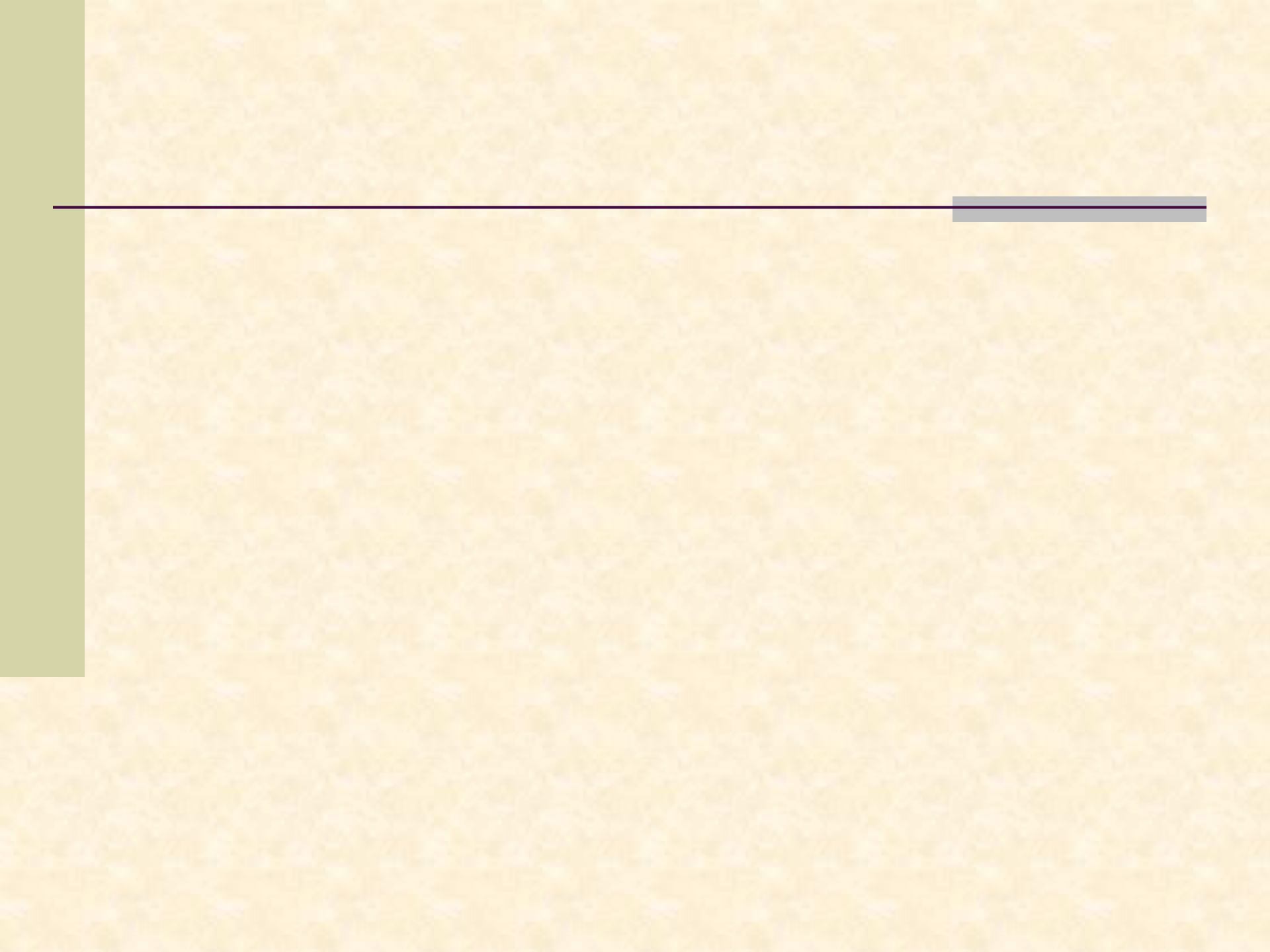




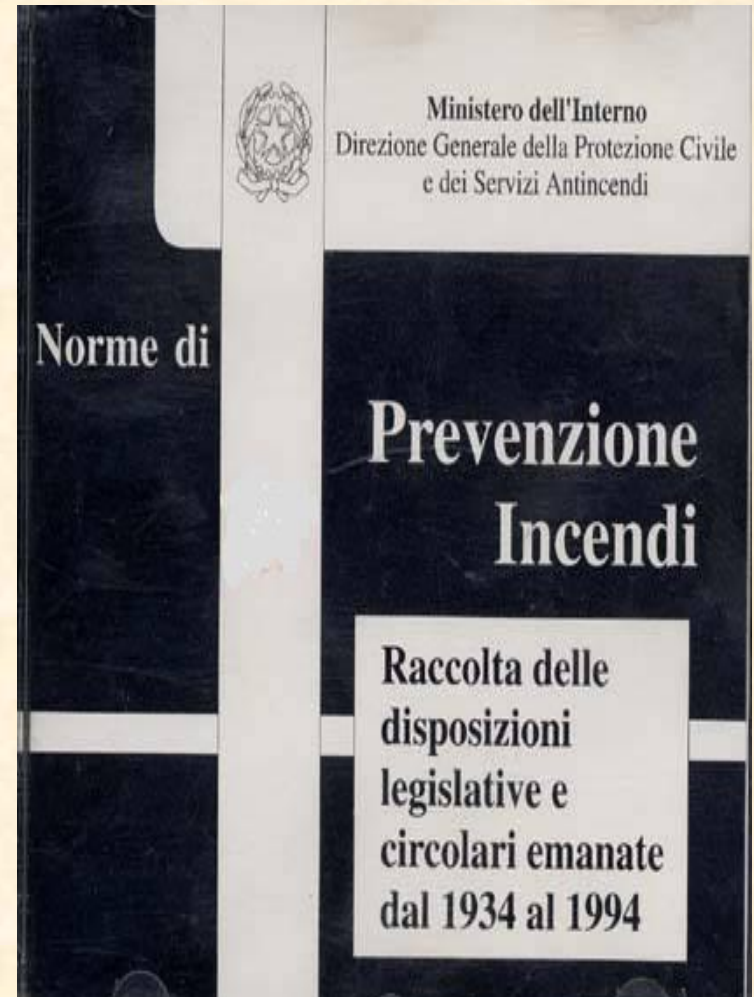


INTRODUZIONE ALLA FIRE SAFETY ENGINEERING

***I PROCESSI DI VALUTAZIONE E
PROGETTAZIONE NELL'AMBITO
DELL'APPROCCIO INGEGNERISTICO
ALLA SICUREZZA ANTINCENDIO***

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

- La visione della sicurezza antincendio è stata finora basata quasi esclusivamente su un **approccio di tipo prescrittivo**, ovvero sul **rispetto delle disposizioni normative**.
- Le regole tecniche fissano i **principi della sicurezza antincendio** e fissano i **livelli di sicurezza**.
- Anche la formazione dei **professionisti**, dei **tecnici**, degli **organi di controllo** non ha fatto riferimento ad un apparato scientifico consolidato bensì alla visione della sicurezza come **RISPETTO DELLA NORMA**.



L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

I vantaggi dell'approccio prescrittivo sono:

- la semplicità di **controllo**;
- la semplificazione della **progettazione**;
- l'**uniformità** della disciplina.

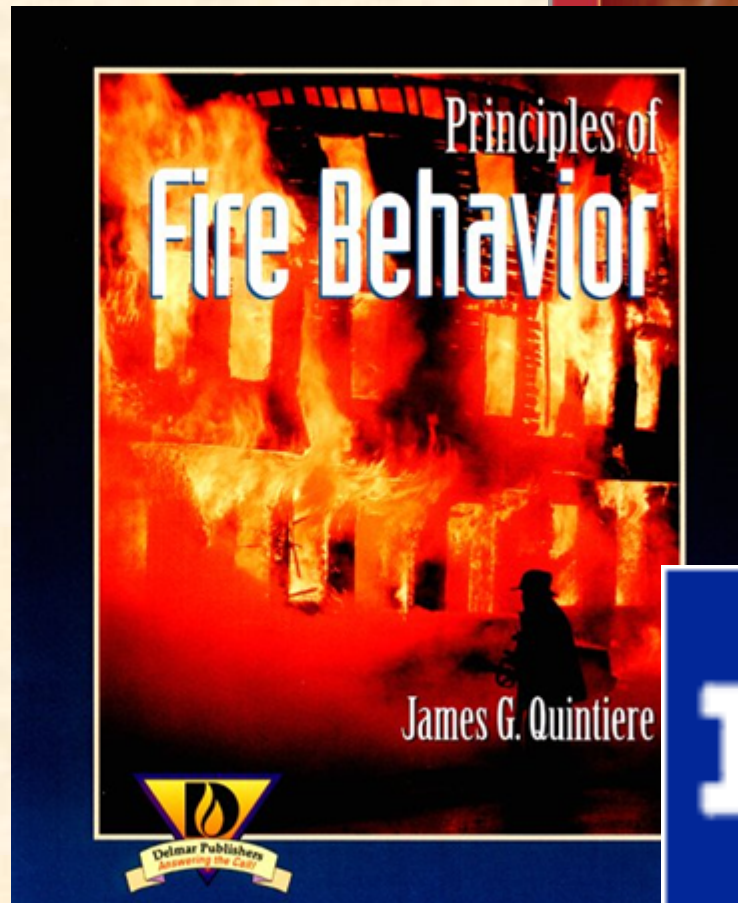
Per contro, presenta i seguenti svantaggi:

- per alcune attività può risultare **inapplicabile** (insediamenti di tipo complesso o a tecnologia avanzata, edifici di particolare rilevanza architettonica e/o costruttiva, edifici pregevoli per arte o storia, edifici ubicati in ambiti urbanistici di particolare specificità);
- può risultare **eccessivamente conservativo**.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

Da alcuni decenni, soprattutto all'estero, si sta sviluppando una diversa valutazione del livello di sicurezza, che viene definita di **natura prestazionale**, mediante la quale il raggiungimento degli obiettivi di sicurezza antincendio viene dimostrato in relazione alla verosimile situazione che potrebbe verificarsi in caso d'incendio.

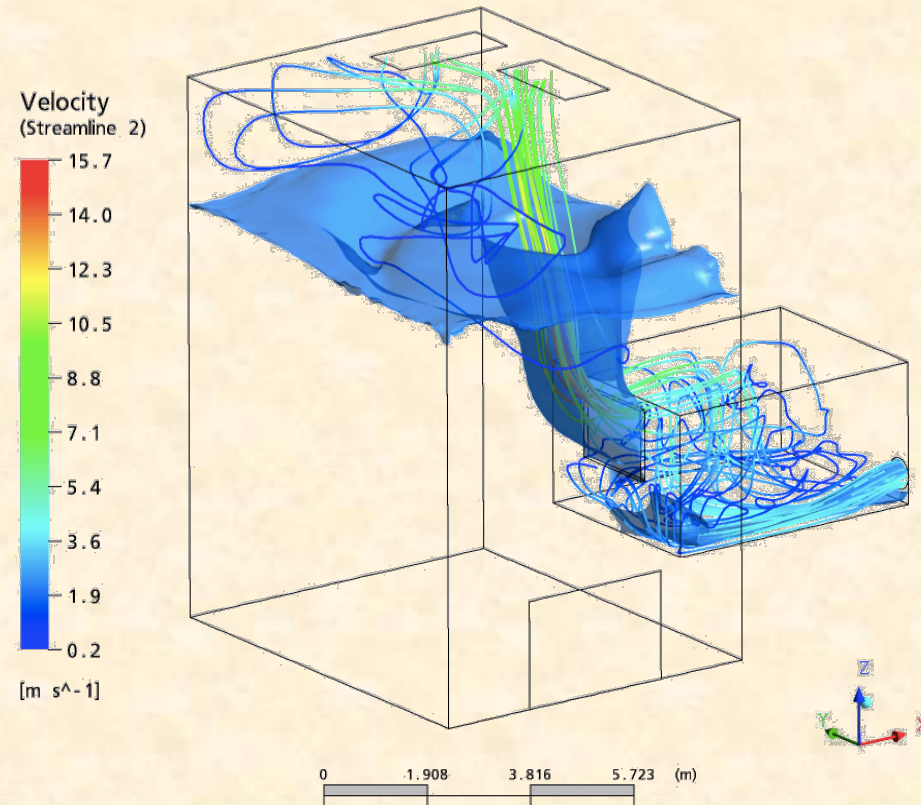
Gli obiettivi diventano valori di soglia o intervalli di valori.



L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

Ad esempio:

- dopo 5 minuti dall'inizio dell'incendio, nelle vie d'esodo la concentrazione volumetrica media del CO ad altezza di 1,5 m dal pavimento non deve superare i 200 ppm;
- il flusso termico radiante su una determinata superficie deve essere inferiore a 5 kW/m².



L' ANALISI DEL RISCHIO D' INCENDIO VIENE SVOLTA IN MODO QUANTITATIVO

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

DEFINIZIONE

Rapporto tecnico ISO TR 13387-1 Fire safety engineering – application of fire performance concepts to design objectives – October 1999

- **STATO DELL'ARTE IN MATERIA DI FIRE SAFETY ENGINEERING** -

DISCIPLINA DEFINITA COME L'APPLICAZIONE DI PRINCIPI INGEGNERISTICI, DI REGOLE E DI GIUDIZI ESPERTI BASATI SULLA **VALUTAZIONE SCIENTIFICA** DEL FENOMENO DELLA COMBUSTIONE, DEGLI EFFETTI DELL'INCENDIO E DEL COMPORTAMENTO UMANO FINALIZZATI:

- ALLA TUTELA DELLA VITA UMANA;
- ALLA PROTEZIONE DEI BENI E DELL'AMBIENTE;
- ALLA **QUANTIFICAZIONE DEI RISCHI D'INCENDIO** E DEI RELATIVI EFFETTI;
- ALLA **VALUTAZIONE ANALITICA** DELLE MISURE DI PREVENZIONE INCENDI OTTIMALI NECESSARIE A LIMITARE, ENTRO I LIVELLI PREVISTI, LE CONSEGUENZE DELL'INCENDIO.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

LO STATO DELL'ARTE E NORMATIVO A LIVELLO INTERNAZIONALE

- In sede di normazione volontaria internazionale l'International Standard Organization (ISO), a cui aderisce anche l'Ente Nazionale Italiano di Unificazione (UNI), ha codificato la materia come FIRE PROTECTION ENGINEERING.
- In particolare all'interno del Comitato Tecnico 92, il Sottocomitato 4 ha emanato nell'ottobre 1999 il rapporto tecnico **ISO/TR 13387 "Fire Safety Engineering"** che in otto sezioni illustra lo stato dell'arte su tale approccio:
 - **Part 1: Application of fire performance concepts to design objectives**
 - **Part 2: Design fire scenarios and design fires**
 - **Part 3: Assessment and verification of mathematical fire models**
 - **Part 4: Initiation and development of fire and generation of fire effluents**
 - **Part 5: Movement of fire effluents**
 - **Part 6: Structural response and fire spread beyond the enclosure of origin**
 - **Part 7: Detection, activation and suppression**
 - **Part 8: Life safety - Occupant behaviour, location and condition**

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

LO STATO DELL'ARTE E NORMATIVO A LIVELLO INTERNAZIONALE

■ Altri riferimenti:

- **Norme NFPA** (National Fire Protection Association, authority on fire, electrical, and building safety of U.S.A.);
- **Pubblicazioni della SFPE** (Society of Fire Protection Engineers is the professional society representing those practicing the field of fire protection engineering of U.S.A.);
- **Norma BS PD 7974** “Application of safety engineering principles to the design of buildings – Code of practice” (UK);
- **Norma VdS Schadenverhütung** “Design fires for fire simulations and fire protection” (GERMANIA);
- **Norma NS 3901** (NORVEGIA).

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

LO STATO DELL'ARTE E NORMATIVO A LIVELLO NAZIONALE

- Fino al 1998, la redazione della valutazione dei rischi era espressamente prevista solo per le attività a rischio di incidente rilevante (**Direttiva Seveso, D.Lgs 21 settembre 2005 n.238**).
- Con l'emanazione del **D.M. 4 maggio 1998** viene esplicitamente prescritto l'obbligo per le attività soggette ai controlli di prevenzione incendi da parte dei Vigili del Fuoco, l'effettuazione della valutazione dei rischi attraverso:
 - l'individuazione dei pericoli;
 - la descrizione delle condizioni ambientali;
 - la valutazione qualitativa del rischio;
 - la compensazione del rischio;
 - la gestione dell'emergenza.
- Il **D.M. 10 marzo 1998** individua gli elementi che devono essere presi in esame per la valutazione e classificazione del rischio di incendio nei luoghi di lavoro:
 - identificazione dei pericoli;
 - individuazione delle persone esposte al rischio;
 - rimozione e/o sostituzione dei pericoli d'incendio;
 - classificazione degli ambienti a rischio d'incendio;
 - valutazione dell'adeguatezza delle misure adottate;
 - redazione della parte documentale relativa alla valutazione effettuata.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

LO STATO DELL'ARTE E NORMATIVO A LIVELLO NAZIONALE

- Un importante contributo all'affermazione dell'approccio ingegneristico nel campo della prevenzione incendi è stato dato dalla **direttiva 89/106/CEE del 21 dicembre 1998** sui prodotti da costruzione (recepita in Italia con il **D.P.R. 21 aprile 1993 n. 246**); la direttiva stabilisce che gli edifici debbono rispondere a determinati requisiti essenziali fra i quali la sicurezza in caso d'incendio:
 - **la stabilità degli elementi portanti per un tempo utile ad assicurare il soccorso agli occupanti;**
 - **la limitata propagazione del fuoco e dei fumi, anche riguardo alle opere vicine;**
 - **la possibilità che gli occupanti lascino l'opera indenni o che gli stessi siano soccorsi in altro modo;**
 - **la possibilità per le squadre di soccorso di operare in condizioni di sicurezza.**
- Il documento interpretativo per il requisito essenziale 2, sicurezza in caso d'incendio, predisposto dai Servizi della Commissione Europea, introduce **l'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio (FSE)**, stabilendo che esso può essere utilizzato per:
 - **determinare i dati sulle modalità di sviluppo e propagazione dell'incendio;**
 - **valutare le azioni relative all'esposizione al calore di persone o all'azione meccanica sulle strutture;**
 - **valutare la prestazione dei prodotti da costruzione esposti all'incendio (infiammabilità, propagazione della fiamma, produzione di fumo e gas tossici, ecc.);**
 - **calcolare i tempi di attivazione dei sistemi di controllo, delle squadre antincendio, per progettare le misure di evacuazione.**

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

LO STATO DELL'ARTE E NORMATIVO A LIVELLO NAZIONALE

- Il più recente provvedimento normativo, che ha definitivamente e formalmente sancito l'applicabilità dell'approccio ingegneristico, è il **D.M. 9 maggio 2007 “Direttive per l'attuazione dell'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio”**.
- Il provvedimento definisce gli **aspetti procedurali** ed il **processo progettuale** per valutare il livello di rischio e definire le conseguenti misure antincendio utilizzando l'approccio prestazionale in presenza di:
 - insediamenti di tipo complesso o a tecnologia avanzata;
 - edifici di particolare rilevanza architettonica e/o costruttiva;
 - edifici pregevoli per arte o storia;
 - edifici ubicati in ambiti urbanistici di particolare specificità.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

LO STATO DELL'ARTE E NORMATIVO A LIVELLO NAZIONALE

D.M. 9 maggio 2007 con il quale sono state definite le direttive per l'attuazione dell'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio; in particolare il provvedimento ha stabilito i criteri da adottare per effettuare la valutazione quantitativa del rischio di incendio, fissando nel contempo le procedure generali per eseguire tale valutazione e le modalità per l'esposizione dei risultati;

Lettera - circolare n. 4921 del 17 luglio 2007, con la quale sono stati forniti agli organi territoriali del CNVVF i primi chiarimenti ed indirizzi applicativi sulla corretta modalità di attuazione della nuova metodologia;

Lettera – circolare n. 427 del 31 marzo 2008,
contenente le “**LINEE GUIDA PER LA VALUTAZIONE DEI PROGETTI**”.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

LO STATO DELL'ARTE E NORMATIVO A LIVELLO NAZIONALE

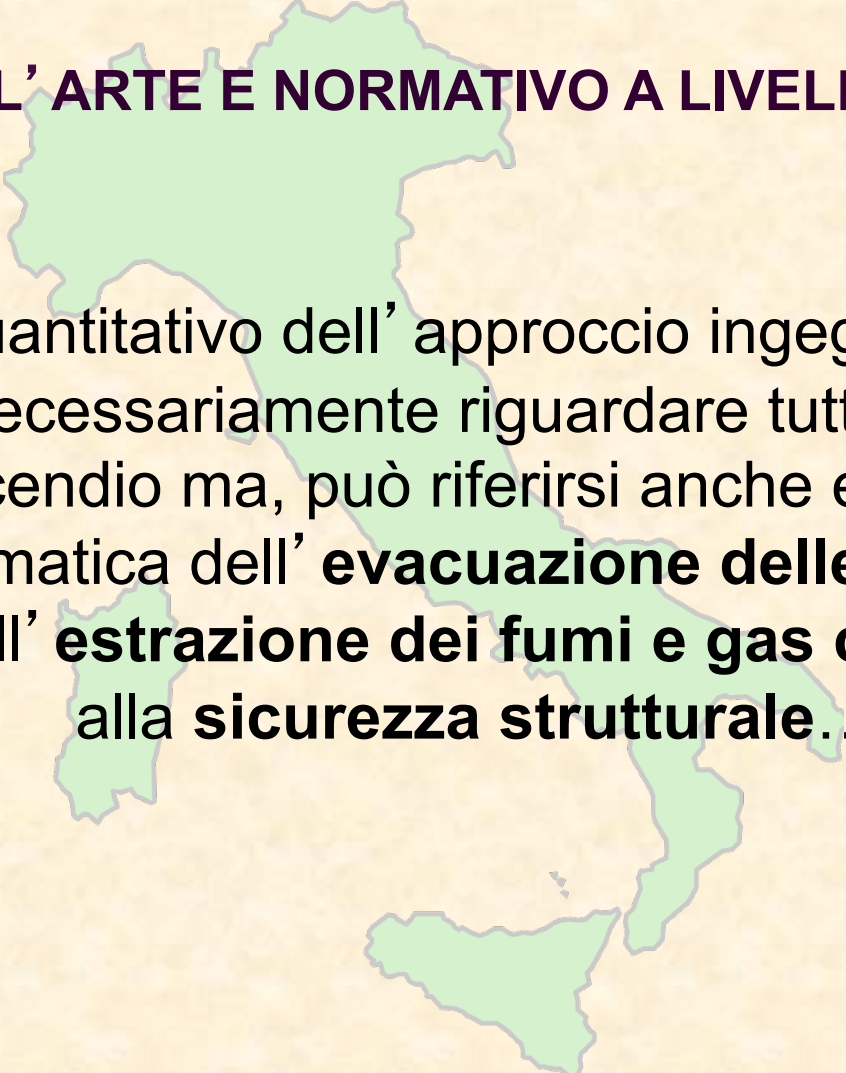
La metodologia potrà essere applicata, su base volontaria ed in alternativa a quanto previsto dal D.M. 4 maggio 1998, per la individuazione:

- dei provvedimenti da adottare ai fini del rilascio del CPI nel caso di attività non regolamentate da specifiche disposizioni di prevenzione incendi;
- delle misure di sicurezza che si ritengono idonee a compensare il rischio aggiuntivo nell'ambito del procedimento di deroga.

Così come il D.M. 4 maggio 1998 regola le modalità di presentazione ed i contenuti della documentazione progettuale di prevenzione incendi afferenti alle caratteristiche di sicurezza antincendio per le valutazioni QUALITATIVE, così il D.M. 9 maggio 2007 regola le modalità di presentazione ed i contenuti della documentazione progettuale di prevenzione incendi afferenti alle caratteristiche di sicurezza antincendio per le valutazioni QUANTITATIVE.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

LO STATO DELL'ARTE E NORMATIVO A LIVELLO NAZIONALE



Il metodo quantitativo dell'approccio ingegneristico non deve necessariamente riguardare tutti gli aspetti antincendio ma, può riferirsi anche e solo alla problematica dell' **evacuazione delle persone**, oppure all' **estrazione dei fumi e gas caldi**, oppure alla **sicurezza strutturale...**

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

ESEMPI DELLE POSSIBILI APPLICAZIONI DEI METODI INGEGNERISTICI PREVISTI DAL D.M. 9 MAGGIO 2007

RESISTENZA AL FUOCO DELLE STRUTTURE

Valutazione della resistenza al fuoco da richiedere agli elementi costruttivi portanti e a quelli di separazione: possibilità di caratterizzare la sorgente termica di sollecitazione di un elemento costruttivo con la curva temperatura-tempo dell'incendio naturale che si sviluppa all'interno dell'edificio in relazione:

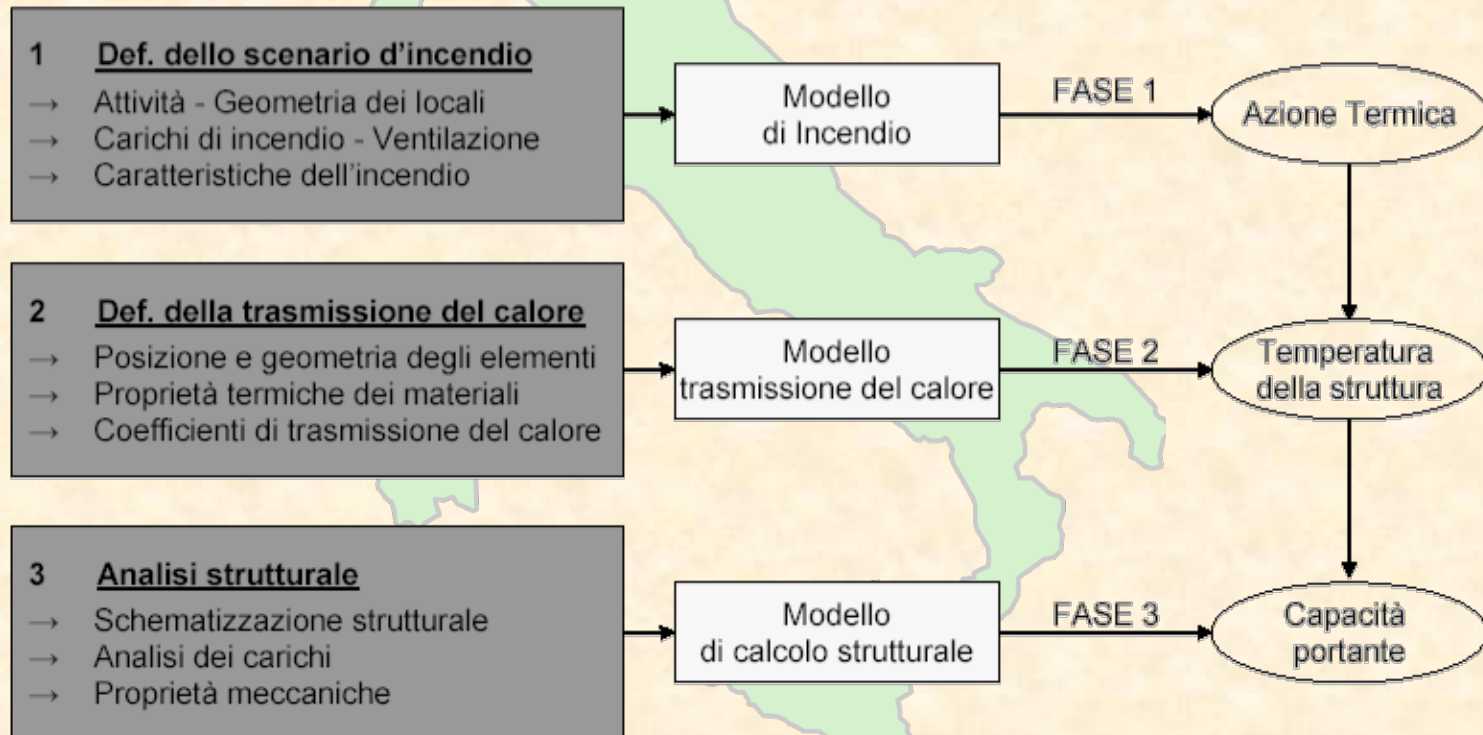
- alla sua geometria;
- alle condizioni di ventilazione;
- allo stato e tipologia di materiali presenti.

La possibilità di tale applicazione è oggetto di specifiche disposizioni contenute nel **D.M. 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni"** e, per le attività soggette, nel **D.M. 9 marzo 2007 "Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo nazionale dei vigili del fuoco"**

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

ESEMPI DELLE POSSIBILI APPLICAZIONI DEI METODI INGEGNERISTICI PREVISTI DAL D.M. 9 MAGGIO 2007

RESISTENZA AL FUOCO DELLE STRUTTURE



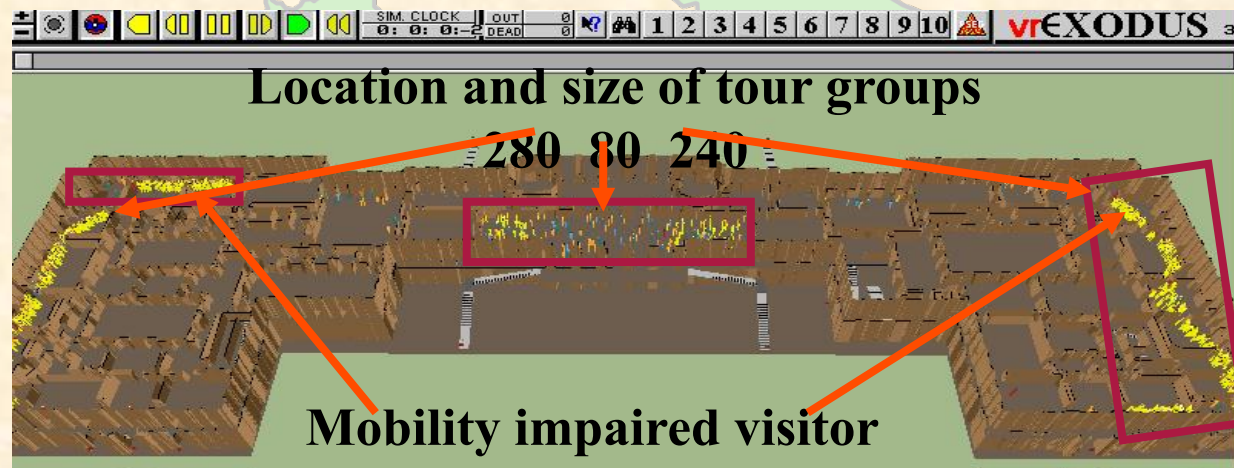
La verifica strutturale in caso di incendio è condotta con riferimento allo stato limite ultimo ed è soddisfatta se i carichi applicati risultano inferiori alla capacità portante per tutta la durata dell'incendio

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

ESEMPI DELLE POSSIBILI APPLICAZIONI DEI METODI INGEGNERISTICI PREVISTI DAL D.M. 9 MAGGIO 2007

SISTEMA DELLE VIE DI ESODO

Progettazione o verifica del sistema di evacuazione di emergenza attraverso una valutazione della lunghezza massima dei percorsi di esodo in relazione, sia alla reale quantità dei prodotti della combustione che possono essere presenti sulle vie di esodo e che pertanto limitano la velocità di esodo, sia al massimo affollamento ipotizzabile nell'edificio, a questo scopo è possibile coordinare i dati derivanti dalla modellazione dell'incendio (modello numerico di fenomeno chimico/fisico) con quanto risulta da simulazione di esodo con modelli non puramente numerici del comportamento umano.



L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

ESEMPI DELLE POSSIBILI APPLICAZIONI DEI METODI INGEGNERISTICI
PREVISTI DAL D.M. 9 MAGGIO 2007

PROCEDIMENTO DI DEROGA (ART.6 D.P.R.37/98)

Possibilità di dimostrare il raggiungimento degli obiettivi di sicurezza, giustificando numericamente che il livello di sicurezza è garantito da misure diverse da quelle previste dalla norma. È proprio in questo campo che l'approccio prestazionale dimostra la sua indispensabilità, non esistendo altri approcci in grado di quantificare l'effetto che le misure di sicurezza avranno sull'evoluzione dell'incendio.

FASI:

- **definizione del progetto;**
- **individuazione degli obiettivi e dei livelli di prestazione;**
- **identificazione dei livelli di rischio e degli scenari di incendio di progetto;**
- **scelta dei metodi di contrasto da adottare alla luce degli obiettivi prefissati;**
- **individuazione dei metodi di calcolo e valutazione dei risultati delle elaborazioni;**
- **redazione della documentazione di progetto.**

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

ULTERIORE ESEMPIO DELLE POSSIBILI APPLICAZIONI DEI METODI INGEGNERISTICI

USO FORENSE



L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

I VANTAGGI DELL'INGEGNERIA ANTINCENDIO

- Formare la base della progettazione antincendio per attività rilevanti dal punto di vista strutturale, tecnologico, strategico (aeroporti, edifici di grande altezza, ecc) che sono talmente importanti da non poter essere progettati con le attuali guide tecniche;
- disciplinare i progettisti a seguire un approccio strutturato per il progetto sulla sicurezza incendi;
- determinare il grado di sicurezza di edifici esistenti;
- permettere la stesura di bozze di regolamenti e codici tesi a migliorare la consistenza di informazioni e giustificare la rimozione di provvedimenti tradizionali datati;
- permettere modifiche alle norme fornendo un equivalente livello di protezione nella realizzazione di precauzioni antincendio attive e passive;
- superare le restrizioni sulla progettazione imposte da codici e/o regolamenti prescrittivi;
- agevolare la realizzazione di progetti a costi accettabili mantenendo alti i livelli di sicurezza;
- rimuovere ostacoli all'innovazione dei prodotti edili e progettazione edile;
- prestare assistenza alla gestione della sicurezza incendi dell'edificio durante il suo intero ciclo di vita, inclusa la fase di costruzione, tenendo conto dei cambiamenti d'uso dell'edificio stesso.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

L'approccio prestazionale alla sicurezza antincendio rende necessario formalizzare tutti i passaggi che conducono il professionista ad individuare le condizioni più rappresentative del rischio al quale l'edificio o l'attività è soggetta. Dopo tale fase, che permette di definire gli scenari di incendio, si può passare al calcolo, e cioè all'analisi quantitativa degli effetti dell'incendio, del comportamento umano e degli impianti attivi di estinzione.

```
graph TD; A[Analisi dei rischi] --> B[Scenari d' incendio]; B --> C[Analisi quantitativa];
```

Analisi dei rischi

Scenari d' incendio

Analisi quantitativa

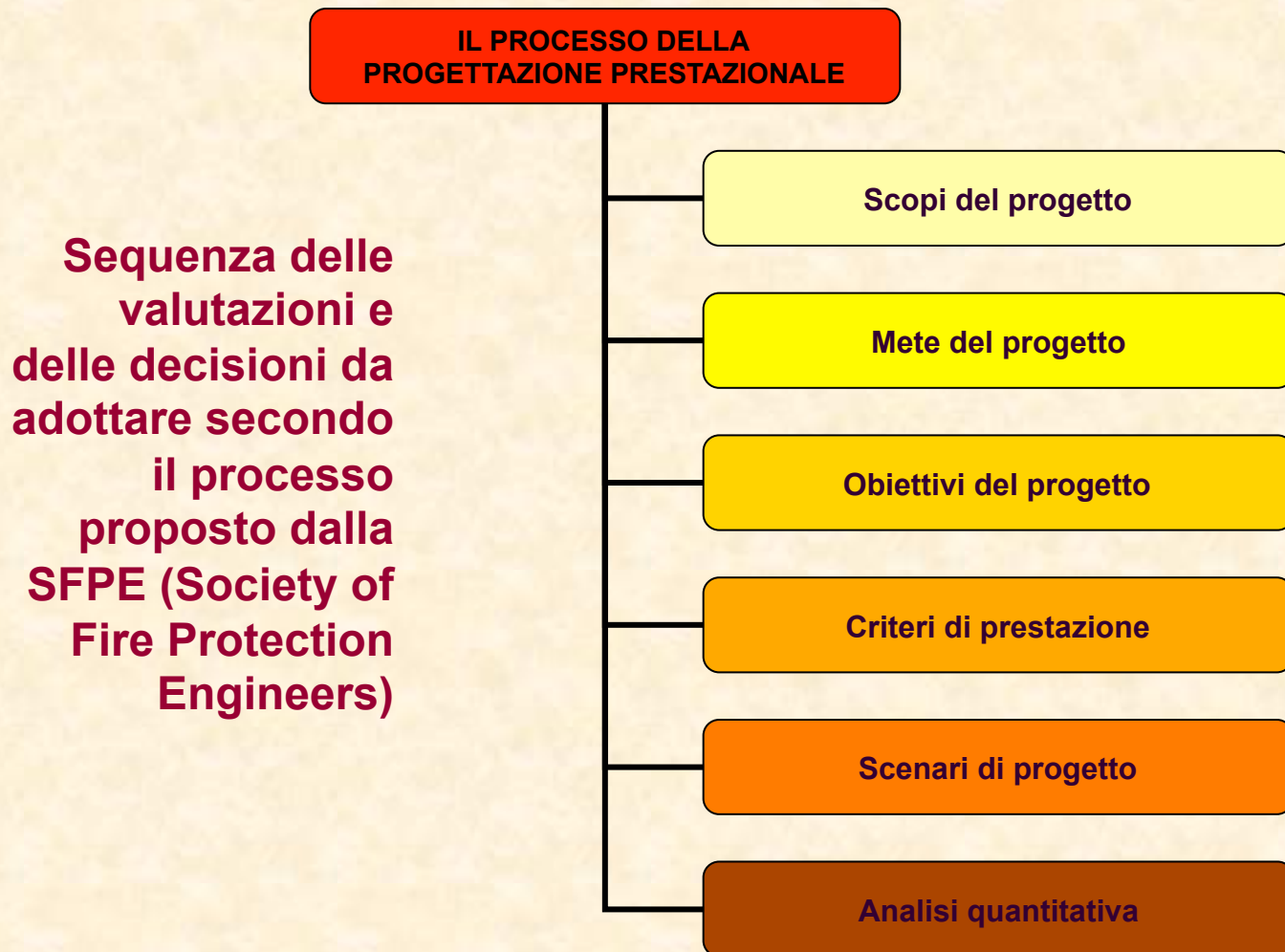
L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

In condizioni ideali, il progetto di tipo prestazionale dovrebbe iniziare durante la fase di studio di fattibilità o di progettazione concettuale, cioè quando vengono prese le decisioni chiave. In altre parole, prima lo specialista di ingegneria antincendio viene coinvolto nel processo di progettazione, migliori saranno i benefici che possono essere realizzati. Questi benefici includono:

- **flessibilità di progettazione;**
- **innovazione nel progetto, nella fase costruttiva e di scelta dei materiali;**
- **uguali o migliori risultati in termini di sicurezza;**
- **massimizzazione del rapporto costi/benefici.**



L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE



L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE



E' l' identificazione dei limiti entro cui si colloca il progetto:

- **nuova costruzione;**
- **modifica o adeguamento dell' esistente;**
- **modifica di parti rilevanti ai fini antincendio.**

Lo scopo del progetto ha sempre dei vincoli progettuali quali:

- **norme vigenti;**
 - **tempi di esecuzione;**
 - **uso dell' edificio;**
 - **vincoli ambientali,**
- che in questa fase devono essere esplicitati.**

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

IL PROCESSO DELLA PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE

Scopi del progetto

Mete del progetto

Obiettivi del progetto

Criteri di prestazione

Scenari di progetto

Analisi quantitativa

L'identificazione dello scopo del progetto implica che siano sentite le parti interessate nell'attività (stakeholders):

- **PROPRIETARIO**
- **GESTORE**
- **ORGANO DI CONTROLLO**
- **ENTI DI ACCREDITAMENTO (certificazioni ISO 9000, ISO 14000, Emas, ecc.)**
- **SOCORRITORI**
- **ASSICURAZIONI**
- **COSTRUTTORI**
- **MANUTENTORI**

Gli obiettivi degli interessati possono essere tra loro simili, differenti, addizionali o, in alcuni casi, contraddittori. Per questo motivo le parti interessate devono essere immediatamente coinvolte perché aumenta la probabilità che le alternative di progetto basate sull'analisi prestazionale siano accettate.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE



Le caratteristiche fisiche dell'edificio, il suo uso proposto, le caratteristiche delle persone che lo utilizzeranno, sono determinanti per la definizione degli scenari di incendio e quindi per la progettazione prestazionale.

Altre problematiche che possono influenzare le caratteristiche della progettazione antincendio sono:

- **ubicazione del sito** (difficoltà di accesso ai mezzi di soccorso, vincoli paesaggistici che determinano l'impossibilità di realizzare scale esterne, ecc.);
- **vincoli storico-artistici** sull'edificio;
- **valore sociale e/o economico** dell'edificio (ospedale, centro elaborazione dati di una grande società, ecc.);
- **caratteristiche del servizio antincendio** (tempi di risposta, capacità del servizio, ecc.);
- **normative applicabili**.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE



Le mete del progetto ricorrenti, e tra loro correlate, sono:

- la sicurezza dei presenti, la sicurezza pubblica e dei soccorritori;
- la protezione dei beni;
- garantire la continuità del servizio;
- limitare l'impatto ambientale dell'incendio.

Esistono anche mete complementari da tenere presente: ad esempio nella protezione dei beni culturali oltre alla sicurezza antincendio si deve considerare **la conservazione del bene**.

Altri esempi di mete complementari:

- evitare eventi mortali nell'ambiente di origine dell'incendio, minimizzare le conseguenze per le persone che si trovano all'interno e rendere nulle le conseguenze a persone che si trovano al di fuori dell'edificio;
- rendere minimo il danno agli impianti informatici dell'edificio;
- rendere minima l'interruzione delle operazioni di carattere commerciale.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE



Un obiettivo fornisce più dettagli di una meta di sicurezza antincendio, ed è spesso espresso in termini di perdite accettabili o sostenibili o di un accettabile/tollerabile livello di rischio.

Gli obiettivi rappresentano le scelte strategiche di progetto, portate al livello di valori e che, quindi, possono essere quantificati in termini ingegneristici.

Per esempio, gli obiettivi potrebbero includere:

- **la mitigazione delle conseguenze di un incendio in termini di valore finanziario (dunque, valutazione in euro);**
- **impedire la perdita di vite (quindi, rendere trascurabili le probabilità di evento mortale in determinate circostanze);**
- **valutare altri impatti come la definizione dell'estensione accettabile dell'incendio, della massima temperatura raggiungibile senza danni ai beni ecc.**

In questa fase si sviluppano le prestazioni (performance) che il progetto deve soddisfare secondo gli interessati.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE



In relazione agli obiettivi di sicurezza individuati, il progettista deve indicare quali sono i parametri significativi presi a riferimento per garantire il soddisfacimento degli stessi obiettivi; questi vanno espressi in valori numerici e comprendere tutti i parametri che poi saranno necessari alla verifica dei risultati attesi dal progetto.

Lo sviluppo dei criteri prestazionali o di accettazione (*performance criteria*) è la fase del processo in cui **gli obiettivi diventano valori numerici**.

I criteri di prestazione sono valori di soglia o campi di valori o distribuzioni che si utilizzano per sviluppare e valutare il progetto nei confronti di determinate situazioni.

I criteri prestazionali includono ad esempio:

- livelli di temperatura massima alla quale si può essere esposti,
- livelli di visibilità,
- livelli di irraggiamento termico a cui le persone o gli elementi possono essere esposti,
- livelli di concentrazione delle specie tossiche.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

CLASSIFICAZIONE DEI LIVELLI DI PRESTAZIONE

IL PROCESSO DELLA PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE



Criteri di prestazione legati alla vita umana

- **Effetti termici** (valori di soglia, tempi limite di esposizione)
- **Tossicità** (tempi di esposizione, quantità inalata)
- **Visibilità** (in rapporto alla capacità dei presenti di allontanarsi in sicurezza; particolato presente sul percorso ottico, effetti irritanti sugli occhi)

Criteri di prestazione non legati alla vita umana

- **Effetti termici** (fusione, gocciolamento, deformazione, ignizione ecc.) anche per la fonte di innesco (distanza, potenza conduzioni, irraggiamento ecc.);
- **Propagazione dell'incendio** (fattori che influenzano la propagazione, la ventilazione, il flusso termico ecc.);
- **Danni alle barriere ed alla integrità strutturale** (la crisi delle barriere modifica l'estensione dei danni)
- **Danni ai beni esposti**
- **Danni a proprietà limitrofe**
- **Danni all'ambiente**

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE



- **Rapporto tecnico ISO/TR 13387** - Fire safety engineering
- **Norma BS 7974** (2001) - Application of fire safety engineering principles to the design of buildings. Code of practice
- **Decreto del Ministro dei Lavori Pubblici 9 maggio 2001**
“Requisiti minimi di sicurezza in materia di pianificazione urbanistica e territoriale per le zone interessate da stabilimenti a rischio di incidente rilevante”
- Articoli di riconosciuta valenza scientifica (p.e.: Jin, Y. "Studies on Human Behavior and Tenability in Fire Smoke" in Fire Safety Science - proceedings of the Fifth International Symposium, International Association for Fire Safety Science, 1997, pp. 3-21)
- [ISO/TS 13571:2002 - Life-threatening components of fire -- Guidelines for the estimation of time available for escape using fire data](#)
- Nel campo della resistenza al fuoco i criteri prestazionali sono definiti dal **Decreto del Ministro dell'Interno 9 marzo 2007**
“Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo nazionale dei vigili del fuoco”
- Sempre nel campo della resistenza al fuoco la **UNI EN 1991-1-2:2004** Parte 1-2: Azioni in generale - Azioni sulle strutture esposte al fuoco (Eurocodice 1 EC1)
- Lees – Loss Prevention in the Process Industries

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

MINISTERO DELL'INTERNO

DECRETO 9 marzo 2007

Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo nazionale dei vigili del fuoco.

3. RICHIESTE DI PRESTAZIONE

1. Le prestazioni da richiedere ad una costruzione, in funzione degli obiettivi di sicurezza, sono individuate nei seguenti livelli:

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
Livello II.	Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo sufficiente all'evacuazione degli occupanti in luogo sicuro all'esterno della costruzione
Livello III.	Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo congruo con la gestione dell'emergenza
Livello IV.	Requisiti di resistenza al fuoco tali da garantire, dopo la fine dell'incendio, un limitato danneggiamento della costruzione
Livello V.	Requisiti di resistenza al fuoco tali da garantire, dopo la fine dell'incendio, il mantenimento della totale funzionalità della costruzione stessa

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

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	2 kW/m ²		
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,hmn)		IDLH		

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

Specie	Soglia di accettabilità	Descrizione
Visibilità	9 m	Visibilità per oggetti illuminati da fonti esterne, corrispondente a circa 25 m per sorgenti luminose (si noti che la larghezza del chiostro è 29,65 m)
Ossigeno	17 %	Primi segni di affaticamento
Monossido di carbonio	80 ppm	Primi segni di affaticamento (1500 ppm sono letali in un'ora)
Anidride carbonica	0,5 %	Limite di sicurezza per esposizione prolungata (la concentrazione del 3% induce il raddoppio della frequenza respiratoria)
Temperatura	80 °C	In condizione di umidità relativa inferiore al 50% corrispondente ad un tempo di tollerabilità di 1 ora

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

Esempi di livelli di prestazione – BS 7974

LIMITI DI SOSTENIBILITA' AL FUMO

Table G.1 – Smoke tenability limits

Smoke density and irritancy $D \cdot m^{-1}$ (extinction coefficient)	Approximate visibility diffuse illumination	Reported effects
None	Unaffected	
0.5 (1.15) non-irritant	2 m	Walking speed 1.2 m/s
0.2 (0.5) irritant	reduced	Walking speed 0.3 m/s
0.33 (0.76) mixed	3 m approx	Walking speed 0.3 m/s
Suggested tenability limits for buildings with:		30 % people turn back rather than enter
— small enclosures and travel distances;		$D \cdot m^{-1} = 0.2$ (visibility 5 m)
— large enclosures and travel distances.		$D \cdot m^{-1} = 0.08$ (visibility 10 m)

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

EFFETTI TOSSICI E IRRITANTI DEI FUMI

Esempi di livelli di prestazione – ISO TR 13387

$$FED = \sum_{t_1}^{t_2} \frac{[CO]}{35\,000 \text{ ppm} \cdot \text{min}} \Delta t + \sum_{t_1}^{t_2} \frac{\exp([HCN]/43)}{220 \text{ min}} \Delta t$$

< 0,3

Fractional Effective Dose per esposizione a specie **asfissianti**

È IL RAPPORTO TRA LA DOSE DI ESPOSIZIONE DI UNA SPECIE **ASFISSIANTE** RISPETTO A QUELLA CHE SI ASPETTA PRODURRE UN DATO EFFETTO (L'INABILITAZIONE DELLA PERSONA) SU UN SOGGETTO ESPOSTO DI SUSCETTIBILITÀ MEDIA.

SI RITIENE CHE CO E HCN SIANO GLI UNICI PRODOTTI DELLA COMBUSTIONE CON CARATTERISTICHE ASFISSIANTE CHE ESERCITANO UN EFFETTO SIGNIFICATIVO SUL TEMPO DISPONIBILE PER L'ESODO.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

EFFETTI TOSSICI E IRRITANTI DEI FUMI

Esempi di livelli di prestazione – ISO TR 13387

Fractional Effective Concentration per esposizione a specie irritanti

$$FEC = \frac{[HCl]}{F_{HCl}} + \frac{[HBr]}{F_{HBr}} + \frac{[HF]}{F_{HF}} + \frac{[SO_2]}{F_{SO_2}} + \frac{[NO_2]}{F_{NO_2}} + \frac{[acrolein]}{F_{acrolein}} + \frac{[formaldehyde]}{F_{formaldehyde}} + \sum \frac{[irritant]}{F_{Ci}}$$

< 0,3

Si postula la sommabilità degli effetti delle singole specie irritanti presenti.

F_i è la concentrazione dell' i-esima specie in grado di compromettere la capacità della persona di adottare azioni adeguate per mettersi in salvo.

Sia per la FED sia per la FEC viene fissata una soglia (ISO/TDS 13571 suggerisce 0,3) che tiene conto del fatto che la risposta non è uguale per tutti gli individui.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE



Quando i **valori** che danno luogo ai criteri prestazionali hanno a che fare con la **risposta umana** le scelte devono essere giustificate in modo particolare, data **l'incertezza** con cui i comportamenti umani possono essere schematizzati.

La valutazione di un obiettivo può richiedere la verifica di **più di un criterio prestazionale**.

La definizione di criterio prestazionale rende evidente un aspetto comune a tutte le valutazioni di sicurezza: il fatto che è **impossibile garantire un ambiente privo di rischi**.

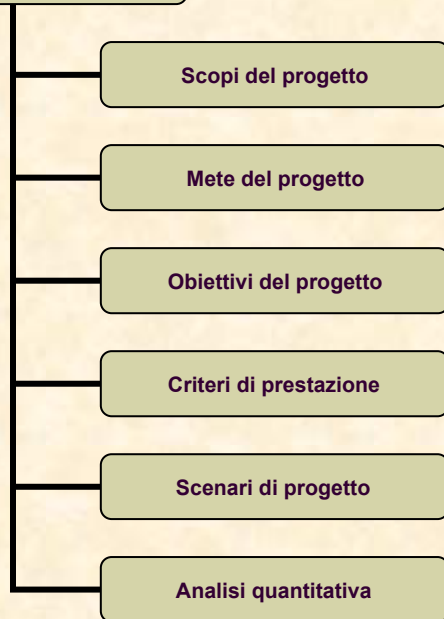
Un ulteriore aspetto è quello di rendere evidente come la **diminuzione di rischi** sia legata **all'aumento di costi della sicurezza**.

Sulla base di quanto definito **i criteri prestazionali assumono la forma di indicatori di danno**: infatti, fino alla loro definizione sono stati espressi solo gli obiettivi delle persone interessate e quelli del progetto.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

UN ESEMPIO

IL PROCESSO DELLA PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE



Mete del progetto	Obiettivi	Criteri di prestazione
Minimizzare i danni alle persone all'interno del compartimento	Evitare decessi nell'ambiente di origine dell'incendio	COHb < 12% Visibilità superiore a 7 m
Minimizzare danni dovuti all'incendio all'edificio ed al suo contenuto	Rendere minima la possibilità di propagazione dell'incendio al di fuori del compartimento di origine	Temperatura dello strato superiore < 200°C
Minimizzare le interruzioni del servizio evitabili e gli effetti sulle operazioni commerciali	Evitare interruzioni al processo di durata superiore a X ore	HCl < X ppm Particolato inferiore a Y g/m ³

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE



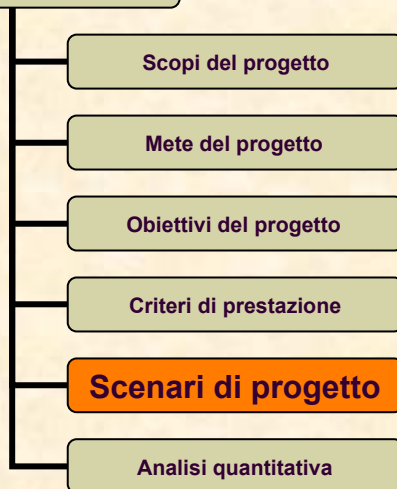
Definiti i criteri prestazionali, è possibile svolgere una **simulazione dell'incendio** al fine di confrontare i risultati numerici della simulazione con i criteri.

In questa ottica, la prima parte del processo è **l'identificazione dei possibili scenari di incendio** e degli **incendi di progetto**.

Gli scenari di incendio giocano un ruolo fondamentale nella progettazione prestazionale e possono essere schematizzati in estrema sintesi come **descrizioni degli eventi che possono ragionevolmente verificarsi** in relazione alle caratteristiche del focolaio, dell'edificio e degli occupanti.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

IL PROCESSO DELLA PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE



SCENARIO D' INCENDIO (SPECIFICA TECNICA ISO / TS 16733:2006)

INSIEME DEGLI ELEMENTI CHE DESCRIVONO LO SVILUPPO DELL' INCENDIO, FINO ALLA FASE DI DECADIMENTO

- La **specificazione tecnica** ISO / TS 16733:2006 descrive una metodologia per la selezione degli scenari di incendio di progetto e incendi di progetto che siano credibili ma conservativi per l'uso in materia di ingegneria della sicurezza antincendio.
- La **specificazione tecnica** ISO / TS 16733:2006 fornisce maggiori informazioni operative sulla scelta e la progettazione degli scenari di incendio incendi rispetto al **rapporto tecnico** ISO / TR 13387-2, benché non sia destinata a sostituirla.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE



Tratto da:
SFPE Engineering Guide
to Application of Risk
Assessment in Fire
Protection Design

Rispondendo alle seguenti domande, è possibile specificare uno scenario associato a ciascun evento:

(a) Quali sono le prime fonti di calore, prima fonte di combustibile, e il punto di origine dell'incendio compresa la vicinanza ai potenziali combustibili secondari? Includere la possibilità che ci siano più punti di origine, che coinvolgono molteplici fonti di combustibile e più fonti di calore.

(b) C'è una fase di combustione senza fiamma (incendio covante)? Includere la durata di questa fase, come pure le durate delle fasi successive.

(c) Vi è una fase con fiamma libera, nella quale il primo combustibile è l'unica oggetto dell'incendio?

(d) Può tale fiamma libera propagare l'incendio ai combustibili secondari, o, se applicabile, c'è considerevole fiamma tale da propagare l'incendio su superfici vicine (ad esempio, lungo una parete o sul rivestimento di un divano)?

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE



Tratto da:
SFPE Engineering Guide
to Application of Risk
Assessment in Fire
Protection Design

SEGUE:

(e) L'incendio raggiunge il flashover e/o il pieno coinvolgimento del primo compartimento o spazio chiuso?

(f) Il fuoco si propaga in una seconda stanza, compartimento o spazio?

(g) Il fuoco si sviluppa in un secondo piano o livello?

(h) Il fuoco si sviluppa al di là della costruzione, della struttura, del veicolo o altro oggetto di origine?

(i) L'incendio decade per autoestinzione o è attivamente estinto?

(j) Quali sono gli stati di tutte le caratteristiche di protezione antincendio passiva e attiva? Ciò può in parte riflettere la corretta esecuzione (ovvero la mancanza) di manutenzione e controllo di tali misure. Può verificarsi un completo o parziale mancato intervento di un sistema di protezione?

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

SEGUE:



Tratto da:
SFPE Engineering Guide
to Application of Risk
Assessment in Fire
Protection Design

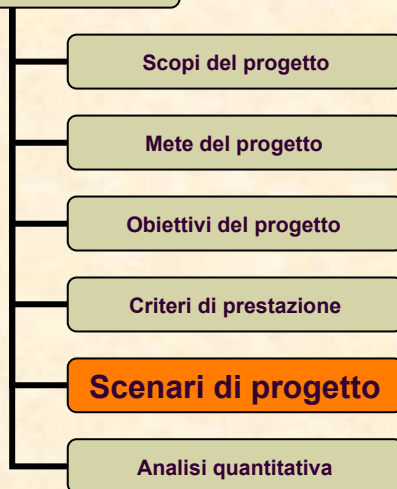
(k) A parte la dinamica dell' incendio, possono le condizioni iniziali subire una modifica nel corso dell' incendio (ad esempio, aperture si porte e finestre, direzione ed intensità del vento)?

(l) Quali altri eventi (ad esempio, il comportamento umano nell' evacuazione o nella lotta contro l'incendio) si verificano che influenzano il corso dell' incendio o l'esposizione degli occupanti ai suoi effetti? Se vi sono manifestazioni comportamentali, quali sono gli stati di conoscenze, abilità, atteggiamenti, le vulnerabilità, e la posizione degli occupanti e di altri individui quando inizia il fuoco? Conoscenze, abilità e atteggiamenti riflettono la formazione e la più ampia cultura della sicurezza o la mancanza della stessa.

(m) Quali sono i risultati dell' incendio (ad esempio, chi e che cosa sono esposti al fuoco e qual è la gravità del danno)?

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

IL PROCESSO DELLA PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE



SCENARIO D' INCENDIO

(D.M. 9 maggio 2007)

**DESCRIZIONE QUALITATIVA
DELL'EVOLUZIONE DI UN INCENDIO CHE
INDIVIDUA GLI EVENTI CHIAVE CHE LO
CARATTERIZZANO E CHE LO DIFFERENZIANO
DAGLI ALTRI INCENDI**

Comprende 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.**

Uno scenario di incendio è la rappresentazione della **possibile evoluzione dell' incendio**, e rappresenta gli **incendi più gravi ragionevolmente ipotizzabili.**

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE



- Come regola generale, si deve ricordare che uno **scenario di incendio altamente improbabile o troppo conservativo** può portare ad un progetto troppo costoso per l'edificio, che potrebbe portare a non realizzare l'edificio, o a ridurre certe funzionalità.
- Se, al contrario, si opta per uno scenario d'incendio di progetto determinato in modo **poco conservativo** (per esempio, una lunga fase di inizio ed una crescita lenta) le valutazioni successive ed il progetto delle misure di sicurezza potrebbero condurre ad un progetto con un rischio inaccettabile per gli occupanti.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE



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.

• **Scenario peggiore:** scenario che comporta le conseguenze peggiori in relazione a quanto stabilito dall'interessato o dalla norma

• **Peggior scenario credibile:** scenario che può essere ragionevolmente atteso e che comporta conseguenze non più gravi dello scenario peggiore.

Gli scenari di incendio identificati, che di solito sono in numero elevato, saranno successivamente **filtrati** (e cioè combinati o eliminati) in un sottoinsieme di scenari di incendio di progetto per i quali verranno sviluppati e valutati progetti di prova (soluzioni progettuali alternative).

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE



Il passaggio dagli scenari possibili a quelli di progetto è un processo di riduzione del numero dei primi fino ad una quantità in grado di essere trattata nei calcoli.

In quale modo si deve procedere per selezionare quelli che poi saranno oggetto di valutazione quantitativa?

SELEZIONE DEGLI SCENARI

Approccio probabilistico
Approccio deterministico
Approccio normativo

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE



SELEZIONE DEGLI SCENARI

Approccio probabilistico

Tale approccio riguarda la valutazione probabilistica dell'insorgenza dell'incendio e delle relative conseguenze; se la verosimiglianza di uno o più gruppi di scenari è considerata bassa, questi possono essere eliminati dall'analista.

- Failure analysis: studio dei guasti e delle indisponibilità
- What if analysis: cosa avviene se un determinato guasto o evento si verificano
- Failure Modes and Effects Analysis (FMEA): analisi dei modi di guasto e dei relativi effetti
- Analisi storica, manuali operative e liste di controllo: analisi storica dei dati incidentali
- Metodi ad indici (Dow-Mond)

È l'approccio tipico della valutazione del rischio nel settore delle A.R.I.R.

L'applicazione nell'edilizia civile è ostacolata dalla mancanza di dati disponibili circa le probabilità di guasto, l'affidabilità dei componenti e i dati storici.

Per identificare gli incidenti:

- Liste di controllo (check list)
- Analisi di Operabilità
- F.M.E.A. (Analisi dei Modi e degli Effetti di Guasto)
- Analisi Storica
- altre tecniche note

Esempio di check list

- E' stato previsto un bacino di contenimento?
- E' stata calcolata la portata della perdita?
- E' stata verificata la portata dell'acqua antincendio rispetto all'incidente?
- ...

Check list

Some questions that should be asked during conceptual design:

1. Is the product hazardous? If so, what alternative products have been evaluated (cost, convenience, effectiveness)?
2. Are the raw materials or intermediates hazardous? If so, what alternative routes are available? Have they been evaluated?
3. If the inventory in the reactor and associated equipment (heaters, coolers, recycle streams, etc) is large and hazardous, can we change the type of reactor from a pot to a tube, from liquid phase to vapor phase, from externally cooled to internally cooled, or from batch to continuous?
4. Alternatively, can we reduce the inventory by increasing temperature or pressure, by changing catalyst or catalyst concentration, by better mixing, or by increasing conversion so that there is less recycle?
5. Alternatively, can we make the inventory less hazardous by lowering the temperature below the boiling point or by dilution with a solvent?
6. If the reaction is liable to run away can we reduce the chance of a runaway by operating further from the runaway temperature or by adding the reactants in a different order?
7. If a hazardous solvent is used, can we use a different solvent instead, or no solvent?
8. Can changes in the reaction section simplify separation or reduce the inventory in the separation section.
9. In the distillation section can we use Higees instead of conventional columns?
10. If not, can we reduce inventory by using an internal dephlegmator instead of an external condenser, by using an internal calandria instead of an external reboiler, by using low inventory plates or packing, by fitting a narrow base, by using a condenser with a boot instead of a reflux drum, by combining two columns into one or by using another method of separation?

Do not accept 'No' as an answer. If someone says 'No', ask "If you had to, how would you?"

For further similar questions see reference 2, from which these items have been adapted.

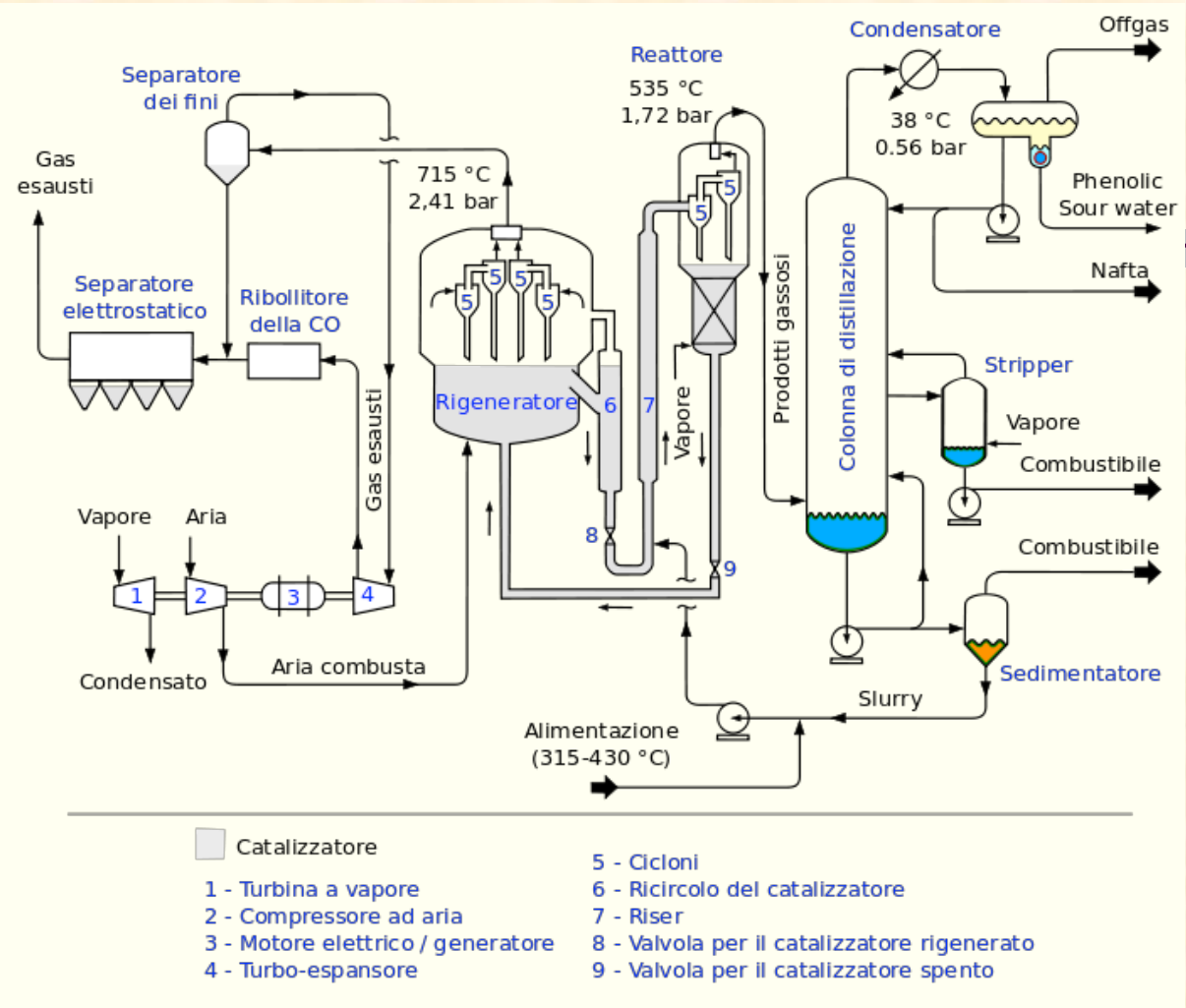
Esempio di HAZOP

PAROLA GUIDA	DEVIAZIONE	CAUSE	CONSEGUENZE	AZIONE
TROPPO	TROPPIA PORTATA	INDICATORE DI LIVELLO GUASTO	FUORIUSCITA PRODOTTO	CONTROLLO PERIODICO DELL'INDICA TORE DI LIVELLO

Example of HAZOP Matrix

Guide word Process-variable	No	Low	High	Part of	Also	Other than	Reverse
Flow	No flow	Low flow	High flow	Missing ingredients	Impurities	Wrong material	Reverse flow
Level	Empty	Low level	High level	Low interface	High interface	-	-
Pressure	Open to atmosphere	Low pressure	High pressure	-	-	-	Vacuum
Temperature	Freezing	Low temp.	High temp.	-	-	-	Auto refrigeration
Agitation	No agitation	Poor mixing	Excessive mixing	Irregular-mixing	Foaming	-	Phase separation
Reaction	No reaction	Slow reaction	"Runaway reaction"	Partial reaction	Side reaction	Wrong reaction	Decomposition
Other	Utility failure	External leak	External rupture	-	-	Start-up Shutdown Maintenance	-

Hazard Operability



Parametro	Parola Chiave	Deviazione Tipica
Livello	Alto	Malfunzionamento del misuratore di livello
Flusso	No	Blocco (di una conduttura per otturazione)
Azione	Prima/Dopo	L'operatore non esegue correttamente una sequenza di montaggio di un componente
Contenimento	Parziale	Perdita
Tensione	Alta	Perdita di isolamento verso linea a tensione più alta
Utility	Parziale	Perdita dall'impianto di distribuzione emulsioni da taglio

**Table 2 OPERABILITY STUDY OF PROPOSED OLEFIN DIMERISATION UNITS: RESULTS OF LINE SECTION
MEDIATE STORAGE TO BUFFER/SETTLING TANK**

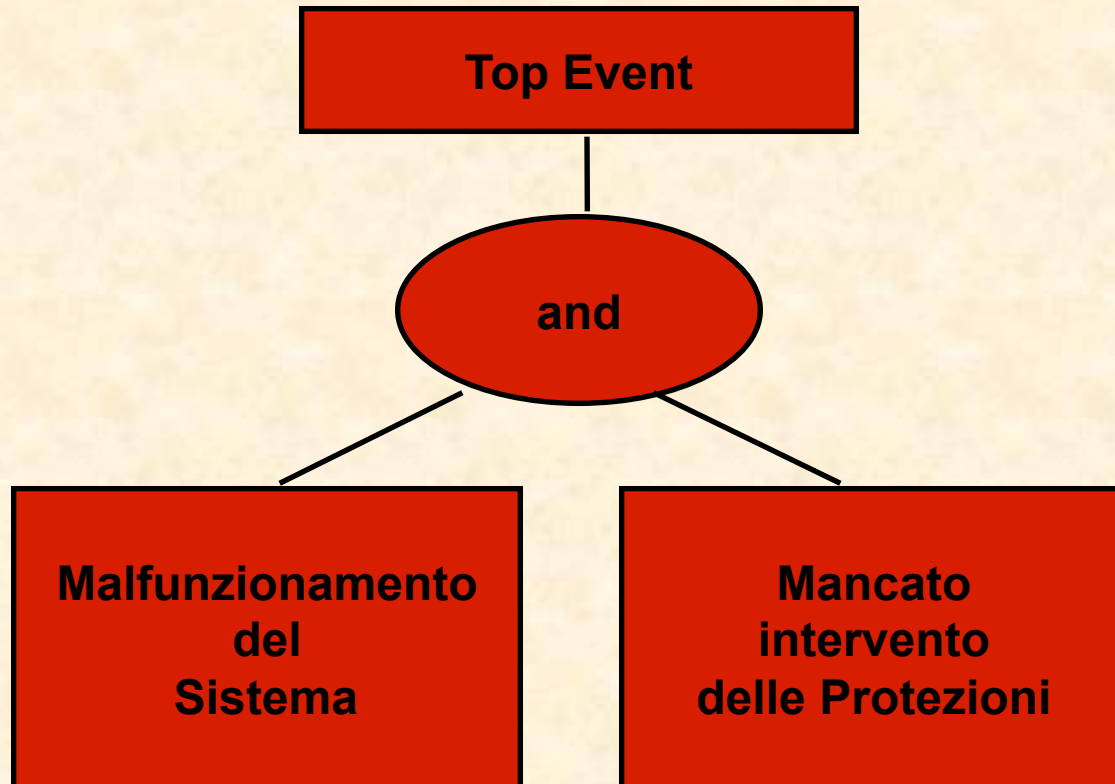
The guide words are applied to the design intention which states what the equipment is expected to DO

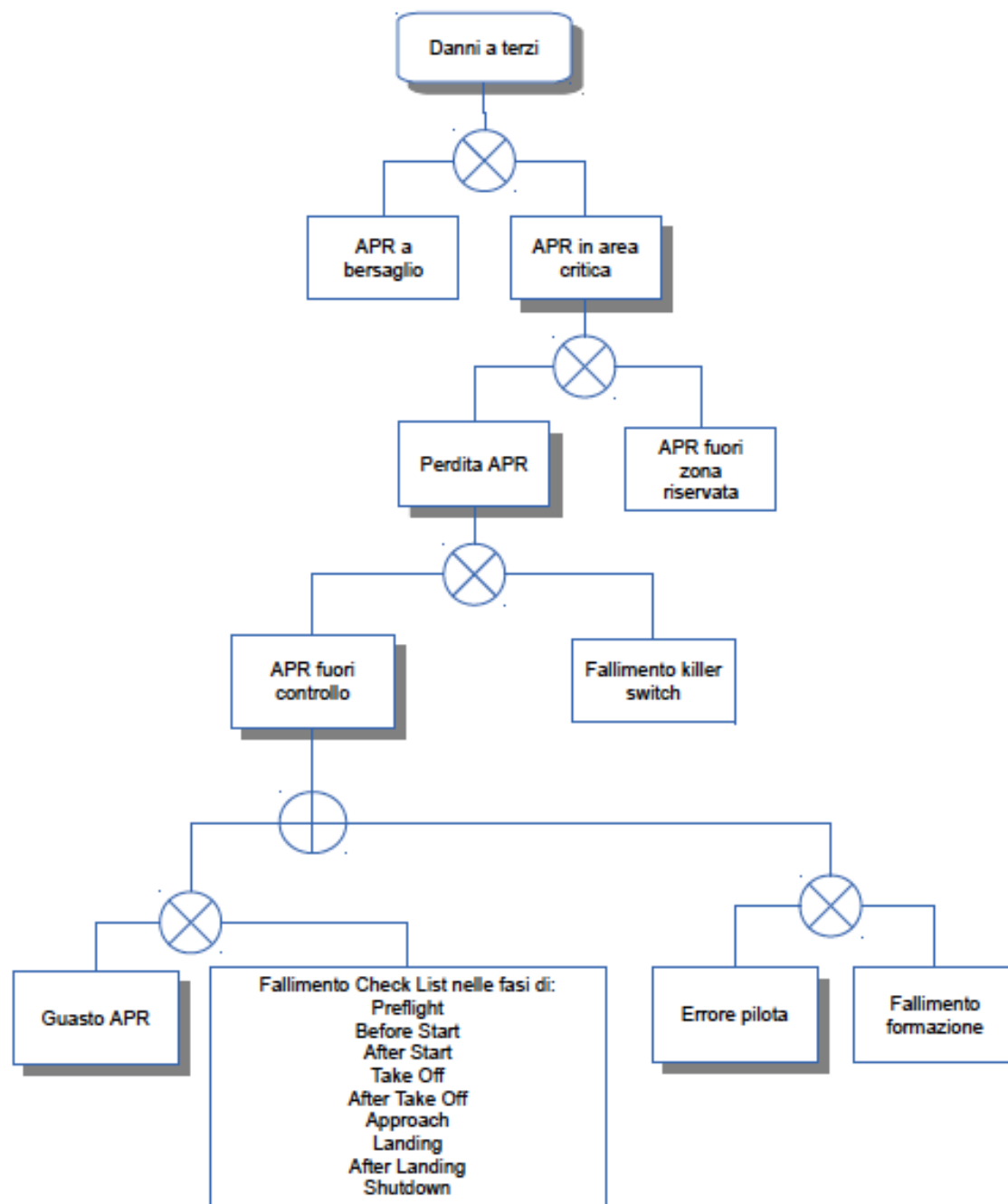
Guide Word	Deviation	Possible Causes	Consequences	Action R
Not, No	NO FLOW	(1) No hydrocarbon available at intermediate storage	Loss of feed to reaction section and reduced output, Polymer formed in heat exchanger under no flow conditions	(a) Ensure good with intermed operator (b) Install low settling tank level
		(2) J1 pump fails (motor fault, loss of drive, impeller corroded away, etc)	As for (1)	Covered by (b)
		(3) Line blockage, isolation valve closed in error, or LCV fails shut	As for (1) J1 pump overheats	Covered by (b) (c) Install kickback (d) Check design strainers
		(4) Line fracture	As for (1) Hydrocarbon discharged into area adjacent to public highway	Covered by (b) (e) Institute regular inspection of
More	MORE FLOW	(5) LCV fails open or LCV bypass open in error	Settling tank overfills	(f) Install high level and check size site liquid over (g) Institute lockout for LCV bypass (h) Extend J2 pump 12 in above tank
	MORE PRESSURE	(6) Isolation valve closed in error or LCV closes, with J1 pump running	Transfer line subjected to full pump delivery or surge pressure	(i) Covered by (j) kickback block Check line, ratings, and speed of LCV Install a PG and an indicator settling tank

Per valutare le probabilità:

- Esperienza storica
- Banche Dati
- Alberi di Guasto
- Alberi degli Eventi

Esempio Albero dei Guasti





Esempio Albero degli Eventi

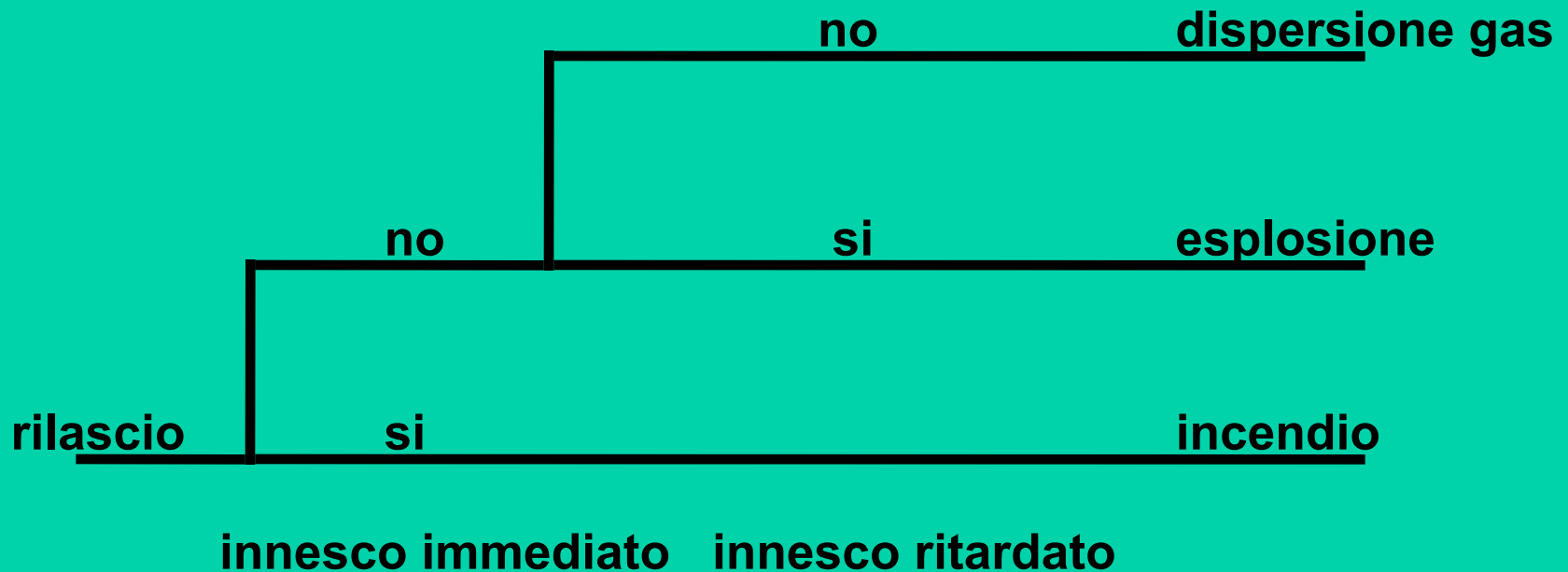
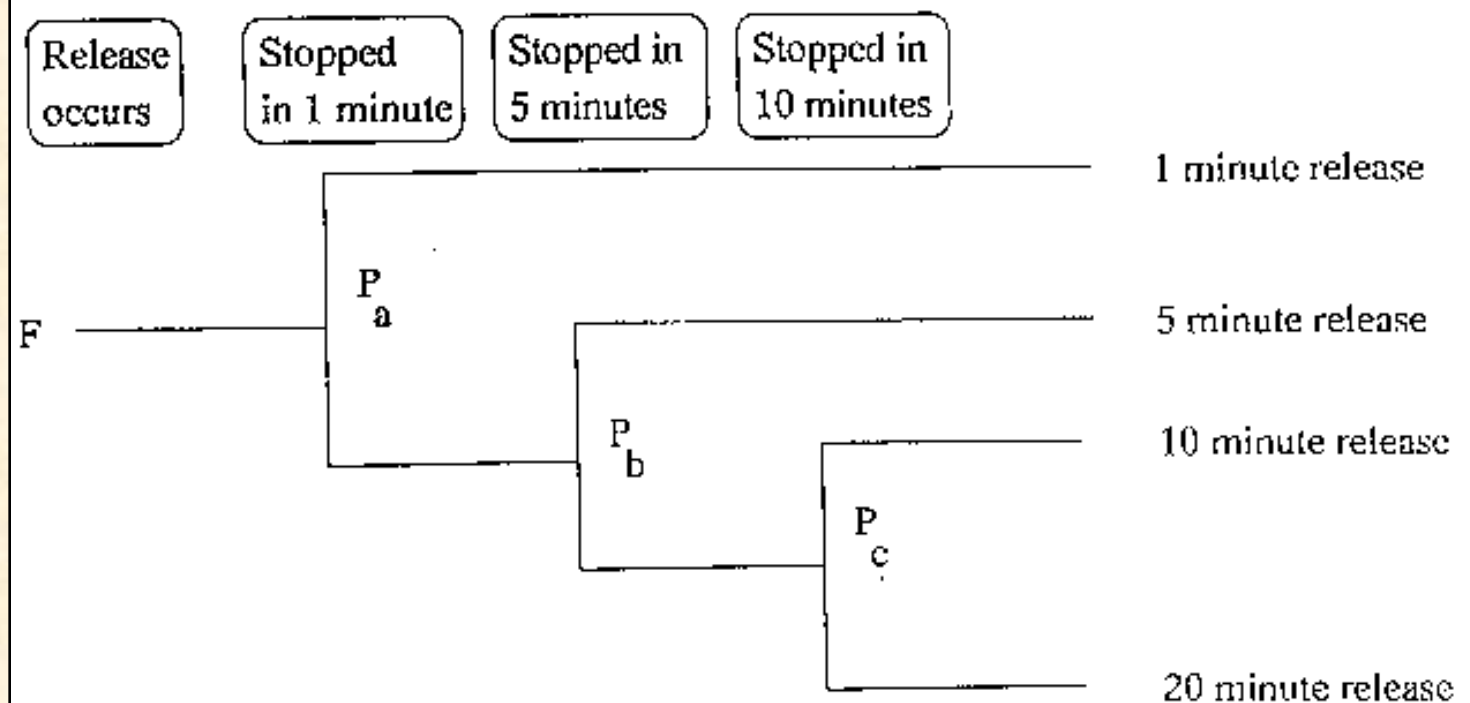
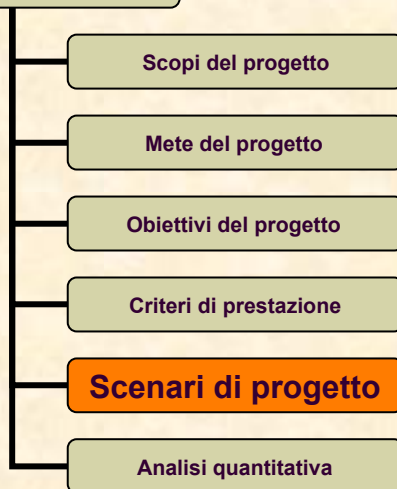


FIGURE 4 Event Tree for Partitioning Release Frequency Between Durations



L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

IL PROCESSO DELLA PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE



SELEZIONE DEGLI SCENARI

Approccio deterministico

• Il filtro più importante è quello del giudizio basato sull'esperienza e sulla conoscenza della materia da parte del professionista.

• Questo approccio si fonda sulle **analisi o sui giudizi basati sulla chimica, sulla fisica** e sulle correlazioni sviluppate da prove sperimentali per prevedere le conseguenze dell'incendio.

• Secondo questo approccio si valutano **analiticamente** gli scenari per verificarne se possono fornire degli effetti che superano i criteri di prestazione stabiliti.

• L'identificazione degli elementi di rischio d'incendio che caratterizzano una specifica attività, se condotta in conformità a quanto indicato dal **decreto del Ministro dell'interno 4 maggio 1998** e dal **decreto del Ministro dell'interno 10 marzo 1998**, permette di definire gli scenari d'incendio, intesi quali proiezioni dei possibili eventi di incendio.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

IL PROCESSO DELLA PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE

Scopi del progetto

Mete del progetto

Obiettivi del progetto

Criteri di prestazione

Scenari di progetto

Analisi quantitativa

SELEZIONE DEGLI SCENARI

Approccio deterministico

- In fase di progetto il progettista **non dispone delle informazioni che riguardano la gestione**: il modo più plausibile di operare è quello di fare delle assunzioni che poi devono essere debitamente evidenziate nel seguito, fino a determinare delle condizioni di esercizio per il gestore. Fondamentale a questo riguardo il contenuto del **D.M. 9 maggio 2007** circa il programma relativo al **sistema di gestione della sicurezza antincendio** (SGSA).
- Con tale approccio “**esperto**” non è necessario valutare le frequenze di accadimento (peraltro, in molti casi, impossibili da calcolare per mancanza di dati).

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

IL PROCESSO DELLA PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE

Scopi del progetto

Mete del progetto

Obiettivi del progetto

Criteri di prestazione

Scenari di progetto

Analisi quantitativa

SELEZIONE DEGLI SCENARI

Approccio normativo

La norma **NFPA 101 (life safety code)** in alternativa alla definizione degli scenari secondo le valutazioni esperte, prevede la prova del progetto e la valutazione rispetto ad **8 scenari predeterminati**.

A loro volta, ciascuno di questi scenari potrà essere multiplo o non applicabile, a seconda delle caratteristiche dell'edificio.

La **norma NFPA 914 (code for fire protection of historic structures)** aggiunge a tali scenari **quattro ulteriori indicazioni** per la valutazione della tutela dei beni.

In particolare, inoltre, nella norma NFPA 914 l'esame degli scenari deve considerare sia gli aspetti di **sicurezza delle persone (parte A)** che di **salvaguardia dei beni (parte B)**.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

IL PROCESSO DELLA PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE

Scopi del progetto

Mete del progetto

Obiettivi del progetto

Criteri di prestazione

Scenari di progetto

Analisi quantitativa

SELEZIONE DEGLI SCENARI

Approccio normativo

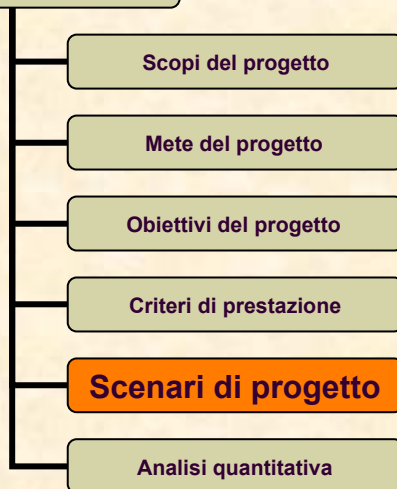
In relazione alle caratteristiche dell'edificio, inoltre, gli scenari devono contenere alcune specificazioni, quali la **posizione iniziale dell'incendio** ed i **valori iniziali della produzione di fumo e di calore**, le **caratteristiche dei materiali presenti**, **dell'intervento umano e degli impianti**.

Tali scenari sono identificati in modo da consentire di individuare **tutti i possibili rischi provenienti da ambienti presidiati e non presidiati**.

Rispetto alla procedura di selezione esperta, questo metodo garantisce certamente una **maggiore oggettività**, dato che la base di ciascuno scenario è stabilita a priori.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

IL PROCESSO DELLA PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE



SELEZIONE DEGLI SCENARI

Approccio normativo

Scenario 1 - Questo scenario descrive un *incendio che si sviluppa durante una fase normale dell'attività*.

Nella definizione delle condizioni rappresentative dovranno essere prese in considerazione specificamente:

- *le attività delle persone presenti;*
- *il numero e la posizione delle persone presenti;*
- *la dimensione dei locali, il tipo e la quantità di mobilio, dei rivestimenti e del materiale contenuto nell'ambiente;*
- *le proprietà del combustibile presente;*
- *le fonti di innesco;*
- *le condizioni di ventilazione;*
- *il primo oggetto ad essere incendiato e la sua posizione.*

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE



SELEZIONE DEGLI SCENARI

Approccio normativo

Scenario 2 - Questo scenario descrive un *incendio che si sviluppa con la combustione di un materiale con curva di crescita ultra veloce, ubicato nella via di esodo più importante*. Le porte interne all'inizio dell'incendio sono aperte. In particolare:

- **Parte A:** questo scenario particolare deve riguardare la simulazione dell'incendio con specifica attenzione ai problemi di esodo delle persone. Infatti, in considerazione del fatto che l'incendio riduce il numero di vie di esodo disponibili, dovrà essere valutata la disponibilità ed efficacia dei sistemi di esodo alternativi.
- **Parte B:** questo scenario particolare deve riguardare la simulazione dell'incendio con specifica attenzione ai problemi determinati dagli effetti di una rapida propagazione dell'incendio sui beni da proteggere, sulle finiture interne e sui componenti strutturali.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

IL PROCESSO DELLA PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE

Scopi del progetto

Mete del progetto

Obiettivi del progetto

Criteri di prestazione

Scenari di progetto

Analisi quantitativa

SELEZIONE DEGLI SCENARI

Approccio normativo

Scenario 3 - Questo scenario descrive un *incendio che ha inizio in un locale in cui normalmente non sono presenti persone ma che, per la sua posizione, può mettere in pericolo un grande numero di persone presenti in un altro locale dell'edificio.*

- **Parte A:** questo scenario particolare deve riguardare la simulazione dell'incendio che ha inizio in una stanza in cui normalmente non sono presenti persone e che migra verso l'ambiente che può contenere il più grande numero di persone nell'edificio.
- **Parte B:** questo scenario particolare deve riguardare la simulazione dell'incendio che partendo da un locale non occupato può crescere e mettere in pericolo la zona di maggiore interesse per i beni presenti.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE



SELEZIONE DEGLI SCENARI

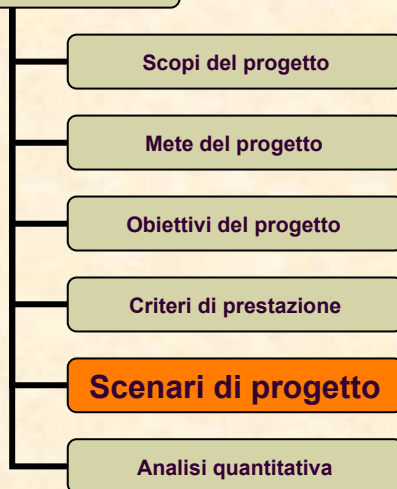
Approccio normativo

Scenario 4 - Questo scenario descrive un *incendio che ha origine in una intercapedine o in un controsoffitto adiacente ad un locale di dimensioni rilevanti in cui sono presenti persone.*

- **Parte A:** questo scenario particolare deve riguardare la simulazione dell'incendio che ha origine in una intercapedine che non è protetta né da un sistema di rilevazione né di soppressione e che si propaga nell'ambiente all'interno dell'edificio che può ospitare il maggior numero di persone.
- **Parte B:** questo scenario particolare deve riguardare la simulazione dell'incendio che, partendo da un locale in cui non sono presenti persone che non è protetto né da sistema di rilevazione né di soppressione, può crescere e mettere in pericolo la zona di maggiore interesse per i beni presenti.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

IL PROCESSO DELLA PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE



SELEZIONE DEGLI SCENARI

Approccio normativo

Scenario 5 - Questo scenario descrive un *incendio di un materiale con curva di crescita lenta rallentato dai sistemi di soppressione, in adiacenza ad una zona con affollamento*.

- **Parte A:** questo scenario particolare deve riguardare la simulazione dell'incendio che parte da un innesco relativamente piccolo ma che causa un incendio rilevante.
- **Parte B:** questo scenario particolare deve riguardare la simulazione dell'incendio che parte da un innesco relativamente piccolo ma che causa un incendio rilevante che può mettere tutta l'area di maggiore interesse per i beni presenti a rischio a causa del ritardo nell'attivazione della soppressione.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

IL PROCESSO DELLA PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE

Scopi del progetto

Mete del progetto

Obiettivi del progetto

Criteri di prestazione

Scenari di progetto

Analisi quantitativa

SELEZIONE DEGLI SCENARI

Approccio normativo

Scenario 6 - Questo scenario descrive un *incendio intenso, dovuto al maggior carico di incendio possibile nelle normali operazioni svolte nell'edificio*. Si riferisce ad una crescita rapida in presenza di persone.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

IL PROCESSO DELLA PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE

Scopi del progetto

Mete del progetto

Obiettivi del progetto

Criteri di prestazione

Scenari di progetto

Analisi quantitativa

SELEZIONE DEGLI SCENARI

Approccio normativo

Scenario 7 - Questo scenario rappresenta *l'esposizione ad un incendio esterno*. Si riferisce ad una combustione che inizia in una zona distante dall'area interessata alla valutazione e che si propaga nell'area oppure ne blocca le vie di esodo o rende al suo interno non sostenibili le condizioni.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

IL PROCESSO DELLA PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE

Scopi del progetto

Mete del progetto

Obiettivi del progetto

Criteri di prestazione

Scenari di progetto

Analisi quantitativa

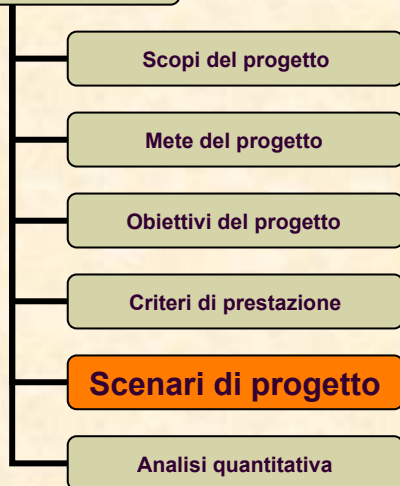
SELEZIONE DEGLI SCENARI

Approccio normativo

Scenario 8 - Questo scenario descrive un *incendio che ha origine nei combustibili ordinari oppure in un'area o stanza con sistemi di protezione (attivi o passivi) messi uno alla volta fuori uso*. Questo scenario valuta l'evoluzione dell'incendio in relazione ai singoli sistemi di protezione o prodotti, considerati singolarmente non affidabili o non disponibili.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

IL PROCESSO DELLA PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE



CONSIDERAZIONI FINALI SULLA SCELTA DEGLI SCENARI

- La selezione degli scenari fondata sul **“giudizio esperto”** (*definito dall'SFPE ed adottato dal D.M. 9 maggio 2007*) investe la capacità professionale del valutatore e dell'Organo di controllo. Consente di svolgere analisi puntuali della sicurezza.
- Il metodo di selezione basato sull'uso degli **scenari predefiniti** (*norma NFPA 101*) solleva dalla responsabilità di decidere ma è molto gravoso e non consente di svolgere analisi ritagliate sulla specificità dei singoli edifici.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

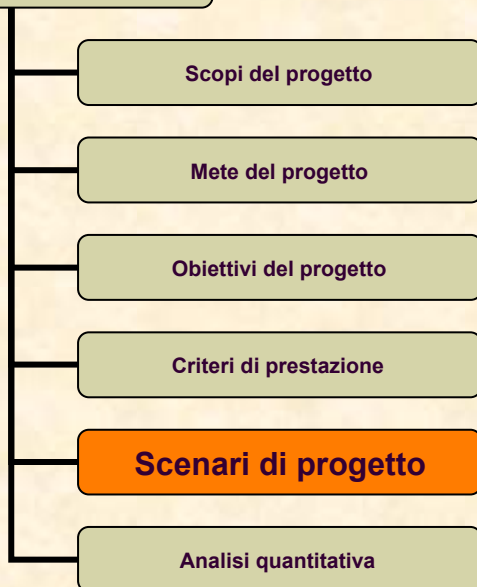


CONSIDERAZIONI FINALI SULLA SCELTA DEGLI SCENARI

- La definizione degli scenari d'incendio di progetto è il passaggio centrale del processo di progettazione prestazionale.
- I programmi di calcolo saranno sempre più “easy” con il rischio di un utilizzo indiscriminato; i modelli di calcolo mascherano le incertezze sulla appropriatezza delle ipotesi di base adottate.
- Ciò che sarà insostituibile sarà il giudizio esperto nella scelta degli scenari.
- È fondamentale la condivisione delle scelte, in particolare sugli obiettivi e soprattutto sugli scenari, tra le parti interessate e l'Organo di controllo.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

IL PROCESSO DELLA PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE



CARATTERIZZAZIONE E QUANTIFICAZIONE DEGLI SCENARI

Identificati gli scenari di progetto si deve provvedere **all'attribuzione di grandezze numeriche ai parametri che intervengono nella definizione dello scenario:**

- caratteristiche dell'edificio;
- caratteristiche degli occupanti;
- curve di incendio.

Gli scenari di incendio devono essere descritti in dettaglio sufficiente da permettere la loro quantificazione durante lo sviluppo dell'incidente ipotizzato ed il calcolo dei progetti di prova.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

IL PROCESSO DELLA
PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE

Scopi del progetto

Mete del progetto

Obiettivi del progetto

Criteri di prestazione

Scenari di progetto

Analisi quantitativa

CARATTERIZZAZIONE E QUANTIFICAZIONE DEGLI SCENARI - CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO

Si fa riferimento ai dati fisici, ai contenuti, e agli ambienti interni ed esterni in quanto questi aspetti possono influenzare l'esodo degli occupanti, la crescita e la diffusione del fuoco, così come la diffusione ed i movimenti dei prodotti della combustione.

Aspetti architettonici:

- *l'area e la geometria del compartimento;*
- *l'altezza e la configurazione dei soffitti;*
- *le proprietà di combustione e termofisiche delle finiture interne;*
- *le caratteristiche dei materiali con cui sono costruite mura, tramezzi, pavimenti e soffitti e loro proprietà;*
- *la posizione, dimensioni e quantità di aperture o aree con bassa resistenza all'incendio nelle murature esterne, che possono fornire ventilazione;*
- *la configurazione e posizione di cavedi e parti vuote nascoste come pavimenti rialzati, cavedi verticali, controsoffitti, ecc.;*
- *il numero di piani sopra e sotto il piano di accesso;*
- *la localizzazione dell'edificio in relazione ai confini di proprietà e di altri edifici che presentino rischio di incendio;*
- *le interconnessioni tra compartimenti.*

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

IL PROCESSO DELLA
PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE

Scopi del progetto

Mete del progetto

Obiettivi del progetto

Criteri di prestazione

Scenari di progetto

Analisi quantitativa

CARATTERIZZAZIONE E QUANTIFICAZIONE DEGLI SCENARI - CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO

Componenti strutturali: la verifica del comportamento al fuoco delle strutture può essere svolta integralmente attraverso l'approccio prestazionale. Ai fini della selezione degli scenari, però, è importante capire in quale modo tale comportamento manifesti i suoi effetti sull'evoluzione globale dell'incendio. A tale scopo sono di interesse informazioni su:

- ***posizione e dimensione degli elementi portanti;***
- ***materiale di costruzione e proprietà degli elementi strutturali (e cioè resistenza, conduttività termica, calore specifico, eventuali protezioni e caratteristiche di vincolo e di connessione);***
- ***caratteristiche del materiale di protezione (e cioè spessore, conduttività termica, calore specifico) e carichi strutturali di progetto;***
- ***carico di incendio dell'edificio.***

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

IL PROCESSO DELLA
PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE

Scopi del progetto

Mete del progetto

Obiettivi del progetto

Criteri di prestazione

Scenari di progetto

Analisi quantitativa

CARATTERIZZAZIONE E QUANTIFICAZIONE DEGLI SCENARI - CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO

Componenti del sistema di esodo: dato che il comportamento delle persone presenti e delle squadre di soccorso può determinare in modo importante l'evoluzione dell'incendio, devono essere note le **componenti del sistema di esodo**, così come **posizione, la capacità delle vie di esodo e la lunghezza devono essere determinate**.

Sistemi di protezione antincendio: in alcuni casi, è possibile che siano stati già installati dei sistemi di protezione, indipendentemente dalla valutazione prestazionale, quali:

- **sistemi di rivelazione (rivelatori di fumo, rivelatori di calore ecc.);**
- **sistemi di notificazione di allarme, (vocale, sonoro, luminoso..);**
- **sistemi di spegnimento di cui saranno note le caratteristiche, (e cioè tipo di agente, densità o concentrazione di scarica, caratteristiche di attivazione, localizzazione dei dispositivi di scarica, caratteristiche di attivazione come tipo di attivazione, o attivazione termica e RTI).**

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

IL PROCESSO DELLA
PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE

Scopi del progetto

Mete del progetto

Obiettivi del progetto

Criteri di prestazione

Scenari di progetto

Analisi quantitativa

CARATTERIZZAZIONE E QUANTIFICAZIONE DEGLI SCENARI - CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO

Servizi dell'edificio: dovrebbe essere nota la posizione e le caratteristiche dei servizi dell'edificio, delle apparecchiature presenti e dei processi eventualmente presenti. Elementi conoscitivi sono a tale scopo:

- ***la localizzazione, la capacità e le caratteristiche dei sistemi di ventilazione (meccanica, naturale, continuamente attiva);***
- ***la localizzazione e caratteristiche delle apparecchiature elettriche;***
- ***le potenziali fonti di innesco;***
- ***le apparecchiature per il processo manifatturiero.***

Uso dell'edificio: devono essere note le **caratteristiche di uso dell'edificio**, inclusi i **tempi di utilizzo attesi** (tipicamente una funzione del tempo del giorno e dei giorni della settimana, eventualmente della notte);

Caratteristiche di risposta dei Vigili del Fuoco: una ulteriore informazione che dovrebbe essere analizzata è relativa alle caratteristiche operative dei Vigili del Fuoco (**tempo di risposta delle squadre, accessibilità dei mezzi di soccorso, accesso dei soccorsi all'edificio, apparecchiature e servizi**).

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

IL PROCESSO DELLA PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE

Scopi del progetto

Mete del progetto

Obiettivi del progetto

Criteri di prestazione

Scenari di progetto

Analisi quantitativa

CARATTERIZZAZIONE E QUANTIFICAZIONE DEGLI SCENARI - CARATTERISTICHE DEGLI OCCUPANTI

Poiché il fine di qualsiasi valutazione è la salvaguardia della vita umana, in ogni caso sarà necessario acquisire delle **informazioni sulle caratteristiche delle persone che possono trovarsi nell'edificio**. A questo scopo, possono essere prese in considerazione le seguenti caratteristiche.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

IL PROCESSO DELLA
PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE

Scopi del progetto

Mete del progetto

Obiettivi del progetto

Criteri di prestazione

Scenari di progetto

Analisi quantitativa

CARATTERIZZAZIONE E QUANTIFICAZIONE DEGLI SCENARI - CARATTERISTICHE DEGLI OCCUPANTI

Caratteristiche della risposta: dovrebbero essere valutate le caratteristiche di risposta degli occupanti. Esse sono funzione di caratteristiche di base degli occupanti quali:

- **la sensibilità** (*l'abilità di udire il suono di un allarme o di riconoscere e di comprendere fattori olfattivi e visivi in aggiunta alle manifestazioni proprie del fuoco*);
- **la reattività** (*l'abilità di interpretare correttamente i segnali e di attivare le appropriate azioni*);
- **la familiarità con gli ambienti e una maggiore facilità di individuare le vie di esodo, la mobilità** (*la velocità di movimento*);
- **capacità individuali** (*disabili*);
- **la possibilità di fenomeni di affollamento** (*quali la formazione di archi alle uscite*);
- **la suscettibilità ai prodotti della combustione** (*limitazioni fisiche che potrebbero influenzare la sopravvivenza in un ambiente coinvolto in un incendio*).

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

IL PROCESSO DELLA
PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE

Scopi del progetto

Mete del progetto

Obiettivi del progetto

Criteri di prestazione

Scenari di progetto

Analisi quantitativa

CARATTERIZZAZIONE E QUANTIFICAZIONE DEGLI SCENARI - CARATTERISTICHE DEGLI OCCUPANTI

Tempi di esodo: la previsione del movimento degli occupanti durante le fasi di esodo è essenziale per garantire la loro sicurezza. Il punto principale è qui la stima o predizione del tempo richiesto per l'esodo, che è influenzato da un insieme di fattori, tra i quali:

- ***il numero degli occupanti (affollamento);***
- ***la distribuzione nell'edificio;***
- ***la risposta ai segnali (di un allarme incendio);***
- ***età, stato di salute, capacità mentali, motivazione e stato di veglia.***

Per stimare il tempo di esodo attraverso le vie di esodo disponibili, una volta trascorso il tempo di decisione (o di premovimento) sono disponibili metodi e modelli automatici.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

IL PROCESSO DELLA
PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE

Scopi del progetto

Mete del progetto

Obiettivi del progetto

Criteri di prestazione

Scenari di progetto

Analisi quantitativa

CARATTERIZZAZIONE E QUANTIFICAZIONE DEGLI SCENARI – ESEMPIO 1

Nuova struttura del locale smistamento bagagli di un terminal aeroportuale.

- **scopo del progetto:** ampliamento della struttura nel rispetto del livello di sicurezza attuale, in presenza di vincoli particolari
- **meta del progetto:** in caso di incendio, il personale che si trova all'interno deve potersi allontanare autonomamente e nessun prodotto della combustione deve raggiungere gli ambienti adiacenti
- **obiettivo del progetto:** mantenere sotto le soglie stabilite dalle norme l'irraggiamento e le % di gas tossici e nocivi
- **dati relativi all'opera:** il personale conosce la struttura, capacità di mobilità normali, il sistema di allarme è oggetto di manutenzione adeguata, esistono vincoli dovuti alla security sulle vie di esodo, il sistema antincendi è oggetto di manutenzione adeguata, ma c'è impossibilità di conoscere la natura di quello che può bruciare, aperture di ventilazione normali...

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

IL PROCESSO DELLA
PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE

Scopi del progetto

Mete del progetto

Obiettivi del progetto

Criteri di prestazione

Scenari di progetto

Analisi quantitativa

CARATTERIZZAZIONE E QUANTIFICAZIONE DEGLI SCENARI – ESEMPIO 1 (segue)

- **dati storici:** nei casi registrati di incendio di strutture aeroportuali (ad esempio, Dusseldorf, 1995) gli incendi hanno riportato conseguenze gravi



- **Giudizio esperto:** si ritiene necessario verificare il comportamento della struttura rispetto ad un incendio con curva di crescita veloce che determina l'attivazione degli impianti sprinkler. Tale attivazione non determina lo spegnimento dell'incendio ma solo il suo controllo nella fase iniziale a causa della propagazione rapida al materiale presente. I dispositivi che garantiscono la compartimentazione rispetto alla restante parte del terminal funzionano correttamente. L'incendio si verifica durante le ore notturne, ipotizzando che in tale periodo i tempi di decisione e di attivazione sono più lunghi del normale.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

IL PROCESSO DELLA
PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE

Scopi del progetto

Mete del progetto

Obiettivi del progetto

Criteri di prestazione

Scenari di progetto

Analisi quantitativa

CARATTERIZZAZIONE E QUANTIFICAZIONE DEGLI SCENARI – ESEMPIO 2

**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 nè 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.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

IL PROCESSO DELLA
PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE

Scopi del progetto

Mete del progetto

Obiettivi del progetto

Criteri di prestazione

Scenari di progetto

Analisi quantitativa

CARATTERIZZAZIONE E QUANTIFICAZIONE DEGLI SCENARI – ESEMPIO 3

**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.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

IL PROCESSO DELLA
PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE

Scopi del progetto

Mete del progetto

Obiettivi del progetto

Criteri di prestazione

Scenari di progetto

Analisi quantitativa

CARATTERIZZAZIONE E QUANTIFICAZIONE DEGLI SCENARI - CURVE DI INCENDIO

Elementi di caratterizzazione dello scenario di incendio sono:

- caratterizzazione generale della curva d'incendio (lenta, media ecc.);
- stadi della crescita e dello sviluppo della curva di progetto d'incendio (la vita dell'incendio):
 - l' **innesco**;
 - la **crescita**;
 - il **flashover**;
 - il **decadimento**.

Le curve di incendio di progetto sono una parte vitale della definizione tecnica o ingegneristica di uno scenario di progetto.

Le curve di incendio di progetto stabiliscono **una relazione tra HRR ed il tempo**.

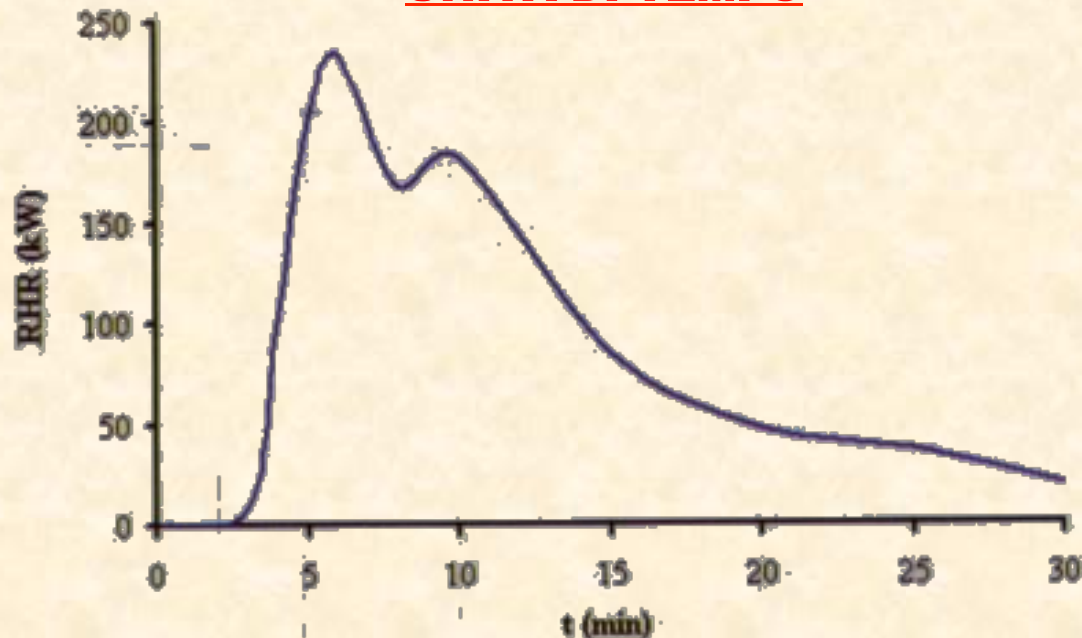
L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

CARATTERIZZAZIONE E QUANTIFICAZIONE DEGLI SCENARI - CURVE DI INCENDIO

DEFINIZIONE

curva di rilascio termico (Heat Release Rate - HRR)

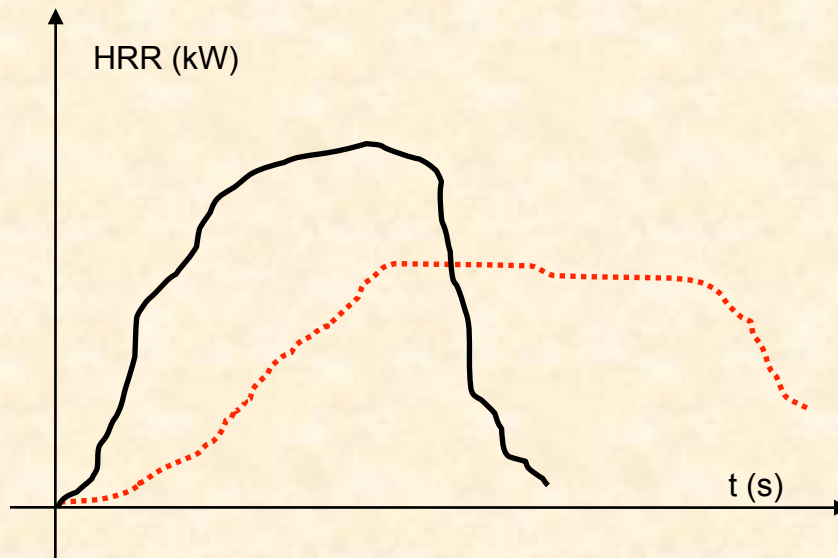
**ENERGIA TERMICA EMESSA DA UN FOCOLARE O DA UN INCENDIO PER
UNITÀ DI TEMPO**



L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

CARATTERIZZAZIONE E QUANTIFICAZIONE DEGLI SCENARI - CURVE DI INCENDIO

Curva di rilascio termico (Heat Release Rate - HRR)



Variazione della potenza termica rilasciata nel tempo per due incendi a diverso sviluppo nei quali brucia lo stesso quantitativo di materiale

Durante l'evoluzione di un incendio il suo valore, ad un determinato istante, è dato dal prodotto fra il valore del potere calorifico H del combustibile e quello della velocità m_c di combustione:

$$RHR(t) = m_c(t) \cdot H$$

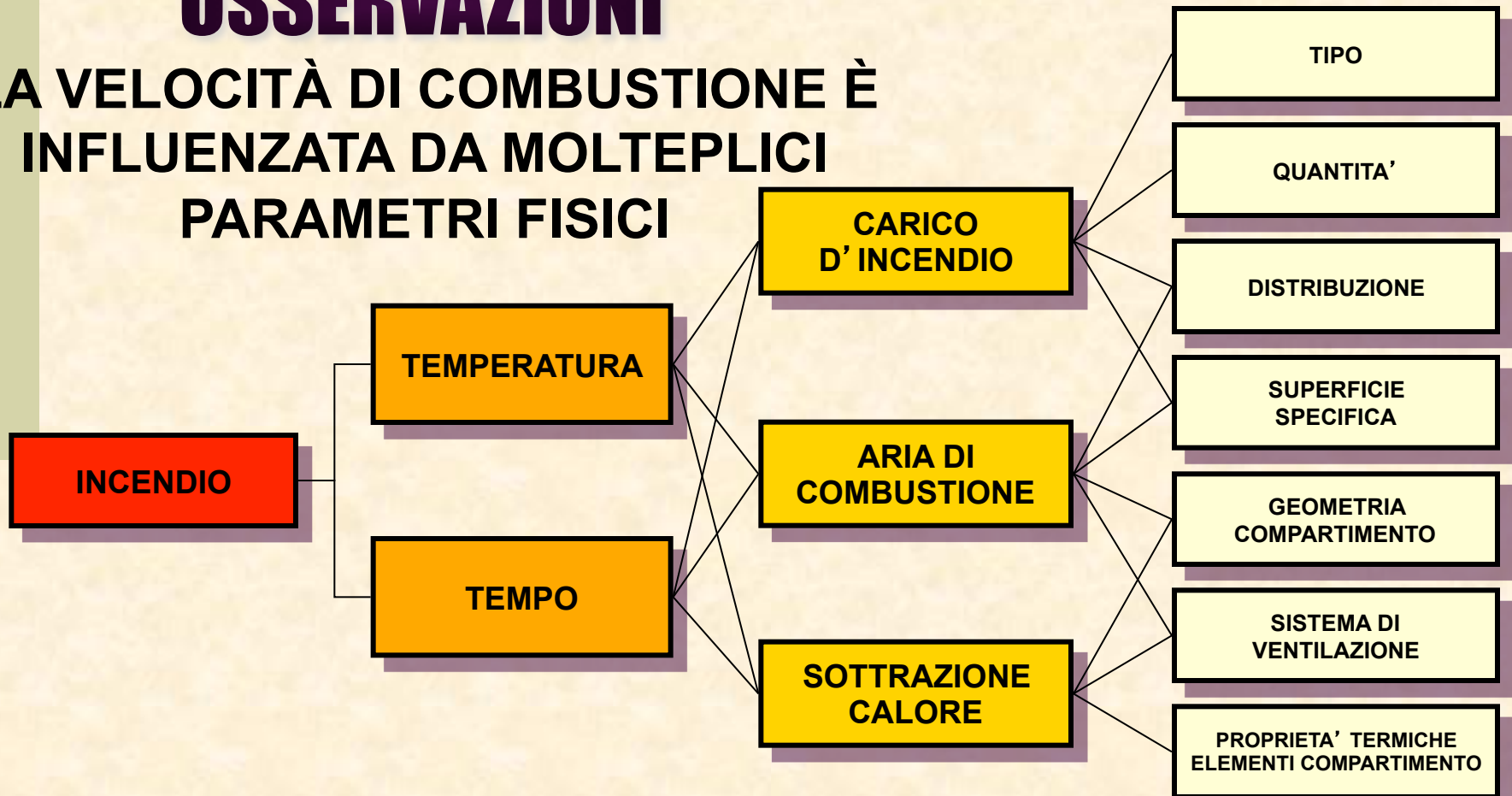
quindi la potenza termica rilasciata è direttamente proporzionale alla velocità di combustione.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

CARATTERIZZAZIONE E QUANTIFICAZIONE DEGLI SCENARI - CURVE DI INCENDIO

OSSERVAZIONI

LA VELOCITÀ DI COMBUSTIONE È
INFLUENZATA DA MOLTEPLICI
PARAMETRI FISICI

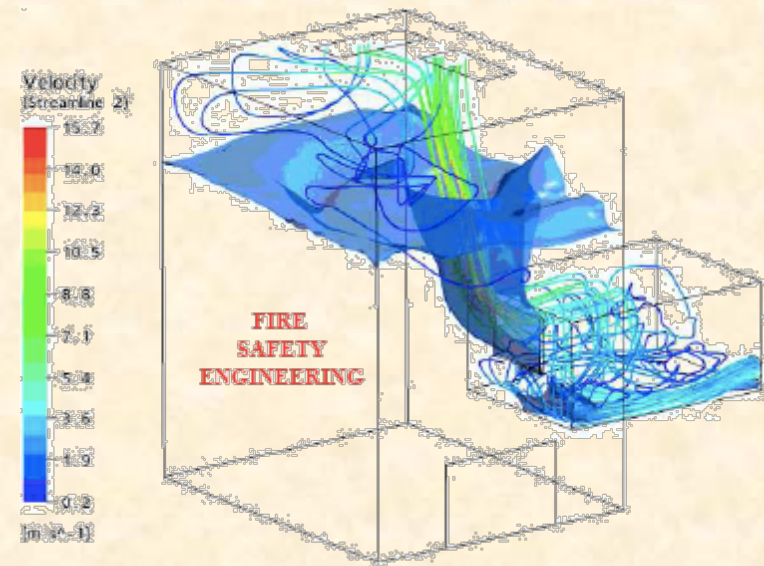


L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

CARATTERIZZAZIONE E QUANTIFICAZIONE DEGLI SCENARI - CURVE DI INCENDIO

OSSERVAZIONI

- Il carico d'incendio da solo non può descrivere la dinamica dell'incendio ma solo la sua fase post flashover.
- Ai fini delle verifiche di sicurezza bisogna esaminare la prima fase di ignizione e di crescita dell'incendio.
- In questa fase lo sviluppo dell'incendio dipende da forma, pezzatura e caratteristiche del combustibile.
- Il principali programmi di calcolo per la valutazione degli effetti dell'incendio richiedono come dato di input la variazione nel tempo della potenza termica rilasciata in relazione alle condizioni del combustibile ed alle caratteristiche dell'ambiente.



L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

CARATTERIZZAZIONE E QUANTIFICAZIONE DEGLI SCENARI - CURVE DI INCENDIO

Per definire una curva di incendio, espressa come relazione tra potenza termica emessa e tempo, possono essere utilizzati molti metodi: **dati disponibili, test di laboratorio o calcolare uno sviluppo teorico**. In un progetto prestazionale, per determinare le curve di incendio di progetto, è utile disporre dei dati derivanti da più di uno di questi metodi. In particolare:

LETTERATURA SPECIALIZZATA: quando si sviluppa uno scenario di incendio di progetto e si definisce la curva di incendio di progetto, l'uso di dati precedentemente determinati e pubblicati è un importante strumento di lavoro;

PROVE SPERIMENTALI: le prove sperimentali possono essere usate per raccogliere dati sull'HRR per determinare curve di incendio di progetto. A questo proposito si deve ricordare che sono disponibili molti metodi standard di prova, dai modelli in scala ai singoli pezzi di mobilia fino agli interi locali completi.

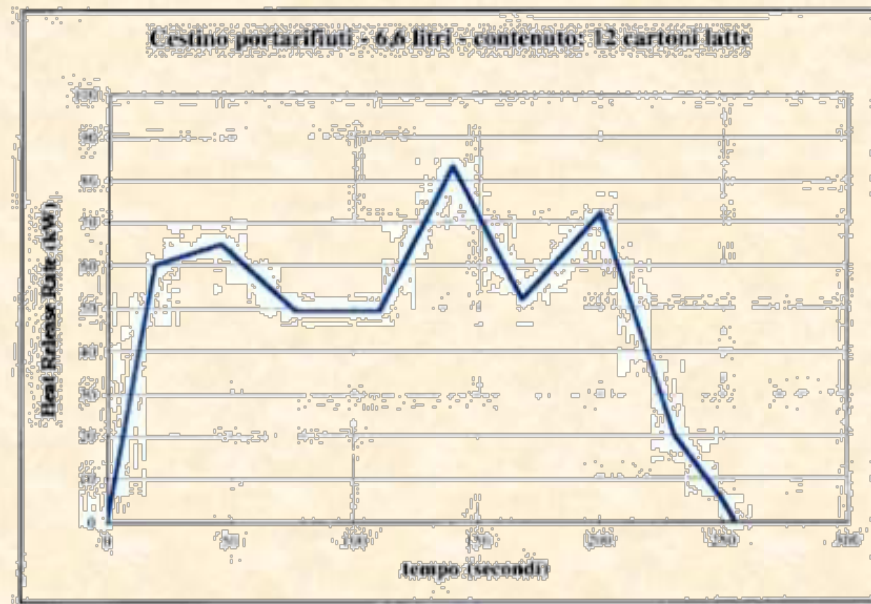


L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

Cestino rifiuti in polietilene da 6,6 l - cont.to: 12 cartoni latte
(polyethylene 6.6 L wastebasket with 12 milk cartons)

(fonte: V. Babrauskas "Burning Rates" - The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering)

- valore massimo HRR = 83 kW
- energia totale rilasciata: 13 MJ

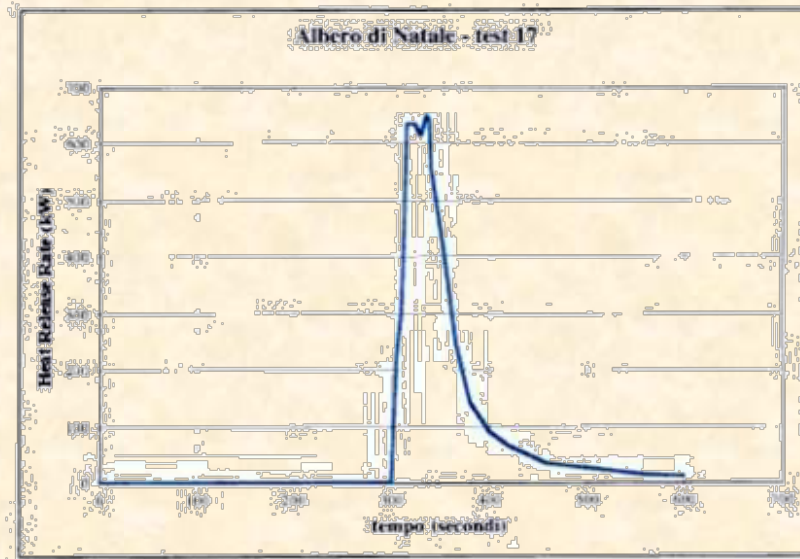


L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

Albero di Natale (Christmas tree - test 17)

Fonte: V. Babrauskas - Burning Rates - The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering

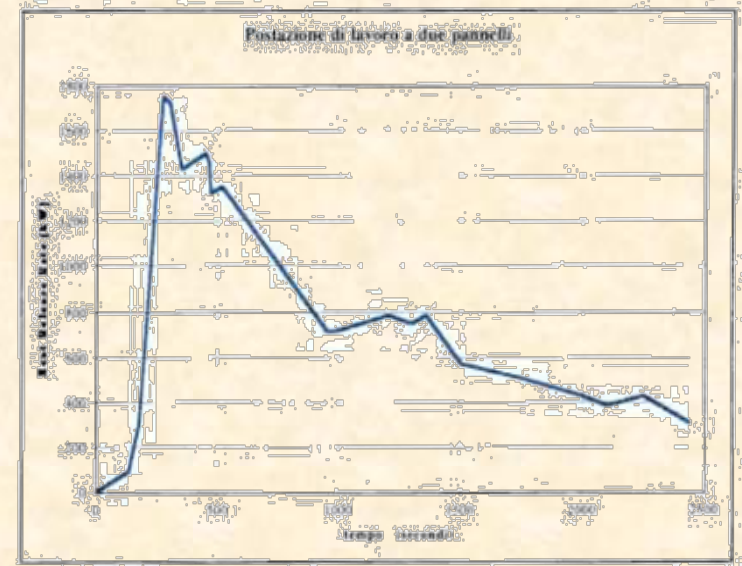
- massa totale: 7 kg
- valore massimo HRR : 650 kW
- energia totale rilasciata: 41 MJ



Postazione di lavoro a due pannelli (two panel workstation)

Fonte: Fire on the Web - <http://www.fireontheweb.com/>

- valore massimo HRR : 1750 kW
- energia totale rilasciata: 1745 MJ



L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

SFPE Handbook of Fire Protection Engineering

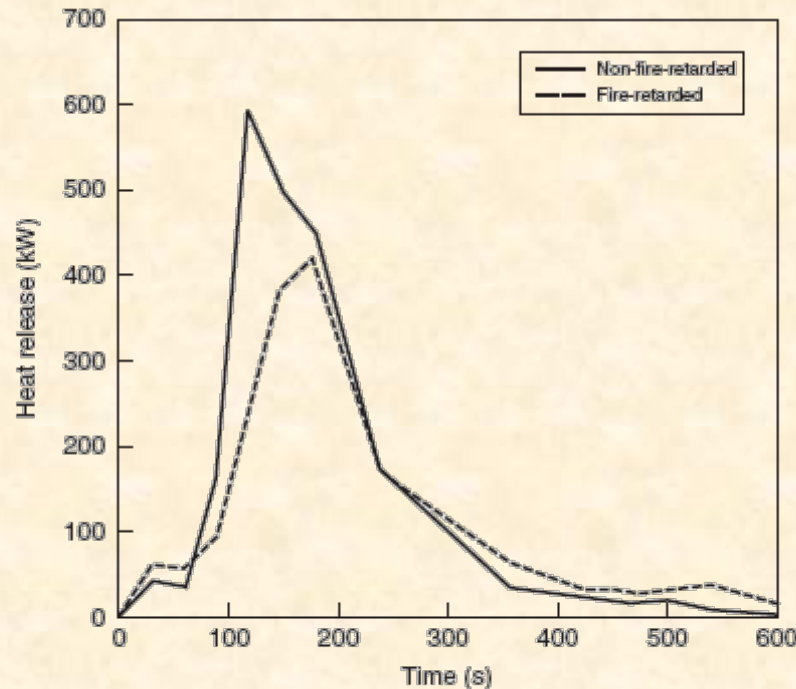


Figure 3-1.14. *Business machine cabinets made from polyphenylene oxide plastic.*

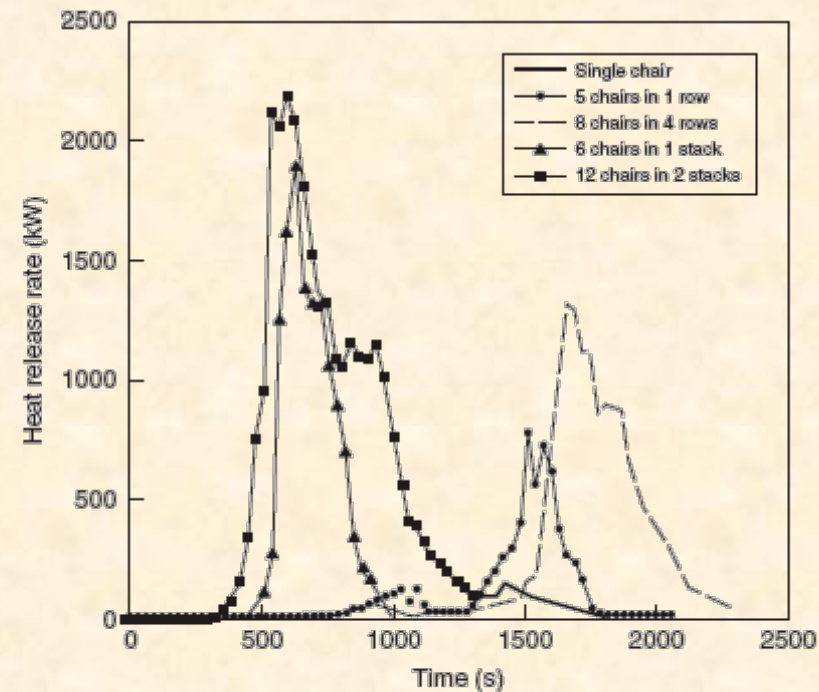


Figure 3-1.15. *Stackable chairs, polypropylene with steel frame, no padding.*

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

SFPE Handbook of Fire Protection Engineering

Table 3-1.7 *Boxed Computer Items Tested by Hasegawa et al.*

Code	Items	Peak HRR (kW)
P1	Boxed monitors, 1 pallet of 12	4,700
P8	Boxed monitors, 1 pallet of 12, point-source ignition	5,030
P5	Boxed monitors, 1 pallet of 12 (stabilized from collapse)	6,400
P6	Boxed monitors, 2 pallets (side-by-side) of 12 each	17,300
P10	Boxed monitors, stack of 2 pallets high, 10 per pallet	14,100
P3	Boxed desktop computers, 1 pallet of 16	1,400
P7	Boxed desktop computers, pallet of 16 with boxed accessory boxes on top	8,190
P9	Polystyrene foam in boxes	6,730
P11	Monitor boxes, 1 pallet of 12	4,600

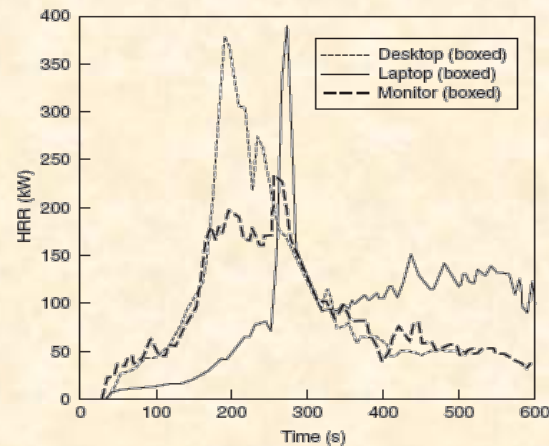


Figure 3-1.29. *Single, packaged, and boxed computers and monitors.*

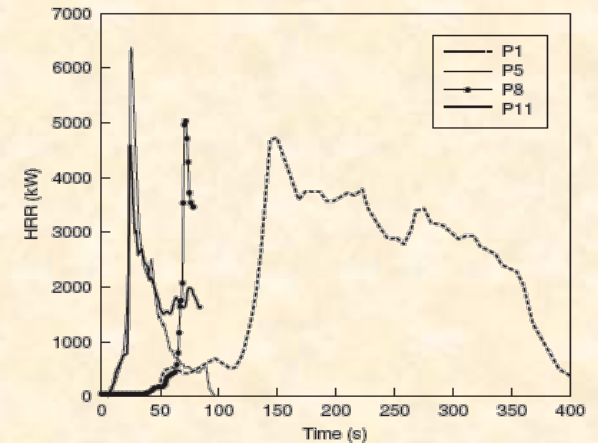


Figure 3-1.30. *Pallets of packaged, boxed computer monitors.*

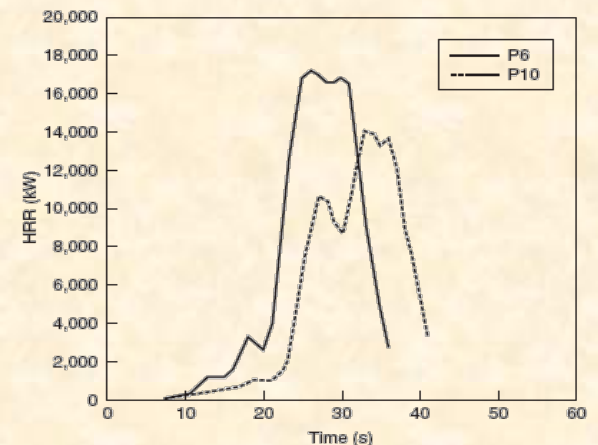


Figure 3-1.31. *Pallets of packaged, boxed computer monitors.*

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

SFPE Handbook of Fire Protection Engineering

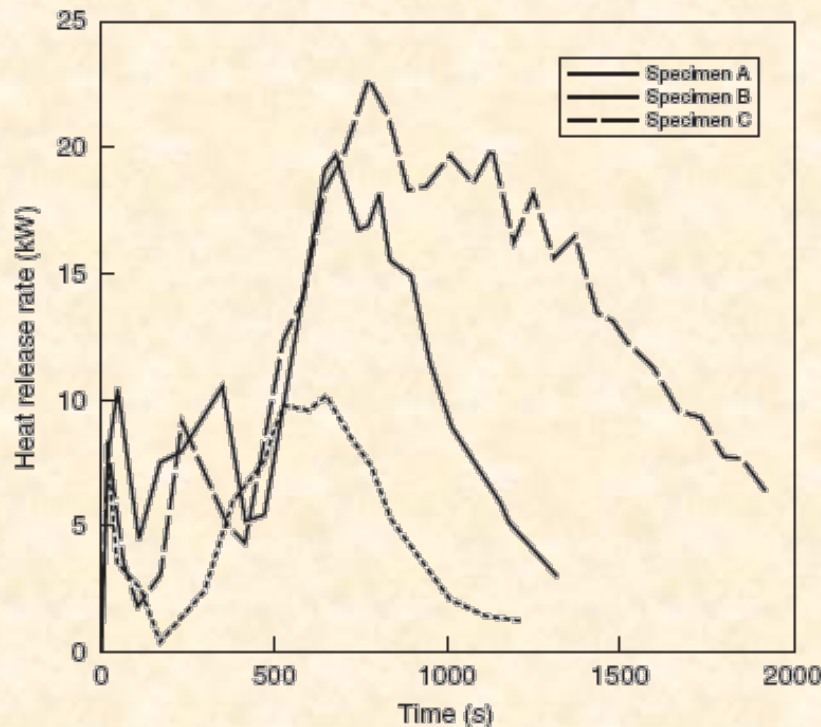


Figure 3-1.20. *Coffee makers.*

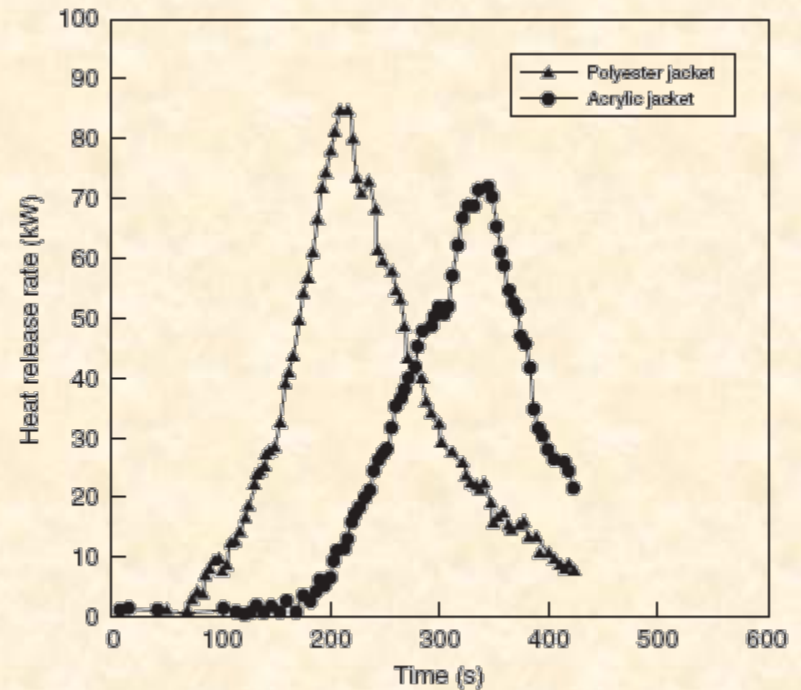


Figure 3-1.19. *Two men's jackets.*

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

CARATTERIZZAZIONE E QUANTIFICAZIONE DEGLI SCENARI - CURVE DI INCENDIO

Modelli di incendio sperimentali (p.e. prove di incendio su scala reale)



L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

CARATTERIZZAZIONE E QUANTIFICAZIONE DEGLI SCENARI - CURVE DI INCENDIO

METODI TEORICI: qualora i dati relativi alla generazione delle curve HRR non sono disponibili potrebbe rendersi necessario l'uso di curve HRR e di generazione di specie di tipo teorico o nominale:

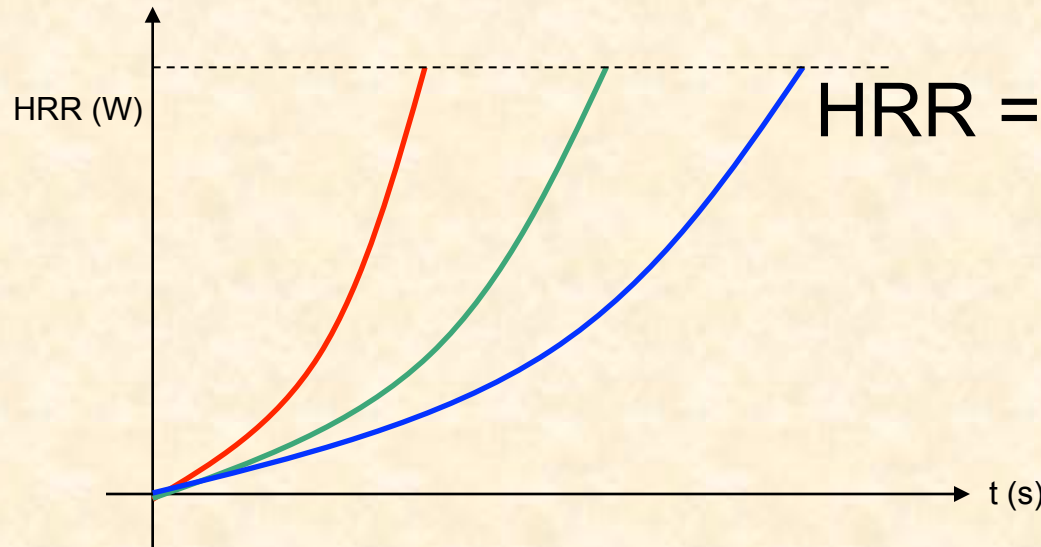
- sono state sviluppate relazioni empiriche da dati sperimentali per un grande numero di tipi di combustibili, come incendi di pozza di liquidi infiammabili, cataste di legna, ecc. L'applicazione di queste relazioni richiede la conoscenza delle proprietà dei materiali e, in alcuni casi, informazioni sull'entità della ventilazione disponibile;
- esistono diverse applicazioni software di modellazione di incendio, con routines che richiedono l'introduzione di curve di crescita di incendio di ogni singolo oggetto, per stimare le curve di crescita di incendio complessive e rappresentare l'HRR cumulativo dovuto alla combustione di più oggetti. In questi casi, uno o più oggetti sono considerati come quelli inizialmente innescati, e la routine produce la curva di crescita risultante dalla successiva innesco dei restanti oggetti combustibili.

Per compensare le incertezze, si potrà utilizzare un coefficiente di sicurezza o dei fattori di correzione (come, ad esempio, selezionare un HRR più grande di quello atteso).

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

CARATTERIZZAZIONE E QUANTIFICAZIONE DEGLI SCENARI - CURVE DI INCENDIO

L' HRR durante la fase di crescita di un incendio può essere genericamente rappresentata da una funzione dipendente dal tempo di tipo esponenziale. Nell' approccio utilizzato più comunemente, indicato come “*fuochi t²*”, l' HRR è crescente con il quadrato del tempo sin dall' innesco.



Dall' istante iniziale fino al raggiungimento del flashover il valore di HRR cresce con il quadrato del tempo

Variazione della potenza termica totale nel tempo nella fase di crescita in funzione del tipo di sviluppo dell' incendio. Il tempo 0 è quello di ignizione del combustibile.

Attività	Velocità di sviluppo atteso dell' incendio
Uffici	MEDIO
Vendita	VELOCE
Ospedali	MEDIO
Alberghi	MEDIO
Biblioteche	VELOCE
Scuole	MEDIO
Cinema	VELOCE

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

CARATTERIZZAZIONE E QUANTIFICAZIONE DEGLI SCENARI - CURVE DI INCENDIO

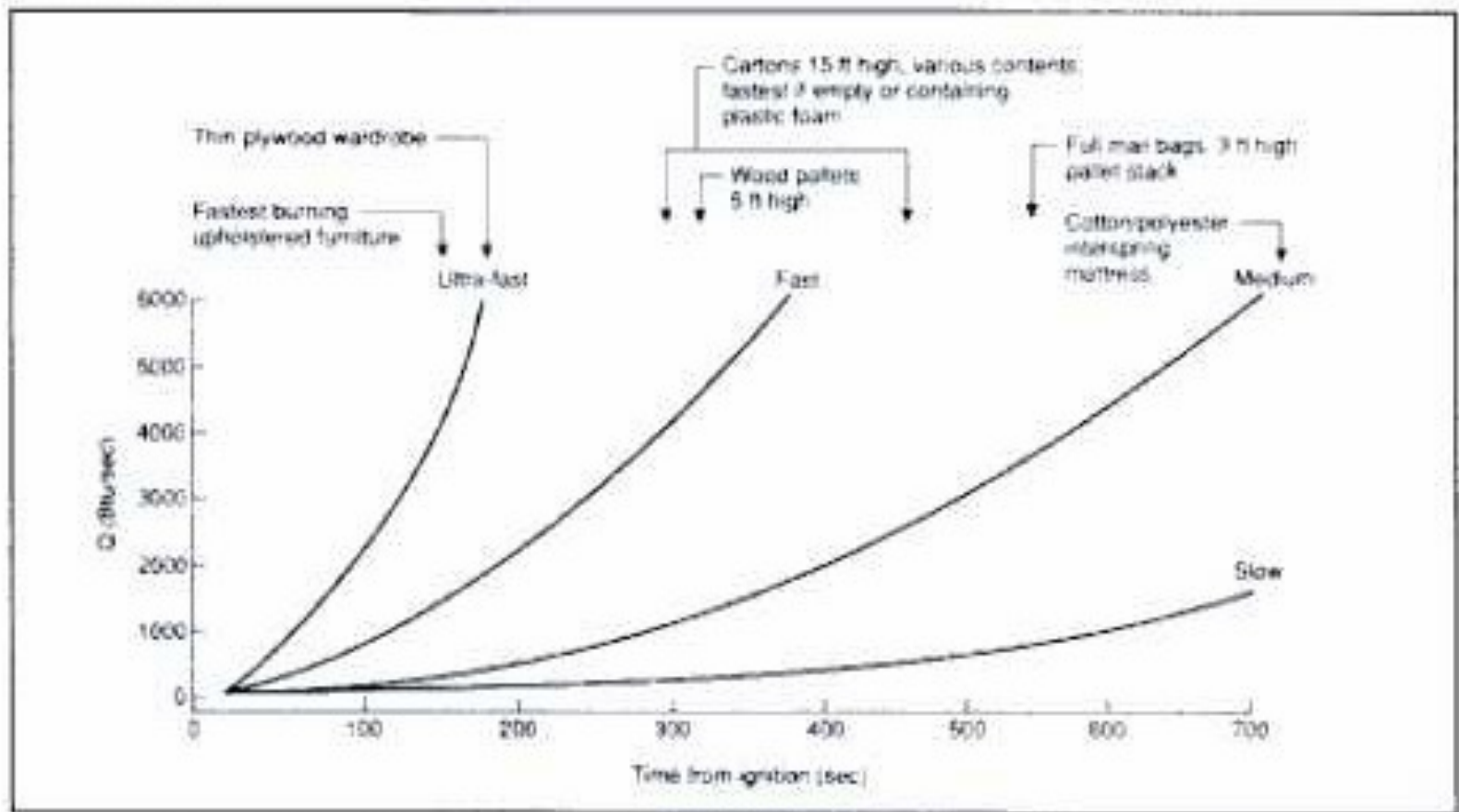


Figura 3.13 - Relazione tra andamenti $Q = \alpha t^2$ e materiali sottoposti a test [17]

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

CARATTERIZZAZIONE E QUANTIFICAZIONE DEGLI SCENARI - CURVE DI INCENDIO

Materiali a deposito Classificazione in base alla velocità di crescita del fuoco <i>(fonte: NFPA 92B - Appendix B) [17]</i> <i>(ipotesi di efficienza della combustione pari al 100%)</i> <i>n.d. = dato non disponibile --- f.c. = valore non compreso nella classificazione</i>			
Materiali e caratteristiche di stoccaggio	Tempo necessario per superare il valore di 1000 Btu/sec dell'HRR (secondi)	Densità dell'HRR (Btu/sec/ft²)	Classificazione

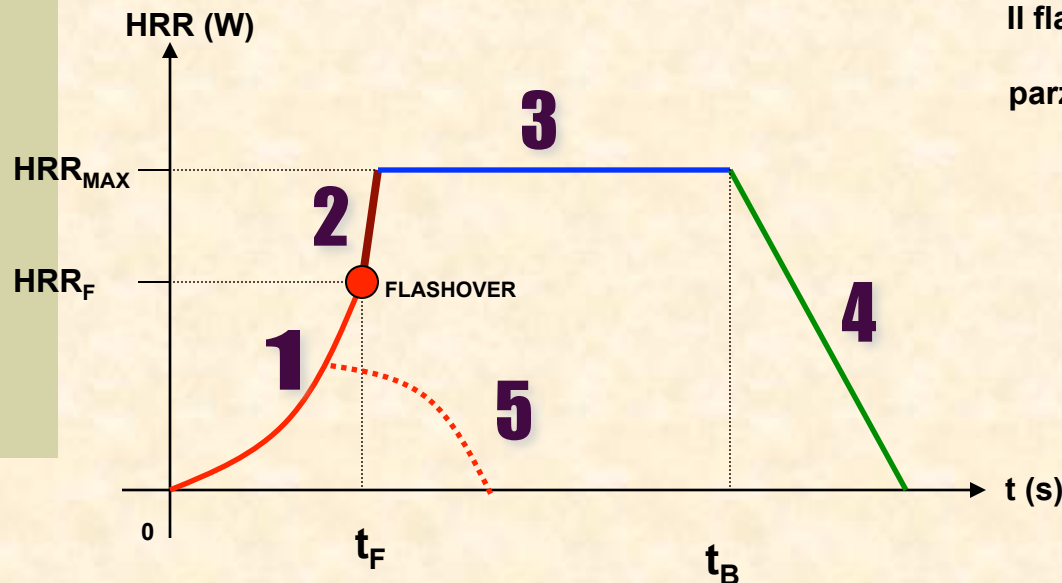
100 Btu/sec = 1055 W

- Pallets in legno, impilati per un'altezza di circa 0,5 m (1,5 ft) (percentuale di umidità del 6 - 12 %)	150 - 310	110	medio - veloce
- Pallets in legno, impilati per un'altezza di circa 1,5 m (5 ft) (percentuale di umidità del 6 - 12 %)	90 - 190	330	veloce
- Pallets in legno, impilati per un'altezza di circa 3 m (10 ft) (percentuale di umidità del 6 - 12 %)	80 - 110	600	veloce
- Pallets in legno, impilati per un'altezza di circa 4,8 m (16 ft) (percentuale di umidità del 6 - 12 %)	75 - 105	900	veloce
- Buste di corrispondenza piene accatastate per un'altezza di circa 1,5 m (5 ft)	190	35	veloce
- Scatole di cartone impilate per un'altezza di circa 4,5 m (15 ft)	60	200	f.c.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

CARATTERIZZAZIONE E QUANTIFICAZIONE DEGLI SCENARI - CURVE DI INCENDIO

OSSERVAZIONI



Il flashover è raggiunto se nel locale vi sono una adeguata pezzatura, quantità e disposizione parziale del combustibile e sufficiente superficie di ventilazione.

Successivamente la variazione della potenza termica dal momento del flashover RHR_F a quello massimo RHR_{MAX} è a gradino.

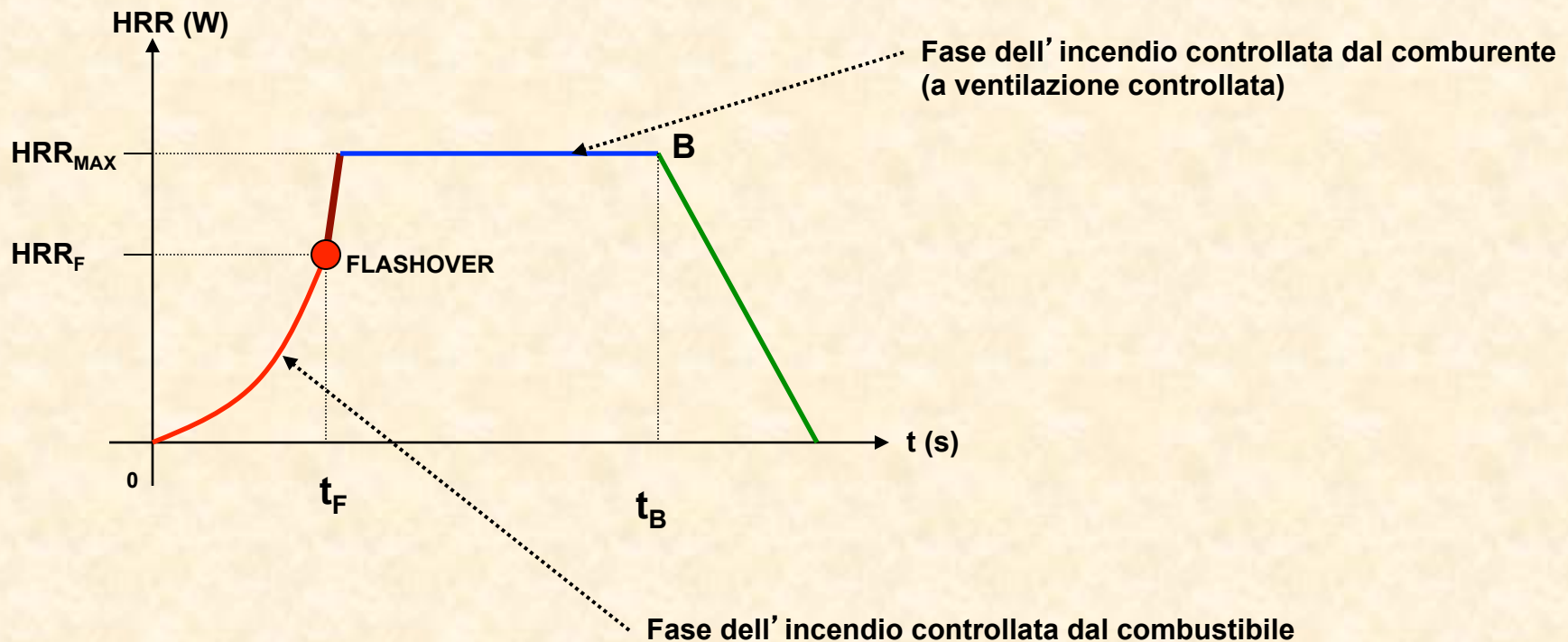
Raggiunto RHR_{MAX} si instaura una fase di velocità di combustione costante pari al massimo valore che può essere raggiunto in relazione alle superfici di aerazione.

Infine vi è la fase di decadimento per esaurimento del combustibile.

In mancanza delle condizioni di cui al punto 1 l'incendio si esaurisce senza giungere al flashover.

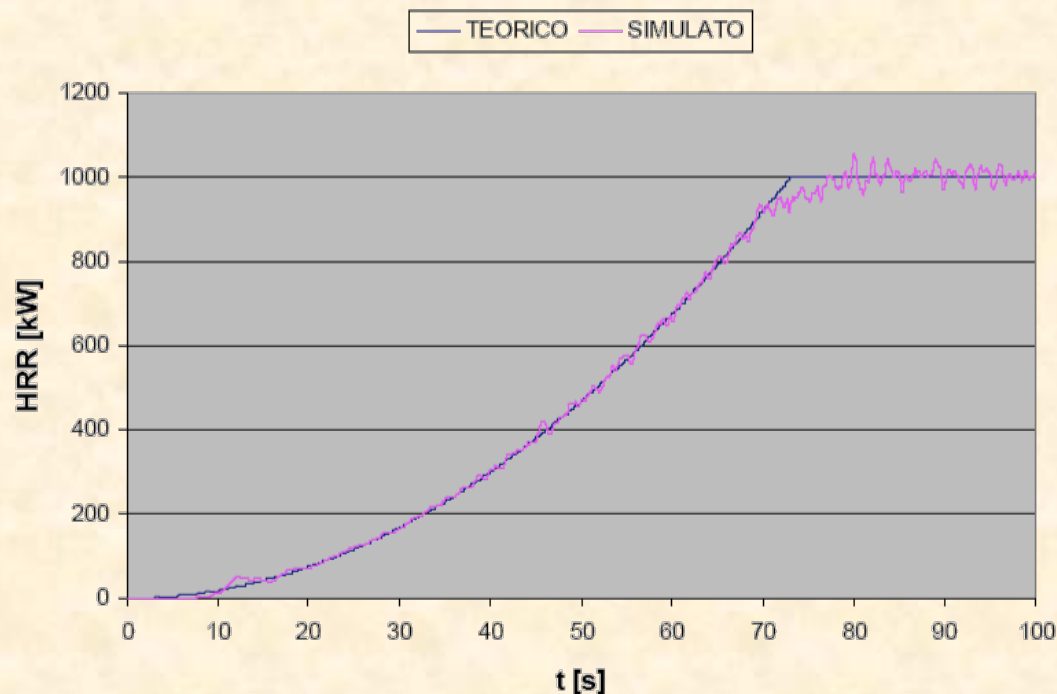
L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

CARATTERIZZAZIONE E QUANTIFICAZIONE DEGLI SCENARI - CURVE DI INCENDIO



L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

CARATTERIZZAZIONE E QUANTIFICAZIONE DEGLI SCENARI - CURVE DI INCENDIO



6 ESEMPIO: modalità di rilascio termico

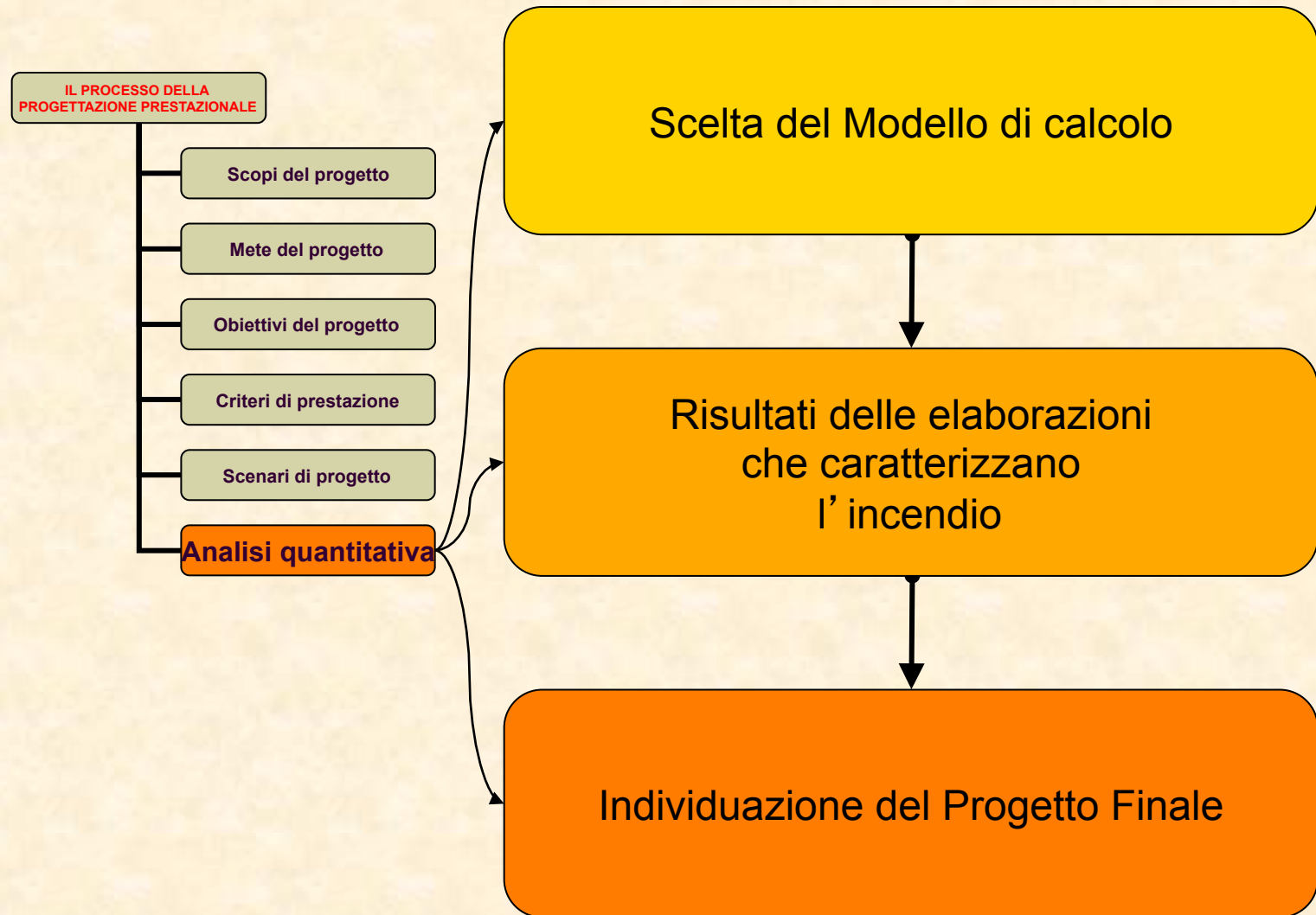
* Modellazione della modalità di rilascio termico ultra-fast ($\alpha = 0.1874$).
Si suppone la potenza termica specifica sia di 250 kW m^{-2} . L'area cui è associata tale potenza è di 4 m^2 .

Altri scenari incidentali



- Jet fire
- Flash fire
- Pool fire
- UVCE
- CVCE
- BLEVE
- TNT equivalent
- ...

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE



L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

IL PROCESSO DELLA PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE



Sviluppata una ipotesi progettuale il passo successivo consiste nella **scelta dei modelli di calcolo** (strumenti informatici che servono a risolvere dei sistemi di formule matematiche complesse che a loro volta descrivono il fenomeno che si vuole simulare) da applicare al caso in esame per la **valutazione dello sviluppo dell'incendio e delle sue possibili conseguenze**.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE



I Modelli Matematici di simulazione dell'incendio e dell'esodo possono aiutarci a valutare tutti questi aspetti:

- Qual è l'incendio che potrebbe verificarsi nell'ambiente?
- Con quale velocità crescerebbe il fuoco?
- Quanto fumo si produrrebbe?
- Dove potrebbe diffondersi l'incendio?
- Dove potrebbe diffondersi il fumo?
- Il fumo e l'incendio potrebbero diffondersi all'esterno?
- Quanto tempo passa prima che i rivelatori si attivino?
- Quanto tempo passa prima che i VVF siano sul posto?
- Quando si verificherebbe il Flash-Over?
- Ci sarebbero probabilità di un collasso strutturale?
- E dopo quanto tempo?
- Quale può essere il miglioramento usando materiali classificati?
- Devo proteggere le strutture?
- Se installo degli impianti di spegnimento? Dove? Di che tipo?
- Se garantisco la ventilazione della struttura?
- Quante aperture e dove? Sistemi meccanici o naturali?

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

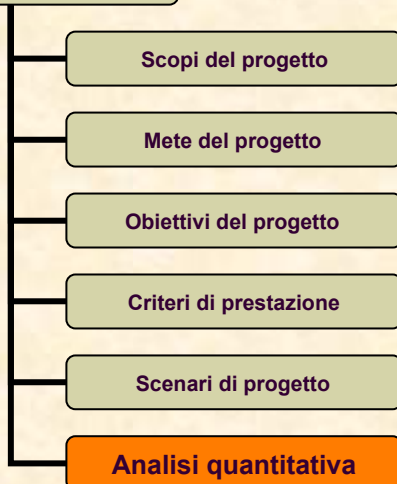


I Modelli Matematici di simulazione dell'incendio e dell'esodo possono aiutarci a valutare tutti questi aspetti:

- Che interazione posso avere tra ventilazione e sistemi di spegnimento?
- Quante persone ho presenti, dove ed in che stato?
- Quante non potranno alzarsi?
- Quanto tempo passerà prima che si muovano?
- Quante potrebbero cadere nel panico?
- Quali uscite verrebbero usate?
- Chi potrebbe superare degli ostacoli?
- Quanto tempo servirebbe per uscire?
- Quante persone potrebbero morire?
- Se i percorsi fossero più ampi?
- Se avessi un sistema di allarme?
- Che tipo di sistema di allarme sarebbe appropriato?
- Se avessi più uscite?
- Se le uscite fossero più ampie?
- Se le uscite fossero più chiaramente identificabili?
- Se l'arredo ed il lay-out fossero disposti diversamente?
- I miglioramenti ottenuti giustificano le spese affrontate ?

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

IL PROCESSO DELLA PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE



Modelli di incendio semplificati

Localized Fires (Hasemi, Appendice C EN 1991-1-2)

Curve nominali (ISO 834, curva di incendio esterno, curva di incendio da idrocarburi)

Curve parametriche (Wickstrom, Magnusson, Thelandersson, UNI EN 1991-1-2:2004 Parte 1-2: Azioni in generale - Azioni sulle strutture esposte al fuoco)

Modelli di incendio avanzati

Modelli a zone (es.CFAST)

Modelli di campo CFD (Computational Fluid Dynamics) (es.FDS)

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE



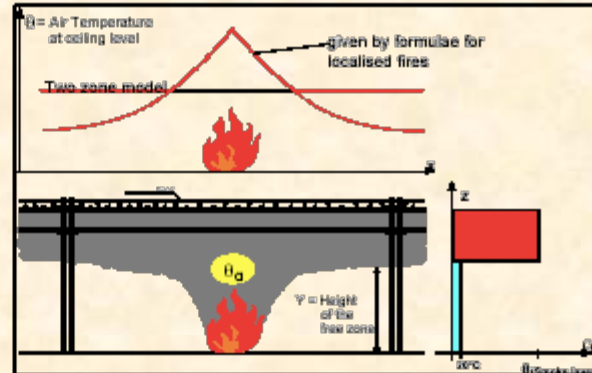
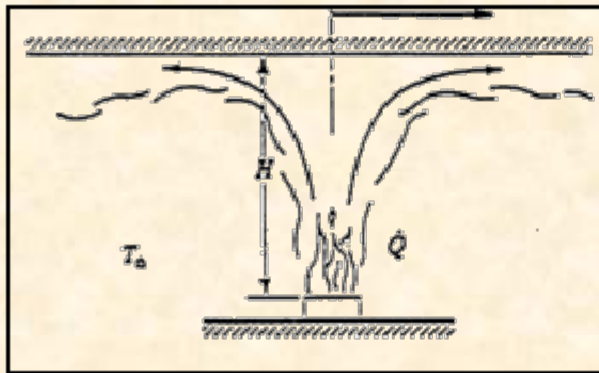
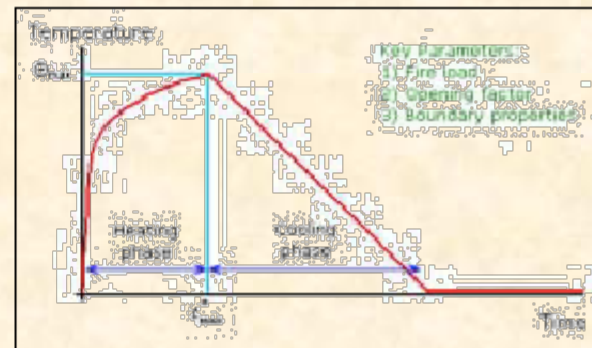
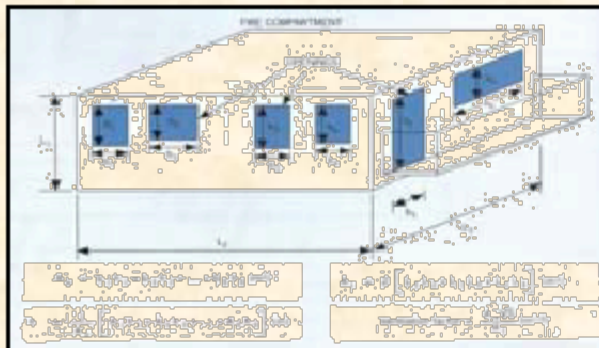
Il progettista, sulla base di valutazioni inerenti la complessità del progetto, può optare tra i **modelli di calcolo sofisticati** che le attuali conoscenze tecniche di settore mettono a disposizione.

L'adozione di metodi di calcolo sofisticati presuppone, ovviamente, una **particolare competenza** nel loro utilizzo, nonché una approfondita **conoscenza dei fondamenti teorici** che ne sono alla base e della dinamica dell'incendio.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

MODELLI DI CALCOLO

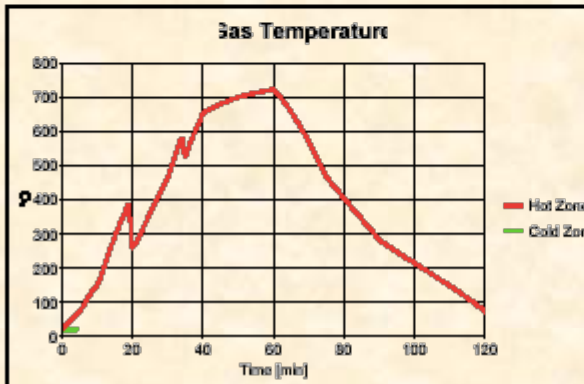
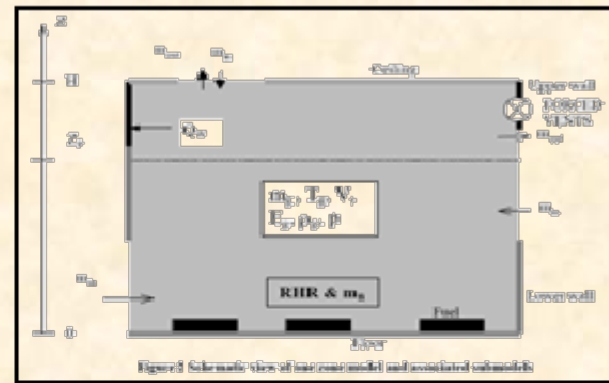
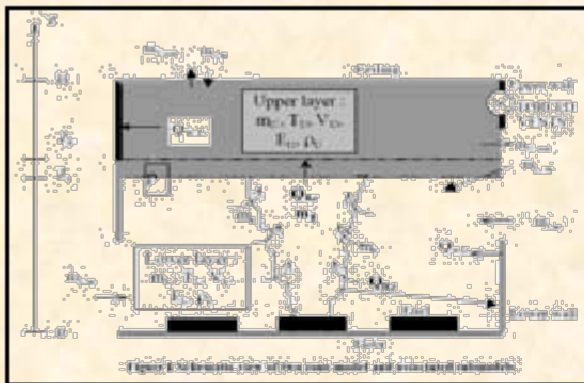
Modelli di incendio numerici semplificati (p.e. curve parametriche, incendio concentrato)



L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

MODELLI DI CALCOLO

Modelli di incendio numerici avanzati (p.e. modelli a zone)



L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

Tratto da:
SFPE
Handbook of
Fire Protection
Engineering



Figure 3-10.1. *Events immediately after ignition.*

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

Tratto da:
SFPE
Handbook of
Fire Protection
Engineering

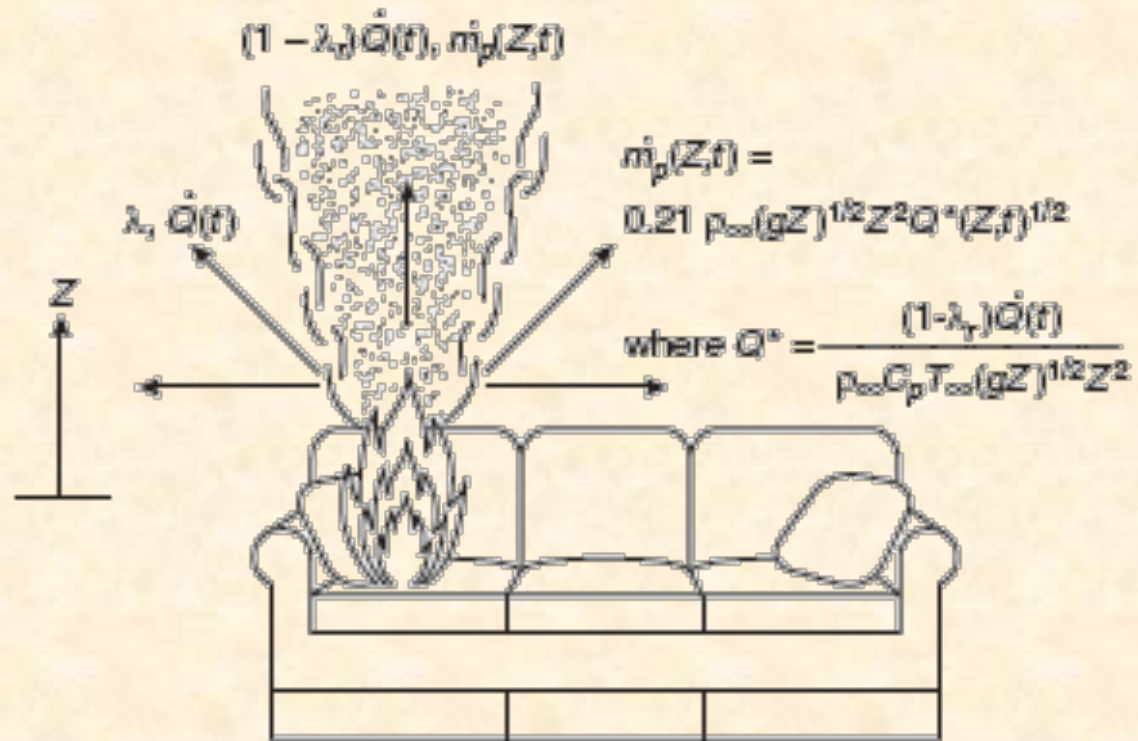


Figure 3-10.2. *Development of the plume.*

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

Tratto da:
SFPE
Handbook of
Fire Protection
Engineering

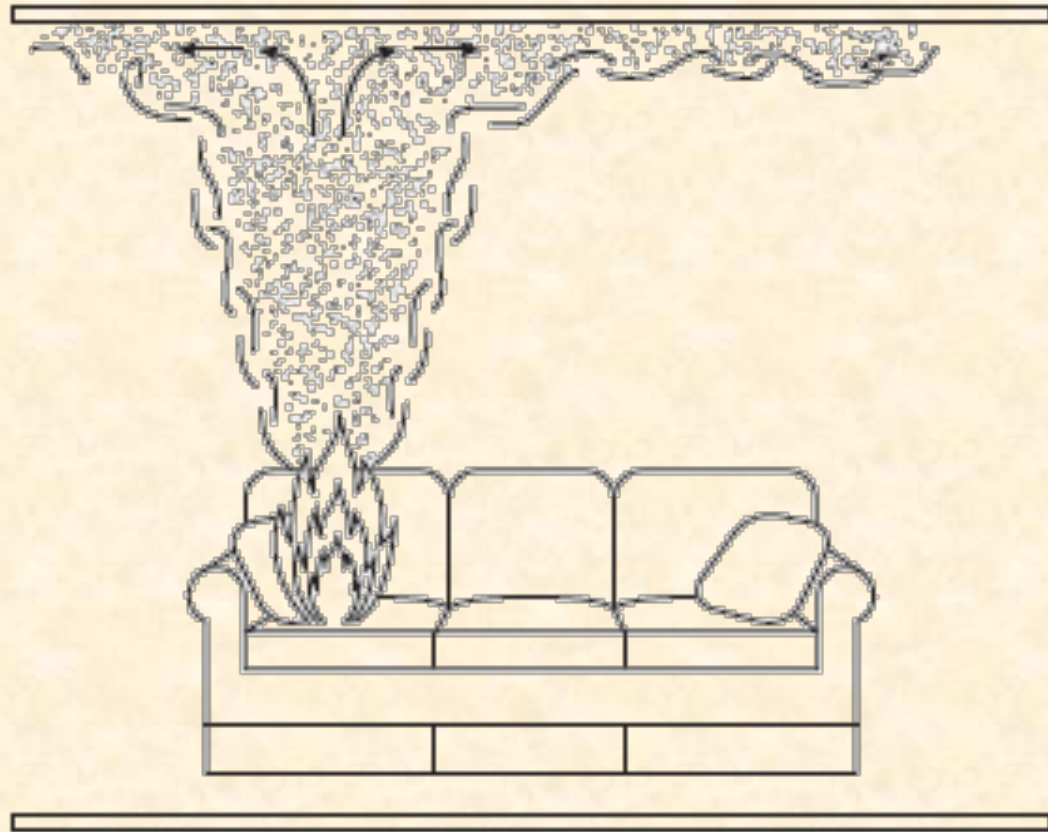


Figure 3-10.3. *The plume-ceiling interaction.*

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

Tratto da:
SFPE
Handbook of
Fire Protection
Engineering

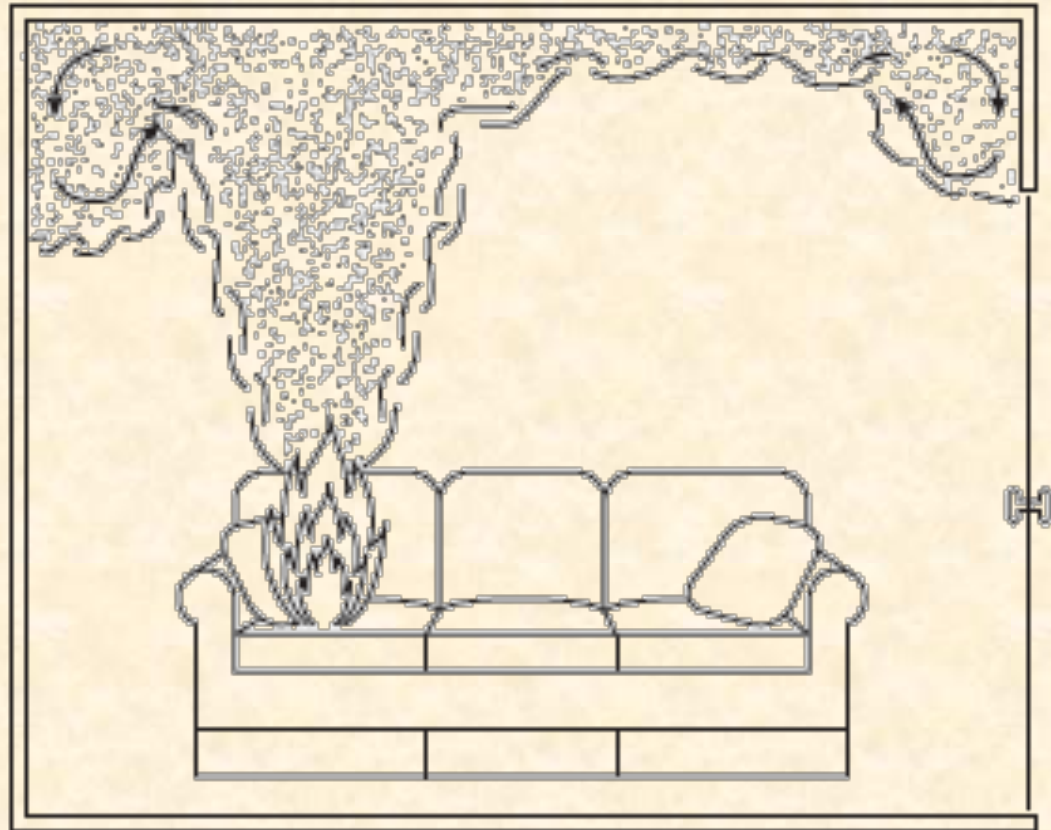


Figure 3-10.4. *Ceiling jet-wall interaction.*

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

Tratto da:
SFPE
Handbook of
Fire Protection
Engineering

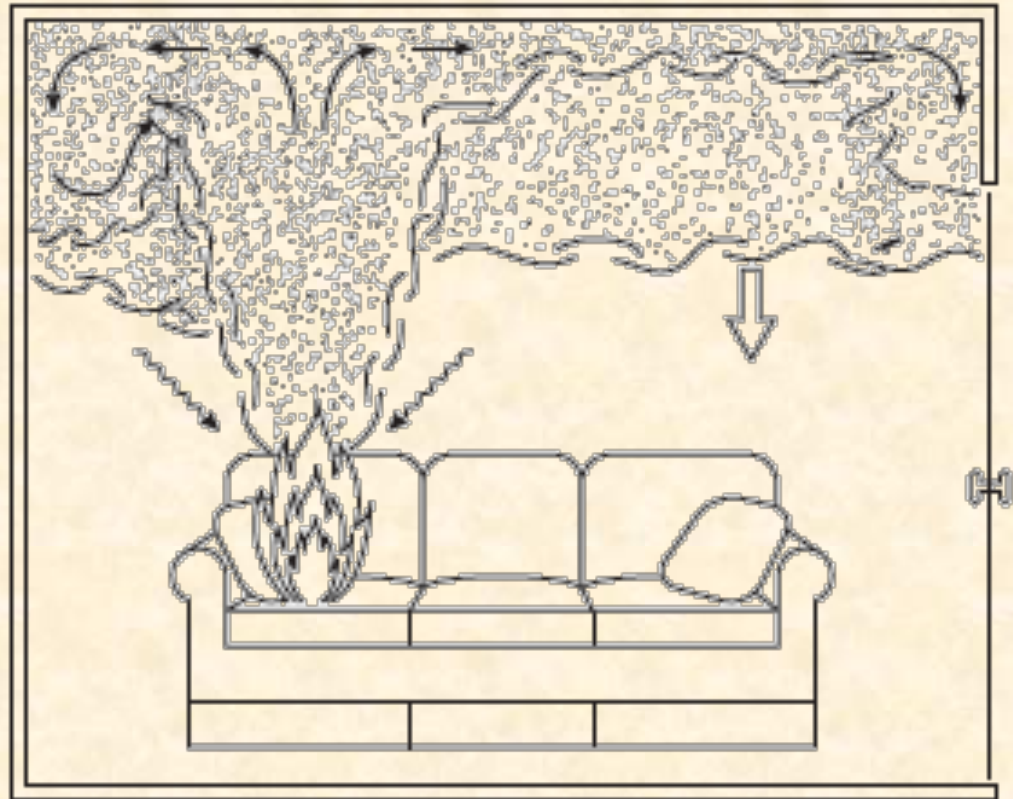


Figure 3-10.5. Fully enclosed space with developed growing upper layer.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

Tratto da:
SFPE
Handbook of
Fire Protection
Engineering



Figure 3-10.6. *Further "smoke filling."*

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

Tratto da:
SFPE
Handbook of
Fire Protection
Engineering

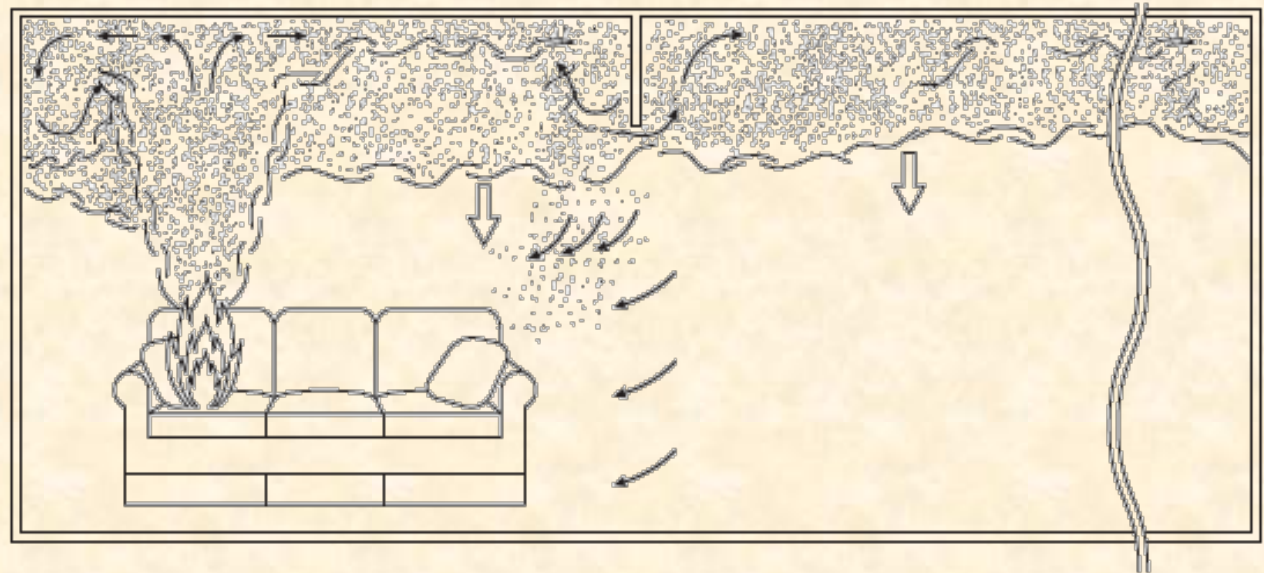


Figure 3-10.7. *Smoke and fresh air exchange between a room of fire involvement and an adjacent space.*

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

Tratto da:
SFPE
Handbook of
Fire Protection
Engineering

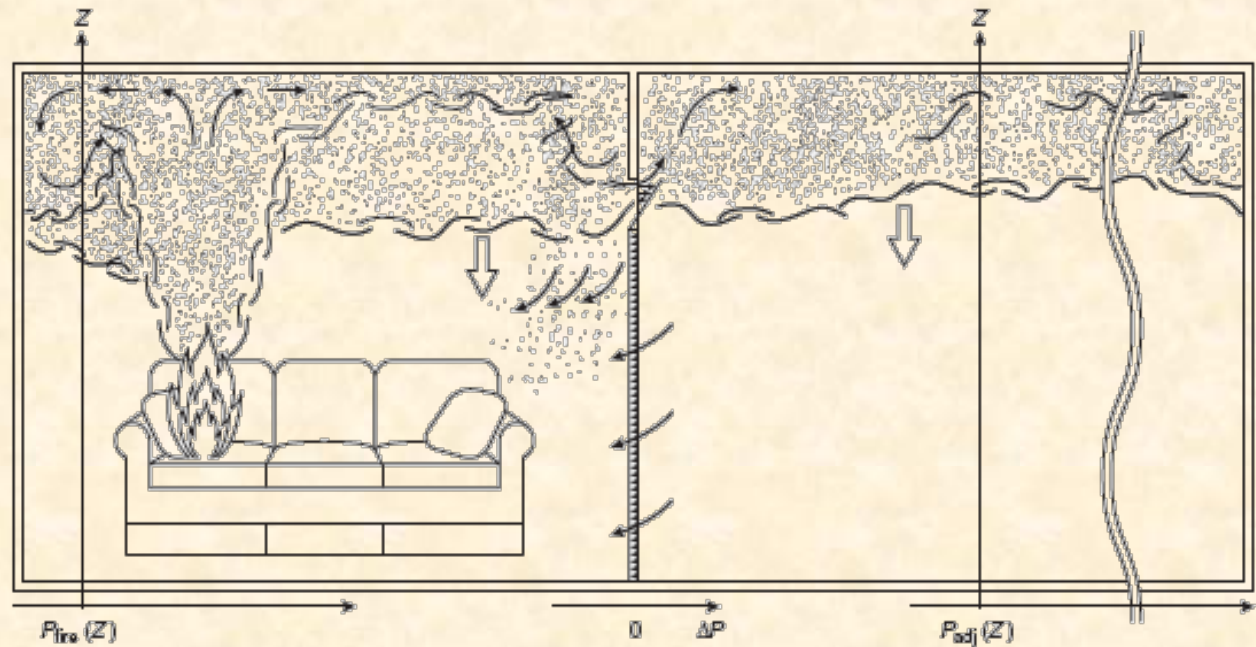
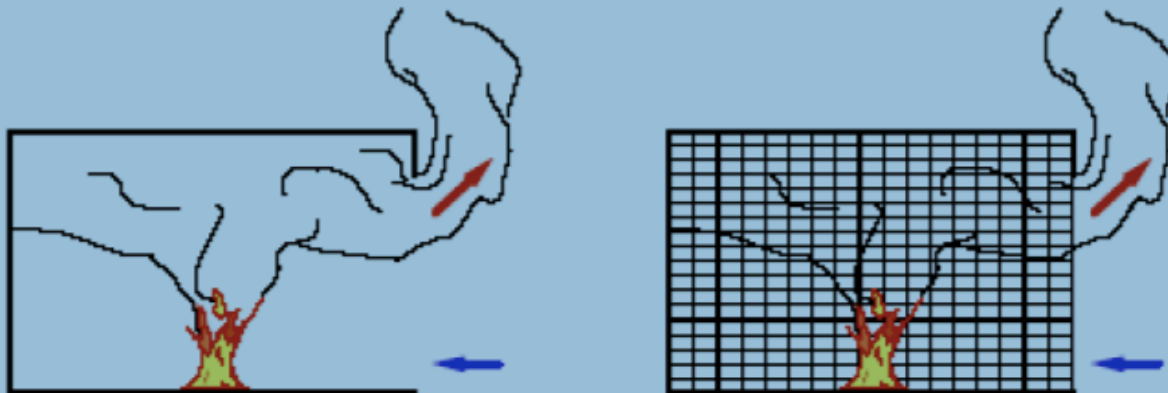


Figure 3-10.8. *Figure 3-10.7 with sketches of pressure distributions.*

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

MODELLI DI CALCOLO

Zone to Field Models



L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

Modelli a Zone: dividono il volume dell'edificio in zone (normalmente stanze) ed eseguono un bilancio di energia e massa.

Grossolani ma efficaci.

Modelli CFD: dividono il volume dell'edificio in volumetti di controllo ed eseguono per ciascuno di essi bilanci di energia termica e calcoli fluidodinamici.

Molto precisi ed efficienti ma necessitano di grande potenza di calcolo.

Analisi del rilascio termico (Heat Release Rate – HRR)

Reazione al fuoco dei materiali

Analisi dei tempi di intervento degli impianti di rilevazione/spegnimento

Response Time Index (R.T.I.) rilevatori, sprinkler, ecc.

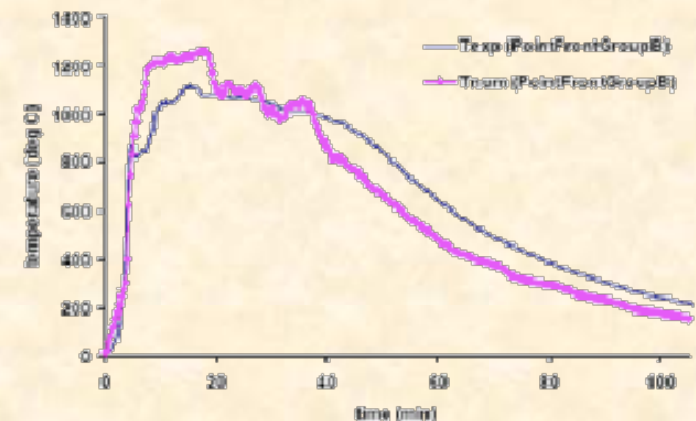
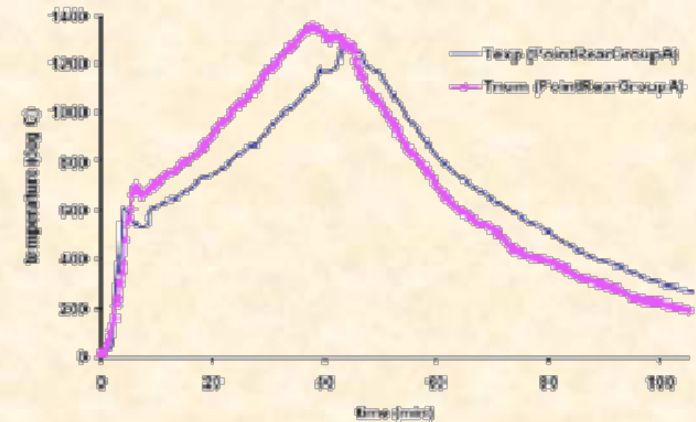
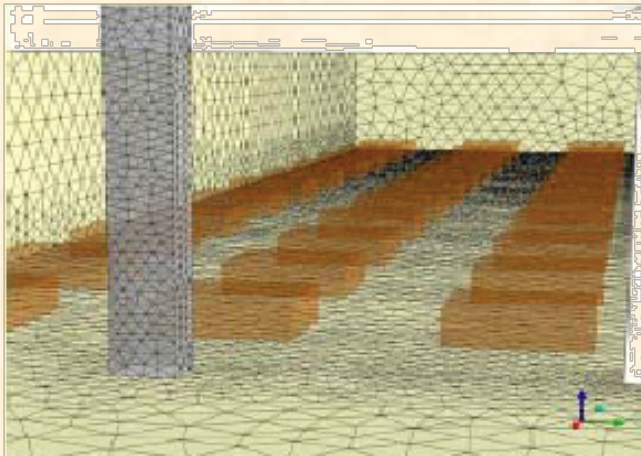
Analisi produzione di fuliggine (“soot”) e prodotti di combustione (acidi, ecc.)

Natura dei materiali (legno, plastiche, ecc.)

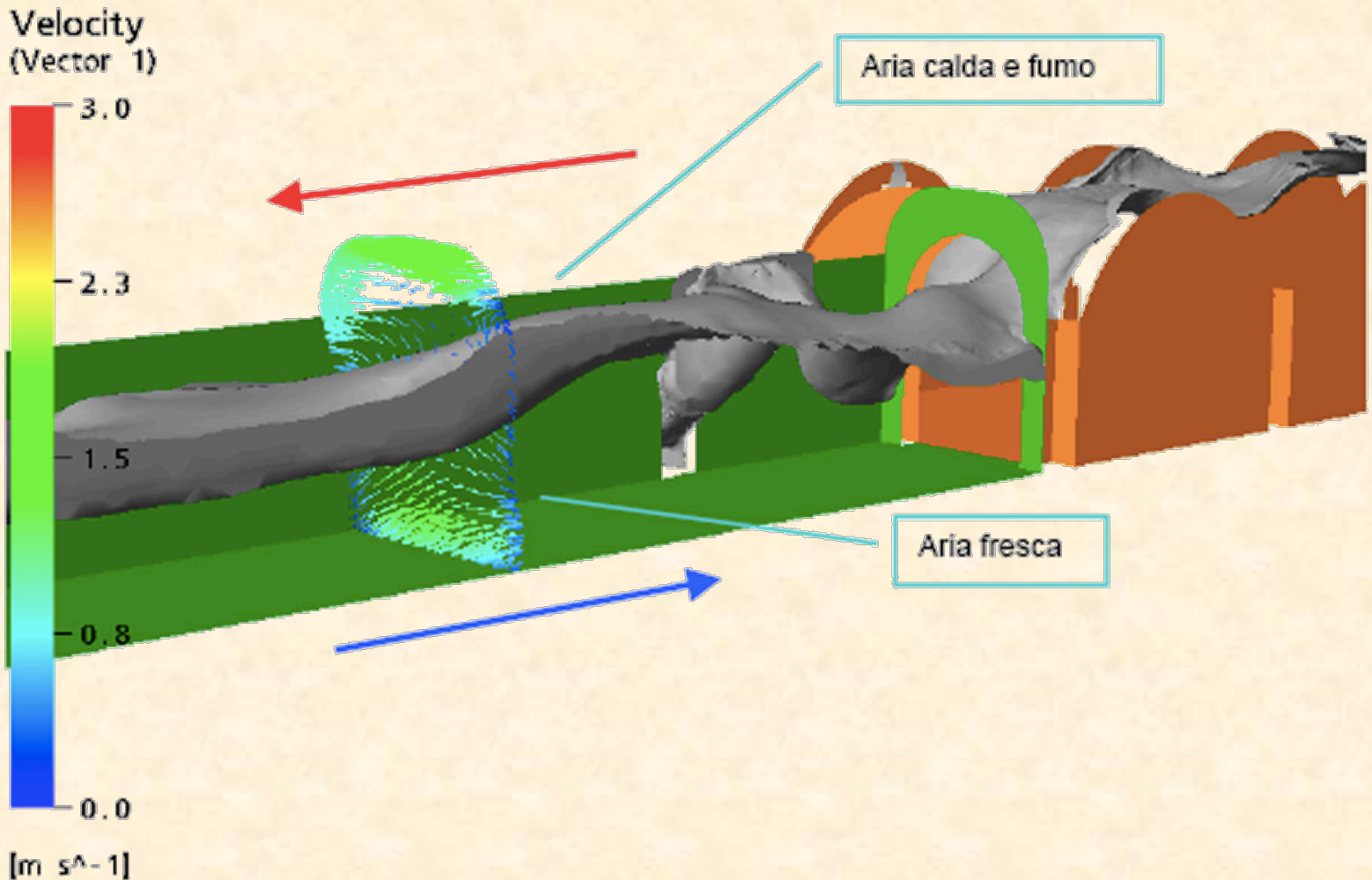
L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

MODELLI DI CALCOLO

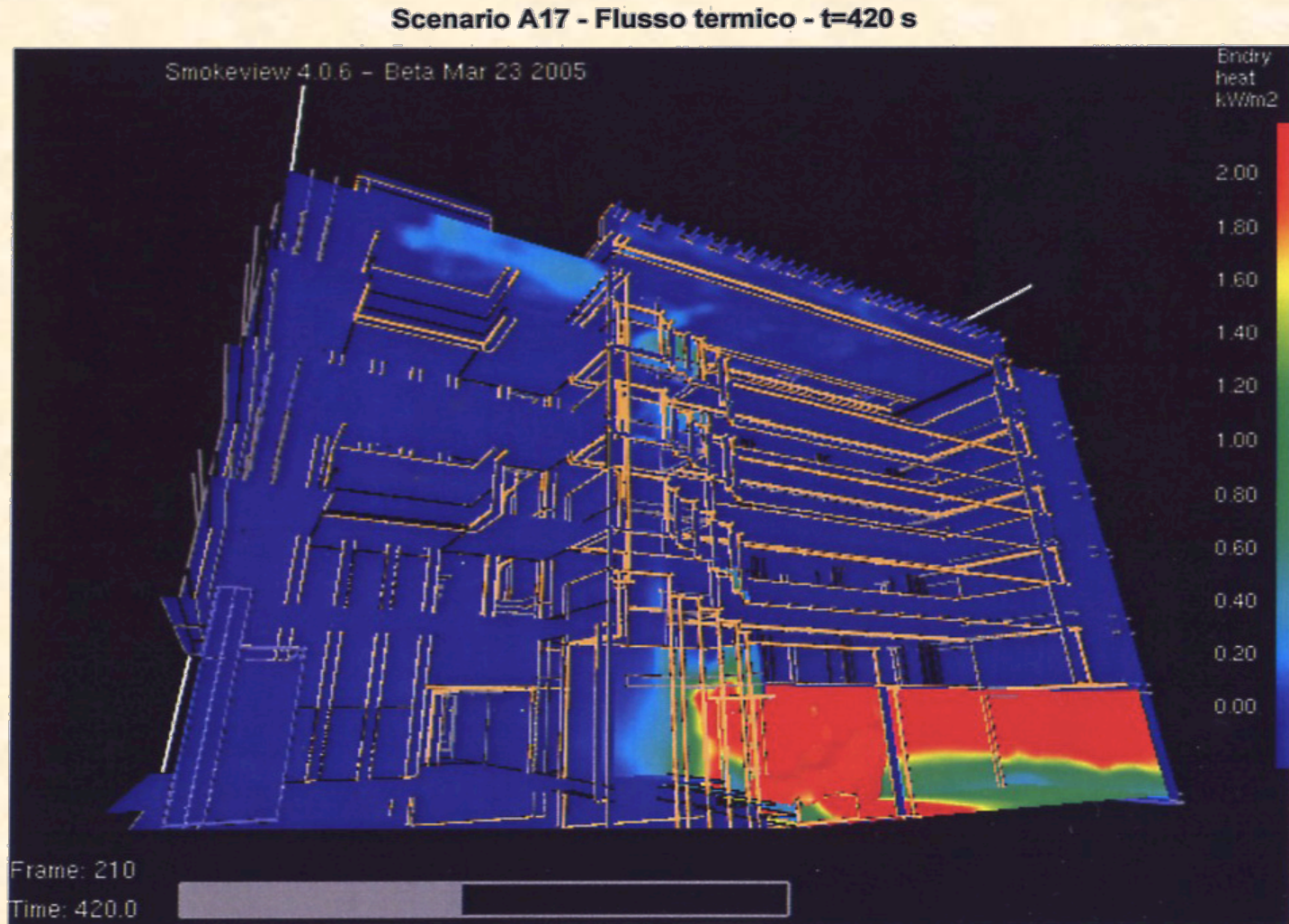
Modelli di incendio numerici avanzati (p.e. modelli di campo)



L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

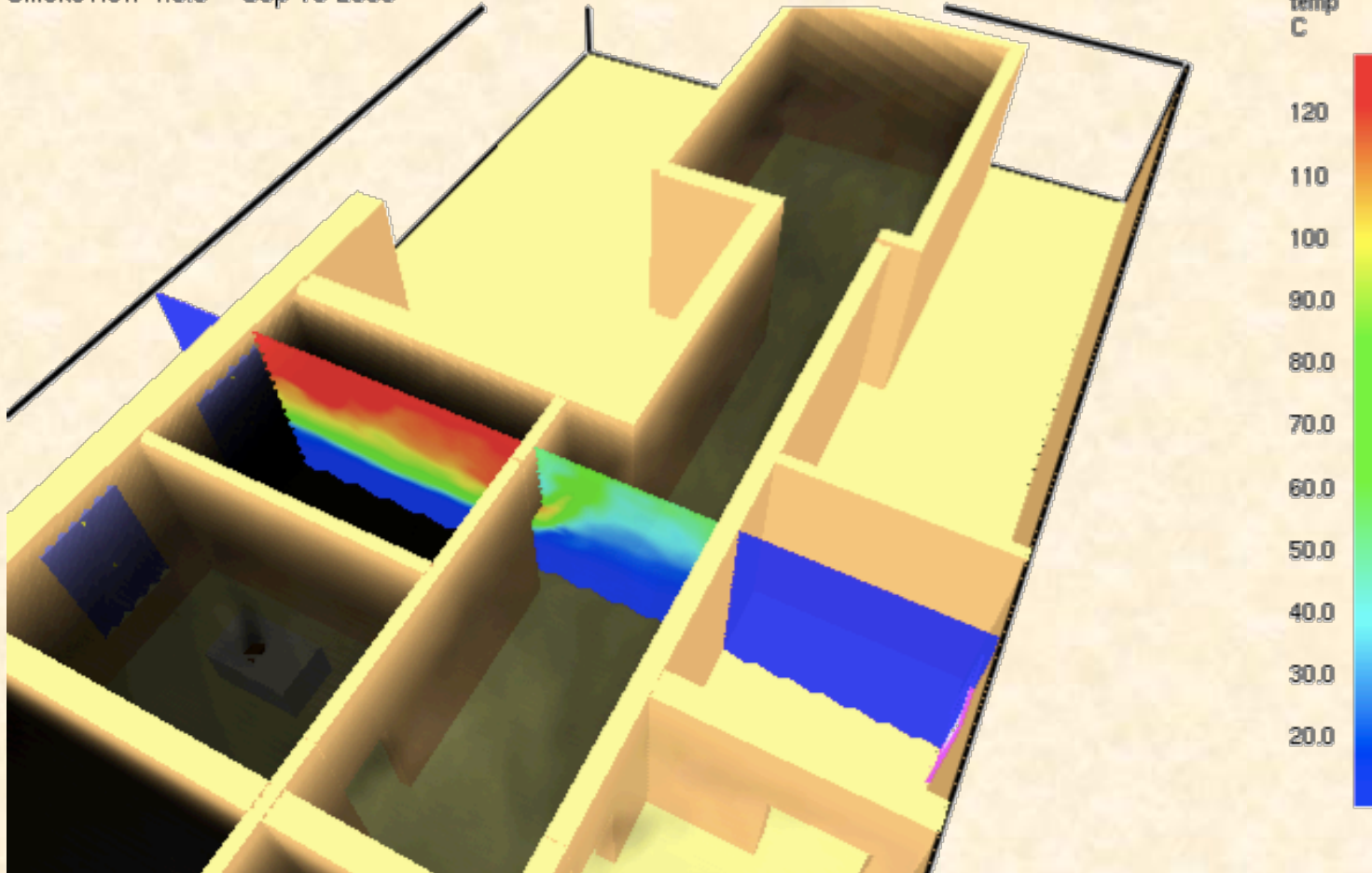


L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE



L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

Smokeview 4.0.6 - Sep 15 2005

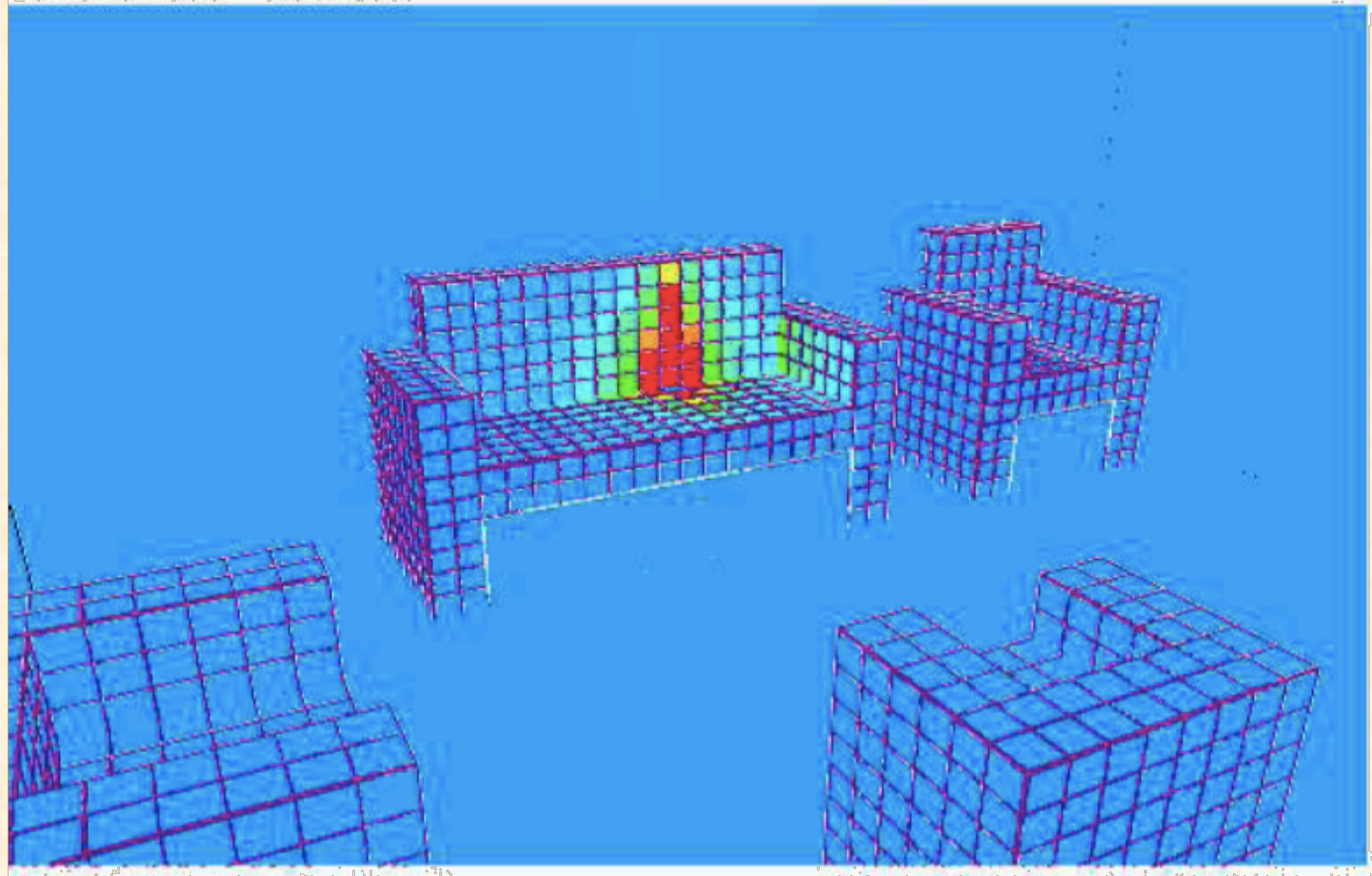


Frame: 525

Time: 139.4

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008

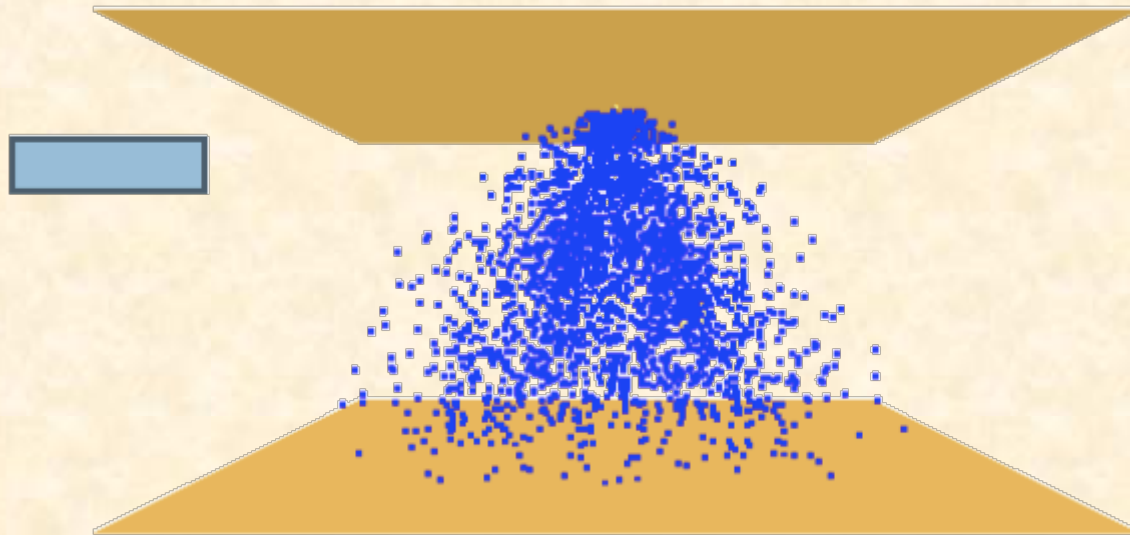


Frame 180

Time 6.0

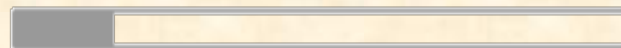
L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008



Frame: 44

Time: 1.75

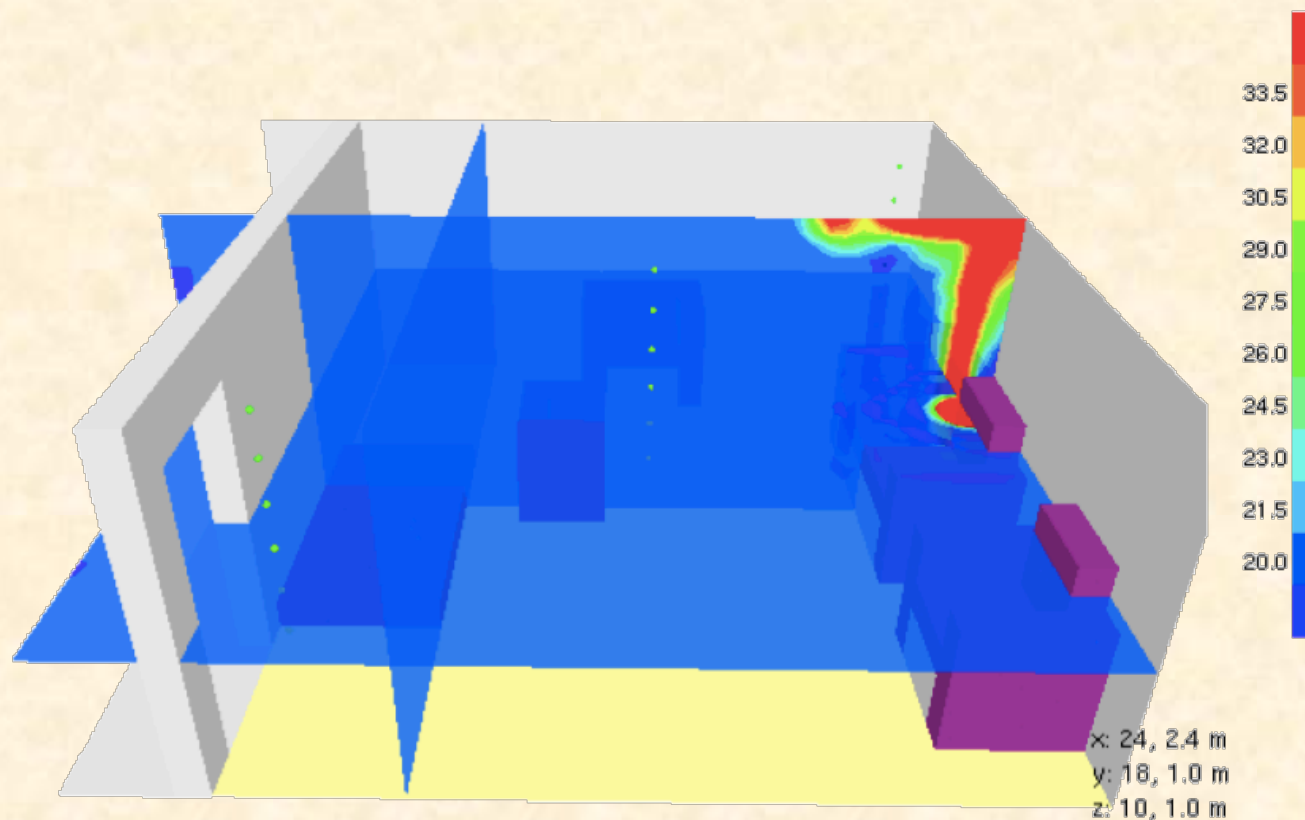


Visualizzazione del getto di uno sprinkler

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

Smokeview 5.2.2 - , room_fire_0004_77.q

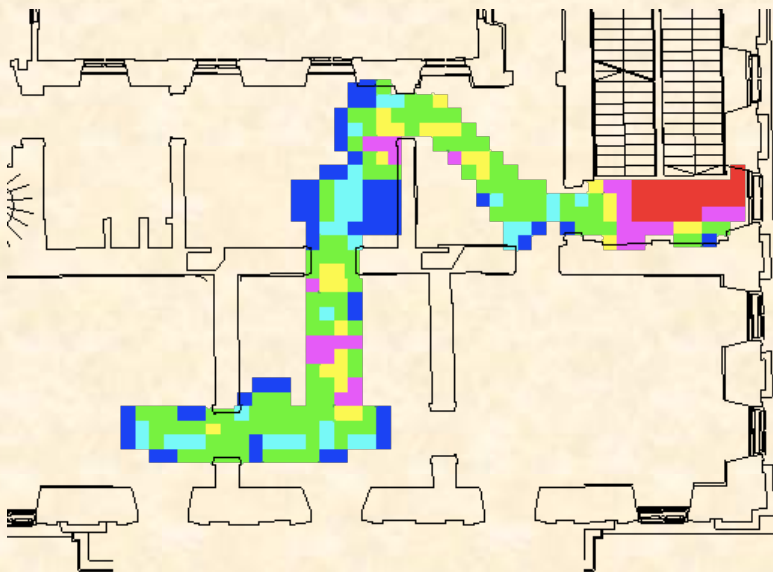
Plot3d
temp
C



L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

Scenario – congestion at Stair A

Congestion develops at Stair A after 1 min 40 sec and remains until approx 4 min.



L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE



RISULTATI DELLE ELABORAZIONI CHE CARATTERIZZANO L'INCENDIO

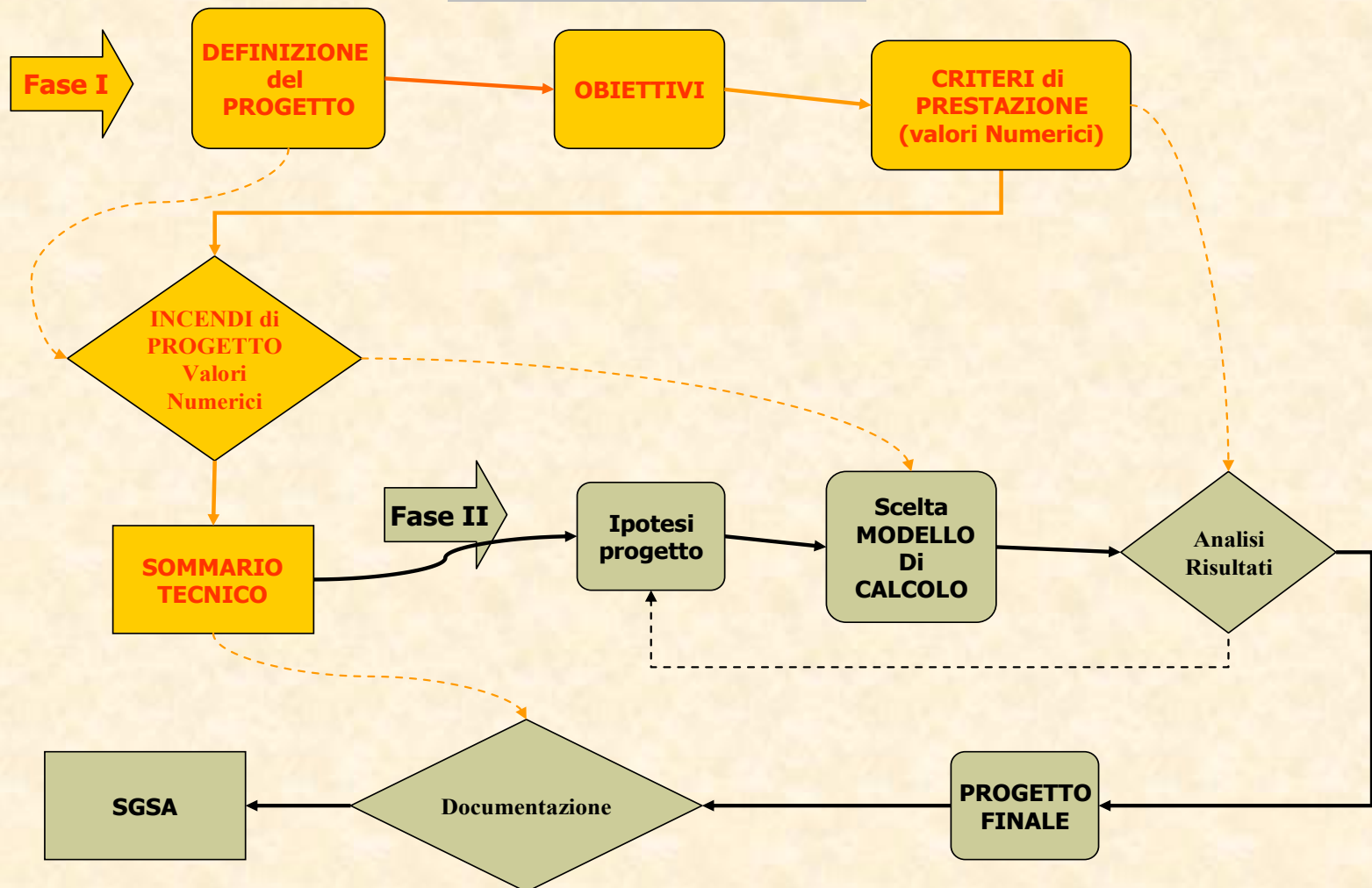
L'applicazione del modello scelto dell'opera in esame deve fornire una serie di parametri numerici che servono a descrivere l'evoluzione dell'incendio ed a fornire le indicazioni necessarie per sviluppare la progettazione in termini di raggiungimento dei *livelli di prestazione* prefissati.

INDIVIDUAZIONE DEL PROGETTO FINALE AL COMANDO PROVINCIALE VV.F.

Deve essere presentato il progetto che è stato verificato rispetto agli scenari di incendio prescelti e che soddisfa i livelli di prestazione individuati.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

Riassumendo...



L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

CONCLUSIONI 1

- L'ingegneria della sicurezza antincendio, o Fire Safety Engineering (FSE), è un **moderno strumento di valutazione della sicurezza** di un edificio o di un'attività.
- Questi metodi, che il Documento interpretativo n. 2 della Direttiva prodotti da costruzione - Sicurezza in caso di incendio ha definito **ingegneristici**, sono in grado di risolvere la progettazione della sicurezza antincendio **in modo più mirato alle esigenze degli utenti**.
- I metodi dell'ingegneria della sicurezza possono essere utilizzati **nelle istanze di Deroga** o in **progetti di attività non normate** che presentano situazioni particolari, o se vogliamo raggiungere delle prestazioni non contemplate dalle norme (es. garanzia della prosecuzione dell'attività in caso di incendio, protezione di un particolare bene ecc.).
- Oggi, come anche nel futuro, ai progettisti si presenteranno due possibili vie: **il rispetto delle norme di sicurezza tradizionali** o **l'adozione di misure di sicurezza diverse**, giustificata sulla base delle valutazioni effettuate secondo l'approccio ingegneristico.

L'INGEGNERIA ANTINCENDIO E L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

CONCLUSIONI 2

- L'ingegneria antincendio va applicata, a causa della sua onerosità e non facile applicabilità, **solo quando con il metodo prescritzionale non si hanno risposte soddisfacenti**.
- Tutte le fasi del processo di valutazione e progettazione nell'ambito dell'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio vanno **concordate con l'organismo di controllo**.
- Nella modellazione dell'incendio **non esiste in generale un modello "migliore"**: la decisione di adottare un software invece di un altro dovrebbe essere basata sulla comprensione delle assunzioni di base e limitazioni di quel particolare modello.
- La metodologia prestazionale, basandosi su di una individuazione delle misure di protezione effettuata su scenari di incendio valutati ad hoc, necessita, affinché non ci sia una riduzione nel tempo del livello di sicurezza prescelto, di un **attento mantenimento di tutti i parametri posti alla base della scelta sia degli scenari che dei progetti**.

... un esempio... (Studio Zanetti & Associati - Caltrano VI)

DEFINIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto riguarda la realizzazione di un edificio annesso ad uno stabilimento, composto da una parte da destinare a museo, in un vecchio fabbricato rurale ristrutturato, e da una parte nuova per esposizione e sala convegni, che sarà realizzata con strutture in acciaio e vetro. La regola tecnica di prevenzione incendi (DM 19/08/1996) prevede la realizzazione di strutture di caratteristiche di resistenza al fuoco almeno R60. Essendo la struttura di copertura in acciaio, si vuole evitare di procedere alla protezione, tenuto conto che stante la tipologia di struttura (tipo reticolare) risulta problematico e di efficacia non certa il trattamento con vernici protettive intumescenti.

VINCOLI PROGETTUALI DERIVANTI DA PREVISIONI NORMATIVE O DA ESIGENZE PECULIARI DELL'ATTIVITÀ

Il progetto prevede la richiesta di deroga al punto 2.3.1 del DM 19/08/1996 che prevede che le strutture portanti e quelle separanti dei locali inseriti in edifici pluripiano devono comunque possedere caratteristiche di resistenza al fuoco, rispettivamente R e REI, non inferiori a 60 per altezza antincendio dell'edificio fino a 12 m.

Il progetto, attraverso l'applicazione dell'approccio ingegneristico e simulando condizioni reali d'incendio, illustra come, con l'installazione di un sistema di rivelazione incendi che aziona degli evacuatori di fumo e calore e con il conseguente abbassamento della temperatura sul soffitto, non risultino necessarie protezioni alla struttura in acciaio.

DESCRIZIONE DELLE CONDIZIONI AMBIENTALI PER L'INDIVIDUAZIONE DEI DATI NECESSARI PER LA VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI CHE SI POTREBBERO PRODURRE

Strutture portanti in acciaio con copertura in travi tralicciate costituite da profili tubolari 101.6x5, 88.9x3, 152.4x10, 114.3x8; arcarecci in profili ILS180

Dimensioni in pianta sala circa 45mx30m, altezza copertura pari a circa 9m

Presenza di impianto EFC asservito a impianto di rivelazione ed allarme d'incendio, costituito da aperture mediante EFC di superficie totale pari a 49.32mq, divisa tra salone ($9 \times 1.2 \times 3.5 = 37.80\text{mq}$) e corridoi laterali ($4 \times 1.2 \times 2.4 = 11.52\text{mq}$), con caratteristiche conformi alle norme UNI 9494



IDENTIFICAZIONE DEGLI OBIETTIVI DI SICUREZZA ANTINCENDIO

L'obiettivo principale è quello di evitare misure compensative del mancato rispetto delle disposizioni del DM 19/08/1996, quali l'installazione di un impianto sprinkler o l'applicazione di rivestimenti protettivi della struttura, non effettivamente necessari.

Altro obiettivo è il raggiungimento di condizioni ambientali ottenibili con il sistema EFC, che consentano una più facile evacuazione, già assicurata del pieno rispetto del DM 19/08/1996, ed un più sicuro accesso del personale di intervento e soccorso.

INDIVIDUAZIONE DEI LIVELLI DI PRESTAZIONE

SOGLIE DI ACCETTABILITÀ		
Specie	Soglia di accettabilità	Descrizione
Temperatura fumi a quota 8,8 m in prossimità della struttura del tetto realizzata con travature reticolari in acciaio	300 °C $T < T_{crit} (375^{\circ}\text{C})$	Tenendo conto di quanto disposto dal DM 14 gennaio 2008, punto 4.2.11 e dalla UNI EN 1993-1-2
Visibilità lungo le vie d'esodo a quota 1,8 m	10 m	Visibilità per oggetti illuminati da fonti esterne
Monossido di carbonio lungo le vie d'esodo a quota 1,8 m	500 ppm	(1000 ppm provocano perdita di coscienza in un'ora)
Temperatura lungo le vie d'esodo a quota 1,80 m	50 °C	In condizioni di umidità relativa inferiore al 50% corrisponde ad un tempo di tollerabilità di 2 ore
Flusso termico lungo le vie d'esodo a quota 1,80 m	2,0 kW/m ²	Esposizione tollerabile per tempi pari a diversi minuti (l'esposizione solare raggiunge 1 kW/m ² ; 4 kW/m ² generano bruciature cutanee in tempi brevi)

INDIVIDUAZIONE DEGLI SCENARI DI INCENDIO DI PROGETTO

Lo scenario corrisponde alla descrizione indicata nella norma NFPA 101 (8 scenari predeterminati) scenario 6: incendio intenso (fast), dovuto al maggior carico d'incendio possibile nelle normali condizioni con una crescita rapida in presenza di persone (scenario d'incendio valutato come il più gravoso per lo sviluppo e propagazione dell'incendio ai fini della sicurezza e dell'incolumità delle persone, oltre che per la stabilità e resistenza meccanica della struttura)

In particolare è stato considerato l'incendio di n. 16 poltroncine imbottite (peso 10 kg cadauna, pot. cal. poliuretano 27.22 MJ/mq), collocate una per metro quadrato di superficie, con i seguenti valori caratteristici:

Tipologia attività	Sviluppo atteso dell'incendio	t_g (s)	α (kJ/s ³)	HRR _{max} per unità di superficie (kW/m ²)
Cinema e teatri	veloce	150	0,0444	500

(continua)

IL DECRETO 9 MAGGIO 2007

ANALISI PRELIMINARE - I CONTENUTI DEL SOMMARIO TECNICO

INDIVIDUAZIONE DEGLI SCENARI DI INCENDIO DI PROGETTO

In dettaglio:

- sviluppo atteso dell'incendio di tipo veloce, tempo caratteristico (tempo necessario a raggiungere 1 MW, t_g) di 150 secondi, potenza massima per unità di superficie di 500 kW/mq
- il valore HRRmax (energia rilasciata nell'unità di tempo riferita a combustione in eccesso d'aria) risulta pari a 8 MW

Sapendo che $1000 \text{ (kW)} = \alpha t_g^2$ trovo α che risulta 0,0444.

Si ricava t_a da $\text{HRRmax} = \alpha t_a^2$ pari a 424 s.

L'energia termica rilasciata al tempo t_a è l'integrale della curva:

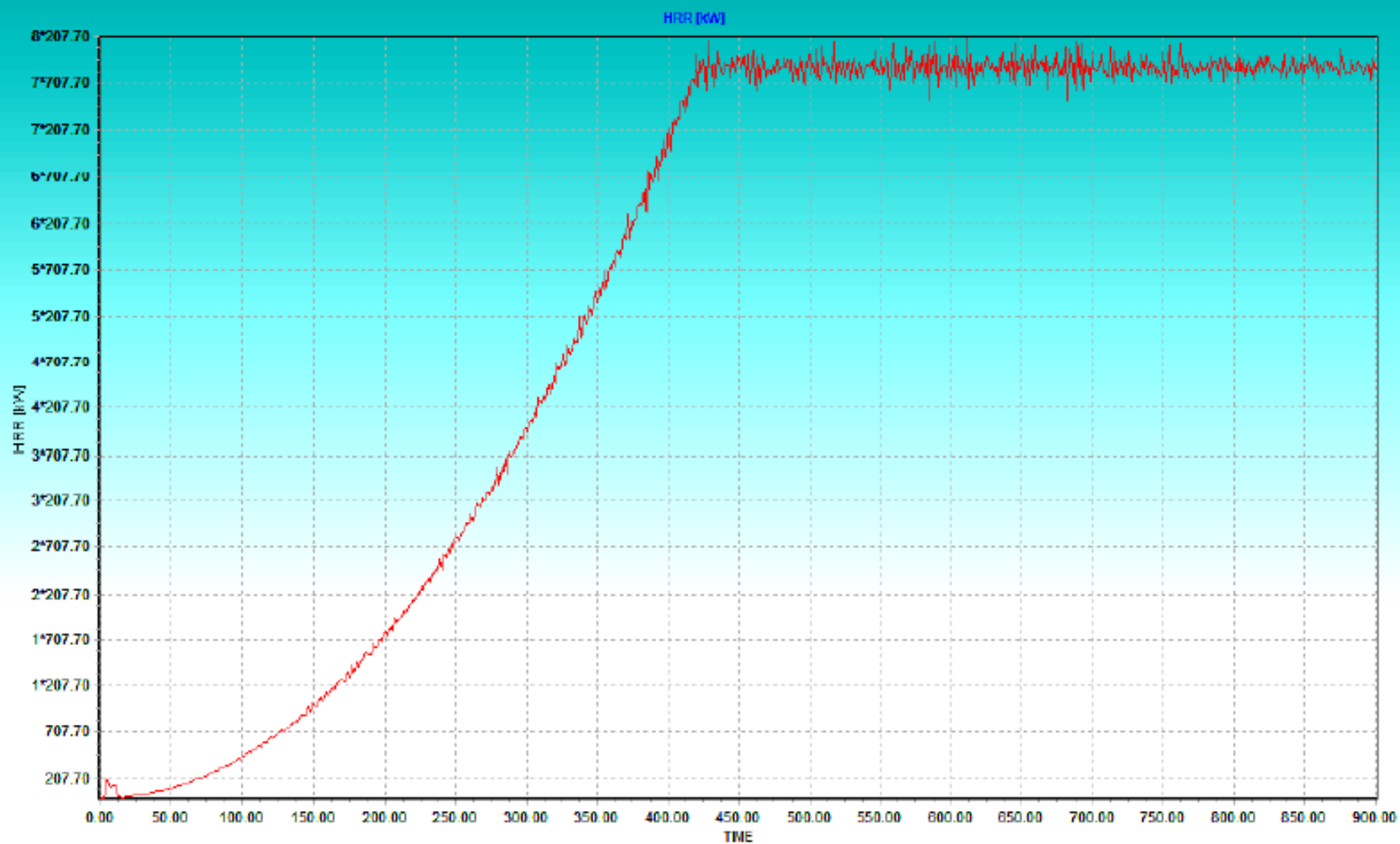
$$\frac{1}{3} \times 0,0444 \times 424^3 / 1000 = 1131 \text{ MJ.}$$

La quantità bruciata al tempo t_a è di $1131 / 27,22 = 41,57 \text{ kg}$, la quantità che rimane da bruciare 118,43 kg (lo ricavo per differenza).

Il tempo t_a di raggiungimento di HRRmax è di 424 s (≈ 7 minuti) e la durata dell'incendio in 827 s (≈ 14 minuti).

Il tempo totale di durata della simulazione è stato fissato in 900 secondi (15 minuti).

(continua)

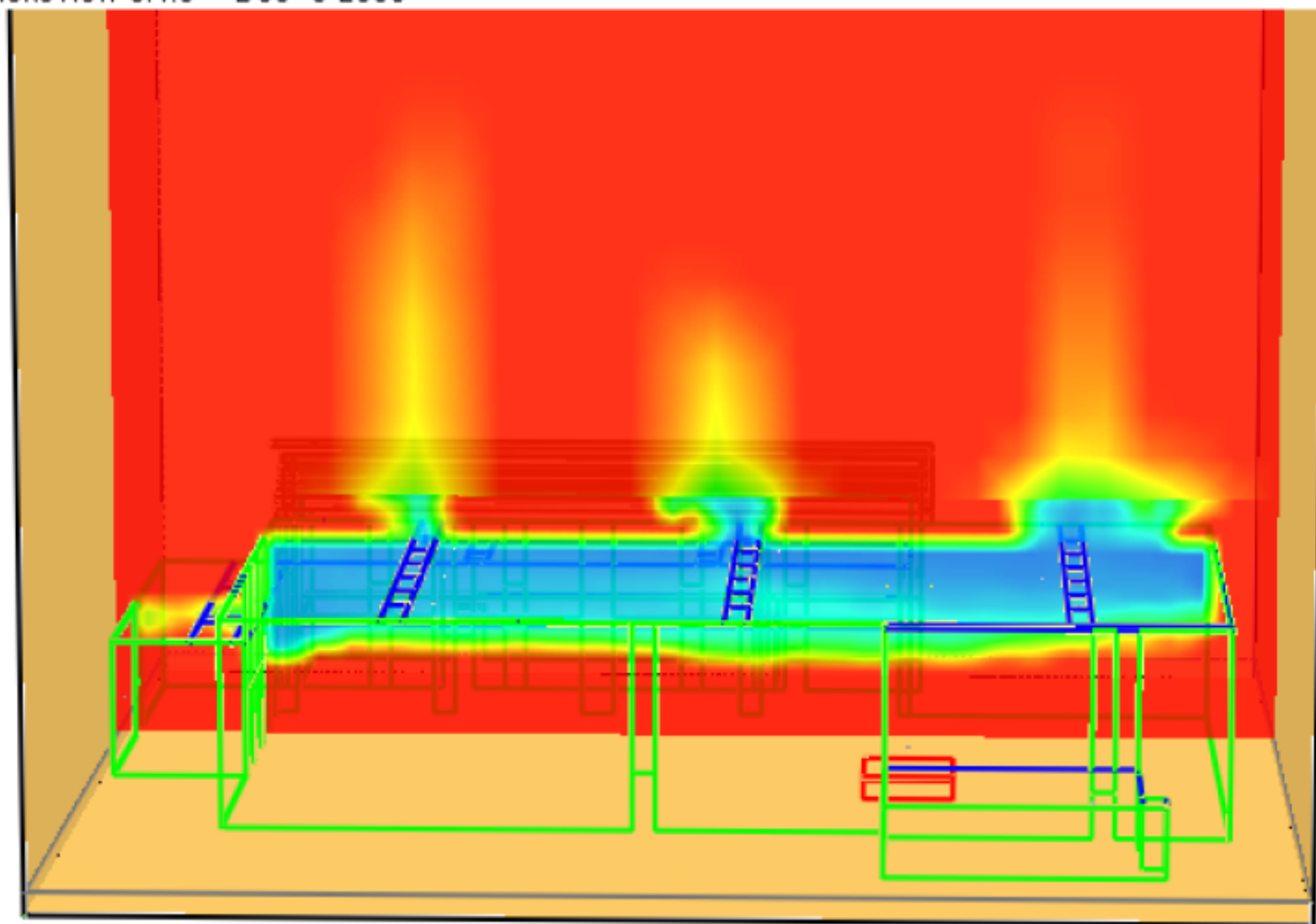


(continua)

INDIVIDUAZIONE DEGLI SCENARI DI INCENDIO DI PROGETTO

Pertanto, ricapitolando:

- **focolare costituito da n. 16 poltroncine imbottite**
- **peso 10 kg ciascuna**
- **potere calorifico (poliuretano rigido) 27.22 MJ/kg**
- **distribuzione 1 poltroncina /mq**
- **carico incendio 272.16 MJ/mq**
- **totale energia coinvolta nell'incendio $16 \times 272.16 = 4354.48$ MJ**
- **potenza totale dell'incendio 8 MW**
- **tempo di raggiungimento HRRmax 424 s (circa 7 min)**
- **durata dell'incendio 827 s (circa 14 min)**
- **tasso produzione particolato (soot factor) 0.08**



Slice
VIS_Soot
m

30.0

27.0

24.0

21.0

18.0

15.0

12.0

9.00

6.00

3.00

0.00

mesh: 1

Frame: 300

Time: 300.0



Al fine di valutare le grandezze di interesse sono state predisposte all'interno del dominio di simulazione delle sonde virtuali per la misura dei parametri di interesse.

I punti di misura sono stati collocati in prossimità del soffitto del salone (8,90 m) per la misura della temperatura in prossimità delle strutture e ad altezza d'uomo (1,80 m) per le misure relative alla sicurezza per l'evacuazione.

Nello scenario il tempo finale di rilevazione dei valori da rispettare per il criterio prestazionale è posto a 900 s, cioè alla fine dell'incendio per esaurimento.

Non sono stati modellati materiali di arredo combustibili per i quali, previa verifica, non vi fosse la possibilità del raggiungimento delle temperature di ignizione.

Risultati scenario d'incendio fino al tempo t = 900 s				
Punto di misura	Valore di soglia di riferimento	Temp. punta massima	Registraz. punta massima sec.	Temp. media dopo 900 sec.
Temperatura gas - 141	300 °C	231 °C	420 s	< 300 °C
Termocoppia - 143	300 °C	175 °C	690 s	< 300 °C
Termocoppia - 144	300 °C	227 °C	510 s	< 300 °C
Termocoppia - 145	300 °C	211 °C	430 s	< 300 °C
Termocoppia - 146	300 °C	375 °C	410 s	< 300 °C

Le temperature di soglia sono superate con picchi di breve durata solo per la termocoppia 146. La media delle temperature delle quattro termocoppie 143-144-145-146 (posizionate a quota 8,90m nelle celle che lambiscono la struttura del soffitto a quota 9,00m) si mantiene sempre sotto i 300 ° C (valore limite)

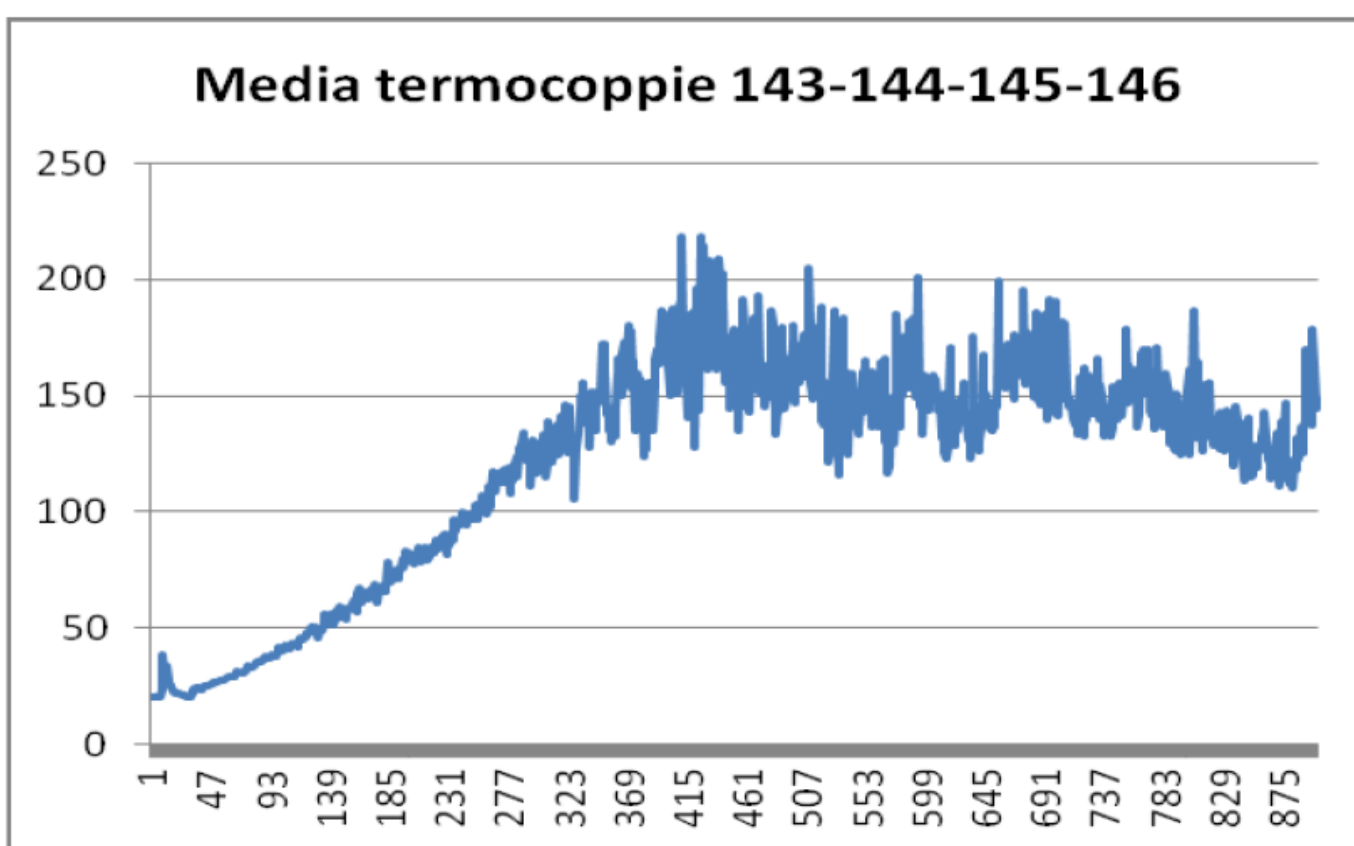
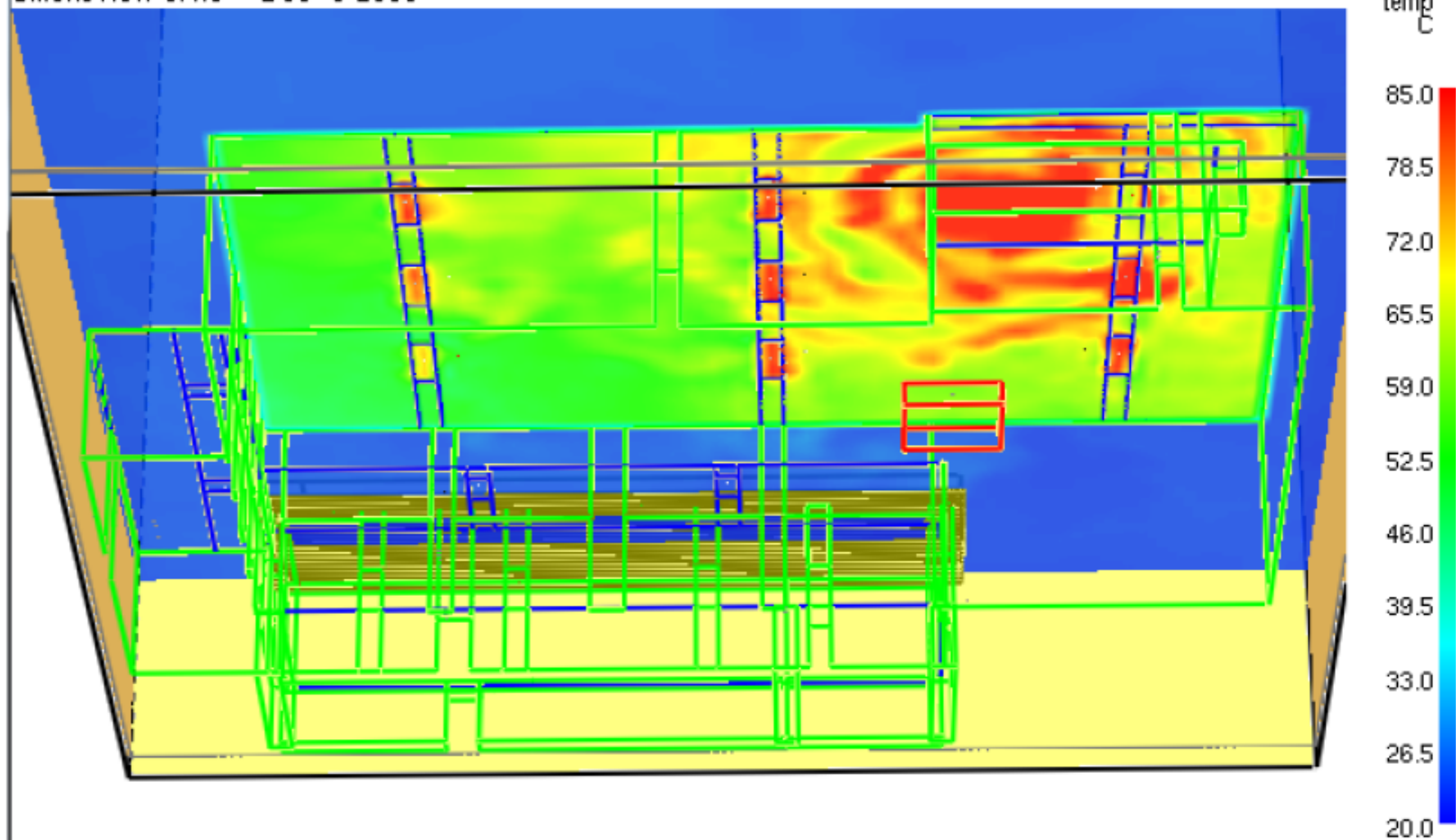


Illustrazione distribuzione temperature sul soffitto

Smokeview 5.4.8 - Dec 3 2009



mesh: 1

Frame: 900

Time: 900.0

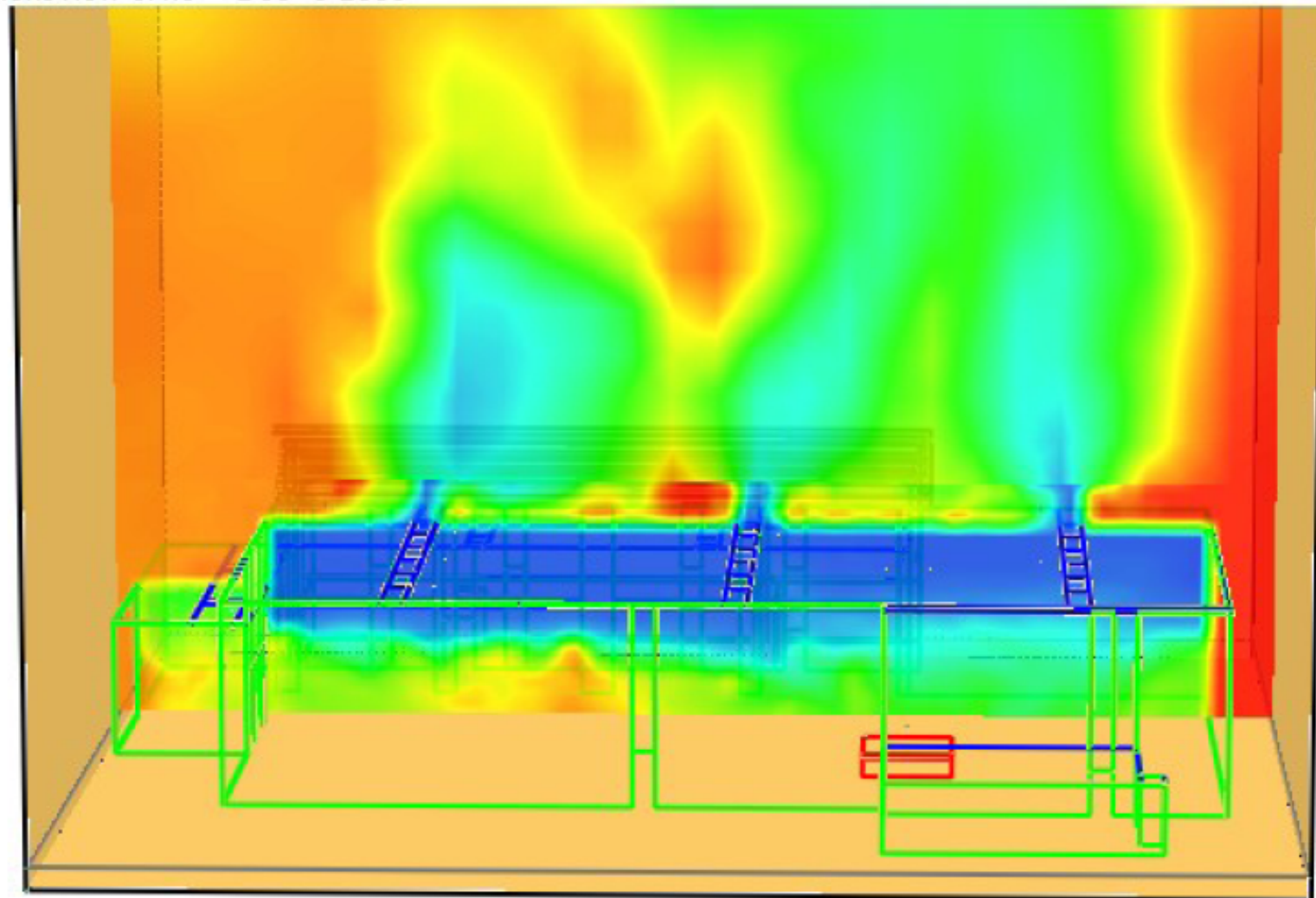
Il DM 09/03/2007 permette di utilizzare le simulazioni svolte per la valutazione generale della sicurezza ai fini della determinazione della resistenza al fuoco. In particolare prevede che per definire le azioni del fuoco devono essere determinati i principali scenari di incendio e i relativi incendi convenzionali di progetto, sulla base di una valutazione del rischio di incendio. Il p.to 4.2 - Curve naturali di incendio, prevede che si possono utilizzare le temperature dell'incendio naturale corrispondenti al carico di incendio del compartimento, ponendo pari a 1 i coefficienti relativi alle misure che si intende modellare.

Lo stesso punto prevede che il professionista esegua anche una verifica della capacità portante dell'elemento rispetto alla curva nominale standard. In questo caso, però, si chiede che la verifica dimostri il rispetto di valori inferiori a quelli richiesti per la verifica tradizionale.

La tabella 5 prevede per carichi d'incendio non superiori a 300 MJ/m² la classe 0 di resistenza al fuoco. In questo caso il carico d'incendio riferito alla effettiva distribuzione è pari a 272,16 MJ/m² e pertanto la classe 0 sarebbe sufficiente.

Illustrazione visibilità dopo 900 secondi

Smokeview 5.4.8 - Dec 3 2009



Slice
VIS_Soot
m

30.0
27.0
24.0
21.0
18.0
15.0
12.0
9.00
6.00
3.00
0.00

mesh: 1

Frame: 900

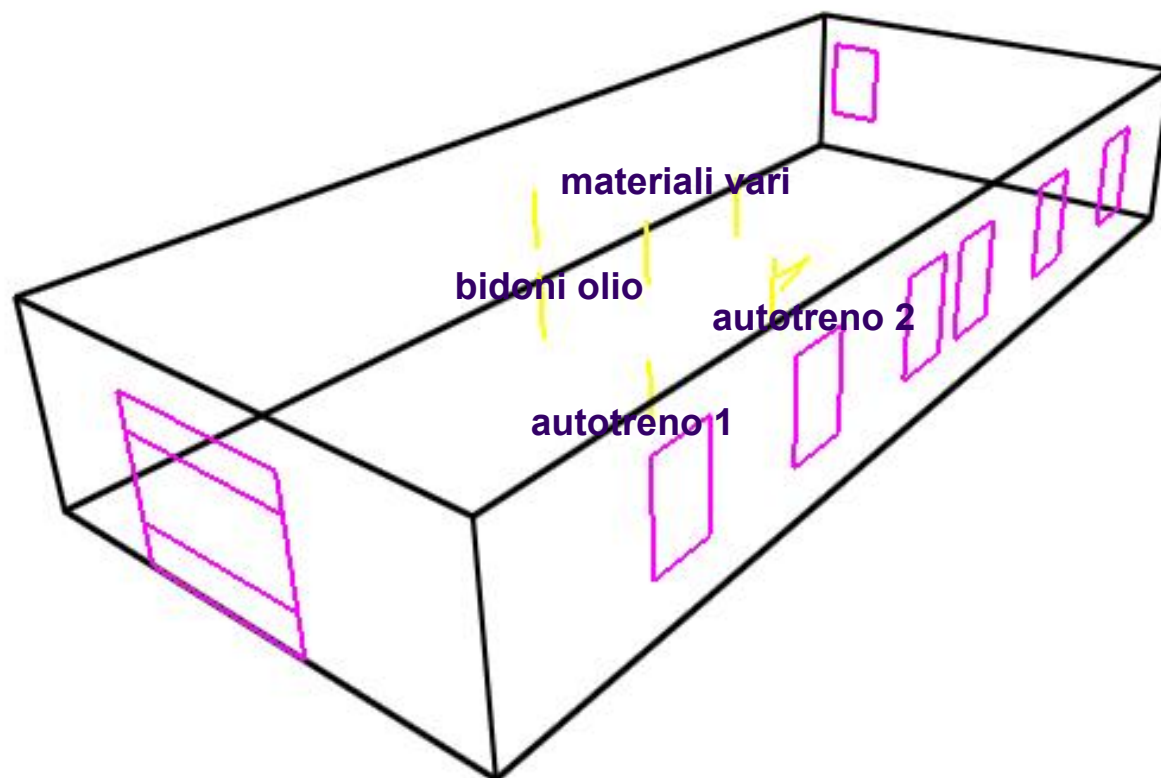
Time: 900.0

... un esempio con modello a zone...

DEFINIZIONE DELL'ANALISI

L'analisi condotta riguarda l'investigazione di cause d'incendio.

In particolare si tratta di verificare se all'interno di un capannone in muratura con solaio in legno, l'ignizione ed il successivo incendio del solaio sia stato originato dall'incendio dovuto a cause naturali di alcuni contenitori di olio combustibile e materiali vari oppure dall'incendio, probabilmente indotto da cause non naturali, di n.2 autotreni parcheggiati nel capannone stesso, che successivamente si è propagato al solaio.

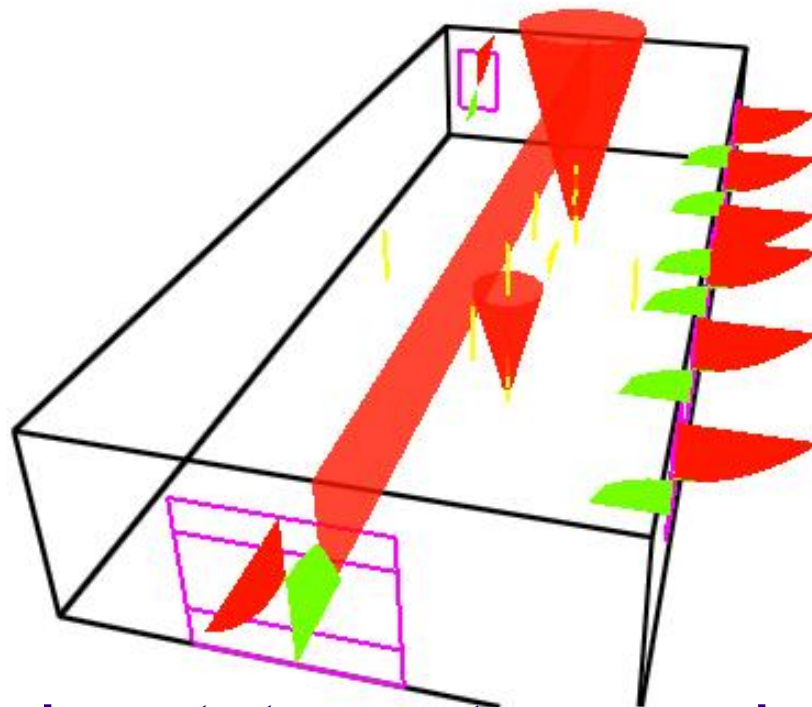


Si tratta pertanto di confrontare le temperature a soffitto generate dall'incendio degli autotreni (scenario 1) con le temperature a soffitto generate dall'incendio dei bidoni di olio combustibile con materiali vari (scenario 2).

Scenario 1: si assume, dai dati della letteratura (SFPE Handbook of Fire Protection), che a seguito dell'incendio del primo autotreno la propagazione al secondo autotreno possa avvenire quando le temperature raggiungono un range da 280°C a 380°C, ovvero quando il flusso di calore da irraggiamento raggiunge il valore di 8 kW/mq. Per l'autotreno incendiato si assume dai dati della letteratura $HRR_{max}=6$ MW

Scenario 2: si assume che il focolaio iniziale sia costituito dai bidoni di olio combustibile e dai materiali vari (200 kg di olio combustibile, 100 kg di materiale plastico e 50 kg di pneumatici). La curva di rilascio termico prevede $HRR_{max}=2$ MW, con rilascio rapido

Smokeview 4.0.8 - Oct 5 2006



Zone
Temp
C

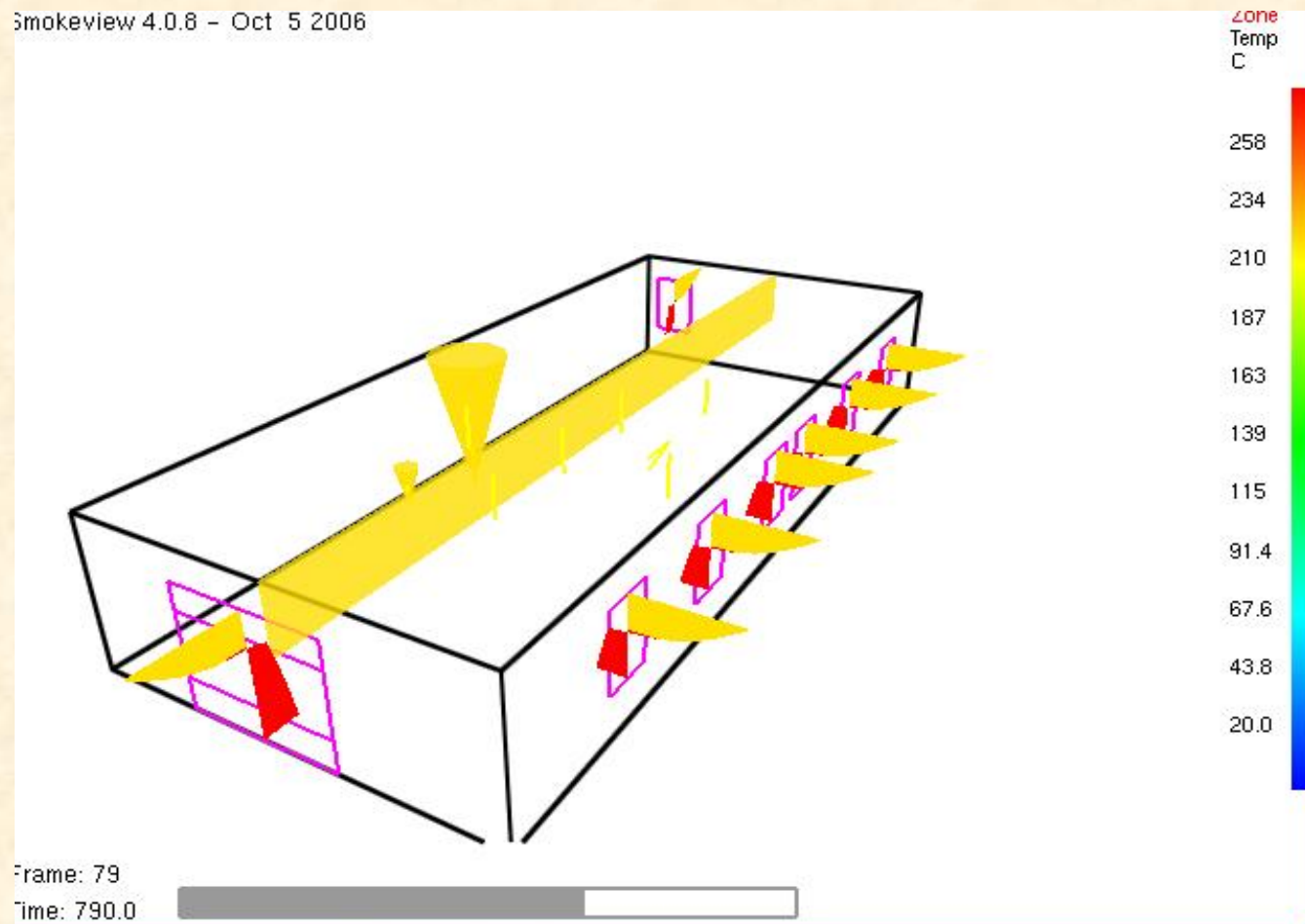
463
419
374
330
286
241
197
153
109
64.3
20.0

Frame: 59

Time: 590.0

andamento temperature scenario 1

Smokeview 4.0.8 - Oct 5 2006



andamento temperature scenario 2

CONCLUSIONI

Dal confronto dei valori di temperatura raggiunti all'intradosso del solaio del capannone si evidenzia come nel caso dello scenario 1 dopo un tempo pari a 180 secondi si raggiunga un valore di circa 310 °C, compatibile con l'innesco del solaio in legno.

Nel caso dello scenario 2 la massima temperatura raggiunta a soffitto è dell'ordine di 200 °C e pertanto non sufficiente a determinare l'innesco del solaio. Inoltre l'irraggiamento non è sufficiente a determinare l'innesco degli autotreni.