



**CERTIFICAZIONE DELLA RESISTENZA AL FUOCO  
DI ELEMENTI COSTRUTTIVI PORTANTI E/O SEPARANTI**  
(con esclusione delle porte e degli elementi di chiusura)  
*ai sensi del punto 1.2 dell'allegato II del D.M. 4 maggio 1998*

Il sottoscritto dott.ing. Davide Dal Mas, iscritto nell'Albo degli Ingegneri della Provincia di Milano al n°17986, c.f. DLM DVD 68D06 F205Q, con studio in Milano, viale Romagna 74, tel.02.2668.0437, iscritto nell'elenco dei professionisti antincendio del Min.Int. con codice di abilitazione MI-17986-I-2214,

**CERTIFICA**

la resistenza al fuoco delle seguenti strutture, ubicate presso l'Ex **Stabilimento CEAT**, sito a Torino, Via Leoncavallo n°25, piano ammezzato:

n°	Elemento costruttivo	Funzione	$\theta_{cr}$ [°C]	Spessore lastre	Resistenza al fuoco Certificata
1	solai costituiti da solette in lamiera armata e getto in cls collaborante, con travi portanti in acciaio	solai piano ammezzato	550° per elementi in acciaio (travi e lamiera armata)  150°C all'estradosso dei solai  Rif. I.G.n°178081/2574RF	controsoffitto realizzato con n°2 lastre Placoflam PPF 15 da 15mm posate in aderenza all'intradosso delle travi in acciaio	REI 120

## 1. INCARICO

Io sottoscritto Dott. Ing. Davide Dal Mas, iscritto nell'Albo degli Ingegneri della Provincia di Milano al n°17986, c.f. DLM DVD 68D06 F205Q, con studio in Milano, viale Romagna 74, tel.02.2668.0437, iscritto nell'elenco dei professionisti antincendio del Min.Int. con codice di abilitazione MI-17986-I-2214, ho provveduto ad effettuare la presente relazione relativa alle protezioni antincendio di elementi in acciaio e in conglomerato cementizio, come meglio descritti più avanti, ubicati presso l'Ex Stabilimento CEAT", sito a Torino, Via Leoncavallo n°25, piano ammezzato.

La verifica è effettuata su incarico della "Vinilux srl", con riferimento alle lastre antincendio Placo PPF da 15mm della BPB Italia spa Divisione Placo.

Non sono stati forniti calcoli strutturali, nè planimetrie.

La resistenza al fuoco certificata è di REI120.

## 2. GENERALITA' SULLA RESISTENZA AL FUOCO DEGLI ELEMENTI IN ACCIAIO

Il dimensionamento viene effettuato secondo il metodo analitico proposto dalla norma UNI 9503 "procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi in acciaio".

Il metodo di calcolo è applicabile a singoli elementi strutturali soggetti a sollecitazioni semplici (trazione, compressione, flessione) realizzati con acciai laminati a caldo della qualità Fe 360, Fe 430 e Fe 510, gradi B, C e D di cui alla UNI 7070.

Il calcolo della resistenza al fuoco si effettua valutando separatamente:

- la variazione di temperatura dell'elemento in funzione del tempo di esposizione al fuoco normalizzato secondo la UNI 7678;
- la variazione di capacità portante dell'elemento in funzione della sua temperatura;
- la temperatura critica dell'elemento, secondo il metodo il metodo semiprobabilistico agli stati limite, in base alle azioni di calcolo.

Ipotesi di base assunte:

- per gli elementi protetti da un rivestimento isolante leggero con contenuto di umidità trascurabile, l'incremento di temperatura nel tempo  $\Delta t$  si può calcolare con la seguente relazione:

$$\Delta\theta_a = 1/\rho_a c_a \times \lambda_i/d_i \times S(\theta_f - \theta_a)\Delta t/V$$

- dove:
- $\Delta\theta_a$  è l'incremento di temperatura dell'elemento
  - $\rho_a$  è la massa volumica dell'acciaio = 7850kg/m<sup>3</sup>
  - $c_a$  è il calore specifico dell'acciaio = 520 J/kg °C
  - $\lambda_i, d_i$  sono la conduttività termica e lo spessore del rivestimento
  - $\theta_f$  è la temperatura del fuoco normalizzato UNI 7678
  - $\theta_a$  è la temperatura dell'elemento in °C
  - $S$  è la superficie dell'elemento esposta al fuoco per unità di lunghezza, in metri

$V$  è il volume dell'elemento per unità di lunghezza, in  $m^2$

- b) la variazione con la temperatura del limite convenzionale di snervamento dell'acciaio normale per carpenteria laminata a caldo è rappresentata per temperature inferiori a  $600^\circ C$  dalla relazione:

$$f_{y,\theta} = f_y [1 + \theta_a / (767 \ln(\theta_a / 1750))]$$

dove:  $f_{y,\theta}$  è il limite convenzionale di snervamento ad alta temperatura  
 $f_y$  è la tensione di snervamento a temperatura ordinaria

- c) la temperatura critica di un elemento di acciaio dipende dalla sollecitazione e dallo schema statico; essa si calcola valutando lo stato limite ultimo di collasso, in funzione della variazione della resistenza meccanica dell'acciaio con la temperatura, mediante la seguente relazione:

$$\chi P / P_u = f_{y,\theta} / f_y$$

dove:  $\chi$  è un fattore correttivo pari a 0,85  
 $P$  è il carico sull'elemento conseguente all'azione di calcolo  $F_d$   
 $P_u$  è il carico sull'elemento tale da comportare, a temperatura ordinaria, il raggiungimento dello stato limite ultimo di collasso

$f_{y,\theta}$  è il limite convenzionale di snervamento ad alta temperatura

$f_y$  è la tensione di snervamento a temperatura ordinaria

- d) le azioni di calcolo sono pari a:

$$F_d = G_k + Q_{1K} + 0,7Q_{2K,j}$$

dove:  $F_d$  è il valore dell'azione di calcolo  
 $G_k$  è il valore caratteristico delle azioni permanenti  
 $Q_{1K}$  è il valore caratteristico delle azioni di lunga durata  
 $Q_{2K,j}$  è il valore caratteristico di una delle seguenti azioni variabili di breve durata con  
 $j = 1$  vento  
 $j = 2$  neve  
 $j = 3$  altre azioni rare

ed inoltre:

- si deve tenere conto anche delle azioni interne dovute, in caso di incendio, all'eventuale impedimento alle dilatazioni;
- è ammesso non tenere conto delle azioni sismiche;

- e) la conduttività termica dell'acciaio è infinita e quindi la temperatura dell'intero elemento sia uniforme;
- f) il comportamento dell'acciaio è descrivibile, a qualunque temperatura, come idealmente elasto-plastico.

### 3. GENERALITA' SULLA RESISTENZA AL FUOCO DEGLI ELEMENTI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO

Il dimensionamento viene effettuato secondo il metodo analitico proposto dalla norma UNI 9502 "procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso".

Il metodo di calcolo è applicabile sia a singoli elementi strutturali di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, soggetti a sollecitazioni semplici e composte, sia a elementi di conglomerato cementizio protetti con idonei rivestimenti continui.

Il calcolo della resistenza al fuoco si articola come segue:

- determinazione della distribuzione della temperatura nell'elemento al variare del tempo di esposizione all'incendio normalizzato secondo la UNI 7678;
- determinazione delle variazioni delle proprietà meccaniche dei materiali costruttivi al variare della temperatura;
- verifica della capacità portante allo stato limite ultimo di collasso secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite.

Ipotesi di base assunte:

- la distribuzione di temperatura nell'elemento nel tempo si può calcolare con la seguente relazione:

$$\rho_c c_c \delta\theta_c / \delta t = \text{div} \lambda_c (\text{grad} \theta_c)$$

dove:  $\theta_c$  è la temperatura del cls  
 $\rho_c$  è la massa volumica in kg/m<sup>3</sup> del cls = 2400 - 0,56  $\theta_c$   
 $c_c$  è il calore specifico del cls = 920 J/kg °C  
 $\lambda_c$  è la conduttività termica del cls, pari a  
 $\lambda_c(\theta_c) = 1,63 - 1,74 \times 10^{-3} \theta_c + 6,95 \times 10^{-7} \theta_c^2$   
 $t$  è il tempo a partire dall'incendio

La norma UNI 9502 fornisce alcune tabelle in cui sono riportate le temperature in funzione della distanza dalla superficie esposta al fuoco, per alcuni tipi di strutture quali solette, travi e pilastri.

Per la determinazione delle temperature in presenza di rivestimenti protettivi, si possono adottare le tabelle di cui alla norma aggiungendo agli spessori del conglomerato cementizio lo spessore equivalente.

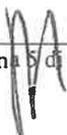
Si definisce spessore equivalente del materiale protettivo lo spessore del conglomerato cementizio che occorrerebbe per esercitare lo stesso grado di protezione del rivestimento protettivo applicato.

- le proprietà meccaniche dei materiali e i valori caratteristici di resistenza al fuoco ad essi associati variano con la temperatura alla quale sono sottoposti. La norma UNI 9502 fornisce le variazioni convenzionali delle resistenze meccaniche dei seguenti materiali:

- conglomerato cementizio:

$$\varphi_c = R_c(\theta_c) / R_{ck} \quad e \quad \varphi_{ct} = f_{ct}(\theta_c) / f_{ctk}$$

dove:  $\varphi_c$  è il fattore di riduzione della resistenza  
 $R_c(\theta_c)$  è la resistenza a compressione a temperatura  $\theta_c$



$R_{ck}$  è la resistenza caratteristica a compressione a 20°C

$f_{ct}(\theta_c)$  è la resistenza a trazione a temperatura  $\theta_c$

$f_{ctk}$  è la resistenza caratteristica a trazione a 20°C

nella norma UNI 9502 viene riportato l'andamento di  $\varphi_c$  in funzione di  $\theta_c$

- acciaio (armatura lenta):

$$\varphi_a = f_y(\theta_a) / f_{yk}$$

dove:  $\varphi_a$  è il fattore di riduzione della resistenza

$f_y(\theta_a)$  è la tensione di snervamento alla temperatura di 20°C

$f_{yk}$  è la tensione caratteristica di snervamento alla temperatura di 20°C

nella norma UNI 9502 viene riportato l'andamento di  $\varphi_a$  in funzione di  $\theta_a$

- acciaio per precompressione:

$$\varphi_p = f_{pt}(\theta_a) / f_{ptk}$$

dove:  $\varphi_p$  è il fattore di riduzione della resistenza

$f_{pt}(\theta_a)$  è la tensione di rottura alla temperatura di 20°C

$f_{ptk}$  è la tensione caratteristica di rottura alla temperatura di 20°C

nella norma UNI 9502 viene riportato l'andamento di  $\varphi_p$  in funzione di  $\theta_a$

c) la verifica della capacità portante viene eseguita riducendo puntualmente le sezioni resistenti del conglomerato cementizio e dell'acciaio mediante i fattori  $\varphi_c$ ,  $\varphi_a$ ,  $\varphi_p$  e calcolando la resistenza allo stato limite ultimo di collasso in base alle azioni di calcolo.

d) le azioni di calcolo sono pari a:

$$F_{d\theta} = G_k + \varphi_p P_k + Q_{1K} + 0,7Q_{2K,j}$$

dove:  $F_{d\theta}$  è il valore dell'azione di calcolo

$G_k$  è il valore caratteristico delle azioni permanenti

$\varphi_p$  è il fattore di riduzione della forza di precompressione

$P_k$  è il valore caratteristico della forza di precompressione

$Q_{1K}$  è il valore caratteristico delle azioni di lunga durata

$Q_{2K,j}$  è il valore caratteristico di una delle seguenti azioni

variabili di breve durata con

j = 1 vento

j = 2 neve

j = 3 altre azioni rare

ed inoltre:

- si deve tenere conto anche delle azioni interne dovute, in caso di incendio, all'eventuale impedimento alle dilatazioni;

- è ammesso non tenere conto delle azioni sismiche e di quelle di natura dinamica;

e) la temperatura dell'acciaio è uguale a quella del conglomerato cementizio che lo avvolge.

#### 4. CARATTERISTICHE RIVESTIMENTO PROTETTIVO

Le lastre utilizzate sono le Placo PPF BPB Italia spa da 15mm con elevata resistenza al fuoco.

Le lastre Placo PPF sono rivestite su entrambe le facce di cartone speciale a bassissimo potere calorifico superiore.

Le lastre sono fissate mediante viti autofilettanti a strutture ad omega in acciaio zincato.

I giunti fra le lastre sono trattati con stucco a base gesso e nastro d'armatura.

Solaio: esiste un certificato di resistenza al fuoco adattabile alla presente situazione: I.G. n°178081/2574RF in cui con n°1 lastra PPF 15 posata in aderenza con struttura 48x18mm ad un solaio in c.a. con alleggerimenti in laterizio (15mm di intonaco, 160mm di laterizio, 40mm di cappa superiore) si è raggiunto un REI 120.

Si allega la mappatura termica del solaio in oggetto.

## 5. DIMENSIONAMENTO DELLA PROTEZIONE

Si tratta di solai costituiti da lamiera d'acciaio armata con getto collaborante in cls, e travi in acciaio.

Nel caso specifico non si conoscono le reali sollecitazioni a cui sono sottoposti i montanti d'acciaio.

In favore della sicurezza si considera che gli elementi in acciaio siano soggetti alla massima sollecitazione limite per non avere lo stato ultimo di snervamento. Tenendo conto dei coefficienti di sicurezza dei materiali, assunte le sollecitazioni massime gravanti sugli elementi, e considerando la fig.1 della norma UNI 9503, si considerano le seguenti temperature critiche:

- per elementi sottoposti a flessione:  $\theta_{cr} = 550^{\circ}\text{C}$
- per elementi sottoposti a pressoflessione:  $\theta_{cr} = 500^{\circ}\text{C}$

Si calcola quindi lo spessore delle lastre antincendio in grado di impedire il raggiungimento delle temperature critiche. All'estradosso la temperatura massima raggiungibile è di  $150^{\circ}\text{C}$ .

n°	Elemento costruttivo	Funzione	$\theta_{cr}$ [°C]	Spessore lastre	Resistenza al fuoco Certificata
1	solai costituiti da solette in lamiera armata e getto in cls collaborante, con travi portanti in acciaio	solai piano ammezzato	550° per elementi in acciaio (travi e lamiera armata)  150°C all'estradosso dei solai  Rif. I.G.n°178081/2574RF	controsoffitto realizzato con n°2 lastre Placoflam PPF 15 da 15mm posate in aderenza all'intradosso delle travi in acciaio	REI 120

L'analisi termica delle strutture viene eseguita con l'ausilio del programma di calcolo ad elementi finiti "Resistenza al fuoco Top" ver.12.0 della AMV srl, Via Roma 96, Ronchi dei Legionari (GO).

## 6. RIFERIMENTI NORMATIVI

- Decreto Ministeriale 4 maggio 1998
- Decreto n.37 del 12 dicembre 1998
- Norma UNI 468 *Barre tonde d'acciaio con zona di tolleranza h11*
- Norma UNI 472 *Barre quadre d'acciaio trafilate con zona di tolleranza h11*
- Norma UNI 757 *Barre piatte d'acciaio trafilate con zona di tolleranza h11*
- Norma UNI 5397 *Prodotti finiti di acciaio laminati a caldo – Travi HE ad ali larghe parallele*
- Norma UNI 5398 *Prodotti finiti di acciaio laminati a caldo – Travi IPE ad ali strette parallele*
- Norma UNI 5679 *Prodotti finiti di acciaio laminati a caldo – Travi IPN*
- Norma UNI 5680 *Prodotti finiti di acciaio laminati a caldo – Travi UPN*
- Norma UNI 6762 *Profilati di acciaio laminati a caldo – Profilati a L a spigoli vivi e lati diseguali*
- Norma UNI 7677 *Prove al fuoco – termini e definizioni*
- Norma UNI 7678 *Elementi costruttivi – Prove di resistenza al fuoco*
- Norma UNI 7807 *Prodotti finiti di acciaio formati a caldo per costruzioni metalliche – Profilati cavi circolari*
- Norma UNI 7808 *Prodotti finiti di acciaio formati a caldo per costruzioni metalliche – Profilati cavi quadrati*
- Norma UNI 7809 *Prodotti finiti di acciaio formati a caldo per costruzioni metalliche – Profilati cavi rettangolari*
- Norma UNI 6407 *Prodotti finiti laminati d'acciaio per armature per cemento armato non precompresso*
- Norma UNI 9502 *Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di conglomerato cementizio, normale e precompresso*
- Norma Uni 9503 *Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi in acciaio*





### Classificazione.

Dall'esame dei risultati emersi dalla prova eseguita sul solaio piano in cemento armato con alleggerimento in laterizio intonacato sulla superficie d'intradosso e protetto inferiormente con rivestimento in lastre di gesso rivestito denominate "PLACO PPF 15 / RIGIPS RF 15", sopra descritto, prodotto e presentato dalla ditta BPB Italia S.p.A. - Viale Matteotti, 62 - 20092 Cinisello Balsamo (MI), si deduce che la durata di resistenza al fuoco del campione è stata di 131 minuti.

Pertanto, secondo quanto riportato nella Circolare n. 91 del Ministero dell'Interno - Direzione Generale dei Servizi Antincendi del 14/09/1961 e nel D.M. 30/11/1983, il campione in prova viene classificato

**REI 120**

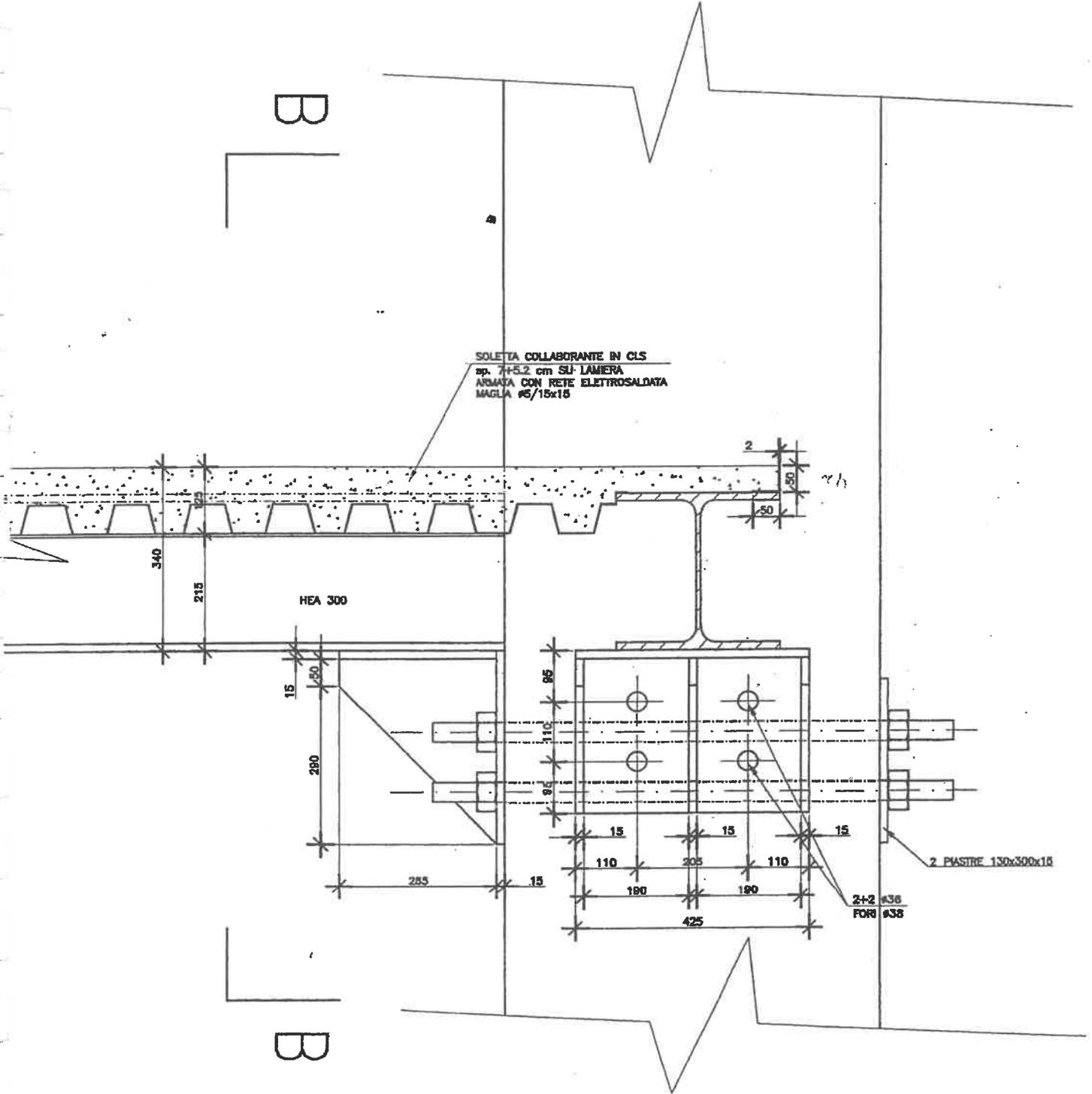
e quindi il campione stesso può essere impiegato in compartimenti antincendio di Classe non superiore a REI 120, purché le condizioni di carico non comportino il superamento del momento flettente massimo realizzato durante la prova, corrispondente a  $M = 45,32 \text{ kN}\cdot\text{m}$ .

Bellaria, 04/12/2003



Il Presidente o  
l'Amministratore Delegato  
**Dott. Ing. Vincenzo Iommi**

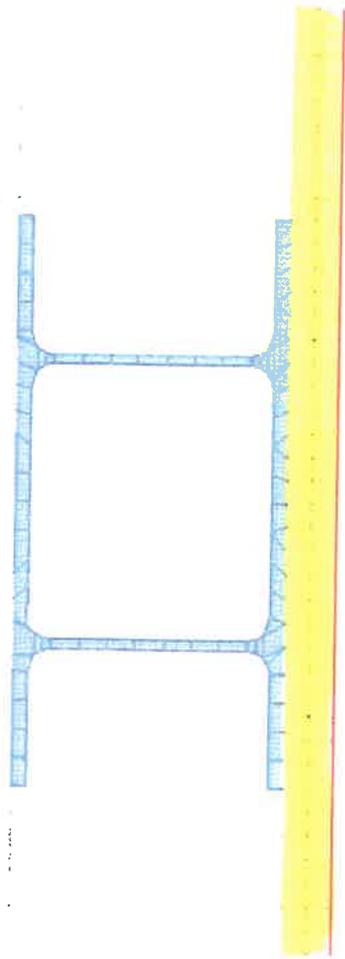
# DETTAGLIO 8



VISTA A-A - scala 1:10

# DETTAGLIO 9





CONTROSOFFITTO IN CARTONGESSO CON n°2 LASTRE PPF 15 DA 15mm A PROTEZIONE DI SOLAIO IN LAMIERA ARMATA E GETTO IN CLS  
 CON TRAVI IN ACCIAIO (in rosso il lato esposto al fuoco).

Materiale		Temp.	Condutt.	Cal. spec.	Densita'	Materiale		Temp.	Condutt.	Cal. spec.	Densita'
.....	CLS	20.0	+1.960e+000	+9.132e+002	+2.300e+003	.....	LASTRE PPF 15 da 15mm	20.0	+2.100e-001	+8.400e+002	+8.150e+002
		100.0	+1.808e+000	+9.639e+002	+2.300e+003			100.0	+2.100e-001	+8.400e+002	+8.150e+002
		150.0	+1.719e+000	+9.938e+002	+2.300e+003			150.0	+2.100e-001	+8.400e+002	+8.150e+002
		200.0	+1.633e+000	+1.022e+003	+2.300e+003			200.0	+2.100e-001	+8.400e+002	+8.150e+002
		300.0	+1.475e+000	+1.075e+003	+2.300e+003			300.0	+2.100e-001	+8.400e+002	+8.150e+002
		450.0	+1.269e+000	+1.144e+003	+2.300e+003			450.0	+2.100e-001	+8.400e+002	+8.150e+002
		600.0	+1.100e+000	+1.200e+003	+2.300e+003			600.0	+2.100e-001	+8.400e+002	+8.150e+002
		750.0	+9.690e-001	+1.244e+003	+2.300e+003			750.0	+2.100e-001	+8.400e+002	+8.150e+002
		900.0	+8.750e-001	+1.275e+003	+2.300e+003			900.0	+2.100e-001	+8.400e+002	+8.150e+002
		1200.0	+8.000e-001	+1.300e+003	+2.300e+003			1200.0	+2.100e-001	+8.400e+002	+8.150e+002

