

L'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
unitamente alla Fondazione dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma,
al Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco e a Fondazione Promozione Acciaio
propone il Seminario tecnico gratuito:

**LA RESISTENZA AL FUOCO
DELLE COSTRUZIONI DI ACCIAIO**
ai sensi delle Norme Tecniche di Prevenzione Incendi
e delle Norme Tecniche per le Costruzioni

martedì 5 novembre 2024 - ore 9:00 / 17:00
Aula Magna, ISA - Istituto Superiore Antincendi, Via del Commercio 13, Roma

LA QUALIFICAZIONE DEI SISTEMI PROTETTIVI E LE STRUTTURE DI ACCIAIO PROTETTE

ing. Paola Princi



LE STRUTTURE IN ACCIAIO PROTETTE

Strutture di acciaio: capacità portante ed aumento della temperatura

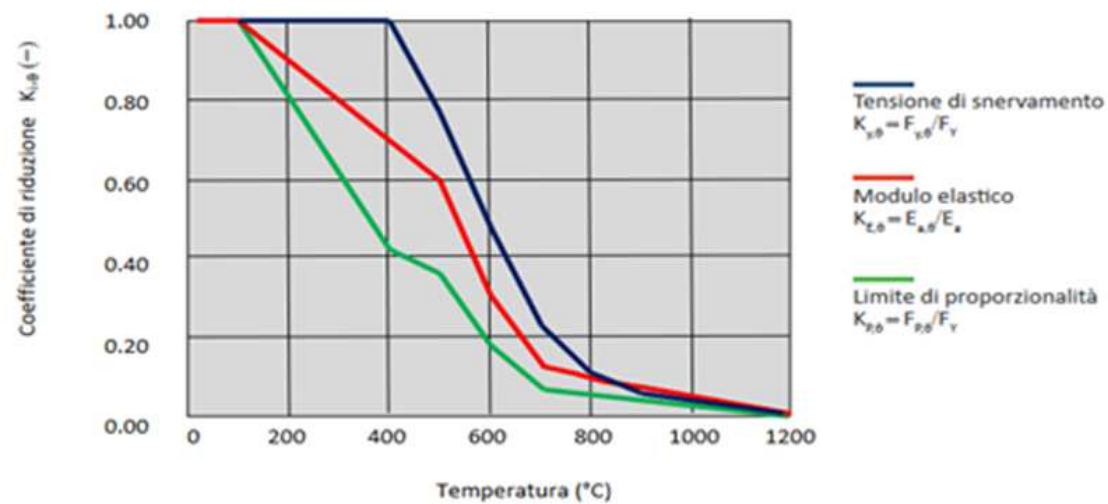


Figura 1 – Curve di riduzione delle caratteristiche meccaniche dell'acciaio con la temperatura

Introduzione

LA QUALIFICAZIONE DEI SISTEMI PROTETTIVI E LE STRUTTURE DI ACCIAIO PROTETTE

$$\Delta\theta_{a,t} = \frac{\lambda_p A_p / V (\theta_{g,t} - \theta_{a,t})}{d_p c_a \rho_a (1 + \phi/3)} \Delta t - (e^{\phi/10} - 1) \Delta\theta_{g,t} \quad (\text{ma } \Delta\theta_{a,t} \geq 0 \text{ se } \Delta\theta_{g,t} > 0)$$

con:

$$\phi = \frac{c_p \rho_p}{c_a \rho_a} d_p A_p / V$$

A_p/V è il fattore di sezione per elementi di acciaio isolati tramite un materiale protettivo antincendio;

c_a è il calore specifico, dipendente dalla temperatura, dell'acciaio, di cui alla sezione 3 [J/kgK];

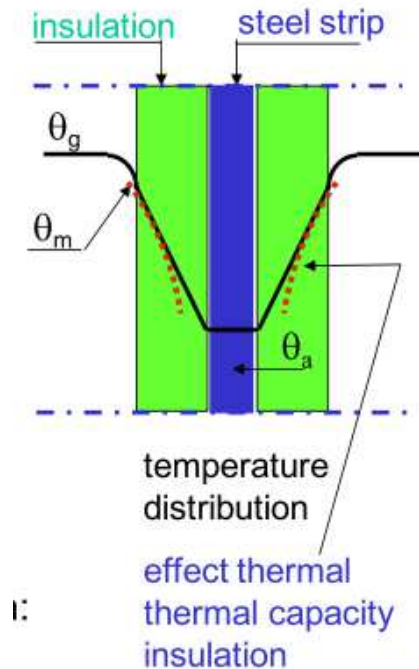
c_p è il calore specifico, indipendente dalla temperatura, del materiale protettivo antincendio [J/kgK];

d_p è lo spessore del materiale protettivo antincendio [m];

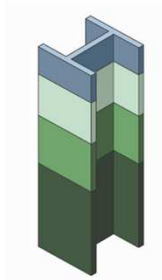
λ_p è la conducibilità termica del sistema di protezione antincendio [W/mK];

ρ_a è la massa volumica dell'acciaio, di cui alla Sezione 3 [kg/m³];

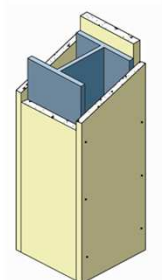
ρ_p è la massa volumica del materiale protettivo antincendio [kg/m³].



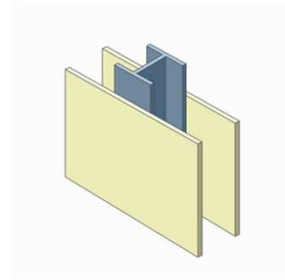
TIPOLOGIA DELLE PROTEZIONI



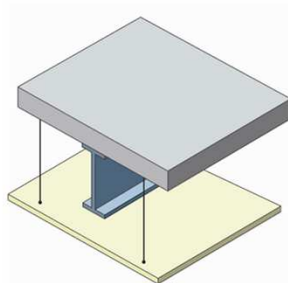
Vernici intumescenti



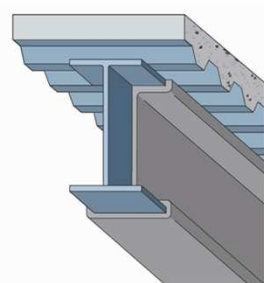
Pannelli



Pannelli verticali



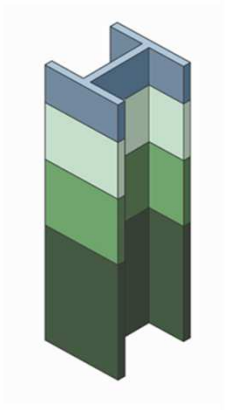
Controsoffitti



Intonaci spruzzati

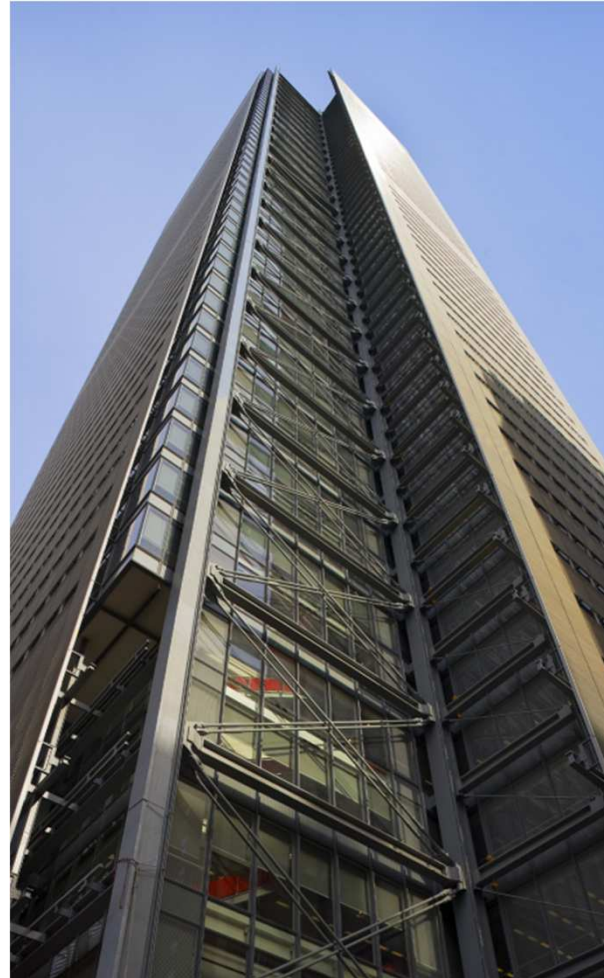
Pitture INTUMESCENTI

- A solvente, all'acqua
- Epossidiche
- ...



Fattori da considerare:

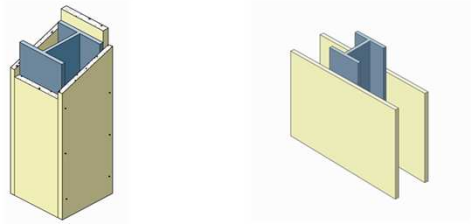
- ✓ Applicazione: in officina o in cantiere
- ✓ Cicli di applicazione
- ✓ Progetto: influenza della sezione e della T critica
- ✓ Economia
- ✓ Manutenzione



The New York Times Building, 2007

BOARDS

- a base di gesso
- a base di calcio-silicati
- a base di vermiculite
- ...



Fattori da considerare:

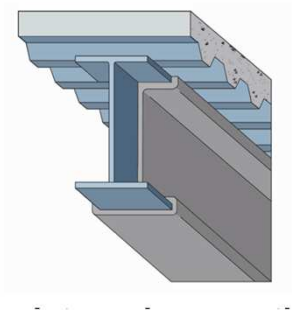
- ✓ Dettagli costruttivi
- ✓ Interazione con gli impianti



Intonaci spruzzati

Base del rivestimento:

- gesso
- vermiculite
- perlite
- ...



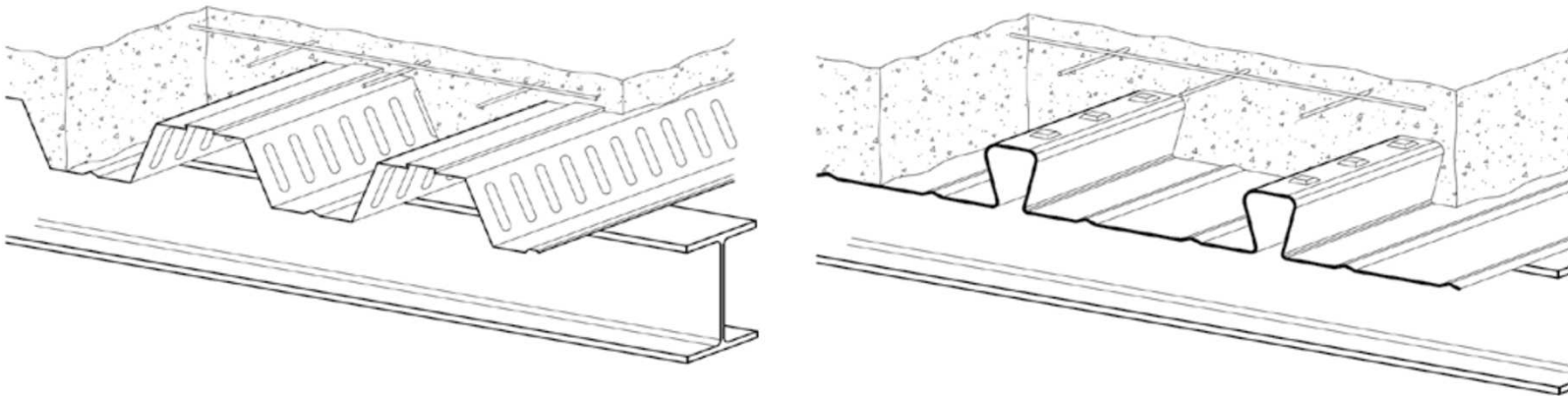
Fattori da considerare:

- ✓ esposizione (umidità)
- ✓ fase del cantiere
- ✓ bassa resistenza agli urti
- ✓ resa estetica

Solette composte acciaio-clt

Soluzioni antincendio

- fase del progetto



APPENDICE
(informativa)

**D MODELLO PER IL CALCOLO DELLA RESISTENZA AL FUOCO DI SOLETTE
COMPOSTE NON PROTETTE ESPOSTE AL FUOCO AL DI SOTTO DELLA SOLETTA
SECONDO LA CURVA TEMPERATURA-TEMPO NORMALIZZATA**

Solette composte acciaio-clc

4.3.3

Solette composte protette

- (1) È possibile ottenere un miglioramento della resistenza al fuoco di solette composte utilizzando un sistema di protezione applicato alla lamiera di acciaio in modo da diminuire la trasmissione del calore alla soletta composta.
- (2) Si raccomanda che la prestazione del sistema di protezione utilizzato per una soletta composta sia valutata secondo:
 - ENV 13381-1 per controsoffitti;
 - ENV 13381-5 per materiali protettivi.
- (3) Il criterio di isolamento termico "I" è valutato sottraendo dallo spessore efficace h_{eff} lo spessore equivalente di calcestruzzo del sistema di protezione (vedere ENV 13381-5).
- (4) Il criterio portante "R" è soddisfatto fintanto che la temperatura della lamiera di acciaio della soletta composta è minore o uguale a 350 °C, quando riscaldata dal basso dall'incendio normalizzato.

Nota La resistenza al fuoco, relativamente al criterio portante "R", di solette composte protette è almeno 30' [vedere punto 4.3.2(5)].

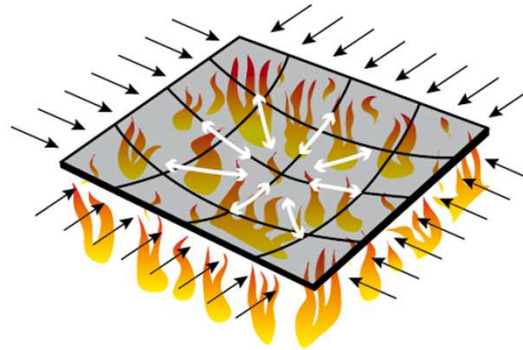
- (5) Per una progettazione conforme alla EN 1994-1-1, la resistenza all'incendio di solette composte di calcestruzzo con lamiere grecate di acciaio, con o senza armatura aggiuntiva, è di almeno 30 min, quando valutata rispetto al criterio portante "R" secondo (1)P del punto 2.1.2. Per dei metodi atti a verificare il soddisfacimento del criterio di isolamento termico "I", vedere di seguito.

Solette composte acciaio-clc: Soluzioni antincendio

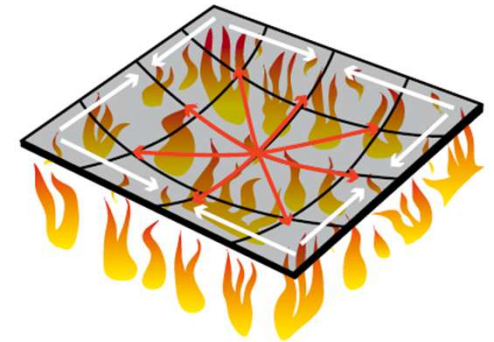
- Progetto
(..., Fracof+, MACS+)



Compressive arching



Tensile membrane action



- Soluzione progettuale



Prestazione di **resistenza al fuoco** - Soluzioni progettuali:

- **conformi;**
- **alternative,**

Strutture di **acciaio protette** - Soluzioni progettuali:

- **conformi;**
- **alternative,**

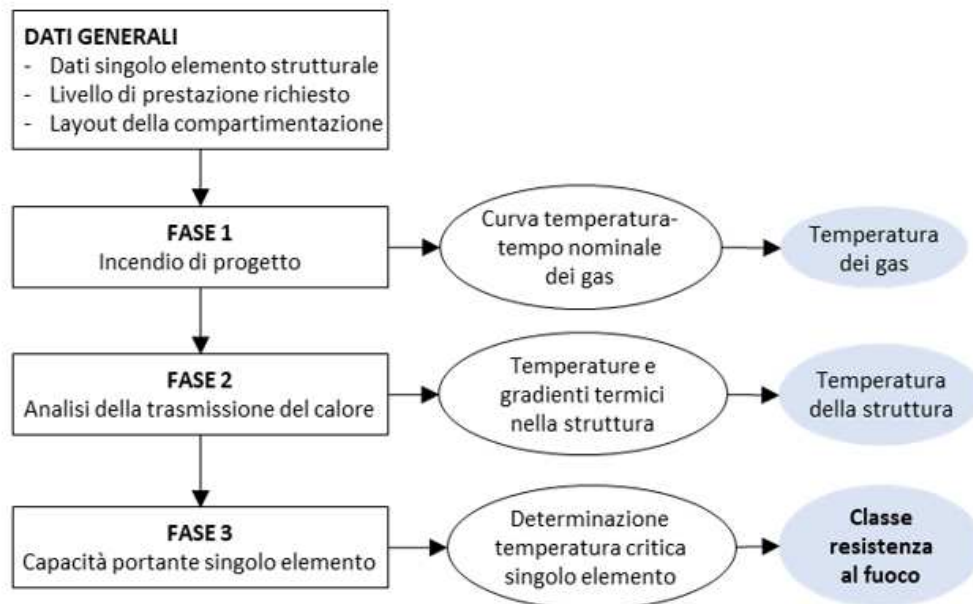


Figura 5 - Classe di resistenza al fuoco: soluzione progettuale conforme di un elemento strutturale di acciaio protetto

Introduzione

LA QUALIFICAZIONE DEI SISTEMI PROTETTIVI E LE STRUTTURE DI ACCIAIO PROTETTE

MINISTERO DELL'INTERNO

**DIPARTIMENTO DEI VIGILI DEL FUOCO, DEL SOCCORSO PUBBLICO E DELLA DIFESA CIVILE
DIREZIONE CENTRALE PER LA PREVENZIONE E LA SICUREZZA TECNICA
UFFICIO PREVENZIONE INCENDI E IL RISCHIO INDUSTRIALE**

PROT. n. 0009962

Roma, 24 luglio 2020

OGGETTO: Decreto 3 agosto 2015 e s.m.i. - Capitolo S.2 - Implementazione di soluzioni alternative di resistenza al fuoco. Chiarimenti e indirizzi applicativi.

- **Utilizzo di curve naturali per la verifica di elementi strutturali con protettivi (ad es. vernici intumescenti, intonaci protettivi, lastre, ecc.).** Sono in corso diverse attività di ricerca, sia nell'industria e sia nel mondo accademico, finalizzate a verificare se e come si potrà procedere alle verifiche di elementi protetti esposti ad incendi naturali; ad oggi, oltre a tenere conto delle considerazioni riportate nel punto precedente, ciò non è possibile per i seguenti motivi:
 - o essendo i protettivi certificati sperimentalmente con curve nominali, i cui esiti sono sintetizzati nei relativi rapporti di valutazione, non è possibile certificare in alcun modo le proprietà di aderenza e di comportamento di un protettivo a temperature ed a gradienti differenti da quelli di una curva nominale, che, contrariamente a quelle naturali, è strettamente crescente;
 - o inoltre, non è noto il comportamento (aderenza e variazione delle proprietà fisiche e chimiche con la temperatura) dei protettivi in fase di raffreddamento (fattore necessario ed ineludibile quando la verifica della resistenza al fuoco viene effettuata con esposizione alla curva naturale di incendio).

Protezione antincendio

- protettivi passivi



Acciaio-rivestimento passivo con
intonaco antincendio

- materiali

Table 5.2 Average materials properties of main fire protection materials

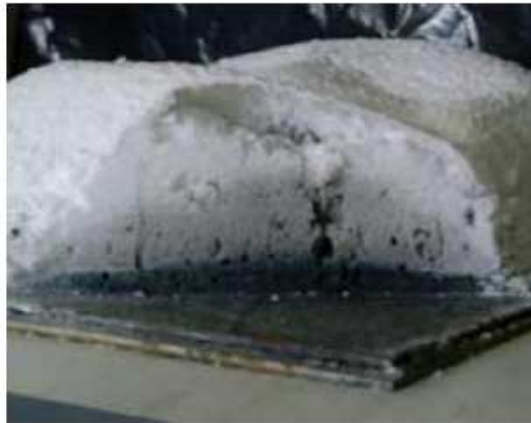
Material		Density ρ_p [(kg/m ³)	Conductivity λ_p [W/mK]	Specific heat C_p [J/kgK]
Sprays	Mineral fibre	300	0,12	1200
	Vermiculite and cement	350	0,12	1200
	perlite	350	0,12	1200
High density sprays	vermiculite (or perlite) and cement	550	0,12	1100
	vermiculite (or perlite) and gypsum	650	0,12	1100
Boards	vermiculite (or perlite) and cement	800	0,2	1200
	fibre-silicate or fibre calcium-silicate	600	0,15	1200
	fibre-cement	800	0,15	1200
	gypsum board	800	0,2	1700
Compressed fibre boards	fibre-silicate, mineral, stone-wool	150	0,2	1200

Protezione antincendio

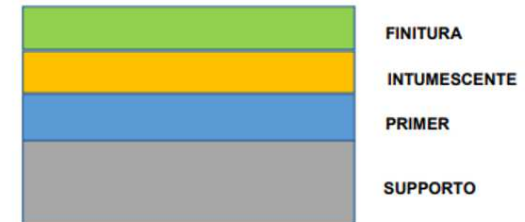
- protettivi reattivi



Acciaio-rivestimento reattivo-
pre incendio



Acciaio-rivestimento reattivo-
post incendio



Il progetto strutturale antincendio

La normativa

**Codice di
prevenzione
incendi
DM 03-08-2015
e s.m.i.**

S.2.12.3 Prodotti e sistemi per la protezione di parti o elementi portanti delle opere di costruzione

Si applica a	Controsoffitti privi di intrinseca resistenza al fuoco (membrane protettive)
Norme	EN 13501-2; EN 13381-1
Classificazione: espressa negli stessi termini previsti per gli elementi portanti protetti	
Annotazioni	Alla classificazione viene aggiunto il simbolo «sn» se il prodotto è conforme ai requisiti previsti per l'incendio «seminaturale»

Tabella S.2-16: Controsoffitti privi di intrinseca resistenza al fuoco (membrane protettive)

Si applica a	Rivestimenti, pannelli, intonaci, vernici e schermi protettivi dal fuoco
Norme	EN 13501-2; EN 13381-2,3,4,5,6,7,8
Classificazione: espressa negli stessi termini previsti per gli elementi portanti protetti	

Tabella S.2-17: Rivestimenti, pannelli, intonaci, vernici e schermi protettivi dal fuoco

EN 1993-1-2

3.4.3

Materiali protettivi antincendio

- (1) Si raccomanda che le proprietà e le prestazioni dei materiali protettivi antincendio utilizzati nel progetto siano state valutate usando le specifiche procedure di prova fornite nella ENV 13381-1, ENV 13381-2 o ENV 13381-4.

Nota

Queste prove comprendono il requisito che i materiali protettivi antincendio dovrebbero rimanere coerenti e aderenti ai loro supporti per tutta l'esposizione ad uno specifico incendio.

Normativa: contributo alla resistenza al fuoco di elementi strutturali

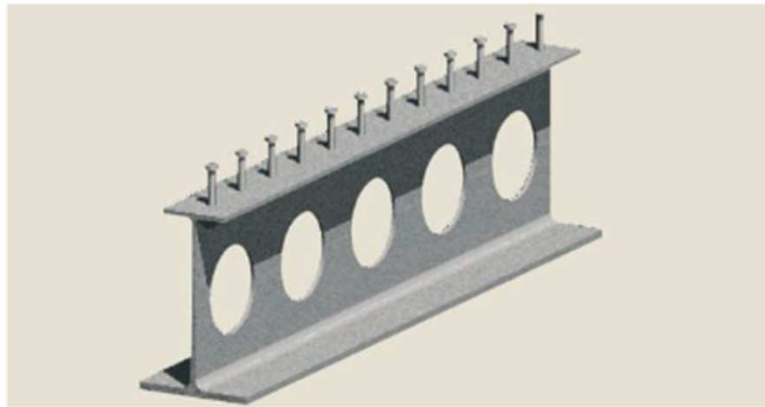
Serie EN 13381

1. UNI EN 13381-1:2020 Metodi di prova per la determinazione del contributo alla resistenza al fuoco di elementi strutturali - Parte 1: Membrane di protezione orizzontali
2. UNI EN 13381-2:2014 Metodi di prova per la determinazione del contributo alla resistenza al fuoco di elementi strutturali - Parte 2: Membrane di protezione verticali
3. UNI EN 13381-3:2015 Metodi di prova per la determinazione del contributo alla resistenza al fuoco di elementi strutturali – Parte 3: Protezione applicata ad elementi di calcestruzzo;
4. UNI EN 13381-4:2013 Metodi di prova per la determinazione del contributo alla resistenza al fuoco di elementi strutturali – Parte 4: Protettivi passivi applicati ad elementi di acciaio;
5. UNI EN 13381-5:2014 Metodi di prova per la determinazione del contributo alla resistenza al fuoco di elementi strutturali – Parte 5: Protezione applicata ad elementi compositi di calcestruzzo/lastre profilate di acciaio;
6. UNI EN 13381-6:2012 Metodi di prova per la determinazione del contributo alla resistenza al fuoco di elementi strutturali – Parte 6: Protezione applicata a colonne cave di acciaio riempite con calcestruzzo;
7. UNI EN 13381-7:2019 Metodi di prova per la determinazione del contributo alla resistenza al fuoco di elementi strutturali – Parte 7: Protezione applicata ad elementi di legno;
8. UNI EN 13381-8:2013 Metodi di prova per la determinazione del contributo alla resistenza al fuoco di elementi strutturali – Parte 8: Protettivi reattivi applicati ad elementi di acciaio;
9. UNI EN 13381-9:2016 Metodi di prova per la determinazione del contributo alla resistenza al fuoco di elementi strutturali – Parte 9: Sistemi di protezione al fuoco applicati a travi di acciaio con anima forata;
10. UNI EN 13381-10:2020 Metodi di prova per la determinazione del contributo alla resistenza al fuoco di elementi strutturali – Parte 10: Protezione applicata alle barre di acciaio massiccio in tensione.

Normativa: contributo alla resistenza al fuoco di elementi strutturali

Serie EN 13381

9. UNI EN 13381-9:2016 Metodi di prova per la determinazione del contributo alla resistenza al fuoco di elementi strutturali – Parte 9: Sistemi di protezione al fuoco applicati a travi di acciaio con anima forata;



Trave alveolare asimmetrica

Il progetto strutturale antincendio

Qualificazione sperimentale dei prodotti ed analisi termica della struttura di acciaio

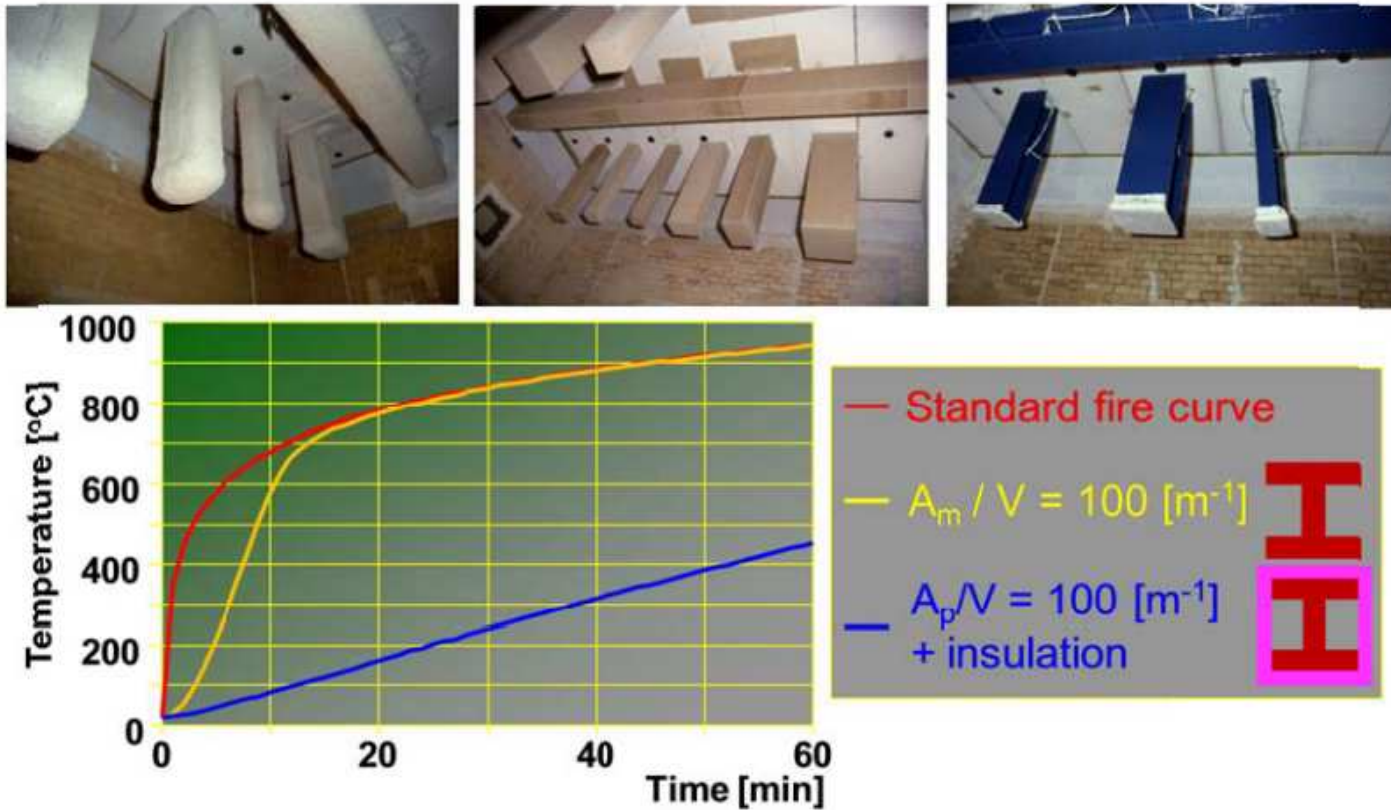


Fig.2.5.14 Examples of three different types of fire protected steel members and heating comparison between bare and fire protected steel members

Introduzione

LA QUALIFICAZIONE DEI SISTEMI PROTETTIVI E LE STRUTTURE DI ACCIAIO PROTETTE

Table A2.1

Required minimum thicknesses of protective material to justify R 15

Shape factor (m ⁻¹)	Minimum required thickness to justify R15 (mm)								
	Standard steel temperatures (°C)								
	350	400	450	500	550	600	650	700	750
50	10	10	10	10	10	10	10	10	10
60	10	10	10	10	10	10	10	10	10
70	10	10	10	10	10	10	10	10	10
80	10	10	10	10	10	10	10	10	10
90	10	10	10	10	10	10	10	10	10
100	10	10	10	10	10	10	10	10	10
110	10	10	10	10	10	10	10	10	10
120	10	10	10	10	10	10	10	10	10
130	10	10	10	10	10	10	10	10	10
140	10	10	10	10	10	10	10	10	10
150	10	10	10	10	10	10	10	10	10
160	10	10	10	10	10	10	10	10	10
170	10	10	10	10	10	10	10	10	10
180	10	10	10	10	10	10	10	10	10
190	10	10	10	10	10	10	10	10	10
200	10	10	10	10	10	10	10	10	10
210	10	10	10	10	10	10	10	10	10
220	10	10	10	10	10	10	10	10	10
230	10	10	10	10	10	10	10	10	10
240	10	10	10	10	10	10	10	10	10
250	10	10	10	10	10	10	10	10	10
260	10	10	10	10	10	10	10	10	10
270	10	10	10	10	10	10	10	10	10
280	10	10	10	10	10	10	10	10	10
290	10	10	10	10	10	10	10	10	10
300	10	10	10	10	10	10	10	10	10
310	10	10	10	10	10	10	10	10	10
320	10	10	10	10	10	10	10	10	10
330	10	10	10	10	10	10	10	10	10
340	10	10	10	10	10	10	10	10	10
350	10	10	10	10	10	10	10	10	10
360	10	10	10	10	10	10	10	10	10
370	10	10	10	10	10	10	10	10	10
380	10	10	10	10	10	10	10	10	10
390	10	10	10	10	10	10	10	10	10
400	10	10	10	10	10	10	10	10	10
410	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Il rapporto di valutazione EN 13381-4

Intonaco antincendio

Introduzione

LA QUALIFICAZIONE DEI SISTEMI PROTETTIVI E LE STRUTTURE DI ACCIAIO PROTETTE

Table 3: I-Section Columns 60 Minutes										
Section Factor up to m ⁻¹	Thickness (mm) Required for a Design Temperature of									
	350°C	400°C	450°C	470°C	500°C	550°C	600°C	650°C	700°C	750°C
75	-	-	0.894	0.820	0.710	0.642	0.584	0.520	0.432	0.344
80	-	-	0.894	0.820	0.730	0.660	0.599	0.529	0.435	0.349
85	-	-	0.894	0.820	0.749	0.678	0.615	0.538	0.439	0.353
90	-	-	0.894	0.820	0.769	0.695	0.631	0.547	0.442	0.358
95	-	-	0.894	0.840	0.788	0.713	0.647	0.556	0.446	0.363
100	-	-	0.894	0.860	0.808	0.731	0.663	0.565	0.449	0.367
105	-	-	0.894	0.880	0.827	0.749	0.678	0.574	0.453	0.372
110	-	-	0.894	0.900	0.846	0.766	0.694	0.588	0.456	0.377
115	-	-	0.932	0.920	0.866	0.784	0.710	0.603	0.460	0.381
120	-	-	0.970	0.940	0.885	0.802	0.726	0.618	0.463	0.386
125	-	-	1.008	0.960	0.905	0.820	0.741	0.634	0.467	0.390
130	-	-	1.046	0.980	0.924	0.838	0.757	0.649	0.470	0.395
135	-	-	1.085	1.009	0.944	0.855	0.773	0.664	0.474	0.400
140	-	-	1.123	1.042	0.963	0.873	0.789	0.679	0.477	0.404
145	-	-	1.161	1.075	0.983	0.891	0.804	0.695	0.481	0.409
150	-	-	1.199	1.108	1.008	0.909	0.820	0.710	0.484	0.414
155	-	-	1.237	1.140	1.035	0.926	0.836	0.725	0.488	0.418
160	-	-	1.275	1.173	1.062	0.944	0.852	0.740	0.491	0.423
165	-	-	1.313	1.206	1.089	0.962	0.867	0.756	0.494	0.428
170	-	-	-	1.239	1.116	0.980	0.883	0.771	0.498	0.432
175	-	-	-	1.272	1.142	0.999	0.899	0.786	0.501	0.437
180	-	-	-	1.305	1.169	1.018	0.915	0.801	0.505	0.442
185	-	-	-	1.338	1.196	1.037	0.930	0.817	0.508	0.446
190	-	-	-	-	1.223	1.057	0.946	0.832	0.512	0.451
195	-	-	-	-	1.250	1.076	0.962	0.847	0.515	0.456
200	-	-	-	-	1.276	1.095	0.978	0.862	0.519	0.460
205	-	-	-	-	1.303	1.115	0.995	0.878	0.522	0.465
210	-	-	-	-	1.330	1.134	1.013	0.893	0.526	0.470
215	-	-	-	-	-	1.153	1.032	0.908	0.529	0.474
220	-	-	-	-	-	1.173	1.050	0.923	0.533	0.479
225	-	-	-	-	-	1.192	1.069	0.939	0.536	0.484
230	-	-	-	-	-	1.211	1.087	0.954	0.540	0.488
235	-	-	-	-	-	1.231	1.106	0.969	0.543	0.493
240	-	-	-	-	-	1.250	1.124	0.984	0.547	0.498
245	-	-	-	-	-	1.269	1.143	1.003	0.550	0.502
250	-	-	-	-	-	1.288	1.161	1.021	0.554	0.507
255	-	-	-	-	-	1.308	1.179	1.040	0.557	0.512
260	-	-	-	-	-	1.327	1.198	1.058	0.560	0.516
265	-	-	-	-	-	-	1.216	1.077	0.564	0.521
270	-	-	-	-	-	-	1.235	1.095	0.567	0.526
275	-	-	-	-	-	-	1.253	1.113	0.571	0.530
280	-	-	-	-	-	-	1.272	1.132	0.576	0.535
285	-	-	-	-	-	-	1.290	1.150	0.998	0.540
290	-	-	-	-	-	-	1.309	1.169	1.015	0.544
295	-	-	-	-	-	-	1.327	1.187	1.033	0.549
300	-	-	-	-	-	-	-	1.206	1.051	0.554
305	-	-	-	-	-	-	-	1.224	1.068	0.558

Thickness is intumescent only. Result is also applicable to beams with 4-sided fire exposure, subject to maximum permitted thickness of 1.335mm.

Il rapporto di valutazione EN 13381-8
Pittura intumescente

La temperatura critica

Soluzioni progettuali conformi:

- (di un singolo elemento) rappresenta la **massima temperatura raggiunta dall'elemento prima della perdita della capacità portante quando esso è esposto all'incendio nominale di progetto in presenza delle azioni meccaniche previste per la condizione di incendio**

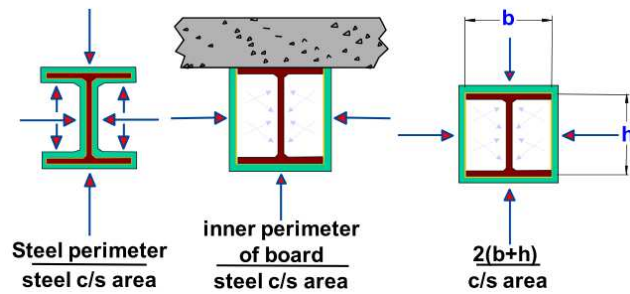
Procedura generale:

- determinazione delle azioni meccaniche in condizioni di incendio;
- applicazione di uno dei metodi di calcolo disponibili per la determinazione della resistenza al fuoco dello specifico elemento, schematizzato con i vincoli corrispondenti allo schema strutturale e soggetto alle sollecitazioni in caso di incendio;
- analisi di aspetti specifici del caso trattato, come ad esempio la verifica dei collegamenti tra differenti elementi strutturali o l'analisi di particolari dettagli costruttivi che non sono compresi nei metodi di calcolo generali applicati

Note:

- In caso di elementi con sezione di classe di duttilità 1,2,3:
metodi di calcolo semplificato (EN 1993-1-2 e Appendice Nazionale)
- In caso di elementi con sezione di classe di duttilità 4:
temperatura critica è assunta pari a 350°C (EN 1993-1-2 e Appendice Nazionale)

Fattori di sezione di elementi di acciaio protetti



Sketch	Description	Section factor (A_p/V)
	Contour encasement of uniform thickness	$\frac{\text{steel perimeter}}{\text{steel cross-section area}}$
	Hollow encasement of uniform thickness ¹⁾	$\frac{2(b+h)}{\text{steel cross-section area}}$
	Contour encasement of uniform thickness, exposed to fire on three sides	$\frac{\text{steel perimeter} - b}{\text{steel cross-section area}}$
	Hollow encasement of uniform thickness, exposed to fire on three sides ¹⁾	$\frac{2h+b}{\text{steel cross-section area}}$

¹⁾ The clearance dimensions c_1 and c_2 should not normally exceed $h/4$

Introduzione

LA QUALIFICAZIONE DEI SISTEMI PROTETTIVI E LE STRUTTURE DI ACCIAIO PROTETTE

La temperatura critica

Le azioni meccaniche in caso di incendio (NTC 2018 – DM 17 gennaio 2018)

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{22} \cdot Q_{k1} + \dots$$

dove:

G_1 e G_2 valore caratteristico delle azioni permanenti;

P presollecitazione;

A_d azioni eccezionali;

ψ_{22} coefficiente di combinazione per i valori quasi permanenti delle azioni variabili;

Q_{k1} valore caratteristico dell'azione principale variabile;

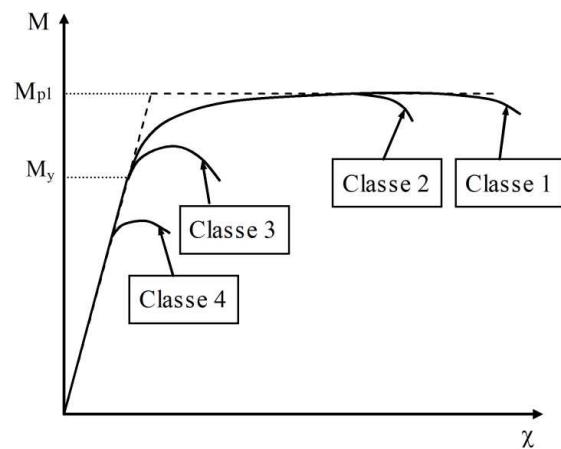
ψ_{2i} coefficiente di combinazione per i valori quasi permanenti delle altre azioni variabili;

Q_{ki} valori caratteristici delle azioni variabili secondarie.

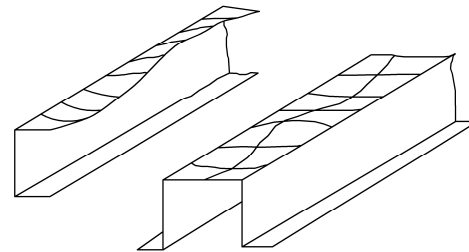
Categoria/Azione variabile	Ψ_{q1}	Ψ_{q2}	Ψ_{q3}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E - Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I - Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K - Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Tabella 2- Valori dei coefficienti di combinazione [9]

Classificazione delle sezioni trasversali



Diagrammi momento-curvatura ($M-\chi$)
per le diverse classi di sezioni.



Instabilità locale di profili sottili ed alveolari

Introduzione

LA QUALIFICAZIONE DEI SISTEMI PROTETTIVI E LE STRUTTURE DI ACCIAIO PROTETTE

Classe di duttilità di elementi di acciaio (EN 1993-1-2)

Tab. 1: Classe di duttilità

Asse di flessione		
Asse di flessione		
Classe	Parti soggette a flessione	Parti soggette a compressione
Distribuzione delle tensioni (positivo se di compressione)		
1	$c/t \leq 72 \text{ E}$	$c/t \leq 33 \text{ E}$
2	$c/t \leq 83 \text{ E}$	$c/t \leq 38 \text{ E}$
Distribuzione delle tensioni (positivo se di compressione)		
3	$c/t \leq 124 \text{ E}$	$c/t \leq 42 \text{ E}$

Tab. 2: Classe di duttilità

Sezioni laminare	
Sezioni saldate	
Classe	Parti soggette a compressione
Distribuzione delle tensioni (positivo se di compressione)	
1	$c/t \leq 9 \text{ E}$
2	$c/t \leq 10 \text{ E}$
3	$c/t \leq 14 \text{ E}$

Tab. 3: Classe di duttilità

Classe	Parti soggette a compressione
Distribuzione delle tensioni (positivo se di compressione)	
3	$h/t \leq 15 \text{ E}; (b+h)/(2t) \leq 11,5 \text{ E}$
Classe	Sezione in flessione e compressione
1	$d/t \leq 50 \text{ E}^2$
2	$d/t \leq 70 \text{ E}^2$
3	$d/t \leq 90 \text{ E}^2$
Nota: per $d/t > 90 \text{ E}^2$ vedi EN 1993-1-6	

Verifica a temperatura ambiente:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

Verifica in caso di incendio:

$$\varepsilon = 0.85 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

f_y	S235	S275	S355	S460
ε	0,85	0,79	0,69	0,61
ε^2	0,72	0,62	0,48	0,37

Introduzione

LA QUALIFICAZIONE DEI SISTEMI PROTETTIVI E LE STRUTTURE DI ACCIAIO PROTETTE

La temperatura critica

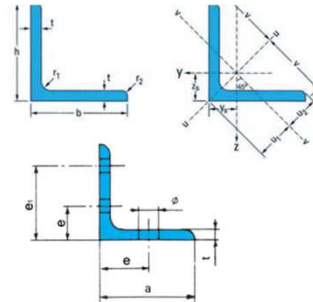
Ottimizzazione dei progetti (ruolo del progettista strutturale antincendio)

- *Sostituzione profili:*
miglioramento classe di duttilità
aumento della temperatura critica

ANGOLARI A LATI UGUALI - dati geometrici

Norme di riferimento:

Dimensioni: UNI EN 10056 1/2



Designazione nominale	Massa	Dimensioni				Area	Dimensioni di costruzione				Posizione degli assi				Superfici da verniciare	
	G kg/m	h = b mm	t mm	r ₁ mm	r ₂ mm	A cm ²	Ø	e _{min} mm	e _{max} mm	A _{net} cm ²	z = y cm	v cm	u ₁ cm	u ₂ cm	A _L m ² /m	A _G m ² /t
L 20 x 20 x 3	0,879	20	3	3,5	2,0	1,12	-	-	-	-	0,596	1,41	0,843	0,700	0,077	87,40
L 25 x 25 x 3	1,11	25	3	3,5	2,0	1,42	-	-	-	-	0,721	1,77	1,02	0,877	0,097	86,88
L 25 x 25 x 4	1,45	25	4	3,5	2,0	1,85	-	-	-	-	0,781	1,77	1,08	0,892	0,097	66,67
L 30 x 30 x 3	1,36	30	3	5	2,5	1,74	-	-	-	-	0,835	2,12	1,18	1,05	0,116	84,87
L 30 x 30 x 4	1,78	30	4	5	2,5	2,27	-	-	-	-	0,878	2,12	1,24	1,06	0,116	65,02
L 35 x 35 x 4	2,09	35	4	5	2,5	2,67	-	-	-	-	1,00	2,47	1,42	1,24	0,136	64,82
L 40 x 40 x 4	2,42	40	4	6	3,0	3,08	-	-	-	-	1,12	2,83	1,58	1,40	0,155	64,07
L 40 x 40 x 5	2,97	40	5	6	3,0	3,79	-	-	-	-	1,16	2,83	1,64	1,41	0,155	52,07

Introduzione

LA QUALIFICAZIONE DEI SISTEMI PROTETTIVI E LE STRUTTURE DI ACCIAIO PROTETTE

La temperatura critica

Ottimizzazione dei progetti (ruolo del progettista strutturale antincendio)

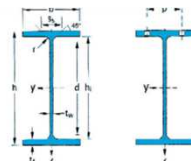
- *Sostituzione profili:*
riduzione del fattore di sezione

ipe, ipe-a, ipe-o TRAVI EUROPEE - dati geometrici

Norme di riferimento:

Dimensioni: IPE 80-600 UNI 5398 (EU 19-57)

Tolleranze: EN 10034



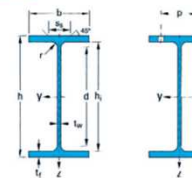
Designazione nominale	Massa G kg/m	h mm	b mm	t _w mm	t _f mm	r mm	Area A cm ²	h _i mm	d mm	Ø mm	P _{min} mm	P _{max} mm	Superficie da verniciare A _L m ² /m	A _G m ² /t
ipe 80	5,00	78	46	3,3	4,2	5	6,38	69,6	59,6	-	-	-	0,325	64,90
ipe 80	6,00	80	46	3,8	5,2	5	7,64	69,6	59,6	-	-	-	0,328	54,64
ipe 100	6,89	98	55	3,6	4,7	7	8,76	88,6	74,6	-	-	-	0,397	57,57
ipe 100	8,10	100	55	4,1	5,7	7	10,32	88,6	74,6	-	-	-	0,400	49,33
ipe 120	8,66	117,8	64	3,8	5,1	7	11,03	107,4	93,4	-	-	-	0,472	54,47
ipe 120	10,4	120	64	4,4	6,3	7	13,21	107,4	93,4	-	-	-	0,475	45,82
ipe 140	10,5	137,4	73	3,8	5,6	7	13,39	126,2	112,2	-	-	-	0,547	52,05
ipe 140	12,9	140	73	4,7	6,9	7	16,43	126,2	112,2	-	-	-	0,551	42,70
ipe 160	12,7	157	82	4,0	5,9	9	16,18	145,2	127,2	-	-	-	0,619	48,70

HEA-A, HEA, HEB, HEM, TRAVI EUROPEE AD ALI LARGHE - dati geometrici

Norme di riferimento:

Dimensioni: HE 100-1000 UNI 5397 (EU 53-62)

Tolleranze: EN 10034



Designazione nominale	Massa G kg/m	h mm	b mm	t _w mm	t _f mm	r mm	Area A cm ²	h _i mm	d mm	Ø mm	P _{min} mm	P _{max} mm	Superficie da verniciare A _L m ² /m	A _G m ² /t
HE 100 AA	12,2	91	100	4,2	5,5	12	15,60	80	56	M10	54	58	0,553	45,17
HE 100 A	16,7	96	100	5,0	8,0	12	21,24	80	56	M10	54	58	0,561	33,68
HE 100 B	20,4	100	100	6,0	10,0	12	26,04	80	56	M10	56	58	0,567	27,76
HE 100 M	41,8	120	106	12,0	20,0	12	53,24	80	56	M10	62	64	0,619	14,82
HE 120 AA	14,6	109	120	4,2	5,5	12	18,55	98	74	M12	58	68	0,669	45,94

Introduzione

LA QUALIFICAZIONE DEI SISTEMI PROTETTIVI E LE STRUTTURE DI ACCIAIO PROTETTE

La temperatura critica

STRUTTURE DI ACCIAIO



Paragrafo	Titolo	Incendio ISO 834	Incendio naturale
1	GENERALITA'	✓	✓
2	CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE	✓	✓
3	PROPRIETA' DEI MATERIALI	✓	✓
4	PROGETTAZIONE STRUTTURALE ANTINCENDIO	✓	✓
4.1	Generalità	✓	✓
4.2	Modelli di calcolo semplificati		
4.2.1	Generalità	✓	✓
4.2.2	Classificazione delle sezioni trasversali	✓	✓
4.2.3	Resistenza	✓	✓
4.2.4	Temperatura critica	✓	-
4.2.5	Sviluppo della temperatura nell'acciaio	✓	✓
4.3	Modelli di calcolo avanzati		
4.3.1	Generalità	✓	✓
4.3.2	Risposta termica	✓	✓
4.3.3	Risposta meccanica	✓	✓
4.3.4	Validazione dei modelli avanzati di calcolo	✓	✓
Appendice A	INCRUDIMENTO DELL'ACCIAIO AL CARBONIO A TEMPERATURE ELEVATE	✓	✓
Appendice B	TRASFERIMENTO DI CALORE A STRUTTURE DI ACCIAIO ESTERNE	✓	✓
Appendice C	ACCIAIO INOSSIDABILE	✓	✓

Tabella 5-2 – Metodi di calcolo secondo EN 1993-1-2

Metodi di controllo dell'applicazione dei prodotti di protezione dal fuoco

La posa in opera dei protettivi antincendio per acciaio è un'operazione cruciale per la sicurezza degli edifici. Una posa non conforme, infatti, compromette non solo la funzionalità del protettivo, ma può ridurre, anche drasticamente, la classe di resistenza al fuoco dell'elemento protetto.

Al fine di verificare se la posa è stata eseguita correttamente, cioè in conformità a quanto prescritto dal produttore e quanto riportato nei rapporti di classificazione, sono state emanate in Italia alcune norme UNI che consentono di eseguire una limitata serie di verifiche e controlli e successivamente esprimere un parere sulla conformità della posa. In particolare, sono disponibili le seguenti norme:

- UNI 10898-1 Modalità di controllo dell'applicazione - Sistemi intumescenti
- UNI 10898-2 Modalità di controllo dell'applicazione - Sistemi in lastre
- UNI 10898-3 Modalità di controllo dell'applicazione - Sistemi isolanti spruzzati

Metodi di controllo dell'applicazione dei prodotti di protezione dal fuoco

Le procedure di verifica sono state studiate per permettere un facile utilizzo in cantiere, limitando al minimo le prove distruttive e la necessità di apparecchiature sofisticate o costose.

I metodi di prova prevedono una serie di controlli specifici su elementi tipo, da eseguirsi come indicato nelle appendici delle tre norme. Il numero di elementi tipo da controllare è ricavabile da una semplice equazione basata sulla superficie totale degli elementi protetti. Il numero, la posizione e le tipologie delle verifiche variano in funzione del tipo di protettivo applicato.

Metodi di controllo dell'applicazione dei prodotti di protezione dal fuoco

- Per le pitture intumescenti, sono richieste prove di aderenza (secondo norme UNI EN ISO 4624 o UNI EN ISO 2409 e UNI EN ISO 16276-2), la verifica degli spessori e una serie di controlli visivi
- Per le lastre, sono richieste verifiche sulle proprietà del sistema protettivo (spessore e massa volumica delle lastre antincendio e degli eventuali strati aggiuntivi di materiale coibente, che costituiscono il sistema protettivo in lastre in esame) , verifiche sui sistemi di trattamento dei giunti e/o di finitura (tipologia e natura degli eventuali sistemi di trattamento dei giunti operati e/o trattamenti di finitura applicati) e verifiche sugli accessori di montaggio (tipologia, natura e dimensioni minime degli accessori di montaggio impiegati).
- Per gli spruzzati, sono richieste prove di resistenza al distacco (con un metodo specifico indicato nella norma), verifica degli spessori e della massa volumica del prodotto applicato ed essiccato (anche in questo caso con un metodo specifico riportato nella norma), verifica delle caratteristiche di eventuali accessori (quali rete porta-intonaco o altri fissaggi meccanici) e una serie di controlli visivi.



L'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
unitamente alla Fondazione dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma,
al Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco e a Fondazione Promozione Acciaio
propone il Seminario tecnico gratuito:

LA RESISTENZA AL FUOCO DELLE COSTRUZIONI DI ACCIAIO

**ai sensi delle Norme Tecniche di Prevenzione Incendi
e delle Norme Tecniche per le Costruzioni**

martedì 5 novembre 2024 - ore 9:00 / 17:00
Aula Magna, ISA - Istituto Superiore Antincendi, Via del Commercio 13, Roma

Grazie per l'attenzione!

ing. Paola Princi

paola.princi@sis-ingegneria.com



LA QUALIFICAZIONE DEI SISTEMI PROTETTIVI E LE STRUTTURE DI ACCIAIO PROTETTE