

Comportamento al fuoco delle strutture di legno: concetti generali

È noto che il legno è un materiale combustibile, questo però non significa che le strutture di legno non possiedano resistenza al fuoco e che siano più vulnerabili rispetto alle strutture di acciaio o di calcestruzzo armato specie se precompresso.

Raramente le strutture di legno contribuiscono in modo sostanziale ad alimentare un incendio ma anzi ne subiscono più spesso le conseguenze, manifestando al riguardo un comportamento almeno non peggiore se non addirittura migliore rispetto a strutture realizzate con altri materiali.



Figura 1: Solaio di legno non crollato a seguito di un incendio.



Figura 2: Trave di legno sottoposta ad incendio. Sotto lo strato carbonizzato il legno è ancora efficiente dal punto di vista meccanico.

A riprova di quanto detto analizziamo gli aspetti salienti del comportamento di un elemento strutturale di legno soggetto ad incendio:

- il legno brucia lentamente, la carbonizzazione procede dall'esterno verso l'interno della sezione;
- il legno non ancora carbonizzato rimane efficiente dal punto di vista meccanico anche se la sua temperatura è aumentata;
- la rottura meccanica dell'elemento avviene quando la parte della sezione non ancora carbonizzata è talmente ridotta da non riuscire più ad assolvere alla sua funzione portante.

Pertanto la perdita di efficienza di una struttura di legno avviene per riduzione della sezione e non per decadimento delle caratteristiche meccaniche.

Il processo di carbonizzazione può portare alla rottura dell'elemento strutturale in un tempo compreso fra alcuni minuti primi e alcune ore, ciò in dipendenza della specie legnosa ma soprattutto delle dimensioni originarie della sezione.

Se poi si confronta il comportamento del legno con quello di altri materiali da costruzione più tradizionalmente utilizzati nel nostro paese, verso i quali normalmente non c'è alcun pregiudizio rispetto alla loro resistenza nei confronti dell'incendio non essendo materiali combustibili, si capisce ancora meglio perché il legno non parta svantaggiato, ma anzi al contrario dell'opinione comunemente diffusa possa essere considerato addirittura preferibile:

- gli elementi strutturali di acciaio non bruciano ma il materiale subisce un rapido decadimento delle caratteristiche meccaniche in funzione della temperatura;
- nelle costruzioni di calcestruzzo armato la resistenza al fuoco è determinata dallo spessore del rivestimento delle armature metalliche (copriferro);

- nelle strutture di legno i punti deboli sono le unioni che presentano elementi metallici a vista come scarpe, piastre, ecc.; queste, se non protette, sono le prime a cedere durante l'incendio.



Figura 3: Capannone di cemento armato completamente distrutto a seguito di un incendio; le armature metalliche perdono resistenza e rigidità con l'aumento della temperatura, provocando rapidamente il crollo della struttura.

Resistenza e reazione al fuoco

La *resistenza* e la *reazione* al fuoco sono due aspetti molto diversi della *sicurezza* al fuoco, si ritiene utile richiamarne le definizioni.

Resistenza al fuoco

(D.M.Int. 09/03/2007)

“la capacità portante in caso di incendio, per una struttura, per una parte di struttura o per un elemento strutturale nonché la capacità di compartimentazione rispetto all'incendio per gli elementi di separazione sia strutturali, come muri e solai, che non strutturali, come porte e tramezzi”:

- R stabilità: attitudine di un elemento da costruzione a conservare la resistenza meccanica sotto l'azione del fuoco;
- E tenuta: attitudine di un elemento da costruzione a non lasciar passare né produrre - se sottoposto all'azione del fuoco su un lato - fiamme, vapori o gas caldi sul lato non esposto;
- I isolamento termico: attitudine di un elemento da costruzione a ridurre, entro un dato limite, la trasmissione del calore.

Alle strutture a sviluppo lineare (travi e pilastri) generalmente è richiesto il solo requisito R; alle strutture a sviluppo superficiale (solai e pareti), quando queste delimitano un compartimento, sono richiesti anche i requisiti E ed I.

La resistenza al fuoco è una proprietà della struttura e non del materiale che la compone, dipende dalla geometria, dai carichi agenti e dalle condizioni di esposizione; pertanto è una caratteristica che va valutata caso per caso con opportuni procedimenti di seguito esposti.

Reazione al fuoco

La reazione al fuoco è il grado di partecipazione di un materiale combustibile al fuoco al quale è sottoposto. In relazione a ciò i materiali sono assegnati alle classi 0, 1, 2, 3, 4 e 5 con l'aumentare

della loro partecipazione alla combustione¹; quelli di classe 0 sono non combustibili, come l'acciaio ed il calcestruzzo. Il legno ed i prodotti a base di legno hanno reazione al fuoco 3 o 4.

Le specifiche normative che regolano ciascuna attività fissano la classe massima di reazione al fuoco dei rivestimenti in funzione dell'uso dei locali e della posizione, ad esempio il DM 26/08/1992 "Norme di prevenzione incendi per l'edilizia scolastica" prescrive che nei passaggi quali atri, corridoi e scale è consentito il rivestimento in classe 1 in ragione del 50% della superficie totale (pareti + soffitto + pavimento), la restante superficie dei rivestimenti deve essere di classe 0.

Il grado di reazione al fuoco è una proprietà del materiale che dipende dalla sua stessa natura e dal trattamento superficiale.

Valutazione della resistenza al fuoco

Il requisito di resistenza al fuoco per le strutture generalmente è limitato alla sola stabilità R; esso corrisponde al tempo che trascorre dall'inizio dell'incendio al crollo della struttura ed è espresso in minuti primi. Il requisito di reazione al fuoco non è richiesto per gli elementi strutturali quali travi e pilastri (L.C. Min. Int. 9/5/89 "Pilastri e travi di legno – Reazione al fuoco").

Per la verità la Lettera Circolare dice: "*limitatamente alle travi e pilastri in legno massiccio o lamellare, non deve essere richiesta la classificazione ai fini della reazione al fuoco*", non contempla quindi le pareti ed i solai a pannello continuo per i quali attualmente non ci sono chiare indicazioni. È opinione dello scrivente che le superfici degli elementi strutturali a sviluppo superficiale (pareti e solai a pannello), costituiscano una importante frazione della superficie totale del compartimento, debbano essere trattate sia come struttura (resistenza) che come rivestimento (reazione).

La resistenza al fuoco di un elemento strutturale di legno può essere valutata in tre modi (D.M.Int. 09/03/2007):

- prove (metodo sperimentale)
- calcoli (metodo analitico)
- confronti con tabelle (metodo tabellare)

Il metodo sperimentale (prove) prevede le prove in forno su elementi di caratteristiche equivalenti agli elementi di effettivo impiego nella costruzione dello stesso tipo e dimensioni e soggetti agli stessi carichi di progetto.

¹ In realtà tale classificazione segue secondo gli ultimi decreti ministeriali la denominazione presente nella normativa europea (le cosiddette "Euroclassi" di reazione al fuoco A1, A2, B, C, D, E, F determinate in accordo con la norma UNI EN 13501-1), anche se il concetto è sostanzialmente analogo; in questa trattazione si preferisce continuare ad utilizzare la vecchia classificazione (classi da 0 a 5) per facilità di comprensione.

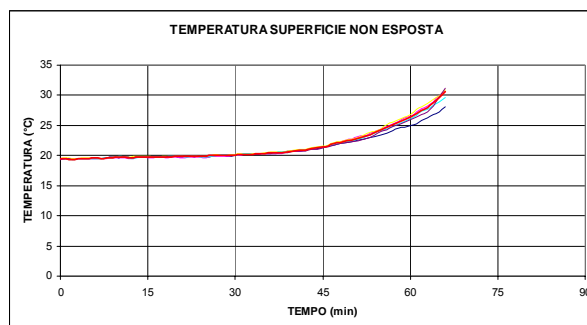


Figura 4: Pannello a strati incrociati da 85 mm sottoposto a prova di incendio su forno verticale della durata di 60 min nel 2007 presso il laboratorio di prove al fuoco del CNR-IVALSA a San Michele all'Adige diretto dalla Dott.ssa Giovanna Bochicchio. Nella foto la sezione del pannello al termine della prova; il pannello è formato da 5 strati ognuno di 17 mm, come si nota al termine della prova sono rimasti 3 strati praticamente intatti, pertanto si è avuta una carbonizzazione di 35-40 mm. Nel grafico a destra la variazione di temperatura durante la prova sulla superficie non esposta; mentre sulla faccia esposta al fuoco le temperature sono arrivate quasi a 1000 °C; sulla faccia non esposta si è avuto un aumento di temperatura di soli 7 °C.

Il metodo analitico (calcoli) si basa su valori di calcolo noti; tali valori sono la velocità di carbonizzazione e la resistenza meccanica, essendo il calcolo da eseguirsi allo stato limite ultimo di collasso.

Nel calcolo analitico della resistenza al fuoco le ipotesi di base sono (per EN 1995-1-2 le ipotesi sono leggermente diverse):

- la carbonizzazione procede perpendicolarmente alle superfici esposte con velocità costante;
- il legno conserva inalterate le proprie caratteristiche di resistenza e rigidità nella parte non ancora combusta;
- la valutazione della capacità portante viene fatta sulla sezione resistente residua trascurando l'arrotondamento degli spigoli;
- il calcolo viene eseguito allo stato limite ultimo di collasso utilizzando quindi le tensioni di rottura.

I valori da assumersi nel calcolo analitico sono espressi in vari documenti (L.C.M.Int. 26/11/90 per la resistenza meccanica e D.M.Int. 8/3/85 per la velocità di carbonizzazione; norma UNI 9504 "Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di legno"), tuttavia i documenti citati devono considerarsi superati in quanto il DM Int. 16/02/2007 nell'allegato C prescrive l'utilizzo degli Eurocodici, in particolare le norme EN 1991-1-2 (Eurocodice 5) "Azioni generali – Azioni sulle strutture esposte al fuoco" e EN 1995-1-2 "Progettazione delle strutture di legno – Progettazione strutturale contro l'incendio".

L'Eurocodice 5 è il miglior documento dal punto di vista scientifico; questo documento fornisce tre metodi di calcolo, il primo dei quali (metodo della sezione efficace) è il più semplice ma anche il più cautelativo; contiene indicazioni esaustive per la protezione dei giunti.

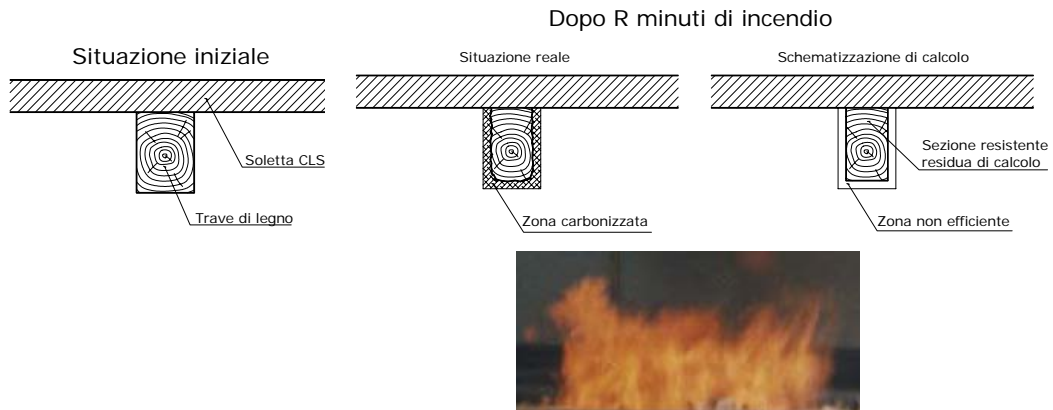


Figura 5: Schematizzazione utilizzata nel calcolo della resistenza al fuoco.

Il calcolo delle azioni agenti viene condotto considerando il caso di situazione di progetto eccezionale come indicato nella EN 1995-1-2 secondo la seguente combinazione di carico:

$$G_k + \sum_1^n \psi_{2i} Q_{ki}$$

dove $\psi_{2,i}$ (EN 1991-2) è il coefficiente di combinazione per combinazione di carico quasi permanente².

Il metodo della sezione efficace considera che le proprietà di resistenza e rigidità del materiale rimangano invariate durante l'esposizione al fuoco. La sezione residua si calcola riducendo la sezione iniziale su ogni lato esposto al fuoco della profondità effettiva di carbonizzazione secondo la seguente equazione:

$$d_{ef} = d_{char} + k_0 d_0 = \beta_0 t_{fi,req} + k_0 d_0$$

con

- β_0 velocità di carbonizzazione
- $t_{fi,req}$ tempo di resistenza al fuoco richiesto (min)
- k_0 coefficiente di protezione pari a 1,0 per superfici non protette
- $d_0 = 7 \text{ mm}$ strato iniziale di carbonizzazione

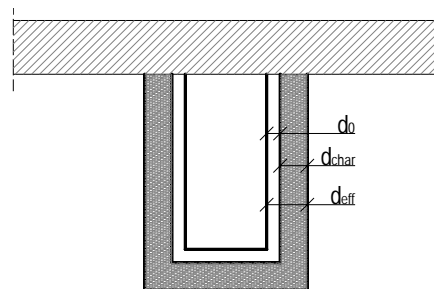


Figura 6: Schematizzazione di calcolo del metodo della sezione efficace

² In alternativa per la progettazione al fuoco le forze interne e i momenti ($S_{f,d}$) possono essere calcolati dai valori derivati dal calcolo freddo (S_d) secondo la seguente equazione:

$$S_{f,d} = \eta \times S_d$$

dove η è dato dal rapporto fra i valori delle azioni per la combinazione di carico eccezionale e i valori delle azioni per la combinazione di calcolo normale allo S.L.U, ossia:

$$\eta = \frac{\sum G_{k,j,d} + \sum \psi_{2,i} Q_{k,i}}{\sum \gamma_{g,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}}$$

Per i metodi di calcolo semplificati della sezione efficace e della resistenza e rigidità ridotte η può essere assunto pari a 0,6 a vantaggio di sicurezza.

La resistenza di progetto si calcola secondo la seguente formula:

$$f_{L,fi,d} = k_{mod,fi} k_{fi} \frac{f_{L,k}}{\gamma_{M,fi}}$$

dove:

$f_{L,k}$ è la resistenza caratteristica

$k_{mod,fi} = 1,0$

$k_{fi} = 1,25$ per legno massiccio; $1,15$ per il legno lamellare; questo coefficiente permette di passare dal frattile 5% al frattile 20% sulle resistenze

$\gamma_{M,fi} = 1,0$

L'Eurocodice 5 è inoltre l'unico documento normativo che fornisce indicazioni dettagliate sulla progettazione e protezione dei giunti meccanici. Infatti sono spesso i giunti realizzati con elementi metallici non protetti il punto debole di una struttura di legno nei confronti del fuoco. L'Eurocodice 5 considera che i giunti meccanici non protetti abbiano una resistenza al fuoco massima di 15 min e fornisce indicazioni costruttive e metodologie di calcolo per la protezione dei giunti meccanici e la valutazione della loro resistenza nei confronti dell'incendio.

Per il **metodo tabellare** Il D.M.Int. 09/03/2007 fornisce tabelle solo per:

- murature non portanti
- calcestruzzo armato e precompresso (solette, solai alleggeriti, travi, pilastri e pareti)
- acciaio (travi, tiranti e pilastri)

In generale i metodi tabellari si basano su alcune prescrizioni dimensionali generalmente riferite agli spessori delle protezioni.

Tuttavia nel caso del legno, in virtù delle L.C. 07/12/87 e L.C. 26/11/90, è ammissibile la protezione dei solai con controsoffitti e degli elementi strutturali con legno.

I trattamenti ignifughi e le protezioni

I prodotti *ignifughi* sono delle vernici trasparenti o meno che, applicate sul legno, ritardano l'ignizione, cioè rendono il legno meno facilmente infiammabile e quindi lo abbassano di classe di reazione al fuoco, fino a portarlo in classe 1; per tale motivo sarebbe più opportuno parlare di prodotti *igniritardanti*. Al momento non esistono in commercio prodotti che rendono il legno non combustibile.

Tali prodotti devono essere omologati, l'omologazione è possibile solo nei confronti della reazione al fuoco.

Il periodo di efficacia del prodotto non può essere superiore a 5 anni, pertanto dopo tale periodo il prodotto deve essere rimosso e riapplicato.

Ritardando l'ignizione in realtà tali prodotti aumentano anche la resistenza al fuoco, tale aumento è però generalmente non superiore ai 10 minuti e pertanto poco utile.

I prodotti ignifughi rivestono il legno limitandone fortemente la traspirazione, per tale motivo non possono essere applicati su legno massiccio non sufficientemente stagionato altrimenti, non permettendo la rapida stagionatura del legno, ne provocano la marcescenza.

Ai fini della resistenza al fuoco le protezioni di elementi strutturali di legno con legno sono ammesse (L.C. Min. Int. 26/11/1990 "Resistenza di strutture portanti in legno"), in tal caso la resistenza al fuoco è aumentata del tempo occorrente alla combustione delle tavole di protezione.

Anche le protezioni con controsoffitti e cartongesso sono ammesse (L.C. 07/12/87 "Strutture in legno - Controsoffitti"), in questo caso è però necessario che le protezioni siano classificate per conferire alle strutture di acciaio una resistenza uguale o superiore a 45 minuti.

L'Eurocodice 5 tratta in maniera esaustiva il calcolo della resistenza al fuoco in presenza di protezioni.

Il carico di incendio per i locali a struttura di legno

Anche la struttura di legno, essendo combustibile, partecipa all'incendio e pertanto costituisce carico di incendio.

Tuttavia nel calcolo del carico di incendio andrà considerata la sola parte di legno che, in base alla velocità di carbonizzazione, si presume venga bruciata nel tempo corrispondente alla classe richiesta. Questo concetto è chiarito nella Lettera Circolare del Ministero dell'Interno del 28 Marzo 2008 "DM 9 Marzo 2007 – Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del CNVFF. Chiarimenti ed indirizzi applicativi".

Essendo però la classe richiesta funzione del carico di incendio, è necessario che il progettista faccia almeno una iterazione: si calcola il carico di incendio prescindendo dalla presenza della struttura di legno, in funzione del carico di incendio si calcola la classe richiesta dell'edificio, si calcola la quantità di legno della struttura che si carbonizza in tale tempo, si ricalcola il carico di incendio e quindi la classe dell'edificio comprendendo anche il legno della struttura che si carbonizza.

Dall'esame della normativa antincendio si evince che non esiste alcun divieto all'utilizzo del legno per le strutture portanti; per le nuove strutture la possibilità di aumentare la resistenza al fuoco semplicemente aumentando la sezione o proteggendo l'elemento strutturale con legno o altri materiali consente di usare con fiducia il legno anche negli edifici soggetti a prevenzione incendi.

Sicurezza antincendio per gli edifici a civile abitazione

Nell'ambito della prevenzione incendi è stata emanata in Italia una specifica regola tecnica per l'attività di civile abitazione, DM 16/05/1987 n.246 "Norme di sicurezza antincendi per gli edifici di civile abitazione", contenente i criteri di progettazione della sicurezza antincendio, a prescindere dal tipo di materiale impiegato come struttura portante.

Tale decreto, vigente e cogente, si applica a tutti gli edifici destinati a civile abitazione ed aventi *altezza antincendio*³ non inferiore a 12 m, sia nella ristrutturazione di edifici esistenti, sia in caso di nuova costruzione.

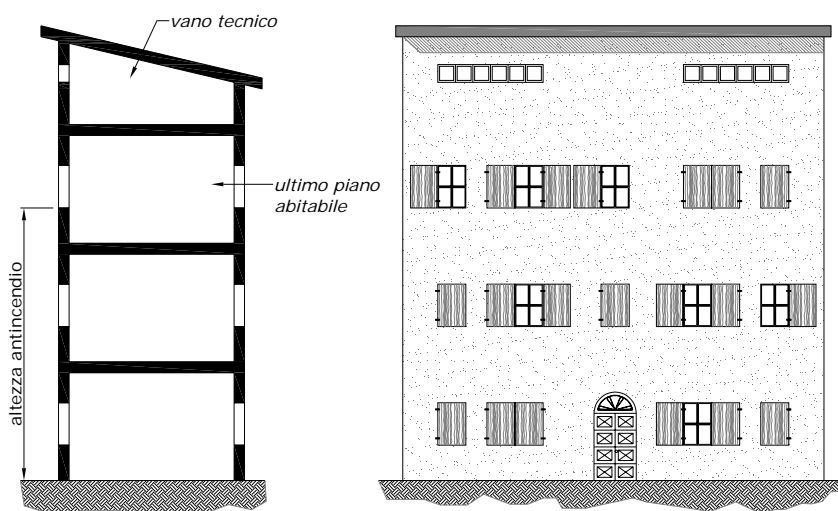


Figura 5.7: Schema dell'altezza antincendio

³ DM 30-11-1983: Altezza antincendio = altezza massima misurata dal livello inferiore dell'apertura più alta dell'ultimo piano abitabile e/o agibile, escluse quelle dei vani tecnici, al livello del piano esterno più basso

Ai fini dell'assoggettabilità ai controlli di prevenzione incendi da parte delle autorità competenti, per gli edifici residenziali si fa riferimento invece all'altezza in gronda; in particolare, nel DM 16/02/1982 si indica che l'attività n.94, riferita agli edifici destinati a civile abitazione con altezza in gronda superiore a 24 m, è soggetta a visita periodica una tantum.

Nella regola tecnica per i fabbricati residenziali, gli edifici vengono classificati in A, B, C, D ed E in base all'altezza antincendio, che a sua volta è indice di alcune prescrizioni minime progettuali, quali:

- la necessità di accostamento possibile delle autoscale dei Vigili del Fuoco;
- le superfici massime di compartimentazione (max 8000 mq);
- la resistenza minima al fuoco delle strutture portanti e separanti (min R/REI 60);
- la tipologia ed il numero dei vani scala e di almeno un vano ascensore (protetto o a prova di fumo);

Tipo di edificio	Altezza antincendio	Massima superficie del compartimento (m ²)	Massima superficie di competenza di ogni scala per piano (m ²)	Tipo dei vano scala e di almeno un vano ascensore	Caratteristiche REI dei vani scala e ascensore, filtri, forte, elementi di suddivisione tra i compartimenti
a	Da 12 m a 24 m	8000	500	Nessuna prescrizione	60(**)
			500	Almeno protetto se non sono osservati i requisiti del punto 2.2.1	60
			550	Almeno a prova di fumo interno	60
b	Da oltre 24 m a 32 m	6000	500	Nessuna prescrizione	60(**)
			500	Almeno a prova di fumo interno se non sono osservati i requisiti del punto 2.2.1	60
			550	Almeno a prova di fumo interno	60
			600	A prova di fumo	60
c	Da oltre 32 m a 54 m	5000	500	Almeno a prova di fumo interno	90
d	Da oltre 54 m a 80 m	4000	500	Almeno a prova di fumo interno con filtro avente camino di ventilazione di sezione non inferiore a 0.36 m ²	90
e	Oltre 80 m	2000	350 (*)	Almeno a prova di fumo interno con filtro avente camino di ventilazione di sezione non inferiore a 0.36 m ²	120
(*) con un minimo di due scale per ogni edificio. Sulla copertura dell'edificio deve essere prevista un'area per l'atterraggio ed il decollo degli elicotteri di soccorso raggiungibile da ogni scala. (**) solo per gli elementi di suddivisione tra i compartimenti					

Tabella 5.1: tabella A del D.M. 16/05/1987 n°246

- la larghezza minima delle scale (1,05 – 1,20 m);
- la tipologia di comunicazione tra scale, ascensori e locali cantinati pertinenti le abitazioni dell'edificio (diretta, tramite disimpegno, filtro a prova di fumo o spazio scoperto);

Tipo di edificio	Tipo di comunicazione
a	Diretta
b	Tramite disimpegno con pareti REI 60 e porte REI 60
c	Tramite filtro a prova di fumo con pareti REI 60 e porte REI 60
d,e	Accesso diretto esclusivamente da spazio scoperto

Tabella 5.2: Tabella B del D.M. 16/05/1987 n°246

- la reazione al fuoco dei materiali di rivestimento di scale e gradini negli androni e nei passaggi comuni;
- il tipo di combustibile utilizzabile negli impianti di produzione di calore;

Tipo di edificio	Tipo di combustibile		
	Liquido o solido	Gas con densità rispetto all'aria < 0.8	Gas con densità rispetto all'aria ≥ 0.8
a	Δ	Δ	▲
b	Δ	Δ	●
c	Δ	Δ	●
d	●	■	●
e	●	■	●

Legenda:
 Δ = ammesso entro il volume dell'edificio
 ▲ = divieto di installazione nei piani interrati
 ■ = divieto di installazione entro il volume degli edifici ma ammessa sul terrazzo più elevato
 ● = divieto di installazione entro il volume degli edifici

Tabella 5.3: Tabella C del D.M. 16/05/1987 n°246

- la presenza o meno di un sistema di illuminazione di sicurezza;
- la presenza o meno di un sistema di reti idranti;
- la tipologia del gruppo di pompaggio della rete antincendio.

La normativa fornisce inoltre indicazioni circa l'accessibilità all'area dove sorge l'edificio residenziale, le caratteristiche geometriche delle scale di esodo (forma e dimensione di rampe, gradini, ecc.), le superfici minime di aerazione dei vani scala, vani ascensore e locali macchine, le disposizioni per le aree a rischio specifico e per la tematica impiantistica (impianti di produzione di calore, impianti elettrici, impianti antincendio, ecc.).

Comportamento al fuoco di edifici XLAM

Tenendo conto di quanto detto finora è possibile trarre alcune regole generali sulla progettazione al fuoco di edifici XLAM.

Innanzitutto occorre sottolineare come nella normativa italiana attualmente in vigore non esiste alcun divieto alla realizzazione di edifici a struttura di legno anche di molti piani. Esistono delle limitazioni in particolar modo sulla resistenza minima al fuoco delle strutture portanti e separanti che prescindono dal materiale con il quale la struttura è realizzata e che per un elevato numero di piani (oltre i 50 m di altezza) rendono di fatto più difficile l'utilizzo di strutture portanti in legno.

Resta aperta la discussione se per i pannelli a strati incrociati lasciati a vista debba essere richiesto il requisito di reazione al fuoco, oltre a quello di resistenza. Non c'è una indicazione precisa nella normativa a riguardo, ma occorre considerare che, costituendo i pannelli delle pareti o solai una importante frazione della superficie totale del compartimento, è opportuno che vengano trattati sia come struttura (resistenza) che come rivestimento (reazione).

Per quel che riguarda la velocità di carbonizzazione non esistono ancora valori di riferimento in normativa. L'unico riferimento applicabile parrebbe essere quello della tabella 3.1 dell'Eurocodice 5 parte 1-2, nella quale per i "pannelli a base di legno diversi dal compensato", viene dato un valore di 0,9 mm/min. Tuttavia tale valore è riferito unicamente a pannelli di spessore uguale o inferiore a 20 mm e pertanto non certamente ai pannelli a strati incrociati. Dalle prove sperimentali finora effettuate si è osservato che in realtà i valori della velocità di carbonizzazione dei pannelli sono più simili a quelli del legno massiccio (0,65 mm/min) che appare l'unico applicabile.

In ogni caso, considerando i pacchetti costruttivi usualmente utilizzati per solai e pareti, le strutture portanti di legno sono generalmente protette dai materiali di rivestimento interni ed esterni, che forniscono un ulteriore grado di protezione al fuoco alle strutture portanti.

Ad esempio secondo la EN 1995-1-2 un rivestimento della parete o di un solaio con un pannello di cartongesso standard da 15 mm di spessore fornisce un'ulteriore resistenza al fuoco di 19 min se posato con un'intercapedine vuota superiore ai 2 mm di spessore; se l'intercapedine è ad es. di 4 cm ed è riempita con lana di roccia tale valore aumenta fino a 35 min (occorre considerare poi che dopo il collasso del pannello di rivestimento si ha un transitorio, corrispondente alla carbonizzazione di uno strato del pannello di 25 mm, in cui va considerata una velocità di carbonizzazione del pannello doppia, dopo il quale possono essere considerati i valori standard).



Figura 8: Pacchetti costruttivi per parete e solaio.

Anche la protezione data dal rivestimento esterno dell'edificio ha la sua importanza per impedire che l'incendio che eventualmente si verifichi ad un piano dell'edificio si possa propagare, per combustione dei listelli di supporto del cappotto isolante esterno o dello stesso materiale isolante combustibili, ai piani superiori. Da questo punto di vista l'applicazione di un rivestimento esterno aderente al cappotto è sicuramente da preferire, come è da preferire un rivestimento continuo come l'intonaco rispetto a uno discontinuo come un rivestimento con pannelli di legno-cemento o ceramica o con doghe di legno.

Casi di incendio recenti occorsi per cause di varia natura in edifici a struttura di legno XLAM hanno dimostrato come in edifici nei quali le strutture portanti non erano lasciate a vista, anche per incendi di durata prolungata, il danno strutturale sia stato molto limitato.

Significativo da questo punto di vista è stato il caso dell'abitazione di 3 piani progettata e costruita nel 2007 dall'Ing. Giuseppe Moschi. Un incendio causato da un errore di montaggio dell'innesco della canna fumaria di una stufa nella canna a doppia camera isolata di passaggio nel solaio. La casa, non ancora abitata, ha subito la propagazione dell'incendio per circa 20 ore senza che nessuno potesse intervenire. I danni osservati al termine dell'incendio hanno interessato una porzione complessiva di circa 4 mq tra pareti interne ed esterne e di circa 3 mq di solaio, senza tuttavia che si verificasse alcun cedimento strutturale, anche locale. Il danno strutturale è stato successivamente facilmente riparato mediante l'applicazione di protesi strutturali realizzate con la stessa tecnica costruttiva con la quale i pannelli sono stati realizzati.

Piuttosto lo sfortunato evento occorso all'Ing. Moschi ha evidenziato come sia importante considerare anche il comportamento al fuoco dei materiali isolanti e di rivestimento utilizzati nei pacchetti costruttivi di pareti e solai. Nel caso in esame ad esempio l'incendio si è originariamente innescato per carbonizzazione, causata dalle alte temperature raggiunte, dei pannelli del solaio e poi si è propagato a causa della presenza di isolanti sintetici infiammabili fino alle canalizzazioni dei bagni e poi, per effetto camino, ai piani superiori.



Figura 9. Strutture carbonizzate nel solaio del piano primo e consolidamento strutturale mediante la realizzazione di protesi incollate [13].

Pertanto, nell'ottica di operare una buona progettazione occorre comunque valutare il comportamento al fuoco non solo delle strutture portanti ma anche dei materiali di finitura, comunque computate nel calcolo del carico d'incendio se di legno e isolanti.

Si riportano di seguito alcuni brevi cenni circa il comportamento al fuoco di alcuni materiali di isolamento e finitura.

Pannelli di fibra di legno

Realizzati generalmente per aggregazione termica di fibre di legno, risultano facilmente infiammabili.

Tuttavia generalmente gli isolanti vengono protetti da uno strato di intonaco o cartongesso o pannello di legno non risultando mai direttamente esposti al fuoco, in tal caso, se il materiale è confinato cioè non è presente una camera d'aria in adiacenza al materiale, il fuoco non riesce a propagarsi all'interno dello strato anche se può rimanere covante; se invece è presente una camera d'aria la fibra di legno brucia ed il fuoco si può propagare anche velocemente all'interno della parete o della copertura.

E' pertanto opportuno che gli isolanti a fibra di legno siano sempre confinati da materiali che contrastino l'afflusso di aria e limitino quindi la propagazione dell'incendio.



Figura 10: L'edificio, realizzato con struttura XLAM, è rivestito con pannelli di fibra di legno aderenti alla struttura; il successivo strato di intonaco rende la superficie non infiammabile e impedisce la propagazione del fuoco in facciata

Pannelli di fibra di legno mineralizzata

Si tratta di pannelli di fibra di legno legata con materiali quali il cemento usati per la realizzazione di rivestimenti isolanti e di controsoffittature.

Rispetto ai pannelli di fibra di legno hanno una maggiore resistenza meccanica, un peso maggiore ed un miglior comportamento al fuoco, in particolare generalmente sono in classe 1 (DM 26/08/84) di reazione al fuoco e conferiscono resistenza al fuoco alle strutture che proteggono (mediamente 1mm di spessore per ogni minuto di protezione al fuoco).

La resistenza al fuoco può essere compromessa dalla presenza dei giunti se mal realizzati, generalmente sui pannelli viene posato un intonaco con rete che garantisce la continuità; questo accorgimento è comunque necessario per qualunque tipo di pannello di rivestimento al quale viene demandata la funzione di protezione al fuoco.

Pannelli di sughero

Il sughero è un ottimo materiale isolante e presenta un buon comportamento al fuoco. Il sughero naturale ha una bassa velocità di combustione senza bisogno di alcun trattamento igniritardante.

Viene generalmente utilizzato in pannelli di media e alta densità o può essere fornito anche in forma granulare.

Anche il sughero viene generalmente classificato in classe 1 o 2 (DM 26/08/84) di reazione al fuoco.

Isolanti sintetici

Dal punto di vista del comportamento al fuoco presentano diversi svantaggi: sono combustibili, propagano velocemente la fiamma, possono emettere fumi tossici e nocivi e in alcuni casi a seguito

della combustione si ritirano creando in tal modo delle intercapedini all'interno delle quali il fuoco si propaga molto velocemente.

Sono generalmente classificati in classe di reazione 4 o 5 (DM 26/08/84).

Pannelli di legno compensato

Il legno compensato è composto da sottili strati di legno incollati fra loro con la fibratura incrociata, è proprio la fibratura incrociata che conferisce al materiale una notevole stabilità dimensionale anche in caso di incendio, per questo motivo tale materiale ha una ottima risposta nei confronti della tenuta al fuoco (requisito "E" della resistenza al fuoco).

Essendo composto principalmente da legno la sua reazione al fuoco è quella del legno (classe 3 o 4 in funzione dello spessore, con particolari vernici lo si può portare in classe 1).

Generalmente il legno compensato in caso di incendio non emette fumi tossici, ciò in dipendenza dei collanti usati.

Il progetto SOFIE

Nell'ambito del Progetto SOFIE (Sistema Costruttivo Fiemme), un progetto di ricerca finanziato dalla Provincia Autonoma di Trento e coordinato e condotto dal CNR-IVALSA (Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per la Valorizzazione del Legno e delle Specie Arboree), sotto la guida del Prof. A. Ceccotti, volto allo studio e alla promozione di edifici multipiano in legno realizzati con legno trentino attraverso una serie di studi e ricerche sperimentali condotte tra il 2005 e il 2008, in data 6 Marzo 2007 si è tenuta presso il campo sperimentale per le prove al fuoco del Building Research Institute a Tsukuba in Giappone una prova di incendio reale su un edificio interamente a struttura di legno di tre piani realizzato con pannelli di legno massiccio a strati incrociati.



Figura 11: Un momento della prova durante la fase di incendio pienamente sviluppato (fonte www.progettotosofie.it).

L'incendio è stato fatto partire da una stanza posta al primo piano dell'edificio ad un carico d'incendio pari al doppio di quello presente in una normale stanza di albergo; le fiamme, come previsto, una volta che l'incendio si è pienamente sviluppato sono fuoriuscite dalle finestre, lambendo le pareti esterne fino ad arrivare al piano superiore. L'incendio ha interessato marginalmente le strutture dell'edificio e il fumo ed il fuoco non si sono assolutamente propagati agli

alti locali. Dopo 60 minuti il fuoco è stato rapidamente estinto con l'uso di idranti. L'edificio ha riportato solo danni locali facilmente riparabili.

La simulazione fatta presso il Building Research Institute intendeva dimostrare come un edificio di tre piani, interamente realizzato con struttura di legno e completato con i materiali costruttivi usualmente utilizzati per i rivestimenti sia interni che esterni (isolamento termico e acustico, infissi e finiture), potesse resistere ad un incendio reale della durata di un'ora senza subire alcun danno irreversibile alle strutture portanti e senza causare serio pericolo agli occupanti, dimostrando una perfetta tenuta non solamente nei confronti delle fiamme, ma anche nei confronti del pericolo di passaggio di fumi e propagazione dell'incendio da un ambiente all'altro.

La prova ha quindi dato esiti eccellenti, addirittura superiori a quanto ipotizzato mediante le simulazioni numeriche effettuate sulla base dei risultati di prove preliminari effettuate in Italia presso il Laboratorio di Resistenza e Reazione al Fuoco dell'IVALSA-CNR.

Riferimenti bibliografici

- [1] D.M.Int. 09/03/2007 – “Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco”
- [2] DM 26/08/1992 “Norme di prevenzione incendi per l'edilizia scolastica”
- [3] L.C. Min. Int. 9/5/89 “Pilastrini e travi di legno – Reazione al fuoco”
- [4] UNI EN 1995-1-2: Eurocodice 5 – Progettazione delle strutture di legno – Regole generali – Progettazione strutturale contro l'incendio
- [5] L.C.M.Int. 26/11/90 - “Resistenza di strutture portanti in legno”
- [6] D.M.Int. 8/3/85 - Direttive sulle misure più urgenti ed essenziali di prevenzione incendi ai fini del rilascio del nullaosta provvisorio di cui alla legge 7 dicembre 1984, n. 818”
- [7] UNI 9504 “Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di legno”
- [8] L.C. 07/12/87 - “Strutture in legno – Controsoffitti”
- [9] L. C. Min. dell'Interno del 28 Marzo 2008 “DM 9 Marzo 2007 – Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del CNVFF. Chiarimenti ed indirizzi applicativi”.
- [10] Follesa M., Lauriola M.P., *La resistenza al fuoco delle strutture di legno*, Recupero e Conservazione n° 39, De Lettera Editore, Milano.
- [11] Comunicato stampa n. 605 del 14/3/2007 – Provincia Autonoma di Trento
- [12] Bochicchio G., Ceccotti A., Frangi A., Lauriola M.P. (2008), *Natural full-scale fire test on a 3 storey XLam timber building*, Proceedings of 10th World Conference on Timber Engineering (WCTE), Miyazaki, Japan.
- [13] Bochicchio G., Lavisci P. (2009), *Strutture di Legno. Comportamento al fuoco*, L'Edilizia n. 159/2009, De Lettera Editore, Milano.
- [14] Giunta Regionale Toscana, Direzione generale della Presidenza (2009) – “Linee guida per l'edilizia in legno in Toscana”. AA.VV. Gratuitamente scaricabile all'indirizzo http://www.regione.toscana.it/regione/export/RT/sito-RT/Contenuti/pubblicazioni/visualizza_asset.html_532170994.html