

D.M. 3 agosto 2015

1

**APPROVAZIONE DI NORME TECNICHE DI
PREVENZIONE INCENDI AI SENSI DELL'ART. 15 DEL
DECRETO LEGISLATIVO 8 MARZO 2006, N. 139**

**STRATEGIA ANTINCENDIO
CAPITOLO S.2
RESISTENZA AL FUOCO**

S.2 – RESISTENZA AL FUOCO

2

- Riguarda la **capacità portante** in caso di incendio, per una struttura, parte o elemento strutturale nonché la **capacità di compartimentazione** per gli elementi di separazione strutturali (muri, solai, ecc.) e non strutturali (porte, divisorii, ecc.)
- Obiettivo primario: garantire la capacità portante delle strutture nonché la capacità di compartimentazione, per un tempo minimo necessario al raggiungimento degli obiettivi di sicurezza di prevenzione incendi.
- E' complementare alle misure di compartimentazione (S.3)

S.2 – RESISTENZA AL FUOCO

3

- **Carico di incendio q [MJ]:** potenziale termico netto della totalità dei materiali combustibili contenuti in uno spazio, corretto in base ai parametri indicativi della partecipazione alla combustione dei singoli materiali.

convenzionalmente: $1 \text{ MJ} \approx 0,057 \text{ kg}_{\text{leq}}$ ovvero $1 \text{ kg}_{\text{leq}} \approx 17,54 \text{ MJ}$

$$q = \sum g_i \cdot H_i \cdot m_i \cdot \psi_i$$

g : massa
 H : potere calorifico inferiore

potenziale termico

Fattori correttivi

- **Carico di incendio specifico $q_f = q/A$ [MJ/m²]**
carico di incendio riferito all'unità di superficie (lorda)
- **Carico di incendio specifico di progetto q_{fd} [MJ/m²]**
corretto in base ai parametri indicatori del rischio di incendio del compartimento e dei fattori relativi alle misure di protezione presenti

$$q_{fd} = \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n \cdot q_f$$

S.2.2 - LIVELLI di PRESTAZIONE

4

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.

CONFRONTO con D.M. 09/03/2007

5

D.M. 03/08/2015 (CODICE)

D.M. 09/03/2007

LIV.	DESCRIZIONE
I	<u>Assenza di conseguenze esterne per collasso strutturale.</u>
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 <u>con la durata dell'incendio.</u>
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.

LIV.	DESCRIZIONE
I	Nessun requisito specifico di resistenza al fuoco <u>dove le conseguenze della perdita dei requisiti stessi siano accettabili o dove il rischio di incendio sia trascurabile.</u>
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 <u>con la gestione dell'emergenza.</u>
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.

S.2.3 – CRITERI di ATTRIBUZIONE

LIV.	DESCRIZIONE	CRITERI di ATTRIBUZIONE
I	Assenza di conseguenze esterne per collasso strutturale.	<p>Opere da costruzione dove sono verificate <i>tutte</i> le seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> • compartimentate rispetto adiacenti, strutturalmente separate e tali che eventuale collasso non danneggi altre costruzioni; • un solo <i>responsabile dell'attività e con</i> $R_{beni} = 1$; R_{amb} non sign.; • assenza di occupanti, esclusi addetti occasionali e di breve durata.
II	Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo sufficiente all'evacuazione degli occupanti in luogo sicuro all'esterno della costruzione.	<ul style="list-style-type: none"> • compartimentate e separate come Liv. I; • anche non strutturalmente separate, purché l'eventuale cedimento della porzione non danneggi il resto della costruzione; • un solo responsabile dell'attività e con $R_{vita} = A1-A2-A3-A4$; $R_{beni} = 1$; R_{amb} non sign.; • densità di affollamento $\leq 0,2$ pers/m²; • non prevalentemente destinate a occupanti con disabilità; • piani situati a quota tra -5 m e 12 m.
III	Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo congruo con la durata dell'incendio.	<ul style="list-style-type: none"> • non ricomprese negli altri criteri di attribuzione
IV	Requisiti di resistenza al fuoco tali da garantire, dopo la fine dell'incendio, un limitato danneggiamento della costruzione.	<ul style="list-style-type: none"> • su specifica richiesta del committente, previsti da capitolati tecnici di progetto, richiesti dalla autorità competente per costruzioni destinate ad attività di particolare importanza.
V	Requisiti di resistenza al fuoco tali da garantire, dopo la fine dell'incendio, il mantenimento della totale funzionalità della costruzione stessa.	

D.M. 09/03/2007 – Allegato, punto 3.2.
LIVELLO II di PRESTAZIONE:

7

3.2 Livello II di prestazione

1. Il livello II di prestazione può ritenersi adeguato per costruzioni **fino a due piani fuori terra ed un piano interrato, isolate** - eventualmente adiacenti ad altre purché strutturalmente e funzionalmente separate - destinate ad un'unica attività non aperta al pubblico e ai relativi impianti tecnologici di servizio e depositi, ove si verificano tutte le seguenti ulteriori condizioni:

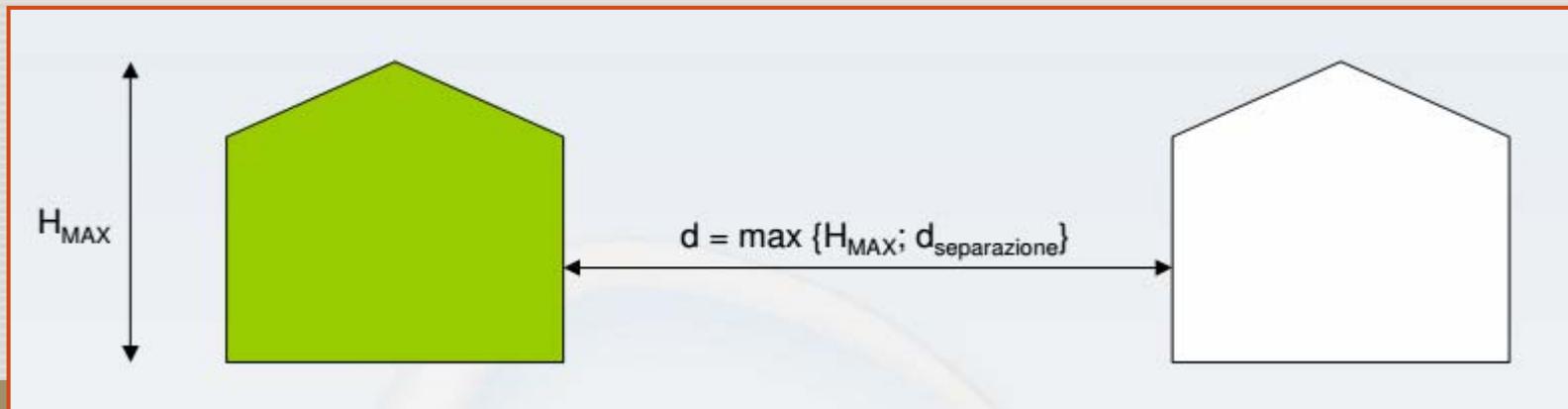
- a) le dimensioni della costruzione siano tali da garantire l'esodo in sicurezza degli occupanti;
- b) gli eventuali crolli totali o parziali della costruzione non arrechino danni ad altre costruzioni;
- c) gli eventuali crolli totali o parziali della costruzione non compromettano l'efficacia degli elementi di compartimentazione e di impianti di protezione attiva che proteggono altre costruzioni;
- d) il massimo affollamento complessivo della costruzione non superi 100 persone e la densità di affollamento media non sia superiore a $0,2 \text{ pers/m}^2$;
- e) la costruzione non sia adibita ad attività che prevedono posti letto;
- f) la costruzione non sia adibita ad attività specificamente destinate a malati, anziani, bambini o a persone con ridotte o impedito capacità motorie, sensoriali o cognitive.

S.2.4 - Le Soluzioni Progettuali

8

- S.2.4.1 - Soluzioni conformi per il Livello di Prestazione I:
 1. Deve essere interposta una **DISTANZA di SEPARAZIONE** su spazio a cielo libero verso le altre opere da costruzione. Il valore di tale distanza di separazione è ricavato secondo le procedure di cui al paragrafo S.3.11 e non deve comunque risultare inferiore alla massima altezza della costruzione.
 2. **Non è richiesta alle strutture alcuna prestazione minima di resistenza al fuoco.**

Il Codice consente il livello I per le attività soggette a differenza del DM 9/3/2007



S.2.4 - Le Soluzioni Progettuali

9

- S.2.4.2. - Soluzioni conformi per il Livello di Prestazione II:
 1. Deve essere interposta una **DISTANZA di SEPARAZIONE** su spazio a cielo libero verso le altre opere da costruzione 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
→ per soluzioni conformi solo curve nominali
 3. La **classe minima di resistenza al fuoco** deve essere pari almeno a **30** o inferiore, qualora consentita dal livello III di prestazione per il carico d'incendio specifico di progetto " **$q_{f,d}$** " del compartimento in esame.

S.2.4 - Le Soluzioni Progettuali

10

- S.2.4.3 - Soluzioni conformi per il Livello di Prestazione III:
 1. 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
→ per soluzioni conformi solo curve nominali
 2. La classe minima di resistenza al fuoco è ricavata per compartimento in relazione al carico d'incendio specifico di progetto $Q_{f,d}$ come indicato in tabella S.2-3.

Tabella S.2-3: Classe minima di resistenza al fuoco

11

Carico d'incendio specifico di progetto (MJ/m²)	Classe minima di resistenza al fuoco
$q_{f,d} \leq 200$	Nessun requisito
$q_{f,d} \leq 300$	15
$q_{f,d} \leq 450$	30
$q_{f,d} \leq 600$	45
$q_{f,d} \leq 900$	60
$q_{f,d} \leq 1.200$	90
$q_{f,d} \leq 1.800$	120
$q_{f,d} \leq 2.400$	180
$q_{f,d} \geq 2.400$	240

Confronto con il D.M. 09/03/2007

12

D.M. 03/08/2015 (Codice)

Carico d'incendio specifico di progetto (MJ/m ²)	Classe minima di resistenza al fuoco
$Q_{f,d} \leq 200$	Nessun requisito
$Q_{f,d} \leq 300$	15
$Q_{f,d} \leq 450$	30
$Q_{f,d} \leq 600$	45
$Q_{f,d} \leq 900$	60
$Q_{f,d} \leq 1.200$	90
$Q_{f,d} \leq 1.800$	120
$Q_{f,d} \leq 2.400$	180
$Q_{f,d} \geq 2.400$	240

D.M.09/03/2007

Carico d'incendio specifico di progetto (MJ/m ²)	Classe minima di resistenza al fuoco
$Q_{f,d} \leq 100$	0
$Q_{f,d} \leq 200$	15
$Q_{f,d} \leq 300$	20
$Q_{f,d} \leq 450$	30
$Q_{f,d} \leq 600$	45
$Q_{f,d} \leq 900$	60
$Q_{f,d} \leq 1.200$	90
$Q_{f,d} \leq 1.800$	120
$Q_{f,d} \leq 2.400$	180
$Q_{f,d} \geq 2.400$	240

S.2.4 - Le Soluzioni Progettuali

13

- S.2.4.4 - Soluzioni conformi per il Livello di Prestazione IV:
 1. Sono attribuiti su specifica richiesta del committente, previsti da capitolati tecnici di progetto, richiesti dalla autorità competente per costruzioni destinate ad attività di particolare importanza.
 2. Oltre alla verifica dei livelli precedenti, il progettista deve effettuare ulteriori verifiche (secondo NTC metodi SLU)
- S.2.4.5 - Soluzioni conformi per il Livello di Prestazione V:
 1. Non sono fornite soluzioni conformi per la verifica di impianti ritenuti significativi ai fini della funzionalità dell'opera.
 2. Utilizzo dei metodi di cui al G.2.6

S.2.4 - Le Soluzioni Progettuali

14

- S.2.4.6 - Soluzioni alternative:
 - Fanno riferimento ai metodi di cui al §G.2.6.
 - Le verifiche si riferiscono a curve naturali di incendio

L Compartimentazione

I Assenza di danneggiamento ad altre costruzioni per effetto del collasso

V Mantenimento della capacità portante in condizioni di incendio per periodo sufficiente

P Verifiche compartimentazione

R Approccio FSE

E

S

T

S.2.5 – Verifica delle prestazioni di R.F.

15

- L'andamento delle temperature negli elementi può essere valutato con riferimento a:
 1. **Curve nominali** d'incendio (che rappresentano incendi convenzionali di progetto), per l'intervallo di tempo di esposizione pari alla classe di resistenza al fuoco prevista senza alcuna fase di raffreddamento
 2. **Curve naturali** d'incendio (S.2.6.), tengono conto dell'intera durata dello stesso, compresa la fase di raffreddamento fino al ritorno alla temperatura ambiente.
 1. Modelli di incendio sperimentali
 2. Modelli di incendio numerici semplificati dell'EC UNI EN 1991-1-2
 3. Modelli di incendio numerici avanzati

Le curve d'incendio naturale sono determinate per lo specifico compartimento e facendo riferimento al q_{fd} , ponendo $\delta_{ni} = 1$ (coefficienti relativi alle misure antincendio $\rightarrow q_f$)

S.2.5 - Verifica delle Prestazioni

16

- Verifica delle prestazioni di resistenza al fuoco con incendi convenzionali di progetto.
 1. Le prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni devono essere verificate in base agli incendi convenzionali di progetto rappresentati dalle curve nominali di incendio le cui espressioni analitiche sono riportate nel paragrafo S.2.7 (curve nominali)
 2. **I criteri di progettazione degli elementi strutturali resistenti al fuoco sono riportati nel paragrafo S.2.8**
 3. L'andamento delle temperature negli elementi deve essere valutato per l'intervallo di tempo di esposizione pari alla classe minima di resistenza al fuoco prevista per ciascun livello di prestazione.

S.2.5 - Verifica delle Prestazioni

- (parte 2):
 4. La procedura per il calcolo del carico d'incendio specifico di progetto “ $q_{f,d}$ ” impiegato per la definizione di classe di resistenza al fuoco è riportata nel paragrafo [S.2.9](#)
 5. Nei casi in cui “ $q_{f,d}$ ” venga determinato con riferimento all'effettiva area di pertinenza dello stesso, si ottengono in genere classi superiori a quelle dell'intero compartimento. Gli elementi interessati dalla distribuzione disuniforme del carico d'incendio sono individuati in relazione alla prossimità con lo stesso. (rif. Norma NFPA 555)

S.2.5 - Verifica delle Prestazioni

18

- (parte 3):
 6. Le curve nominali d'incendio devono essere applicate ad un **compartimento dell'edificio alla volta**, salvo il caso degli edifici multipiano laddove elementi orizzontali di separazione, con capacità di compartimentazione adeguata nei confronti della propagazione verticale degli incendi, consentono di considerare separatamente il carico d'incendio dei singoli piani.
 7. **In caso di compartimenti con elementi di compartimentazione comuni, la classe di tali elementi deve essere pari alla **maggiore** delle classi di ciascun compartimento.**
 8. I valori di **$q_{f,d}$** e della classe del compartimento antincendio adottati nel progetto costituiscono un vincolo d'esercizio per le attività da svolgere all'interno della costruzione. (GSA)

S.2.7 – Curve Nominali d'Incendio

19

S.2.7

Curve nominali d'incendio

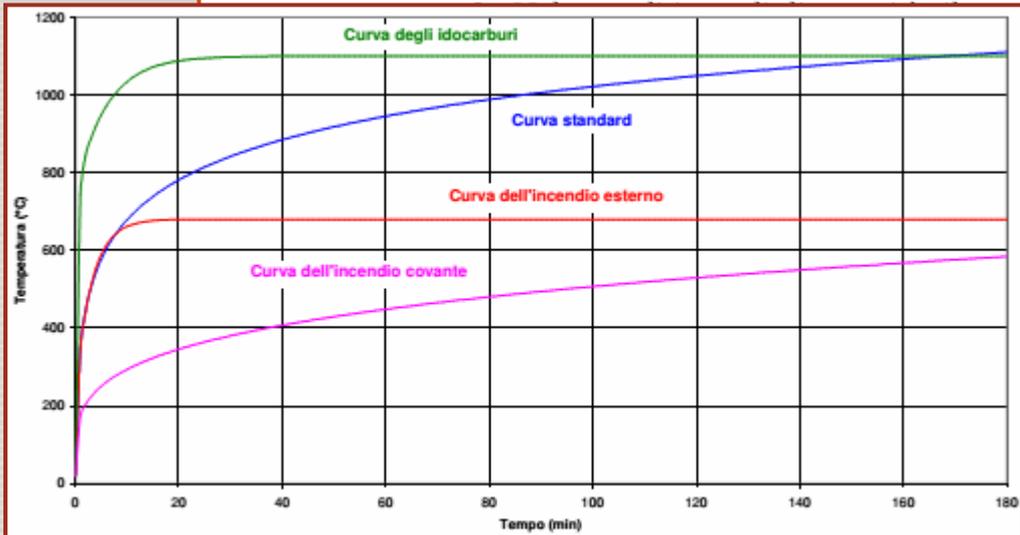
1. Ai fini della definizione delle soluzioni conformi di resistenza al fuoco, le classi di resistenza al fuoco sono di norma riferite all'incendio convenzionale rappresentato dalla curva nominale standard seguente:

$$\theta_g = 20 + 345 \log_{10}(8 \cdot t + 1) \quad \text{S.2-1}$$

dove:

θ_g temperatura media dei gas di combustione [°C]

t tempo [minuti]



di idrocarburi o altre sostanze con equivalenti esclusivamente per la determinazione della curva di incendio nominale standard degli idrocarburi seguente:

$$\theta_g = 20 + 345 \log_{10}(8 \cdot t + 1) \quad \text{S.2-2}$$

θ_g temperatura media dei gas di combustione [°C]

t tempo [minuti]

interno del compartimento, ma che coinvolge queste ultime la curva di incendio nominale esterna seguente:

$$\theta_g = 20 + 345 \log_{10}(8 \cdot t + 1) \quad \text{S.2-3}$$

θ_g temperatura media dei gas di combustione [°C]

t tempo [minuti]

S.2.8 - Criteri di Progettazione

● S.2.8.1 - Criteri generali

1. La capacità del sistema strutturale in caso d'incendio si determina sulla base della capacità portante propria degli **elementi strutturali singoli**, di porzioni di struttura o dell'intero sistema costruttivo, comprese le condizioni di carico e di vincolo, tenendo conto della eventuale presenza di materiali protettivi.
2. **Le deformazioni ed espansioni imposte o impedito dovute ai cambiamenti di temperatura per effetto dell'esposizione al fuoco producono sollecitazioni indirette, forze e momenti nei singoli elementi strutturali, che devono essere tenuti in considerazione, ad eccezione dei seguenti casi:**
 - a. È riconoscibile a priori che esse sono trascurabili o favorevoli.
 - b. I requisiti di sicurezza all'incendio sono valutati in riferimento ad una curva nominale d'incendio di cui al paragrafo S.2.7
3. Nel progetto e nelle verifiche di sicurezza all'incendio si deve tenere conto della combinazione dei carichi per azioni eccezionali prevista dalle vigenti NTC.

S.2.8.2 – Elementi Strutturali Secondari

1. Ai fini della verifica dei requisiti di Resistenza al Fuoco degli **elementi strutturali secondari**, il progettista deve verificare che il cedimento di tali elementi per effetto dell'incendio non comprometta:
 - a) La capacità portante degli altri elementi strutturali della costruzione in condizioni d'incendio.
 - b) L'efficacia di elementi costruttivi di compartimentazione.
 - c) Il funzionamento dei sistemi di protezione attiva.
 - d) L'esodo in sicurezza degli occupanti.
 - e) La sicurezza dei soccorritori.

S.2.8.2 – Elementi Strutturali Secondari

22

2. Ai fini della verifica dei requisiti di cui ai punti «**1.d**» ed «**1.e**» è sufficiente verificare che la capacità portante degli elementi strutturali

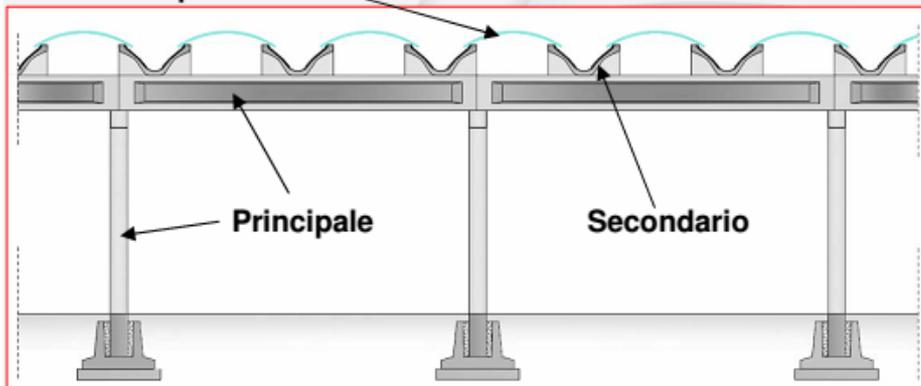
S.2.8.2

Elementi strutturali secondari

2. Ai fini della verifica dei requisiti di cui ai punti 1.d e 1.e è sufficiente verificare che la capacità portante degli elementi strutturali secondari sia garantita per un tempo tale che tutti gli occupanti dell'attività raggiungano o permangano in un luogo sicuro. Tale verifica è garantita adottando le soluzioni previste per il livello di prestazione II.

≤ R30

Di completamento



Secondario



Principale

Secondario
(non portante)



S.2.8.3 – Strutture Vulnerabili

S.2.8.3

Strutture vulnerabili in condizioni di incendio

1. Ai fini della verifica dei requisiti di resistenza al fuoco, per *strutture vulnerabili in condizioni di incendio* si intendono quelle strutture, solitamente di tipo leggero che per loro natura risultano particolarmente sensibili all'azione del fuoco. La vulnerabilità di tali strutture può essere legata alla loro ridotta iperstaticità o robustezza, alla snellezza degli elementi strutturali, alla impossibilità o all'antieconomicità di applicazione di sistemi protettivi o al pieno affidamento della resistenza a regimi membranali sensibili ai forti incrementi di temperatura.

Nota: Tipici esempi di sistemi costruttivi vulnerabili nei confronti dell'incendio sono: tensostrutture, strutture pressostatiche, strutture strallate, membrane a doppia o semplice curvatura, coperture geodetiche, strutture in lega di alluminio, allestimenti temporanei in tubo e giunto, tunnel mobili, ...

2. Attesa la ridotta resistenza al fuoco delle strutture di cui al comma 1, esse si ritengono preferibilmente idonee solo per costruzioni per le quali sono richiesti i livelli di prestazione I o II.

S.2.8.3 – Strutture Vulnerabili

3. Non si esclude a priori la possibilità di impiego delle strutture di cui al comma 1 per livelli di prestazione superiori al II.
4. In caso di produzioni strutturali in serie, sono ammesse valutazioni di resistenza al fuoco valide per costruzioni tipologiche o per prototipi. Il *professionista antincendio* provvede a certificare i requisiti di resistenza al fuoco delle strutture in opera verificando, in particolare, il rispetto delle ipotesi alla base delle verifiche di resistenza al fuoco condotte sui prototipi.

S.2.9 – Calcolo del carico d'incendio

25

- Procedura per il calcolo del carico d'incendio specifico di progetto « $q_{f,d}$ ».

$$q_{f,d} = \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n \cdot q_f$$

- Dove i fattori « δ_{q1} » e « δ_{q2} » che tengono conto del rischio d'incendio in relazione alle dimensioni del compartimento e del tipo di attività sono definiti in modo del tutto analogo a quanto già in essere ai sensi della analoga formula presente nel D.M. 09/03/2007.
- Ciò che viene modificato è il fattore « δ_n » che tiene conto delle differenti misure antincendio del compartimento.

Tabelle per i fattori « δ_q »

26

Tabella S.2-4: Parametri per la definizione del fattore δ_{q1}

Superficie lorda del compartimento (m ²)	δ_{q1}
A < 500	1,00
500 < A < 1.000	1,20
1.000 < A < 2.500	1,40
2.500 < A < 5.000	1,60
5.000 < A < 10.000	1,80
A > 10.000	2,00

Tabella S.2-5: Parametri per la definizione del fattore δ_{q2}

Classi di rischio	Descrizione	δ_{q2}
I	Aree che presentano un basso rischio di incendio in termini di probabilità di innesco, velocità di propagazione delle fiamme e possibilità di controllo dell'incendio da parte delle squadre di emergenza.	0,80
II	Aree che presentano un moderato rischio di incendio in termini di probabilità di innesco, velocità di propagazione di un incendio e possibilità di controllo dell'incendio stesso da parte delle squadre di emergenza.	1,00
III	Aree che presentano un alto rischio di incendio in termini di probabilità di innesco, velocità di propagazione delle fiamme e possibilità di controllo dell'incendio da parte delle squadre di emergenza.	1,20

Tabella S.2-6: parametri per la definizione dei fattori « δ_{ni} »

Misura antincendio minima		δ_{ni}	
Controllo dell'incendio (Capitolo S.6) con livello di prestazione III	rete idranti con protezione interna	δ_{n1}	0,90
	rete idranti con protezione interna ed esterna	δ_{n2}	0,80
Controllo dell'incendio (Capitolo S.6) con livello minimo di prestazione IV	sistema automatico ad acqua o schiuma e rete idranti con protezione interna	δ_{n3}	0,54
	altro sistema automatico e rete idranti con protezione interna	δ_{n4}	0,72
	sistema automatico ad acqua o schiuma e rete idranti con protezione interna ed esterna	δ_{n5}	0,48
	altro sistema automatico e rete idranti con protezione interna ed esterna	δ_{n6}	0,64
Gestione della sicurezza antincendio (Capitolo S.5), con livello minimo di prestazione II [1]		δ_{n7}	0,90
Controllo di fumi e calore (Capitolo S.8), con livello di prestazione III		δ_{n8}	0,90
Rivelazione ed allarme (Capitolo S.7), con livello minimo di prestazione III		δ_{n9}	0,85
Operatività antincendio (Capitolo S.9), con <i>soluzione conforme</i> per il livello di prestazione IV		δ_{n10}	0,81
[1] Gli addetti antincendio devono garantire la presenza continuativa durante le 24 ore.			

Analoga tabella in vigore ai sensi del D.M. 09/03/2007

28

Valori di δ_{ni} in funzione delle misure di protezione

Sistemi automatici di estinzione		Sistemi di evacuazione automatica di fumo e calore	Sistemi automatici di rivelazione, segnalazione e allarme incendio	Squadra aziendale dedicata alla lotta antincendio	Rete idrica antincendio		Percorsi protetti di accesso	Accessibilità ai mezzi di soccorso VV.F.
ad Acqua	Altro				Protezione interna	Protezione interna ed esterna		
δ_{n1}	δ_{n2}	δ_{n3}	δ_{n4}	δ_{n5}	δ_{n6}	δ_{n7}	δ_{n8}	δ_{n9}
0,60	0,80	0,90	0,85	0,90	0,90	0,80	0,90	0,90

S.2.9 – Calcolo del carico d'incendio

29

- q_f = Valore nominale del carico di incendio specifico, espresso in MJ/m², da determinarsi secondo la formula:

$$q_f = \frac{\sum_{i=1}^n g_i \cdot H_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$$

S.2.9 – Calcolo del carico d'incendio

30

$$q_f = \frac{\sum_{i=1}^n g_i \cdot H_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$$

- Dove:
 - g_i = massa dell'i-esimo materiale combustibile.
 - H_i = potere calorifico inferiore dell'i-esimo materiale combustibile, i valori di “ H_i ” dei materiali combustibili possono essere determinati per via sperimentale in accordo con UNI EN ISO 1716:2002, dedotti dal prospetto E3 della norma UNI EN 1991-1-2, ovvero essere mutuati dalla letteratura tecnica.
 - m_i = fattore di partecipazione alla combustione dell'i-esimo materiale combustibile pari a **0,80** per il legno e gli altri materiali di natura cellulosa e pari a **1,00** per tutti gli altri materiali combustibili.
 - Ψ_i = fattore di limitazione della partecipazione alla combustione dell'i-esimo materiale combustibile, pari a:
 - ✦ **0** per i materiali contenuti in contenitori appositamente progettati per resistere al fuoco per un tempo congruente con la classe di resistenza al fuoco (es. armadi resistenti al fuoco per liquidi infiammabili, ...);
 - ✦ **0,85** per materiali contenuti in contenitori **NON** combustibili, che conservino la loro integrità durante l'esposizione all'incendio e **NON** appositamente progettati per resistere al fuoco (es. fusti, contenitori o armadi metallici, ...);
 - ✦ **1,00** in tutti gli altri casi (es. barattoli di vetro, bombolette spray, ...).
 - A = superficie lorda del piano del compartimento, in m².

S.2.9 – Calcolo del carico d'incendio

31

- Qualora, in alternativa al calcolo mediante la formula, si pervenga ad una determinazione di q_f attraverso una valutazione statistica del carico d'incendio per la specifica attività, si deve fare riferimento a valori con probabilità di superamento inferiore al 20%.
(Considerazioni aggiuntive utili a tale scopo sono fornite nel paragrafo S.2.9.1.)
- Nel caso di presenza di strutture portanti lignee nel compartimento va seguita la procedura di cui al paragrafo S.2.9.2. → **velocità di carbonizzazione (mm/min)**

S.2.9 – Calcolo del carico d'incendio

32

- Lo spazio di riferimento generalmente coincide con il **compartimento** antincendio considerato e il carico d'incendio specifico è quindi riferito alla superficie lorda del piano del compartimento stesso, nell'ipotesi di una distribuzione sufficientemente uniforme del carico d'incendio.
- In caso di marcata e ben identificata distribuzione disomogenea del carico d'incendio, il valore del carico d'incendio specifico “ q_f ” è riferito anche all'effettiva distribuzione dello stesso.

S.2.9.1 – Indicazioni aggiuntive sulla determinazione statistica del carico d'incendio

1. Per calcolare il valore al frattile 80% del carico di incendio partendo da valori reperiti in letteratura tecnica, da considerare come valori medi, è necessario moltiplicare il valore medio per un coefficiente amplificativo, secondo i seguenti criteri:
 - a. per attività con variabilità molto limitate per quanto riguarda il mobilio o le merci in deposito, come ad esempio abitazioni, alberghi, ospedali, uffici e scuole è possibile scegliere un valore del coefficiente moltiplicativo compreso tra 1,20 e 1,50;
 - b. per attività con variabilità maggiori per quanto riguarda il mobilio o le merci in deposito, come ad esempio centri commerciali, grandi magazzini attività industriali è possibile scegliere un valore del coefficiente moltiplicativo compreso tra 1,20 e 1,75.

All'interno di tali intervalli può essere individuato il valore del coefficiente appropriato alla trattazione del caso in esame.

S.2.9.1 – Indicazioni aggiuntive sulla determinazione statistica del carico d'incendio

2. Nell'appendice E della norma UNI EN 1991-1-2 è presente la tabella S.2-7 ove sono riportate le densità di carico di incendio per diverse destinazioni d'uso, sia come valore medio che come frattile 80%.

Attività	Valore medio (MJ/m ²)	Frattile 80% (MJ/m ²)
Civili abitazioni	780	948
Ospedali (stanza)	230	280
Alberghi (stanza)	310	377
Biblioteche	1500	1824
Uffici	420	511
Scuole	285	347
Centri commerciali	600	730
Teatri (cinema)	300	365
Trasporti (spazio pubblico)	100	122

Tabella S.2-7: Densità di carico di incendio da UNI EN 1991-1-2

S.2.9.2 – Procedura per il calcolo del contributo al carico d'incendio di strutture in legno

35

- Si determina la classe del compartimento prescindendo inizialmente dalla presenza di tali elementi, tale classe, ai soli fini di questo calcolo, non potrà essere inferiore alla classe 15.
- Si calcola lo spessore di carbonizzazione degli elementi strutturali di legno corrispondente alla classe come prima determinata, adottando come valori di riferimento della velocità di carbonizzazione quelli contenuti nella norma UNI EN 1995-1-2

S.2.9.2 – Procedura per il calcolo del contributo al carico d'incendio di strutture in legno

36

Specie legnosa	Tipologia di legno	mm/min
Legname tenero (conifere) e faggio	Legno laminato incollato con densità caratteristica $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,70
	Legno massiccio con densità caratteristica $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,80
Legname duro (latifoglie)	Legno duro massiccio o laminato incollato con densità caratteristica $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,70
	Legno duro massiccio o laminato incollato con densità caratteristica $\geq 450 \text{ kg/m}^3$	0,55

Tabella S.2-8: Velocità di carbonizzazione del legno

In caso di elementi strutturali di legno dotati di rivestimenti protettivi antincendio si può procedere al calcolo dello spessore di carbonizzazione tenendo conto delle specifiche indicazioni fornite dalla norma UNI EN 1995-1-2.

Per determinare definitivamente la classe del compartimento, tenendo conto del carico d'incendio riportate nella tabella, ci si potrà regolare per analogia, assumendo in ogni caso valori conservativi carbonizzate ai fini della sicurezza antincendio.

S.2.10 – Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzioni

37

- I prodotti e gli elementi costruttivi sono classificati in base alle loro caratteristiche di resistenza al fuoco secondo i simboli e le classi indicate nelle tabelle del presente capitolo.
- Le prestazioni di resistenza al fuoco dei prodotti e degli elementi costruttivi possono essere determinate in base ai risultati di:
 - Prove.
 - Calcoli.
 - Confronti con tabelle.

S.2.10 – Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzioni

38

- Le modalità per la classificazione di prodotti ed elementi costruttivi in base ai risultati di prove di resistenza al fuoco e di tenuta al fumo sono descritte nel paragrafo S.2.13
- Le modalità per la classificazione di prodotti ed elementi costruttivi in base ai risultati di calcoli sono descritte nel paragrafo S.2.14
- Le modalità per la classificazione di prodotti ed elementi costruttivi in base a confronti con tabelle sono descritte nel paragrafo S.2.15

S.2.11 - Simboli

39

Simbolo	Prestazione	Descrizione
R	Capacità portante	Capacità di un elemento strutturale di portare i carichi presenti in condizioni di incendio normalizzato, per un certo periodo di tempo
E	Tenuta	Capacità di un elemento costruttivo o strutturale di impedire il passaggio di fumi e gas caldi per un certo periodo di tempo, in condizioni di incendio normalizzate
I	Isolamento	Capacità di un elemento costruttivo o strutturale di impedire il passaggio calore di un incendio normalizzato per un certo periodo di tempo. A seconda dei limiti più o meno severi al trasferimento di calore, il requisito si specializza in I_1 o I_2 . L'assenza di indicazione al pedice sottintende il requisito I_2 .
W	Irraggiamento	Capacità di un elemento costruttivo o strutturale di limitare, per un certo periodo di tempo, l'irraggiamento termico da parte della superficie non esposta in condizioni di incendio normalizzate.
M	Azione meccanica	Capacità di un elemento costruttivo o strutturale di resistere all'impatto da parte di altri elementi senza perdere i requisiti di resistenza al fuoco.
C	Dispositivo automatico di chiusura	Capacità di chiusura di un varco da parte di un elemento costruttivo in condizioni normalizzate di incendio e di sollecitazione meccanica.

S.2.11 - Simboli

40

Simbolo	Prestazione	Descrizione
S	Tenuta di fumo	Capacità di un elemento di chiusura di limitare o ridurre il passaggio di gas o fumi freddi in condizioni di prova normalizzate. Il requisito si specializza in: <ul style="list-style-type: none">• S_a: se la tenuta al passaggio dei gas o fumi è garantita a temperatura ambiente;• S_m (o S_{200}): se la tenuta al passaggio dei gas o fumi è garantita sia a temperatura ambiente che a 200°C.
P o PH	Continuità di corrente o capacità di segnalazione	Capacità di funzionamento di un cavo percorso da corrente o da segnale ottico in condizioni di incendio normalizzate
G	Resistenza all'incendio della fuliggine	Capacità di condotto di passaggio di fumi di resistere all'incendio di fuliggine in condizioni di incendio normalizzate, garantendo la tenuta al passaggio di gas caldi e l'isolamento termico.
K	Capacità di protezione al fuoco	Capacità di rivestimenti a parete o a soffitto di proteggere i materiali o gli elementi costruttivi o strutturali su cui sono installati dalla carbonizzazione, dall'accensione o da altro tipo di danneggiamento, per un certo periodo di tempo in condizioni di incendio normalizzate.
D	Durata della stabilità a temperatura costante	Capacità delle barriere al fumo di conservare i requisiti di resistenza al fuoco in condizioni di incendio normalizzate.
DH	Durata della stabilità lungo la curva standard tempo-temperatura	
F	Funzionalità degli evacuatori motorizzati di fumo e calore	Capacità degli evacuatori di fumo motorizzati (F) o naturali (B) di conservare i requisiti di funzionamento in condizioni di incendio normalizzate.
B	Funzionalità degli evacuatori naturali di fumo e calore	

Tabella S.2-9: Simboli

S.2.12 - Classi

S.2.12

Classi

1. Le norme contenute nelle tabelle di cui al presente capitolo sono indicate genericamente con la classifica EN senza far riferimento allo status vigente (prEN, ENV, EN).
2. Alla classificazione REI-M di un prodotto per un dato intervallo di tempo corrisponde automaticamente anche la classificazione REI, RE, R per lo stesso periodo indipendentemente dalla presenza di tale valore nella tabella pertinente.
3. Alla classificazione EI-M di un prodotto per un dato intervallo di tempo corrisponde automaticamente anche la classificazione EI e E per lo stesso periodo indipendentemente dalla presenza di tale valore nella tabella pertinente.
4. Al requisito I di un prodotto per un dato intervallo di tempo corrisponde automaticamente anche il requisito W per lo stesso periodo indipendentemente dalla presenza di tale valore nella tabella pertinente.
5. Ai fini della resistenza al fuoco, gli elementi costruttivi ed i prodotti da costruzione non marcati CE possono essere classificati con qualsiasi classe discreta compresa tra 15 e 360 minuti (15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240, 360). In caso di obbligo di marcatura CE successivo alla classificazione, le classi non ammesse non sono impiegabili.
6. La classificazione di resistenza al fuoco di un prodotto per un dato intervallo di tempo è estendibile a tutte le classi inferiori.

Nota: Ad esempio se un elemento strutturale è classificato REI 60-M, esso ricomprende anche le classi REI 45-M, REI 20-M e REI 15-M.

S.2.12 – Classi – (esempio)

42

S.2.12.1 Elementi portanti privi di funzione di compartimento antincendio

Si applica a	Muri, solai, tetti, travi, colonne, balconi, scale, passerelle									
Norme	EN 13501-2; EN 1365-1,2,3,4,5,6; EN 1992-1.2; EN 1993-1.3; EN 1994-1.2; EN 1995-1.2; EN 1996-1.2; EN 1999-1.2									
Classificazione:										
R	15	20	30	45	60	90	120	180	240	360

Tabella S.2-10: Muri, solai, tetti, travi, colonne, balconi, scale, passerelle

S.2.12.2 Elementi portanti con funzione di compartimento antincendio

Si applica a	Muri									
Norme	EN 13501-2; EN 1365-1; EN 1992-1.2; EN 1993-1.3; EN 1994-1.2; EN 1995-1.2; EN 1996-1.2; EN 1999-1.2									
Classificazione:										
RE		20	30		60	90	120	180	240	360
REI	15	20	30	45	60	90	120	180	240	360
REI-M			30		60	90	120	180	240	360
REW		20	30		60	90	120	180	240	360

Tabella S.2-11: Muri

S.2.13 e S.2.14

43

- S.2.13 – Modalità per la classificazione in base ai risultati di PROVE -> OMISSIS
- S.2.14 – Modalità per la classificazione in base ai risultati di CALCOLI -> OMISSIS
- S.2.14 – Modalità per la classificazione in base al confronto con TABELLE -> OMISSIS