

11 12 2023

# CERTIFICAZIONE DI RESISTENZA AL FUOCO DI SOLAIO A VOLTINE CON INTONACO ANTINCENDIO PROTHERM LIGHT

Nel campo della prevenzione incendi, la **certificazione di resistenza al fuoco** di elementi strutturali complessi come i **solai a voltine in muratura con travi metalliche** rappresenta una sfida operativa.

La **verifica della sicurezza** di tali strutture richiede **approcci metodologici accurati**, considerando le diverse tipologie di soluzioni disponibili.

## Metodologie per la Certificazione di Resistenza al Fuoco

La **certificazione di resistenza al fuoco** può essere ottenuta attraverso tre metodologie principali:

- la **metodologia tabellare**;
- la **metodologia sperimentale**;
- la **metodologia analitica**.

Nel caso specifico dei solai a voltine in muratura con travi metalliche, la **metodologia analitica** si rivela la **scelta più adeguata**, consentendo una valutazione accurata delle prestazioni in caso di incendio.

## Il Ruolo dell'Intonaco Antincendio

Tra le misure di **protezione passiva**, l'utilizzo dell'**intonaco antincendio** è fondamentale per garantire la **resistenza al fuoco** degli elementi strutturali.

In questo contesto, l'**intonaco intumescente** come il **Protherm Light** si presenta come una soluzione altamente efficace per **proteggere solai a voltine in muratura** e altre strutture complesse.

## Analisi di un Esempio Pratico

Consideriamo un esempio pratico di un **soffitto a voltine in laterizio** protetto con **intonaco antincendio**.

Questa tipologia di struttura è comune in magazzini portuali, edilizia industriale e contesti storici, e presenta un **comportamento strutturale** particolare grazie alle voltine in laterizio e alle travi metalliche di supporto.

## Analisi dei Carichi per la Sicurezza Strutturale

Nella nostra esplorazione sulla resistenza al fuoco, una parte fondamentale è l'analisi dei carichi. Nel presentare un esempio concreto, la figura 2.1 ci illustra la tipologia di struttura oggetto di studio.

Immagine che contiene arco, schizzo, linea, ponteDescrizione generata automaticamente

Figura 2.1: "Esempio tipologia di struttura"

Per arrivare a una valutazione precisa, è essenziale procedere con i calcoli. Definiamo i **carichi agenti** e le **azioni di progetto sul solaio**, seguendo le direttive della **normativa tecnica di**

## riferimento NTC2018.

È opportuno sottolineare che, quando affrontiamo le verifiche di resistenza al fuoco, è necessario applicare una combinazione eccezionale di criteri.

I carichi agenti sono suddivisi come segue:

- **G1** (carico elementi permanenti strutturali – NTC2018): rappresenta il peso degli elementi strutturali stessi.
- **G2** (carico elementi permanenti non strutturali – NTC2018): comprende:
- **Rinfianco**: 0,4 KN/m<sup>2</sup>
- **Pavimentazione – sottofondo**: 1,0 KN/m<sup>2</sup>
- **Pavimentazione – strato finitura**: 0,5 KN/m<sup>2</sup>
- **Q** (carico variabile): categoria B1: 2,0 KN/m<sup>2</sup>

Questi calcoli costituiscono un **passo fondamentale per assicurare la sicurezza strutturale del solaio** e garantire che sia in grado di sopportare le condizioni previste.

## Metodologia di Calcolo e Analisi Termica

Come anticipato in precedenza, il metodo di calcolo scelto è quello **analitico**.

Questo approccio si basa sui **criteri stabiliti da EN1996-1-2**, integrando valutazioni strutturali relative al comportamento al fuoco dei componenti ad arco, sviluppate nel corso degli ultimi decenni.

L'analisi del **degrado del materiale** si rivela più accessibile grazie alle informazioni reperibili nell'**Eurocodice**.

In particolare, per il materiale **laterizio**, si raccomanda di eliminare l'intero spessore di sezione resistente che si ritrova ad una **temperatura superiore ai 600°C**.

Inoltre, si suggerisce l'applicazione di un **fattore correttivo** inferiore all'unità per lo strato che va dai 600°C ai 100°C.

Questa procedura consente di **identificare le temperature raggiunte** nella sezione durante esposizioni di 30 – 60 – 90 – 120 minuti, senza la necessità di sviluppare un'integrazione dell'equazione del calore o una modellazione termica con software di calcolo avanzato.

La Figura 2.2, estratta dall'Eurocodice 6, evidenzia questa metodologia.

Immagine che contiene una linea, diagramma, Diagramma, ParalleloDescrizione generata automaticamente

Figura 2.2 “Indicazioni Eurocodice 6, per comportamento al fuoco laterizio”

Nel caso specifico della nostra analisi, non è stato possibile utilizzare direttamente i dati presentati nella Figura 2.2.

La volta in laterizio è protetta all'**intradosso** (il lato esposto all'incendio) da uno strato di **intonaco PROTHERM LIGHT**, che svolge un ruolo di protezione contro gli effetti dell'incendio.

Di conseguenza, abbiamo condotto un'analisi termica considerando la **non linearità del materiale**, attraverso l'uso di un **software di calcolo basato su elementi finiti**.

Questo approccio ci ha permesso di ottenere risultati accurati e approfonditi sull'andamento delle temperature e del comportamento termico della struttura.

## Analisi termica

Nel nostro percorso di studio, l'analisi termica riveste un ruolo fondamentale. Abbiamo seguito le indicazioni dettagliate fornite dall'**Eurocodice EC1 Parte 1-2**, un punto di riferimento essenziale per condurre un'analisi accurata.

Immagine che contiene testo, Diagramma, linea, diagrammaDescrizione generata automaticamente

Figura 2.3 “Curva ISO834 utilizzata per l’analisi”

Nella **figura 2.3**, è evidenziata la **curva ISO834** che è stata utilizzata per guidare la nostra analisi. Questa curva rappresenta una guida affidabile per comprendere l'andamento termico della struttura in esame.

Immagine che contiene testo, linea, schermata, diagrammaDescrizione generata automaticamente

Figura 2.4 “Laterizio: Conducibilità, calore specifico e densità in funzione della temperatura”

Inoltre, nella **figura 2.4**, abbiamo rappresentato graficamente l'andamento di **conducibilità, calore specifico e densità** in funzione della temperatura. Questi dati ci hanno permesso di ottenere una visione chiara delle caratteristiche termiche del materiale coinvolto.

La **validità del nostro modello termico** è stata confermata attraverso un rigoroso confronto tra i risultati ottenuti dall'**Eurocodice 6 parte 1-2** e quelli derivati dal modello ad elementi finiti senza l'apporto protettivo dell'intonaco.

Nella **figura 2.5** è possibile visualizzare il modello matematico implementato nel **software FEM**.

Immagine che contiene schermata, lineaDescrizione generata automaticamente

Figura 2.5 “modello matematico del solaio”

Mentre le condizioni al **contorno all'intradosso** sono illustrate nella **figura 2.6**.

Immagine che contiene schermata, Policromia, modelloDescrizione generata automaticamente

Figura 2.6 “condizioni al contorno all'intradosso”

Abbiamo poi estratto i risultati relativi al passo temporale di **90 minuti** ( $t = 5400$  secondi) dalla curva **tempo - temperatura ISO 834**.

Abbiamo reso più chiara la visualizzazione delle aree che raggiungono temperature superiori a **100°C** e **600°C**, utilizzando una colorazione a scopo illustrativo.

Nella **figura 2.7**, le zone con temperature oltre i **100°C** sono evidenziate in bianco, mentre nella **figura 2.8** quelle oltre i **600°C** sono anch'esse indicate in bianco.

Immagine che contiene schermata, PolicromiaDescrizione generata automaticamente

Figura 2.7: “passo temporale a 90 minuti di ISO 834 – Limite 100°C”

Immagine che contiene schermata, Policromia, Software multimedialeDescrizione generata automaticamente

Figura 2.8: “passo temporale a 90 minuti di ISO 834 – Limite 600°C”

Questo approfondimento termico è cruciale per comprendere il **comportamento della struttura durante esposizioni al fuoco**, consentendo di prendere decisioni informate per garantire la resistenza e la sicurezza dell'edificio.

# Approfondimento dell'Analisi Strutturale e Certificazione al Fuoco

Dopo aver completato l'analisi termica, è fondamentale concentrarsi sull'**analisi strutturale** per comprendere gli **effetti della dilatazione non uniforme** e delle **auto-tensioni all'interno della sezione resistente**.

Questo fenomeno è scaturito dal **riscaldamento differenziale della sezione trasversale**, il quale induce tensioni nella struttura. Tuttavia, le linee di pressione e i carichi di rottura del laterizio, che dimostrano la resistenza al fuoco delle voltine, non sono trattati in questo articolo.

Attraverso calcoli accurati, è stato possibile definire le voltine del solaio che sono protette da uno strato di **1,5 cm di intonaco PROTHERM LIGHT**, soddisfacendo il requisito **REI 60**. Tuttavia, per ottenere la certificazione REI 60 per l'intero solaio, è indispensabile che anche le **travi metalliche** rispettino la stessa resistenza al fuoco. Per queste travi metalliche, abbiamo seguito un percorso di **certificazione sperimentale**, preferendo questa via rapida e sicura rispetto al calcolo analitico.

L'applicazione dell'intonaco antincendio PROTHERM LIGHT è stata focalizzata sul **intradosso dell'ala inferiore**, l'area esposta agli effetti del fuoco. Da notare che il profilo metallico rimanente è protetto dalle voltine in laterizio che poggiano sull'ala inferiore del profilo.

Per identificare il protettivo adeguato, abbiamo adottato un metodo sperimentale basato sui **test report del prodotto** stesso. In questo contesto, la normativa di riferimento è la **EN13381-4**.

Sfruttando il report del prodotto, abbiamo **determinato lo spessore necessario dell'intonaco antincendio** e fatto riferimento ai **dati del test report** per garantire la necessaria resistenza al fuoco.

I dettagli dello spessore necessario dell'intonaco sono riportati nella **tabella 2.1** "Dimensionamento spessore di intonaco necessario", fornendo una guida chiara e specifica per garantire la sicurezza in caso di incendio.

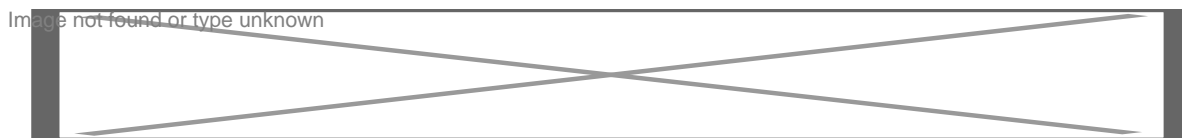


Tabella 2.1 "Dimensionamento spessore di intonaco necessario"

## Conclusioni e Approccio Ottimale alla Sicurezza Antincendio

In base a quanto presentato, siamo lieti di concludere che è stato possibile ottenere una **certificazione di resistenza al fuoco REI 90** per il nostro innovativo solaio a voltine. Questo risultato è stato raggiunto grazie all'applicazione dell'intonaco antincendio **Protherm Light** sull'intero intradosso.

È importante sottolineare che l'approccio **analitico** adottato si è dimostrato il più adatto per questo tipo di struttura. Non esistendo test specifici per questa tipologia di soluzione costruttiva, l'analisi analitica rappresenta un metodo affidabile e conveniente. Sebbene esista la possibilità di condurre un test di resistenza al fuoco personalizzato per un tipo di struttura, va tenuto presente che ci sono dei limiti applicativi in tale approccio.

È cruciale notare che utilizzando questo metodo, l'uso di **intonaci antincendio prestazionali** risulta indispensabile. Questo non solo permette di evitare spessori eccessivi, ma anche di ottimizzare il rapporto peso/spessore. Inoltre, si evidenzia che le **figure 3.1 e 3.2** presentano i risultati chiari e visivi dell'analisi termica effettuata con il software FEM, offrendo una comprensione immediata dei dati.

Immagine che contiene schermata, Software multimedialeDescrizione generata automaticamente

Figura 3.1 "Risultati analisi termica"

Immagine che contiene schermata, PolicromiaDescrizione generata automaticamente

### Figura 3.2 “Risultati analisi termica”

In conclusione, l'uso intelligente di **metodologie analitiche e soluzioni antincendio all'avanguardia**, come l'intonaco **Protherm Light**, ci ha permesso di garantire un **livello eccezionale di sicurezza antincendio** per il nostro solaio a voltine.

Questo è solo uno dei modi in cui rimaniamo impegnati a fornire soluzioni strutturali avanzate e sicure per affrontare le sfide future.