

introducendo il fattore tempo nella valutazione è stato studiato il flusso unitario

Yr.	Source	Max. design flow (p/m/sec)	Ultimate flow (p/m/sec)	Scope of data / analysis
'58	Hankin & Wright	1.48	1.92	Commuters under normal conditions
'69	Predtechenskii & Milinskii	1.70	2.06	Peak flows at high density for adults in summer dress.
'72	SCICON report	1.37		Data from football crowds
'73	Guide to Safety at Sports Grounds	1.82 (unit exit width method)		Based on Japanese data and derived from 1.0 pers/0.55m/s unit exit width calculation
'71	Fruin	1.37	4.37	Max. flow is ultimate regimented, 'funnelled' soldiers flow under pressure
'83	Polus et al	1.25-1.58	1.56	Data collected in Israel, sidewalks
'85	NFPA 101 (U.S.A)	1.64, now 1.33		Originally 1.64 (unit exit width method) but now same as UK
'88	Ando et al		1.7-1.8	Commuters under normal conditions
'91	Approved Document B1 (UK)	1.33		Standard British code for buildings

Esodo in emergenza: alcune considerazioni generali - Stefano Marsella - Ordine degli Ingegneri di Roma

Americans with Disabilities Act Guidelines:

- percorsi accessibili: oltre alla realizzazione di rampe e percorsi privi di ostacoli si prevede la realizzazione di spazi di attesa dei soccorsi dotati di comunicazione bidirezionale
- ascensori di esodo: sono adatti alle esigenze, purché conformi alle specifiche norme. i percorsi che conducono a questi ascensori devono essere considerati percorsi di esodo
- scale: in questo caso l'accessibilità riguarda la facilità di uso per le persone con disabilità sensoriale
- allarmi: devono essere adatti a tutti i tipi di disabilità sensoriale (caratteristiche di visibilità contrasto, livello sono e di illuminazione, dimensione ecc.
- segnaletica: anche in questo caso deve essere adatta a tutti i tipi di disabilità sensoriale

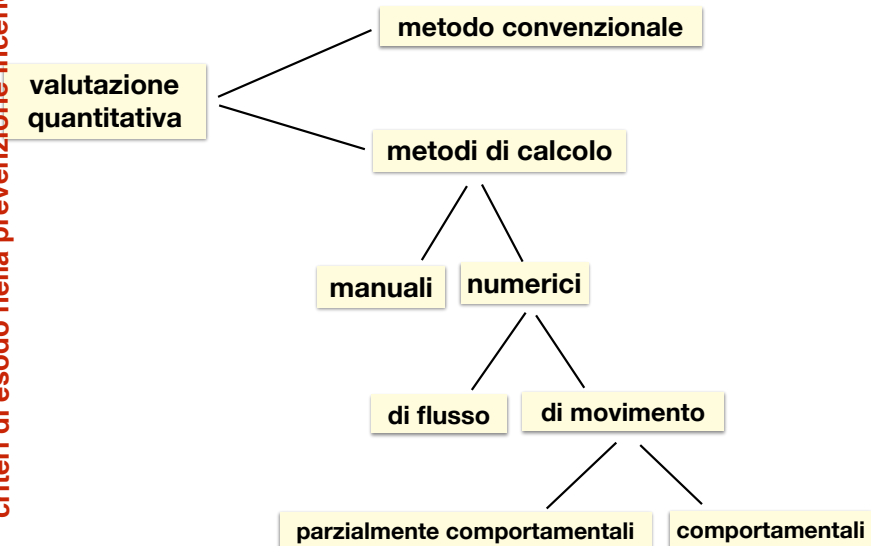
Parametri relativi alla popolazione e (*) alla popolazione con disabilità motoria (sedili a ruote)
Nota:
pazienza: tempo massimo di attesa in piedi prima di cambiare percorso o cercare una soluzione alternativa
sway:
dawdle: la probabilità per una persona di ridurre la propria velocità per un intervallo di tempo
inerzia: la forza con cui una persona cerca di mantenere la propria direzione mentre cammina

	min	max	medio	DS	unità
velocità	0,8	2,0	1,2	1	m/s
pazienza	5.000	5.000	-	-	s
sway	1	5	3	2	
sway*	1	1	-	-	
reazione	0	60	30	300	s
dawdle	0	30	15	5	%
dawdle*	0	50	25	250	%
inerzia	1	5	3	2	%

J. Bendel, H. Klupfel – *Accessibility and evacuation planning - similarities and differences*— Pedestrian and evacuation dynamics – Springer— New York 2011 - pp. 701-711

Esodo in emergenza: alcune considerazioni generali - Stefano Marsella - Ordine degli Ingegneri di Roma

valutare quantitativamente la durata dell'esodo serve sia per la prevenzione incendi che per la pianificazione dell'emergenza



Esodo in emergenza: alcune considerazioni generali - Stefano Marsella - Ordine degli Ingegneri di Roma

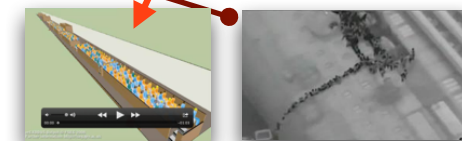
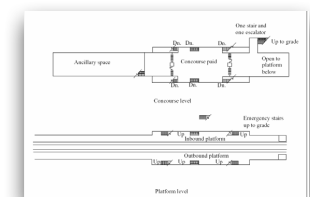
ESODO IN EMERGENZA & METODI DI CALCOLO

metodo tradizionale
modello di flusso
modelli di movimento
modelli parzialmente comportamentali
modelli comportamentali

edifici normali, luoghi di lavoro ordinari, attività normative

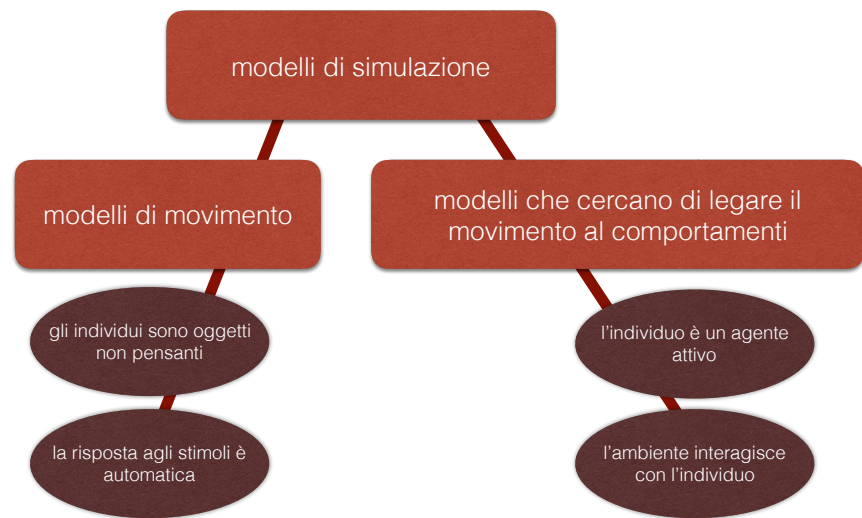
edifici normali, necessità di valutazioni specifiche (deroghe)

complessità



Esodo in emergenza: alcune considerazioni generali - Stefano Marsella - Ordine degli Ingegneri di Roma

modelli di esodo



Esodo in emergenza: alcune considerazioni generali - Stefano Marsella - Ordine degli Ingegneri di Roma

modelli di esodo

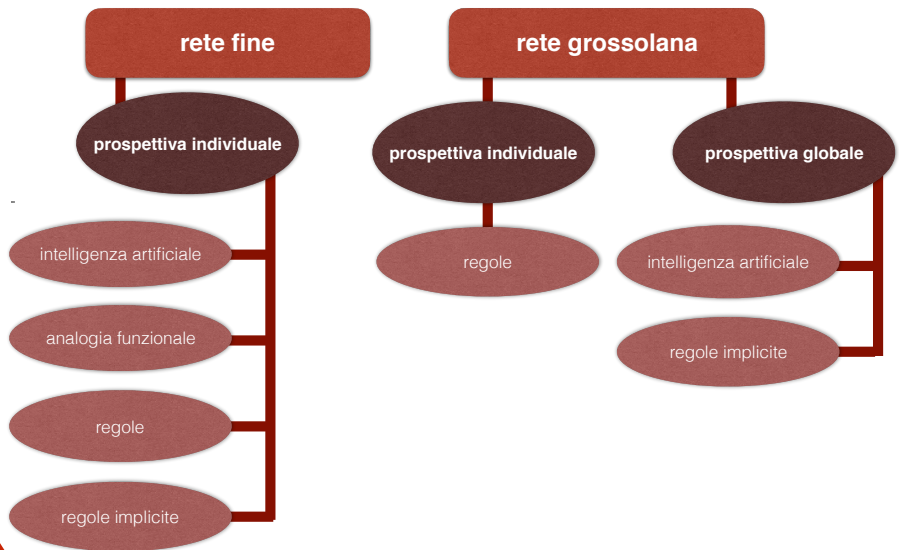
Table 1. Main features of egress models

Model	Available to public	Modeling Method	Purpose	Grid/Structure	Perspective of M/O	Behavior ^a	Movement ^a	Fire data	CAD	Visual	Valid
EVACNET4	Y	M-O	1	C	G	N	UC	N	N	N	FD
WAYOUT	Y	M	5	C	G	N	D	N	N	2-D	FD
STEPS ^a	Y	B	1	F	I	C, P	P, E	Y1,2	Y	2,3-D	C,FD,PE
PEDROUTE	Y	PB	3	C	G	I	D	N	Y	2,3-D	N
Simulex ^b	Y	PB	1	Co.	I	I	ID	N	Y	2-D	FD,PE,3P
GridFlow	Y	PB	1	Co.	I	I	D	N	Y	2,3-D	FD, PE
FDS+Evac ^c	Y	PB	1	Co.	I	I, C, P	ID	Y3	N/Y	2,3-D	FD,PE,OM
Pathfinder 2009 ^c	Y	PB	1	Co.	I/G	I	D,ID	N	Y	2,3-D	C,FD,PE,OM
SimWalk ^c	Y	PB	1,3	Co.	I	C, P	P	N	Y	2,3-D	FD,PE,3P
PEDFLOW ^c	Y	B	1	Co.	I	C, P	ID	Y2	Y	2,3-D	PE
PedGo ^c	Y,N1	PB/B	1	F	I/I,G	I/C, P	P,E (CA), C	Y2	Y	2,3-D	FD,PE,OM,3P
ASERIT ^c	Y	B-RA	1	Co.	I	C, P	ID	Y1,2	Y	2,3-D	FD, PE
BldEXO ^b	Y	B	1	F	I	C, P	P, E	Y1,2	Y	2,3-D	FD,PE,OM,3P
Legion ^c	Y,N1	B	1	Co.	I	AI, P	ID, C	Y1	Y	2,3-D	C,FD,PE,3P
SpaceSensor ^c	Y	B	3	Co.	I	C, P	C, Ae, K	N	Y	2,3-D	FD,OM
EPT ^c	Y,N1	B	1	F	I	AI	UC,C	Y2	Y	2,3-D	FD
Myriad II ^c	Y, N1	B	1	C, F, Co.	I	AI	D, UC, IP, Ae, K	Y1	Y	2,3-D	PE, 3P
MassMotion ^c	Y, N1	B	1	Co.	I/I,G	AI,P	C	N	Y	2,3-D	C,FD,PE,OM
PathFinder	N1	M	1	F	I/G	N	D	N	Y	2-D	N
ALLSAFE	N1	PB	5	C	G	I	Un_F	Y1,2	N	2-D	OM
CRISP	N1	B-RA	1	F	I	C, P	E,D	Y3	Y	2,3-D	FD
EGRESS 2002	N1	B	1	F	I	C, P	P,D (CA)	Y2	N	2-D	FD
SGEM ^c	N1	PB	1	Co.	I	I	D	N	Y	2-D	FD,OM
EXIT89 ^c	N2	PB	1	C	I	I/C, P	D	Y1	N	N	FD,3P
MASSEgress ^b	N2	B	1	Co.	I	C, AI	C	N	Y	2,3-D	PE,OM
EvacuationNZ ^c	N2	B	1	C	I/I,G	I, C, P	D, UC	Y2	Y	2-D	FD, PE,OM

Da: A Review of Building Evacuation Models, 2nd Edition - Erica D. Kuligowski Richard D. Peacock Bryan L. Hoskins

Esodo in emergenza: alcune considerazioni generali - Stefano Marsella - Ordine degli Ingegneri di Roma

modelli di esodo



Esodo in emergenza: alcune considerazioni generali - Stefano Marsella - Ordine degli Ingegneri di Roma

modelli di esodo

Availability to the Public:

(Y): The model is available to the public for free or a fee
(N1): The company uses the model for the client on a consultancy basis (N2): The model has not yet been released

(N1): The company uses the model for the client on a consultancy basis (N2): The model has not yet been released

Modeling Method:

(M-O): Movement/optimization models
(PB): Partial Behavioral model
(B): Behavioral model
(B-RA): Behavioral model with risk assessment capabilities

Purpose:

(1) Models that can simulate any type of building
(2) Models that specialize in residences
(3) Models that specialize in public transport stations
(4) Models that are capable of simulating low-rise buildings (under 15 stories) (5) Models that only simulate route/exit of the building.

Grid/Structure:

(F): Fine network (Co): Continuous

Perspective of the model/occupant:

(G): Global perspective
(I): Individual perspective
Each model is categorized by both the perspective of the model and of the occupant. If only one entry is listed in this column, both the model and occupant have the same perspective.

Behavior:

(N): No behavior
(I): Implicit
(C): Conditional or rule-based (AI): Artificial intelligence (P):

Movement:

(D): Density
(UC): User's choice
(ID): Inter-person distance
(P): Potential
(E): Emptiness of next grid cell (C): Conditional
(Ac_K): Acquired knowledge (Un_F): Unimpeded flow (CA): Cellular automata

Fire Data:

(N): The model cannot incorporate fire data
(Y1): The model can import fire data from another model
(Y2): The model allows the user to input specific fire data at certain times throughout the evacuation
(Y3): The model has its own simultaneous fire model

CAD:

(N): The model does not allow for importation of CAD drawings (Y): The model does allow for importation of CAD drawings

Visual:

(N): The model does not have visualization capabilities (2-D): 2-dimension visualization available
(3-D): 3-dimension visualization available

Validation:

(C): Validation against codes
(FD): Validation against fire drills or other people movement experiments/trials (PE): Validation against literature on past experiments (flow rates, etc.)
(OM): Validation against other models
(3P): Third party validation
(N): No validation work could be found regarding the model

Esodo in emergenza: alcune considerazioni generali - Stefano Marsella - Ordine degli Ingegneri di Roma

modelli di esodo

Modeling Method:

(M): Movement model
(M-O): Movement/optimization models
(PB): Partial Behavioral model
(B): Behavioral model
(B-RA): Behavioral model with risk assessment capabilities

Purpose:

(1) Models that can simulate any type of building
(2) Models that specialize in residences
(3) Models that specialize in public transport stations
(4) Models that are capable of simulating low-rise buildings (under 15 stories)
(5) Models that only simulate 1-route/exit of the building.

Grid/Structure:

(C): Coarse network (F): Fine network (Co): Continuous

Behavior:

(N): No behavior
(I): Implicit
(C): Conditional or rule-based
(AI): Artificial intelligence
(P): Probabilistic

Movement:

(D): Density
(UC): User's choice
(ID): Inter-person distance
(P): Potential
(E): Emptiness of next grid cell (C): Conditional
(Ac_K): Acquired knowledge (Un_F): Unimpeded flow
(CA): Cellular automata

Validation:

(C): Validation against codes
(FD): Validation against fire drills or other people movement experiments/trials (PE): Validation against literature on past experiments (flow rates, etc.)
(OM): Validation against other models
(3P): Third party validation
(N): No validation work could be found regarding the model

Esodo in emergenza: alcune considerazioni generali - Stefano Marsella - Ordine degli Ingegneri di Roma

caratteristiche particolari

- Counterflow
- Exit block/obstacles
- Fire conditions affect behavior
- Toxicity of the occupants
- Defining groups
- Disabilities/slow occupant groups
- Delays/pre-evacuation times
- Elevator use
- Route choice of the occupants

Esodo in emergenza: alcune considerazioni generali - Stefano Marsella - Ordine degli Ingegneri di Roma

metodo di modellazione

(M): Movement model
(M-O): Movement/optimization models
(PB): Partial Behavioral model
(B): Behavioral model
(B-RA): Behavioral model with risk assessment capabilities

comportamento

(N): No behavior
(I): Implicit *(senza comportamento ma con regole sui ritardi o su caratteristiche che possono condizionare l'esodo)*
(C): Conditional or rule-based *(azioni di singoli o gruppi legate a condizioni locali o ambientali if/then)*
(AI): Artificial intelligence
(P): Probabilistic

movimento

(D): Density
(UC): User's choice
(ID): Inter-person distance
(P): Potential
(E): Emptiness of next grid cell (C): Conditional
(Ac_K): Acquired knowledge (Un_F): Unimpeded flow (CA): Cellular automata

Esodo in emergenza: alcune considerazioni generali - Stefano Marsella - Ordine degli Ingegneri di Roma

178

N. Zhang et al. / Physica A 430 (2015) 171–183

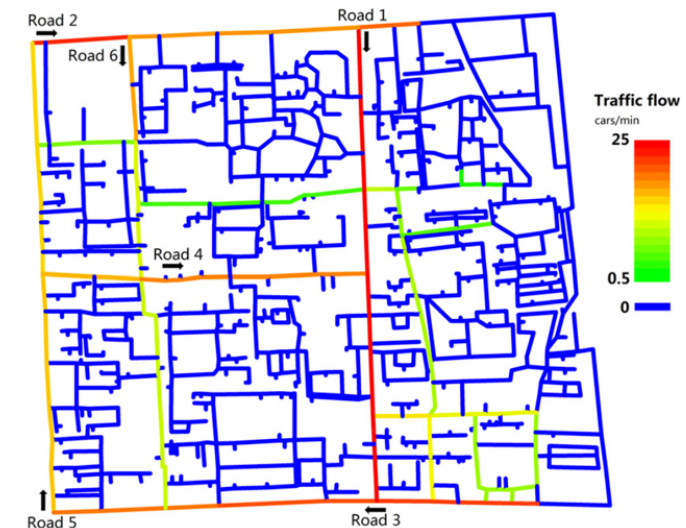


Fig. 7. Average traffic flow of main road in the study area. (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)

Zhang, N., Huang, H., Su, B., & Zhao, J. (2015). Analysis of dynamic road risk for pedestrian evacuation. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 430(November 2015), 171–183. <http://dx.doi.org/10.1016/j.physa.2015.02.062>

Esodo in emergenza: alcune considerazioni generali - Stefano Marsella - Ordine degli Ingegneri di Roma

Casi di studio

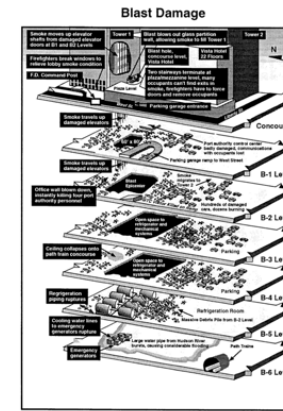


In questa sezione sono riportate le slide di alcuni casi di studio, scelti con finalità didattiche sulla base di elementi che li caratterizzano e che concorrono a costruire un quadro delle esigenze di cui tenere conto nella fase di valutazione del rischio e di scelta delle misure da applicare.

1. Attentato del 1993 alle Torri Gemelle di New York.

La pianificazione non era realistica - 11 ore per l'esodo.

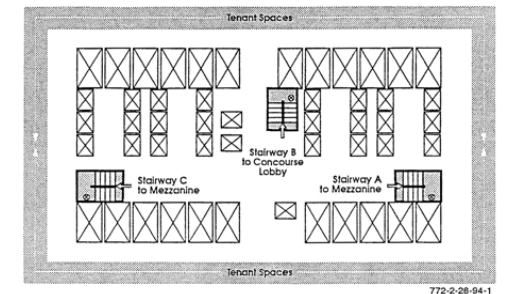
caso di studio



It is estimated that approximately 50,000 people were evacuated from the WTC complex, including nearly 25,000 from each of the two towers. Fire alarm dispatchers received more than 1,000 phone calls, most reporting victims trapped on the upper floors of the towers. **Search and evacuation of the towers finally were completed some 11 hours** after the incident began.

The statistics are staggering: Six people died and **1,042 were injured**. Of those injured, 15 received traumatic injuries from the blast itself. Nearly 20 people complained of cardiac problems, and nearly 30 pregnant women were rescued. Eighty-eight firefighters (one requiring hospitalization), 35 police officers, and one EMS worker sustained injuries

Elevator and Stairway Configuration, Towers



<https://www.usfa.fema.gov/downloads/pdf/publications/tr-076.pdf>

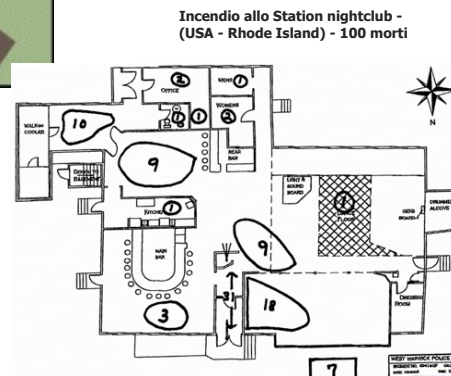
Esodo in emergenza: alcune considerazioni generali - Stefano Marsella - Ordine degli Ingegneri di Roma

2. Incendi di locali di spettacolo: 1998 Gotenburg (Svezia) - 2003 Rhode Island (USA)

In entrambi i casi, ebbene le vie di esodo fossero adeguate al pubblico e conformi alle attuali norme in materia, il numero di decessi è stato abnorme.



Gothenburg Disco (Svezia -1998) - 63 morti



Incendio allo Station nightclub -
(USA - Rhode Island) - 100 morti

3. Grave incidente a La Mecca (Arabia Saudita) - 2015

Sebbene non fosse il primo incidente di questo tipo che si sia verificato nella città sacra, i sistemi di controllo e la realizzazione di una nuova sala operativa non hanno evitato un numero abnorme di decessi.



La Mecca (Arabia Saudita 2015) -
2.236 morti

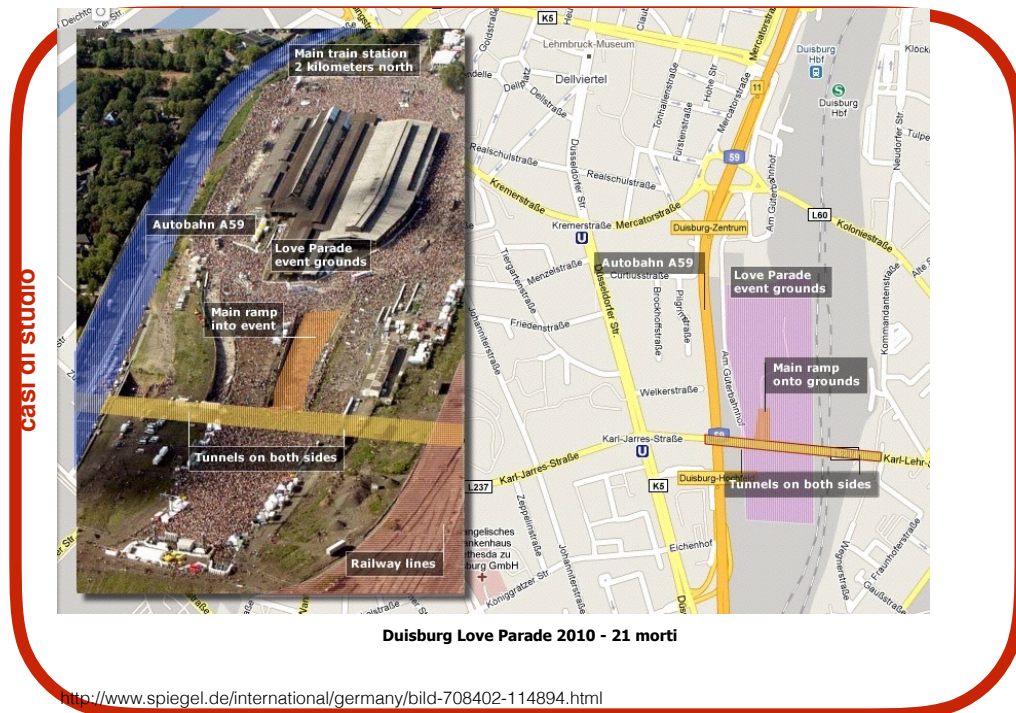


http://www.nytimes.com/2015/09/25/world/middleeast/mecca-stampede.html?_r=0

Esodo in emergenza: alcune considerazioni generali - Stefano Marsella - Ordine degli Ingegneri di Roma

4. Incidente alla Love parade a Duisburg (Germania) - 2011

La decisione della polizia locale di bloccare l'accesso del pubblico per evitare possibili rischi ha generato i 21 decessi.



Esodo in emergenza: alcune considerazioni generali - Stefano Marsella - Ordine degli Ingegneri di Roma

5. Naufragi Costa Concordia (Italia - 2012) e Sewol (Corea del Sud - 2014)

Osservazioni sull'effetto delle caratteristiche culturali ai fini del comportamento in emergenza.



2012 Italia Costa Concordia - 32 morti su 4200 passeggeri



2014 Corea del Sud Traghetto Sewol - 304 morti su 476 passeggeri

Esodo in emergenza: alcune considerazioni generali - Stefano Marsella - Ordine degli Ingegneri di Roma

2011: Indiana State Fair

Nonostante il pubblico sia stato avvertito con anticipo adeguato dei rischi legati al tornado in avvicinamento, il numero di feriti mostra quanto l'allarme sia rimasto inascoltato.

rifiuto evacuazione

PSYCHOLOGY

State Fair Tragedy: Why People Refuse to Leave

AUG 19, 2011 04:14 PM ET // BY BENJAMIN RADFORD



The stage collapse at the Indiana State Fair August 13, 2011 in Indianapolis. Getty Images

A sixth person has died from injuries received last weekend when a stage collapsed at the Indiana State Fair. Nearly 50 people were injured when a strong wind pulled scaffolding and staging lights onto fans.

The event is made all the more tragic because the injuries and deaths could theoretically have

<http://news.discovery.com/human/psychology/indiana-state-fair-tragedy-110819.htm>

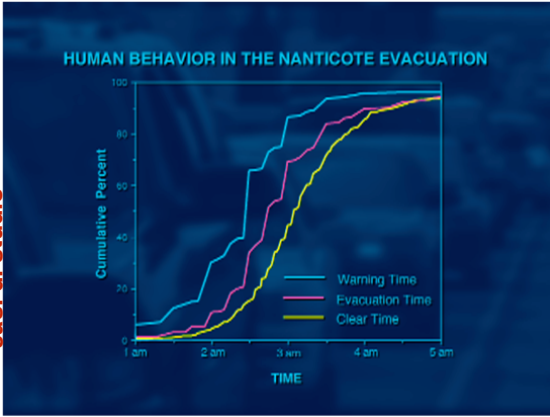
Esodo in emergenza: alcune considerazioni generali - Stefano Marsella - Ordine degli Ingegneri di Roma

1987:Esodo di massa a Nanticote (USA)

La continua informazione al pubblico sulle possibili emergenze legate all'impianto nucleare presente nella zona ha reso l'esodo dovuto ad un incidente industriale particolarmente rapido.

ASET - RSET

HUMAN BEHAVIOR IN THE NANTICOTE EVACUATION



18,000 Evacuate Pa. Town Fearing A-Plant Disaster : But Fumes Were From Acid Fire

All 18,000 residents of this northeast Pennsylvania coal town fled the area before dawn today thinking there had been an accident at a nearby nuclear plant. What they were escaping was a cloud of deadly sulfuric acid and other chemicals spewed into the air by a fire that raged out of control for six hours, destroying a sheet metal plating plant.

The evacuation in a caravan of cars, buses and trucks went smoothly because Nanticoke had practiced: It has sponsored emergency evacuation practices for the last seven years because it is located near the nuclear-powered Susquehanna Steam Electric Station.

Door-to-Door Alert

Police and officials went door to door waking up residents until, as one official said, "the town was empty except for firemen and National Guard soldiers wearing gas masks."

<http://emc.ornl.gov/training/evacuation-planning/student-guide.pdf>

Esodo in emergenza: alcune considerazioni generali - Stefano Marsella - Ordine degli Ingegneri di Roma

2009: Evacuazione di migliaia di turisti da aree turistiche in Francia

Migliaia di turisti evacuati in pochi minuti. Difficoltà linguistiche, di comunicazione e di gestione.



<http://www.gettyimages.it/detail/fotografie-di-cronaca/municipal-police-officers-speaks-with-a-tourist-fotografie-di-cronaca/118165665>

Dall'ingegneria della sicurezza a quella della pianificazione



1. Premessa al Capitolo

Le slide di questo capitolo sono, per alcuni aspetti, quelle centrali per l'intero contributo illustrato nel testo. Infatti, si riferiscono alle analogie che esistono tra l'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendi e quello alla pianificazione dell'esodo di massa. Le illustrazioni introducono i vari temi che poi sono trattati in modo più specifico (entro i limiti che l'intero testo consente) nei singoli paragrafi.

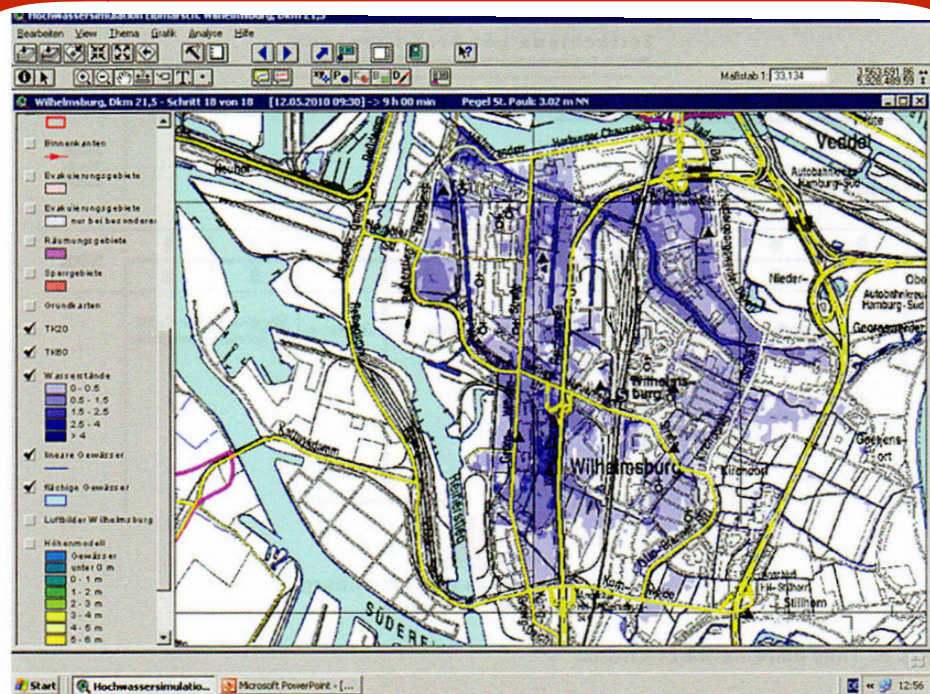
Sintetizzando il significato di questo capitolo, si potrebbe dire che, così come avviene nell'ingegneria antincendio, la verifica di corretta impostazione di un piano dovrebbe consistere nel confronto tra il tempo che un dato evento lascia a disposizione delle persone per mettersi in salvo (che si tratti di rimanere a casa o di fuggire) e il tempo necessario per farlo. Per svolgere questo calcolo nello studio degli eventi di simulazione si dovranno tenere in considerazione gli effetti di alcune sollecitazioni e determinati vincoli. Anche in questo caso gli effetti esterni possono essere ricondotti a questioni che troviamo anche nell'approccio ingegneristico (allarme, comunicazione, comportamento umano in emergenza, leggi che governano lo spostamento in emergenza, sia veicolare che pedonale, informazione al pubblico). Ovviamente su alcuni punti ci sarà maggiore enfasi (si consideri, ad esempio, l'importanza del coordinamento degli organi di sicurezza che sono sul territorio, oppure il ruolo delle reti sociali sulla percezione del pericolo da parte del pubblico).

L'elemento che si intende evidenziare nelle slide che seguono, però, riguarda il fatto che sono già disponibili tutte le cono-

scenze necessarie per affrontare la materia con una visione ingegneristica (usando questo termine in modo estensivo, riferendoci quindi alla capacità di basare le valutazioni finali su elementi quantificabili in modo più o meno certo).

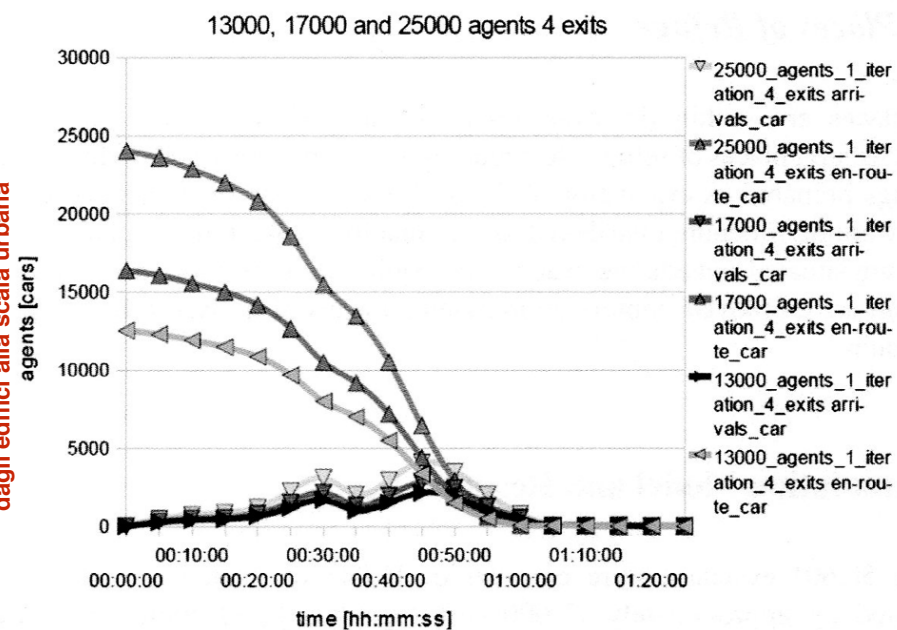
E' importante mettere in luce un ultimo aspetto: questo modo di affrontare il problema non è certo innovativo, dato che le pur limitate immagini presentate mostrano come lo sviluppo di applicativi (e lo studio che ne ha permesso la realizzazione) sia ormai diffuso da anni.

dagli edifici alla scala urbana



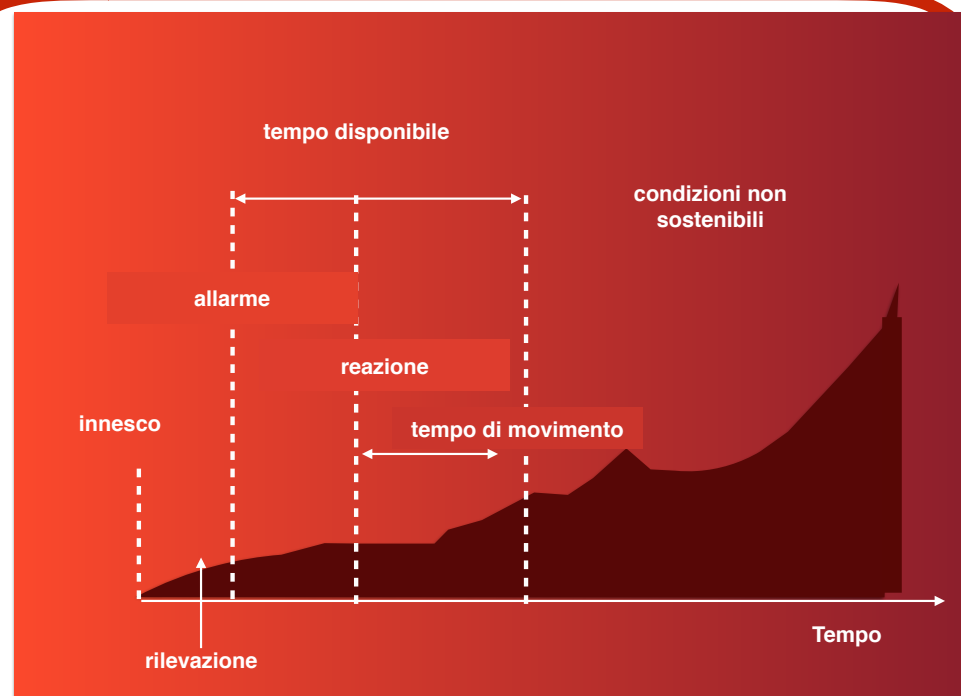
Esodo in emergenza: alcune considerazioni generali - Stefano Marsella - Ordine degli Ingegneri di Roma

dagli edifici alla scala urbana



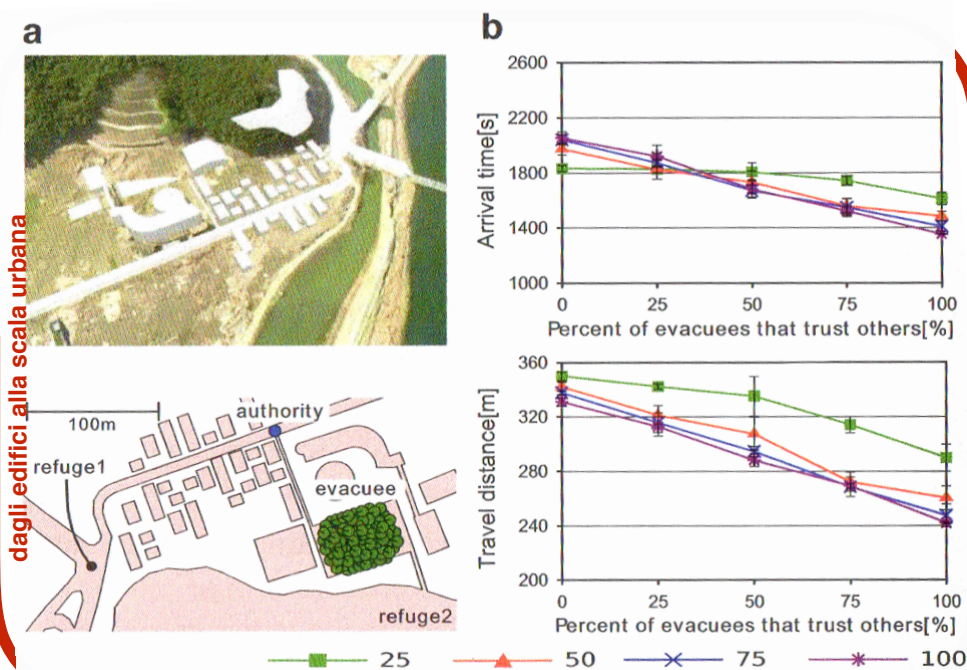
Esodo in emergenza: alcune considerazioni generali - Stefano Marsella - Ordine degli Ingegneri di Roma

dagli edifici alla scala urbana

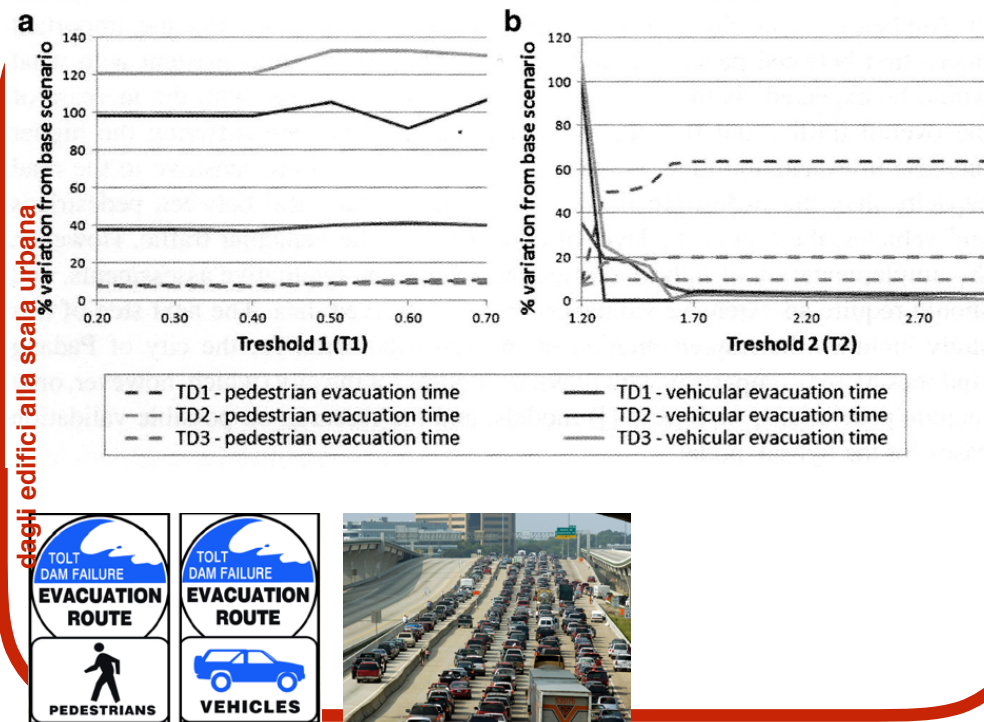


Esodo in emergenza: alcune considerazioni generali - Stefano Marsella - Ordine degli Ingegneri di Roma

dagli edifici alla scala urbana



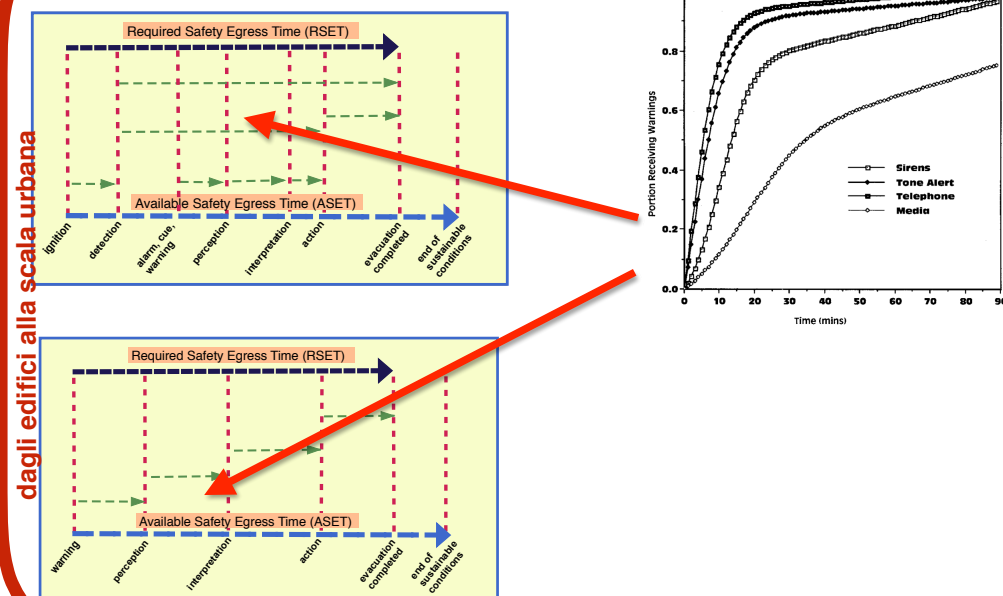
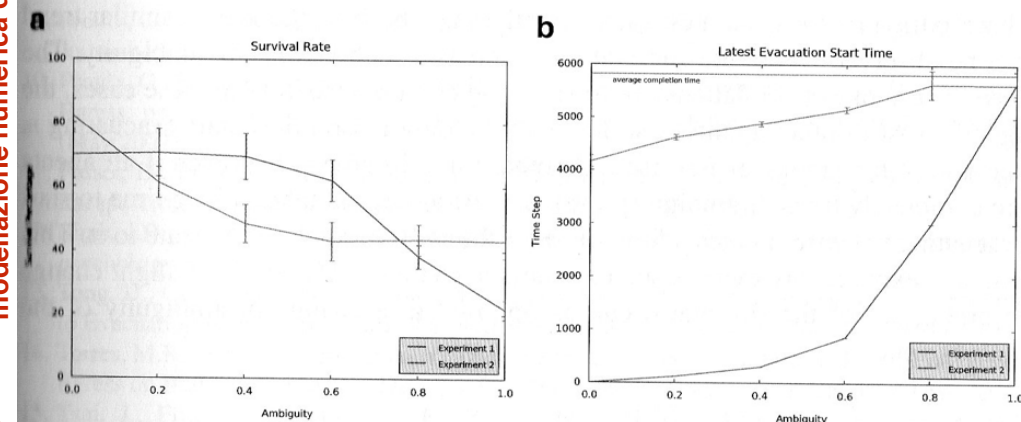
Esodo in emergenza: alcune considerazioni generali - Stefano Marsella - Ordine degli Ingegneri di Roma



chiarezza e ambiguità delle comunicazioni

Modeling Pre-evacuation Behavior in Crowd Simulation

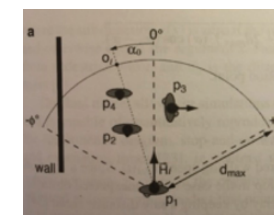
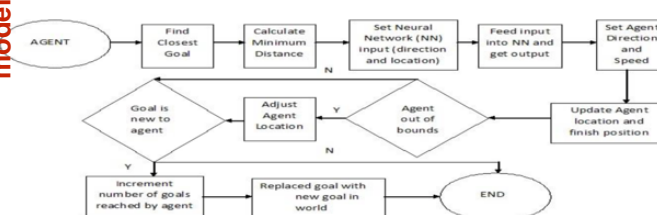
131



i modelli di valutazione/simulazione dell'esodo

Modelli ad agenti - **ABM** (agent based models): classe di modelli ricalcolo numerico per la simulazione delle azioni e interazioni di agenti autonomi e la valutazione dei loro effetti sul sistema nel suo complesso. Combinano elementi di teoria dei giochi, sistemi complessi, sociologia computazionale, sistemi multi-agente, e la programmazione evolutiva. Per introdurre elementi di casualità sono utilizzati in questa classe metodi Monte Carlo. Sono caratterizzati da:

- autonomia
- proattività
- reattività
- abilità sociali



Esodo in emergenza: alcune considerazioni generali - Stefano Marsella - Ordine degli Ingegneri di Roma