

Progetto DIFISEK

Parte 4: Software per la progettazione in caso di incendio

F. Morente; J. de la Quintana
LABEIN TECNALIA Technological Centre, Bilbao, Spain

SOMMARIO: Uno dei principali obiettivi del progetto DIFISEK+ di ECSC è la raccolta e la valutazione dei programmi di calcolo disponibili pubblicamente. Allo scopo di valutarli in modo corretto è necessario classificarli e stabilire un criterio di valutazione. Nel 1992, Friedman svolse una ricerca sui modelli di calcolo per l'incendio per il "Forum for International Co-operation on Fire Research". Nel 2003, Olenick & Carpenter lo aggiornarono inserendo più programmi di calcolo e una discussione sulle categorie in cui suddividerli. In questo documento presentiamo una nuova classificazione tenendo in considerazione la classificazione definita in precedenza e aggiornando la lista dei programmi di calcolo, mettendo in evidenza i programmi per il fuoco pubblicamente disponibili. In questo documento stabiliamo gli aspetti più importanti da discutere per valutare i programmi di calcolo per il fuoco. In questo modo forniamo una guida per selezionare i programmi di che meglio si adattano alle necessità degli utilizzatori. Sono stati trovati un totale di 177 programmi di calcolo, 30 di essi sono pubblicamente disponibili.

1 INTRODUZIONE

L'obiettivo dell'ingegneria della sicurezza strutturale in caso di incendio è ottenere affidabili metodi di calcolo per la progettazione di strutture sicure in caso di incendio. Allo scopo di raggiungere questo obiettivo è necessario dimostrare attraverso queste metodologie che la struttura mantiene la propria capacità di portare i carichi durante un periodo di tempo più lungo di quello richiesto perché sia sicura (Vedi figura 1).

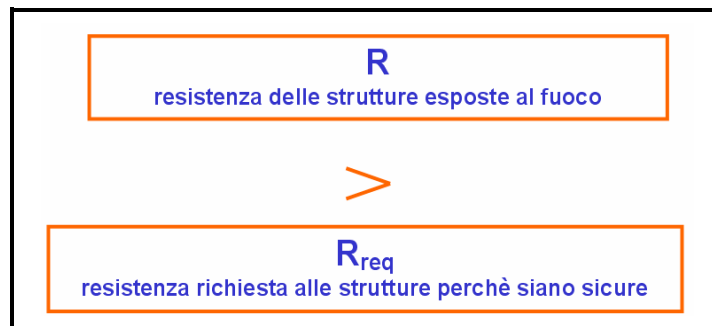


Fig.1 Requisiti da soddisfare per ottenere una struttura sicura

Durante gli ultimi 15 anni sono stati fatti molti progetti per lo sviluppo delle metodologie di calcolo per determinare la resistenza delle strutture esposte al fuoco. Tutti questi metodi sono stati considerati negli Eurocodici e sono correlati ai differenti eventi che accadono durante un incendio (Vedi figura 2 – Catena di eventi).

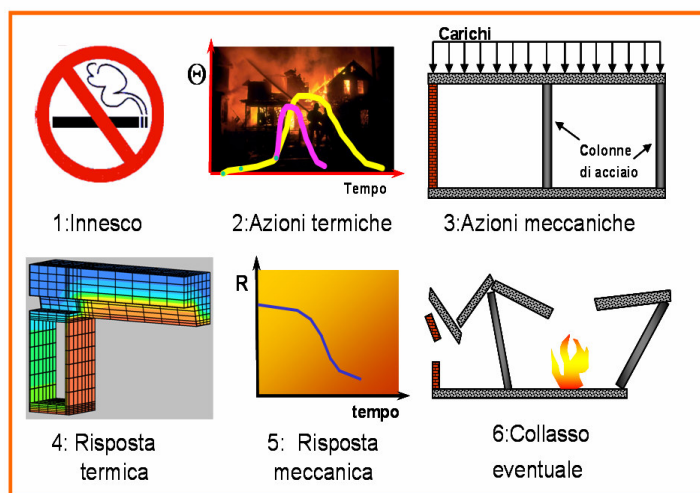


Fig. 2 - Catena di eventi durante un incendio

Per determinare la sicurezza di una struttura è inoltre necessario definire chiaramente i requisiti che la struttura deve rispettare. Normalmente questi requisiti sono definiti in funzione del tempo. In ogni paese ci sono codici e regolamenti che specificano questi requisiti (requisiti prescrittivi). Attraverso l'ingegneria della sicurezza in caso di incendio, sono state sviluppate differenti metodologie per determinare questi requisiti nel modo più realistico (requisiti prestazionali; vedi figura 3 – requisiti).



Fig. 3 - Requisiti

Allo scopo di ottenere questi due parametri (R resistenza della struttura esposta al fuoco e R_{req} requisiti per essere sicura), sono stati sviluppati molti programmi di calcolo. Sono stati trovati un totale di 177 programmi di calcolo per il fuoco, di cui 30 pubblicamente disponibili.

In questo documento non vogliamo solo dare una raccolta di programmi di calcolo per il fuoco, vogliamo fornire una guida per selezionare il programma di calcolo che meglio si adatta alle esigenze degli utilizzatori. È molto importante sapere cosa è un modello di incendio, cosa è un programma di calcolo per il fuoco e qual è il campo di applicazione di questi modelli di incendio per poterli valutare.

Un modello di incendio è uno strumento che descrive un evento in relazione al fuoco, dalla combustione, all'evacuazione e al collasso strutturale (non solamente il processo di crescita dell'incendio e il processo di trasposto dei fumi). Tutti i modelli possono essere classificati o come modelli sperimentali o come modelli matematici. Quelli sperimentali sono modelli che operano nello spazio fisico e umano, questi modelli sono al di fuori degli obiettivi di questo documento; i modelli matematici sono una serie di equazioni che descrivono qualcosa, nel nostro caso un evento in relazione con il fuoco. Questi ultimi modelli sono inclusi nello scopo di questo documento.

I modelli matematici sono suddivisi in modelli deterministici e statistici. I primi sono governati dalle leggi della fisica, del calore e della chimica; quelli statistici non sono direttamente governati da queste leggi, ma fanno solo su una predizione statistica su un evento. A causa della complessità di queste equazioni e del grande numero di iterazioni necessarie per ottenere risultati accurati, per la risoluzione di questi modelli è necessario utilizzare i computer. I programmi di calcolo per la progettazione in caso di incendio sono strumenti sviluppati per risolvere queste equazioni matematiche, sia deterministiche che statistiche.

Ci sono molti eventi legati al fuoco. Allo scopo di facilitare la valutazione dei programmi di calcolo abbiamo adottato la classificazione in funzione dei casi più comuni che essi risolvono (campo di applicazione del programma di calcolo).

2 CLASSIFICAZIONE DEI PROGRAMMI DI CALCOLO PER IL FUOCO:

I più comuni programmi di calcolo per il fuoco descrivono il trasporto di fumo e calore all'interno di ambienti chiusi. Questi programmi sono denominati modelli a zona e modelli di campo. Ma ci sono molti altri tipi di modelli differenziati in base al loro campo di applicazione, come modelli per resistenza strutturale al fuoco o modelli di risposta dell'allarme. La classificazione adottata da Olenick & Carpenter è basata su 6 tipi di campi di applicazione: Resistenza strutturale in caso di incendio, a zona, di campo, per le vie di fuga, Risposta dell'allarme e misti. Noi riduciamo il numero di campi di applicazione a 5, unendo i modelli a zone e di campo in un gruppo più generale chiamato "Modelli termici di incendio". In questo modo otteniamo una classificazione in funzione solo del campo di applicazione del programma di calcolo e non in funzione del metodo matematico utilizzato per risolvere i differenti casi.

In questa classificazione possiamo distinguere due differenti gruppi (vedi figura 4):

- Il primo strettamente correlato alla risposta termica e meccanica della struttura durante un incendio (vedi figura 2 – catena di eventi)
- Il secondo mirato a determinare i requisiti che una struttura deve soddisfare per essere sicura in caso di incendio.

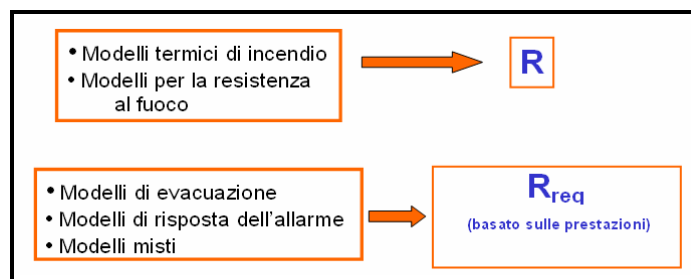


Fig. 4 - Gruppi di campi di applicazione

2.1 Modelli termici di incendio:

In questo campo di applicazione possiamo trovare differenti tipi di programmi in funzione del metodo per determinare la risposta termica associata al fuoco. Per classificarli seguiamo la classificazione di EN 1991-1-2:2002 per le "Azioni termiche per l'analisi della temperatura" (Vedi figura 5).

Modelli termici di incendio		
Curve nominali temperatura-tempo (Regola prescrittiva)	Curva temperatura-tempo standard	
	Curva per incendi esterni	
	Curva per incendi da idrocarburi	
Incendi naturali (Regola prestazionale)	Modelli di incendio semplificati	Incendi di un compartimento
		Incendi localizzati
	Modelli di incendio avanzati	Modelli a zona
		Modelli di campo

Fig. 5 - Azioni termiche per l'analisi della temperatura – Modelli termici di incendio

In questo modo la classificazione dei modelli termici di incendio è la seguente:

- Modelli termici di incendio semplificati: divisi in incendi di un compartimento e incendi localizzati.
- Modelli termici di incendio avanzati: divisi in modelli a zone e modelli di campo.

2.1.1 Modelli termici di incendio semplificati

Questi modelli sono basati su specifici parametri fisici con un campo di applicazione limitato. Per gli incendi di un compartimento, si assume una distribuzione di temperatura uniforme e per gli incendi localizzati si assume una distribuzione di temperatura non uniforme.

Campo di applicazione: modelli termici di incendio semplificati			
Modello	Nazione	Numero id.	Breve descrizione
DIFISEK-CaPaFi	Luxembourg	1	Calcolo della temperatura di un elemento di acciaio scaldato da un numero di sorgenti localizzate compreso tra 1 e 5. Basato su EN 1991-1-2, prEN 1993-1-2 e il progetto di ricerca di ECSC "Large Compartment" & "Closed Car Parks".
DIFISEK-EN 1991-1-2 Annex A	Luxembourg	2	Calcolo delle curve parametriche temperatura-tempo in un compartimento e della temperatura di un elemento di acciaio, protetto o non protetto, esposto a tali curve temperatura-tempo. Basato su EN 1991-1-2 Annesso A e prEN 1993-1-2.
DIFISEK-TEFINAF	Luxembourg	3	Calcolo del campo di temperatura in una sezione di acciaio posta al di sotto del soffitto, in funzione del tempo e della distanza radiale dal fuoco. Basato sul report EUR 18868 "Development of design rules for steel structures submitted to natural fires in large compartments".
Parametrická křivka	teplotní Czech Republic	174	Calcola le curve di temperatura parametriche dell'incendio di un compartimento. I dati di ingresso necessari sono: le dimensioni del compartimento e delle aperture, il carico di incendio, le proprietà dei materiali delle pareti. Può essere utilizzato per compartimenti di ogni forma geometrica, per ogni dimensione e numero delle aperture. Vengono calcolati i parametri e la curva viene tracciata sullo schermo.
Přestup tepla	Czech Republic	175	Calcola la temperatura degli elementi di acciaio esposti al fuoco. Esso usa il metodo incrementale descritto in EN 1993-1-2. Le sezioni possono essere non protette o protette con materiali spruzzati o lastre. Il programma contiene la banca dati delle sezioni di acciaio profilate a caldo da utilizzare, ma permette anche l'inserimento di un fattore di sezione A/V dell'utilizzatore. Può essere usata la curva di incendio Standard, la curva per idrocarburi o le curve parametriche (sono richiesti i dati di ingresso dei parametri). Vengono tracciate sullo schermo le curve delle temperature dei gas e dell'acciaio e viene fornito un file di testo di output.

I primi tre programmi di calcolo sono stati sviluppati da Profil-Arbed e sono stati aggiornati da Profile Arbed Researchers (PARE) per questo progetto.

Gli altri sono stati sviluppati da FINE, CTU Prague, e sono disponibili sul sito www.access-steel.cz/page-nastroj

2.1.2 Modelli termici di incendio avanzati

2.1.2.1 Modelli a zone:

Un modello a zone è un modello al computer che divide i locali in esame in differenti volumi di controllo, o zone. I più comuni modelli a zone suddividono una stanza in due zone, una zona superiore calda e una zona inferiore fredda. Un caso particolare di modelli a zona sono i modelli a una zona. Essi sono basati sull'ipotesi che non c'è stratificazione e il compartimento di incendio può essere trattato come una fornace con caratteristiche omogenee. Alcuni modelli a zona includono la possibilità di passare da un modello a due zone a un modello a una zona quando vengono raggiunte le condizioni richieste (i.e. flashover).

Per essere in grado di utilizzare le equazioni alla base di questi modelli, gli ingegneri che si occupano della protezione dal fuoco, devono fare alcune assunzioni. Molte di queste assunzioni sono basate su osservazioni derivate da prove sperimentali e modelli. Le principali assunzioni sono:

- Il fumo si stratifica in due strati distinti (come può essere osservato negli incendi reali). Inoltre gli strati sono ipotizzati uniformi al loro interno: ciò non è vero, ma le differenze all'interno di ogni strato sono molto piccole, paragonate alle differenze tra strati differenti, di conseguenza questa assunzione è accettabile.
- Il pennacchio del focolaio agisce come una pompa di massa (particelle di fumo) e riscalda la zona superiore. Tuttavia, il volume occupato dal pennacchio del focolaio viene ipotizzato piccolo in confronto alle zone superiore e inferiore e infatti è trascurabile.
- La maggior parte del contenuto della stanza è sconosciuta; il calore viene perso attraverso il contorno della stanza, non negli arredi. (Alcuni modelli a zona possono determinare la propagazione delle fiamme a un piccolo numero di arredi).

I dati di ingresso sono, di solito, la geometria della stanza, i materiali che compongono la stanza (incluso tutti i muri, il pavimento e il soffitto), il numero di finestre (o aperture) e le loro dimensioni, le caratteristiche degli arredi della stanza e la quota di rilascio termico (cosa sta bruciando).

I risultati in uscita sono di solito la previsione del tempo di attivazione del sistema sprinkler o del rilevatore di incendio, il tempo per raggiungere il flashover, la temperatura dello strato superiore e inferiore, l'altezza dello strato di fumo e i tipi di prodotti rilasciati dalla combustione.

I modelli a zone non possono tenere accuratamente in conto la radiazione di ritorno dal contorno. La quota di rilascio termico non è un risultato in uscita, devono essere fatte prove sperimentali per determinare le dimensioni del fuoco ed è necessaria una buona esperienza ingegneristica per modellare in modo corretto ogni caso di studio.

Campo di applicazione: modelli a zona			
Modello	Nazione	Numero id.	Breve descrizione
ARGOS	Danish	4	Modello a zone per stanze multiple
ASET/ASET-B	USA	5	Modello a zone per un locale senza ventilazione
ASMET	USA	6	Strumento ingegneristico per la gestione dei fumi negli atrii
Branzfire	New Zealand	7	Modello a zone per stanze multiple, completamente integrato con un modello per la propagazione delle fiamme e la crescita dell'incendio, applicabile a scenari di incendio di una stanza.
BRI-2	Japan/US	8	Modello a due zone per edifici multipiano, con trasporto di fumo in più stanze.
CCFM/Vents	USA	9	Modello a zone per locali multipli con ventilazione
Cfire-X	German/Norway	10	Modello a zone per incendi di un compartimento, in particolare incendi da vasca di idrocarburi liquidi.
CiFi	France	11	Modello a zone per locali multipli
COMPBRN	USA	12	Modello a zone di un compartimento
COMPF2	USA	13	Modello di un compartimento per incendio postflashover di una singola stanza
DACFIR-3	USA	14	Modello a zone per la cabina di un velivolo

DSLAYV	Sweden	15	Modello a zone per un singolo compartimento
FAST/CFAST	USA	16	Modello a zone per predire il comportamento della struttura di un compartimento
FASTLite	USA	17	Versione con caratteristiche limitate di CFAST
FFM	USA	18	Modello a zone di tipo preflashover
<i>FIGARO II</i>	<i>German</i>	<i>19</i>	<i>Modello a zone per determinare la insostenibilità delle condizioni</i>
FIRAC	USA	20	Utilizza FIRIN, includendo un complesso sistema di aperture
FireMD	USA	21	Una stanza, modello a due zone
FireWalk	USA	22	Usa il modello CFAST con visualizzazione migliorata
FireWind	Australian	23	Modello a zone con stanze multiple con molti sottomodelli
FIRIN	USA	24	Modello a zone per locali multipli con condotte, ventilazione e filtri
FIRM	USA	25	Una stanza, modello a due zone
FIRST	USA	26	Modello a zone per un locale con ventilazione
FLAMME-S	France	27	Modello a due zone
FMD	USA	28	Modello a zone per atrii
HarvardMarkVI	USA	29	Versione recente di FIRST
HEMFAST	USA	30	Incendio in una stanza dovuto agli arredi
HYSLAB	Sweden	31	Modello a zone preflashover
IMFE	Poland	32	Modello a zone per compartimento singolo con aperture
<i>MAGIC</i>	<i>France</i>	<i>33</i>	<i>Modello a due zone per centrali nucleari</i>
MRFC	German	34	Modello a zone per locali multipli, movimento dei fumi e carico termico sulle strutture
NAT	France	35	Modello a zone per compartimento singolo focalizzato sulla risposta della struttura
NBS	USA	36	Modello a zone preflashover
NRCC1	Canada	37	Modello a zone per compartimento singolo
NRCC2	Canada	38	Modello a zone per grandi uffici
OSU	USA	39	Modello a zone per compartimento singolo
Ozone	Belgium	40	Modello a zone focalizzato sulla risposta della struttura
POGAR	Russia	41	Modello a zone per compartimento singolo
RADISM	UK	42	Modello a zone che include gli sprinkler e le aperture
RFIRES	USA	43	Modello a zone preflashover
R-VENT	Norway	44	Modello per una singola stanza con ventilazione dei fumi
SFIRE-4	Sweden	45	Modello a zone postflashover
SICOM	France	46	Modello a zone per compartimento singolo
SMKFLW	Japan	47	Modello a zone con un solo strato per il trasporto dei fumi nell'edificio
Smokepro	Australian	48	Modello a zone per il fumo in un singolo compartimento
SP	UK	49	Modello a zone postflashover
WPI-2	USA	50	Modello a zone per compartimento singolo
WPIFIRE	USA	51	Modello a zone per locali multipli
ZMFE	Poland	52	Modello a zone per compartimento singolo

Molti di questi programmi di calcolo sono focalizzati sullo spostamento dei fumi e del calore. La loro applicazione all'ingegneria strutturale in caso di incendio è legata solo alla determinazione della temperatura dei gas (allo scopo di determinare, in un passo successivo, la temperatura negli elementi strutturali). I programmi di calcolo scritti in grassetto sono direttamente focalizzati sulla progettazione strutturale in caso di incendio. I programmi in corsivo sono focalizzati su casi particolari e la loro

applicazione all'ingegneria strutturale in caso di incendio è molto ridotta. Sono stati trovati altri tre modelli, ma non sono state ottenute informazioni su di essi: CISNV (Russia), FirePro (UK) e FireWalk (USA).

2.1.2.2 Modelli di campo:

Un modello di campo rappresenta il limite di confine con la ingegneria della protezione dal fuoco. Il modello CFD applicherà all'edificio in esame una griglia a tre dimensioni di volumi di controllo elementari. Questi volumi di controllo sono come quelli usati nei modelli a zona, tuttavia, mentre i modelli a zona hanno due o tre zone, un modello CFD avrà centinaia di migliaia di volumi.

Un modello CFD risolve le equazioni differenziali dipendenti dal tempo (note come equazioni di Navier-Stokes), per ogni volume di controllo. Questo approccio dettagliato è molto più complicato e necessita di più tempo, ma le equazioni di Navier-Stokes sono condizionate solo dalla superficie di contorno del problema. Questo permette minori approssimazioni e geometrie dei locali più complesse. I dati di ingresso sono la geometria dettagliata del locale, gli elementi che costituiscono la stanza (comprese tutte le pareti, il pavimento e il soffitto), il numero delle finestre (o aperture) e le loro dimensioni, le caratteristiche degli arredi della stanza, le caratteristiche di combustione del materiale combustibile, i parametri di turbolenza, e i parametri legati all'irraggiamento.

I risultati in uscita sono il movimento e la velocità dei fumi e del calore, la previsione del tempo di attivazione del sistema sprinkler o del sistema di rivelazione incendi, il tempo fino al flashover, le temperature nel compartimento, le velocità, l'altezza dello strato di fumo, e i prodotti specifici della combustione.

CFD richiede una grande quantità di tempo di calcolo, quando il numero di volumi di controllo cresce il tempo di calcolo aumenta. Devono essere fissati certi parametri; i modelli CFD devono essere validati prima di poter essere ritenuti totalmente affidabili.

I modelli CFD possono essere utilizzati per geometrie complesse (come pareti curve). I modelli CFD sono usati estensivamente in altri campi dell'ingegneria (come meccanica e aerospaziale), questo significa che molti ingegneri, molti più che con i modelli a zone, possono provare, sviluppare e verificare i codici CFD.

Campo di applicazione: modelli di campo (CFD)			
Modello	Nazione	Numero id.	Breve descrizione
<i>ALOFT-FT</i>	<i>USA</i>	<i>53</i>	<i>Spostamento dei fumi dovuti a grandi incendi all'aperto</i>
CFX	UK	54	Programma CFD generale
FDS	USA	55	Codice CFD specifico per i flussi collegati all'incendio
FIRE	Australian	56	Modello CFD con getto di acqua e accoppiato a carburante in fase solida/liquida per predire la quota di combustione e il processo di spegnimento
FISCO-3L	German/Norway	57	Modello di campo di una stanza per descrivere l'interazione dei getti dello sprinkler con i gas dovuti all'incendio, in presenza di ventilazione naturale o forzata
FLUENT	USA	58	Programma CFD generale
JASMINE	UK	59	Modello CFD per la diffusione del fuoco e dei fumi
KAMALEON	Norway	60	Modello CFD per incendi, abbinato a un codice agli elementi finiti per la risposta termica delle strutture
KOBRA-3D	German	61	Modello CFD per il trasferimento di calore e la diffusione dei fumi
MEFE	Portugal	62	Modello CFD per uno o due compartimenti, include la risposta nel tempo delle termocoppie
PHOENICS	UK	63	Programma CFD generale
RMFIRE	Canada	64	Modello di campo a due dimensioni per il calcolo nel tempo del movimento dei fumi

SMARTFIRE	UK	65	Modello di campo per l'incendio
SmokeView	USA	66	Strumento per la visualizzazione dei dati di FDS
SOFIE	UK/Sweden	67	Modello CFD per la diffusione del fuoco e dei fumi
SOLVENT	USA	68	Modello CFD per il trasferimento di calore e la diffusione dei fumi in una galleria
SPLASH	UK	69	Modello di campo per descrivere l'interazione degli spruzzi dello sprinkler con i gas dell'incendio
STAR-CD	UK	70	Programma CFD generale
TUNFIRE	UK	71	Modello CFD per il trasferimento di calore e la diffusione dei fumi in una galleria
UNSAFE	USA/Japan	72	Modelli di campo per incendi all'aperto e al chiuso

La maggior parte di questi programmi è focalizzata sul movimento dei fumi e del calore in caso di incendio. La loro applicazione all'ingegneria della resistenza strutturale in caso di incendio è collegata solo alla determinazione della temperatura negli elementi strutturali. I programmi in grassetto sono codici CFD di applicazione generale. I programmi in corsivo sono focalizzati su casi particolari e la loro applicazione alla progettazione strutturale in caso di incendio è molto limitata. Sono stati trovati altri tre modelli, ma non sono state ottenute informazioni su di essi: STREAM (Japan), VESTA (Netherlands) e FLOTRAN (USA).

2.2 Modelli per la resistenza strutturale in caso di incendio:

Questi modelli simulano la risposta degli elementi strutturali degli edifici esposti al fuoco. Il loro scopo principale è di determinare il momento della rottura degli elementi esposti al fuoco. Essi si basano sulle leggi della termica e della meccanica.

Come per i modelli termici di incendio, possiamo trovare differenti tipi di programmi di calcolo in funzione del metodo utilizzato per risolvere la risposta meccanica associata al fuoco. Per classificarli seguiamo la classificazione dell'Eurocodice (EN 1991-1-2:2002 e EN 1993-1-2:2005) per le procedure di progettazione (vedi figura 6).

In questo modo la classificazione dei modelli per il calcolo della resistenza strutturale in caso di incendio è divisa in programmi di calcolo semplificati e avanzati.

I dati di ingresso sono di solito le proprietà dei materiali e le condizioni al contorno degli elementi strutturali (inclusi i carichi presenti durante l'incendio).

I risultati sono: il tempo intercorso fino alla rottura, le tensioni e gli spostamenti degli elementi.

Procedure per la progettazione strutturale			Dati tabellati	Metodi di calcolo semplificati	Metodi avanzati
Regole su base prescrittiva	Analisi per elementi	Calcolo di azioni meccaniche e condizioni al contorno	SI	SI	SI
	Analisi di parti della struttura		NO	SI (se disponibile)	SI
	Analisi dell'intera struttura	Selezione azioni meccaniche	NO	NO	SI
Regole basate sulle prestazioni	Analisi per elementi	Calcolo di azioni meccaniche e condizioni al contorno	NO	SI (se disponibile)	SI
	Analisi di parti della struttura		NO	NO	SI
	Analisi dell'intera struttura	Selezione azioni meccaniche	NO	NO	SI

Fig. 6 - Classificazione delle procedure per il progetto strutturale

2.2.1 Modelli semplificati per la verifica della resistenza strutturale al fuoco:

Questi modelli calcolano il comportamento strutturale degli elementi in maniera individuale, ipotizzando ogni elemento strutturale isolato dal resto della struttura; essi sono basati su metodi semplificati. Alcuni di essi sono incorporati in modelli a zone o di campo.

Campo di applicazione: modelli di calcolo della resistenza strutturale al fuoco			
Modello	Nazione	Numero id.	Breve descrizione
AFCB	Luxembourg	73	Progettazione al fuoco di travi composte secondo Eurocode 4
AFCC	Luxembourg	74	Progettazione al fuoco di colonne composte secondo Eurocode 4
<i>CIRCON</i>	<i>Canada</i>	75	<i>Modello di calcolo della resistenza al fuoco di colonne con sezione circolare di cemento armato</i>
COFIL	Canada	76	Resistenza al fuoco di sezioni tubolari circolari di acciaio riempite con semplice calcestruzzo
Elefir-EN	Portugal/Belgium	173	Resistenza al fuoco di elementi strutturali di acciaio secondo la versione EN dell'Eurocodice 3
Elefir	Belgium	77	Resistenza al fuoco di elementi strutturali di acciaio secondo l'Eurocodice 3
H-Fire	Germany	78	Calcolo della resistenza al fuoco di elementi composti esposti al fuoco, attraverso i modelli di calcolo semplificati di EN 1994-1-2
INSTAI	Canada	79	Resistenza al fuoco di colonne circolari cave in acciaio protette
INSTCO	Canada	80	Resistenza al fuoco di colonne circolari cave in acciaio riempite di calcestruzzo
POTFIRE	France	81	Resistenza al fuoco di sezioni circolari cave in acciaio – basata su annesso G di Eurocodice 4
<i>RCCON</i>	<i>Canada</i>	82	<i>Modello per la resistenza strutturale al fuoco per colonne di cemento armato a sezione rettangolare</i>
RECTST	Canada	83	Resistenza al fuoco di colonne tubolari rettangolari di acciaio protette
<i>SQCON</i>	<i>Canada</i>	84	<i>Modello per la resistenza al fuoco di colonne di cemento armato a sezione quadrata</i>
WSHAPS	Canada	85	Resistenza al fuoco di colonne di acciaio a sezione W, protette
Požární odolnost	Czech Republic	176	Calcola la resistenza di elementi di acciaio esposti al fuoco. Il calcolo è basato su EN 1993-1-2. Il programma contiene anche dati per le sezioni profilate a caldo, possono essere considerate le protezioni dal fuoco. Per descrivere il comportamento dell'incendio può essere utilizzata la curva di incendio standard, la curva per idrocarburi o le curve parametriche (sono necessari come dati di ingresso i valori dei parametri). L'elemento può essere sollecitato a trazione, compressione o momento flettente o alla combinazione di azione assiale e momento flettente.

I programmi in corsivo sono validi solo per elementi strutturali di cemento armato.

2.2.2 Modelli avanzati per la resistenza strutturale in caso di incendio:

Questi modelli possono simulare una struttura intera o una parte di essa, col metodo statico o dinamico, fornendo il tempo prima del collasso dell'intera struttura, se esso si verifica. Questi programmi sono modelli agli elementi finiti e frequentemente sono di utilizzo generale.

Campo di applicazione: modelli di calcolo avanzati per la resistenza strutturale al fuoco			
Modello	Nazione	Numero id.	Breve descrizione
ABAQUS	USA	86	Codice di calcolo agli elementi finiti di applicazione generale
ALGOR	USA	87	Codice di calcolo agli elementi finiti di applicazione generale
ANSYS	USA	88	Codice di calcolo agli elementi finiti di applicazione generale
BoFire	Germany	89	BoFire è un codice di calcolo incrementale nel tempo, non-lineare, basato sul metodo agli elementi finiti. Per le proprietà dei materiali sono implementate quelle meccaniche e termiche di ENV 1994-1-2. Possono essere analizzate strutture di acciaio, di calcestruzzo armato e composte acciaio-calcestruzzo.
BRANZ-TR8	New Zealand	90	<i>Questo programma si applica per l'analisi della resistenza al fuoco di solai di cemento armato e precompresso.</i>
CEFICOSS	Belgium	91	Modello per la verifica della resistenza al fuoco
CMPST	France	92	Resistenza meccanica delle sezioni alle elevate temperature
COMPSL	Canada	93	<i>Temperatura di solette composte da diversi strati durante l'esposizione al fuoco</i>
COSMOS	USA	94	Codice di calcolo agli elementi finiti di applicazione generale
FASBUS	USA	95	Modello per la resistenza meccanica di elementi strutturali esposti al fuoco
FIRES-T3	USA	96	Trasferimento di calore conduzione in 1, 2 o 3D
HSLAB	Sweden	97	Sviluppo del transitorio termico in un solaio riscaldato composto da uno o più materiali.
LENAS	France	98	Comportamento meccanico delle strutture di acciaio esposte al fuoco.
LUSAS	UK	99	Programma di calcolo per analisi ingegneristiche generiche
NASTRAN	USA	100	Codice di calcolo agli elementi finiti di applicazione generale
SAFIR	Belgium	101	Analisi meccanica e del transitorio di strutture esposte al fuoco
SAWTEF	USA	102	Analisi strutturale di travature di legno con connessioni fatte con piatti di acciaio, esposte al fuoco
SISMEF	France	103	Comportamento meccanico di strutture composte di acciaio e calcestruzzo esposte al fuoco
STA	UK	104	Conduzione termica transitoria negli elementi solidi
STELA	UK	105	Modello tridimensionale a volumi finiti, integrato in JASMINE e SOFIE, per il calcolo della risposta termica di elementi strutturali esposti ai gas dell'incendio
TASEF	Sweden	106	Codice agli elementi finiti per l'analisi della temperatura di strutture esposte al fuoco
TCSLBM	Canada	107	<i>Distribuzione di temperatura bidimensionale per solette e sistemi di travi di cemento esposte al fuoco</i>
THELMA	UK	108	Codice agli elementi finiti per l'analisi della temperatura di strutture esposte al fuoco
TR8	New Zealand	109	<i>Resistenza al fuoco di solette e solai esposti al fuoco</i>
VULCAN	UK	110	Programma di analisi tridimensionale, che è stato sviluppato soprattutto per modellare il comportamento degli scheletri in acciaio e aste composte, incluse le lastre di solaio, in condizioni di incendio
WALL2D	Canada	111	<i>Modello per predire il trasferimento di calore attraverso pareti di legno</i>

<i>Ocel požár</i>	<i>Czech Republic</i>	<i>177</i>	<i>Forma una parte del sistema statico FINE 10. Calcola la resistenza di elementi di acciaio esposti al fuoco. Il calcolo è basato su EN 1993-1-2. Il programma contiene le banche dati per le sezioni di acciaio profilate a caldo; possono essere inserite sezioni definite dall'utilizzatore; può essere considerata la protezione dal fuoco. Per descrivere il comportamento in caso di incendio è possibile utilizzare la curva di incendio standard, la curva per idrocarburi o le curve parametriche (sono richiesti come dati di ingresso i parametri). L'elemento può essere sollecitato a trazione, compressione, momento flettente o una combinazione di sforzo assiale e momento flettente. Le azioni interne sono ottenute per mezzo di analisi strutturali fatte con FINE 2D o FINE 3D. Può essere usato come programma indipendente, in questo caso il carico deve essere inserito come dato di ingresso.</i>
-------------------	-----------------------	------------	--

I programmi in corsivo non sono validi per strutture di acciaio. I programmi in grassetto sono codici agli elementi finiti di utilizzo generale. Sono stati trovati altri due modelli, ma non sono state ottenute informazioni su di essi: HEATING e TAS (USA).

2.3 Modelli di evacuazione:

I modelli di evacuazione prevedono il tempo necessario per evacuare un edificio. Questi modelli di solito sono usati nelle analisi prestazionali per la progettazione alternativa e per determinare la localizzazione delle aree di congestione durante l'evacuazione.

Alcuni di questi modelli sono collegati a modelli a zone o di campo allo scopo di determinare il tempo che intercorre fino all'inizio di condizioni insostenibili in un edificio.

I più sofisticati includono anche interessanti caratteristiche come effetti psicologici del fuoco sugli occupanti, effetti tossici dell'aria o l'effetto della riduzione di visibilità. Alcuni di essi hanno anche utili mezzi grafici che mostrano il movimento delle persone durante il processo di evacuazione.

I dati di ingresso sono solitamente l'occupazione dell'edificio, la geometria dell'edificio (uscite, scale, ascensori, corridoi, etc.).

I risultati in uscita sono, di solito, il tempo necessario per l'evacuazione dell'edificio e la localizzazione delle aree di congestione.

Questi sono, di solito, modelli statistici.

Campo di applicazione: Evacuazione			
Modello	Nazione	Numero id.	Breve descrizione
AEA EGRESS	USA	112	Analisi dell'evacuazione degli occupanti
ALLSAFE	Norway	113	Modello di evacuazione che include anche i fattori umani
ASERI	German	114	Movimento delle persone in una geometria complessa, inclusi i fattori di propagazione delle fiamme e del fumo
BGRAF	USA	115	Modello di evacuazione di emergenza che include un modello stocastico delle decisioni umane
EESCAPE	Australian	116	Evacuazione di un edificio multipiano attraverso le scale
EGRESS	UK	117	Modello di evacuazione per geometrie complesse inclusa visualizzazione
EGRESSPRO	Australian	118	Modello di evacuazione che include l'attivazione degli sprinkler e dei rivelatori
ELVAC	USA	119	Evacuazione di un edificio multipiano attraverso

EVACNET	USA	120	gli ascensori
EVACS	Japan	121	Determina il piano di evacuazione ottimale
EXIT89	USA	122	Modello di evacuazione per determinare il progetto ottimale
EXITT	USA	123	Evacuazione di edifici di grande altezza
EXODUS	UK	124	Modello di evacuazione a nodi e archi con incluso il comportamento delle persone
GRIDFLOW	UK	125	Per la valutazione della sicurezza delle condizioni di esodo
PATHFINDER	USA	126	Simulazione del tempo richiesto per l'evacuazione degli occupanti di un edificio multipiano, per svuotare ogni piano e l'intero edificio
PEDROUTE	UK	127	Modello di evacuazione
SEVE_P	France	128	Modello di simulazione dell'evacuazione a piedi
SIMULEX	UK	129	Modello di evacuazione con risultati grafici che includono anche gli ostacoli
STEPS	UK	130	Modello di evacuazione basato sulle coordinate
WAYOUT	Australian	131	Programma di simulazione dei movimenti dei pedoni – visualizzazione 3D
			Parte dell'evacuazione del pacchetto Fire Wind

Sono stati trovati altri cinque programmi, ma non sono state ottenute informazioni su di essi: BFIRE, ERM, Magnetic Simulation, Takashi's Fluid Model e VEGAS (UK).

2.4 Modelli di risposta dell'allarme:

I modelli di risposta dell'allarme determinano il tempo di attivazione di uno strumento di protezione attiva dal fuoco, come rivelatori di calore, sprinkler o rivelatori di fumo.

Questi modelli assumono un approccio a zone per calcolare il movimento del fumo e del calore e usano sottomodelli per determinare la risposta dei rivelatori di calore al flusso di calore e fumi. In breve, questi modelli usano un modello semplificato e calcolano il trasferimento di calore al rivelatore per determinare il tempo di attivazione.

I dati di ingresso sono di solito le caratteristiche del rivelatore che deve essere analizzato, la sua posizione e il tasso di rilascio termico del fuoco. Per i modelli più sofisticati, sono richiesti la geometria dei compartimenti e i loro materiali.

I risultati in uscita sono il tempo di attivazione dello strumento e, nei modelli più sofisticati, l'effetto dell'attivazione dello strumento.

È necessario fare attenzione a selezionare correttamente il modello perchè alcuni di essi sono validi solo per soffitti piani o soffitti illimitati.

Campo di applicazione			
Modello	Nazione	Numero id.	Breve descrizione
ASCOS	USA	132	Analisi dei sistemi di controllo dei fumi
DETECT-QS	USA	133	Calcola il tempo di attivazione di rivelatori termici sotto soffitti illimitati, per un arbitrario incendio
DETECT-T2	USA	134	Calcola il tempo di attivazione di rivelatori termici sotto soffitti
FPETOOL	USA	135	Sistema di equazioni utili per stimare il potenziale rischio di incendio e il sistema di protezione dal fuoco per l'analisi del rischio
G-JET	Norway	136	Modello di rivelazione fumi
JET	USA	137	Un modello per la stima dell'attivazione del rivelatore e della temperatura dei gas, in presenza di uno strato di fumo
LAVENT	USA	138	Risposta degli sprinkler in un compartimento di incendio con tende e aperture a soffitto
PALDET	Finland	139	Risposta di sprinkler e rivelatori di incendio sotto un

SPARTA	UK	140	soffitto illimitato Modello per sprinkler con tracciamento delle particelle, integrato in JASMINE, per valutare l'effetto degli sprinkler sui fumi dell'incendio
SPRINK	USA	141	Risposta degli sprinkler per incendi sugli scaffali dei magazzini
TDISX	USA	142	Risposta degli sprinkler nei magazzini

È stato trovato un ulteriore modello, ma non sono state ottenute informazioni su di esso: HAD.

2.5 Misti

Ci sono alcuni modelli associati all'ingegneria del fuoco che non sono inclusi nelle precedenti categorie. Alcuni di essi hanno caratteristiche che soddisfano più di una delle precedenti categorie e altri che trattano aspetti specifici dell'incendio non inclusi nelle altre categorie. Questi modelli sono stati definiti misti.

Molti di questi modelli sono programmi computerizzati, che contengono molti sottomodelli e perciò possono essere utilizzati per molti dei campi di applicazione elencati sopra. Ci sono pacchetti informatici formati da modelli separati in cui ognuno tratta un singolo aspetto dell'incendio.

Campo di applicazione: modelli misti			
Modello	Nazione	Numero id.	Breve descrizione
ALARM	UK	143	Ottimizzazione economica
ASKFRS	UK	144	Pacchetto di modelli che include un modello a zone
BREAK1	USA	145	Risposta delle finestre all'incendio
BREATH	UK	146	Dispersione degli agenti contaminanti in una rete di compartimenti con ventilazione forzata
Brilliant	Norway	147	Modello CFD combinato con modelli analitici
COFRA	USA	148	Modello per la valutazione del rischio di incendio
CONTAMW	USA	149	Modello del flusso d'aria
CRISP	UK	150	Modello di incendio a zone con valutazione dell'evacuazione e del rischio
FIERAsystem	Canada	151	Modello per la valutazione del rischio che include una gamma di correlazioni
FireCad	USA	152	Programma di interfaccia per CFAST
FIRECAM	Canada	153	Valutazione del rischio di danneggiamento
FIREDEMND	USA	154	Determina la domanda di acqua necessaria per estinguere un incendio
FIRESYS	New Zealand	155	Pacchetto di programmi basati sui codici con approccio prestazionale
FIREX	German	156	Modello semplice a zone combinato con correlazioni empiriche
FIVE	USA	157	Valutazione della vulnerabilità indotta dal fuoco
FRAME	Belgium	158	Modello di valutazione del rischio di incendio
FREM	Australian	159	Modello di valutazione del rischio di incendio
FriskMD	USA	160	Versione del modello a zone FireMD basata sul rischio
HAZARD I	USA	161	Modello a zone con estese capacità di evacuazione
JOSEFINE	UK	162	Interfaccia integrata per modelli di incendio a zone e CFD e modelli di simulazione del rischio e dell'evacuazione
MFIRE	USA	163	Sistemi di ventilazione per miniere
RadPro	Australian	164	Modello di radiazione dell'incendio
Risiko	Switzerland	165	Modello di valutazione del rischio
RISK-COST	Canada	166	Previsione del rischio per le vite e dei costi associati all'incendio
RiskPro	Australian	167	Modello di classificazione del rischio
SMACS	USA	168	Movimenti dei fumi attraverso i sistemi di

SPREAD	USA	169	condizionamento dell'aria Prevede la quota di combustione e la quota di propagazione di un fuoco innescato su una parete
ToxFED	UK	170	Calcolo della FED in base alla concentrazione dei tipi di fumo negli strati
UFSG	USA	171	Prevede la propagazione delle fiamme verso l'alto e la crescita su materiali che si carbonizzano o meno
WALLEX	Canada	172	Calcolo del trasferimento di calore attraverso le finestre dal pennacchio di fuoco alla parete al di sopra della finestra

È stato trovato un altro programma, ma non sono state ottenute informazioni su di esso: Dow indices (USA).

2.6 Programmi di calcolo per il fuoco disponibili pubblicamente:

Tra tutti i programmi trovati durante questo studio, 30 sono pubblicamente disponibili. Questi programmi sono elencati nella seguente tabella:

Programmi di calcolo per il fuoco pubblicamente disponibili			
Modello	Campo di applicazione	Numero id.	Disponibile sul sito
DIFISEK-CaPaFi	Modelli termici per l'incendio semplificati	- 1	www.sections.arcelor.com
DIFISEK-EN 1991-1-2 Annex A	Modelli termici per l'incendio semplificati	- 2	www.sections.arcelor.com
DIFISEK-TEFINAF	Modelli termici per l'incendio semplificati	- 3	www.sections.arcelor.com
ASET/ASET-B	Modelli termici per l'incendio zone	- a 5	www.fire.nist.gov
ASMET	Modelli termici per l'incendio zone	- a 6	www.fire.nist.gov
CCFM/Vents	Modelli termici per l'incendio zone	- a 9	www.fire.nist.gov
FAST/CFAST	Modelli termici per l'incendio zone	- a 16	www.fire.nist.gov
FIRST	Modelli termici per l'incendio zone	- a 26	www.fire.nist.gov
OZONE	Modelli termici per l'incendio zone	- a 40	www.ulg.ac.be www.sections.arcelor.com
ALOFT-FT	Modelli termici per l'incendio campo	- di 53	www.fire.nist.gov
FDS	Modelli termici per l'incendio campo	- di 55	www.fire.nist.gov
SmokeView	Modelli termici per l'incendio campo	- di 66	www.fire.nist.gov
AFCB	Resistenza strutturale semplificati al fuoco	- 73	www.sections.arcelor.com
AFCC	Resistenza strutturale semplificati al fuoco	- 74	www.sections.arcelor.com
ELEFIR	Resistenza strutturale semplificati al fuoco	- 77	www.ulg.ac.be
Elefir-EN	Resistenza strutturale semplificati al fuoco	- 173	www.eccspublications.eu
H-Fire	Resistenza strutturale semplificati al fuoco	- 78	www.stahlbau.uni-hannover.de
POTFIRE	Resistenza strutturale semplificati al fuoco	- 81	www.cidect.org
ELVAC	Evacuazione	119	www.fire.nist.gov

EVACNET	Evacuazione	120	http://www.ise.ufl.edu/kisko/files/evacnet
ASCOS	Risposta dell'allarme	132	www.fire.nist.gov
DETECT-QS	Risposta dell'allarme	133	www.fire.nist.gov
DETECT-T2	Risposta dell'allarme	134	www.fire.nist.gov
FPETOOL	Risposta dell'allarme	135	www.fire.nist.gov
JET	Risposta dell'allarme	137	www.fire.nist.gov
LAVENT	Risposta dell'allarme	138	www.fire.nist.gov
BREAK1	Misti	145	www.fire.nist.gov
FIREDEMND	Misti	154	www.fire.nist.gov
Parametrická teplotní křivka	Modelli termici per l'incendio semplificati	- 174	www.access-steel.cz/page-nastroje-pro-navrhovani/
Přestup tepla	Modelli termici per l'incendio	175	www.access-steel.cz/page-nastroje-pro-navrhovani/
Požární odolnost	Resistenza strutturale al fuoco semplificati	- 176	www.access-steel.cz/page-nastroje-pro-navrhovani/

3 ASPETTI CHE DEVONO ESSERE VALUTATI:

I principali aspetti dei programmi da valutare per la progettazione in caso di incendio sono:

- Metodologia di calcolo – Modelli fisici e matematici utilizzati
- Documentazione del programma di calcolo
- Aspetti riguardanti l'utente

3.1 *Metodologia di calcolo– Modelli fisici e matematici utilizzati:*

Il concetto più importante della metodologia di calcolo è la *formulazione utilizzata* dal programma per effettuare i calcoli. Queste formulazioni sono normalmente basate sulle leggi della fisica e della termica o sui dati sperimentali e sulle teorie. L'affidabilità dei programmi dipende fortemente dall'accuratezza e dalla veridicità della formulazione utilizzata.

Non è possibile tenere conto di tutte le variabili legate ad un evento per calcolarlo, allo scopo di effettuare i calcoli dobbiamo fare ipotesi semplificative. *Le ipotesi adottate* dal programma per effettuare i calcoli sono chiaramente un importante argomento per valutare la sua accuratezza.

Sia le formulazioni utilizzate, che le ipotesi adottate, limitano la versatilità del programma di calcolo. *Le limitazioni del programma* di calcolo non sono dovute solo a questi concetti. Ci sono altri argomenti, come le dimensioni del modello e la complessità della geometria che limitano il programma di calcolo. Queste limitazioni ci diranno se il programma si adatta bene al caso in esame o no.

3.2 *Documentazione del programma:*

Quando iniziamo ad utilizzare un programma è molto importante avere informazioni chiare su di esso. I documenti più importanti sono la *Guida all'uso*, la *Guida tecnica*, *documenti e esempi di validazione*. La qualità e la chiarezza di questi documenti sarà molto importante per fare un uso corretto del programma e perciò per l'affidabilità e l'accuratezza dei risultati ottenuti.

3.3 *Aspetti legati all'utente:*

Questi aspetti non hanno nessuna correlazione con l'affidabilità e l'accuratezza del programma ma hanno una grande importanza per il suo utilizzo. Una buona *interfaccia del programma* ci permette di definire i dati di input in modo semplice, evitando errori durante il processo; il report con i dati di input e di output è molto importante per facilitare l'analisi dei risultati e una buona grafica ci fornisce una migliore visione del caso simulato. Questi tre concetti renderanno il programma di facile utilizzo e potranno ridurre gli errori e il tempo di analisi dei risultati.

4 PROGRAMMI VALUTATI

Durante questo progetto è stata raccolta una quantità di dati riguardanti differenti programmi per la progettazione in caso di incendio. A causa della grande quantità di programmi analizzati, abbiamo concentrato il nostro studio su quattordici programmi. Per questi programmi abbiamo raccolto le informazioni per valutarli approfonditamente (vedi punto 3) e li abbiamo messi in formato testo (Annesso I). Inoltre abbiamo creato una banca dati con tutte queste informazioni aggiungendo i programmi non valutati (per questi ultimi abbiamo raccolto solo le informazioni generali). Questa banca dati sarà disponibile sul sito web dei membri del DIFISEC+.

4.1 *Informazioni di ogni programma raccolte in formato testo:*

- Identificazione del programma (informazioni generali): Nome, Versione, Anno, Campo di applicazione, Nazione, Autore/i, Organizzazione/i, Requisiti del sistema, Linguaggio del computer, Dimensioni, Disponibilità, Contatti, Informazioni e Descrizione.
- Aspetti per la valutazione:
 - Metodologia di calcolo: Formulazione Usata, Ipotesi Adottate e Limitazioni
 - Documentazione: Guida all'uso, Guida Tecnica, Documenti e Esempi di Validazione.
 - Aspetti correlati all'utilizzatore: Interfaccia, Relazioni di Input/Output e Grafica.
- Conclusioni: Analisi degli aspetti per la valutazione elencati sopra e Requisiti a Livello dell'Utilizzatore.

4.2 *Quindici programmi valutati approfonditamente:*

- Modelli termici di incendio (4):
 - Modelli termici di incendio semplificati (1): DIFISEK-EN 1991-1-2 Annex A
 - Modelli termici di incendio avanzati (3): FAST/CFAST e OZONE (Zone) e FDS (Field)
- Modelli per la resistenza strutturale in caso di incendio (8):
 - Modelli semplificati per la resistenza strutturale al fuoco (6): AFCEB, AFCC, Elefir, Elefir-EN, H-Fire e Potfire
 - Modelli avanzati per la resistenza strutturale al fuoco (2): Abaqus e BoFire
- Modelli di evacuazione (1): Evacnet4
- Modelli di risposta per l'allarme (2): Detact-Qs e Jet

Vedi l'annesso I e la banca dati.

5 ANNESSO I: SOFTWARE

5.1 DIFISEK-EN 1991-1-2 Annesso A

5.1.1 Informazioni generali (Numero ID: 2)

- Nome: Difisek-EN 1991-1-2 Annex A
- Versione: 1
- Anno: 2004
- Campo di applicazione: Fire Thermal Models - Simplified
- Nazione: Luxembourg
- Autore/i: L.G. Cajot; M. Haller
- Organizzazione/i: Arcelor LCS Research Centre
- Lingua: English
- Requisiti del sistema: Windows
- Dimensioni: 2.26 MB
- Costo: Gratuito
- Disponibile sul sito: www.sections.arcelor.com

Descrizione:

Calcolo delle curve temperatura-tempo parametriche in un compartimento e della temperatura di un elemento di acciaio protetto o non protetto esposto a tale curva temperatura-tempo parametrica. Basato su EN 1991-1-2 Annesso A e prEN 1993-1-2.

5.1.2 Aspetti da valutare:

Metodologia di calcolo:

- Formulazione utilizzata: Vedi EN 1991-1-2 Annesso A e prEN 1993-1-2
- Ipotesi adottate: Viene ipotizzato che il carico di incendio all'interno del compartimento venga bruciato completamente.
Se le densità di carico di incendio sono fissate senza considerazioni specifiche sul loro comportamento durante la combustione, allora questo approccio deve essere limitato a compartimenti di incendio con carico di incendio di tipo principalmente celluloso.
- Limitazioni: Le curve temperatura-tempo utilizzate sono valide per compartimenti di incendio fino a 500 m² di area in pianta, senza aperture nel soffitto e con un'altezza massima di 4 m.

Documentazione:

Vedi EN 1991-1-2 Annesso A e prEN 1993-1-2

Aspetti legati all'utilizzatore:

- Interfaccia: Windows, Excel
- Input/Output sono dati in semplici file di Excel.
- Grafica: grafica Excel

5.1.3 Conclusioni:

- Metodologia di calcolo affidabile
- Documentazione: EN 1991-1-2 Annex A e prEN 1993-1-2
- Di facile utilizzo
- Conoscenza da parte dell'utilizzatore richiesta: Bassa

5.2 FAST/CFAST:

5.2.1 Identificazione del Software (Numero ID 16):

- Nome: FAST/CFAST
- Versione: FAST 3.1.7/CFAST 5.1.1
- Anno: 2004
- Campo di applicazione: Modello a zone
- Nazione: US
- Autore/i: Walter W. Jones
- Organizzazione/i: NIST – National Institute of Standards and Technology
- Requisiti del sistema: un PC 386 o più recente, compatibile; 4 MB di memoria estesa libera; scheda grafica compatibile VGA.
- Linguaggio del computer: FORTRAN/C
- Dimensioni: FAST 11.1 MB / CFAST 6.73 MB
- Disponibile sul sito: www.fast.nist.gov o www.nfpa.org
- Contatti: www.fast.nist.gov o contattare Walter W. Jones via e-mail wwj@nist.gov

Descrizione:

FAST è una raccolta di procedure, che permette al modello informatico CFAST di fornire una stima ingegneristica del rischio di incendio sulle strutture di un compartimento. Le principali funzioni fornite includono il calcolo di:

- La produzione di entalpia e massa (fumi e gas) da uno o più oggetti incendiati in una stanza, basato su misure effettuate su piccola o grande scala.
- Lo spostamento spontaneo o forzato di questa energia e massa attraverso una serie di specifiche stanze e connessioni (porte, finestre, condotte,...).
- Le temperature risultanti, le densità ottiche di fumo e la concentrazione di gas, dopo avere tenuto conto del trasferimento di calore alle superfici e la diluizione attraverso il mescolamento con aria pulita.

CFAST è un modello a due zone usato per calcolare l'evoluzione della distribuzione di fumo e gas dell'incendio e la temperatura all'interno di un edificio durante un incendio. La versione 3.1.6 modella fino a 30 compartimenti, un sistema di ventilazione e condotte per ogni compartimento, 31 incendi individuali, fino ad un oggetto da cui si sprigionano le fiamme, molti pennacchi e focolai, molti rivelatori e sprinkler e vengono considerate le 10 più importanti sostanze tossiche dovute al fuoco, inclusa la dose letale. La geometria include variabili relazioni area-altezza, l'innesco di molti oggetti come gli arredi, le banche dati per la termofisica e la pirolisi, le pareti multistrato, l'innesco attraverso barriere e aperture, il vento, l'effetto catasta, la fuga dall'edificio e il flusso attraverso i fori nelle connessioni tra pavimento e soffitto.

5.2.2 Aspetti da valutare:

Metodologia di calcolo:

- Formulazione utilizzata: CFAST è basato sulla risoluzione di una serie di equazioni che determinano le variabili di stato (pressione, temperatura e così via) basandosi sul flusso di entalpia e massa durante piccoli incrementi di tempo. Queste equazioni derivano dalle equazioni di

conservazione dell'energia e della massa, della quantità di moto e la legge dei gas ideali. Gli errori, che possono essere commessi, non possono derivare da tali equazioni, ma piuttosto vengono dalla rappresentazione numerica delle equazioni o dalle ipotesi semplificative.

- Ipotesi adottate: l'ipotesi di base di tutti i modelli di incendio a zone è che ogni stanza può essere divisa in un piccolo numero di volumi di controllo, ognuno di essi presenta al proprio interno uniformità di temperatura e composizione. In CFAST, tutte le stanze hanno due zone ad eccezione della stanza dove si trova l'incendio, che ha zone aggiuntive per il pennacchio del focolaio e il getto sul soffitto, che sono calcolati separatamente per tenere conto del trasferimento di massa e calore tra le zone e tra le zone e le superfici del compartimento. Per simulare la crescita dell'incendio, il sistema usa un fuoco definito dall'utilizzatore, che esprime, in funzione del tempo, specifiche quote di energia e massa rilasciate dagli oggetti incendiati. Determinazioni individuali vengono fatte sia per l'invalidità e la letalità dovute alla temperatura e alla tossicità, così come la possibile invalidità dovuta alle bruciature derivanti dall'esposizione al flusso.
- Limitazioni: il modello CFAST non include un modello per la crescita dell'incendio. Non sono al momento incluse interazioni tra la temperatura e la tossicità.

Documentazione:

- Guida all'uso:
Guida all'uso per FAST: Engineering tools for estimating fire growth and smoke transport NIST-SP-921; 200 p. Marzo 2000.
Peacock, R. D.; Reneke, P. A.; Jones, W. W.; Bukowski, R. W.; Forney, G. P.
Disponibile sul sito: www.fire.nist.gov
Guida all'uso per CFAST Versione 1.6.
NISTIR-4985; 106 p. Dicembre 1992.
Portier, R. W.; Reneke, P. A.; Jones, W. W.; Peacock, R. D.
Disponibile sul sito: www.fire.nist.gov
- Guida tecnica:
Technical reference for CFAST: an engineering tool for estimating fire and smoke transport. NIST TN 1431; 190 p. March 200.
Jones, W. W.; Forney, G. P.; Peacock, R. D.; Reneke, P. A.
Disponibile sul sito: www.fire.nist.gov
- Documenti e esempi di validazione:
"A review of four compartment fires with four compartment fire models", Deal, S. Fire safety Developments and Testing, Proceedings of the annual meeting of the Fire Retardant Chemicals Association. October 21-24, 1990, Ponte Verde Beach, Florida, 33-51.
"Verification of a model of fire and smoke transport", Peacock, R. D.; Jones, W. W.; Bukowsky, R. W. Fire Safety Journal., 21 89-129 (1993).
"The accuracy of computer fire models: some comparisons with experimental data from Australia", Duong, D. Q. Fire Safety Journal 1990, 16(6), 415-431.
"Comparison of fire model predictions with experiments conducted in a hangar with a 15 m ceiling", Davis, W. D.; Notarianni, K. A.; McGrattan, K. B. NIST, NISTIR 5927 (1996).

Aspetti legati all'utilizzatore:

- Interfaccia: MS-DOS
- Dati di Input/Output: Include un generatore di relazioni in formato testo.
- Grafica: Include un generatore di relazioni in formato grafico.

5.2.3 Conclusioni:

- Metodologia di calcolo affidabile
- Documentazione altamente dettagliata
- Di facile utilizzo

- Conoscenza da parte dell'utilizzatore richiesta: Media

5.3 OZONE

5.3.1 Identificazione del Software (Numero ID 40):

- Nome: OZONE
- Versione: V2.2.2
- Anno: 2002
- Campo di applicazione: Modello a zone
- Paese: Belgium
- Autore/i: J. F. Cadorin e J. M. Franssen di ULG e L. G. Cajot; M. Haller e J. B. Schleich di Arcelor
- Organizzazione/i: University of Liege, Inst. de Mécanique et Génie Civil, 1, Chemin des Chevreuils, 4000 Liege 1, Belgium. e Arcelor LCS research centre
- Requisiti di sistema: PC basato su Windows.
- Linguaggio informatico: FORTRAN – Visual Basic
- Dimensioni: 5 MB
- Disponibile sul sito: www.ulg.ac.be ; www.sections.arcelor.com
- Contatti: www.ulg.ac.be o contattare Jean Marc Franssen (jm.franssen@ulg.ac.be) o J. F. Cadorin (jf.cadorin@ulg.ac.be)

Descrizione:

Il programma informatico Ozone V2 è stato sviluppato per aiutare gli ingegneri nella progettazione strutturale di elementi esposti all'incendio di un compartimento. Il codice è basato su molti recenti approfondimenti, da una parte sulla modellazione di incendi in un compartimento e dall'altra sull'effetto degli incendi localizzati sulle strutture. Esso include un modello semplice per l'incendio di un compartimento che combina un modello a due zone e un modello a una zona. Esso prende anche in considerazione l'effetto di un incendio localizzato con l'aiuto del modello di Hasemi. Così esso funziona come modello pre- e post- flashover. Esso calcola la temperatura degli elementi di acciaio esposti all'incendio del compartimento e, infine, valuta la resistenza al fuoco di semplici elementi di acciaio, in accordo a EC3 ENV 1993-1-2. Esso è stato sviluppato nell'ambito di due ricerche Europee "Competitive Steel Buildings through Natural fire safety Concept" e "Natural Fire Safety Concepts – Full Scale Test, Implementation in the Eurocodes and Development of an User Friendly design tool". Sono stati integrati in Ozone molti miglioramenti: il modello per le pareti è fatto agli elementi finiti (è implicito) e due differenti modelli di combustione sono stati sviluppati per coprire differenti situazioni nell'utilizzo del programma.

5.3.2 Aspetti per la valutazione:

Metodologia di calcolo:

- Formulazione utilizzata: I modelli numerici a due zone sono basati su undici variabili fisiche. Queste variabili sono collegate da sei vincoli e quattro equazioni differenziali che descrivono il bilancio di massa e energia in ogni zona. Le equazioni di bilancio di massa esprimono la variazione della massa di gas in ogni zona, che è uguale alla massa di gas di combustione generati dal fuoco, più la massa che entra nel compartimento attraverso le aperture, meno la massa che esce attraverso le aperture. Le equazioni di bilancio dell'energia esprimono il bilancio tra l'energia generata nel compartimento, la perdita di massa dell'aria calda attraverso le aperture (incluso un termine negativo che tiene conto dell'energia dell'aria che entra), la perdita di energia per irraggiamento attraverso le aperture e per il riscaldamento delle pareti. Nel caso di modelli a una zona, il numero di variabili si riduce a sei, il numero di vincoli a quattro e le equazioni differenziali a due. Ozone include un modello per le partizioni e due modelli di combustione.

- Ipotesi adottate: La principale ipotesi nei modelli a zone è che il compartimento viene diviso in zone in cui la distribuzione di temperatura è uniforme in ogni istante. Nei modelli ad una zona, la temperatura è considerata uniforme all'interno dell'intero compartimento. Questo tipo di modello è perciò valido nel caso di incendi completamente sviluppati, al contrario dei modelli a due zone, che sono validi nei casi di incendi localizzati. Nell'ultimo modello ci sono uno strato caldo che è vicino al soffitto e uno strato freddo vicino al pavimento.
- Limitazioni: Ozone non include un modello per la pirolisi ma include due modelli di combustione (modello per fiamme esterne e estese) che modificano l'andamento della curva del tasso di rilascio termico (RHR – definita dall'utilizzatore) in funzione del bilancio della massa di ossigeno. La geometria del compartimento è ristretta a quattro pareti e tre aperture.

Documentazione:

- Guida all'uso:
“The design Fire Tool Ozone V2.0 – Theoretical Description and Validation On Experimental Fire Tests”
Rapport interne SPEC/2001_01 University of Liege, Belgium, June 2001.
J. F. Cadorin; J. M. Franssen; D. Pintea.
Disponibile sul sito: www.ulg.ac.be
- Guida tecnica:
È inclusa nella guida all'uso.
- Documenti e esempi per la validazione:
“Competitive steel buildings through natural fire safety concepts”
Part 2: Natural fire models - The one zone model OZone, Final report
CEC Agreement 7210-SA/125/126/213/214/323/423/522/623/839/937.
Profil ARBED, March 1999.
Disponibile contattando: ecsc-steel@cec.eu.int
“Natural Fire Safety Concepts- Full Scale Test, Implementation in the Eurocodes and Development of an User Friendly design tool”
Part 2: Natural fire models - The one zone model OZone, Final report
CEC Agreement 7210-PA/PB/PC/PE/PF/PR-060.
Draft final report, December 2000.
Disponibile contattando: ecsc-steel@cec.eu.int
“On the application field of Ozone V2”
Rapport interne N°M&S/2002-003 University of Liege, Belgium, 2002.
J. F. Cadorin
“Compartment fire models for structural engineering”
Doctoral thesis of J. F. Cadorin University of Liege.
J. F. Cadorin
Disponibile sul sito: www.ulg.ac.be

Per ulteriori informazioni è possibile inviare una e-mail ai nomi indicati tra i contatti.

Aspetti legati all'utilizzatore:

- Interfaccia: Visual Basic
- Dati di Input/Output: Include un generatore di relazioni in formato testo.
- Grafica: Include un generatore di relazioni in formato grafico.

5.3.3 Conclusioni:

- Metodologia di calcolo affidabile
- Documentazione altamente dettagliata

- Di facile utilizzo
- Conoscenza da parte dell'utilizzatore richiesta: Media

5.4 FDS - Fire Dynamics Simulator & Smokeview:

5.4.1 Identificazione del Software (FDS – numero ID: 55 – numero ID: 66):

- Nome: FDS – Fire Dynamics Simulator / Smokeview
- Versione: FDS Version 3 / Smokeview Version 3.1
- Anno: 2002
- Campo di applicazione: Field model (CFD)
- Paese: U.S.A
- Autore/i: FDS - Kevin McGrattan, Glenn Forney. / Smokeview – Glenn Forney
- Organizzazione/i: NIST – National Institute of Standards and Technology
- Requisiti del sistema: UNIX o PC tipo PII 450 o migliore.
- Linguaggio informatico: FORTRAN 90
- Dimensioni: 5.48 MB + 24 MB per gli esempi e la documentazione
- Disponibile sul sito: www.fire.nist.gov
- Contatti: www.fire.nist.gov o è possibile contattare Kevin McGrattan kevin.mcgrattan@nist.com

Descrizione:

Il simulatore dinamico dell'incendio (FDS) è un modello computazionale fluido dinamico (CFD) dei flussi fluidi guidati dal fuoco. Il programma risolve numericamente una forma delle formule di Navier-Stokes adatta per le basse velocità e i flussi guidati termicamente dal fuoco con un'influenza sul trasporto dei fumi e del calore. FDS è indirizzato a risolvere problemi pratici riguardanti l'incendio nell'ingegneria della protezione dal fuoco e allo stesso tempo fornire uno strumento per studiare le dinamiche fondamentali del fuoco e della combustione.

Smokeview è un programma di visualizzazione che viene utilizzato per vedere i risultati delle simulazioni di FDS. Smokeview visualizza i risultati dei modelli di simulazione di FDS mostrando: il flusso delle particelle, l'ombra dei contorni del flusso dei gas in forma 2D o 3D, così come la temperatura e i vettori di flusso che mostrano la direzione e l'intensità del flusso. Smokeview visualizza anche i dati staticamente in corrispondenza di particolari tempi, ancora usando contorni 2D o 3D.

5.4.2 Aspetti per la valutazione:

Metodologia di calcolo:

- Formulazione usata: Nel modello viene usata una forma approssimata delle equazioni di Navier-Stokes appropriate per un basso numero di applicazioni tipo Mach. L'approssimazione prevede l'esclusione di onde acustiche mentre permette grandi variazioni nella temperatura e nella densità. Questo dà all'equazione un carattere ellittico, consistente con basse velocità e processi convettivi. La computazione può essere anche trattata come una Simulazione Numerica Diretta (DNS), in cui i termini dissipativi vengono computati direttamente, o come una Simulazione di un Grande Vortice (LES), in cui i vortici di grandi dimensioni sono computati direttamente e vengono modellati i processi dissipativi in scala. La scelta tra DNS e LES dipende dall'obiettivo del calcolo e dalla risoluzione della griglia computazionale. In FDS vengono usati due modelli di combustione. Per un calcolo con DNS, dove la diffusione del fluido e dell'ossigeno può essere modellata direttamente con uno step globale, è più appropriata una reazione chimica a tassi finiti. In un calcolo LES dove la griglia non è fine abbastanza da risolvere la diffusione del fluido e dell'ossigeno, il modello usa una combustione mista basata sulle frazioni.

- Ipotesi adottate: il basso numero di equazioni tipo Mach vengono risolte numericamente dividendo lo spazio fisico dove viene simulato il fuoco in un grande numero di celle rettangolari. Dentro ogni cella la velocità del gas, la temperatura, etc, vengono assunte uniformi, variabili solo nel tempo. L'accuratezza con cui possono essere simulate le dinamiche relative all'incendio dipende dal numero di celle incorporate nella simulazione.
- Limitazioni: il calcolo deve essere condotto nel dominio fatto da blocchi rettangolari, ognuno con la sua griglia rettilinea. Non possono essere modellati domini non rettangolari. FDS non ha un pre-processore, è richiesta la generazione di un file di testo di input (non di facile utilizzo).

Documentazione:

- Guida all'uso:
 "Fire Dynamics Simulator (Version 3) – User's Guide"
 NISTIR 6784 2002.
 McGrattan K. B., Forney G. P., Floyd J. E., Hostikka S. And Prasad K.
 Disponibile sul sito: www.fire.nist.gov
 "User's Guide for Smokeview Version 3.1 – A Tool for Visualising Fire Dynamics Simulation Data"
 NISTIR 6980 2003.
 Forney G. P. and McGrattan K. B.
 Disponibile sul sito: www.fire.nist.gov
- Guida tecnica:
 "Fire Dynamics Simulator (Version 3) – Technical reference Guide"
 NISTIR 6783 2002.
 McGrattan K. B., Baum H. R., Rehm R. G., Hamins A., Forney G. P., Floyd J. E., Hostikka S. and Prasad K.
 Disponibile sul sito: www.fire.nist.gov
- Documenti e esempi per la validazione:
 Documenti e esempi per la validazione sono disponibili sul sito www.fire.nist.gov

Aspetti legati all'utilizzatore:

- Interfaccia: FDS MS-DOS / Smokeview – Windows Open GL view
- Dati di Input/Output: programma Smokeview.
- Grafica: programma Smokeview.

5.4.3 Conclusioni:

- Metodologia di calcolo affidabile
- Documentazione altamente dettagliata
- FDS non di facile utilizzo
 Smokeview di facile utilizzo
- Conoscenza da parte dell'utilizzatore richiesta: Media

5.5 AFCB (Progettazione di travi composte esposte al fuoco)

5.5.1 Identificazione del Software (numero ID 73)

- Nome: AFCB (Progettazione di travi composte in caso di incendio)
- Versione: 3.07
- Anno: 2003
- Campo di applicazione: modelli della resistenza al fuoco delle strutture
- Paese: Luxembourg

- Autore/i: Henri Colbach
- Organizzazione/i: Arcelor LCS research centre
- Requisiti del sistema: Windows 95/98/2000/NT, 100 Mhz, 32 MB RAM, 6x CD-ROM drive.
- Dimensioni: 3 MB
- Disponibile sul sito: il software è disponibile gratuitamente su www.sections.arcelor.com.
- Contatti:
 - Arcelor LCS research centre
 - 66, rue de Luxembourg
 - L-4221 Esch-sur-Alzette
 - Phone (+352) 5313-3007
 - Fax (+352) 5313-3095
 - E-mail: europofil.dsm@profilarbed.lu
 - Internet: www.sections.arcelor.com

Descrizione:

Il programma AFCB calcola il momento resistente ultimo per travi composte a temperatura ambiente secondo l'Eurocodice 4 Part. 1.1 (ENV 1994-1-1), per le classi R30, R60, R90, R120 e R180 di esposizione alla curva di incendio ISO in accordo all'Eurocodice 4 Part. 1.2 (ENV 1994-1-2).

Il programma ha la seguente struttura:

- DATI DI INPUT:
 - Progetto: informazioni generali inerenti il progetto.
 - Sezioni: ci sono tre differenti modi per definire i profili:
 - a) Scrivere il nome completo della sezione in lettere maiuscole (e.g. HE 300 A)
 - b) Selezionare la serie di profili dando il nome della serie (IPE, HE, HL, HD, HP, W, UB o UC), quindi selezionare il profilo nella lista scelta.
 - c) Selezionare il profilo direttamente nell'elenco.
 - Solette: sebbene il programma non fa calcoli per le solette, sono necessarie alcune informazioni su di esse per determinare la loro partecipazione alla resistenza della trave e la riduzione che deve essere fatta in caso di incendio.
 - Barre di armatura: l'utilizzatore deve definire le barre di armatura nel cemento tra le flange e le barre nella soletta.
 - Materiali: definisce le proprietà meccaniche di ogni materiale: tensione di snervamento del profilo di acciaio, resistenza cilindrica caratteristica del cemento nel profilo e nella soletta e la tensione di snervamento delle barre di armatura nel profilo e della rete elettrosaldata che si trova nella soletta.
 - Coefficienti di sicurezza per i materiali: l'utilizzatore può scegliere i fattori da applicare alla resistenza di ognuno dei materiali per entrambe le situazioni, verifica a servizio e verifica al fuoco.
 - Sistema: l'utilizzatore può scegliere tra tre possibili metodi di calcolo:
 - a) Calcolo della resistenza della sezione: determina i valori plastici della resistenza di una data sezione.
 - b) Dimensionamento per un carico fissato: l'utilizzatore può definire i carichi. La trave sarà prima analizzata nelle condizioni di esercizio a freddo e, se la sua resistenza è insufficiente per questo caso, l'utilizzatore potrà modificare la sezione. Se essa è sufficiente per la verifica a freddo, il calcolo per la condizione di incendio sarà fatto per la prima volta. Se la sezione non resiste a caldo allora il programma proverà altre combinazioni di armature allo scopo di trovare quello che dà alla trave la resistenza necessaria. Le combinazioni di armature sono scritte nel file "rebars.reb". l'utilizzatore può modificare questo file.
 - c) Dimensionamento in base alla minima resistenza della sezione: simile a b). La principale differenza è che in questo caso i valori della resistenza necessaria non vengono calcolati

utilizzando i carichi ma sono introdotti direttamente. Usa questo tipo di calcolo se utilizzi momenti resistenti calcolati a mano o con un altro programma.

- **RISULTATI:** il programma calcola i seguenti risultati per la condizione a freddo e a caldo:
 - Momento ultimo positivo, M+
 - Momento ultimo negativo, M-
 - Taglio ultimo
 - Per i tipi di calcolo b) e c), il programma calcola il rapporto di utilizzazione e le armature (se qualcuna è presente).
 - Dettagli: tutti i dettagli del calcolo per la condizione di servizio e per la classe di resistenza al fuoco scelta sono scritte in questo foglio. L'utilizzatore può trovare tutti i dati introdotti al limite superiore della soletta di calcestruzzo. Inoltre, esso contiene anche tutti i valori ridotti dei momenti positivi e tutti i valori ridotti dei momenti negativi.
 - Grafica: in base al tipo di calcolo possono essere tracciati i seguenti grafici: disegno della sezione, diagramma dei momenti, grafici per il calcolo della resistenza della sezione.

5.5.2 *Aspetti per la valutazione:*

Metodologia di calcolo:

- Formulazione usata: la metodologia di calcolo è inclusa nell'Eurocodice 4 Part. 1.1 e 1.2.
- Ipotesi adottate:
 - Questo programma tratta travi semplicemente appoggiate o continue.
 - L'Annesso H di ENV 1994-1-1 non viene considerato.
 - Le barre di rinforzo mostrate nella sezione riproducono solo la definizione testuale delle barre per il calcolo. Queste possono essere differenti dalle barre usate per il calcolo. È necessario verificare in "Details" o nella grafica quali barre sono state realmente disposte e usate per il calcolo.
- Limitazioni:
 - La verifica allo sforzo di taglio non è inclusa nel programma. Essa deve essere fatta separatamente.
 - Sono disponibili per il calcolo solo le sezioni aperte.

Documentazione:

- Guida all'uso: è inclusa nel modulo di aiuto del programma.
- Guida tecnica: Eurocode 4 Parti 1.1 e 1.2.
- Disponibile sul sito: Il programma è disponibile gratuitamente sul sito www.sections.arcelor.com
- Documenti e esempi di validazione: il programma è sufficientemente validato perchè esso segue la stessa metodologia di calcolo dell'Eurocodice 4.

Aspetti legati all'utilizzatore:

- Interfaccia: Windows
- Dati di Input/Output: l'utilizzatore può stampare i dati di output in formato sintetizzato o completo. Nel formato completo, tutti i dati di input e di output (risultati per il momento ultimo positivo e negativo e per il taglio ultimo, e la resistenza della sezione a momento positivo e negativo sia a freddo che a caldo) possono essere stampati.
- Grafica: il programma traccia un disegno della sezione e la distribuzione di momenti resistenti positivi o negativi a freddo o in caso di incendio.

5.5.3 *Conclusioni:*

- Metodologia di calcolo affidabile

- Documentazione altamente dettagliata
- Di facile utilizzo
- Conoscenza da parte dell'utilizzatore richiesta: Media

5.6 AFCC (Progettazione al fuoco di colonne composte)

5.6.1 Identificazione del Software (numero ID 74)

- Nome: AFCC (Progettazione a caldo di colonne composte)
- Versione: 3.05
- Anno: 2003
- Campo di applicazione: modello per la resistenza al fuoco delle strutture
- Paese: Luxembourg
- Autore/i: Henri Colbach
- Organizzazione/i: Arcelor LCS research centre
- Requisiti del sistema: Windows 95/98/2000/NT, 100 Mhz, 32 MB RAM, 6x CD-ROM drive.
- Dimensioni: 2,5 MB
- Disponibile sul sito: il software è disponibile gratuitamente sul sito www.sections.arcelor.com.
- Contatti:
 - Arcelor LCS research centre
 - 66, rue de Luxembourg
 - L-4221 Esch-sur-Alzette
 - Tel (+352) 5313-3007
 - Fax (+352) 5313-3095
 - E-mail: europofil.dsm@profilarbed.lu
 - Internet: www.sections.arcelor.com

Descrizione:

Il programma AFCC calcola il carico ultimo per le colonne composte AF 30/120 a temperatura ambiente in accordo all'Eurocodice 4 Part. 1.1 (ENV 1994-1-1), per le classi di resistenza al fuoco ISO R30, R60, R90 e R120, secondo l'Eurocodice 4 Part. 1.2 (ENV 1994-1-2).

Il programma ha la seguente struttura:

- **DATI DI INPUT:**
 - Progetto: informazioni generali riguardo al progetto.
 - Sezioni: ci sono tre differenti modi per definire i profili:
 - d) Scrivere il nome completo della sezione in lettere maiuscole (e.g. HE 300 A)
 - e) Selezionare la serie di profili dando il nome della serie (IPE, HE, HL, HD, HP, W, UB o UC), quindi selezionare il profilo nella lista scelta.
 - f) Selezionare il profilo direttamente nell'elenco.
 - Barre di armatura: l'utilizzatore deve definire il diametro delle barre e la loro posizione.
 - Materiali: definire le proprietà meccaniche di ogni materiale: tensione di snervamento del profilo di acciaio, resistenza cilindrica caratteristica del cemento nel profilo e la tensione di snervamento delle barre di armatura nel profilo.
 - Coefficienti di sicurezza per i materiali: l'utilizzatore può scegliere i fattori da applicare alla resistenza di ognuno dei materiali per entrambe le situazioni, verifica a servizio e verifica al fuoco.
 - Lunghezza di libera inflessione: l'utilizzatore deve definire le lunghezze di libera inflessione per l'asse forte e l'asse debole della colonna AF sia per le condizioni di servizio che per la condizione di incendio.

- Eccentricità: eccentricità del carico sull'asse debole e sull'asse forte del profilo (entrambi in mm).
- **RISULTATI**: il programma calcola per 5 condizioni – temperatura ambiente per condizioni di servizio, tempo di resistenza al fuoco 30 minuti (R30), tempo di resistenza al fuoco 60 minuti (R60), tempo di resistenza al fuoco 90 minuti (R90) e tempo di resistenza al fuoco 120 minuti (R120) – i seguenti carichi:
 - Sforzo normale ultimo, instabilità intorno all'asse debole del profilo (prima colonna)
 - Sforzo normale ultimo, instabilità intorno all'asse forte del profilo (seconda colonna)
 - Azione assiale ultima eccentrica intorno all'asse debole (terza colonna)
 - Azione assiale ultima eccentrica intorno all'asse forte (quarta colonna)
 - Azione assiale ultima eccentrica intorno ad entrambi gli assi (quinta colonna)
- **Dettagli**: tutti i dettagli del calcolo vengono scritti (lunghezza di libera inflessione, resistenza plastica, carico critico, rapporto di snellezza relativa, coefficiente di snellezza) per la condizione di servizio e per le classi di resistenza al fuoco R30, R60, R90 e R120. È dato inoltre il peso della colonna a metro lineare, incluse informazioni separate sul profilo, sul cemento e sulle barre di armatura.
- **Grafica**: questa parte del programma mostra una vista generale della sezione definita dall'utilizzatore (dati geometrici del profilo di acciaio, posizione delle barre...)

5.6.2 Aspetti per la valutazione:

Metodologia di calcolo:

- Formulazione usata: il metodo di calcolo è incluso nell'Eurocodice 4 Part. 1.1 e 1.2.
- Ipotesi adottate:
 - Questo programma calcola le colonne sottoposte a carichi con una piccola eccentricità costante.
 - Il programma calcola solo colonne doppio simmetriche parzialmente incassate con sezione uniforme su tutta la lunghezza della colonna.
 - L'Annesso H di ENV 1994-1-1 non è considerato.
 - La percentuale di armatura deve rispettare le seguenti regole: ENV 1994-1-1, 4.8.3.1(3e) e 4.8.2.5(3) e ENV 1994-1-2, 4.3.6.2(2).
- Limitazioni:
 - Sono disponibili per il calcolo solo sezioni aperte.

Documentazione:

- Guida all'uso: la guida all'uso è inclusa nel modulo di aiuto del programma.
- Guida tecnica: Eurocode 4 Parts 1.1 e 1.2.
- Disponibile sul sito: il programma è disponibile gratuitamente sul sito www.sections.arcelor.com
- Documenti e esempi di validazione: il programma è validato a sufficienza perchè esso segue la stessa metodologia di calcolo dell'Eurocodice 4.

Aspetti legati all'utilizzatore:

- Interfaccia: Windows
- Dati di Input/Output: l'utilizzatore può stampare i dati di output in formato sintetizzato o completo. Nel formato completo vengono scritti tutti i dati di input e di output (asse debole e asse forte in condizioni di servizio, asse debole e asse forte in corrispondenza delle classi di resistenza al fuoco R30, R60, R90, R120 e il peso per unità di lunghezza del profilo di acciaio, il calcestruzzo, le principali armature e il peso totale).
- Grafica: il programma traccia un disegno della sezione.

5.6.3 Conclusioni:

- Metodologia di calcolo affidabile
- Documentazione altamente dettagliata
- Di facile utilizzo
- Conoscenza da parte dell'utilizzatore richiesta: Media

5.7 Elefir:

5.7.1 Identificazione del software (numero ID 77):

- Nome: Elefir
- Versione: 2.1
- Anno: 1998
- Campo di applicazione: modello per la resistenza al fuoco delle strutture
- Paese: Belgium
- Autore/i: Dan Pintea, Laurent Miévis, Gilles Gustin, Jean-Marc Franssen
- Organizzazione/i: University of Liege
- Requisiti del sistema: Windows 95 o migliori.
- Dimensioni: 8 MB
- Disponibile in: sito di University of Liege (<http://www.ulg.ac.be/matstruc/Download.html>)
- Contatti: Jean-Marc Franssen (jm.franssen@ulg.ac.be)

Descrizione:

ELEFIR è un programma informatico che calcola la resistenza al fuoco di semplici elementi di acciaio con sezione a I caricati intorno all'asse forte.

- Sono disponibili le sezioni più comuni: HD, HE, HL, HP, IPE, UB, UC, W, L.
- Per l'esposizione al fuoco ci sono due possibilità: tre o quattro lati dell'elemento.
- Possibilità in riferimento alla protezione dal fuoco della sezione: nessuna protezione, protezione aderente o scatolare.
- Sono disponibili le proprietà di molti materiali di protezione dal fuoco: lana di roccia/vetro, gesso ed è anche permesso introdurre un nuovo materiale definito dall'utilizzatore.
- Sono disponibili molte curve di incendio: curva ISO, curva per incendi esterni, curva per idrocarburi, curva ASTM e c'è anche la possibilità di introdurre una curva di incendio definita dall'utilizzatore.

Possono essere condotti i seguenti calcoli:

- Calcolo del tempo in cui si raggiunge la temperatura critica dell'elemento.
- Temperatura raggiunta dopo il tempo critico fissato.
- Calcolo della temperatura critica dell'elemento e tempo critico per elementi soggetti a trazione, compressione, flessione e presso-flessione.

5.7.2 Aspetti per la valutazione:

Metodologia di calcolo:

- Formulazione usata:
 - Il calcolo è basato su ENV 1993-1-2 (Eurocodice 3).
 - Può essere usato anche il documento di applicazione nazionale del Belgio (NBN ENV 1993-1-2).
- Limitazioni adottate:
 - La temperatura nella sezione viene considerata con una distribuzione uniforme equivalente.

- Limitazioni:
 - Sono disponibili solo sezioni aperte.
 - L'esposizione al fuoco può essere solo su tre o quattro lati dell'elemento.
 - Solo sezioni doppio-simmetriche.
 - Se durante il riscaldamento la sezione diventa di Classe 4, il programma si ferma. Non è stata applicata l'ultima revisione di EN 1993-1-2 che permette di considerare che la classe della sezione rimanga in condizioni di incendio uguale a quella alla temperatura iniziale.

Documentazione:

- Guida d'uso: non disponibile, ma non necessaria (facile da usare)
- Guida tecnica: ENV 1993 1-2 (Eurocodice 3)
- Documenti e esempi di validazione: non disponibili

Aspetti legati all'utilizzatore:

- Interfaccia: Windows
- Dati di Input/output: include file di testo e in forma grafica.
- Grafica: il programma traccia le curve di temperatura.

5.7.3 Conclusioni:

- Metodologia di calcolo affidabile
- Documentazione: ENV 1993-1-2 (EC3)
- Di facile utilizzo
- Conoscenza da parte dell'utilizzatore richiesta: Bassa

5.8 Elefir-EN:

5.8.1 Identificazione del Software (numero ID 173):

- Nome: Elefir-EN
- Versione: 1.0
- Anno: 2008
- Campo di applicazione: modello per la resistenza al fuoco delle strutture
- Paese: Portugal/Belgium
- Autore/i: Bárbara Pires, Nuno Lopes, Paulo Vila Real, Dan Pintea, Jean-Marc Franssen
- Organizzazione/i: University of Aveiro/University of Liege
- Requisiti del sistema: Windows 95 or higher.
- Dimensioni: 8 MB
- Disponibilità: con il manuale ECCS Eurocode Design Manual "Fire Design of Steel structures" (www.eccspublications.eu)
- Contatti: Paulo Vila Real (pvreal@ua.pt), (Jean-Marc Franssen (jm.franssen@ulg.ac.be))

Descrizione:

Elefir-EN è un programma informatico che calcola la resistenza al fuoco di semplici elementi di acciaio con sezioni a I, H, L, RHS e CHS caricati intorno all'asse forte o all'asse debole.

- Sono disponibili le sezioni più comuni: HD, HE, HL, HP, IPE, UB, UC, W, L, RHS, CHS.
- Per l'esposizione al fuoco ci sono due possibilità: tre o quattro lati dell'elemento.
- Possibilità in riferimento alla protezione dal fuoco della sezione: nessuna protezione, protezione aderente o scatolare.
- Sono disponibili le proprietà di molti materiali di protezione dal fuoco: lana di roccia/vetro, gesso ed è anche permesso introdurre un nuovo materiale definito dall'utilizzatore.

- Possono essere definite dall'utilizzatore le proprietà termiche dei materiali di protezione dal fuoco dipendenti dalla temperatura.
- Sono disponibili molte curve di incendio: curva ISO, curva per incendi esterni, curva per idrocarburi, incendi localizzati, curve di incendio parametriche e c'è anche la possibilità di introdurre una curva di incendio definita dall'utilizzatore.

Possono essere eseguiti i seguenti calcoli:

- Calcolo del tempo in cui si raggiunge la temperatura critica dell'elemento.
- Temperatura raggiunta dopo il tempo critico fissato.
- Calcolo della temperatura critica dell'elemento e tempo critico per elementi soggetti a trazione, compressione, presso-flessione, momento e taglio, analisi globale plastica di travi continue.
- Valutare lo spessore di protezione dal fuoco necessario per assicurare una certa resistenza.

5.8.2 *Aspetti per la valutazione:*

Metodologia di calcolo:

- Formulazione usata:
 - I calcoli sono basati su EN 1991-1-2 e EN 1993-1-2 (Eurocodice 3).
- Ipotesi adottate:
 - La temperatura nella sezione è considerata con un distribuzione uniforme equivalente.
- Limitazioni:
 - Esposizione al fuoco solo su tre o quattro lati dell'elemento.
 - Solo sezioni con doppia simmetria in flessione e compressione.
 - Solo sezioni di Classe 1, 2 e 3.

Documentazione:

- Un capitolo sul manuale di progetto con gli Eurocodici di ECSC "Fire Design of Steel structures", è stato scritto per spiegare l'uso di Elefir-EN

Aspetti legati all'utilizzatore:

- Interfaccia: Windows
- Dati di Input/output: inclusi file di testo e grafici.
- Grafica: il programma traccia le curve delle temperature.

5.8.3 *Conclusioni:*

- Metodologia di calcolo affidabile
- Manuale per la progettazione disponibile presso ECCS
- Di facile utilizzo
- Conoscenza da parte dell'utilizzatore richiesta: Bassa

5.9 *H-Fire*

5.9.1 *Informazioni generali (numero ID: 78)*

- Nome: H-Fire
- Versione: 04.1
- Anno: 2004
- Campo di applicazione: modelli per la resistenza al fuoco delle strutture - semplificati
- Paese: Germany

- Autore/i: P.Schaumann, S.Hothan
- Organizzazione/i: University of Hannover, Institute for Steel Construction
- Lingua: German, English
- Requisiti di sistema: Pentium PC, Microsoft Windows, Microsoft Office
- Dimensioni: 12.6 MB
- Costo: gratuito
- Disponibilità: University of Hannover, Institute for Steel Construction
- Contatti: www.stahlbau.uni-hannover.de

Descrizione:

Calcolo della resistenza di progetto di elementi composti esposti al fuoco per mezzo dei metodo semplificato di EN 1994-1-2.

5.9.2 Aspetti per la valutazione:

Metodologia di calcolo:

- Formulazione usata: il calcolo è basato sul metodo semplificato di ENV 1994-1-2 (Eurocodice 4), ad eccezione delle solette composte per le quali è basato sul metodo di calcolo semplificato di EN 1994-1-2
- Ipotesi adottate: come per i modelli di calcolo semplificati
- Limitazioni: come per i modelli di calcolo semplificati

Documentazione:

- Guida all'uso: breve descrizione disponibile su www.stahlbau.uni-hannover.de
- Guida tecnica: il calcolo è basato sul modello semplificato di calcolo di ENV 1994-1-2 (Eurocodice 4), ad eccezione per le solette composte per le quali è basato sul metodo di calcolo semplificato di prEN 1994-1-2
- Disponibilità: per ottenere una versione, contattare www.stahlbau.uni-hannover.de
- Documenti e esempi di validazione: nessuno

Aspetti legati all'utilizzatore:

- Interfaccia: Windows; Microsoft Excel e Microsoft Access
- Dati di Input/Output: il programma fornisce la maggioranza dei dati di input e tutti i dati di output
- Grafica: quando necessario, il programma traccia le curve

5.9.3 Conclusioni:

- Metodologia di calcolo affidabile
- Documentazione altamente dettagliata
- Di facile utilizzo
- Conoscenza da parte dell'utilizzatore richiesta: Media

5.10 Potfire (numero ID 81):

5.10.1 Identificazione del Software:

- Nome: Potfire
- Versione: 1.11
- Anno: 2001

- Campo di applicazione: resistenza strutturale al fuoco
- Paese: France
- Autore/i: Geneviève Fouquet, George Tabet, Bin Zhao, Julien Kruppa
- Organizzazione/i: CTICM, TNO, CIDECT
- Requisiti di sistema: Pentium 200 Mhz, W95, CD-Rom, e 24 MB RAM
- Linguaggio informatico:
- Dimensioni: 15 MB
- Disponibile sul sito: www.cidect.org
- Contatti: www.cidect.org

Descrizione:

Il programma POTFIRE è uno strumento di progettazione basato sulla modellazione pratica descritta nell'annesso G di EC4 ENV 1994-1-2 "Regole generali – calcolo del comportamento al fuoco".

POTFIRE permette o la valutazione della durata di resistenza al fuoco di una colonna tubolare riempita di calcestruzzo non protetta sottoposta ai noti carichi di progetto o la valutazione della capacità portante ultima dopo un certo tempo di esposizione alla curva di incendio standard ISO.

5.10.2 *Aspetti per la valutazione:*

Metodologia di calcolo:

- Formulazione usata: il set completo delle equazioni usate dal modello per descrivere il comportamento termico, meccanico e strutturale è dato in Annesso 2 di "POTFIRE User's Manual" incluso nel programma.
- Ipotesi adottate: l'utilizzatore di POTFIRE deve tenere conto che una progettazione accurata delle sollecitazioni in corrispondenza della sommità e della base della colonna o ai vincoli di una colonna continua è necessaria per assicurare che i carichi siano introdotti nella colonna in modo corretto e il trasferimento del carico sia mantenuto nella condizione di incendio.
- Limitazioni: l'Eurocodice 4 Part. 1.2 Annesso G è limitato a un certo intervallo di dimensioni delle colonne (diametro e lunghezza).

Documentazione:

- Guida all'uso: sì (inclusa nel software)
- Guida tecnica: consigli sui dettagli per la buona progettazione al fuoco sono dati sia in Eurocodice 4, Part 1-2 che nella guida alla progettazione CIDECT Design Guide 4 "Design Guide for Structural Hollow Section Columns Exposed to Fire".
- Documenti e esempi di validazione: No

Aspetti legati all'utilizzatore:

- Interfaccia: Windows, tutti i dati di input e output sono mostrati in uno schermo per il calcolo.
- Dati di Input/Output: il programma fornisce una relazione completa dei dati di input e output.
- Grafica: il programma non fornisce informazioni grafiche.

5.10.3 *Conclusioni:*

- Metodologia di calcolo affidabile
- Documentazione altamente dettagliata
- Di facile utilizzo
- Conoscenza da parte dell'utilizzatore richiesta: Bassa

5.11 ABAQUS

5.11.1 Informazioni generali (numero ID: 86)

- Nome: Abaqus
- Versione: 6.4
- Anno: 2003
- Campo di applicazione: modelli per la resistenza al fuoco delle strutture - avanzati
- Paese: United States
- Autore/i: David Hibbit, Bengt Karlsson, Paul Sorensen
- Organizzazione/i: Abaqus Inc.
- Lingua: English
- Requisiti del sistema: per ambiente Windows:
 - Windows 2000 Professional (SP3 è fortemente raccomandato)
 - Pentium© III (o più recenti) processori con velocità di 2 GHz o di più sono raccomandati
 - Compaq Visual Fortran 6.0 (Update A)
 - Microsoft Visual C/C++ 6.0 (12.00.8804)
 - Internet Explorer 5.5 or Netscape 6 (richiesto per la documentazione online)
- Dimensioni: -
- Costo: consultare i distributori Abaqus
- Disponibile sul sito: www.abaqus.com
 - Abaqus Inc
 - 1080 Main Street
 - Pawtucket, RI 02860-4847
 - Tel: +1 401 727 4200
 - Fax: +1 401 727 4208
- Contatti: www.abaqus.com

Descrizione:

Il programma Abaqus è una serie di applicazioni interagenti per l'analisi agli elementi finiti. Esso fornisce un sistema unico per l'analisi ingegneristica e per prototipi digitali di supporto alla progettazione e alla produzione.

5.11.2 Aspetti per la valutazione:

Metodologia di calcolo:

- ABAQUS/Standard: fornisce una grande varietà di procedure di analisi che permettono di risolvere efficacemente e in modo affidabile una vasta gamma di problemi, dalle analisi lineari di routine alle analisi non-lineari complesse a più fasi. Esso può simulare una varietà di fenomeni fisici come il trasferimento di calore, la diffusione di massa, acustica, insieme a analisi tensioni/deformazioni.
- ABAQUS/Explicit: fornisce soluzioni tecniche agli elementi finiti per simulare una grande varietà di eventi dinamici e quasi statici (specialmente quelli che coinvolgono impatti e altri eventi fortemente discontinui) in modo robusto, accurato e efficiente. Esso supporta non solo analisi tensioni/deformazioni ma anche analisi temperatura/spostamenti completamente accoppiate ad un transitorio dinamico, analisi acustiche e analisi accoppiate acustiche-strutturali.
- ABAQUS/CAE: ambiente di modellazione agli elementi finiti con funzionalità organizzate in moduli e set di strumenti.

Documentazione:

- Documentazione disponibile:
 - Addestramento:
 - Iniziare con Abaqus
 - Iniziare con Abaqus/Standard: versione Keywords
 - Iniziare con Abaqus/Explicit: versione Keywords
 - Note di lezione
 - Analisi:
 - Manuale di utilizzo di Abaqus
 - Modellazione e visualizzazione:
 - Manuale di utilizzazione di Abaqus/CAE
 - Esempi:
 - Manuale di esempi di Abaqus
 - Manuale di riferimento di Abaqus
 - Riferimenti:
 - Manuale di teoria di Abaqus

Aspetti legati all'utilizzatore:

- Interfaccia: Windows
- Dati di Input/Output: dati di input riportati nel file di input (*.inp) e dati di output riportati nella banca dati di output (*.odb).
- Grafica: rappresentazioni 2D/3D del modello e dei dati di output.

5.11.3 *Conclusioni:*

- Metodologia di calcolo affidabile
- Documentazione altamente dettagliata
- Non di facile utilizzo
- Conoscenza da parte dell'utilizzatore richiesta: Alta

5.12 *BoFire*

5.12.1 *Informazioni generali (numero ID: 89)*

- Nome: BoFire
- Versione: 7
- Anno: 2004
- Campo di applicazione: modelli per la resistenza al fuoco delle strutture
- Paese: Germany
- Autore/i: Peter Schaumann, Jens Upmeyer, Florian Kettner
- Organizzazione/i: Institute for Steel Construction
- Lingua: German
- Requisiti di sistema: Windows 95/98/2000/NT, 100 Mhz, 32 MB RAM
- Dimensioni: 200 kB
- Il programma non al momento è disponibile

Descrizione:

BoFire è un codice informatico che tiene conto del transitorio, non lineare, incrementale basato sul metodo agli elementi finiti. Per le proprietà dei materiali sono implementate le definizioni delle

proprietà termiche e meccaniche di ENV 1994-1-2. Possono essere analizzate strutture di acciaio, cemento e composte acciaio-calcestruzzo.

5.12.2 *Aspetti per la valutazione:*

Metodologia di calcolo:

- Formulazione utilizzata: un codice informatico che tiene conto del transitorio, non lineare, incrementale basato sul metodo agli elementi finiti.
- Ipotesi adottate:
 - Questo programma tratta travi colonne o elementi piani con qualsiasi sezione.
 - Sono implementate le proprietà dei materiali di ENV 1994-1-2 (1994).
- Limitazioni:
 - Non tratta strutture tridimensionali
 - Non tratta lastre di pannelli con capacità portante in due direzioni
 - Non considera le deformazioni da taglio della sezione (ipotesi di Bernoulli)

Documentazione:

Al momento non c'è documentazione disponibile

Aspetti legati all'utilizzatore:

- Interfaccia: Windows
- I dati di Input/Output sono riportati in semplici file di testo. L'interfaccia grafica HaFront può essere utilizzata per creare i file di input.
- Grafica: il codice include una libreria di dati che possono essere disegnati, DISLIN dà l'opportunità di creare disegni colorati della distribuzione di temperatura o disegni tridimensionali delle tensioni o delle deformazioni.

5.12.3 *Conclusioni:*

- Metodologia di calcolo affidabile
- Documentazione non ancora disponibile
- Di facile utilizzo
- Conoscenza da parte dell'utilizzatore richiesta: Media

5.13 *Evacnet4:*

5.13.1 *Identificazione del Software (numero ID 120)*

- Nome: Evacnet4
- Versione: 1.4
- Anno: 1998
- Campo di applicazione: Evacuazione
- Paese: United States
- Autore/i: T.M. Kisko, R.L. Francis, C.R. Nobel
- Organizzazione/i: University of Florida
- Requisiti del sistema: Windows 95 o migliore
- Dimensioni: meno di 1 MB
- Disponibile sul sito: <http://www.ise.ufl.edu/kisko/files/evacnet>
- Contatti: Thomas Kisko, 352-392-1293, kisko@ise.ufl.edu

Descrizione:

EVACNET4 è un programma informatico interattivo che modella l'evacuazione dagli edifici. Il programma accetta una descrizione a rete dell'edificio e informazioni sul suo iniziale contenuto all'inizio dell'evacuazione. Da queste informazioni, EVACNET4 produce risultati che descrivono l'evacuazione ottimale dell'edificio. Ogni evacuazione è ottimale nel senso che minimizza il tempo per evacuare l'edificio. Le persone vengono evacuate nel più breve tempo possibile.

*5.13.2 Aspetti per la valutazione:***Metodologia di calcolo:**

- Formulazione usata: EVACNET prende il modello a rete fornito dall'utilizzatore e determina il piano ottimale di evacuazione dell'edificio in un tempo "minimo". Questo viene fatto usando un avanzato algoritmo per la valutazione della capacità di flusso di reti di trasporto, un algoritmo specialistico usato per risolvere problemi di programmazione lineare con reti di strutture.
- Ipotesi adottate: la formulazione di un modello di EVACNET, per poter essere fatto, forza certe ipotesi. Queste ipotesi possono fare in modo che il risultato sia meno realistico. Migliore è la comprensione del modello da parte dell'utilizzatore, più possibilità ci sono di ottenere risultati validi. Le principali ipotesi che il programma adotta che l'utilizzatore deve conoscere sono:
 - EVACNET è un sistema di modellazione lineare. Le capacità degli archi dinamici e i tempi degli archi trasversali non cambiano nel tempo.
 - EVACNET non rappresenta aspetti di comportamento. Le sole azioni modellate sono quelle che portano a raggiungere il minore tempo di evacuazione possibile.
 - EVACNET è basato su un punto di vista globale; non un punto di vista individuale. Questo significa che nel raggiungere il piano di evacuazione ottimale, EVACNET ha la capacità di vedere "tutto". In una evacuazione reale gli individui indipendentemente tendono a raggiungere la soluzione migliore. Uno degli utilizzi di EVACNET può essere la preparazione di potenziali controllori durante l'evacuazione e/o i guardiani di piano su un piano di evacuazione ottimale per l'edificio.
- Limitazioni:

Documentazione:

- Guida all'uso: sì (disponibile sul sito: <http://www.ise.ufl.edu/kisko/files/evacnet>)
- Guida tecnica: sì (disponibile sul sito: <http://www.ise.ufl.edu/kisko/files/evacnet>)
- Documenti e esempi di validazione: vedi riferimenti a validazione sul sito: <http://www.ise.ufl.edu/kisko/files/evacnet>

Aspetti legati all'utilizzatore:

- Interfaccia: MS-DOS
- Dati di input/output: il programma dà informazioni sui restringimenti e sulle persone che si trovano nell'edificio quando viene raggiunto il tempo critico.
- Grafica: il programma non fornisce rappresentazioni grafiche.

5.13.3 Conclusioni:

- Metodologia di calcolo poco affidabile
- Documentazione altamente dettagliata
- Non di facile utilizzo
- Conoscenza da parte dell'utilizzatore richiesta: Bassa

5.14 *Detact-QS:*

5.14.1 *Identificazione del Software (numero ID 133)*

- Nome: Detact-QS
- Versione: 1.3
- Anno: -
- Campo di applicazione: Risposta dell'allarme
- Paese: United States
- Autore/i: D.D. Evans
- Organizzazione/i: NIST (National Institute of Standards and Technology)
- Requisiti di sistema: PC 286
- Dimensioni: 64K di memoria libera
- Disponibile sul sito: il programma è disponibile presso il NIST e gratuitamente in www.fire.nist.gov
- Contatti: www.fire.nist.gov

Descrizione:

DETECT-QS è un programma per il calcolo del tempo di attivazione di strumenti termici posti al di sotto di un soffitto illimitato. Può essere usato per predire il tempo di attivazione di rivelatori di calore a temperatura fissata e sensori di sprinkler soggetti a un incendio definito dall'utilizzatore. I dati di input richiesti dal programma sono l'altezza del soffitto sopra il fuoco, la distanza dello strumento termico dall'asse del fuoco, la temperatura di attivazione dello strumento termico, l'indice di risposta di tempo (RTI) dello strumento e il tasso di rilascio termico del fuoco. I dati di output del programma sono la temperatura dei gas in corrispondenza del soffitto e la temperatura dello strumento entrambi come una funzione del tempo e il tempo richiesto per l'attivazione dello strumento.

5.14.2 *Aspetti per la valutazione:*

Metodologia di calcolo:

- Formulazione usata: DETACT-QS è un modello empirico, che è basato sui dati di correlazione ottenuti da una serie di esperimenti di incendi in grande scala. Il modello risolve un definito integrale usando l'ipotesi di stato quasi statico. Esso risolve molte equazioni algebriche per produrre previsioni. DETACT-QS è composto da un algoritmo che prevede la massima temperatura e velocità di un getto in un soffitto illimitato, sotto un soffitto omogeneo, piano, orizzontale ad un dato raggio dalla linea centrale del fuoco. Esso usa inoltre una massa addensata, un algoritmo di trasferimento del calore per convezione per predire il tempo di attivazione di un rivelatore termico. Le correlazioni usate in DETACT-QS sono state sviluppate da Alpert e usano un indice di risposta nel tempo sviluppato da Heskestad.

- Ipotesi adottate: DETACT-QS assume che lo strumento termico sia collocato in un'area relativamente grande, perciò c'è solo il flusso del fuoco al soffitto che scalda lo strumento e non c'è riscaldamento dai gas caldi accumulati nella stanza.

Il modello assume che il rivelatore che viene analizzato sia montato su un soffitto illimitato, non-ostruito, liscio, piano, orizzontale e che il rivelatore sia collocato al punto di massima temperatura e velocità all'interno del getto a soffitto. Viene considerato solo il trasferimento di calore per convezione tra il getto a soffitto e il rivelatore termico; non sono considerate perdite per conduzione o trasferimento di calore per irraggiamento. Il rivelatore è trattato come una massa addensata. Le temperature e le velocità del pennacchio e del getto a soffitto sono uniformi e assunte con valori massimi nel pennacchio. Il pacchetto di carburante e il pennacchio sono assunti essere su un asse verticale non-ostruito. Non sono considerati effetti di ventilazione e stratificazione. Non viene considerato nessun tempo per il trasporto (o tempo perso) perché i gas caldi passano dal carburante al rivelatore. Per ogni intervallo di input del rilascio termico, il tasso di rilascio termico è mediato sull'intervallo e assunto costante.

- Limitazioni:
 - DETACT-QS sottostima le temperature negli scenari che coinvolgono soffitti bassi quando il rivelatore è vicino alla linea centrale del fuoco, ma le previsioni della temperatura migliorano quando la distanza radiale dal fuoco al rivelatore aumenta. Quando l'altezza del soffitto aumenta, l'accordo tra le previsioni e i dati misurati migliora.
 - C'è migliore accordo tra previsioni e risultati sperimentali per strumenti con alto RTI piuttosto che per strumenti con basso RTI.
 - L'uso di DETACT-QS non sarebbe appropriato in aree piccole dove uno strato di gas si sviluppa prima dell'attivazione.

Documentazione:

- Guida all'uso: No
- Guida tecnica: "Evaluation of the computer fire model DETACT-QS" Morgan J. Hurley, Daniel Madrzykowski
- Disponibile presso: NIST Publications in NIST Web Page www.fire.nist.gov.
- Documenti e esempi di validazione: nel documento Technical Guide sono disponibili confronti con risultati sperimentali.

Aspetti legati all'utilizzatore:

- Interfaccia: MS-DOS
- Dati di Input/output: I dati di output del programma sono la temperatura dei gas in corrispondenza del soffitto e la temperatura dello strumento, entrambi come funzioni del tempo, e il tempo richiesto per l'attivazione dello strumento.
- Grafica: il programma non disegna nessun grafico.

5.14.3 Conclusioni:

- Metodologia di calcolo affidabile
- Documentazione poco dettagliata
- Non di facile utilizzo
- Conoscenza da parte dell'utilizzatore richiesta: bassa

5.15 Jet:

5.15.1 Identificazione del Software (numero ID 137)

- Nome: Jet
- Versione: 1.0
- Anno: 1999
- Campo di applicazione: Risposta dell'allarme
- Paese: United States
- Autore/i: William D. Davis
- Organizzazione/i: NIST (National Institute of Standards and Technology)
- Requisiti del sistema: è raccomandato W95/98/2000. Pentium 166 MHz o migliore. 32 MB di RAM.
- Dimensioni: 4 MB
- Disponibilità: il programma è disponibile presso il NIST gratuitamente (<http://fire.nist.gov>). Il programma e la documentazione possono essere trovati selezionando Fire Modelling Software Online.
- Contatti:
 - William D. Davis

National Institute of Standards and Technology
100 Bureau Dr. Stop 8642
Gaithersburg, Md., 20899-8642
301-975-6884
william.davis@nist.gov

Descrizione:

JET è un modello di incendio in un compartimento a due zone che risolve le equazioni di conservazione della massa e energia per ottenere la temperatura dello strato superiore e l'altezza dello strato. Le perdite per convezione verso il soffitto dal getto a soffitto e le perdite per irraggiamento dal fuoco vengono usate per calcolare la temperatura del soffitto in funzione della distanza dalla linea centrale del pennacchio. Le correlazioni che sono sensibili alla temperatura dello strato superiore e alla sua altezza forniscono la temperatura del soffitto in corrispondenza della linea centrale del focolaio, la massima temperatura del getto a soffitto e la velocità in funzione del raggio.

La geometria del compartimento può essere rappresentata usando una serie di cortine provvisorie e pareti. Un compartimento composto da una stanza con una porta può essere modellato usando una semplice cortina provvisoria uguale in lunghezza e larghezza alla porta. I flussi di gas dallo strato superiore possono uscire sia sotto la cortina provvisoria, attraverso il getto a soffitto, sia con la ventilazione forzata. L'opzione della ventilazione forzata permette al flusso di gas di entrare o uscire dal compartimento.

Collegamenti fusibili vengono usati per controllare l'apertura delle finestre sul soffitto. Il riscaldamento dei collegamenti fusibili include un bilancio tra il calore per convezione del collegamento nel getto a soffitto e il raffreddamento per convezione del collegamento quando il calore passa dal collegamento alla struttura di supporto.

Le applicazioni che sono appropriate per JET includono:

- a) Determinazione del tempo di attivazione dei collegamenti fusibili che controllano le aperture e gli sprinkler nei compartimenti confinati da pareti, cortine provvisorie, o combinazioni di pareti e cortine provvisorie per dimensioni del fuoco e tassi di crescita definiti dall'utilizzatore.
- b) Determinazione dell'impatto delle cortine provvisorie, delle aperture sul soffitto e della ventilazione forzata sullo spessore dello strato di fumo a sull'attivazione dei collegamenti fusibili.
- c) Determinazione della temperatura del soffitto in funzione dello spessore dello strato superiore e distanza radiale dalla linea centrale del focolaio con o senza aperture sul soffitto e ventilazione forzata.
- d) Determinazione della temperatura massima del getto a soffitto e velocità del getto a soffitto in funzione dello spessore dello strato superiore e della distanza radiale dalla linea centrale del focolaio con o senza aperture sul soffitto e ventilazione forzata.

5.15.2 Aspetti per la valutazione:

Metodologia di calcolo:

- Formulazione usata: la formulazione usata è spiegata nella guida all'uso.
- Ipotesi adottate:
 - Il compartimento è rettangolare in pianta
 - JET è un modello a due zone dove ogni zona o strato è assunto avere densità e temperatura uniforme. La temperatura e la densità dello strato superiore corrispondono a un fuoco che

crece mentre lo strato inferiore è assunto rimanere a temperatura e pressione ambiente. Un getto a soffitto comandato dal fuoco è assunto fluire lungo il soffitto piano.

- Il fuoco è caratterizzato da un tasso di rilascio termico, HRR, dipendente dal tempo, una frazione di irraggiamento dipendente dal tempo e o un diametro del fuoco costante o un diametro del fuoco variabile, che è determinato usando una HRR per unità di area per il materiale combustibile.
- Le fiamme del fuoco non toccano il soffitto e il fuoco è sempre collocato vicino al centro del compartimento o nella zona delimitata.
- Limitazioni:
 - L'impatto della aperture sul soffitto sulla temperatura e velocità locali del getto a soffitto viene trascurato.
 - Sulla base dei confronti con i dati sperimentali trovati nella guida all'uso, le previsioni di JET generalmente concordano con i risultati sperimentali per compartimenti con altezza del soffitto fino a 22 m ma non ci sono confronti sperimentali a queste grandi altezze.

Documentazione:

- Guida all'uso: "The Zone Fire Model JET: A Model for the Prediction of Detector Activation and Gas Temperature in the Presence of a Smoke Layer" National Institute of Standards and Technology, NISTIR 6324 (1999).
- Guida tecnica: "The Zone Fire Model JET: A Model for the Prediction of Detector Activation and Gas Temperature in the Presence of a Smoke Layer" National Institute of Standards and Technology, NISTIR 6324 (1999).
- Disponibile presso: il programma è disponibile presso il NIST gratuitamente (<http://fire.nist.gov>). Il programma e la documentazione possono essere trovati alla voce Fire Modelling Software Online
- Documenti e esempi di validazione: confronti con i risultati sperimentali sono disponibili nel documento Technical Guide.

Aspetti legati all'utilizzatore:

- Interfaccia: Windows
- Dati di Input/output: tutti gli output generati dal programma sono scritti in un file di testo.
- Grafica: il programma non disegna nessun grafico nel file di output dove vengono scritti i risultati.

5.15.3 Conclusioni:

- Metodologia di calcolo affidabile
- Documentazione altamente dettagliata
- Di facile utilizzo
- Conoscenza da parte dell'utilizzatore richiesta: Media

BIBLIOGRAFIA:

- [1] Olenick S. M. And Carpenter D. J., May 2003, “An Updated International Survey of Computer Models for Fire and Smoke”, Journal of Fire Protection Engineering, Vol. 13
- [2] Friedman R., 1992, “An International Survey of Computer Models for Fire and Smoke”, Journal of Fire Engineering Vol. 4
- [3] Janssens M. L., 2002, “Evaluating Computer Fire Models”, Journal of Fire Protection Engineering, Vol. 13
- [4] ASTM E 1355; ASTM E 1472; ASTM E 1591; ASTM E 1895
- [5] EC3 – Eurocode 3 Part 1.2 (ENV 1993-1-2).
- [6] EC4 – Eurocode 4 Part 1.1 (ENV 1994-1-1) and Part 1.2 (ENV 1994-1-2).
- [7] Twilt L., Hass R., Klingsch W., Edwards M. and Dutta D., 1996, “Design Guide for Structural Hollow Section Columns Exposed to Fire”, CIDECT Design Guide 4
- [8] Peacock R. D., Reneke P. A., Jones W. W., Bukowski R. W. And Forney G. P., 2000, “User’s Guide for Fast: Engineering Tools for Stimating Fire Growth and Smoke Transport”, NIST-SP-921
- [9] Portier R. W., Reneke P. A., Jones W. W and Peacock R. D, 1992, “User’s Guide for Cfast Version 1.6”, NISTIR-4985
- [10] Peacock R. D., Reneke P. A., Jones W. W. and Forney G. P, 2000, “Tecnical References for Cfast: An Engineering Tool for Stimating Fire Growth and Smoke Transport”, NIST-TON-1431
- [11] Peacock R. D., Jones W. W. and Bukowski R. W., 1993, “Verification of a model of fire and smoke transport”, Fire Safety Jaournal Vol. 21“
- [12] Deal S., 1990, “A review of four compartment fires with four compartment fire models”, Fire Safety Developments and Safety, Proceedings of the annual meeting of Fire Retardant Chemicals Association
- [13] Duong D. Q., 1990, “The accuracy of Computer Fire models: some comparison with experimental data from Australia”, Fire safety Journal Vol. 16
- [14] Davis W. D., Notarianni K. A., and McGrattan K.B., 1996, “Comparison of fire model predictions with experiments conducted in a hangar with a 15 m ceiling”, NISTIR-5927
- [15] Cadorin J. F., Franssen J. M., and Pintea D., 2001, “The design Fire Tool Ozone V2.0 – Theoretical Description and Validation On experimental Fire tests”, Rapport interne SPEC/2001_01 University of Liege
- [16] Sleich J. B., Cajot L. G., Pierre M., Joyeux D., Aurtenetxe G., Unanua J., Pustorino S., Heise F. J., Salomon R., Twilt L. and Van Oerle J., 2002, “Competitive steel buildings through natural fire safety concepts” Final Report EUR 20360 EN
- [17] Cadorin J. F., 2002, “ On the application field of Ozone V2”, Rapport interne N° M&S/2002-003 University of Liege
- [18] Cadorin J. F., 2003, “Compartment fire models for structural engineering”, Doctoral Thesis of J. F. Cadorin, University of Liege
- [19] Sleich J. B., Cajot L. G., Pierre M., Joyeux D., Moore D., Lennon T., Kruppa J., Hüller V., Hosser D., Dobbernack R., Kirchner U., Eger U., Twilt L., Van Oerle J., Kokkala M. And Hostikka S., 2002, “Natural Fire Safety Concepts – Full Scale Tests, Implementation in the Eurocodes and Development of an user friendly design tool” Final Report EUR 20580 EN
- [20] McGrattan K. B., Forney G. P., Floyd J. E., Hostikka S. And Prasad K., 2002, “Fire Dynamics Simulator (Version 3) – User’s Guide”, NISTIR-6784
- [21] Forney G. P. and McGrattan K. B., 2003, “User’s Guide for Smokeview Version 3.1 – A Tool for Visualizing Fire Dynamics Simulation Data”, NISTIR-6980
- [22] McGrattan K. B., Baum H. R., Hamins A., Forney G. P., Floyd J. E., Hostikka S. And Prasad K., 2002, “Fire Dynamics Simulator (Version 3) – Technical Reference Guide”, NISTIR-6783
- [23] Hurley M. J. and Madrzykowski D., 2002, “Evaluation of the computer fire model DETECT-QS”, Performance-Based Codes and Fire Safety Design Methods, 4th International Conference. Proceedings
- [24] Davis W. D., 1999, “The Zone Fire model JET: A Model for the prediction of detector activation and gas temperature in presence of a smoke layer”, NISTIR-6324

SITI WEB:

www.arcelor.com
www.branz.co.nz/main.php?page=Fire%20Software
www.bre.co.uk/frs/software.jsp
www.cidect.org
www.cticm.com
www.doctorfire.com
www.europrofil.lu
www.fire.nist.gov
www.fire.org
www.firemodelsurvey.com
www.fpe.umd.edu/departement/modeling/index.html
www.framemethod.be/modeling.html
www.fseg.gre.ac.uk
www.irc.nrc-cnrc.gc.ca
www.ise.ufl.edu/kisko/files/evacnet
www.labein.es
www.nfpa.org
www.rautaruukki.com
www.sections.arcelor.com
www.tno.nl
www.ulg.ac.be
www.uni-hannover.de
www.fine.cz