

**IL CODICE DI PREVENZIONE INCENDI: NUOVE SFIDE ED
OPPORTUNITÀ PER L'INGEGNERIA STRUTTURALE**

**THE ITALIAN FIRE CODE: NEW CHALLENGES AND
OPPORTUNITIES FOR THE STRUCTURAL ENGINEERING**

Claudio Mastrogiuseppe,
Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco
Area Protezione Passiva
Roma, Italia
claudio.mastrogiuseppe@vigilfuoco.it

Luca Ponticelli,
Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco
Area Protezione Passiva
Roma, Italia
luca.ponticelli@vigilfuoco.it

ABSTRACT

The Italian Fire Service has recently published the "Fire Code": the state of the art in terms of modern fire prevention strategy.

The Code is splitted in many chapters related to fire prevention, protection and management measures, defines in two of these the minimum requirements for the fire resistance of the structures and the compartmentation for buildings. Using the modern principles of the Fire Safety Engineering (FSE) it is now possible to solve complex problems in terms of fire structural resistance.

The aim of this work is to show the innovation introduced by the Italian Fire Code in the sector of the structural design.

SOMMARIO

Il Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco ha recentemente predisposto il Codice di Prevenzione Incendi: un documento normativo aderente alle più moderne metodiche in materia antincendio.

Il Codice, suddiviso in capitoli dedicati alle misure di prevenzione e protezione dagli incendi, dedica due di essi alla resistenza al fuoco delle strutture ed alla compartimentazione antincendio ed offre ai progettisti numerose nuove possibilità di ricorrere alla Fire Safety Engineering (FSE) per affrontare e risolvere i più complessi problemi di ingegneria strutturale in caso di manufatti esposti al rischio di incendio.

Il lavoro ha per obiettivo l'illustrazione dei punti normativi più innovativi del nuovo documento normativo con particolare riferimento al settore dell'ingegneria strutturale.

1 INTRODUZIONE

Tra la fine del 2013 e l'inizio del 2014 il Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco ha intrapreso l'ambizioso percorso verso l'unificazione delle prescrizioni minime di sicurezza antincendio per le attività civili. A metà del 2015, dopo circa un anno e mezzo di incessante ed approfondito lavoro, sono venute alla luce le "Norme tecniche di prevenzione incendi", il documento rappresentante la base normativa applicabile, in linea di principio ed a meno di casi specifici risolti a mezzo di *indicazioni normative integrative*, a tutte le attività di tipo civile per garantire il raggiungimento degli obiettivi minimi di prevenzione incendi:

- a. sicurezza della vita umana,
- b. incolumità delle persone,
- c. tutela dei beni

Tesi

Il titolo del documento ha subito successive variazioni: denominato dapprima "Regola Tecnica Orizzontale" (R.T.O.), il progetto è stato successivamente definito "codice di Prevenzione Incendi" per quindi passare al titolo definitivo di "Norme tecniche di prevenzione incendi" in ossequio all'articolo 14 del decreto legislativo 139 datato 8 marzo 2006 che conferisce al Dipartimento ed al Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco la potestà di predisporre la normativa in materia di prevenzione incendi.

Per motivi di semplicità, il documento sarà denominato nel seguito "Codice".

Innovativo sia in materia di misure di prevenzione che protezione e gestionali nel settore antincendio, il Codice coglie l'opportunità di adeguare il linguaggio usato e le prescrizioni tecniche ai più moderni standard internazionali. Il settore della resistenza al fuoco, già ampiamente rinnovato dai decreti del Ministro dell'Interno 9 marzo 2007 e 16 febbraio 2007, fa ulteriori passi in avanti nel verso del progresso della tecnica aprendosi a nuove sfide nel settore della progettazione strutturale che, se colte, consentiranno anche nuove opportunità realizzative.

2 LA DEFINIZIONE DEL TEMPO MINIMO DI RESISTENZA AL FUOCO

La questione del tempo minimo durante il quale le opere da costruzione devono garantire requisiti minimi di resistenza al fuoco è stata tradizionalmente risolta, in Italia, con il cosiddetto *approccio prescrittivo*: si attribuisce una classe R, REI, RE o EI minima, in termini di minuti, stabilita dal normatore per attività o in funzione del carico di incendio. La simbologia "REI" implica l'impiego di *curve nominali* per il riscaldamento delle membrature quali la tradizionale ISO 834, prescritta per l'impiego di forni sperimentali di resistenza al fuoco: da qui la denominazione di approccio prescrittivo.

La possibilità di ricorrere a modelli fuoco differenti è da sempre stata lasciata a soluzioni in deroga da studiare ad hoc. Il decreto 9 marzo 2007 stabilisce che, nel caso si ricorra a modelli di incendio naturali (dunque differenti dal modello ISO 834 o da altri modelli nominali), si è tenuti a verificare il mantenimento della capacità portante della struttura per tutta la durata dell'incendio. Il medesimo decreto impone anche l'ulteriore *doppia verifica* della capacità portante con riferimento alla ISO 834 per classi ridotte.

La doppia verifica ed il ricorso all'istituto tecnico-amministrativo della deroga ha di fatto limitato la possibilità di ricorrere ad approcci non prescrittivi nel settore della resistenza al fuoco: approcci

prestazionali, basati sui metodi di modellazione naturale degli incendi, sono stati di fatto relegati a pochissimi casi particolari.

Il Codice di prevenzione incendi supera questi ostacoli.

La possibilità di adottare modelli fuoco naturali è considerata *soluzione alternativa* e quindi adottabile dal progettista senza ricorrere ad alcuna istanza di deroga: la nuova *sfida* per lo strutturista è ovviamente quella di modellare l'incendio adottando uno dei metodi suggeriti dall'Eurocodice UNI EN 1991-1-2 e di definire gli scenari di incendio più significativi per la sicurezza strutturale. Si auspica un cambio di passo da parte di progettisti di strutture ad oggi abituati a confrontarsi solo con il calcolo di caratteristiche della sollecitazione o spostamenti. Il ricorso a norme consolidate quali le *parti fuoco* degli Eurocodici e la guida del Codice costituiscono il tracciamento di un percorso di studio su basi ormai consolidate.

Il Codice non impone la doppia verifica: noto il tempo minimo di resistenza al fuoco, il progettista confronta le performance strutturali solo durante il lasso di tempo minimo imposto dal normatore. Tale lasso di tempo minimo è funzione del *livello di prestazione* dell'opera da costruzione, come richiamato dalla tabella S.2-1 del Codice (Fig. 1):

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.

Fig. 1. Tabella S.2-1 Livelli di prestazione per la resistenza al fuoco

Il progettista attribuisce il *livello minimo* di performance strutturale a caldo più idoneo in funzione di *criteri di attribuzione* e verifica le strutture per tempi coerenti con i livelli. Tale operazione è guidata dalla tabella S.2-2 del Codice (Fig. 2):

Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	<p>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:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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: <ul style="list-style-type: none"> ◦ R_{beni} 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	<p>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:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 oppure, 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: <ul style="list-style-type: none"> ◦ R_{vita} compresi in A1, A2, A3, A4; ◦ R_{beni} pari a 1; ◦ $R_{ambiente}$ non significativo; • aventi 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.

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

Come si evince dalla tabella 1, i primi livelli tre forniscono un crescendo in termini temporali (ovviamente il crescendo in termini di performance generale è crescente dal livello I al V). Gli ultimi due livelli (IV e V) restano facoltativi come da tradizione.

Il livello II prevede un tempo di resistenza al fuoco commisurato al tempo di evacuazione degli occupanti con un minimo di 30 minuti ed un coefficiente di sicurezza pari a 2: il progettista calcolerà e raddoppierà il tempo di evacuazione con riferimento al peggiore scenario di incendio credibile per l'esodo (in generale non coincidente con lo scenario di incendio peggiore per le strutture) avendo cura di non effettuare verifiche strutturali inferiori a 30 minuti. La soluzione conforme per il livello II prevede la classe standard di 30 minuti.

Il livello III prevede (come peraltro anche i livelli IV e V) assenza di crollo strutturale durante l'incendio: le verifiche strutturali saranno condotte per tutta la durata dell'incendio o, equivalentemente per una classe di resistenza al fuoco funzione del carico di incendio specifico di progetto come da tabella S.2-3 del Codice (Fig. 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

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

Il livello I del Codice, non ammesso dalla normativa tradizionale, è volutamente lasciato per ultimo: è ammesso il collasso strutturale a seguito di incendio a condizione che tale evento non determini *conseguenze esterne* ad altre opere da costruzione.

L'assenza di dette conseguenze esterne può essere verificata sia con soluzioni geometriche prescritte legate al distanziamento esterno e quindi senza alcuna modellazione di incendio o con metodologie dell'ingegneria della sicurezza antincendio. In tale ultimo caso, riconducibile a soluzioni alternative, il progettista deve progettare assicurando un meccanismo di collasso sicuro, ossia non impattante verso altri manufatti e deve *controllare i livelli di irraggiamento* su edifici bersaglio a valle del collasso. Il tempo di analisi non è noto a priori in questo caso: esso dipende dall'istante di collasso.

La disamina dei tempi minimi di resistenza al fuoco è completata dalle cosiddette "Regole Tecniche Verticali" (R.T.V.): documenti normativi sintetici contenenti integrazioni alla R.T.O. per alcune attività ritenute significative dal Normatore (scuole, autorimesse, uffici...). Le prescrizioni delle R.T.V. rappresentano un minimo da garantire comunque. Esse possono essere espresse come minimi alle soluzioni conformi (in termini di REI) o minimi per le soluzioni alternative (ad esempio, in termini di scenari di incendio predefiniti).

Il livello I è particolarmente adatto al caso dei depositi intensivi automatizzati.

3 NOVITÀ IN TERMINI DI INGEGNERIA STRUTTURALE

Non costituisce senza dubbio novità il ricorso alle parti fuoco degli Eurocodici per le verifiche a caldo delle strutture esposte ad incendio: l'entrata in vigore degli Annessi Nazionali con decreto del Ministro delle Infrastrutture e Trasporti 31 luglio 2012 in data 1 aprile 2013 ha già sancito l'impiego esclusivo di questi documenti nel settore antincendio.

Ciò che di nuovo emerge dalla lettura del Codice è costituito dalle soluzioni conformi per i livelli IV e V e dalle indicazioni fornite per le *strutture vulnerabili* al fuoco.

Andando per ordine, la tabella S.2-1 indica i criteri di performance dei livelli IV e V (si ricorda non obbligatori): limitato danneggiamento strutturale e piena funzionalità dopo l'incendio.

Per il controllo del danneggiamento, il Codice prevede la verifica della deformazione degli elementi strutturali al perimetro del compartimento di primo innesco nonché il controllo della compartimentazione nell'intorno. La prima verifica è effettuata sulla struttura esposta all'incendio ed alla combinazione di carico eccezionale delle NTC mediante il parametro δ/L (rapporto freccia/luce o spostamento in testa/altezza) da assumere pari a 1/100. Si ricorda che per gli S.L.E. le

N.T.C. prevedono, nella maggioranza dei casi, un δ/L pari a 1/250. Per la verifica della compartimentazione devono essere adottate chiusure a tenuta di fumo (EI-Sa), giunti di dilatazione strutturale (M%) idonei ad assorbire le deformazioni strutturali a caldo e partizioni aventi resistenza meccanica sufficiente a resistere ad impatti meccanici (M) durante l'incendio.

Per il livello V le verifiche aggiuntive da fare riguardano il più restrittivo controllo della deformazione per tutta la struttura (e non solo per il compartimento di primo innesco) da ricondurre alle verifiche allo SLE delle NTC ma in presenza di incendio e con la combinazione dei carichi eccezionale ed inoltre verifiche di funzionalità degli impianti rilevanti per il funzionamento dell'opera da costruzione su specifica del progettista o del costruttore.

Delle *strutture vulnerabili* in condizioni di incendio il Codice fornisce un elenco non esaustivo (Fig. 4): 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, ...

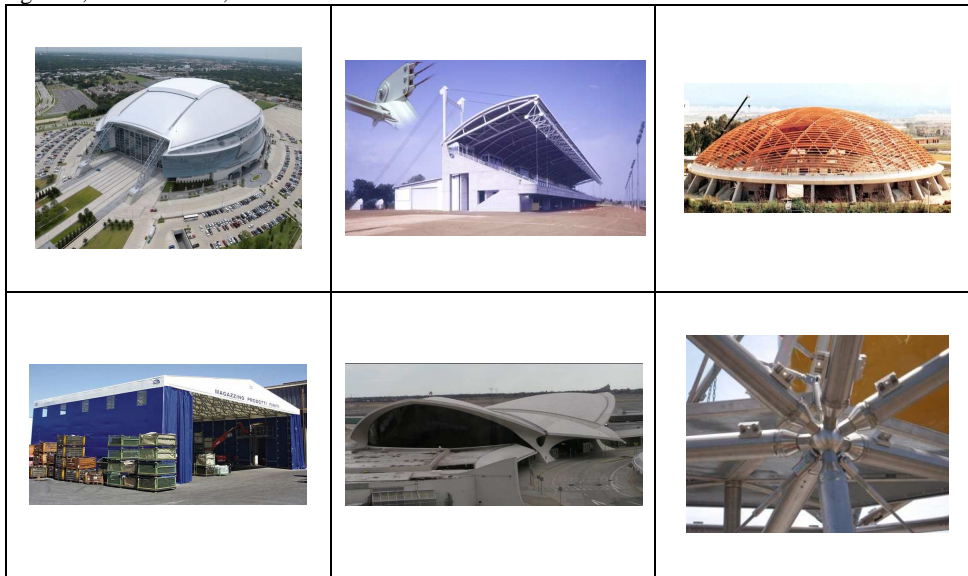


Fig. 4. Esempi di strutture vulnerabili in condizioni di incendio

Queste strutture sono riconducibili a schemi isostatici (anche solo in parte) o a strutture aventi resistenza migliorata dalla forma assunta. In condizioni di incendio, il modulo di elasticità normale ha in genere un decadimento abbastanza brusco e quindi i problemi di instabilità derivanti sono in genere molto rilevanti. Per tale motivo il progettista deve porre particolare attenzione a strutture molto esili in quanto potenzialmente a rischio di collasso e quindi destinate prioritariamente ai livelli I e II di resistenza al fuoco. Nello spirito del Codice nulla è comunque vietato: sta al progettista dimostrare sempre l'idoneità delle soluzioni proposte con riferimento alle soluzioni conformi in modo indiretto o, direttamente, ai livelli di prestazione mediante soluzioni alternative che impiegano i metodi della Fire Safety Engineering cui principi sono richiamati nel Codice.

4 CONCLUSIONI: SFIDE ED OPPORTUNITÀ

La maggiore sfida per il progettista offerta dal Codice è il ricorso alla modellazione diretta dell'incendio in caso di soluzioni alternative. Il settore è assolutamente nuovo per i progettisti strutturali ma offre numerose opportunità di progettazioni più spinte in quanto meglio rispondenti agli effettivi, possibili, scenari di incendio. La semplificazione normativa aiuterà sicuramente a dirigersi verso questo nuovo settore ancora poco esplorato in Italia a differenza di quanto già si fa da anni all'estero.

La conclusione del lavoro è che chi saprà cogliere e vincere la sfida culturale lanciata dal Codice ne saprà anche cogliere le numerose opportunità di lavoro.

BIBLIOGRAFIA

Il Codice di Prevenzione Incendi e tutti i documenti in esso citati.

PAROLE CHIAVE

Resistenza al fuoco, Codice di Prevenzione Incendi, Livello di prestazione, Criterio di attribuzione, Strutture vulnerabili, Fire Safety Engineering, Regola Tecnica Orizzontale, Regola Tecnica Verticale.