

CORSO DI PREVENZIONE INCENDI

STRATEGIA ANTINCENDIO

Capitolo S4 – Esodo

Capitolo S5 – La gestione della sicurezza

Capitolo S9 – Operatività antincendio



Comandante provinciale VVF Sondrio – Ing. Giuseppe Biffarella
Sondrio, 16/06/2017



STRATEGIA ANTINCENDIO

**Progettazione dell'esodo con
metodologie tradizionali
(attività non normate)**

DM 10/03/1998 – ALLEGATO III

MISURE RELATIVE ALLA COMPARTIMENTAZIONE ED ALLE VIE DI USCITA

Obiettivi

Il **sistema di vie di uscita** deve garantire che le persone possano, senza assistenza esterna, utilizzare in sicurezza un **percorso senza ostacoli** e chiaramente riconoscibile **fino ad un luogo sicuro**.

L'adeguatezza del sistema di vie di uscita dipende da:

- n° di persone presenti;
 - conoscenza del luogo di lavoro;
 - capacità di muoversi senza assistenza;
 - pericoli di incendio presenti;
 - numero delle vie di uscita alternative disponibili;
 - ubicazione delle persone quando si verifica lo scenario d'incendio.
-

DM 10/03/1998 – ALLEGATO III

MISURE RELATIVE ALLA COMPARTIMENTAZIONE ED ALLE VIE DI USCITA

CARATTERISTICA	LIVELLO BASSO	LIVELLO MEDIO	LIVELLO ALTO
Numero minimo di vie di uscita	1	1	2
Lunghezza massima percorso fino all'uscita di piano	45-60 m	30-45 m	15-30 m
Tempo massimo di evacuazione	5 min	3 min	1 min
Velocità di esodo	0,15-0,20 m/s	0,17-0,25 m/s	0,25-0,50 m/s
Più di un'uscita di piano se:	<ul style="list-style-type: none">• Affollamento > 50 persone• Pericoli esplosione e incendio• Lunghezza percorso di esodo > 60 m	<ul style="list-style-type: none">• Affollamento > 50 persone• Pericoli esplosione e incendio• Lunghezza percorso di esodo > 45 m	<ul style="list-style-type: none">• Affollamento > 50 persone• Pericoli esplosione e incendio• Lunghezza percorso di esodo > 30 m
Larghezza complessiva delle uscite di piano	W = affollamento al piano / 50 x 0,60		
Larghezza complessiva delle scale	W = affollamento 2 piani contigui / 50 x 0,60		

DM 10/03/1998 – ALLEGATO III

MISURE RELATIVE ALLA COMPARTIMENTAZIONE ED ALLE VIE DI USCITA

Misure di sicurezza alternative

Se le misure indicate non possono essere rispettate per motivi architettonici o urbanistici, il rischio può essere limitato mediante l'adozione di uno o più accorgimenti, da considerarsi **alternativi:**

- a) risistemazione del luogo di lavoro e/o della attività;
 - b) riduzione del percorso totale delle vie di uscita;
 - c) realizzazione di ulteriori uscite di piano;
 - d) realizzazione di percorsi protetti addizionali o estensione dei percorsi protetti esistenti;
 - e) installazione di un sistema automatico di rivelazione ed allarme incendio per ridurre i tempi di evacuazione.
-

STRATEGIA ANTINCENDIO

Capitolo S4 – Esodo

Esodo – *Finalità*

Sistema d'esodo (vie d'esodo, luoghi sicuri, spazi calmi, ..) insieme delle misure antincendio di salvaguardia della vita, che consentono agli occupanti di raggiungere un *luogo sicuro** in caso d'incendio.

** luogo esterno alle costruzioni di idonee caratteristiche, nel quale non esiste pericolo per gli occupanti che vi stazionano o vi transitano in caso di incendio.*

Finalità del sistema d'esodo

assicurare che gli occupanti dell'attività possano recarsi in un *luogo sicuro temporaneo*, da cui poter poi raggiungere un *luogo sicuro*, limitando l'esposizione agli effetti dell'incendio, a prescindere dall'intervento dei Vigili del fuoco.

La messa in sicurezza degli occupanti deve essere una **proprietà intrinseca** della costruzione e non legata **all'intervento** dei soccorritori.

Esodo – *Le procedure ammesse*

- **Esodo simultaneo**

prevede lo **spostamento contemporaneo degli occupanti** fino a luogo sicuro.

L'attivazione della procedura di esodo segue immediatamente la rivelazione dell'incendio o è differita dopo la verifica da parte degli occupanti dell'effettivo innesco dell'incendio.

- **Esodo per fasi** (non previsto nel passato)

in una struttura con più compartimenti, dopo la rivelazione e l'attivazione dell'allarme incendio, viene attivata la **procedura di esodo degli occupanti del compartimento di primo innesco**; successivamente si avvia l'evacuazione degli occupanti degli altri compartimenti (*es. edifici di grande altezza, ospedali, multisale, centri commerciali, grandi uffici, ...*) con l'ausilio di misure antincendio di protezione attiva, passiva e gestionali.

- **Esodo orizzontale progressivo**

prevede lo **spostamento degli occupanti dal compartimento di primo innesco** in un compartimento adiacente capace di contenerli e proteggerli fino a quando l'incendio non sia estinto o fino a che non si proceda ad una successiva evacuazione verso luogo sicuro (*es. strutture ospedaliere, ...*).

- **Protezione sul posto** (non previsto nel passato)

prevede la protezione degli occupanti nel compartimento in cui si trovano (*es. centri commerciali, mall, aerostazioni, ...*).

Esodo – *Livelli di prestazione*

Livello di prestazione	Descrizione
I	Esodo degli occupanti verso luogo sicuro
II	Protezione degli occupanti sul posto *

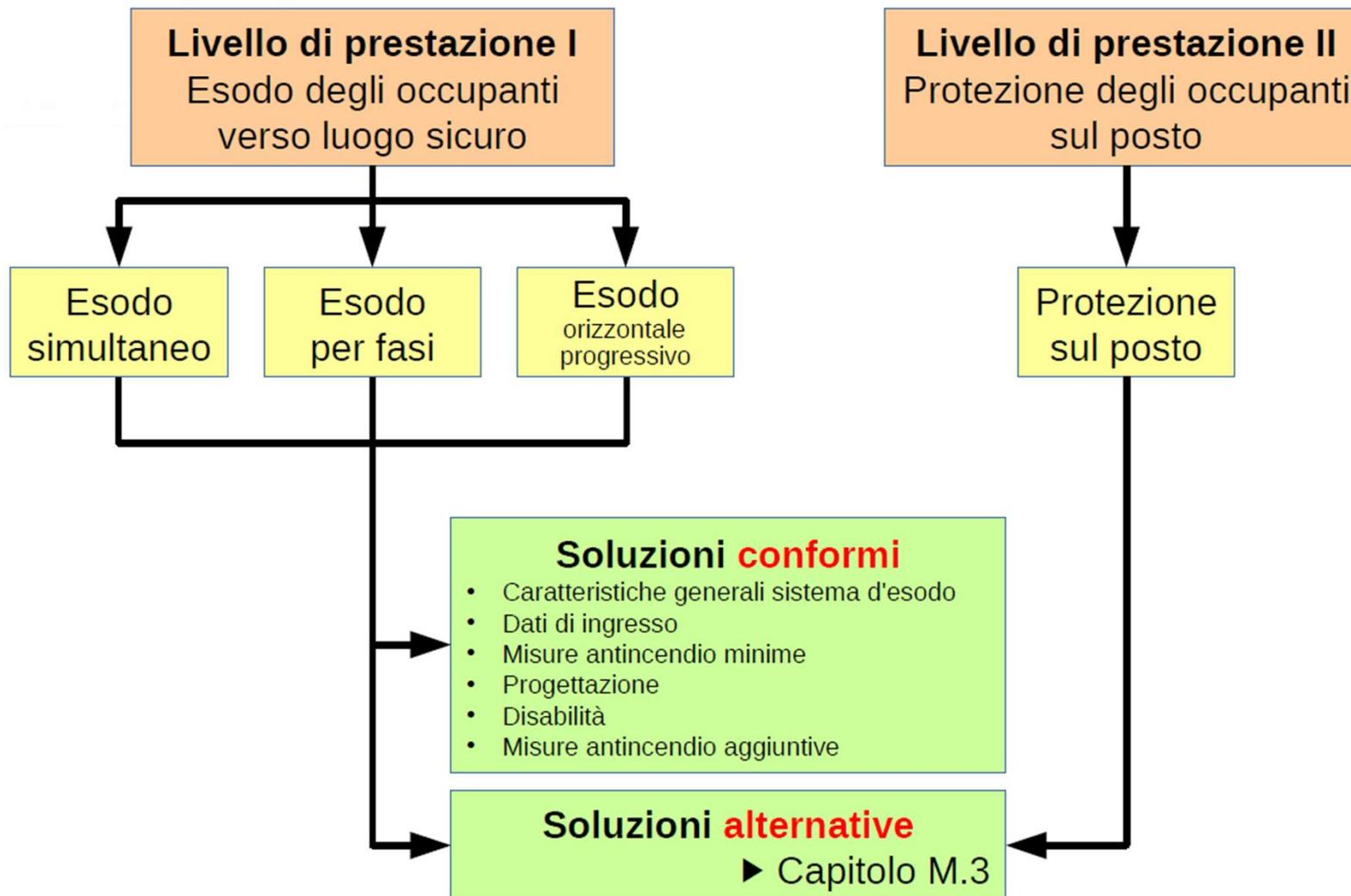
** protezione degli occupanti nel compartimento in cui si trovano: gli occupanti non si accorgono degli effetti dell'incendio (ISO 16738:2009)*

Esodo – Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione

Livello di prestazione	Descrizione
I	Tutte le attività *
II	Compartimenti per i quali non sia possibile garantire il livello di prestazione I <i>(a causa della dimensione del compartimento, ubicazione, tipologia degli occupanti o dell'attività ..., ad es. aerostazioni, grandi centri commerciali, interporti...)</i>

* indipendentemente da R_{vita} , R_{beni} e $R_{ambiente}$, carico d'incendio, tipologia delle lavorazioni,..

Esodo – *Le soluzioni progettuali*



Capitolo S4 – Esodo

Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

- 1 Caratteristiche generali del sistema d'esodo
 - 2 Dati di ingresso per la progettazione del sistema d'esodo
 - 3 Misure antincendio minime per l'esodo
 - 4 Progettazione dell'esodo
 - 5 Esodo in presenza di occupanti con disabilità
 - 6 Misure antincendio aggiuntive
-

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

1 Caratteristiche generali del sistema d'esodo – LUOGO SICURO

Luogo sicuro

luogo **esterno** alle costruzioni nel quale non esiste pericolo per gli occupanti che vi stazionano o vi transitano in caso di incendio.

Caratteristiche del luogo sicuro

1. **idoneo** a contenere gli occupanti che lo impiegano durante l'esodo,
2. **superficie lorda** calcolata considerando $0,70 \text{ m}^2/\text{pers}$ per *occupante deambulante*, e $2,25 \text{ m}^2/\text{pers}$ per *occupante non deambulante*, più gli spazi di manovra necessari all'utilizzo di ausili per il movimento (*letto, sedia a rotelle,..*),
3. **contrassegnato** con cartello UNI EN ISO 7010-E007 o equivalente:



Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

1 Caratteristiche generali del sistema d'esodo – LUOGO SICURO

Soluzioni per il luogo sicuro

a. la *pubblica via*,

b. uno *spazio scoperto esterno alla costruzione*:

- collegato alla pubblica via in ogni condizione d'incendio,
 - non investito dai prodotti della combustione,
 - con irraggiamento limitato a $2,5 \text{ kW/m}^2$ (*distanza di separazione valutata con i metodi del capitolo S3*),
 - senza pericolo di crolli (*distanza minima pari alla massima altezza della costruzione*).
-

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

1 Caratteristiche generali del sistema d'esodo

LUOGO SICURO TEMPORANEO

Luogo sicuro temporaneo

luogo **interno o esterno** alle costruzioni nel quale non esiste pericolo imminente per gli occupanti che vi stazionano o vi transitano in caso di incendio.

Da ogni luogo sicuro temporaneo gli occupanti devono poter raggiungere un luogo sicuro.

[Il *luogo sicuro temporaneo* si differenzia dal *luogo sicuro dinamico* introdotto dal DM 30/11/1983, in quanto sono consentiti sia il movimento ordinato che lo **stazionamento temporaneo** degli occupanti, in assenza di pericoli d'incendio.]

Esodo – *Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I*

1 Caratteristiche generali del sistema d'esodo

LUOGO SICURO TEMPORANEO

Caratteristiche del luogo sicuro temporaneo

1. idoneo a contenere gli occupanti che lo impiegano durante l'esodo,
2. con **superficie lorda** calcolata considerando 0,70 m²/pers per occupante *deambulante*, e 2,25 m²/pers per occupante *non deambulante*, più gli spazi di manovra necessari per l'utilizzo di ausili per il movimento (*letto, sedia a rotelle,..*).

Soluzioni per il luogo sicuro temporaneo

- a. un **compartimento adiacente** a quelli da cui proviene l'esodo,
 - b. uno **spazio scoperto**.
-

Esodo – *Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I*

1 Caratteristiche generali del sistema d'esodo – VIE DI ESODO

Via d'esodo (o via d'emergenza)

percorso senza ostacoli al deflusso appartenente al sistema d'esodo, che consente agli occupanti di raggiungere un luogo sicuro dal luogo in cui si trovano.

Possibili vie d'esodo

orizzontale: porzione di via d'esodo a quota costante o con pendenza non superiore al 5% (*es. corridoi, porte, uscite,*),

verticale: porzione di via d'esodo che consente agli occupanti variazioni di quota con pendenza superiore al 5% (*es. scale, rampe,*)

corridoio cieco: porzione di via d'esodo da cui è possibile l'esodo in un'unica direzione (*termina nel punto in cui è possibile l'esodo in più di una direzione, indipendentemente dai luoghi sicuri temporanei attraversati dalla via d'esodo*).

Esodo – *Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I*

1 Caratteristiche generali del sistema d'esodo – VIE DI ESODO

Lunghezza d'esodo

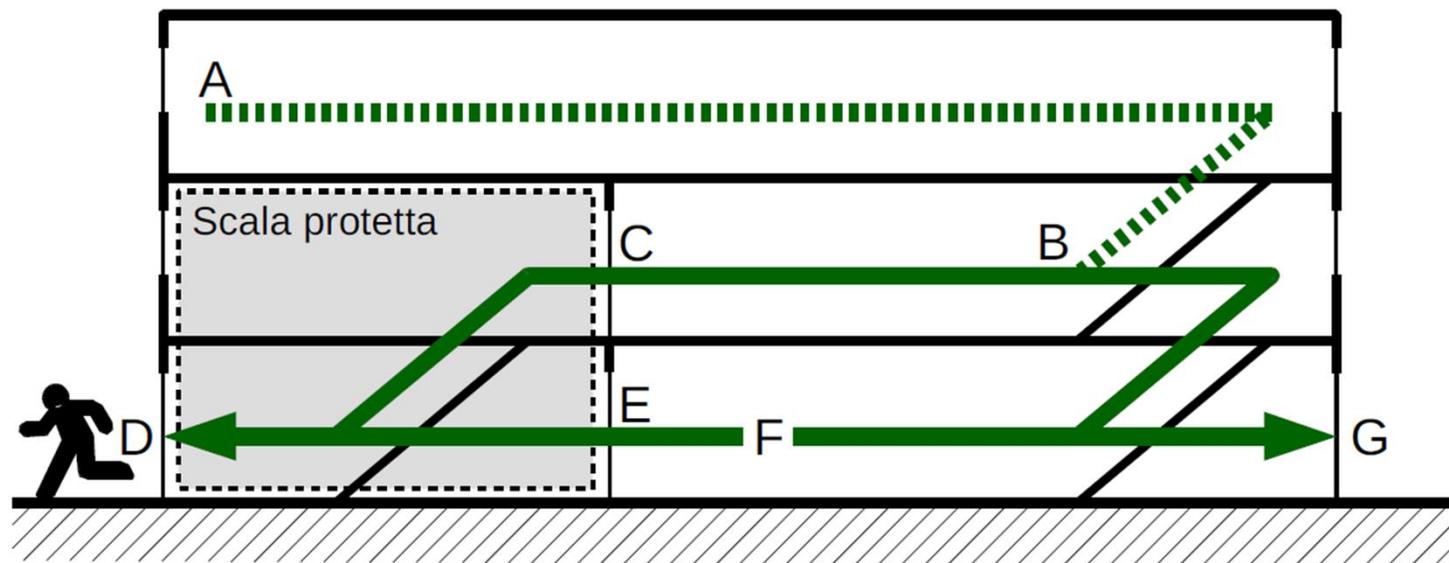
distanza che ciascun occupante deve percorrere lungo una via d'esodo dal luogo in cui si trova, fino ad un *luogo sicuro temporaneo* o ad un *luogo sicuro*.

La lunghezza d'esodo si calcola con il metodo del filo teso senza tenere conto degli arredi mobili.

Qualora ciascuna via d'esodo attraversi più luoghi sicuri temporanei, si considera la distanza effettiva percorsa per raggiungere il primo dei luoghi sicuri temporanei attraversati dalla via d'esodo.

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

1 Caratteristiche generali del sistema d'esodo – VIE DI ESODO



Via d'esodo	Lunghezze d'esodo	Corridoio cieco
ABCD	ABC	AB
ABG	ABG	AB
FED	FE	Nessuno
FG	FG	

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

1 Caratteristiche generali del sistema d'esodo – VIE DI ESODO

Larghezza d'esodo

larghezza minima, dal piano di calpestio fino all'altezza di 2 m, misurata deducendo l'ingombro di elementi sporgenti (escluso gli estintori), valutata lungo tutto il percorso (*tra gli elementi sporgenti non vanno considerati i corrimano e i dispositivi di apertura delle porte con sporgenza non superiore ad 80 mm.*)

Larghezza unitaria delle vie d'esodo

indice quantitativo della potenzialità di una via d'esodo in relazione al profilo di rischio R_{vita} dell'attività (larghezza in millimetri necessaria all'esodo di un singolo occupante [mm/persona]).

Esodo – *Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I*

1 Caratteristiche generali del sistema d'esodo – VIE DI ESODO

Caratteristiche delle vie d'esodo

1. altezza minima 2 metri (altezze inferiori per brevi tratti segnalati appartenenti a vie d'esodo provenienti da locali con presenza occasionale di personale addetto (*es. locali impianti, ...*)),
2. superfici di calpestio non sdrucciolevoli,
3. non interessate dal fumo e dal calore dell'incendio smaltiti o evacuati dall'attività.

Sono esclusi dal sistema delle vie d'esodo, i percorsi costituiti da:

- a. scale portatili e alla marinara (*con eccezioni relative a locali impianti*);
 - b. ascensori e rampe con pendenza superiore all'8%;
 - c. scale e marciapiedi mobili non progettati secondo il Codice
-

Esodo – *Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I*

1 Caratteristiche generali del sistema d'esodo – VIE DI ESODO

Tipologie delle vie d'esodo

Via d'esodo protetta

1. *Le scale d'esodo protette ed i percorsi protetti* devono essere inseriti in **vani protetti ad uso esclusivo**
 2. Nel vano protetto è ammessa la presenza di impianti tecnologici e di servizio ausiliari al funzionamento dell'attività (*ad es.: ascensori, montacarichi, montalettighe, scale mobili, marciapiedi mobili, impianti elettrici civili, impianti antincendio,..*).
 3. *Le scale d'esodo protette* devono condurre in luogo sicuro direttamente o almeno tramite percorso protetto con le stesse caratteristiche.
-

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

1 Caratteristiche generali del sistema d'esodo – VIE DI ESODO

Tipologie delle vie d'esodo

Via d'esodo a prova di fumo

1. Le *scale d'esodo a prova di fumo* ed i percorsi a prova di fumo devono essere inseriti in **vani a prova di fumo ad uso esclusivo**
 2. Nel vano è ammessa la presenza di impianti tecnologici e di servizio ausiliari al funzionamento dell'attività (*ad es. ascensori, montacarichi, montalettighe, scale mobili, marciapiedi mobili, impianti elettrici civili, impianti antincendio, ...*)).
 3. Le *scale d'esodo a prova di fumo* devono condurre in luogo sicuro direttamente o tramite percorso a prova di fumo.
-

Esodo – *Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I*

1 Caratteristiche generali del sistema d'esodo – VIE DI ESODO

Tipologie delle vie d'esodo - Via d'esodo esterna

1. *Le scale d'esodo esterne ed i percorsi esterni:*
 - devono essere completamente esterni all'attività,
 - non devono essere soggetti ad irraggiamento $> 2,5 \text{ kW/m}^2$ o investiti dagli effluenti dell'incendio.
 2. Le scale esterne devono condurre in luogo sicuro direttamente o tramite percorso esterno.
 3. In prossimità della via di esodo è ammessa la presenza di impianti tecnologici e di servizio pertinenti l'attività (*ascensori, montacarichi, montalettighe, scale mobili, marciapiedi mobili, impianti elettrici civili, impianti antincendio...*)
-

Esodo – *Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I*

1 Caratteristiche generali del sistema d'esodo – VIE DI ESODO

Tipologie delle vie d'esodo - *Via d'esodo esterna*

Criteri realizzativi per le scale d'esodo esterne, in alternativa:

- a. parete esterna, compresi gli infissi, almeno EI 30 per una larghezza pari alla proiezione della via d'esodo, più 1,8 metri per ogni lato;
 - b. distaccata di 2,5 m dalle pareti e collegata alle porte di piano con passerelle o rivestimenti incombustibili.
-

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

1 Caratteristiche generali del sistema d'esodo – VIE DI ESODO

Tipologie delle vie d'esodo

Via d'esodo aperta

Le scale d'esodo e i percorsi si definiscono *aperti*, se non possono essere classificati come protetti, a prova di fumo o esterni.



Esodo – *Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I*

1 Caratteristiche generali del sistema d'esodo – SCALE D'ESODO

Scala d'esodo

scala appartenente al sistema d'esodo

Caratteristiche delle scale d'esodo

1. nelle attività con quota dei piani superiore a 54 m., almeno 1 scala d'esodo deve addurre al piano di copertura dell'edificio, se praticabile,
 2. se un pavimento inclinato immette in una scala d'esodo, la pendenza deve interrompersi ad una distanza dalla scala pari alla larghezza della stessa,
 3. le scale d'esodo devono essere dotate di corrimano laterale, o centrale se di larghezza maggiore di 2400 mm.
-

Esodo – *Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I*

1 Caratteristiche generali del sistema d'esodo – SCALE D'ESODO

Caratteristiche delle scale d'esodo

4. le scale d'esodo:
 - a) gradini con alzata e pedata costanti;
 - b) interrotte da pianerottoli di sosta.
5. per scale d'esodo con un **solo gradino**, necessaria la segnalazione.
6. le **scale mobili e i marciapiedi mobili** possono essere considerati nel calcolo delle vie di esodo se:
 - a) l'attività è sorvegliata da IRAI (Capitolo S.7) con livello di prestazione IV;
 - b) in caso di emergenza, sono fermate;
 - c) la gestione della sicurezza antincendio ha un livello di prestazione III (Capitolo S.5).

(La gestione delle scale e dei marciapiedi mobili deve essere inserita nel piano di emergenza dell'attività).

Esodo – *Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I*

1 Caratteristiche generali del sistema d'esodo – RAMPE D'ESODO

Rampa d'esodo

rampa, anche carrabile, appartenente al sistema d'esodo

Caratteristiche delle rampe d'esodo

Presenza di pianerottoli pari alla larghezza della rampa almeno ogni 10 m di lunghezza della rampa e in presenza di accessi o uscite.

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

1 Caratteristiche generali del sistema d'esodo - PORTE

Caratteristiche delle porte lungo le vie d'esodo

1. facilmente identificabili ed apribili da parte di tutti gli occupanti.
2. con apertura che non ostacoli il deflusso.
3. con apertura su aree facilmente praticabili, di profondità almeno pari alla larghezza complessiva del varco.
4. con i seguenti *versi e dispositivi di apertura*:

Caratteristiche locale	Caratteristiche porta		
	Occupanti serviti	Verso di apertura	Dispositivo di apertura
<i>Locale non aperto al pubblico</i>	$9 < n \leq 25$	nel verso dell'esodo	UNI EN 179
	$n > 25$		UNI EN 1125
<i>Locale aperto al pubblico</i>	$n < 10$		UNI EN 179
	$n \geq 10$		UNI EN 1125
<i>Area a rischio specifico</i>	$n > 5$		UNI EN 1125
<i>Altri casi</i>	secondo risultanze dell'analisi del rischio		

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

1 Caratteristiche generali del sistema d'esodo - PORTE

Caratteristiche delle porte lungo le vie d'esodo

- in alternativa a porte con dispositivi UNI EN 1125 o UNI EN 179, sono ammesse porte apribili nel verso dell'esodo, progettate a regola d'arte, con apertura a spinta sull'intera superficie.
- se è necessario cautelarsi da un uso improprio delle porte, è consentita l'adozione di sistemi di controllo ed apertura (*la gestione della sicurezza antincendio S. 5 deve prevedere le modalità di affidabile, immediata e semplice apertura in caso di emergenza*)



Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

1 Caratteristiche generali del sistema d'esodo – USCITE FINALI

Uscita finale

varco del sistema di esodo che immette in luogo sicuro.

Caratteristiche delle uscite finali

1. posizionate in modo da garantire l'evacuazione rapida degli occupanti verso luogo sicuro;
2. sempre disponibili, anche durante un incendio in attività limitrofe;
3. contrassegnate sul lato verso luogo sicuro, con cartello UNI EN ISO 7010-M001 o equivalente:



Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

1 Caratteristiche generali del sistema d'esodo

SEGNALETICA D'ESODO ED ORIENTAMENTO

Segnaletica d'esodo ed orientamento

Segnaletica di sicurezza conforme alla UNI EN ISO 7010:

Safety sign					
Reference number	E003	F003	M003	P003	W003
Referent	First aid Primo soccorso	Fire ladder scale antincendio	Wear ear protection Obbligo di protezione Self-aiuto	No open flame: Fire, open ignition source and smoking prohibited Vietato fumare o usare fiamme libere	Warning: Radioactive material or ionizing radiation Pericolo di materiale radioattivo e radiazioni ionizzanti
Safety sign					
Reference number	E004	F004	M004	P004	W004
Referent	Emergency telephone Telefono di emergenza	Collection of fire- fighting equipment Attrezzature antincendio	Wear eye protection Obbligo di proteggere gli occhi	No thoroughfare Divieto di transito ai pedoni	Warning: Laser beam Pericolo raggio Laser

Può essere integrata con ulteriori **indicatori ambientali** per:

- l'accesso visivo e tattile alle informazioni (*inclusività per ipovedenti*);
- la corretta identificazione direzionale;
- la presenza di allestimenti mobili o temporanei.

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

1 Caratteristiche generali del sistema d'esodo

SEGNALETICA D'ESODO ED ORIENTAMENTO

La segnaletica d'esodo deve essere adeguata alla complessità dell'attività e consentire l'orientamento degli occupanti (*wayfinding*).

A tal fine:

1. **deve** essere installata in ogni piano una planimetria semplificata e orientata, con la posizione del lettore (es. “*Voi siete qui*”) ed il *layout* del sistema d'esodo, a norma ISO 23601:



2. **possono** essere applicate indicazioni supplementari a norma ISO 16069:



Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

1 Caratteristiche generali del sistema d'esodo

ILLUMINAZIONE DI SICUREZZA

Illuminazione di sicurezza

1. installazione **lungo tutto il sistema delle vie d'esodo fino a luogo sicuro** (*qualora possa risultare occasionalmente insufficiente a garantire l'esodo degli occupanti, ad es. per attività esercite in orari pomeridiani e notturni, locali con scarsa illuminazione naturale, ...*).
2. con un livello di illuminamento sufficiente a garantire l'esodo degli occupanti, a norma UNI EN 1838 o equivalente:



EN UNI 1838

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

1 Caratteristiche generali del sistema d'esodo

illuminazione di sicurezza (UNI EN 1838)

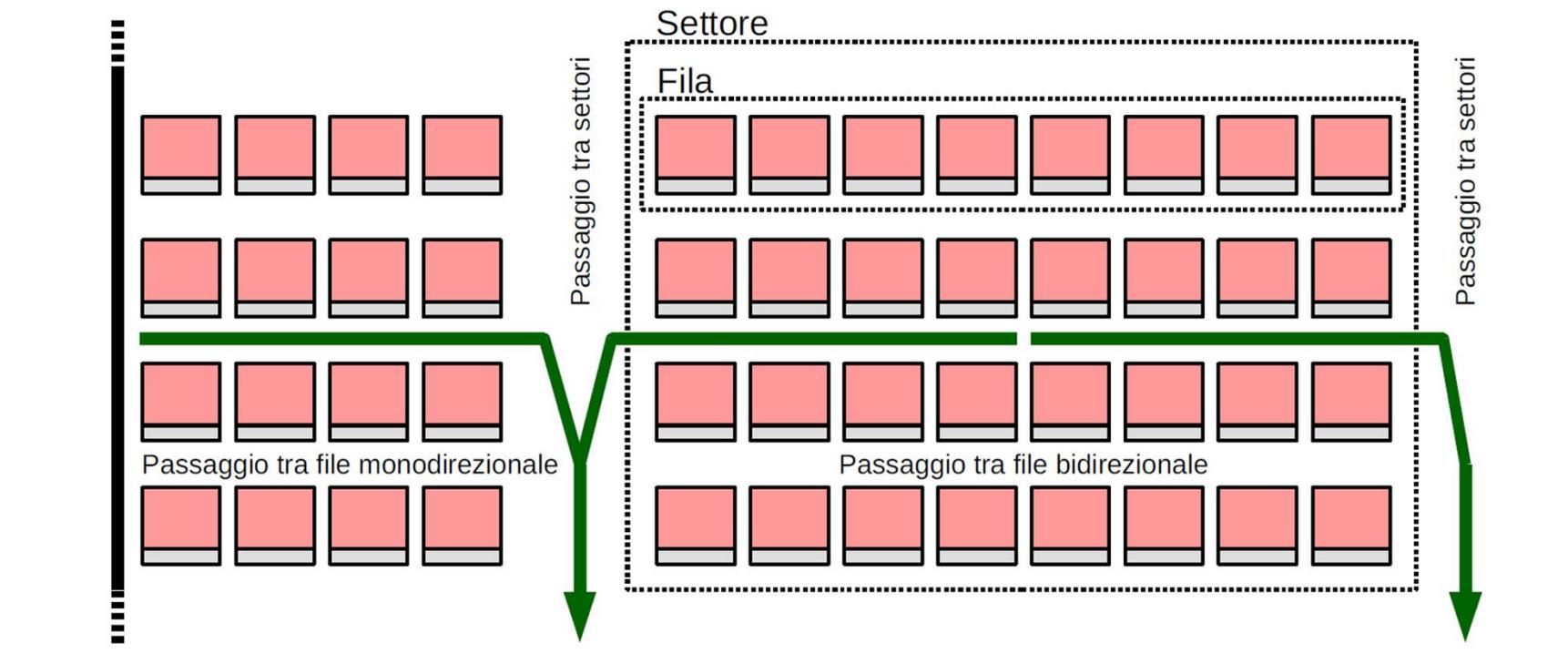


Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

1 Caratteristiche generali del sistema d'esodo - LAYOUT

Posti a sedere fissi e mobili

I posti a sedere devono essere raggruppati in *settori* separati da *passaggi* longitudinali e trasversali, da dimensionare come vie d'esodo:



Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

1 Caratteristiche generali del sistema d'esodo - LAYOUT

Passaggi tra file di posti a sedere fissi e mobili

I passaggi tra le file di sedili di ciascun settore devono essere computati nel calcolo della lunghezza d'esodo e di corridoio cieco.

La larghezza dei *passaggi tra le file di sedili*, misurata tra le massime sporgenze dei sedili, deve consentire il facile movimento in uscita degli occupanti (*se i sedili sono automaticamente ribaltabili, la misura è effettuata con la seduta in posizione alzata*):



Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

1 Caratteristiche generali del sistema d'esodo - LAYOUT

Posti a sedere fissi

Il numero di sedili che compongono la fila, deve essere:

Larghezza passaggio tra file di sedili [mm]	Massimo numero di sedili per fila	
	Passaggio tra file monodirezionale	Passaggio tra file bidirezionale
$L < 300$	1	2
$300 \leq L < 325$	7	14
$325 \leq L < 350$	8	16
$350 \leq L < 375$	9	18
$375 \leq L < 400$	10	20
$400 \leq L < 425$	11	22
$425 \leq L < 450$	12	24
$450 \leq L < 475$		26
$475 \leq L < 500$		28
$L \geq 500$		Limitato dalla lunghezza d'esodo

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

1 Caratteristiche generali del sistema d'esodo - LAYOUT

Posti a sedere mobili

Ogni settore deve essere costituito al massimo da 10 file di sedili mobili collegati rigidamente tra loro per fila (*è ammesso l'impiego di sedili mobili anche non collegati rigidamente tra loro in locali con basso affollamento, palchi dei teatri, ristoranti, ...*).

Il numero di sedili che compongono la fila, deve essere:

Larghezza passaggio tra file di sedili [mm]	Massimo numero di sedili per fila	
	Passaggio tra file monodirezionale	Passaggio tra file bidirezionale
L > 300	5	10

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

2 Dati di ingresso per la progettazione del sistema d'esodo

La progettazione del sistema d'esodo dipende da 2 parametri associati ai compartimenti serviti:

1. il **profilo di rischio R_{vita} di riferimento**, riferito al *più gravoso*, ai *fini dell'esodo*, dei profili di rischio R_{vita} dei compartimenti serviti;
2. l'**affollamento** di ciascun compartimento:

= densità di affollamento x superficie lorda del compartimento

La *densità di affollamento* è desunta da:

- *tabella S.4.6*,
 - *indicazioni* della regola tecnica verticale specifica,
 - *norme o documenti tecnici* di organismi riconosciuti nel settore della sicurezza antincendio,
 - *dichiarazione* del responsabile dell'attività, che s'impegna a mantenere l'affollamento in tutte le condizioni di esercizio.
-

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

2 Dati di ingresso per la progettazione del sistema d'esodo

Tipologia di attività	Densità di affollamento o criteri
Luoghi di pubblico spettacolo senza posti a sedere	1,2 persone/m ²
Aree per mostre, esposizioni, manifestazioni varie di intrattenimento temporaneo	
Aree adibite a ristorazione	0,7 persone/m ²
Aree adibite ad attività scolastica e laboratori (senza posti a sedere)	0,4 persone/m ²
Sale di lettura di biblioteche, archivi	0,2 persone/m ²
Aree con posti a sedere o posti letto (es. <i>sale riunioni, aule scolastiche, dormitori,..</i>)	Numero posti
Sale d'attesa	0,4 persone/m ²
Uffici aperti al pubblico	0,4 persone/m ²
Uffici non aperti al pubblico	0,1 persone/m ²
Aree di vendita di <i>piccole</i> attività commerciali al dettaglio con settore alimentare o misto	0,4 persone/m ²
Aree di vendita di <i>medie</i> e <i>grandi</i> attività commerciali al dettaglio con settore alimentare o misto	0,2 persone/m ²
Aree di vendita di attività commerciali <i>al dettaglio</i> senza settore alimentare	0,2 persone/m ²
Aree di vendita di attività commerciali <i>all'ingrosso</i>	
Aree di vendita di <i>piccole</i> attività commerciali al dettaglio con specifica gamma merceologica non alimentare	0,1 persone/m ²
Degenza	1 degente e 2 accompagnatori per posto letto
Ambulatori	0,10 persone/m ²
Civile abitazione	0,05 persone/m ²
Autorimesse	2 persone per veicolo parchato
Altre attività	Numero massimo presenti (addetti + pubblico)

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

3 Misure antincendio minime per l'esodo

1. Le vie di esodo verticali devono essere **protette** da *vani con resistenza al fuoco* determinata (capitolo S.2) e comunque non inferiore alla classe 30, con chiusure dei varchi di comunicazione almeno E 30-S_a (*tenuta al passaggio dei «fumi freddi»*).
 2. Tutti i piani dell'attività devono essere serviti da almeno una **scala d'esodo a prova di fumo** o da una **scala esterna** se sono presenti:
 - a) piani a quota superiore a 32 m o inferiore a -10 m;
 - b) compartimenti con profilo di rischio R_{vita} in D1, D2 (*degenze, terapia intensiva, sala operatoria, ..*)
 3. La porzione di scala d'esodo interrata che serve piani a quota inferiore a -5 m deve essere inserita in **compartimento distinto** rispetto alla parte di scala fuori terra.
-

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

3 Misure antincendio minime per l'esodo

Esodo simultaneo

E' ammesso l'uso di scale d'esodo aperte nei seguenti casi:

R_{vita}	Requisiti aggiuntivi
A1, B1, Ci1, Ci2, Ci3	Nessuno
A2, B2	IRAI (Capitolo S.7) con livello di prestazione III.
Cii1, Cii2, Ciii1, Ciii2	<ul style="list-style-type: none">IRAI (Capitolo S.7) con livello di prestazione IV.locali dove gli occupanti possono dormire compartimentati con classe determinata secondo il capitolo S.2, non inferiore a 30 e con chiusure dei vani di comunicazione E 30-S_a.

E' comunque escluso l'utilizzo di *scale d'esodo aperte* per attività con **profili di rischio D1 e D2**, e per quelle in cui la velocità caratteristica prevalente dell'incendio sia classificata **rapida o ultrarapida** (ad esclusione degli edifici di civile abitazione).

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

3 Misure antincendio minime per l'esodo

Esodo per fasi

Rispetto all'esodo simultaneo, **consente l'evacuazione di un maggior numero di occupanti**, ma richiede requisiti aggiuntivi:

1. almeno una **scala d'esodo a prova di fumo o scala esterna** (sono escluse le attività con scale aperte o protette).
 2. impianto **IRAI** (Capitolo S.7) con livello di prestazione III.
 3. sistema di **Gestione della sicurezza** (Capitolo S.5) con livello di prestazione II.
 4. ciascun piano dell'attività in **compartimento** distinto (Capitolo S.3) con livello di prestazione III.
 5. non consentito per vie d'esodo verticali che servano piani a quota inferiore a -5 metri.
-

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

4 Progettazione dell'esodo

Numero minimo di vie d'esodo e uscite indipendenti

Vie d'esodo o uscite sono considerate *indipendenti* quando sia minimizzata la probabilità che possano essere contemporaneamente rese indisponibili dagli effetti dell'incendio.

Qualora nell'edificio siano esercite attività con ***diversi responsabili***, devono essere valutate eventuali interferenze, al fine di prevedere *sistemi d'esodo distinti o misure antincendio* aggiuntive.

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

4 Progettazione dell'esodo

Numero minimo di vie d'esodo e uscite indipendenti

R_{vita}	Affollamento	Numero minimo di uscite da <i>compartimento, piano, soppalco, locale, ...</i>
qualsiasi	≤ 50 occupanti	1*
A1, A2, Ci1, Ci2, Ci3	≤ 100 occupanti	
qualsiasi	$50 < \text{occupanti} \leq 500$	2
	≤ 1000 occupanti	3
	> 1000 occupanti	4

* Deve essere comunque rispettata la massima lunghezza del *corridoio cieco* di cui al paragrafo S.4.8.2

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

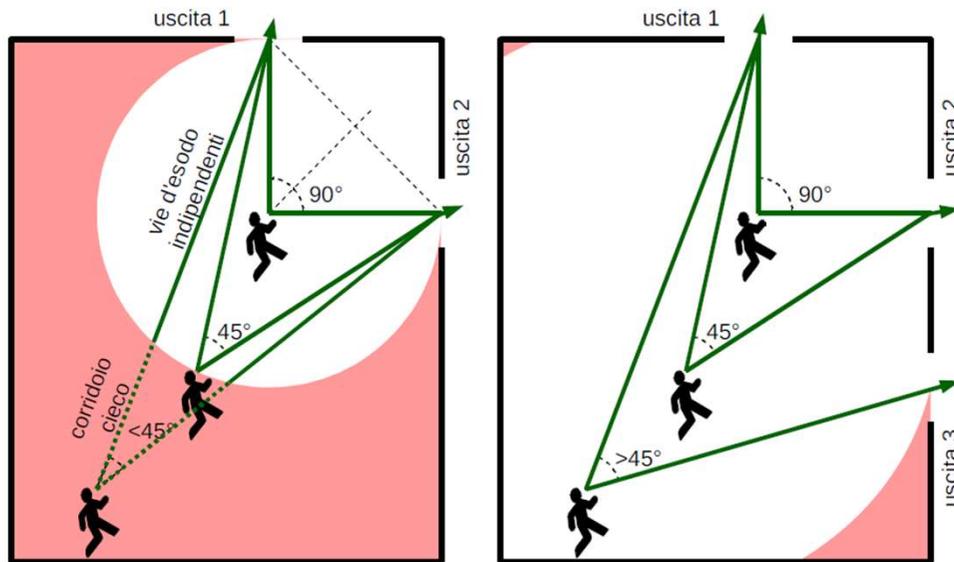
4 Progettazione dell'esodo

Numero minimo di vie d'esodo e uscite indipendenti

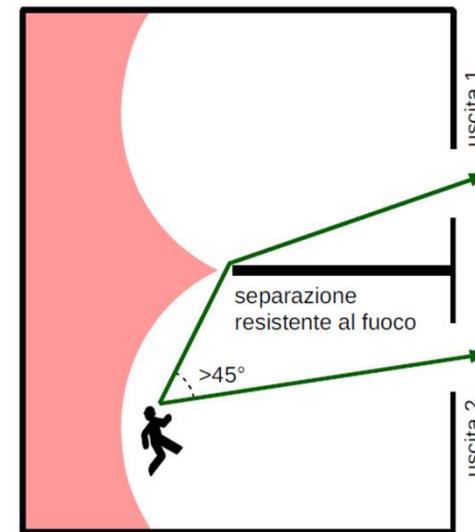
Coppie di vie d'esodo orizzontali indipendenti

Deve essere verificata almeno una delle seguenti condizioni:

a. l'angolo formato dai percorsi rettilinei sia superiore a 45° :



b. tra i percorsi esista separazione resistente al fuoco (cap. S.2):

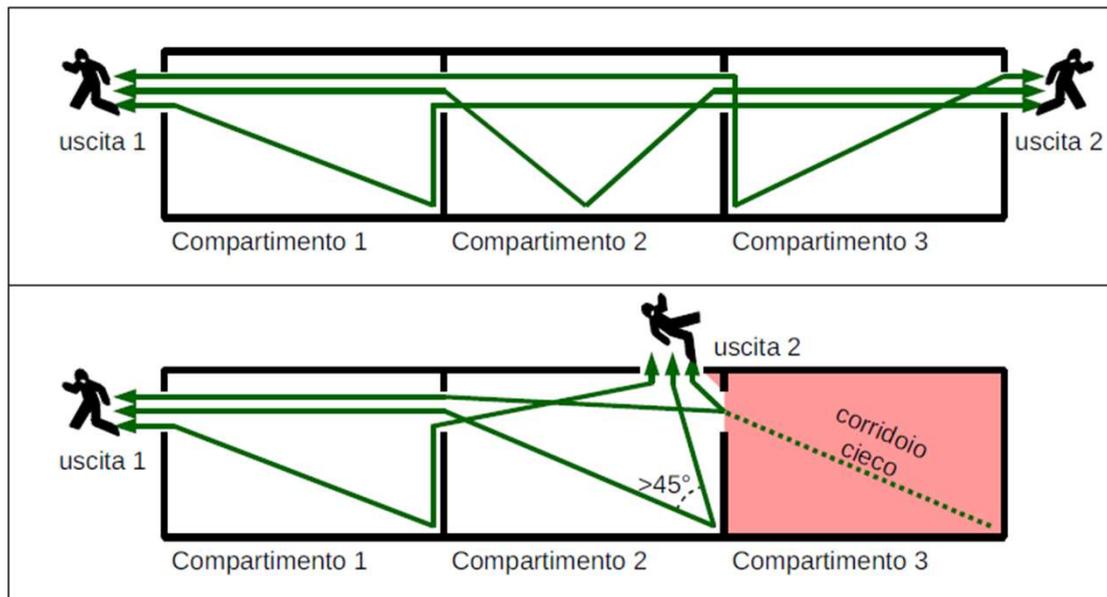


Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

4 Progettazione dell'esodo

Numero minimo di vie d'esodo e uscite indipendenti

Esempi di vie d'esodo orizzontali da compartimenti



Ciascun compartimento ha due vie d'esodo *indipendenti*.

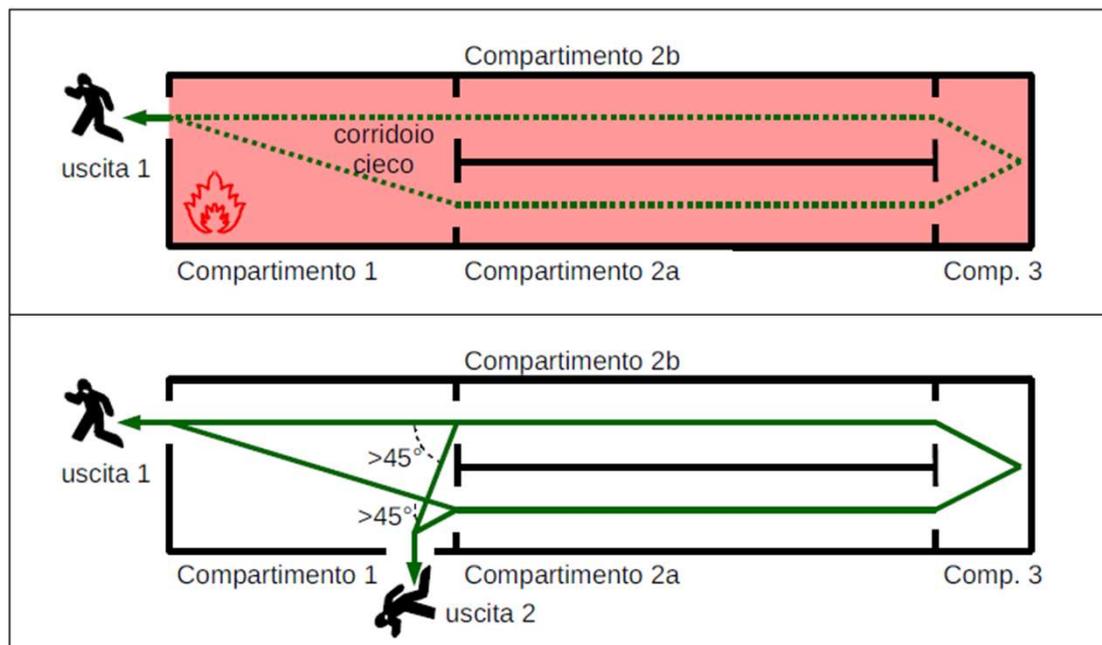
I compartimenti 1 e 2 hanno due vie d'esodo *indipendenti*.
Il compartimento 3 ha una sola via d'esodo in *corridoio cieco*.

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

4 Progettazione dell'esodo

Numero minimo di vie d'esodo e uscite indipendenti

Esempi di vie d'esodo orizzontali da compartimenti



Tutti i compartimenti hanno una sola via d'esodo in *corridoio cieco*. (entrambi i percorsi possono essere resi contemporaneamente indisponibili dall'incendio nel compartimento 1).

Ciascun compartimento ha due vie d'esodo *indipendenti*.

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

4 Progettazione dell'esodo

Numero minimo di vie d'esodo e uscite indipendenti

Vie d'esodo verticali indipendenti

Si considerano *indipendenti* coppie di vie d'esodo verticali inserite in compartimenti distinti. Ad esempio, sono indipendenti tra loro:

- due scale d'esodo protette distinte,
- una scala d'esodo protetta ed una aperta,
- due scale d'esodo aperte ma in compartimenti verticali indipendenti,
- una scala aperta ed una scala esterna, ...

Per edifici con piani a quota > 54 m, tutti i **piani fuori terra** devono essere serviti da almeno 2 vie d'esodo verticali.

Per edifici con piani a quota < -5 m, tutti i **piani interrati** devono essere serviti da almeno 2 vie d'esodo verticali.

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

4 Progettazione dell'esodo

Lunghezze d'esodo e di corridoi ciechi massime

R_{vita}	Max lunghezza d'esodo L_{es} [m]	Max lunghezza corridoio cieco L_{cc} [m]
A1	70	30
A2	60	25
A3	45	20
A4	30	15
D1	30	15
D2	20	10
B1, E1	60	25
B2, E2	50	20
B3, E3	40	15
C1	40	20
C2	30	15

Almeno una delle **lunghezze d'esodo** valutate da qualsiasi punto dell'attività non deve superare i valori indicati in tabella.

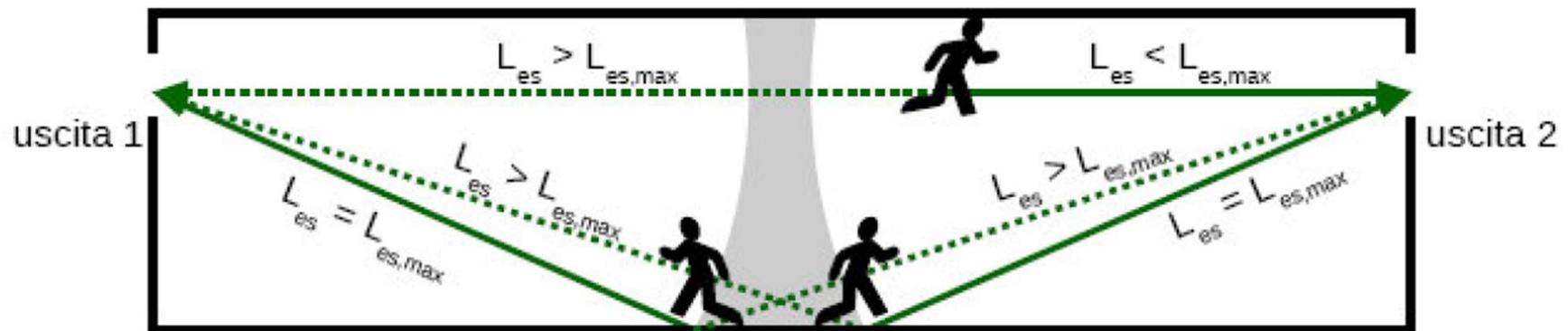
La **lunghezza di ciascun corridoio cieco** non deve superare i valori indicati in tabella.

* I valori possono essere incrementati con misure antincendio aggiuntive (paragrafo S.4.10).

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

4 Progettazione dell'esodo

Massime lunghezze d'esodo



Nell'area campita di grigio gli occupanti hanno a disposizione percorsi di esodo di lunghezza superiore alla massima consentita

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

4 Progettazione dell'esodo

Lunghezze d'esodo e dei corridoi ciechi

Quando la prima porzione della via d'esodo è costituita da *corridoio cieco*, devono essere **contemporaneamente** verificate:

- la limitazione relativa alla *lunghezza d'esodo*, comprensiva del percorso effettuato in corridoio cieco,
 - la limitazione relativa alla *lunghezza del corridoio cieco*.
-

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

4 Progettazione dell'esodo

Larghezza minima delle vie d'esodo orizzontali (corridoi, porte, uscite,..)

$$L_o = L_u \cdot n_o$$

n_o numero totale degli occupanti che impiegano la via d'esodo orizzontale,

L_u :

R_{vita}	Larghezza unitaria L_u [mm/persona]
A1	3,40
A2	3,80
A3	4,60
A4	12,30
B1, C1, E1	3,60
B2, C2, D1, E2	4,10
B3, C3, D2, E3	6,20

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

4 Progettazione dell'esodo

Larghezza minima delle vie d'esodo orizzontali (corridoi, porte, uscite,..)

La larghezza L_0 può essere suddivisa tra più percorsi.

Criteri per le *larghezze minime* di ciascun percorso:

- a) larghezza non inferiore a **900 mm**;
 - b) larghezza non inferiore a **800 mm** per le porte di locali con affollamento non superiore a 10 persone (*es. singoli uffici, camere d'albergo, locali di abitazione, appartamenti, servizi igienici, ...*);
 - c) larghezza non inferiore a **600 mm per vie d'esodo** da locali con presenza occasionale di personale addetto (*es. locali impianti, ...*).
 - d) se un compartimento, un piano, un soppalco, un locale necessitano di più di 2 uscite, almeno una di larghezza non inferiore a **1200 mm**;
-

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

4 Progettazione dell'esodo

Larghezza minima delle vie d'esodo orizzontali (corridoi, porte, uscite,..)

Esempio

Compartimento con R_{vita} B3, una via d'esodo orizzontale di larghezza 1.200 mm consente l'evacuazione di:

$1.200 \text{ mm} / 6,20 \text{ mm/pers} = \mathbf{193 \text{ persone}}$ (a meno della verifica di ridondanza)

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

4 Progettazione dell'esodo

Verifica di ridondanza delle vie d'esodo orizzontali (per un compartimento, piano, soppalco ... con più vie di esodo)

Procedimento

- si rende indisponibile una via d'esodo alla volta,
- si verifica che le restanti vie d'esodo indipendenti da questa, abbiano **larghezza** complessiva sufficiente a garantire l'esodo degli occupanti,
- eventuali vie d'esodo non indipendenti tra loro devono essere rese contemporaneamente indisponibili.

Vie d'esodo a prova di fumo o esterne si considerano sempre disponibili e non devono essere sottoposte a verifica di ridondanza.

Non è necessario procedere ad ulteriore verifica delle massime **lunghezze d'esodo e dei corridoi ciechi.**

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

4 Progettazione dell'esodo

Verifica di ridondanza delle vie d'esodo orizzontali

Esempio

Compartimento con R_{vita} B3, tre vie d'esodo orizzontali indipendenti di larghezza 1.200 mm, 1.100 mm e 1.000 mm.

$L_{O1} = 1.200 \text{ mm}$	$1.200 \text{ mm} / 6,20 \text{ mm/pers} = 193 \text{ persone}$
$L_{O2} = 1.100 \text{ mm}$	$1.100 \text{ mm} / 6,20 \text{ mm/pers} = 177 \text{ persone}$
$L_{O3} = 1.000 \text{ mm}$	$1.000 \text{ mm} / 6,20 \text{ mm/pers} = 161 \text{ persone}$
	capienza potenziale 531 persone

$L_{O1} = 1.200 \text{ mm}$	$1.200 \text{ mm} / 6,20 \text{ mm/pers} = 193 \text{ persone}$
$L_{O2} = 1.100 \text{ mm}$	$1.100 \text{ mm} / 6,20 \text{ mm/pers} = 177 \text{ persone}$
$L_{O3} = 1.000 \text{ mm}$	$1.000 \text{ mm} / 6,20 \text{ mm/pers} = 161 \text{ persone}$
	capienza effettiva 338 persone

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

4 Progettazione dell'esodo

Larghezza minima delle vie d'esodo verticali in caso di esodo simultaneo (di tutti gli occupanti da tutti i piani)

$$L_v = L_U \cdot n_v$$

n_v numero totale degli occupanti che impiegano la via d'esodo verticale, provenienti da tutti i piani serviti

L_U :

R_{vita}	Numero totale dei piani serviti dalla via d'esodo verticale (mm/pers)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	> 9
A1	4,00	3,60	3,25	3,00	2,75	2,55	2,40	2,25	2,10	2,00
B1, C1, E1	4,25	3,80	3,40	3,10	2,85	2,65	2,45	2,30	2,15	2,05
A2	4,55	4,00	3,60	3,25	3,00	2,75	2,55	2,40	2,25	2,10
B2, C2, D1, E2	4,90	4,30	3,80	3,45	3,15	2,90	2,65	2,50	2,30	2,15
A3	5,50	4,75	4,20	3,75	3,35	3,10	2,85	2,60	2,45	2,30
B3, C3, D2, E3	7,30	6,40	5,70	5,15	4,70	4,30	4,00	3,70	3,45	3,25
A4	14,60	11,40	9,35	7,95	6,90	6,10	5,45	4,95	4,50	4,15

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

4 Progettazione dell'esodo

Larghezza minima delle vie d'esodo orizzontali (corridoi, porte, uscite,..)

La larghezza L_v può essere suddivisa tra più percorsi.

Criteri per le *larghezze minime* di ciascun percorso:

- a) larghezza non inferiore a **1200 mm**;
 - b) larghezza non inferiore a **600 mm** da locali con presenza occasionale di personale addetto (*es. locali impianti, ...*);
 - c) larghezza non inferiore alla massima larghezza di ciascuna delle porte di accesso alla stessa.
-

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

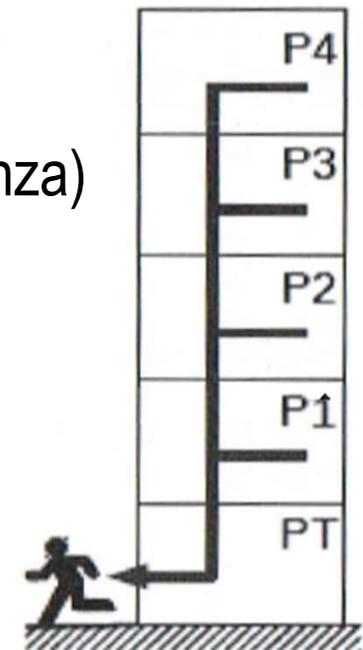
4 Progettazione dell'esodo

Larghezza minima delle vie d'esodo verticali in caso di esodo simultaneo

Esempio

Compartimento con R_{vita} B3, una via d'esodo verticale di larghezza 1.200 mm, 5 piani fuori terra, esodo diretto all'esterno al piano terra.

$1.200 \text{ mm} / 5,15 \text{ mm/pers} = \mathbf{233 \text{ persone nei 4 piani}}$
(a meno della verifica di ridondanza)



Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

4 Progettazione dell'esodo

Larghezza minima delle vie d'esodo verticali in caso di esodo per fasi (per gli occupanti dei piani in ciascuna fase)

$$L_v = L_u \cdot n_v$$

n_v numero totale degli occupanti che impiegano la via d'esodo verticale, provenienti da due dei piani serviti, considerando i due piani, anche non consecutivi, di maggiore affollamento

L_u	R_{vita}	2 piani serviti dalla via d'esodo verticale (mm/pers)
	A1	3,60
	B1, C1, E1	3,80
	A2	4,00
	B2, C2, D1, E2	4,30
	A3	4,75
	B3, C3, D2, E3	6,40
	A4	11,40

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

4 Progettazione dell'esodo

Larghezza minima delle vie d'esodo verticali in caso di esodo per fasi

Esempio

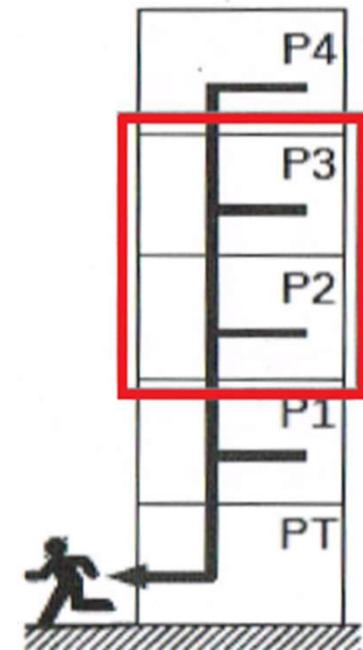
Compartimento con R_{vita} B3, una via d'esodo verticale di larghezza 1.200 mm, 5 piani fuori terra, piani 2 e 3 di massimo affollamento, esodo diretto all'esterno al piano terra.

$1.200 \text{ mm} / 6,40 \text{ mm/pers} = 187 \text{ persone nei piani 2 e 3.}$

$187 \text{ pers} / 2 \text{ piani} \times 4 \text{ piani} = \mathbf{375 \text{ persone nei 4 piani}}$

$375 \text{ pers} / 4 \text{ piani} = \mathbf{94 \text{ persone per ciascun piano}}$

(a meno della verifica di ridondanza)



Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

4 Progettazione dell'esodo

Larghezza minima delle vie d'esodo verticali in caso di esodo per fasi

La larghezza minima L_v calcolata secondo entrambe le procedure d'esodo, dev'essere incrementata in funzione delle dimensioni di alzata e pedata dei gradini:

Alzata gradini	Pedata gradini		
	$p \geq 30$ cm	25 cm $\leq p < 30$ cm	22 cm $\leq p < 25$ cm
$a \leq 17$ cm	0%	+ 10 %	+25% [1]
17 cm $< a \leq 18$ cm	+5%	+ 15 %	+50% [1]
18 cm $< a \leq 19$ cm	+ 15%	+ 25 %	+100% [1]
19 cm $< a \leq 22$ cm	+25% [1]	+100% [1]	+200% [1]

[1] L'incremento compensativo di L_v è ammesso solo a seguito di specifica valutazione del rischio per l'utilizzo di alzate o pedate indicate

Non sono ammessi gradini con pedata < 22 cm o alzata > 22 cm.
Sono ammessi gradini a ventaglio.

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

4 Progettazione dell'esodo

Verifica di ridondanza delle vie d'esodo verticali (per edifici con più di una via d'esodo verticale)

Procedimento

- si rende indisponibile una via d'esodo alla volta,
- si verifica che le restanti vie d'esodo indipendenti da questa, abbiano **larghezza** complessiva sufficiente a garantire l'esodo degli occupanti,
- eventuali vie d'esodo non indipendenti tra loro devono essere rese contemporaneamente indisponibili.

Vie d'esodo a prova di fumo o esterne si considerano sempre disponibili e non devono essere sottoposte a verifica di ridondanza.

Non è necessario procedere ad ulteriore verifica delle **lunghezze d'esodo** e dei **corridoi ciechi**.

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

4 Progettazione dell'esodo

Verifica di ridondanza delle vie d'esodo verticali

Esempio

Compartimento con R_{vita} B3, 5 piani fuori terra, tre vie d'esodo verticali indipendenti di larghezza 1.200 mm, 1.300 mm e 1.400 mm.

Procedura d'esodo simultaneo

$L_{V1} = 1.200 \text{ mm}$	$1.200 \text{ mm}/5,15 \text{ mm/pers} = 233 \text{ persone}$
$L_{V2} = 1.300 \text{ mm}$	$1.300 \text{ mm}/5,15 \text{ mm/pers} = 252 \text{ persone}$
$L_{V3} = 1.400 \text{ mm}$	$1.400 \text{ mm}/5,15 \text{ mm/pers} = 272 \text{ persone}$
	potenziali 756 persone

$L_{V1} = 1.200 \text{ mm}$	$1.200 \text{ mm}/5,15 \text{ mm/pers} = 233 \text{ persone}$
$L_{V2} = 1.300 \text{ mm}$	$1.300 \text{ mm}/5,15 \text{ mm/pers} = 252 \text{ persone}$
$L_{V3} = 1.400 \text{ mm}$	$1.400 \text{ mm}/5,15 \text{ mm/pers} = 272 \text{ persone}$
	effettive nei 4 piani 485 persone

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

4 Progettazione dell'esodo

Verifica di ridondanza delle vie d'esodo verticali

Esempio

Compartimento con R_{vita} B3, 5 piani fuori terra, tre vie d'esodo verticali indipendenti di larghezza 1.200 mm, 1.300 mm e 1.400 mm.

Procedura d'esodo per fasi

$$L_{V1} = 1.200 \text{ mm} \quad 1.200 \text{ mm} / 6,40 \text{ mm/pers} = 187 \text{ persone}$$

$$L_{V2} = 1.300 \text{ mm} \quad 1.300 \text{ mm} / 6,40 \text{ mm/pers} = 203 \text{ persone}$$

~~$$L_{V3} = 1.400 \text{ mm} \quad 1.400 \text{ mm} / 6,40 \text{ mm/pers} = 218 \text{ persone}$$~~

nei 2 piani di max affollamento **390 persone**

390 pers / 2 piani max affoll. x 4 piani = **780 persone nei 4 piani**

780 pers / 4 piani = **195 persone per ciascun piano**

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

4 Progettazione dell'esodo

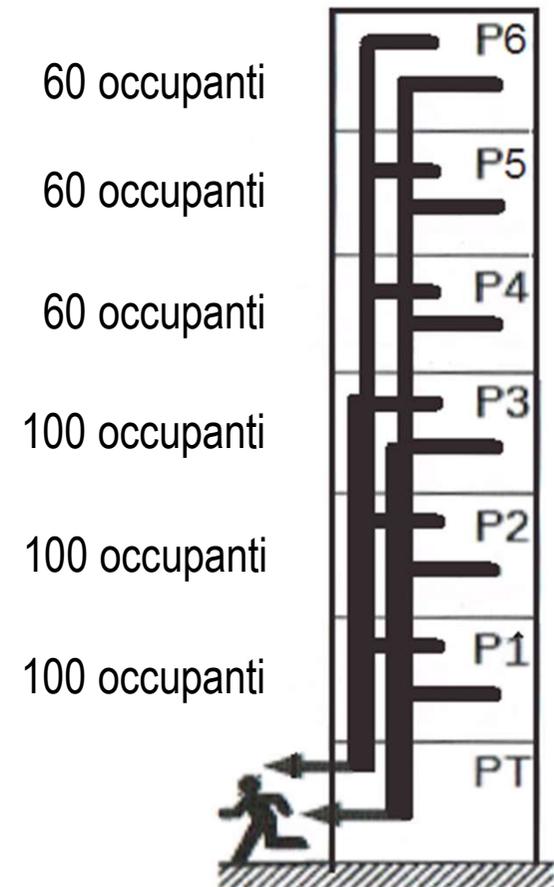
Progettazione delle vie d'esodo verticali

Esempio

Compartimento con R_{vita} B3, 7 piani fuori terra, due vie d'esodo verticali, esodo diretto all'esterno al piano terra.

La larghezza delle vie d'esodo verticali dei piani 1, 2 e 3 è maggiore rispetto alla larghezza ai piani 4, 5 e 6.

L'affollamento complessivo è pari a 480 persone.



Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

4 Progettazione dell'esodo

Procedura d'esodo simultaneo

Scale ai piani 4, 5 e 6 $L_V = L_U \cdot n_V$

Da tabella per tre piani $L_U = 5,70$ mm/pers
 $5,70$ mm/pers x 3 piani x 60 pers = 1026 mm

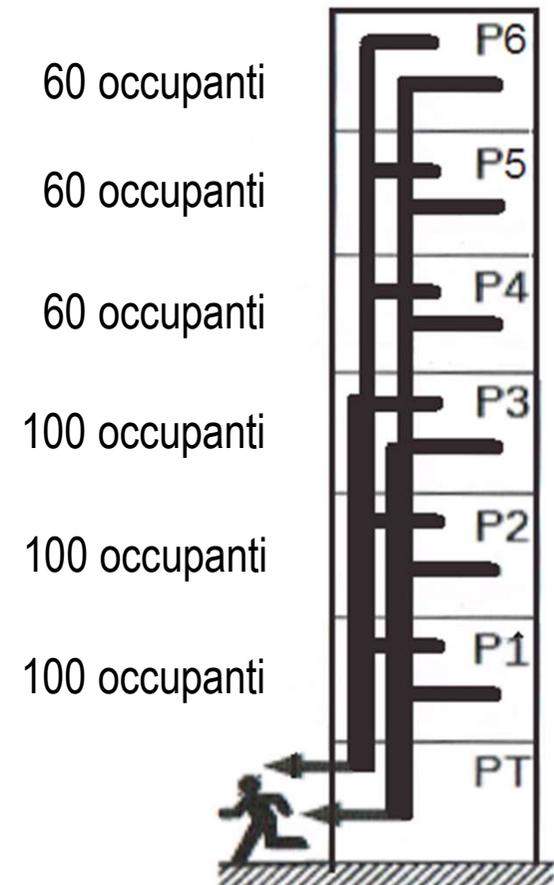
Verifica di ridondanza

1026 mm / $5,70$ mm/pers = 180 pers

~~1026 mm / $5,70$ mm/pers = 180 pers~~

Minimo dimensionale 1200 mm

La larghezza delle due porzioni di scala a servizio dei piani 4, 5 e 6 è pari a **1200 mm**.



Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

4 Progettazione dell'esodo

Procedura d'esodo simultaneo

Scale ai piani 1, 2 e 3 $L_V = L_U \cdot n_V$

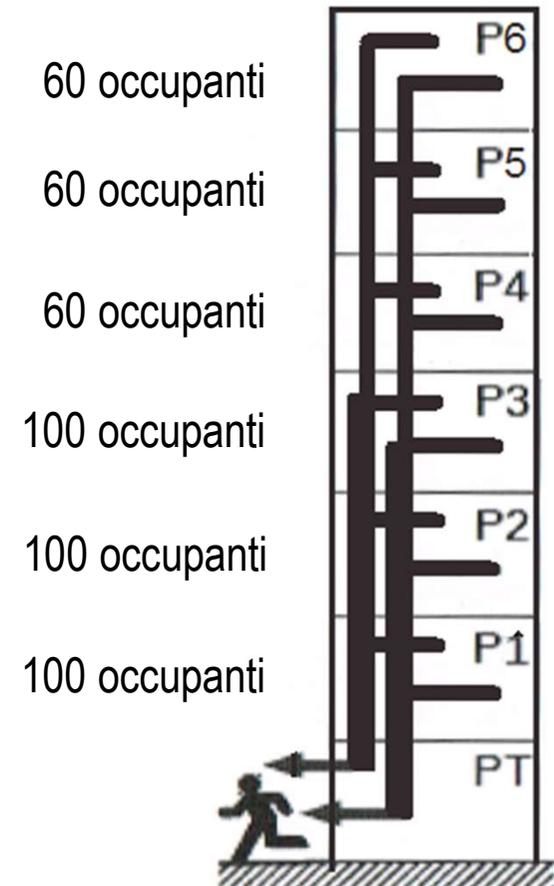
Da tabella per tre piani $L_U = 5,70$ mm/pers
 $5,70$ mm/pers x 480 pers = 2736 mm

Verifica di ridondanza

2736 mm / $5,70$ mm/pers = 480 pers

~~2736 mm / $5,70$ mm/pers = 480 pers~~

La larghezza delle due porzioni di scala a servizio dei piani 1, 2 e 3 è pari a **2736 mm**.



Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

4 Progettazione dell'esodo

Procedura d'esodo per fasi

Scale ai piani 4, 5 e 6 $L_V = L_U \cdot n_V$

Da tabella $L_U = 6,40$ mm/pers

$6,40$ mm/pers x 2 piani x 60 pers = 768 mm

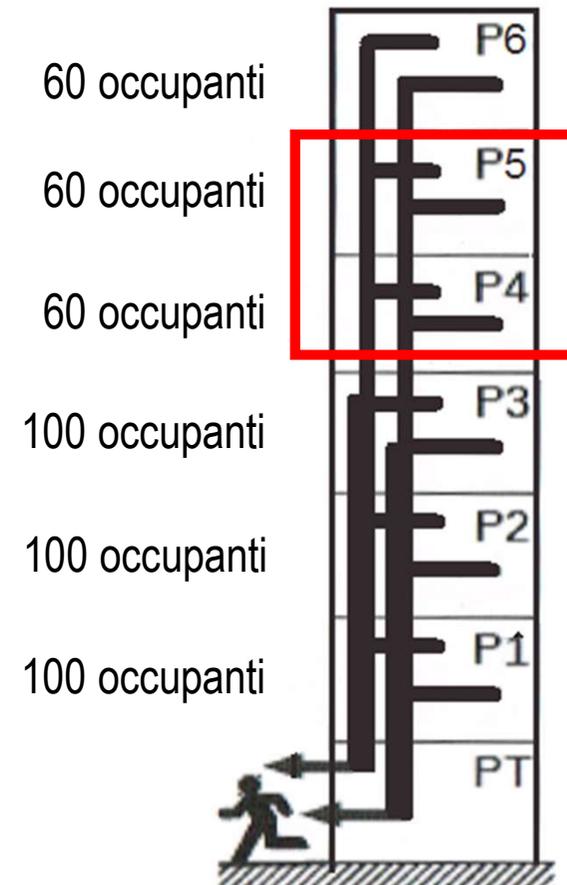
Verifica di ridondanza

768 mm / $6,40$ mm/pers = 120 pers

~~768 mm / $6,40$ mm/pers = 120 pers~~

Minimo dimensionale 1200 mm

La larghezza delle due porzioni di scala a servizio dei piani 4, 5 e 6 è pari a **1200 mm**.



Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

4 Progettazione dell'esodo

Procedura d'esodo per fasi

Scale ai piani 1, 2 e 3 $L_V = L_U \cdot n_V$

Da tabella $L_U = 6,40$ mm/pers

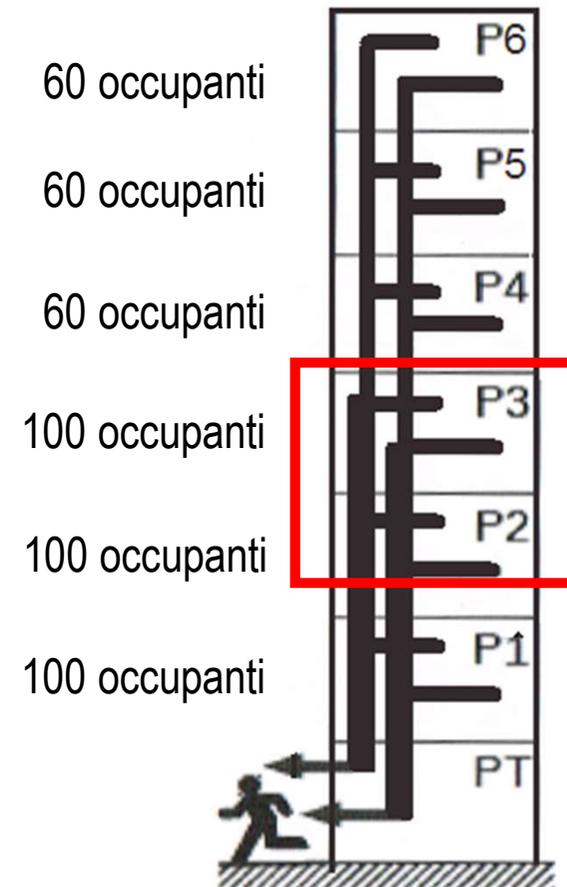
$6,40$ mm/pers x 2 piani x 100 pers = 1280 mm

Verifica di ridondanza

1280 mm / $6,40$ mm/pers = 200 pers

~~1280 mm / $6,40$ mm/pers = 200 pers~~

La larghezza delle due porzioni di scala a servizio dei piani 1,2 e 3 è pari a **1280 mm**.



Esodo – *Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I*

4 Progettazione dell'esodo

Larghezza minima delle uscite finali (per l'esodo degli occupanti provenienti da tutte le vie d'esodo verticali o orizzontali che la impiegano)

$$L_F = \sum_i L_{O,i} + \sum_j L_{V,j}$$

$L_{O,i}$ larghezza della i-esima via d'esodo orizzontale che adduce all'uscita finale

$L_{V,j}$ larghezza della j-esima via d'esodo verticale che adduce all'uscita finale calcolata per esodo simultaneo o per esodo per fasi.

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

4 Progettazione dell'esodo

Larghezza minima delle uscite finali

La larghezza L_F può essere suddivisa in più varchi.

Criteri da rispettare per le larghezze minime di ciascun varco:

- a) larghezza non inferiore a **900 mm**;
 - b) larghezza non inferiore a **800 mm** per le uscite finali impiegate da non più di 10 persone (*es. piccole attività di ristorazione, ...*);
 - c) larghezza non inferiore a **600 mm** da locali con esclusiva presenza occasionale di personale addetto (*es. locale impianti,...*).
-

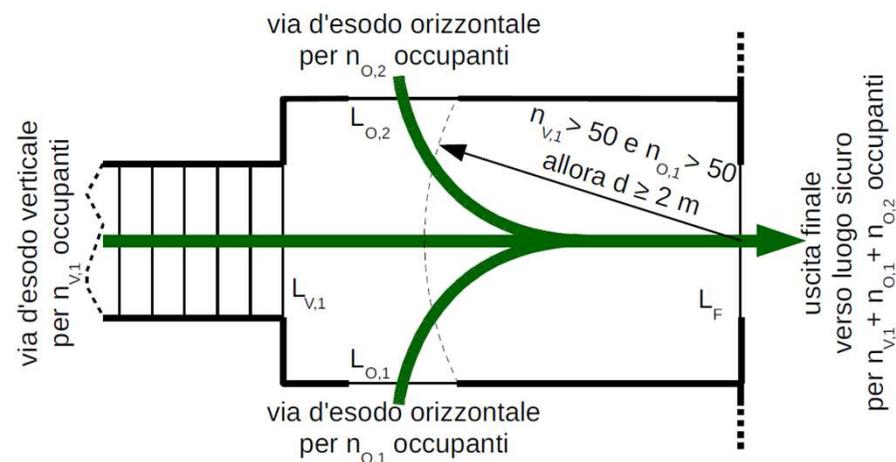
Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

4 Progettazione dell'esodo

Larghezza minima delle uscite finali

La *convergenza* dei flussi di occupanti dalle vie d'esodo orizzontali e verticali verso l'uscita finale non deve essere ostacolata (*es. da arredi fissi o mobili, ...*).

Se *almeno due* delle vie d'esodo convergenti verso la stessa uscita finale siano impiegate da più di 50 occupanti ciascuna, la distanza misurata in pianta tra l'uscita finale e lo sbarco di tutte le vie d'esodo ad essa convergenti deve essere non inferiore a 2 metri:



Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

4 Progettazione dell'esodo

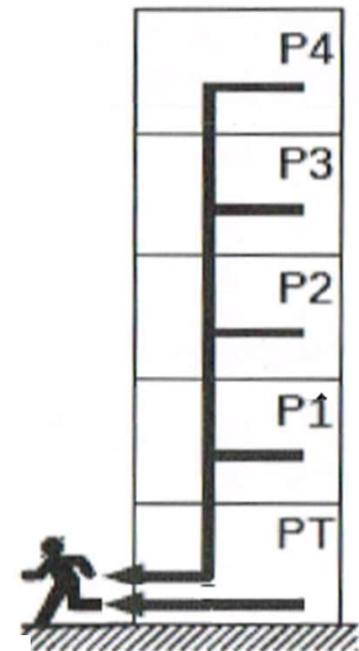
Larghezza minima delle uscite finali

Esempio

Compartimento con R_{vita} B3, una via d'esodo verticale per i 4 piani superiori, impiegata simultaneamente da 120 occupanti, una via d'esodo orizzontale dal piano terra, impiegata simultaneamente da 100 occupanti; le due vie d'esodo convergono verso un'unica uscita finale al piano terra.

$$L_F = 6,20 \text{ mm/pers} \times 100 \text{ pers} + 5,15 \text{ mm/pers} \times 120 \text{ pers} \\ = 620 \text{ mm} + 618 \text{ mm} = 1238 \text{ mm}$$

La larghezza finale può essere suddivisa in 2 varchi da **900 mm** ciascuno, o da 1 di larghezza **1238 mm**.



Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

5 Esodo in presenza di occupanti con disabilità

In tutti i piani dell'attività nei quali vi possa essere presenza non occasionale di occupanti che non abbiano sufficienti abilità per raggiungere *autonomamente* un luogo sicuro tramite vie d'esodo verticali, deve essere prevista almeno una delle seguenti misure:

- a. **spazio calmo;**
- b. **esodo orizzontale progressivo.**

I compartimenti con profilo di rischio R_{vita} compreso in D1, D2 devono:

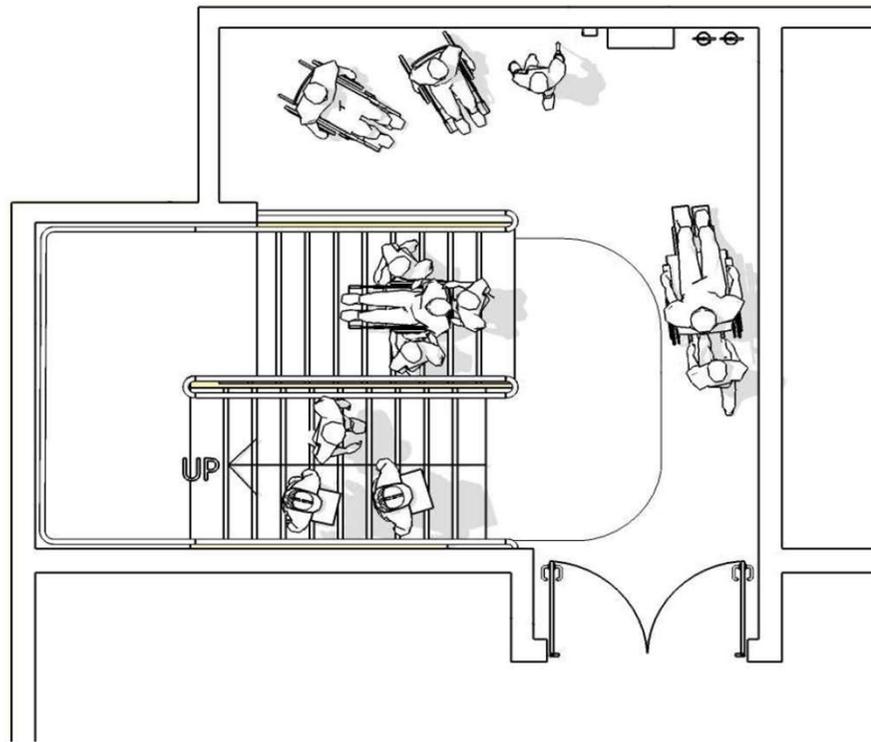
- a. disporre di almeno un **ascensore antincendio** dimensionato in modo da consentirne l'impiego da parte di tutti gli occupanti anche non deambulanti (*es. sedia a ruote, barella, ...*);
 - b. avere vie d'esodo orizzontali di **dimensioni adeguate** da consentire l'agevole movimentazione di letti e barelle in caso d'incendio.
-

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

5 Esodo in presenza di occupanti con disabilità

Spazio calmo

luogo sicuro temporaneo ove gli occupanti possono attendere assistenza per completare l'esodo verso luogo sicuro:



Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

5 Esodo in presenza di occupanti con disabilità

Caratteristiche dello spazio calmo

1. **dimensioni** in funzione delle superfici minime per occupante:

Tipologia	Superficie minima per occupante
Occupante deambulante	0,70 m ² /persona
Occupante non deambulante	2,25 m ² /persona

2. disponibilità di un **sistema di comunicazione** bidirezionale (*per segnalare la presenza e richiedere assistenza*);
 3. disponibilità di **attrezzature** per l'assistenza (*es. sedia o barella di evacuazione, ...*);
 4. presenza di **indicazioni** sui comportamenti in attesa dell'arrivo dell'assistenza;
 5. installazione di un **cartello** UNI EN ISO 7010-E024 o equivalente
-

Esodo – *Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I*

5 Esodo in presenza di occupanti con disabilità

Esodo orizzontale progressivo

modalità di esodo che prevede lo spostamento degli occupanti dal compartimento di primo innesco in un compartimento adiacente, capace di contenerli e proteggerli fino a quando l'incendio non sia estinto o fino a che non si proceda ad una successiva evacuazione verso luogo sicuro.

Esodo – *Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I*

5 Esodo in presenza di occupanti con disabilità

Caratteristiche dell'esodo orizzontale progressivo

1. Il piano dell'attività deve essere suddiviso in almeno 2 compartimenti.
 2. Ciascun compartimento deve:
 - a. poter **contenere**, oltre ai normali occupanti, il massimo numero di occupanti che lo impiegano per l'esodo orizzontale progressivo, secondo le superfici lorde di tabella S.4-14;
 - b. avere **vie d'esodo** per evacuare i suoi occupanti, più il 50% del massimo numero di occupanti che lo impiegano per l'esodo orizzontale progressivo;
 - c. avere almeno **due vie d'esodo indipendenti**, verso distinti compartimenti adiacenti.
-

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

6 Misure antincendio aggiuntive

Incremento della massima lunghezza d'esodo di riferimento L_{es} (escluso profilo di rischio A4)

$$L_{es,d} = (1 + \delta_m) \cdot L_{es} \quad \text{con } \delta_m = \sum_i \delta_{m,i} \leq 36\%$$

Incremento della massima lunghezza di corridoio cieco di riferimento L_{cc} (escluso profilo di rischio A4)

$$L_{cc,d} = (1 + \delta_m) \cdot L_{cc} + 30\% \cdot L_{cc,pr} + 60\% \cdot L_{cc,fu}$$

$$\text{con } \delta_m = \sum_i \delta_{m,i} \leq 36\%$$

$$\text{e } (L_{cc,pr} + L_{cc,fu}) \leq 25 \text{ m.}$$

$L_{cc,pr}$ lunghezza di **porzione finale** di corridoio cieco in via d'esodo protetta,

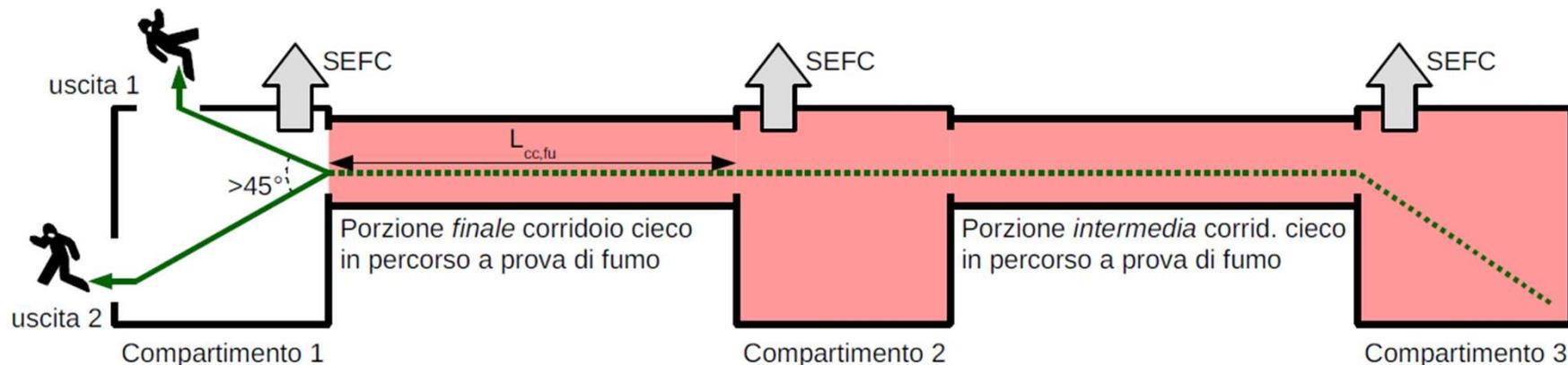
$L_{cc,fu}$ lunghezza di **porzione finale** di corridoio cieco in via d'esodo a prova di fumo o esterna

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

6 Misure antincendio aggiuntive

Incremento della massima lunghezza di corridoio cieco di riferimento L_{cc}

La porzione di corridoio cieco impiegata per il calcolo deve terminare direttamente in luogo sicuro o in un punto da cui è possibile l'esodo verso più vie d'esodo indipendenti:



Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

6 Misure antincendio aggiuntive

Fattori relativi alle misure antincendio aggiuntive $\delta_{m,i}$

Misura antincendio aggiuntiva	$\delta_{m,i}$	
Rivelazione ed allarme (Capitolo S.7) con livello di prestazione IV	15%	
Controllo di fumi e calore (Capitolo S.8) con livello di prestazione III	20%	
h_m altezza media del locale servito dalla via d'esodo. Se la via d'esodo serve più locali, si assume la minore tra le altezze medie h_m	$h_m \leq 3 \text{ m}$	0%
	$3 \text{ m} < h_m \leq 4 \text{ m}$	5%
	$4 \text{ m} < h_m \leq 5 \text{ m}$	10%
	$5 \text{ m} < h_m \leq 6 \text{ m}$	15%
	$6 \text{ m} < h_m \leq 7 \text{ m}$	18%
	$7 \text{ m} < h_m \leq 8 \text{ m}$	21%
	$8 \text{ m} < h_m \leq 9 \text{ m}$	24%
	$9 \text{ m} < h_m \leq 10 \text{ m}$	27%
	$h_m > 10 \text{ m}$	30%

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

6 Misure antincendio aggiuntive

Incrementi della massima lunghezza d'esodo di riferimento L_{es} e della massima lunghezza di corridoio cieco di riferimento L_{cc}

Esempio

Attività con R_{vita} A2, presenza di un sistema di rivelazione e allarme con livello di prestazione IV e altezza media dei locali $h_m = 3,5$ metri.

$$L_{es} = 60 \text{ m. e } L_{cc} = 25 \text{ m.}$$

$$\delta_m = 15\% + 5\% = 20\%$$

$$L_{es,d} = (1 + \delta_m) \cdot L_{es} = (1 + 20/100) \cdot 60 \text{ m.} = 72 \text{ m.}$$

$$L_{cc,d} = (1 + 20/100) \cdot 25 + 30\% \cdot L_{cc,pr} + 60\% \cdot L_{cc,fu} = 30 + 30\% \cdot L_{cc,pr} + 60\% \cdot L_{cc,fu}$$

(se presenti $L_{cc,pr}$ e $L_{cc,fu}$)

Esodo – Le soluzioni conformi per il livello di prestazione I

6 Misure antincendio aggiuntive

Incrementi della massima lunghezza d'esodo di riferimento L_{es} e della massima lunghezza di corridoio cieco di riferimento L_{cc}

Esempio

Attività con R_{vita} A2 senza misure antincendio aggiuntive, presenza di un corridoio cieco la cui porzione finale di lunghezza 20 metri è inserita in un percorso d'esodo a prova di fumo che termina in luogo sicuro.

$$L_{cc} = 25 \text{ m. e } \delta_m = 0$$

$$L_{cc,d} = (1 + \delta_m) \cdot L_{cc} + 60\% \cdot L_{cc, fu} = 25 + 60/100 \cdot 20 = 25 + 12 = 37 \text{ m.}$$

STRATEGIA ANTINCENDIO

Capitolo S4 – Esodo

Le soluzioni alternative

Esodo – *Le soluzioni alternative*

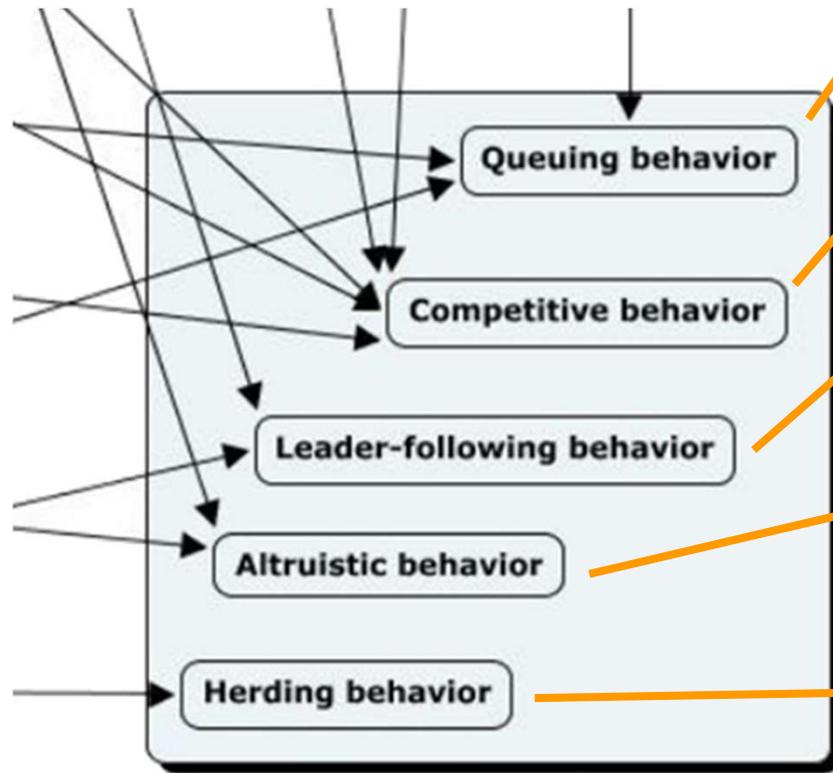
Il processo dell'esodo risulta complesso in quanto governato dall'interazione dell'occupante con l'edificio e l'incendio.

Le regole tecniche di prevenzione incendi tradizionali affrontano il problema in funzione di elementi **fisico-geometrici** (*moduli d'uscita, distanze, contrapposizione delle uscite, etc.*), trascurando le componenti **comportamentali** e l'interazione tra le **capacità fisico-cognitive degli occupanti e l'ambiente**.

In realtà, la risposta individuale o collettiva, in caso d'incendio, dipende dalle modalità con cui le persone:

- prendono le decisioni,
- percepiscono i rischi,
- conoscono il proprio comportamento in emergenza.

Esodo – *Le soluzioni alternative*



Comportamenti

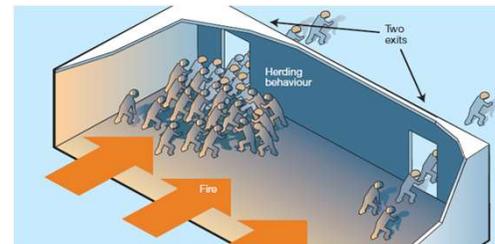
Accodamento (la folla si accoda spontaneamente): **evacuazione efficace.**

Competitivo (gli individui competono per guadagnare l'uscita): **evacuazione inefficace.**

Seguire un leader (strutture organizzate, gerarch., professionali): **evacuazione efficace.**

Altruistico (di origine culturale): **evacuazione efficace.**

Imitativo: **evacuazione inefficace.**



Esodo – *Le soluzioni alternative*

L'allegato M3 descrive un percorso di **progettazione prestazionale di un sistema di esodo**, con strumenti derivati da documenti riconosciuti a livello internazionale, con rispetto dell'interazione delle componenti:

- **fisico-geometriche** (*layout dell'edificio, configurazione del sistema d'esodo, ...*),
 - **ambientali** (*presenza degli effetti avversi dell'incendio*),
 - **comportamentali**.
-

Esodo – *Le soluzioni alternative*

Criterio ASET > RSET

ASET è il tempo disponibile per l'esodo durante il quale permangono condizioni ambientali «*non incapacitanti*» per gli occupanti.

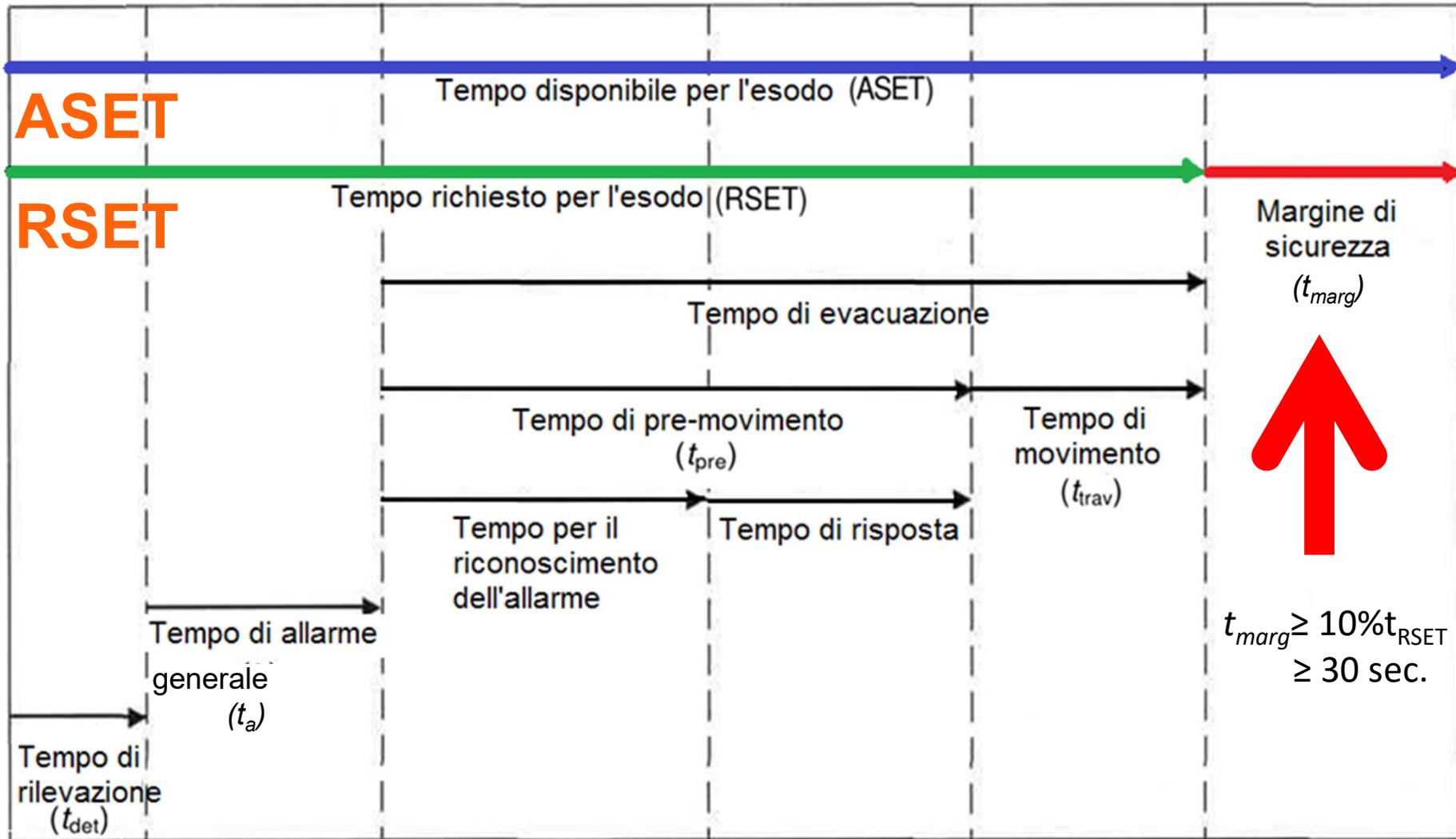
RSET è il tempo richiesto per l'esodo degli occupanti fino a «*luogo sicuro*».

criterio: ASET > RSET

Il sistema d'esodo è efficace se il tempo in cui permangono condizioni ambientali non incapacitanti per gli occupanti, è superiore al tempo necessario per raggiungere almeno un *luogo sicuro temporaneo*, non soggetto a condizioni ambientali sfavorevoli durante l'incendio.

Esodo – Le soluzioni alternative

Criterio ASET > RSET



Esodo – *Le soluzioni alternative*

Criterio ASET > RSET

La differenza tra ASET ed RSET rappresenta il *margin* di sicurezza della progettazione prestazionale per la salvaguardia della vita:

$$10\% \cdot t_{RSET} \leq t_{\text{marg}} \leq 100\% \cdot RSET$$

$$t_{\text{marg}} > 30 \text{ secondi}$$

Nel confronto tra diverse soluzioni progettuali, il professionista antincendio rende massimo t_{marg} , al fine di compensare l'incertezza nel calcolo dei tempi di ASET ed RSET.

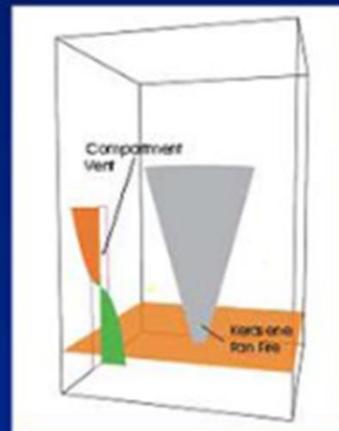
Calcolo di ASET

Il calcolo di ASET richiede la **stima delle concentrazioni di prodotti tossici, delle temperature e della densità del fumo** negli ambienti a seguito dell'incendio, e la loro variazione nel tempo, attraverso:

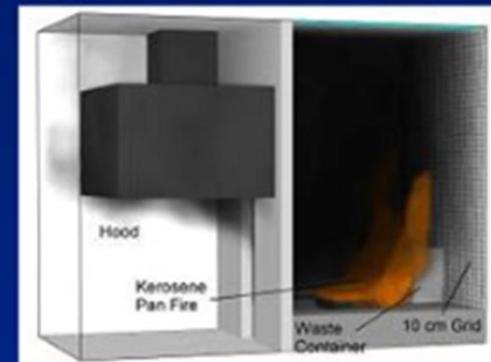
- relazioni analitiche
- modelli a zone
- modelli di campo

$$T_g - T_\infty = 6.85 \left(\frac{\dot{Q}^2}{A_0 \sqrt{H_0} h_k A_T} \right)^{1/3}$$

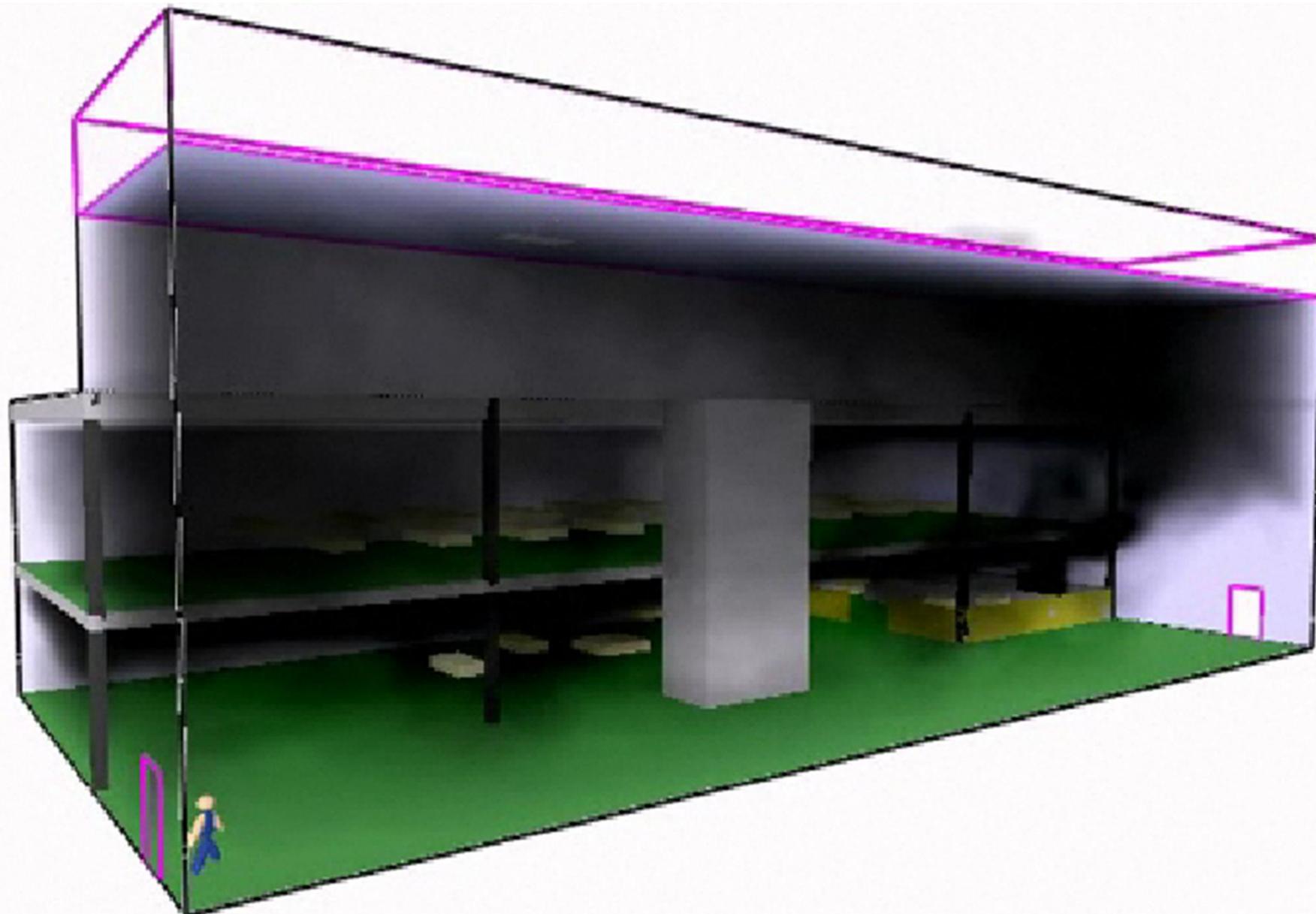
McCaffrey, Quintiere, Harkleroad (MQH)



CFAST, NIST



FDS, NIST



SIMULAZIONE CON MODELLI DI CAMPO
(concentrazione dei fumi al progredire dell'incendio)

0:04:00.1



Calcolo di ASET

I metodi di calcolo ammessi possono essere di tipo:

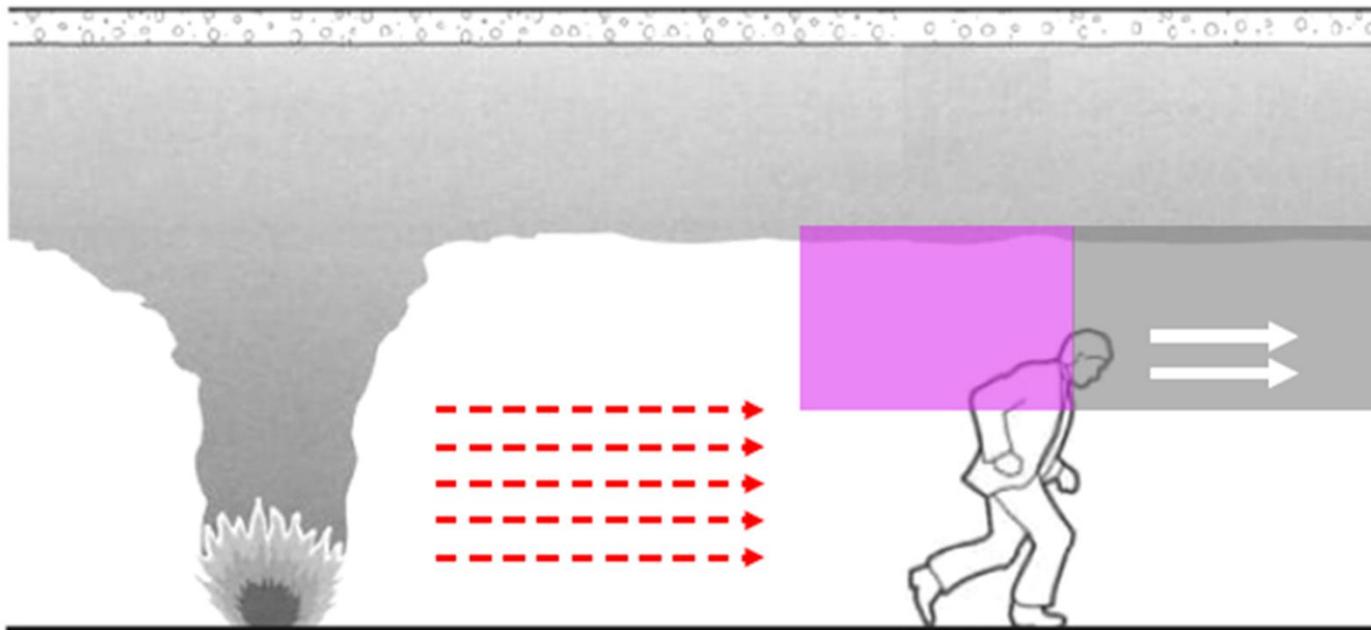
- a. avanzato;**
- b. semplificato.**



Calcolo di ASET - *Metodi di calcolo avanzato*

Nella norma ISO 13571:2007, ASET è definito come il più piccolo tra gli ASET calcolati secondo quattro modelli:

- a. modello dei **gas tossici**;
- b. modello dei **gas irritanti**;
- c. modello del **calore**;
- d. modello dell'**oscuramento della visibilità da fumo**.



Calcolo di ASET - Metodo di calcolo avanzato

Modello dei gas tossici

Per l'applicazione del modello dei gas tossici, è necessario valutare il rapporto tra la **dose** (*exposure dose*) del gas tossico presente nell'aria, rispetto alla concentrazione del gas tossico che determina effetti incapacitanti sul soggetto medio esposto:

$$X_{FED} = \sum_{t_1}^{t_2} \left(\frac{\varphi_{CO}}{35.000} \cdot \Delta t \right) + \sum_{t_1}^{t_2} \left(\frac{e^{\frac{\varphi_{HCN}}{43}}}{220} \cdot \Delta t \right)$$

con:

φ_{CO} concentrazione media del monossido di carbonio nell'intervallo di tempo Δt

φ_{HCN} concentrazione media dell'acido cianidrico nell'intervallo di tempo Δt

Δt intervallo di tempo di esposizione ai gas tossici ($t_2 - t_1$)

35.000 ppm·min, dose di CO che determina effetti incapacitanti

220 ppm·min, dose di HCN che determina effetti incapacitanti

Se **FED = 1** il soggetto medio si considera incapacitato. L'incertezza nell'uso della formula è del $\pm 35\%$.

Calcolo di ASET - Metodo di calcolo avanzato

Modello dei gas irritanti

Per l'applicazione del modello dei gas irritanti è necessario valutare la **FEC** (*fractional effective concentration*), rapporto tra la concentrazione di un gas irritante inalato, e la concentrazione del gas che determina effetti incapacitanti sul soggetto medio esposto.

La *fractional effective concentration* è:

$$X_{FEC} = \varphi_{HCl}/F_{HCl} + \varphi_{HBr}/F_{HBr} + \varphi_{HF}/F_{HF} + \varphi_{SO_2}/F_{SO_2} + \varphi_{NO_2}/F_{NO_2} + \\ + \varphi_{acroleina}/F_{acroleina} + \varphi_{formaldeide}/F_{formaldeide} + \sum_i \varphi_{irritanti}/F_{Ci}$$

con:

- φ concentrazione media del gas irritante considerato [$\mu\text{l/l}$]
 F concentrazione incapacitante del gas irritante considerato [$\mu\text{l/l}$], nota

L'incertezza nell'uso della formula è del $\pm 50\%$.

Calcolo di ASET - Metodo di calcolo avanzato

Modello di esposizione al calore

Per l'applicazione del modello dell'esposizione al calore per irraggiamento e convezione, si considera la *dose di esposizione al calore*:

$$X_{\text{FED}} = \sum_{t_1}^{t_2} (1/t_{\text{Irad}} + 1/t_{\text{Iconv}}) \cdot \Delta t$$

con:

t_{Irad} = $(6,9 \cdot q^{-1,56})$ o $(4,2 \cdot q^{-1,90})$ tempo di raggiungimento della soglia di ustioni o dolore per esposizioni radianti rispettivamente inferiori o superiori a $2,5 \text{ kW/m}^2$

q flusso termico radiante in kW/m^2

t_{Iconv} = $(4,1 \cdot 10^8) \cdot T^{-3,61}$ o $(5 \cdot 10^7) \cdot T^{-3,4}$ tempo di incapacitazione per esposizione al calore convettivo dell'aria per soggetti normalmente vestiti o meno

T temperatura in gradi Celsius

Δt intervallo di tempo di esposizione al calore ($t_2 - t_1$)

L'incertezza nell'uso della formula è del $\pm 25\%$.

Calcolo di ASET - *Metodo di calcolo avanzato*

Modello di oscuramento della visibilità da fumo

Il modello è basato sul concetto del minimo contrasto percettibile, cioè la minima differenza di luminosità visibile tra un oggetto e lo sfondo.

Il valore della visibilità da calcolare in ogni punto è:

$$L = C / (\sigma \cdot \rho_{\text{smoke}}) \quad [\text{m}]$$

con:

C costante adimensionale pari a 3 per cartellonistica di esodo riflettente non illuminata o 8 per cartellonistica retroilluminata

σ coefficiente massico di estinzione della luce pari a 10 m²/g

ρ_{smoke} massa volumica dei fumi [g/m³], **fornita dai codici di calcolo fluidodinamico**

Calcolo di ASET - *Metodo di calcolo avanzato*

Soglia di prestazione per FED e FEC

Valori di FED e FEC pari ad 1 sono associati ad effetti incapacitanti dell'esodo relativi ad **occupanti di media sensibilità** agli effetti dei prodotti dell'incendio.

Per tenere conto delle **categorie più deboli** della popolazione, che risulterebbero incapacitate prima del raggiungimento di FED o FEC unitaria, si impiega il valore 0,1 come *soglia di prestazione* per FED e FEC (*limitando a 1,1% gli occupanti incapacitati al raggiungimento della soglia secondo ISO 13571*).

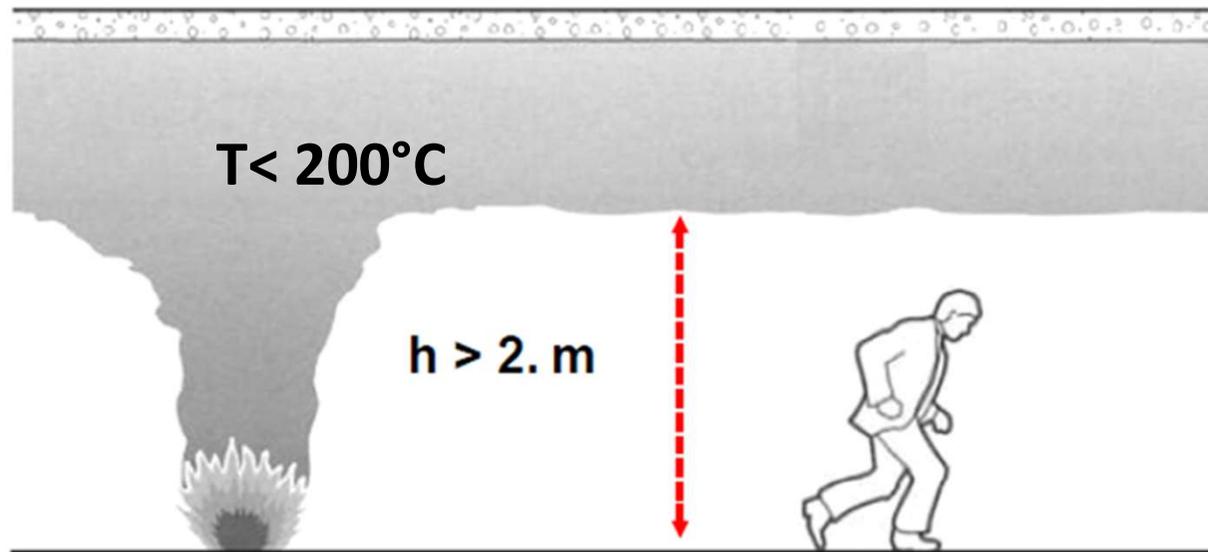
Il professionista antincendio seleziona e giustifica il valore più adatto alla tipologia di popolazione coinvolta.

Calcolo di ASET - Metodo di calcolo semplificato

CRITERIO «ZERO EXPOSURE» [ISO 16738:2009]

Soglie di prestazione imposte:

- Altezza minima fumi > 2,0 m.
- Temperatura fumi < 200°C.



«*esposizione zero*» per gli occupanti agli effetti diretti di fumo e calore, e assenza di flash-over nei compartimenti prima del raggiungimento di ASET

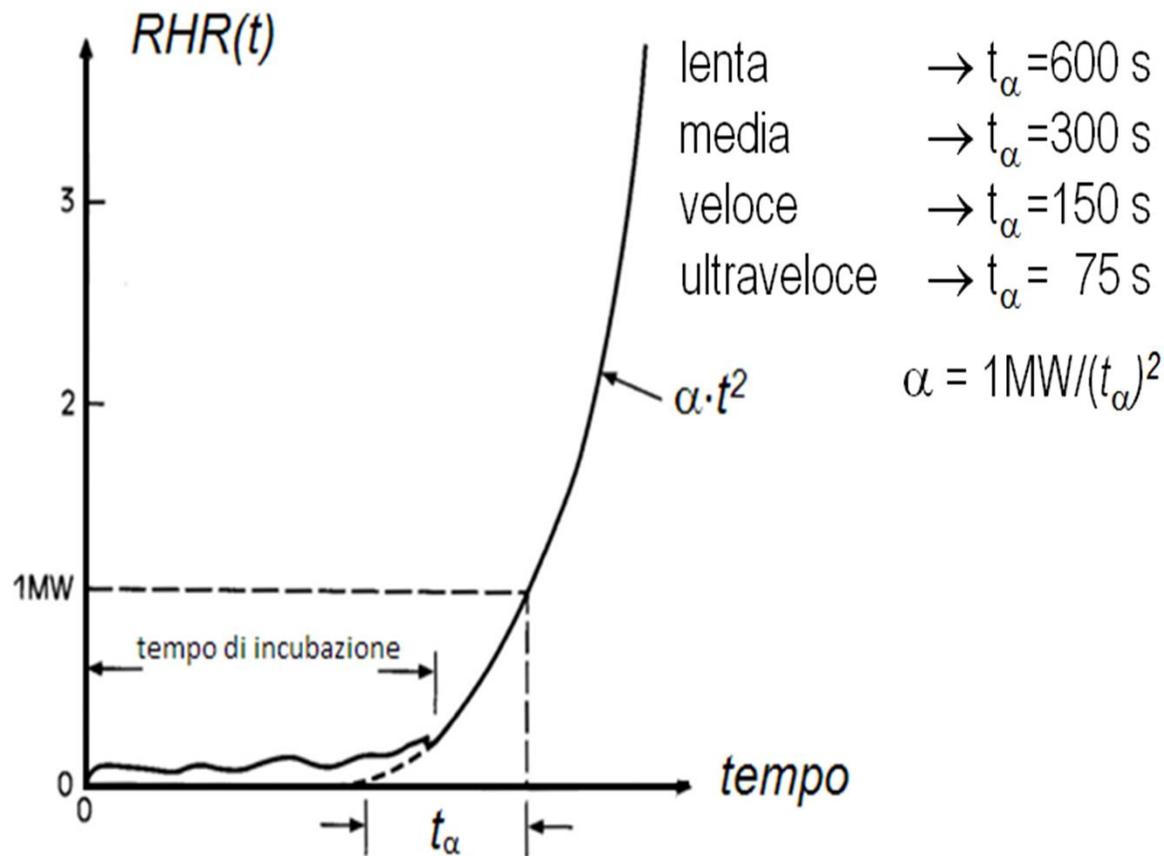
Calcolo di ASET - Metodo di calcolo semplificato

Ulteriori ipotesi semplificative

- 1) **focolare del tipo RHR = $\alpha \cdot t^2$** , con crescita indefinita senza che venga mai raggiunto il massimo dell'incendio generalizzato, e con avvio da un unico punto di innesco, *(la potenza del focolare, rapportata alla geometria dell'ambiente, dev'essere sufficiente a garantire la formazione dello strato di fumi caldi superiore)*
 - 2) **tipologia di combustibile dei focolari predefiniti** dal Codice, per definire le caratteristiche di densità ottica dei fumi prodotti,
 - 3) **geometria semplificata** degli edifici.
-

Calcolo di ASET - Metodo di calcolo semplificato

1) FOCOLARE DEL TIPO $RHR = \alpha \cdot t^2$



Calcolo di ASET - Metodo di calcolo semplificato

1) FOCOLARE DEL TIPO $RHR=\alpha \cdot t^2$ (in funzione dei materiali)

Velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio t_{α} [s]	α [kW/s ²]	Materiali
600 Lenta	0,0028	<i>Materiali poco combustibili distribuiti in modo discontinuo o inseriti in contenitori non combustibili.</i>
300 Media	0,0111	<i>Scatole di cartone impilate; pallets di legno; libri ordinati su scaffale; mobilio in legno; automobili; materiali classificati per reazione al fuoco</i>
150 Rapida	0,0444	<i>Materiali plastici impilati; prodotti tessili sintetici; apparecchiature elettroniche; materiali combustibili non classificati per reazione al fuoco.</i>
75 Ultra-rapida	0,1778	<i>Liquidi infiammabili; materiali plastici cellulari o espansi e schiume combustibili non classificati per la reazione al fuoco.</i>

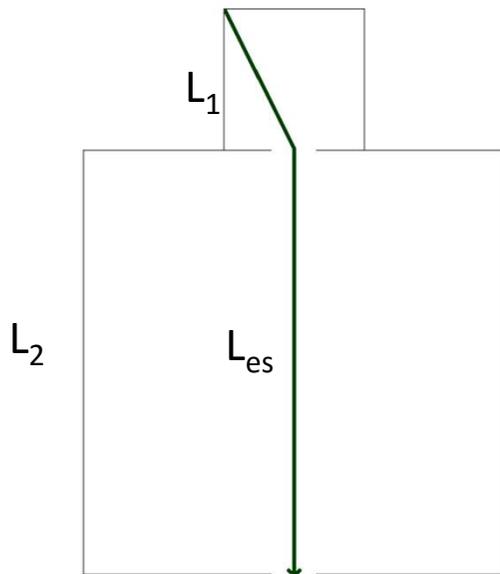
Calcolo di ASET - Metodo di calcolo semplificato

2) FOCOLARI PREDEFINITI

Parametro	Focolare predefinito	
	per attività civile	per altre attività
Velocità caratteristica di crescita dell'incendio t_g [sec]	150 (veloce)	75 (ultra-veloce)
RHR _{max} totale	5 MW	50 MW
RHR _{max} per m ² di superficie del focolare	250-500 kW/m ²	500 -1000 kW/m ²
Resa in particolato Y_{soot}	pre-flashover 0,07 kg/kg post-flashover 0,14 kg/kg	pre-flashover 0,18 kg/kg post-flashover 0,36 kg/kg
Resa in monossido di carbonio Y_{CO}	pre-flashover: 0,10 kg/kg post-flashover: 0,40 kg/kg	
Calore di combustione effettivo ΔH_C	20 MJ/kg	
Resa in biossido di carbonio Y_{CO2}	1,5 kg/kg	
Resa in acqua Y_{H2O}	0,82 kg/kg	
Frazione di RHR(t) in irraggiamento	35%	

Calcolo di ASET - Metodo di calcolo semplificato

3) GEOMETRIE SEMPLIFICATE – Caso in studio



$$L_1 = 20 \text{ m.}$$

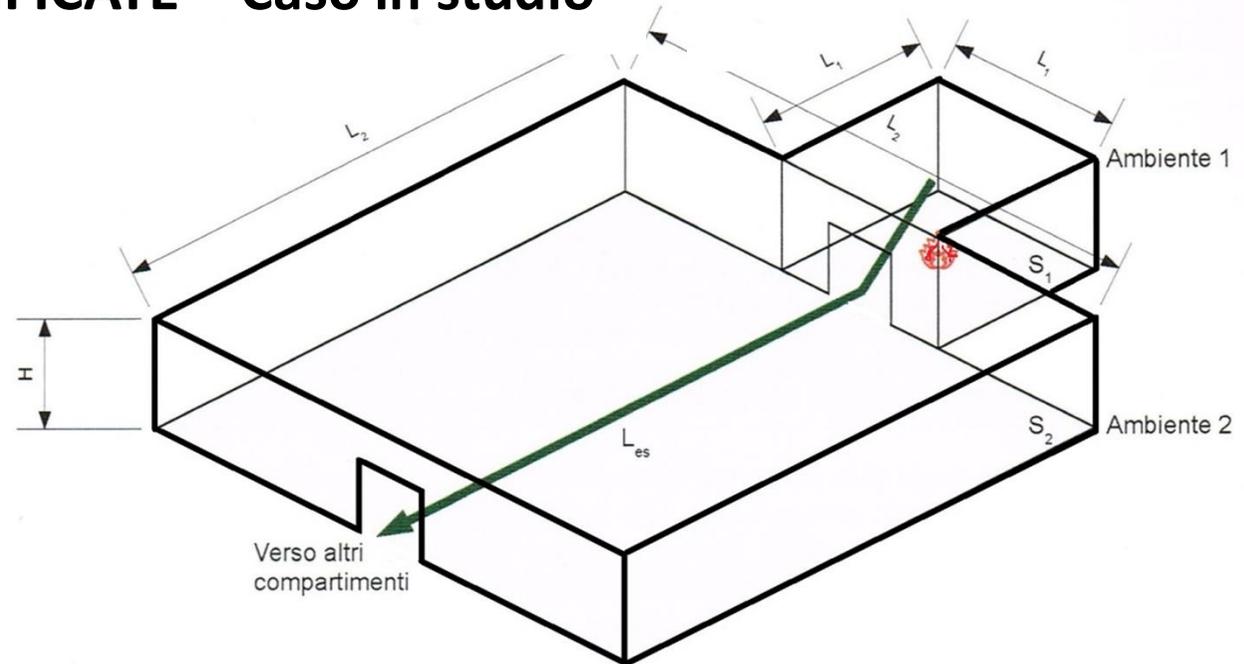
$$L_2 = 40 \text{ m.}$$

$$L_{es} = 62,3 \text{ m.}$$

varchi 2 m x 2 m. aperti

$$H = 2,70 \text{ m.}$$

$$S = 400 + 1600 = 2.000 \text{ m}^2$$



- Edificio a pianta quadrata e altezza costante
- Pareti e soffitti rivestiti da intonaco di 2 cm di spessore, conducibilità termica 0,16 W/m/K, densità 790 Kg/m³, calore specifico 900 J/kg/K, emissività 0,90, faccia posteriore a temperatura ambiente.
- Il pavimento è assunto adiabatico.

Calcolo di ASET - Metodo di calcolo semplificato

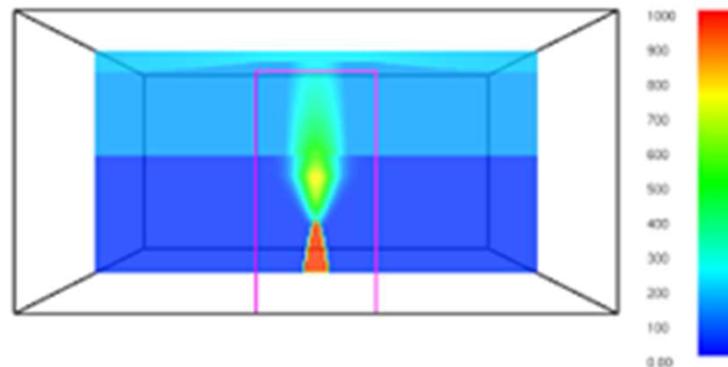
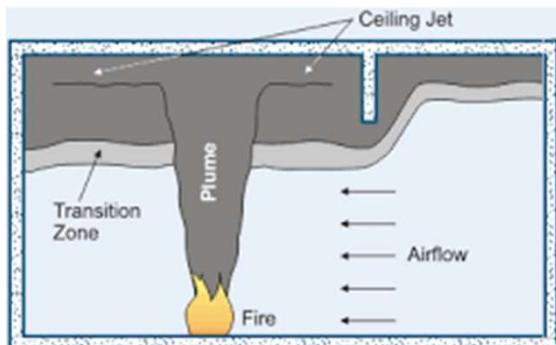
3) GEOMETRIE SEMPLIFICATE – Caso in studio

- L'edificio è rappresentativo dei profili di rischio A1, A2, A3, A4 – B1, B2, B3 – C1, C2, C3 – D1, D2
- Il calcolo di ASET è riferito al compartimento di primo innesco, costituito dai due ambienti 1 e 2; l'incendio si verifica nell'ambiente 1 e si propaga all'ambiente 2 attraverso un unico varco aperto.
- Il compartimento di primo innesco è privo di sistemi di evacuazione di fumo e calore ed è collegato con gli altri compartimenti (*luoghi sicuri temporanei*) attraverso un unico varco aperto durante l'esodo. Da ogni luogo sicuro temporaneo, gli occupanti raggiungono un luogo sicuro.
- L'esodo termina prima che il fumo e calore dell'incendio inizino a propagarsi nel compartimento adiacente. Lo strato di fumi caldi si trova sempre sopra il varco di comunicazione con gli altri compartimenti.
- Al termine dell'evacuazione verso il luogo sicuro temporaneo, la porta di comunicazione si chiude automaticamente con dispositivo di autochiusura e trattiene i fumi freddi grazie alla caratteristica S_a .

Calcolo di ASET - Metodo di calcolo semplificato

Con l'utilizzo delle ipotesi semplificative:

- sono automaticamente soddisfatti tutti i modelli del calcolo avanzato, e si consente agli occupanti *la fuga in aria non inquinata dai prodotti della combustione, con un valore dell'irraggiamento < 2,5 kW/m².*
- non si calcola la concentrazione nel tempo dei *gas tossici e irritanti, i flussi di calore e l'oscuramento della visibilità.*
- si valuta con un *modello numerico a zone*, l'altezza dello strato dei fumi nella fase pre-flashover, e la temperatura a soffitto.



Calcolo di ASET - Metodo di calcolo semplificato

Profilo di rischio R_{vita}	Velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio t_{α} [sec]	ASET ambiente 2 [sec]
A_1	600	943
A_2	300	679
A_3	150	499
A_4	75	347
B_1	600	943
B_2	300	679
B_3	150	499
C_1	600	943
C_2	300	679
C_3	150	499
D_1	600	943
D_2	300	679

Calcolo di RSET

Il tempo RSET viene calcolato tra l'innescò dell'incendio ed il momento in cui gli occupanti dell'edificio raggiungono il «luogo sicuro». È determinato dalla somma dai tempi elementari che lo compongono:

$$\mathbf{RSET = t_{det} + t_a + t_{pre} + t_{tra}} \quad [\text{sec}]$$

con:

t_{det}	tempo di rivelazione
t_a	tempo di allarme generale
t_{pre}	tempo di pre-evacuazione
t_{tra}	tempo di movimento

Ciascun occupante possiede un proprio valore di RSET.

Calcolo di RSET

Il tempo RSET viene calcolato tra l'innescò dell'incendio ed il momento in cui gli occupanti dell'edificio raggiungono il «luogo sicuro». È determinato dalla somma dai tempi elementari che lo compongono:

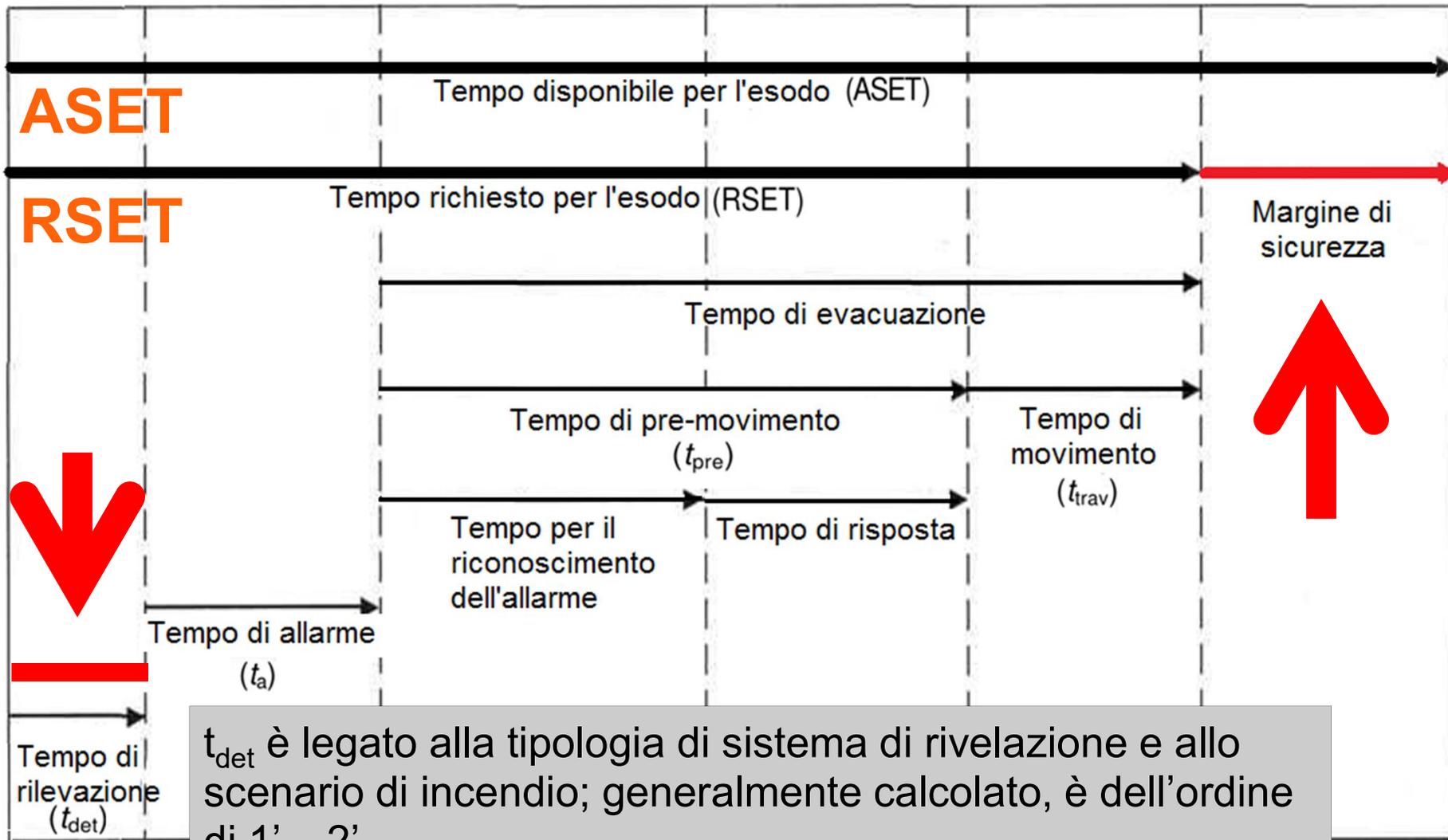
$$\mathbf{RSET = t_{det} + t_a + t_{pre} + t_{tra}} \quad [\text{sec}]$$

con:

t_{det}	tempo di rivelazione
t_a	tempo di allarme generale
t_{pre}	tempo di pre-evacuazione
t_{tra}	tempo di movimento

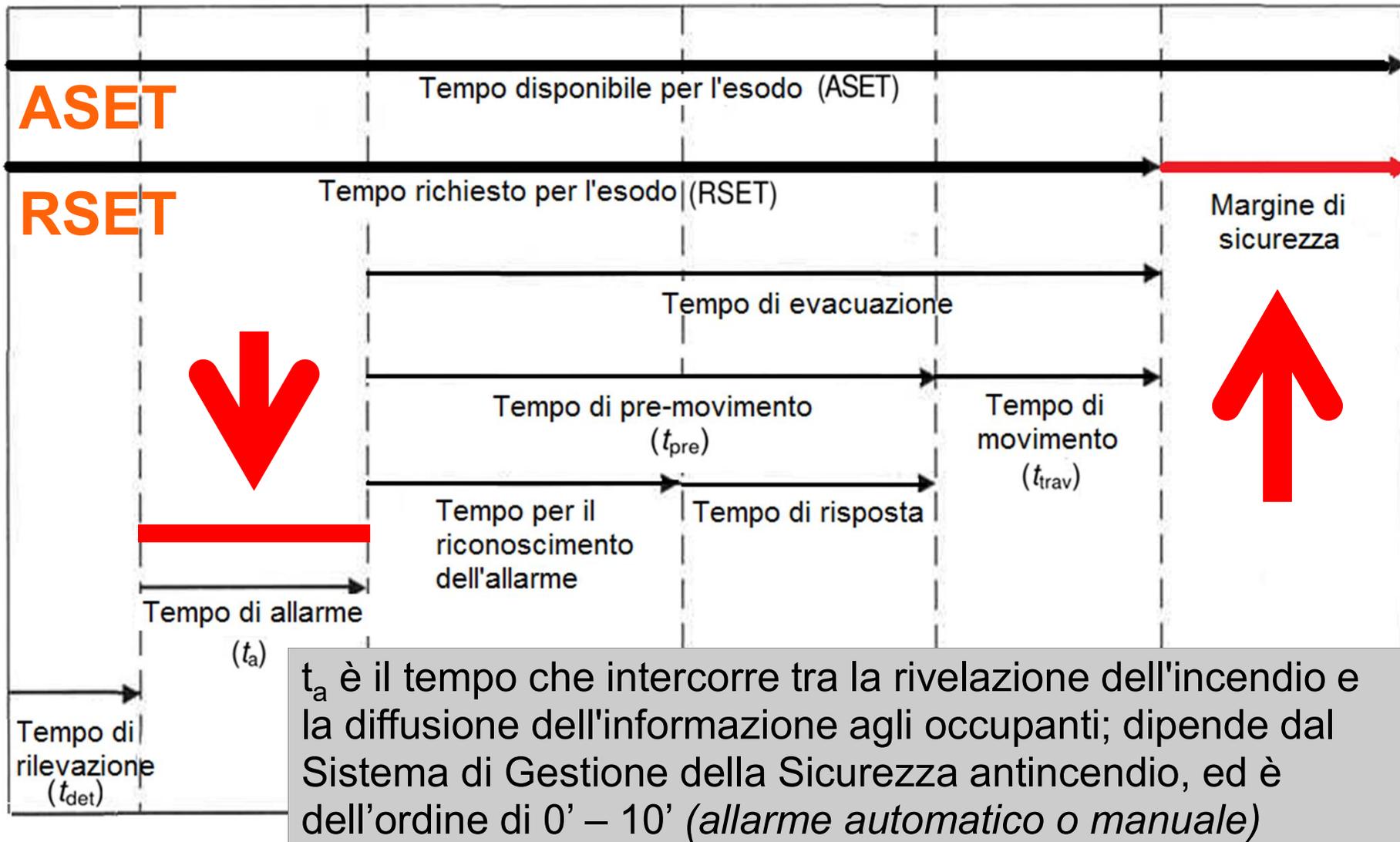
Ciascun occupante possiede un proprio valore di RSET.

Calcolo di RSET - *Tempo di rivelazione* t_{det}



t_{det} è legato alla tipologia di sistema di rivelazione e allo scenario di incendio; generalmente calcolato, è dell'ordine di 1' - 2'.

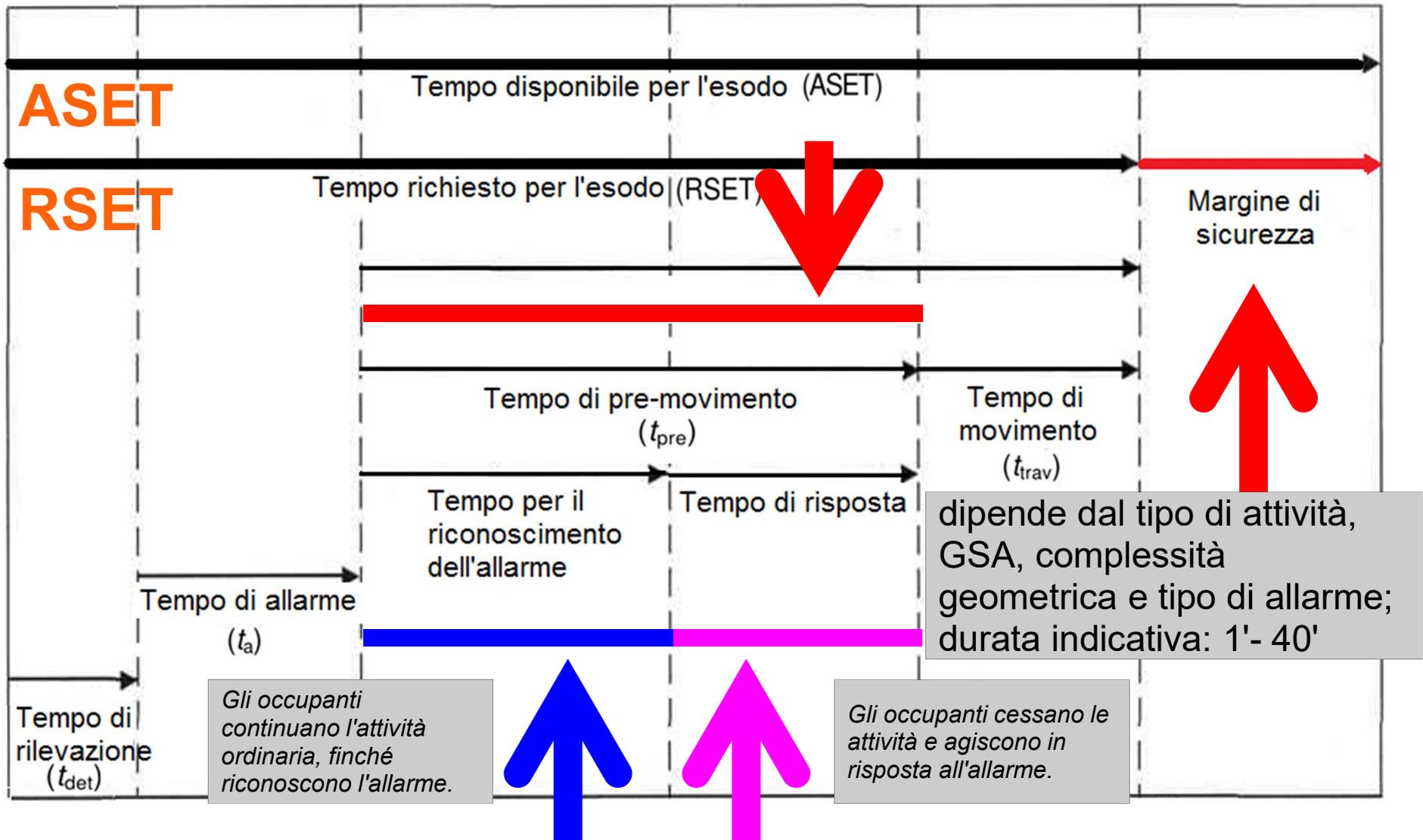
Calcolo di RSET - *Tempo di allarme generale t_a*



Calcolo di RSET – Tempo ($t_{det} + t_a$) [ISO/TR 16738]

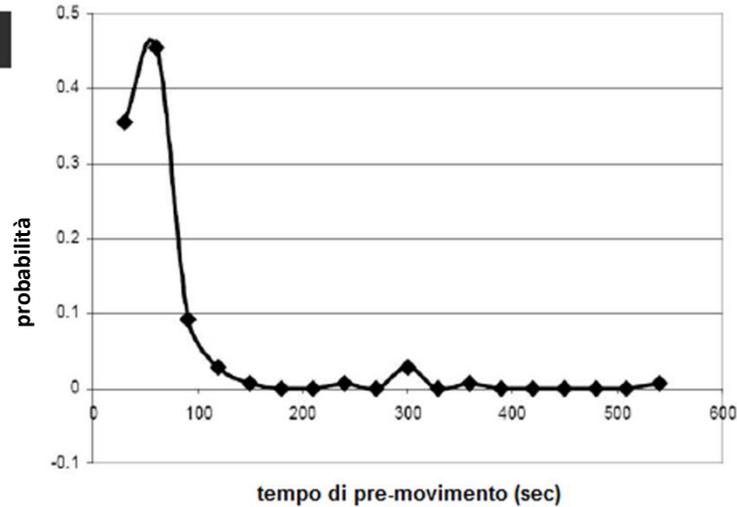
Profilo di rischio R_{vita}	$t_{det} + t_a$ [sec]	descrizione
A₁	360	Attività a basso rischio, probabilmente sprovviste di IRAI, basso livello di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio
A₂	180	Attività probabilmente provviste di IRAI, livello di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio medio
A₃	120	Attività dotate di IRAI, livello di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio medio-elevato, addetti formati al rischio antincendio, compartimenti di ridotte dimensioni
A₄	120	Attività dotate di IRAI, livello di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio elevato, addetti formati al rischio antincendio, compartimenti di ridotte dimensioni.
B₁	360	Attività a basso rischio, probabilmente sprovviste di IRAI, basso livello di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio, presenza di pubblico non specificamente formato
B₂	180	Attività dotate di IRAI, livello di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio medio, addetti formati al rischio antincendio, presenza di pubblico non specificamente formato
B₃	180	Attività dotate di IRAI e probabilmente di sistema EVAC, livello di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio medio-elevato, addetti formati al rischio antincendio, presenza di pubblico non specificamente formato, compartimenti di ridotte dimensioni
C₁	360	Attività a basso rischio, probabilmente sprovviste di IRAI, basso livello di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio, presenza di pubblico non specificamente formato
C₂	180	Attività dotate di IRAI, livello di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio medio, addetti formati al rischio antincendio, presenza di pubblico non specificamente formato
C₃	180	Attività dotate di IRAI e probabilmente di sistema EVAC, livello di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio medio-elevato, addetti formati al rischio antincendio, presenza di pubblico non specificamente formato, compartimenti di ridotte dimensioni.
D₁	180	Attività dotate di IRAI e di sistema EVAC, livello di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio elevato, addetti formati al rischio antincendio, presenza di occupanti non autosufficienti, presenza di pubblico non specificamente formato, compartimenti di ridotte dimensioni
D₂	180	Attività dotate di IRAI e di sistema EVAC, livello di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio elevato, addetti formati al rischio antincendio, presenza di occupanti non autosufficienti, presenza di pubblico non specificamente formato, compartimenti di ridotte dimensioni

Calcolo di RSET - Tempo di pre-evacuazione t_{pre}

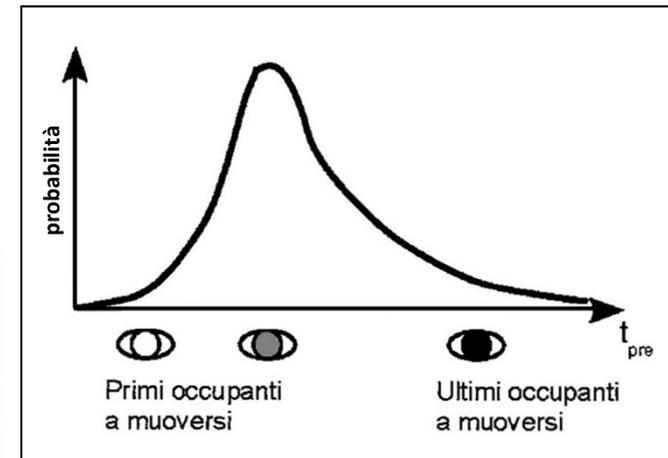
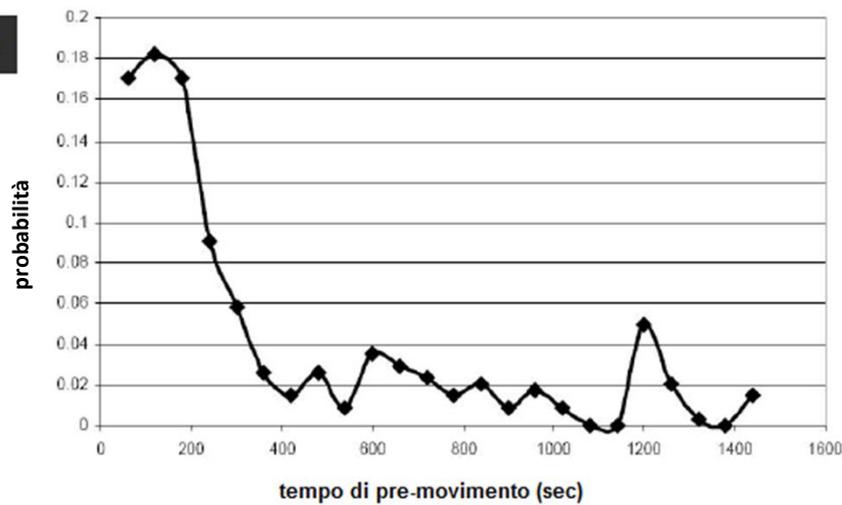


Calcolo di RSET - *Tempo di pre-evacuazione* t_{pre}

Uffici



Edificio residenziale



Distribuzione log-normale

Calcolo di RSET - *Tempo di pre-evacuazione* t_{pre} [ISO/TR 16738]

Profilo di rischio R_{vita}	$t_{pre(1^\circ)}$ [sec]	$t_{pre(99^\circ)}$ [sec]	descrizione
A₁	60	180	A: Awake and familiar, M2 B1-B2 A1-A2
A₂	60	180	A: Awake and familiar, M2 B1-B2 A1-A2
A₃	30	90	A: Awake and familiar, M1 B1-B2 A1-A2
A₄	30	90	A: Awake and familiar, M1 B1-B2 A1-A2
B₁	60	240	B: Awake and unfamiliar, M2 B1 A1-A2
B₂	60	240	B: Awake and unfamiliar, M2 B1 A1-A2
B₃	30	150	B: Awake and unfamiliar, M1 B1 A1-A2
C₁	1200	2400	C: Sleeping and unfamiliar, M2 B2 A1-A2
C₂	900	1800	C: Sleeping and unfamiliar, M1 B2 A1-A2
C₃	900	1800	C: Sleeping and unfamiliar, M1 B2 A1-A2
D₁	600	1200	D: Medical care: Sleeping and unfamiliar, M2 B2 A1-A2
D₂	300	600	D: Medical care: Sleeping and unfamiliar, M1 B2 A1-A2

$t_{pre(1^\circ)}$ tempo di pre-evacuazione dei primi occupanti a muoversi

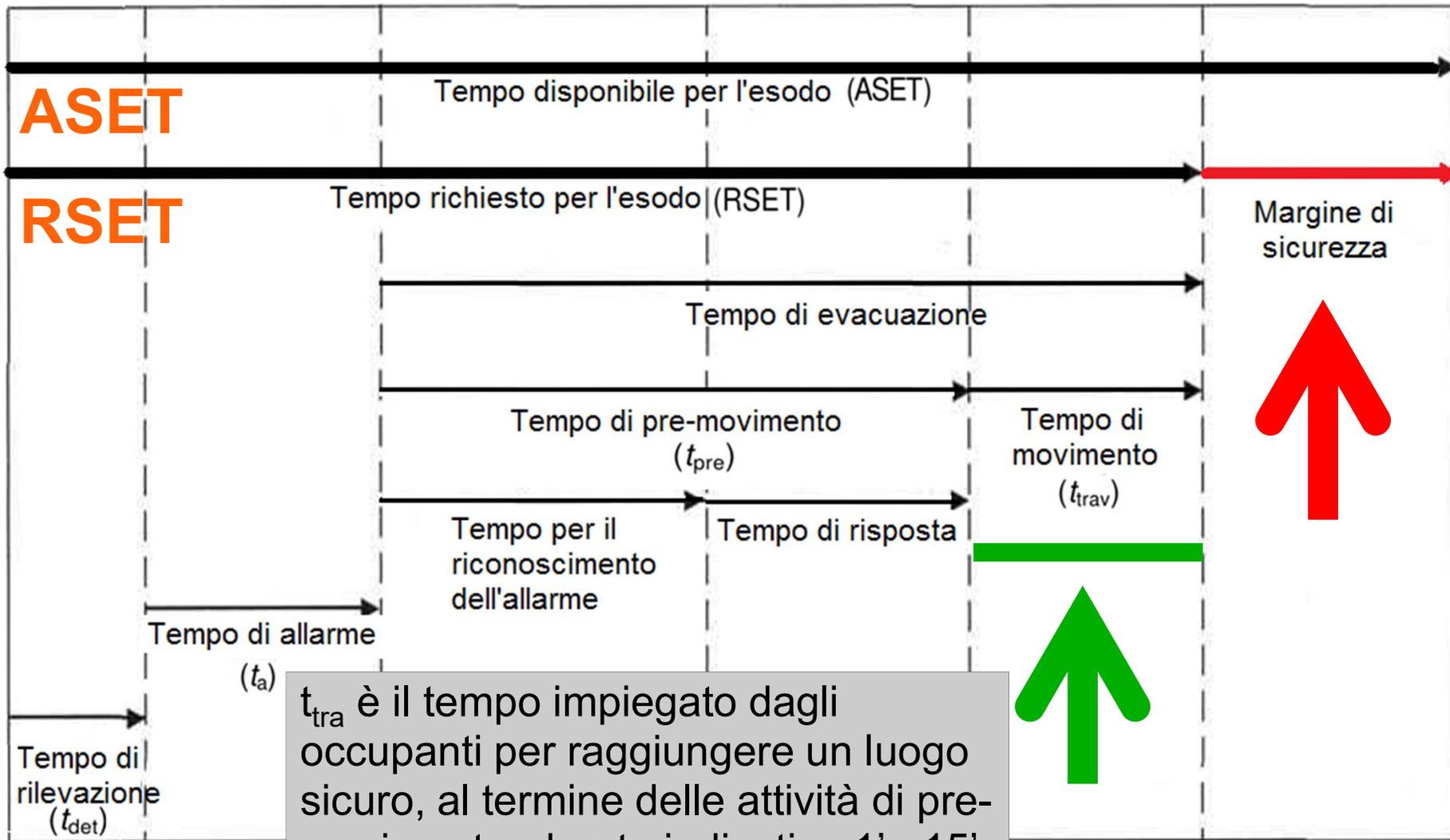
$t_{pre(99^\circ)}$ tempo di pre-evacuazione degli ultimi occupanti a muoversi

A tipologia sistemi allarme

B complessità edifici

M tipo gestione sicurezza

Calcolo di RSET - *Tempo di movimento* t_{tra}



t_{tra} è il tempo impiegato dagli occupanti per raggiungere un luogo sicuro, al termine delle attività di pre-movimento; durata indicativa 1' - 15'

Calcolo di RSET - *Tempo di movimento* t_{tra}

Il tempo t_{tra} si calcola con riferimento a:

- a. **distanza** degli occupanti o gruppi di essi dalle vie d'esodo;
- b. **velocità d'esodo**, che dipendono dalla tipologia degli occupanti e dalle loro interazioni con l'ambiente e gli effetti dell'incendio;
- c. **portata** delle vie d'esodo (*geometria, dimensioni, dislivelli ed ostacoli...*).

Per il calcolo di t_{tra} si impiegano due famiglie di modelli:

- a. **modelli idraulici**, che predicono alcuni aspetti del movimento degli occupanti (*es. flussi attraverso le uscite*), ma non includono fattori del comportamento umano (*familiarità con l'edificio, interazioni persona-persona, effetto del fumo sul movimento, ...*).
- b. **modelli "agent based"**, che studiano i sistemi complessi partendo dallo studio delle interazioni tra le singole unità.

Calcolo di RSET - *Tempo di movimento* t_{tra}

Modello idraulico

Il **modello idraulico** (in analogia al comportamento idraulico dei fluidi), è basato su:

- larghezza effettiva delle vie d'esodo, W_e ;
 - densità di affollamento, D ;
 - velocità di movimento v degli occupanti lungo il percorso;
 - flusso specifico F_s ;
 - flusso calcolato F_c ;
 - tempo di passaggio t_p
-

Calcolo di RSET - *Tempo di movimento* t_{tra}

Modello idraulico - *Larghezza efficace delle vie d'esodo, W_e*

W_e : porzione della larghezza di una via di uscita effettivamente utilizzata dall'occupante.

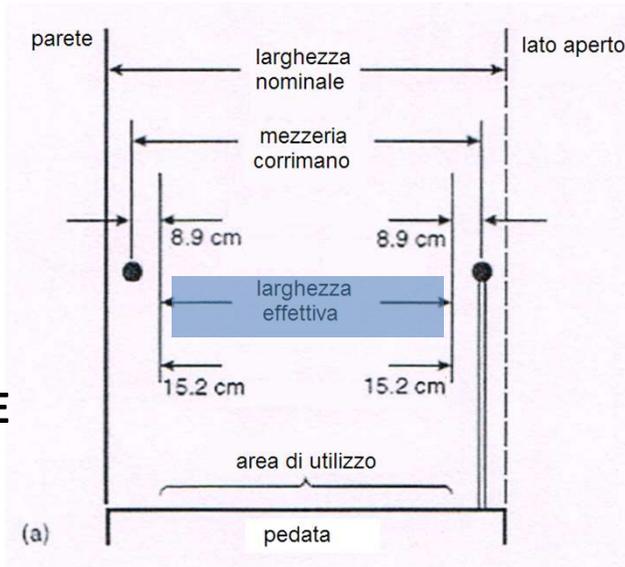
L'ampiezza della via di esodo deve essere corretta, misurandola al netto dello spazio inutilizzato:

Elemento della via di esodo	Larghezza inutilizzata (cm)
Scale-muro o lato della pedata	15
Mancorrenti, ringhiere, parapetti	9
Corridori, muri di rampe	20
Ostacoli	10
Larghi passaggi, ampie vie di esodo	46
Porte, volte	15

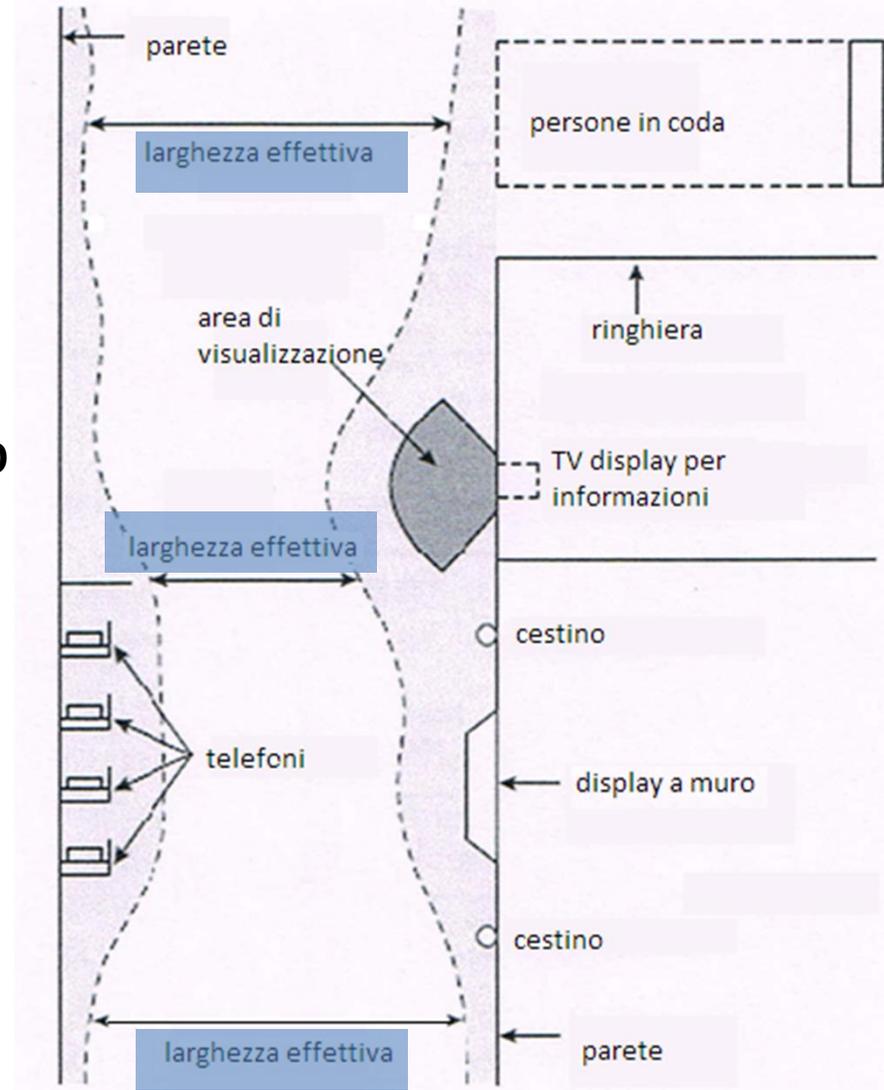
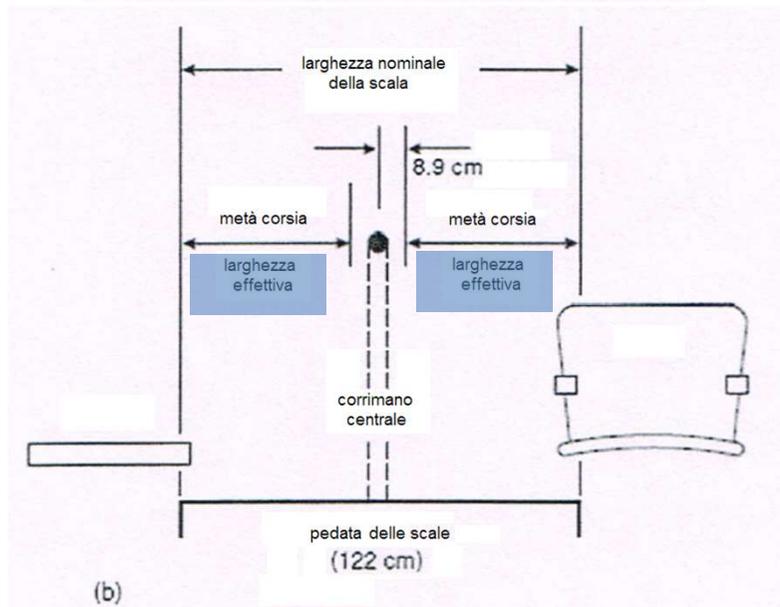
Calcolo di RSET - *Tempo di movimento* t_{tra}

Modello idraulico - *Larghezza efficace delle vie d'esodo, W_e*

SCALE



VIE DI
ESODO



Calcolo di RSET - *Tempo di movimento* t_{tra}

Modello idraulico - *Densità di affollamento, D*

D: Massimo numero prevedibile di persone presenti per unità di superficie lungo le vie d'esodo [pers/m²].

Nel modello idraulico equivale alla densità del fluido.

Calcolo di RSET - *Tempo di movimento* t_{tra}

Modello idraulico - Velocità di movimento lungo il percorso, v

v : velocità di movimento funzione della densità di affollamento D :

$$v = k \cdot (1 - a \cdot D) \quad [\text{m/s}]$$

con $a = 0,266 \text{ m}^2/\text{pers}$, e k :

Elemento della via di esodo		k (m/s)
Corridoi, spazio tra due file di panche, rampe, porte		1.4
Scale		
<i>Alzata (cm)</i>	<i>Pedata (cm)</i>	
19.0	25.4	1
17.8	27.9	1.08
16.5	30.5	1.16
16.5	33.0	1.23

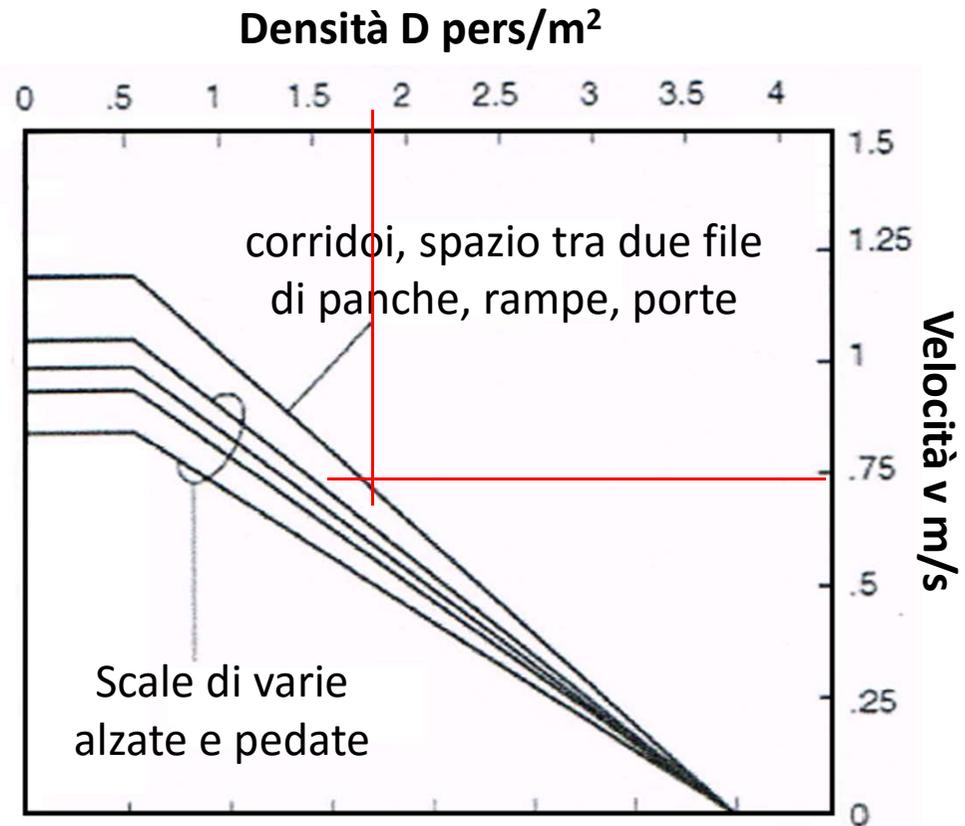
Nel caso in esame, si assume una **velocità $v=0,71 \text{ m/s}$** tratta da ISO/TR 16738 (*almeno il 24% degli occupanti è affetto da limitazioni funzionali*).

Calcolo di RSET - *Tempo di movimento* t_{tra}

Modello idraulico - Velocità di movimento lungo il percorso, v

per densità $D < 0,54 \text{ pers/m}^2$
le persone sono in grado di
muoversi indipendentemente

per densità $D > 3,80 \text{ pers/m}^2$
il moto si arresta ($S=0$);
il gruppo di persone non è più
in grado di muoversi finché le
prime file non sono uscite



Calcolo di RSET - Tempo di movimento t_{tra}

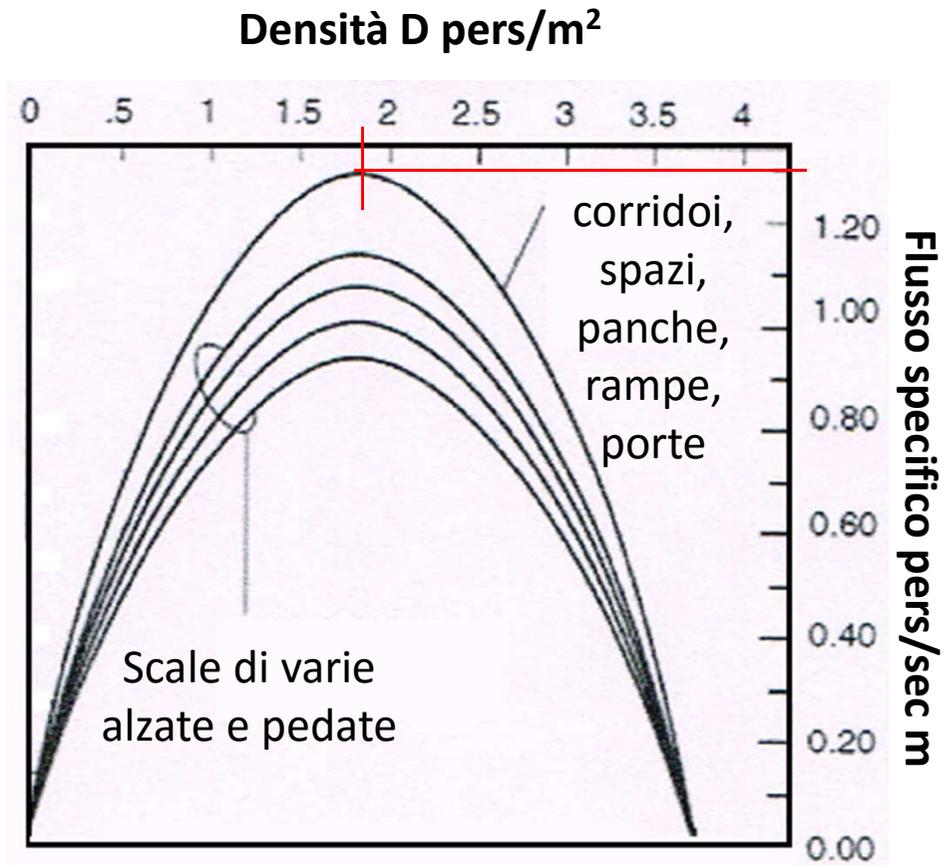
Modello idraulico – Flusso specifico F_s

Flusso specifico F_s : persone che attraversano l'unità di larghezza effettiva W_e di passaggio nell'unità di tempo:

$$F_s = v \cdot D = k \cdot (1 - a \cdot D) \cdot D$$

[pers/sec·m]

Il flusso specifico è massimo per una densità di circa 1,9 pers/m²



Nel caso in esame, si assume un **flusso $F_s = 1,30$ pers/sec·m** secondo ISO/TR 16738.

Calcolo di RSET - *Tempo di movimento* t_{tra}

Modello idraulico – *Flusso calcolato F_c e tempo di passaggio t_p*

Flusso calcolato F_c : portata di persone simulata attraverso il punto del sistema di vie di esodo:

$$F_c = F_s \cdot W_e = k \cdot (1 - a \cdot D) \cdot D \cdot W_e \quad [\text{pers/sec}]$$

Tempo di passaggio t_p

È il tempo necessario affinché un gruppo di persone passino attraverso una soglia del sistema di esodo:

$$t_p = P / F_c = P / [k \cdot (1 - a \cdot D) \cdot D \cdot W_e] \quad [\text{sec}]$$

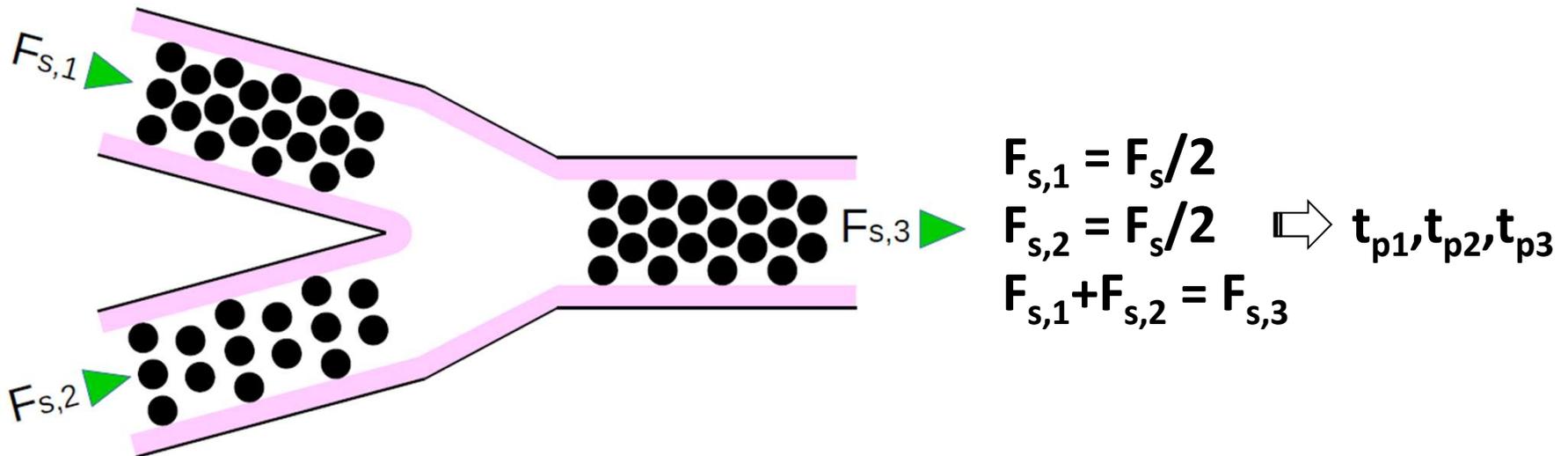
con P numero di persone.

Il tempo t_{tra} sarà la somma dei tempi di passaggio necessari per attraversare tutte le soglie del sistema di esodo.

Calcolo di RSET - *Tempo di movimento* t_{tra}

Modello idraulico

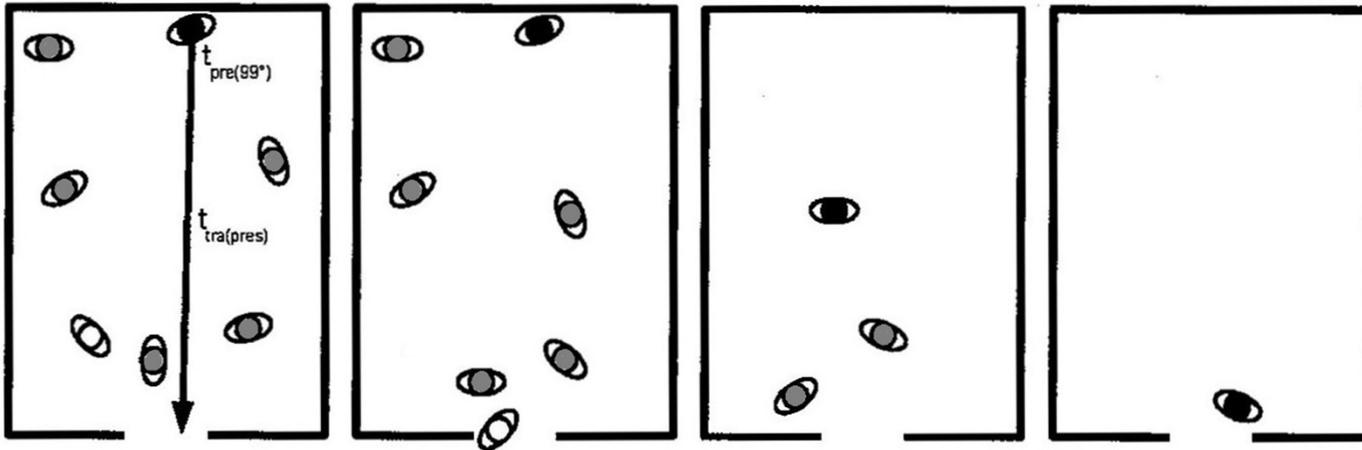
In analogia al calcolo di una rete idraulica, il calcolo dei flussi specifici può essere effettuato ipotizzando la suddivisione della capienza lungo le vie d'esodo ed imponendo la continuità ai nodi:



Calcolo di RSET - *Tempo di movimento* t_{tra} Modello idraulico

Per bassa densità di affollamento:

$$t_{tra(es)} = L_{es} / v$$



In realtà, quando gli occupanti di edifici densamente affollati fuggono lungo le vie di esodo, si formano file nei restringimenti.

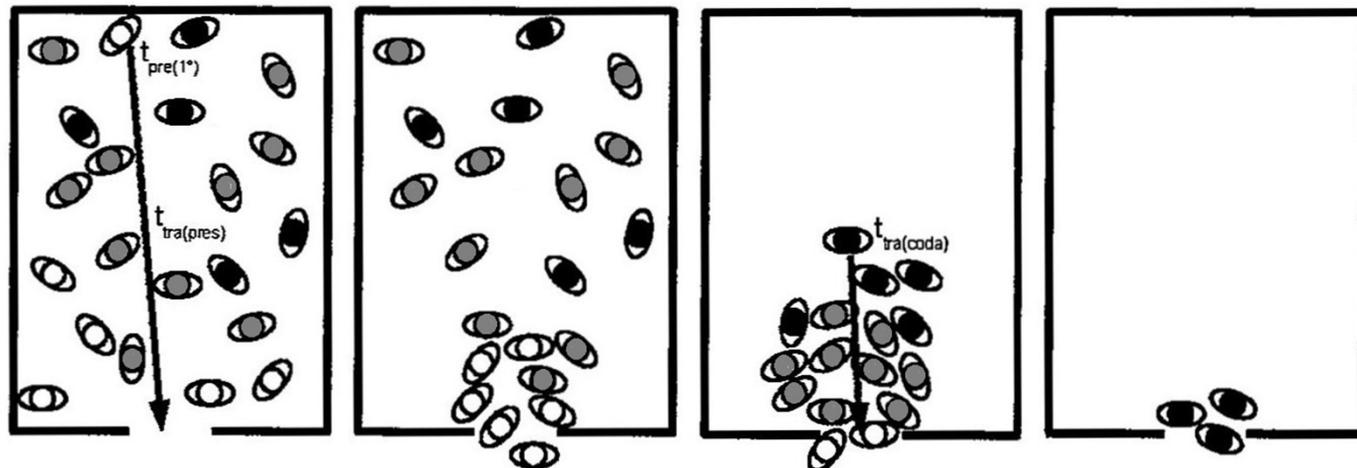
Calcolo di RSET - *Tempo di movimento* t_{tra} **Modello idraulico**

Per **alta densità di affollamento**, il tempo di movimento che l'*i*-esimo occupante impiega per percorrere la via di esodo dal compartimento di primo innesco fino al luogo sicuro temporaneo, è somma di due componenti:

$$t_{tra,i} = t_{tra(pres),i} + t_{tra(coda),i}$$

con:

$t_{tra(pres),i}$ tempo per presentarsi all'uscita verso luogo sicuro (L_{es}/v_{orizz})
 $t_{tra(coda),i}$ tempo di attesa in coda all'uscita verso luogo sicuro



Calcolo di RSET - *Tempo di movimento* $t_{tra(coda)}$

Profilo di rischio R_{vita}	$t_{tra(coda)}$ [sec]
A ₁	330
A ₂	290
A ₃	240
A ₄	90
B ₁	310
B ₂	270
B ₃	180
C ₁	310
C ₂	270
C ₃	180
D ₁	270
D ₂	180

$t_{tra(coda)}$ tratto da
regolamentazioni
antincendio internazionali

Calcolo di RSET

La norma ISO/TR 16738 propone come RSET il **più gravoso** tra i due seguenti, calcolati rispettivamente per **bassa o alta densità di affollamento**:

$$\mathbf{RSET}_1 = t_{\text{det}} + t_a + t_{\text{pre}(99^\circ)} + t_{\text{tra}(\text{pres})}$$

$$\mathbf{RSET}_2 = t_{\text{det}} + t_a + t_{\text{pre}(1^\circ)} + t_{\text{tra}(\text{pres})} + t_{\text{tra}(\text{coda})}$$

con:

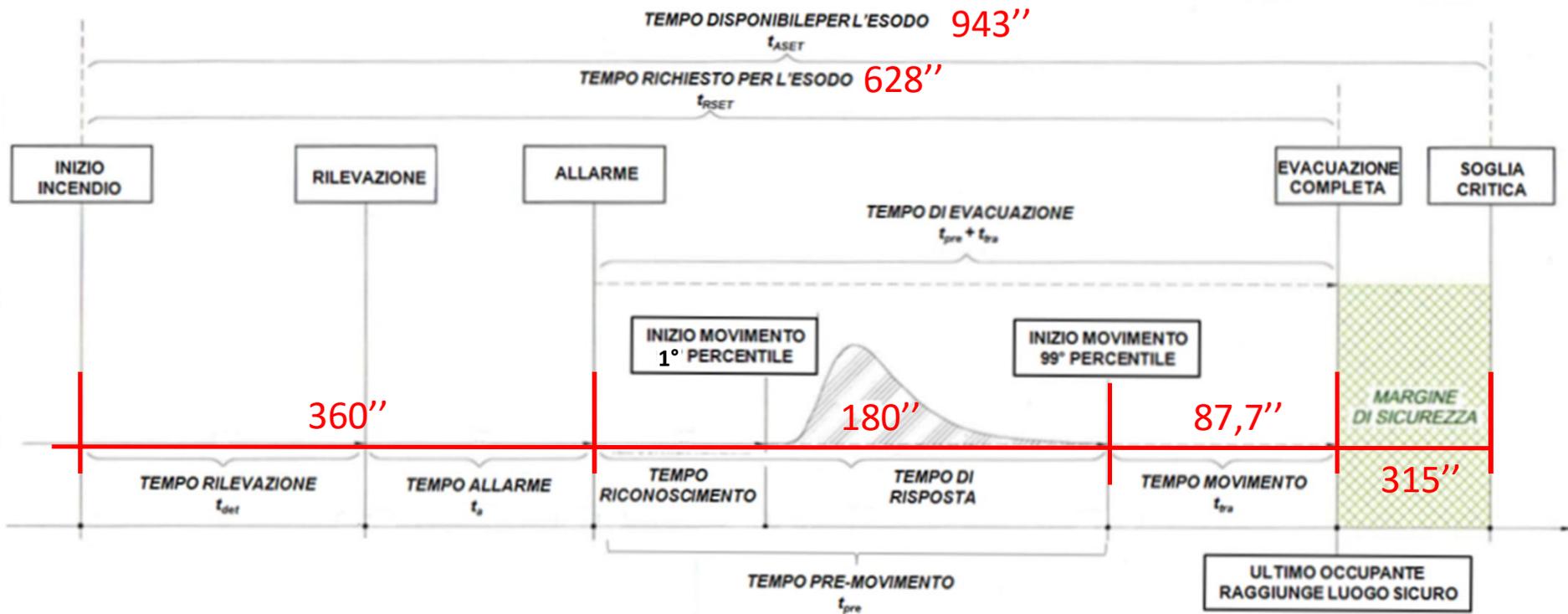
$t_{\text{pre}(1^\circ)}$ tempo di pre-evacuazione per i primi occupanti a muoversi

$t_{\text{pre}(99^\circ)}$ tempo di pre-evacuazione per gli ultimi occupanti a muoversi

$t_{\text{tra}(\text{pres})}$ tempo per l'occupante più lontano per presentarsi all'uscita verso luogo sicuro

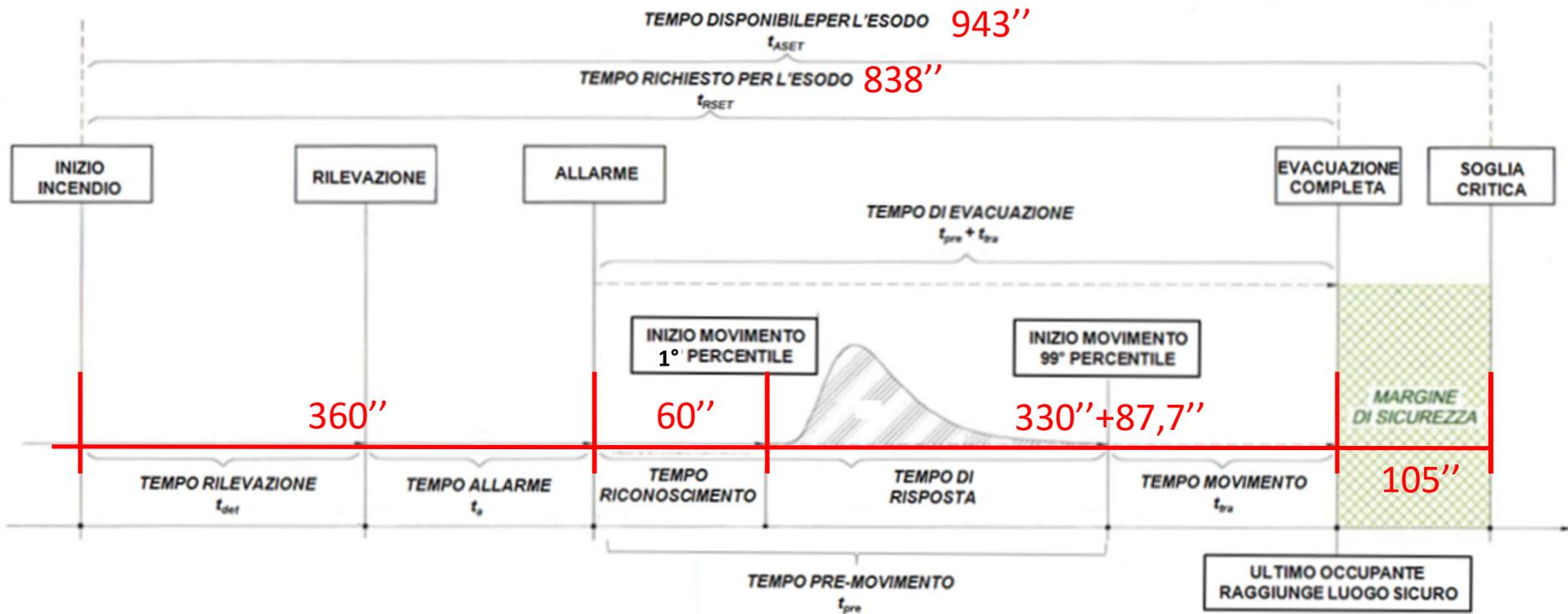
$t_{\text{tra}(\text{coda})}$ tempo di attesa in coda all'uscita verso luogo sicuro per l'ultimo occupante a muoversi

Calcolo di t_{marg} e verifica $\text{ASET} > \text{RSET}$



$$\text{RSET}_1 = t_{\text{det}} + t_a + t_{\text{pre}(99^\circ)} + t_{\text{tra}(\text{pres})}$$

Calcolo di t_{marg} e verifica $\text{ASET} > \text{RSET}$



$$\text{RSET}_2 = t_{\text{det}} + t_a + t_{\text{pre}(1^\circ)} + t_{\text{tra}(\text{pres})} + t_{\text{tra}(\text{coda})}$$

Calcolo di t_{marg} e verifica $\text{ASET} > \text{RSET}$

R_{vita}	$t_{\text{det}} + t_a$	$t_{\text{pre}}(1^\circ)$	$t_{\text{pre}}(99^\circ)$	L_{es}	V_{oriz}	$t_{\text{tra}}(\text{pres})$	$t_{\text{tra}}(\text{coda})$	RSET_1	RSET_2	RSET	ASET	t_{marg}	$t_{\text{marg}} \text{ lim1}$	$t_{\text{marg}} \text{ lim2}$	Verifica
A1	360	60	180	62,3<70	0,71	87,7	330	628	838	838	943	105,00	30	83,8	
A2	180	60	180	62,3>60	0,71	87,7	290	448	618	618	679	61,00	30	61,0	
A3	120	30	90	62,3>45	0,71	87,7	240	298	478	478	499	21,00	30	47,8	
A4	120	30	90	62,3>30	0,71	87,7	90	298	328	328	347	19,00	30	32,8	
B1	360	60	240	62,3>60	0,71	87,7	310	688	818	818	943	125,00	30	81,8	
B2	180	60	240	62,3>50	0,71	87,7	270	508	598	598	679	81,00	30	59,8	
B3	180	30	150	62,3>40	0,71	87,7	180	418	478	478	499	21,00	30	47,8	
C1	360	1200	2400	62,3>40	0,71	87,7	310	2848	1958	2848	943	-1905	30	284,8	
C2	180	900	1800	62,3>30	0,71	87,7	270	2068	1438	2068	679	-1389	30	206,8	
C3	180	900	1800	62,3>20	0,71	87,7	180	2068	1348	2068	499	-1569	30	206,8	
D1	180	600	1200	62,3>30	0,71	87,7	270	1468	1138	1468	943	-525	30	146,8	
D2	180	300	600	62,3>20	0,71	87,7	180	868	748	868	679	-189	30	86,8	