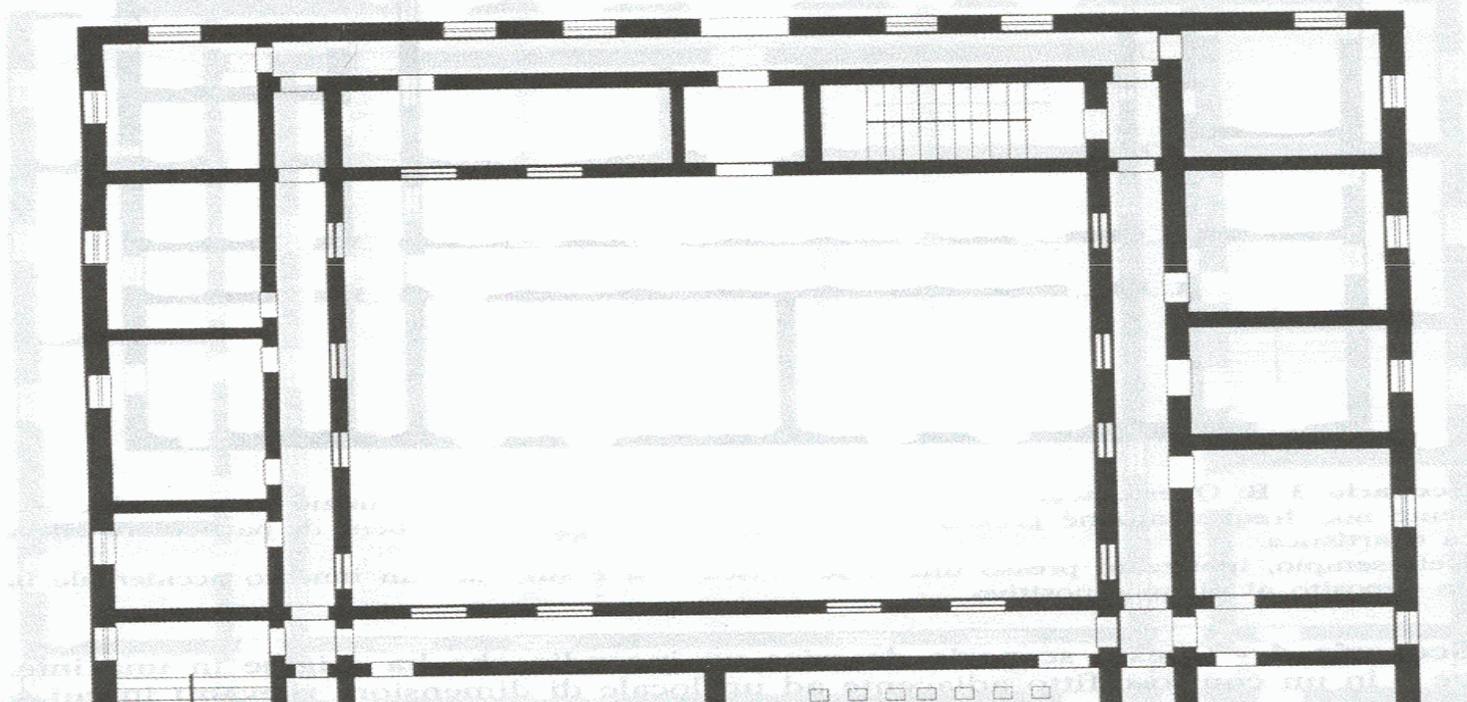


ESEMPI SCENARI D'INCENDIO PREDEFINITI (NFPA 101 e NFPA 914)

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.

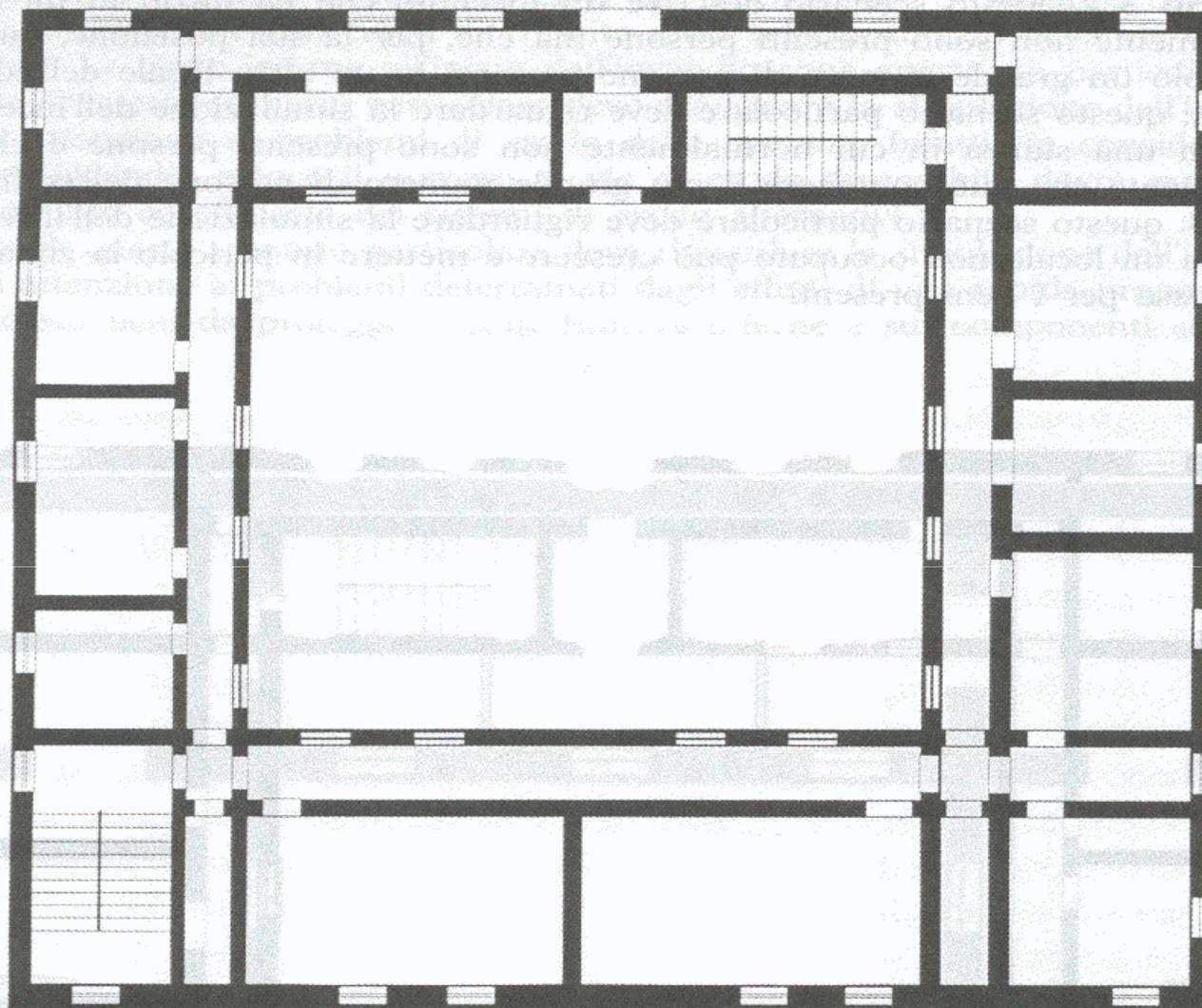
Parte A: questo scenario particolare deve riguardare la simulazione dell'incendio che ha inizio in una stanza in cui normalmente non sono presenti persone e che migra verso l'ambiente che può contenere il più grande numero di persone nell'edificio.

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.



Scenario con incendio che ha inizio in un ambiente normalmente non occupato e che potenzialmente può mettere in pericolo la sicurezza di un grande numero di persone in un ampio ambiente limitrofo o in un'altra area dell'edificio

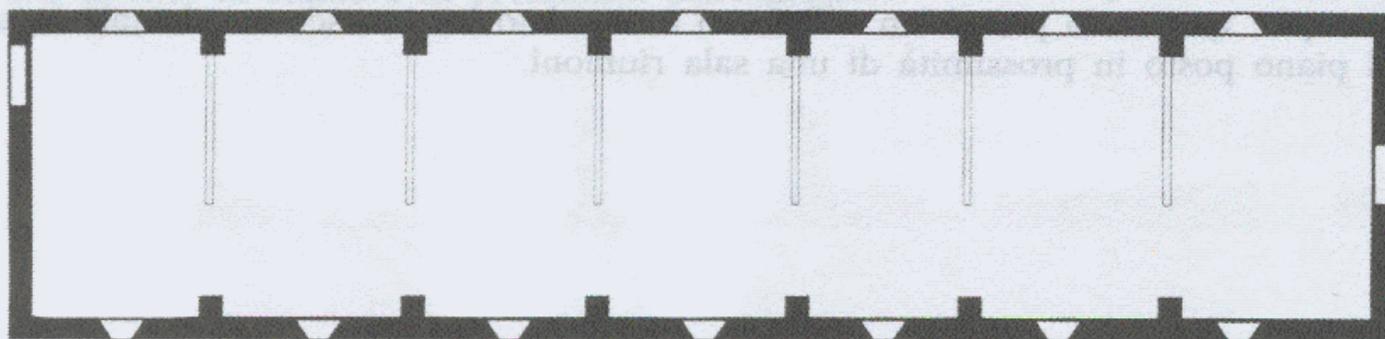
ESEMPI SCENARI D'INCENDIO PREDEFINITI (NFPA 101 e NFPA 914)



Scenario 3 B: Questo scenario si riferisce ad un incendio che ha inizio in un ambiente normalmente non frequentato né presidiato e che può danneggiare dei beni di particolare rilevanza storica o artistica.

Nell'esempio, ipotizzato presso una sede museale, si è simulato un innesco accidentale in un piccolo deposito al piano espositivo.

ESEMPI SCENARI D'INCENDIO PREDEFINITI (NFPA 101 e NFPA 914)

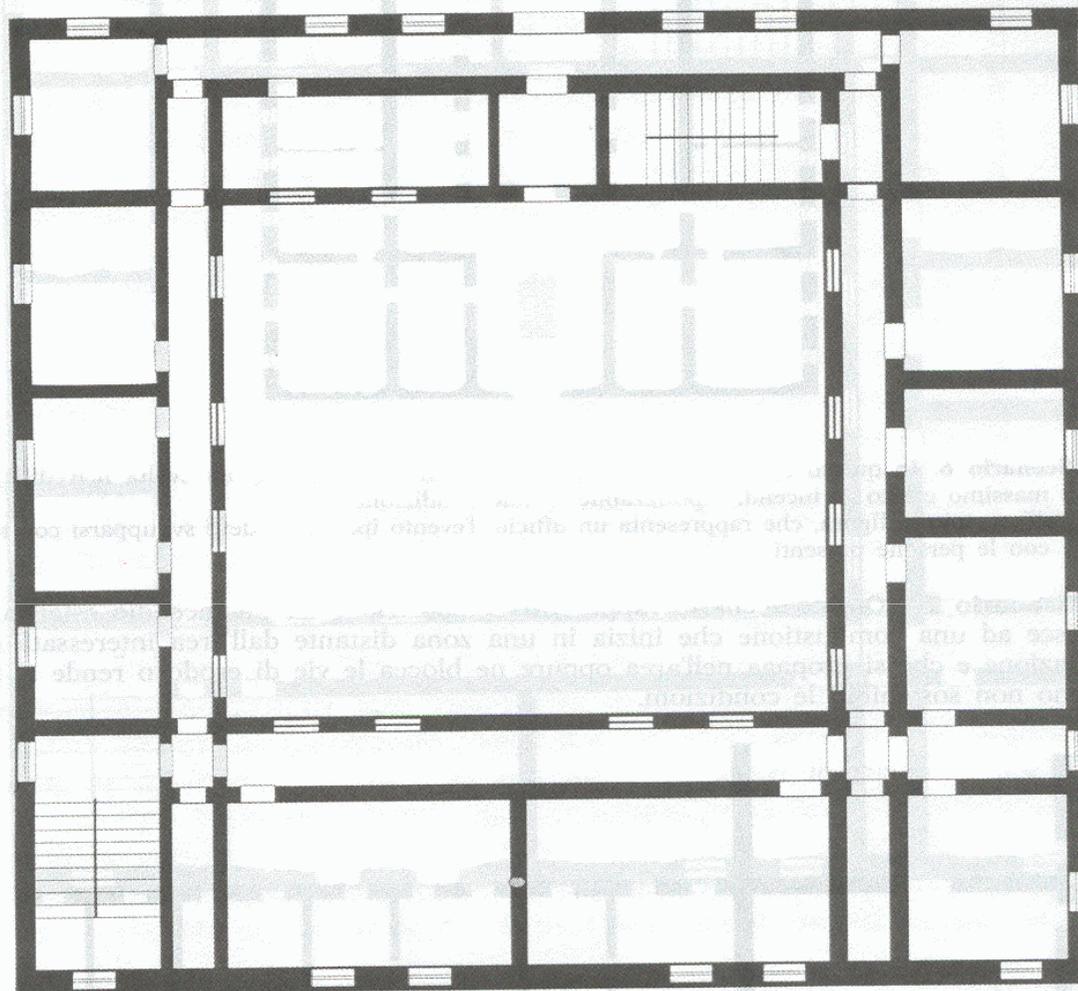


Scenario 4 A-B. Questo scenario si riferisce alla situazione in cui un innesco si manifesta in uno spazio non protetto da impianti di rilevazione o spegnimento può mettere in pericolo le persone presenti in un ambiente adiacente o i beni in esso contenuti.

Nell'esempio, che si riferisce ad uno spazio espositivo, è stato ipotizzato l'innesco all'interno delle pareti che delimitano i singoli ambienti espositivi.

Scenario con un incendio che ha origine a parete o a soffitto in posizione adiacente un ambiente ad alta presenza di persone

ESEMPI SCENARI D'INCENDIO PREDEFINITI (NFPA 101 e NFPA 914)

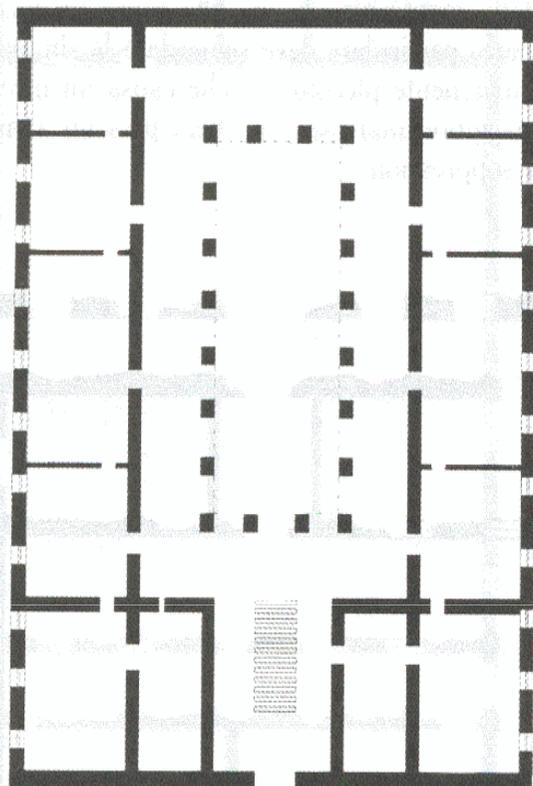


Scenario 5 A-B: Questo scenario si riferisce ad un incendio che ha inizio in un ambiente normalmente non frequentato né presidiato e che si sviluppa lentamente non rilevato dai sistemi di protezione, fino a dare luogo ad un incendio di grandi dimensioni o che crea gravi danni ai beni presenti.

Nell'esempio, ipotizzato presso una sede museale, si è simulato un innesco accidentale in un piccolo deposito al piano.

Scenario con un incendio che si sviluppa lentamente in posizione non coperta dai sistemi di protezione antincendio e in prossimità di una zona con rilevante presenza di persone

ESEMPI SCENARI D'INCENDIO PREDEFINITI (NFPA 101 e NFPA 914)



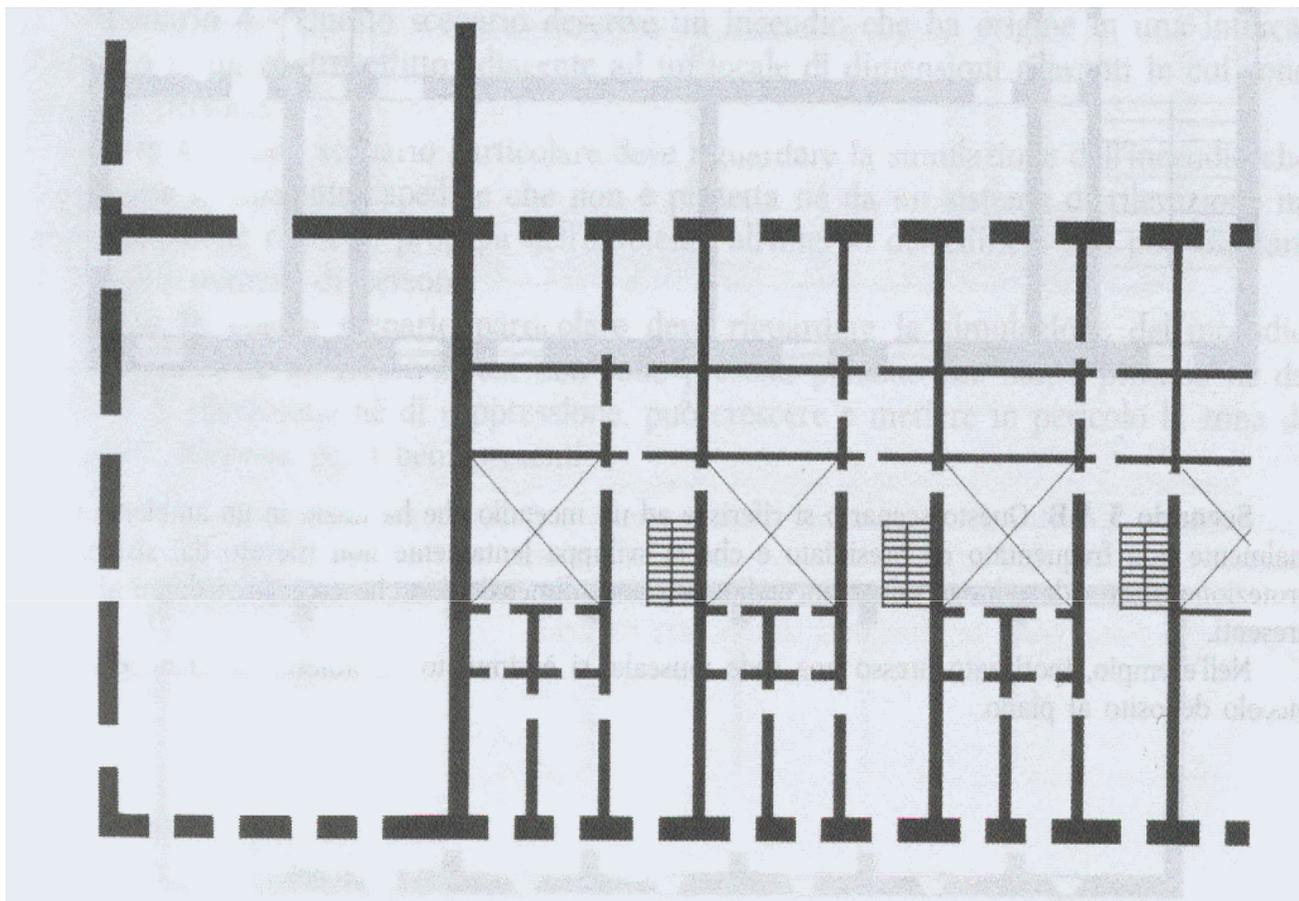
Scenario dell'incendio più grave, derivante dal più elevato carico d'incendio previsto nell'edificio, a sviluppo rapido e con presenza di persone

Scenario 6: In questo caso lo scenario si riferisce alla normale attività svolta nell'edificio e con il massimo carico di incendio ipotizzabile in tale condizione.

Nell'esempio in figura, che rappresenta un ufficio, l'evento ipotizzato deve svilupparsi con rapidità e con le persone presenti.

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.

ESEMPI SCENARI D'INCENDIO PREDEFINITI (NFPA 101 e NFPA 914)

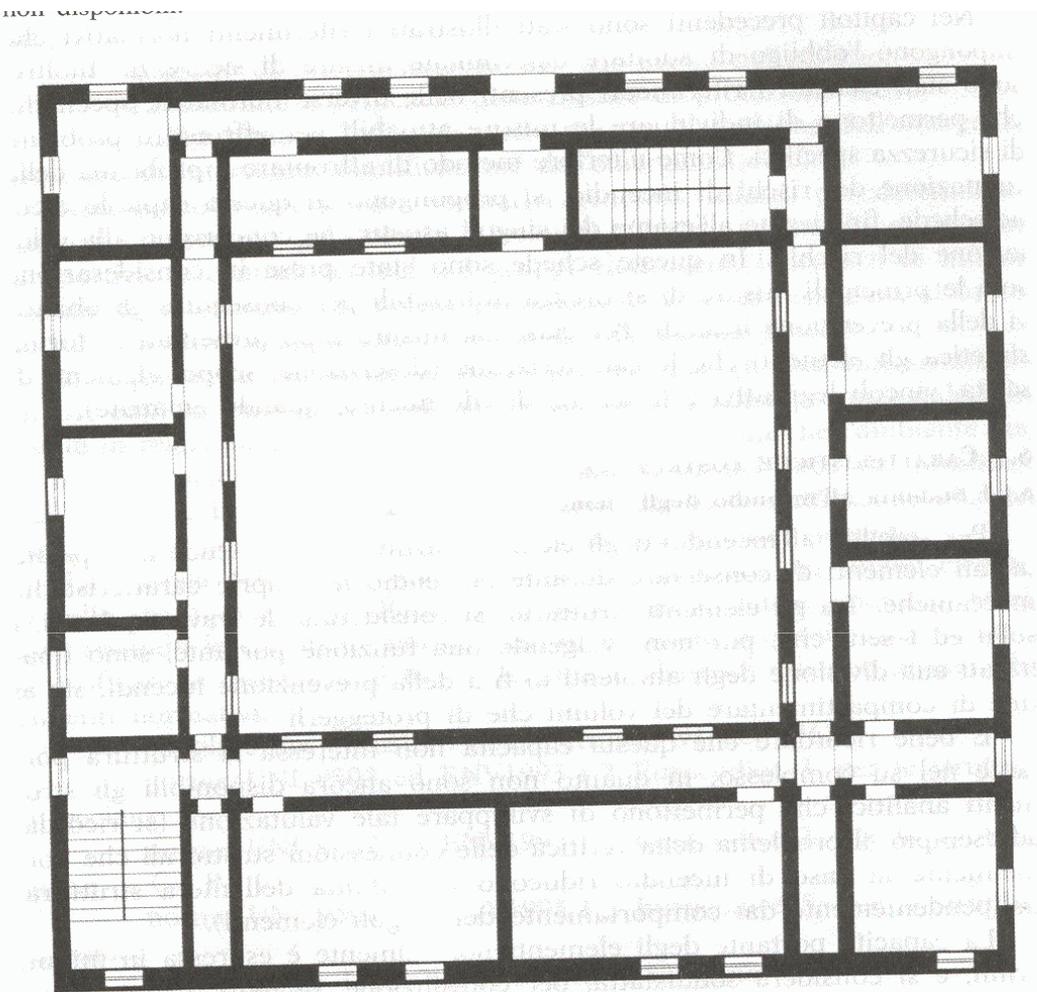


Incendio che si sviluppa al di fuori della zona di interesse e che risulta suscettibile di estendersi a quest'ultima, o bloccarne le uscite, o determinare condizioni interne non sostenibile

Scenario 7: Questo scenario si riferisce ad una esposizione dell'edificio o dell'attività ad un incendio esterno, in grado di pregiudicare l'uso delle vie di esodo o di rendere le condizioni all'interno dell'edificio insostenibili.

Nel caso in figura si è cercato di rappresentare una situazione tipica dei centri storici, nei quali l'adiacenza degli edifici rende il problema della propagazione dell'incendio dall'esterno particolarmente critico.

ESEMPI SCENARI D'INCENDIO PREDEFINITI (NFPA 101 e NFPA 914)

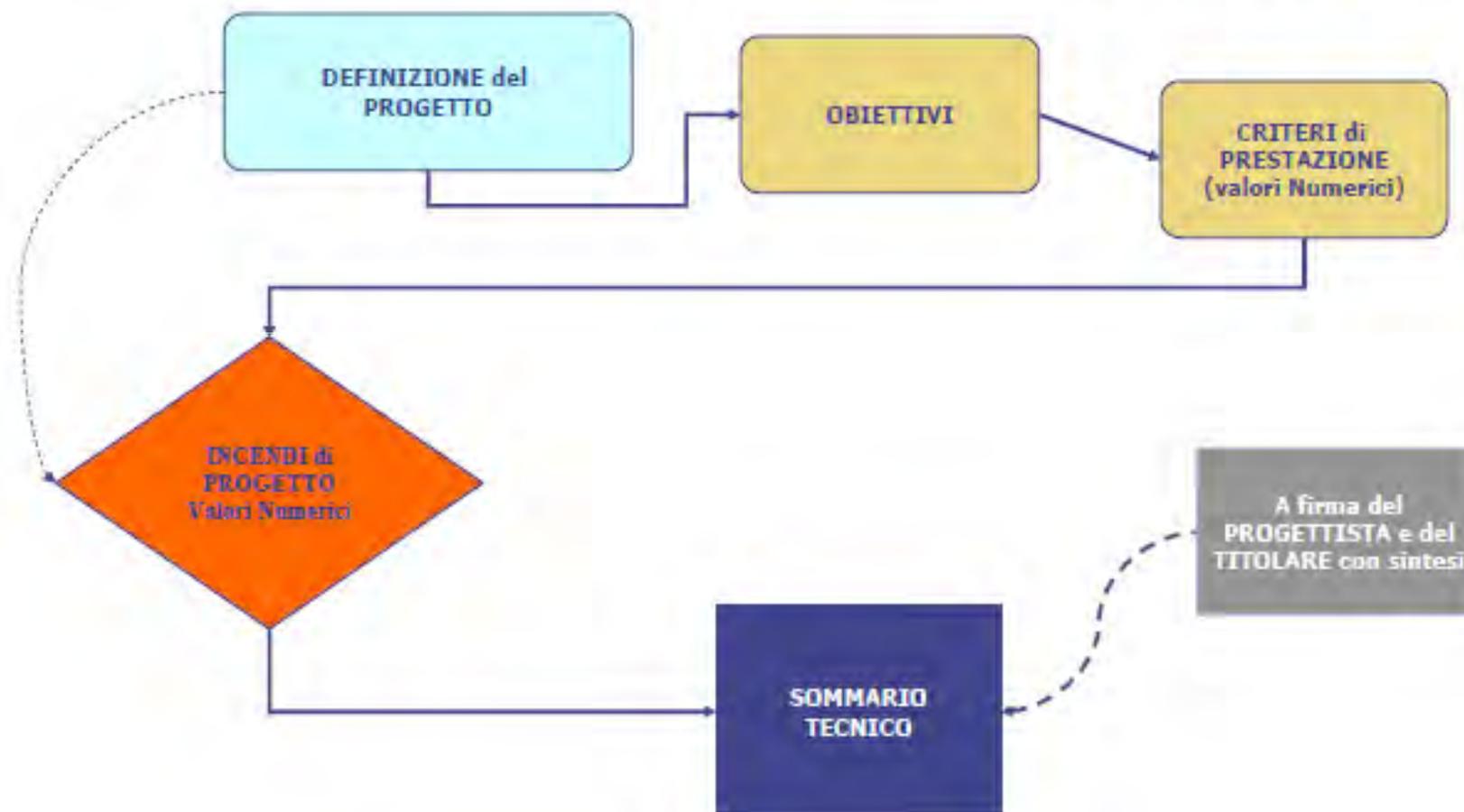


Scenario 8: Questo scenario si riferisce ad un incendio che ha inizio in un ambiente protetto da impianti di rilevazione e di soppressione. La verifica prevede lo studio dell'evoluzione dell'incendio considerando inefficienti uno alla volta tutti gli impianti di protezione. Nell'esempio, ipotizzato presso una sede museale, si è simulato un innesco accidentale in un piccolo deposito al piano.

Scenario d'interesse e considerando il malfunzionamento e/o l'assenza delle protezioni attive o passive antincendio previste in progetto, disattivate singolarmente e in sequenza

Riassumendo..

Analisi preliminare (I fase)



Analisi preliminare

In sintesi



P



F



3- ANALISI QUANTITATIVA (II fase)

Il D.M. 9/5/2007 prevede la redazione di una **Documentazione di Progetto specifica per la seconda fase, relativa all'analisi quantitativa.**

In questa fase deve essere definita:

1. la soluzione progettuale (la compensazione del rischio di incendio),
2. la scelta del modello e le relative approssimazioni,
3. l'effettuazione del calcolo delle conseguenze degli scenari di incendio,
4. l'illustrazione dei risultati dell'elaborazione
5. ed il loro confronto con i livelli di prestazione.

3.1- definizione della soluzione progettuale (compensazione del rischio di incendio)

Questa parte della Documentazione di Progetto contiene la descrizione dei provvedimenti da adottare nei confronti dei pericoli, delle condizioni ambientali, e la descrizione delle **misure preventive e protettive** assunte, con particolare riguardo al comportamento al fuoco delle strutture e dei materiali ed ai presidi antincendio, avendo riguardo ad eventuali norme tecniche di prodotto prese a riferimento.

.

3.1- definizione della soluzione progettuale (compensazione del rischio di incendio)

1. · Descrizione della strategia scelta per raggiungere gli obiettivi prefissati.
2. · Misure di prevenzione e loro caratteristiche:
 - a. sostituzione di materiali combustibili con altri non combustibili,
 - b. sistemi di sicurezza a saturazione,
 - c. ventilazione dei locali.
3. Misure di protezione passiva e loro caratteristiche:
 - i. strutture resistenti al fuoco,
 - ii. compartimenti antincendio/antifumo,
 - iii. porte e chiusure tagliafuoco,
 - iv. sistemi di contenimento dei fumi,
 - v. barriere al fumo,
 - vi. materiali classificati ai fini della reazione al fuoco.

3.1- definizione della soluzione progettuale (compensazione del rischio di incendio)

4. Misure di protezione attiva e loro caratteristiche:

- a. ventilazione ordinaria,
- b. ventilazione in caso di incendio (estrazione meccanizzata dei fumi e/o impianti di immissione). In questo caso i motori di aspirazione devono essere in grado di sopportare le temperature raggiunte con riferimento alle prestazioni individuate nel D.M. 16/2/2007,
- c. impianti di rivelazione e loro caratteristiche compreso il Response Time Index (RTI) necessario per la stima del tempo attivazione impianti e di intervento,
- d. impianti di spegnimento o di soppressione.

5. Presenza di tavole di progetto che illustrino in maniera univoca le soluzioni adottate.

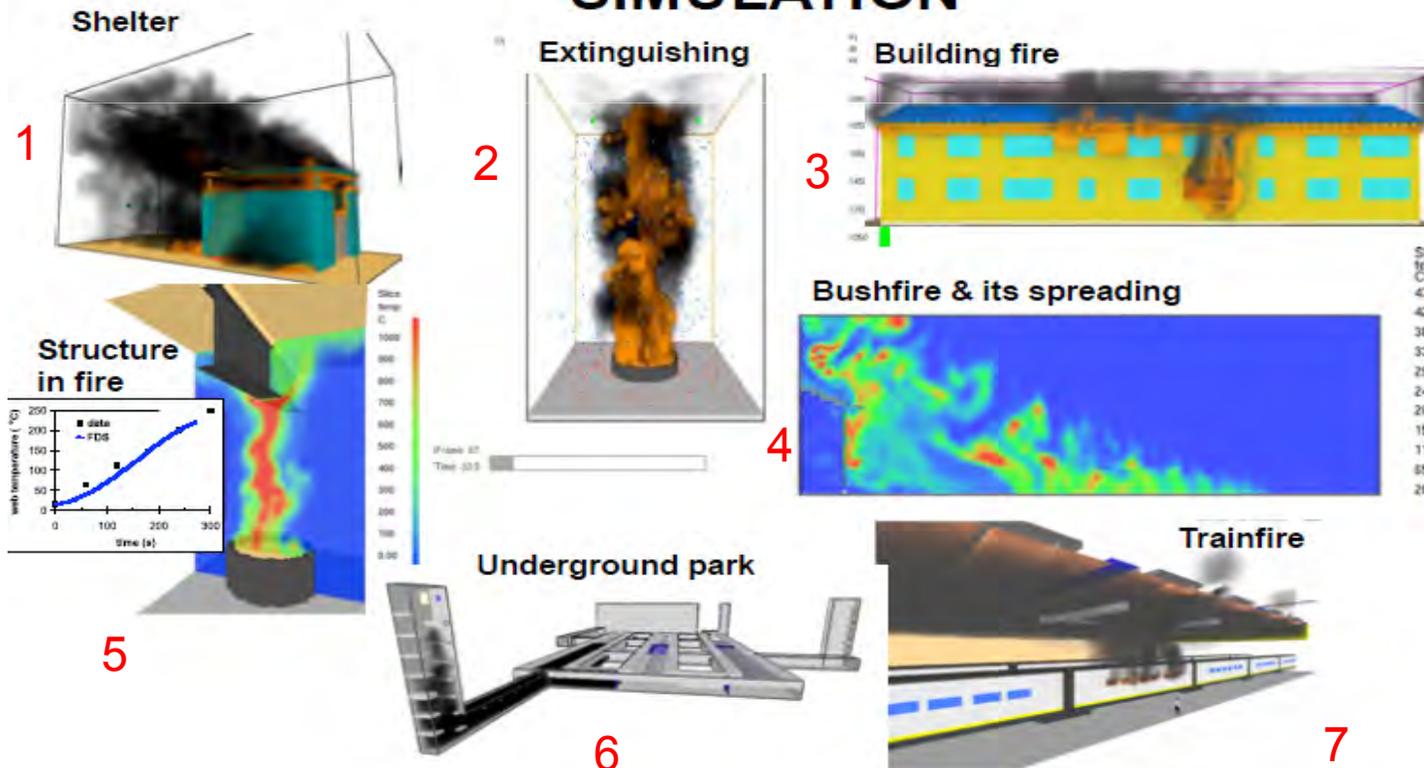
3.2-SCELTA dei MODELLI di CALCOLO

Il passo successivo per il progettista consiste nella scelta dei modelli di calcolo da applicare al caso in esame per la valutazione dello sviluppo degli incendi di progetto e le loro possibili conseguenze;

il progettista deve fornire sufficienti informazioni sul modello utilizzato

Alcuni esempi di simulazione d'incendio:

SOME EXAMPLES OF FIRE SIMULATION



- 1) Mettere al riparo
- 2) Estinguere
- 3) Incendio edificio
- 4) Incendio incontrollato di foreste;
- 5) Incendio strutture
- 6) Parcheggio sotterraneo
- 7) Incendio treno

3.2-SCELTA dei MODELLI di CALCOLO

3.2.1 Modelli utilizzati

Allo stato attuale i modelli più frequentemente utilizzati sono:

- 1) modelli **analitici semplificati**
- 2) modelli di simulazione dell'incendio **a zone per ambienti confinati**
(CFast, Ozone)
- 3) modelli di simulazione dell'incendio **di campo** (FDS, CFX, Fluent)
- 4) modelli di **simulazione dell'esodo**
- 5) modelli di simulazione del **comportamento strutturale** in caso l'incendio
(Ansys, Adina, Abaco, Diana, Safir)

3.2-SCELTA dei MODELLI di CALCOLO

modelli analitici semplificati (manuali) possono garantire buone stime di effetti specifici dell'incendio come, ad esempio, il calcolo del tempo di *flashover* in un locale, mentre per analisi più complesse che coinvolgano interazioni dipendenti dal tempo di più processi di tipo fisico e chimico presenti nello sviluppo di un incendio si ricorre generalmente a **modelli di tipo automatico**.

E' possibile anche l'utilizzo di più **tipologie di modelli** come ad esempio:

1. **l'uso di modelli specifici** per la valutazione del tempo di attivazione di un impianto di rivelazione o di spegnimento, della rottura di un vetro in funzione della temperatura ecc., utilizzando poi i dati ricavati in una modellazione più complessa, ad esempio effettuata con modelli di campo;
2. **l'uso di modelli semplificati** (ad esempio a zone) per valutare in una prima fase le condizioni di maggiore criticità per poi approfondire la trattazione degli effetti con modelli più complessi.

3.2-SCELTA dei MODELLI di CALCOLO

Il progettista deve inoltre distinguere tra **parametri interni ed esterni** al modello.

Alcuni **parametri interni** del Modello possono, infatti, essere modificati dall'utente (ad esempio, nei modelli di fluidodinamica numerica la dimensione della griglia ed il passo temporale di calcolo time step).

I **parametri esterni** sono quelli che costituiscono i valori di input e possono essere distinti nelle tre categorie:

- **geometrica** (dimensioni dell'ambiente, aperture di ventilazione, comunicazione tra ambienti, ecc.);
- **di scenario** (legato alla conoscenza del rilascio termico, della velocità di perdita di massa, di distribuzione del combustibile dello stato delle porte e delle finestre, ecc.);
- **termofisica** (come ad esempio le proprietà delle pareti dell'ambiente tra cui la conduttività, il calore specifico, la massa volumica, il contenuto di umidità, l'emissività delle superfici, ecc.).

3.2-SCELTA dei MODELLI di CALCOLO

Uno dei parametri chiave per la scelta di un modello è inoltre la **validazione**.

La procedura di **validazione e controllo** deve verificare la validità del metodo di calcolo e l'esattezza dei risultati ottenuti

3.2-SCELTA dei MODELLI di CALCOLO

3.2.2 Origine e caratteristiche dei codici di calcolo.

Devono essere fornite indicazioni in merito **all'origine ed alle caratteristiche dei codici di calcolo** utilizzati, come ad esempio:

1. denominazione,
2. autore o distributore,
3. versione,
4. inquadramento teorico della metodologia di calcolo e sulla sua traduzione numerica,
5. indicazioni riguardanti la riconosciuta affidabilità dei codici,
6. limitazioni ed ipotesi alla base della metodologia di calcolo,
7. documentazione tecnica e manuale utente,
8. validazioni sperimentali. *

3.2-SCELTA dei MODELLI di CALCOLO

3.2.3 *La documentazione a corredo dei modelli*

Il progettista deve fornire **informazioni** sulla **documentazione** a corredo dei modelli.

Il documento di riferimento per la documentazione dei modelli è la ISO TR 13387 ed il citato ASTM E 1355-97, che fornisce un metodo di valutazione delle capacità di previsione di un modello di incendio per usi specifici.

3.2-SCELTA dei MODELLI di CALCOLO

3.2.3 *La documentazione a corredo dei modelli*

Il progettista deve fornire informazioni sulle **caratteristiche principali del modello** (di solito ricavabili dalla documentazione tecnica e dal manuale utente),

Sulla base della scelta operata (metodi di calcolo manuali o automatici, modelli a zona o di campo) devono essere prodotte delle **tavole grafiche** (piante e sezioni) che illustrino **le semplificazioni** eventualmente adottate nella modellazione e la localizzazione e specificazione, nella parte di edificio modellata, degli **scenari di incendio** definiti nel **Sommario di Progetto**.

3.2-SCELTA dei MODELLI di CALCOLO

3.2.4 *Parametri e valori associati*

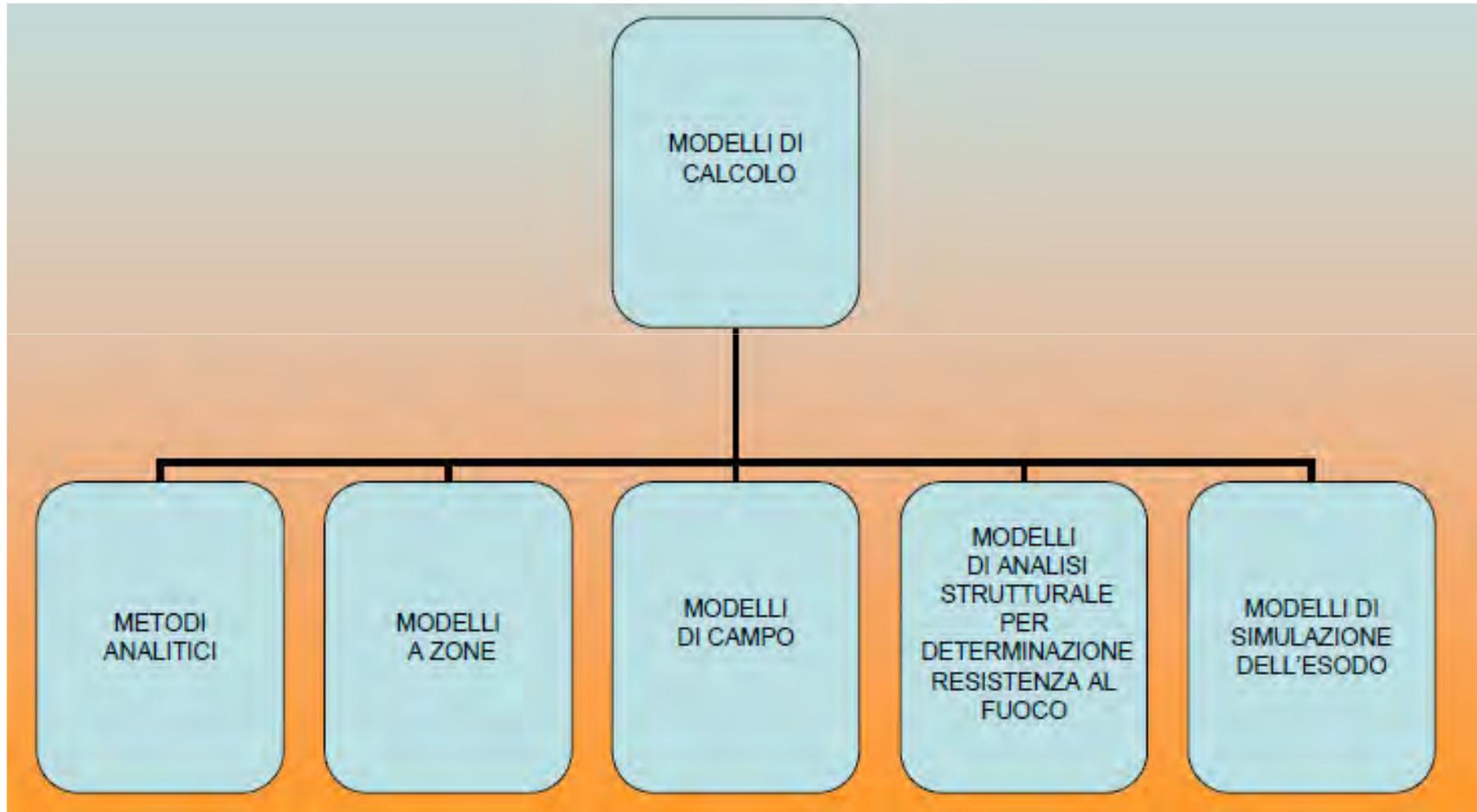
La scelta iniziale dei valori da assegnare ai parametri alla base dei modelli di calcolo, deve essere giustificata in modo adeguato, facendo specifico riferimento alla letteratura tecnica condivisa o a prove sperimentali.

Tra i parametri da utilizzare per la descrizione dell'evento è necessario indicare quelli per i quali si è resa necessaria una scelta da parte del progettista.

Inoltre, a scopo illustrativo dovrebbero essere indicati gli elementi più rilevanti del software utilizzato.

3.2-SCELTA dei MODELLI di CALCOLO

Parametri e valori associati



3.2-SCELTA dei MODELLI di CALCOLO

3.2.4 Parametri e valori associati

Per metodi analitici (a seconda dell'algoritmo scelto) Si utilizzano formule analitiche semplici, ad esempio le formule per il plume (colonna calda sopra l'incendio) o per il getto d'aria contro il soffitto.

- il tempo reale previsto di simulazione;
- la velocità di crescita dell'incendio;
- la potenza di picco dell'incendio;
- il fattore di ventilazione dell'ambiente;
- la dinamica della ventilazione;
- il valore probabile minimo della potenza necessaria al flashover;
- tempo di flashover;
- la potenza massima esprimibile in funzione della ventilazione;
- la distribuzione del tempo della temperatura nell'ambiente ove si è sviluppato l'incendio;
- La massa d'aria richiamata nel pennacchio;
- la temperatura del pennacchio;
- la temperatura in funzione del tempo di oggetti combustibili posti nelle vicinanze del focolare d'incendio;
- Lo spessore dello strato superiore caldo di fumo in funzione del tempo;
- la densità ottica dei fumi;
- la concentrazione di monossido di carbonio.

3.2-SCELTA dei MODELLI di CALCOLO

3.2.4 Parametri e valori associati

Per modelli a zone o a parametri concentrati

I modelli a parametri concentrati risolvono in modo esatto un set di equazioni approssimate di **conservazione di quantità di moto, energia e materia**, algebriche (stato stazionario) o differenziali (transitorio).

Il dominio di calcolo è diviso in due o più volumi a perfetta miscelazione, nei quali si assume che le proprietà intensive (pressione, temperatura, concentrazione delle specie) siano omogenee.

L'output standard di detti modelli è costituito dal valore delle proprietà intensive allo stato stazionario e / o dai loro profili temporali.

3.2-SCELTA dei MODELLI di CALCOLO

3.2.4 Parametri e valori associati

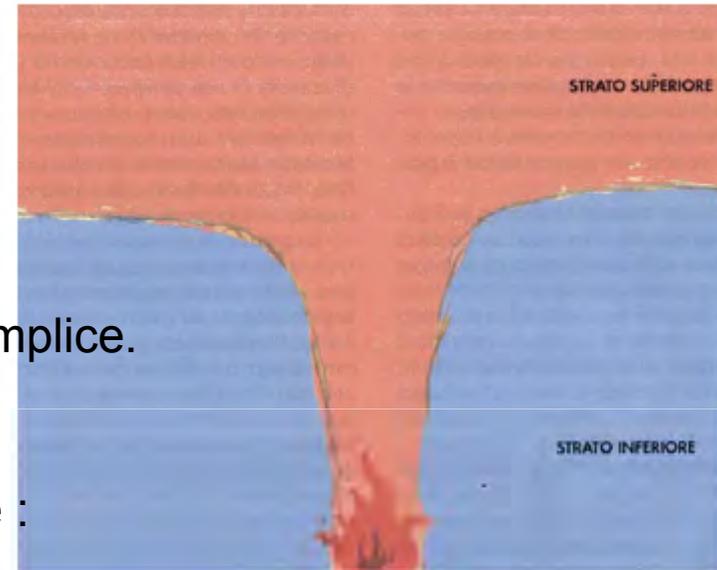
Per modelli a zone o a parametri concentrati

CFAST, sviluppato e distribuito freeware dal National Institute of Science and Technology (NIST).

La sua applicazione è limitata alla modellazione di incendi in ambiente confinato di geometria semplice.

Tipicamente, in incendi di questo tipo, all'interno del compartimento possono identificarsi tre zone :

- **uno strato caldo superiore,**
- **uno strato freddo inferiore**
- **ed una zona, detta *plume*,** in cui si ha la combustione e il risucchio dell'aria (*air entrainment*) dallo strato inferiore allo strato caldo superiore.



– Incendio in ambiente confinato: le zone del compartimen

3.2-SCELTA dei MODELLI di CALCOLO

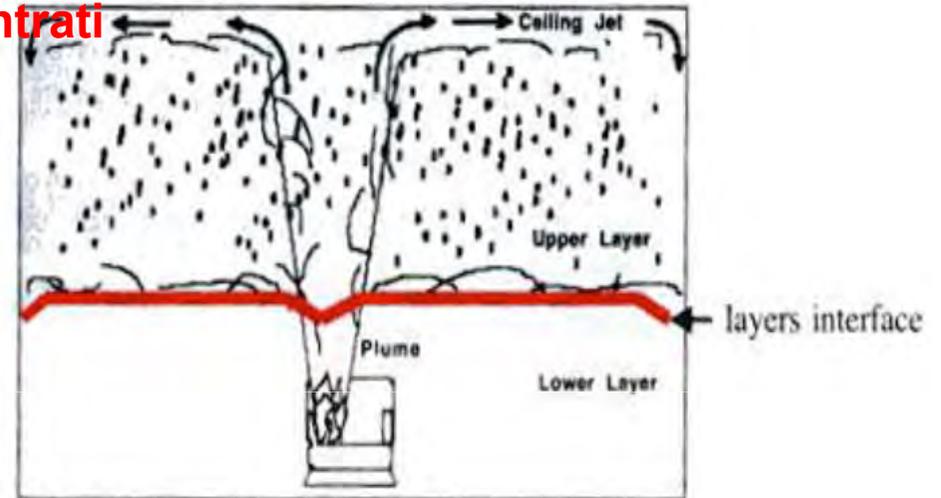
3.2.4 Parametri e valori associati

Per modelli a zone o a parametri concentrati

In CFAST il compartimento viene suddiviso in due volumi perfettamente miscelati:

uno superiore a temperatura maggiore (*hot layer*), caratterizzato dagli effetti convettivi di fumi e gas caldi prodotti dalla combustione,

uno inferiore a temperatura minore (*cold layer*), separati da una interfaccia puramente ideale la cui posizione varia con l'evoluzione dell'incendio.



I due volumi scambiano tra loro e con l'ambiente esterno massa ed energia. In particolare, formule semi – empiriche approssimate consentono il calcolo del flusso di energia trasportato per via conduttiva e radiante.

3.2-SCELTA dei MODELLI di CALCOLO

3.2.4 Parametri e valori associati

Per modelli a zone

- la definizione del volume di controllo e le condizioni al contorno;
- i dati relativi ai materiali adoperati nella modellazione con le loro caratteristiche termofisiche;
- l'eventuale presenza di vento;
- la dinamica della ventilazione (cioè istante di inizio attivazione e istante di raggiungimento del valore di regime o dell'apertura completa o di rottura dei vetri);
- velocità dell'eventuale aria di estrazione e/o immissione;
- la curva della potenza termica rilasciata (HRR) in funzione del tempo;
- la presenza di vincoli alla combustione dovuti alla disponibilità di ossigeno;
- il sottomodulo di plume;
- la produzione di particolato (soot yield) ed eventualmente di specie tossiche;
- il modello di irraggiamento;
- le caratteristiche di eventuali impianti sprinkler e i loro effetti nel corso della simulazione;
- il tempo reale previsto di simulazione;
- Devono poi essere forniti dati che permettano l'analisi dei risultati come ad esempio l'andamento delle temperature medie dello strato inferiore e superiore, l'andamento della posizione dell'interfaccia tra le zone, il flusso in entrata ed in uscita da aperture verso l'esterno o verso altri locali, l'andamento della concentrazione di ossigeno e di ossido di carbonio, l'andamento della visibilità.

3.2-SCELTA dei MODELLI di CALCOLO

3.2.4 Parametri e valori associati

Per modelli a zone

- Modelli a Zone (CFAST)
 - Codice di calcolo semplificato: fornisce risultati, con tempo di analisi limitato
 - risolve le equazioni dei MODELLI A ZONA
- CFAST (Consolidated Fire and Smoke Transport Model) è un modello a zone sviluppato per predire gli effetti dell'incendio sulle temperature e sulle concentrazioni di gas

Lo spazio è suddiviso **in grandi volumi (al massimo 20)**, su cui si applicano le formule analitiche semplici e i bilanci di massa ed energia.

La base teorica di questi modelli è data dalle **leggi di conservazione della materia e dell'energia** nel compartimento dell'incendio.

Principalmente i modelli tengono conto del rateo di sviluppo termico (HRR) dei combustibili, del fire plume, bilancio di materia, movimento dei fumi e temperatura della fase gas.

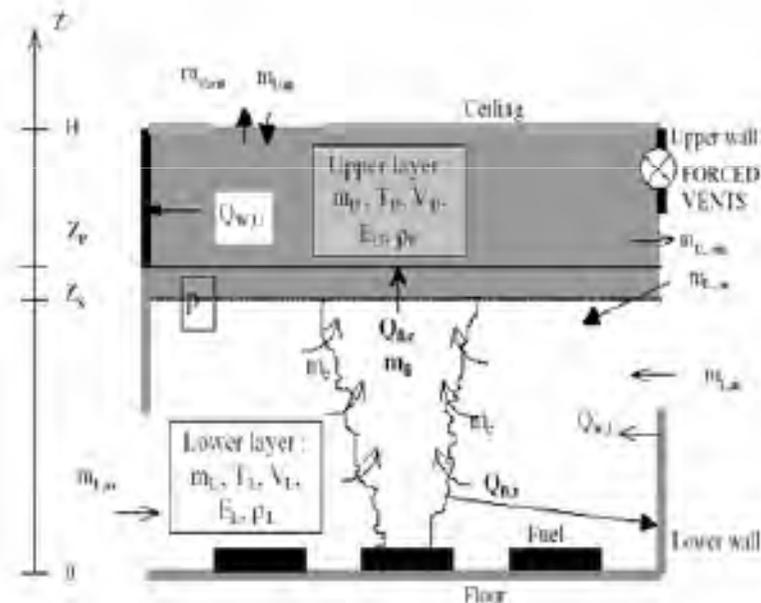
Essi si basano su alcune assunzioni relative alla chimica/fisica del fenomeno incendio e del movimento dei fumi suggerite dall'osservazione sperimentale di incendi reali di **compartimento**

3.2-SCELTA dei MODELLI di CALCOLO

3.2.4 Parametri e valori associati

Modelli a zone

- ogni compartimento è diviso in due volumi: **strato superiore** e **strato inferiore**
- le caratteristiche termodinamiche e le concentrazioni dei fumi e delle specie chimiche sono uniformi
- Una terza zona può essere rappresentata dal “plume”

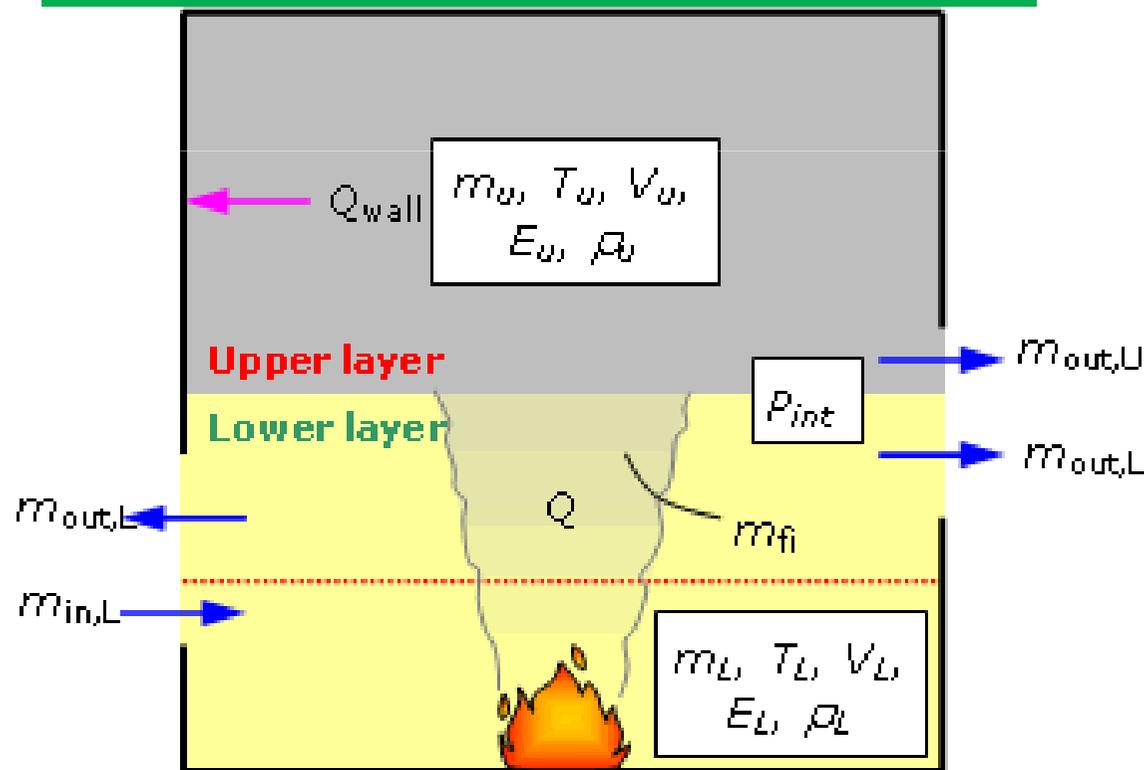


3.2-SCELTA dei MODELLI di CALCOLO

3.2.4 Parametri e valori associati

§ Il Bilancio Energetico è tra l'energia rilasciata dall'incendio, la fase gas nel compartimento, la frontiera del compartimento e l'atmosfera esterna tramite le aperture

§ Il Bilancio di Materia è tra i gas sviluppati dalla pirolisi, l'ingresso e l'uscita di aria attraverso le aperture



Physical properties of gas inside the fire compartment:

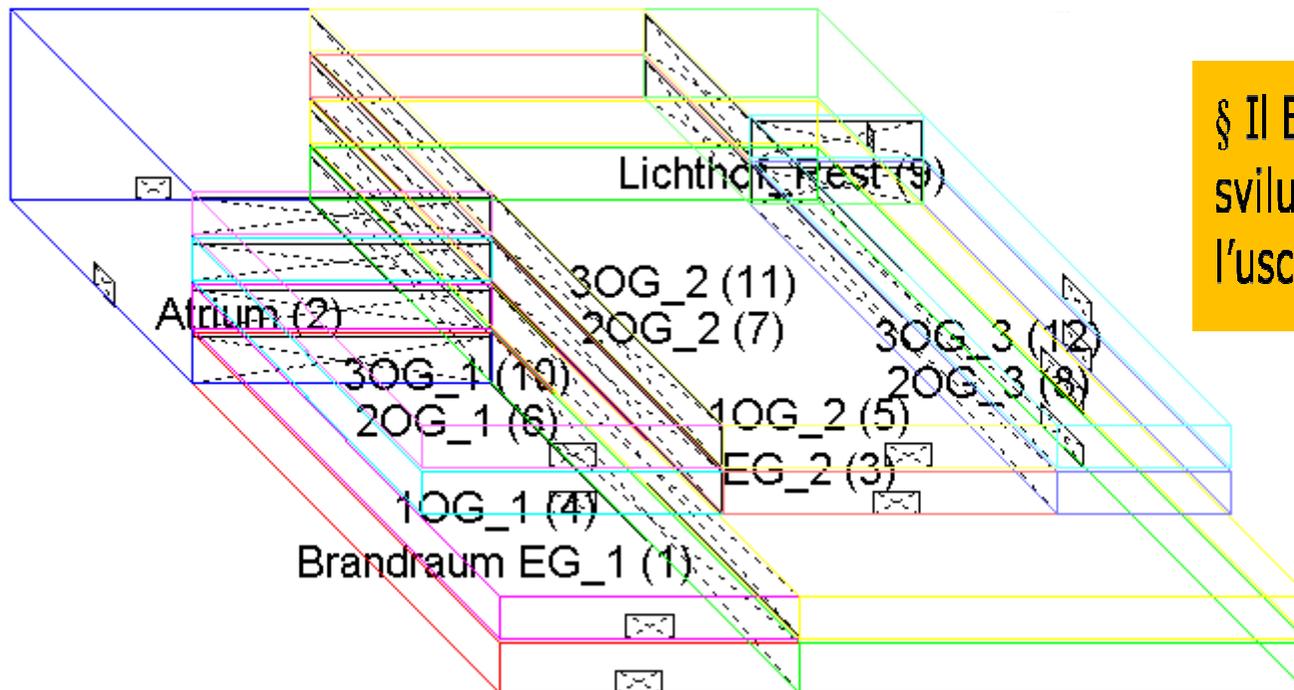
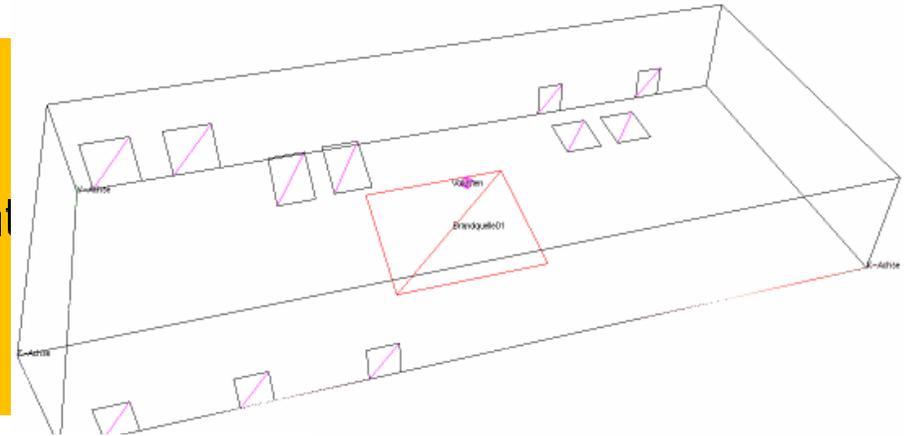
E is the internal energy of gas
 m is the mass terms
 P_{int} is the gas pressure
 Q is the energy terms
 T is the gas temperature
 V is the volume
 ρ is the gas density

3.2-SCELTA dei MODELLI di CALCOLO

3.2.4 Parametri e valori associati

Per modelli a zone

▪ § Il Bilancio Energetico è tra l'energia rilasciata dall'incendio, la fase gas nel compartimento, la frontiera del compartimento e l'atmosfera esterna tramite le aperture



§ Il Bilancio di Materia è tra i gas sviluppati dalla pirolisi, l'ingresso e l'uscita di aria attraverso le aperture

3.2-SCELTA dei MODELLI di CALCOLO

3.2.4 Parametri e valori associati

Per modelli di campo o modelli CFD (Computational Fluid Dynamics)

I modelli di campo rappresentano modelli **deterministici** in cui le variabili di input assumono valori fissi.

Modello **deterministico**: Partendo da uno stato iniziale S_i , applicata una data trasformazione T_j , si giunge sempre allo stesso stato S_j .

La **fluidodinamica computazionale CFD consente**, tramite integrazione numerica delle equazioni differenziali rappresentative dei bilanci accoppiati di quantità di moto, energia e materia, **di pervenire al calcolo dei campi vettoriali di velocità e scalari di temperatura e concentrazione.**

I principali pregi della CFD risiedono nella sua estrema flessibilità e nella capacità di trattare geometrie anche estremamente complesse, con la possibilità di descriverle in minuzioso dettaglio, tramite la costruzione di griglie flessibili molto particolareggiate, e di imporre una tipologia di condizioni al contorno molto diversificata.

3.2-SCELTA dei MODELLI di CALCOLO

3.2.4 Parametri e valori associati

Per modelli di campo o modelli CFD (Computational Fluid Dynamics)

- La definizione del dominio di calcolo, delle condizioni al contorno (tipo di frontiere, i dati relativi ai materiali adoperati nella modellazione con le loro caratteristiche termofisiche,
- l'eventuale presenza di vento;
- la dinamica della ventilazione (cioè istante di inizio attivazione e istante di raggiungimento del valore di regime o dell'apertura completa o di rottura dei vetri),
- la velocità dell'eventuale aria di estrazione e/o immissione;
- la curva della potenza termica rilasciata (HRR) in funzione del tempo;
- la produzione di particolato (soot yield) ed eventualmente di specie tossiche;
- l'analisi di sensitività e la scelta della dimensione ottimale di mesh;
- le caratteristiche di eventuali impianti sprinkler e i loro effetti nel corso della simulazione (importante verificare la corretta modellazione che deve essere ben documentata);
- il tempo reale previsto di simulazione;
- il time step e sua congruenza con la dimensione delle celle;
- le indicazioni sulla convergenza dell'elaborazione.
- Devono poi essere forniti dati che permettano l'analisi dei risultati. Fanno parte di questa illustrazione anche la modalità di calcolo dell'irraggiamento e il modello di combustione, nel caso si utilizzino software che consentono la scelta tra diverse

3.2-SCELTA dei MODELLI di CALCOLO

3.2.4 Parametri e valori associati

Equazione	Spiegazione
Continuità	L'equazione di continuità rappresenta il bilancio di massa d'aria.
Impulso	Le 3 equazioni dell'impulso rappresentano il bilancio delle forze nell'aria, nelle 3 direzioni degli assi cartesiani. Le forze in gioco sono gli attriti, le spinte di Archimede e le forze di pressione. L'insieme delle equazioni di continuità e di impulso viene indicato come equazioni di Navier-Stokes.
Energia	L'equazione dell'energia rappresenta il bilancio dell'energia termica. Nella zona di incendio viene prodotta una grande quantità di calore. L'energia viene scambiata nell'aria per convezione e per irraggiamento. Anche fra l'aria e le strutture solide lo scambio avviene per convezione ed irraggiamento.
Grandezze turbolente	Queste equazioni (tipicamente 2) rappresentano il bilancio delle grandezze turbolente. In un incendio si ha lo spostamento di grandi volumi d'aria che produce vortici grandi e piccoli (turbolenze). La turbolenza provoca forti miscelamenti.
Fumo	L'equazione per il fumo rappresenta il bilancio del fumo. Oltre al calore, nella zona di incendio viene prodotto del fumo che viene poi trasportato in altre zone.
Energia nei solidi	Quando si è interessati a studiare l'impatto termico sulle strutture solide, allora si deve risolvere anche l'equazione dell'energia nei solidi. Questa rappresenta il bilancio dell'energia termica nei solidi. Il trasporto di calore avviene in questo caso puramente per conduzione.

Tabella 1: Equazioni per CFD

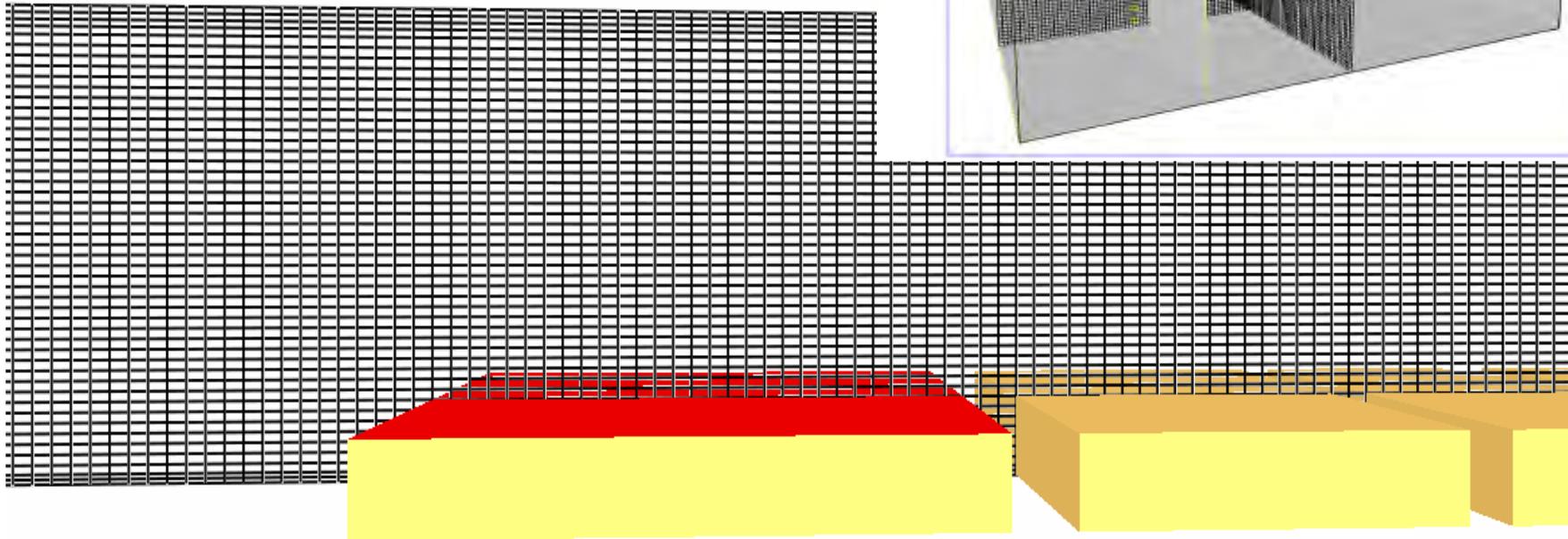
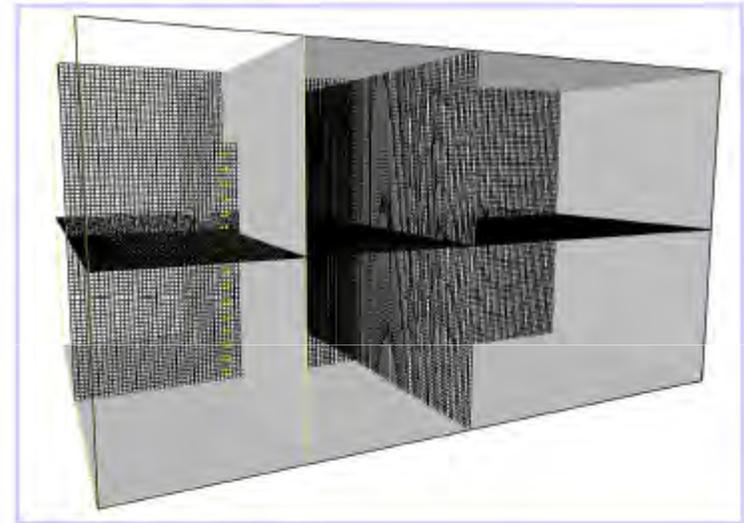
3.2-SCELTA dei MODELLI di CALCOLO

3.2.4 Parametri e valori associati

Per modelli di campo

CFD (computational fluid dynamics)
significa **fluidodinamica numerica**.
Lo spazio è suddiviso in piccole celle
di calcolo (tipicamente 500'000-
1'500'000 celle), su cui si calcolano le
esatte equazioni del trasporto.

Griglia di calcolo

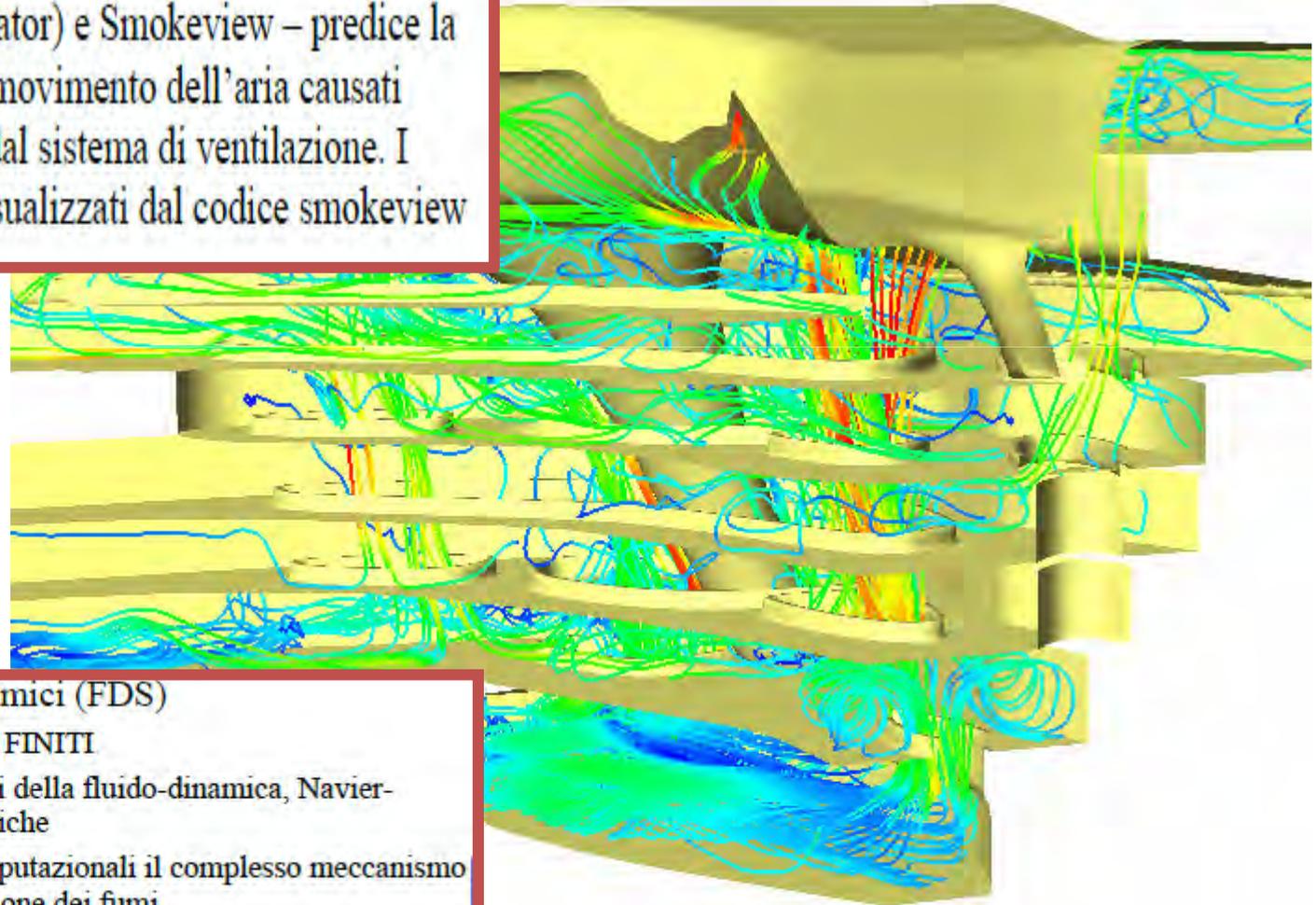


3.2-SCELTA dei MODELLI di CALCOLO

3.2.4 Parametri e valori associati

Per modelli di campo

- FDS (Fire Dynamics Simulator) e Smokeview – predice la distribuzione del fumo e il movimento dell'aria causati dall'incendio, dal vento, e dal sistema di ventilazione. I risultati del calcolo sono visualizzati dal codice smokeview



- Codici di Calcolo Fluidodinamici (FDS)
 - Codice di calcolo A VOLUMI FINITI
 - Vengono integrate le equazioni della fluido-dinamica, Navier-Stokes, Energia, reazioni chimiche
 - analisi con lunghi tempi computazionali il complesso meccanismo dell'incendio e della propagazione dei fumi

3.2-SCELTA dei MODELLI di CALCOLO

3.2.4 Parametri e valori associati

Per modelli di analisi strutturale per determinazione resistenza al fuoco

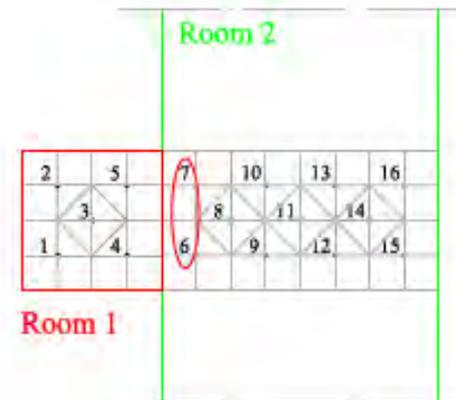
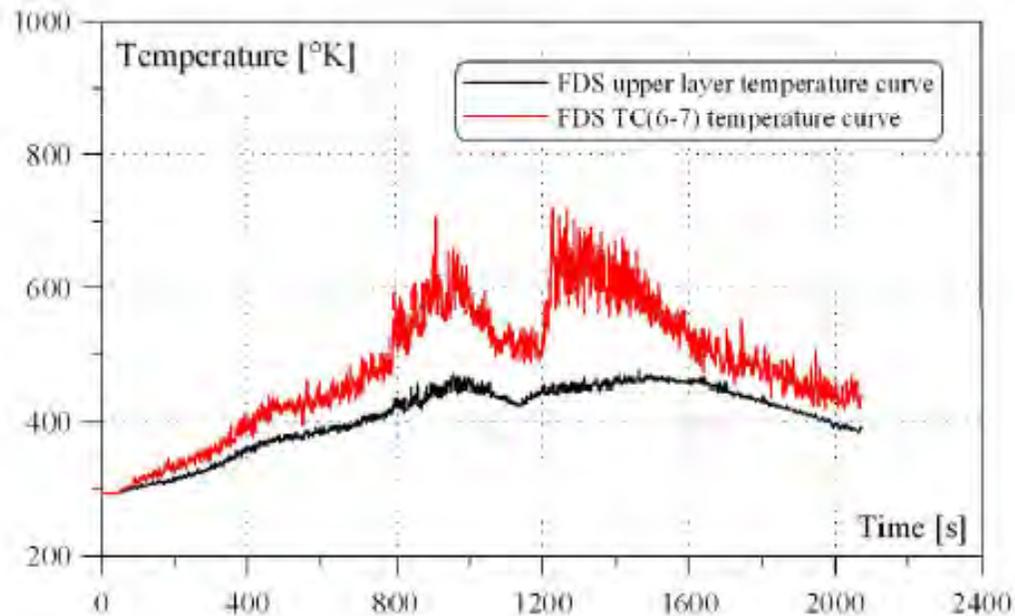
- a. Individuazione di elementi strutturali o sottostrutture che, in condizioni di incendio, possano considerarsi indipendenti dal punto di vista meccanico dal resto dell'impianto strutturale della costruzione in esame.
- b. Determinazione sperimentale o analitica del riscaldamento degli elementi strutturali (in presenza o meno di sistemi protettivi purché caratterizzati sperimentalmente nei valori termofisici) coinvolti dall'incendio naturale (descritto da una curva temperatura tempo) determinato nelle fasi precedenti.
- c. Analisi non lineare del comportamento meccanico della sottostruttura individuata al punto a), mediante codici di calcolo strutturale che ne simulino lo stato tensionale e deformativo al variare della temperatura e in presenza dei carichi di progetto in condizioni di incendio.
- d. Verifica ulteriore degli elementi strutturali nei confronti della curva di incendio nominale standard per una durata di esposizione pari alla classe minima definita all'art. 4.2 comma 3 dell'allegato al D.M. 9 marzo 2007.

3.2-SCELTA dei MODELLI di CALCOLO

3.2.4 Parametri e valori associati

Per modelli di analisi strutturale per determinazione resistenza al fuoco

Temperature mediate e puntuali



3.2-SCELTA dei MODELLI di CALCOLO

3.2.4 Parametri e valori associati

Per modelli di analisi strutturale per determinazione resistenza al fuoco

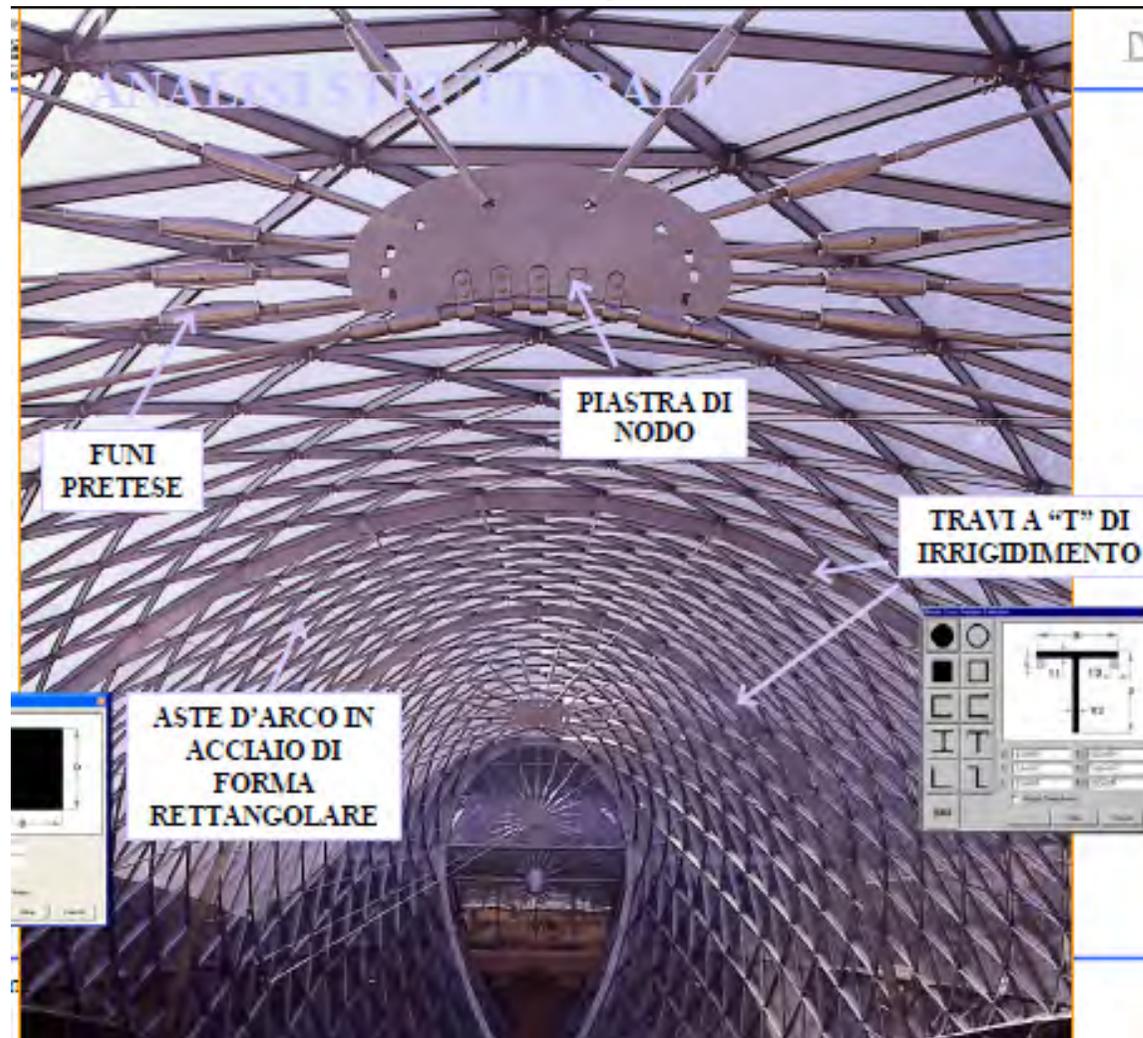
Analisi strutturale

- I risultati dell'analisi termica possono essere utilizzati per la verifica strutturale
- Le condizioni termiche influenzano sia i carichi che la resistenza dei materiali
- Devono essere confrontate le curve di sollecitazione con il carico massimo ammissibile

3.2-SCELTA dei MODELLI di CALCOLO

3.2.4 Parametri e valori associati

Per modelli di analisi strutturale per determinazione resistenza al fuoco



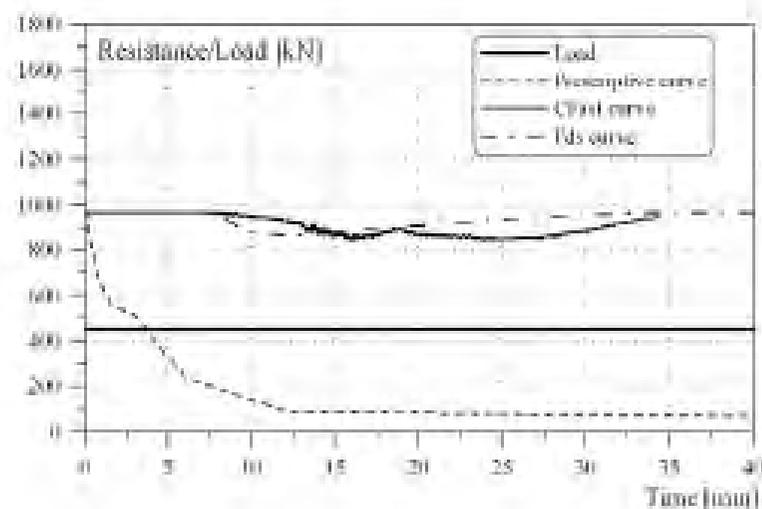
3.2-SCELTA dei MODELLI di CALCOLO

3.2.4 Parametri e valori associati

Per modelli di analisi strutturale per determinazione resistenza al fuoco

Resistenza strutturale sezione a T

- Applicando la curva prescrittiva la struttura cede dopo pochi minuti
- La struttura andrebbe rinforzata o rivestita con vernici per migliorarne la resistenza al fuoco
- Utilizzando i risultati delle simulazioni invece la struttura è in grado di resistere all'incendio



3.2-SCELTA dei MODELLI di CALCOLO

3.2.4 Parametri e valori associati

Per modelli di analisi strutturale per determinazione resistenza al fuoco

Conclusioni

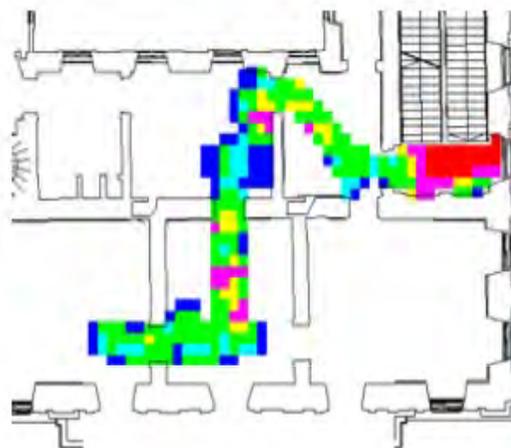
- La simulazione d'incendio può essere effettuata con sistemi diversi
- I metodi a zone sono veloci, ma le informazioni ottenute sono in qualche misura limitate
- L'utilizzo della CFD consente di ottenere informazioni dettagliate sull'andamento dell'incendio
- I tempi di calcolo possono essere notevoli
- La sostanziale diminuzione del costo dell'hardware consente l'utilizzo di efficienti cluster di calcolo

3.2-SCELTA dei MODELLI di CALCOLO

3.2.4 Parametri e valori associati

Per modelli di simulazione dell'esodo

- è necessario caratterizzare gli individui presenti in termini di dimensioni medie normalizzate, velocità, coefficienti di handicap da applicare ad eventuali persone con disabilità
- lunghezze e larghezze delle vie d'esodo
- descrizione dei percorsi orizzontali e suborizzontali (scale)
- tempi di percezione e reazione nei confronti dell'incendio (pre-allarme e pre-movimento).



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



3.2-SCELTA dei MODELLI di CALCOLO

3.2.5 *Confronto fra i risultati e livelli di prestazione*

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

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. Tutta la documentazione dovrà, su richiesta del Comando provinciale Vigili del Fuoco, essere consegnata in formato elettronico.

In alcuni casi particolarmente complessi potrebbero essere utili delle prove dal vero, in scala reale o ridotta, sia come integrazione delle simulazioni informatiche che come visualizzazione dei macro percorsi del fumo caldo/freddo e come raccolta dati sulla curva HRR globale e sul tasso di pirolisi comprensivi della mutua interazione tra sorgenti combustibili.

3.2-SCELTA dei MODELLI di CALCOLO

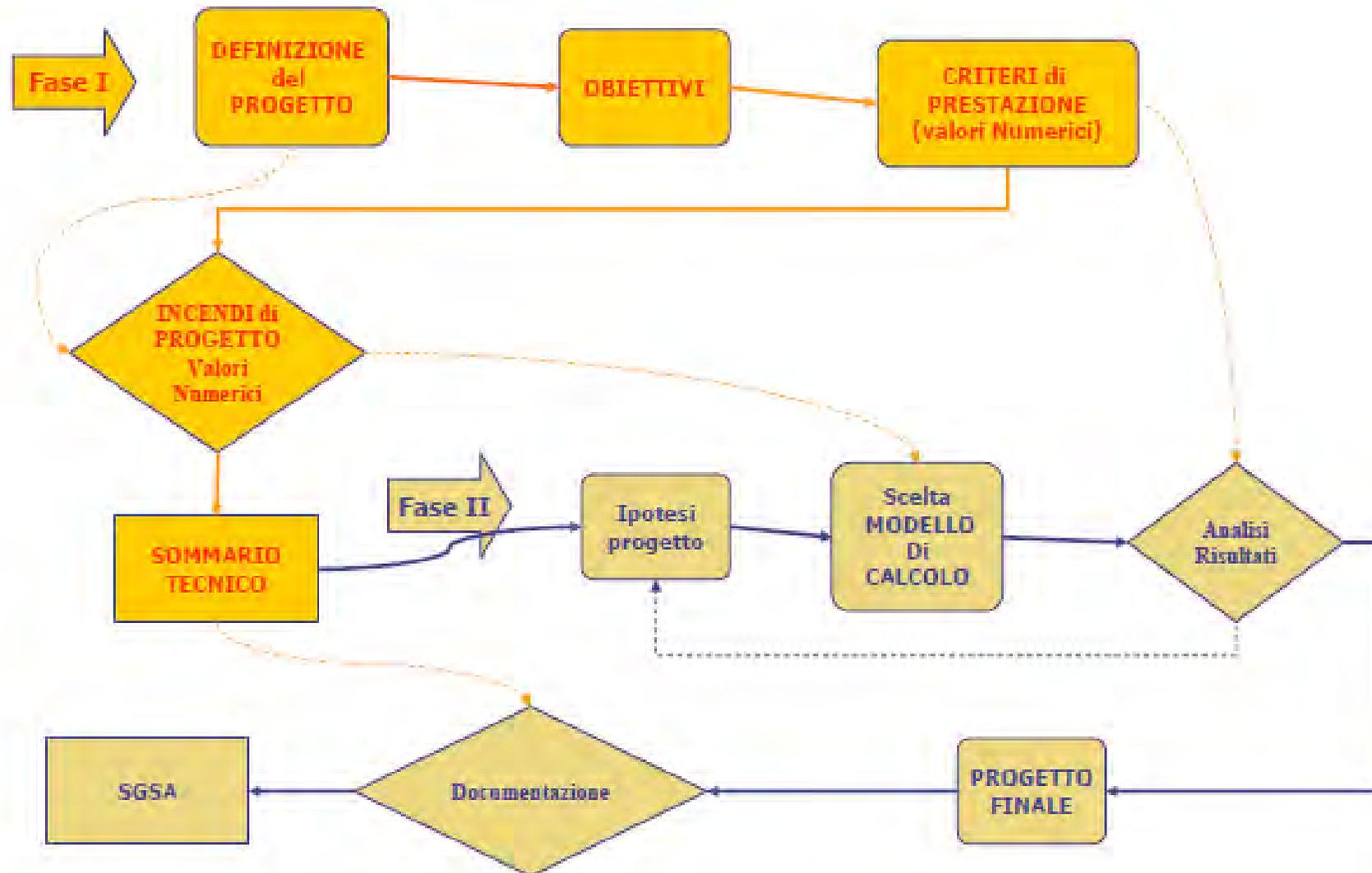
3.2.5 *Confronto fra i risultati e livelli di prestazione*

Nella Documentazione di Progetto devono essere ben evidenti:

- tutti i parametri valutati che devono essere puntualmente messi a confronto con livelli di prestazione previsti;
- i risultati delle elaborazioni e i valori che assumono i parametri suddetti.

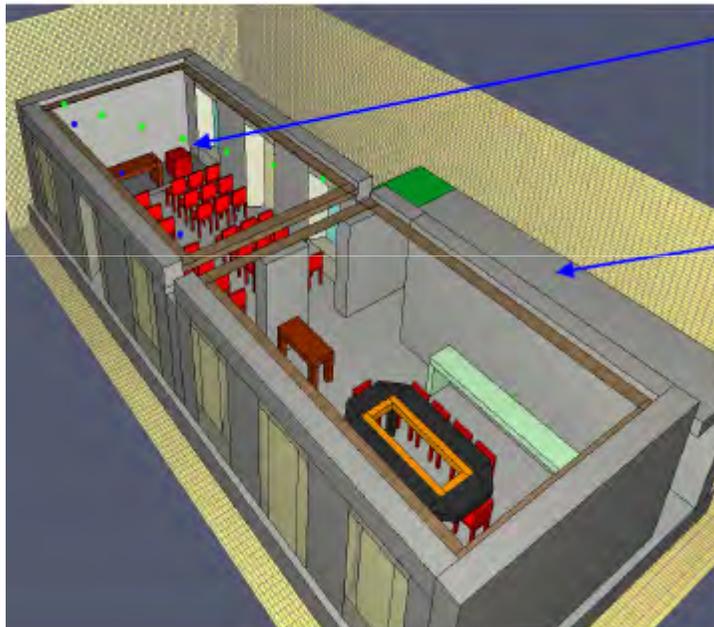
Con riferimento a quest' ultimi devono essere date notizie circa la corretta modalità di elaborazione dei numerosissimi dati di output che provengono dalle elaborazioni eseguite con i modelli numerici avanzati d'incendio. Infatti, eseguendo medie aritmetiche, ponderate, ecc., parziali su uno o più dati provenienti da determinati punti dell'ambiente di simulazione, possono alterarsi significativamente i risultati delle elaborazioni.

Riassumendo..



ESEMPIO 1 (Cfast – NIST):

Aula



**Incendio materiale plastico
Con curva imposta**

**Verifica condizioni di
Sicurezza per esodo
Persone nel corridoio**

ANALISI PRELIMINARE: 3.1 Definizione del Progetto

VINCOLI PROGETTUALI	<p>Ipotizziamo che applicando la normativa sugli uffici e che non si riesca a rispettare le prescrizioni relative al percorso di esodo nell'aula corsi:</p> <p>6.6 Lunghezza delle vie di uscita</p> <p>Comma 3 – La lunghezza dei corridoi ciechi non deve essere superiore a 15 m (aumentato di 10 metri essendo esistente).</p>
INDIVIDUAZIONE PERICOLI DI INCENDIO	<p>I possibili pericoli di incendio derivano essenzialmente dal malfunzionamento della workstation che può prendere fuoco. Non vi sono altre possibilità di incendio.</p>
CONDIZIONI AMBIENTALI	<p>L'Aula in esame può ospitare al max 100 persone, ha due porte di esodo verso la sala ovale adiacente e la lunghezza massima del percorso per raggiungere il luogo sicuro sarà 28 m (3 metri superiore alla lunghezza consentita dal D.M. 22 febbraio 2006). L'unica via di esodo è la porta in fondo al corridoio d'accesso di larghezza 2 m.</p> <p>L'aula ha un'altezza di 6,5 m ed il corridoi di 4 m.</p>
ANALISI CARATTERISTICHE OCCUPANTI	<p>Gli occupanti l'aula accedono ad essa in caso di eventi (corsi, convegni). Non sono presenti in modo permanente. Non sono formati per l'emergenza antincendio e non conoscono le procedure primo intervento.</p>

ANALISI PRELIMINARE: 3.2 Identificazione degli obiettivi di sicurezza

DEFINIZIONE DEI CAPISALDI DELLA SICUREZZA	Tutti i parametri della sicurezza previsti dalla normativa sugli Uffici saranno rispettati pertanto ci si focalizza sulle vie di esodo oggetto della deroga. Importante ai fini dell'esodo saranno: <ul style="list-style-type: none">- il corridoio, libero da ingombro- la larghezza delle porte di esodo e del corridoio da 2 m che agevola l'evacuazione
OBIETTIVO 1	<p><u>Incolunità degli occupanti:</u> Si può ipotizzare che durante l'emergenza nell'Aula ci siano al massimo 100 persone, si considera il tempo impiegato dalla persona più distante a raggiungere il luogo sicuro. La verifica verrà effettuata calcolando il presumibile tempo occorrente alla persone, poste nel punto più sfavorevole, per raggiungere un luogo sicuro e controllando che esso sia minore di quello che impiegano il fumo ed i gas di combustione per portarsi ad un'altezza delle vie respiratorie; è importante sapere che tale valutazione delle condizioni di sicurezza è ragionevolmente conservativa poiché viene ammesso che le persone, anche per breve tempo, non possano essere sottoposte all'azione nociva del fumo e dei gas di combustione.</p> <p>A vantaggio della sicurezza, è stato supposto che non vi sia stato alcun intervento da parte del personale interno incaricato dell'attuazione delle misure di lotta antincendio, in quanto non è sorvegliata.</p>

ANALISI PRELIMINARE: 3.3 Individuazione dei livelli di prestazione

PARAMETRI NECESSARI AL SODDISFACIMENTO DEGLI OBIETTIVI	OBIETTIVI	PARAMETRI	Valore Numerico di riferimento
	<p><u>Obiettivo 1:</u> Incolumità delle persone</p>	<p><u>Parametro 1</u> h_{\min} = Altezza minima dei fumi</p>	<p>Ai sensi della normativa sulla Sicurezza in caso di incendio si ha che tale parametro è $h_{\min} = 1,5 \text{ m}$</p>
		<p><u>Parametro 2</u> $t_{\text{evac. Tot.}}$ = Tempo totale di evacuazione</p>	<p>Al fine di preservare l'obiettivo 1 è necessario che $t_{\text{evac. Tot.}}$ sia inferiore al tempo necessario ai fumi di abbassarsi al di sotto di h_{\min} . $t_{\text{evac. Tot.}} = 180 \text{ s}$ (Allegato calcolo)</p>

ANALISI PRELIMINARE: 3.3 Individuazione dei livelli di prestazione

<u>Parametro2</u>	Tempo Totale di Evacuazione
	<p>Si ipotizzi che la presenza dell'incendio venga notata dalla persona più sfavorita per l'esodo dopo circa 10 s dall'inizio dell'ignizione, poiché viene notata la presenza di fumo nelproveniente dalla workstation posta sulla scrivania.</p> $t_{\text{rilev.inc}} = 10 \text{ s}$ <p>Dopo un iniziale tempo di sorpresa ed incredulità inizia il processo di evacuazione delle persone presente nel punto più distante. Le persone non impiegheranno molto tempo per iniziare ad evacuare, possiamo pertanto supporre che sia circa</p> $t_{\text{iniz.evac}} = 30 \text{ s.}$ <p>Adottando, a scopo precauzionale, che l'affollamento per una superficie di 140 m², specifica dell'aula con percorso superiore a 25 m (vedi figura), sia di 100 persone,</p> <p>la densità nel corridoio sarà di:</p> $d_{\text{corridoio aula}} = 100 / (2,0 \times 25) = 2,00 \text{ persone/m}^2$ <p>La velocità di esodo in tale tratto è, quindi, pari a:</p> $V_{\text{corridoio aula}} = 1,4 - 0,37 \times 2,00 = 0,66 \text{ m/s}$ <p>Allora la persona più sfavorita posta nel punto più distante dalla rampa dovrà percorrere 25 m e impiegherà mediamente per raggiungere l'uscita un tempo di:</p> $t_{\text{uscita}} = 25\text{m} / 0,66 \text{ m/s} = 38 \text{ s} \approx 40 \text{ s}$ <p>Arrivati alla uscita, le persone passando da 2 m a 1,2 m (larghezza della porta) gli occupanti formeranno una coda e l'esodo avverrà in modo non lineare pertanto prevediamo un ritardo di 30 s.</p> <p>TEMPO TOTALE DI EVACUAZIONE $t_{\text{evac.tot.}} = 10 \text{ s} + 30 \text{ s} + 40 \text{ s} + 30 \text{ s} = 110 \text{ s}$</p>

ANALISI PRELIMINARE: 3.4 Individuazione degli scenari di incendio

SCENARI DI INCENDIO	CARATTERISTICHE DEL FOCOLAIO	<p>Prendiamo in esame la parte di Aula con percorso superiore al massimo consentito. Un incendio a sviluppo veloce dovuto alla combustione di una workstation si produce sul tavolo dei relatori, dimensione Aula</p> <p>Lunghezza Aula = 14,0 m Larghezza Aula = 10,00 m,</p> <p>Al fine di una buona evacuazione del fumo del calore e dei gas di combustione si tenga presente che l'aula durante l'ipotesi di incendio ha la porta finestra e le 2 finestre aperte e le due porte di accesso all'aula dalla sala ovale sono anch'esse aperte.</p>
	CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO	<p>H = 6,25 m l'aula presenta un'altezza rilevante pertanto i fumi hanno un volume maggiore da riempire.</p> <p>$h_{eq} = 4$ m Le porte e le finestre sono molto alte pertanto i fumi ed i gas della combustione possono evacuare rapidamente .</p>
	CARATTERISTICHE OCCUPANTI	<p>Gli occupanti si accorgono del fumo che esce dalla workstation e si occupano soltanto di evacuare senza intervenire per lo spegnimento. A favore di sicurezza.</p>

ANALISI PRELIMINARE: 3.4 Individuazione degli scenari di incendio

VALUTAZIONE RISCHI INCENDIO	COMBUSTIBILE	Si ipotizza che prenda fuoco la workstation sulla scrivania a 2 m dalle pareti in fondo all'aula e che vi sia altro combustibile quali una sedia più vicina che prende fuoco dopo 100 s.
	TASSO DI CRESCITA DEL FUOCO	In nell'aula si può supporre un tasso di crescita elevato $t_g = 150 \text{ s}$
	RHR	Potenza termica della workstation, e della sedia
	SVILUPPO DEI PRODOTTI DELLA COMBUSTIONE	Si valuta lo sviluppo dei fumi nel suo complesso avendo ipotizzato che la persona non respiri mai tali prodotti della combustione
	CARATTERISTICHE DEL LOCALE	<p>Struttura : Mattone pieno</p> <p>Dim. Aula incendio: 10,00 m x 14,00 m x 6,25 m</p> <p>Corridoio: 2,00 m x 25,00 m x 4 m</p> <p>Dim. Sala Ovale : 10,00 m x 14,00 m x 6,25 m</p> <p>Aerazioni orizzontale: $1,5 \times 4,00 \text{ m}^2 = 6,00 \text{ m}^2$</p> <p>$2 \times 1,25 \times 3,00 \text{ m}^2 = 7,50 \text{ m}^2$</p> <p>Sup. porte : $2 \times 2,00 \text{ m} \times 4,00 \text{ m} = 16,00 \text{ m}^2$</p> <p>H Aula. = 6,25 m</p>
	CONDIZIONE DELLE PERSONE PRESENTI	Si considera un affollamento di 100 persone per l'intera area di 140 m^2 pertanto Affollamento = $0,7 \text{ persone/ m}^2$ tutte auto sufficienti.

GRAZIE PER LA VOSTRA
ATTENZIONE