

SEMINARIO

PROGETTAZIONE DI AUTORIMESSE ED EDIFICI INDUSTRIALI IN STRUTTURA DI ACCIAIO.

SOLUZIONI CONFORMI E ALTERNATIVE SECONDO LE NORME TECNICHE DI PREVENZIONE INCENDI



Fig. da "Caso studio di edificio monopiano collassato a causa di incendio reale: indagine strutturale ed analisi termo-meccanica" XXV convegno CTA di Salerno del 2015 (Autori: Nicola Di Fiore, Iolanda Del Prete, Emidio Nigro (UNINA) e Luca Ponticelli e Giovanni Di Stefano (CNVVF).

dott. ing. LUCA PONTICELLI 
C.N.VV.F. (Ufficio III – D.C.P.S.T.)

Le Norme Tecniche di Prevenzione Incendi (D.M. 03/08/2015) e le attività non normate:
gli edifici industriali

Roma, ISA 12/10/2017

IL CORSO È
ORGANIZZATO DA



IN COLLABORAZIONE CON



CAPITOLO S.2 - RESISTENZA AL FUOCO

LIVELLI DI PRESTAZIONE E CRITERI DI ATTRIBUZIONE

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

Resistenza al fuoco: livelli e criteri di attribuzione

Sono identificati **cinque livelli di prestazione** con *performance* strutturali richieste crescenti da I a V.

I criteri di attribuzione parlano il linguaggio del **Codice** (**profili di rischio, quote dei piani, densità di affollamento, presenza di disabili**)

Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	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: - 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; - adibite ad attività afferenti ad un solo <i>responsabile dell'attività</i> e con i seguenti profili di rischio: R_{class} pari a 1; R_{ambiente} non significativo; - non adibite ad attività che comportino presenza di occupanti, ad esclusione di quella occasionale e di breve durata di personale addetto.
II	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: - compartimentate rispetto ad altre opere da costruzione eventualmente adiacenti; - strutturalmente separate da altre opere da costruzione e tali che l'eventuale cedimento strutturale non arrechi danni alle stesse ovvero, in caso di assenza di separazione strutturale, tali che l'eventuale cedimento della porzione non arrechi danni al resto dell'opera da costruzione; - adibite ad attività afferenti ad un solo <i>responsabile dell'attività</i> e con i seguenti profili di rischio: R_{class} compresi in A1, A2, A3, A4; R_{class} pari a 1; R_{ambiente} non significativo; - densità di affollamento non superiore a 0,2 persone/m²; - non prevalentemente destinate ad occupanti con disabilità; - aventi piani situati a quota compresa tra -5 m e 12 m.
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 costruzioni destinate ad attività di particolare importanza.

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



CAPITOLO S.2 - RESISTENZA AL FUOCO

LIVELLO I

S.2.4	Soluzioni progettuali
S.2.4.1	Soluzioni conformi per il livello di prestazione I
	1. Deve essere interposta una <u>distanza di separazione</u> 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. <u>Non è richiesta alle strutture alcuna prestazione minima di resistenza al fuoco.</u>

S.2.4.6	Soluzioni alternative per il livello di prestazione I
	1. Sono ammesse <i>soluzioni alternative</i>, costituite da: a. compartimentazione rispetto ad altre costruzioni; b. assenza di danneggiamento ad altre costruzioni per effetto di collasso strutturale. 2. <u>Ai fini della verifica della compartimentazione rispetto ad altre costruzioni, sono ritenute idonee le soluzioni conformi o alternative indicate per il livello di prestazione II della misura antincendio compartimentazione (Capitolo S.3);</u> 3. <u>Ai fini della verifica dell'assenza di danneggiamento ad altre costruzioni, devono essere adottate soluzioni atte a dimostrare che il meccanismo di collasso strutturale in condizioni di incendio non arrechi danni ad altre costruzioni.</u> Dette verifiche devono essere condotte in base agli scenari di incendio di progetto ed ai relativi incendi convenzionali di progetto rappresentati da <u>curve naturali di incendio secondo il paragrafo S.2.6.</u> 4. Al fine di dimostrare il raggiungimento del collegato <i>livello di prestazione</i> il progettista deve impiegare uno dei metodi di cui al paragrafo G.2.6.

Resistenza al fuoco:

soluzioni progettuali per il **livello I**

Per il *livello I* di resistenza al fuoco, ad esempio, la soluzione conforme prevede un **congruo distanziamento** da altre opere da costruzione, la soluzione alternativa prevede che, con i metodi F.S.E. indicati nel *Codice*, si dimostri **l'assenza di “effetti domino”**.



IL CORSO È
ORGANIZZATO DA

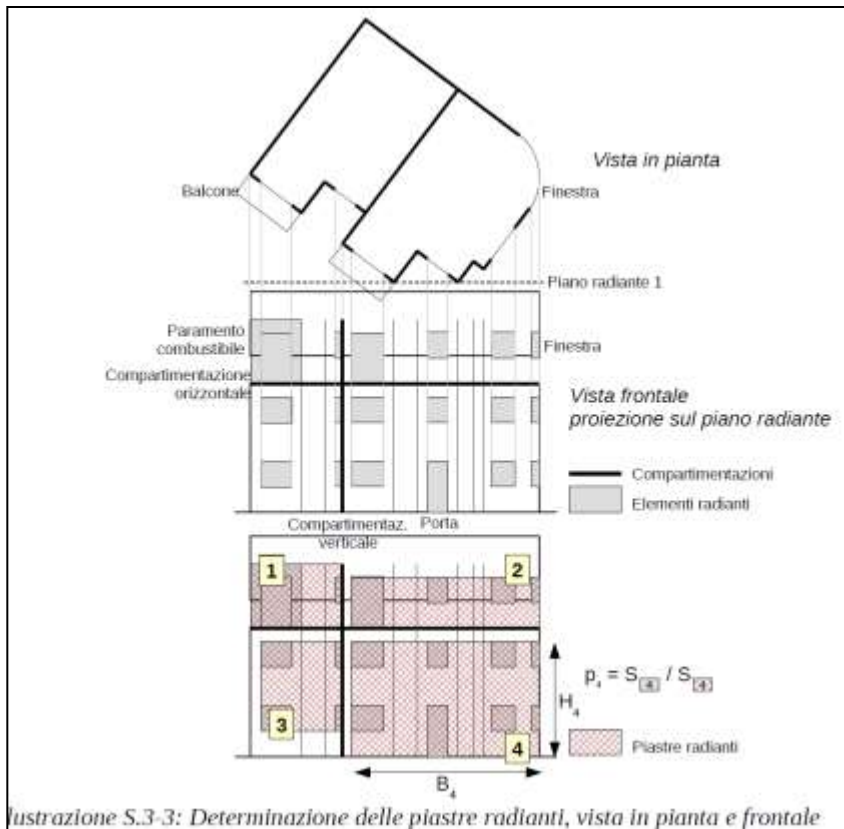


IN COLLABORAZIONE CON



CAPITOLO S.2 - RESISTENZA AL FUOCO

LA VERIFICA DELLA DISTANZA DI SEPARAZIONE



$$d_i = \alpha_i p_i + \beta_i$$

Per la determinazione della distanza di separazione mediante *soluzione conforme*, il Codice prevede il **metodo delle piastreradianti**.
Soluzioni alternative sono possibili, ad esempio, con il report BRE CI SfB 98 o con la NFPA 555

B _i [m]	H _i [m]															
	3		6		9		12		15		18		21		24	
	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β
3	2,5	1,0	4,0	0,9	5,0	0,7	5,7	0,6	6,2	0,5	6,5	0,4	6,8	0,4	7,0	0,3
6	3,2	1,6	5,2	1,8	6,8	1,7	8,1	1,5	9,2	1,4	10,1	1,2	10,9	1,1	11,5	1,0
9	3,5	2,1	6,0	2,5	8,0	2,6	9,6	2,5	11,0	2,4	12,3	2,2	13,4	2,1	14,4	1,9
12	3,7	2,6	6,6	3,1	8,8	3,3	10,7	3,3	12,4	3,3	13,9	3,2	15,2	3,0	16,5	2,9
15	3,7	2,9	7,0	3,6	9,5	3,9	11,6	4,1	13,4	4,1	15,1	4,1	16,6	4,0	18,1	3,9
18	3,7	3,3	7,3	4,1	10,0	4,5	12,3	4,8	14,3	4,9	16,1	4,9	17,8	4,9	19,4	4,8
21	3,6	3,6	7,5	4,5	10,4	5,0	12,9	5,4	15,1	5,6	17,0	5,7	18,9	5,7	20,6	5,7
24	3,5	3,9	7,6	4,9	10,7	5,5	13,4	6,0	15,7	6,2	17,8	6,4	19,8	6,5	21,6	6,5
27	3,3	4,1	7,6	5,3	11,0	6,0	13,8	6,5	16,3	6,8	18,5	7,0	20,6	7,2	22,5	7,3
30	3,2	4,4	7,7	5,6	11,2	6,4	14,2	7,0	16,8	7,4	19,1	7,7	21,3	7,9	23,3	8,0
40	2,6	5,1	7,5	6,7	11,6	7,8	15,0	8,5	18,0	9,1	20,8	9,5	23,3	9,9	25,6	10,2
50	2,2	5,6	7,0	7,7	11,5	8,9	15,4	9,9	18,8	10,6	21,9	11,2	24,7	11,7	27,3	12,1
60	1,8	6,1	6,5	8,5	11,3	10,0	15,5	11,1	19,3	12,0	22,6	12,7	25,7	13,3	28,6	13,8

Per valori di B_i e H_i intermedi a quelli riportati in tabella si approssima al valore immediatamente successivo. In alternativa può essere impiegata iterativamente la procedura analitica di cui al paragrafo S.3.11.3.

Tabella S.3-7: Coefficienti α e β per attività con carico di incendio specifico q_f > 1200 MJ/m²

B _i [m]	H _i [m]															
	3		6		9		12		15		18		21		24	
	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β
3	1,7	0,5	2,6	0,3	3,1	0,2	3,3	0,2	3,4	0,2	3,5	0,2	3,5	0,1	3,6	0,1
6	2,0	1,0	3,5	0,8	4,6	0,7	5,3	0,5	5,9	0,4	6,2	0,3	6,5	0,3	6,7	0,3
9	1,9	1,4	3,9	1,3	5,4	1,2	6,5	1,0	7,4	0,8	8,1	0,7	8,8	0,6	9,0	0,5
12	1,8	1,7	4,1	1,8	5,8	1,7	7,2	1,5	8,4	1,3	9,3	1,2	10,1	1,0	10,8	0,9
15	1,6	2,0	4,1	2,2	6,0	2,2	7,7	2,0	9,0	1,9	10,2	1,7	11,2	1,5	12,1	1,4
18	1,4	2,2	4,0	2,6	6,1	2,6	8,0	2,5	9,5	2,4	10,9	2,2	12,1	2,0	13,1	1,9
21	1,3	2,4	3,9	2,9	6,2	3,1	8,1	3,0	9,9	2,9	11,4	2,7	12,7	2,6	13,9	2,4
24	1,1	2,6	3,7	3,2	6,1	3,5	8,2	3,5	10,1	3,4	11,7	3,3	13,2	3,1	14,6	2,9
27	1,0	2,7	3,5	3,5	6,0	3,8	8,3	3,9	10,2	3,9	12,0	3,8	13,6	3,6	15,1	3,4
30	0,9	2,9	3,4	3,8	5,9	4,2	8,2	4,3	10,3	4,3	12,2	4,2	13,9	4,1	15,5	4,0
40	0,6	3,2	2,8	4,5	5,4	5,2	7,9	5,5	10,3	5,7	12,5	5,7	14,5	5,7	16,3	5,6
50	0,4	3,4	2,3	5,1	4,8	6,0	7,4	6,6	10,0	6,9	12,3	7,0	14,6	7,1	16,6	7,1
60	0,2	3,5	1,9	5,6	4,3	6,7	6,9	7,5	9,5	7,9	12,0	8,2	14,4	8,4	16,6	8,5

Per valori di B_i e H_i intermedi a quelli riportati in tabella si approssima al valore immediatamente successivo. In alternativa può essere impiegata iterativamente la procedura analitica di cui al paragrafo S.3.11.3.

Tabella S.3-8: Coefficienti α e β per attività con carico di incendio specifico q_f ≤ 1200 MJ/m²



IL CORSO È
ORGANIZZATO DA



IN COLLABORAZIONE CON



CAPITOLO S.2 - RESISTENZA AL FUOCO

LA VERIFICA DELL'ASSENZA DI DANNEGGIAMENTO

Durante la prova, nel compartimento in cui si è sviluppato l'incendio dopo 60 minuti il telaio di acciaio è crollato, mentre il compartimento separato dalla parete REI 120 non ha subito danneggiamenti. Nella figura 3 è riportata una sintesi degli eventi significativi registrati durante la prova • Tempo stimato: 10:14:32 (7 minuti dopo l'insacco) • Il fumo invade tutto il compartimento in cui si sviluppa l'incendio • Dilatazione termica: si notano piccole aperture sul tamponamento di acciaio • Il fumo (quasi incolore) comincia ad uscire dal tetto	
• Tempo stimato: 10:18:16 (11 minuti dopo l'insacco) • Si verificano importanti deformazioni nei tamponamenti di acciaio • Apertura del primo evacuatore di fumo • Apertura del secondo evacuatore di fumo, circa 1 minuto dopo	
• Tempo stimato: 10:25:32 (18 minuti dopo l'insacco) • La copertura crolla parzialmente • Fiamme e gas caldi (500°C) escono dal compartimento e vengono deviate dal vento verso nord-est • Le travi dei due portali principali cominciano a crollare	
• Tempo stimato: 10:30:18 (23 minuti dopo l'insacco) • Gli spostamenti della struttura verso l'interno diventano visibili	

Sperimentazione a Rouvroy-Les-Merles (F) 2008*

*La sicurezza in caso di incendio degli edifici adibiti a deposito e le prestazioni delle strutture portanti (FPA - Bin Zhao - CTCIM, Sandro Pustorino - F.P.A. - Nicolas Hennemont CTCIM)

• Tempo stimato: 10:32:00 (25 minuti dopo l'insacco) • La struttura continua a crollare • La parziale rottura della parete nord (non visibile nella figura) causa un incremento del flusso termico registrato	
• Tempo stimato: 10:37:00 (30 minuti dopo l'insacco) • La struttura crolla verso l'interno • Una parte della parete nord si stacca dalla struttura crollata	
• Tempo stimato: 10:41:52 (35 minuti dopo l'insacco) • Il fuoco non si propaga al compartimento vicino. Solo alcune fessure appaiono sulla parete di separazione, che non ne pregiudicano l'integrità e la capacità di impedire il passaggio dei flussi termici	
• Tempo stimato: 11:08:54 (61 minuti dopo l'insacco) • La struttura del compartimento in cui si è sviluppato l'incendio è completamente crollata • E' visibile una cerniera plastica a 20 cm dalla parete di separazione	



IL CORSO E' ORGANIZZATO DA

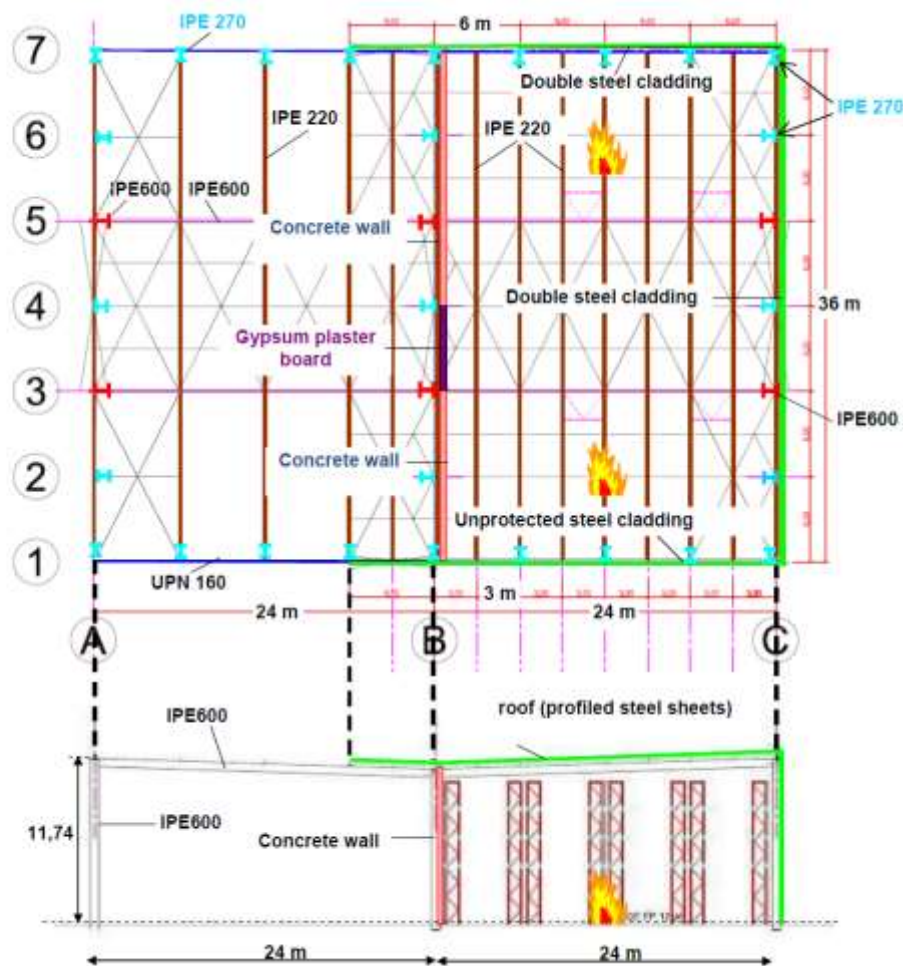


IN COLLABORAZIONE CON



CAPITOLO S.2 - RESISTENZA AL FUOCO

LA VERIFICA DELL'ASSENZA DI DANNEGGIAMENTO



Sperimentazione a Rouvroy-Les-Merles (F) 2008*

*La sicurezza in caso di incendio degli edifici adibiti a deposito e le prestazioni delle strutture portanti
(FPA - Bin Zhao - CTCIM, Sandro Pustorino - F.P.A. - Nicolas Henneton CTCIM)



IL CORSO E'
ORGANIZZATO DA



IN COLLABORAZIONE CON



CAPITOLO S.2 - RESISTENZA AL FUOCO

SELEZIONE DEGLI SCENARI DI INCENDIO DI PROGETTO

M.2.3

Selezione degli scenari d'incendio di progetto

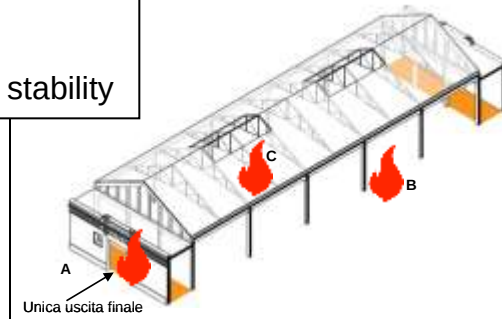
1. Nel primo passo della procedura viene in genere identificato un elevato numero di scenari d'incendio possibili nell'attività. Lo scopo di questo secondo passo della procedura consiste nel ridurre il numero degli scenari d'incendio al minimo numero ragionevole, al fine di alleggerire il successivo lavoro di verifica delle soluzioni progettuali.
2. Il professionista antincendio seleziona gli *scenari di incendio* ed estrae il sottoinsieme degli *scenari d'incendio di progetto*, esplicitando nella documentazione progettuale i motivi che portano ad escluderne alcuni dalla successiva analisi quantitativa, facendo riferimento agli alberi degli eventi già sviluppati nel precedente passo o secondo giudizio esperto.
3. Il professionista antincendio seleziona i *più gravi* tra gli scenari di incendio *credibili*.
4. Gli *scenari d'incendio di progetto* così selezionati rappresentano per l'attività un livello di rischio d'incendio non inferiore a quello compiutamente descritto dall'insieme di tutti gli *scenari d'incendio*. Le soluzioni progettuali, rispettose delle *soglie di prestazione* richieste nell'ambito degli *scenari d'incendio di progetto*, garantiscono quindi lo stesso grado di sicurezza anche nei confronti di tutti gli altri *scenari d'incendio*.
5. La selezione degli scenari d'incendio è fortemente influenzata dall'obiettivo che il professionista antincendio intende raggiungere. Ad esempio, se si intende principalmente perseguire la salvaguardia degli occupanti durante la fase di esodo, possono essere selezionati scenari come quelli di seguito indicati:
 - a. un incendio di breve durata e con crescita veloce, che è accompagnato da elevata produzione di fumo e gas di combustione (ad esempio, l'incendio di un mobile imbottito), risulta più critico di uno che rilascia maggiore potenza termica, ma che ha una crescita lenta e dura più a lungo, anche se quest'ultimo sollecita termicamente in modo più severo gli elementi costruttivi presenti;
 - b. un incendio di limitate dimensioni, che però si sviluppa in prossimità delle vie di esodo di un locale ad alta densità di affollamento, può risultare più pericoloso di uno che emette una maggiore potenza termica, ma che si origina in un ambiente confinato e che si trova lontano dalle zone dove è prevista la presenza di occupanti.

Il progettista deve **ben individuare** gli scenari di incendio in funzione degli obiettivi di prevenzione incendi

Esempio

A Life safety

B-C Structural stability



Esempio

scenari
predefiniti dal
Codice per la life
safety

M.2.7 Focolare predefinito

1. Qualora si intenda omettere le valutazioni in merito alla descrizione quantitativa del focolare di cui al paragrafo M.2.4, possono essere impiegati i focolari predefiniti descritti quantitativamente secondo il metodo indicato nel paragrafo M.2.6, impiegando i valori dei parametri di cui alla tabella M.2-2.

2. E' escluso l'impiego dei focolari predefiniti nei casi in cui si valuti che i focolari stessi risultino più gravi di quelli previsti in tabella M.2-2.

Parametro	Focolare predefinito	
	per attività civili (ISO 4 (Rev.))	per altre attività (% a parte 1-10)
Velocità di crescita dell'incendio t_{gr} (kW/s)	5 MW 250-500 kW/s ⁽¹⁾	30 MW 500-1000 kW/s ⁽¹⁾
Area di superficie del focolare (m ²)	Pre flashover: 0,07 kg/kg [2] Post flashover: 0,14 kg/kg [2,3]	Pre flashover: 0,38 kg/kg [4] Post flashover: 0,38 kg/kg [4]
Riesca in particelle di carbonio Y_{co}	Pre flashover: 0,10 kg/kg [5] Post flashover: 0,40 kg/kg [5]	Pre flashover: 0,38 kg/kg [4] Post flashover: 0,40 kg/kg [4]
Calore di combustione effettivo ΔH_{eff} (MJ/kg)	30 MJ/kg [2]	30 MJ/kg [2]
Riesca in carbonio Y_{co}	1,5 kg/kg [3,6]	1,5 kg/kg [3,6]
Riesca in acqua Y_{H_2O}	0,62 kg/kg [3,6]	0,62 kg/kg [3,6]
Frazione di HRR(t) in ingegneria (Radiation fraction)	0,99 [3]	0,99 [3]

(1) Da impiegare in alternativa all'HRR_{max} totale, considerando la massima superficie del focolare, pari al compimento antincendio nel caso di carico di incendio uniformemente distribuito, ma che può essere un valore inferiore nel caso d'incendio localizzato.

(2) Valore di P. Value C.A. Study Report No.156 "Good Field Values for Modeling Fires - Residential Occupancies", BRANZ, 2009.

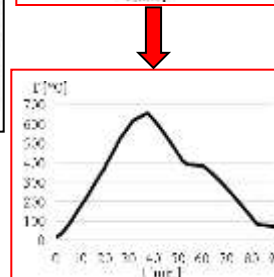
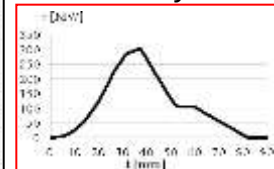
(3) "CIVMD Verification method: Parameters for fire safety design", New Zealand Building Code.

(4) "SPRINT Handbook of fire protection engineering", NFPA, 4th ed., 2008, Tabella 3-4.15, pag. 3-142, da applicare come focolare focolare.

(5) See A. Hall T.R. "Fire Toxicity", Woodhead Pub., 2000, 8.2.4 con $\theta = 1.25$ (unventilated fire).

(6) In alternativa alle rese Y_{co} e Y_{H_2O} , si può impiegare nel codice di calcolo il coefficiente generico CHU_{co} .

Tabella M.2-2: Focolari predefiniti



IL CORSO E'
ORGANIZZATO DA



IN COLLABORAZIONE CON



CAPITOLO S.2 - RESISTENZA AL FUOCO

LIVELLO II

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. 3. La <i>classe minima di resistenza al fuoco</i> 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.2.4.7	Soluzioni alternative per il livello di prestazione II 1. Sono ammesse <i>soluzioni alternative</i>, costituite da: a. compartimentazione rispetto ad altre costruzioni; b. assenza di danneggiamento ad altre costruzioni 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 L_{min} (paragrafo M.3.2.2) non inferiore a 100% - RSET e comunque non inferiore a 30 minuti. 2. Per la verifica della <u>compartimentazione e dell'assenza di danneggiamento</u> 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 <i>livello di prestazione</i> il progettista deve impiegare uno dei metodi di cui al paragrafo G.2.6.
----------------	---

Resistenza al fuoco: soluzioni progettuali per il **livello II**

Per il *livello II* di resistenza al fuoco, è ammessa la continuità strutturale, a condizione che si dimostri l'assenza di conseguenze esterne o verso altre porzioni di struttura per almeno **30 minuti** (sia per incendi nominali nominali o naturali). In caso di incendi naturali, va comunque garantita una resistenza al fuoco non inferiore al **doppio del tempo massimo di esodo degli occupanti**.



IL CORSO È
ORGANIZZATO DA



IN COLLABORAZIONE CON



CAPITOLO S.2 - RESISTENZA AL FUOCO

IL MARGINE DI SICUREZZA PER LE SOLUZIONI ALTERNATIVE DEL LIVELLO II

Per la determinazione della classe minima di resistenza al fuoco della struttura o del compartimento mediante *soluzione alternativa*, il *Codice* prevede la valutazione del margine di sicurezza per l'esodo degli occupanti.

Vanno comunque garantiti 30 minuti di resistenza dall'innescio.

M.3.2.2

Criterio di ASET > RSET

1. Per risolvere quanto previsto al comma 1 del paragrafo M.3.2.1, la norma introduce il criterio $ASET > RSET$. La progettazione prestazionale del sistema di vie d'esodo consiste sostanzialmente nel calcolo e nel confronto tra due intervalli di tempo così definiti:
 - a. ASET, tempo disponibile per l'esodo (*available safe escape time*);
 - b. RSET, tempo richiesto per l'esodo (*required safe escape time*).
2. Si considera efficace il sistema d'esodo se $ASET > RSET$, se cioè il tempo in cui permangono condizioni ambientali non incapacitanti per gli occupanti è superiore al tempo necessario perché essi possano raggiungere un luogo sicuro, non soggetto a tali condizioni ambientali sfavorevoli dovute all'incendio.
3. La differenza tra ASET ed RSET rappresenta il *margine di sicurezza* della progettazione prestazionale per la salvaguardia della vita:

$$t_{\text{mag}} = ASET - RSET$$

[s]

Nel confronto tra diverse soluzioni progettuali, il professionista antincendio rende massimo il margine di sicurezza t_{mag} in relazione alle ipotesi assunte, al fine di considerare l'incertezza nel calcolo dei tempi di ASET ed RSET.

A meno di specifiche valutazioni si assume $t_{\text{mag}} \geq 100\% \cdot RSET$. In caso di specifiche valutazioni sull'affidabilità dei dati di input impiegati nella progettazione prestazionale è consentito assumere $t_{\text{mag}} \geq 10\% \cdot RSET$.

In ogni caso, il valore di t_{mag} non deve essere mai inferiore a 30 secondi.



(Illustrazione M.3-1: Confronto tra ASET ed RSET)

ATTENZIONE!!!

IL MARGINE DI SICUREZZA VA CALCOLATO SIA CON RIFERIMENTO A SCENARI DI INCENDIO CHE METTANO IN CRISI L'ESODO CHE CON SCENARI CHE METTANO IN CRISI LE STRUTTURE.



CAPITOLO S.2 - RESISTENZA AL FUOCO

LIVELLO III

S.2.4.3

Soluzioni conformi per il livello di prestazione III

- 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.
- La classe minima di resistenza al fuoco è ricavata per compartimento in relazione al carico di incendio specifico di progetto $q_{f,d}$ come indicato in tabella S.2-3.

Carico di incendio specifico di progetto	Classe minima di resistenza al fuoco
$q_{f,d} \leq 200 \text{ MJ/m}^2$	Nessun requisito
$q_{f,d} \leq 300 \text{ MJ/m}^2$	15
$q_{f,d} \leq 450 \text{ MJ/m}^2$	30
$q_{f,d} \leq 600 \text{ MJ/m}^2$	45
$q_{f,d} \leq 900 \text{ MJ/m}^2$	60
$q_{f,d} \leq 1200 \text{ MJ/m}^2$	90
$q_{f,d} \leq 1800 \text{ MJ/m}^2$	120
$q_{f,d} \leq 2400 \text{ MJ/m}^2$	180
$q_{f,d} > 2400 \text{ MJ/m}^2$	240

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

Resistenza al fuoco: soluzioni progettuali per il **livello III**

Per il *livello III* di resistenza al fuoco non sono presenti novità significative, salvo la ridefinizione delle classi tabellari “basse” ed il perfezionamento del metodo di calcolo del carico di incendio specifico di progetto (legno).

S.2.4.8

Soluzioni alternative per il livello di prestazione III

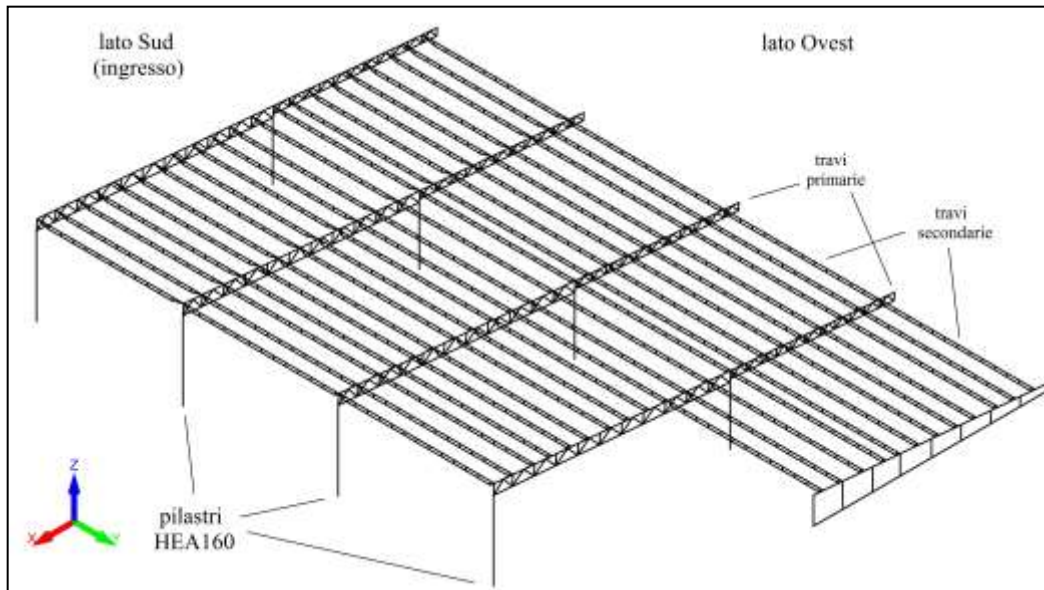
- Sono ammesse *soluzioni alternative*.
- Le soluzioni alternative per il livello di prestazione III si ottengono verificando le prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni in base agli scenari di incendio di progetto ed ai relativi incendi convenzionali di progetto rappresentati da curve naturali di incendio secondo il paragrafo S.2.6.
- Per la verifica della *capacità di compartimentazione* all'interno dell'attività non si forniscono soluzioni alternative.
- Al fine di dimostrare il raggiungimento del collegato *livello di prestazione* il progettista deve impiegare uno dei metodi di cui al paragrafo G.2.6.

Obiettivo di sicurezza antincendio	Durata minima degli scenari di incendio di progetto
Salvaguardia della vita	Dall'evento iniziatore fino al momento in cui tutti gli occupanti dell'attività raggiungono o permangono in un luogo sicuro. Se il luogo sicuro è prossimo o interno all'opera da costruzione, devono essere valutate eventuali interazioni tra il mantenimento della capacità portante dell'opera da costruzione ed il luogo sicuro.
Mantenimento della capacità portante in caso d'incendio	Dall'evento iniziatore fino all'arresto dell'analisi strutturale, in fase di raffreddamento, al momento in cui gli effetti dell'incendio sono ritenuti non significativi in termini di variazione temporale delle caratteristiche della sollecitazione e degli spostamenti

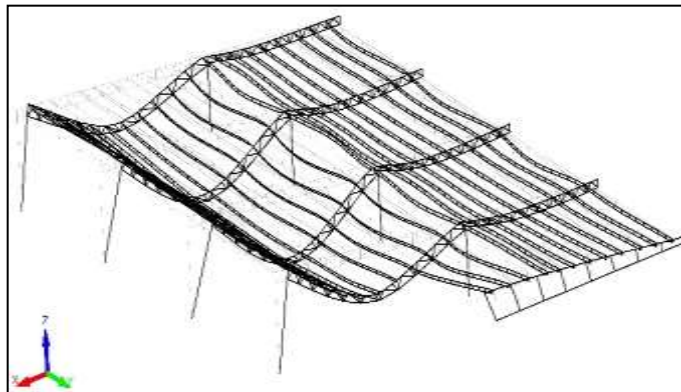
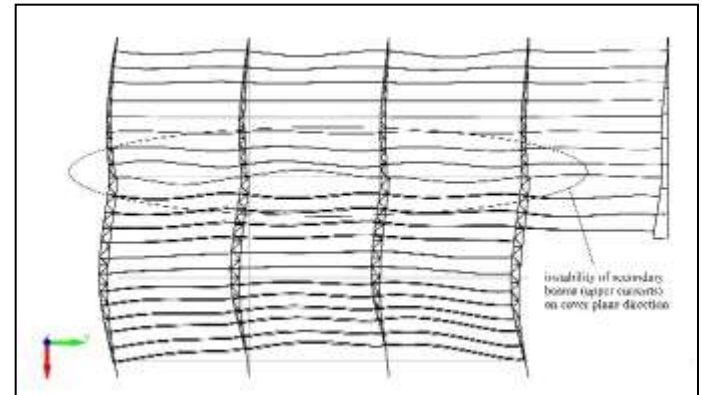
Tabella M.2-1: Durata minima degli scenari d'incendio di progetto



POTENZIALITÀ DEL CALCOLO TERMO STRUTTURALE



dal modello F.E.M. ...



... all'individuazione di possibili meccanismi di collasso

(es. verifica ex post per indagini di P.G.)

Figg. da "Caso studio di edificio monopiano collassato a causa di incendio reale: indagine strutturale ed analisi termo-meccanica" XXV convegno CTA di Salerno del 2015 (Autori: Nicola Di Fiore, Iolanda Del Prete, Emidio Nigro (UNINA) e Luca Ponticelli e Giovanni Di Stefano (CNVVF).



IL CORSO È
ORGANIZZATO DA



IN COLLABORAZIONE CON



RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI **RECENTI** PER APPROFONDIMENTI SPECIFICI SUI MECCANISMI DI COLLASSO DI EDIFICI MONOPIANO ESPOSTI AD INCENDIO

- Single storey steel buildings exposed to localised fires – Naveed Iqbal et alii – 2nd international Fire Safety Symposium – IFireSS 2017
- Kinematics of collapse of a warehouse structure under fire – Seddik Sakji, Romain Mege, Philippe Leblond – SAFE 2017
- Caso studio di edificio monopiano collassato a causa di incendio reale: indagine strutturale ed analisi termo-meccanica” XXV convegno CTA Salerno 2015 - Nicola Di Fiore, Iolanda Del Prete, Emidio Nigro, Luca Ponticelli, Giovanni Di Stefano

DAL SITO DELLA **FONDAZIONE PROMOZIONE ACCIAIO** SEZ. PUBBLICAZIONI – INGEGNERIA DELL'INCENDIO

- Progettazione delle strutture di acciaio di capannoni industriali mediante l'applicazione dei **metodi di ingegneria della sicurezza antincendio** - Sandro Pustorino, Paola Princi, Emidio Nigro, Anna Ferraro, Franco Bontempi, Chiara Crosti, Luca Ponticelli, Claudio Mastrogiuseppe
- Progettazione in caso di incendio delle strutture di acciaio di capannoni industriali. **Modellazione termo-meccanica** di scenari di incendio – Emidio Nigro, Anna Ferraro, Sandro Pustorino, Paola Princi, Franco Bontempi, Chiara Crosti, Luca Ponticelli, Claudio Mastrogiuseppe
- Progettazione in caso di incendio delle strutture di acciaio di capannoni industriali. **Modellazione termo-fluidodinamica** di scenari di incendio - Franco Bontempi, Chiara Crosti, Emidio Nigro, Anna Ferraro, Sandro Pustorino, Paola Princi, Luca Ponticelli, Claudio Mastrogiuseppe.
- Le prestazioni delle strutture in acciaio in caso di incendio nei depositi e negli edifici industriali - Sandro Pustorino, Olivier Vassart, Luca Ponticelli
- La sicurezza strutturale in caso di incendio negli edifici adibiti a deposito e ad attività industriale - Sandro Pustorino, Emidio Nigro, Luca Ponticelli
- La sicurezza in caso di incendio degli edifici adibiti a deposito - Bin Zhao, Sandro Pustorino, Nicolas Henne-ton





GRAZIE DELL'ATTENZIONE

DOTT. ING. LUCA PONTICELLI

IL CORSO E'
ORGANIZZATO DA



IN COLLABORAZIONE CON

