



**MINISTERO DELL'INTERNO
DIPARTIMENTO DEI VIGILI DEL FUOCO
DEL SOCCORSO PUBBLICO E DELLA DIFESA CIVILE**



**CORSO DI AGGIORNAMENTO IN MATERIA DI PREVENZIONE INCENDI
FINALIZZATO AL MANTENIMENTO DELL'ISCRIZIONE DEI PROFESSIONISTI NEGLI
ELENCHI DEL MINISTERO DELL'INTERNO – ART. 7 DM 5/8/2011**

PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE

**La metodologia prestazionale e la valutazione del rischio
nell'ingegneria antincendio**

*Ing. Fabio Sassu
Dirigente Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di
Nuoro*

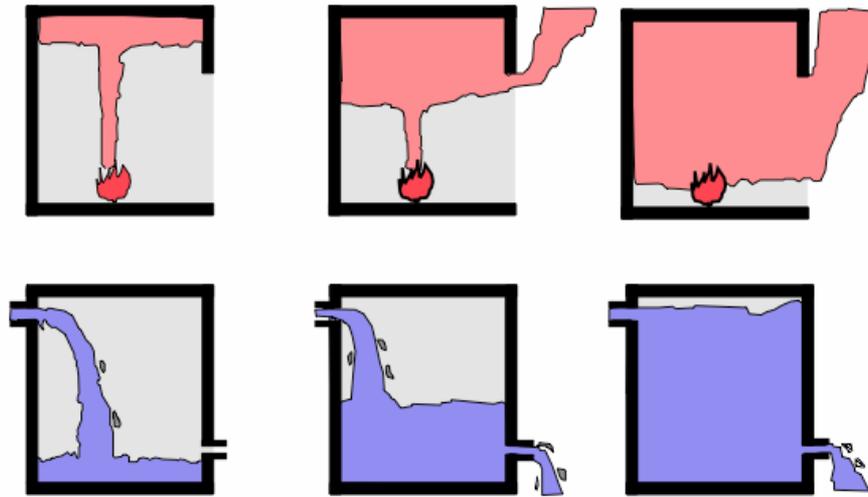
... tutti i sistemi devono rimanere
in funzione in caso di incendi...

- Approccio prestazionale

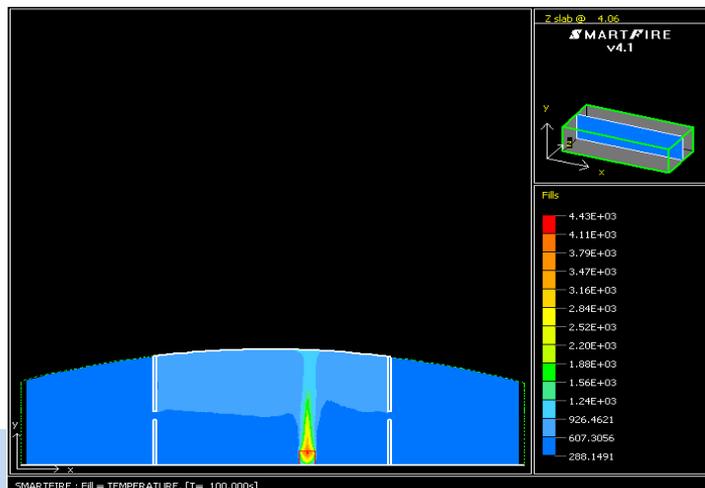
- Approccio prescrittivo

... i corridoi non devono essere
lunghi più di 30 m...



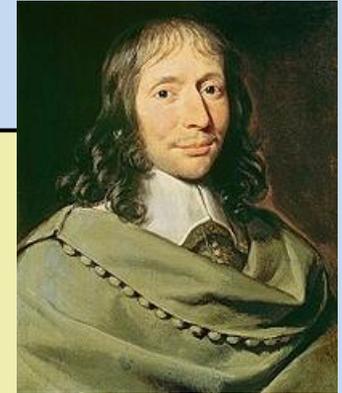


Analogia idraulica del processo di flashover - Immagine tratta da S. Marsella, L. Nassi "l'approccio prestazionale e l'ingegneria antincendio", Roma EPC 2006



Software di simulazione dell'incendio - Immagine tratta da L. Nassi S. Marsella "sicurezza antincendio per i beni culturali", UTET 2008

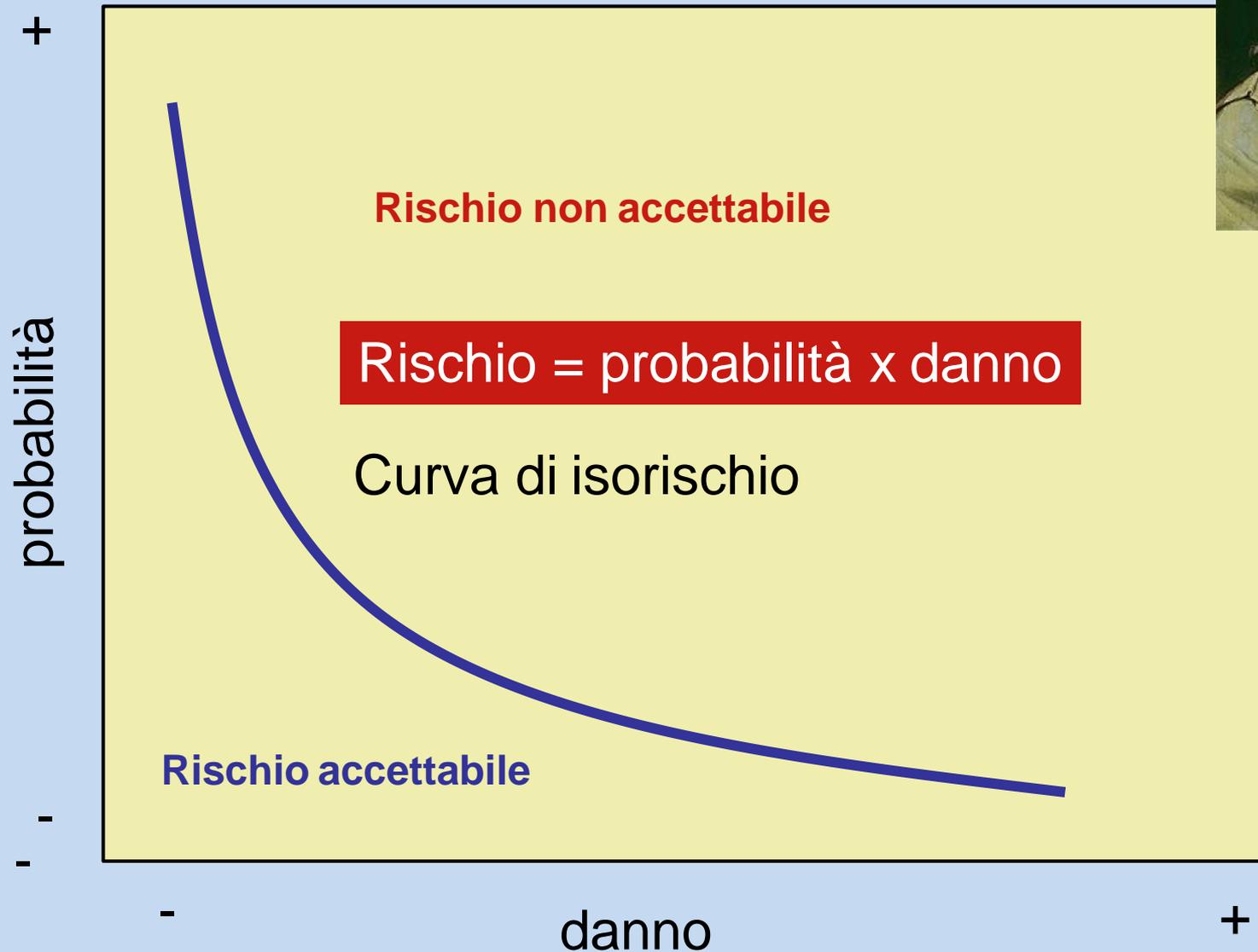
- L'uso dell'ingegneria antincendio non si riduce alla conoscenza dei modelli e dei software di simulazione degli incendi
- La prima fase del processo è quella della decisione sugli incendi da simulare

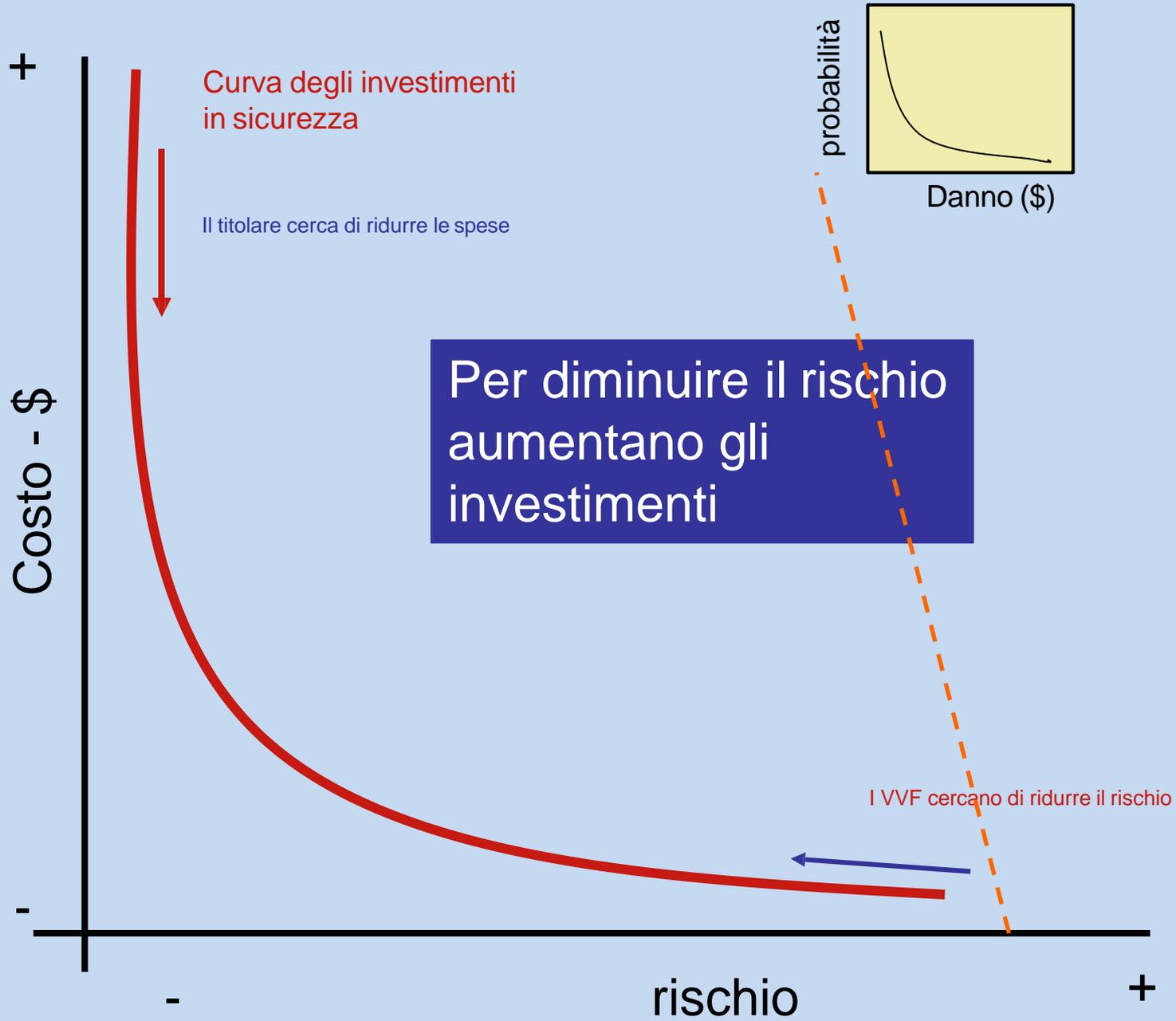


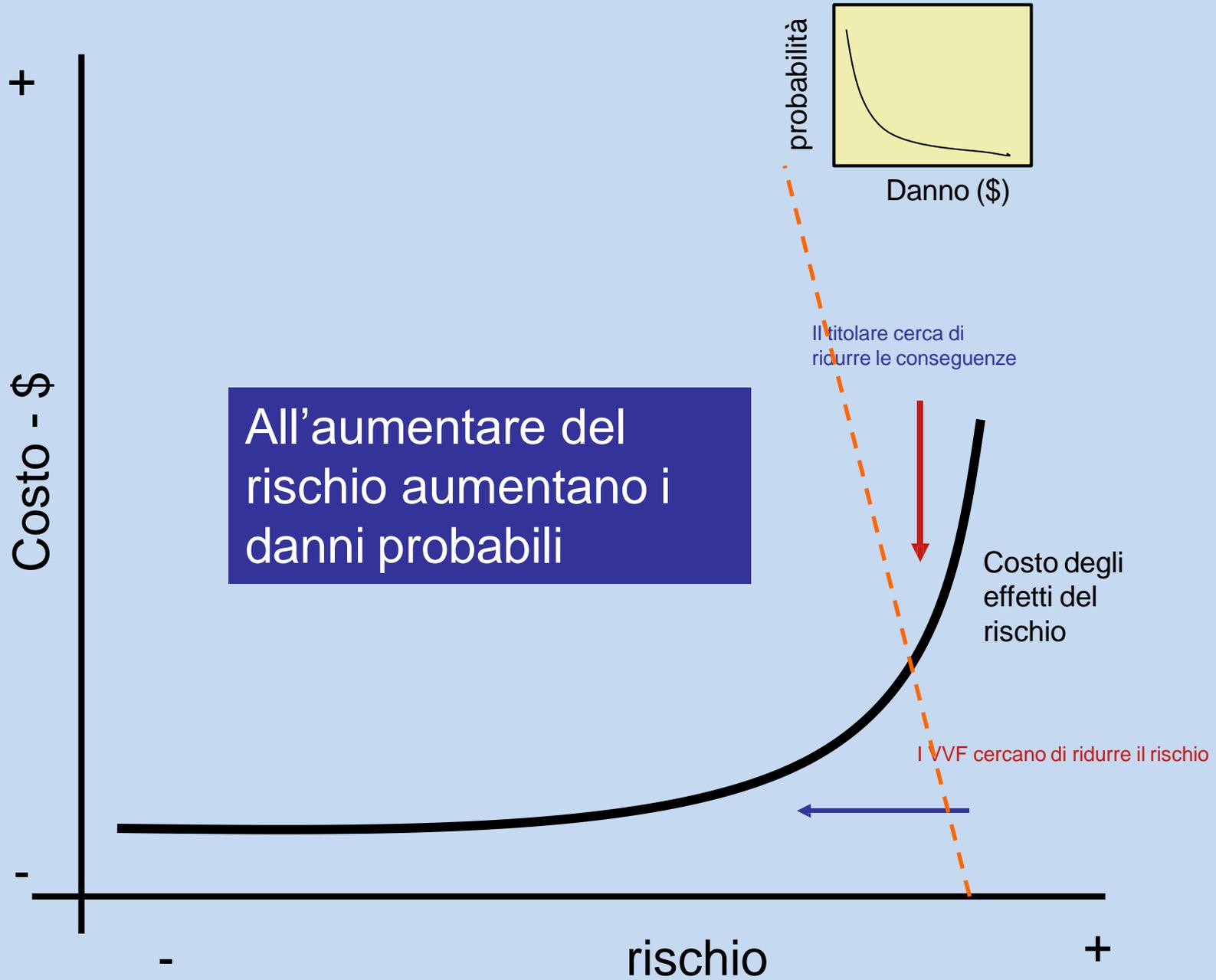
Blaise Pascal

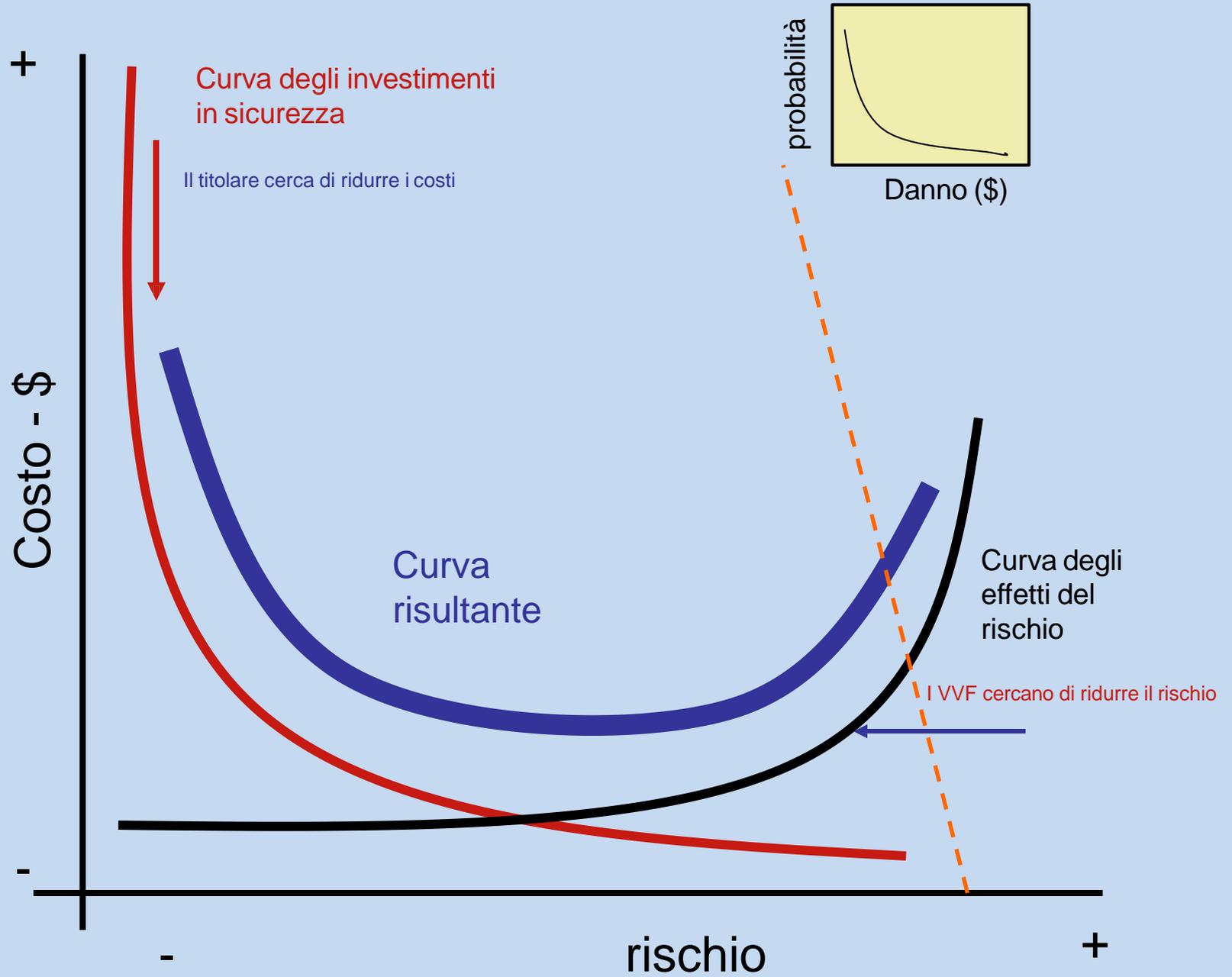
1623-1662

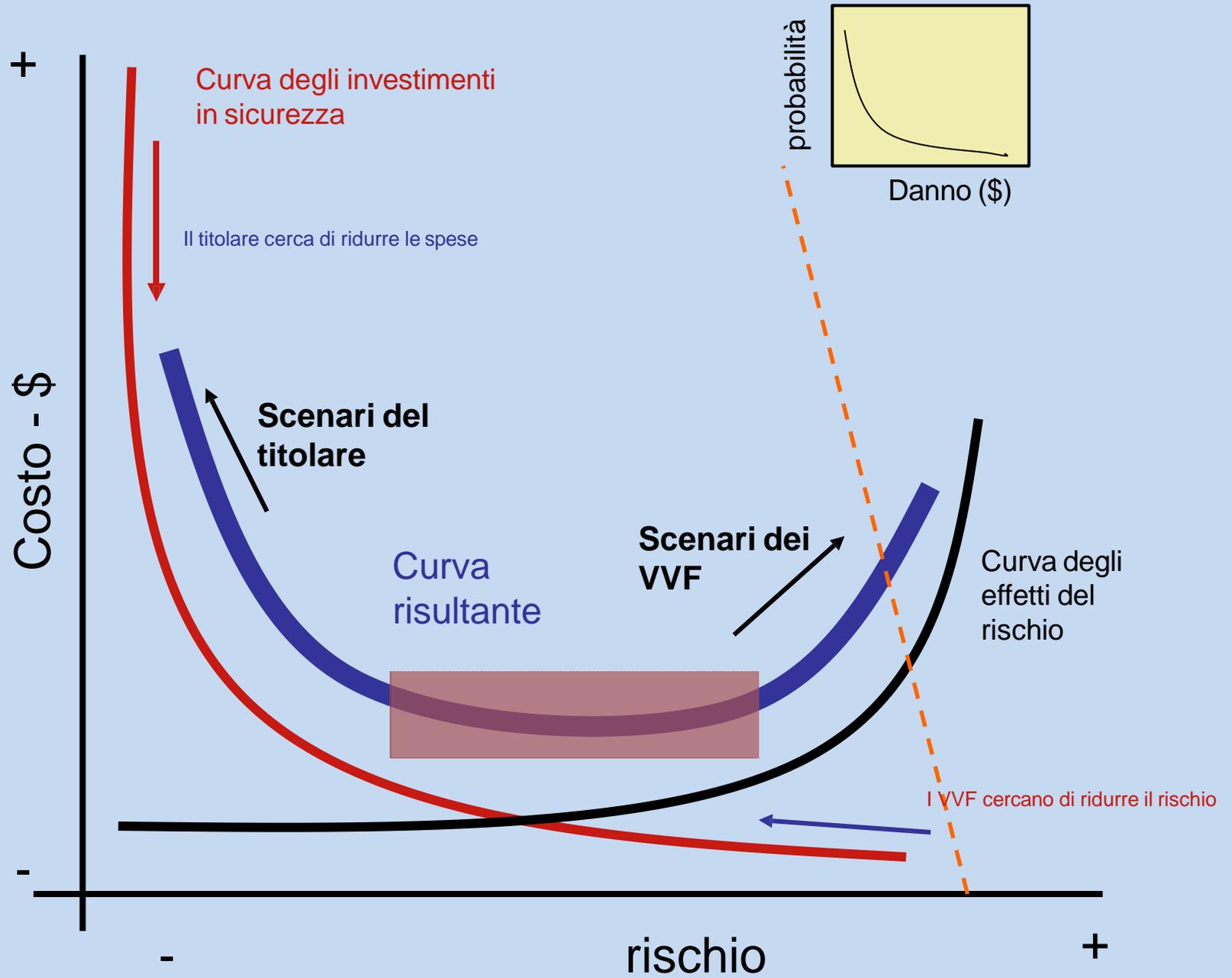
E' uno dei fondatori dell'analisi combinatoria e del calcolo delle probabilità



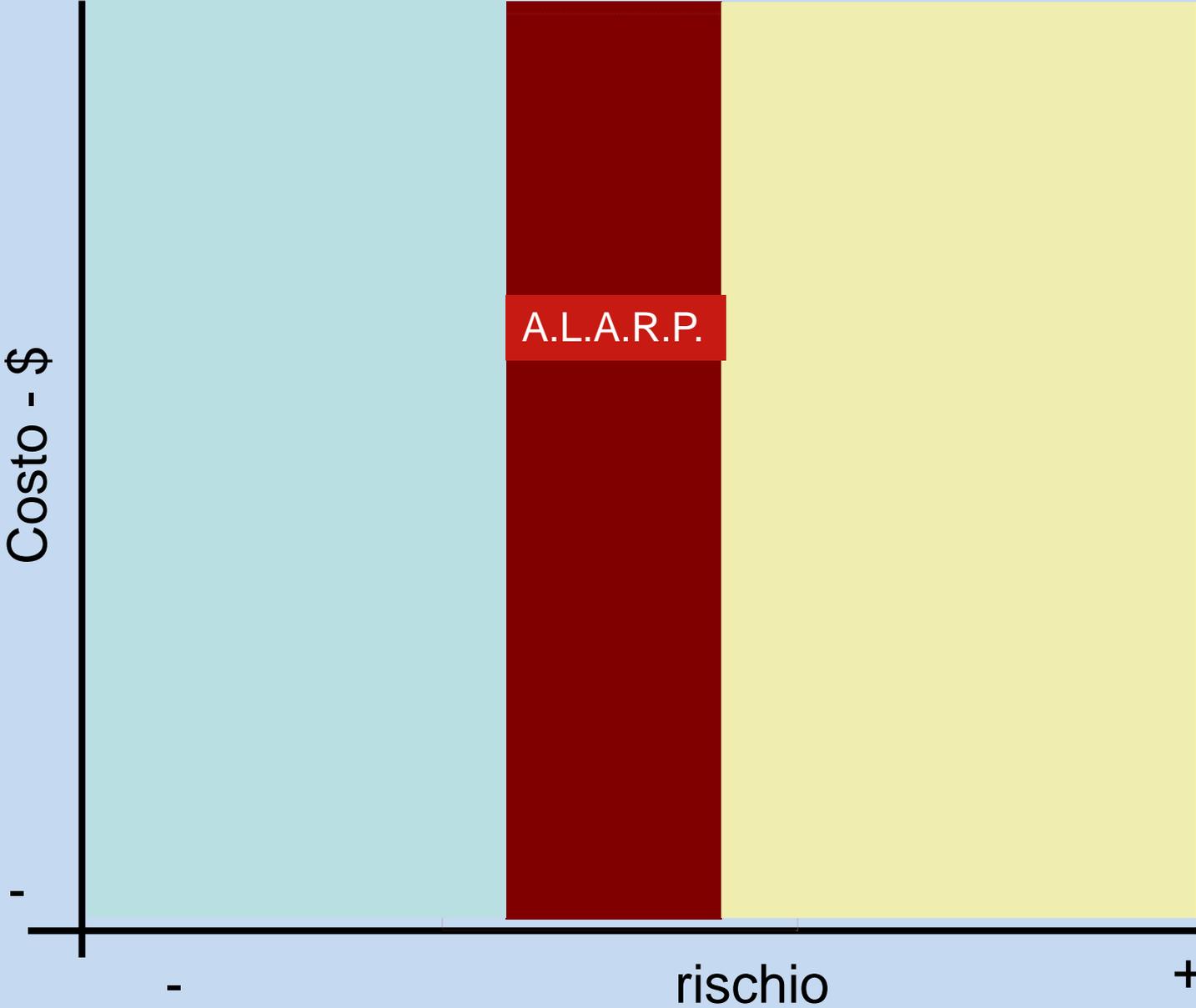








A.L.A.R.P. (As Low As Reasonably Practicable)



D.M. 9 maggio 2007 – STRUTTURA DEL DECRETO

D.M. 9 MAGGIO 2007



otto articoli: stabiliscono le procedure per adottare l'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio

un allegato tecnico suddiviso in *cinque punti* che indicano il processo di valutazione e progettazione nell'ambito dell'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio (Fire Safety Engineering, FSE)

Tra i campi di applicazione (art. 2) troviamo:

- “insediamenti di tipo complesso o a tecnologia avanzata”
- “edifici di particolare rilevanza architettonica e/o costruttiva, ivi compresi quelli pregevoli per arte o storia o ubicati in ambiti urbanistici di particolare specificità”

Tra le varie possibilità, la metodologia può essere applicata in alternativa alla metodologia vigente:

- “nel caso di attività non regolate da specifiche disposizioni antincendio”
- “per la individuazione delle misure di sicurezza equivalenti nell'ambito del procedimento di deroga”

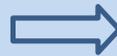
Processo di valutazione e progettazione nell'ambito dell'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio



- ✓ FASE I - analisi preliminare
- ✓ FASE II - analisi quantitativa
- ✓ SGSA - Sistema di Gestione della Sicurezza Antincendio

FASE I
ANALISI PRELIMINARE
redazione di un sommario tecnico

- ✓ DEFINIZIONE DEL PROGETTO ————— | vincoli progettuali, pericoli di incendio,
condizioni ambientali,
caratteristiche degli occupanti
- ✓ DEFINIZIONE DEGLI OBIETTIVI ————— | finalità, ovvero: cosa si vuole proteggere?
- ✓ INDIVIDUAZIONE DEI LIVELLI
DI PRESTAZIONE ————— | quali parametri si vogliono prendere a riferimento
per garantire il soddisfacimento degli obiettivi
(es.: visibilità, qualità dell'aria, ecc.)
- ✓ INDIVIDUAZIONE DEGLI SCENARI
DI INCENDIO DI PROGETTO ————— | si valutano gli incendi realisticamente ipotizzabili
(scegliendo i più gravosi)



scenari concordati con il
Comando Prov.le dei V.F.

FASE I
ANALISI PRELIMINARE
redazione di un sommario tecnico

PROGETTISTA

**TITOLARE
DELL'ATTIVITÀ**

Responsabile dell'individuazione degli scenari e dei parametri ipotizzati per l'elaborazione dei risultati

Responsabile della veridicità dei dati di input ipotizzati per l'elaborazione dei risultati

**FIRMA CONGIUNTA DEL SOMMARIO
TECNICO DEL PROGETTO**

FASE II
ANALISI QUANTITATIVA

✓ IPOTESI DI
PROGETTO

redatta a partire dal sommario tecnico

✓ SCELTA DEL MODELLO DI
CALCOLO

uso del programma di simulazione ad elementi finiti
(FDS: Fire Dynamics Simulator - SMV: Smokeview)

✓ RISULTATI DELLE ELABORAZIONI
CHE CARATTERIZZANO L'INCENDIO

individuazione dei parametri numerici
che servono a descrivere l'evoluzione dell'incendio
ed a fornire le indicazioni per verificare
il raggiungimento dei livelli di prestazione prefissati

✓ INDIVIDUAZIONE DEL PROGETTO FINALE

individuazione del Progetto Finale:
al Comando provinciale V.F. deve essere presentato
il progetto che è stato verificato
rispetto agli scenari di incendio prescelti
e che soddisfa i livelli di prestazione individuati.

SGSA
(Sistema di Gestione
della Sicurezza Antincendio)

Affinché **non ci sia una riduzione nel tempo del livello di sicurezza prescelto**, la metodologia prestazionale, basandosi sull'individuazione delle misure di protezione effettuata su scenari di incendio valutati ad hoc, necessita di un attento **mantenimento di tutti i parametri posti alla base della scelta sia degli scenari che dei progetti**



Pertanto è necessario un **Sistema di Gestione della Sicurezza Antincendio** attraverso uno specifico documento, condiviso dall'organo di controllo fin dalla fase di approvazione del progetto e da sottoporre a verifiche ispettive periodiche da parte dei V.V.F. in concomitanza con la visita tecnica (controlli di prevenzione incendi) e successivamente in occasione dei rinnovi.

SGSA
(Sistema di Gestione
della Sicurezza Antincendio)

PROGETTISTA

**TITOLARE
DELL'ATTIVITÀ**



Responsabile dei risultati
delle elaborazioni basate
sull'approccio ingegneristico

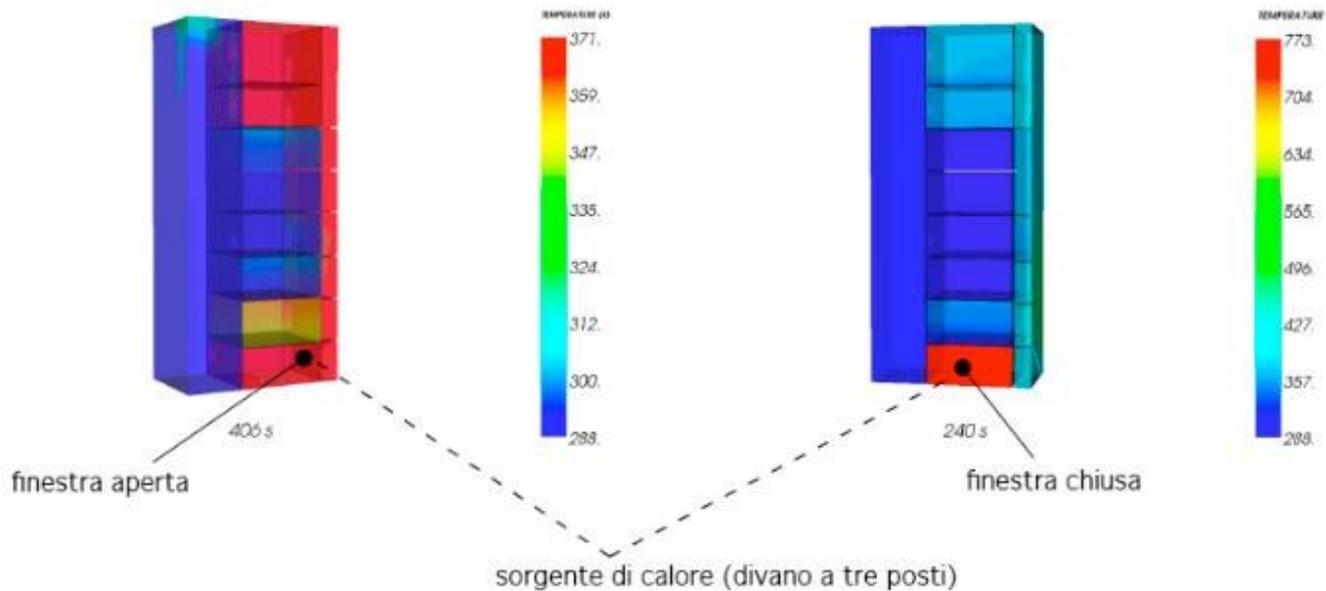
Responsabile del
mantenimento dei parametri
(limiti di esercizio) ipotizzati
per l'elaborazione dei risultati



FIRMA CONGIUNTA DEL SGSA

gli scenari di incendio

- **Cosa sono**
- **Quali sono gli elementi che li caratterizzano**
- **Qual è il processo di individuazione**



Simulazioni di una combustione che si sviluppa al piano terra e che si propaga nel vano scala - confronto tra evoluzione dell'incendio con finestra dell'ambiente di origine verso l'esterno aperta e chiusa.

Semplificazioni: vano scala privo di gradini, strutture non partecipanti alla trasmissione del calore, finestra resistente all'incendio ecc.

Cosa sono gli scenari

Appare evidente che quando si sceglie l'incendio da modellare con i SW di simulazione, si deve tenere conto anche del fattore probabilistico, e cioè che:

- Gli eventi più gravi e più probabili non si stabiliscono soggettivamente ma devono scaturire dai dati oggettivi a disposizione
- In particolare, gli impianti di protezione attiva o i sistemi di gestione potrebbero non funzionare come previsto

Cosa sono gli scenari di incendio

La definizione del DM 9 maggio 2007:

- scenario di incendio: **descrizione qualitativa** dell'evoluzione di un incendio che individua gli eventi chiave che lo caratterizzano e che lo differenziano dagli altri incendi.
- Di solito puo' comprendere le seguenti fasi: innesco, crescita, incendio pienamente sviluppato, decadimento.
- Deve inoltre definire l'ambiente nel quale si sviluppa l'incendio di progetto ed i sistemi che possono avere impatto sulla sua evoluzione, come ad esempio eventuali impianti di protezione attiva.

Cosa sono gli
scenari

Cosa sono gli scenari di incendio

Esempio di scenario di incendio (1):

- Edificio per uffici non aperto al pubblico. Presenza di locali destinati a deposito ed archivio.
- Lo scenario di incendio selezionato prevede che un innesco involontario coinvolga un materiale a curva di crescita media in un locale non presidiato da impianti automatici di rilevazione o di spegnimento ne' frequentato dal personale.

Si ipotizza che le aperture verso gli ambienti dell'edificio siano aperte, ma non le finestre verso l'esterno. Il personale che interviene non è in grado di utilizzare gli idranti e le persone che si trovano nell'edificio conoscono le vie di esodo alternative a quelle utilizzate per la normale attività

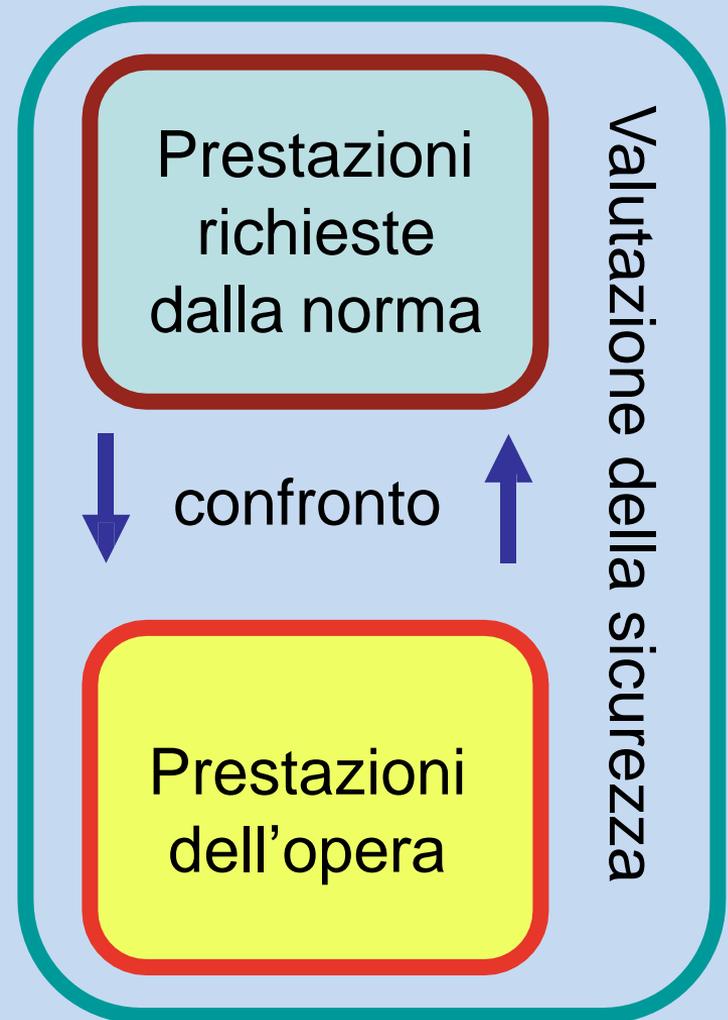
Cosa sono gli scenari di incendio

Esempio di scenario di incendio (2):

- Deroga in un albergo di grandi dimensioni relativa ad una prescrizione sulle vie di esodo.
- Uno degli scenari di incendio prevede che un innesco involontario coinvolga un materasso in una stanza ubicata in prossimità dell'accesso al vano scala. Il locale è presidiato da impianti automatici di rilevazione. Si ipotizza che la porta verso il corridoio dell'edificio rimanga aperta, ma non le finestre verso l'esterno. Il personale che interviene non è in grado di utilizzare gli idranti e le persone che si trovano nell'edificio non conoscono le vie di esodo alternative a quelle utilizzate per la normale attività

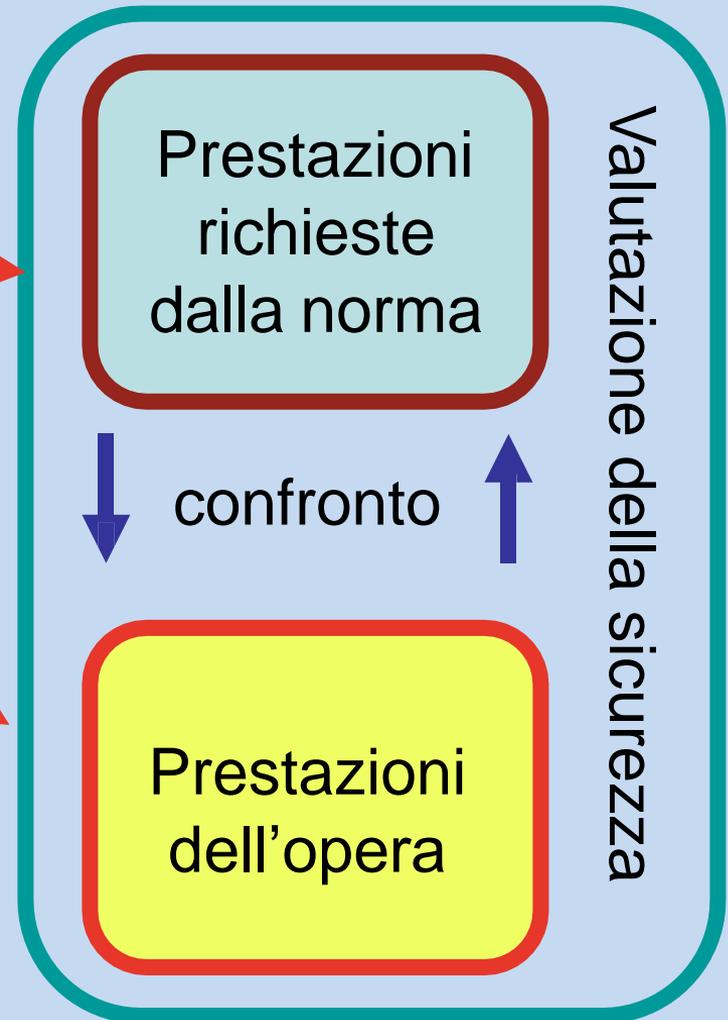
Cosa sono gli scenari di incendio

- Lo scenario costituisce la condizione di sollecitazione dell'opera di cui si valuta la sicurezza.
- Il processo prestazionale si basa sul confronto tra le prestazioni previste dalla norma e quelle sviluppate dall'opera



Cosa sono gli scenari di incendio

- Questa parte è stabilita da decreti o da norme di diversa natura.
- In molti settori della sicurezza, le sollecitazioni a cui è soggetta l'opera sono stabilite da decreti o da norme (es. carichi statici)



- Il processo di controllo della sicurezza antincendi è un processo che fa parte di un procedimento amministrativo
- L'attività e la documentazione di questo procedimento devono quindi rispettare i presupposti dei procedimenti amministrativi

Cosa sono gli scenari

principio	contenuto	Applicazione nei procedimenti di prevenzione incendi
legalità	afferma la corrispondenza dell'azione amministrativa alle prescrizioni di legge	Il processo prestazionale aumenta questa capacità in quanto consente effettivamente di misurare il livello di sicurezza conseguito
oggettività	Capacità di operare indipendente dall'interpretazione del singolo	Il processo prestazionale aumenta questa capacità in quanto le valutazioni sono compiute sulla base di modelli e di dati consolidati
trasparenza	Capacità di dimostrare la regolarità di tutte le fasi del procedimento	Il processo prestazionale aumenta questa capacità in quanto consente di legare ogni fase del processo a valutazioni fondate su valori numerici
qualità	Capacità di rispondere ai bisogni del cittadino	Il processo prestazionale aumenta questa capacità in quanto evita le risposte non adeguatamente motivate, ivi compresi i casi in cui le proposte sono fuori standard ma tecnicamente accettabili
imparzialità	in senso attivo si configura come l'obbligo di identificare e valutare da parte della PA tutti gli interessi coinvolti in modo che la scelta finale si atteggi a risultato coerente e consapevole di una completa rappresentazione dei fatti e degli interessi in gioco.	La maggiore proceduralizzazione del procedimento di deroga assicura che siano prese in considerazione tutte le istanze in gioco
buona amministrazione	indica l'obbligo per i funzionari di svolgere il lavoro secondo le modalità più idonee ed opportune al fine della efficacia, efficienza, speditezza ed economicità dell'azione amministrativa, con il minor sacrificio degli interessi particolari dei singoli	La possibilità di verificare la correttezza delle proposte sulla base di criteri oggettivi consente di svolgere l'azione amministrativa nel modo più vicino alle esigenze dei cittadini
buon andamento	trovano attuazione attraverso la responsabilità	La responsabilità degli atti in questo caso è assunta nella piena consapevolezza delle scelte
principio di ragionevolezza,	Il nel quale confluiscono i principi di eguaglianza, imparzialità e buon andamento, indica che l'azione amministrativa deve adeguarsi ad un canone di razionalità operativa, al fine di evitare decisioni arbitrarie ed irrazionali.	La giustificazione numerica delle scelte è essa stessa canone di razionalità

Come si individuano gli scenari di incendio

- Lo scopo di questa parte del processo è quella di individuare lo o gli scenari più gravi ragionevolmente ipotizzabili

In termini di DM 9 maggio 2007...

Come si individuano gli scenari di incendio

... nel processo di individuazione degli scenari di incendio di progetto, devono essere valutati gli incendi **realisticamente** ipotizzabili nelle condizioni di esercizio previste, scegliendo i più gravosi per lo sviluppo e la propagazione dell'incendio, la conseguente sollecitazione strutturale, la salvaguardia degli occupanti e la sicurezza delle squadre di soccorso.

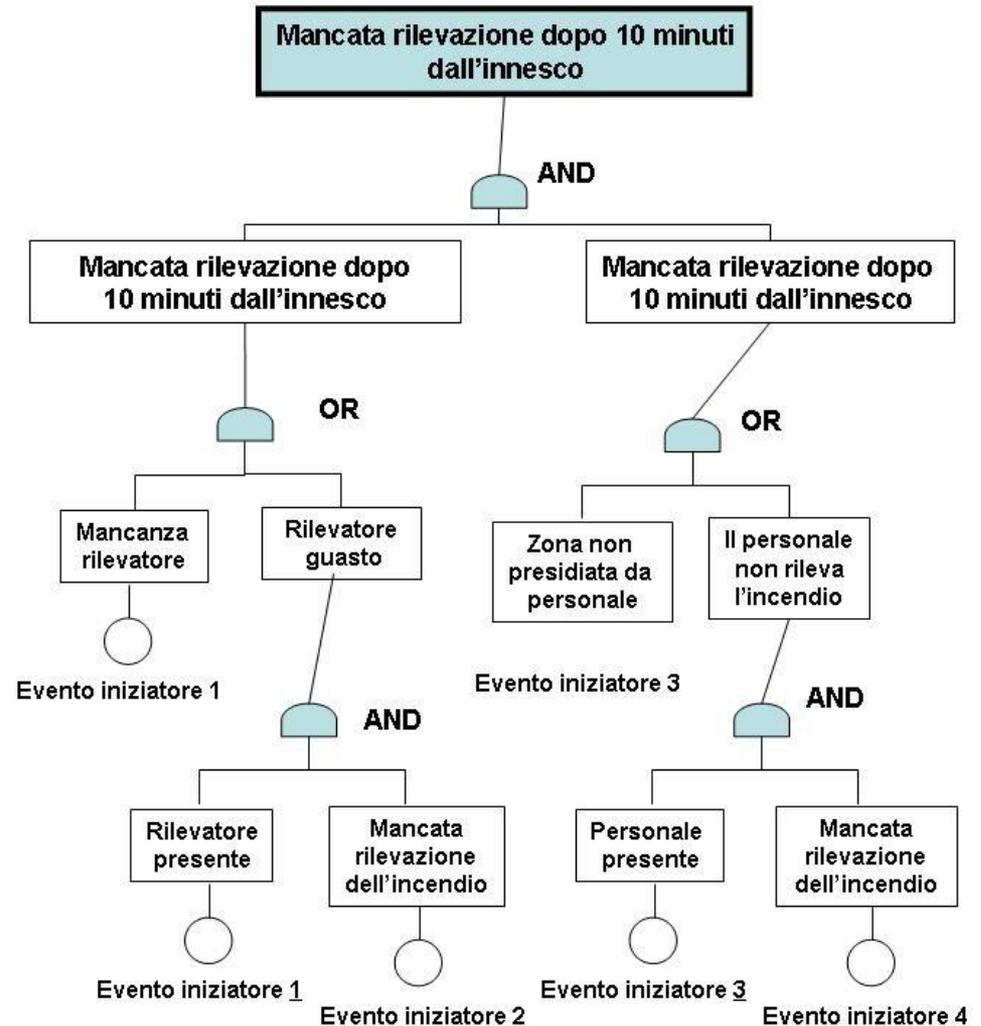
A tal fine risultano determinanti, tra l'altro, le seguenti condizioni: stato, tipo e quantitativo del combustibile; configurazione e posizione del combustibile; tasso di crescita del fuoco e picco della potenza termica rilasciata (HRR max); tasso di sviluppo dei prodotti della combustione; caratteristiche dell'edificio (geometria del locale, condizioni di ventilazione interna ed esterna, stato delle porte e delle finestre, eventuale rottura di vetri, ecc.); condizioni delle persone presenti (affollamento, stato psico-fisico, presenza di disabili, ecc.).

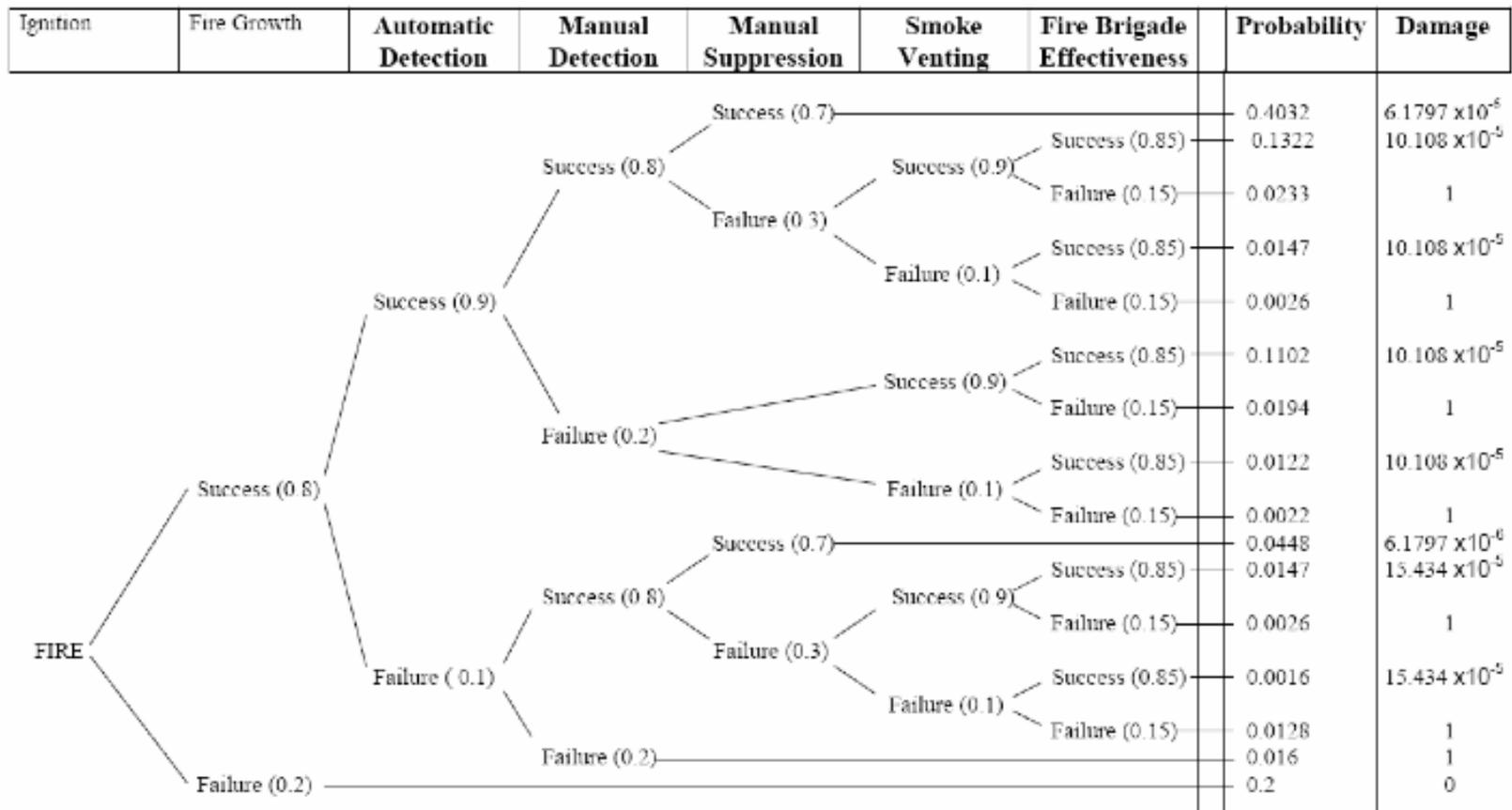
- Il decreto chiede di sviluppare la valutazione di un incendio selezionando uno scenario che si presume sia quello che sviluppa l'incendio più gravoso
- In altri termini, si deve essere in grado di prevedere quale combinazione di eventi è quella più pericolosa

Il processo di selezione degli scenari

- Per selezionare lo o gli scenari di incendio più gravi **realisticamente** ipotizzabili, il professionista deve svolgere un'analisi dell'opera che parte dal momento del progetto
- Nell'analisi, deve raccogliere la maggior parte di informazioni possibili. Le informazioni mancanti devono essere oggetto di ipotesi e di successiva attuazione attraverso lo strumento del SGSA

- Uno dei mezzi utilizzabili è l'albero dei guasti





oppure altre tecniche come:

- **What if? Analysis**
- **Valutazione costo benefici**
- **Analisi storica**
- **Esame dei dati statistici**

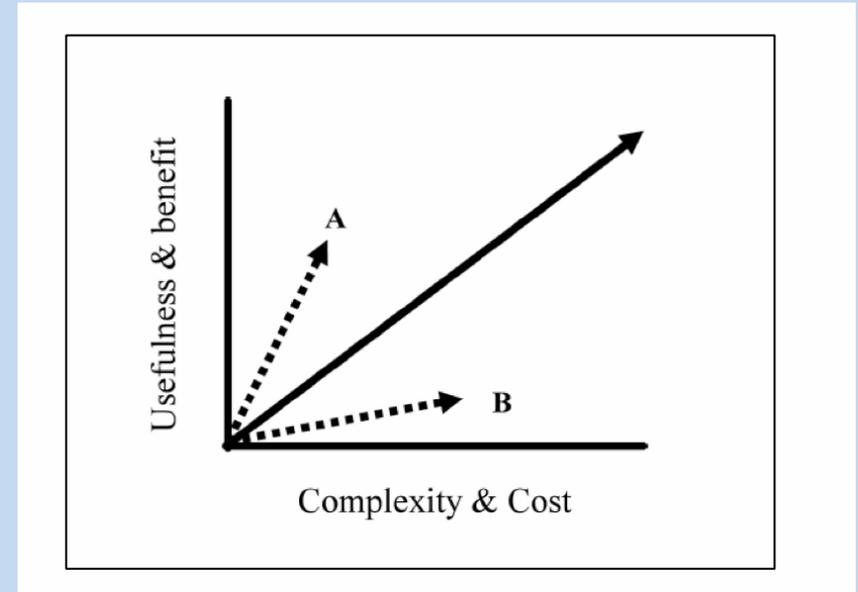


Table A.1 — Probability of fire starting

Occupancy	Probability of fire per year	
	a	b
Industrial buildings		
Food, drink and tobacco	0.001 1	0.60
Chemical and allied	0.006 9	0.46
Mechanical engineering and other metal goods	0.000 86	0.56
Electrical engineering	0.006 1	0.59
Vehicles	0.000 12	0.86
Textiles	0.007 5	0.35
Timber, furniture	0.000 37	0.77
Paper, printing and publishing	0.000 069	0.91
Other manufacturing	0.008 4	0.41
All manufacturing industry	0.001 7	0.53
Other occupancies		
Storage	0.000 67	0.5
Shops	0.000 066	1.0
Offices	0.000 059	0.9
Hotels, etc.	0.000 08	1.0
Hospitals	0.000 7	0.75
Schools	0.000 2	0.75

$$F = a A^b$$

Frequenza di innesco

Tratta da: BSI PD 7974-7:2003 – probabilistic risk assessment

Table A.2 — Overall probability of fire starting in various types of occupancy

Occupancy	Probability of fire starts per occupancy y^{-1}
Industrial	4.4×10^{-2}
Storage	1.3×10^{-2}
Offices	6.2×10^{-3}
Assembly entertainment	1.2×10^{-1}
Assembly non-residential	2.0×10^{-2}
Hospitals	3.0×10^{-1}
Schools	4.0×10^{-2}
Dwellings	3.0×10^{-3}

Probabilità assoluta

Table A.3 — Probability of fire starting within given floor area for various types of occupancy

Occupancy	Probability of fire starting $y^{-1}m^{-2}$
Offices	1.2×10^{-5}
Storage	3.3×10^{-5}
Public assembly	9.7×10^{-5}

Probabilità per m^3

Tratta da: BSI PD 7974-7:2003 – probabilistic risk assessment



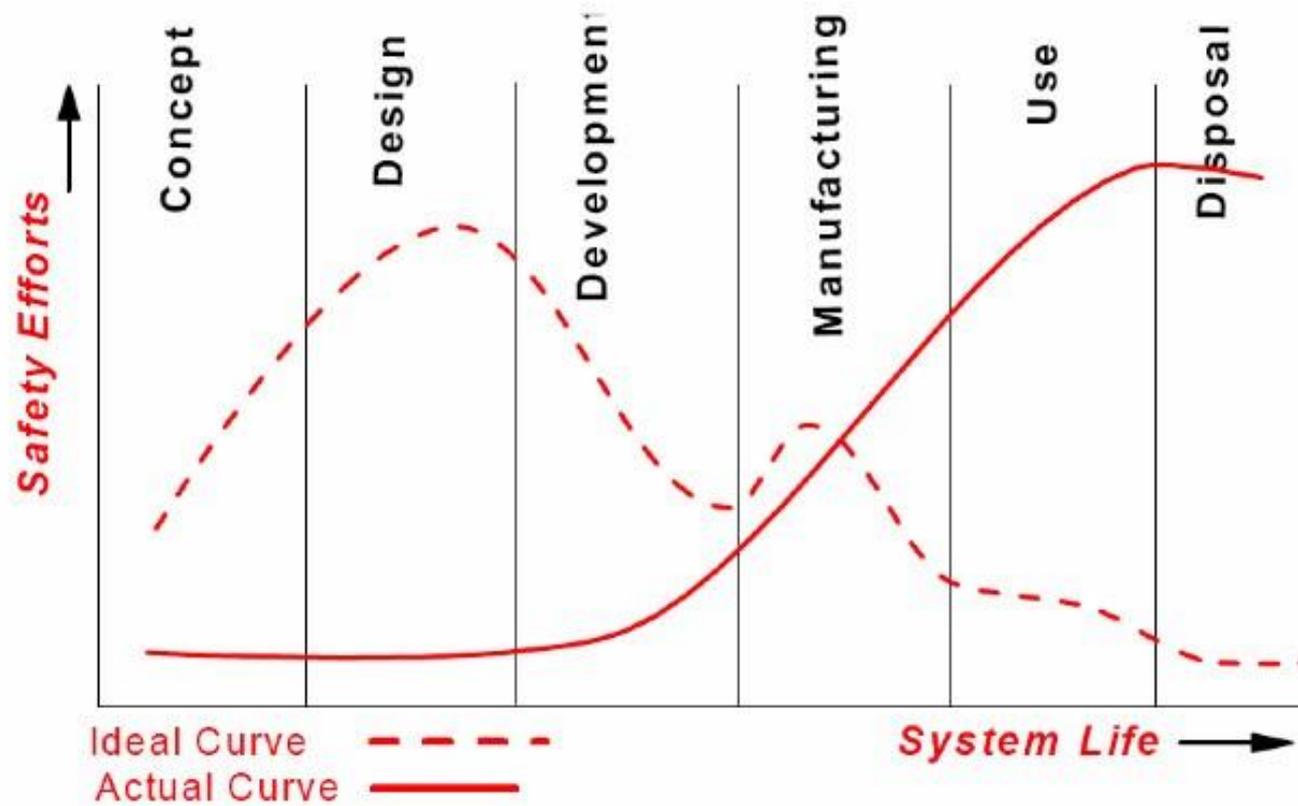
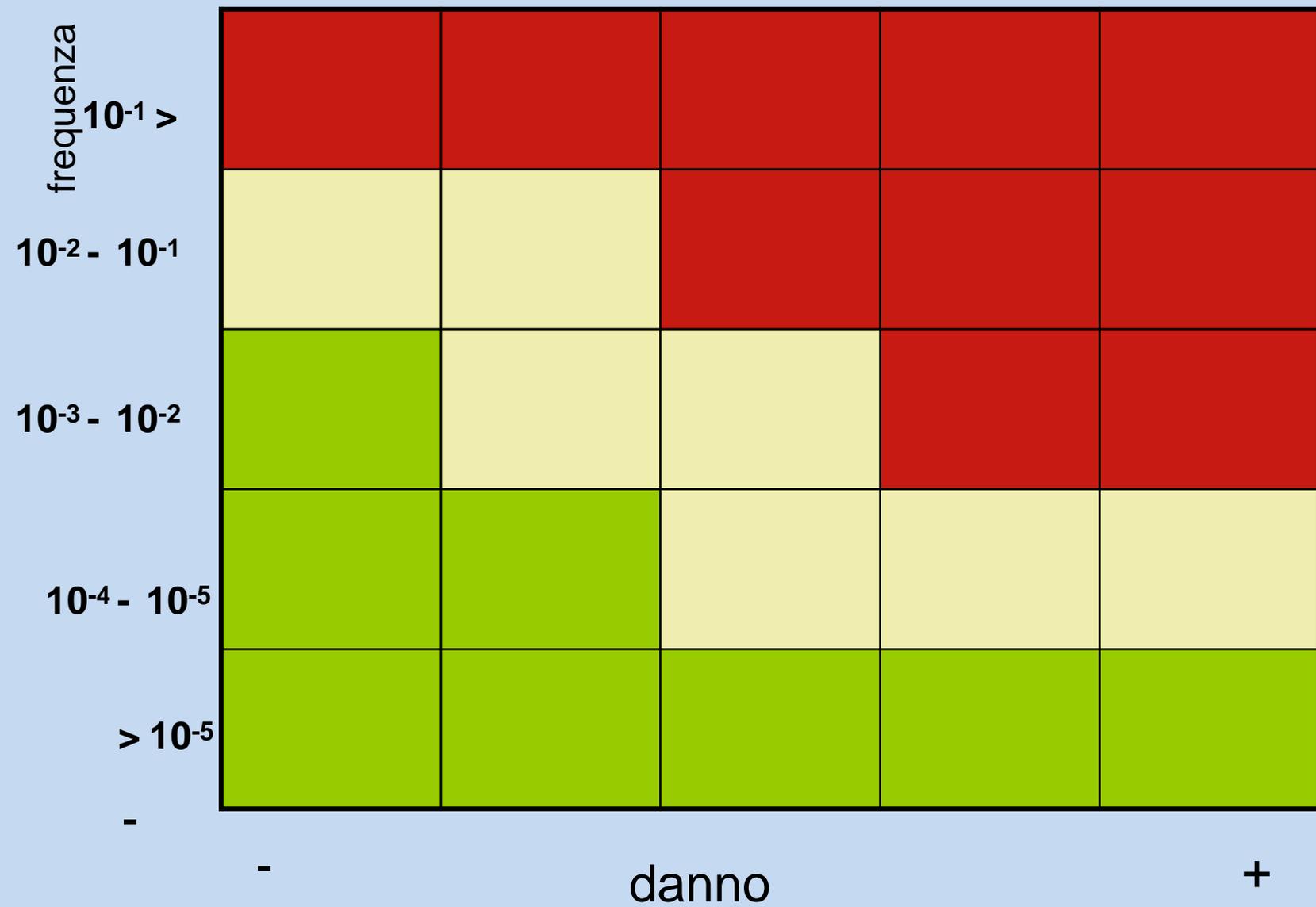


Figure 2. Safety Efforts during System Life Cycle



- Tutti questi strumenti servono a dare la consapevolezza di operare correttamente nel processo verso l'analisi degli eventi più gravi probabili

Il processo di selezione degli scenari

Per utilizzare questi strumenti è necessaria una conoscenza approfondita del progetto:

- per selezionare gli scenari si deve definire l'obiettivo del progetto.
- L'obiettivo del progetto è quello della sicurezza delle persone, ma deve essere esplicitato in termini puntuali. Ad esempio...

Scopo del progetto	Meta del progetto	Obiettivo del progetto	Prestazione da controllare
<p>Ampliamento dell'edificio.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Natura dei vincoli (beni culturali, urbanistici, tecnici ecc.); • Figure interessate al processo (gestore, costruttore, manutentore, assicurazioni ecc.) 	<p>Assicurare che in caso di incendio non si verifichino decessi nell'ambiente di inizio dell'incendio e lesioni alle persone che si trovano in altre parti dell'edificio</p>	<p>Limitare le lesioni (livello di esposizione ad agenti tossici, all'irraggiamento) delle persone che si trovano nell'ambiente di origine dell'incendio</p>	<p>Livello dei fumi, visibilità vie di esodo % CO, HCl, HCN ecc, livello di esposizione all'irraggiamento ecc.</p>

La selezione degli scenari

Scopo del progetto	Meta del progetto	Obiettivo	Prestazione
Ampliamento dell'edificio. •Natura dei vincoli (beni culturali, urbanistici, tecnici ecc.); •Figure interessate al processo (gestore, costruttore, manutentore, assicurazioni ecc.)	Assicurare che in caso di incendio non si verifichino decessi nell'ambiente di inizio dell'incendio e lesioni alle persone che si trovano in altre parti dell'edificio	Limitare le lesioni (livello di esposizione ad agenti tossici, all'irraggiamento) delle persone che si trovano nell'ambiente di origine dell'incendio	Livello dei fumi, % CO, Hcl, HCN ecc, livello di esposizione all'irraggiamento

Informazioni sui parametri da controllare in quanto più rilevanti ai fini degli obiettivi di sicurezza



Natura degli eventi più gravi per gli obiettivi posti ipotizzabili



Ipotesi degli eventi da valutare



Scenari

Strumenti di analisi
 Dati statistici
 Dati storici
 +
 Giudizio esperto

La selezione degli scenari

Come deve operare il professionista?

1. **analisi del contesto ed acquisizione del massimo delle informazioni**
2. **Analisi storica**
3. **Analisi delle statistiche**
4. **Utilizzo degli strumenti FMEA** (Failure modes and effects analysis), **albero dei guasti ecc.**
5. **Giudizio esperto**

OBIETTIVI DI SICUREZZA
LIVELLI DI PRESTAZIONE

OBIETTIVI DI SICUREZZA

OCCORRE INDIVIDUARE LE CONDIZIONI PIÙ RAPPRESENTATIVE
DEL RISCHIO AL QUALE L'ATTIVITÀ È ESPOSTA

...stabilire i **livelli di prestazione**
in relazione agli obiettivi di sicurezza da perseguire



- ✓ La capacità portante dell'opera deve essere garantita per un periodo di tempo determinato e compatibile con il carico d'incendio
- ✓ La produzione e la propagazione del fuoco e del fumo all'interno delle opere deve essere limitata
- ✓ La propagazione del fuoco alle opere vicine deve essere limitata
- ✓ Gli occupanti devono essere in grado di lasciare l'opera
- ✓ Deve essere presa in considerazione la sicurezza delle squadre di soccorso

LIVELLI DI PRESTAZIONE

- ✓ Le soglie di prestazione per la salvaguardia della vita determinano l'incapacitazione degli occupanti e dei soccorritori quando sottoposti agli effetti dell'incendio.
- ✓ Il professionista antincendio sceglie idonee soglie di prestazione per la specifica attività, in relazione a: scenari di incendio di progetto/caratteristiche degli occupanti coinvolti
- ✓ Il rispetto delle soglie di prestazione per la salvaguardia della vita deve essere verificato:
 - per gli occupanti: in tutte le zone dell'attività dove esiste contemporanea presenza di occupanti, stanziali o in movimento, e di effetti dell'incendio.
 - per i soccorritori:
 1. solo qualora essi abbiano un ruolo ben definito nella pianificazione d'emergenza dell'attività,
 2. in tutte le zone dell'attività dove esiste contemporanea presenza di soccorritori, stanziali o in movimento, e di effetti dell'incendio.

LIVELLI DI PRESTAZIONE

ESEMPIO LIVELLI DI PRESTAZIONE

per garantire che gli occupanti
siano in grado di lasciare l'opera



- ✓ **temperatura** massima a cui si può essere esposti pari a $xx\text{ }^{\circ}\text{C}$
- ✓ livello di **visibilità** pari a $xx\text{ m}$
- ✓ livelli di **irraggiamento termico** a cui le persone o gli elementi possono essere esposti pari a $xx\text{ kW/m}^2$ (stazionari)

MINISTERO LAVORI PUBBLICI

Campo di applicazione: “... in attuazione dell'articolo 14 del decreto legislativo 17 agosto 1999, n. 334, stabilisce requisiti minimi di sicurezza in materia di pianificazione urbanistica e territoriale per le zone interessate da stabilimenti soggetti agli obblighi di cui agli articoli 6, 7 e 8 del decreto legislativo 17 agosto 1999, n. 334...”

6.2. Determinazione delle aree di danno

6.2.1. Valori di soglia

Il danno a persone o strutture è correlabile all'effetto fisico di un evento incidentale mediante modelli di vulnerabilità più o meno complessi. Ai fini del controllo dell'urbanizzazione, è da ritenere sufficientemente accurata una trattazione semplificata, basata sul superamento di un valore di soglia, al di sotto del quale si ritiene convenzionalmente che il danno non accada, al di sopra del quale viceversa si ritiene che il danno possa accadere. In particolare, per le valutazioni in oggetto, la possibilità di danni a persone o a strutture è definita sulla base del superamento dei valori di soglia espressi nella seguente Tabella 2.

Tabella 2 – Valori di soglia

Scenario incidentale	Elevata letalità	Inizio letalità	Lesioni irreversibili	Lesioni reversibili	Danni alle strutture / Effetti domino
	1	2	3	4	5
Incendio (radiazione termica stazionaria)	12,5 kW/m ²	7 kW/m ²	5 kW/m ²	3 kW/m ²	12,5 kW/m ²
BLEVE/Fireball (radiazione termica variabile)	Raggio fireball	350 kJ/m ²	200 kJ/m ²	125 kJ/m ²	200-800 m (*)
Flash-fire (radiazione termica istantanea)	LFL	½ LFL			
VCE (sovrapressione di picco)	0,3 bar (0,6 spazi aperti)	0,14 bar	0,07 bar	0,03 bar	0,3 bar
Rilascio tossico (dose assorbita)	LC50 (30min,hmm)		IDLH		

METODO DI VALUTAZIONE – D.M. 3 AGOSTO 2015

Modello	Prestazione	Soglia di prestazione	Riferimento
Oscuramento della visibilità da fumo	Visibilità minima di pannelli riflettenti, non retroilluminati, valutata ad altezza 1,80 m dal piano di calpestio	Occupanti: 10 m Occupanti in locali di superficie lorda < 100m ² : 5 m	ISO 13571-2012.
		Soccorritori: 5 m Soccorritori in locali di superficie lorda < 100m ² : 2,5 m	[1]
Gas tossici	FED, <i>fractional effective dose</i> e FEC, <i>fractional effective concentration</i> per esposizione a gas tossici e gas irritanti, valutata ad altezza 1,80 m dal piano di calpestio	Occupanti: 0,1	ISO 13571-2012, limitando a 1,1% gli occupanti incapacitati al raggiungimento della soglia
		Soccorritori: nessuna valutazione	--
Calore	Temperatura massima di esposizione	Occupanti: 60°C	ISO 13571-2012
		Soccorritori: 80°C	[1]
Calore	Irraggiamento termico massimo da tutte le sorgenti (incendio, effluenti dell'incendio, struttura) di esposizione degli occupanti	Occupanti: 2,5 kW/m ²	ISO 13571-2012, per esposizioni maggiori di 30 minuti, senza modifica significativa dei tempi di esodo (2,5 kW/m ²).
		Soccorritori: 3 kW/m ²	[1]
<p>[1] Ai fini di questa tabella, per <i>soccorritori</i> si intendono i componenti delle squadre aziendali opportunamente protetti ed addestrati alla lotta antincendio, all'uso dei dispositivi di protezione delle vie aeree, ad operare in condizioni di scarsa visibilità. Ulteriori indicazioni possono essere desunte ad esempio da documenti dell'Australian Fire Authorities Council (AFAC) per <i>hazardous conditions</i>.</p>			

Tabella M.3-2: Esempio di soglie di prestazione impiegabili con il metodo di calcolo avanzato

METODO DI VALUTAZIONE – D.M. 3 AGOSTO 2015

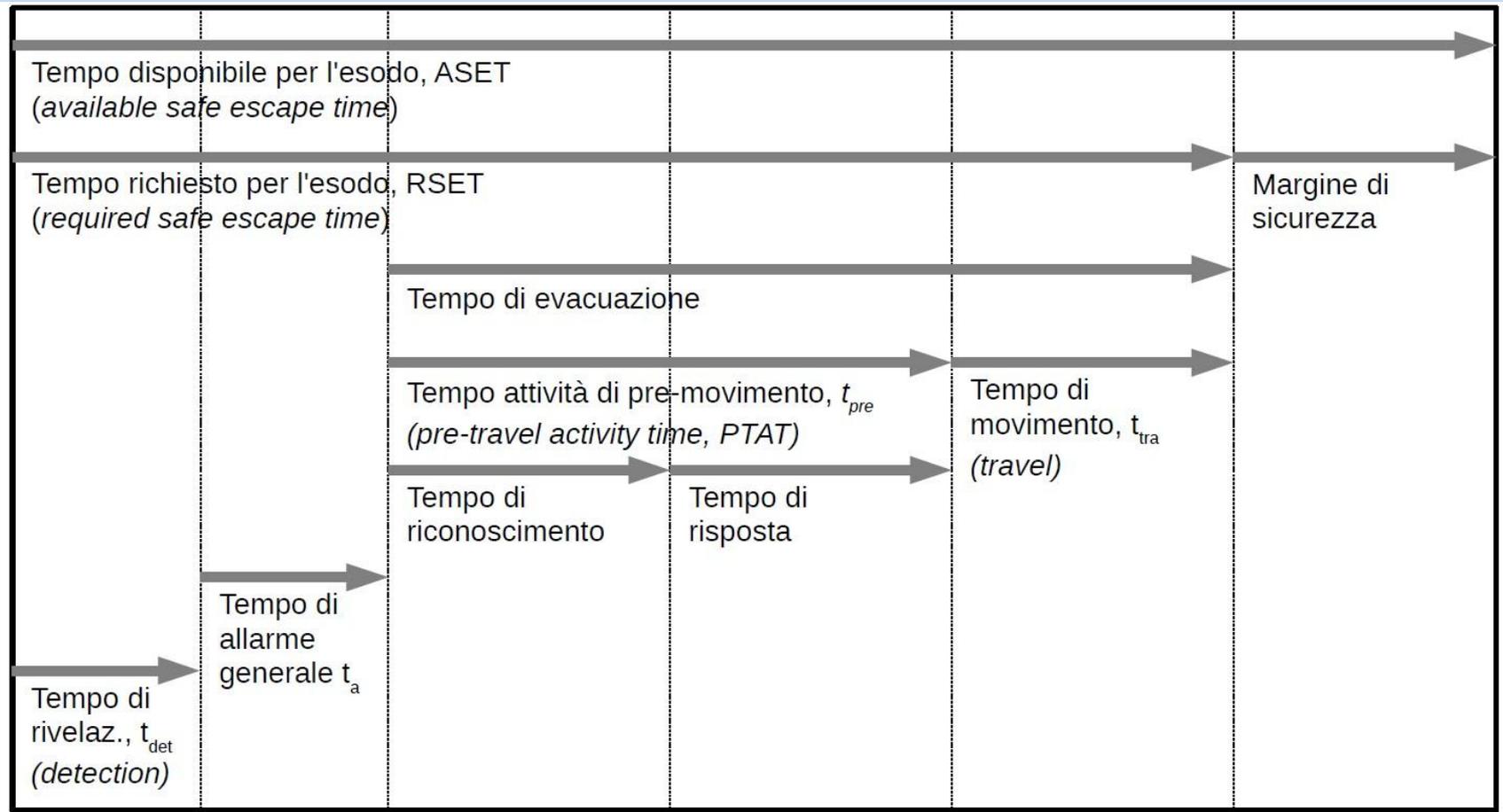
Prestazione	Soglia di prestazione	Riferimento
Altezza minima dei fumi stratificati dal piano di calpestio al di sotto del quale permanga lo strato d'aria indisturbata	Occupanti: 2 m	Ridotto da ISO TR 16738-2009, section 11.2
	Soccorritori: 1,5 m	[1]
Temperatura media dello strato di fumi caldi	Occupanti: 200°C	ISO TR 16738-2009, section 11.2
	Soccorritori: 250°C	[1]

[1] Ai fini di questa tabella, per *soccorritori* si intendono i componenti delle squadre aziendali opportunamente protetti ed addestrati alla lotta antincendio, all'uso dei dispositivi di protezione delle vie aeree, ad operare in condizioni di scarsa visibilità. Ulteriori indicazioni possono essere desunte ad esempio da documenti dell'Australian Fire Authorities Council (AFAC) per *hazardous conditions*.

Tabella M.3-3: Esempio di soglie di prestazione impiegabili con il metodo di calcolo semplificato

**SALVAGUARDIA DELLA VITA
CON LA PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE**

TEMPI DI ESODO – ASET e RSET



Il rapporto tra ASET ed RSET non può essere inferiore a **1,1**

CALCOLO ASET

ASET- tempo a disposizione degli occupanti per mettersi in salvo, dipende da interazioni tra:

- **Incendio:** si innesca, si propaga e diffonde nell'edificio i suoi prodotti, fumi e calore.
- **Edificio:** resiste all'incendio per mezzo delle misure protettive attive e passive (impianti antincendio, compartimentazioni, sistemi di controllo di fumo e calore)
- **Occupanti:** esposti agli effetti dell'incendio in relazione a:
 - attività che svolgono
 - loro posizione iniziale, loro percorso nell'edificio
 - condizione fisica e psicologica

Metodi di calcolo di ASET ammessi dalle norme:

- a. metodo di calcolo **avanzato**
- b. metodo di calcolo **semplificato**

CALCOLO ASET – metodo AVANZATO

norma ISO 13571:2012 → ASET globale è il più piccolo tra ASET calcolati secondo 4 modelli:

a. modello dei gas tossici

b. modello dei gas irritanti

c. modello del calore

d. modello dell'oscuramento della visibilità da fumo

Modello dei gas tossici

Exposure dose: (dose inalata) *misura* della dose di un gas tossico disponibile per inalazione, cioè presente nell'aria inspirata, calcolata per integrazione della curva concentrazione-tempo della sostanza per il tempo di esposizione.

FED (Fractional Effective Dose): *rapporto tra questa exposure dose e la dose del gas tossico che determina effetti incapacitanti sul soggetto medio esposto.*

Quando FED=1 il soggetto medio è sicuramente incapacitato.

Esempio: dose incapacitante di CO, pari a 35000 ppm · min:

soggetto medio esposto a 3500 ppm per 10 min o 35000 ppm per 1 min → incapacitato.

In entrambi i casi la sua FED=1 ; ASET è pari a 10 min o 1 min nel secondo caso

Modello dei gas irritanti

FEC (Fractional Effective Concentration): concentrazione di un gas irritante disponibile per inalazione / concentrazione dello stesso gas che determina effetti incapacitanti sul soggetto medio esposto

Se negli scenari di incendio di progetto non vi sono materiali combustibili possibili sorgenti di gas irritanti (es. sostanze o miscele pericolose, cavi elettrici in quantità significative...) la verifica del modello dei gas irritanti può essere omessa.

Modello calore

Modello del calore irraggiato + convettivo: approccio basato sulla FED (simile a gas tossici)

$$X_{\text{FED}} = \sum_{t1}^{t2} \left(\frac{1}{t_{\text{Irad}}} + \frac{1}{t_{\text{Iconv}}} \right) \Delta t$$

t_{Irad} e t_{Iconv} : tempi di incapacitazione per calore radiante e calore convettivo

Calcolati in funzione della condizione di abbigliamento dei soggetti, relazioni reperibili nella norma ISO 13571:2012.

CALCOLO ASET – metodo AVANZATO

Modello calore - irraggiamento

Norma ISO 13571:2012:

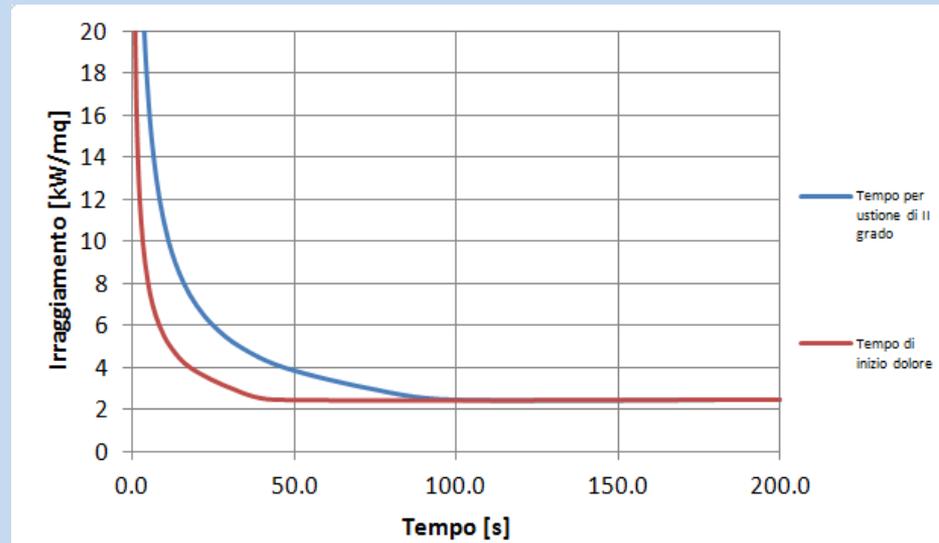
Con Irraggiamento minore di 2,5 kW/m² si può resistere più di 30 min. Sopra a tale valore:

- tempo t_{Irad} [min] per ustioni di secondo grado dovute a calore radiante q [kW/m²]:

$$t_{\text{Irad}} = 6,9 q^{-1,56}$$

- tempo t_{Irad} [min] per sperimentare dolore dovuto a calore radiante q [kW/m²]:

$$t_{\text{Irad}} = 4,2 q^{-1,9}$$



CALCOLOASET– metodo AVANZATO

Modello calore - convezione

Norma ISO 13571:2012:

Ipotesi: esposizione a flusso di calore per convezione con aria contenente meno del 10% in volume di vapore acqueo

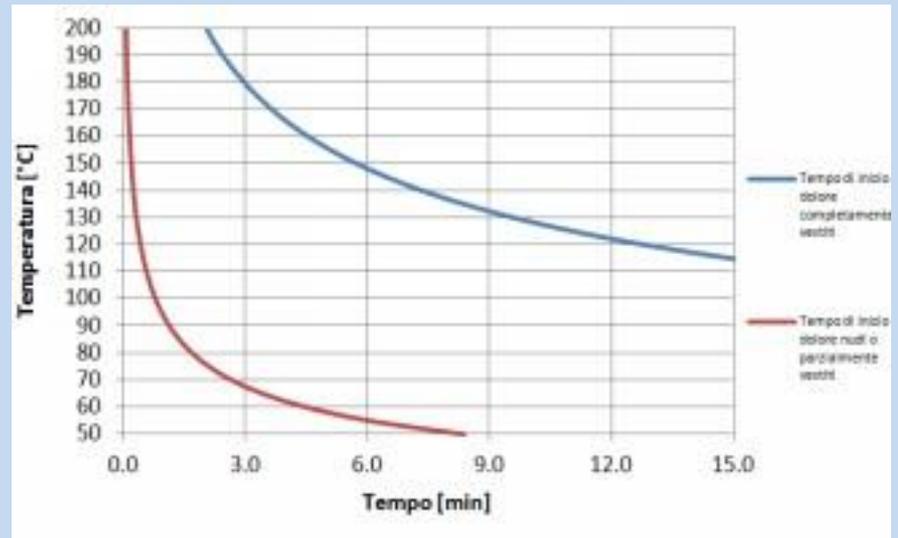
- tempo t_{lconv} [min] per sperimentare dolore per flussi convettivi alla temperatura T [°C]:

- soggetti completamente vestiti:

$$t_{lconv} = (4,1 \times 10^8) T^{-3,61}$$

- soggetti nudi o con vestiti leggeri:

$$t_{lconv} = (5 \times 10^7) T^{-3,4}$$



CALCOLO ASET – metodo AVANZATO

Modello dell'oscuramento della visibilità da fumo

Basato sul concetto del minimo contrasto percettibile (minima differenza di luminosità visibile tra un oggetto e lo sfondo)

Correlazione sperimentale tra visibilità L e massa volumica dei fumi ρ_{smoke}

$$C = \sigma \rho_{\text{smoke}} L$$

dove:

L = visibilità [m]

C = costante adimensionale pari a 3 per cartellonistica di esodo riflettente non illuminata o 8 per cartellonistica retroilluminata

σ = coefficiente massico di estinzione della luce pari a $10 \text{ m}^2/\text{g}$ [m^2/g]

ρ_{smoke} = massa volumica dei fumi (*smoke aerosol mass concentration*) [g/m^3]

I codici di calcolo fluidodinamico (es. FDS) calcolano come dato di output la ρ_{smoke} e calcolano la visibilità L per ogni punto degli ambienti simulati (inserendo opportunamente C)

CALCOLO ASET – metodo AVANZATO

Soglia di prestazione per FED e FEC

I valori di FED e FEC pari ad **1** sono associati ad effetti incapacitanti dell'esodo calibrati su occupanti di media sensibilità agli effetti dei prodotti dell'incendio.

Per tenere conto delle categorie più deboli o più sensibili della popolazione, che risulterebbero incapacitate ben prima del raggiungimento di FED o FEC uguale a 1, si considera ragionevole impiegare il valore **0,3** come *soglia di prestazione* per FED e FEC, lasciando però al professionista antincendio l'onere di selezionare e giustificare il valore più adatto alla tipologia di popolazione coinvolta.

CALCOLO ASET – metodo SEMPLIFICATO

ISO/TR 16738:2009 prevede la possibilità di utilizzare l'ipotesi semplificativa della esposizione zero (*zero exposure*), applicabile solo se la potenza del focolare rapportata alla geometria dell'ambiente è sufficiente a garantire la **formazione dello strato di fumi caldi superiore**

Non si approccia con metodo *AVANZATO*, ma si usano *soglie di prestazione molto conservative*:

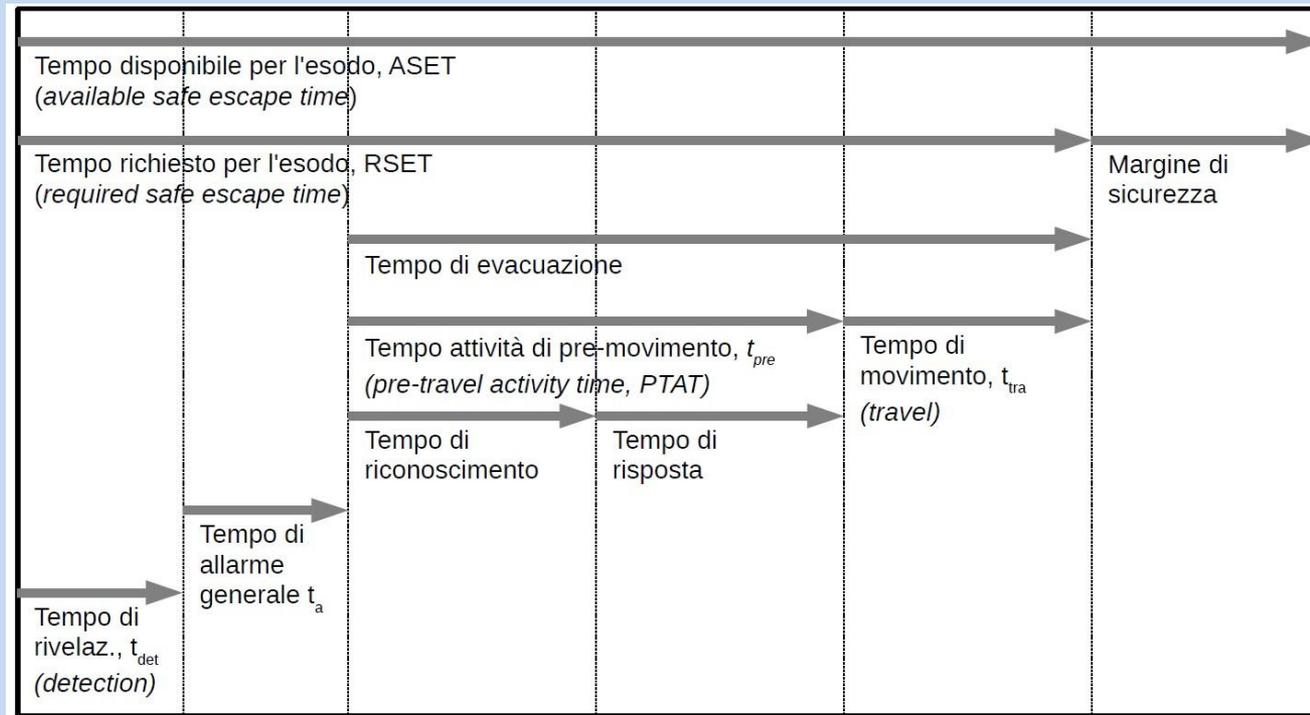
- altezza minima dei fumi stratificati dal piano di calpestio pari a 2,5 m, al di sotto del quale permanga lo strato d'aria indisturbata (spesso ridotto in letteratura a 2 m)
- temperatura media dello strato di fumi caldi non superiore a 200°C

Questi criteri permettono agli occupanti la fuga in aria indisturbata, non inquinata dai prodotti della combustione ed un valore dell'irraggiamento dai fumi cui sono esposti inferiore a 2,5 kW/m²:

- automaticamente soddisfatti tutti i modelli del metodo *AVANZATO*
- analisi notevolmente semplificata: non occorre eseguire calcoli di esposizione degli occupanti a tossici, irritanti, calore e oscuramento della visibilità.

Sufficiente valutare analiticamente o con modelli numerici a zone o di campo l'altezza dello strato dei fumi *pre-flashover* nell'edificio.

CALCOLO RSET



RSET: tempo tra l'innescio dell'incendio ed il momento in cui gli occupanti dell'edificio raggiungono un luogo sicuro.

Riferimento: ISO/TR 16738:2009.

t_{det} : tempo di rivelazione (detection)

t_a : tempo di allarme generale

t_{pre} : tempo attività di pre-movimento (pre-travel activity time, PTAT)

t_{tra} : tempo di movimento (travel)

$$RSET = \Delta t_{det} + \Delta t_a + \Delta t_{pre} + \Delta t_{tra}$$

CALCOLO RSET

Dipende dalle interazioni del sistema incendio-edificio-occupanti: la fuga degli occupanti è fortemente condizionata dalle geometrie dell'edificio ed è rallentata dagli effetti dell'incendio.

Al fine del calcolo di RSET il professionista antincendio deve sviluppare lo *scenario comportamentale di progetto più appropriato per il caso specifico, perché* l'attività di pre-movimento e le velocità dell'esodo dipendono dalla tipologia di popolazione considerata e dalle modalità d'impiego dell'edificio.

I parametri variano notevolmente se gli occupanti sono svegli ed hanno familiarità con l'edificio, come in un edificio scolastico, o dormono e non conoscono la struttura, come in una struttura alberghiera.

Come per ASET, ciascun occupante possiede un proprio valore anche di RSET.

CALCOLO RSET: tempo di rivelazione – tempo di allarme generale

Tempo di rivelazione t_{det} : determinato dalla tipologia di sistema di rivelazione e dallo scenario di incendio

È il tempo necessario al sistema di rivelazione automatico per accorgersi dell'incendio.

Calcolato analiticamente o con apposita modellizzazione numerica degli scenari d'incendio e del sistema di rivelazione.

Tempo di allarme generale t_a : tempo che intercorre tra la rivelazione dell'incendio e la diffusione dell'informazione agli occupanti (allarme generale)

- pari a zero, quando la rivelazione attiva direttamente l'allarme generale dell'edificio;
- pari al ritardo valutato dal professionista, se la rivelazione allerta una centrale di gestione dell'emergenza che verifica l'evento ed attiva poi l'allarme manuale.

Riferimento per la determinazione di questo tempo: *BS 7974-6:2004 “Human factors: Life safety strategies - Occupant evacuation, behaviour and conditions”, tre diversi livelli di allarme*

CALCOLO RSET: tempo di allarme generale

BS 7974-6:2004 “Human factors: Life safety strategies - Occupant evacuation, behaviour and conditions”, tre diversi livelli di allarme:

Livello A1: È presente un sistema automatico di rilevazione incendi. Il tempo in questo caso tra la rilevazione dell'incendio e la diffusione dell'allarme a tutti gli occupanti può essere considerato nullo.

Livello A2: È sempre presente un sistema automatico di rilevazione, ma in questo caso alla rilevazione non segue l'immediata diffusione dell'allarme: il segnale di rilevazione è trasmesso in una sala controllo (sistema di pre-allarme). Tale tempo dovrebbe comunque oscillare tra i 2 e i 5 minuti.

Livello A3: Non è presente un sistema di rilevazione, ma è presente un sistema di allarme ad attivazione manuale in prossimità del locale con l'incendio. La valutazione in questo caso è meno precisa e condizionata molto dallo scenario di incendio in particolare focalizzando l'attenzione sulle caratteristiche delle persone presenti: (età, formazione antincendio posseduta, responsabilità che si ha nell'ambiente...ecc).

CALCOLO RSET: tempo di pre-movimento

Tempo di attività pre-movimento t_{pre} : oggetto di valutazione complessa, è il tempo necessario agli occupanti per svolgere una serie di attività che precedono il movimento vero e proprio verso il luogo sicuro. La letteratura indica che questa fase occupa spesso la maggior parte del tempo totale di esodo.

t_{pre} = tempo di *riconoscimento (recognition)* + tempo di *risposta (response)*.

Durante il *tempo di riconoscimento* gli occupanti continuano le attività che stavano svolgendo prima dell'allarme generale, finchè riconoscono l'esigenza di rispondere all'allarme.

Nel *tempo di risposta* gli occupanti cessano le loro attività normali e si dedicano ad attività speciali legate allo sviluppo dell'emergenza:

- raccolta di informazioni sull'evento,
- arresto e messa in sicurezza delle apparecchiature,
- raggruppamento del proprio gruppo (lavorativo o familiare),
- lotta all'incendio,
- ricerca e determinazione della via d'esodo appropriata (*wayfinding*)
- *altre attività a volte anche errate ed inappropriate*

CALCOLO RSET: tempo di pre-movimento - D.M. 3 AGOSTO 2015

Parametri di descrizione dell'attività tratto da ISO TR 16738	Tempi di attività di pre-movimento ISO TR 16738	
	$\Delta t_{pre (1st)}$ primi occupanti in fuga	$\Delta t_{pre (last)}$ ultimi occupanti in fuga
Esempio 1: albergo di media complessità <ul style="list-style-type: none"> • occupanti: <i>Ciii, sleeping and unfamiliar</i>; • sistema di allarme: rivelazione automatica ed allarme generale mediato dall'intervento di verifica dei dipendenti; • complessità geometrica edificio: <i>edificio multipiano e layout semplice</i>; • gestione della sicurezza: <i>ordinaria</i>. 	20'	40'
Esempio 2: grande attività produttiva <ul style="list-style-type: none"> • occupanti: <i>A, awake and familiar</i>; • sistema di allarme: rivelazione automatica ed allarme generale mediato dall'intervento di verifica dei dipendenti; • complessità geometrica edificio: <i>edificio multipiano e layout complesso</i>; • gestione della sicurezza: <i>ordinaria</i>. 	1' 30"	3' 30"
Esempio 3: residenza sanitaria assistenziale <ul style="list-style-type: none"> • occupanti: <i>D, sleeping and unfamiliar</i>; • sistema di allarme: rivelazione automatica ed allarme generale mediato dall'intervento di verifica dei dipendenti; • complessità geometrica edificio: <i>edificio multipiano e layout semplice</i>; • gestione della sicurezza: <i>ordinaria</i>; • presenza di addetti in quantità sufficiente a gestire l'evacuazione dei diversamente abili. 	5'	10'

Tabella M.3-1: Esempi di valutazione del tempo di pre-movimento, tratto da ISO TR 16738

Il professionista antincendio può impiegare valori diversi da quelli indicati in letteratura, purché adeguatamente giustificati, anche in riferimento a prove di evacuazione riportate nel registro dei controlli.

CALCOLO RSET: tempo di movimento

Tempo di movimento t_{tra} : tempo impiegato dagli occupanti per raggiungere un luogo sicuro dal termine delle attività di pre-movimento

Calcolato in riferimento ad alcune variabili:

- a. la distanza degli occupanti o gruppi di essi dalle vie d'esodo;
- b. le velocità d'esodo (dipendono dalla tipologia degli occupanti e dalle loro interazioni con l'ambiente costruito e gli effetti dell'incendio. È dimostrato che la presenza di fumi e calore rallenta notevolmente la velocità d'esodo);
- c. la portata delle vie d'esodo, dovuta a geometria, dimensioni, dislivelli ed ostacoli.

Nella realtà, quando gli occupanti di edifici densamente affollati fuggono lungo le vie d'esodo, si formano lunghe file nei restringimenti, inoltre secondo lo sviluppo degli scenari di incendio di progetto presi in esame, alcuni percorsi possono diventare impercorribili o bloccati.

Il calcolo del t_{tra} deve tenere conto di questi fenomeni.

CALCOLO RSET: tempo di movimento

Attualmente si impiegano comunemente due famiglie di modelli per il calcolo del tempo di movimento: *modelli idraulici e modelli agent based*.

I **modelli idraulici** predicono con ragionevole precisione alcuni aspetti del movimento degli occupanti, ma non includono fattori importanti del comportamento umano, come la familiarità con l'edificio, le interazioni persona-persona e l'effetto del fumo sul movimento.

Altri tipi di modelli (es. *cellular, agent-based*) sono oggetto di intensa ricerca scientifica e di sperimentazione; attualmente esistono ancora solo validazioni parziali dei risultati. Pertanto i risultati devono essere valutati con cautela.

SCENARI DI INCENDIO PER LA PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE

Durata degli scenari d'incendio di progetto

1. Deve essere descritta tutta la sequenza di evoluzione dell'incendio, a partire dall'evento iniziatore per un intervallo di tempo che dipende dagli obiettivi di sicurezza da raggiungere come riportato in tabella M.2-1.

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

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

M.2.6

Stima della curva RHR

1. La definizione quantitativa delle varie fasi dell'incendio qui riportata si riferisce alla curva qualitativa dell'illustrazione M.2-1.
2. La presente metodologia può essere utilizzata per:
 - a. costruire le curve naturali con un modello di incendio numerico avanzato di cui al capitolo S.2, per la valutazione della capacità portante in condizioni d'incendio delle opere da costruzione;
 - b. valutare la portata di fumo emessa durante l'incendio per la progettazione dei sistemi SEFC.

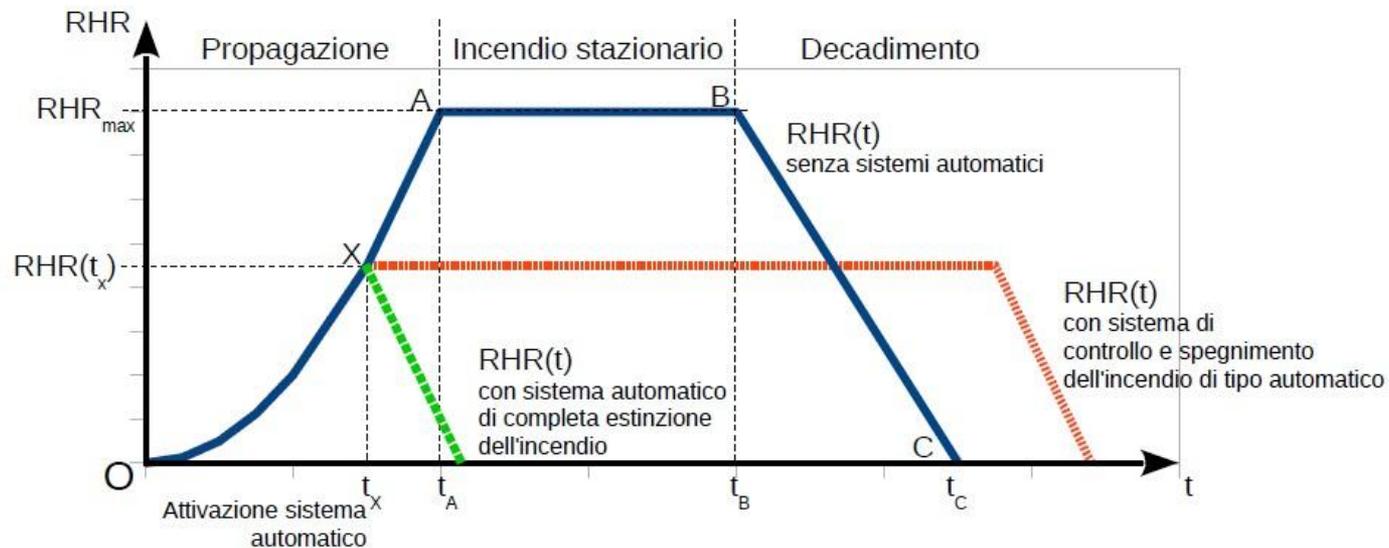


Illustrazione M.2-1: Fasi dell'incendio

Focolare predefinito

1. Qualora si intenda omettere le valutazioni in merito alla descrizione quantitativa del focolare di cui al paragrafo M.2.4, possono essere impiegati i *focolari predefiniti* descritti quantitativamente secondo il metodo indicato nel paragrafo M.2.6, impiegando i valori dei parametri di cui alla tabella M.2-2.
2. È escluso l'impiego dei focolari predefiniti nei casi in cui si valuti che i focolari attesi risultino più gravosi di quelli previsti in tabella M.2-2.

Parametro	Focolare predefinito	
	per attività civile	per altre attività
Velocità caratt. di crescita dell'incendio t_d	150 s (fast)	75 s (ultra-fast)
RHR _{max} totale RHR _{max} per m ² di superficie del focolare	5 MW 250-500 kW/m ² [1]	50 MW 500 -1000 kW/m ² [1]
Resa in particolato Y_{soot}	Pre flashover: 0,07 kg/kg [2,3] Post flashover: 0,14 kg/kg [2,3]	Pre flashover: 0,18 kg/kg [4] Post flashover: 0,36 kg/kg [4]
Resa in monossido di carbonio Y_{CO}	Pre flashover: 0,10 kg/kg [5] Post flashover: 0,40 kg/kg [5]	
Calore di combustione effettivo ΔH_c	20 MJ/kg [3]	
Resa in biossido di carbonio Y_{CO2}	1,5 kg/kg [3,6]	
Resa in acqua Y_{H2O}	0,82 kg/kg [3,6]	
Frazione di RHR(t) in irraggiamento (Radiative fraction)	35% [3]	

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

[2] Robbins A.P, Wade C.A, Study Report No.185 "Soot Yield Values for Modelling Purposes – Residential Occupancies", BRANZ, 2008

[3] "C/VM2 verification method: Framework for fire safety design", New Zealand Building Code

[4] "SFPE handbook of fire protection engineering", NFPA, 4^a ed., 2008. Tabella 3-4.16, pag. 3-142, da polyurethane flexible foams.

[5] Stec A.A, Hull T.R, "Fire Toxicity", Woodhead Pub., 2010. § 2.4 con $\Phi = 1,25$ (underventilated fire)

[6] In alternativa alle rese Y_{CO2} e Y_{H2O} , si può imporre nel codice di calcolo il combustibile generico $CH_2O_{1,5}$.

Tabella M.2-2: Focolari predefiniti

Carico di incendio e curva RHR

**Carico di incendio
(Energia - kcal o MJ)**

Fornisce solo l'indicazione dell'energia presente nei materiali combustibili posti all'interno dell'attività. Non fornisce indicazioni relative a "come" e "dove" questa energia viene rilasciata

**ENERGIA
POTENZIALE RILASCIABILE**

**Curve RHR
(Rilascio potenza termica - kW)**

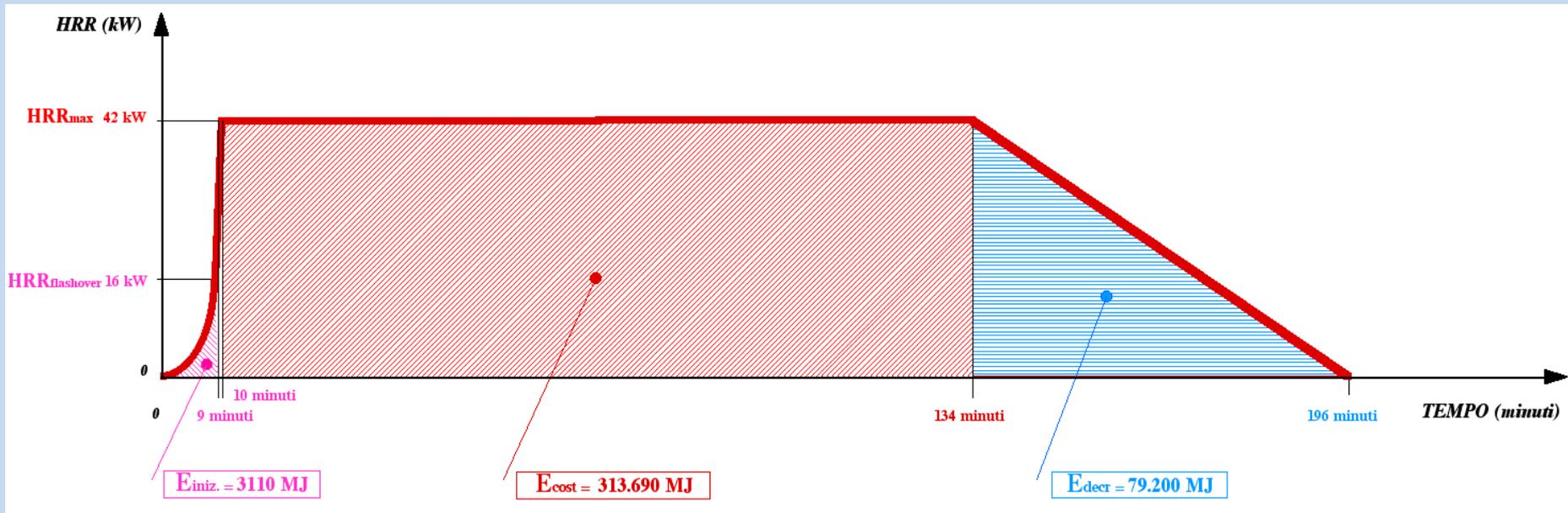
Fornisce informazioni relative al rilascio dell'energia nel tempo ("come" e "dove")
È quindi possibile valutare l'andamento di alcuni parametri di riferimento per stabilire con maggior precisione obiettivi di sicurezza e metodi per raggiungerli

TASSO DI CALORE RILASCIATO

Il tasso calore rilasciato (curva RHR)

Il valore del tasso di calore rilasciato nella fase stazionaria dell'incendio.

A parità di carico di incendio, le modalità con cui avviene la combustione dipende dalla configurazione del locale e dalla natura del combustibile e può svilupparsi secondo due diverse processi.



Il tasso calore rilasciato (curva RHR)

Nel primo caso nel locale c'è sufficiente disponibilità di ossigeno per sostenere la combustione ed il massimo valore della curva RHR dipende dalla quantità di combustibile presente (incendio controllato dal combustibile).

Il tasso calore rilasciato (curva RHR)

Nel secondo caso la ventilazione del locale è insufficiente ed il massimo valore della curva RHR dipende dalla quantità di ossigeno disponibile (incendio controllato dalla ventilazione).

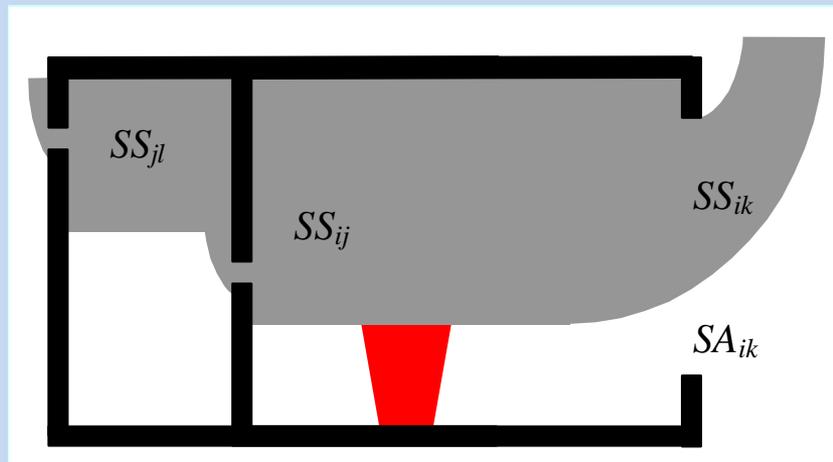
Modelli di zona

I fenomeni relativi ad un incendio possono venire considerati relativi a tre zone omogenee in relazione alle grandezze termodinamiche

Strato caldo superiore

Strato caldo inferiore

la plume dove avviene la combustione



Software “Zone model”

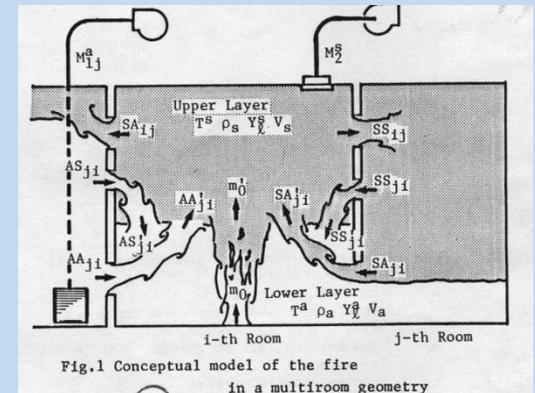
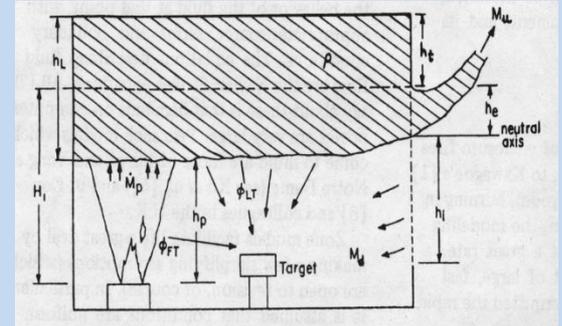
USA

Harvard Computer Fire Code, FIRST
CFAST, CCFM, FAST
ACOS(network), ASET, FPETOOL

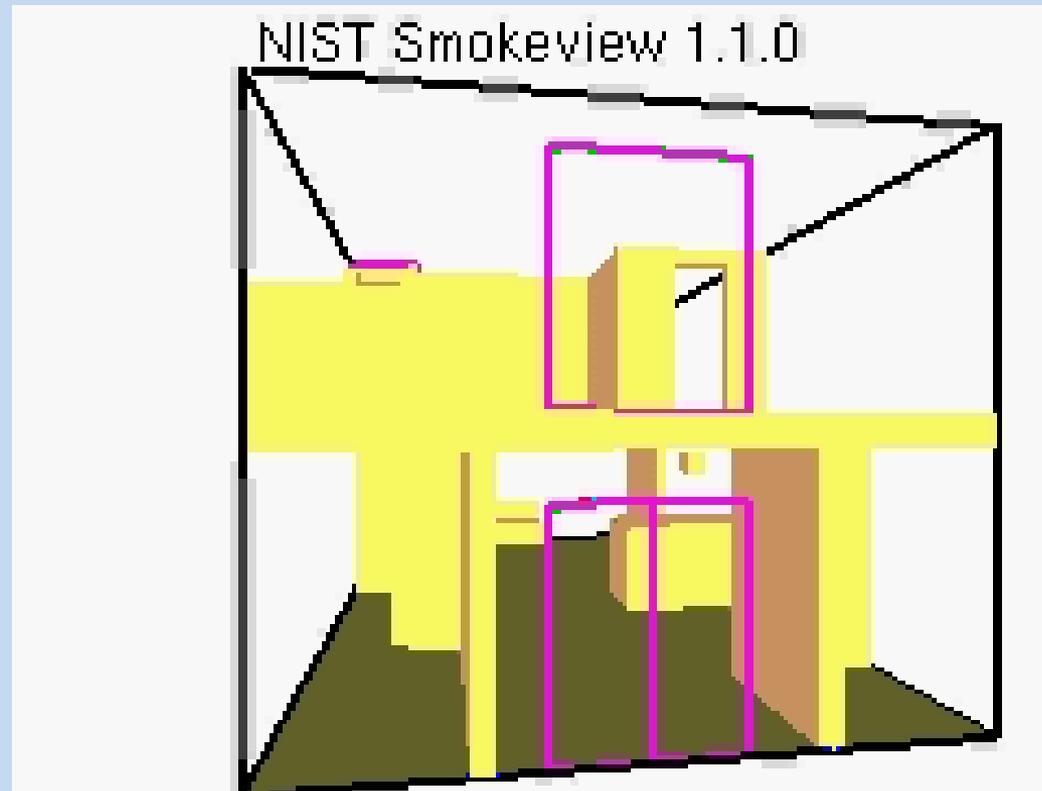
JAPAN

BRI2(T), SMKFLOW(net work model)
various kind of Code developed by Construction
Company (based on BRI2)

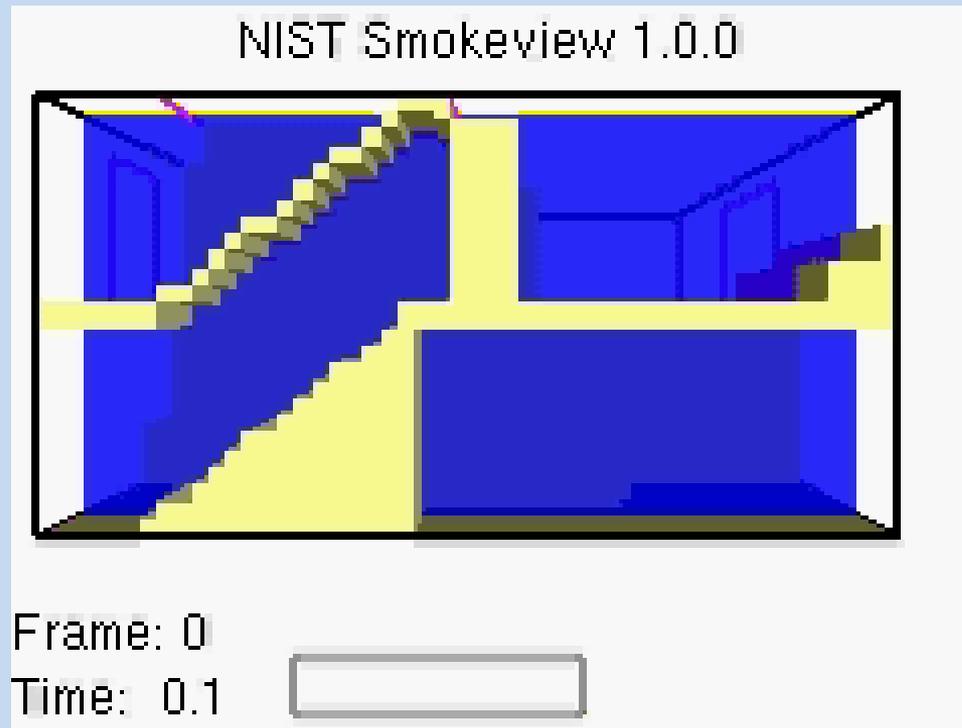
AUSTRALIA
FIRECALC



Modelli di campo



Modelli di campo



Gli “obiettivi di sicurezza” - Sicurezza occupanti (esodo)

1) La capacità portante dell'edificio deve essere garantita per un periodo di tempo determinato

2) La produzione e la propagazione del fuoco e del fumo all'interno dell'opera siano limitate

3) La propagazione del fuoco ad opere vicine sia limitata

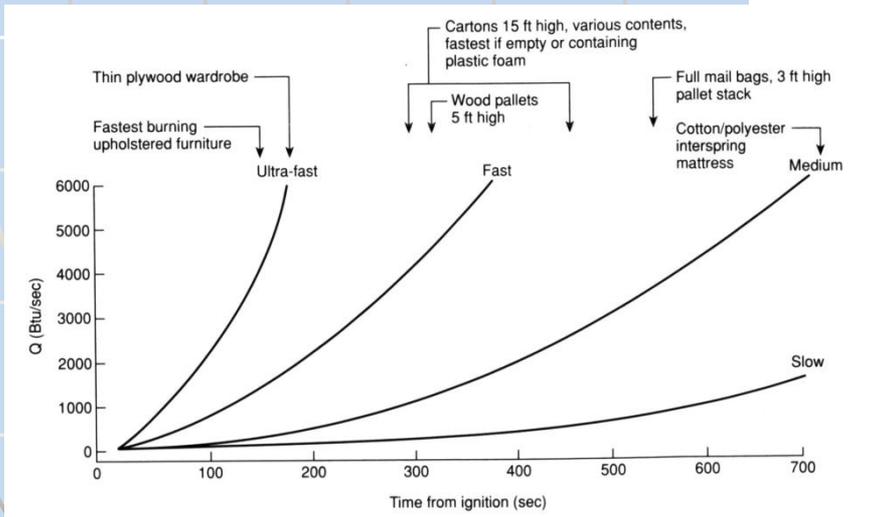
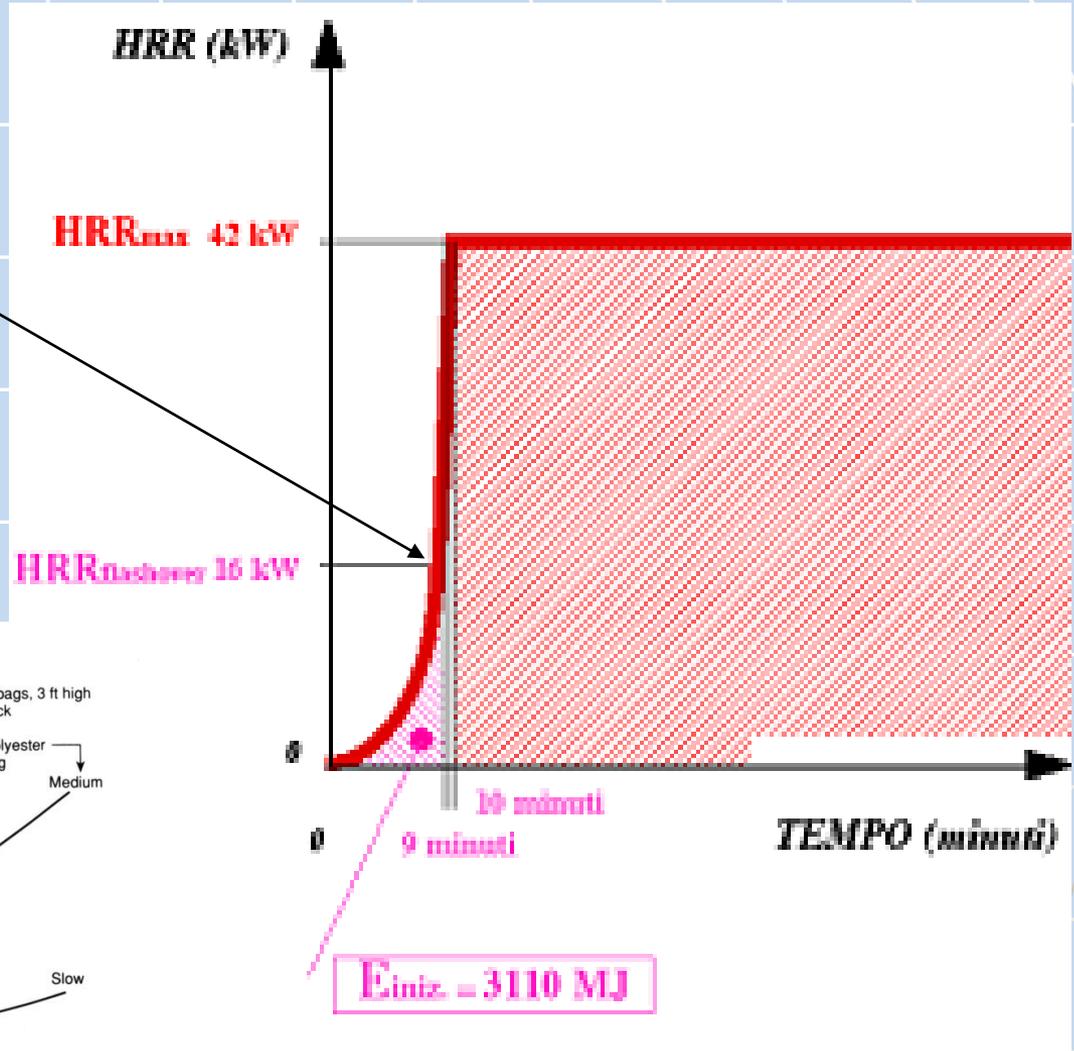
4) **Gli occupanti possano lasciare l'opera in sicurezza** o essere soccorsi altrimenti

5) Sia presa in considerazione la sicurezza delle squadre di soccorso

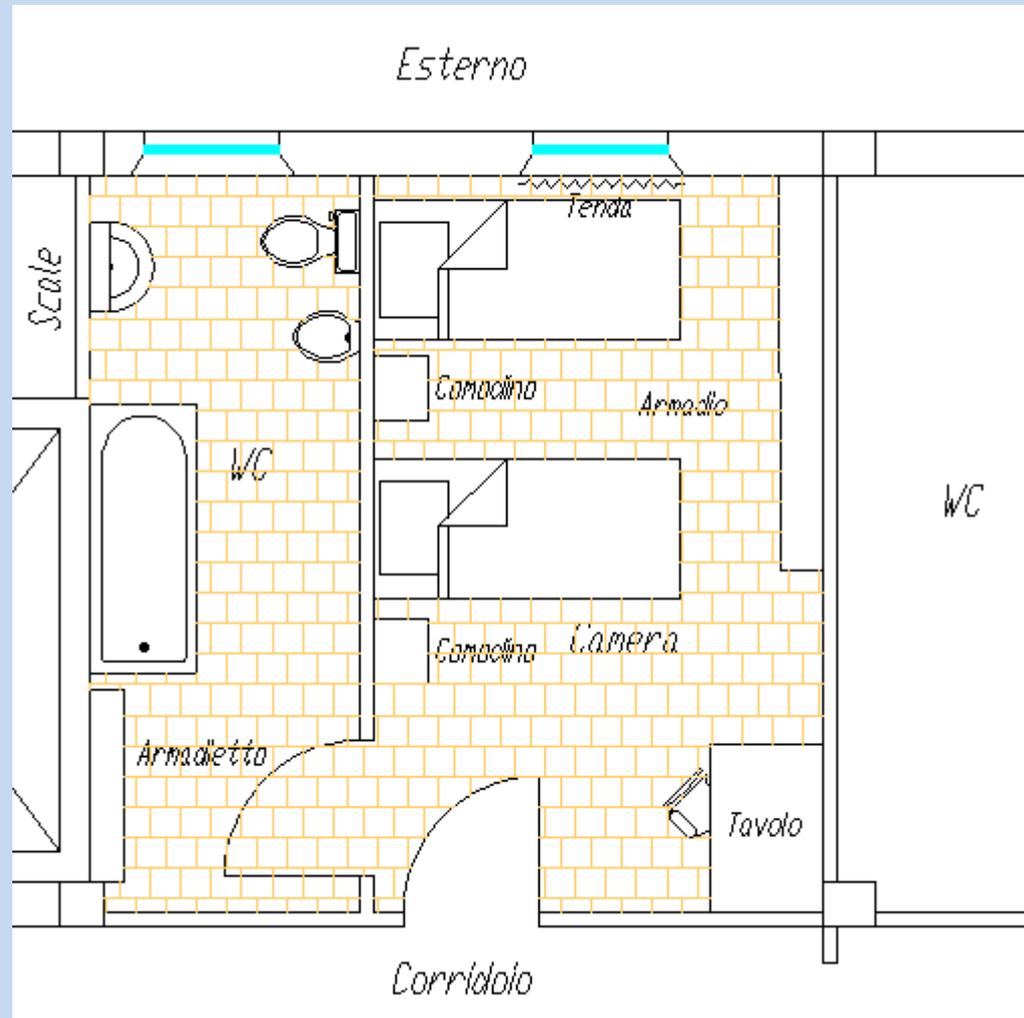
Gli "obiettivi di sicurezza" - Sicurezza occupanti (esodo)

Studio nella fase prima del FLASHOVER

Stabilire i tempi di esodo necessari in relazione allo sviluppo dell'incendio e dei suoi prodotti (fumo, gas tossici, calore, fuoco)

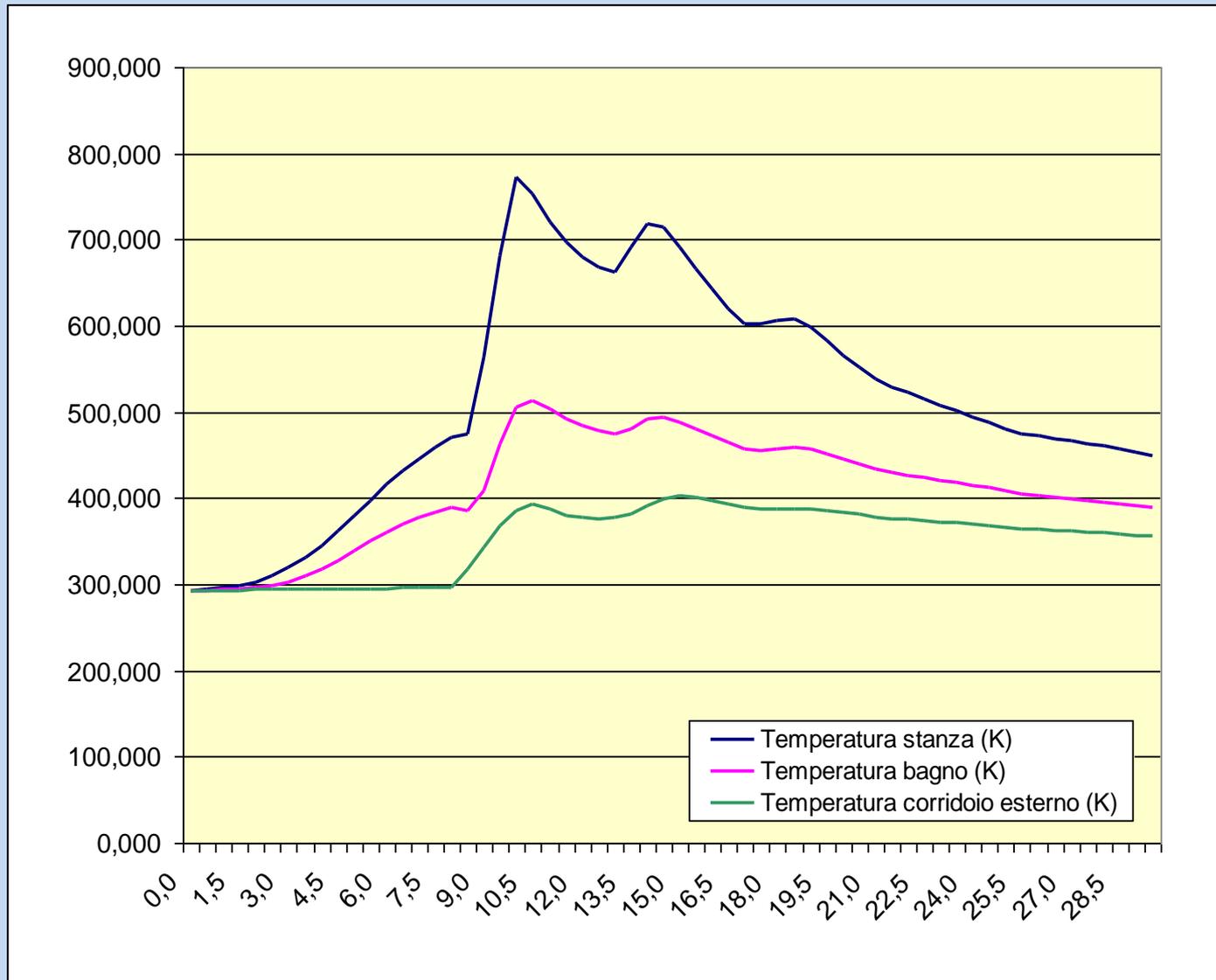


Gli "obiettivi di sicurezza" - Sicurezza occupanti (esodo)



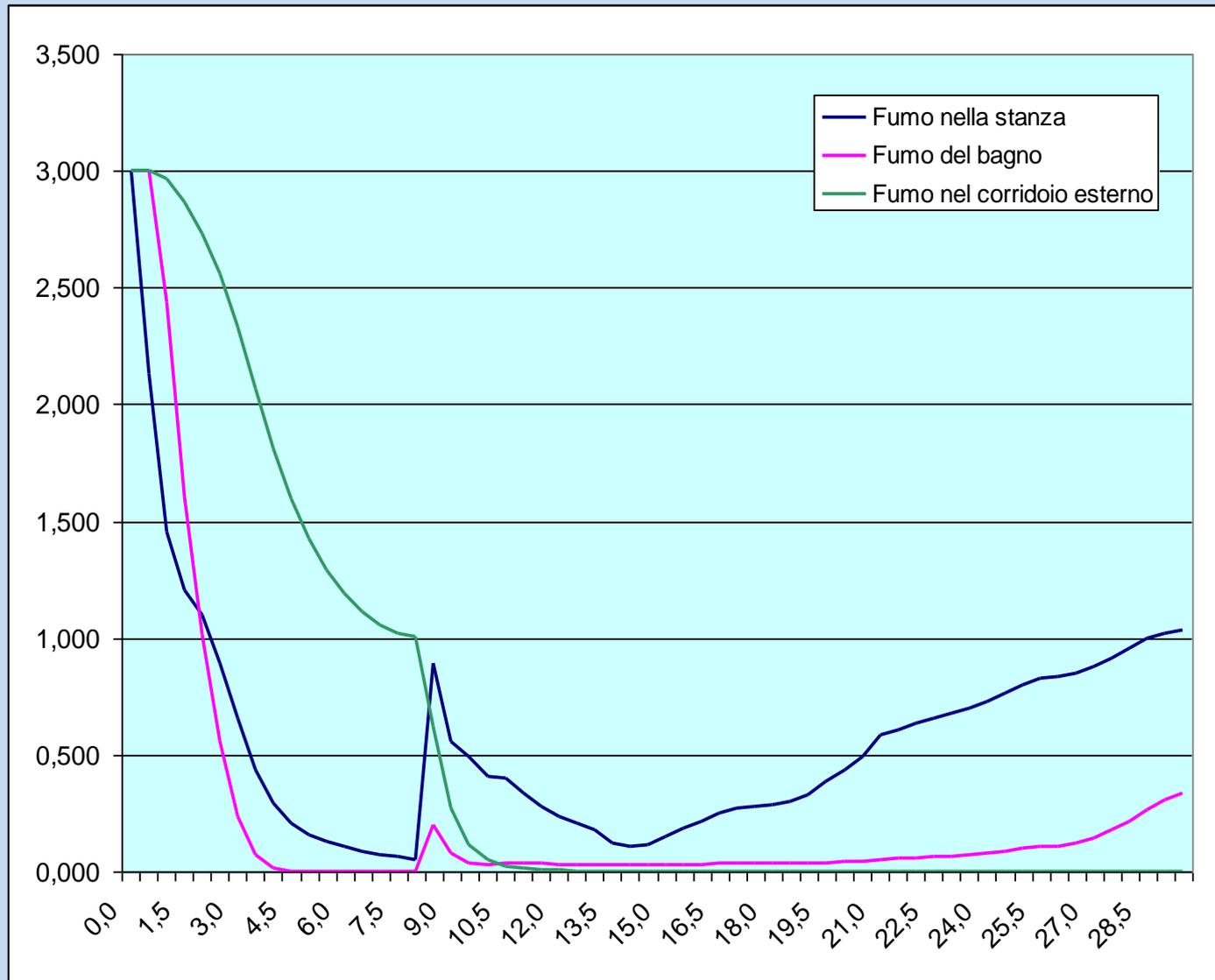
Gli "obiettivi di sicurezza" - Sicurezza occupanti (esodo)

Andamento delle temperature



Gli "obiettivi di sicurezza" - Sicurezza occupanti (esodo)

Altezza dello strato di fumo da terra



Gli “obiettivi di sicurezza” - Sicurezza soccorsi e capacità portante

1) La capacità portante dell'edificio deve essere garantita per un periodo di tempo determinato

2) La produzione e la propagazione del fuoco e del fumo all'interno dell'opera siano limitate

3) La propagazione del fuoco ad opere vicine sia limitata

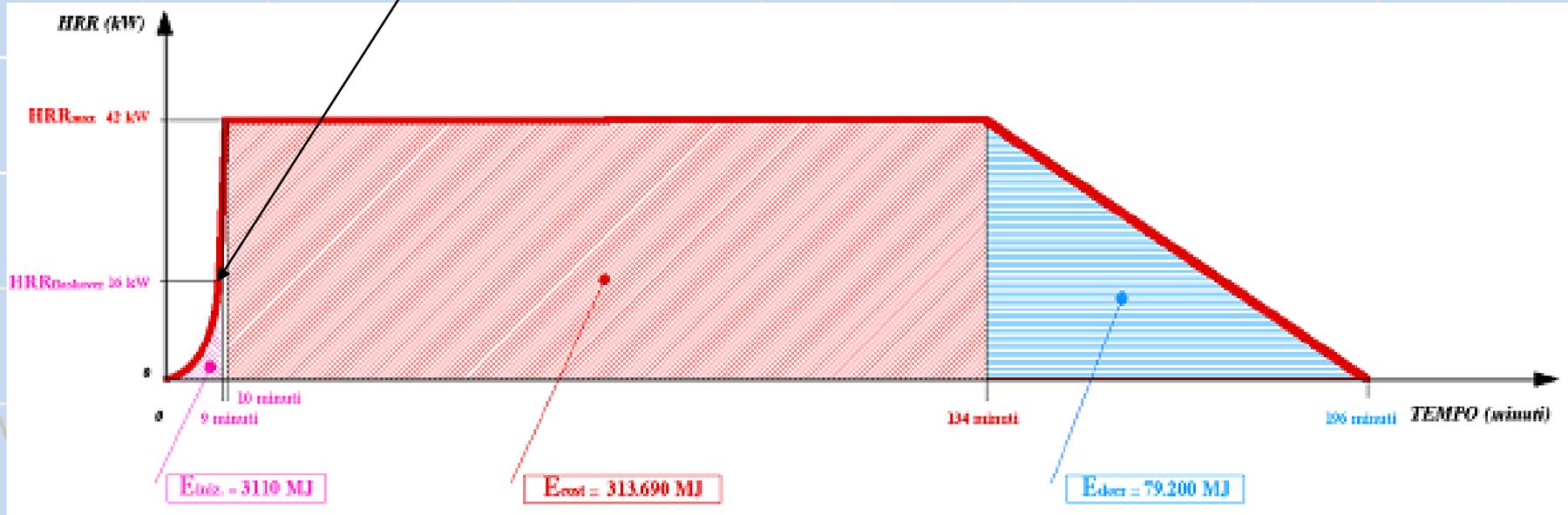
4) Gli occupanti possano lasciare l'opera in sicurezza o essere soccorsi altrimenti

5) Sia presa in considerazione la sicurezza delle squadre di soccorso

Gli "obiettivi di sicurezza" - Capacità portante

Studio nella fase dopo il FLASHOVER

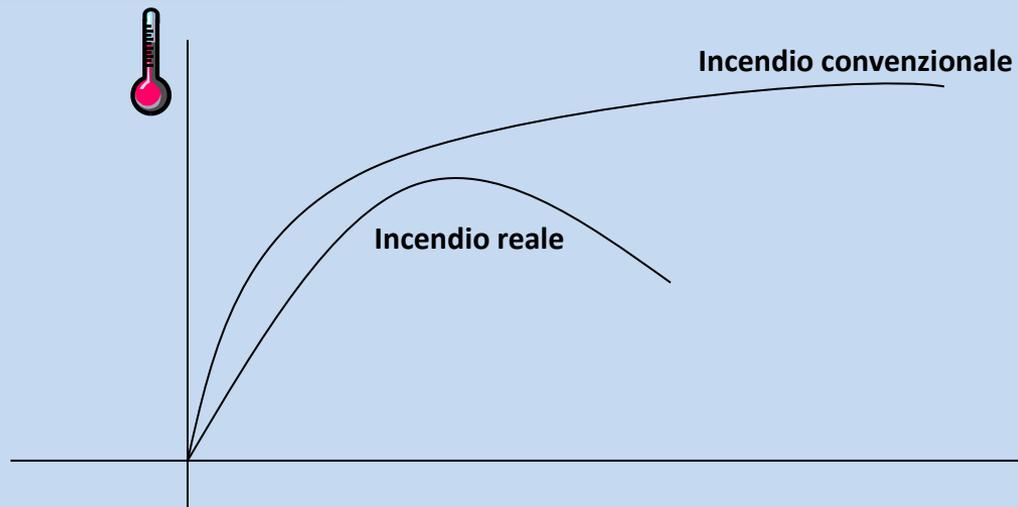
Stabilire la durata dell'incendio e le temperature raggiunte per verificare la resistenza delle strutture



Gli “obiettivi di sicurezza” - Capacità portante

Calcolo analitico della resistenza al fuoco degli elementi costruttivi (EUROCODICI, UNI 9502, 9503, 9504, NORMA C.R.N. 12/99)

Norme a carattere volontario che permettono di determinare il solo parametro “R” (resistenza al fuoco) mediante calcolo analitico. Rappresentano un’alternativa alle prove sperimentali ed utilizzano come curva di riferimento la curva “temperatura/tempo” degli [incendi convenzionali](#) ([curva standard ISO 834](#)).



Incendio reale

Incendio che si sviluppa effettivamente in un certo ambiente con contenuti ben precisati

Il metodo di simulazione dell’evoluzione dell’incendio reale si basa su principi ingegneristici e permette di approssimare con maggiore precisione l’andamento delle curve “temperatura/tempo” di un [incendio reale](#)

Fine presentazione

..... grazie per il cortese ascolto.