

**INAIL**

**I**   
CONSIGLIO  
NAZIONALE  
INGEGNERI



# **Il Codice di prevenzione incendi, applicazioni pratiche per la progettazione antincendio**



**SOLUZIONE ALTERNATIVA PER LA MISURA  
S2 E S3 IN UNO STABILIMENTO DI  
PRODUZIONE PLASTICA**

**PIATTAFORMA WEBINAR FONDAZIONE CNI**

**martedì 15 dicembre 2020**

**Relatore**

Ing. Chiara Crosti, Ph.D.

## INQUADRAMENTO GENERALE

**ATTIVITA' 44.3.C del D.P.R. 151/2011**

Superficie dello stabilimento: 7200 m<sup>2</sup>

Tipologia costruttiva: Area produzione ed uffici in CAP; magazzino con pilastri in CAP e copertura metallica

N° occupanti: 12



**S.2  
RESISTENZA AL FUOCO**

**S.3  
COMPARTIMENTAZIONE**

**S.5  
GESTIONE DELLA SICUREZZA  
ANTINCENDIO**



# INQUADRAMENTO GENERALE

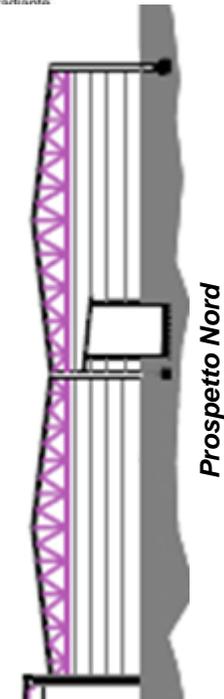
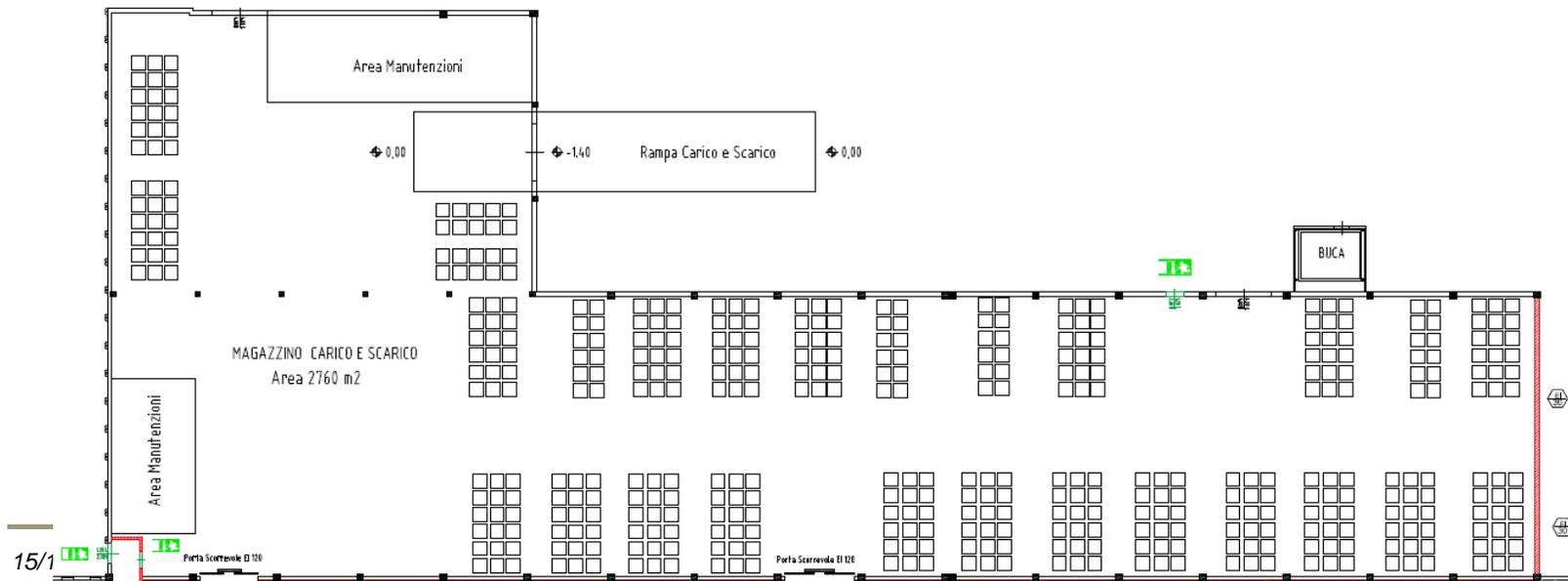
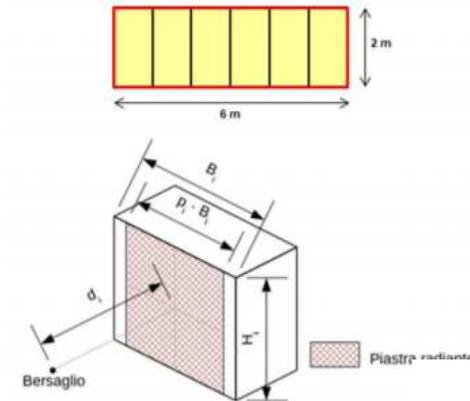
## COMBUSTIBILE



### Procedura per la determinazione analitica della distanza di separazione

Considerando una piastra radiante avente dimensioni pari a 6,00 x 2,00 m, con una percentuale di foratura pari a 1 (p) e un fattore di vista pari a 0,26 ( $F_{1-2}$ ), si ottiene una distanza di separazione pari a 3,01 m.

Verifica analitica della distanza di separazione	
Distanza dal bersaglio "d"	<b>3,01 m</b>
<i>Dimensioni della piastra radiante</i>	
B	6,00 m
H	2,00 m
<i>Calcolo del Fattore di vista</i>	
B	6,00 m
$S_{pr}$	12,00 m <sup>2</sup>
$S_{rad}$	12,00 m <sup>2</sup>
p	1,00
H	2,00 m
X	1,00
Y	0,33
$F_{2-1}$	<b>0,26</b>
<i>Verifica della distanza di separazione</i>	
$E_1$	<b>149 kW/m<sup>2</sup></b>
$d_1$	1,33
$\epsilon_1$	<b>0,33</b>
Energia ottenuta ( $F_{2-1} \times E_1 \times \epsilon_1$ )	<b>12,60 kW/m<sup>2</sup></b>



# S.2 RESISTENZA AL FUOCO

## S.2 RESISTENZA AL FUOCO

Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	<p>Opere da costruzione, comprensive di eventuali manufatti di servizio adiacenti nonché dei relativi impianti tecnologici di servizio, dove sono verificate <i>tutte</i> le seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● compartimentate rispetto ad altre opere da costruzione eventualmente adiacenti e strutturalmente separate da esse e tali che l'eventuale cedimento strutturale non arrechi danni ad altre opere da costruzione o all'esterno del confine dell'area su cui sorge l'attività medesima;</li> <li>● adibite ad attività afferenti ad un solo <i>responsabile dell'attività</i> e con profilo di rischio <math>R_{\text{min}}</math> pari ad 1;</li> <li>● non adibite ad attività che comportino presenza di occupanti, ad esclusione di quella occasionale e di breve durata di personale addetto.</li> </ul>
II	<p>Opere da costruzione o porzioni di opere da costruzione, comprensive di eventuali manufatti di servizio adiacenti nonché dei relativi impianti tecnologici di servizio, dove sono verificate <i>tutte</i> le seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● compartimentate rispetto ad altre opere da costruzione eventualmente adiacenti;</li> <li>● strutturalmente separate da altre opere da costruzione e tali che l'eventuale cedimento strutturale non arrechi danni alle stesse o all'esterno del confine dell'area su cui sorge l'attività medesima; oppure, in caso di assenza di separazione strutturale, tali che l'eventuale cedimento della porzione non arrechi danni al resto dell'opera da costruzione o all'esterno del confine dell'area su cui sorge l'attività medesima;</li> <li>● adibite ad attività afferenti ad un solo <i>responsabile dell'attività</i> e con i seguenti profili di rischio: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <math>R_{\text{vita}}</math> compresi in A1, A2, A3, A4;</li> <li>○ <math>R_{\text{base}}</math> pari ad 1;</li> </ul> </li> <li>● densità di affollamento <math>\leq 0,2</math> persone/m<sup>2</sup>;</li> <li>● non prevalentemente destinate ad occupanti con disabilità;</li> <li>● aventi piani situati a quota compresa tra -5 m e 12 m.</li> </ul>
III	Opere da costruzione non ricomprese negli altri criteri di attribuzione.
IV, V	Su specifica richiesta del committente, previsti da capitolati tecnici di progetto, richiesti dalla autorità competente per opere da costruzione destinate ad attività di particolare importanza.

Tabella S.2-2: Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione

Nota: La definizione di *responsabile dell'attività* è riportata nel capitolo G.1.

## S.2 RESISTENZA AL FUOCO

### LIVELLI DI PRESTAZIONE

Livello di prestazione	Descrizione
I	Assenza di conseguenze esterne per collasso strutturale
II	Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo sufficiente all'evacuazione degli occupanti in luogo sicuro all'esterno della costruzione.
III	Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo congruo con la durata dell'incendio.
IV	Requisiti di resistenza al fuoco tali da garantire, dopo la fine dell'incendio, un limitato danneggiamento della costruzione.
V	Requisiti di resistenza al fuoco tali da garantire, dopo la fine dell'incendio, il mantenimento della totale funzionalità della costruzione stessa.

Tabella S.2-1: Livelli di prestazione per la resistenza al fuoco

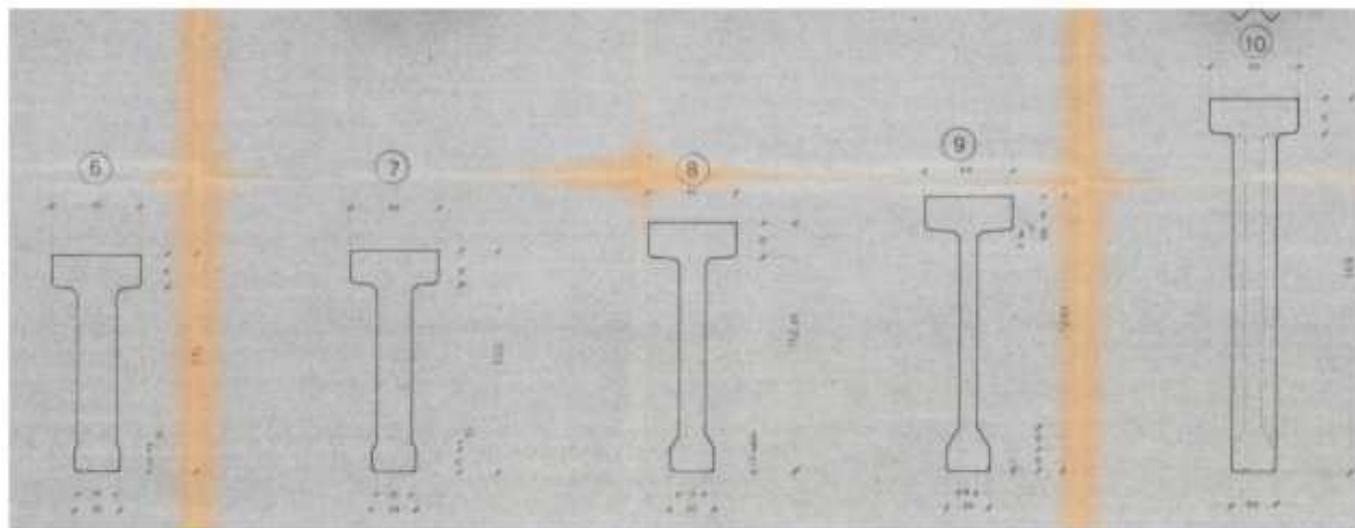
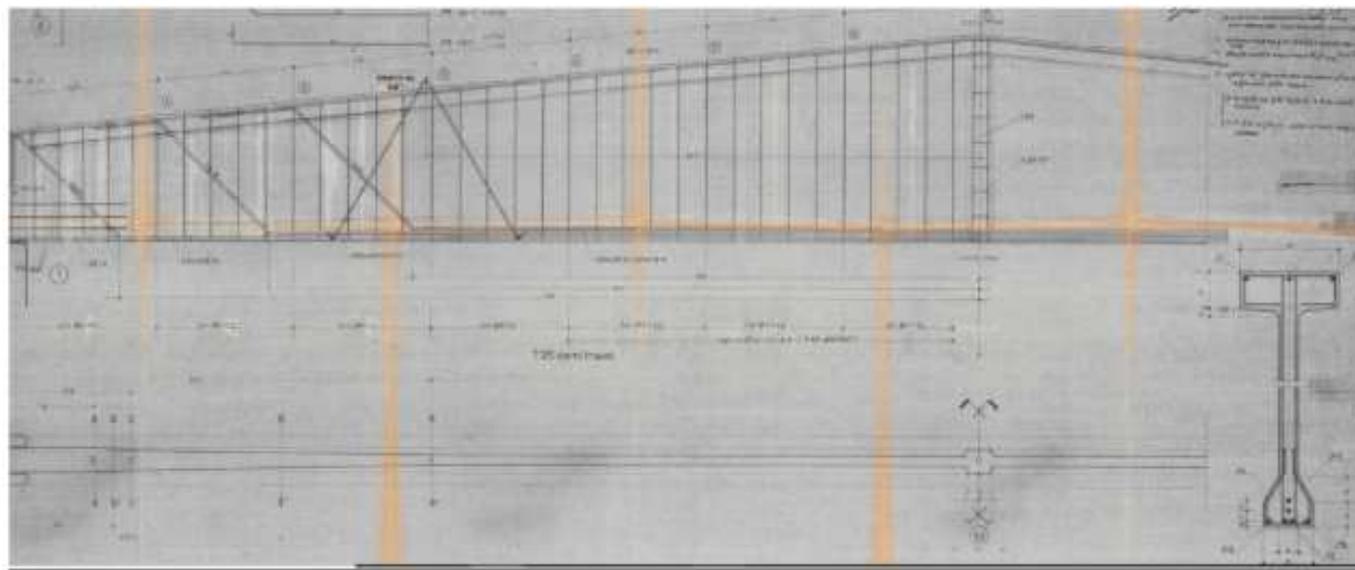
#### S.2.4.2

#### Soluzioni conformi per il livello di prestazione II

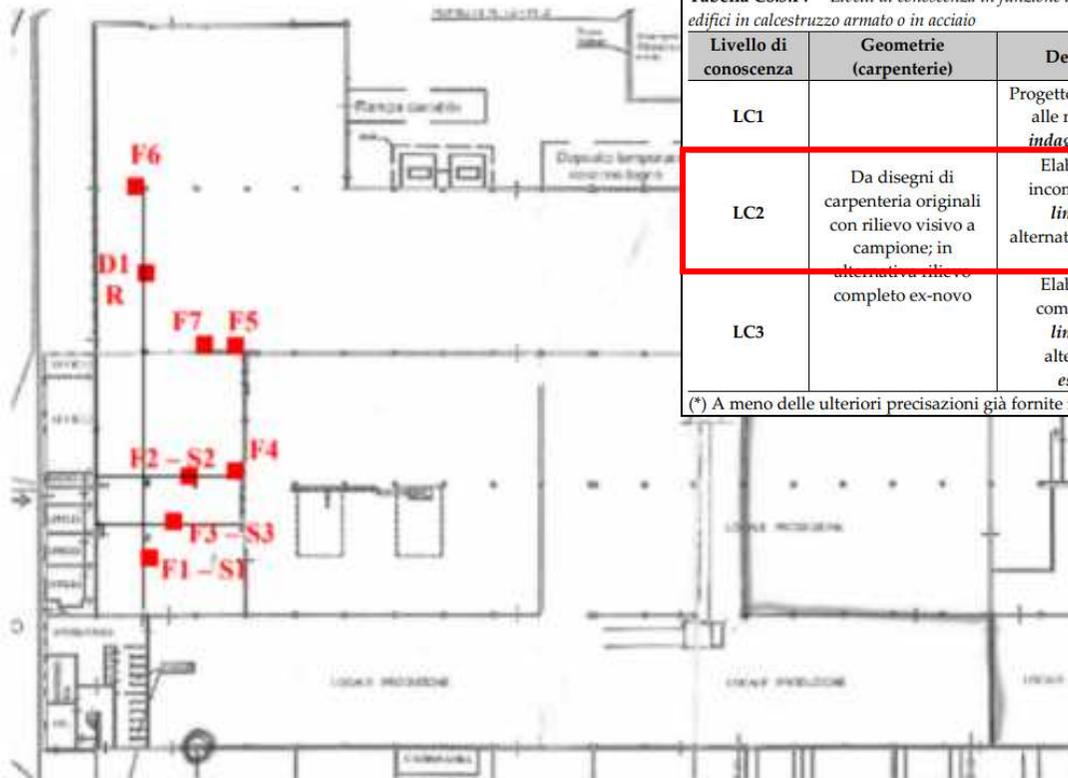
1. Deve essere interposta *distanza di separazione* su spazio a cielo libero come previsto per il livello di prestazione I.
2. Devono essere verificate le prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni in base agli incendi convenzionali di progetto come previsto al paragrafo S.2.5.
3. La *classe minima di resistenza al fuoco* deve essere pari almeno a 30 o inferiore, qualora consentita dal livello di prestazione III per il carico di incendio specifico di progetto  $q_{f,d}$  del compartimento in esame.

## S.2 RESISTENZA AL FUOCO

### LOCALE PRODUZIONE



## S.2 RESISTENZA AL FUOCO



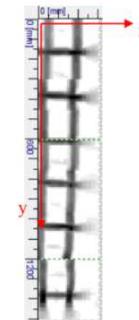
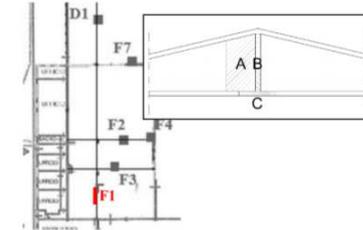
**LEGENDA:**  
**F** = Prova magnetometrica tramite Ferroskan  
**S** = Saggio visivo  
**D** = Prova di durezza Brinell  
**R** = Rilievo geometrico

Tabella C8.5.IV – Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti metodi di analisi ammessi e valori dei fattori di confidenza, per edifici in calcestruzzo armato o in acciaio

Livello di conoscenza	Geometrie (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC (*)
LC1		Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>indagini limitate</i> in situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>prove limitate</i> in situ	Analisi lineare statica o dinamica	1,35
LC2	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione; in alternativa rilievo completo ex-novo	Elaborati progettuali incompleti con <i>indagini limitate</i> in situ; in alternativa <i>indagini estese</i> in situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali, con <i>prove limitate</i> in situ; in alternativa da <i>prove estese</i> in situ	Tutti	1,20
LC3		Elaborati progettuali completi con <i>indagini limitate</i> in situ; in alternativa <i>indagini esaustive</i> in situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto, con <i>prove estese</i> in situ; in alternativa da <i>prove esaustive</i> in situ	Tutti	1,00

(\*) A meno delle ulteriori precisazioni già fornite nel § C8.5.4.

F1 – TRAVE – PROSPETTO ZONA B



SCANSIONE FERROSKAN

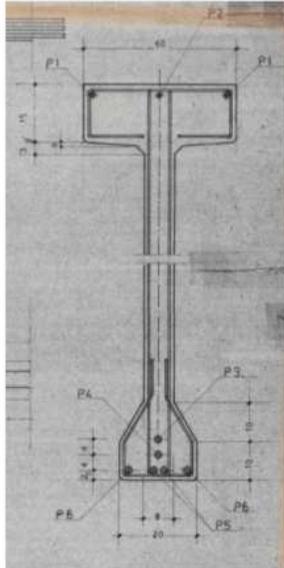


ANALISI FERROSKAN

## S.2 RESISTENZA AL FUOCO

### LOCALE PRODUZIONE

### TRAVI PRINCIPALI



S.2.15.4

Travi, pilastri e pareti in calcestruzzo armato ordinario e precompresso

1. La tabella S.2-44 riporta i valori minimi (mm) della larghezza  $b$  della sezione, della distanza  $a$  dall'asse delle armature longitudinali alla superficie esposta e della larghezza d'anima  $b_w$  di travi con sezione con bulbo inferiore sufficienti a garantire il requisito R per le classi indicate di travi. Per travi con sezione a larghezza variabile  $b$  è la larghezza in corrispondenza della linea media delle armature longitudinali tese.

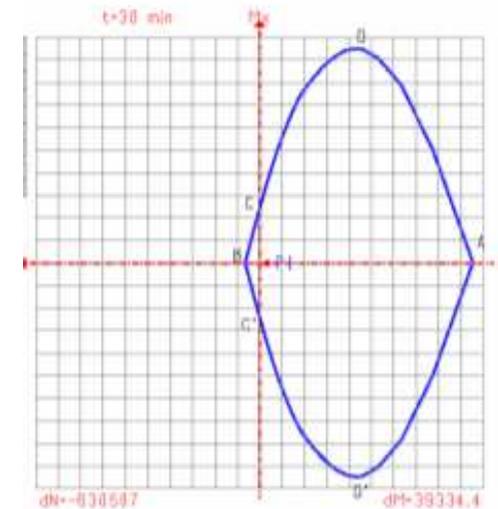
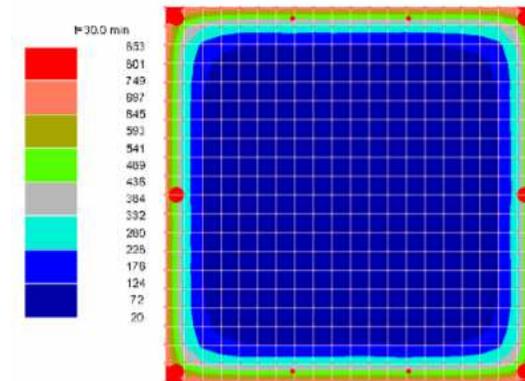
Classe	Combinazioni possibili di $b$ e $a$					$b_w$
30	$b = 80; a = 25$	$b = 120; a = 20$	$b = 160; a = 15$	$b = 200; a = 15$		80
60	$b = 120; a = 40$	$b = 160; a = 35$	$b = 200; a = 30$	$b = 300; a = 25$		100
90	$b = 150; a = 55$	$b = 200; a = 45$	$b = 300; a = 40$	$b = 400; a = 35$		100
120	$b = 200; a = 65$	$b = 240; a = 60$	$b = 300; a = 55$	$b = 500; a = 50$		120
180	$b = 240; a = 80$	$b = 300; a = 70$	$b = 400; a = 65$	$b = 600; a = 60$		140
240	$b = 280; a = 90$	$b = 350; a = 80$	$b = 500; a = 75$	$b = 700; a = 70$		160

I valori di  $a$  devono essere non inferiori ai minimi di regolamento per le opere di c.a. e c.a.p. In caso di armatura pre-tesa aumentare i valori di  $a$  di 15 mm. In presenza di intonaco i valori di  $b$  e  $a$  ne possono tenere conto nella maniera indicata nella tabella S.2-42. Per ricoprimenti di calcestruzzo superiori a 50 mm prevedere una armatura diffusa aggiuntiva che assicuri la stabilità del ricoprimento.

Tabella S.2-44: Travi in cemento armato (requisito R)

### PILASTRI (H = 7 m)

Analisi termica



Elemento Strutturale	Metodo di verifica	Verifica R30
Trave principale	Tabellare	OK
Arcarecci	Analitico	OK
Arcarecci di collegamento	Tabellare	OK
Pilastro centrale	Analitico	OK
Pilastro laterale	Analitico	OK

## S.2 RESISTENZA AL FUOCO

### LOCALE MAGAZZINO



*Corrente superiore*  
2L70x7

*Corrente inferiore*  
2L35x4

*Montanti*  
2L35x4

*Diagonali*  
2L35x4

*Arcarecci*  
Omega150x100x50x4

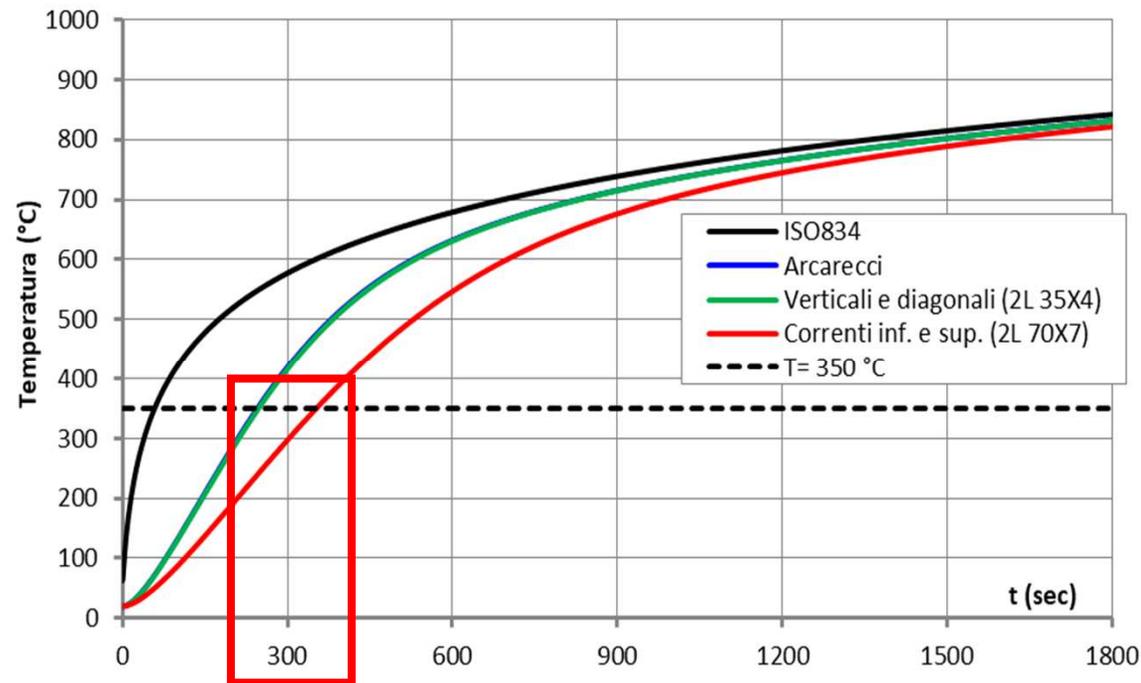
## S.2 RESISTENZA AL FUOCO

### 4.2.3.6 Members with Class 4 cross-sections

(1) For members with class 4 cross-sections other than tension members it may be assumed that 4.2.1(1) is satisfied if at time  $t$  the steel temperature  $\theta_a$  at all cross-sections is not more than  $\theta_{crit}$ .

**NOTE 1 :** For further information see [annex E](#).

**NOTE 2 :** The limit  $\theta_{crit}$  may be chosen in the National Annex. The value  $\theta_{crit} = 350^\circ\text{C}$  is recommended.



USO DI PROTETTIVI  
O  
SOLUZIONE ALTERNATIVA

## S.2 RESISTENZA AL FUOCO

### S.2.4.7

#### Soluzioni alternative per il livello di prestazione II

1. Sono ammesse *soluzioni alternative*, costituite da:

- a. compartimentazione rispetto ad altre costruzioni;
- b. assenza di danneggiamento ad altre costruzioni o all'esterno del confine dell'area su cui sorge l'attività, per effetto di collasso strutturale;
- c. mantenimento della capacità portante in condizioni di incendio per un periodo sufficiente all'evacuazione degli occupanti in luogo sicuro all'esterno della costruzione. La capacità portante deve essere comunque tale da garantire un margine di sicurezza  $t_{\text{marg}} \geq 100\% \cdot \text{RSET}$  e comunque  $\geq 15$  minuti (paragrafo M.3.2.2).

2. Per la verifica della compartimentazione e dell'assenza di danneggiamento in caso di collasso strutturale, si utilizzano le soluzioni alternative previste per il livello di prestazione I di resistenza al fuoco.

3. Per la verifica del mantenimento della capacità portante in condizioni di incendio, le soluzioni alternative si ottengono verificando le prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni in base agli scenari di incendio di progetto ed ai relativi incendi convenzionali di progetto rappresentati da curve naturali di incendio secondo il paragrafo S.2.6.

4. Al fine di dimostrare il raggiungimento del collegato *livello di prestazione* il progettista deve impiegare uno dei metodi di cui al paragrafo G.2.7.

## S.2 RESISTENZA AL FUOCO

### M.1.9

#### Criteria di scelta e d'uso dei modelli e dei codici di calcolo

1. Il professionista antincendio può optare tra i modelli di calcolo che le conoscenze tecniche di settore mettono a disposizione, sulla base di valutazioni inerenti la complessità del progetto.
2. Il professionista antincendio che adotta modelli di calcolo sofisticati, deve possedere una particolare competenza nel loro utilizzo, nonché un'approfondita conoscenza sia dei fondamenti teorici che ne sono alla base che della dinamica dell'incendio.
3. Allo stato attuale i modelli più frequentemente utilizzati sono:

a. modelli analitici,

Nota Ad esempio, le correlazioni per i modelli di incendio localizzati o *fire plumes* di Zukoski, Heskestad, McCaffrey, Thomas, Hasemi e Nishiata, Alpert, ...

 b. modelli numerici tra cui:

i. modelli di simulazione dell'incendio a zone per ambienti confinati,

Nota Ad esempio, codici di calcolo CFAST, Ozone, ...

ii. modelli di simulazione dell'incendio di campo,

Nota Ad esempio, codici di calcolo CFX, FDS, Fluent, ...

iii. modelli di simulazione dell'esodo,

Nota Ad esempio, codice di calcolo FDS+EVAC, ...

iv. modelli di analisi termostrutturale.

Nota Ad esempio, codici di calcolo Abaqus, Adina, Ansys, Diana, Safir, ...

### AZIONE TERMICA

#### FDS-SAFIR

C'è la possibilità di **far comunicare i due codici di calcolo** mediante un file di interscambio di dati, contenente nello specifico le **intensità di radiazione valutate rispetto ad un numero discreto di angoli solidi**, che consente di abbinare una valutazione più approfondita del campo di temperature generato dall'incendio localizzato alle analisi termiche approfondite, che riescono modellare le modalità con le quali l'incendio agredisce effettivamente gli elementi strutturali, tenendo automaticamente conto della variabilità spaziale e temporale, del fattore di configurazione, dell'effetto ombra, ecc.

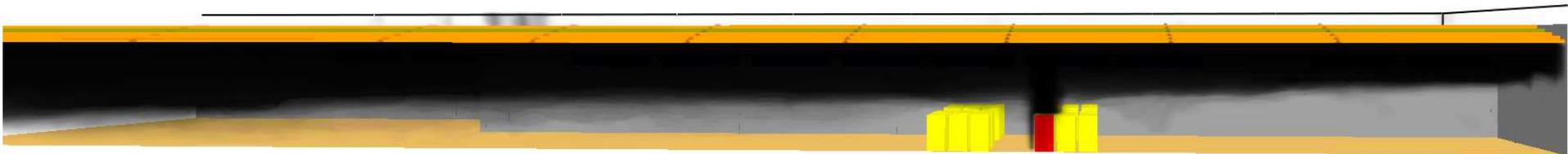
Pertanto **viene attribuita l'intensità di radiazione computata da FDS agli elementi strutturali mediante integrazione numerica e calcolando i corretti fattori di configurazione, al variare sia della parte del perimetro dell'elemento considerato lungo la generica sezione sia del suo sviluppo longitudinale.**

## S.2 RESISTENZA AL FUOCO

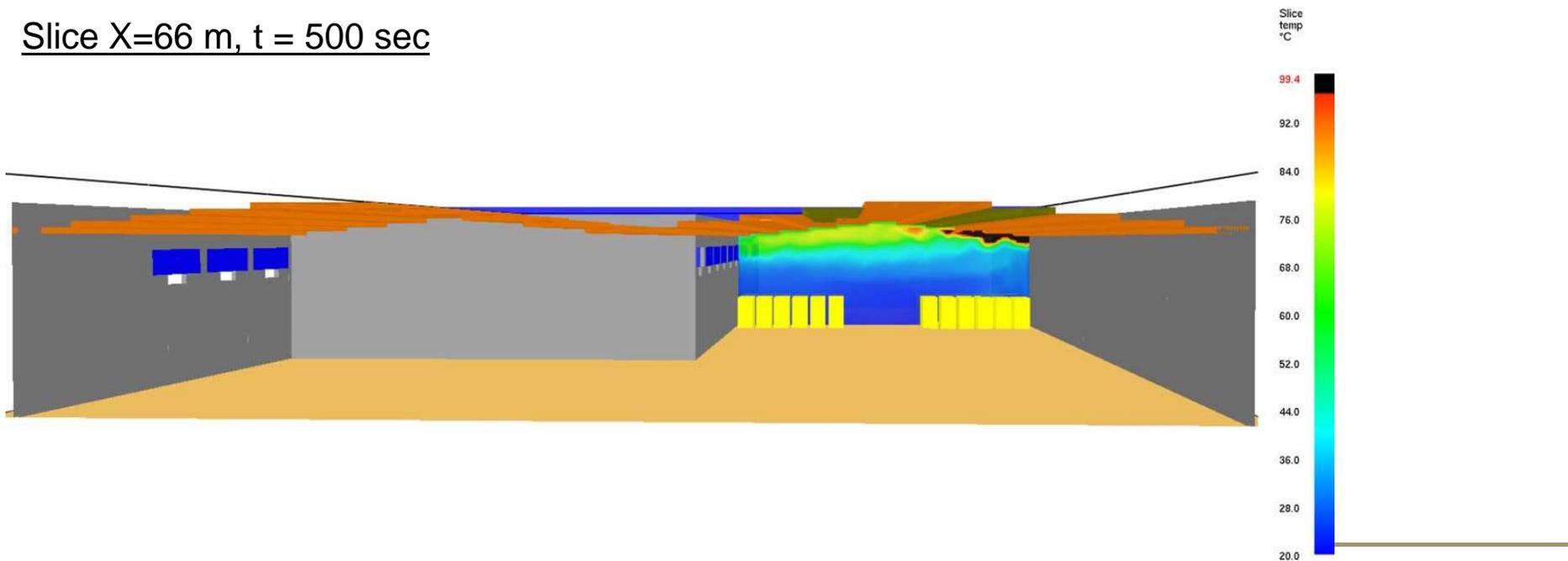
Slice Temperature, Y= 39.8m, t= 500 sec



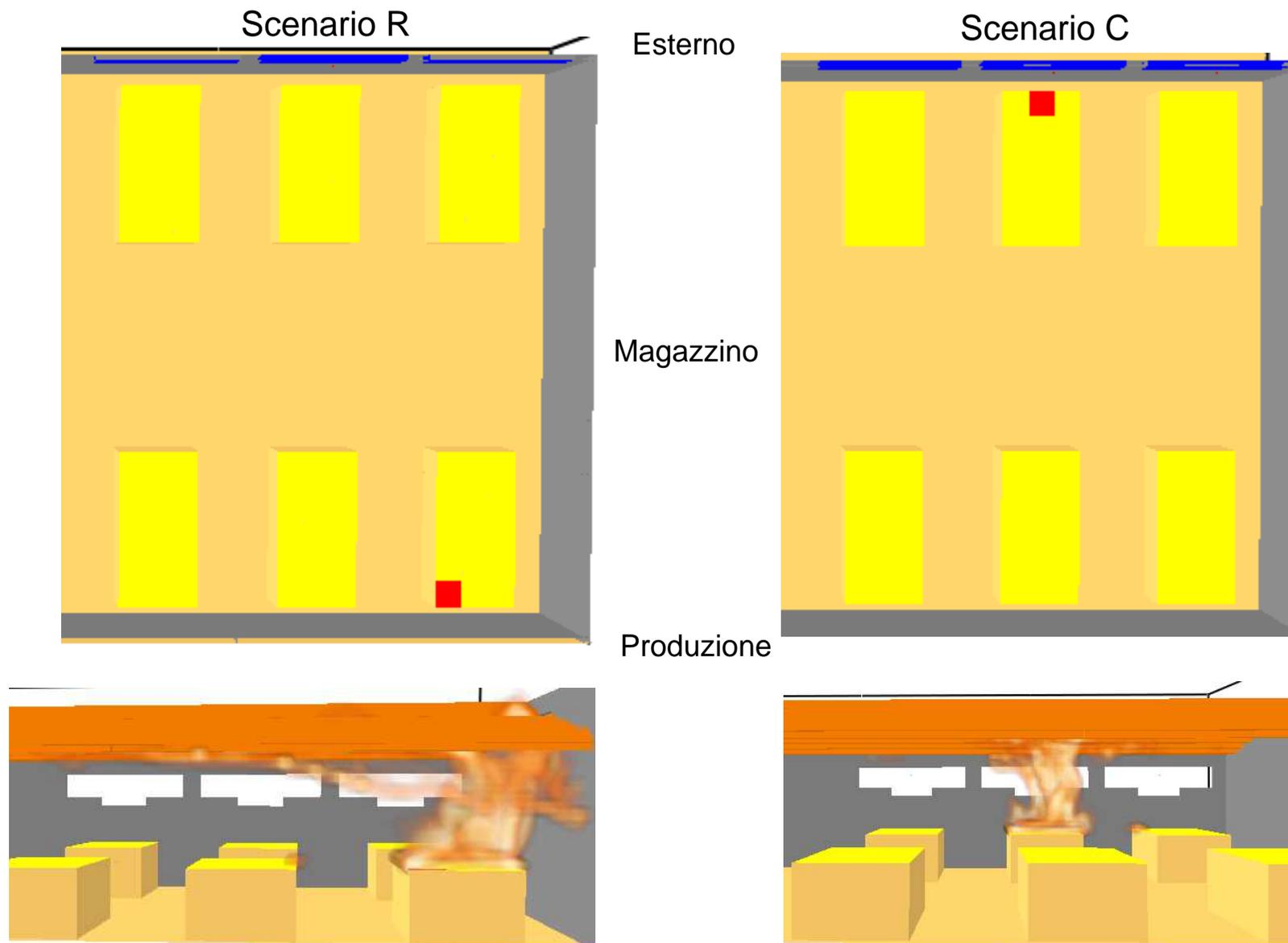
Distribuzione dei fumi, t= 500 sec



Slice X=66 m, t = 500 sec



## S.2 RESISTENZA AL FUOCO



## S.2 RESISTENZA AL FUOCO

Pilastrini (7 m): 0,5x0,4 m

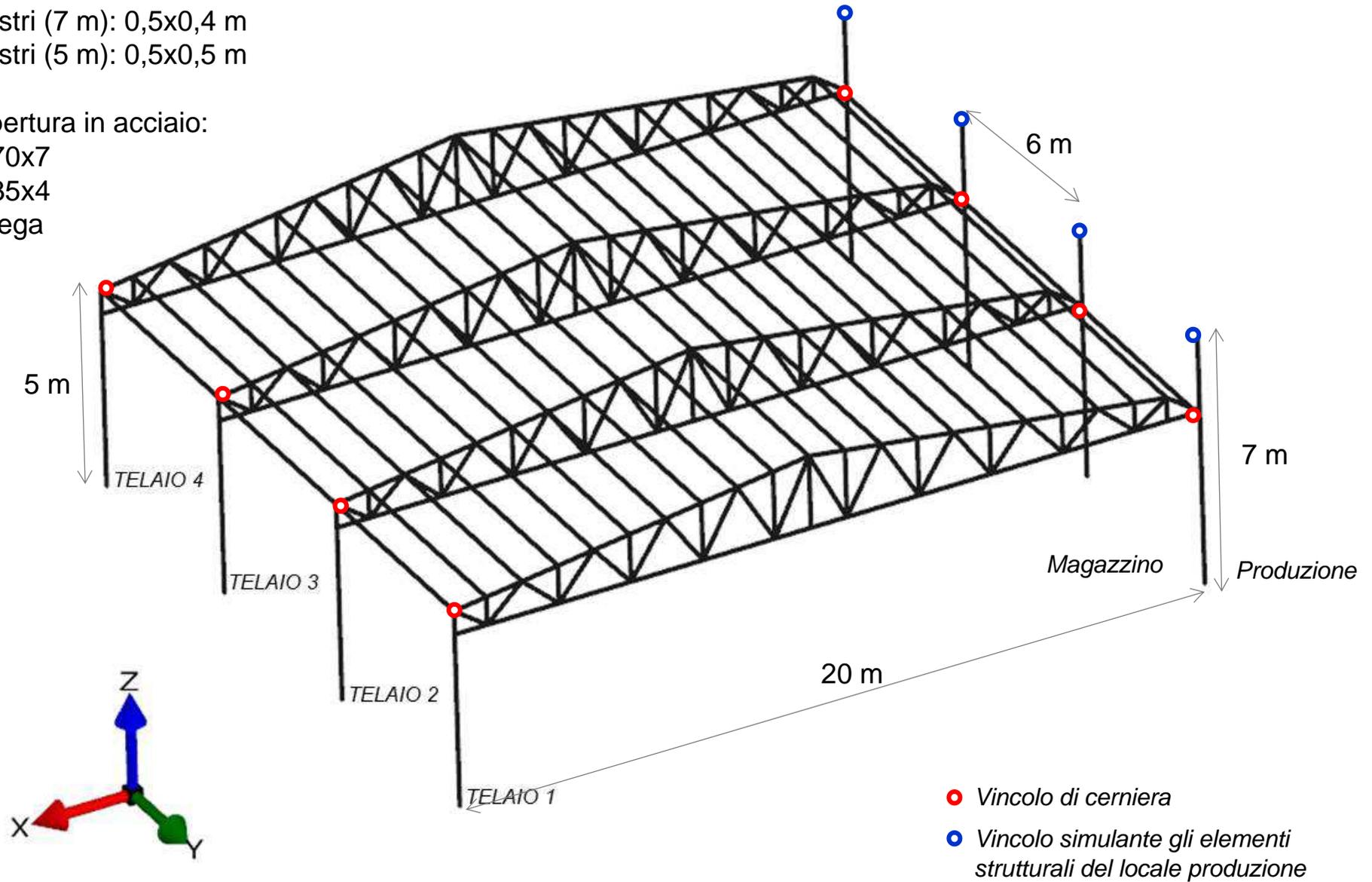
Pilastrini (5 m): 0,5x0,5 m

Copertura in acciaio:

2L 70x7

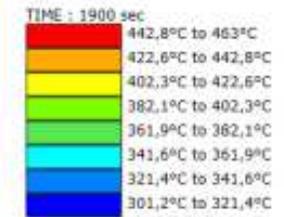
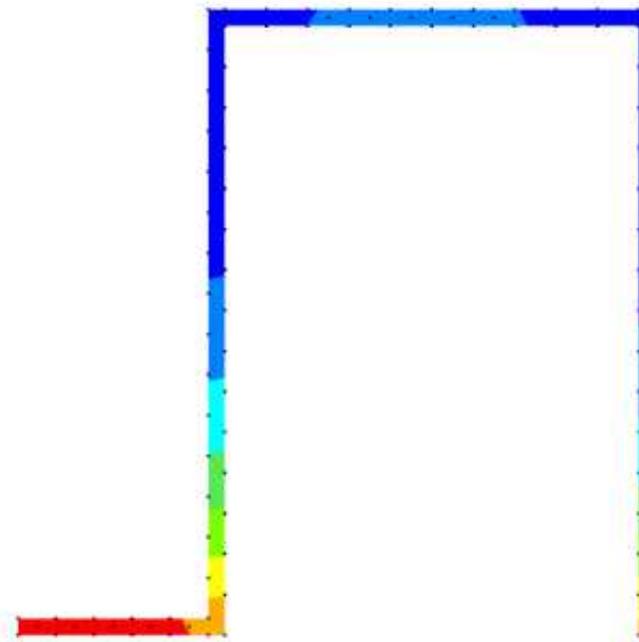
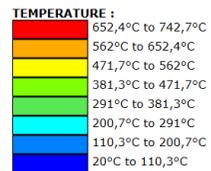
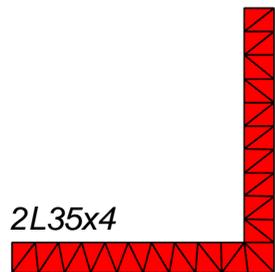
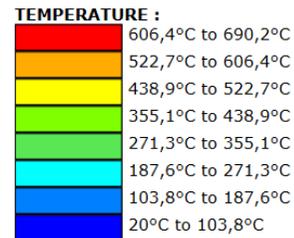
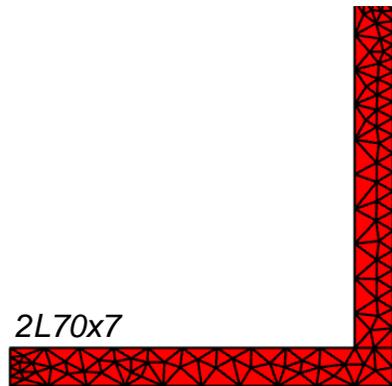
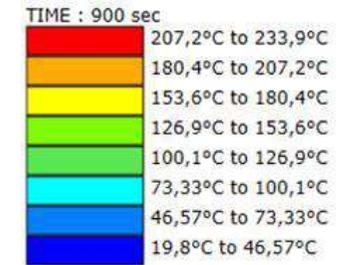
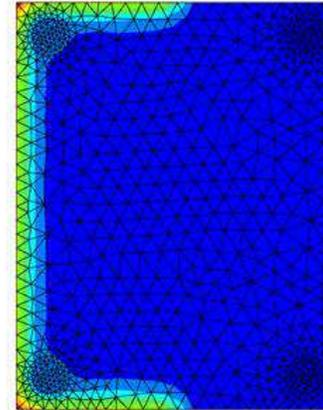
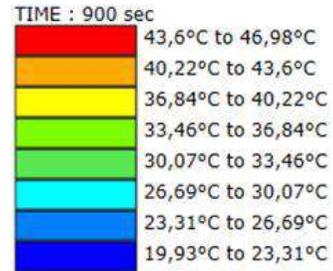
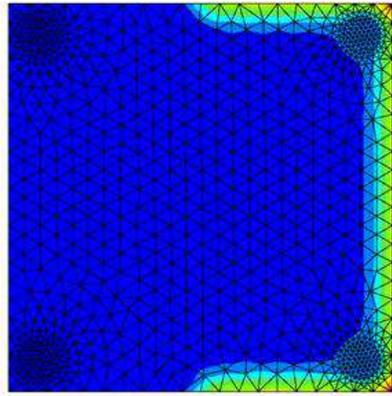
2L 35x4

Omega



## S.2 RESISTENZA AL FUOCO

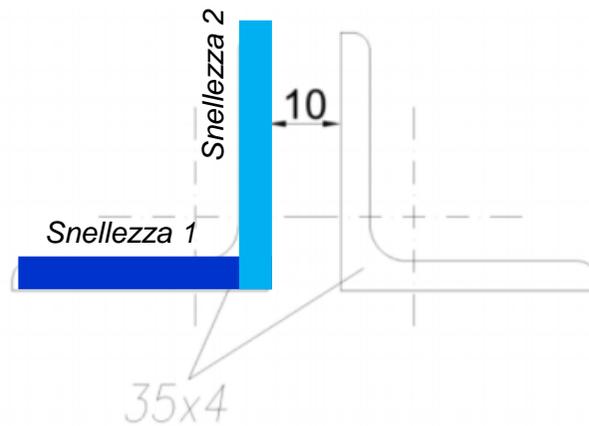
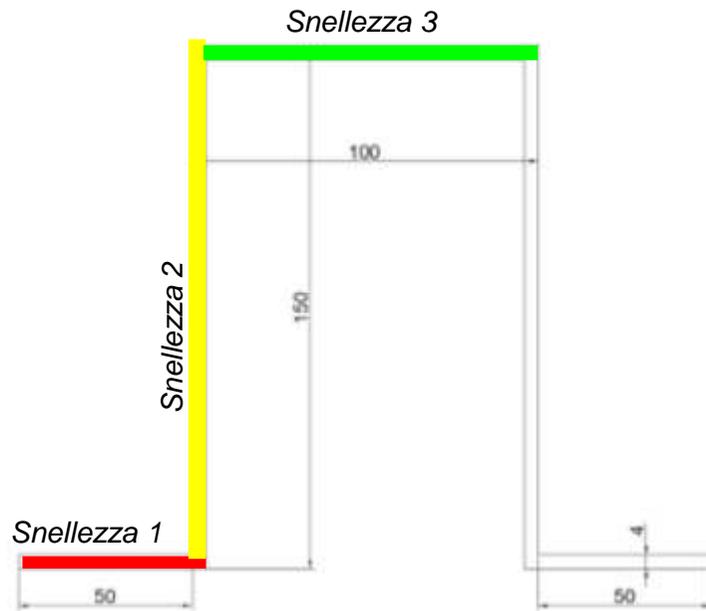
### ANALISI TERMICA



OMEGA 150x100x50x4

## S.2 RESISTENZA AL FUOCO

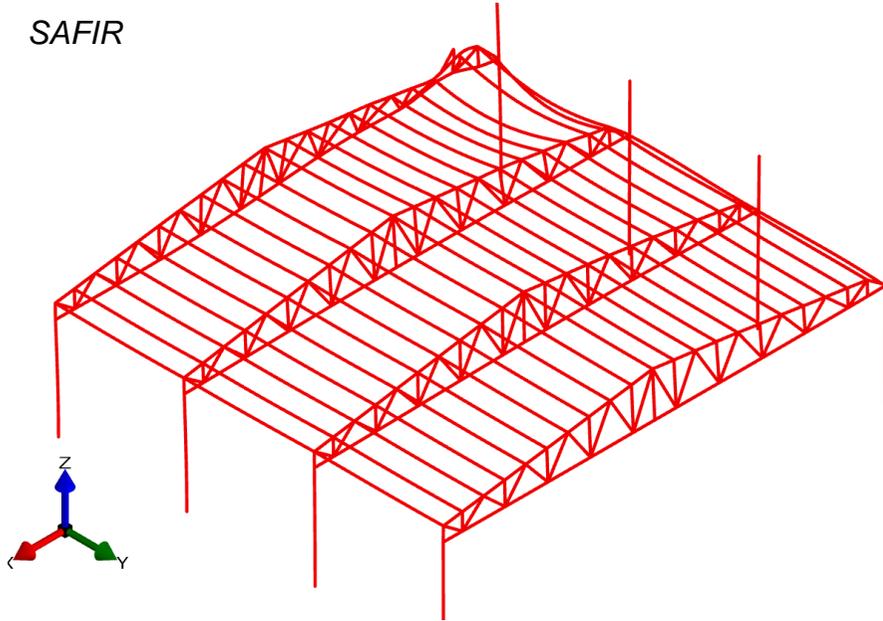
### INSTABILITA' LOCALI (Sezioni di classe 4)



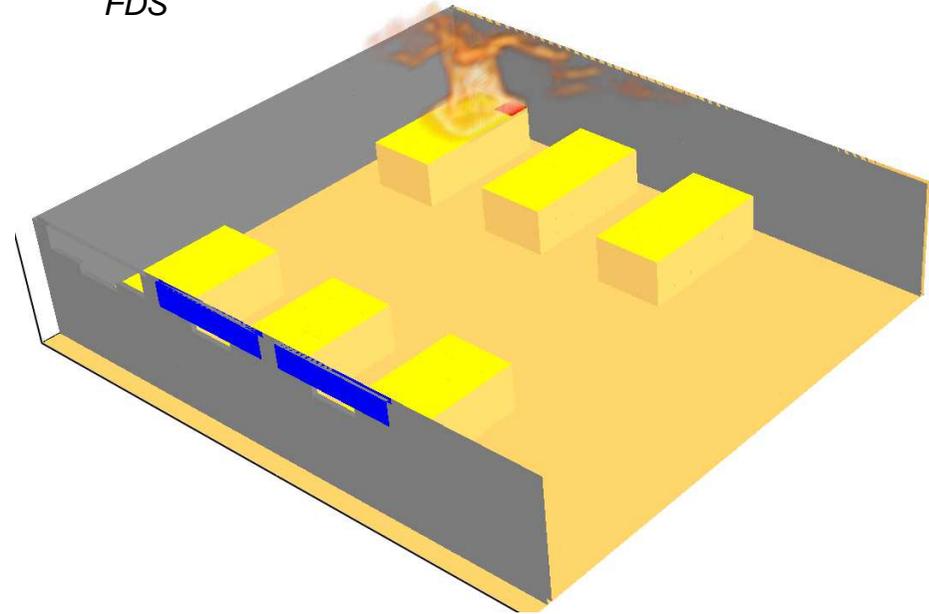
## S.2 RESISTENZA AL FUOCO

$t_{\text{collasso}} = 1908 \text{ sec}$

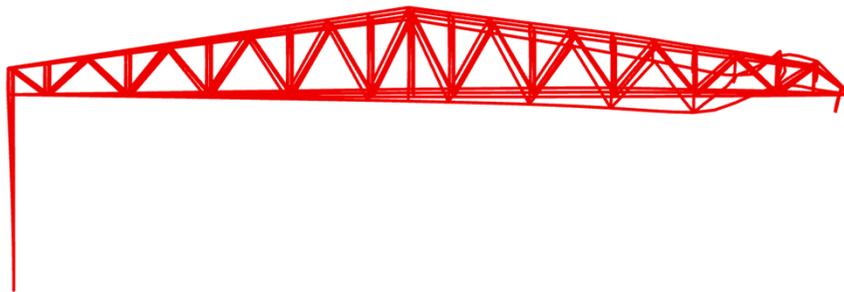
SAFIR



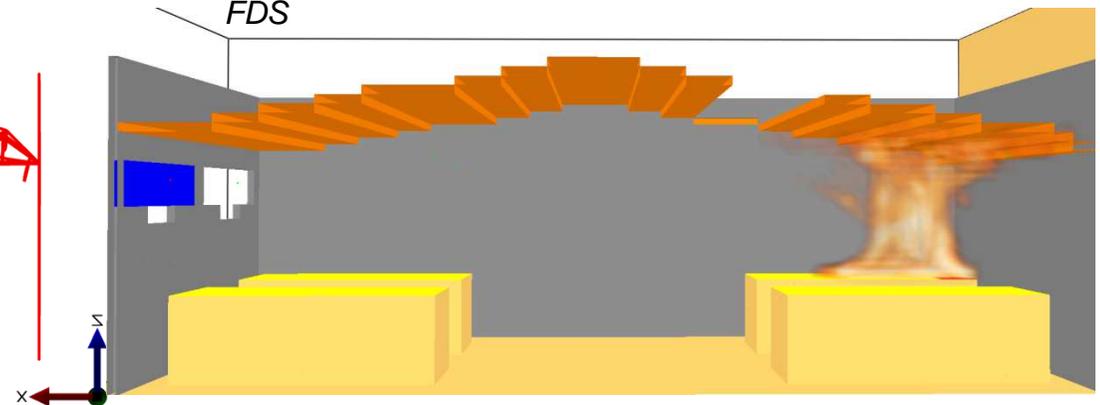
FDS



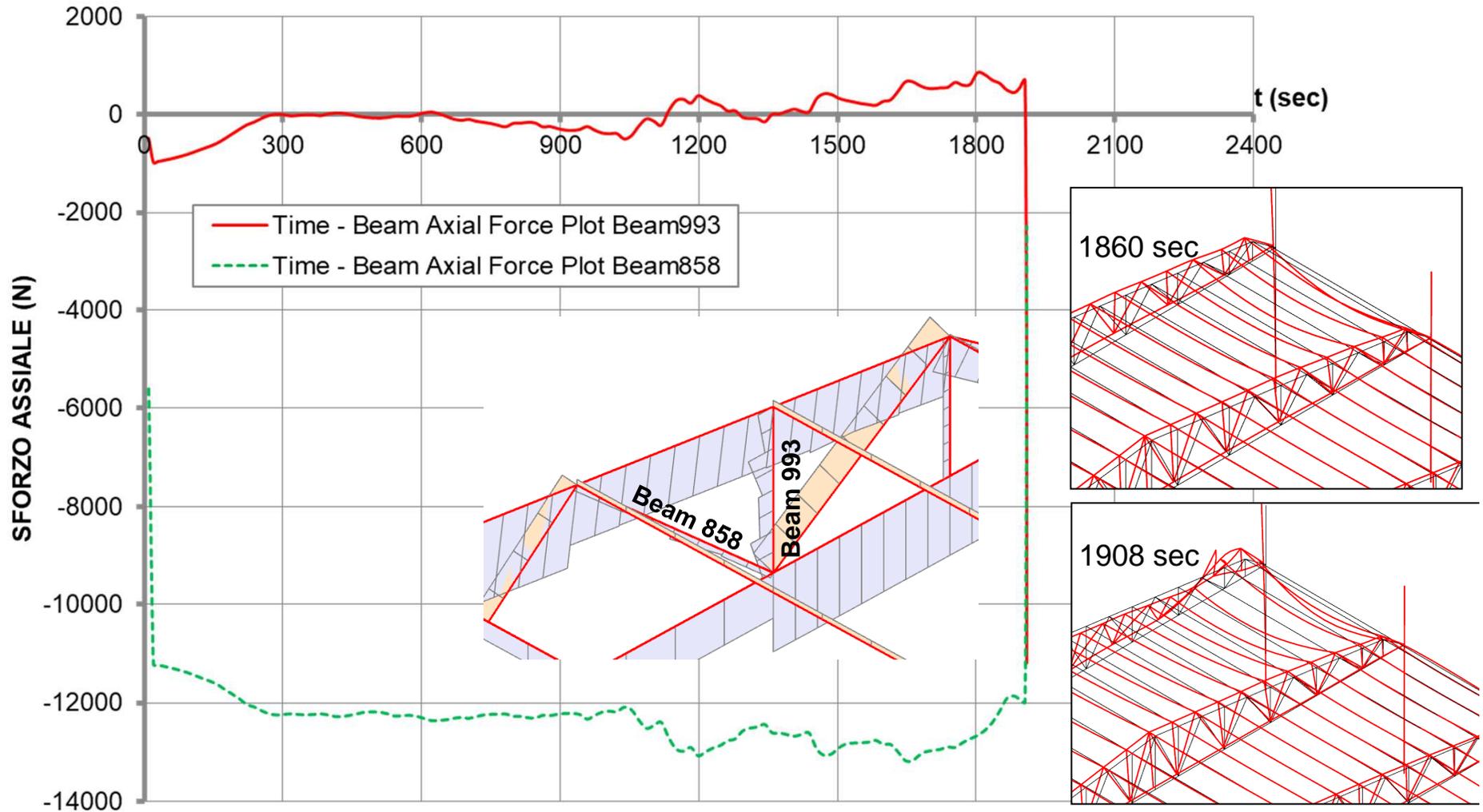
SAFIR



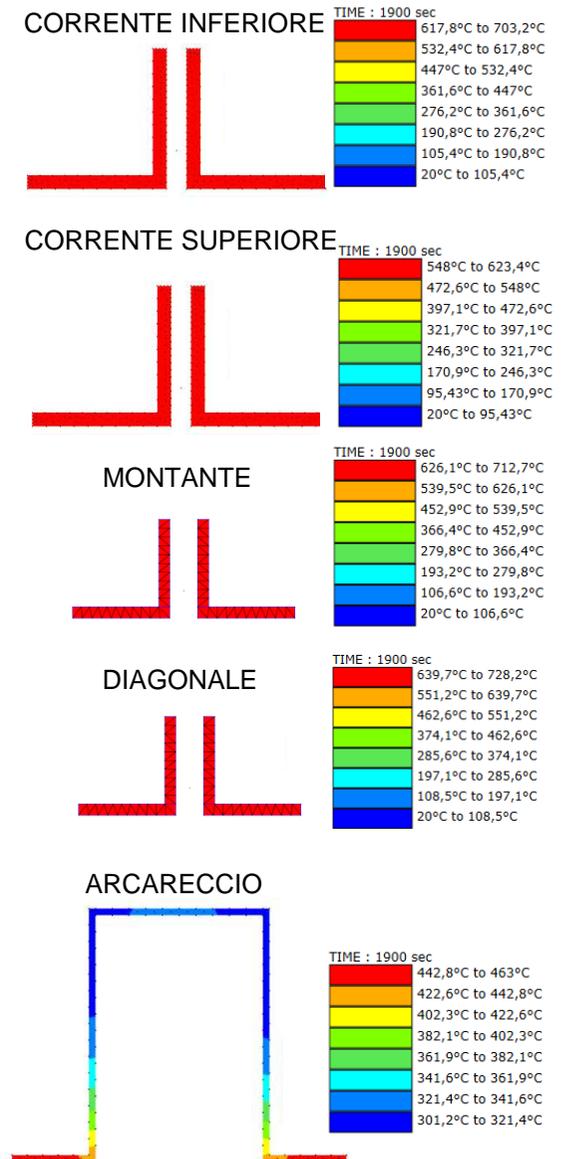
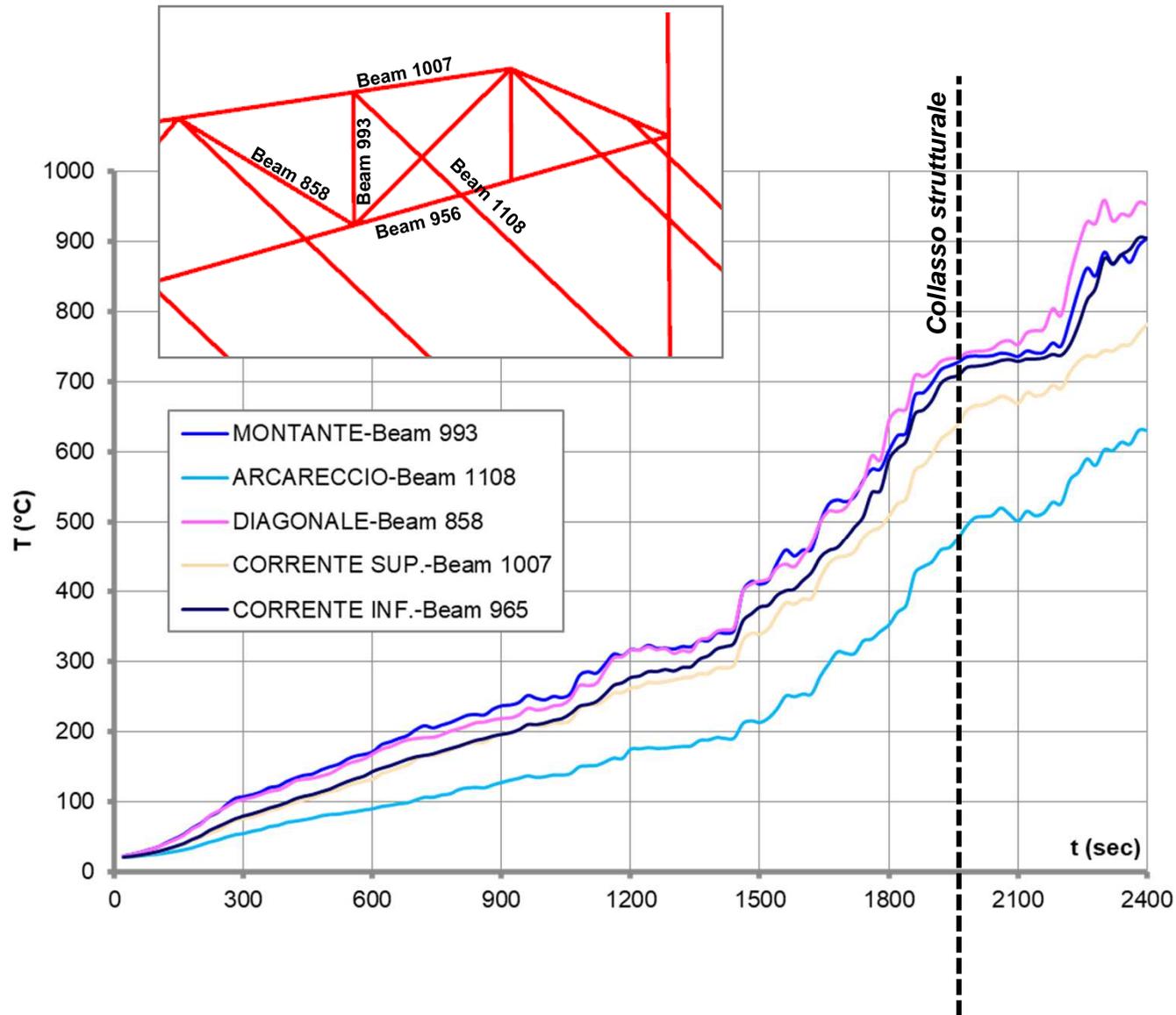
FDS



## S.2 RESISTENZA AL FUOCO

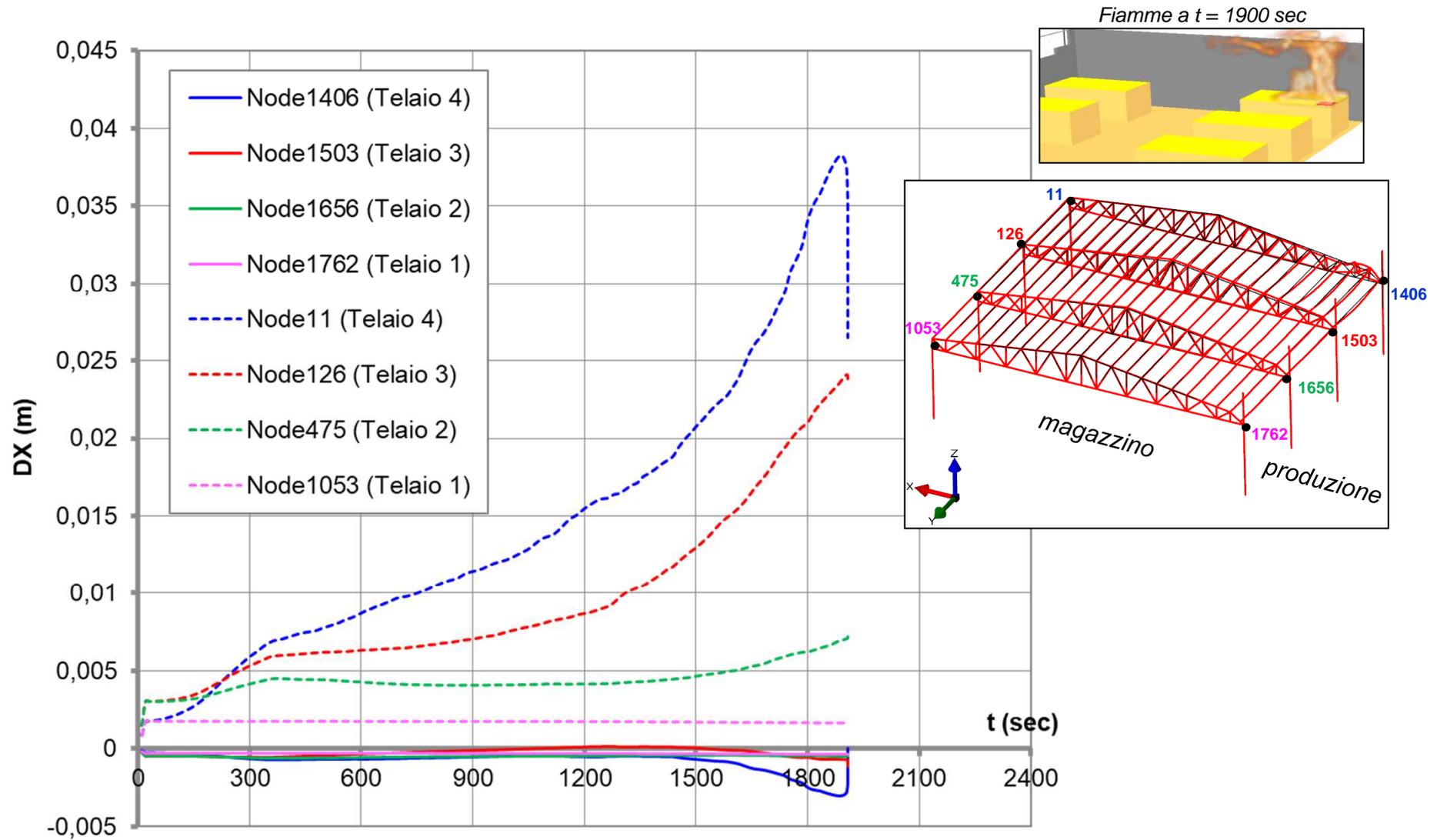


## S.2 RESISTENZA AL FUOCO



## S.2 RESISTENZA AL FUOCO

### SPOSTAMENTI ORIZZONTALI IN SOMMITA' DEI PILASTRI



## S.2 RESISTENZA AL FUOCO

### SPOSTAMENTI ORIZZONTALI IN SOMMITA' DEI PILASTRI

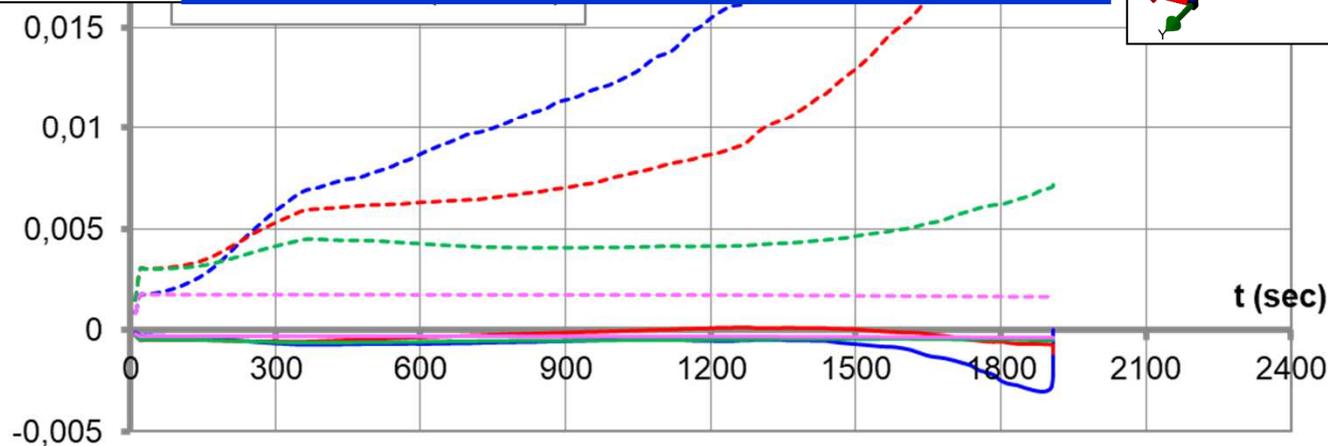
#### S.2.4.4

#### Soluzioni conformi per il livello di prestazione IV

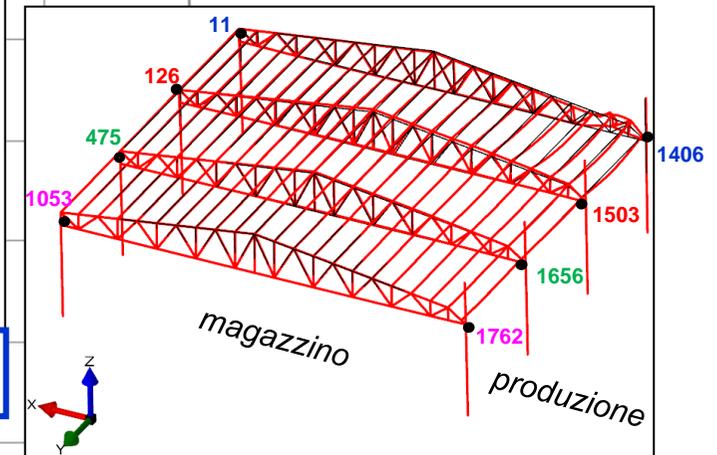
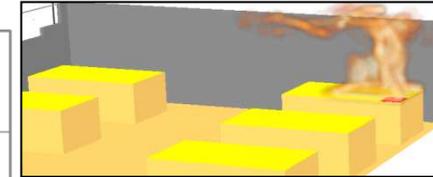
1. Ai fini della verifica della capacità portante in condizioni di incendio si applicano le soluzioni conformi valide per il livello di prestazione III di cui al paragrafo S.2.4.3. Non possono essere impiegate le indicazioni dei paragrafi S.2.8.2 e S.2.8.3.

2. Ai fini del controllo del danneggiamento di tutti gli elementi di compartimentazione sia orizzontali che verticali ad esclusione delle chiusure dei varchi (es. porte, serrande, barriere passive...), appartenenti sia al compartimento di primo innesco che agli altri, vanno verificati i seguenti limiti di deformabilità nelle condizioni di carico termico e meccanico previste per le soluzioni conformi del livello III:

- $\delta_{v,max}/L = 1/100$  rapporto tra *massima inflessione*  $\delta_{v,max}$  e la *luce* L degli elementi caricati verticalmente come travi e solai ortotropi;
- $\delta_{v,max}/L = 1/100$  rapporto tra *massima inflessione*  $\delta_{v,max}$  e la *luce minima* L degli elementi a piastra;
- $\delta_{h,max}/h = 1/100$  rapporto tra il *massimo spostamento di interpiano*  $\delta_{h,max}$  e l'*altezza di interpiano* h.



Fiamme a t = 1900 sec



# S.3 COMPARTIMENTAZIONE

## S.3 COMPARTIMENTAZIONE

### S.3.4.1

#### Soluzioni conformi per il livello di prestazione II

1. Al fine di limitare **a propagazione dell'incendio verso altre attività** deve essere impiegata almeno una delle seguenti soluzioni conformi:
  - a. inserire le diverse attività in compartimenti antincendio distinti, come descritto nei paragrafi S.3.5 ed S.3.6, con le caratteristiche di cui al paragrafo S.3.7;
  - b. interporre distanze di separazione su spazio a cielo libero tra le diverse attività, come descritto nel paragrafo S.3.8.
2. Al fine di limitare la propagazione **dell'incendio all'interno della stessa attività** deve essere impiegata almeno una delle seguenti soluzioni conformi:
  - a. suddividere la volumetria dell'opera da costruzione contenente l'attività, in compartimenti antincendio, come descritto nei paragrafi S.3.5 ed S.3.6, con le caratteristiche di cui al paragrafo S.3.7;
  - b. interporre distanze di separazione su spazio a cielo libero tra ambiti della stessa attività, come descritto nel paragrafo S.3.8.
3. L'*ubicazione* delle diverse attività nella stessa opera da costruzione deve essere stabilita secondo i criteri di cui al paragrafo S.3.9.
4. Sono ammesse *comunicazioni* tra le diverse attività presenti nella stessa opera da costruzione, realizzate con le limitazioni e le modalità descritte al paragrafo S.3.10.

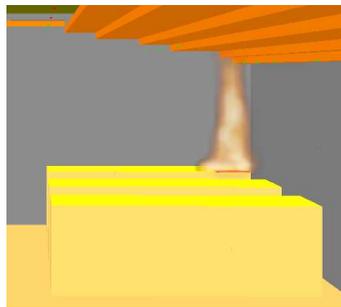
## S.3 COMPARTIMENTAZIONE

### INTERNAMENTE:

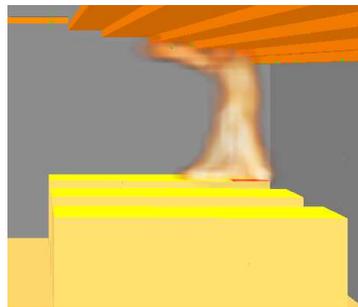
*t= 300 sec*



*t= 900 sec*



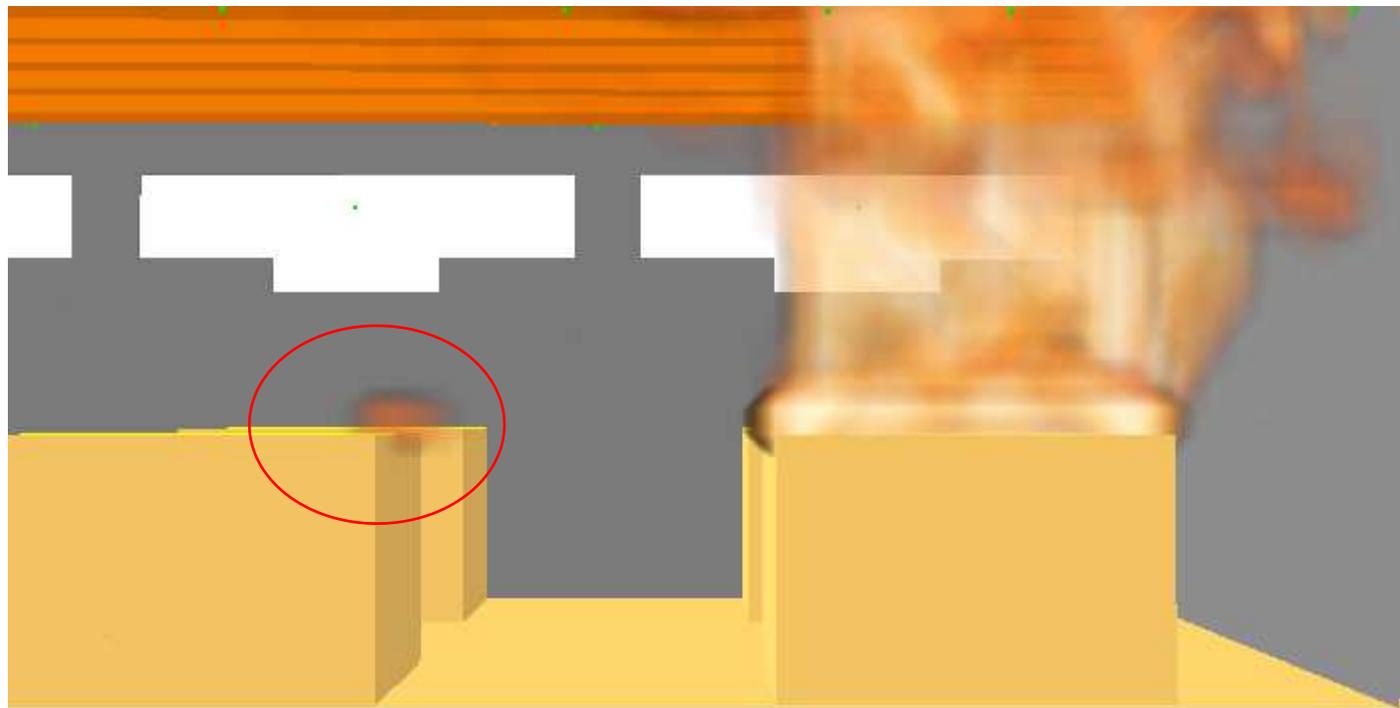
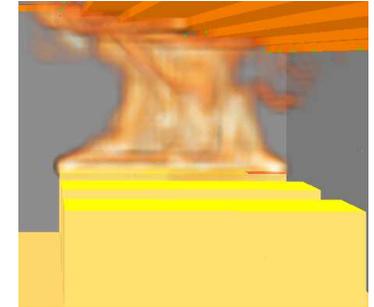
*t= 1500 sec*



*t= 2000 sec*



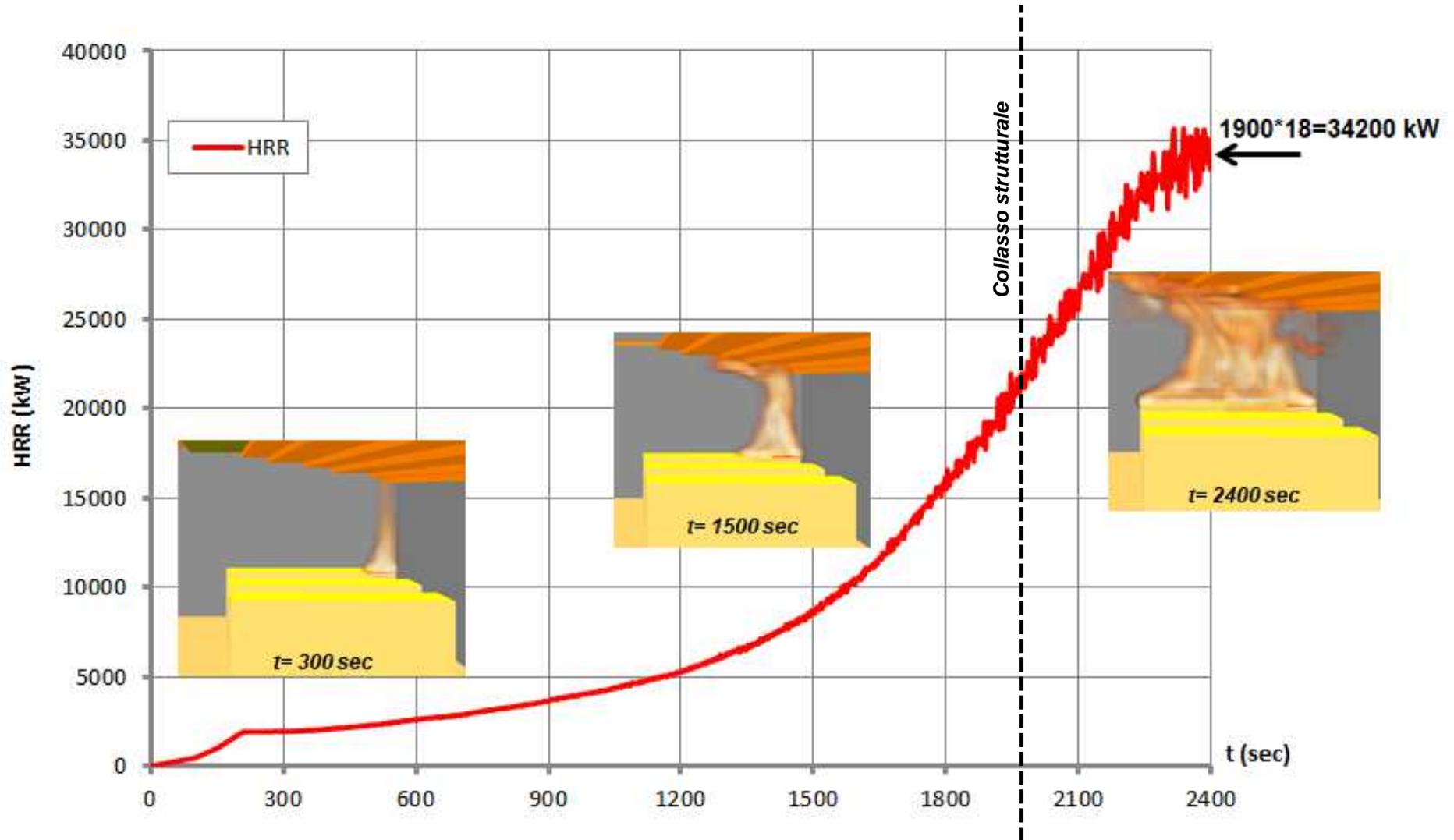
*t= 2400 sec*



*t= 2400 sec*

### S.3 COMPARTIMENTAZIONE

#### INTERNAMENTE:



### S.3 COMPARTIMENTAZIONE



## S.3 COMPARTIMENTAZIONE

3. La distanza  $d_i$  misurata tra l' $i$ -esima piastra radiante ed il bersaglio garantisce adeguata *separazione* se è verificata la seguente relazione:

$$F_{2-1} \cdot E_1 \cdot \epsilon_f < E_{soglia} \quad \text{S.3-3}$$

con:

$F_{2-1}$  fattore di vista

$E_1$  potenza termica radiante dovuta all'*incendio convenzionale* [kW/m<sup>2</sup>]

$\epsilon_f$  emissività della fiamma

$E_{soglia}$  soglia di irraggiamento dell'incendio sul bersaglio [kW/m<sup>2</sup>]

4. Il *fattore di vista*  $F_{2-1}$  relativo a piastra radiante rettangolare e bersaglio posizionato sull'asse di simmetria normale alla piastra è calcolato secondo la seguente relazione:

$$F_{2-1} = 2/\pi \left( \frac{X}{\sqrt{1+X^2}} \arctan \frac{Y}{\sqrt{1+X^2}} + \frac{Y}{\sqrt{1+Y^2}} \arctan \frac{X}{\sqrt{1+Y^2}} \right) \quad \text{S.3-4}$$

Supponendo che gli *elementi radianti* siano distribuiti verticalmente al centro della piastra radiante, si calcola:

$$X = \frac{B_i \cdot p_i}{2d_i}, Y = \frac{H_i}{2d_i} \quad \text{S.3-5}$$

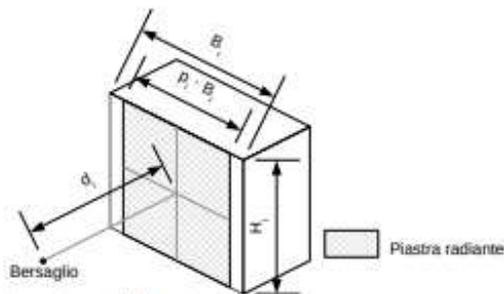
con:

$B_i$  larghezza  $i$ -esima piastra radiante [m]

$H_i$  altezza  $i$ -esima piastra radiante [m]

$p_i$  percentuale di foratura dell' $i$ -esima piastra radiante

$d_i$  distanza tra l' $i$ -esima piastra radiante ed il bersaglio [m]



5. La potenza termica radiante dell'incendio convenzionale  $E_1$  è imposta come segue in funzione del carico di incendio specifico  $q_f$  del compartimento retrostante l' $i$ -esima piastra radiante:

se  $q_f > 1200 \text{ MJ/m}^2$ :

$$E_1 = \sigma \cdot T^4 = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot (1000 + 273,16)^4 = 149 \text{ kW/m}^2 \quad \text{S.3-6}$$

se  $q_f \leq 1200 \text{ MJ/m}^2$ :

$$E_1 = \sigma \cdot T^4 = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot (800 + 273,16)^4 = 75 \text{ kW/m}^2 \quad \text{S.3-7}$$

6. L'emissività della fiamma  $\epsilon_f$  è ricavata dalla seguente relazione:

$$\epsilon_f = 1 - e^{-0,3 \cdot d_i} \quad \text{S.3-8}$$

con:

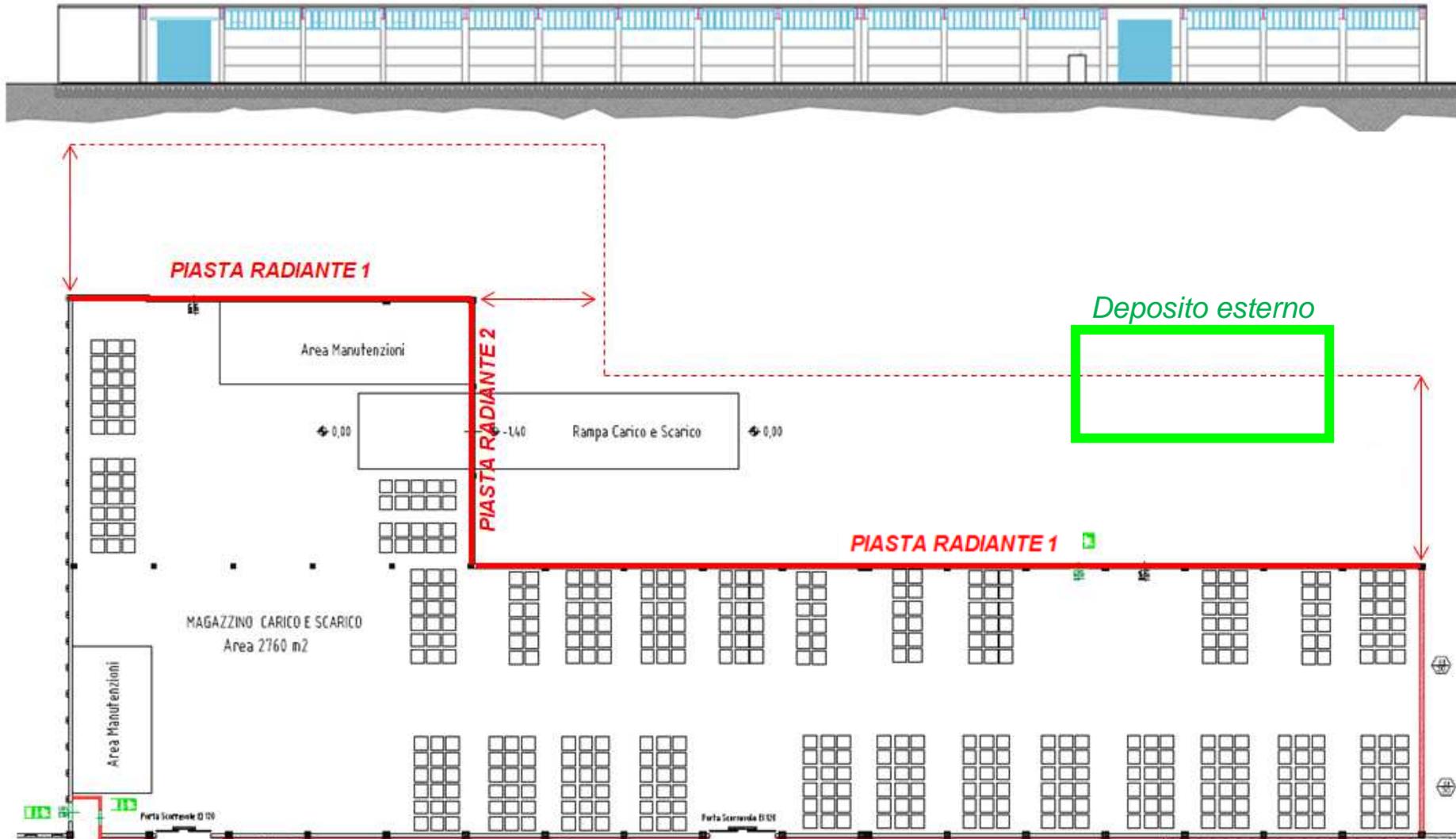
$d_i$  spessore della fiamma, pari a 2/3 dell'altezza del varco da cui esce la fiamma [m]

Nota Si specifica che per ricavare i valori delle tabelle S.3-10 e S.3-11 riferite alla *procedura tabellare* si è posto  $d_i$  pari a 2 m.

## S.3 COMPARTIMENTAZIONE

ESTERNAMENTE:

PROSPETTO OVEST



## S.3 COMPARTIMENTAZIONE

### ESTERNAMENTE:

Verifica analitica della distanza di separazione	
Distanza dal bersaglio "d"	<b>15,36</b> m
<i>Dimensioni della piastra radiante PR1</i>	
B	93,00 m
H	5,20 m
<i>Calcolo del Fattore di vista</i>	
B	93,00 m
S <sub>pr</sub>	483,60 m <sup>2</sup>
S <sub>rad</sub>	144,66 m <sup>2</sup>
p	0,30
H	5,20 m
X	0,91
Y	0,17
F <sub>2-1</sub>	<b>0,13</b>
<i>Verifica della distanza di separazione</i>	
E <sub>1</sub>	<b>149</b> kW/m <sup>2</sup>
d <sub>f</sub>	3,47
ε <sub>f</sub>	<b>0,65</b>
Energia ottenuta (F <sub>2-1</sub> x E <sub>1</sub> x ε <sub>f</sub> )	<b>12,60</b> kW/m <sup>2</sup>

Verifica analitica della distanza di separazione	
Distanza dal bersaglio "d"	<b>6,47</b> m
<i>Dimensioni della piastra radiante PR2</i>	
B	3,85 m
H	5,20 m
<i>Calcolo del Fattore di vista</i>	
B	3,85 m
S <sub>pr</sub>	20,02 m <sup>2</sup>
S <sub>rad</sub>	20,02 m <sup>2</sup>
p	1,00
H	5,20 m
X	0,30
Y	0,40
F <sub>2-1</sub>	<b>0,13</b>
<i>Verifica della distanza di separazione</i>	
E <sub>1</sub>	<b>149</b> kW/m <sup>2</sup>
d <sub>f</sub>	3,47
ε <sub>f</sub>	<b>0,65</b>
Energia ottenuta (F <sub>2-1</sub> x E <sub>1</sub> x ε <sub>f</sub> )	<b>12,60</b> kW/m <sup>2</sup>

In definitiva, dalle valutazioni eseguite, si disporrà il materiale combustibile in isole di stoccaggio da 10 x 10 x 2 m, distanti tra loro 3,50 m, e con distanza dal fabbricato pari a 15,50 m.

## S.3 COMPARTIMENTAZIONE

### SOLUZIONE ALTERNATIVA

Oggetto della soluzione	Modalità progettuale
Caratteristiche dello spazio scoperto (§ S.3.5.1), del compartimento, del filtro (§ S.3.5.4), dell'ubicazione (§ S.3.9)	Si dimostri, anche con modelli analitici, che non avviene propagazione dell'incendio e dei suoi effetti nella configurazione considerata.
Compartimento a prova di fumo (§ S.3.5.3), filtro a prova di fumo (§ S.3.5.5), compartimentazione multipiano (§ S.3.6.2), comunicazioni (§ S.3.10)	Si dimostri che è comunque garantita la salvaguardia della vita degli occupanti (capitolo M.3) e, se applicabile, la protezione dei beni.
Distanza di separazione (§ S.3.8) e suo calcolo (§ S.3.11)	Si dimostri che è limitata la propagazione dell'incendio e dei suoi effetti. Può essere applicata la stessa procedura analitica del paragrafo S.3.11.3, impiegando ad esempio il valore di $E_{equiv}$ adeguato al bersaglio effettivamente esposto all'incendio, il fattore di vista $F_{2-1}$ e la piastra radiante corrispondente alla reale configurazione geometrica, la potenza termica radiante $E_1$ riferita all'incendio naturale. Possono essere anche impiegati modelli numerici di simulazione dell'incendio, dei suoi effluenti e dell'irraggiamento.

Tabella S.3-3: Modalità progettuali per soluzioni alternative

5. La potenza termica radiante dell'incendio convenzionale  $E_1$  è imposta come segue in funzione del carico di incendio specifico  $q_f$  del compartimento retrostante l' $i$ -esima piastra radiante:

se  $q_f > 1200 \text{ MJ/m}^2$ :

$$E_1 = \sigma \cdot T^4 = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot (1000 + 273,16)^4 = 149 \text{ kW/m}^2 \quad \text{S.3-6}$$

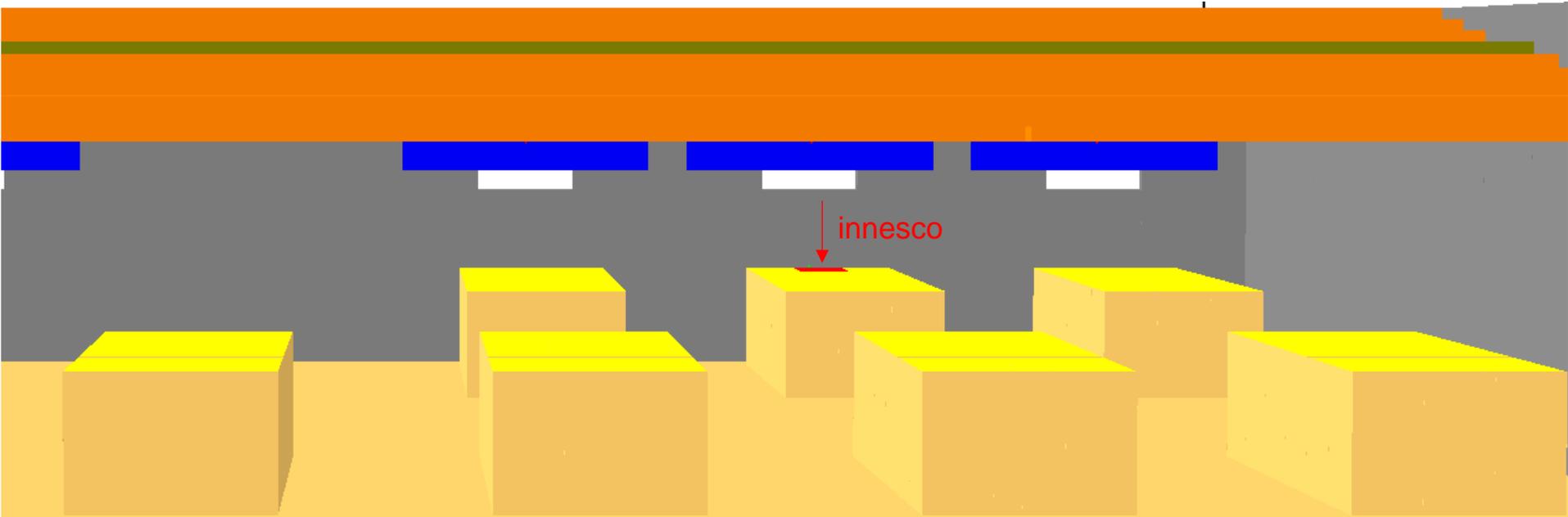
se  $q_f \leq 1200 \text{ MJ/m}^2$ :

$$E_1 = \sigma \cdot T^4 = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot (800 + 273,16)^4 = 75 \text{ kW/m}^2 \quad \text{S.3-7}$$

6. L'emissività della fiamma  $\epsilon_f$  è ricavata dalla seguente relazione:

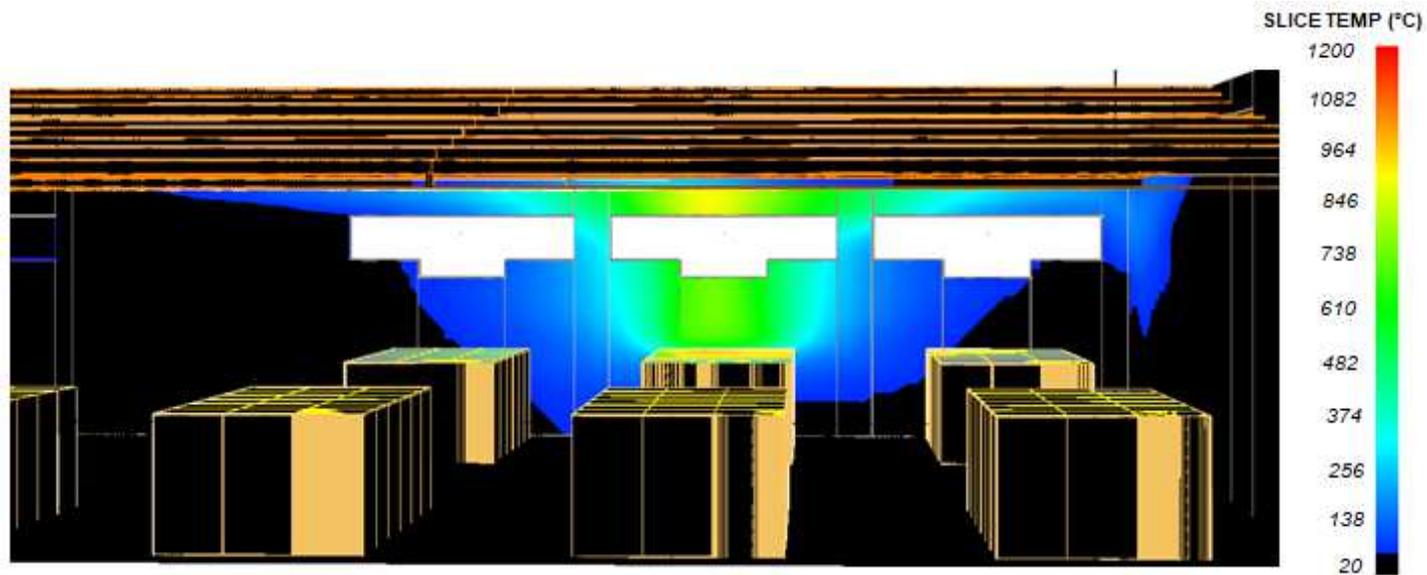
$$\epsilon_f = 1 - e^{-0,3 \cdot d_f} \quad \text{S.3-8}$$

### S.3 COMPARTIMENTAZIONE



### S.3 COMPARTIMENTAZIONE

SCENARIO DI INCENDIO PER LA COMPARTIMENTAZIONE, FIAMME E WALL TEMPERATURE A 2230 SEC



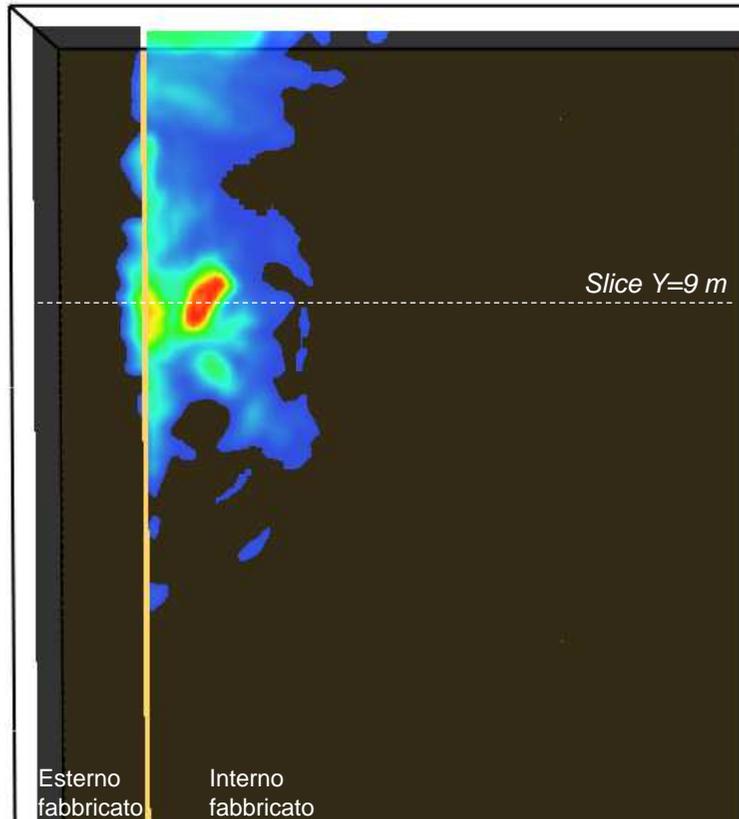
$$E_1 = \sigma \cdot T^4 = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot (900 + 273,16)^4 = 107,4 \text{ kW/m}^2$$



**DISTANZA = 12 m**

### S.3 COMPARTIMENTAZIONE

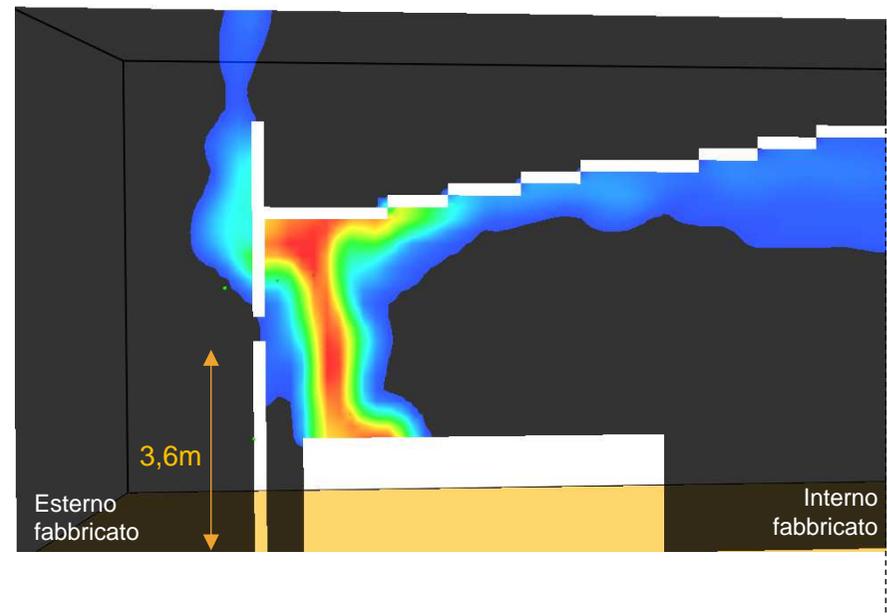
Slice Z= 5 m



SLICE TEMP (°C)



Slice Y=9 m

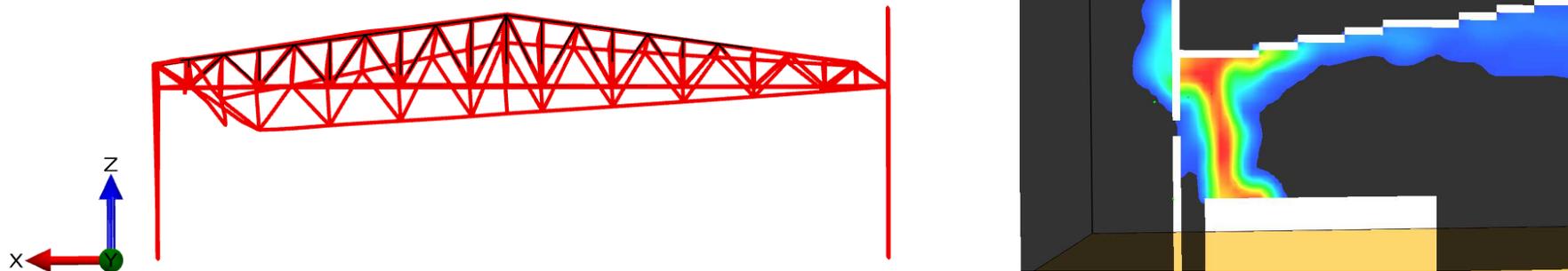


## CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il caso studio rappresenta un chiaro esempio di connessione tra le strategie antincendio di Resistenza al fuoco S.2, Compartimentazione S.3 e Gestione della sicurezza antincendio S.5.

Il ricorso alla soluzione alternativa per la misura antincendio resistenza al fuoco ha permesso di valutare e comprendere **l'effettivo comportamento della struttura in condizioni di incendio**, per la quale si verifica la condizione di collasso strutturale implosivo a seguito di incendio localizzato.

Infatti per strutture in acciaio gioca un ruolo importante nella valutazione delle distanze di separazione, e più in generale per la compartimentazione, l'analisi strutturale: infatti tali strutture, essendo per la maggior parte dei casi costruite con **elementi molto snelli classificati in classe 4**, raggiungono facilmente il **collasso per incendi localizzati che rilasciano energia di irraggiamento piuttosto contenuta**.

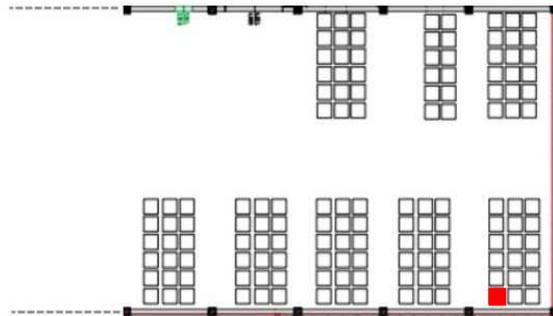


Anche se l'uso di soluzioni conformi per la misura antincendio Compartimentazione non ha tuttavia comportato problemi progettuali in termini di distanze di sicurezza, **l'affiancamento di valutazioni con modelli avanzati come SAFIR e FDS, ha consentito una riproduzione più realistica di quanto possa accadere in termini di tempi di resistenza al fuoco e quindi di energia di irraggiamento generata prima del collasso strutturale.**

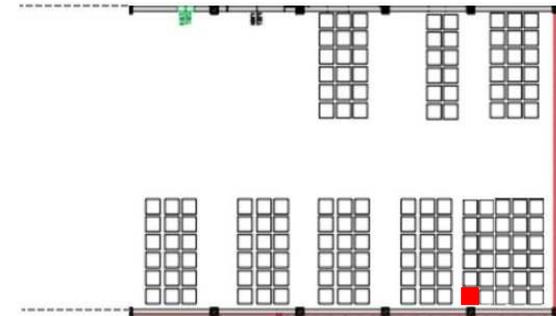
# CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

S.5  
GESTIONE DELLA  
SICUREZZA ANTINCENDIO

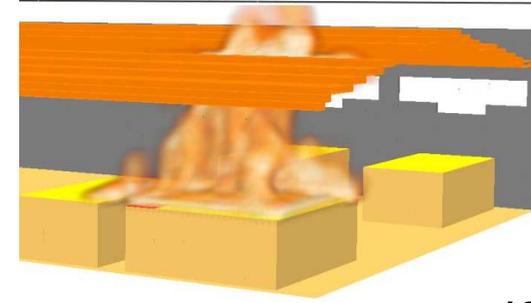
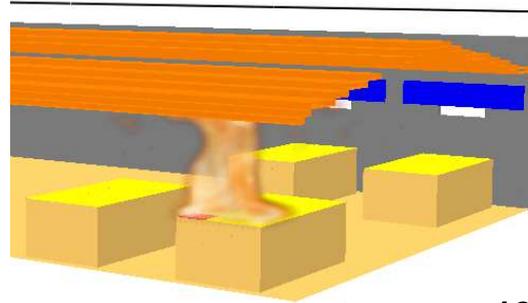
Situazione di normale esercizio



Situazione non contemplata nel GSA



S.3  
COMPARTIMENTAZIONE



$t_{\text{collasso}} = 1908 \text{ sec}$

$t_{\text{collasso}} = 1235 \text{ sec}$

S.2  
RESISTENZA AL FUOCO

