Il Codice di prevenzione incendi, applicazioni pratiche per la progettazione antincendio

SOLUZIONE ALTERNATIVA PER LA MISURA S.8 IN UN'AUTORIMESSA

PIATTAFORMA WEBINAR FONDAZIONE CNI
martedì 15 dicembre 2020

dott. ing. Marco Di Felice
Componente GdL Sicurezza del CNI

AUTORIMESSA FUORI TERRA AL SERVIZIO DI UN CENTRO COMMERCIALE: SOLUZIONE DI UNA CRITICITA' NELLA GESTIONE DELL'ESODO

Autorimessa al piano terra, sottostante ad un'attività di vendita.

PROBLEMA:

Distribuzione non uniforme delle *aperture di smaltimento* di fumo e calore d'emergenza (livello di prestazione II – S.8): sono **presenti delle superfici non coperte dalle aree di influenza**.

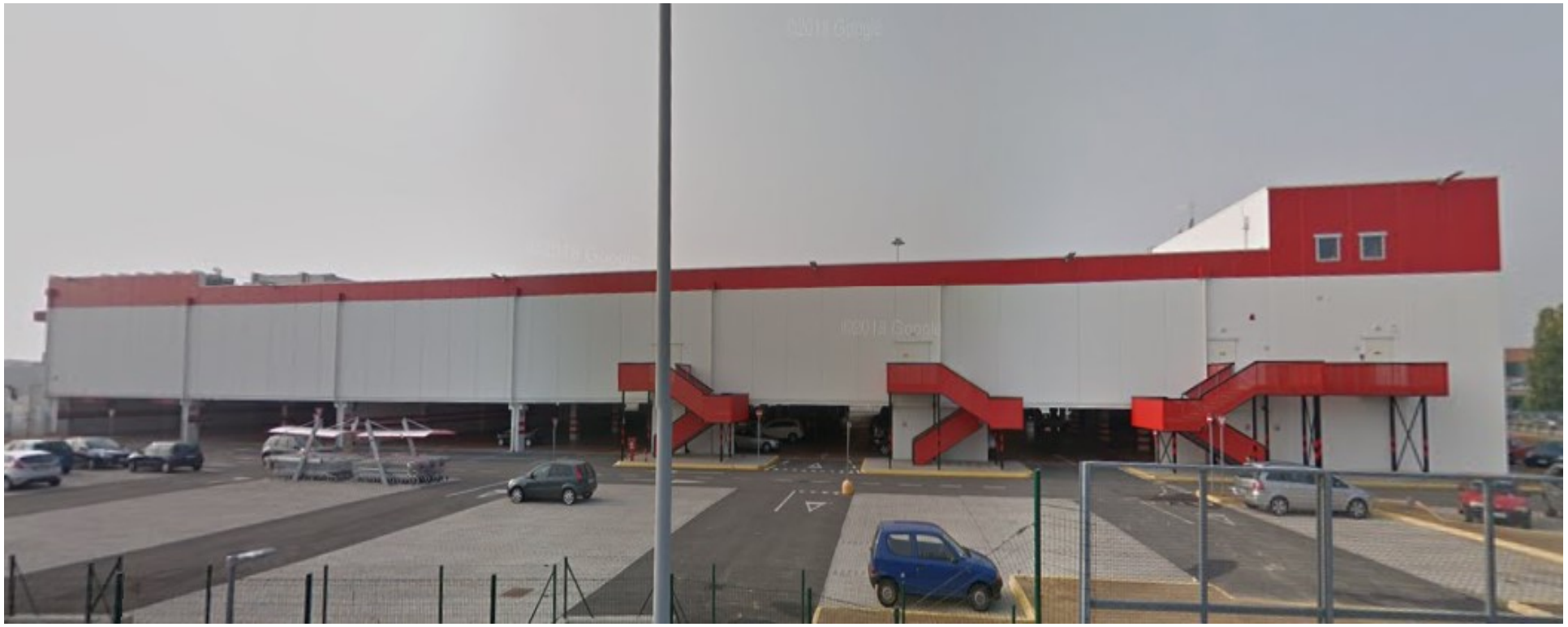
SOLUZIONI:

- adozione di un **sistema di evacuazione di fumo e calore** (SEFC): livello di prestazione III – S.8
- soluzione alternativa al livello di prestazione II: si dimostra la **sicurezza equivalente mediante i metodi dell'ingegneria della sicurezza**

Attività di vendita con sottostante autorimessa pubblica: fronte principale

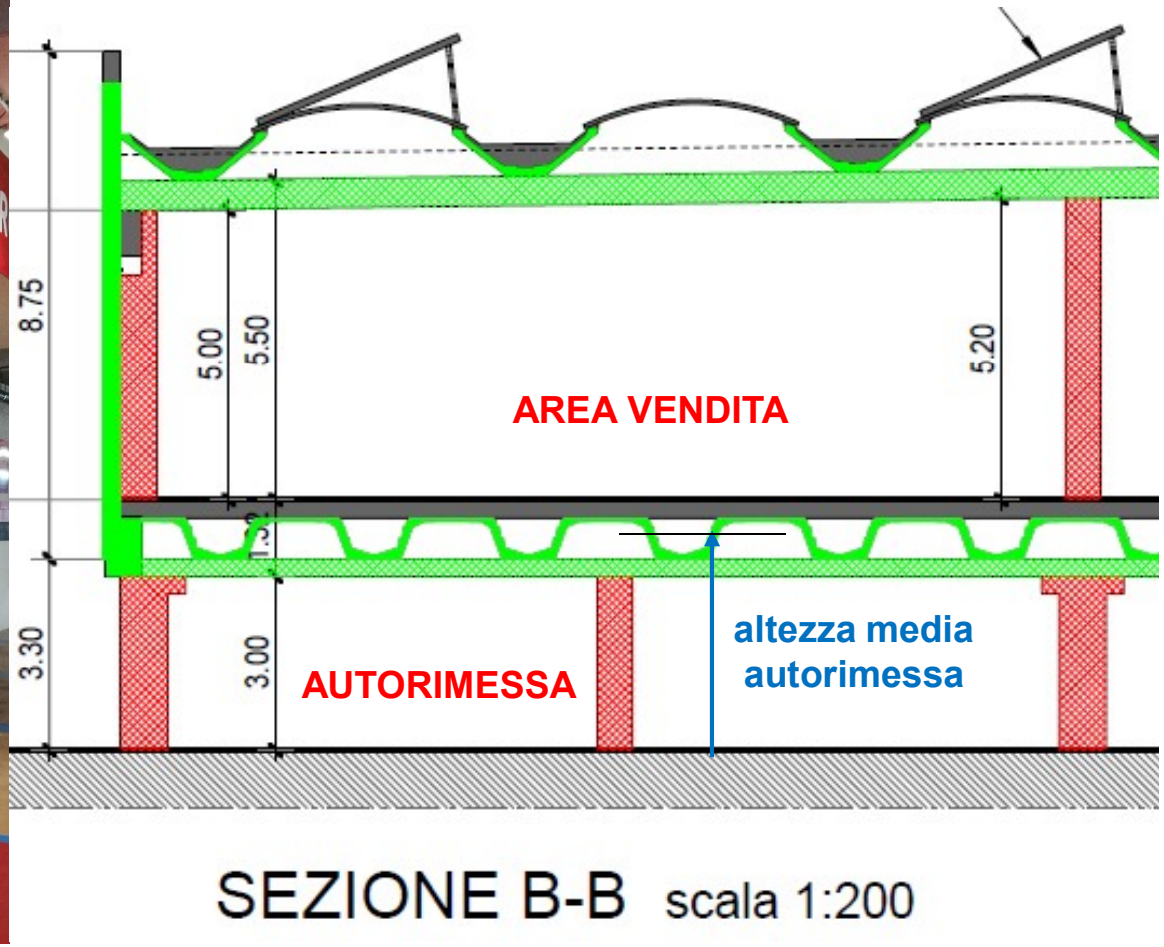
Attività di vendita con sottostante autorimessa pubblica: fronte principale

Attività di vendita con sottostante autorimessa pubblica: fronte posteriore



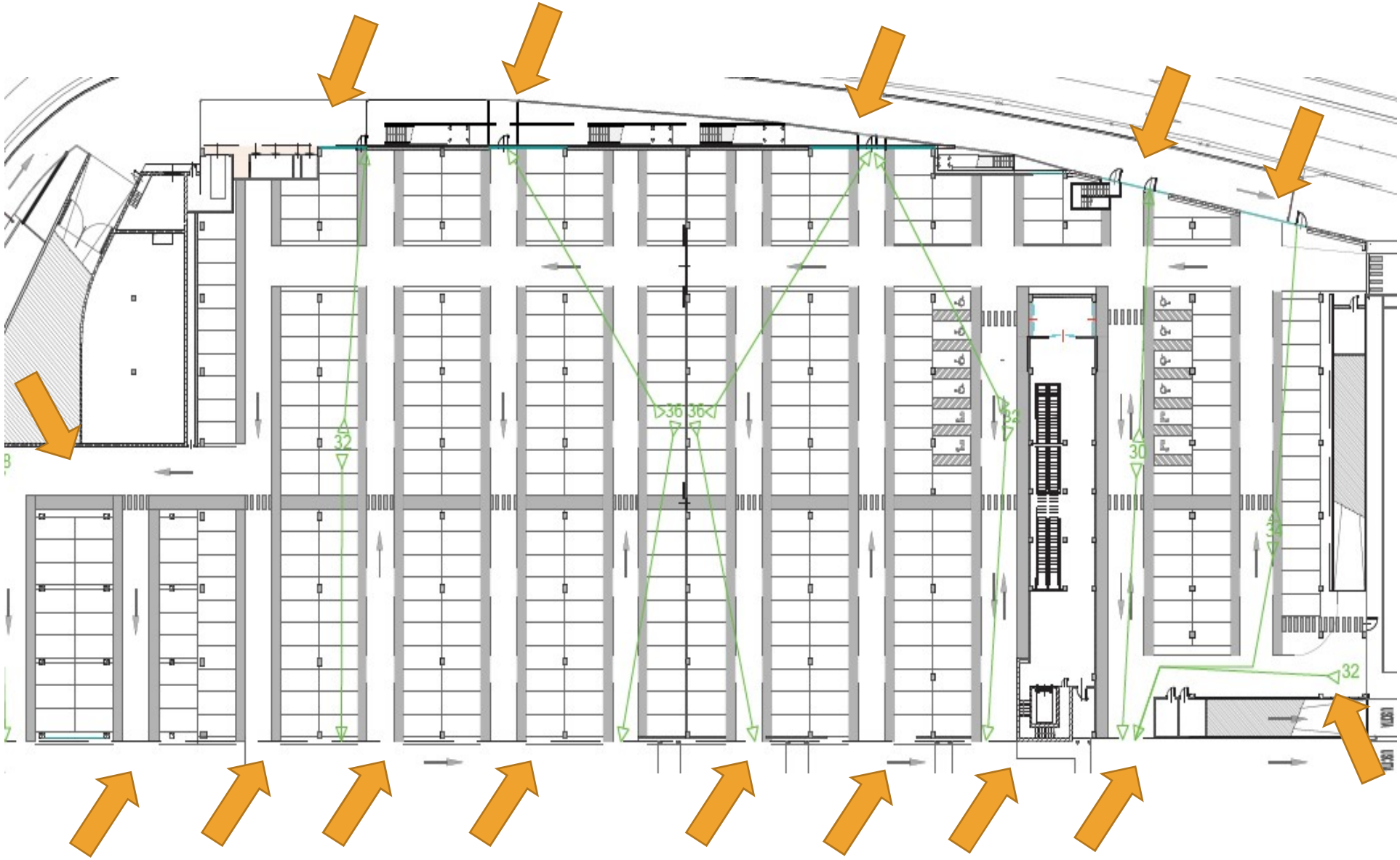
Attività di vendita con sottostante autorimessa pubblica: interno autorimessa

Attività di vendita con sottostante autorimessa pubblica: compartimentazione interna e sezione



SEZIONE B-B scala 1:200

Autorimessa in pianta: posizioni delle aperture di smaltimento



CLASSIFICAZIONE AUTORIMESSA E LIVELLO DI PRESTAZIONE PER IL CONTROLLO DI FUMI E CALORE

R.T.V. 2017

Classificazioni (RTV autorimesse – capitolo V.6 del Codice):

- autorimessa pubblica: **SB**
- autorimessa fuori terra (piano campagna): **HA**
- due compartimenti antincendio (4900 m^2 + 4700 m^2): **AB**
- autorimessa «chiusa»: aperture di smaltimento < 15%
- altezza media autorimessa: 3,40 m

Controllo di fumo e calore

R.T.V. 2017

In ottemperanza al "V.6.5.7 Controllo di fumi e calore" del D.M. 21/02/2017 (Capitolo V.6 – RTV Autorimesse), l'autorimessa deve essere dotata di misure di controllo di fumi e calore in conformità alla tabella V.6-4.
Poiché i due compartimenti antincendio dell'autorimessa sono classificati di tipo fuori terra, HA, SB e AB, si desume il **livello di prestazione II per il controllo di fumi e calore**:

Classificazione dell'Attività		Classificazione dell'Attività				
		SA		SB		SC
		AA,AB,AC	AD	AA,AB	AC, AD	
Fuori terra	HA,HB,HC,HD	II				
Interrate	HA,HB,	II	III	II	III	III
	HC,HD	III				

Tabella V.6- 4: Livelli di prestazione per controllo fumo e calore

Livello II: aperture di smaltimento

LIVELLO DI PRESTAZIONE II: aperture di smaltimento

R.T.V. 2017

V.6.5.7 Controllo di fumi e calore

2. L'altezza media delle aree TA non deve essere inferiore a 2 m.

L'altezza interna sottotrave dei entrambi i compartimenti dell'autorimessa al piano terra non sarà mai inferiore ai 2 m.

3. È considerata soluzione conforme per il livello di prestazione II (Capitolo S.8), lo smaltimento di fumo e calore d'emergenza dimensionato in accordo con le indicazioni di cui ai successivi punti 5,6,7 e 8.

4. Il livello di prestazione III (Capitolo S.8) deve prevedere un sistema progettato, realizzato ed esercito a regola d'arte (paragrafo G.1.14) e con le indicazioni di cui al successivo punto 9.

5. Per le aperture di smaltimento di fumo e calore d'emergenza deve essere impiegato il tipo di dimensionamento SE3, a prescindere dal valore del carico di incendio specifico q_f.

6. Per autorimesse di tipo AA e HA aventi altezza media dei locali non inferiore a 2,20 m e per quelle di tipo AB e HB aventi altezza media dei locali non inferiore a 2,40 m, può essere impiegata la formula SE=[(A*qf)/20000 + A/100], con il requisito aggiuntivo che almeno il 10% sia di tipo SEa, SEb o SEc.

circa 1/40 della superficie in pianta

1/25 della superficie in pianta

LIVELLO DI PRESTAZIONE II: aperture di smaltimento

R.T.V. 2017

V.6.5.7 Controllo di fumi e calore

7. Ciascuna apertura di smaltimento deve avere superficie minima pari a 0,2 m^2.

8. L'uniforme distribuzione in pianta delle aperture di smaltimento deve essere verificata impiegando il *metodo delle aree di influenza* (Capitolo S.8) ed imponendo contemporaneamente:

   a) raggio di influenza r_{offset} pari a 20 m per tutte le tipologie di aperture di smaltimento

   b) raggio di influenza r_{offset} pari a 30 m per le sole aperture di smaltimento SEa, SEb o SEc.

Nota: Si intende garantire l'uniforme distribuzione anche delle aperture di smaltimento permanentemente aperte (SEa) o facilmente apribili (SEb o SEc)

Nota: Qualora non sia verificata l'uniforme distribuzione in pianta delle aperture di smaltimento si impiega il livello di prestazione III.

Verifica dell'uniforme distribuzione in pianta delle aperture di smaltimento impiegando il metodo delle aree di influenza
→ Raggio di offset = 30 metri

LIVELLO DI PRESTAZIONE II: aperture di smaltimento

S.8.5.4 Verifica della distribuzione uniforme delle aperture di smaltimento

1. Le *aperture di smaltimento* dovrebbero essere distribuite uniformemente nella porzione superiore di tutti i locali, al fine di facilitare lo smaltimento dei fumi caldi da tutti gli ambiti del compartimento.

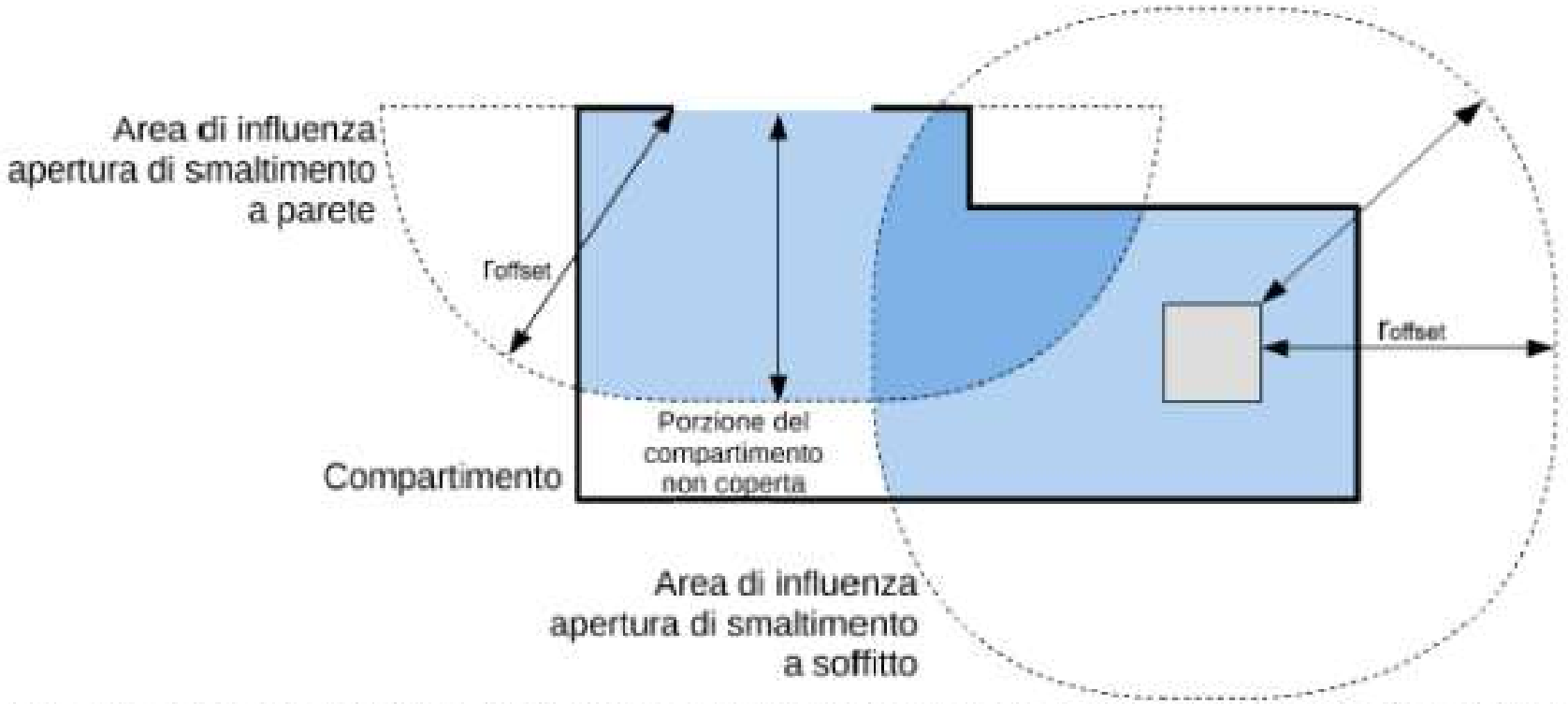
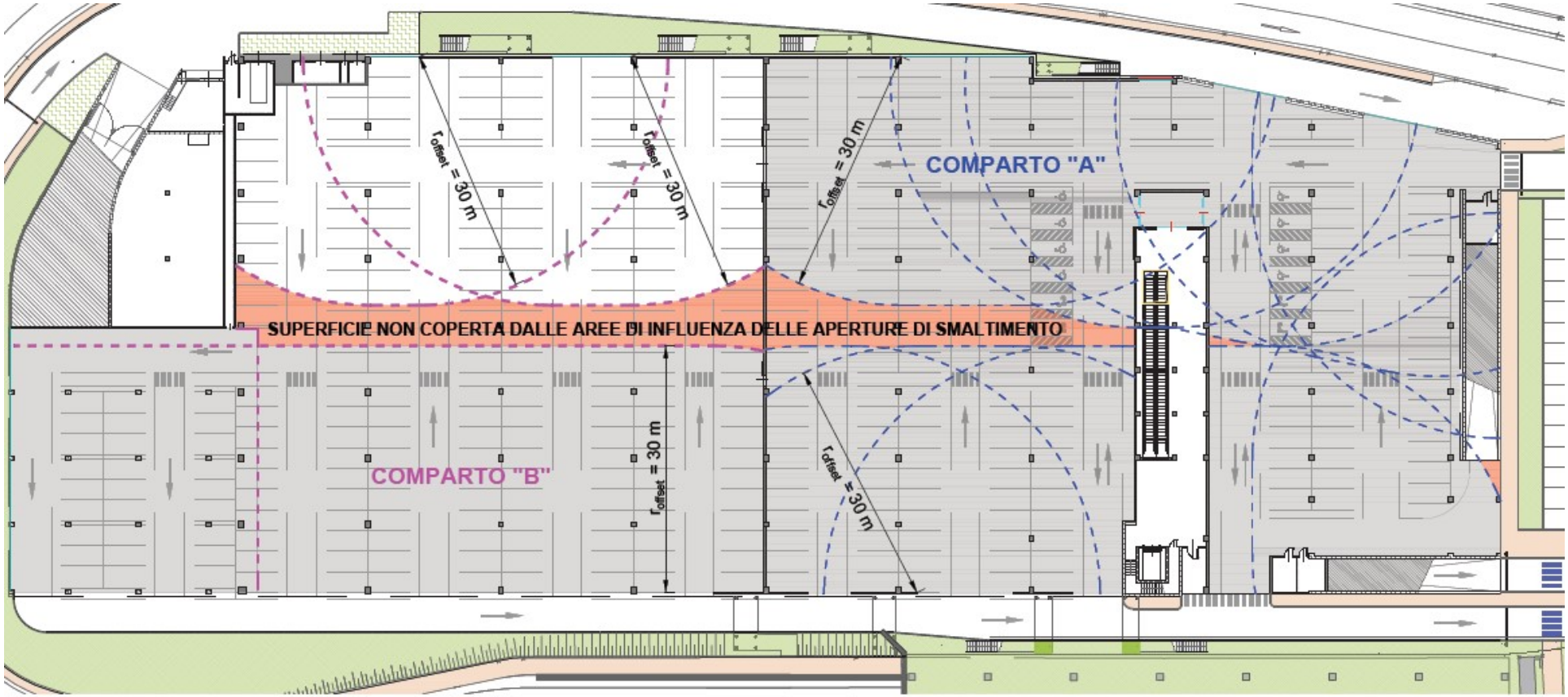


Illustrazione S.8-1: Verifica dell'uniforme distribuzione in pianta delle aperture di smaltimento

VERIFICA DELLA DISTRIBUZIONE UNIFORME DELLE APERTURE DI SMALTIMENTO

Metodo delle aree di influenza → Raggio di offset = 30 metri



VERIFICA DELLA DISTRIBUZIONE UNIFORME DELLE APERTURE DI SMALTIMENTO

Metodo delle aree di influenza → Raggio di offset = 30 metri

Dalla verifica dell'uniforme distribuzione in pianta delle aperture di smaltimento risulta che **in entrambi i compartimenti dell'autorimessa sono presenti delle superfici non coperte dalle aree di influenza delle aperture di smaltimento** (aree evidenziate in rosso).

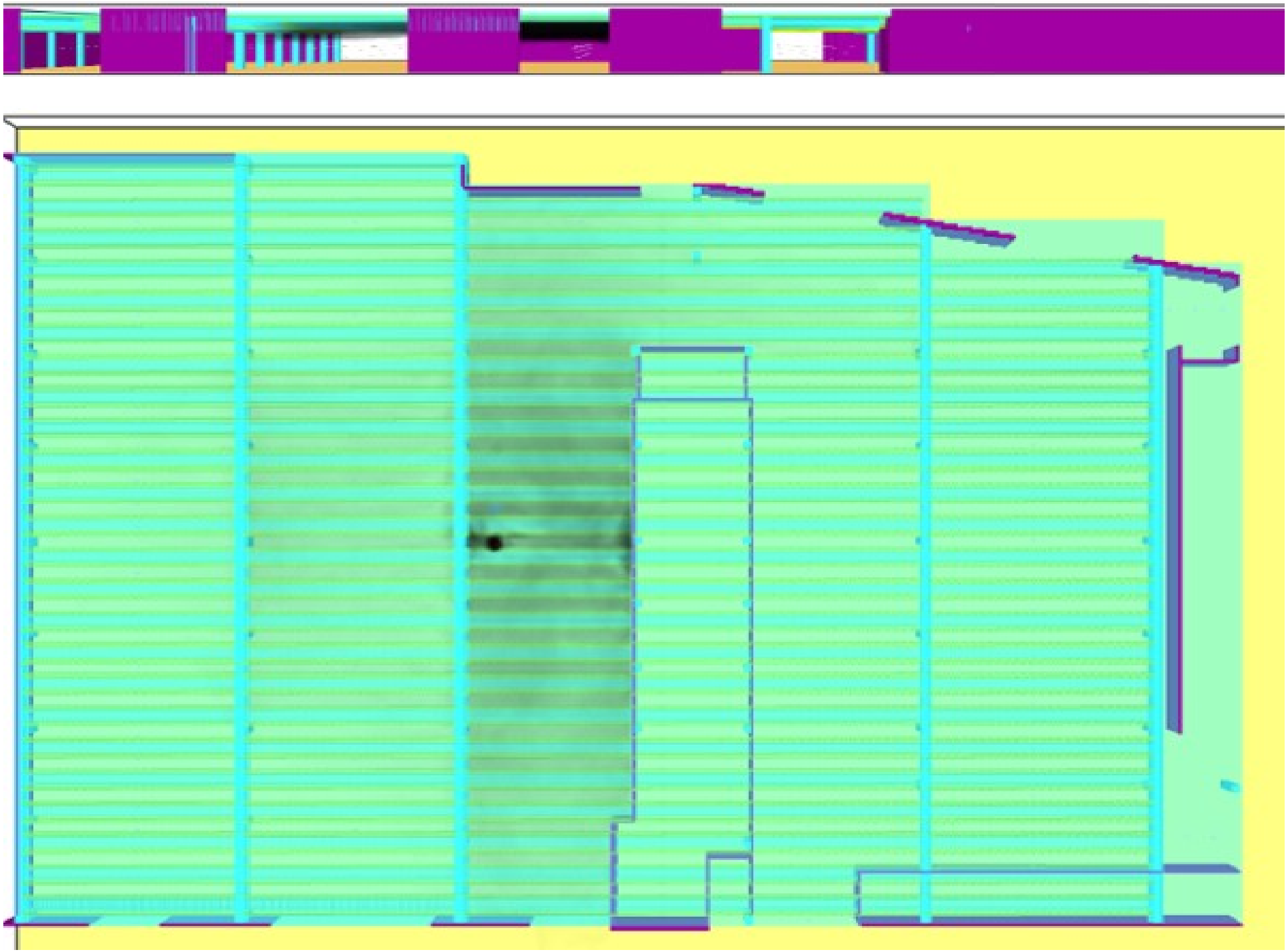
Si ricorre pertanto ad una **soluzione alternativa** per il livello di prestazione II della strategia "S.8 – Controllo di fumi e calore" (D.M. 03/08/2015) e del paragrafo "V.6.5.7 Controllo di fumi e calore" del D.M. 21/02/2017 (Capitolo V.6 – RTV Autorimesse).
Per scelta tecnica non si adotta il livello di prestazione III (installazione di un «sistema di evacuazione di fumo e calore»), che avrebbe comunque risolto la non ottemperanza all'uniforme distribuzione delle aperture di smaltimento di fumo e calore.

S.8.4.4 Soluzione alternativa al livello di prestazione II

Misure compensative

La posizione e la dimensione della **superficie non coperta dalle aree di influenza può essere adeguatamente compensata** dalle condizioni geometriche dell'autorimessa, dalla posizione e dimensione delle aperture di smaltimento e dalle misure compensative di seguito illustrate:

- **altezza dell'autorimessa** (3,90 m all'intradosso del solaio di copertura)
- **disposizione delle travi** di appoggio dei tegoli a doppio T: **serbatoi di fumo naturali orientati in direzione nord-sud, che favoriscono il contenimento ed il deflusso dei fumi verso le aperture di smaltimento ubicate alle estremità di questi "serbatoi di fumo"**
- **si evita la propagazione in senso trasversale e si migliorano le condizioni di esodo e di visibilità in tutte le altre campate del compartimento interessato.**



RISERVATO
AI CLIENTI
rossetto
rossetto

ORARIO APERTURA

Elementi a favore della soluzione alternativa:

- La **fascia di superficie non coperta** dalle aree di influenza delle aperture di smaltimento ha una larghezza media pari a 4,90 m ed è **collocata in posizione baricentrica rispetto a questi serbatoi di fumo** alle cui estremità sono sempre presenti le aperture di smaltimento.

- Le **superfici delle aperture di smaltimento** presenti in entrambi i compartimenti dell'autorimessa **sono ampiamente sovradimensionate** rispetto alla superficie utile minima richiesta (incremento medio del 35 %) con distribuzione uniforme lungo tutto il perimetro dell'autorimessa.

- Entrambi i compartimenti dell'autorimessa sono dotati di impianto di **illuminazione di emergenza**, che favorisce l'orientamento e l'individuazione dei percorsi d'esodo in qualsiasi condizione ambientale e in qualsiasi ora del giorno.

- **Lunghezza massima dei percorsi d'esodo** per gli occupanti dell'autorimessa **non supera i 36 m (<50 m: R_{vita} B2).**

- **Percorsi d'esodo** pressoché esclusivamente **rettilinei** e coincidenti con le corsie di manovra dei veicoli.

Elementi a favore della soluzione alternativa:

- **Da ciascun punto dell'autorimessa** sono facilmente **individuabili almeno due direzioni d'esodo indipendenti**, con uscita diretta su spazio scoperto.

- **Si incrementa** volontariamente **il livello di prestazione di rivelazione ed allarme incendio** dell'autorimessa, dal livello di prestazione II (richiesto) al livello di prestazione IV, con installazione di impianto di rivelazione ed allarme incendi (IRAI) esteso a tutti i locali dell'attività. Tale dotazione permette di gestire in tempi molto rapidi ogni condizione di allarme consentendo la rivelazione precoce e la diffusione immediata della comunicazione di esodo a tutti gli occupanti: riduzione del *«time detection».*

- Ciò sia in caso di incendio generatosi in area vendita che in un comparto dell'autorimessa.

- La **separazione dell'autorimessa in due compartimenti antincendio** (ciascuno con superficie inferiore a 5'000 m^2) consente di gestire e circoscrivere gli effetti dell'incendio al solo compartimento interessato, grazie all'immediata chiusura, comandata dall'IRAI, di tutte le porte ed i portoni tagliafuoco presenti in autorimessa (separazione tra i due compartimenti e comunicazione verso area vendita).

Criterio di ASET > RSET

- **Si vuole quindi dimostrare che, in caso di incendio, l'esodo dall'autorimessa avverrà in sicurezza anche se non è soddisfatto il requisito imposto dalla soluzione conforme: distribuzione uniforme delle aperture di smaltimento.**

- **Allo scopo si dovrà verificare che, per tutti gli scenari critici individuati, il tempo disponibile per l'esodo in caso d'incendio (ASET) risulta sempre maggiore del tempo che sarebbe necessario a qualsiasi occupante dell'autorimessa per raggiungere un luogo sicuro (RSET), anche tenendo conto del margine di sicurezza del 10%. (ASET ≥ 1,10 RSET.)**

Criterio di ASET > RSET

La progettazione ideale di un sistema d'esodo dovrebbe assicurare agli occupanti la possibilità di raggiungere un luogo sicuro in sicurezza.
Il Codice di prevenzione incendi introduce il criterio ASET>RSET.

Il criterio consiste nel calcolo e nel confronto tra due intervalli di tempo:

- **ASET** tempo disponibile per l'esodo (*available safe escape time)*
- **RSET** tempo richiesto per l'esodo (*required safe escape time)*

La differenza tra ASET ed RSET rappresenta il margine di sicurezza per la salvaguardia della vita:

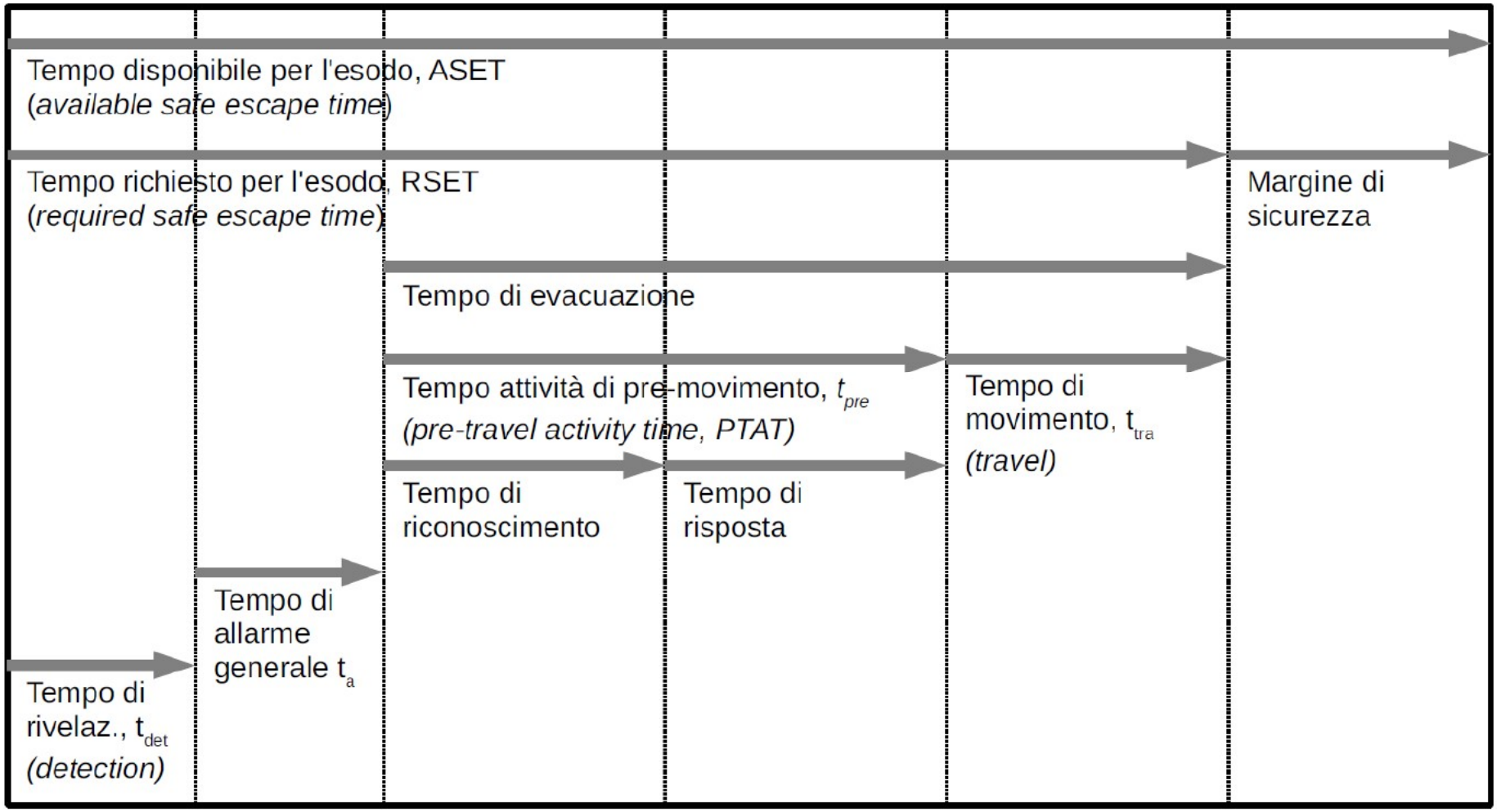
$$t_{marg} = ASET - RSET$$

MARGINE DI SICUREZZA

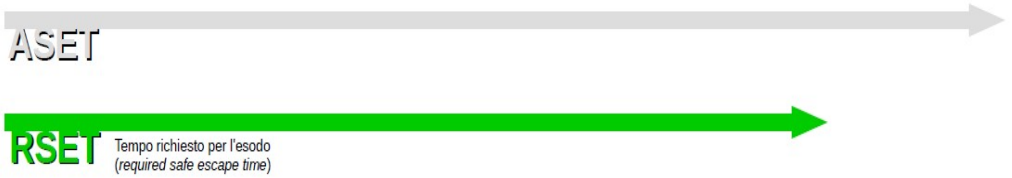
t_{marg} = ASET – RSET

- **Massimizzare** t_{marg}
  per considerare l'incertezza nel calcolo
- In generale: t_{marg} = 100% · RSET
- **Sempre**: $t_{marg} \geq$ 10% · RSET

Criterio di ASET > RSET



Stima del tempo RSET



Per bassa densità di affollamento:

$RSET_1 = t_{det} + t_a + t_{pre(99°percentile)} + t_{tra(pres)}$

Per elevata densità di affollamento:

$RSET_2 = t_{det} + t_a + t_{pre(1°percentile)} + t_{tra(pres)} + t_{tra(coda)}$

dove:

t_{det} : tempo di rivelazione

t_a : tempo di allarme generale

$t_{pre(1°percentile)}$: tempo di pre-movimento per i *primi occupanti a muoversi, secondo la distribuzione statistica di* t_{pre}

$t_{pre(99°percentile)}$: tempo di pre-movimento per gli *ultimi occupanti a muoversi, secondo la distribuzione statistica di* t_{pre}

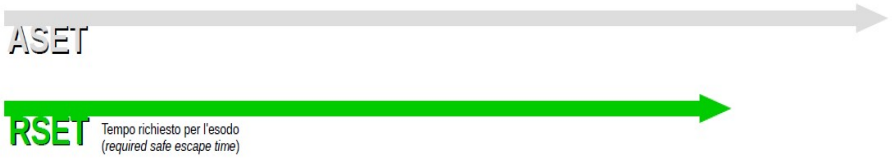
$t_{tra(pres)}$: tempo necessario all'occupante più lontano per presentarsi all'uscita verso luogo sicuro temporaneo

$t_{tra(coda)}$: tempo di attesa in coda all'uscita verso *luogo sicuro temporaneo per l'ultimo occupante a muoversi, secondo la distribuzione statistica del tempo di pre-movimento* t_{pre}

Stima del tempo RSET

Per il **comparto A si ricava:**

$t_{det + ta}$: 85 secondi
$t_{pre(1°percentile)}$: 60 secondi
$t_{pre(99°percentile)}$: 240 secondi
$t_{tra(pres)}$: 72 secondi
$t_{tra(coda)}$: 174 secondi



RSET1 = 85 + 240 + 72 = 397 secondi (per bassa densità di affollamento)
RSET2 = 85 + 60 + 72 + 174 = 391 secondi (per elevata densità di affollamento)

Per il **comparto B si ricava:**

$t_{det + ta}$: 85 secondi
$t_{pre(1°percentile)}$: 60 secondi
$t_{pre(99°percentile)}$: 240 secondi
$t_{tra(pres)}$: 72 secondi
$t_{tra(coda)}$: 223 secondi

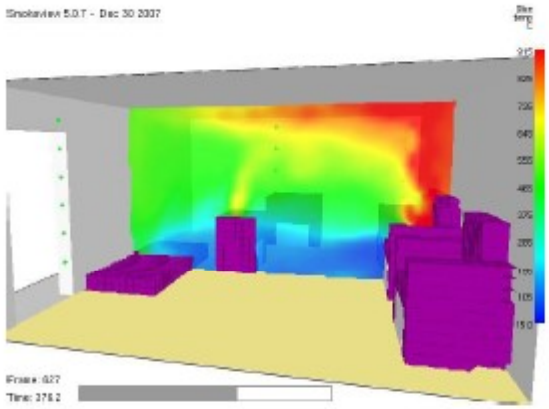
RSET1 = 85 + 240 + 72 = 397 secondi (per bassa densità di affollamento)
RSET2 = 85 + 60 + 72 + 223 = 440 secondi (per elevata densità di affollamento)

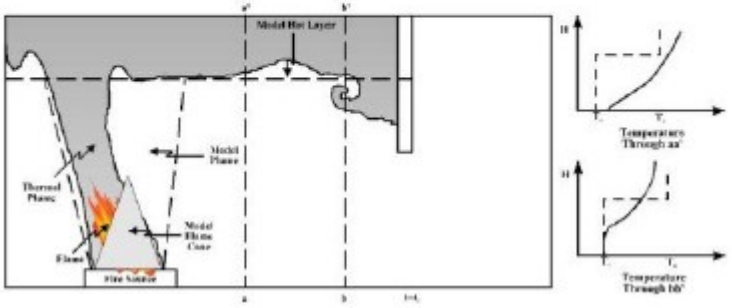
Calcolo di ASET

ASET Tempo disponibile per l'esodo
(*available safe escape time*)

RSET

- **Metodo avanzato (→ CFD)**
  secondo ISO 13571:2007
  - modello dei gas tossici,
  - modello dei gas irritanti,
  - modello del calore,
  - modello della visibilità
- **Metodo semplificato (→ zone)**
  secondo ISO/TR 16738:2009
  - altezza fumi > 2,00 m
  - temperatura fumi < 200 °C





Calcolo di ASET

ASET (*available safe escape time*): intervallo di tempo calcolato tra l'innesco dell'incendio ed il momento in cui le condizioni ambientali consentono agli occupanti di raggiungere o permanere in un luogo sicuro.

Tempo di innesco: si ipotizza convenzionalmente che l'innesco coincida con l'istante in cui gli occupanti o i dispositivi di rivelazione avvertono la presenza di uno o più effetti prodotti dalla combustione.

La valutazione del tempo disponibile per l'esodo ASET viene eseguita utilizzando il metodo di calcolo avanzato per ASET, secondo il capitolo M.3.3.1 del D.M.03/08/2015.

Calcolo di ASET

La valutazione del tempo disponibile per l'esodo ASET viene eseguita utilizzando il **metodo di calcolo avanzato per ASET**, secondo il capitolo M.3.3.1 del D.M.03/08/2015.
Per il calcolo di ASET con il metodo avanzato si prende a riferimento la norma ISO 13571, secondo la quale il valore di ASET globale è definito come il più piccolo tra gli ASET calcolati secondo quattro modelli:

SOGLIE PER ASET

a) Modello dei *gas tossici* → **•FED < 0,1 *(fractional effective dose)***
(valutata ad altezza 1,80 m dal piano di calpestio)

b) Modello dei *gas irritanti* → **• FEC < 0,1 *(fractional effective concentration)***
(valutata ad altezza 1,80 m dal piano di calpestio)

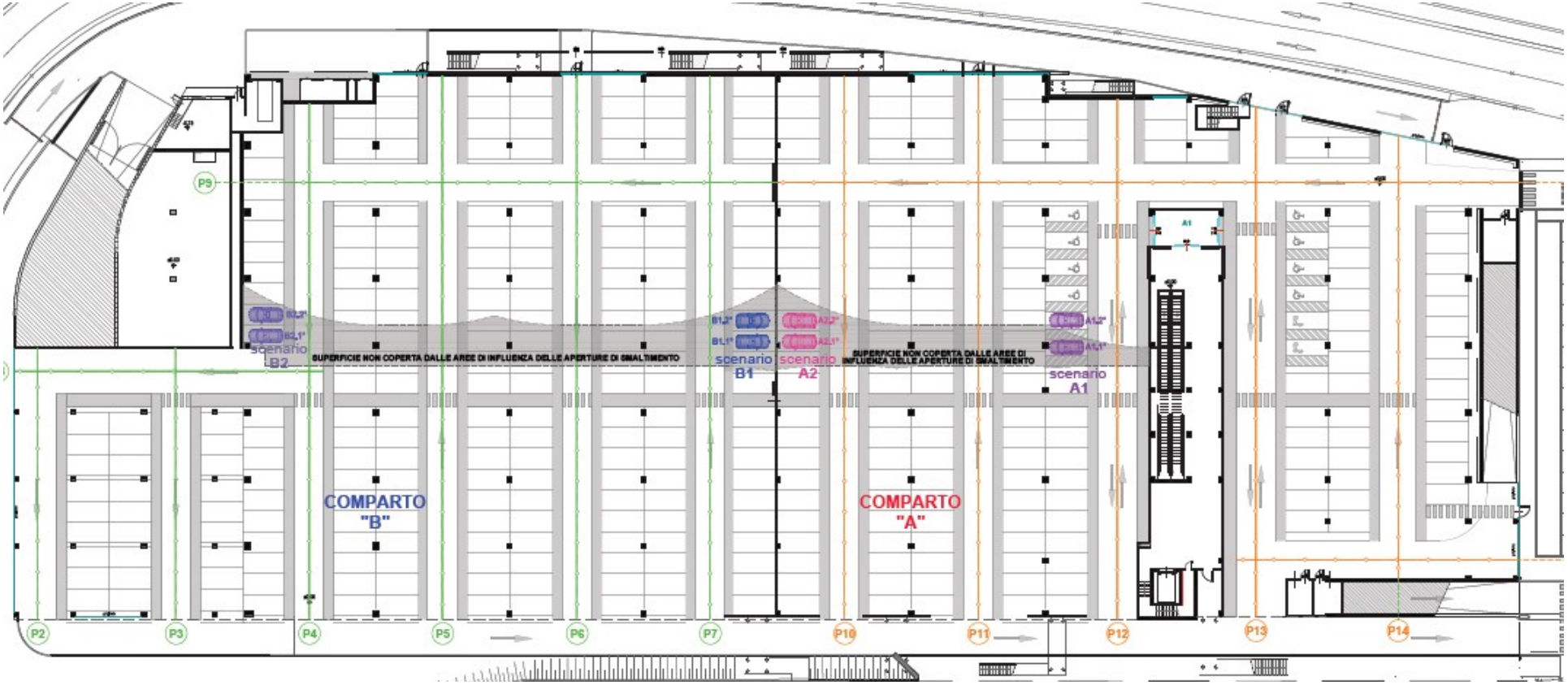
c) Modello del *calore* →
•irraggiamento sugli occupanti ≤ 2,5 kW/m²
(valutato ad altezza 1,00 m dal piano di calpestio)
•temperatura ambiente sugli occupanti ≤ 60°C
(valutata ad altezza 1,50 m dal piano di calpestio)

d) Modello dell'oscuramento della *visibilità da fumo* → **•visibilità > 10 m**
(valutata ad altezza 1,80 m dal piano di calpestio)

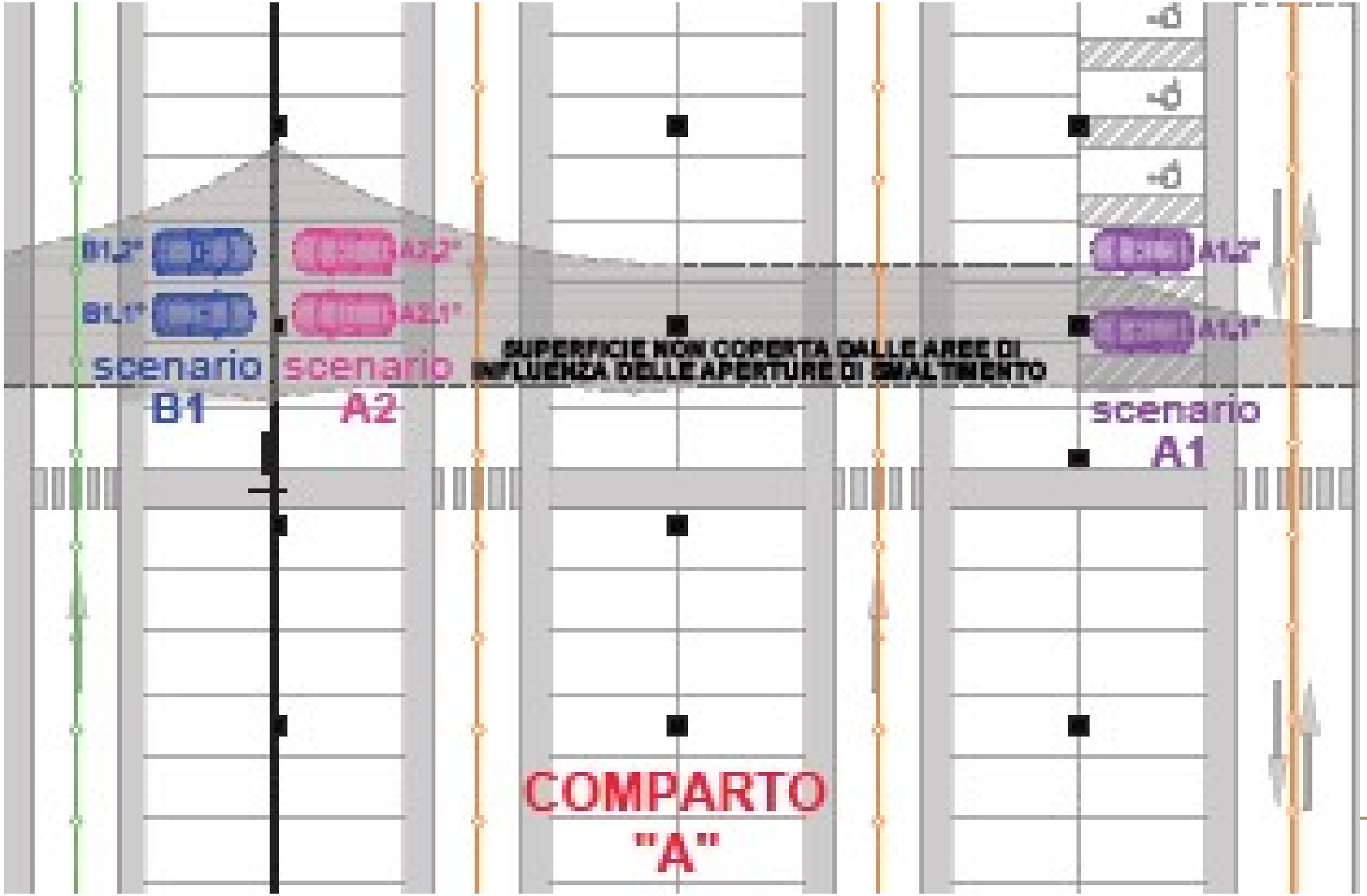
Calcolo di ASET

Modello	Prestazione	Soglia di prestazione
Oscuramento della visibilità da fumo	Visibilità minima di pannelli riflettenti, non retroilluminati, valutata ad altezza 1,80 m dal piano di calpestio	Occupanti: 10 m Occupanti in locali di superficie lorda < 100m^2: 5 m
		Soccorritori: 5 m Soccorritori n locali di superficie lorda < 100m^2: 2,5 m
Gas tossici e gas irritanti	FED, *fractional effective dose* e FEC, *fractional effective concentration* per esposizione a gas tossici e gas irritanti, valutata ad altezza 1,80 m dal piano di calpestio	Occupanti: 0,1
		Soccorritori: nessuna valutazione
Calore	Temperatura massima di esposizione	Occupanti: 60°C
		Soccorritori: 80°C
Calore	Irraggiamento termico massimo da tutte le sorgenti (incendio, effluenti dell'incendio, struttura) di esposizione degli occupanti	Occupanti: 2,5 kW/m^2
		Soccorritori: 3 kW/m^2

Definizione degli scenari d'incendio



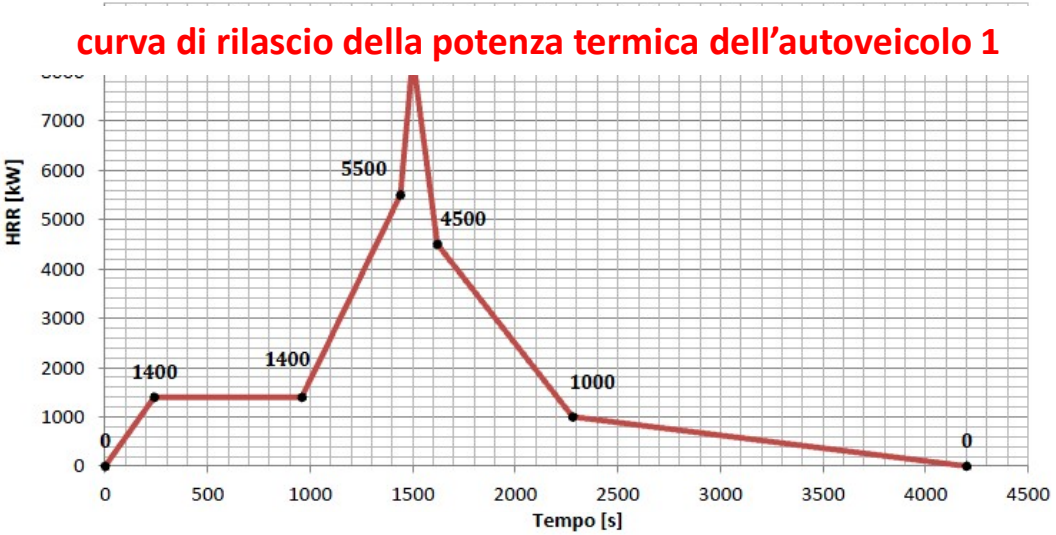
Definizione degli scenari d'incendio



Costruzione della curva HRR(t)

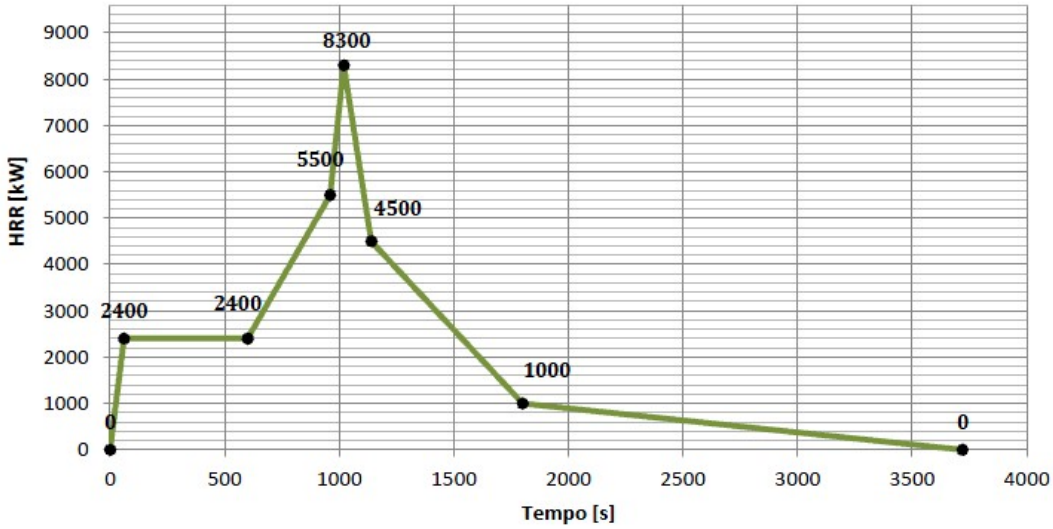
Con riferimento al capitolo V.6.7.1 delle RTV Autorimesse del D.M. 03/08/2015 si è adottato un focolaio tipo *costituito dall'incendio generato da un primo autoveicolo, che si propaga successivamente ad un secondo autoveicolo parcheggiato a fianco del primo.*

curva di rilascio della potenza termica dell'autoveicolo 1



L'RTV autorimesse prevede che il tempo di ritardo tra l'innesco del primo veicolo e l'innesco del secondo veicolo adiacente sia pari a 12 minuti; a vantaggio di sicurezza si è analizzato invece uno scenario molto più severo, accorciando suddetto tempo di ritardo a 4 minuti.

curva di rilascio della potenza termica dell'autoveicolo 2



Costruzione della curva HRR(t)

Curva HRR(t) par autoveicolo 1: istante di innesco = 0 secondi

Secondo Tabella V.6-5: Curva RHR(t) per autoveicolo (primo innesco, RHR_{max} = 8300 kW)

Curva HRR per autoveicolo (primo innesco)								
tempo dopo l'innesco [s]	0	240	960	1440	**1500**	1620	2280	4200
HRR(t) [kW]	0	1400	1400	5500	**8300**	4500	1000	0
HRR(t) / HRRmax	0,00	0,17	0,17	0,66	**1,00**	0,54	0,12	0,00

Tabella 1: curva di rilascio della potenza termica dell'autoveicolo 1

Curva HRR(t) par autoveicolo 2: istante di innesco = 240 secondi (4 minuti)

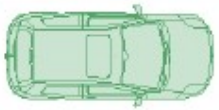
Secondo Tabella V.6-6: Curva RHR(t) per autoveicolo (propagazione al successivo veicolo, RHR_{max} = 8300 kW)

Curva HRR per autoveicolo (propagazione al successivo)								
tempo dopo l'innesco [s]	0	60	600	960	**1020**	1140	1800	3720
HRR(t) [kW]	0	2400	2400	5500	**8300**	4500	1000	0
HRR(t) / HRRmax	0,00	0,29	0,29	0,66	**1,00**	0,54	0,12	0,00

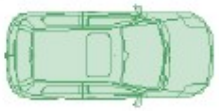
Tabella 2: curva di rilascio della potenza termica dell'autoveicolo 2

Costruzione della curva HRR(t)

propagazione dopo t=240 secondi 2°

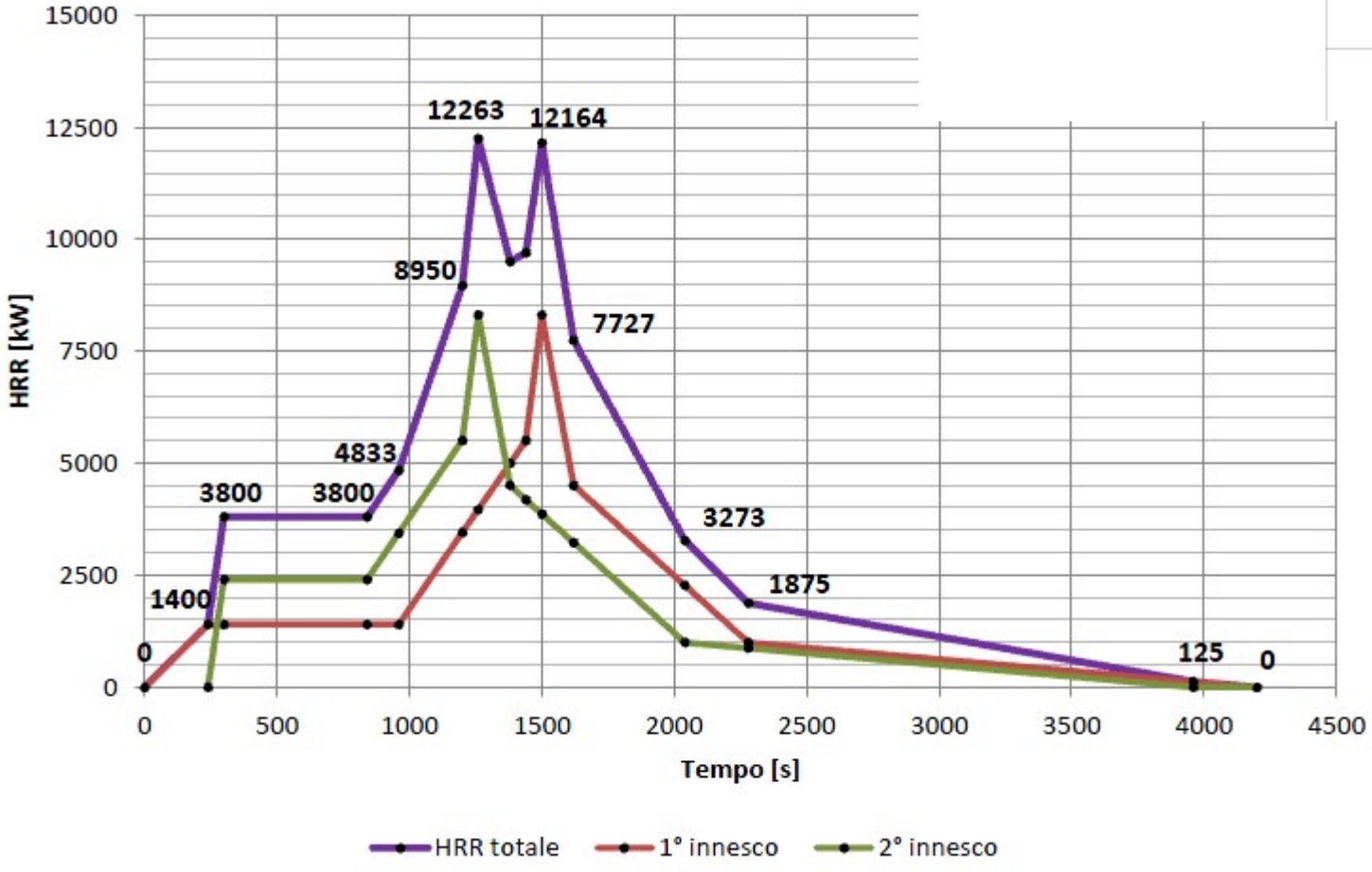


innesco dell'incendio 1°



Curva inviluppo

Curva HRR(t) TOTALE



Per ciascuno scenario vengono ricavate le visualizzazioni grafiche (da fermi immagine del visualizzatore *Smokeview di FDS) e le rispettive scale dei valori dei parametri:*

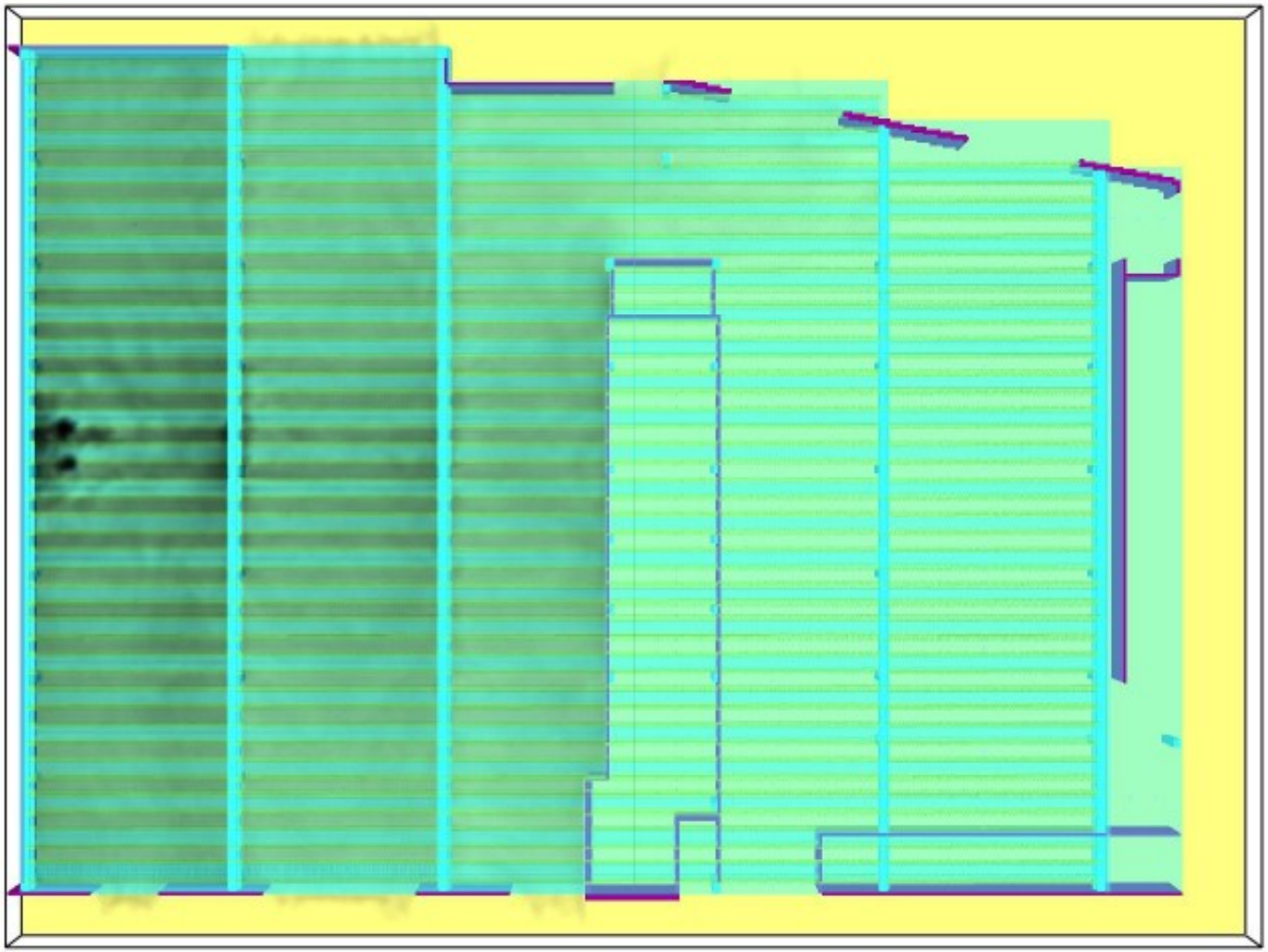
- Propagazione dei fumi
- Temperatura
- Visibilità
- Irraggiamento
- FED e FEC

Ogni parametro significativo di inabilità in fase d'esodo è stato rilevato con sonde posizionate all'altezza da terra prescritta nei metodi di cui al capitolo M.3.3 del D.M.03/08/2015:

Parametro	Altezza [m]	Valore soglia
Temperatura	1,50	60 °C
Visibilità	1,80	10 m
Irraggiamento	1,00	2,5 kW
FED e FEC	1,80	0,10 mol/mol

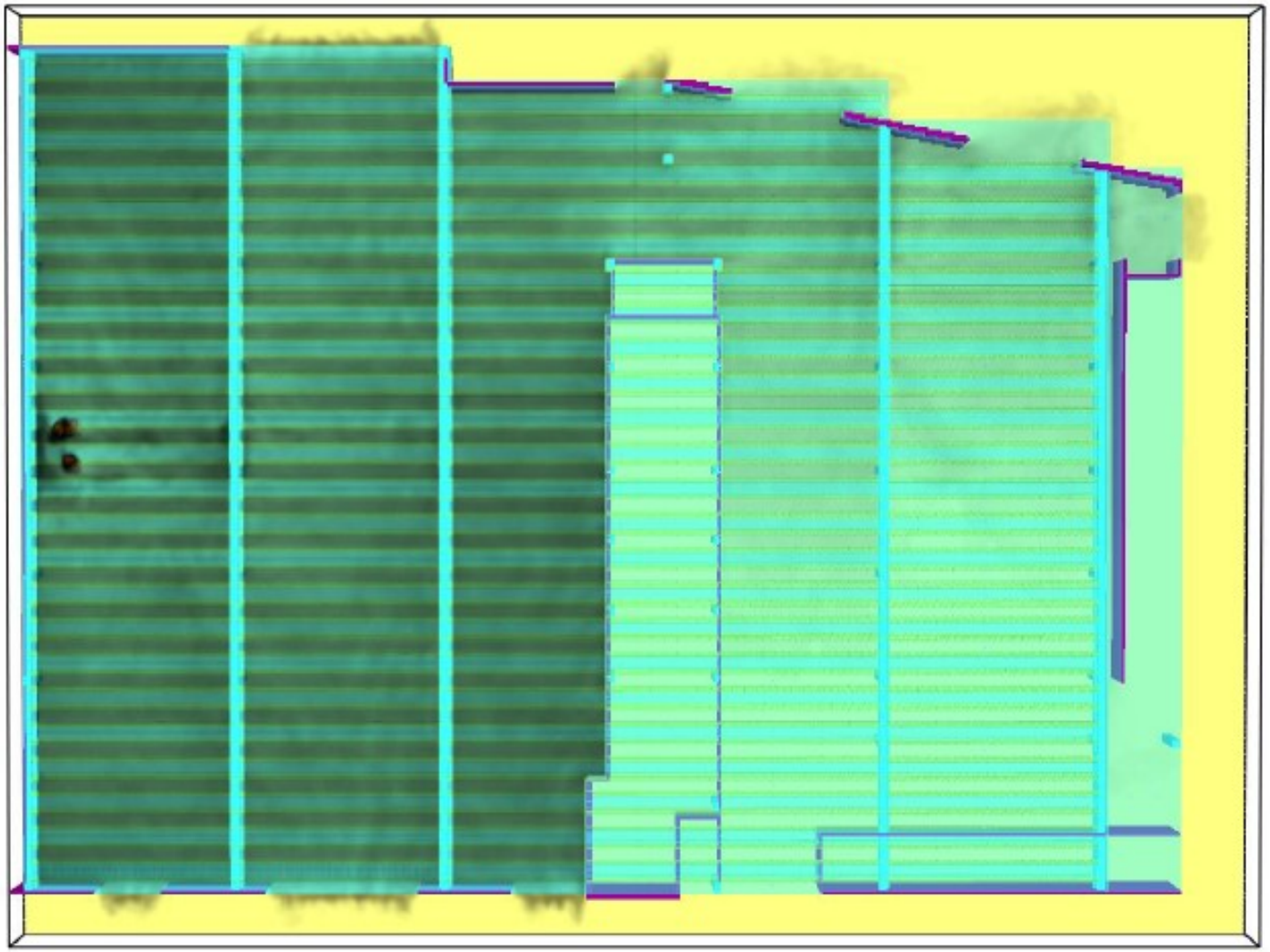
Le visualizzazioni grafiche sono realizzate collocando, per ciascun parametro, un piano di scansione orizzontale in corrispondenza della rispettiva altezza critica; la scala cromatica fornisce l'evidenza della misura del parametro al di sotto del valore di soglia.

Calcolo di ASET



Propagazione dei fumi

T = 300 secondi



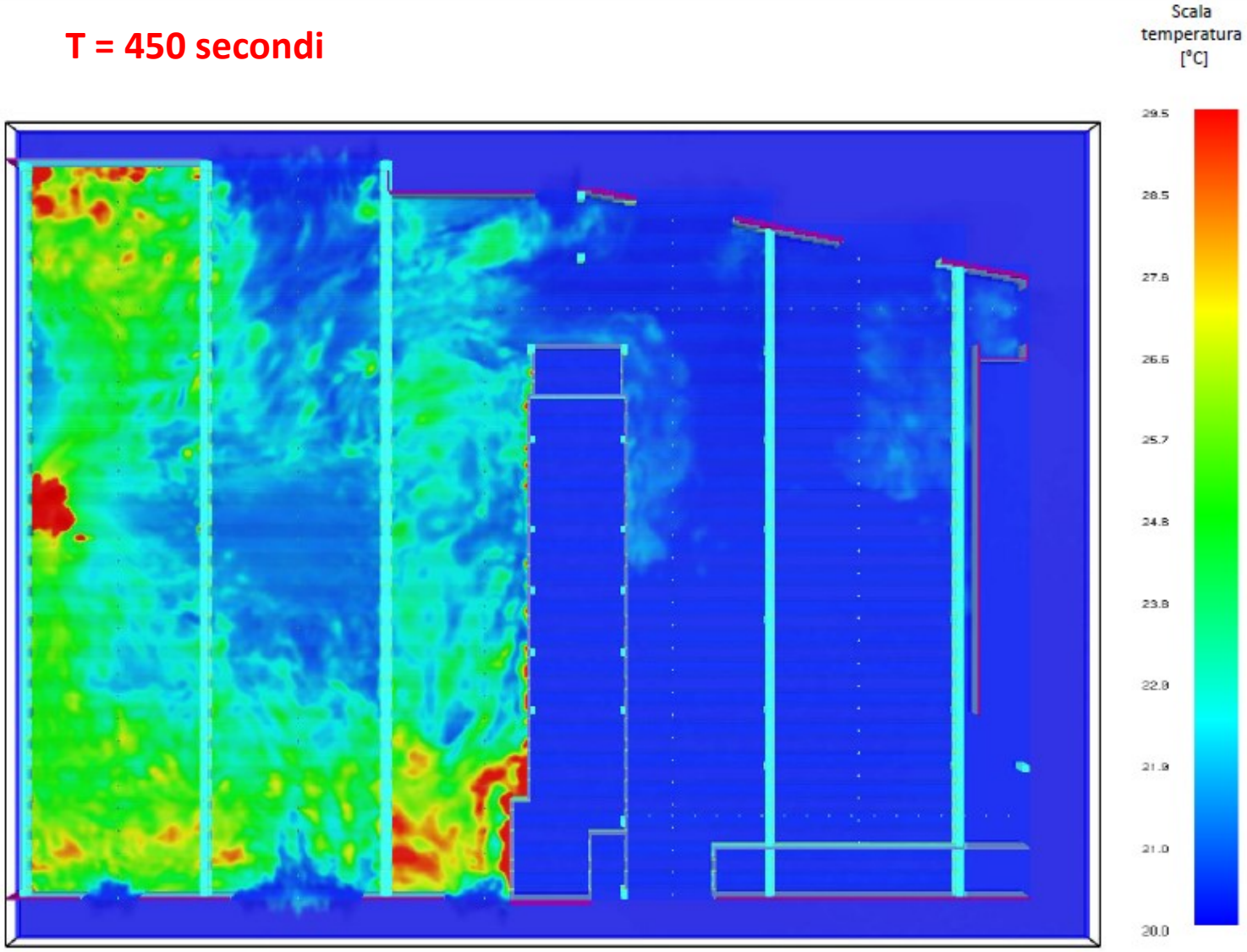
Propagazione dei fumi

T = 500 secondi

Calcolo di ASET

Temperatura (z = 1,50 m – valore soglia = 60°C)

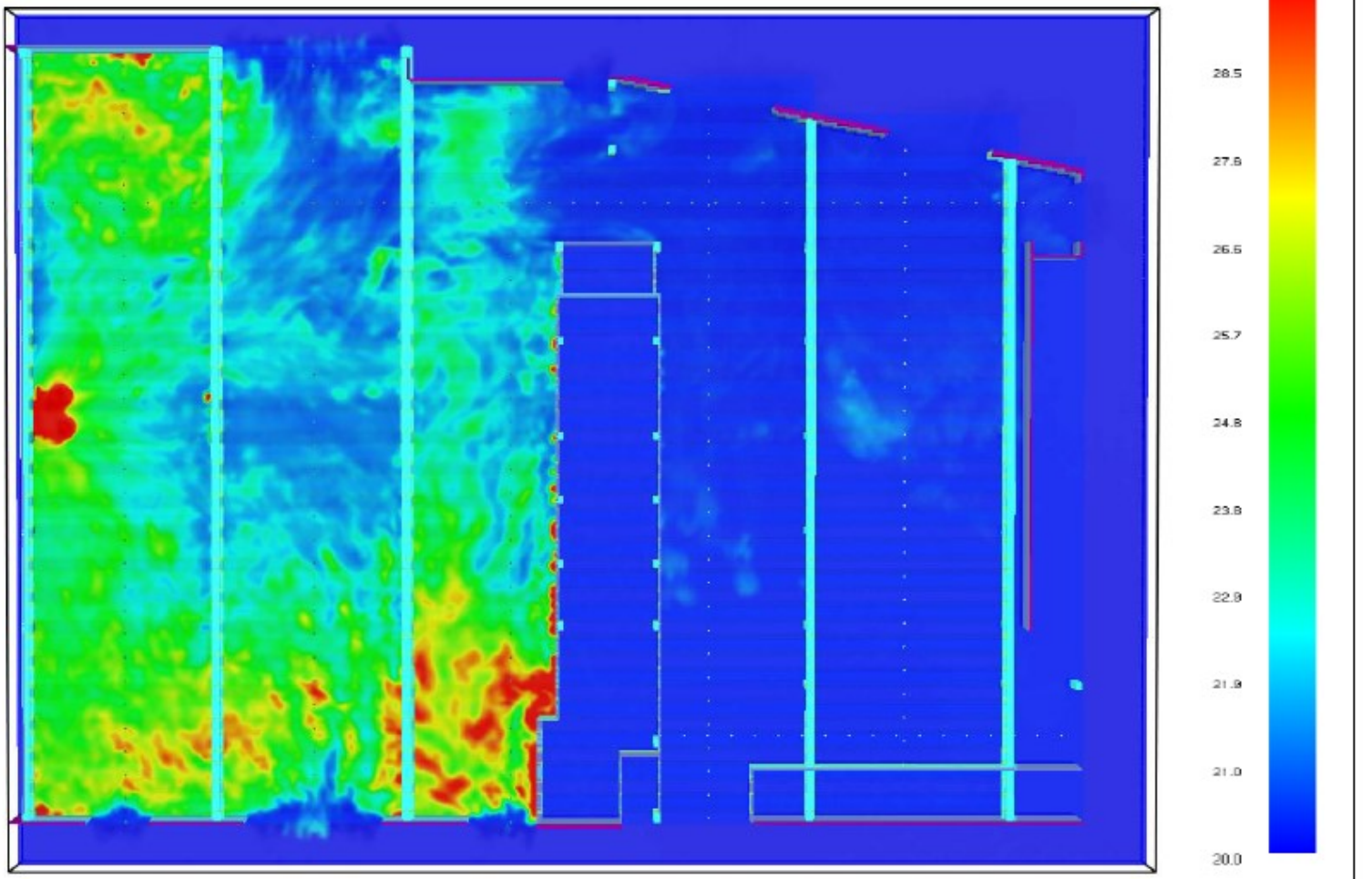
T = 450 secondi



Calcolo di ASET

Temperatura (z = 1,50 m – valore soglia = 60°C)

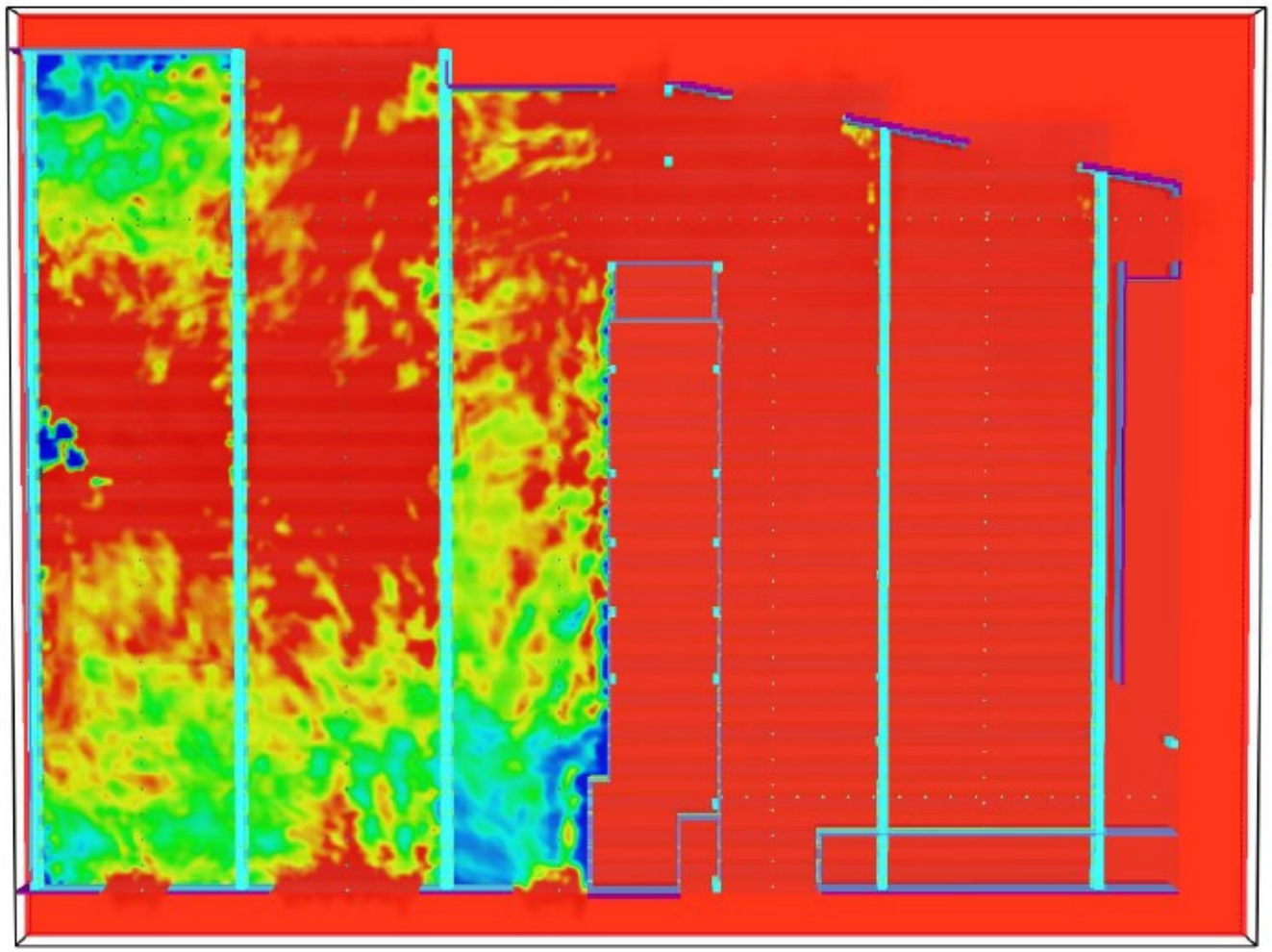
T = 500 secondi



Calcolo di ASET

Visibilità (z = 1,80 m – valore soglia = 10 m)

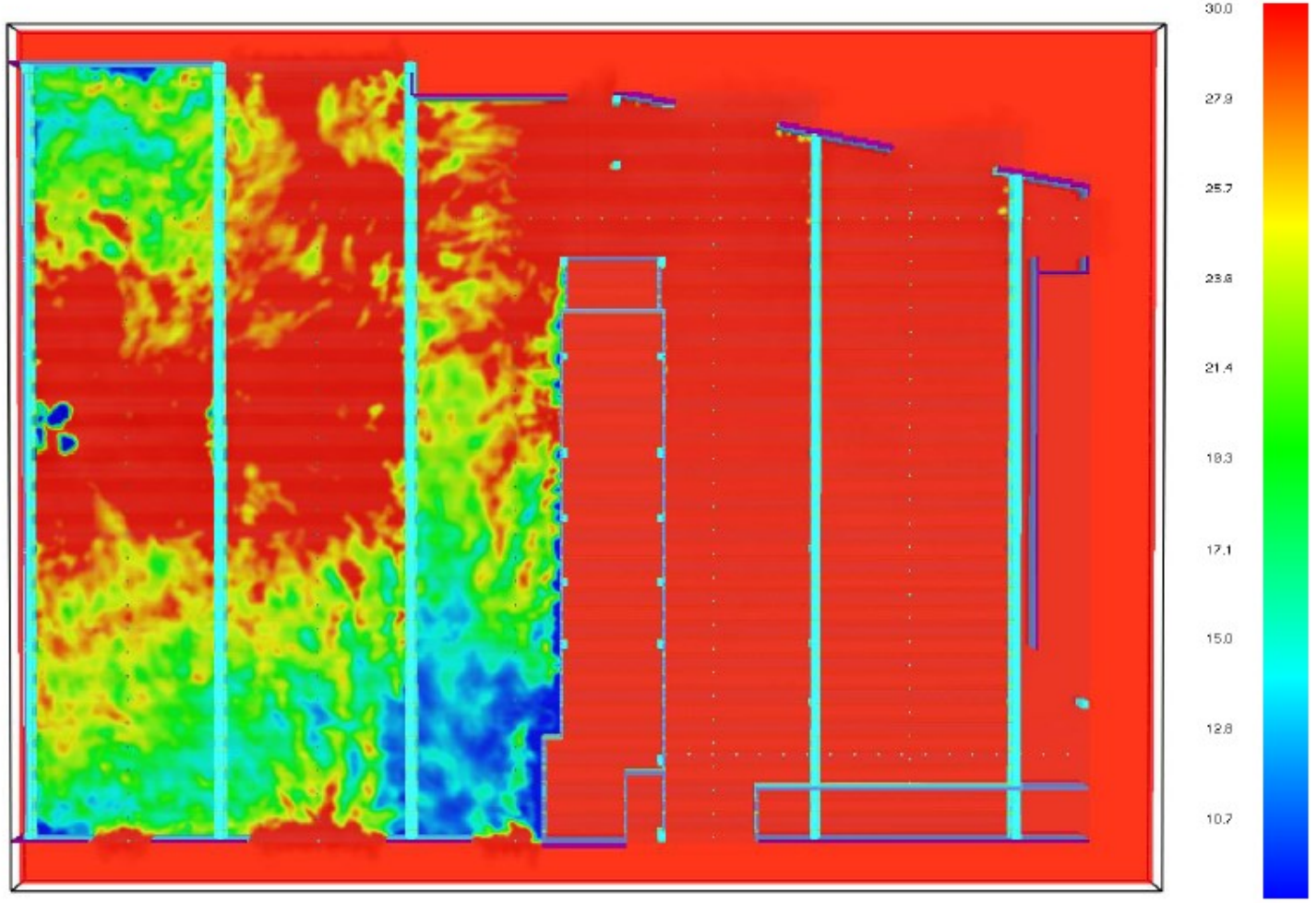
T = 450 secondi



Calcolo di ASET

Visibilità (z = 1,80 m – valore soglia = 10 m)

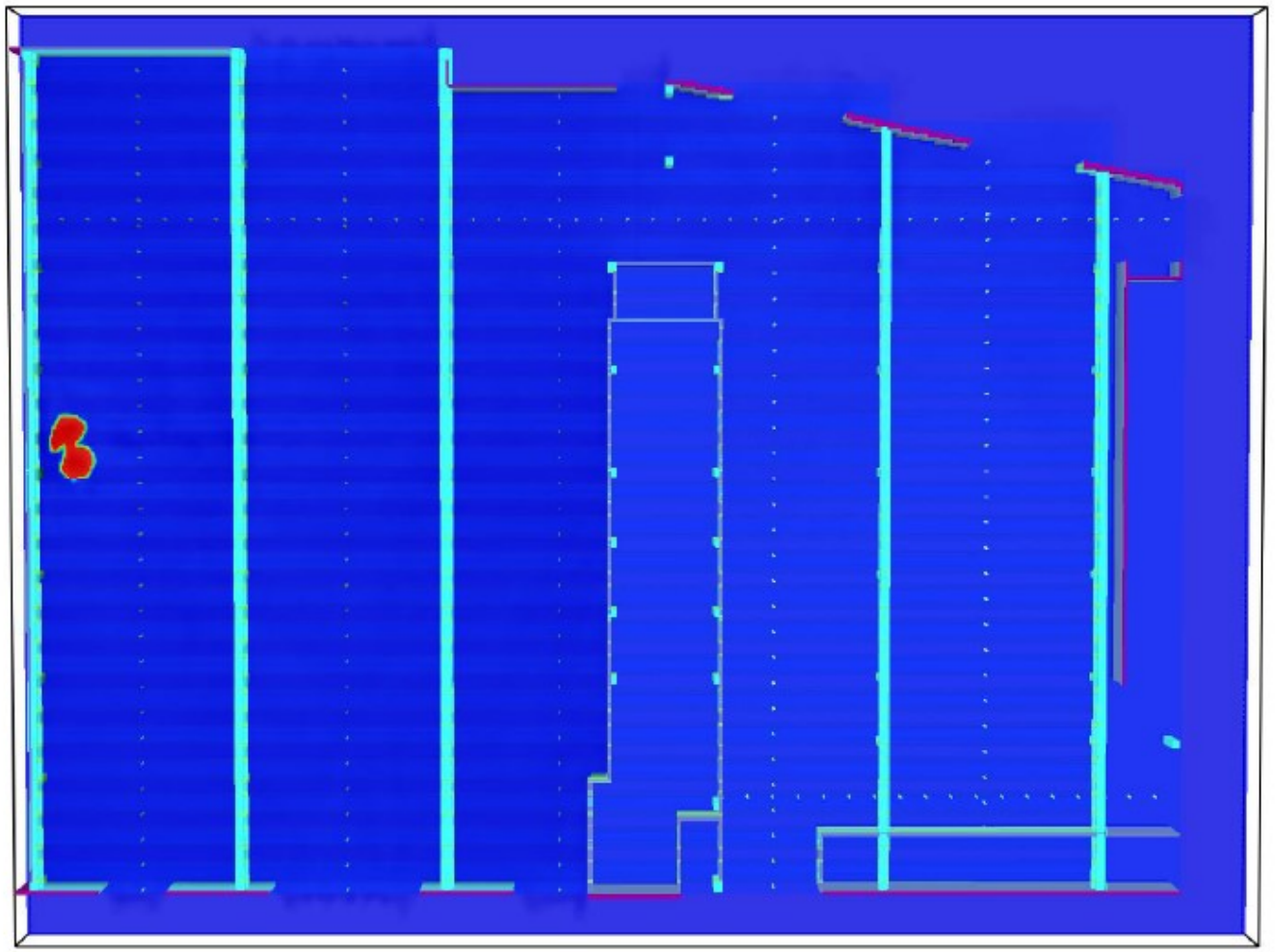
T = 500 secondi



Calcolo di ASET

Irraggiamento (z = 1,00 m – valore soglia = 2,5 kW/m²)

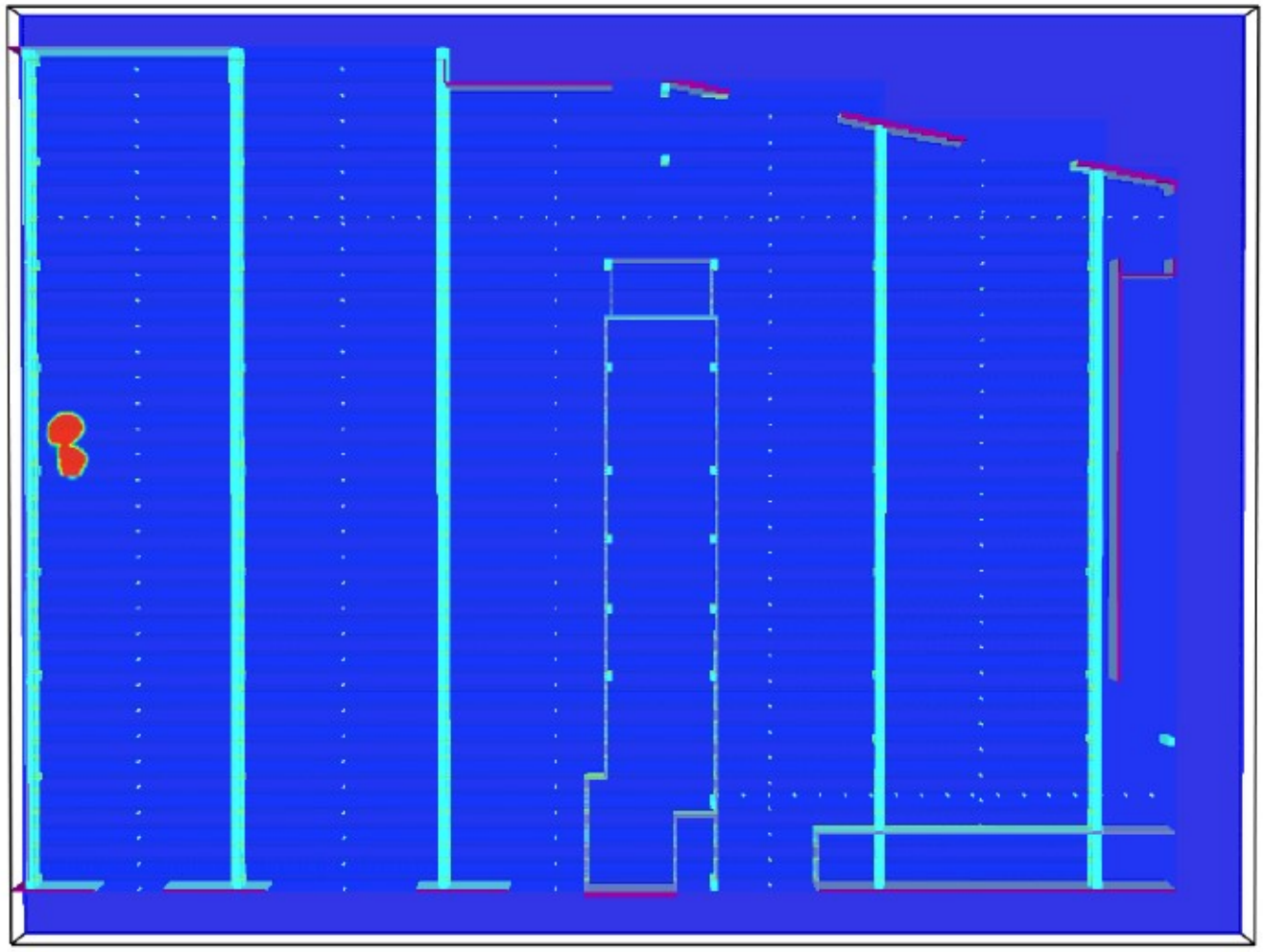
T = 450 secondi



Calcolo di ASET

Irraggiamento (z = 1,00 m – valore soglia = 2,5 kW/m²)

T = 500 secondi



CONCLUSIONI

Dai risultati delle analisi condotte per i 4 scenari d'incendio analizzati, si verifica che **tutti i parametri restano al di sotto della rispettiva soglia critica per tutta la durata dell'indagine** (tempo di esodo da tutti i punti dell'autorimessa = RSET).

Si dimostra pertanto che, per tutti gli scenari critici individuati, **il tempo disponibile per l'esodo in caso d'incendio (ASET) risulta sempre maggiore del tempo che sarebbe necessario a qualsiasi occupante dell'autorimessa per raggiungere un luogo sicuro (RSET)** in caso d'incendio, anche tenendo conto del margine di sicurezza del 10%.

In tutti gli scenari ipotizzati, su tutta la superficie dell'autorimessa, le condizioni restano favorevoli all'esodo per ASET ≥ 1,10 RSET.

formula di calcolo R_{offset}

Controllo di fumi e calore

R.T.V. 2020

news

Nel caso di autorimesse con **aperture esclusivamente di tipo SEa ed aventi altezza media h_m dei locali non inferiore a 3.5 m**, R_{offset} può essere calcolato con la formula:

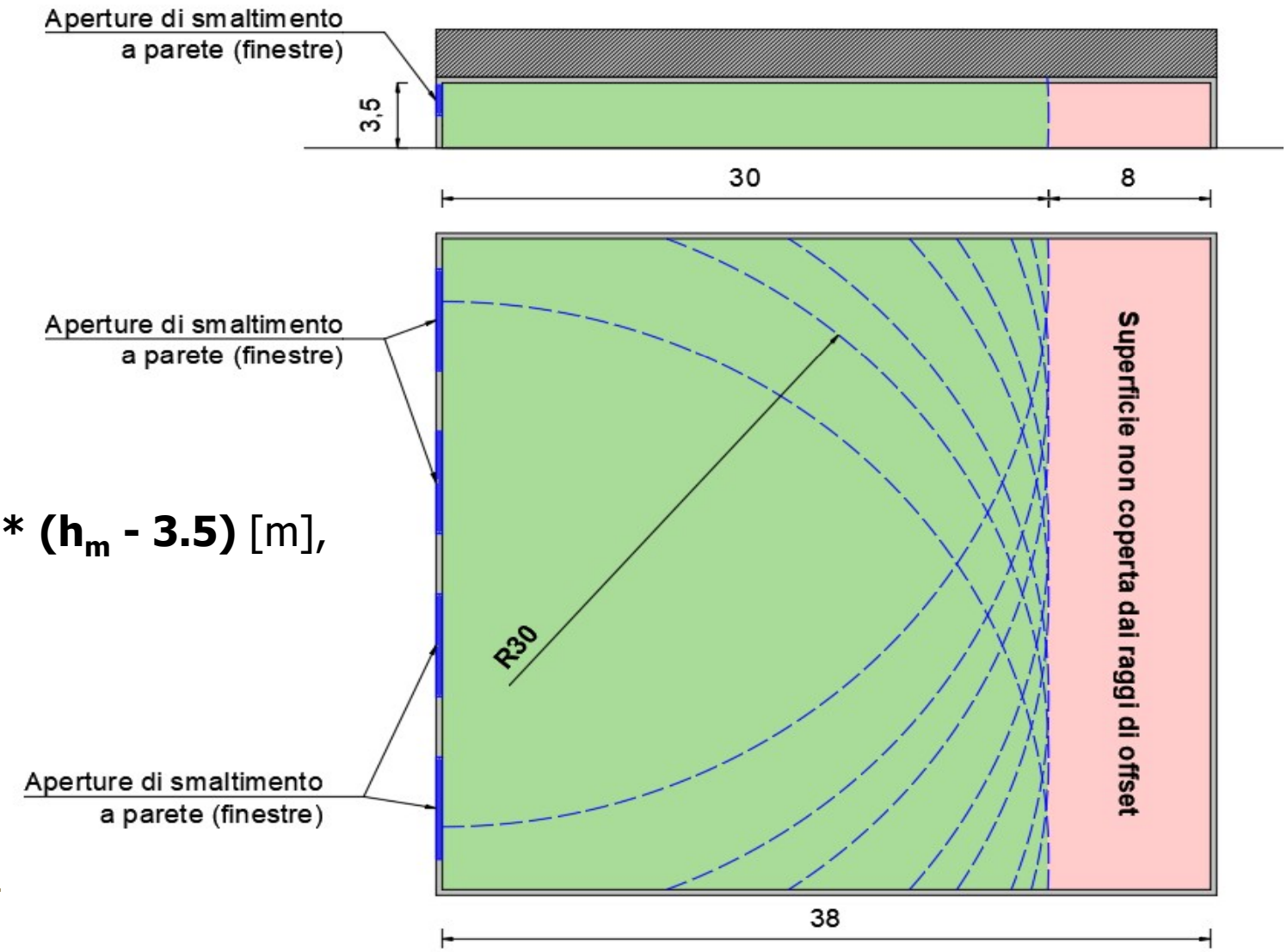
$$R_{offset} = 30 + 10 * (h_m - 3.5)\ [m], \quad \text{con } h_m \leq 5\ m.$$

Simulazioni fluidodinamiche con FDS hanno confermato l'attendibilità della formula

Nelle autorimesse fuori terra dotate di aperture di smaltimento permanenti perimetrali (di tipo SEa) **il raggio di offset**, che determina l'uniforme distribuzione in pianta delle aperture di smaltimento, **può essere incrementato** (oltre il valore iniziale di 30 metri), **in funzione dell'altezza media del autorimessa.**

formula di calcolo
R_{offset}

Controllo di fumi e calore

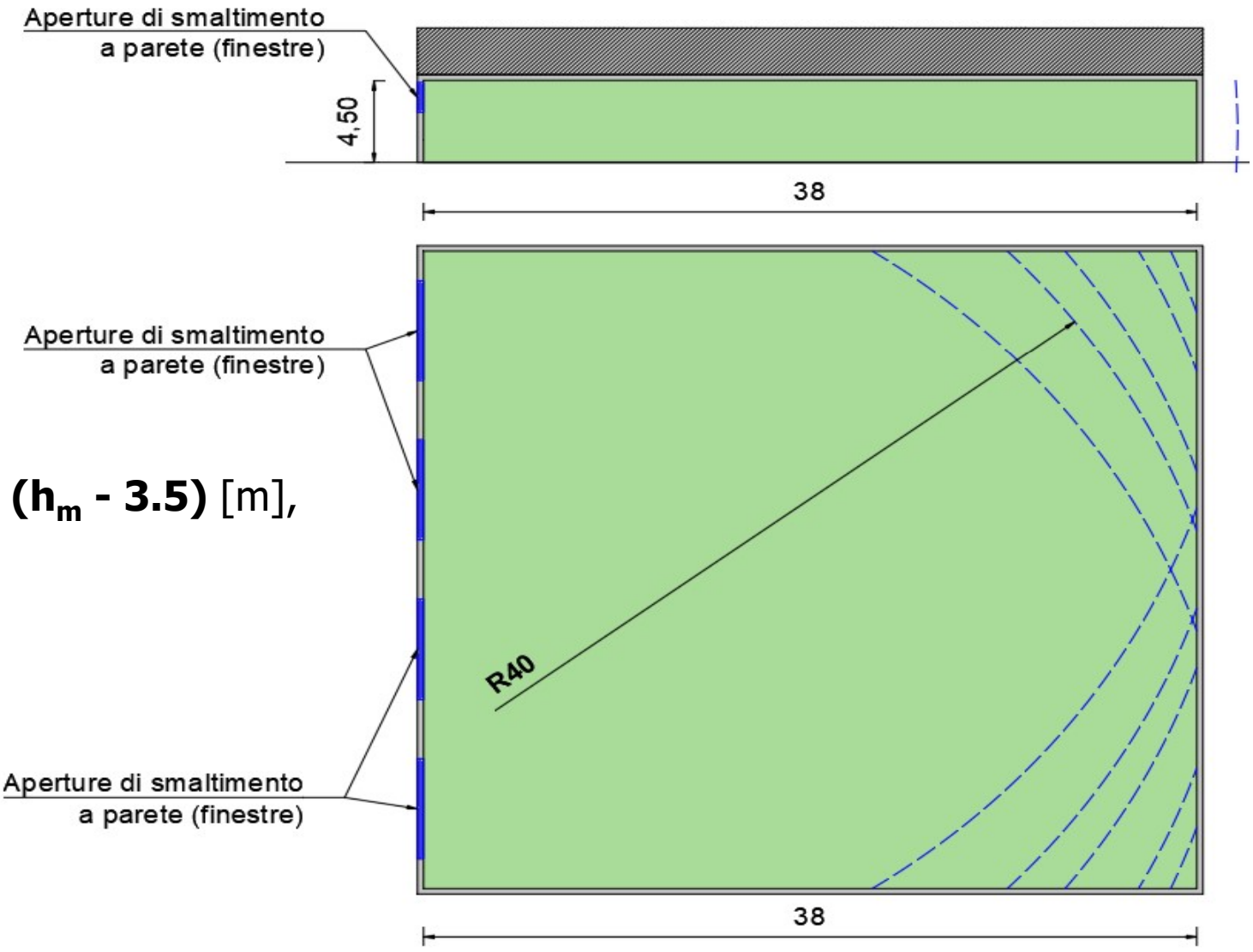


$R_{offset} = 30 + 10 * (h_m - 3.5)$ [m],
con $h_m \leq 5$ m.

H = 3,5 m
R_{offset} = 30 m

formula di calcolo
R_{offset}

Controllo di fumi e calore



R_{offset} = 30 + 10 * (h_m - 3.5) [m],
con $h_m \leq 5$ m.

H = 4,5 m
R_{offset} = 40 m

formula di calcolo R_{offset}

Controllo di fumi e calore

$$R_{offset} = 30 + 10 \cdot (h_m - 3.5)$$

- ***aperture esclusivamente di tipo SEa***
- ***altezza media h_m dei locali compresa tra 3,5 e 5,0 m***

E' stato verificato che **il raggio di offset** che determina l'uniforme distribuzione in pianta delle aperture di smaltimento **può essere incrementato (oltre il valore iniziale di 30 metri), in funzione dell'altezza media del autorimessa**.

Buon lavoro!!

difelice@ordine.ingegneri.vi.it