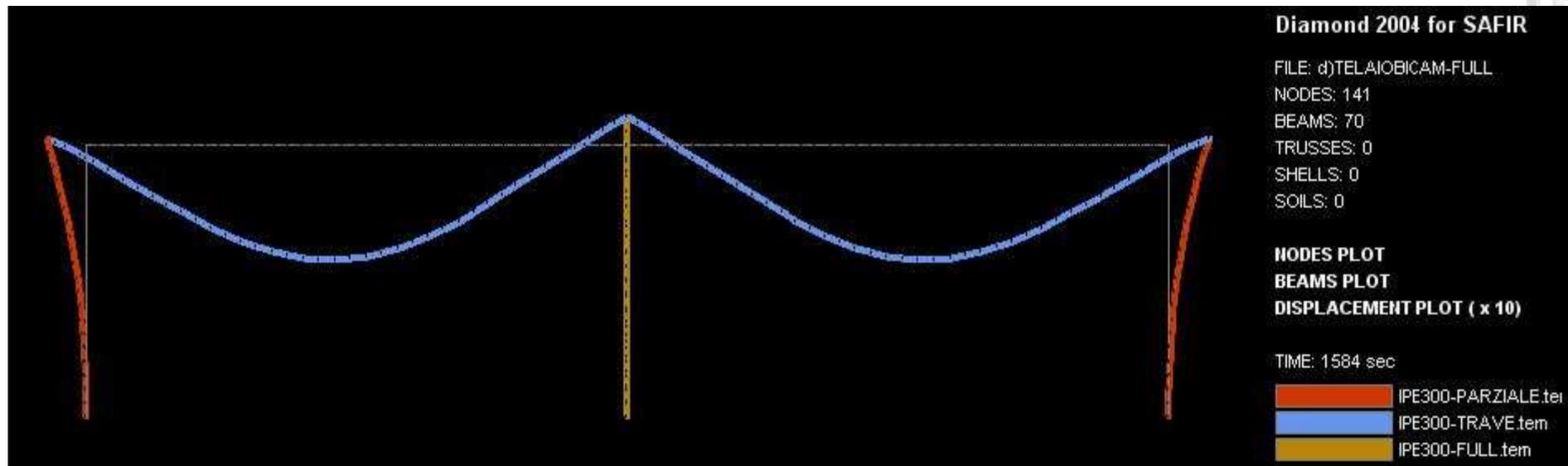
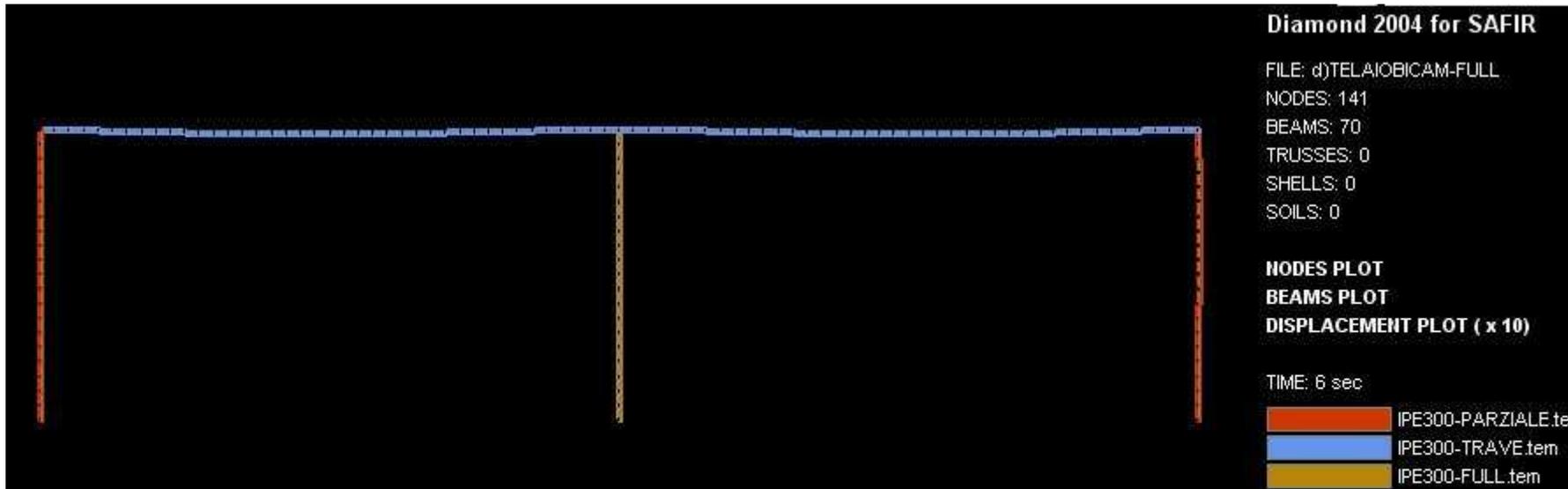


Schema delle deformazioni della struttura di un edificio multipiano conseguenti al caso di incendio che si verifica al primo piano dell'edificio.

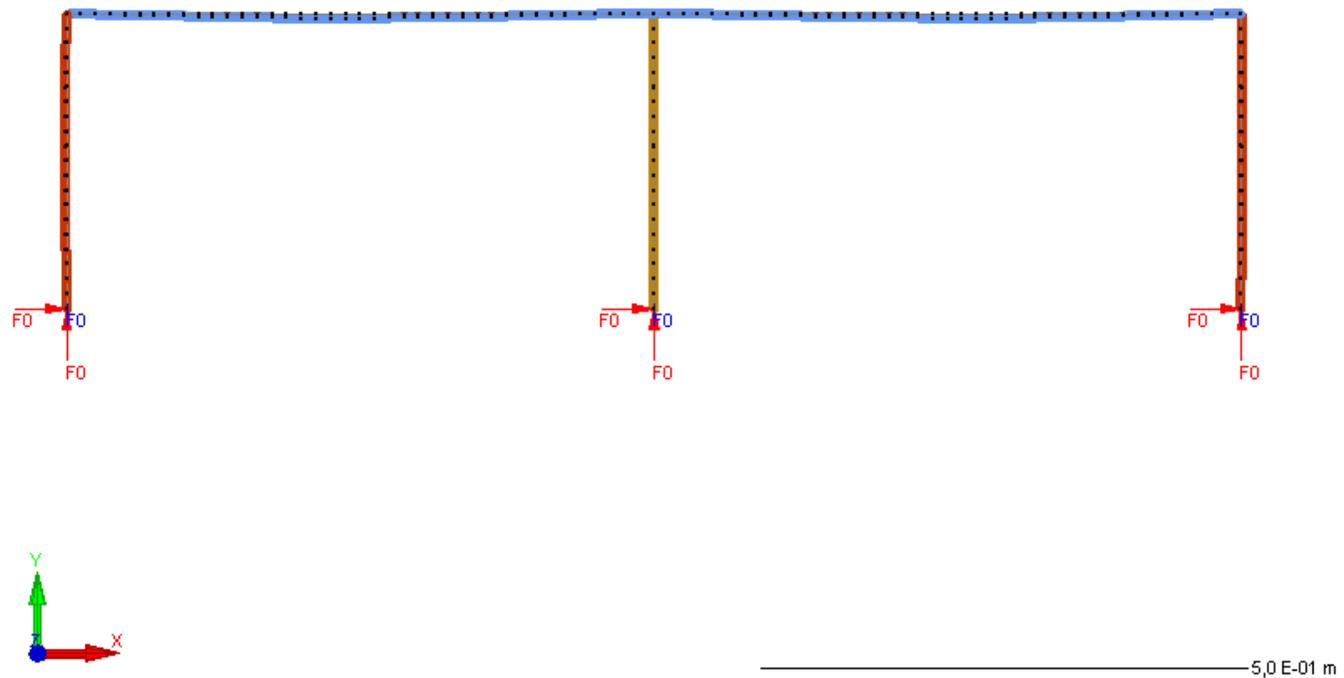
TELAIO MONOPIANO



TELAIO MONOPIANO



TELAIO MONOPIANO



Diamond 2004 for SAFIR

FILE: d)TELAIOBICAM-FULL

NODES: 141

BEAMS: 70

TRUSSES: 0

SHELLS: 0

SOILS: 0

NODES PLOT

BEAMS PLOT

IMPOSED DOF PLOT

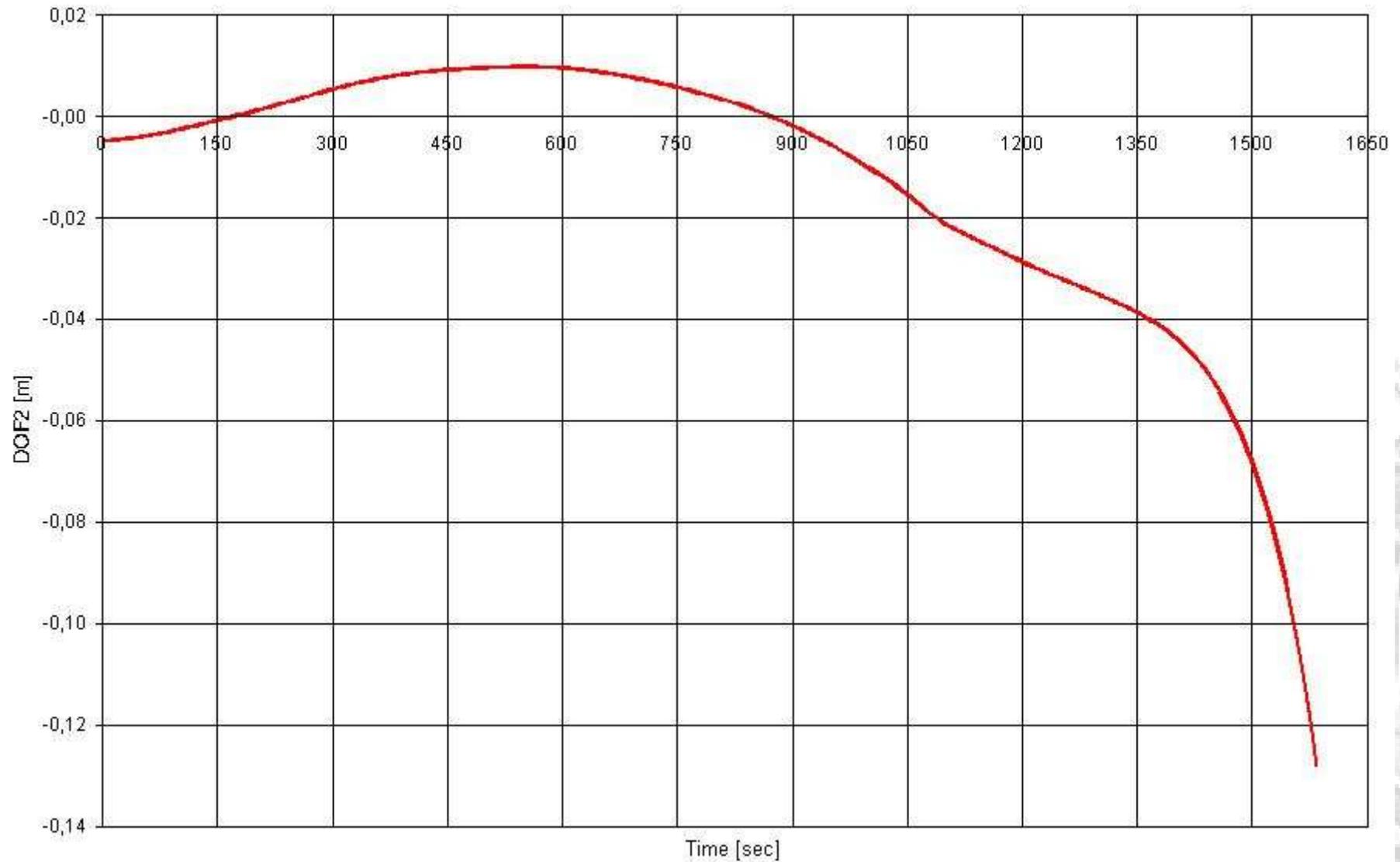
DISPLACEMENT PLOT (x 10)

TIME: 6 sec

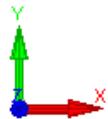
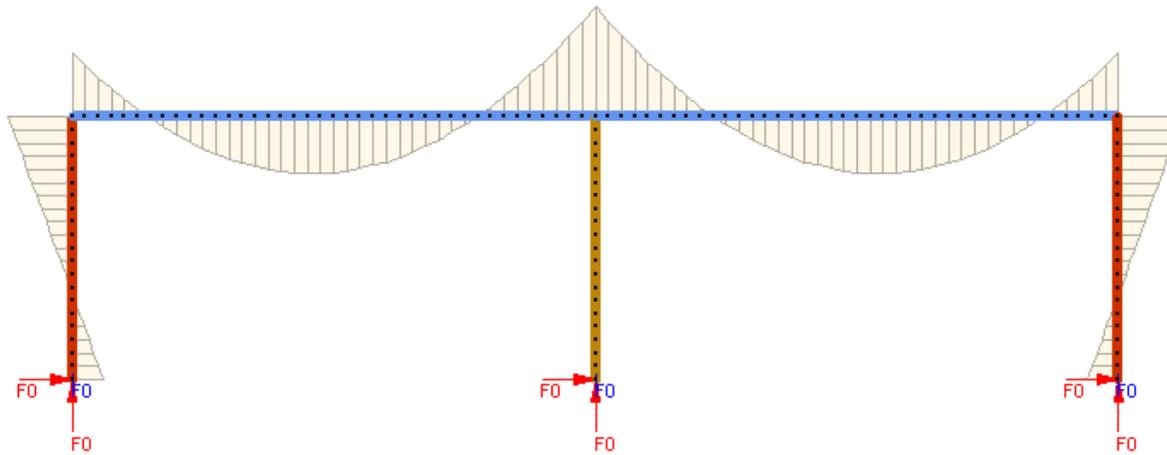
■ IPE300-PARZIALE.te
■ IPE300-TRAVE.tem
■ IPE300-FULL.tem

TELAIO MONOPIANO

Time - Displacements Plot



TELAIO MONOPIANO



1,0 E+05 Nm

Diamond 2004 for SAFIR

FILE: d)TELAIOBICAM-FULL

NODES: 141

BEAMS: 70

TRUSSES: 0

SHELLS: 0

SOILS: 0

NODES PLOT

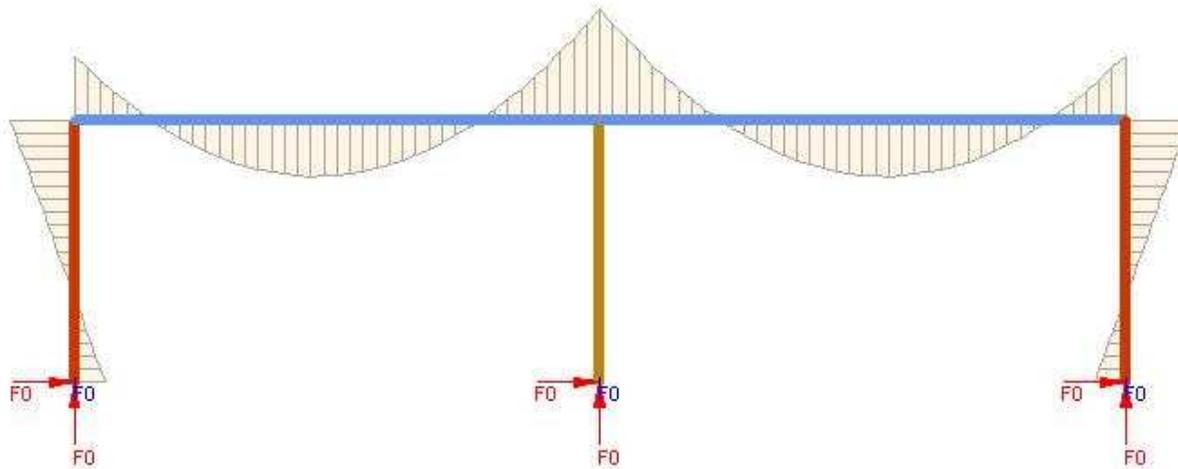
BEAMS PLOT

IMPOSED DOF PLOT

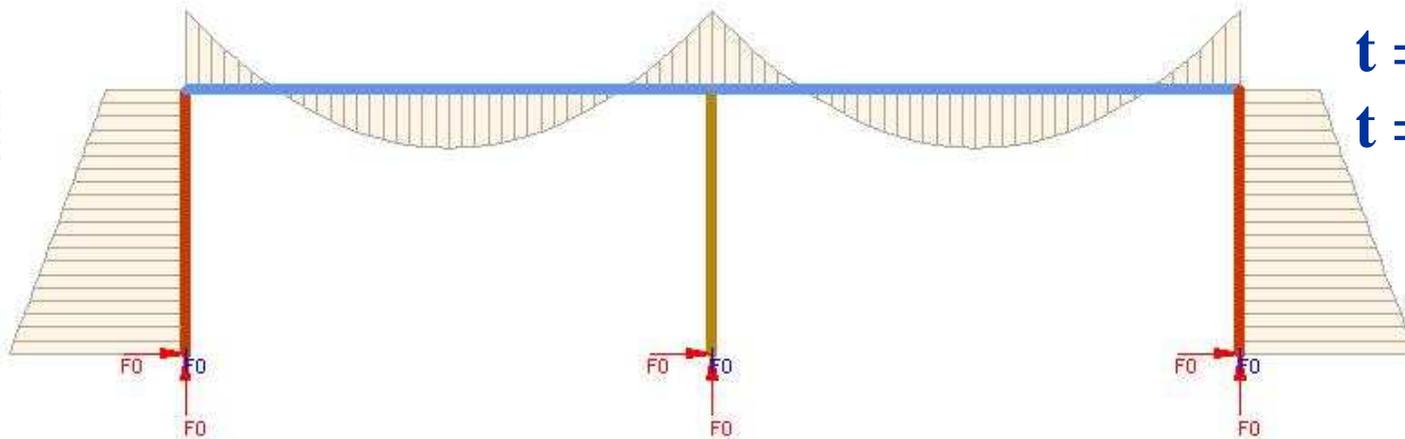
BENDING MOMENT PLOT

TIME: 6 sec

TELAIO MONOPIANO – EVOLUZIONE MOMENTI



$t = 0$



$t = 468 \text{ s}$

$t = 1584 \text{ s}$

Diamon

FILE: d)TE
NODES: 1
BEAMS: 7
TRUSSES
SHELLS: ()
SOILS: 0

BEAMS P
IMPOSED
BENDING

TIME: 6 se

Diamo

FILE: d)T
NODES:
BEAMS:
TRUSSE

Diamor

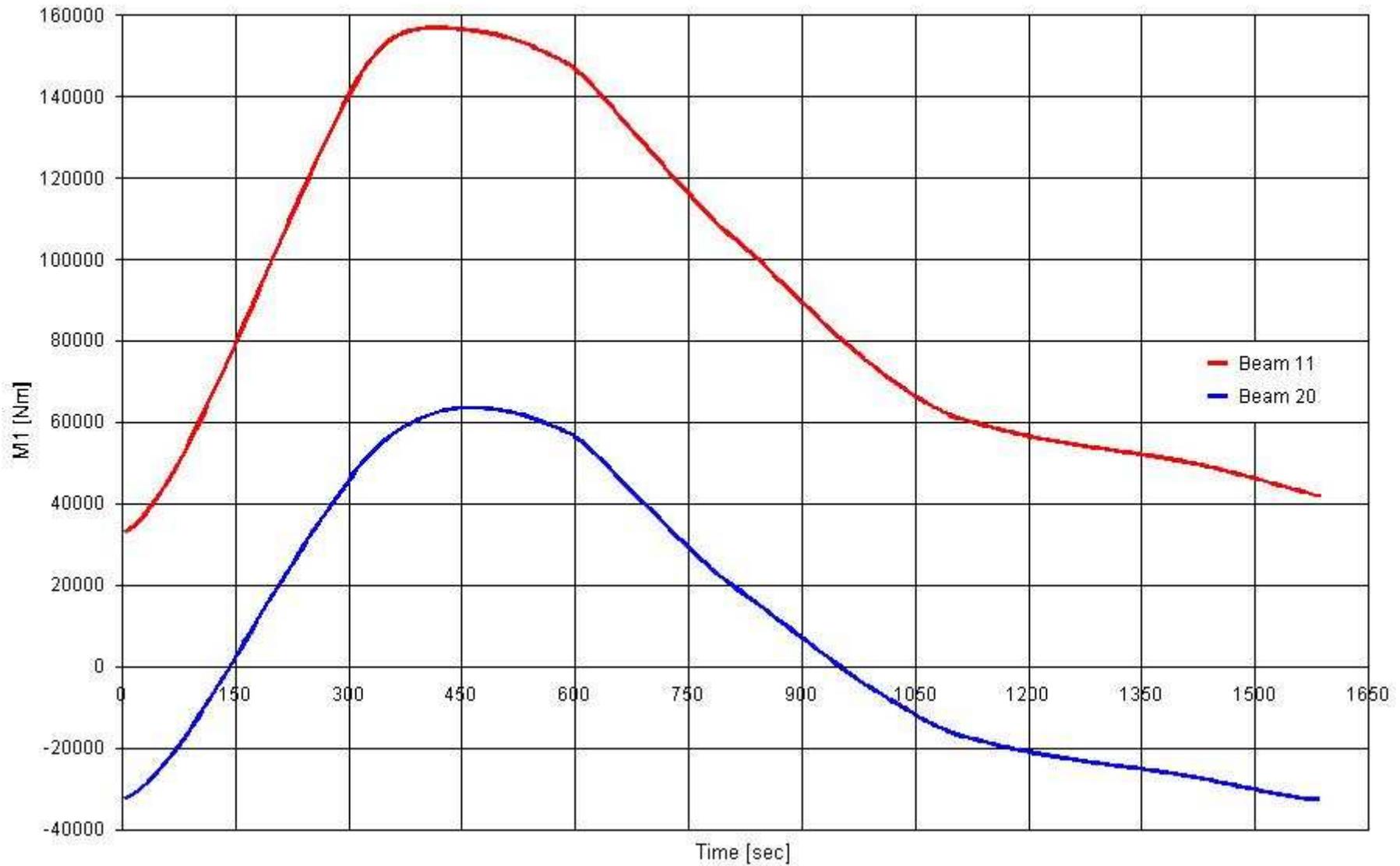
FILE: d)TE
NODES: 1
BEAMS: 7
TRUSSES
SHELLS: ()
SOILS: 0

BEAMS F
IMPOSED
BENDING

TIME: 158

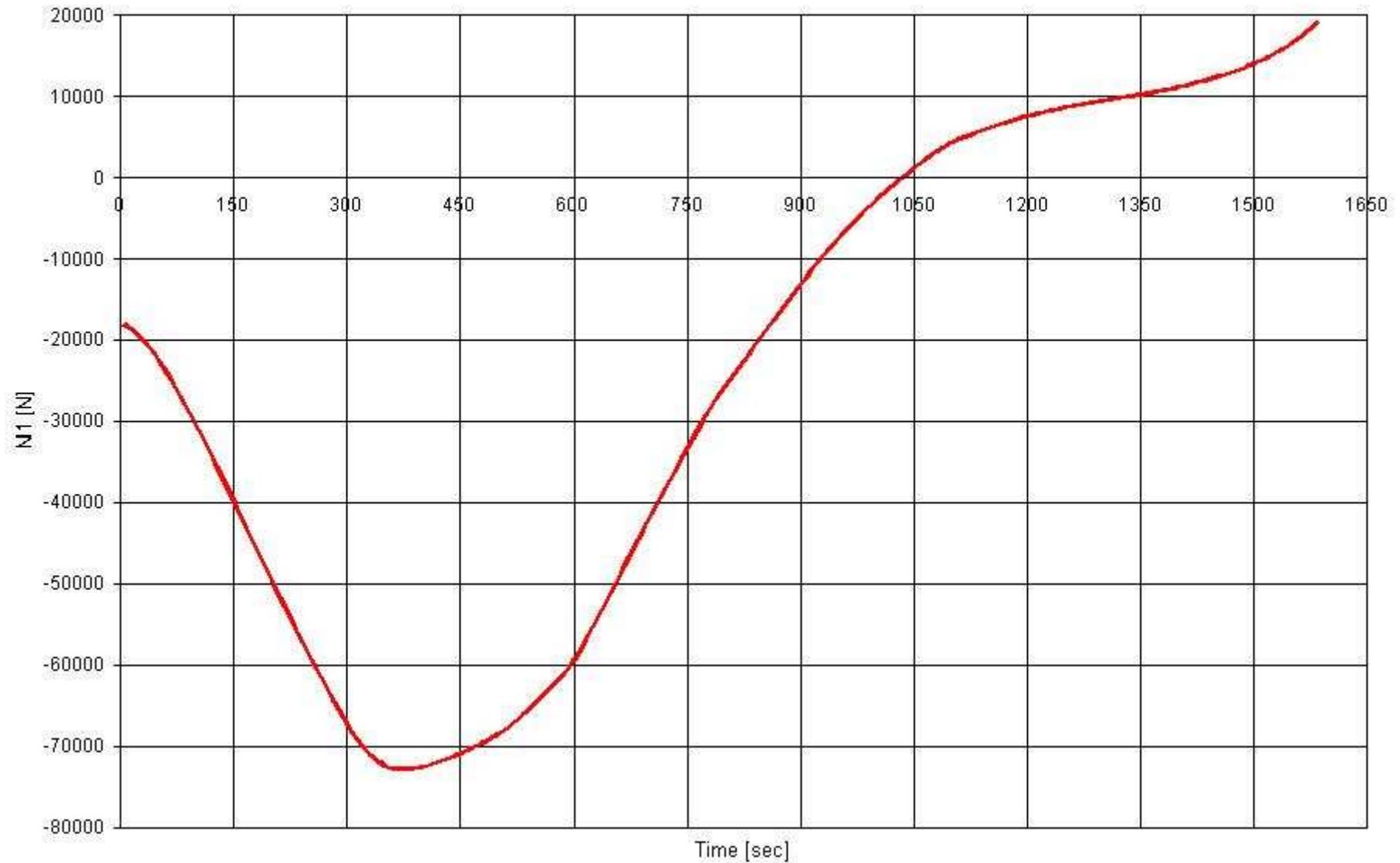
TELAIO MONOPIANO

Time - Beam Bending Moment Plot



TELAIO MONOPIANO

Time - Beam Axial Force Plot



VALUTAZIONE DELLA RESISTENZA AL FUOCO

- **Dati tabellati**
- **Modelli di calcolo semplificati**
- **Modelli di calcolo “avanzati”.**

Valutazione analitica della resistenza al fuoco

- Per le resistenze dei materiali a temperature maggiori di quella ordinaria si assumono generalmente i valori caratteristici (coefficienti $\gamma_m = 1.0$).
- Si calcolano le resistenze ultime delle sezioni ($R_{fi,d}$) da confrontare con le sollecitazioni di progetto in caso di incendio ($S_{fi,d}$):

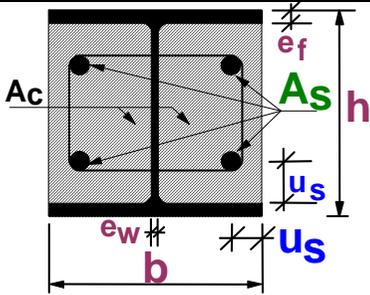
Verifica nel dominio delle resistenze:

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

(resistenza in condizioni di incendio al tempo t \geq Sollecitazione in condizioni di incendio al tempo t)

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

Dati tabellati e principali parametri (Colonne composte – prEN1994-1-2)

		Resistenza al fuoco Standard			
		R30	R60	R90	R120
Minimo rapporto tra gli spessori dell'anima e delle flange e_w/e_f		0,5			
1	Dimensioni minime della sezione trasversale in base al livello di carico	$\eta_{fi,t} \leq 0,28$			
1.1	minime dimensioni h e b [mm]	160	200	300	400
1.2	minima distanza dell'asse delle barre u_s [mm]	-	50	50	70
1.3	minimo rapporto di armatura $A_s/(A_c+A_s)$ in %	-	4	3	4
2	Dimensioni minime della sezione trasversale in base al livello di carico	$\eta_{fi,t} \leq 0,47$			
2.1	minime dimensioni h e b [mm]	160	300	400	-
2.2	minima distanza dell'asse delle barre u_s [mm]	-	50	70	-
2.3	minimo rapporto di armatura $A_s/(A_c+A_s)$ in %	-	4	4	-
3	Dimensioni minime della sezione trasversale in base al livello di carico	$\eta_{fi,t} \leq 0,66$			
3.1	minime dimensioni h e b [mm]	160	400	-	-
3.2	minima distanza dell'asse delle barre u_s [mm]	40	70	-	-
3.3	minimo rapporto di armatura $A_s/(A_c+A_s)$ in %	1	4	-	-

Resistenza standard

Livello di progetto
Dimensioni della sezione

Barre di armatura

Ricoprimento di calcestruzzo

EUROCODICE 3 METODI DI CALCOLO SEMPLIFICATI

Classificazione delle sezioni (parti compresse) in base alla duttilità rotazionale ed alla capacità di sviluppare le **resistenze plastiche**:

Model of Behaviour	Moment Resistance	Rotation Capacity	Class
	<p>Plastic moment on full section</p>	<p>Sufficient</p>	<p>• Classe 1</p> <p>Capacità di formazione di una cerniera plastica con elevata duttilità rotazionale</p>
	<p>Plastic moment on full section</p>	<p>Limited</p>	<p>• Classe 2</p> <p>Capacità di formazione di una cerniera plastica con limitata duttilità rotazionale dovuta all'instabilità locale</p>
	<p>Elastic moment on full section</p>	<p>None</p>	<p>• Classe 3</p> <p>Incapacità di formazione di una cerniera plastica a causa dell'instabilità locale</p>
	<p>Elastic moment on effective section</p>	<p>None</p>	<p>• Classe 4</p> <p>L'instabilità locale sopraggiunge prima dello snervamento</p>

METODI DI CALCOLO SEMPLIFICATI

Curve di Riduzione di Resistenza dell'Acciaio

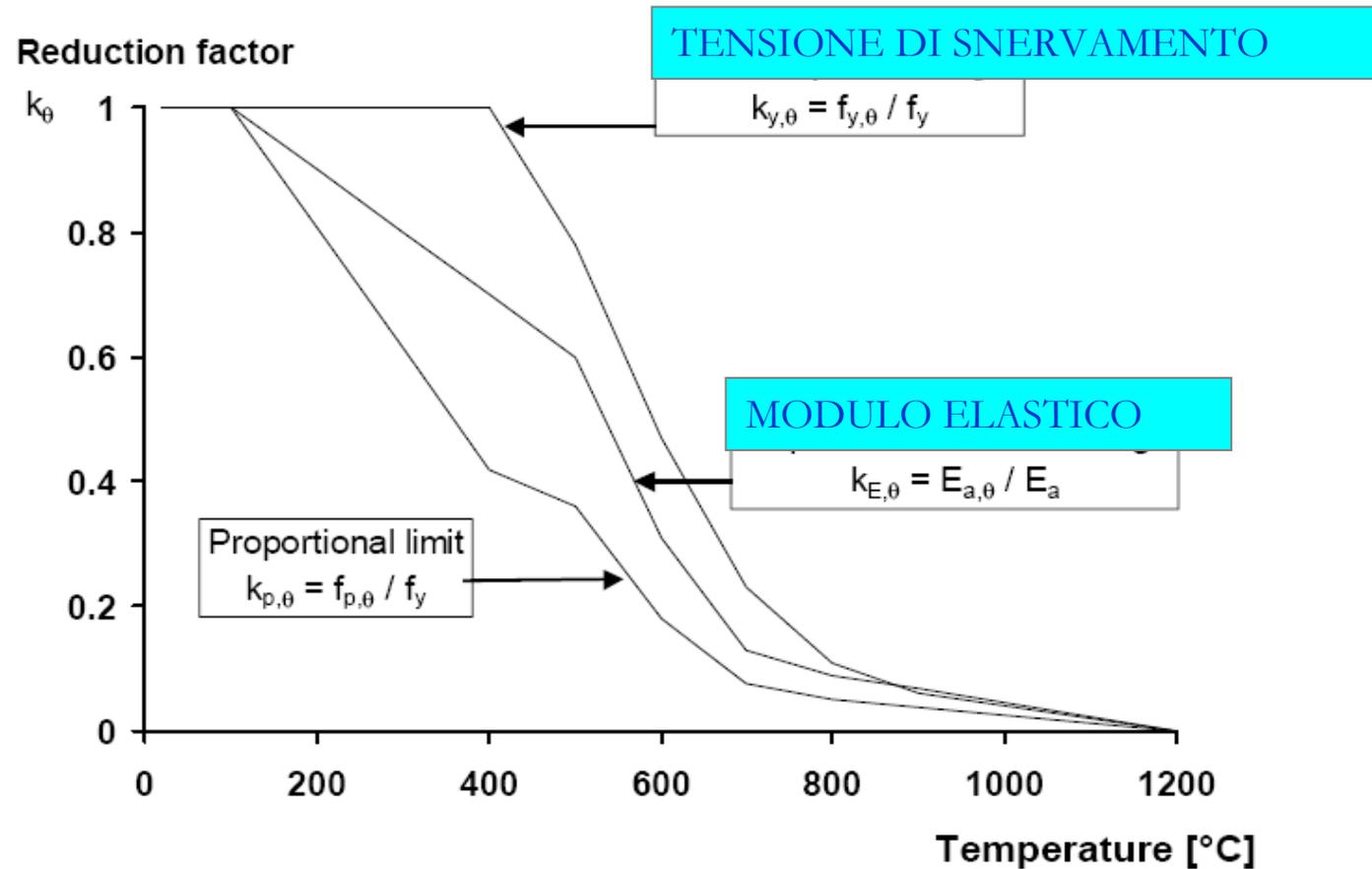


Figure 3.2: Reduction factors for the stress-strain relationship of carbon steel at elevated temperatures

METODI DI CALCOLO SEMPLIFICATI – ELEMENTI INFLESSI

➤ Elementi di classe 1 o 2

• Distribuzione uniforme di temperatura

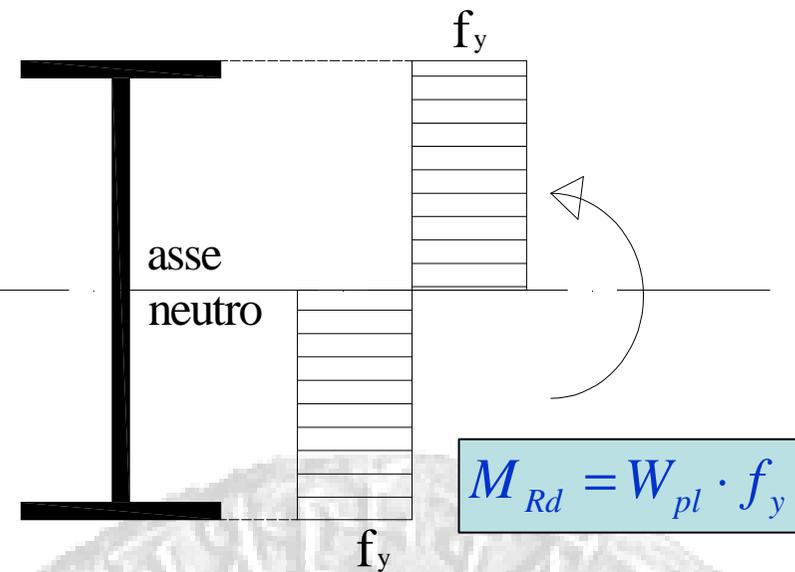
$$M_{fi,\theta,Rd} = k_{y,\theta} \cdot M_{Rd} \cdot (\gamma_{M,0} / \gamma_{M,fi})$$

$k_{y,\theta}$ coefficiente di riduzione della tensione di snervamento dell'acciaio alla temperatura θ

M_{Rd} è il **momento plastico** resistente a “freddo”

$\gamma_{M,0}$ coefficiente parziale di sicurezza a “freddo”

$\gamma_{M,fi}$ coefficiente parziale di sicurezza a “caldo”



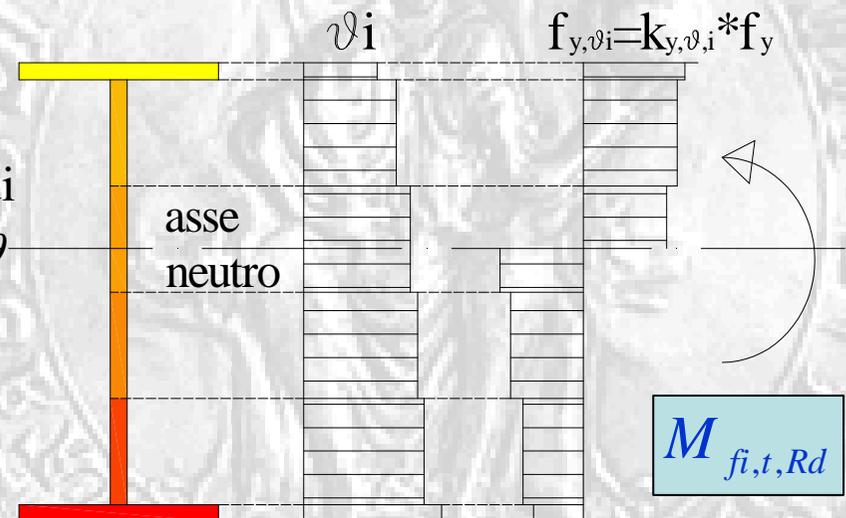
• Distribuzione non uniforme di temperatura

$$M_{fi,t,Rd} = \sum_{i=1}^n A_i \cdot z_i \cdot k_{y,\theta,i} \cdot f_y / \gamma_{M,fi}$$

$k_{y,\theta,i}$ coefficiente di riduzione della tensione di snervamento dell'acciaio alla temperatura θ dell'elementino i .

z_i distanza baricentro area A_i dall'asse neutro plastico

f_y tensione di snervamento dell'acciaio



METODI DI CALCOLO SEMPLIFICATI

METODO DELLA TEMPERATURA CRITICA

- Per un dato livello di carico, la **temperatura critica** è la temperatura per la quale si verifica il collasso di un elemento strutturale con uniforme distribuzione di temperatura

$$\theta_{a,cr} = 39,19 \cdot \ln \left[\frac{1}{0,9674 \cdot \mu_0^{3,833}} - 1 \right] + 482$$

Il metodo è valido per verificare la perdita della capacità portante di elementi (travi, inflessi e compressi) non sensibili a fenomeni di instabilità.

Table 4.1: Critical temperature $\theta_{a,cr}$ for values of the utilisation factor μ_0

μ_0	$\theta_{a,cr}$	μ_0	$\theta_{a,cr}$	μ_0	$\theta_{a,cr}$
0,22	711	0,42	612	0,62	549
0,24	698	0,44	605	0,64	543
0,26	685	0,46	598	0,66	537
0,28	674	0,48	591	0,68	531
0,30	664	0,50	585	0,70	526
0,32	654	0,52	578	0,72	520
0,34	645	0,54	572	0,74	514
0,36	636	0,56	566	0,76	508
0,38	628	0,58	560	0,78	502
0,40	620	0,60	554	0,80	496

Fattore di utilizzazione

$$\mu_0 = \frac{E_{fi,d}}{R_{fi,d,0}}$$

"Nomogramma" – Resistenza al fuoco

Nomogramma

Metodo grafico di valutazione della resistenza al fuoco di strutture in acciaio (basato su EN 1993-1-2 Luglio 2005)



Premessa

Il 20 gennaio 2006, su iniziativa di Fondazione Promozione Acciaio e con la partecipazione del Ministero dell'Interno, è stata costituita la **Commissione per la Sicurezza delle Costruzioni in Acciaio in caso di Incendio**.

La Commissione Tecnica, che è composta da rappresentanti nazionali nel campo della ricerca europea, da esperti del Ministero dell'Interno coinvolti nella definizione del quadro normativo nazionale, da docenti universitari e da liberi professionisti, si propone come un vero e proprio punto di riferimento a livello nazionale per professionisti e operatori di settore italiani sul tema del fuoco.

Il "Nomogramma", primo fra i diversi strumenti tecnici che la **Commissione per la Sicurezza delle Costruzioni in Acciaio in caso di Incendio** intende divulgare, è un semplice supporto operativo, basato sull'Eurocodice EN1993-1-2, a disposizione del professionista per lo stima della resistenza al fuoco delle strutture di acciaio. È sempre possibile un aggiornamento sui lavori della Commissione consultando il sito: www.promozioneacciaio.it

1 - INTRODUZIONE

Le richieste di resistenza al fuoco per le strutture (classi di resistenza R30/R60/R90...) sono stabilite dai regolamenti vigenti. Tali requisiti sono fissati in generale sulla base della destinazione d'uso degli edifici, dell'altezza e dello superficie in pianta dell'edificio, del canco di incendio, del numero di persone presenti e dell'effetto delle misure di protezione adottate quali, ad esempio gli sprinkler, la rete di idranti, gli evocatori di fumo e calore, i sistemi di rivelazione, la facilità di accesso degli operatori VVF, etc.

Il presente report descrive il metodo analitico per il calcolo per elementi di acciaio basato sul procedimento semplificato tratto dal documento europeo: **EN 1993-1-2 - Progettazione delle strutture di acciaio. Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio** (Luglio 2005).

I metodi analitici sono i procedimenti di riferimento per il calcolo di strutture ed elementi strutturali. Essi possono essere attuati in forme avanzate o semplificate, come nel presente report, attraverso il ricorso a grafici e tabelle. I metodi analitici, alternativi in generale alle prove di laboratorio, possono essere da esse integrati, come nel caso della determinazione del contributo offerto dai sistemi protettivi.

2 - PRINCIPI DI CALCOLO

2.1 - Ipotesi generali

Il procedimento di calcolo è applicato ad elementi sottoposti a trazione pura, flessione pura o compressione pura. Il metodo non è applicabile ad elementi soggetti a sollecitazioni composte o a fenomeni di svuotamento. Non sono inclusi metodi di calcolo per elementi con sezione composta acciaio-acciaio. La sezione risulta verificata fino a che la resistenza di progetto è superiore alle sollecitazioni di progetto:

$$E_{s,d} \leq R_{s,d,t} \quad [2.1]$$

dove

$E_{s,d}$ sollecitazione di progetto dell'elemento in caso di incendio, ottenuta attraverso la combinazione dei carichi definita nel Testo Unitario "Norma Tecnica per le Costruzioni".

2.2 - Caratteristiche meccaniche dell'acciaio alle alte temperature

Le caratteristiche meccaniche dell'acciaio cambiano al variare della temperatura (Fig. 1). Per un elemento con distribuzione di temperatura uniforme la temperatura critica è definita come la temperatura per la quale la resistenza diventa uguale alla sollecitazione dovuta ai carichi applicati.

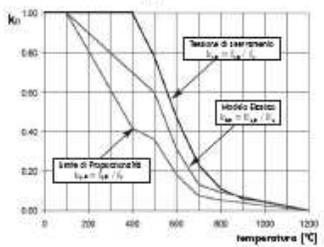


Fig. 1: Curve di riduzione delle caratteristiche meccaniche dell'acciaio

□ progettisti :

valutazione preliminare della resistenza al fuoco di strutture di acciaio

□ operatori di controllo (VVF)

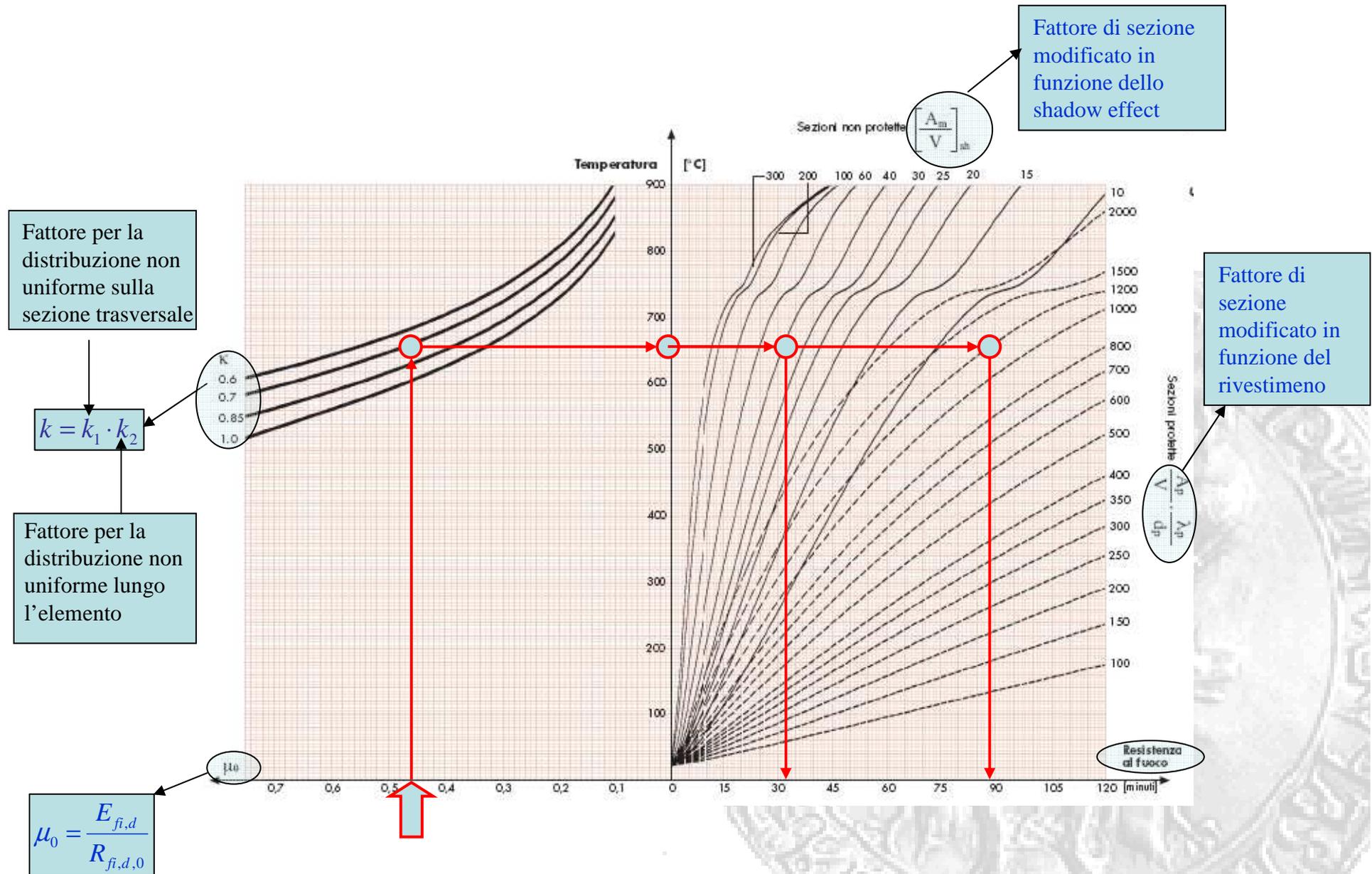
progetti soggetti al controllo dell'autorità competente

EN 1993-1-2



IL NOMOGRAMMA

Metodo grafico per il dimensionamento delle strutture di acciaio

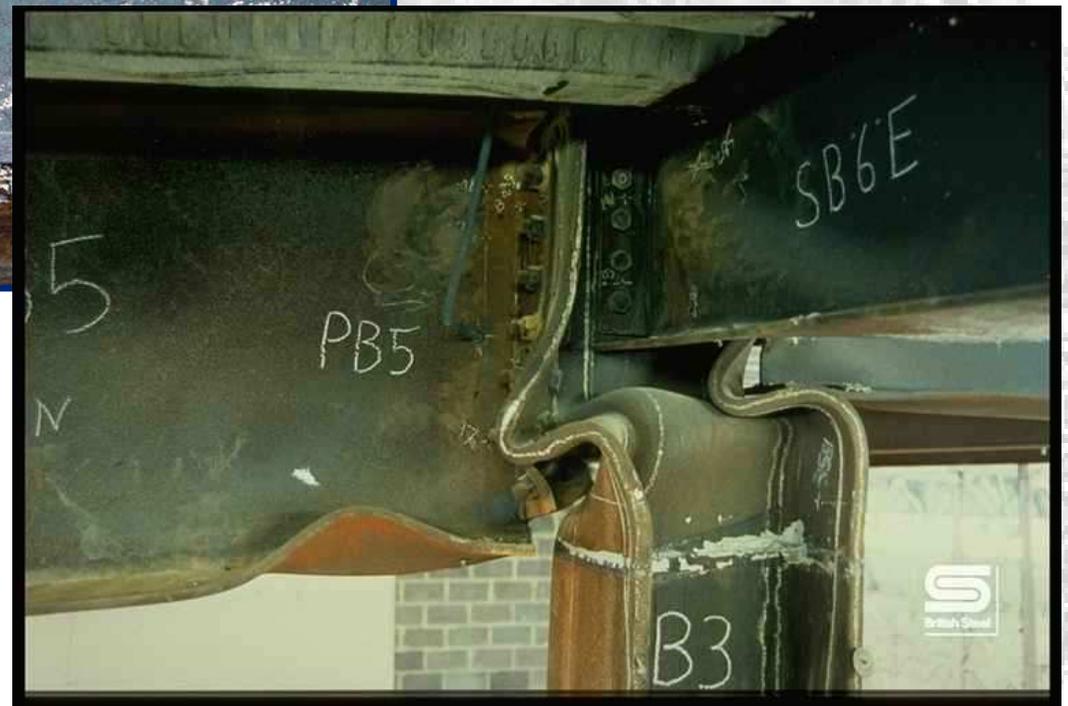


PROVA INCENDIO SU EDIFICIO IN CARDINGTON (UK)



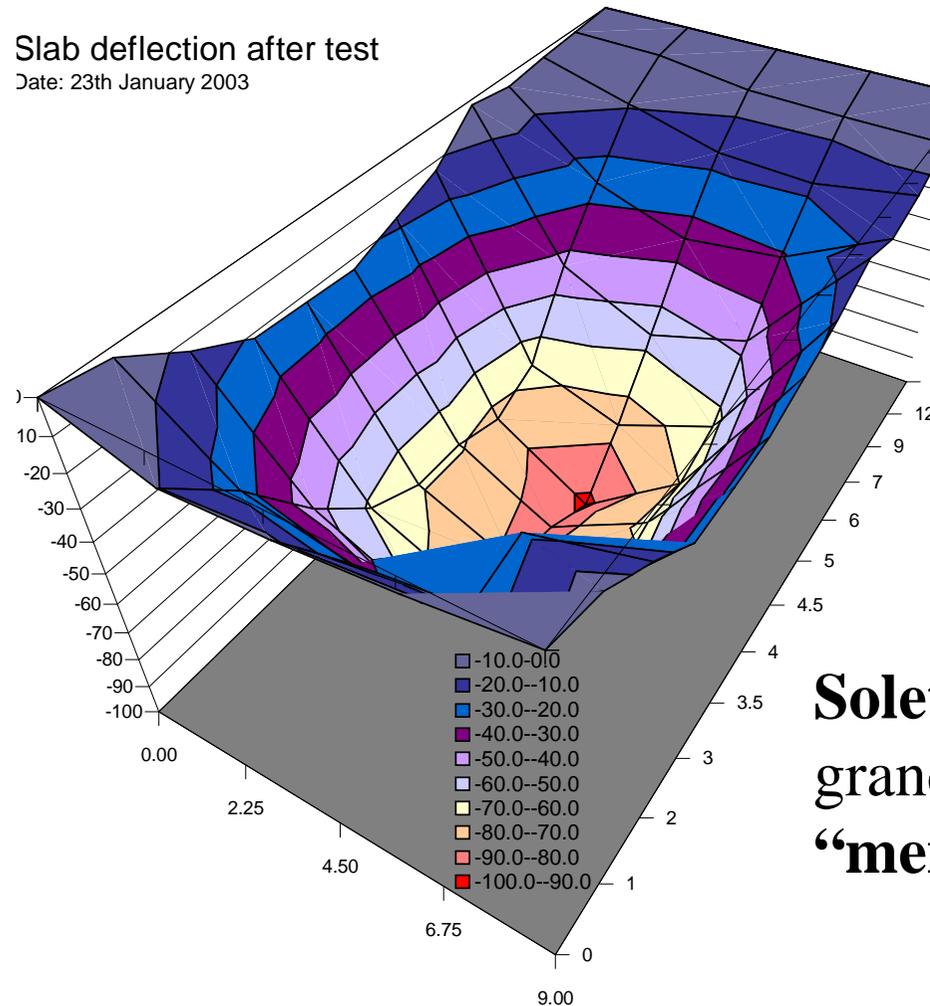
- Instabilità locale della flangia della colonna
- Instabilità locale della flangia della trave
(assenza di protezione)

- Schiacciamento delle colonne di acciaio in corrispondenza del nodo (non protetto)



PROVA INCENDIO SU EDIFICIO IN CARDINGTON (UK)

Slab deflection after test
Date: 23th January 2003



**Solette composte acciaio-calcestruzzo:
grandi spostamenti e sviluppo dell'effetto
“membrana”.**

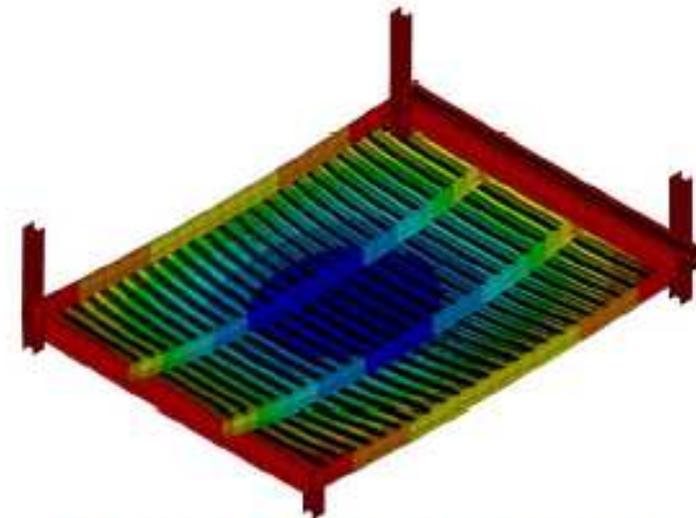
PROVA INCENDIO SU IMPALCATO COMPOSTO (CTICM)

Design of structural members



- **Fire protection**

- Protected edge beams and columns
- Fully unprotected central part (beams and slabs)
 - According to advanced fire safety design tools



Fire resistance ensured
owing to membrane effect