

LA RESISTENZA AL FUOCO DELLE STRUTTURE

D.M. 09/03/2007

AZIONI SULLE COSTRUZIONI IN CASO DI INCENDIO

Corso di aggiornamento in prevenzione incendi finalizzato al mantenimento dell'iscrizione dei professionisti negli elenchi del Ministero dell'Interno di cui all'art. 7 del D.M. 5 agosto 2011

SASSARI 05 maggio 2016 – ing. Maurizia BARONE

IL CAMPO DI APPLICAZIONE

Il campo di applicazione del provvedimento è limitato alle **costruzioni in cui si svolgono attività soggette ai controlli del CNVVF** per le quali le prestazioni di resistenza al fuoco non siano già stabilite da specifiche regole tecniche di settore (1) . Le disposizioni si applicheranno:

- alle nuove attività, i cui progetti saranno presentati ai Comandi VV.F. per l'acquisizione del parere di conformità sui progetti in data successiva a quella di entrata in vigore (25 settembre 2007);
- alle costruzioni esistenti nel caso di modifiche che comportino un incremento della classe di rischio di incendio, una riduzione delle misure di protezione o un incremento del carico di incendio specifico.

(1) Il D.M. 9 maggio 2007 fa una eccezione per quelle attività che, sebbene dotate di una specifica regola tecnica (che fissa un valore della classe di resistenza al fuoco), sono oggetto di una istanza di deroga supportata da valutazioni condotte attraverso i metodi della F.S.E.

ABROGAZIONI

Con l'entrata in vigore del decreto saranno abrogati:

- la circolare del Ministro dell'interno 14 settembre 1961, n. 91;
- il decreto del Ministro dell'interno 6 marzo 1986;
- calcolo del carico di incendio per locali aventi strutture portanti in legno.

Inoltre le definizioni riportate nel DM 30 novembre 1983 relative a:

- “carico di incendio”;
- “compartimento antincendio”;
- “resistenza al fuoco” ;

saranno sostituite con quelle contenute nel D.M. 09/03/2007.

	ATTIVITA' DISCIPLINATE DA SPECIFICHE REGOLE TECNICHE DI P.I.	ATTIVITA' NON DISCIPLINATE DA SPECIFICHE REGOLE TECNICHE DI P.I.
ATTIVITA' SOGGETTE AI CONTROLLI DEL C.N.VV.F	CLASSE PRESCRITTA DAL REGOLAMENTO	CLASSE DETERMINATA DAL D. M. 09/03/2007
ATTIVITA' NON SOGGETTE AI CONTROLLI DEL C.N.VV.F	CLASSE PRESCRITTA DAL REGOLAMENTO	CLASSE DETERMINATA DAL D. M. 14/09/2008

TERMINI, DEFINIZIONI E TOLLERANZE DIMENSIONALI

Carico d'incendio: potenziale termico netto della totalità dei materiali combustibili contenuti in uno spazio corretto in base ai parametri indicativi della partecipazione alla combustione dei singoli materiali. Il carico di incendio è espresso in MJ; convenzionalmente 1 MJ è assunto pari a 0,054 chilogrammi di legna equivalente.

Carico d'incendio specifico: carico di incendio riferito all'unità di superficie lorda. E' espresso in MJ/m².

Carico d'incendio specifico di progetto: carico d'incendio specifico corretto in base ai parametri indicatori del rischio di incendio del compartimento e dei fattori relativi alle misure di protezione presenti. Esso costituisce la grandezza di riferimento per le valutazioni della resistenza al fuoco delle costruzioni.

Classe di resistenza al fuoco: intervallo di tempo espresso in minuti durante il quale il compartimento antincendio garantisce la capacità di compartimentazione.

TERMINI, DEFINIZIONI E TOLLERANZE DIMENSIONALI

Compartimento antincendio: parte della costruzione organizzata per rispondere alle esigenze della sicurezza in caso di incendio e delimitata da elementi costruttivi idonei a garantire, sotto l'azione del fuoco e per un dato intervallo di tempo, la capacità portante e la capacità di compartimentazione.

Incendio convenzionale di progetto: incendio definito attraverso una curva che rappresenta l'andamento, in funzione del tempo, della temperatura media dei gas di combustione nell'intorno della superficie degli elementi costruttivi.

La curva di incendio di progetto può essere:

nominale: curva adottata per la classificazione delle costruzioni e per le verifiche di resistenza al fuoco di tipo convenzionale;

naturale: curva determinata in base a modelli d'incendio e a parametri fisici che definiscono le variabili di stato all'interno del compartimento.

.....

Superficie in pianta lorda di un compartimento: superficie in pianta compresa entro il perimetro interno delle pareti delimitanti il compartimento.

CLASSI DI RESISTENZA AL FUOCO

La **classe di resistenza al fuoco** è l'intervallo di tempo espresso in minuti, durante il quale il compartimento antincendio garantisce la capacità di compartimentazione.

Le classi di resistenza al fuoco sono le seguenti:

classe 15, classe 20, classe 30, classe 45, classe 60,
classe 90, classe 120, classe 180, classe 240, classe 360

Esse sono di volta in volta precedute dai simboli (R, E, I, W, C, S, ecc.) indicanti i requisiti che devono essere garantiti dagli elementi costruttivi portanti e/o separanti, individuati sulla base della valutazione del rischio d'incendio (rimanda al D.M. 16 febbraio 2007).

La classe del compartimento è determinata in base al livello di prestazione richiesto alla costruzione.

Nel caso di attività dotate di specifico regolamento di p.i. la classe del compartimento è definita dal legislatore.

CARICO DI INCENDIO SPECIFICO DI PROGETTO

Il carico di incendio specifico di progetto è espresso da:

$$q_{f,d} = d_{q1} * d_{q2} * d_n * q_f \quad [\text{MJ}/\text{m}^2]$$

d_{q1} è il fattore che tiene conto del rischio di incendio in relazione alla dimensione del compartimento;

d_{q2} è il fattore che tiene conto del rischio di incendio in relazione al tipo di attività svolta nel compartimento;

$d_n = \prod_i d_{n,i}$ è il fattore che tiene conto delle differenti misure di protezione adottate;

q_f è il carico di incendio specifico $[\text{MJ}/\text{m}^2]$.

d_{q1} il fattore che tiene conto del rischio di incendio in relazione alla dimensione del compartimento e i cui valori sono definiti in tabella 1

Superficie in pianta lorda del compartimento (m ²)	d_{q1}	Superficie in pianta lorda del compartimento (m ²)	d_{q1}
$A < 500$	1,00	$2.500 = A < 5.000$	1,60
$500 = A < 1.000$	1,20	$5.000 = A < 10.000$	1,80
$1.000 = A < 2.500$	1,40	$A = 10.000$	2,00

Tabella 1

d_{q2} il fattore che tiene conto del rischio di incendio in relazione al tipo di attività svolta nel compartimento e i cui valori sono definiti in tabella 2

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

Tabella 2

$d_n = \prod_i d_{n,i}$ è il fattore che tiene conto del rischio di incendio in relazione al tipo di attività svolta nel compartimento e i cui valori sono definiti in tabella 3

d_{ni} Funzione delle misure di protezione								
Sistemi automatici di estinzione		Sistemi di evacuazione automatica di fumo e calore	Sistemi automatici di rivelazione, segnalazione e allarme di incendio	Squadra aziendale dedicata alla lotta antincendio ¹	Rete idrica antincendio		Percorsi protetti di accesso	Accessibilità ai mezzi di soccorso VVF
ad acqua	altro				interna	interna e esterna		
d_{n1}	d_{n2}	d_{n3}	d_{n4}	d_{n5}	d_{n6}	d_{n7}	d_{n8}	d_{n9}
0,60	0,80	0,90	0,85	0,90	0,90	0,80	0,90	0,90

Tabella 3

Gli addetti devono aver conseguito l'attestato di idoneità tecnica di cui all'art. 3 della legge 28 novembre 1996, n. 609, a seguito del corso di formazione di tipo C di cui all'allegato IX del decreto ministeriale 10 marzo 1998.

Quando non si adotta una o più misure di protezione il corrispondente valore di d_n va posto uguale ad 1

g_i	massa dell' i -esimo materiale combustibile [kg]
H_i	potere calorifico inferiore dell' i -esimo materiale combustibile [MJ/kg] I valori di H_i dei materiali combustibili possono essere determinati per via sperimentale in accordo con UNI EN ISO 1716:2002 ovvero essere mutuati dalla letteratura tecnica
m_i	fattore di partecipazione alla combustione dell' i -esimo materiale combustibile pari a 0,80 per il legno e altri materiali di natura cellulosica e 1,00 per tutti gli altri materiali combustibili
γ_i	fattore di limitazione della partecipazione alla combustione dell' i -esimo materiale combustibile pari a 0 per i materiali contenuti in contenitori appositamente progettati per resistere al fuoco; 0,85 per i materiali contenuti in contenitori non combustibili e non appositamente progettati per resistere al fuoco; 1 in tutti gli altri casi
A	superficie in pianta lorda del compartimento [m ²]

q_f è il carico di incendio specifico [MJ/m²]

$$q_f = \frac{\sum_{i=1}^n g_i * H_i * m_i * \gamma_i}{A} \quad [\text{MJ/m}^2]$$

q_f è il carico di incendio specifico si determina:

1. Direttamente per attività svolta:

Il frattile 80% è il valore della grandezza esaminata che statisticamente ha la probabilità di essere superato nel 20 % dei casi.

Table E.4 — Fire load densities $q_{f,k}$ [MJ/m²] for different occupancies.

Occupancy	Average	80% Fractile
Dwelling	780	948
Hospital (room)	230	280
Hotel (room)	310	377
Library	1500	1824
Office	420	511
Classroom of a school	285	347
Shopping centre	600	730
Theatre (cinema)	300	365
Transport (public space)	100	122
NOTE Gumbel distribution is assumed for the 80% fractile.		

Structural Design for Fire Safety Andrew H. Buchanan	Attività ben definite che sono piuttosto simili o con differenze molto limitate negli arredi o nei beni in deposito come abitazioni, alberghi, ospedali, uffici e scuole	Attività che sono piuttosto dissimili o con larghe differenze negli arredi e nei beni in deposito come centri commerciali, grandi magazzini e attività industriali
coefficiente di variazione	30%-50% del valore medio dato	50%-80% del valore medio dato
valore del frattile 90 %	(1,35-1,65) x il valore medio dato	(1,65-2,00) x il valore medio dato
valore del frattile 80 %	(1,25-1,50) x il valore medio dato	(1,45-1,75) x il valore medio dato
valore di picco isolato	2 x il valore medio dato	2,5 x il valore medio dato

q_f è il carico di incendio specifico si determina:

2. Per gli arredi presenti e/o per le merci in deposito:

Tabella c - Materiali da arredo - Valore orientativo della quantità di calore sviluppata da ciascun pezzo in MJ (megajoules) (1 MJ = 238 kcal)

Materiale	MJ/per pezzo
Apparecchio radio	84
Armadio a muro (compreso il contenuto)	
Armadio a 1 porta	670
Armadio a 2 porte	1.340
Armadio a 3 porte	2.009
Armadio a 4 porte	2.679
Armadio con classificatore (compreso il contenuto)	2.009
Armadio per abiti (compreso il contenuto)	
Armadio a 2 porte	1.674
Armadio a 3-4 porte	2.679
Armadio per disegni (compreso il contenuto)	2.511
Banco di magazzino (per m ²)	1.005
Biblioteca (compreso contenuto per m ² di superficie)	837
Casellario per archivio (per m ² compreso il contenuto)	2.009
Cassettone	1.005
Comodino da notte (compreso il contenuto)	168
Credenza da cucina	1.172
Credenza (per alimenti)	418
Divano	837
Letto (compreso materasso, lenzuola, cuscino, coperte, ecc.)	1.080
Pianoforte	2.846
Poltrone	335
Scaffale in legno (per m ² di superficie frontale)	418
Scrivania di metallo	837
Scrivania grande (a due serie di cassetti)	2.177
Scrivania piccola (ad una serie di cassetti)	1.172
Sedia da cucina	69
Sedia non imbottita	67
Tappeto (per m ²)	47
Tavolo allungabile grande	590
Tavolo da cucina (con piedi di metallo)	252
Tavolo da cucina in legno	335
Tavolo medio	418
Tavolino rotondo (per radio o simile)	252
Tende (per m ² di superficie delle finestre)	13

CLASSI DI RESISTENZA AL FUOCO

La classe del compartimento è determinata in base al livello di prestazione richiesto alla costruzione.

Livello I	Nessun requisito specifico di resistenza al fuoco dove le conseguenze della perdita dei requisiti stessi siano accettabili o dove il rischio di incendio sia trascurabile	Non ammesso dal D.M. 9.3.2007	
Livello II	Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo sufficiente all'evacuazione degli occupanti in luogo sicuro all'esterno della costruzione	Requisiti indipendenti dal valore assunto dal carico di incendio	Valori prescritti
Livello III	Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo congruo con la gestione dell'emergenza	Requisiti dipendenti dal valore assunto dal carico di incendio	Valori calcolati
Livello IV	Requisiti di resistenza al fuoco tali da garantire, dopo la fine dell'incendio, un limitato danneggiamento della costruzione	Requisiti dipendenti dal valore assunto dal carico di incendio	Valori calcolati
Livello V	Requisiti di resistenza al fuoco tali da garantire, dopo la fine dell'incendio, il mantenimento della totale funzionalità della costruzione stessa	Requisiti dipendenti dal valore assunto dal carico di incendio	Valori calcolati

LIVELLO I

Il **livello I di prestazione** - *Nessun requisito specifico di resistenza al fuoco* - non è ritenuto accettabile per le costruzioni nelle quali si svolgono attività soggette ai controlli del CNVVF. Il livello I di prestazione può ritenersi adeguato per le costruzioni ove si verificano tutte le seguenti condizioni:

1. gli eventuali crolli totali o parziali della costruzione non arrecano danni ad altre costruzioni;
2. gli eventuali crolli totali o parziali della costruzione non compromettono l'efficacia di elementi di compartimentazione e sistemi antincendio che proteggono altre costruzioni;
3. la costruzione non è adibita, interamente o in parte, ad attività che comportino presenza di persone, esclusa quella occasionale e di breve durata di personale addetto;

LIVELLO I

Il **livello I di prestazione** può ritenersi adeguato anche per le costruzioni ove si verificano tutte le seguenti condizioni:

1. la costruzione non è adibita ad attività che comportino un carico di incendio specifico, riferito ai compartimenti antincendio e a tutti gli ambienti che li compongono, superiore a 100 MJ/m²;
2. la costruzione non è adibita ad attività che comportino impiego o deposito di sostanze infiammabili, esplosive, tossiche o che possono dare luogo a reazioni pericolose;
3. la costruzione non è adibita ad attività che comportino impiego di fiamme libere, di resistenze elettriche in vista e di corpi incandescenti non protetti;

LIVELLO II

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

- a. Le dimensioni della costruzione siano tali da garantire l'esodo in sicurezza degli occupanti;
- b. Gli eventuali crolli totali o parziali della costruzione non arrecano danni ad altre costruzioni;
- c. Gli eventuali crolli totali o parziali della costruzione non compromettono l'efficacia di elementi di compartimentazione e sistemi antincendio che proteggono altre costruzioni;
- d. Il massimo affollamento complessivo della costruzione non supera le 100 persone e la densità di affollamento media è non superiore a 0,2 pers/m²;
- e. La costruzione non deve essere adibita ad attività che prevedono posti letto;
- f. La costruzione non deve essere adibita ad attività specificamente destinate a malati, anziani, bambini o a persone con ridotte o impedito capacità motorie, sensoriali o cognitive.

LIVELLO II

Le classi di resistenza al fuoco sufficienti a garantire il **livello II di prestazione** di prestazione sono indipendenti dal valore assunto dal carico di incendio specifico di progetto.

Nelle costruzioni che ospitano attività soggette ai controlli di prevenzione incendi, le classi di resistenza al fuoco necessarie per garantire il **livello II di prestazione** sono stabilite dal legislatore.

30 ⁽¹⁾	per costruzioni ad un piano fuori terra senza interrati
60 ⁽¹⁾	per costruzioni fino a due piani fuori terra e un interrato

⁽¹⁾ Sono consentite classi inferiori se compatibili con il livello III.

LIVELLO III

Il **livello III di prestazione** può ritenersi adeguato per tutte le costruzioni, fatte salve quelle per le quali sono richiesti i livelli IV o V.

Le classi di resistenza al fuoco sufficienti a garantire il livello III di prestazione dipendono dal valore assunto dal carico di incendio specifico di progetto.

Nelle costruzioni che ospitano attività soggette ai controlli di prevenzione incendi, le classi necessarie per garantire il livello III di prestazione sono stabilite dal legislatore.

Carichi d'incendio specifici di progetto	Classe
Non superiore a 100 MJ/m ²	0
Non superiore a 200 MJ/m ²	15
Non superiore a 300 MJ/m ²	20
Non superiore a 450 MJ/m ²	30
Non superiore a 600 MJ/m ²	45
Non superiore a 900 MJ/m ²	60
Non superiore a 1200 MJ/m ²	90
Non superiore a 1800 MJ/m ²	120
Non superiore a 2400 MJ/m ²	180
Superiore a 2400 MJ/m ²	240

LIVELLO IV O V

I **livelli IV o V** possono essere oggetto di specifiche richieste del committente o essere previsti dai capitolati tecnici di progetto. I livelli IV o V di prestazione possono altresì essere richiesti dalla autorità competente per costruzioni destinate ad attività di particolare importanza.

Per garantire il **livello IV** le costruzioni devono essere oggetto delle seguenti verifiche:

- Capacità portante mantenuta per tutta la durata dell'incendio;
- Regime deformativo contenuto;
- Capacità portante residua che consenta interventi di ripristino.

Per garantire il **livello V** le costruzioni devono essere oggetto delle seguenti verifiche:

- Capacità portante mantenuta per tutta la durata dell'incendio;
- Regime deformativo trascurabile;
- Capacità portante residua adeguata alla funzionalità immediata della costruzione-

ESEMPIO 1

FALEGNAMERIA	PCI	Quantità	F partec.	F limitaz.
	MJ/kg	kg	m_l	f_l
Legname impilato	17,5	25000	0,8	1
Vernici e solventi	42,5	100	1	0,85
Plastiche varie	25,0	50	1	1
Polietilene	37,5	200	1	1
Materiale 5				
Materiale 6				
Materiale 7				

Sup. compartimento	700	m2
--------------------	-----	----

q_s (carico spec.)	517,7	MJ/m ²	27	kg legno/m ²
----------------------	-------	-------------------	----	-------------------------

q_m	570	MJ/m ²	Classe	45
-------	-----	-------------------	--------	----

Carico parz.

q_{ij}
MJ
350000
3613
1250
7500
0
0
0

d_{q1}	1,2
d_{q2}	1,2
d_{n1}	1
d_{n2}	1
d_{n3}	1
d_{n4}	0,85
d_{n5}	1
d_{n6}	1
d_{n7}	1
d_{n8}	1
d_{n9}	0,9
Prodotto	1,1016

ESEMPIO 2

DEPOSITO BITUME				
	PCI	Quantità	F partec.	F limitaz.
	MJ/kg	kg	m_i	f_i
Bitume in fusti da 20 kg	38	40000	1	0,85
Materiale 2				
Materiale 3				
Materiale 4				
Materiale 5				
Materiale 6				
Materiale 7				

Sup. compartimento	1200	m2
--------------------	------	----

q_s (carico spec.)	1076,7	MJ/m ²	58	kg legno/m ²
----------------------	--------	-------------------	----	-------------------------

q_m	1245	MJ/m ²	Classe	120
-------	------	-------------------	--------	-----

Carico parz.

q_{rj}
MJ
1292000
0
0
0
0
0
0

d_{q1}	1,4
d_{q2}	1,2
d_{n1}	1
d_{n2}	1
d_{n3}	1
d_{n4}	0,85
d_{n5}	1
d_{n6}	0,9
d_{n7}	1
d_{n8}	1
d_{n9}	0,9
Prodotto	1,15668

SCENARI E INCENDI CONVENZIONALI DI PROGETTO

Gli incendi convenzionali di progetto devono essere applicati ad un compartimento dell'edificio alla volta, salvo che non sia diversamente indicato nello scenario d'incendio adottato.

In un edificio multipiano è possibile considerare separatamente il carico di incendio dei singoli piani qualora gli elementi orizzontali di separazione posseggano una capacità di compartimentazione adeguata nei confronti della propagazione verticale degli incendi.

SCENARI E INCENDI CONVENZIONALI DI PROGETTO

L'andamento delle temperature negli elementi sarà valutato in riferimento:

- ✓ a una **curva nominale d'incendio**, per l'intervallo di tempo di esposizione pari alla classe di resistenza al fuoco prevista;
- ✓ a una **curva naturale d'incendio**, tenendo conto dell'intera durata dello stesso, compresa la fase di raffreddamento fino al ritorno alla temperatura ambiente.

La curva di incendio è una rappresentazione analitica dell'andamento nel tempo delle temperature (curva Tempo-Temperatura) che si raggiungono in un compartimento in condizioni di incendio.

CURVE NOMINALI DI INCENDIO

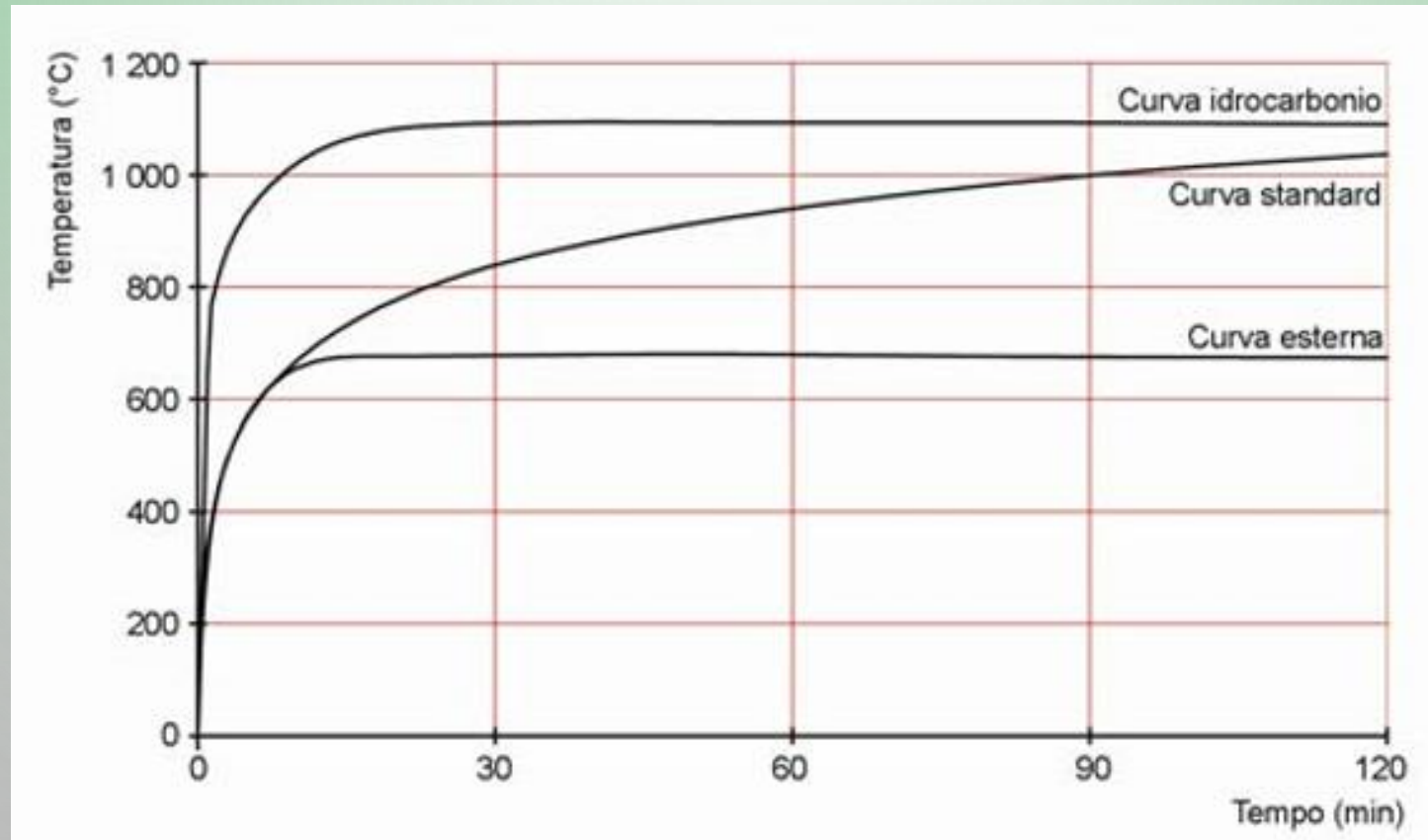
Nel caso di verifiche di tipo convenzionale, l'andamento delle temperature negli elementi costruttivi è valutato con riferimento a una curva temperatura/tempo di tipo nominale considerando un intervallo di tempo di esposizione all'incendio pari alla classe di resistenza al fuoco determinata con i metodi sopra descritti.

La curva nominale è una curva convenzionale generalmente monotona crescente e, pertanto, ben riproducibile in laboratorio. Trascura la fase di innesco e di prima propagazione avendo inizio in corrispondenza del flash over.

CURVE NOMINALI DI INCENDIO

Nella letteratura tecnica esistono molte curve nominali.

Il D. M. 09/03/2007 prende in considerazione le seguenti tre:



CURVE NOMINALI DI INCENDIO

Curva nominale standard introdotta dalla norma ISO 834 normalmente utilizzata:

Curva nominale STANDARD (ISO834)

$$T = 345 \log_{10} (8 \cdot t + 1) + 20$$

dove :	T	è la temperatura dei gas in °C
	t	è il tempo espresso in minuti
	20	è la temperatura ambiente in °C

CURVE NOMINALI DI INCENDIO

Curva nominale degli idrocarburi più severa rispetto alla prima, da utilizzare nel caso di incendi di quantità rilevanti di idrocarburi o altre sostanze, con equivalente velocità di rilascio termico:

Curva nominale dell' INCEDNDIO DA IDROCARBURI

$$T = 1080 (1 - 0.325 e^{-0.167 \cdot t} - 0.675 e^{-2.5 t}) + 20$$

CURVE NOMINALI DI INCENDIO

Curva di incendio nominale esterna, sensibilmente meno gravosa rispetto alla curva standard, a cui può farsi riferimento nel caso di strutture poste all'esterno rispetto al compartimento interessato dall'incendio:

Curva nominale dell' INCENDIO ESTERNO

$$T = 660 (1 - 0.687 \cdot e^{-0.32 t} - 0.313 \cdot e^{-3.8 t}) + 20$$





CURVE NATURALI DI INCENDIO

Nel caso in cui il progetto sia condotto con un approccio prestazionale, secondo i criteri del **DM 9 maggio 2007 - Direttive per l'attuazione dell'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio** - la capacità portante e/o la capacità di compartimentazione, in alternativa al metodo che fa riferimento alle classi, può essere verificata rispetto all'azione termica della curva naturale di incendio, applicata per l'intervallo di tempo necessario al ritorno alla T ordinaria, da determinarsi attraverso:

- modelli di incendio sperimentali (p.e. prove di incendio su scala reale) oppure,
- modelli di incendio numerici semplificati (p.e. curve parametriche) oppure,
- modelli di incendio numerici avanzati (p.e. modelli a zone, di campo).

CURVE NATURALI DI INCENDIO

Le curve di incendio naturale devono essere determinate in base al carico di incendio specifico di progetto ponendo pari ad 1 i coefficienti δ_{ni} relativi alle misure di protezione che si intende modellare.

Qualora si adotti uno di questi metodi, è tuttavia previsto che gli elementi costruttivi portanti e/o separanti garantiscano il possesso di requisiti minimi di resistenza al fuoco determinati rispetto all'azione termica della curva di incendio nominale standard ISO 834 secondo la correlazione tra carico d'incendio specifico di progetto ($q_{f,d}$) e classe di riferimento riportata nella seguente tabella:

Carichi d'incendio specifici di progetto ($q_{f,d}$)	Classe
Non superiore a 300 MJ/m ²	0
Non superiore a 450 MJ/m ²	15
Non superiore a 600 MJ/m ²	20
Non superiore a 900 MJ/m ²	30
Non superiore a 1200 MJ/m ²	45
Non superiore a 1800 MJ/m ²	60
Non superiore a 2400 MJ/m ²	90
Superiore a 2400 MJ/m ²	120

CRITERI DI PROGETTAZIONE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI RESISTENTI AL FUOCO

E' importante rilevare che la **scelta iniziale** riguarda il tipo di approccio: *prescrittivo* (con incendi nominali) o *prestazionale* (con modellazione di incendi reali).

La **seconda fase** consiste nella scelta del modello strutturale: singole membrane, parti della struttura o struttura intera. Per i modelli strutturali parziali si devono stabilire le condizioni al contorno per l'analisi.

La **terza fase** è rappresentata dalla scelta dei metodi per le analisi termiche e/o verifiche strutturali; il progettista può scegliere se adottare metodi semplificati, avanzati o tabellari.

CRITERI DI PROGETTAZIONE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI RESISTENTI AL FUOCO

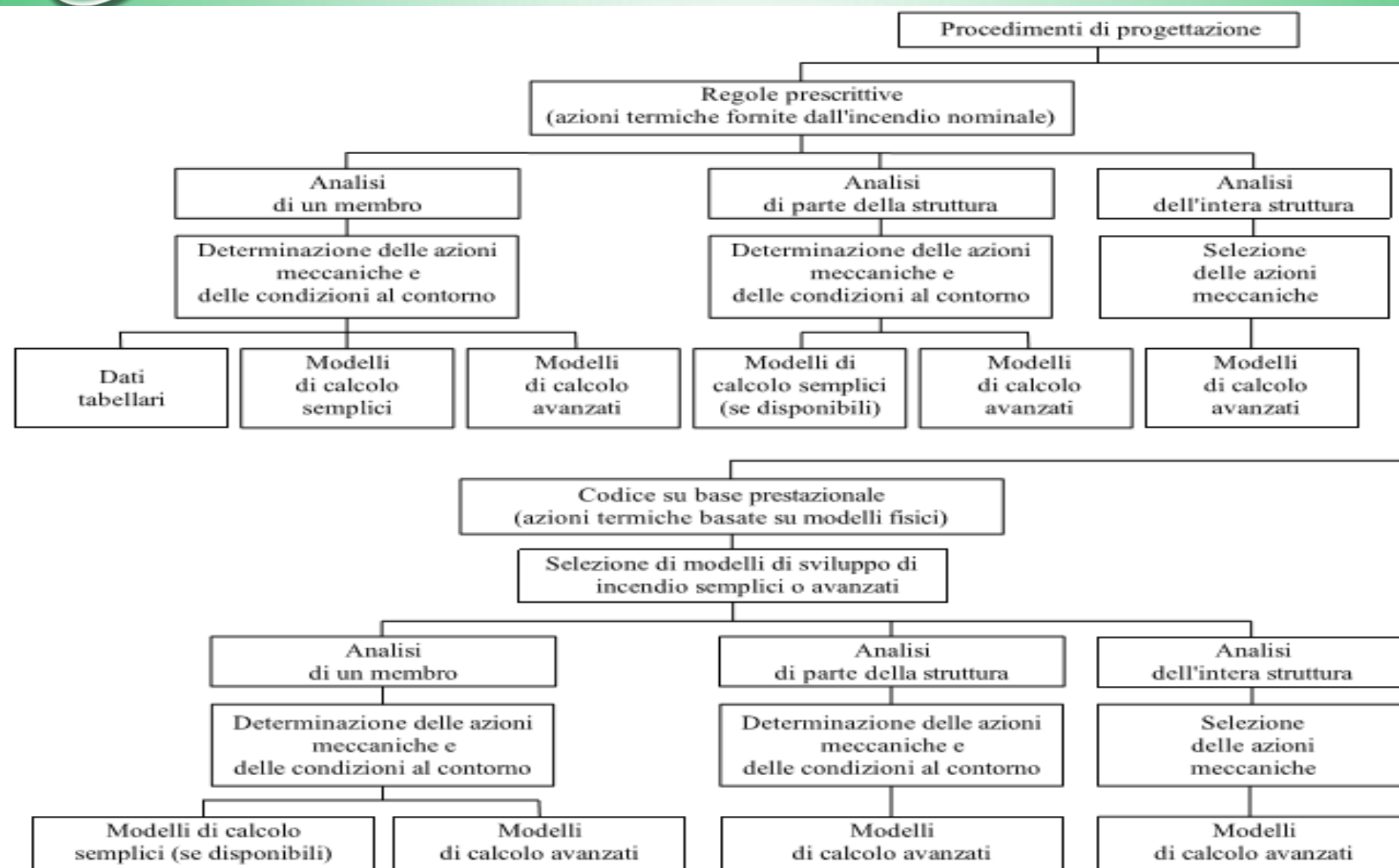
1. La capacità del sistema strutturale in caso di incendio si determina sulla base della capacità portante propria degli elementi strutturali singoli, di porzioni di struttura o dell'intero sistema costruttivo, comprese le condizioni di carico e di vincolo, tenendo conto della eventuale presenza di materiali protettivi.
2. Le deformazioni ed espansioni imposte o impedita dovute ai cambiamenti di temperatura per effetto dell'esposizione al fuoco producono sollecitazioni indirette, forze e momenti, che devono essere tenuti in considerazione, ad eccezione dei casi seguenti:
 - è riconoscibile a priori che esse sono trascurabili o favorevoli;
 - sono implicitamente tenute in conto nei modelli semplificati e conservativi di comportamento strutturale in condizioni di incendio.

CRITERI DI PROGETTAZIONE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI RESISTENTI AL FUOCO

3. Le sollecitazioni indirette, dovute agli elementi strutturali adiacenti a quello preso in esame, possono essere trascurate quando i requisiti di sicurezza all'incendio sono valutati in riferimento alla curva nominale d'incendio e alle classi di resistenza al fuoco.
4. Nel progetto e nelle verifiche di sicurezza all'incendio si deve tener conto anche della presenza delle azioni a temperatura ordinaria permanenti e di quelle azioni variabili che sia verosimile agiscano contemporaneamente all'incendio. Esse dovranno essere prese in conto con i propri coefficienti parziali relativi allo stato limite in esame che di norma è lo stato limite di esercizio con combinazione quasi-permanente.

CRITERI DI PROGETTAZIONE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI RESISTENTI AL FUOCO

5. Non si prende in considerazione la possibilità di concomitanza dell'incendio con altre azioni accidentali.
6. Per i soli elementi strutturali secondari contenuti in costruzioni che devono garantire il livello III di prestazione è consentito limitare il requisito di resistenza al fuoco alla classe 30, purché siano verificate tutte le seguenti condizioni:
 - a) l'eventuale crollo degli elementi strutturali secondari non compromette la capacità portante di altre parti della struttura;
 - b) l'eventuale crollo degli elementi strutturali secondari non compromette l'efficacia di elementi costruttivi di compartimentazione e di impianti di protezione attiva;
 - c) l'eventuale crollo degli elementi strutturali secondari non deve costituire un significativo rischio per gli occupanti e per i soccorritori.



FINE SECONDA PARTE!