

CONFRONTO TRA MODELLI A ZONE E MODELLI CFD NELLA SIMULAZIONE DI INCENDIO: RISULTATI DI UN "BLIND TEST" SU STRUTTURE CIVILI

Nassi, L.1, Marsella S.2 Del Taglia, C.3 Rusch D. 4, Nielsen P. 5

1 Comando provinciale dei Vigili del Fuoco, Comando provinciale VVF, V.le Cavour 163, Siena, 53100, Italia

2 Area sistemi informativi automatizzati, Dipartimento dei Vigili del Fuoco, del soccorso pubblico e della difesa civile - Ministero dell'Interno, P.za viminale, 1, Roma, 00184, Italia

3 AFC Air Flow Consulting AG, Weinbergstrasse 72, Zurigo, 8006, Svizzera

4 Air & Climate Group, Institute of Building Technology, Politecnico Federale di Zurigo, Zurigo, 8092, Svizzera

5 COWI AS, Pob 2564 Sentrum, Trondheim, 7414, Norvegia

SOMMARIO

Nell'ambito dell'analisi prestazionale della sicurezza antincendio, i modelli di calcolo automatico svolgono una funzione sempre più importante. In molti casi, infatti, le decisioni e le valutazioni finali sono basate sui risultati dei calcoli. Tale importanza comporta anche una particolare criticità nel loro uso, in quanto, anche le persone preparate possono incorrere in errori di vario genere. Uno dei modi più efficaci per comprendere l'incidenza degli errori di utilizzazione da parte di utenti esperti può essere quello di svolgere un "blind test", e cioè far svolgere la stessa valutazione da parte di persone diverse sul medesimo edificio con modelli diversi e confrontare i risultati dei dati derivanti dai calcoli con quelli registrati da una simulazione di incendio. In particolare, il contributo analizza un test nel quale lo scenario scelto è costituito da un atrio con una stanza annessa, in cui si sviluppa un incendio. Gli esperimenti sono stati eseguiti su scala 1:4 e l'interpretazione dei risultati in scala ridotta è avvenuta con una trasformazione mediante variabili di analogia. Gli esperimenti e l'analisi dei risultati provengono dalla ditta Imtech GmbH (Germania)..

1.0 INTRODUZIONE

Allo scopo di confrontare le prestazioni dei metodi utilizzati da diversi gruppi di lavoro, sono state eseguite delle simulazioni dello stesso scenario di incendio. L'approccio di collaborazione è un cosiddetto "Blind Test", cioè le persone coinvolte inizialmente sono a conoscenza soltanto delle condizioni al contorno, ma non conoscono i valori sperimentali. Pertanto esse eseguono i calcoli "alla cieca" e sono obbligate a concentrarsi sulla qualità dei loro calcoli. Passato un certo termine di tempo fissato, ciascun gruppo fornisce i propri risultati che vengono poi confrontati fra loro e con i dati sperimentali. Lo scenario in questione è costituito da un atrio con una stanza annessa, in cui si sviluppa un incendio. La geometria è mostrata nelle figura 1 e nella tabella 1.

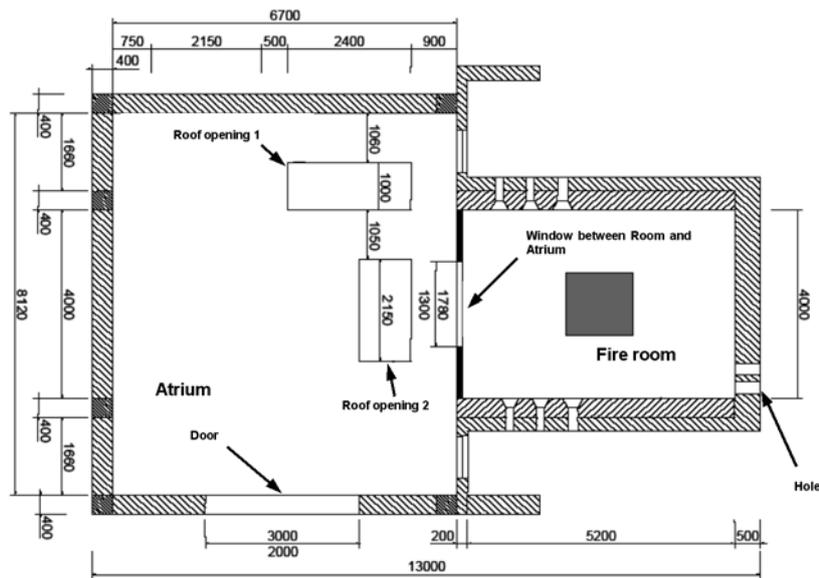


Figura 1: Pianta dell'atrio e della stanza adiacente. Le misure sono in millimetri.

Tabella 1 Dati relativi all'ambiente di test.

L'incendio nella stanza ha una potenza costante pari a 3590 kW.

Gli esperimenti sono stati eseguiti su scala 1:4. L'interpretazione dei risultati in scala ridotta prevede una trasformazione utilizzando delle variabili di analogia. Gli esperimenti e l'analisi dei risultati provengono dalla ditta Imtech GmbH (Germania).

I risultati richiesti ai gruppi coinvolti nelle simulazioni sono stati:

- Altezza dello strato dei fumi
- Portata volumetrica d'aria fresca alla porta che dà nell'atrio
- Temperatura media dei fumi all'apertura 1
- Portata volumetrica all'apertura 1
- Temperatura media dei fumi all'apertura 2
- Portata volumetrica all'apertura 2

A differenza dei modelli a zone, i modelli di campo (CFD) non dispongono direttamente dell'informazione sull'altezza dello strato dei fumi. Tuttavia si può ottenere facilmente calcolando l'altezza in cui il gradiente verticale della concentrazione dei fumi è massimo.

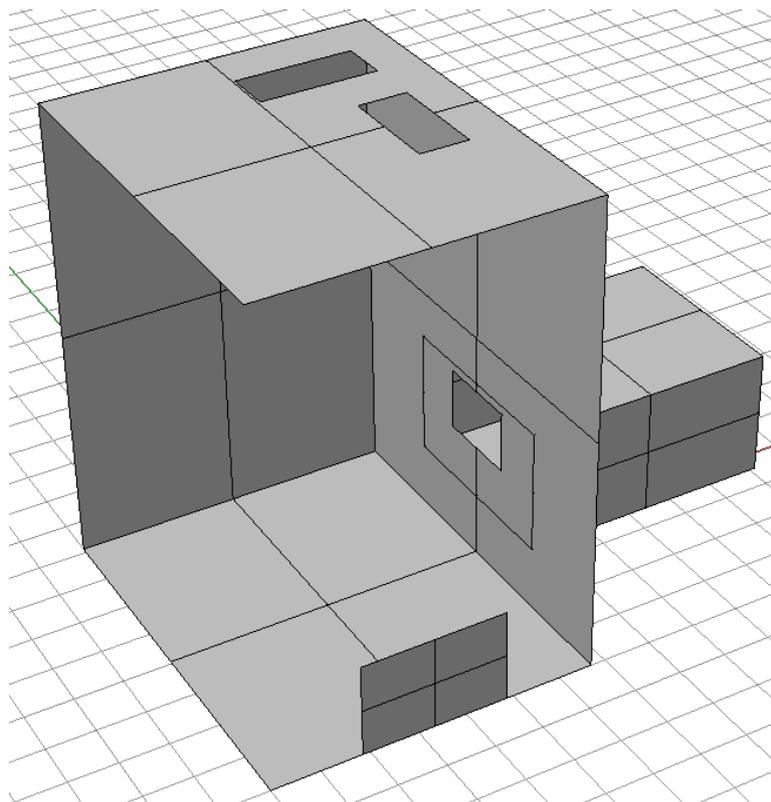


Figura 2: Modello tridimensionale dell'atrio.

Sono stati eseguiti 3 calcoli utilizzando CFD e un calcolo con un modello a zone. Il codice CFX è stato impiegato da 2 persone. CFX è un codice “multi purpose”, quindi l'utente stesso deve implementare il modello matematico che descrive l'incendio. Il codice freeware FDS del NIST è invece un codice specifico per il calcolo degli incendi. A differenza dei primi, Argos è un codice commerciale a zone. Nei codici CFD l'irraggiamento viene modellato in maniera diversa. Nonostante CFX possieda un modello specifico per l'irraggiamento, i calcoli AFC1 e ETH sono stati effettuati dando un valore fisso alla quota dell'irraggiamento. Il calcolo AFC2 con il codice FDS prevede invece un modello specifico per l'irraggiamento. Il codice MRFC (calcolo AFC3) è un modello a zone molto utilizzato in Germania, Austria e Svizzera.

Confrontando le durate dei calcoli, dalla tabella 2 si vede che è evidente il minore tempo di calcolo del modello a zone. La tabella seguente mostra i dettagli delle simulazioni, che non ripor.

Autore	C. Del Taglia	C. Del Taglia	C. Del Taglia	D. Rusch	P. Nielsen
Sigla del calcolo	AFC1	AFC2	AFC3	ETH	COWI
Nome del codice di calcolo	Ansys CFX-10	FDS 4	MRFC 3.1.11	Ansys CFX-10	Argos
Tipo di codice	CFD	CFD	Modello a zone	CFD	Modello a Zone
Discretizzazione spaziale	210'000 celle	30'000 celle	2 zone per l'atrio 2 zone per la stanza	420'000 celle	2 zone per l'atrio 2 zone per la stanza
Scambio termico per irraggiamento	30% irraggiamento 70% convezione	Modello basato su equazione del trasporto radiativo	n.d.	0% irraggiamento 100% convezione	n.d.
Processore	AMD Opteron 2.4 GHz	Intel Pentium 4, 1.7 GHz	Intel Pentium 4, 2.8 GHz	Intel Xeon 3.07 GHz	Intel pentium 4, 3.0 GHz

Tipo di calcolo	Parallelo su 2 CPU	1 CPU	1 CPU	Parallelo su 2 CPU	1 CPU
Durata dei calcoli	2 ore	1 ora	10 secondi	120 ore (*)	10 secondi

Tabella 2 – dati specifici dei gruppi di lavoro

2.0 RIASSUNTO DEI RISULTATI

La tabella 3 riassume i risultati.

	AFC1	AFC2	AFC3	ETH	COWI	Imtech (dati sperimentali)
Altezza dello strato dei fumi (m)	6.0 ± 1	5.5 ± 1	7.4 ± 0.2	7.5 ± 0.5	0	6.9 ± 0.1
Portata d'aria fresca alla porta (m^3/h)	37000 ± 5000	35000 ± 5000	n.d.	42000 ± 1900	n.d.	56000
Temperatura apertura 1 ($^{\circ}C$)	165 ± 10	65 ± 5	130 ± 10	227 ± 10	200 ± 10	113
Portata apertura 1 (m^3/h)	27000 ± 7000	19000 ± 5000	n.d.	36000 ± 900	n.d.	29000
Temperatura apertura 2 ($^{\circ}C$)	220 ± 10	75 ± 5	130 ± 10	272 ± 17	200 ± 10	120
Portata apertura 2 (m^3/h)	37000 ± 5000	22000 ± 5000	n.d.	40000 ± 2100	n.d.	37000

Tabella 3: Dettagli delle simulazioni. “n.d.” significa che l’informazione non è disponibile. (*) La durata di 120 ore è dovuta alla scelta di una discretizzazione temporale più fine.

3.0 CONCLUSIONI

Riguardo ai dati sperimentali occorre precisare che le temperatura sperimentale su un’apertura non è una temperatura mediata sull’apertura, bensì misurata in un punto, mentre le portate volumetriche sono state calcolate moltiplicando la superficie con una velocità misurata in un punto dell’apertura. In base ai valori ottenuti si può affermare:

3.1 Altezza dello strato dei fumi

L’altezza dello strato dei fumi è calcolata con un discreta accuratezza dai codici CFD. Fra i codici CFD, FDS è il meno preciso, probabilmente a causa della insufficiente discretizzazione spaziale. Anche il codice MRFC è stato in grado di calcolare l’altezza dello strato di fumi con discreta accuratezza. Il modello a zone Argos ha invece previsto un totale oscuramento dell’atrio.

3.2 Portate volumetriche e temperature.

Le portate volumetriche d’aria fresca sono sottostimate da tutti i codici CFD. D’altro canto, le portate alle aperture nel soffitto sono accurate nei i calcoli con CFX. Questi ultimi però forniscono delle temperature elevate in corrispondenza delle aperture.

Le temperature nel soffitto sono state calcolate con buona accuratezza dal codice MRFC.

Tutti i calcoli CFD forniscono una portata volumetrica e una temperatura maggiore nella apertura 2. Ciò è dovuto al fatto che il *plume* di aria calda si trova proprio sotto questa apertura. Si evidenzia che le temperature e le portate sono legate fra loro: a parità di flusso di massa, più è alta la temperatura, più è alta la portata volumetrica. Ciò riflette i divari fra i codici CFD. Confrontando le temperature ottenute con i calcoli CFD si vede che il codice FDS si avvicina di più ai valori sperimentali. Ciò potrebbe essere dovuto alla migliore modellazione dello scambio termico per irraggiamento. Il modello a zone Argos non è in grado di fornire le portate volumetriche. Il valore della temperatura presso le aperture nel soffitto sono troppo alte, tuttavia più precise delle temperature fornite con i calcoli con CFX.

3.3 Modello a zone Argos

Per una rapida stima grossolana delle temperature, il modello a zone Argos fornisce dei risultati soddisfacenti. Tuttavia non è riuscito a calcolare le portate, e l'altezza dello strato del fumo è sbagliata. La ditta COWI AS svolge i progetti antincendio utilizzando sempre meno Argos a favore di calcoli CFD con FDS e KamelonFireX.

3.4 Risultati in dettaglio

La figura 3 mostra il risultato ottenuto col calcolo AFC2.

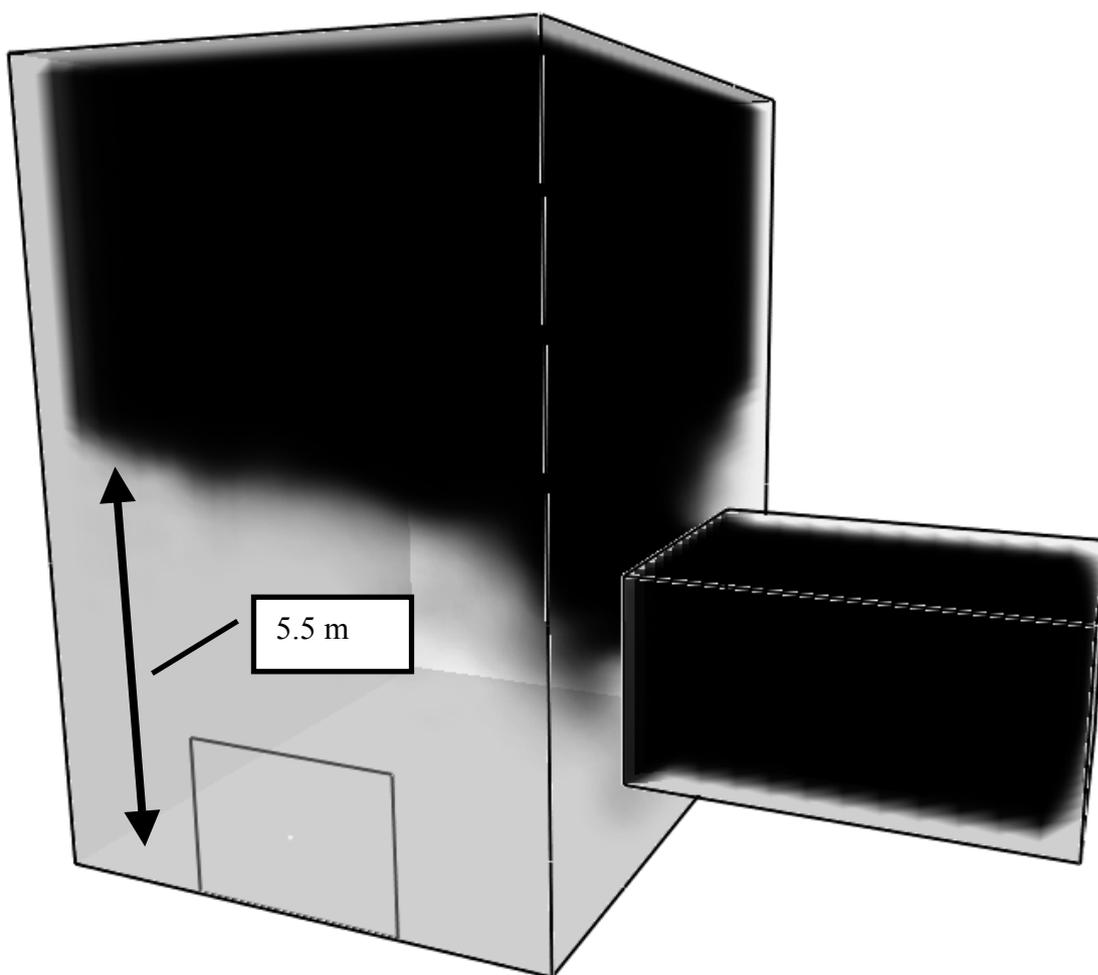


Figura 3: Simulazione AFC2: Distribuzione volumetrica del fumo ad un certo istante.

RIFERIMENTI

- [1] Winkler, T., Vergleichsuntersuchungen zur Rauchausbreitung von Modellbränden und Originalbränden, Report VDI No. 1840, 2004
- [2] Marsella S., Nassi, L, L'ingegneria della sicurezza antincendio e il processo prestazionale, 2006, EPC, Roma.
- [3] Sito web su Ansys CFX: <http://www.ansys.com>.
- [4] Sito <http://fire.nist.gov/fds/>.
- [5] Sito web <http://www.vib-mrfc.de/>. Si veda il link "MRFC Info" per la documentazione su MRFC;
- [6] Fire protection engineering handbook - SFPE – NFPA 2001 Edition;