

LO STUDIO DELL'EVACUAZIONE IN CONDIZIONI DI EMERGENZA: MODELLI DI SIMULAZIONE ED ASPETTI APPLICATIVI CRITICI.

Marco Buldrini *, Giovanni Zappellini *
* NIER Ingegneria S.p.A., via Altabella, 3 - Bologna
m.buldrini@niering.it

SOMMARIO

Lo studio dell'evacuazione di persone da un edificio può essere condotto allo scopo di ottenere informazioni per diversi obiettivi. In pratica, tali valutazioni possono essere condotte sia nell'ottica di stabilire la miglior strategia di evacuazione, sia per individuare punti critici e colli di bottiglia da eliminare in fase di progettazione sia per valutare l'influenza delle caratteristiche dell'edificio sulle conseguenze di danno attese a seguito di un particolare evento incidentale.

In una prima parte della memoria sono presi in esame alcuni dei più diffusi software e metodi per l'analisi dell'evacuazione. Tali modelli sono posti a confronto rispetto ad una serie di parametri valutati come critici nella scelta degli strumenti adeguati alle varie necessità di progetto o verifica a cui dovranno essere applicati.

In seguito si riporterà, brevemente, un resoconto dell'analisi condotta su due tipologie di scenari d'esodo con caratteristiche sostanzialmente differenti quali quelli riguardanti l'evacuazione di uno stabilimento industriale e di una scuola. Saranno posti a confronto, e discussi, i risultati ottenuti per entrambe le situazioni esaminate.

Quindi, saranno presi in esame alcuni aspetti particolari riscontrati durante le emergenze e durante alcune prove sperimentali.

MODELLI PER L'ANALISI DELL'EVACUAZIONE

Un'analisi dell'evacuazione può essere condotta sulla base di numerosi modelli d'esodo: alcuni di essi traggono spunto da studi sul comportamento umano, altri consentono di definire varie categorie di persone che possono avere comportamenti differenti durante l'emergenza, nell'ultimo decennio, infine, sono apparsi strumenti in grado non solo di fornire risultati alfanumerici, ma di generare simulazioni grafiche tridimensionali sempre più complesse e dettagliate.

I metodi utilizzabili per la valutazione degli scenari di evacuazione possono essere suddivisi, sulla base della complessità del metodo, nel modo seguente:

- metodi di stima di un singolo parametro;
- metodi basati sul calcolo del moto/spostamento;
- metodi basati su modelli di simulazione del comportamento.

I metodi di stima di un singolo parametro sono in genere basati su equazioni derivate dall'osservazione del movimento delle persone in situazioni non emergenziali. Sono pertanto utili per una stima del tempo necessario per un certo spostamento. A questo gruppo appartengono, ad esempio, i metodi basati sulla larghezza delle vie d'esodo e le distanze da percorrere.

La seconda tipologia si basa, solitamente, sulla similitudine fra lo spostamento di un elevato numero di persone in un network ed il moto dell'acqua nelle tubazioni o di palline posizionate su scivoli/canali. Essi tendono ad ottimizzare il comportamento delle persone fornendo, così, una stima del tempo di evacuazione che può essere irrealistica e non conservativa. Ciò nonostante questo tipo di approccio è sicuramente utile in fase di verifica di progetti preliminari dove, un risultato non accettabile ottenuto con tali metodologie indica che il progetto non soddisfa i requisiti minimi di sicurezza.

In fine, i modelli di simulazione del comportamento umano hanno la capacità di tenere in considerazione un elevato numero di parametri che influenzano il modo con cui le persone si comportano durante un'emergenza. Gli occupanti di un edificio sono trattati in questo caso come individui e possono avere caratteristiche differenti gli uni dagli altri. Tutto ciò contribuisce alla possibilità di ottenere simulazioni molto realistiche sul progetto.

In generale, comunque, i modelli complessi di simulazione di un'evacuazione (escludendo quindi quelli basati sulla stima di un singolo parametro) sono basati su due teorie matematiche:

- la teoria delle reti
- la teoria delle code.

La teoria delle reti permette di descrivere le strutture mediante una serie di nodi ed archi. I nodi possono

essere ingressi di persone, destinazioni o luoghi d'accumulo, essi vengono solitamente usati per definire stanze, scale, corridoi ed uscite. Gli archi collegano i nodi e sono caratterizzati da una portata/flusso: regolano la velocità con cui gli occupanti migrano da un nodo ad un altro. Un modello basato su tale approccio è utilizzato, ad esempio, dal software Evacnet4 [1].

La teoria delle code, invece, permette di descrivere nel dettaglio i processi di movimento ed attesa: le connessioni fra scale, stanze, corridoi sono visti come elementi che richiedono un certo tempo per essere attraversati.

Infine, va sottolineato come i modelli più sofisticati oggi disponibili, permettano la simulazione del comportamento di ogni singolo individuo basandosi sulla teoria degli automi cellulari. Questo tipo di approccio prevede, innanzitutto la suddivisione dello spazio in elementi unitati omogenei. Ogni individuo in un qualsiasi istante può occupare un solo elemento e, nell'istante successivo, può restare fermo o spostarsi su uno degli elementi confinanti. La probabilità che si verifichi un determinato spostamento elementare è influenzata da un numero elevato di parametri che, in generale possono tener conto di: posizione e distanza delle uscite, numero di persone in coda presso le uscite, comportamento delle altre persone o di una determinata tipologia, grado di affollamento, pazienza, grado di conoscenza dell'edificio, ecc.

Confronto fra alcuni dei software più diffusi

In letteratura è possibile trovare molti lavori in cui sono stati posti a confronto metodi e software disponibili per questo tipo di valutazioni. Un certo numero di modelli, per esempio, sono stati confrontati in [2] e [3]. Nella tabella seguente si è ripreso lo stesso schema comparativo ivi proposto.

Caratteristiche Modello	Metodo - Simulazione (S) - Ottimizzazione (O) - Valutazione dei rischi (VR)	Rappresentazione dell'edificio - Dettagliata (D) - Schematica (S)	Caratteristiche degli occupanti - Singoli (S) - Gruppi (G)	Comportamento umano - No (NO) - Analogia funzionale (AF) - Modello implicito (I) - Regole comportamentali (R) - Intelligenza artificiale (IA)
BGRAF	S	D	S	R
CRISP	VR	S	S	R
ENTROPY	S	S	G	IA
EGRESS	S	D	S	IA
EXODUS	S	D	S	R
E-SCAPE	S	S	S	R
EVACNET4	O	S	G	NO
EVACSIM	S	S	S	R
EXIT89	S	S	G	I
EXITT	S	S	S	R
Modello idraulico	O	S	G	AF
MAGNET	S	D	S	AF
PAXPORT	S	S	G	I
SIMULEX	S	D	S	I
STEPS	S	D	S	IA
Modello Takadashi	O	S	G	AF
VEGAS	S	D	S	IA
WAYOUT	VR	S	G	I

Tabella 1. Confronto fra diversi modelli per lo studio dell'evacuazione

In pratica il confronto è basato su:

- il tipo di approccio sviluppato per lo studio dell'evacuazione, ovvero: ottimizzazione, simulazione o valutazione del rischio;
- la rappresentazione della struttura dell'edificio, che può essere fatta in modo schematico oppure

dettagliato;

- la capacità di considerare le persone come un unico sistema oppure definendole singolarmente;
- la simulazione del comportamento umano, definendo cinque tipologie d'approccio:
 1. modello fisico: tutte le persone si comportano allo stesso modo;
 2. analogia funzionale: il comportamento delle persone viene simulato basandosi sulle leggi della fluidodinamica o del magnetismo;
 3. modello implicito: si tengono in considerazione gli aspetti psicologici osservati sperimentalmente;
 4. regole comportamentali: ogni persona agisce sempre nello stesso modo in base alle condizioni al contorno;
 5. intelligenza artificiale: si tenta di simulare l'intelligenza umana.

Quest'ultimo aspetto è sicuramente il più critico attualmente e costituisce una delle maggiori direzioni di sviluppo in questo campo.

DUE ESEMPI APPLICATIVI

Per lo studio dei casi di seguito descritti, ci si è avvalsi di un software dell'ultima generazione: STEPS 2.0 sviluppato dalla Mott MacDonald applicandolo, in un caso ad una situazione rientrante nel campo di applicazione tipico di tali modelli (edificio complesso e con elevato numero di occupanti), nell'altro ad un ambito non propriamente convenzionale.

Esempio 1 - Il caso di una scuola

Il modello assunto (per altro importando direttamente le planimetrie dei vari piani) è un edificio scolastico costituito da due piani e comprende al piano terra: n°15 aule, n°2 uffici, la biblioteca e la palestra, mentre al primo piano sono presenti: n°15 aule e n°3 uffici. Chiaramente la struttura comprende anche locali di servizio quali bagni, spogliatoi, locale caldaia, ecc.

Il piano superiore è collegato al piano terra mediante quattro scale di cui tre (scala 1, 2 e 4) asservite all'area in cui sono presenti le aule ed una (scala 3) di dimensioni minori che permette l'accesso ad una piccola area separata adibita ad uffici ed archivio.

Le uscite presenti nel corpo principale del fabbricato (escludendo cioè la palestra che ne è indipendente) sono due di cui una è di fatto l'ingresso/uscita principale dell'edificio (Uscita 1) mentre l'altra, presente sul retro, è a tutti gli effetti un'uscita di emergenza (Uscita 2).

Le caratteristiche delle scale e delle uscite presenti nella scuola sono, comunque, conformi alla normativa vigente.

Il modello è stato popolato individuando tre tipologie di occupanti: gli alunni, gli insegnanti o addetti presenti a vario titolo nella struttura ed, infine, i disabili.

Gli occupanti sono stati distribuiti assumendo che: la composizione delle classi fosse di 25 alunni ed un insegnante, quella degli uffici di 2 persone e nella biblioteca fossero presenti 10 occupanti. Oltre a quanto indicato, è stato definito un gruppo distribuito casualmente su tutto l'edificio costituito da 30 operatori.

L'affollamento della scuola, così definito, risulta, inoltre, conforme a quanto indicato anche nel DM 26/08/1992 - "Norme di prevenzione incendi per l'edilizia scolastica".

Nelle simulazioni in cui sono stati inseriti anche i disabili si è assunto che il loro numero fosse pari al 6% della popolazione delle classi.

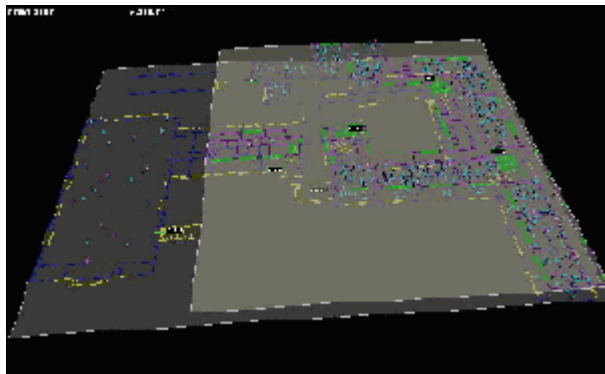


Figura 1. Vista dei due piani sovrapposti della scuola

Pur non essendo l'obiettivo del lavoro svolto valutare la conformità del modello studiato rispetto alle prescrizioni previste dalla normativa vigente, i risultati riportati nel seguito possono essere valutati anche riferendosi almeno a quanto indicato nel Decreto Ministeriale 10/03/1998 "Criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione dell'emergenza nei luoghi di lavoro", rilevando che la scuola in esame può essere assimilata ad un luogo a rischio d'incendio medio (scuola con meno di 1000 persone presenti), quindi: dove è prevista più di una via di uscita, per aree a rischio di incendio medio, il tempo di evacuazione massimo deve essere pari a 3 minuti.

Tra i molti parametri da definire uno dei principali è sicuramente la velocità di spostamento delle persone. Si è, quindi, proceduto alla parametrizzazione della velocità di spostamento assegnata alle diverse tipologie di occupanti definite nel modello. Più precisamente, sono state definite, per ciascun tipo di occupante, due differenti velocità massime di spostamento riferite, una al movimento all'interno dei piani e l'altra alla discesa lungo le scale. La parametrizzazione è stata condotta, rifacendosi anche a quanto indicato in letteratura (rif. [1], [4] e [5]), come segue:

	insegnante		alunno	
	piano [m/s]	scale [m/s]	piano [m/s]	scale [m/s]
CASO A	1,32	0,63	1,32	0,63
CASO B	1,27	0,61	1,27	0,61
CASO C	1,17	0,58	1,17	0,58
CASO D	1,02	0,53	1,02	0,53
CASO E	1	0,5	1	0,5
CASO F	1	0,42	1	0,42
CASO I	1,3	0,5	1,3	0,5

Tabella 2. Parametrizzazione utilizzata nelle simulazioni

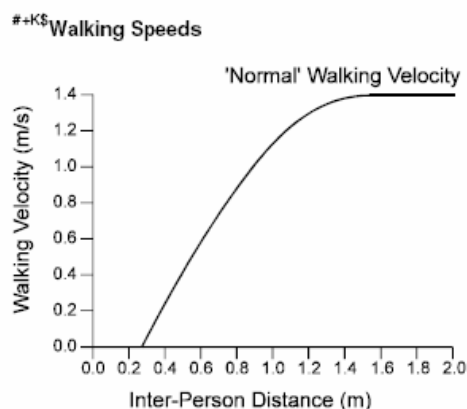


Figura 2. Andamento della velocità di movimento in funzione della distanza media interpersonale[5]

L'assegnazione delle velocità massime di spostamento ai singoli individui è stata eseguita assumendo una distribuzione normale con una varianza pari a 0.1. Nella figura seguente si riportano i risultati ottenuti in termini di andamenti medi del numero di persone presenti nel modello in funzione del tempo (assumendo come istante zero l'inizio dell'evacuazione) per i vari casi indicati in tabella.

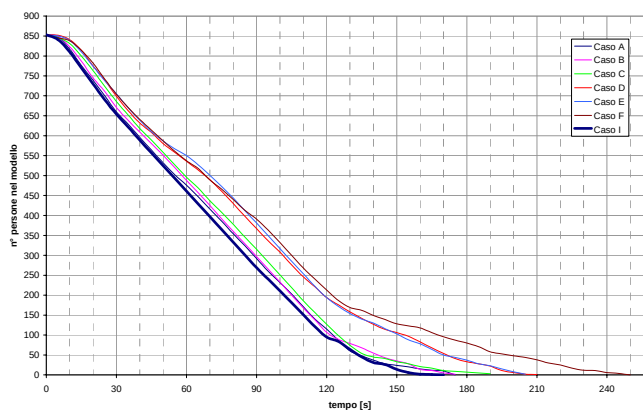


Figura 3. Andamento del numero di persone presenti nel modello al variare della velocità di spostamento

Si osserva come, contrariamente a quanto forse sembrerebbe in un primo momento ovvio, non sempre all'aumentare della velocità massima di movimento degli occupanti si ottiene un minor tempo di evacuazione: nel modello in esame esiste una configurazione (caso I) che permette di minimizzare i tempi di esodo. Ciò probabilmente è causato dal maggior peso assunto dalle code in prossimità dei colli di bottiglia, ovvero: le uscite e gli accessi alle scale avendo, fra l'altro, assunto un incremento maggiore della velocità di percorrenza dei piani rispetto a quella delle scale.

Al fine di definire meglio il comportamento al variare delle due velocità in esame (percorrenza di piani e scale), si sono condotte quattro serie di simulazioni permutando, appunto, questa coppia di parametri secondo lo schema seguente.

	insegnante		alunno	
	piano [m/s]	scale [m/s]	piano [m/s]	scale [m/s]
CASO E	1	0.5	1	0.5
CASO F	1	0.42	1	0.42
CASO I	1.3	0.5	1.3	0.5
CASO Q	1.3	0.42	1.3	0.42

Tabella 3. Casi assunti per lo studio dell'influenza delle velocità di spostamento sull'andamento dell'evacuazione

I risultati delle simulazioni condotte sono riassunti nella figura seguente.

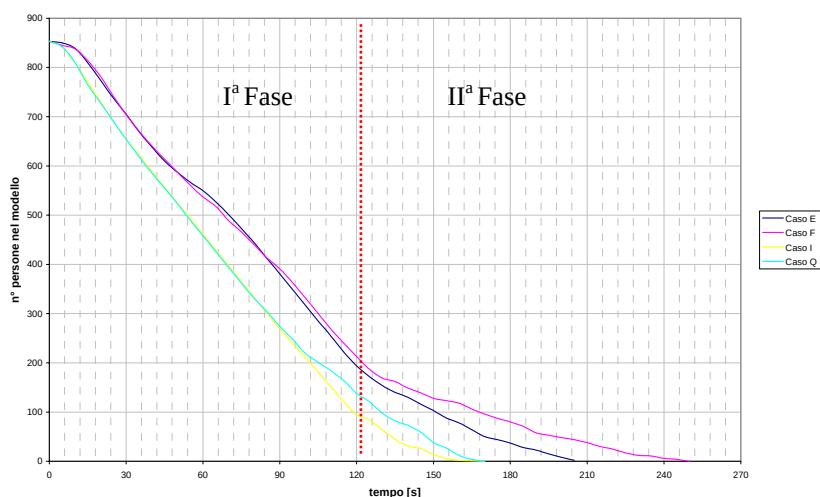


Figura 4. Andamento del numero di persone presenti nel modello per i casi E, F, I e Q

Dall'andamento riportato in figura, si evince come, in una prima fase di evacuazione, si verifichi un comportamento diverso della coppia Caso I – Caso Q rispetto alla coppia Caso E – Caso F, mentre successivamente si abbia uno scostamento anche tra il I e Q e tra E e F.

Questo andamento chiarisce come nella prima parte dell'esodo la "portata" in uscita dipenda dalla velocità di percorrenza lungo i piani piuttosto che lungo le scale.

Il risultato è giustificato dal fatto che in questo periodo di tempo a lasciare l'edificio saranno chiaramente gli occupanti del piano terra e non quelli del primo piano.

Nella seconda fase, invece, a raggiungere le uscite saranno, appunto, gli occupanti del primo piano sul cui tempo d'uscita pesa chiaramente la velocità di percorrenza delle scale.

L'insorgere di un'emergenza in un edificio è, nella maggior parte dei casi, associabile allo sviluppo di un incendio interno al fabbricato. In un simile scenario, è possibile che si verifichi l'impraticabilità di almeno un vano scale.

Si è proceduto, quindi all'analisi dei tempi osservabili assumendo che non siano agibili: la scala 1 (caso 1), la scala 2 (caso 2) o la scala 4 (caso 3), ponendoli, quindi, a confronto con il corrispondente caso in cui tutte le scale sono agibili (Caso I).

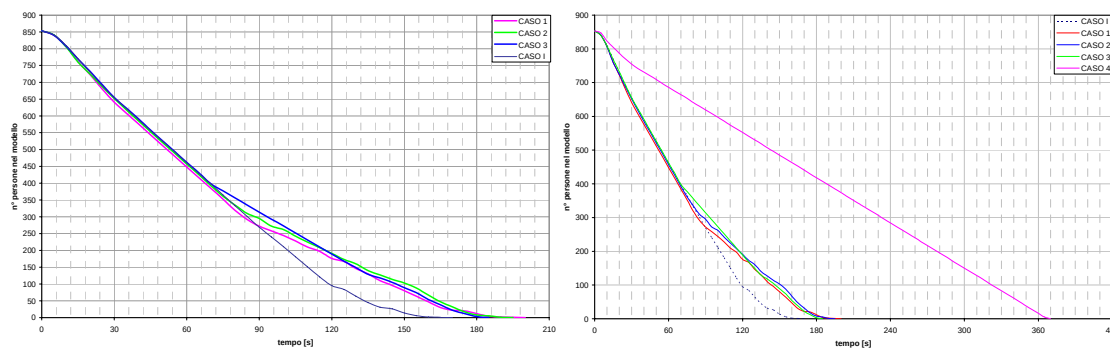


Figura 5. Andamenti nel caso di inagibilità di una scala e dell'uscita 1

Inoltre, si è preso in esame il caso in cui, al verificarsi di un'emergenza, sia l'uscita principale (Uscita 1) a non essere agibile. Questo caso (Caso 4) è stato introdotto sulla base di eventi, accaduti, in cui un incendio sviluppatosi in prossimità dell'uscita principale di un edificio ha causato da un lato l'ingresso del fumo nel fabbricato e dall'altro l'inagibilità di quella via di fuga.

Lo studio condotto ha evidenziato, per la scuola in esame, l'inadeguatezza del sistema di evacuazione così configurato.

Il modello utilizzato permette, inoltre, di definire delle "famiglie", ovvero, un "legame" fra gruppi di occupanti tale per cui essi tenderanno a muoversi congiuntamente.

Tale opzione è stata applicata agli alunni delle varie classi nell'ottica di ottenere una simulazione più realistica: come appunto potrebbe accadere in una struttura scolastica, infatti, durante un'evacuazione gli alunni tenderebbero a restare raggruppati per classi di appartenenza.

Nel grafico sottostante viene evidenziato l'effetto dovuto alla presenza (Caso G) o meno (Caso I) delle "famiglie".

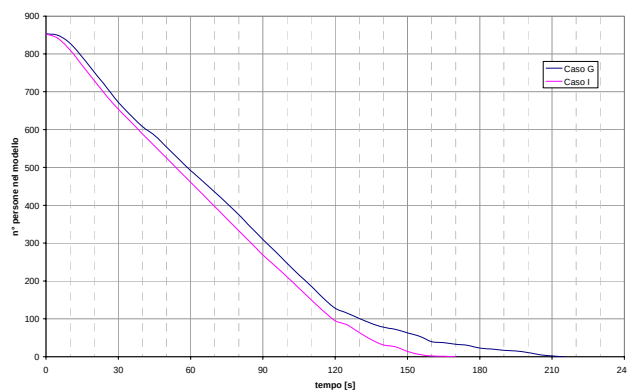


Figura 6. Influenza della definizione delle "famiglie"

Come già anticipato precedentemente, questa tipologia di modelli di calcolo permettono una notevole caratterizzazione degli individui che occupano l'edificio.

In particolare è possibile tener conto, in qualche modo, anche della presenza di persone con difficoltà motorie.

	insegnante		alunno		disabile	
	piano [m/s]	scale [m/s]	piano [m/s]	scale [m/s]	piano [m/s]	scale [m/s]
CASO I	1.3	0.5	1.3	0.5	no	no
CASO L	1.3	0.5	1.3	0.5	1	0.25

Tabella 4. Casi assunti per lo studio dell'influenza dell'introduzione di persone con difficoltà motorie

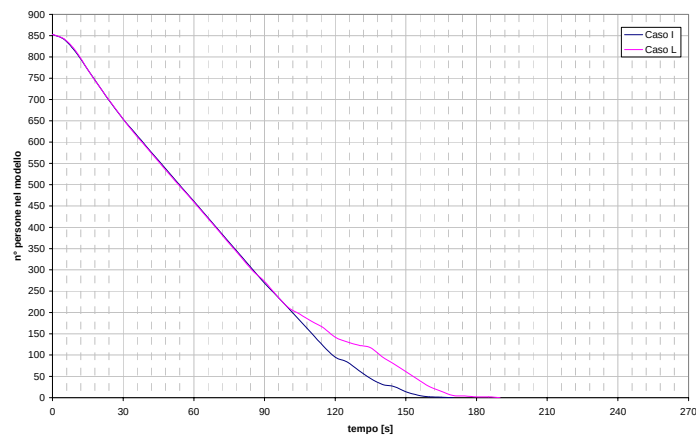


Figura 7. Influenza dell'introduzione di persone con difficoltà motorie

Dall'andamento del grafico si può desumere come la presenza di persone a ridotta capacità motoria possa determinare un incremento dei tempi d'evacuazione soprattutto per gli occupanti del primo piano.

Infine, un altro contributo importante alla definizione di un modello che riesca a simulare realisticamente il comportamento umano in caso di emergenza, è dato dalla possibilità di definire un tempo di reazione, ovvero, il tempo che intercorre fra il momento di attivazione dell'allarme e l'istante in cui effettivamente ciascun individuo intraprende l'evacuazione.

L'assegnazione del tempo d'attivazione proprio di ciascun individuo è stata eseguita, con le stesse modalità adottate per le velocità massime di spostamento, definendo una distribuzione (in questo caso lognormale) con un valor medio ed una varianza assegnate.

Le simulazioni condotte (Casi N e O) sono state poste a confronto con la situazione analoga ma senza un ritardo assegnato (Caso I).

	ritardo		
	Distribuzione	Valor medio	Varianza
CASO I	no	no	no
CASO N	lognormale	3,21	0,1
CASO O	lognormale	2,5	0,1

Tabella 5. Casi per lo studio dell'influenza dell'introduzione di un ritardo d'attivazione

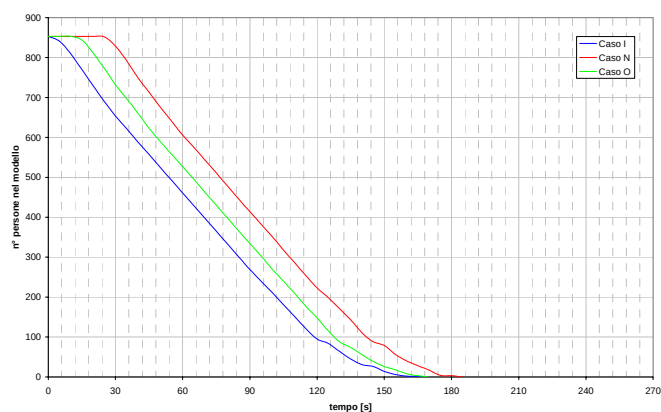


Figura 8. Influenza dell'introduzione di un ritardo d'attivazione

Esempio 2 - L'evacuazione di uno stabilimento industriale

In questo caso il modello è stato applicato ad uno stabilimento industriale che occupa una superficie di circa 23.800 m² ed in cui sono presenti unicamente fabbricati ad un piano. In particolare nell'area si trovano: un edificio adibito ad uffici, laboratorio e mensa, posto a sud dell'ingresso, e n°5 edifici in cui sono presenti magazzini o impianti produttivi. Oltre a quanto indicato, lo stabilimento è dotato di serbatoi fuori terra e

piazzole dedicate allo stoccaggio dei prodotti.

Nello stabilimento lavorano normalmente 35 persone con incarichi in prevalenza legati alla produzione ma senza un'effettiva postazione fissa di lavoro.

Vista la realtà da analizzare, si è deciso di definire due tipologie di occupanti: i dipendenti ed i visitatori. La differenza fra le due tipologie di persone deve essere individuata nella differente conoscenza dello stabilimento e del sistema di allertamento ed evacuazione piuttosto che in differenti capacità motorie o particolari predisposizioni a muoversi in gruppi.

Il popolamento del modello è stato eseguito distribuendo casualmente sull'intera area tutti gli occupanti in modo da considerare l'affettiva possibilità che una persona si trovi al momento dell'attivazione in un qualsiasi punto dello stabilimento.

La simulazione dell'evacuazione è stata condotta considerando un unico punto di raccolta ubicato presso l'uscita principale dello stabilimento.

Data la notevole dimensione dell'area rispetto al numero degli occupanti, come è facilmente prevedibile, è decisamente improbabile, in questo caso, la formazione di code e/o l'individuazione di colli di bottiglia. È da rilevare, invece, come, a differenza del caso precedentemente analizzato, l'andamento del numero di evacuati in funzione del tempo sia meno regolare essendo influenzato notevolmente dalla distribuzione (casuale) delle persone sull'area al momento dell'allarme.

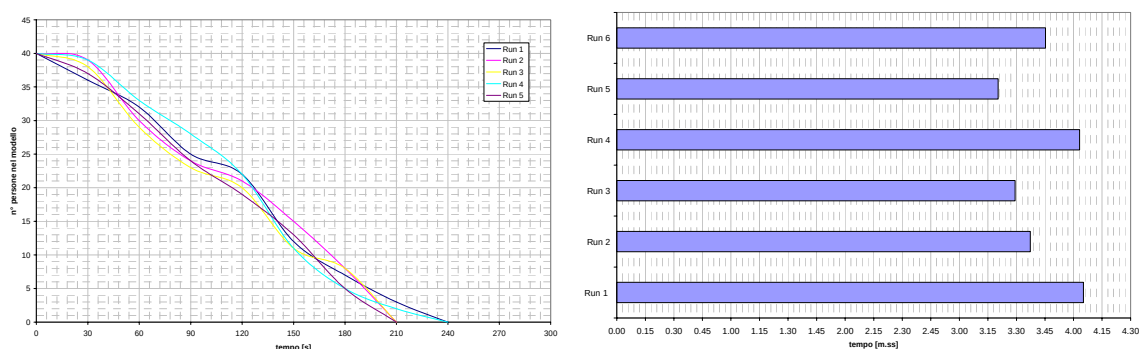


Figura 9. Andamenti e tempi di evacuazione per sei simulazioni condotte

Se le valutazioni qui riportate, non giustificano l'impiego, in questo ambito, di strumenti avanzati, alcune funzionalità del software hanno permesso di ottenere risultati in qualche misura inaspettati.

In particolare, è stato possibile condurre uno studio relativo alla frequenza d'occupazione di tutta l'area durante l'emergenza. Il software, infatti, permette di visualizzare con colori differenti le aree (vie d'esodo) in funzione del numero di persone che le hanno attraversate durante l'evacuazione.

A fronte di un significativo numero di simulazioni eseguite, si sono chiaramente individuate due principali vie d'esodo che sono state evidenziate da frecce verdi e rosse nella figura.

Il risultato inatteso è costituito dal fatto che la via d'esodo evidenziata in rosso non viene attualmente considerata quale itinerario privilegiato per l'evacuazione dello stabilimento. Durante le prove pratiche di evacuazione che periodicamente vengono condotte, in effetti, nessuno ha mai deciso di percorrere quel itinerario per raggiungere il punto di raccolta.

Questo può essere dovuto essenzialmente ai seguenti fattori:

- tutti sono abituati a muoversi all'interno dello stabilimento percorrendo preferibilmente il viale centrale (via d'esodo verde) su cui si affacciano gli ingressi principali ai vari fabbricati;
- durante anche una semplice esercitazione si è portati a privilegiare gli itinerari più usuali rispetto a quelli meno comuni anche se più corti;
- l'itinerario rosso non è mai stato evidenziato come possibile via d'esodo anche se oggettivamente risulta essere il più conveniente per chi si trovasse nella parte nord – est dello stabilimento.

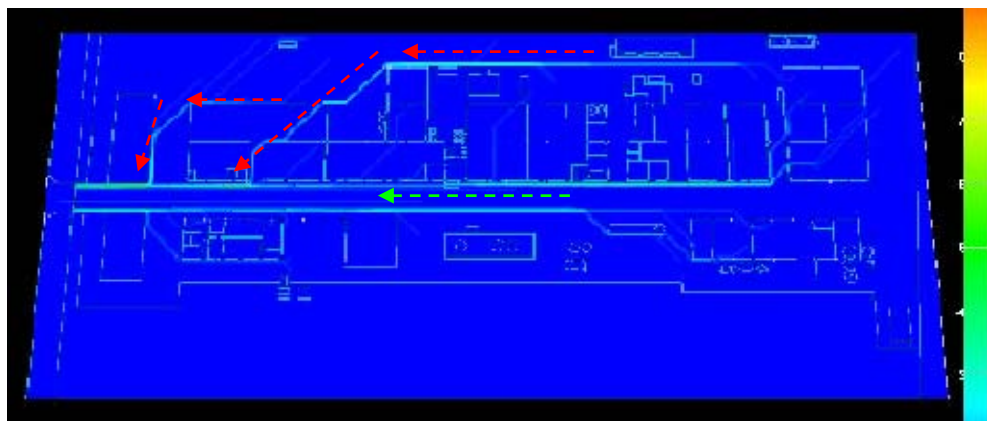


Figura 10. Vie di fuga preferenziali individuate dal modello

I due casi a confronto

Un confronto effettivo fra i due casi analizzati risulta sicuramente difficoltoso data la notevole diversità fra le situazioni esaminate. In tutti i casi si possono fare alcune considerazioni: innanzi tutto risulta evidente come il primo esempio permetta di sfruttare a pieno le potenzialità del modello anche se il grado di indeterminanza insito nell'approccio adottato non sembra costituire un effettivo valore aggiunto: l'esecuzione di più simulazioni condotte con gli stessi parametri non ha portato a risultati apprezzabilmente diversi.

L'applicazione del modello al secondo esempio ha, al contrario, in qualche misura posto in rilievo proprio il vantaggio di un simile approccio permettendo, fra l'altro, di evidenziare possibili strategie d'esodo ed in particolare vie di fuga non chiaramente individuabili altrimenti.

IL COMPORTAMENTO UMANO IN CASO D'EMERGENZA

Il comportamento delle persone durante un'evacuazione in caso d'emergenza è influenzato da un notevole numero di parametri, quali, ad esempio, il grado di conoscenza del luogo da cui si deve uscire, le caratteristiche dell'edificio, ma anche altri parametri meno immediati: è stato osservato, per esempio, che uomini e donne non si comportano nello stesso modo durante un'emergenza. Ricerche condotte in Gran Bretagna e Stati Uniti hanno evidenziato il diverso comportamento che le persone assumono di fronte ad un incendio a seconda del sesso.

Prima azione intrapresa	Maschi [%]	Femmine [%]
Avvisare altri	16.3	13.8
Cercare il fuoco	14.9	06.3
Chiamare i VVF	06.1	11.4
Prendere un vestito	05.8	10.1
Lasciare l'edificio	04.2	10.4
Raggiungere la famiglia	03.4	11.0
Lottare contro il fuoco	05.8	03.8
Prendere un estintore	06.9	02.8
Lasciare l'area	04.6	04.1
Svegliarsi	03.8	02.5
Nessuna	02.7	02.8
Telefonare ad altri vigili del fuoco	03.4	01.3
Prendere beni personali	01.5	02.5
Andare nell'area dell'incendio	01.9	02.2
Rimuovere del combustibile	01.1	02.2
Entrare nell'edificio	02.3	0.09
Cercare l'uscita	01.5	01.6
Andare verso l'allarme antincendio	01.1	0.19
Telefonare ad altri	00.8	01.6

Prima azione intrapresa	Maschi [%]	Femmine [%]
Cercare di estinguere l'incendio	01.9	00.6
Chiudere la porta dell'area dell'incendio	00.8	01.3
Attivare l'allarme antincendio	01.1	00.6
Spegnere un apparecchio	00.8	00.9
Cercare un animale domestico	00.8	00.9
Altro	06.5	02.5
Totale Intervistati	262	318

Tabella 6. Differenze comportamentali, in base al sesso, in caso d'incendio

Inoltre l'osservazione di alcuni eventi, ha dimostrato che il comportamento delle persone in determinate situazioni non è facilmente prevedibile ed anzi, a volte, è in contraddizione con quanto comunemente considerato come comportamento prevedibile.

In seguito ad una serie di interviste si è potuto constatare come la maggior parte delle persone siano consapevoli che, in caso d'incendio, è preferibile non usare l'ascensore. Di contro, però, quasi nessuno è consapevole che una delle principali ragioni per cui questo comportamento è corretto risiede nella possibilità che il fumo si possa accumulare nel vano dell'ascensore.

“Il concetto che le persone di fronte al fuoco di norma fuggano in preda al panico è stato a lungo rifiutato dagli psicologi. Il panico è stato raramente osservato quale comportamento umano a fronte di un incendio: sovente, infatti, le persone appaiono comportarsi in modo razionale commisurato alle informazioni ed al grado di consapevolezza del momento” [6].

È stato osservato, inoltre, che, nei primi istanti di un incendio, gli occupanti di un edificio, pur sentendo l'odore di fumo o l'allarme antincendio, non reagiscono: ciò può essere causato dal fatto che essi si rifiutano di ammettere che c'è un pericolo oppure perché non si rendono conto della situazione non essendo informati.

Questo comportamento sembra essere particolarmente vero, inoltre, nel caso di edifici pubblici dove gli occupanti si preoccupano di non avere una reazione esagerata, di fronte agli altri, nel caso si tratti di un falso allarme o comunque di una situazione facilmente controllabile. Questo tipo di comportamento, comunque, è una possibile causa dell'attivazione ritardata di misure protettive e dell'evacuazione stessa e deve essere tenuto sempre in considerazione nella valutazioni dei rischi.

Nel passato si è sempre assunto che il comportamento delle persone di fronte al fumo fosse dettato dalla paura e portasse, comunque, ad evitarlo fuggendo alla sua vista. Una situazione ben diversa è andata, invece, delineandosi a fronte dell'osservazione di numerosi casi realmente accaduti. Durante l'evacuazione le persone hanno spesso attraversato o stazionato anche per lunghi periodi su scale o corridoi pieni di fumo senza, evidentemente, essere a conoscenza del pericolo costituito dal fumo e dai suoi componenti tossici.

Una ricerca condotta dall'Università del Maryland rivela che su 400 incendi studiati, il 53% dei sopravvissuti sono fuggiti attraversando zone occupate dal fumo.

Questo, quindi, è uno dei casi in cui il comportamento delle persone dovrebbe essere modificato mediante una corretta informazione ed, inoltre, sottolinea la necessità di creare sistemi capaci di mantenere le vie di fuga il più a lungo possibile libere dal fumo. Questo aspetto ci sembra di particolare rilevanza soprattutto negli edifici pubblici o comunque in quei luoghi affollati dove gli occupanti tendono probabilmente a ritardare l'evacuazione e ad attendere istruzioni.

Uno studio interessante su alcuni dei fattori che influenzano la scelta della via d'uscita in caso di evacuazione è stato condotto dall'Università di Lund in Svezia [6]. Tale ricerca ha, fra l'altro, considerato oltre a parametri che influenzano la scelta dell'uscita come la distanza da percorrere, anche altri, quali: la familiarità con le vie d'uscita, rilevando che le persone tendono a preferire, a parità di condizioni, l'uscita “convenzionale” rispetto a quella d'emergenza, e lo stato delle uscite osservando, che vengono preferite le uscite già aperte o attraverso cui si può vedere l'esterno rispetto a quelle inizialmente chiuse.

CONSIDERAZIONI SULLE STRATEGIE DI EVACUAZIONE E CONCLUSIONI

Nella definizione di una strategia di evacuazione, è quindi necessario considerare che, ad esempio: il sesso, l'età, la prontezza di riflessi, la mobilità, il grado d'informazione e di familiarità degli occupanti sono alcuni dei fattori che influenzano il tempo di evacuazione e le modalità comportamentali in caso di emergenza. Anche la condizione del singolo occupante è da considerarsi una variabile importante: una persona sola o in gruppo, un frequentatore abituale o un semplice visitatore hanno comportamenti diversi di fronte ad un'emergenza.

Non minore importanza hanno, certamente, le caratteristiche dell'edificio, intese soprattutto come caratteristiche di progetto (larghezza e numero di uscite e di scale, ecc.) e dei sistemi di allertamento e

segnalamento delle vie di fuga.

Riguardo al grado di dettaglio ed alle modalità con cui viene redatto un piano di evacuazione, anch'esse possono avere notevoli ripercussioni sulla effettiva efficacia.

Un piano d'evacuazione, in generale, viene progettato sulla base di scenari incidentali valutati credibili e che si immagina evolvano secondo determinate sequenze. L'emergenza reale non sempre segue gli schemi precostituiti: una strategia d'esodo troppo definita può rivelarsi poco flessibile se non addirittura controproducente nella realtà. D'altra parte, è evidente che la possibilità di contenere al massimo le conseguenze di un dato incidente è tanto maggiore quanto minore è il grado di improvvisazione da fronteggiare all'atto dell'emergenza.

Risulta, d'altro canto, difficile immaginare che in una struttura pubblica, come una scuola, sia possibile condurre più prove di evacuazione chiudendo una volta una scala poi un'uscita e così via.

In quest'ottica, nonostante la numerosità di dati di input necessari per il calcolo e la scarsa disponibilità di casi di riferimento che rendono l'affidabilità previsionale delle simulazioni ancora in discussione, sembra d'interesse l'uso di strumenti capaci, da un lato di prendere in considerazione gran parte dei fattori che influenzano un'evacuazione, dall'altra di simulare molteplici scenari, anche molto diversi per tipologia e natura e quali difficilmente potrebbero essere ricreati durante una qualche esercitazione pratica.

L'uso di tali strumenti in situazioni non convenzionali come uno stabilimento industriale, ha, infine, rivelato la possibilità di considerare nuovi possibili campi d'applicazione.

RINGRAZIAMENTI

Un particolare ringraziamento va a tutti i componenti del settore Affidabilità e Rischi per le proficue e sempre stimolanti discussioni.

BIBLIOGRAFIA

- [1] "Evacnet4 user's guide" - T. M. Kisko, R. L. Francis and C. R. Nobel - University of Florida (1998)
- [2] "Review of Egress Models" – Prof. J. Barnett and Mr. M. Voorhis (1995)
- [3] "People safety model to optimise the exit ways layout in buildings" – G. Mutani, M. Santarelli, V. Verda (2001)
- [4] NFPA 1 Fire Prevention Code (2000)
- [5] "Simulex user's guide" – IES
- [6] "Fire alarm in a public building: how do people evaluate information and choose evacuation exit?" - Benthorn, L.J. and Frantzich, H. - Department of Psychology, Department of Fire Safety Engineering Lund University, Lund, Sweden (1996)
- [7] "STEPS Simulation of Transient Evacuation and Pedestrian movementS User's guide" - Mott MacDonald