



ORDINE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROVINCIA DI PALERMO

# Fire Safety Engineering

## PROCESSO DI VALUTAZIONE E PROGETTAZIONE

Relatore: Ing. Pietro Monaco

p.monaco@edilizianamirial.it

Partecipa al G.L. UNI “Ingegneria della sicurezza contro l'incendio”

**PALERMO 25 FEBBRAIO 2016**



ORDINE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROVINCIA DI PALERMO

# Differenti approcci per la valutazione dei livelli di sicurezza

- **PRESCRITTIVO** – raggiungo il livello di sicurezza stabilito a priori dalle norme come accettabile (metodo convenzionale della prevenzione incendi)
- **PROBABILISTICO** – In base alla definizione di rischio (Px $D$ ) determino le azioni correttive da intraprendere (metodo normalmente utilizzato nella valutazioni del rischio delle aziende a rischio di incidente rilevante: ETA, FTA, Azop)
- **PRESTAZIONALE** – FSE Fire Safety Engineering



**processo prestazionale:** processo finalizzato a raggiungere obiettivi e livelli di prestazione specifici

- La sicurezza antincendio è esaminata mediante l'analisi quantitativa dell'evento incendio, o meglio, dei possibili incendi, e degli altri eventi ad essi correlati.
- Si parla anche di approccio prestazionale, perché, come vedremo, un elemento fondamentale è la definizione delle prestazioni volute.
- **FSE : sicurezza antincendio di tipo prestazionale, progettazione mediante modelli di incendio**

# Differenti approcci per la valutazione dei livelli di sicurezza

## Metodo deterministico – prescrittivo

Progettazione, valutazione del rischio  
scelta delle misure di sicurezza

Rispetto delle **disposizioni prescrittive**  
contenute nelle regole tecniche, le quali  
stabiliscono **le misure di sicurezza antincendio**

Livello minimo di sicurezza che deve essere  
garantito in una determinata attività



# Differenti approcci per la valutazione dei livelli di sicurezza

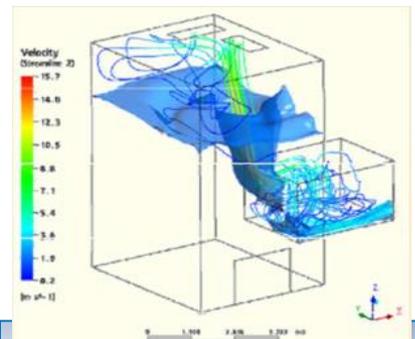
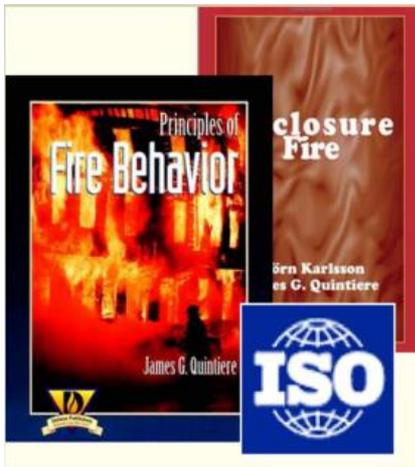
## Metodo ingegneristico – prestazionale

Progettazione, valutazione del rischio  
scelta delle misure di sicurezza

Rispetto delle **prestazioni** che l'opera deve garantire per raggiungere obiettivi specifici sulla base di una predizione della **dinamica evolutiva dell'incendio**

Livello di sicurezza fissato

**valori di soglia** che non devono essere superati



14:29



# FSE- Quando è conveniente ?

Per cose che non si possono ricondurre alla norma prescrittiva



14:29



## FSE- Quando è conveniente ?



Perché avere delle «scarpe su misura» permette di risparmiare, rispetto a realizzare delle scarpe molto più grandi



## Novità

La FSE fornisce un **insieme di indicazioni procedurali** che consentono di passare da una impostazione di tipo **qualitativo** (*prescrittivo*) ad una di tipo **quantitativo** (*prestazionale*).

# Approccio ingegneristico prestazionale

## Fire Safety Engineering

**Contrappone** al metodo tradizionale, l'**utilizzo di modelli e di calcoli** finalizzati a **verificare se l'evoluzione dell'incendio** in un determinato contesto **è compatibile con gli obiettivi di sicurezza** che il progettista deve rispettare.



# Approccio ingegneristico prestazionale

## Fire Safety Engineering



Fire safety engineering  $\neq$  modello matematico o numerico

**NON SOLO MODELLI DI SIMULAZIONE**

È un **APPROCCIO METODOLOGICO** che mira a trovare soluzioni ad un problema complesso analizzando la realtà secondo logiche “causa-effetto” fondate su scienza, tecnica esperienza

Fire safety engineering = approccio ingegneristico alla gestione di un problema



## FSE- Quando è conveniente ?

- In base al D.M. 03/08/2015 la Fire Safety è una soluzione alternativa (**alternative solution**) alle soluzioni conformi, ovvero una soluzione progettuale prestazionale che richiede ulteriori valutazioni tecniche. Il progettista è tenuto a dimostrare il raggiungimento del collegato livello di prestazione.



D.M. 03/08/2015

- Il decreto introduce la possibilità di utilizzare soluzioni alternative a tutte le strategie antincendio inerenti l'attività, anche ad esempio relativamente alla reazione al fuoco.

#### S.1.4.4

#### Soluzioni alternative

1. Sono ammesse *soluzioni alternative* per tutti i livelli di prestazione.
2. Al fine di dimostrare il raggiungimento del collegato *livello di prestazione* il progettista deve impiegare uno dei metodi di cui al paragrafo G.2.6.

Nota: Le soluzioni alternative possono essere ricercate dimostrando *ad esempio* la ridotta produzione di fumi e calore, la precoce rivelazione dell'incendio ed il suo rapido controllo tramite impianti di protezione attiva.

## G.2.6

### Metodi ordinari di progettazione della sicurezza antincendio

1. La tabella G.2-1 elenca i metodi per la progettazione della sicurezza antincendio impiegabili per:
  - a. la *verifica delle soluzioni alternative* al fine di dimostrare il raggiungimento del collegato *livello di prestazione*;
  - b. la *verifica del livello di prestazione* attribuito alle *misure antincendio* al fine di dimostrare il raggiungimento dei pertinenti obiettivi di sicurezza antincendio.

Metodi	Descrizione e limiti di applicazione
Applicazione di norme o documenti tecnici	Il progettista applica norme o documenti tecnici adottati da organismi europei o internazionali, riconosciuti nel settore della sicurezza antincendio. Tale applicazione, fatti salvi gli obblighi connessi all'impiego di prodotti soggetti a normativa comunitaria di armonizzazione e alla regolamentazione nazionale, deve essere attuata nella sua completezza, ricorrendo a soluzioni, configurazioni e componenti richiamati nelle norme o nei documenti tecnici impiegati, evidenziandone specificatamente l'idoneità, per ciascuna configurazione considerata, in relazione ai profili di rischio dell'attività.
Applicazione di prodotti o tecnologie di tipo innovativo	L'impiego di prodotti o tecnologie di tipo <i>innovativo</i> , frutto della evoluzione tecnologica ma sprovvisti di apposita specifica tecnica, è consentito in tutti i casi in cui l'idoneità all'impiego possa essere attestata dal progettista, in sede di verifica ed analisi sulla base di una valutazione del rischio connessa all'impiego dei medesimi prodotti o tecnologie, supportata da pertinenti certificazioni di prova riferite a: <ul style="list-style-type: none"> <li>• norme o specifiche di prova nazionali;</li> <li>• norme o specifiche di prova internazionali;</li> <li>• specifiche di prova adottate da laboratori a tale fine autorizzati.</li> </ul>
Ingegneria della sicurezza antincendio	Il progettista applica i metodi dell'ingegneria della sicurezza antincendio, secondo procedure, ipotesi e limiti indicati nel presente documento, in particolare nei capitoli M.1, M.2 e M.3, e secondo le procedure previste dalla normativa vigente.

Tabella G.2-1: Metodi ordinari di progettazione della sicurezza antincendio

## Domanda

Quando è **POSSIBILE/NECESSARIO** il ricorso alla progettazione antincendi secondo l'approccio ingegneristico in alternativa ai criteri di progettazione di cui all'allegato I DM 04/05/98 (ora DM 07/08/2012)???



# Possibili applicazioni

Si possono citare almeno quattro possibili applicazioni immediate:

DM  
09/05/2007

- progettazione della sicurezza di **attività civili complesse** per le quali non esistano norme di riferimento
- possibilità di **valutare** le pratiche di **deroga**. L'ipotesi di adottare una misura in luogo di un'altra potrà infatti essere misurata e quindi pesata secondo criteri oggettivi (Life Safety)
- valutazione dei **piani di emergenza**, in quanto è possibile seguire l'andamento di un incendio e la propagazione dei prodotti della combustione, e conoscere istante per istante la percentuale di sopravvivenza di una persona in un ambiente
- **investigazione** delle **cause di incendio**, mediante la ricostruzione delle fasi dell'incendio e la verifica o l'esclusione delle varie ipotesi incidentali.

E' importante sottolineare che l'utilizzo di questi metodi non contrasta con la sopravvivenza dell'approccio prescrittivo.



# investigazione delle cause di incendio

- Rhode Island station nightclub fire (100 morti)
- Rhode Island Fire Simulazione evacuazione con EGREES
- Comparativa
- Vol I NCSTAR2
- Vol II NCSTAR2

## La scelta dell'approccio FSE

- Deve coinvolgere il titolare dell'attività
  - La valutazione deve essere collegata con le specifiche caratteristiche di gestione dell'attività
  - La scelta è direttamente connessa con la strategia di gestione della sicurezza antincendio
- (bilanciamento tra misure di prevenzione, di protezione attiva e passiva, di gestione)

# Vantaggi nella scelta dell'approccio FSE

- Adattare le misure di prevenzione e protezione alle specifiche esigenze
- Uno strumento in più per la progettazione
- Più soluzioni per il raggiungimento di un risultato
- Coprire le carenze delle regole tecniche
- Possibilità di avere deroghe alle norme in condizioni razionalmente più vantaggiose per la sicurezza
- Possibilità di sostituire misure invasive con soluzioni alternative rispettose del valore storico ambientale

## Cosa si richiede in più?

- Chiarire bene le scelte strategiche
- Utilizzare modelli affidabili per i casi specifici
- Documentare il percorso di progettazione
- Monitorare razionalmente la gestione della sicurezza



# Le nuove responsabilità

## Progettista

- Definizione degli obiettivi
- Definizione degli scenari
- Scelta dei modelli più idonei

## Gestore

- Condivisione degli obiettivi
- Condivisione degli scenari
- S.G.S.A.

# DM 9 maggio 2007

## Approccio ingegneristico

Il modo di affrontare la sicurezza antincendio secondo l'approccio ingegneristico è stato introdotto nelle norme italiane dal decreto 9 maggio 2007.

**Questo decreto stabilisce come si deve presentare una domanda di prevenzione incendi studiata con le tecniche dell'approccio prestazionale.**



# DM 9 maggio 2007

## Struttura

Il decreto sulle “**Direttive per l'attuazione dell'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio**” è costituito da:

- **otto articoli** che stabiliscono l'iter per adottare l'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio, in maniera facoltativa, per i procedimenti di esame progetto (nel caso di attività non regolate da specifiche disposizioni antincendio) e di deroga, per i seguenti ambiti di applicazione:
  - ❖ in presenza di insediamenti di tipo complesso o a tecnologia avanzata;
  - ❖ nel caso di edifici o attività di particolare rilevanza architettonica e/o costruttiva;
  - ❖ agli edifici pregevoli per arte o storia o alle attività ubicate in tali edifici;
  - ❖ agli edifici ubicati in ambiti urbanistici di particolare specificità.

# DM 9 maggio 2007

## Struttura

- un allegato tecnico suddiviso in cinque punti che indicano il processo di valutazione e progettazione nell'ambito dell'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio (**fire safety engineering**), con l'indicazione dei passaggi che la documentazione al progetto deve esplicitare in modo adeguato per consentire all'organo di controllo un esame oggettivo:
  1. Definizioni
  2. Generalità
  3. Analisi Preliminare (I fase)
  4. Analisi Quantitativa (II fase)
  5. Sistema di Gestione della Sicurezza Antincendio (SGSA)

# DM 3 agosto 2015

## Capitolo M.1 Metodologia per l'ingegneria della sicurezza antincendio

Descrive in dettaglio la metodologia di progettazione dell'ingegneria della sicurezza antincendio (o *progettazione antincendio prestazionale*) in conformità con i contenuti della serie di rapporti tecnici ISO/TR 13387.

- Premessa
- Fasi della metodologia
- Prima fase: analisi preliminare
- Seconda fase: analisi quantitativa
- Documentazione di progetto
- Sommario tecnico
- Relazione tecnica
- Gestione della sicurezza antincendio
- Criteri di scelta e d'uso dei modelli e dei codici di calcolo

# DM 09/05/2007

## Approccio ingegneristico

### Art. 1 Oggetto

**Il presente decreto definisce** gli aspetti procedurali e **i criteri da adottare per** valutare il livello di rischio e **progettare le** conseguenti **misure compensative**, utilizzando, **in alternativa** a quanto previsto dal **DM 04/05/1998 (D.M. 7/8/2012)**, l'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio, **al fine di soddisfare gli obiettivi della prevenzione incendi.**

# DM 09/05/2007

## Approccio ingegneristico (Allegato)

### 1. Definizioni.

- **curva di rilascio termico (Heat Release Rate - HRR):** energia termica emessa da un focolare o da un incendio per unità di tempo; è espressa in W;
- **incendio di progetto:** descrizione quantitativa di un focolare previsto all'interno di uno scenario di incendio;
- **livelli di prestazione:** criteri di tipo quantitativo e qualitativo rispetto ai quali si può svolgere una valutazione di sicurezza;
- **processo prestazionale:** processo finalizzato a raggiungere obiettivi e livelli di prestazione specifici;
- **scenario di incendio:** descrizione qualitativa dell'evoluzione di un incendio che individua gli eventi chiave che lo caratterizzano e che lo differenziano dagli altri incendi. Di solito può comprendere le seguenti fasi: innesco, crescita, incendio pienamente sviluppato, decadimento. Deve inoltre definire l'ambiente nel quale si sviluppa l'incendio di progetto ed i sistemi che possono avere impatto sulla sua evoluzione, come ad esempio eventuali impianti di protezione attiva;
- **scenario di incendio di progetto:** specifico scenario di incendio per il quale viene svolta l'analisi utilizzando l'approccio Ingegnistico.

## Ricorso a DM 09/05/2007

Secondo art. 2 del Decreto è  
**POSSIBILE**  
per giustificare proposte progettuali inerenti

- Insedimenti 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

# Ricorso a DM 09/05/2007

Secondo art. 2 del Decreto è  
**POSSIBILE**  
per giustificare proposte progettuali inerenti

- Individuazione dei provvedimenti da adottare ai fini del rilascio del certificato di prevenzione incendi **nel caso di attività non regolate** da specifiche disposizioni antincendio;
- Individuazione delle misure di sicurezza che si ritengono idonee a compensare il rischio aggiuntivo **nell'ambito del procedimento di deroga** di cui all'art. 6 del DPR 12/01/1998, n. 37.

## Ricorso a DM 09/05/2007

Secondo punto 4.2 allegato DM 09/03/2007 è

**NECESSARIO**

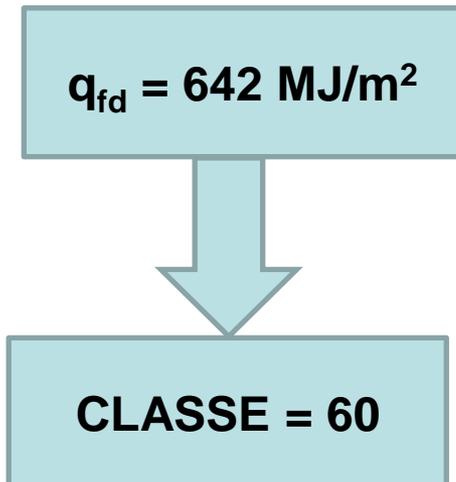
**per la verifica della capacità portante e/o di compartimentazione, rispetto alla curva naturale di incendio, applicata per l'intervallo di tempo necessario al ritorno alla temperatura ordinaria, ovvero applicazione del metodo prestazionale.**



# D.M. 09/03/2007 - Livello III

## 2- calcolo classe compartimento

Una volta determinato il carico di incendio specifico di progetto  $q_{fd}$  le classi di resistenza al fuoco idonee a garantire il livello III di prestazione si ricavano dalla tabella 4. Esempio



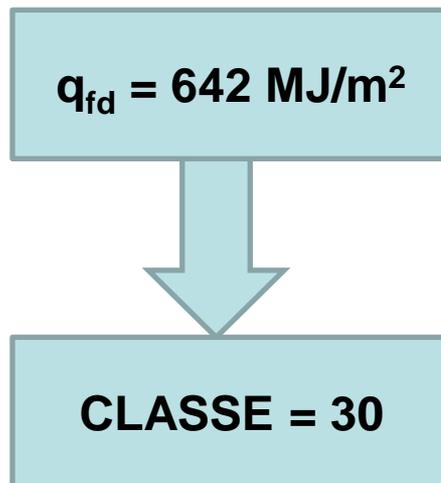
Carichi d'incendio specifici di progetto ( $Q_{f,d}$ )	Classe
Non superiore a 100 MJ/m <sup>2</sup>	0
Non superiore a 200 MJ/m <sup>2</sup>	15
Non superiore a 300 MJ/m <sup>2</sup>	20
Non superiore a 450 MJ/m <sup>2</sup>	30
Non superiore a 600 MJ/m <sup>2</sup>	45
Non superiore a 900 MJ/m <sup>2</sup>	60
Non superiore a 1200 MJ/m <sup>2</sup>	90
Non superiore a 1800 MJ/m <sup>2</sup>	120
Non superiore a 2400 MJ/m <sup>2</sup>	180
Superiore a 2400 MJ/m <sup>2</sup>	240

**Tabella 4**

# D.M. 09/03/2007 - Livello III curva naturale di incendio

Novità

Qualora si adotti uno di questi metodi, deve essere eseguita anche **la verifica della capacità portante** e/o della capacità di compartimentazione degli elementi costruttivi rispetto all'azione termica della **curva di incendio nominale standard** con riferimento alle **classi riportate nella tabella 5** in funzione del carico d'incendio specifico di progetto  $q_{fd}$



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

# D.M. 09/03/2007 – Livello III curva naturale di incendio

Novità

## CURVA NATURALE CLASSE = 60

Carichi d'incendio specifici di progetto ( $q_{f,d}$ )	Classe minima (tabella 5)	Classe di riferimento
Non superiore a 300 MJ/m <sup>2</sup>	0	20
Non superiore a 450 MJ/m <sup>2</sup>	15	30
Non superiore a 600 MJ/m <sup>2</sup>	20	15
Non superiore a 900 MJ/m <sup>2</sup>	30	60
Non superiore a 1200 MJ/m <sup>2</sup>	45	90
Non superiore a 1800 MJ/m <sup>2</sup>	60	120
Non superiore a 2400 MJ/m <sup>2</sup>	90	180
Superiore a 2400 MJ/m <sup>2</sup>	120	240

$q_{fd} = 642 \text{ MJ/m}^2$

## CURVA NOMINALE ISO 834 CLASSE = 30

# Istanza di valutazione del progetto (attualizzato al dpr 151/11 e dm 7/8/2012)

**Art. 3** Oltre a quanto previsto dal D.M. 7.8.2012, la documentazione tecnica firmata dal **professionista antincendio** deve essere integrata con:

- sommario tecnico, sottoscritto anche dal responsabile dell'attività, ove è sintetizzato il processo seguito per individuare gli scenari di incendio di progetto ed i livelli di prestazione
- i risultati dell'analisi quantitativa in modo che questi riassumano, in una sintesi completa ed efficace, il comportamento del sistema per quel particolare tipo di analisi
- il documento contenente il programma per l'attuazione del sistema di gestione della sicurezza antincendio

# Istanza di deroga (attualizzato al dpr 151/11 e dm 7/8/2012)

**Art. 4** Oltre a quanto previsto dal D.M. 7.8.2012, la documentazione tecnica deve essere integrata con:

- la valutazione sul rischio aggiuntivo e le misure tecniche compensative determinate utilizzando le metodologie dell'approccio ingegneristico
- il documento contenente il programma per l'attuazione del sistema di gestione della sicurezza antincendio.

**tale documentazione tecnica deve essere firmata  
da professionista antincendio**

Segnalazione certificata di inizio attività  
(attualizzato al dpr 151/11 e dm 7/8/2012)

**Art. 5** La segnalazione certificata di inizio attività deve comprendere anche una **dichiarazione del responsabile dell'attività** in merito **all'attuazione** del programma relativo al **sistema di gestione della sicurezza antincendio**.



# DM 09/05/2007

## Approccio ingegneristico

### **Art. 6. Sistema di Gestione della Sicurezza Antincendio**

La progettazione antincendio eseguita mediante l'approccio ingegneristico comporta la necessità di elaborare un documento contenente il programma per l'attuazione del Sistema di Gestione della Sicurezza Antincendio o SGSA tenuto conto che

**le scelte e le ipotesi poste  
a base del progetto**

costituiscono vincoli e limitazioni imprescindibili per  
l'esercizio dell'attività.



# DM 09/05/2007 SGSA

## **Art. 6.** Caratteristiche di un SGSA

- Individua le modalità di attuazione e mantenimento in vita dei vincoli di esercizio alla base della progettazione FSE
- Soggetto a **verifiche periodiche** del Comando:
  - ❖ prima verifica in concomitanza con il sopralluogo per il rilascio del CPI
  - ❖ verifiche successive con cadenza pari alla validità del CPI ( $\leq 6$ anni) (**Il rinnovo del CPI avviene mediante sopralluogo**).

**In caso di verifica con esito negativo, il Comando sospende la validità del CPI !!!**

# DM 09/05/2007 SGSA

**Riferimenti e guide specifiche NON NE ESISTONO, ma si può trarre spunto dai seguenti documenti tecnici**

- Linee guida UNI-INAIL del 28 settembre 2001
- British Standard OHSAS 18001:2007 e 18002
- Decreto Ministeriale del 09/08/2000
  - Linee guida per l'attuazione del sistema di gestione della sicurezza
- UNI 10616
  - Impianti di processo a rischio di incidente rilevante – Gestione della sicurezza nell'esercizio – Criteri fondamentali di attuazione
- UNI 10617
  - Impianti di processo a rischio di incidente rilevante - Sistema di gestione della sicurezza - Requisiti essenziali
- ❖ DM 10/03/1998
- ❖ ISO 9000
- ❖ D.LGS 334/99
  - ❖ SGS nelle attività a rischio di incidente rilevante

# DM 09/05/2007 SGSA

**Riferimenti e guide specifiche NON NE ESISTONO, ma si può trarre spunto dai seguenti documenti tecnici**

- UNI 10999
  - Linee guida per la documentazione dei sistemi di gestione per la qualità
- UNI EN ISO 9001:2008
  - Sistemi di gestione per la qualità – Requisiti
- UNI EN ISO 9004
  - Sistemi di gestione per la qualità - Linee guida per il miglioramento delle prestazioni
- UNI EN ISO 19011
  - Linee guida per gli audit dei sistemi di gestione per la qualità e/o di gestione ambientale



## **M.1.8 Gestione della sicurezza antincendio**

1. Con l'applicazione della metodologia prestazionale il **professionista antincendio basa** l'individuazione delle **misure antincendio** di prevenzione e protezione **di progetto su specifiche ipotesi e limitazioni d'esercizio**: devono pertanto essere previste specifiche misure di gestione della sicurezza antincendio (GSA) affinché non possa verificarsi la riduzione del livello di sicurezza assicurato inizialmente.

## **M.1.8 Gestione della sicurezza antincendio**

**2. Le specifiche misure di *gestione della sicurezza antincendio* devono essere *limitate* agli aspetti trattati nella **progettazione prestazionale**, con particolare riguardo alle specifiche soluzioni progettuali, alle misure antincendio di prevenzione e protezione adottate, al mantenimento delle condizioni di esercizio da cui discendono i valori dei parametri di ingresso nella progettazione prestazionale**

## FSE - Riferimenti e Norme Internazionali

Lo stato dell'arte a livello internazionale in materia di "fire engineering" è rappresentato dai seguenti documenti

- Documento tecnico ISO TR 13387
- NFPA 101
  - "Life Safety Code"
- NFPA 914
  - "Code for Fire Protection of Historic Structures"
- Norma BS PD 7974
  - Application of safety engineering principles to the design of buildings – Code of practice (UK)



# FSE - Riferimenti e Norme Internazionali

- ISO / TR 13387-1
  - Applicazione dei concetti di prestazione al fuoco agli edifici
- ISO / TR 13387-2
  - Concetti di scenari di incendio e di fuoco
- ISO / TR 13387-3
  - Valutazione e verifica dei modelli matematici d'incendio
- ISO / TR 13387-4
  - Inizio e sviluppo del fuoco in generale
- ISO / TR 13387-5
  - Inizio e sviluppo all'interno e all'esterno degli edifici
- ISO / TR 13387-6
  - Risposta strutturale e sviluppo dell'incendio oltre l'area di protezione
- ISO / TR 13387-7
  - Rilevamento e spegnimento dell'incendio
- ISO / TR 13387-8
  - Sicurezza delle persone e loro comportamento



# Circolare 31 marzo 2008

## Linee guida per la valutazione dei progetti

- La valutazione ingegneristica non si risolve solo con la simulazione al computer di un incendio. E' necessario seguire un processo dettagliato di documentazione dei passi seguiti durante la verifica.
- 2. Scheda informativa generale
- 3. Analisi preliminare (I fase)
  - 3.1. Definizione del progetto
  - 3.2. Identificazione degli Obiettivi di sicurezza antincendio
  - 3.3. Identificazione dei Livelli di prestazione
  - 3.4. Scenari di incendio
- 4. Analisi quantitativa (II fase)
  - 4.2. Definizione della soluzione progettuale Compensazione del rischio incendio

## Riflessione

La **Fire Safety Engineering** rappresenta un approccio innovativo alla prevenzione incendi

**Quali sono le nuove entità che occorre prendere in considerazione?**

**A cosa prestare attenzione?**

**Come si ragiona con i nuovi regolamenti?**

# Riflessione

A cosa prestare attenzione?



## Carico di incendio

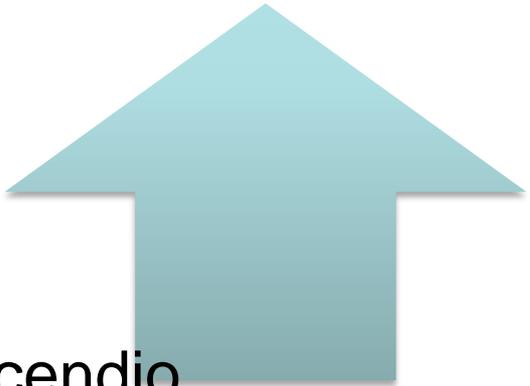


### Processo di valutazione

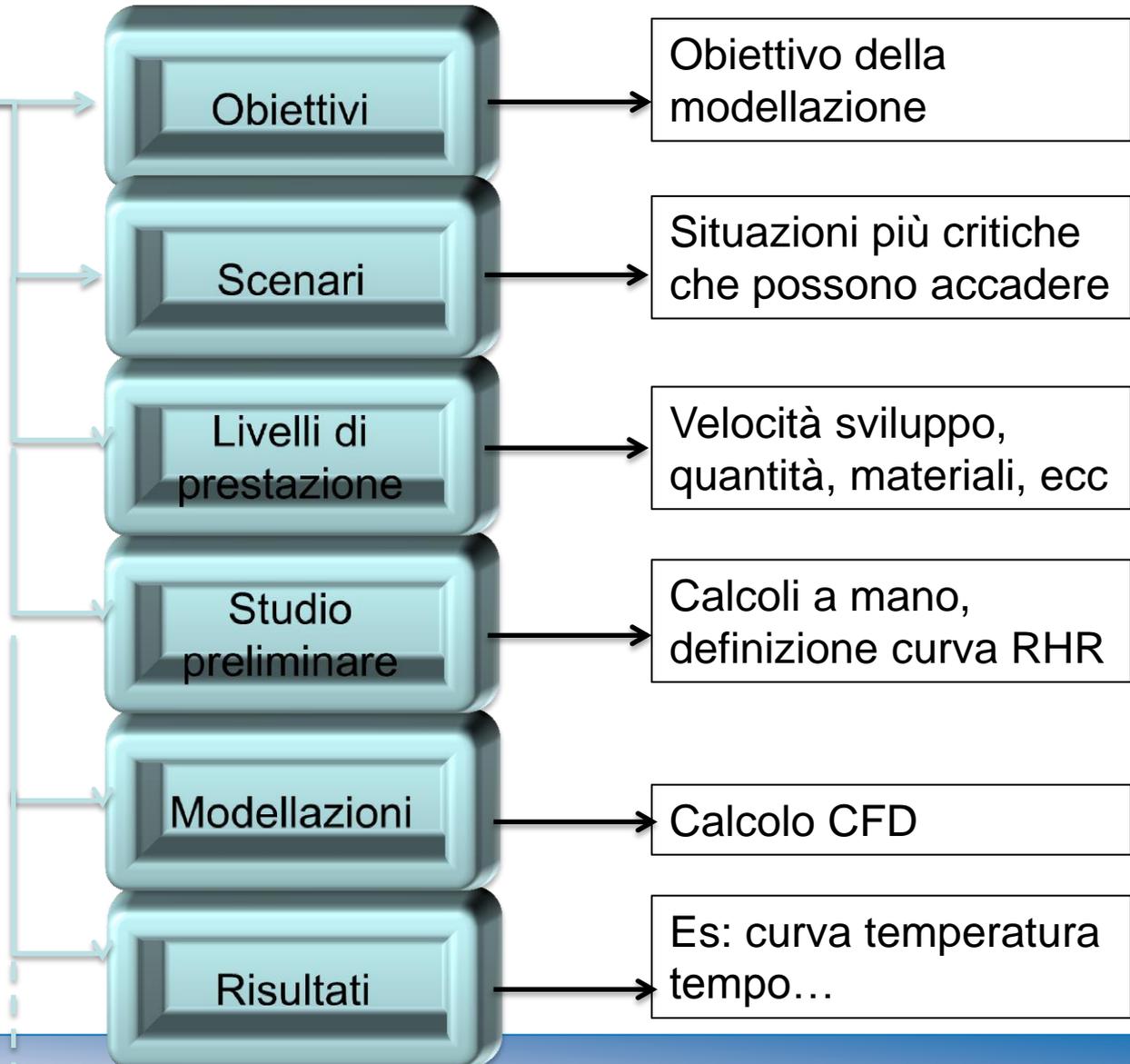
Scenari di incendio

Flashover, HRR, curve di crescita incendio

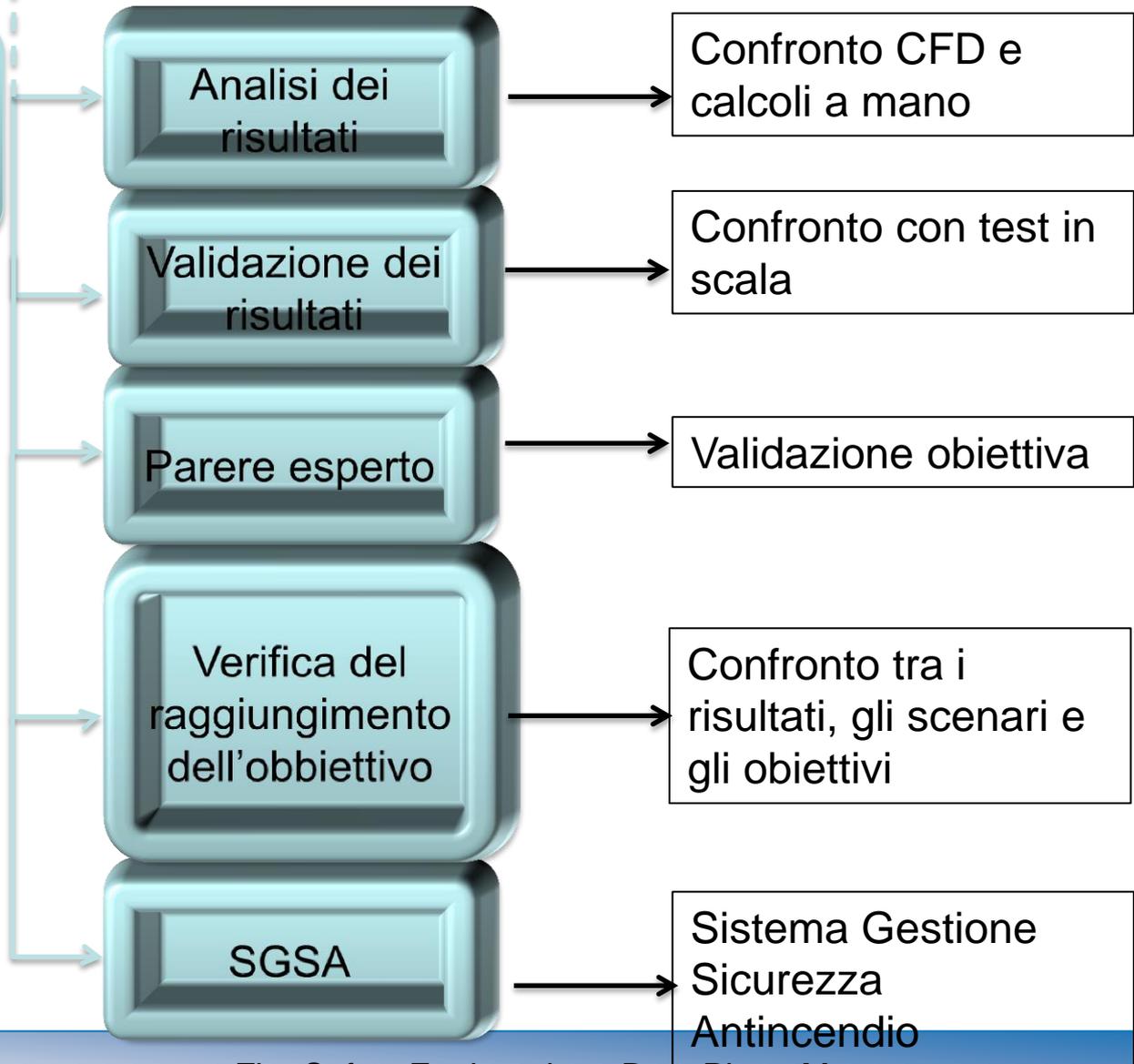
Sorgenti di innesco



**Passaggi chiave  
dello studio  
con la FSE  
1/2**



**Passaggi chiave  
dello studio  
con la FSE  
2/2**



**FDS è solo uno degli 11 passaggi**

## Scheda Informativa Generale

- Indicazione del responsabile dell'attività
- Individuazione del responsabile della progettazione antincendio generale
- Individuazione del progettista che utilizza l'approccio ingegneristico e del progettista che ha prodotto il Sistema di Gestione della Sicurezza Antincendio (SGSA) qualora diversi al responsabile della progettazione antincendio generale



# Processo di valutazione

**Le mete devono essere univoche ed uniche.**

***Il professionista potrà solo fornire le conoscenze tecniche in grado di facilitare la decisione.***

Le mete più ricorrenti sono:

- Sicurezza delle vita umana: assicurare la protezione della vita per il pubblico, gli occupanti dell'edificio e i soccorritori, minimizzare le ferite collegate all'incendio e prevenire superflue perdite di vite.
- Protezione dei beni: minimizzare il danneggiamento delle proprietà e delle risorse culturali a causa del fuoco. Proteggere gli edifici, i contenuti e le caratteristiche storiche dal fuoco e dall'esposizione verso o da un edificio adiacente.
- Garantire la prosecuzione delle attività presenti nell'edificio:
  - proteggere le attività in corso, le produzioni o le capacità operative (ospedali, caserme ecc.). Minimizzare superflue perdite di operabilità conseguenti ad un incendio con relative conseguenze economiche
- Limitare l'impatto dell'incendio sull'ambiente.
- Garantire l'immagine aziendale.



Definizione del progetto

Identificazione degli obiettivi di sicurezza antincendio

Individuazione dei livelli di prestazione

Identificazione degli scenari di incendio

### Vogliamo proteggere:

- ❖ Solo le persone ???
- ❖ Anche l'edificio ???
  - ❖ Tutto???
  - ❖ Una parte???
- ❖ Anche i contenuti???
  - ❖ Affreschi ???
  - ❖ Statue???
  - ❖ Quadri???
  - ❖ Libri???
  - ❖ .....
- ❖ Anche la prosecuzione dell'attività ???
- ❖ .....



# Identificazione degli obiettivi

## Obiettivo

Confinare il danno provocato dalle fiamme nel  
compartimento di origine dell'incendio

# Esempio

non avere flash over al di fuori  
del locale di origine dell'incendio

la probabilità di avere flash over negli ambienti  
diversi da quello dove si sviluppa l'incendio  
deve essere minore di  $x$  (valore di soglia)

## Identificazione degli obiettivi

Alcuni "target" potrebbero essere: **Esempio**

- gli occupanti di un'area (*obiettivo: protezione antincendio per la salvaguardia della vita*)
- i prodotti o i materiali di valore in un deposito (*obiettivo: salvaguardia della proprietà*)
- la tutela di un macchinario necessario ad una produzione critica o al processo di manifattura (*obiettivo: continuità del funzionamento*)
- la gestione delle acque di scarico di un impianto antincendio (*obiettivo: tutela ambientale*).

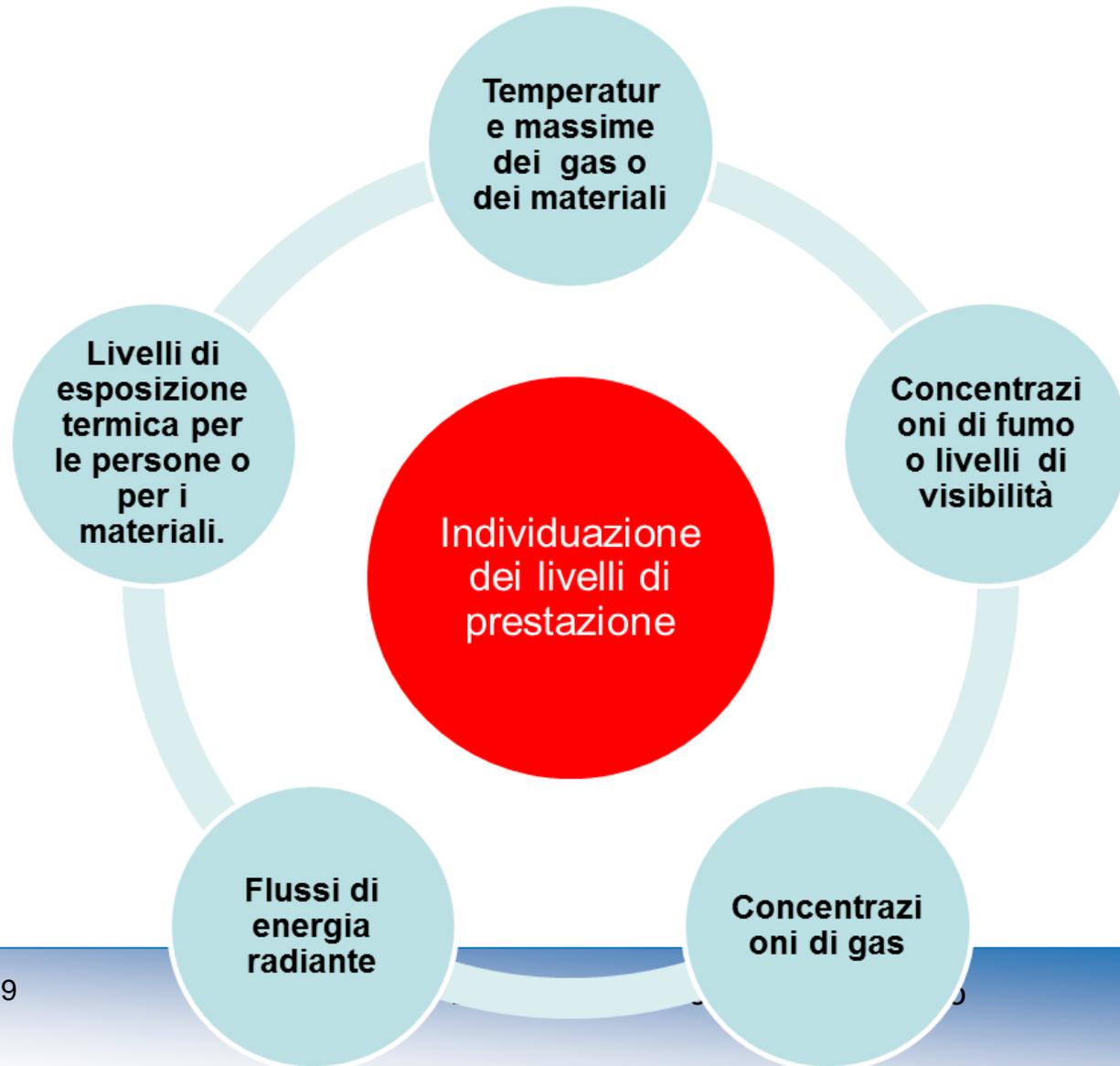
## Processo di valutazione

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 valori, chiamati **livelli di prestazione**, costituiscono un ulteriore raffinamento degli obiettivi del progetto e sono dei valori numerici con i quali i risultati attesi dei progetti di prova possono essere comparati.



# Processo di valutazione della progettazione con la FSE - Prima Fase



## Processo di valutazione

- Successivamente i livelli di prestazione devono essere quantificati (**valori numerici** rispetto ai quali verificare i risultati attesi dal progetto)
- Tali valori possono essere desunti dalla letteratura tecnica condivisa tra cui si citano, ad esempio, le norme ISO/TR 13387, BS 7974, il decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 9/05/2001, ecc.

# Individuazione dei livelli di prestazione

## Esempio

**Valutare l'adeguatezza di un sistema di esodo dal punto di vista del rispetto dei criteri di esposizione accettabili per gli esseri umani**

# Individuazione dei livelli di prestazione

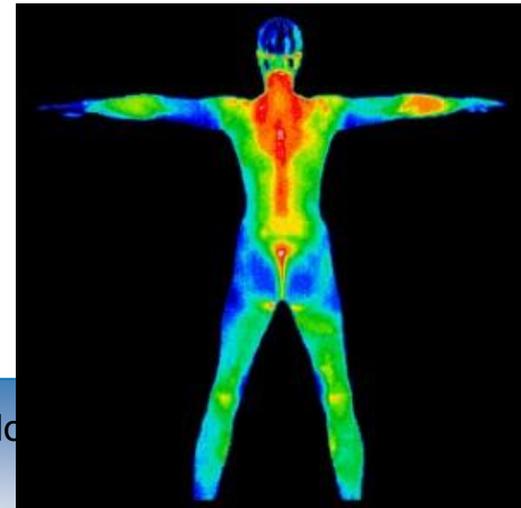
Per l'obiettivo in oggetto i parametri da considerare possono essere:

- 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.

# Individuazione dei livelli di prestazione

## Livello di Temperatura

- Il livello di temperatura massima ammissibile può variare in funzione degli obiettivi antincendio (esodo degli occupanti, permanenza del personale addetto per il tempo necessario alla messa in sicurezza degli impianti, intervento dei soccorritori...)
- Esempio: per gli occupanti può essere in genere ritenuta ammissibile una esposizione ad una temperatura non superiore a 50 – 60 ° C per il tempo di esodo.



# Individuazione dei livelli di prestazione

## Livello di Temperatura

- L'analisi degli effetti termici sull'uomo prevede che sia definita una soglia che determini un valore di danno ed il tempo di esposizione necessario a raggiungere la soglia durante uno specifico scenario di incendio.
- Danni fisici possono derivare da esposizioni alle radiazioni termiche dovute alle fiamme o ai gas caldi.
- Il calore radiante può causare anche l'innesco dei vestiti.

# Individuazione dei livelli di prestazione

## Livello di Temperatura

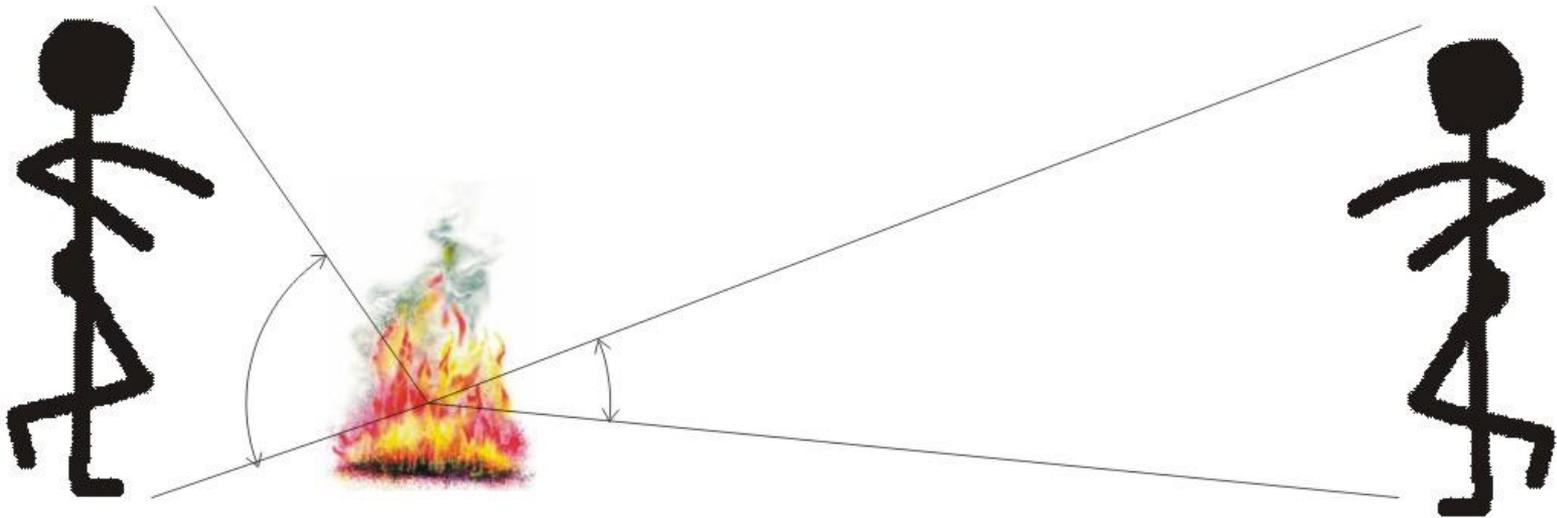
- Inizio incendio
  - 15.44.04
- Rilevazione
  - 15.44.15
- Fenomeno di Autoaccensione
  - 15.47.16
- Temperatura assorbita
  - 15.48.26



# Individuazione dei livelli di prestazione

## Livello di Irraggiamento

- Il livello di irraggiamento deve intendersi risultante dal contributo della sorgente di incendio, dei prodotti della combustione (fumi, gas) e delle strutture (pareti, solai).
- Il contributo dell'irraggiamento diventa significativo per temperature dell'elemento emettitore superiori a 350-400 ° C



# Individuazione dei livelli di prestazione

## Livello di Irraggiamento

- Come limiti all'irraggiamento possono essere presi a riferimento i valori di soglia previsti dal **decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 9/5/2001**, che per gli effetti sulle persone riporta il limite massimo di **3 kW/m<sup>2</sup>** per lesioni reversibili.
- In considerazione del fatto che tali valori sono riferiti ad un ambito industriale ed a particolari condizioni di esercizio, valori usualmente accettabili ai fini del raggiungimento dell'obiettivo di realizzare esodi in sicurezza, non sono superiori a **2 kW/m<sup>2</sup>**, per un limitato tempo di esposizione.



# Individuazione dei livelli di prestazione

## Livello di Irraggiamento

## Valori tratti da BS 7974

Table G.3 — Tenability limits for radiative and convective heat

Mode of heat transfer	Intensity	Tolerance time
Radiation	$<2.5 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$	$>5 \text{ min}$
	$2.5 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$	30 s
	$10 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$	4 s
Convection	$<60 \text{ }^\circ\text{C}$ 100 % saturated	$>30 \text{ min}$
	$100 \text{ }^\circ\text{C}$ $< 10 \text{ \% H}_2\text{O}^a$	8 min
	$110 \text{ }^\circ\text{C}$ $< 10 \text{ \% H}_2\text{O}$	6 min
	$120 \text{ }^\circ\text{C}$ $< 10 \text{ \% H}_2\text{O}$	4 min
	$130 \text{ }^\circ\text{C}$ $< 10 \text{ \% H}_2\text{O}$	3 min
	$150 \text{ }^\circ\text{C}$ $< 10 \text{ \% H}_2\text{O}$	2 min
	$180 \text{ }^\circ\text{C}$ $< 10 \text{ \% H}_2\text{O}$	1 min

<sup>a</sup> v/v

# Individuazione dei livelli di prestazione

## Livello di Visibilità



La diminuzione di visibilità causata dalla presenza dei fumi può influire sulla capacità degli occupanti di riuscire a raggiungere l'esterno di un edificio in sicurezza.

- I fattori che peggiorano la visibilità includono l'ammontare di particolato nel campo visivo e l'effetto fisiologico sull'occhio.
- Anche un basso livello di illuminamento può influenzare negativamente la capacità di fuga.

# Individuazione dei livelli di prestazione

## Livello di concentrazione delle specie tossiche

Effetti di intossicazione possono derivare dall'inalazione dei prodotti della combustione.

- Gli effetti generali sugli esseri umani consistono in una **riduzione della capacità di prendere decisioni e in un peggioramento delle capacità motorie**, che possono portare all'incapacità o alla morte.
- Inoltre, è molto importante tenere conto del fatto che anche in caso di sopravvivenza, le vittime possono riportare danni permanenti.
- L'analisi di questi effetti include la **determinazione di una soglia di valore di danno** ed il tempo di esposizione necessario a raggiungere la soglia nello specifico scenario che viene considerato.



# Individuazione dei livelli di prestazione per la Life Safety

Parametro vitale	Accettabilità	Descrizione
Visibilità	10 metri	Visibilità per oggetti illuminati da fonti esterne corrispondente circa a 25 m per sorgenti luminose
Ossigeno	15 %	Primi segni di affaticamento
Monossido di carbonio	500 ppm	Allucinazioni dopo 60-90 minuti (1.000 ppm danno perdita di coscienza in un'ora, 4.000 ppm sono letali in 30 minuti)
Anidride carbonica	0.5 %	Limite di sicurezza per esposizione prolungata. In concentrazione del 3% induce il raddoppio delle frequenza respiratoria
Temperatura	50° C	In condizioni di umidità relativa < 50% corrisponde a un tempo di tollerabilità di 2 ore
Flusso termico	2 kW/m <sup>2</sup>	Esposizione tollerabile per tempi pari a diversi minuti (4 kW/m <sup>2</sup> producono ustioni cutanee in tempi brevi)

## Individuazione dei livelli di prestazione

Nella definizione del Piano di Emergenza **ci si deve chiedere se i tempi** del piano di emergenza **sono congruenti con quelli** effettivamente **in grado di assicurare l'esodo.**

Una persona in genere tende a scegliere una strada che gli è nota e a rifare lo stesso percorso che ha fatto nell'entrare nell'edificio.



# Richieste di prestazione per la sicurezza

## Il comportamento umano nell'incendio

• **L'esodo** da un edificio interessato da un incendio è un **processo complesso**, che ha avvio quando le persone diventano consce dell'esistenza di una situazione di emergenza legata all'incendio e mettono in atto una **serie di processi mentali e di azioni** prima e durante l'adozione di azioni che li portano verso luoghi sicuri.

• **Nella definizione del Piano di Emergenza ci si deve chiedere se i tempi del piano di emergenza sono congruenti con quelli effettivamente in grado di assicurare l'esodo.**

# Comportamento umano in caso di incendio

## Incendio del night club a Perm (Russia)

Il comportamento umano in caso di incendi è largamente misconosciuto, anche da parte di coloro che svolgono le simulazioni dell'incendio.

**Di solito, infatti, si assume che appena sia notificato l'allarme di incendio tutti si avviino verso le uscite di sicurezza e si allontanino in modo ordinato.**

**Al contrario, la risposta delle persone in queste situazioni è variabile.**

- Nel filmato che si riferisce all'incendio di Perm, che ha ucciso 101 persone che si trovavano in una discoteca sovraffollata e rivestita con materiali assolutamente fuori norma, si nota che **alcune persone si trattengono nelle vie di esodo** (probabilmente, non a conoscenza dell'incendio che si stava sviluppando velocemente nella sala) **mentre altre già si accalcano sulle uscite.**

- [Filmato](#)

Individuazione dei livelli di prestazione

E' possibile la determinazione del tempo (**RSET**) necessario per l'evacuazione delle persone, in base alla lunghezza delle vie di esodo.

Il **Required Safe Egress Time** non è altro che il tempo necessario per mettersi in salvo.



# Individuazione dei livelli di prestazione

- La guida tecnica **SFPE Handbook of Fire Protection Engineering** al cap. **14 Emergency Movement** definisce l' **RSET** come la somma di intervalli di tempo associati a varie azioni ovvero

$$RSET = t_d + t_a + t_o + t_i + t_e$$

- Dove
- *t<sub>d</sub> è il tempo che intercorre per la scoperta dell'incendio*
- *t<sub>a</sub> è il tempo dal rilevamento dell'incendio alla segnalazione agli occupanti di un pericolo di incendio*
- *t<sub>o</sub> è il tempo che intercorre da quando gli occupanti vengono avvertiti del pericolo e decidono di fare qualcosa*
- ***t<sub>i</sub> è il tempo che intercorre da quando si prende coscienza del pericolo e inizia l'evacuazione***
- *t<sub>e</sub> è il tempo che ci vuole per evacuare le persone dal momento che si mettono in movimento*

***Il tempo di pre-movimento è influenzato dal tipo di attività che le persone stanno svolgendo nell'edificio. Lavorare, guardare un film o dormire comportano necessariamente dei tempi di reazione molto differenti.***



# Individuazione dei livelli di prestazione

Attraverso una simulazione con l'approccio ingegneristico è possibile calcolare il tempo di **ASET**.

L' **Available Safe Egress Time** non è altro che il tempo disponibile per mettersi in salvo.

**Scopo di una simulazione è determinare il tempo oltre il quale le condizioni dell'ambiente non sono più compatibili per la sopravvivenza, al raggiungimento del livello di prestazione imposto.**

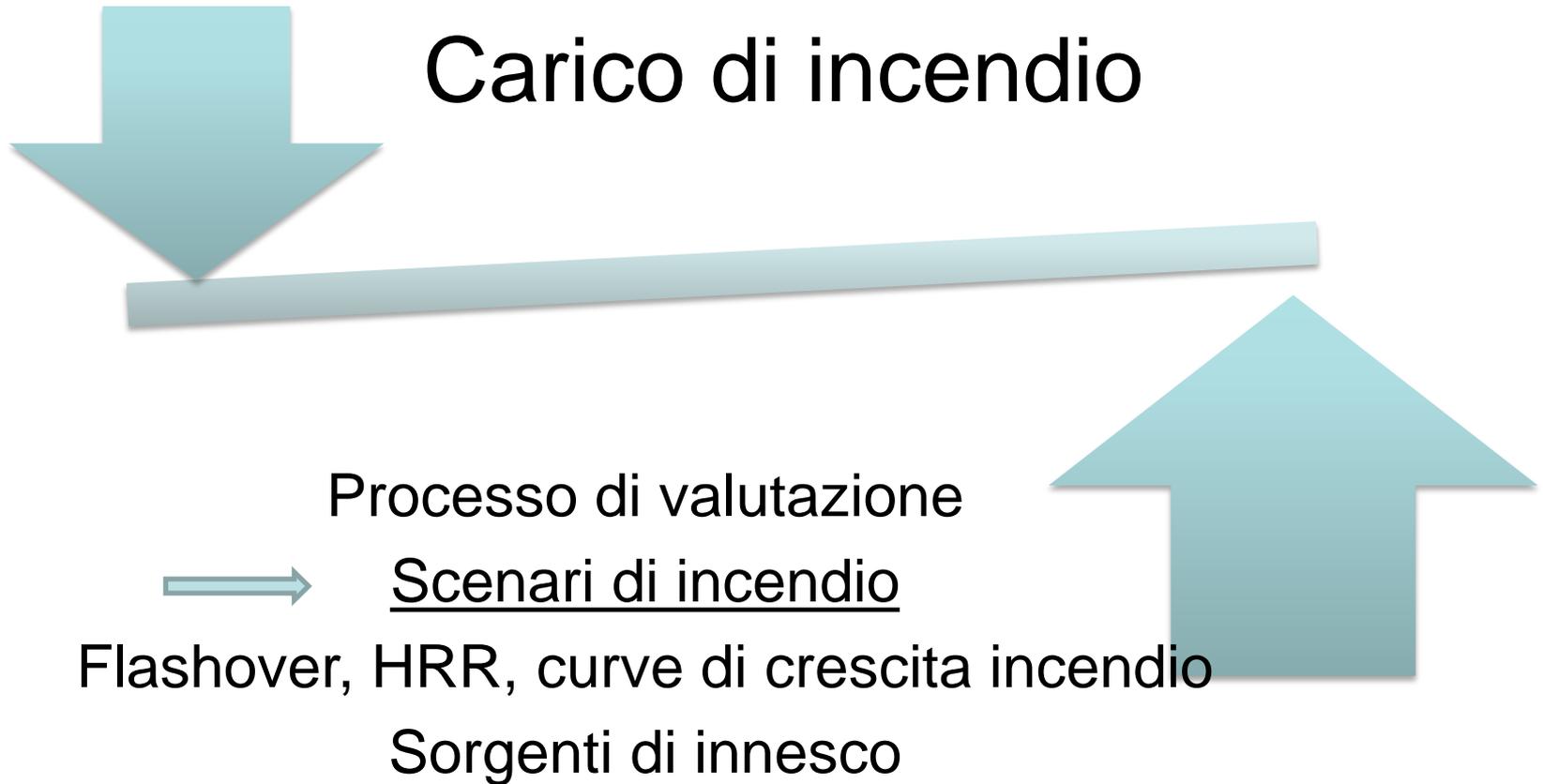
Per ciascun scenario ipotizzato si deve verificare che

$$\mathbf{ASET > RSET}$$

Al fine di poter valutare le grandezze di interesse vengono predisposti all'interno del dominio di simulazione una serie di punti per la misura di varie quantità che operano secondo specifiche direttive (termocoppie di temperatura, hrr, visibilità, ecc)

# Riflessione

## A cosa prestare attenzione?



# Scenari di incendio

- La definizione del DM 9 maggio 2007:
- “scenario di incendio”: descrizione qualitativa dell'evoluzione di un incendio che individua gli eventi chiave che lo caratterizzano e che lo differenziano dagli altri incendi.
- Di solito può comprendere le seguenti fasi:
  - innesco
  - crescita
  - incendio pienamente sviluppato
  - decadimento
- Deve inoltre definire l'ambiente nel quale si sviluppa l'incendio di progetto ed i sistemi che possono avere impatto sulla sua evoluzione, come ad esempio eventuali impianti di protezione attiva.



# Come si individuano gli scenari di incendio

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

# NFPA 101 – 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;
  - le caratteristiche geometriche dei locali;
  - il tipo e la quantità di mobilio, dei rivestimenti e del materiale contenuto nell'ambiente;
  - le proprietà del combustibile presente e le fonti di innesco;
  - le condizioni di ventilazione.
- Inoltre occorre definire il primo oggetto ad essere incendiato e la sua posizione.



# NFPA 101 – 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.

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.

### NFPA 101 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.

### NFPA 101 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.

### NFPA 101 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.

## NFPA 101 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

## NFPA 101 SCENARIO 7

Questo scenario 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.

## NFPA 101 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.



# Cosa sono gli scenari di incendio

## **Esempio di scenario di incendio (1):**

Edificio per uffici non aperto al pubblico. Presenza di locali destinati a deposito ed archivio.

- Lo scenario di incendio selezionato prevede che un innesco involontario coinvolga un materiale a curva di crescita media in un locale non presidiato da impianti automatici di rilevazione o di spegnimento ne' frequentato dal personale. Si ipotizza che le aperture verso gli ambienti dell'edificio siano aperte, ma non le finestre verso l'esterno. Il personale che interviene non è in grado di utilizzare gli idranti e le persone che si trovano nell'edificio conoscono le vie di esodo alternative a quelle utilizzate per la normale attività

# Cosa sono gli scenari di incendio

## **Esempio di scenario di incendio (2):**

Deroga in un albergo di grandi dimensioni relativa ad una prescrizione sulle vie di esodo.

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

# Pianta del caso di studio

## Esempio Deroga Albergo



Riflessione  
A cosa prestare attenzione?



Carico di incendio

Processo di valutazione  
Scenari di incendio



Flashover, HRR, curve di crescita incendio

Sorgenti di innesco

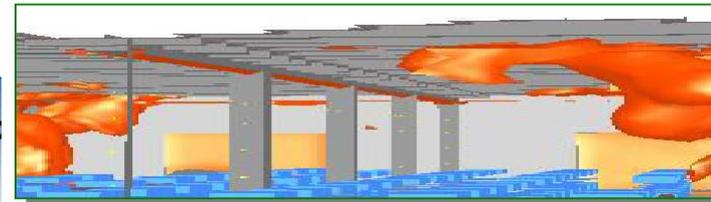


# Andamento di un incendio

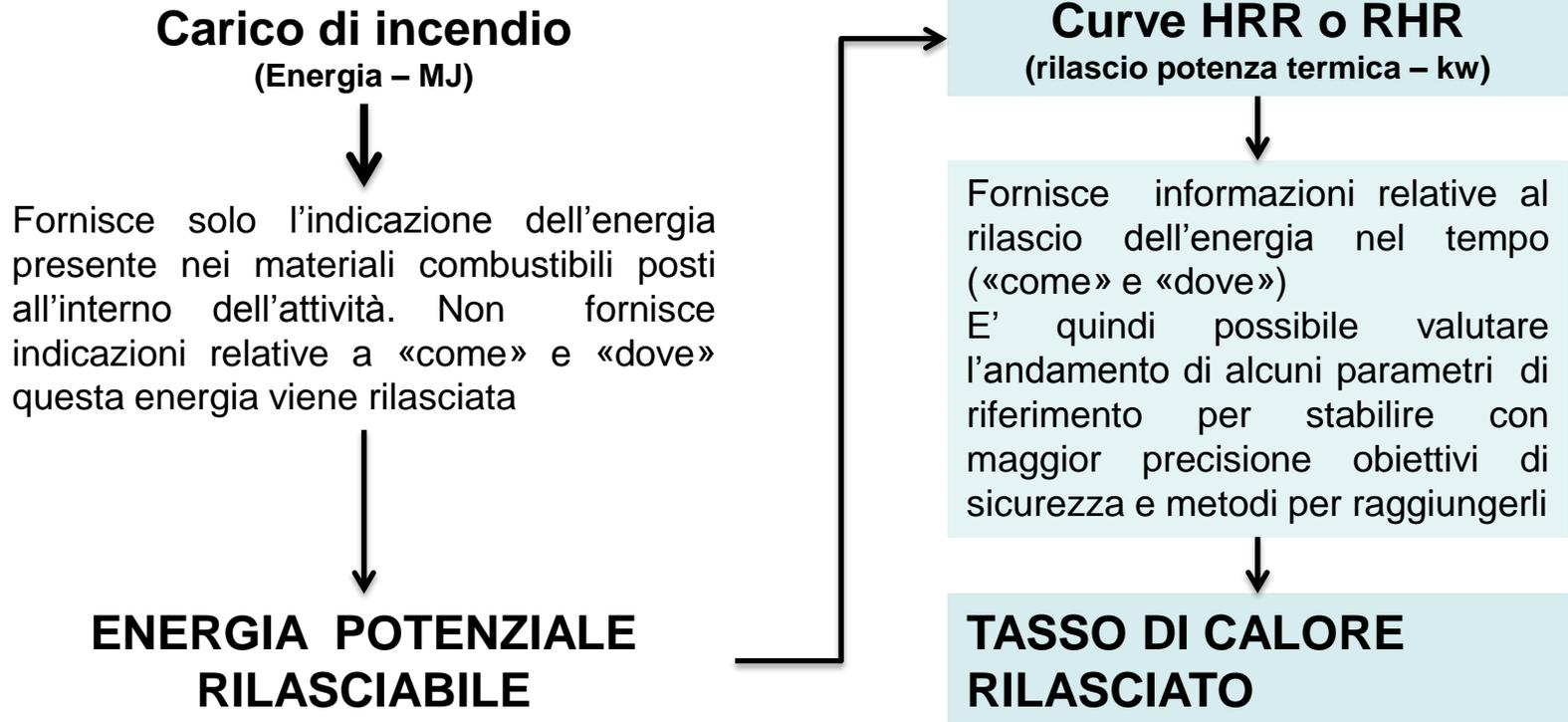
L'approccio corretto alla FSE prevede una fase di **analisi qualitativa e quantitativa** del fenomeno dell'incendio.

Durante gli incendi in ambienti confinati – enclosure fire – è necessario poter descrivere qualitativamente almeno i seguenti elementi:

1. Moto del fumo e dei gas di combustione;
2. Temperature raggiunte all'interno del locale



# Le curve di incendio di progetto



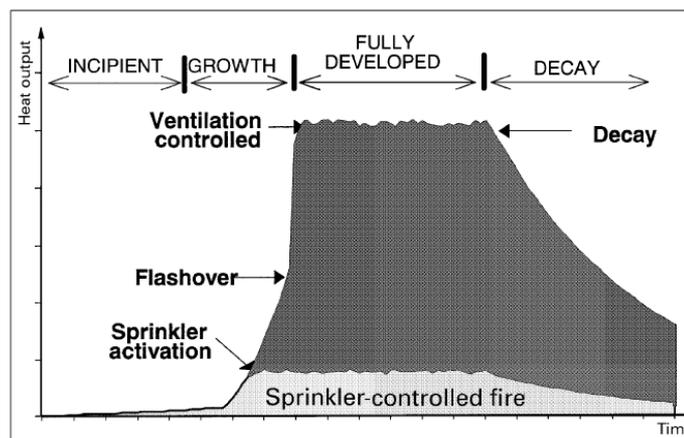
In generale può essere accettabile schematizzare l'incendio come una sorgente di tipo volumetrico, ossia come una sorta di bruciatore che rilascia calore (**Heat Release Rate – HRR**) e determinate quantità di particolato (soot) ed in certi casi anche di gas, sulla base di indicazioni date dal progettista che dovrà giustificare le scelte operate

# Andamento di un incendio

- **STADIO DI SVILUPPO O PRE-FLASHOVER:** incendio localizzato in prossimità della sua origine e temperature dei gas basse
- **FLASHOVER:** rapida vampata tipica degli incendi confinati
- **STADIO DI COMPLETO SVILUPPO O POST-FLASHOVER:** sono coinvolti tutti i materiali combustibili presenti nell' ambiente
- **FASE DI DECADIMENTO:** inizia dopo che la temperatura dei gas è scesa all' 80% del picco

A full specification of a design fire (see Figure 2) may include the following phases:

- incipient phase — characterised by a variety of sources, which may be smouldering, flaming or radiant;
- growth phase — covering the fire propagation period up to flashover or full fuel involvement;
- fully developed phase — characterised by a substantially steady burning rate as may occur in ventilation or fuel-bed-controlled fires;
- decay phase — covering the period of declining fire severity;
- extinction — when there is no more energy being produced.



# Andamento di un incendio

## Due tipi di incendi:

Governato dalla ventilazione



Governato dal combustibile



# L'INNESCO

- La partecipazione all'incendio del combustibile solido dipende dalla pezzatura (es: con un fiammifero brucio un foglio di carta ma non il piano della scrivania);
- La combustione avviene sempre in fase gassosa attraverso il fenomeno della pirolisi: Una sostanza solida sufficientemente riscaldata libera vapori combustibili;
- I prodotti di pirolisi combinati con l'ossigeno bruciano con fiamma e liberano calore che, investendo la superficie solida, comportano l'accelerazione del fenomeno di pirolisi;
- Il tempo di ignizione di una sostanza solida dipende dal flusso termico che la investe e dalla temperatura che raggiunge la superficie del solido esposta;



# LA CRESCITA

- L'incendio cresce in funzione della tipologia, massa, distribuzione spaziale del combustibile;
- **NON** risente della **ventilazione!**
- La temperatura Media del locale è relativamente bassa (diluzione con l'aria fredda presente);
- Localmente, in prossimità della zona interessata dalla combustione, temperature elevate.

# LA CRESCITA

In questa fase si ha:

- Riduzione visibilità a causa dei prodotti della combustione (fumi);
- Produzione di gas tossici irritanti e corrosivi;
- Aumento della velocità di combustione nel tempo;
- Aumento della temperatura e della potenza termica irradiata nell'ambiente.

# VELOCITA' DI COMBUSTIONE

- La temperatura raggiunta dai prodotti di combustione è alla base dei moti convettivi dai quali dipende la propagazione dell'incendio all'interno dell'edificio in cui si sviluppa.
- Una prima classificazione degli incendi può essere fatta in funzione della velocità dello sviluppo di prodotti della combustione, di fiamme e di calore nelle prima fase dell'incendio stesso e vengono definiti in:
  - 1. Incendi a sviluppo lento;
  - 2. Incendi a sviluppo medio;
  - 3. Incendi a sviluppo veloce

# Curva di crescita

**Ogni oggetto coinvolto dalla combustione deve avere una sua caratteristica curva di crescita.**

Il tasso di rilascio termico approssimativamente segue una legge proporzionale al quadrato del tempo

$$Q = \alpha t^2 \text{ [ kW ]}$$

**a crescita lenta**

$\alpha = 0.00293$

adatta per massicci oggetti solidi, tavoli e armadi in legno

**a crescita media**

$\alpha = 0.01172$

adatta per combustibili solidi a bassa densità, mobilio imbottito e materassi

**a crescita veloce**

$\alpha = 0.0469$

adatta per combustibili a bassa densità in pezzatura sottile, carta, scatole di cartone, tessuti

**a crescita ultra veloce**

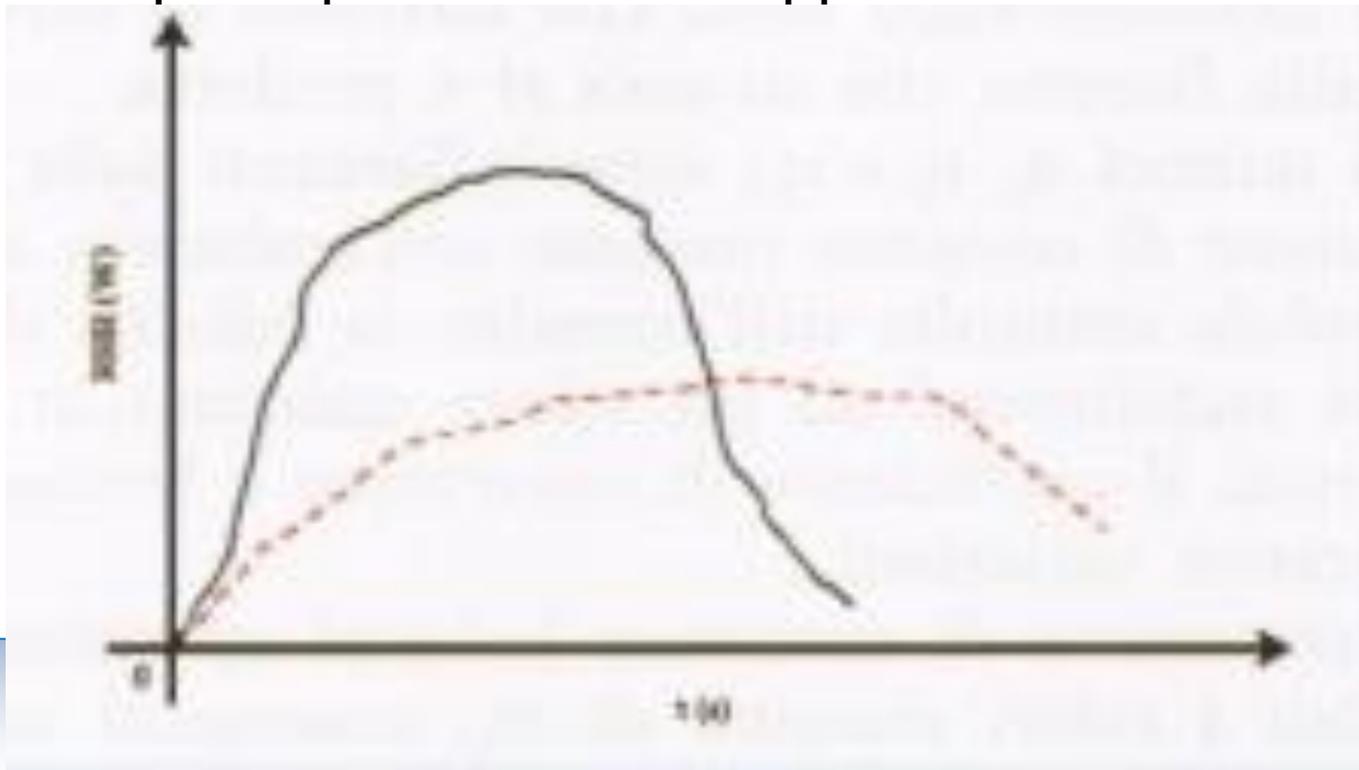
$\alpha = 0.1876$

adatta per liquidi infiammabili e in genere per combustibili altamente volatili

# Velocità/potenza di un incendio

## Esempio velocità di combustione

Un incendio con un picco di potenza relativamente basso ma con rapido sviluppo può risultare più critico per la sicurezza delle persone di un altro che presenti un picco più alto ma sviluppo lento



# INCENDIO PIENAMENTE SVILUPPATO

- In questa fase tutti gli oggetti del locale partecipano alla combustione in quanto anche quelli più lontani raggiungono la Tig!
- Il Flashover rappresenta la fase di transizione fra un incendio in crescita ed un incendio pienamente sviluppato;
- In questa fase i gas caldi di combustione hanno invaso tutto l'ambiente e si trovano vicino al pavimento (**IRRAGGIAMENTO**);

# INCENDIO PIENAMENTE SVILUPPATO



14:30

Fire Safety Engineering - Dott. Pietro Monaco

97



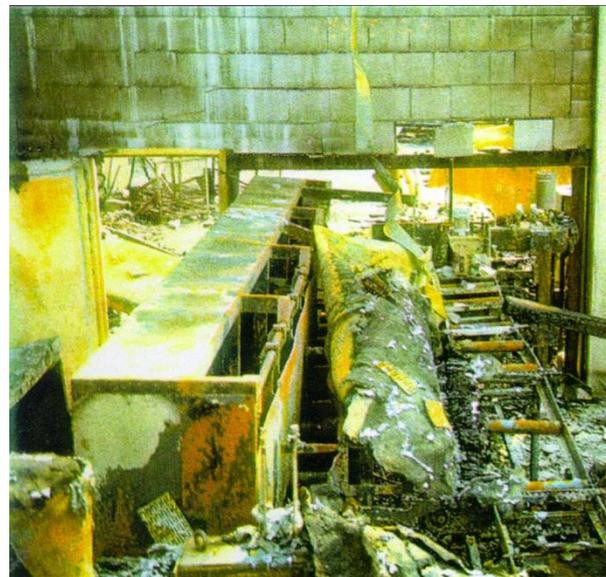
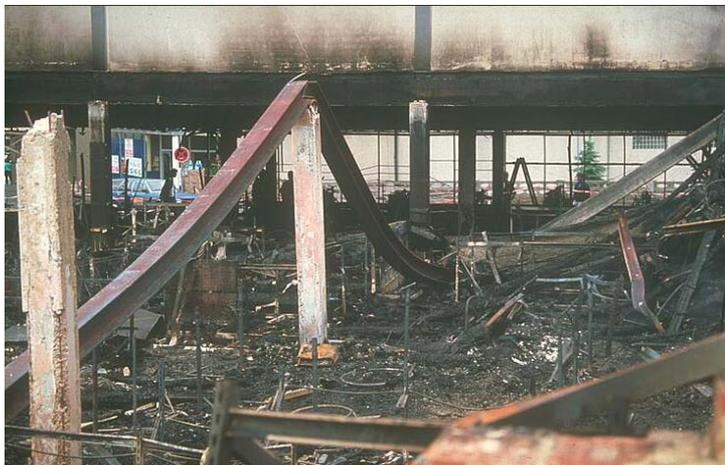
# INCENDIO PIENAMENTE SVILUPPATO



# DECADIMENTO

- Dopo l'ignizione di tutti i materiali combustibili, l'incendio tende a rallentare;
- Si ha il progressivo esaurimento di combustibile;
- Riduzione del flusso termico generato;

# DECADIMENTO



14:30

Fire Safety Eng

00



# Scenari e incendi convenzionali di progetto

Per definire le azioni del fuoco, devono essere determinati i principali scenari d'incendio e i relativi incendi convenzionali di progetto, sulla base di una valutazione del rischio d'incendio.

A seconda del tipo di approccio adottato (**prescrittivo o prestazionale**) l'andamento delle temperature negli elementi costruttivi sarà valutato in riferimento a

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

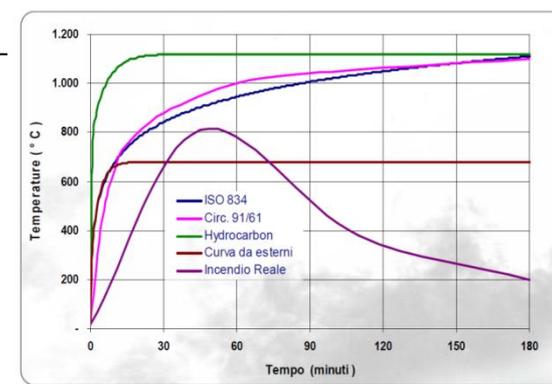
# La curva di incendio nominale

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

- La curva nominale per eccellenza e attualmente in uso presso tutti i laboratori di prova italiani per le prove di resistenza al fuoco è la curva nominale standard definitiva dalla UNI 7678 (**ISO 834**).
- Questa è la prima curva di incendio introdotta in Italia come media tra varie curve esistenti in vari regolamenti stranieri.
- Con gli anni, si sono affermate anche in Italia altre curve nominali già in uso all'estero. Oggi con l'approvazione dell'Eurocodice sulle azioni in caso di incendio sono definitivamente riconosciute le seguenti curve nominali

# D.M. 09/03/2007

## Curve nominali di incendio



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

- **curva nominale standard** introdotta dalla norma ISO 834 normalmente utilizzata
- **curva nominale degli idrocarburi** più severa rispetto alla prima da utilizzare nel caso di incendi di quantità rilevanti di idrocarburi o altre sostanze con equivalente velocità di rilascio termico
- **curva di incendio nominale esterna** sensibilmente meno gravosa rispetto alla curva standard a cui può farsi riferimento nel caso di strutture poste all'esterno rispetto al compartimento interessato dall'incendio (per l'acciaio caso specifico).

# Curve Parametriche

Curva EC 1

UNI-ENV 1992-1-2

Curva di  
Wickstrom

## Parametric temperature-time curves

(1) The following temperature-time curves are valid for fire compartments up to 500 m<sup>2</sup> of floor area, without openings in the roof and for a maximum compartment height of 4 m. It is assumed that the fire load of the compartment is completely burnt out.

(2) If fire load densities are specified without specific consideration to the combustion behaviour (see annex E), then this approach should be limited to fire compartments with mainly cellulosic type fire loads.

(3) The temperature-time curves in the heating phase are given by :

$$\theta_g = 20 + 1\,325 \left( 1 - 0,324 e^{-0,2t^*} - 0,204 e^{-1,7t^*} - 0,472 e^{-19t^*} \right) \quad (\text{A.1})$$

where

$$\begin{aligned} \theta_g & \text{ is the gas temperature in the fire compartment} && [^{\circ}\text{C}] \\ t^* & = t \cdot \Gamma && [\text{h}] \end{aligned} \quad (\text{A.2a})$$

with

$$\begin{aligned} t & \text{ time} && [\text{h}] \\ \Gamma & = [0/b]^2 / (0,04/1\,160)^2 && [-] \\ b & = \sqrt{(\rho c \lambda)} && \end{aligned}$$

with the following limits :  $100 \leq b \leq 2\,200$  [J/m<sup>2</sup>s<sup>1/2</sup>K]



# Curve naturali di incendio

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

- modelli di incendio sperimentali (p.e. prove di incendio su scala reale) oppure,
  - modelli di incendio numerici semplificati (p.e. curve parametriche) oppure,
  - **modelli di incendio numerici avanzati** (p.e. modelli a zone, di campo).
- Le curve di incendio naturale devono essere determinate in base al carico di incendio specifico di progetto ponendo pari ad 1 i coefficienti  $\delta_{ni}$  relativi alle misure di protezione che si intende modellare.
  - Occorre riferirsi a metodi di riconosciuta affidabilità, tenendo conto delle limitazioni d'uso di ciascun modello (Come puntualmente indicato nel DM 9 maggio 2007)

# Flashover

- The earliest mention of flashover to be found in the NFPA literature is in the 10th Edition of the NFPA Handbook of Fire Protection (1948) in Chapter 30 on Interior Finishes - Insulation.<sup>6</sup>
- This work describes the recognition of flashover by researchers into the design and development of World War II incendiary weapons. It defines “...*a flashover point, at which all combustible surfaces in a room burst into flame.*” and discusses “...the time interval between the ignition of an incendiary bomb and the time when flashover occurred [as] a valuable criterion in evaluating the relative effectiveness of various incendiary bombs.”

# Flashover

- NFPA 101 Life Safety Code
- 3.3.79\* Flashover.
- “A stage in the development of a contained fire in which all exposed surfaces reach ignition temperatures more or less simultaneously and fire
- The newly crafted NFPA 921-2004 definition of flashover is:
- “*A transitional phase* in the development of a compartment fire *in which surfaces exposed to thermal radiation reach ignition temperature more or less simultaneously* and fire spreads rapidly throughout the space resulting in full room involvement or total involvement of the compartment or enclosed area.”



# Esempi di flashover



# Esempio di Flashover



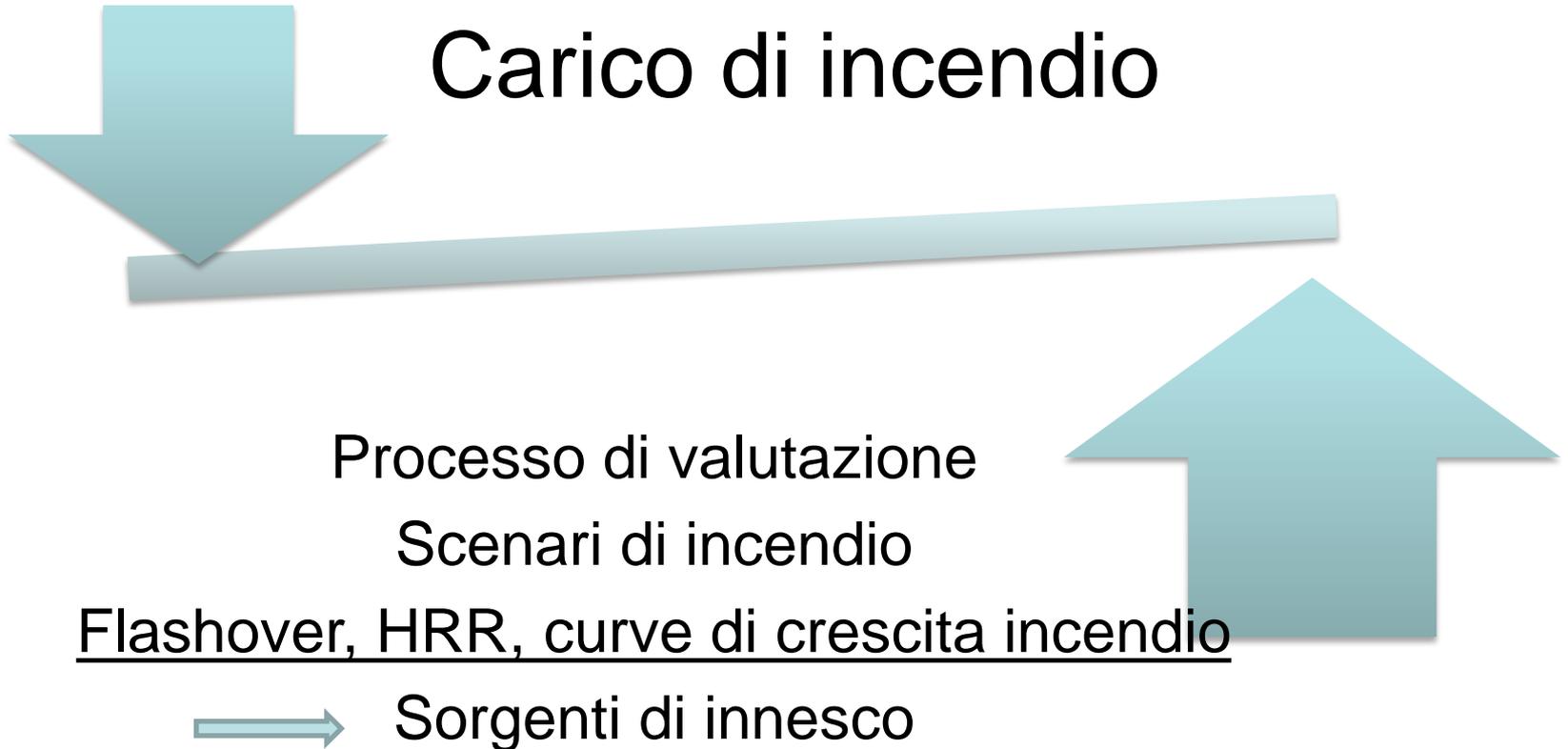
14:30

Fire Safety Engineering - Dott. Pietro Monaco

109



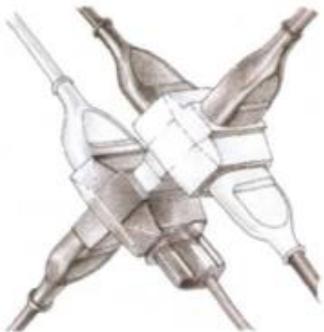
Riflessione  
A cosa prestare attenzione?



## Le sorgenti di innesco

Possono essere suddivise in quattro categorie:

- ***Accensione diretta***
- ***Accensione indiretta***
- ***Attrito***
- ***Autocombustione o riscaldamento spontaneo***



## Le sorgenti di innesco

### ***Accensione diretta***

Quando una fiamma, una scintilla o altro materiale incandescente entra in contatto con un materiale combustibile in presenza di ossigeno.

***Esempi:*** operazioni di taglio e saldatura, fiammiferi e mozziconi di sigaretta, lampade e resistenze elettriche, scariche statiche.

## Le sorgenti di innesco

### ***Accensione indiretta***

Quando il calore d'innesco avviene nelle forme della convezione, conduzione e irraggiamento termico.

***Esempi:*** correnti di aria calda generate da un incendio e diffuse attraverso un vano scala o altri collegamenti verticali negli edifici;  
propagazione di calore attraverso elementi metallici strutturali degli edifici

# Le sorgenti di innesco

## **Attrito**

Quando il calore è prodotto dallo sfregamento di due materiali.

**Esempi:** malfunzionamento di parti meccaniche rotanti quali cuscinetti, motori; urti; rottura violenta di materiali metallici

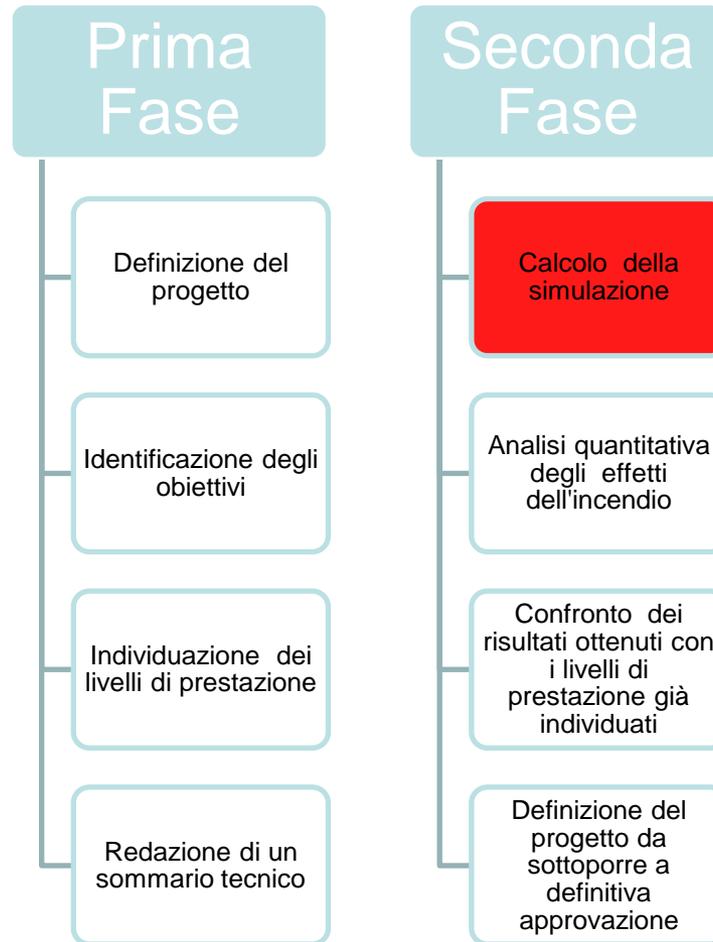
## Le sorgenti di innesco

### ***Autocombustione o riscaldamento spontaneo***

Quando il calore viene prodotto dallo stesso combustibile come ad esempio lenti processi di ossidazione, reazioni chimiche, decomposizioni esotermiche in assenza d'aria, azione biologica.

***Esempi:*** cumuli di carbone, stracci o segatura imbevuti di olio di lino, polveri di ferro o nichel, fermentazione di vegetali.

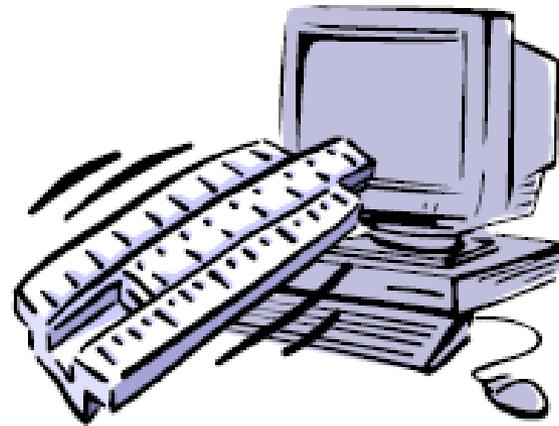
# Processo di valutazione



# IL RUOLO DEI MODELLI DI SIMULAZIONE

## TEST E VERIFICA

### delle scelte/ipotesi progettuali



## Strumenti di supporto alle decisioni

# Gli strumenti di simulazione

- Negli ultimi due decenni sono stati sviluppati numerosi strumenti di calcolo che consentono di stimare gli effetti di un incendio, in modo più o meno approssimato.
- I codici utilizzati sono stati sviluppati presso il NIST (National Institute of Standards and Technology) Building and Fire Research Laboratory

CFAST si trova in

<https://code.google.com/p/cfast/downloads/list/>  
[http://www.nist.gov/el/fire\\_research/cfast.cfm](http://www.nist.gov/el/fire_research/cfast.cfm)

FDS si trova in

[http://code.google.com/p/fds-smv/wiki/Downloads\\_Overview?tm=2](http://code.google.com/p/fds-smv/wiki/Downloads_Overview?tm=2)  
[http://www.nist.gov/el/fire\\_research/fds\\_smokeview.cfm](http://www.nist.gov/el/fire_research/fds_smokeview.cfm)

# Seconda fase

## Documentazione di progetto.

- Disegni e/o schemi grafici e/o immagini che presentino in maniera chiara e inequivocabile i principali parametri di interesse per l'analisi svolta
- Modelli utilizzati
  - dimostrare coerenza delle scelte operate con lo scenario di incendio di progetto adottato
- Parametri e valori associati
  - la scelta iniziale dei valori da assegnare ai parametri alla base dei modelli di calcolo, deve essere giustificata in modo adeguato
- Origine e caratteristiche dei codici di calcolo
  - indicazioni in merito all'origine ed alle caratteristiche dei codici di calcolo utilizzati con riferimento alla denominazione, all'autore o distributore, alla versione e alle validazioni sperimentali, idonea documentazione sull'inquadramento teorico della metodologia di calcolo e sulla sua traduzione numerica, indicazioni riguardanti la riconosciuta affidabilità dei codici
- Confronto fra risultati e livelli di prestazione
- Su richiesta del competente Comando provinciale dei vigili del fuoco devono essere resi disponibili i tabulati relativi al calcolo e i relativi dati di input.

## Seconda fase

### Documentazione di progetto.

- L'esito dell'elaborazione deve essere sintetizzato in disegni e/o schemi grafici e/o immagini che presentino in maniera chiara e inequivocabile i principali parametri di interesse per l'analisi svolta.
- Una documentazione appropriata assicura che tutti i soggetti interessati comprendano le limitazioni poste alla base del progetto.
- A partire da questa documentazione sarà chiaro il criterio con cui sono state valutate le condizioni di sicurezza del progetto, garantendo una realizzazione corretta e soprattutto il mantenimento nel tempo delle scelte concordate.

La normativa: D.M. 09 maggio 2007

- costituisce un passo fondamentale nella normativa nazionale di prevenzione incendi
- introduce 2 sostanziali novità

**approccio ingegneristico**

per soddisfare gli obiettivi di prevenzione incendi

**documento**

contenente il programma per l'attuazione del Sistema di Gestione della Sicurezza Antincendio  
**(SGSA)**

# SGSA

## Cos'è

- È un documento (**Manuale**) che definisce le modalità **per individuare** all'interno della struttura organizzativa dell'attività, **le responsabilità, le procedure**, le istruzioni, le attività di pianificazione, **i processi, le risorse** ed i controlli **per elaborare, mettere in atto, conseguire, riesaminare e mantenere attiva la** politica in materia di gestione della **sicurezza antincendio**.



## Seconda fase SGSA

**La metodologia prestazionale**, basandosi su di una individuazione delle misure di protezione effettuata su scenari di incendio valutati ad hoc, **richiede**, 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.**



## Seconda fase SGSA

Conseguentemente è necessario che venga posto in atto un *sistema di gestione della sicurezza antincendio* **attraverso uno specifico documento condiviso** dall'organo di controllo *fin dalla fase di approvazione del progetto e da sottoporre a verifiche ispettive periodiche.*



# SGSA Obiettivi

Il sistema di gestione della sicurezza antincendio viene “attuato” dal Responsabile dell’attività o “Titolare dell’attività” ed è finalizzato a garantire il raggiungimento degli obiettivi di sicurezza antincendio (generali e specifici) definiti nel sommario tecnico e dichiarati nella politica di sicurezza; in particolare:

**A. definisce gli obiettivi e gli impegni assunti per mezzo della politica per la sicurezza antincendio**

**B. garantisce che tale politica venga attuata**

**C. verifica il conseguimento degli obiettivi e stabilisce le opportune azioni correttive**

**SGSA è un processo dinamico** opera sulla base della sequenza ciclica delle fasi di:

**pianificazione, attuazione, monitoraggio** e riesame del sistema



# SGSA

## Struttura

Gli elementi fondamentali che costituiscono la struttura del SGSA, così come previsti dal D.M. 09 maggio 2007 sono i seguenti:

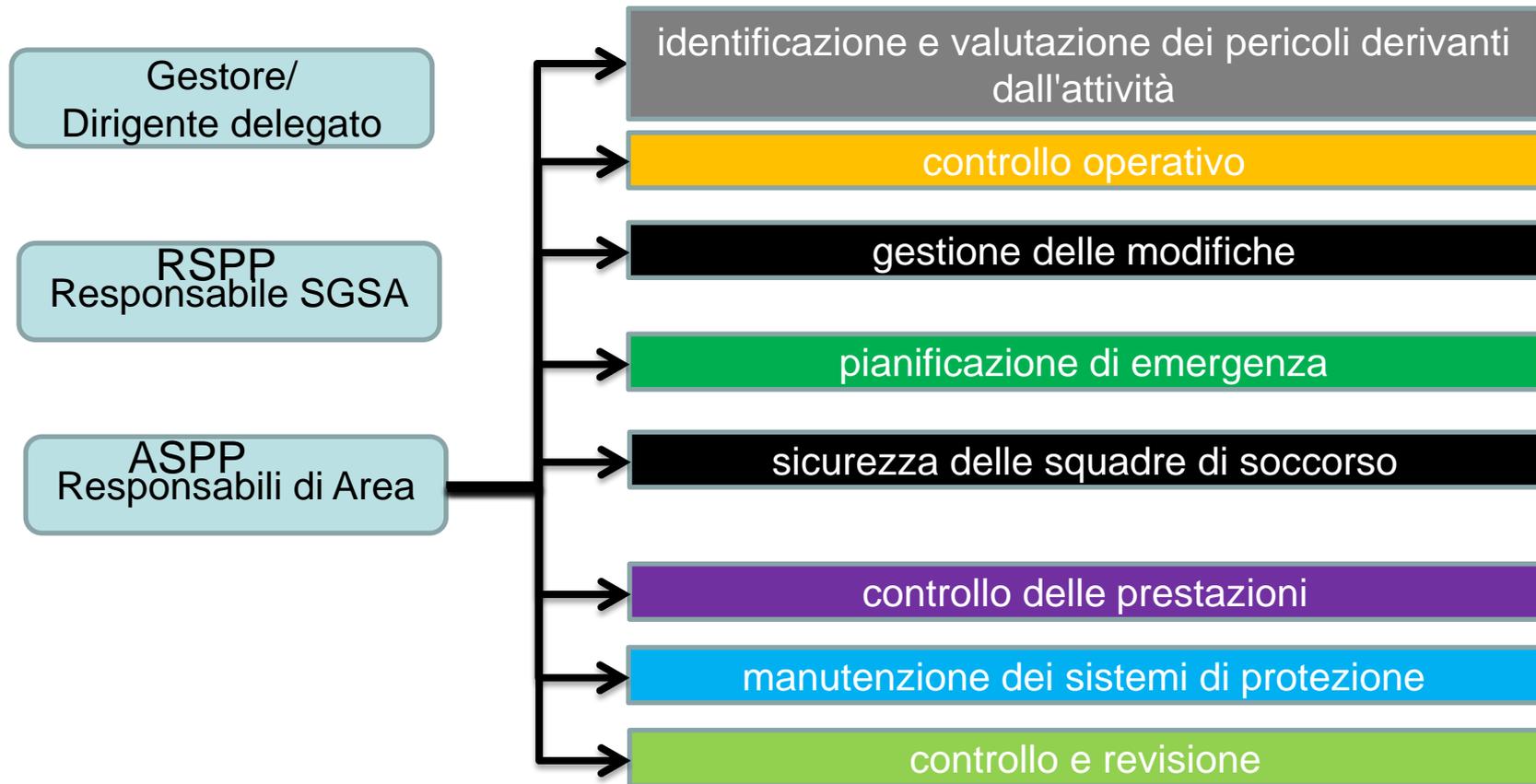
- Organizzazione del personale
- Identificazione e valutazione dei pericoli derivanti dall'attività
- Controllo operativo
- Gestione delle modifiche
- Pianificazione di emergenza
- Sicurezza delle squadre di soccorso
- Controllo delle prestazioni
- Manutenzione dei sistemi di protezione
- Controllo e revisione

# SGSA

## Organizzazione del personale

- Definizione:
- **Ruoli**
- **Coordinamento**
- **Sistema di comunicazione tra i diversi livelli dell'organizzazione**
- **Aggiornamento delle conoscenze sull'evoluzione normativa**

# SGSA Organizzazione del personale Ruoli e coordinamento



## Organizzazione del personale -COORDINAMENTO

Art. 33 D.Lg.s 81/08 –competenze SPP

DM 09/05/2007 - Struttura SGSA

- 
- valutazione dei rischi
  - misure di sicurezza
  - misure preventive
  - misure protettive
  - sistemi controllo misure  
PREV/PROT
  - procedure di sicurezza
  - programmi  
informazione/formazione
- organizzazione personale
  - Identificaz./valutaz. pericoli
  - controllo operativo
  - gestione modifiche
  - pianificazione di emergenza
  - sicurezza squadre soccorso
  - controllo prestazioni
  - manutenzione sistemi protez.
  - controllo e revisione

# SGSA

## Controllo operativo - ESPERIENZA OPERATIVA

Disponibilità di una procedura di **classificazione eventi**  
(incidenti, quasi incidenti, anomalie)

Individuazione **responsabilità raccolta / analisi /  
registrazione** eventi e **adozione provvedimenti**  
conseguenti

**Diffusione informazioni su misure adottate sulla base  
dell'esperienza operativa**

SGSA

## Controllo operativo - MANUALI OPERATIVI

**Disponibilità/aggiornamento** dei manuali operativi in Sala Operativa e/o nel centro gestione emergenze

Disponibilità all'interno dei manuali, delle procedure di controllo periodico/ manutenzione/emergenza impianto con associata la professionalità abilitata ad intervenire

# SGSA

## Gestione delle modifiche - Verifiche di conformità

### Art.71 D.Lgs. 81/08 – obblighi del DL in materia di impianti produttivi

- C.3 adotta misure **Allegato VI** (1.8 esposiz. Istruz.ni – 2 regole circolaz.)
- C.4 adotta misure affinché gli **impianti produttivi** siano:
  - installati ed utilizzati in conformità alle istruzioni d'uso (m. operativi)
  - corredati da istruzioni d'uso e manutenzione (manuali operativi);
  - oggetto di manutenzione per la conservazione dei requisiti di sicurezza ex 70 (conformità direttive o criteri Allegato V)
  - assoggettati alle misure di aggiornamento dei requisiti minimi di sicurezza secondo art. 18, comma 1, lettera z);
- C.4 Istituisce/aggiorna il registro di controllo dell'**impianto produttivo**

# SGSA

## Pianificazione di emergenza – Elaborazione PE

Evidenza puntuale/dettagliata (!!!????!!!) su:

- Organigramma PE e responsabilità (vedi “Organizzazione personale”)
- Numero minimo di addetti antincendi necessari (art.43 c.3 D.Lgs. 81/08)
- Scenari incidentali previsti o prevedibili (almeno quelli dell’analisi preliminare e, per le aziende 334, quelli relativi ai TOP EVENT)

# SGSA

## Pianificazione di emergenza – Elaborazione PE

**Evidenza puntuale/dettagliata (!!!???) su:**

- **Azioni da compiere per ogni scenario**
  - Procedure per la messa in sicurezza degli impianti tecnologici e produttivi
  - Procedure di estinzione e tempi di operatività (in funzione livelli di prestazione strutt.)
  - Procedure di evacuazione (evacuaz. Immediata/ritardata/guidata)
  - Assistenza ai disabili (presenze prevedibili, addetti impegnati)
  - Assistenza lavoratori esposti a rischi particolari (manutent., carri ponte, sotterranei)
  - Presenza di pubblico ed estranei (specificare come influenzano le procedure)
- **Comunicazioni esterne** (rispetto rigoroso procedure in D.L.334)
- **Elaborati grafici** (diversificati per pubblico, lavoratori, addetti antincendi e VVF)

# SGSA

Pianificazione di emergenza – INFO - FORM - ADD

## **Evidenza puntuale/dettagliata (!!!???) su:**

- **Informazione dei lavoratori** (art.36 D.Lgs. 81/08)
- **Formazione dei lavoratori** (art.37, commi 1-5)
- **Formazione di dirigenti e preposti** (art.37, comma 7, lettera d)
- **Formazione addetti antincendi** (art.37, comma 9 D.Lgs.81/08)
- **Addestramento** (art.37 comma 5):
  - **Esercitazione su procedure PE (almeno una esercitazione/anno per ogni scenario incidentale)**

# SGSA Sistemi di protezione

## Controllo periodico/manutenzione

Attività/attrezzatura/impianto	Modalità esecuzione	Periodicità
estintori	5.2, 5.3, 5.4 UNI 9994	Semestrale (5.2), 36 mesi (5.3: estintori a polvere), 12 anni (5.4)
illuminazione di emergenza	7.2.3 e 7.2.4 CEI 34-111	Mensile (7.2.3), annuale (7.2.4)
rete idrica antincendi	20.3 UNI EN 12845 6 – UNI EN 671-3	3 mesi (20.3.2), 6 mesi (20.3.3), 1 anno (20.3.4), 3 anni (20.3.5), 10 anni (20.3.6).
impianto di rivelazione	Punto 4, appendici A e B della norma UNI 11224	6 mesi (appendice B), 10 anni (revisione: come verifica iniziale Appendice A)
Porte resistenti al fuoco	DM 21/06/04 – art.2, lettera j.2	6 mesi
dispositivi di apertura installati sulle uscite di sicurezza	Appendice C UNI EN 179 Appendice C UNI EN 1125	6 mesi
Impianto sprinkler	Cap. 20.3 UN EN 12845 :2009	3 mesi (20.3.2), 6 mesi (20.3.3), 1 anno (20.3.4), 3 anni (20.3.5), 10 anni (20.3.6)

# SGSA

## Struttura

Gli elementi fondamentali che costituiscono la struttura del SGSA, così come previsti dal D.M. 09 maggio 2007 sono i seguenti:

- Organizzazione del personale
- Identificazione e valutazione dei pericoli derivanti dall'attività
- Controllo operativo
- Gestione delle modifiche
- Pianificazione di emergenza
- Sicurezza delle squadre di soccorso
- Controllo delle prestazioni
- Manutenzione dei sistemi di protezione
- **Controllo e revisione**

# CONCLUSIONE

## IMPORTANZA DELL'SGSA

- Individua le modalità di attuazione e mantenimento in vita dei vincoli di esercizio alla base della progettazione FSE
- Soggetto a **verifiche periodiche** del Comando:
  - ❖ prima verifica in concomitanza con il sopralluogo per il rilascio del CPI
  - ❖ verifiche successive con cadenza pari alla validità del CPI ( $\leq 6$ anni) (**Il rinnovo del CPI avviene mediante sopralluogo**).

## ART. 6

**In caso di verifica con esito negativo, il Comando sospende la validità del CPI !!!**

# CONCLUSIONE

- Esempio deroga in edificio storico

# GRAZIE PER L'ATTENZIONE