

Convegno Nazionale
VALUTAZIONE E GESTIONE DEL RISCHIO
VGR2002
Pisa, 15-17 Ottobre 2002
UN METODO ALTERNATIVO PER LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA
ANTINCENDIO NEL TEATRO LITTORIO DI ADRIA

F.Dattilo, A.Carrolo, G.Vassallo, E. Porrovecchio, G. Ruffino- Comando VV.F. Vicenza, Via Farini n°16,36100
Vicenza

1. SOMMARIO

Il lavoro illustra un nuovo approccio al problema della sicurezza , intesa come scelta delle misure di prevenzione e protezione contro gli incendi, conosciuto con il termine anglosassone *fire-engineering* o “ingegneria della sicurezza antincendio”. L’obiettivo è stato quello di verificare, attraverso l’uso di un programma di simulazione degli incendi, qual è il CFAST della NIST, l’efficacia dei provvedimenti messi a punto e determinati dall’applicazione delle norme vigenti.

Il tema del lavoro è la valutazione della sicurezza antincendio per un teatro storico, il Teatro Littorio di Adria, in provincia di Rovigo, soggetto a tutela da parte del Ministero dei Beni e delle Attività Culturali.

La tutela di ciò che costituisce il patrimonio culturale storico ed ambientale dalle azioni naturali e dagli incendi è diventata solo nei tempi recenti un argomento di studio e di ricerca sistematica, sia in Italia che a livello internazionale.

2. IL RISCHIO D’INCENDIO NEGLI EDIFICI VINCOLATI ADIBITI AD ATTIVITA’ DI PUBBLICO SPETTACOLO

Anche se la necessità di tutelare le testimonianze del passato appare largamente condivisa, fino a pochi anni fa l’attenzione dell’opinione pubblica nei riguardi della prevenzione degli eventi incidentali e della limitazione dei loro effetti è stata attratta solo in occasione del verificarsi degli stessi; eppure recenti studi portano a ritenere che sul territorio europeo ogni giorno almeno un edificio storico subisce gravi danni a causa di un incendio.

Anche se i danni ad edifici sottoposti a vincolo non si registrano con la stessa frequenza che interessa edifici adibiti ad attività ordinarie, bisogna ricordare che la loro gravità non permette di assimilarli ai corrispondenti eventi che interessano le attività ordinarie. La caratteristica delle testimonianze storiche, infatti , è per loro natura quella dell’irreperibilità e quindi dell’essere destinata a scomparire per sempre dopo la distruzione.

Il tema risulta complesso perché riguarda la sicurezza sia dei beni che delle persone. L’edificio, per la sua particolare funzione di locale di pubblico spettacolo, ospita un elevato numero di persone e , nel contempo, essendo un edificio di notevole pregio storico ed artistico, è soggetto alla sovrapposizione di due diversi corpi normativi.

Da un lato le norme che regolano la materia della prevenzione incendi forniscono in modo prescrittivo e deterministico una serie di misure di sicurezza che spesso non sono applicabili agli edifici storici i quali, per la loro stessa natura, sono vincolati dalle norme per i beni culturali con lo scopo di preservarli da interventi che ne modifichino, in modo sostanziale, le caratteristiche formali e strutturali.

3. IL FIRE-ENGINEERING

Negli ultimi anni l’approccio al problema della sicurezza antincendio con il fire-engineering si è sviluppato in quasi tutti i paesi industrializzati.

Tale approccio vuole essere culturale prima ancora che regolamentare. Questo metodo infatti, scompone analiticamente il processo della progettazione antincendio e ne individua tutte le fasi allo scopo di delineare una

procedura uniforme. Individuate le singole fasi del processo, vengono determinati i modelli matematici in grado di guidare la progettazione.

L'incendio infatti è un fenomeno governato dalle leggi della fisica e della chimica; partendo da questa considerazione, sono stati definiti dei metodi che, sfruttando strumenti di calcolo automatico, permettono ai progettisti di sviluppare le proprie previsioni sullo sviluppo dell'incendio.

Con i metodi del fire-engineering si può prevedere l'evoluzione dell'incendio in ogni attività, misurando in termini sufficientemente affidabili, l'efficacia dei singoli provvedimenti (architettonici, impiantistici e gestionali) che si intendono adottare.

Attraverso i principi dell'ingegneria della sicurezza è dunque possibile valutare, in alternativa alle norme tradizionali, il livello di sicurezza richiesto in caso di incendio e di conseguenza progettare e calcolare le misure di sicurezza necessarie.

Considerando il fatto che nei singoli paesi Europei non esistono norme specifiche per la sicurezza antincendio degli edifici storici, il fire-engineering si profila come l'approccio più ragionevole alla tutela antincendio del patrimonio culturale.

Sono state simulate diverse condizioni di incendio e diverse condizioni di apertura di porte e finestre. I risultati ottenuti consentono di analizzare in dettaglio le caratteristiche della propagazione dei fumi in relazione al grado di apertura di porte e finestre.

La relazione dimostra come l'uso di tale metodologia ci permetta di fare una serie di considerazioni sull'importanza della conoscenza del fenomeno dell'incendio dal punto di vista della sua evoluzione e dei fattori che ne influenzano lo sviluppo, constatando così che il verificarsi di tale evento e delle relative conseguenze, possono essere notevolmente limitati già in fase progettuale adottando delle precise soluzioni tecniche e formali.

4. IL NUOVO TEATRO LITTORIO DI ADRIA

Il Nuovo Teatro Littorio di Adria è un edificio storico (costruito nel 1933) tutelato dai vincoli per i beni culturali, ed un esempio che ben si presta a mettere in luce le difficoltà e le problematiche relative alla progettazione della sicurezza antincendio, essendo oggetto di un utilizzo limitato nel tempo e caratterizzato da un gran numero di persone, ed essendo anche un edificio pregevole per arte e/o storia.

Essendo l'edificio vincolato, è stato necessario ricorrere all'istituto della deroga per quanto riguarda la resistenza al fuoco delle strutture, la larghezza delle vie d'uscita, la distanza del parapetto delle prime file della galleria, i gradini e le rampe delle scale e la reazione al fuoco dei materiali. E' chiaro che nell'approvazione del progetto entra in gioco il "giudizio esperto" di persona che può valutare, in base appunto alla sua esperienza, l'efficacia di tale provvedimento, ma certo non in modo scientifico

Sono in fase di ultimazione i lavori di adeguamento alla normativa di sicurezza e ristrutturazione servizi. L'edificio è dunque già dotato di un progetto di sicurezza antincendio.

4.1 LA SIMULAZIONE DELL'INCENDIO CON IL PROGRAMMA C-FAST

L'uso di un programma di simulazione degli incendi non è immediato, ma presuppone la conoscenza delle equazioni della termodinamica e della fluidodinamica coinvolte nel processo della combustione. Inoltre l'applicazione di tali metodi ai casi reali è in fase sperimentale, anche se i risultati che si ottengono sono comunque soddisfacenti allo scopo di simulare l'incendio per verificare la validità dei provvedimenti adottati nel progetto della sicurezza.

L'Ingegneria della sicurezza antincendio (Fire protection engineering) consiste nell'elaborazione di modelli matematici e realizzazione di programmi di calcolo che consentono di scomporre analiticamente il processo della

progettazione antincendio al fine di individuarne con procedura uniforme tutte le fasi, essendo l'incendio, per quanto complesso, un fenomeno governato dalle leggi della fisica e della chimica.

Secondo i metodi dell'ingegneria della sicurezza antincendio quindi, è possibile prevedere in termini ragionevolmente accettabili, l'evoluzione dell'incendio in ogni attività valutando e misurando l'efficacia dei singoli provvedimenti (architettonici, impiantistici e gestionali) che si intendono adottare, fornendo una solida base nella trattazione delle "deroghe".

L'approccio ingegneristico è costituito da sottosistemi che interagiscono tra loro in modo indipendente. Un sottosistema raccoglie le esperienze acquisite nel campo delle misure di prevenzione e protezione contro gli incendi; un altro sottosistema ingloba i metodi scientifico matematici dell'ingegneria antincendio, identificando così le procedure che quantificano la crescita e la propagazione dell'incendio, il movimento dei fumi e le conseguenze di questo sull'edificio e sugli occupanti.

Oggigiorno sono disponibili appositi software che analizzano e rappresentano, sia graficamente che numericamente, non solo l'andamento Tempo/Temperatura ma anche altri fattori di uguale importanza che completano la descrizione dell'evoluzione dell'incendio, dall'innescò dello stesso, alla fase finale del raffreddamento

Queste analisi per mezzo di programmi informatici, permettendo di operare in maniera più accurata sia per quanto riguarda la geometria dell'opera che per la possibile forometria e il materiale impiegato, elementi questi che possono incidere in maniera favorevole già nella fase di progettazione di un nuovo impianto o nello studio e/o adeguamento di uno esistente.

Un programma di questo tipo è il CFAST, software di proprietà dell'U.S. Department of Commerce (Ministero dei Trasporti Statunitense), proposto dal National Institute of Standard and Technology ovvero N.I.S.T. (Istituto Nazionale per le Norme e la Tecnologia) e sviluppato dal settore Building and Fire Research laboratori.

Sul mercato sono presenti diversi programmi ciascuno con proprie caratteristiche di calcolo e di uscita dati che solitamente utilizzano modelli ad una singola stanza o zona, mentre altri dei modelli multi-zone. In ogni caso, dovendo analizzare un ambiente che subisce continui cambiamenti generati dall'incendio, le equazioni solitamente si presentano nella forma di equazioni differenziali.

CFAST è un modello multi-zone. Usato per calcolare l'evoluzione della distribuzione di fumo e gas caldi e della temperatura durante l'incendio, si basa sulla risoluzione di un insieme di equazioni che predicono le condizioni variabili (pressione, temperatura e così via) basate sul cambiamento continuo della massa e di entalpia rispetto a piccoli incrementi di tempo. Queste equazioni sono derivate dalle equazioni di conservazione dell'energia di massa, della velocità e della legge dei gas ideali.

Il programma ha un'interfaccia grafica classica tipica del sistema operativo Window, che consente la definizione dei compartimenti presenti e di intervenire su ognuno di essi per l'inserimento dei dati relativi. E' inoltre possibile fissare le condizioni locali in cui si svolge la simulazione.

4.2 IL PROGRAMMA C-FAST APPLICATO AL TEATRO DI ADRIA

Relativamente al teatro si sono fatte alcune semplificazioni : l'edificio è stato ricondotto a due grandi compartimenti: la platea e la scena, rispettivamente di 840 e 630 m². Impostate le dimensioni dei locali, sono state inseriti i valori relativi alle aperture verticali comunicanti con l'esterno (5m² per la platea e 20m² per la scena); la posizione delle aperture è di rilevante importanza nello sviluppo e nell'andamento dell'incendio, perché incide direttamente sul fattore di ventilazione.

Successivamente sono stati inseriti i dati necessari per descrivere l'incendio: le coordinate X,Y,Z, della posizione del fuoco, il tipo di fuoco (spento, non costretto, costretto o costretto con flashover), il limite inferiore di ossigeno, e, relativamente al fuoco primario, il calore di combustione, la temperatura iniziale del comburente, la relativa temperatura dei gas al momento dell'ignizione e l'indice di emissione.

Passo successivo è stata la definizione degli oggetti che rappresentano il "combustibile" del teatro. Non potendo operare direttamente con il database di default del programma, perché poco adatto alla simulazione prevista, sono stati creati nuovi oggetti, in funzione della durata dell'incendio e della massa.

Sono state così create quattro nuove tipologie di oggetti (tessuti, legni teneri, legni standard e legni duri) che coprono lo spettro dei materiali presenti sia in platea che in scena. Si è così rilevato che la presenza di materiale combustibile è maggiore nella scena rispetto alla platea, e che il carico d'incendio è rispettivamente di 116 Kg/m² e 65 Kg/m².

L'energia presente nei compartimenti, assieme ad altre caratteristiche del teatro, ha permesso di analizzare l'incendio mediante le equazioni parametriche dell'eurocodice, che ad oggi sono uno dei metodi matematici più precisi per il fire engineering, e con le quali è stato determinato il tempo richiesto per 'intera fase di incendio, ovvero dall'innesco al completo decadimento, che è risultato di 180 minuti per la platea e di 131 minuti per la scena.

Con questi dati a disposizione è stato possibile definire il tasso di rilascio del calore (energia termica rilasciata HRR = heat release rate) in funzione del tempo per ciascuna delle quattro tipologie di materiali presenti nel relativo comparto.

L'integrale della curva HRR/Tempo è stato ricavato prendendo come riferimento i database di default del programma, ottenuti mediante numerosi esperimenti di laboratorio, ma andando a rielaborarli per tener conto il fattore di conversione da HRR di un oggetto ad HRR di più oggetti, non è dato solo dal rapporto tra le due quantità, ma tiene conto di nuove variabili come ad esempio il tempo impiegato per la completa combustione, la quantità di oggetti che partecipano alla combustione e il limite dato dalla ventilazione e dalla disponibilità di ossigeno.

Definite pertanto le caratteristiche dei materiali si è proceduto alla loro collocazione nei comparti nelle giuste tipologie e quantità.

Allo scopo di studiare i diversi scenari d'incendio, sono state fatte delle simulazioni di prova configurando diverse situazioni in cui le variabili sono date dall'apertura/chiusura delle finestre, dal materiale d'innesco, dalla posizione del fuoco principale nei due compartimenti.

Si possono così trarre le seguenti considerazioni:

- la combustione di tutti i tendaggi presenti in platea non è sufficiente a generare un incendio completo di flashover in quanto non si innesca la combustione generalizzata degli altri oggetti
- l'incendio di 1/3 del legno a tipo standard (ca. 7400 kg) presente in platea è sufficiente a generare un incendio completo di flashover, diversamente dalla precedente. L'innesco quindi anche degli altri oggetti porta al risultato di un incendio con elevate temperature di picco specialmente nella scena e contemporaneamente il tempo di combustione supera, anche se di poco, il valore dei 94 minuti caratteristico della durata degli oggetti, a dimostrazione di un fattore di ventilazione non lontano dall'ottimale.
- procedendo come prima, ma andando a chiudere le aperture a soffitto dei due compartimenti, si ha il flashover anticipato di ca. 2 minuti, con valori di temperatura più elevati, ma con una temperatura massima più bassa.
- con lo stesso fuoco iniziale ma con la scena chiusa da un sipario tagliafuoco di 100m², il flashover anticipa di 5 minuti, ma lascia la scena estranea all'evento
- con tutti i fori verso l'esterno chiusi, il flashover avviene in metà tempo, sia che l'innesco sia in scena od in platea, e la durata dell'incendio è di soli 22 minuti

L'analisi svolta ai fini della simulazione dell'esodo con CFAST ha richiesto, per ognuno degli spazi adibiti al pubblico, ovvero la platea, i palchetti, la 1^a e la 2^a galleria, l'individuazione delle densità di affollamento, delle vie percorribili per raggiungere i luoghi sicuri e delle dimensioni delle porte. Per ogni livello risulta essere disponibile più di un percorso alternativo e quindi migliorativo della capacità d'esodo.

Rappresentando le informazioni relative all'esodo della 2^a galleria per mezzo di grafici, si rileva come l'arrivo dei fumi dopo 93'' d'incendio interferisca nell'esodo di circa la metà degli spettatori, i quali in procinto d'uscire avranno una sensibile e progressiva diminuzione della loro velocità di avanzamento (la 2^a galleria è quella che più soffre i ridotti tempi richiesti per l'esodo anche se rimane verificata la capacità di sfollamento in tempo utile).

5 CONCLUSIONI

Lo studio della fenomenologia di un incendio riveste interesse di carattere scientifico e pratico allo stesso tempo. Tra i modelli proposti per interpretare la dinamica di un incendio, quelli relativi ai cosiddetti incendi reali hanno avuto negli ultimi tempi un notevole sviluppo.

Questi modelli di simulazione si diversificano dai modelli più classici o semplificati di incendio convenzionale per la possibilità di descrivere, in misura più o meno approssimata, le fasi dell'incendio (iniziale, intermedia e finale) tenendo conto dello scenario in cui l'incendio stesso si manifesta. I modelli relativi agli incendi reali rientrano nella categoria dei cosiddetti modelli a zone, caratterizzati da opportuni volumi di controllo, la dinamica dei quali sintetizza l'evoluzione dell'incendio, a patto di descrivere le condizioni di sviluppo ragionevolmente prevedibili ed osservate. Questi modelli permettono di studiare l'evoluzione di un incendio fornendo indicazioni

sia sull'andamento nel tempo della temperatura dei gas, sia sulla stratificazione dei gas di combustione e dei fumi nei volumi interessati dall'incendio, indicando per i principali tossici e/o asfissianti la relativa concentrazione.

L'applicazione di questi modelli richiede una maggiore definizione degli inputs, come pure l'effettiva posizione delle aperture o la natura dei materiali costituenti le pareti, ma soprattutto è importante operare una previsione delle modalità di sviluppo dell'incendio, mediante la definizione della curva di rilascio termico. Il carico di incendio infatti, definisce complessivamente solo l'energia disponibile sotto forma di materiale suscettibile di bruciare presente nel compartimento, mentre per caratterizzare compiutamente un incendio è di fondamentale importanza conoscere le modalità di rilascio nel tempo di questa energia. Si tratta di definire la potenza dell'incendio in ogni sua fase.

La scelta di utilizzare un modello a più zone come il CFAST è stata di fondamentale importanza per studiare la fase di pre-flasover; il programma ha consentito di simulare l'andamento degli incendi già nella prima fase di agnizione, ma anche di stimare la concentrazione dei tossici e degli inquinanti prodotti dalla combustione.

La validità delle simulazioni eseguite ha una valenza qualitativa perché in termini assoluti richiederebbe delle conferme sperimentali attualmente non disponibili.

Come descritto il progetto di sicurezza deve essere costruito attraverso strategie che garantiscano la sicurezza degli insediamenti, degli edifici, degli occupanti e dei soccorritori. In precedenza è stato evidenziato come tali strategie si realizzino attraverso misure preventive, attive e passive nonché organizzative.

Gli obiettivi da perseguire nel progetto di sicurezza devono essere infatti quelli di minimizzare le cause di un incendio, garantire la stabilità delle strutture, limitare la propagazione di un incendio all'interno del locale, limitare la propagazione di un incendio ad edifici e/o a locali attigui, assicurare la possibilità che gli occupanti lascino il locale indenni e che gli stessi siano soccorsi in altro modo, garantire la possibilità per le squadre di soccorso di operare in condizioni di sicurezza.

I beni culturali, per le loro specifiche caratteristiche storico-artistiche, appartengono più di ogni altro a quella realtà costruita che male ammette un approccio deterministico-prescrittivo e ciò per i motivi che seguono:

- esigenze diverse della security e della safety;
- destinazione non prevedibile e non prevista in fase di progetto che risale spesso a epoche storicamente molto lontane da noi e dalla nostra civiltà tecnologica;
- inammissibilità di interventi strutturali ed impiantistici invasivi che andrebbero a snaturare la stessa realtà artistica e storica dell'edificio.

Fermi restando i requisiti essenziali e gli obiettivi da soddisfare, è necessario allora fare ricorso ad un approccio che sia in grado di valutare di volta in volta la sicurezza, commisurata alle specifiche realtà, anche attraverso un ampio ricorso a misure di sicurezza equivalenti. Questo approccio è quello comunemente noto come ingegneria di sicurezza, perché consente di avere un'idea qualitativa e quantitativa dell'incendio, di poter confrontare i risultati ottenuti con i requisiti previsti dalle norme onde poter verificare la variare dei fattori sopraesposti, i

livelli di sicurezza raggiunti e la cosiddetta sicurezza equivalente e di mettere a disposizione dei progettisti una pre-analisi che consenta di economizzare i costi da destinare alla sicurezza a parità di sicurezza raggiunta.

Appare chiaro dal lavoro svolto che lo studio del modello, anche attraverso l'uso di strumenti informatici che consentono la modellazione dell'incendio, prevedendone ogni sviluppo, richiede delle cognizioni ingegneristiche. Spesso nella realtà quotidiana, il lavoro di progettazione e composizione di un edificio appare fortemente legato dal progetto di sicurezza, che generalmente viene affrontato in un secondo momento. Questo a volte significa dover intervenire sul progetto architettonico per modificarlo alle esigenze della sicurezza, snaturando le scelte compositive adottate.

Il presente studio vuole dimostrare come sia invece importante la conoscenza del fenomeno dell'incendio e dei fattori che lo influenzano, anche per il professionista che elabora il progetto formale, il quale affiancato dall'ingegnere della sicurezza può verificare sin dall'inizio la qualità e l'efficacia delle proprie scelte.

L'approccio ingegneristico si presta a fornire non solo i modelli matematici di calcolo per la valutazione dei prodotti dell'incendio, ma attraverso l'individuazione delle variabili precedentemente elencate, mette a disposizione del progettista gli strumenti che lo possono guidare fin dalle prime fasi della progettazione.

INDICE

1.	Sommario	Pag.	1
2.	Il rischio d'incendio negli edifici vincolati adibiti vincolati adibiti ad attività di pubblico spettacolo	Pag.	1
3.	Il fire engineering	pag.	1
4.	Il nuovo teatro littorio di Adria	pag.	2
4.1	La simulazione dell'incendio con il programma C-FAST	pag.	2
4.2	Il programma C-FAST applicato al teatro di Adria	pag.	4
5.	Conclusioni	pag.	5