

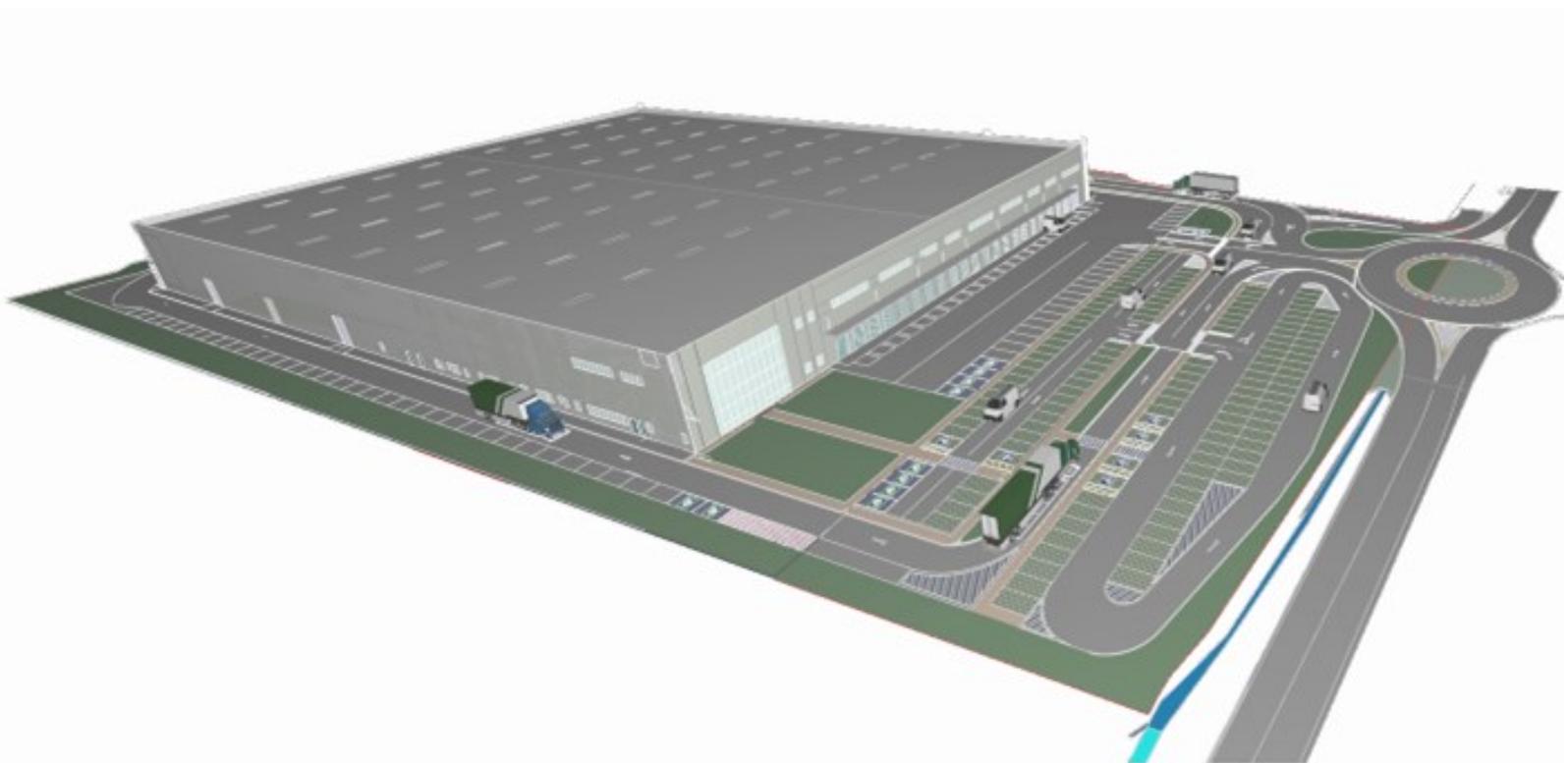


CEF – La Cooperativa dei Farmacisti  
**NUOVO POLO LOGISTICO/FARMACEUTICO**

PONCARALE (BS)

PROGETTAZIONE ANTINCENDIO PRESTAZIONALE

SEZ. M | D.M. 03/08/2015 ss.mm.ii.



PRIMA FASE | ANALISI PRELIMINARE

## SOMMARIO TECNICO

| MARZO 2024 | FSE10623\_SOMTEC\_FARMACEUTICA\_PONCARALE\_VER0M |

**FSE Italia s.r.l.**

Sede legale: 20145 Milano (MI) [Italy](#) – Via Ippolito Nievo, 8

Sede operativa: 20097 San Donato Milanese (MI) [Italy](#) – Via J.F.Kennedy, 24

T. +39 0371 421821 – [amministrazione@fseitalia.com](mailto:amministrazione@fseitalia.com) – [fseitaliasrl@legalmail.it](mailto:fseitaliasrl@legalmail.it)

C.F. e P.IVA: 11045740963 – Capitale sociale: € 40.000,00 [i.v.](#)

**SOMMARIO**

1	PREMESSA .....	3
2	INFORMAZIONI GENERALI .....	4
3	DEFINIZIONE DEL PROGETTO .....	5
3.1	DESTINAZIONE D'USO.....	5
3.2	FINALITÀ DELLA PROGETTAZIONE ANTINCENDIO PRESTAZIONALE E VINCOLI PROGETTUALI.....	7
3.3	PERICOLI D'INCENDIO.....	8
3.4	CONDIZIONI AL CONTORNO .....	8
3.4.1	CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO .....	8
3.4.2	COMPARTIMENTAZIONE .....	9
3.4.3	ESODO .....	9
3.4.4	GESTIONE DELLA SICUREZZA ANTINCENDIO .....	9
3.4.5	CONTROLLO DELL'INCENDIO .....	9
3.4.6	RIVELAZIONE E ALLARME .....	9
3.4.7	CONTROLLO DI FUMI E CALORE .....	9
3.5	CARATTERISTICHE DEGLI OCCUPANTI .....	10
4	OBIETTIVI DI SICUREZZA ANTINCENDIO .....	10
5	SOGLIE DI PRESTAZIONE.....	10
5.1	SALVAGUARDIA DELLA VITA DEGLI OCCUPANTI .....	10
6	SCENARI D'INCENDIO DI PROGETTO .....	11
6.1	IDENTIFICAZIONE DEI POSSIBILI SCENARI D'INCENDIO .....	12
6.1.1	ALBERO DEGLI EVENTI .....	12
6.1.2	CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO.....	21
6.1.3	SELEZIONE DEGLI SCENARI D'INCENDIO DI PROGETTO.....	22
6.2	DESCRIZIONE QUANTITATIVA SCENARI D'INCENDIO DI PROGETTO S1 e S2 .....	23
6.2.1	CARATTERISTICHE DELL'ATTIVITÀ .....	23
6.2.2	CARATTERISTICHE DEGLI INCENDI.....	24
6.2.3	CARATTERISTICHE DEGLI OCCUPANTI .....	26
6.3	DURATA DEGLI SCENARI D'INCENDIO .....	26
7	SCENARI DI ESODO DI PROGETTO .....	27
7.1	DETERMINAZIONE DI RSET OCCUPANTI.....	27
7.1.1	TEMPO DI RIVELAZIONE $t_{det}$ .....	27
7.1.2	TEMPO DI ALLARME GENERALE $t_a$ .....	27
7.1.3	TEMPO DI ATTIVITÀ DI PRE-MOVIMENTO $t_{pre}$ .....	27
7.1.4	TEMPO DI MOVIMENTO $t_{tra}$ .....	29
7.1.5	TEMPO DI DEFLUSSO ATTRAVERSO LE USCITE $t_{coda}$ .....	29
7.1.6	RSET OCCUPANTI.....	30
8	FIGURE RESPONSABILI .....	30
9	BIBLIOGRAFIA .....	31

## 1 PREMESSA

Il presente Sommario Tecnico ha lo scopo di illustrare le ipotesi assunte e gli obiettivi da verificare mediante progettazione antincendio di tipo prestazionale, da sviluppare per il Compartimento 1 “Magazzino” facente capo al nuovo *Polo logistico/farmaceutico*, che sorgerà nel Comune di Poncarale (BS).

In sintesi, avvalendosi delle metodologie dell’ingegneria della sicurezza antincendio previste dal D.M. 03/08/2015 ss.mm.ii. si vuole dimostrare che in caso di incendio all’interno del Compartimento 1 “Magazzino” (adibito prevalentemente a stoccaggio), le soluzioni progettuali adottate garantiscano *che gli occupanti raggiungano un luogo sicuro prima che l’incendio determini condizioni incapacitanti negli ambiti dell’attività attraversati durante l’esodo.* misura S.4 liv. I

Nel presente documento, in funzione delle misure antincendio da verificare, vengono analizzati gli scenari di incendio valutati maggiormente gravosi all’interno delle aree in esame, in accordo alle ipotesi e agli obiettivi così come dettagliati nel prosieguo.

*Il presente Sommario Tecnico costituisce parte integrante della Relazione Tecnica ai fini antincendio redatta nel rispetto del D.M. 03/08/2015 ss.mm.ii. dallo Studio tecnico associato Savi & Groppi (di seguito denominata “Relazione VVF”).*

## 2 INFORMAZIONI GENERALI

COMMITTENTE	ASCA Costruzioni S.r.l.
UBICAZIONE ATTIVITÀ	Poncarale (BS)
ATTIVITÀ DI CUI ALL'ALLEGATO I AL DPR 151/11 OGGETTO DI PROGETTAZIONE FSE	<p>n. 70.2/C: "Depositi di superficie superiore a 3000 m<sup>2</sup> con quantitativi di merce e materiali combustibili superiori a 5000 kg";</p> <p>n. 34.2/C: "Depositi di carta, cartoni e prodotti cartotecnici, con quantitativi in massa superiori a 50.000 kg";</p> <p>n. 36.1/B: "Depositi di legnami da costruzione e da lavorazione con quantitativi in massa superiori a 50.000 kg e inferiori a 500.000 kg";</p> <p>n. 38.2/C: "Stabilimenti ed impianti ove si producono, lavorano e/o detengono fibre tessili e tessuti naturali e artificiali, tele cerate, linoleum e altri prodotti affini, con quantitativi in massa superiori a 10.000 kg";</p> <p>n. 44.2/C: "Stabilimenti, impianti e depositi ove si producono, lavorano e/o detengono materie plastiche, con quantitativi in massa superiori a 50.000 kg".</p>
RESPONSABILE DELL'ATTIVITÀ	
RESPONSABILE DEL SGSA	
RESPONSABILE DELLA PROGETTAZIONE ANTINCENDIO GENERALE E DELL'INDIVIDUAZIONE DELLE MISURE GSA	<p>Studio tecnico associato Savi &amp; Groppi Via Cristoforo Colombo, 13 - 29122 Piacenza (PC) T: +0523/609840 - valter.savi@studiosaviegropi.it</p>
RESPONSABILE DELLA PROGETTAZIONE FSE	<p>FSE Italia s.r.l. – Ing. Nicola Clemeno Via Ippolito Nievo, 8 – 20145 Milano (MI) T: +39 0371 421821 – amministrazione@fseitalia.com</p>
FINALITÀ PER LE QUALI È APPLICATO L'APPROCCIO INGEGNERISTICO	<p><input checked="" type="checkbox"/> Analisi dei campi termici  <input checked="" type="checkbox"/> Analisi della diffusione dei fumi  <input checked="" type="checkbox"/> Valutazione dei tempi di esodo  <input type="checkbox"/> Valutazione della capacità portante delle strutture  <input type="checkbox"/> Protezione di beni in caso d'incendio  <input type="checkbox"/> Protezione dell'ambiente in caso d'incendio  <input type="checkbox"/> Continuità di esercizio dell'attività</p> <p><i>Tutti gli altri aspetti della progettazione antincendio rispetteranno i relativi requisiti di tipo prescrittivo e sono esclusi dalla progettazione prestazionale.</i></p>

### 3 DEFINIZIONE DEL PROGETTO

#### 3.1 DESTINAZIONE D'USO

Nelle aree oggetto di analisi si svolgeranno le seguenti attività soggette alle visite e ai controlli di prevenzione incendi ai sensi del D.P.R. 01/08/2011 n. 151:

- n. 70.2/C: (primaria) "Depositi di superficie superiore a 3000 m<sup>2</sup> con quantitativi di merce e materiali combustibili superiori a 5000 kg";
- n. 34.2/C: (secondaria) "Depositi di carta, cartoni e prodotti cartotecnici, con quantitativi in massa superiori a 50.000 kg";
- n. 36.1/B: (secondaria) "Depositi di legnami da costruzione e da lavorazione con quantitativi in massa superiori a 50.000 kg e inferiori a 500.000 kg";
- n. 38.2/C: (secondaria) "Stabilimenti ed impianti ove si producono, lavorano e/o detengono fibre tessili e tessuti naturali e artificiali, tele cerate, linoleum e altri prodotti affini, con quantitativi in massa superiori a 10.000 kg";
- n. 44.2/C: (secondaria) "Stabilimenti, impianti e depositi ove si producono, lavorano e/o detengono materie plastiche, con quantitativi in massa superiori a 50.000 kg".

Si illustra di seguito il lay-out relativo alle aree oggetto di analisi.

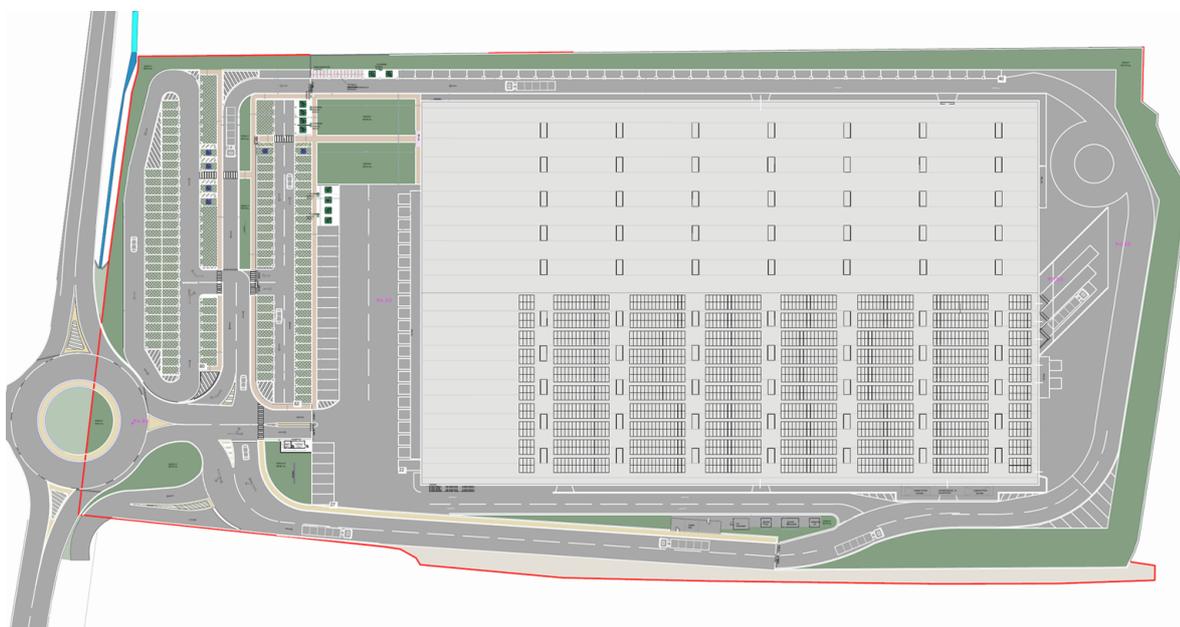


Figura 1 – Planimetria Generale piano terra (quota  $\pm 0,00$  m) Stabilimento oggetto di analisi.

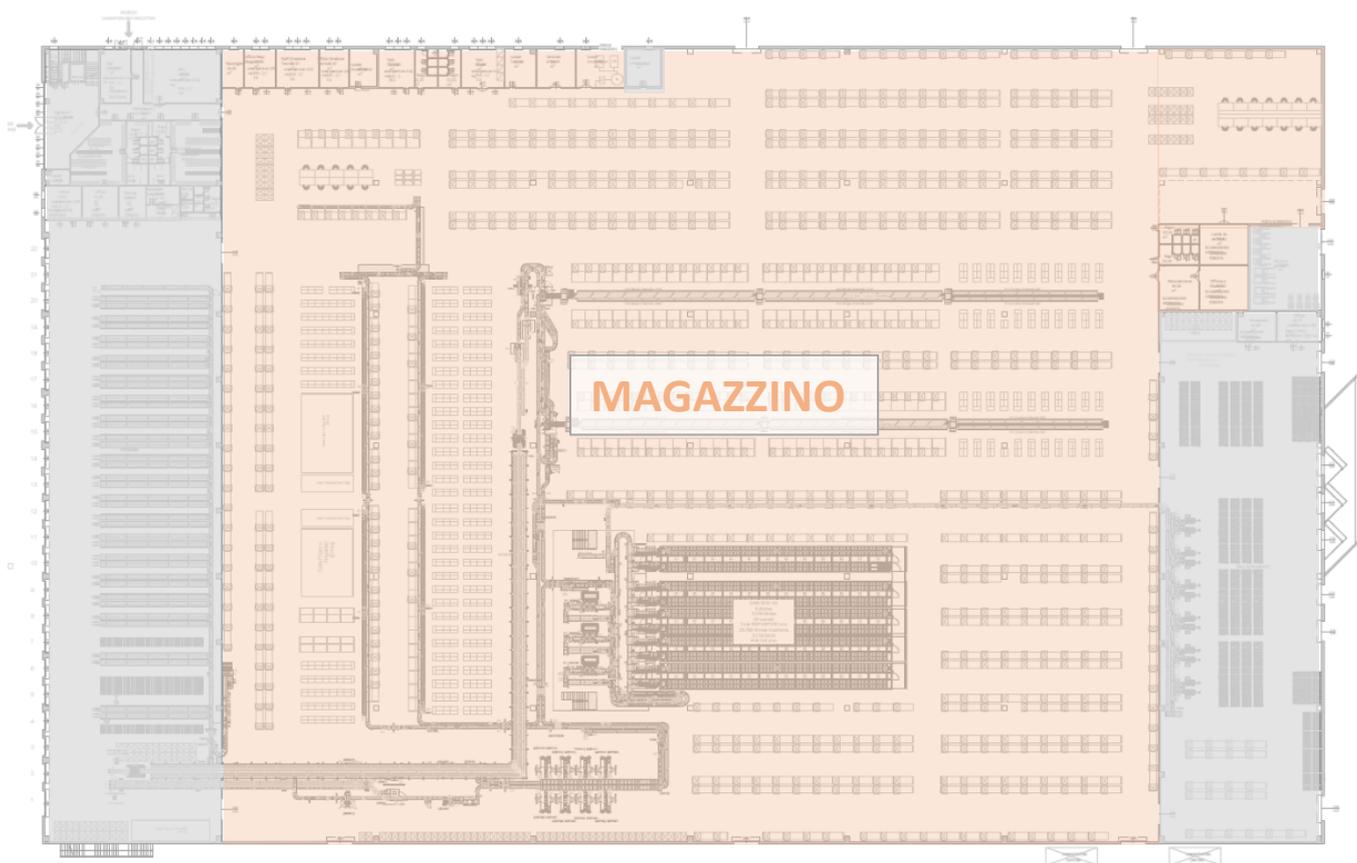


Figura 2 – Planimetria piano terra: identificazione compartimenti oggetto di analisi (Compartimento 1 “Magazzino”)



Figura 3 – Sezione GG: identificazione compartimenti oggetto di analisi (Compartimento 1 “Magazzino”)

### 3.2 FINALITÀ DELLA PROGETTAZIONE ANTINCENDIO PRESTAZIONALE E VINCOLI PROGETTUALI

La progettazione delle misure di sicurezza antincendio dell'edificio in esame è eseguita nel rispetto della seguente regola tecnica di prevenzione incendi:

- D.M. 03/08/2015, recante *“Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell’articolo 15 del decreto legislativo 8 marzo 2006, n. 139”* ss.mm.ii.

Il rischio d’incendio previsto nell’attività è mitigato tramite l’applicazione di una strategia antincendio composta da misure antincendio di prevenzione, di protezione e gestionali.

Effettuata la valutazione del rischio d’incendio per l’attività e stabiliti i profili di rischio  $R_{vita}$ ,  $R_{beni}$  e  $R_{ambiente}$  nei pertinenti ambiti, a ciascuna misura antincendio viene attribuito il relativo livello di prestazione. Per tutte le misure antincendio sono stati rispettati i criteri generalmente accettati per l’attribuzione dei singoli livelli di prestazione. Per la maggior parte delle misure antincendio il raggiungimento del livello di prestazione richiesto è garantito dall’applicazione delle soluzioni progettuali conformi, così come riportato all’interno della *Relazione VVF* a cui si rimanda per ulteriori dettagli.

Per una misura antincendio si è deciso di ricorrere alla soluzione progettuali alternative più adatte alle peculiarità dell’attività in esame.

Nello specifico, la presente progettazione prestazionale tratta soluzioni alternative relative alla seguente misura antincendio:

- **S.4 – Esodo**, per la quale si prevede un livello di **prestazione I**, volto ad assicurare che gli occupanti raggiungano un luogo sicuro prima che l’incendio determini condizioni incapacitanti negli ambiti dell’attività attraversati durante l’esodo.

*Si applicano i metodi dell’ingegneria della sicurezza antincendio per dimostrare che all’interno del Compartimento 1 “Magazzino”, le percorrenze di esodo previste consentano di **abbandonare il compartimento di innesco** prima che l’incendio determini condizioni incapacitanti per gli occupanti, nonostante la presenza di percorsi d’esodo aventi lunghezze superiori ai limiti di cui al D.M. 03/08/2015 ss.mm.ii.*

Per la suddetta soluzione alternativa, il raggiungimento del collegato livello di prestazione è dimostrato impegnando i metodi dell’ingegneria della sicurezza antincendio secondo procedure, ipotesi e limiti indicati nella sezione M del D.M. 03/08/2015 ss.mm.ii. e principi tecnico-scientifici riconosciuti a livello nazionale o internazionale.

### 3.3 PERICOLI D'INCENDIO

Per l'individuazione dei pericoli d'incendio (sorgenti d'innesco, materiali combustibili o infiammabili, carico d'incendio, interazione inneschi-combustibili, eventuali quantitativi rilevanti di miscele o sostanze pericolose, lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio o dell'esplosione, possibile formazione di atmosfere esplosive), ci si riferisce alla *Relazione VVF*.

Nello specifico, negli ambiti oggetto di analisi, il materiale combustibile *rappresentativo* per l'attività è costituito da *materiale misto* riconducibile prevalentemente a **plastica, carta e legno**, ovvero a merce imballata stoccata su scaffalature all'interno del Compartimento 1 "Magazzino".

Non sono previste apparecchiature/attrezzature con specifiche problematiche ai fini antincendio. La movimentazione delle merci in entrata e in uscita è prevista con carrelli alimentati a batterie. Non sono previsti mezzi a combustione interna.

### 3.4 CONDIZIONI AL CONTORNO

Per la descrizione del contesto e dell'ambiente nel quale i pericoli sono inseriti (accessibilità e viabilità, layout, distanziamenti, separazioni, isolamento, caratteristiche degli edifici, tipologia edilizia, complessità geometrica, volumetria, superfici, altezze, piani interrati, articolazione plano-volumetrica, compartimentazioni, aerazione, ventilazione e superfici utili allo smaltimento di fumi e calore), ovvero per l'identificazione dei dati significativi ai fini degli effetti che si potrebbero produrre, si rimanda alla *Relazione VVF*.

*Vengono pertanto elencate di seguito le condizioni al contorno significative ai fini delle presenti analisi, rimandando al successivo paragrafo 6.2 i dettagli riguardanti le caratteristiche maggiormente rilevanti dell'attività, ovvero i dati di input adottati negli scenari di incendio, per la verifica delle ipotesi progettuali.*

#### 3.4.1 CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO

Le aree oggetto di analisi si collocano all'interno di un complesso edilizio isolato, che presenta le seguenti caratteristiche principali:

- *piano terra* (quota  $\pm 0,00$  m) all'interno del quale trovano le seguenti destinazioni d'uso:
  - area stoccaggio di tipo tradizionale su scaffalatura alta (altezza massima pari a circa 8,50 m);
  - area smistamento prodotti (mediante postazioni di lavoro e nastri trasportatori) e area stoccaggio di tipo tradizionale su scaffalatura bassa o a terra (altezza massima pari a circa 3,00 m);
  - area stoccaggio di tipo automatizzato su scaffalatura alte (altezza massima pari a circa 8,50 m);
  - area carico/scarico;
  - area uffici/servizi;
- *piano primo* (quota +6,20) all'interno del quale trovano spazio uffici e servizi.

### 3.4.2 COMPARTIMENTAZIONE

Il compartimento antincendio oggetto delle presenti analisi è il seguente:

- *Compartimento 1 “Magazzino”* (quota  $\pm 0,00$  m) avente superficie  $\approx 15.315$  m<sup>2</sup>, destinato sia a deposito prodotti farmaceutici (a terra, su scaffalature tradizionali, su scaffalature automatizzate) che ad aree lavorazione finalizzate allo smistamento/spedizione delle singole confezioni.

All'interno dell'insediamento sono presenti anche i seguenti compartimenti *non oggetto di analisi*:

- *Compartimento 2 “Ricevimento merci”* (quota  $\pm 0,00$  m) avente superficie  $\approx 1.696$  m<sup>2</sup>;
- *Compartimento 3 “Spedizioni”* (quota  $\pm 0,00$  m) avente superficie  $\approx 2.280$  m<sup>2</sup>;
- *Compartimento 4 “Uffici”* (quota  $\pm 0,00$  e quota  $+6,20$  m) avente superficie  $\approx 475$  m<sup>2</sup> per piano;
- *Compartimento 5 “Locale Infiammabili”* (quota  $\pm 0,00$  m) avente superficie  $\approx 25$  m<sup>2</sup>;
- *Compartimento 6 “Ricarica muletti”* (quota  $\pm 0,00$  m) avente superficie  $\approx 119$  m<sup>2</sup>.

### 3.4.3 ESODO

Gli ambiti oggetto di analisi sono provvisti di un proprio sistema organizzato di vie d'uscita che adducono verso luogo sicuro.

### 3.4.4 GESTIONE DELLA SICUREZZA ANTINCENDIO

L'attività sarà dotata di un idoneo sistema di organizzazione e gestione della sicurezza antincendio.

### 3.4.5 CONTROLLO DELL'INCENDIO

All'interno dell'attività è previsto un impianto di spegnimento di tipo manuale a idranti.

### 3.4.6 RIVELAZIONE E ALLARME

All'interno dell'attività è previsto un impianto di rivelazione incendio e segnalazione allarme incendi automatico.

### 3.4.7 CONTROLLO DI FUMI E CALORE

All'interno del Compartimento 1 “Magazzino” in esame sono previste aperture per il controllo fumi e calore d'emergenza costituite da serramenti lungo il perimetro (porte e portoni verso l'esterno apribili manualmente) e lucernari in copertura (apribili manualmente da posizione non protetta).

### 3.5 CARATTERISTICHE DEGLI OCCUPANTI

All'interno delle aree oggetto di analisi è prevista la presenza di *occupanti in stato di veglia che possiedono familiarità con i luoghi e con le relative vie di esodo, ovvero lavoratori impiegati nell'attività.*

Il personale sarà formato per l'emergenza antincendio e conoscerà le procedure di primo intervento.

È possibile che vi sia presenza di manutentori e prestatori d'opera, per cui saranno prese appropriate misure di sicurezza che saranno individuate nel sistema di gestione della sicurezza antincendio.

Per ulteriori dettagli relativi alle caratteristiche degli occupanti si rimanda alla *Relazione VV.F.*

## 4 OBIETTIVI DI SICUREZZA ANTINCENDIO

Gli obiettivi di sicurezza consistono nella *sicurezza della vita umana e incolumità delle persone.*

Si considerano i beni in questione non soggetti a tutela e il rischio per l'ambiente è valutato come trascurabile. Nello specifico, tali obiettivi si intendono raggiunti se risulta dimostrato che l'attività è progettata, realizzata e gestita in modo da garantire che gli **occupanti** del Compartimento 1 "Magazzino" raggiungano un **luogo sicuro** prima che l'incendio determini condizioni incapacitanti negli ambiti dell'attività attraversati durante l'esodo. **misura S.4 liv. I**

## 5 SOGLIE DI PRESTAZIONE

### 5.1 SALVAGUARDIA DELLA VITA DEGLI OCCUPANTI

Per svolgere la verifica relativa alla salvaguardia della vita degli occupanti si adotta il criterio ASET > RSET, verificando che il tempo disponibile per l'esodo ASET, in cui permangono condizioni ambientali non incapacitanti per gli occupanti, sia superiore al tempo richiesto per l'esodo RSET necessario perché essi possano raggiungere un luogo sicuro, non soggetto a tali condizioni ambientali sfavorevoli dovute all'incendio.

Avendo effettuato valutazioni specifiche sull'affidabilità dei dati di input, così come da indicazione di cui al punto M.3.2.2. del D.M. 03/08/2015, la verifica si ritiene soddisfatta se il margine di sicurezza della progettazione prestazionale per la salvaguardia della vita  $t_{\text{marg}} = \text{ASET} - \text{RSET}$  risulta  $\geq 10\% \cdot \text{RSET}$  (e in ogni caso  $\geq 30$  secondi). Per gli occupanti dell'attività, il tempo disponibile per l'esodo ASET viene determinato con metodo di **calcolo avanzato**. In accordo alla ISO 13571, ASET globale è definito pertanto come il più piccolo tra gli ASET calcolati secondo quattro modelli:

- |                       |  |                                    |
|-----------------------|--|------------------------------------|
| • Modello calore      | Irraggiamento termico  | $E \leq 2,5 \text{ kW/m}^2$        |
| • Modello calore      | Temperatura ambiente   | $T \leq 60 \text{ }^\circ\text{C}$ |
| • Modello visibilità  | Visibilità pannelli riflettenti, non retroilluminati (H=1,8 m) | $L \geq 10 \text{ m}$              |
| • Modello gas tossici | Fractional effective dose (H=1,8 m)                            | $\text{FED} \leq 0,1$              |

Il tempo richiesto per l'esodo RSET è calcolato tra l'innesco dell'incendio e il momento in cui tutti gli occupanti delle aree in esame raggiungono un luogo sicuro. In accordo alla ISO/TR 16738, RSET è determinato come somma di varie componenti, quali il tempo di rivelazione, il tempo di allarme generale, il tempo di pre-movimento, il tempo di movimento, il tempo di coda in corrispondenza delle uscite, ovvero:

$$RSET = t_{det} + t_a + t_{pre} + t_{tra} + t_{coda}$$

Per la determinazione dei tempi di esodo (RSET) si rimanda a quanto dettagliato nel paragrafo 7.

## 6 SCENARI D'INCENDIO DI PROGETTO

Gli scenari d'incendio di progetto rappresentano gli eventi d'incendio più **gravosi** ma allo stesso tempo più **credibili** che potrebbero verificarsi all'interno dell'attività, pertanto, in relazione alla valutazione del rischio d'incendio e in funzione di ogni condizione di esercizio ragionevolmente prevedibile, in conformità a quanto riportato nel paragrafo M.2.3 di cui al D.M. 03/08/2015 ss.mm.ii. si identificano tutti gli scenari d'incendio che *verosimilmente* potrebbero svilupparsi durante lo svolgimento dell'attività in esame.

Come di seguito dettagliato, al fine di *selezionare gli scenari di incendio di progetto*, ovvero gli scenari *aventi contributo al rischio maggiore in relazione agli obiettivi da verificare*, sono state effettuate le seguenti valutazioni:

- identificazione di una **serie completa** di possibili scenari di incendio;
- stima della **probabilità** di accadimento di ciascuno scenario;
- stima delle **conseguenze** di ciascuno scenario;
- stima del **rischio** di ciascuno scenario (in funzione delle probabilità di accadimento e delle conseguenze);
- **classificazione** degli **scenari** di incendio in base al loro rischio.

## 6.1 IDENTIFICAZIONE DEI POSSIBILI SCENARI D'INCENDIO

Per l'individuazione dei possibili scenari di incendio, ci si è riferiti ai criteri di cui alla Specifica Tecnica ISO/TS 16733 (*"Fire safety engineering — Selection of design fire scenarios and design fires"*).

Sono stati quindi valutati in dettaglio i seguenti aspetti:

- *tipo di incendio (Type of fire)*, con particolare attenzione all'innesco iniziale, alla propagazione ed al tasso di crescita dell'incendio stesso;
- *posizione dell'incendio (Location of fire)*, identificando gli ambiti maggiormente sfavorevoli in funzione degli obiettivi (quali, nella fattispecie, le aree con **maggiore quantità di merce combustibile e maggior probabilità di propagazione** dell'innesco);
- *potenziali rischi di incendio (Potential fire hazards)* con particolare attenzione all'eventuale presenza di fiamme libere, di liquidi infiammabili, di materiali suscettibili di accensione spontanea, etc.;
- *stato dei sistemi di protezione e loro funzionalità (Systems and features impacting on fire)*, con particolare attenzione all'operatività dei sistemi di protezione attiva presenti ed allo stato di degrado dei sistemi di protezione passiva eventualmente presenti;
- *risposta delle persone (People response)*, con particolare attenzione alle eventuali azioni che le persone (personale addestrato e/o pubblico esterno se previsto) potrebbero intraprendere, con un impatto significativo (favorevole o meno), sull'andamento dell'incendio o sulla movimentazione dei fumi.

In seguito all'identificazione di tutti i possibili scenari di incendio, per procedere alla selezione degli scenari di progetto si è costruito un albero degli eventi in modo da identificare la probabilità di ogni scenario a partire dalla probabilità dei singoli eventi che lo compongono.

### 6.1.1 ALBERO DEGLI EVENTI

L'albero degli eventi viene costruito combinando un evento iniziale (innesco) con gli stati iniziali di tutti i "fattori" maggiormente significativi (stato dei sistemi di protezione, risposte occupanti, etc.). Ogni ramo è costruito sulla base della **probabilità** dell'evento precedente. Il processo viene ripetuto fino a quando vengono rappresentati tutti i possibili stati iniziali.

#### 6.1.1.1 PROBABILITÀ DI ACCADIMENTO DEI POSSIBILI SCENARI DI INCENDIO (CAUSE DI INNESCO)

Per valutare la probabilità degli scenari di incendio, ci si è referiti agli Annuari statistici del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco.

In particolare, per individuare le cause di incendio pertinenti all'attività in esame con probabilità maggiore (*in termini percentuali*), sono state analizzate le statistiche VV.F. (*triennio 2020-2022*). Le suddette percentuali sono state ricavate a partire dalla Tabella 2 degli Annuari Statistici dei VV.F. dalla quale sono state estrapolate esclusivamente le cause di innesco di incendio, escludendo gli altri interventi (*dolo e cause non accertate nell'immediatezza*), così come illustrato nel prosieguo.

Si riporta di seguito, per l'anno 2022 la tabella tipo d'intervento "incendi ed esplosioni" – "causa" – "dettaglio causa" in cui figurano soltanto le cause per le quali si ha una frequenza maggiore o uguale a 0,2%. La percentuale è stata calcolata rispetto al numero totale di interventi per il tipo incendi ed esplosioni (n. 270.068).

CAUSA	DETTAGLIO CAUSA	INCENDI ED ESPLOSIONI (ANNO 2022)	
		N° INTERVENTI	PERCENTUALE %
Cause di innesco di incendio	Cause elettriche	11 468	4,2 %
	Camino e/o canna fumaria	11 252	4,2 %
	Mozzicone di sigaretta e fiammiferi	4 431	1,6 %
	Autocombustione	1 788	0,7 %
	Non corretta o mancata adozione di misure precauzionali di esercizio e di sicurezza	2 002	0,7 %
	Surriscaldamento di motori e macchine varie	1 425	0,5 %
	Elettrodomestici (TV, lavatrice, lavastoviglie, computer, ecc.)	914	0,3 %
	Faville generate dallo sfregamento di parti meccaniche	609	0,2 %
	Altre	16 354	6,1 %
Dolose	Probabile dolo	10 790	4,0 %
	Probabile colpa	3 807	1,4 %
Cause che determinano altri tipi di interventi	Cause impreviste	3 149	1,2 %
	Disattenzione generale	2 463	0,9 %
	Funzionamento difettoso di impianti e/o macchinari	915	0,3 %
	Altre	4 593	1,7 %
Cause che determinano soccorso a persone	Non potute accertare nell'immediatezza dell'evento	901	0,3 %
Non considerato	Non considerato	4 698	1,7 %
Non potute accertare nell'immediatezza dell'evento	Non potute accertare nell'immediatezza dell'evento	163 462	60,5 %
*(scheda di intervento ancora aperta)	*(scheda di intervento ancora aperta)	20 406	7,6 %

Tabella 1 - Annuario statistico del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco (01/01/2022 – 31/12/2022)

Si riporta di seguito, per l'anno 2021 la tabella tipo d'intervento "incendi ed esplosioni" – "causa" – "dettaglio causa" in cui figurano soltanto le cause per le quali si ha una frequenza maggiore o uguale a 0,2%. La percentuale è stata calcolata rispetto al numero totale di interventi per il tipo incendi ed esplosioni (n. 264.664).

CAUSA	DETTAGLIO CAUSA	INCENDI ED ESPLOSIONI (ANNO 2021)	
		N° INTERVENTI	PERCENTUALE %
Cause di innesco di incendio	Cause elettriche	11 129	4,2 %
	Camino e/o canna fumaria	12 312	4,7 %
	Mozzicone di sigaretta e fiammiferi	3 877	1,5 %
	Autocombustione	1 720	0,6 %
	Non corretta o mancata adozione di misure precauzionali di esercizio e di sicurezza	1 708	0,6 %
	Surriscaldamento di motori e macchine varie	1 349	0,5 %
	Elettrodomestici (TV, lavatrice, lavastoviglie, computer, ecc.)	838	0,3 %
	Faville generate dallo sfregamento di parti meccaniche	615	0,2 %
	Altre	16 163	6,1 %
Dolose	Probabile dolo	10 297	3,9 %
	Probabile colpa	3 130	1,2 %
Cause che determinano altri tipi di interventi	Cause impreviste	3 205	1,2 %
	Disattenzione generale	2 436	0,9 %
	Funzionamento difettoso di impianti e/o macchinari	909	0,3 %
	Altre	5 885	2,2 %
Non potute accertare nell'immediatezza dell'evento	Non potute accertare nell'immediatezza dell'evento	163 688	61,8 %
*(scheda di intervento ancora aperta)	* (scheda di intervento ancora aperta)	20 526	7,8 %

Tabella 2 - Annuario statistico del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco (01/01/2021 – 31/12/2021)

Si riporta di seguito, per l'anno 2020 la tabella tipo d'intervento "incendi ed esplosioni" – "causa" – "dettaglio causa" in cui figurano soltanto le cause per le quali si ha una frequenza maggiore o uguale a 0,3%. La percentuale è stata calcolata rispetto al numero totale di interventi per il tipo incendi ed esplosioni (n. 242.205).

CAUSA	DETTAGLIO CAUSA	INCENDI ED ESPLOSIONI (ANNO 2020)	
		N° INTERVENTI	PERCENTUALE %
Cause di innesco di incendio	Cause elettriche	11 037	4,6 %
	Camino e/o canna fumaria	10 710	4,4 %
	Mozzicone di sigaretta e fiammiferi	3 033	1,3 %
	Autocombustione	1 835	0,8 %
	Non corretta o mancata adozione di misure precauzionali di esercizio e di sicurezza	1 741	0,7 %
	Surriscaldamento di motori e macchine varie	1 282	0,5 %
	Elettrodomestici (TV, lavatrice, lavastoviglie, computer, ecc.)	858	0,4 %
	Fulmine	506	0,3 %
	Altre	16 127	6,7 %
Dolose	Probabile dolo	10 403	4,3 %
	Probabile colpa	2 401	1,0 %
Cause che determinano altri tipi di interventi	Cause impreviste	2 908	1,2 %
	Disattenzione generale	2 361	1,0 %
	Funzionamento difettoso di impianti e/o macchinari	917	0,4 %
	Altre	5 463	2,3 %
Non potute accertare nell'immediatezza dell'evento	Non potute accertare nell'immediatezza dell'evento	148 101	61,1 %
	Altre	17 936	7,4 %

Tabella 3 - Annuario statistico del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco (01/01/2020 – 31/12/2020)

Sono state quindi valutate le medie relative alle cause di innesco di incendio, nell'arco del triennio, così come riportato nella tabella seguente.

Cause di innesco	N. Interventi (%)			Media Triennio
	2020	2021	2022	2020-2022
Cause elettriche	4,6%	4,2%	4,2%	<b>4,3%</b>
Camino e/o canna fumaria	4,4%	4,7%	4,2%	<b>4,4%</b>
Mozziconi di sigaretta e fiammiferi	1,3%	1,5%	1,6%	<b>1,5%</b>
Mancata adozione di misure precauzionali, di esercizio e di sicurezza	0,7%	0,6%	0,7%	<b>0,7%</b>
Surriscaldamento di motori e macchine varie	0,5%	0,5%	0,5%	<b>0,5%</b>
Autocombustione	0,8%	0,6%	0,7%	<b>0,7%</b>
Elettrodomestici (TV, lavatrice, lavastoviglie, computer, ecc.)	0,4%	0,3%	0,3%	<b>0,3%</b>
Fulmine	0,3%	n/d	0,3%	<b>0,3%</b>
Faville generate dallo sfregamento di parti meccaniche	n/d	0,2%	0,2%	<b>0,2%</b>
Altre	6,7%	6,1%	6,1%	<b>6,3%</b>

Tabella 4: Media cause di innesco incendio periodo di riferimento 01/01/2020 – 31/12/2022

Considerando quindi per i compartimenti in oggetto solo le cause di innesco di incendio (e non gli altri interventi, il dolo e le cause non accertate nell'immediatezza), sono state identificate come potenziali cause d'incendio "plausibili" per il contesto in esame quelle di seguito riportate:

- Cause elettriche;
- Mancata adozione di misure precauzionali, di esercizio e di sicurezza (es. errori umani dovuti a urto carrello elettrico, operazioni di manutenzione eseguite non rispettano procedure di sicurezza);
- Surriscaldamento di motori e macchine varie (es. nastri trasportatori);
- Autocombustione (es. batterie carrelli elettrici)
- Elettrodomestici (computer, pannelli controllo, stampanti, ecc.)
- Faville generate dallo sfregamento di parti meccaniche (es. cuscinetti dei nastri trasportatori).

Ridistribuendo, pertanto, le probabilità solo sulle cause plausibili per l'attività in oggetto, si sono ottenuti i valori riportati nella seguente Tabella.

Cause di innesco	N. Interventi (%)			Media Triennio	Cause plausibili per l'attività	Ridistribuzione su cause plausibili
	2020	2021	2022	2020-2022		
Cause elettriche	4,6%	4,2%	4,2%	4,3%	4,3%	<b>64,35%</b>
Camino e/o canna fumaria	4,4%	4,7%	4,2%	4,4%	-	-
Mozziconi di sigaretta e fiammiferi	1,3%	1,5%	1,6%	1,5%	-	-
Mancata adozione di misure precauzionali, di esercizio e di sicurezza	0,7%	0,6%	0,7%	0,7%	0,7%	<b>9,90 %</b>
Surriscaldamento di motori e macchine varie	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	<b>7,43 %</b>
Autocombustione	0,8%	0,6%	0,7%	0,7%	0,7%	<b>10,40 %</b>
Elettrodomestici (TV, lavatrice, lavastoviglie, computer, ecc.)	0,4%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	<b>4,95 %</b>
Fulmine	0,3%	n/d	0,3%	0,3%	-	-
Faville generate dallo sfregamento di parti meccaniche	n/d	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	<b>2,97 %</b>
Altre	6,7%	6,1 %	6,1%	6,3%	-	-

Tabella 5: Ridistribuzione su cause plausibili per l'attività

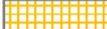
In base alle statistiche, pertanto, per il compartimento in oggetto, si sono identificate le seguenti probabilità di innesco:

- *Cause elettriche: 64,35 %* | *Cause accidentali (di altra natura): 35,65 %*

In virtù di quanto sopra esposto, per il compartimento in esame, si assume pertanto come maggiormente probabile, *un innesco di matrice elettrica*.

### 6.1.1.2 LOCALIZZAZIONE DEI POSSIBILI INNESCHI

Per quanto concerne la localizzazione degli inneschi, come di seguito illustrato, all'interno del *Compartimento 1 "Magazzino"* si individuano le seguenti *aree di innesco* in quanto aree con **presenza di merce combustibile** e quindi maggior probabilità di propagazione dell'innesco:

-  aree **stoccaggio su scaffalature alte**;
-  area **stoccaggio automatizzato**;
-  aree **nastri trasportatori**;
-  aree **stoccaggio su scaffalature basse e stoccaggio a terra**.

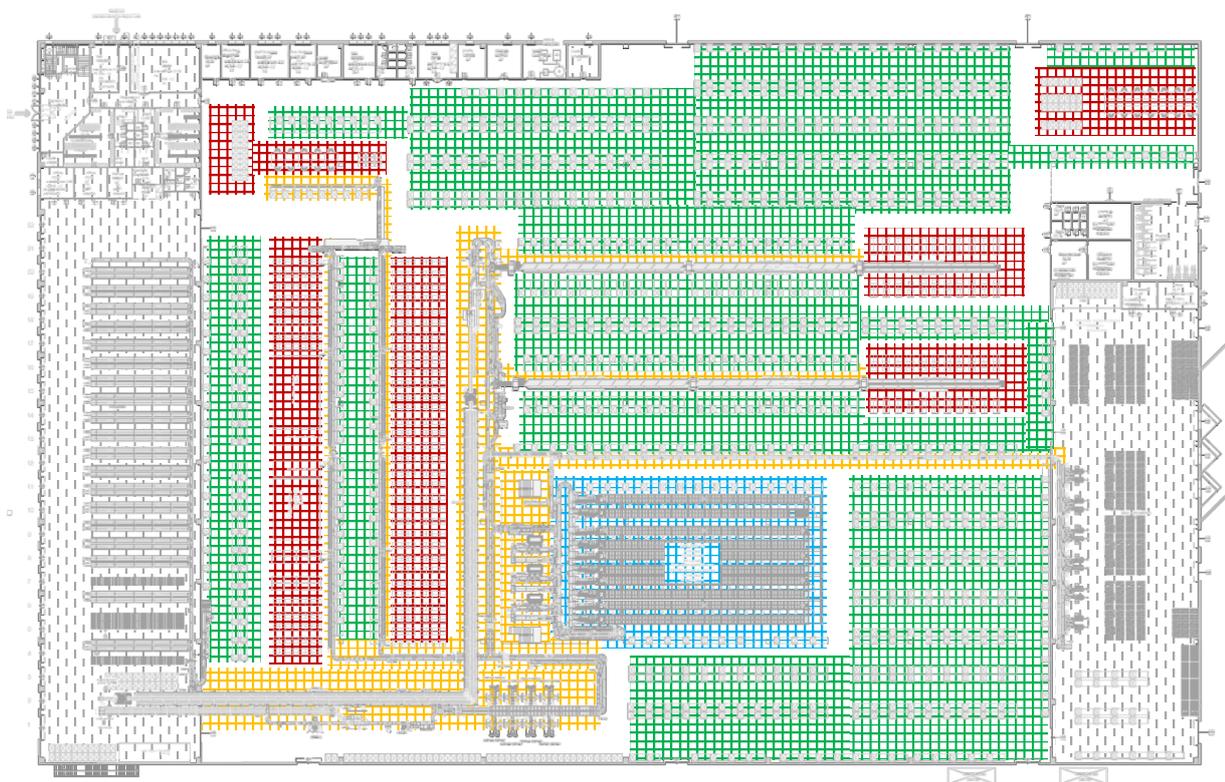


Figura 4 – Planimetria piano terra *Compartimento 1 "Magazzino"*: individuazione aree innesco

Per ogni area di innesco individuata all'interno del *Compartimento 1 "Magazzino"*, le diverse possibili evoluzioni dell'incendio si sono tradotte in termini quantitativi nell'albero degli eventi di seguito illustrato, all'interno del quale, a partire da ciascun evento iniziatore, vengono rappresentate *le possibili sequenze di eventi e le relative probabilità di accadimento*.

Localizzazione innesco	Attivazione rilevazione fumi	Intervento squadra aziendale antincendio (estinzione manuale)	Attivazione sistema controllo fumi e calore di emergenza	Scenario d'incendio	
Area stoccaggio su scaffalature alte	Efficace 0.9	Efficace 0.7		SA01 0.63	
		Non efficace 0.3	Efficace 0	SA02 0.00	
	Non efficace 0.1		Non efficace 1	SA03 0.27	
		Efficace 0.7		SA04 0.07	
	Efficace 0.9		Efficace 0	SA05 0.00	
		Non efficace 0.3	Non efficace 1	SA06 0.03	
	Area stoccaggio automatizzato	Efficace 0.9	Efficace 0.5		SA07 0.45
			Non efficace 0.5	Efficace 0	SA08 0.00
		Non efficace 0.1		Non efficace 1	SA09 0.45
			Efficace 0.5		SA10 0.05
		Efficace 0.9		Efficace 0	SA11 0.00
			Non efficace 0.3	Non efficace 1	SA12 0.05
Area nastri trasportatori	Efficace 0.9	Efficace 0.7		SA13 0.63	
		Non efficace 0.3	Efficace 0	SA14 0.00	
	Non efficace 0.1		Non efficace 1	SA15 0.27	
		Efficace 0.7		SA16 0.07	
	Efficace 0.9		Efficace 0	SA17 0.00	
		Non efficace 0.3	Non efficace 1	SA18 0.03	

Localizzazione innesco	Attivazione rilevazione fumi	Intervento squadra aziendale antincendio (estinzione manuale)	Attivazione sistema controllo fumi e calore di emergenza	Scenario d'incendio
		Efficace 0.7		SA19 0.63
	Efficace 0.9		Efficace 0	SA20 0.00
		Non efficace 0.3		
Area scaffalature basse e stoccaggio a terra			Non efficace 1	SA21 0.27
		Efficace 0.7		SA22 0.07
	Non efficace 0.1			
			Efficace 0	SA23 0.00
		Non efficace 0.3		
			Non efficace 1	SA24 0.03

Si precisa che, in virtù dell’obiettivo di sicurezza da verificare all’interno del Compartimento 1 “Magazzino” (misura S.4 liv.I), volendo massimizzare i prodotti della combustione all’interno del compartimento, **non** si contempla il contributo delle **aperture** di smaltimento fumi e calore di emergenza poste in copertura, che si considerano chiuse (**non efficaci**) per tutto il tempo della simulazione.

### 6.1.1.3 STIMA DELLE PROBABILITÀ

Con riferimento alla tabella di seguito illustrata, si individuano qualitativamente i livelli per le probabilità per ciascuno degli eventi sopra individuati.

Probability level	Scenario probability
Extremely low	0.0–0.02
Very low	0.02–0.04
Low	0.04–0.1
Moderate	0.1–0.3
High	0.0–0.5
Very high	0.5–1.0

Tabella 6 – Livelli di probabilità per classificazione rischio (table 38.6 SFPE Handbook of Fire Protection Engineering 5th ed.)

#### 6.1.1.4 STIMA DELLE CONSEGUENZE

Per giungere all'individuazione degli scenari di progetto, viene quindi effettuata una classificazione del rischio, confrontando tutti gli scenari sulla scorta delle loro probabilità e delle loro conseguenze (minaccia alla vita, danni alla proprietà, tempi di inattività, danni ambientali etc...).

Con riferimento alla tabella di seguito illustrata, si individuano i livelli per le conseguenze dell'incendio per ciascuno degli eventi sopra riportato, in funzione dell'impatto che potrebbe avere sugli *occupanti* e sulla *proprietà/attività*.

Qualitative description	Associated loss estimate	
	Property losses (\$1000)	Occupant impact
Very low	0-5	No deaths or injuries
Low	5-20	No deaths or injuries
Moderate	20-100	No deaths, minor injuries
High	100-1000	No deaths, serious injuries
Very high	1000-10,000	Small number of deaths and injuries
Extremely high	>10,000	Multiple deaths and injuries

Tabella 7 – Livelli di conseguenze e perdite associate (table 38.5 SFPE Handbook of Fire Protection Engineering 5th ed.)

Il livello viene determinato considerando entrambe le perdite (*occupanti e beni*). In base ai suddetti livelli e considerando il tipo di incendio, la localizzazione dell'incendio e l'efficacia dei sistemi di protezione attiva antincendio, probabilità e conseguenze degli scenari di cui all'albero degli eventi precedentemente descritto, sono determinate come di seguito dettagliato.

#### 6.1.2 CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO

Per ogni sequenza di eventi, combinando la probabilità di accadimento con le conseguenze prevedibili, si è ricavato qualitativamente il rischio associato ad ogni scenario precedentemente illustrato.

In sintesi, con i suddetti livelli è stata creata una matrice di classificazione del rischio per il compartimento in esame, in modo da poter selezionare come scenari di progetto quelli aventi rischio maggiore.

Magnitudo	Probabilità scenario					
	estremamente bassa	molto bassa	bassa	media	alta	molto alta
molto bassa						SA013- SA19
bassa			SA16-SA22		SA07	SA01
moderata	SA14-SA20		SA04_SA10		SA15-SA21	
alta						
molto alta	SA02-SA08				<b>SA03-SA09</b>	
estremamente alta	SA05-SA11-SA17-SA23	SA06-SA18-SA24	SA12			

Figura 5 –Compartimento 1 “Magazzino”: matrice di classificazione del rischio e selezione **scenari di progetto**

### 6.1.3 SELEZIONE DEGLI SCENARI D'INCENDIO DI PROGETTO

Alla luce delle considerazioni precedenti, per l'attività in oggetto, *in virtù degli obiettivi di sicurezza antincendio da verificare* per i due compartimenti in oggetto, si identificano i seguenti scenari di incendio di progetto:

- **Scenario di incendio S1**, collocato all'interno del *Compartimento 1 "Magazzino"* nell'area con scaffalature di tipo tradizionali alte (**Evento SA03**), con focolare posizionato all'interno della zona *scaffalata*, che prevede l'innesco in *posizione baricentrica rispetto alle uscite di sicurezza in modo da massimizzare* i prodotti della combustione verso tutte le uscite del compartimento.

Lo scenario prevede quanto segue:

- l'incendio divampa durante una fase di ordinario esercizio dell'attività;
  - l'evento iniziatore è un focolare d'incendio di matrice elettrica che coinvolge la merce depositata nell'area *scaffalata di tipo tradizionale*;
  - il focolare d'incendio si sviluppa e ha inizio la propagazione dei prodotti della combustione;
  - l'impianto di rivelazione e segnalazione allarme incendi si attiva automaticamente dando avvio alle procedure di emergenza (esodo e controllo manuale);
  - i componenti della squadra aziendale dedicata alla lotta antincendio non riescono a intervenire efficacemente sul principio d'incendio;
  - i lucernari in copertura restano chiusi per tutto il tempo della simulazione.
- **Scenario di incendio S2**, collocato all'interno del *Compartimento 1 "Magazzino"* nell'area con scaffalature di tipo automatizzato (**Evento SA09**), con focolare posizionato all'interno di tale zona, che prevede l'innesco in *posizione adiacente al soppalco in modo da massimizzare* i prodotti della combustione verso gli operatori presenti sopra il soppalco oltre che verso tutte le uscite del compartimento.

Lo scenario prevede quanto segue:

- l'incendio divampa durante una fase di ordinario esercizio dell'attività;
- l'evento iniziatore è un focolare d'incendio di matrice elettrica che coinvolge la merce depositata nell'area *scaffalata di tipo automatizzato*;
- il focolare d'incendio si sviluppa e ha inizio la propagazione dei prodotti della combustione;
- l'impianto di rivelazione e segnalazione allarme incendi si attiva automaticamente dando avvio alle procedure di emergenza (esodo e controllo manuale);
- i componenti della squadra aziendale dedicata alla lotta antincendio non riescono a intervenire efficacemente sul principio d'incendio;
- i lucernari restano chiusi per tutto il tempo della simulazione.

## 6.2 DESCRIZIONE QUANTITATIVA SCENARI D'INCENDIO DI PROGETTO S1 e S2

In funzione degli obiettivi di sicurezza da verificare, si riportano le caratteristiche maggiormente rilevanti dell'attività e i dati di input adottati per la verifica delle ipotesi progettuali.

### 6.2.1 CARATTERISTICHE DELL'ATTIVITÀ

#### I. *Geometria attività, dimensioni e distribuzione ambienti*

L'area oggetto di analisi, si colloca al piano terra del complesso edilizio e precisamente all'interno del *Compartimento 1 "Magazzino"* avente le seguenti caratteristiche:

- Superficie a quota  $\pm 0,00$  m  $\approx 15.315$  m<sup>2</sup>;
- $H_{\text{mean}} \approx 11,10$  m (sottotrave  $H_{\text{sottotrave}} \approx 9,00$  m);
- $H_{\text{max}}$  stoccaggio  $\approx 8,50$  m;

All'interno del compartimento è presente un soppalco (quota +3,50 m) avente superficie  $\approx 290$  m<sup>2</sup>;

#### II. *Tipologia strutturale*

Gli ambiti oggetto di analisi presentano strutture portanti in c.a. e c.a.p.

#### III. *Compartimentazione*

Il compartimento all'interno del quale si sviluppano gli scenari di incendio di progetto è il *Compartimento 1 "Magazzino"*.

#### IV. *Sistema d'esodo*

L'ambito oggetto di analisi è provvisto di un sistema organizzato di vie d'uscita che adducono verso luogo sicuro come di seguito illustrato.

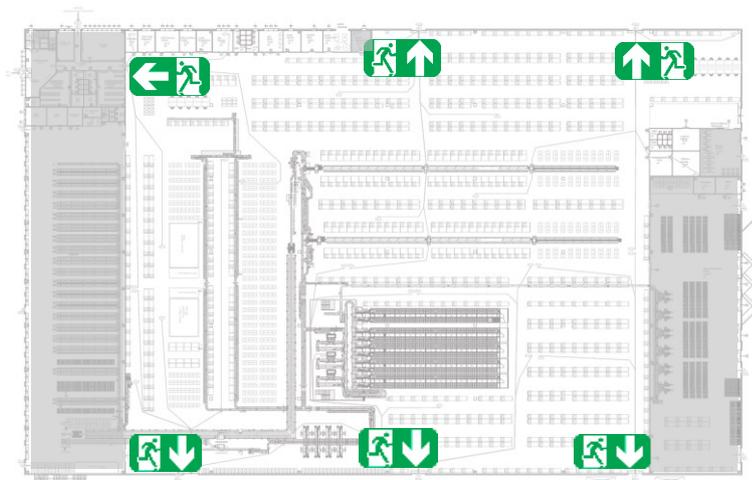


Figura 6 – Planimetria piano terra: identificazione *uscite di sicurezza* del compartimento oggetto di analisi

#### V. **Barriere che influenzano il movimento dei prodotti della combustione**

All'interno del compartimento sono presenti travi in copertura che influiscono sul naturale movimento dei prodotti della combustione in prossimità del soffitto.

#### VI. **Controllo dell'incendio**

Non rilevante ai fini delle presenti analisi.

#### VII. **Rilevazione e allarme**

All'interno delle aree oggetto di analisi è previsto un sistema di rilevazione e allarme incendi di tipo automatico.

#### VIII. **Controllo di fumo e calore**

A servizio del compartimento 1 "Magazzino" in esame si prevedono aperture di smaltimento fumi e calore di emergenza costituite da U.S., portoni e lucernari in copertura. In virtù della tipologia di obiettivo antincendio da verificare (misura S.4 liv.I), volendo massimizzare gli effetti dei prodotti della combustione sugli occupanti presenti, nelle presenti analisi **non** si contempla il contributo di portoni e lucernari, che si considerano chiusi per tutto il tempo della simulazione. Le U.S. si considerano *aperte* in virtù dell'esodo degli occupanti.

#### IX. **Aspetti gestionali e operativi**

Si assume non vi sia alcun intervento da parte degli addetti del servizio antincendio, al di fuori delle operazioni previste per l'evacuazione degli occupanti.

### 6.2.2 CARATTERISTICHE DEGLI INCENDI

#### I. **Localizzazione dei focolari**

- *Scenario S1: Compartimento 1 "Magazzino" – zona centrale area scaffalatura alta di tipo tradizionale*
- *Scenario S2: Compartimento 1 "Magazzino" – zona prossima al soppalco area scaffalata di tipo automatizzato.*

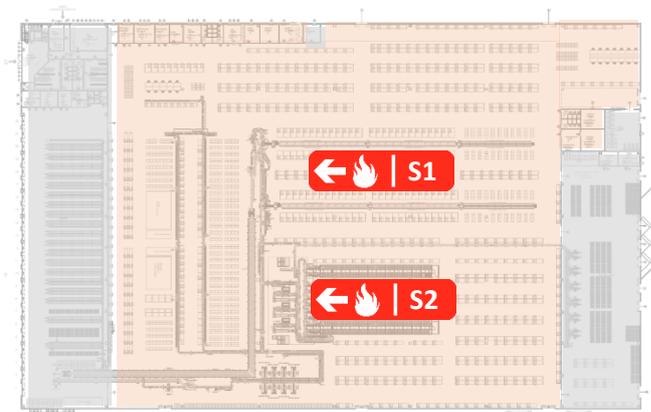


Figura 7 – Compartimento 1 "Magazzino": individuazione scenari di incendio

## II. **Tipologia del focolare**

Focolare con fiamma.

## III. **Materiale combustibile**

Focolare di innesco costituito da materiale vario (*carta, legno, plastica*) disposto su scaffalatura tradizionale e/o automatizzata con altezza massima di impilamento pari a circa 8,50 m;

## IV. **Fonti di innesco**

Come fonti di innesco maggiormente probabili si identificano un *corto circuito elettrico* in prossimità del materiale combustibile depositato.

## V. **Curva di rilascio termico (HRR)**

Per l'identificazione delle curve di rilascio termico HRR da adottare nelle presenti analisi ci si riferisce a dati pubblicati da fonti autorevoli come di seguito dettagliato.

In virtù dell'eterogeneità dei materiali previsti in stoccaggio, non si adottano curve di tipo sperimentale, in quanto strettamente connesse a specifiche tipologie merceologiche e di innesco. Non si contempla pertanto una fase di innesco, bensì **direttamente** la fase di **propagazione**, durante la quale la potenza termica rilasciata dall'incendio al variare del tempo viene rappresentata dalla relazione  $HRR(t) = 1000 \left(\frac{t}{t_{\alpha}}\right)^2$ .

Si adottano cautelativamente i seguenti parametri:

- valore  $HRR_{max}$  per unità di superficie del focolare pari a **500 kW/m<sup>2</sup>** (valore desunto dal documento "VTT Working Papers 139 "Design Fires for Fire Safety Engineering"),
- velocità caratteristica di crescita dell'incendio  $t_{\alpha}$  pari a 75 s (incendio **ultra veloce**),

ritenendo tali **assunzioni conservative** per l'attività di cui trattasi, così come desumibile dalla letteratura di riferimento.

Si riporta di seguito la curva di rilascio termico **HRR di input** utilizzata negli scenari di incendio.

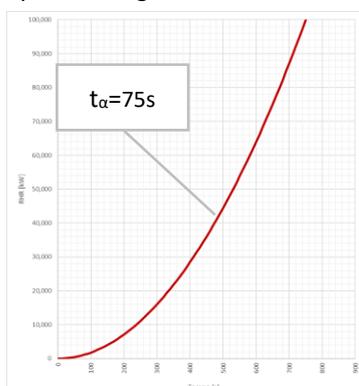


Grafico 1 – Curva di incendio **quadratica** con velocità di crescita **ultra-rapida** ( $t_{\alpha}=75$  s) attribuita al materiale vario in deposito su scaffali all'interno del compartimento 1 "Magazzino": Scenari S1 e S2

Per le curve di **output** si rimanda alle valutazioni quantitative di cui alla Relazione Tecnica FSE.

## VI. **Prodotti della combustione**

Per la generazione dei prodotti della combustione, ci si riconduce cautelativamente alla tabella M.2-2 di cui al D.M. 03/08/2015 ss.mm.ii, assumendo pertanto i seguenti parametri:

- Combustibile:  $\text{CH}_2\text{O}_{0,5}$  | Frazione radiativa = 35% | Resa in monossido  $Y_{\text{CO}} = 0,10 \text{ kg/kg}$

Per quanto riguarda la resa in particolato  $Y_{\text{soot}}$ , si effettua una media pesata sulle masse, attribuendo i valori di cui alla sopracitata tabella come segue:

- 0,07 kg/kg a cartone, bende, garze, cotone, zucchero, farina e polveri e legno e
- 0,18 kg/kg al restante materiale presente (contenitori plastici, oli, imballaggi e prodotti farmaceutici).

Si ottiene pertanto, una resa in particolato  $Y_{\text{soot}}$  pari a *0,085 kg/kg*, che viene attribuita a tutto il materiale combustibile presente all'interno dei compartimenti analizzati.

### 6.2.3 CARATTERISTICHE DEGLI OCCUPANTI

#### I. **Affollamento**

Nel *Compartimento 1 "Magazzino"* oggetto di analisi è previsto un affollamento massimo pari a n. 75 occupanti.

#### II. **Tipologia**

All'interno delle aree analizzate è prevista la presenza di lavoratori.

#### III. **Capacità psicofisiche**

Autosufficienti.

#### IV. **Familiarità**

Gli occupanti hanno familiarità sia con l'attività che con il sistema di vie d'esodo.

#### V. **Stato di allerta**

Gli occupanti sono in stato di veglia.

#### VI. **Intervento**

A favore di sicurezza si assume che gli occupanti si accorgano del fumo che si propaga o vengono avvertiti dall'allarme antincendio e si occupino soltanto di evacuare, senza che vi sia alcun intervento per il contrasto e lo spegnimento dell'incendio.

### 6.3 DURATA DEGLI SCENARI D'INCENDIO

La durata delle simulazioni viene stabilita in funzione degli obiettivi prefissati in conformità a quanto stabilito dal paragrafo M.2.5 di cui al D.M. 03/08/2015 ss.mm.ii.

## 7 SCENARI DI ESODO DI PROGETTO

Al fine di verificare che gli occupanti delle aree in esame raggiungano un luogo sicuro prima che l'incendio determini condizioni incapacitanti negli ambiti dell'attività attraversati durante l'esodo, nel prosieguo si valuta per il *Compartimento 1 "Magazzino"* il tempo richiesto per l'esodo RSET relativo agli occupanti più sfavoriti, ovvero agli occupanti che per raggiungere la prima uscita devono percorrere una lunghezza di esodo maggiore.

### 7.1 DETERMINAZIONE DI RSET OCCUPANTI

Il tempo richiesto per l'esodo **RSET** calcolato tra l'innesco dell'incendio e il momento in cui gli occupanti raggiungono un luogo sicuro, ovvero un luogo non investito da effetti dell'incendio incapacitanti, è determinato come somma delle seguenti componenti.

#### 7.1.1 TEMPO DI RIVELAZIONE $t_{det}$

Il tempo di rivelazione  $t_{det}$  è il tempo che intercorre tra il momento d'innesco al momento in cui il sistema automatico di rivelazione o un occupante sono in grado di accorgersi dell'incendio.

*Il tempo di rilevazione dell'incendio  $t_{det}$  relativo al **primo** rilevatore attivato è assunto pari a 60 secondi.*

#### 7.1.2 TEMPO DI ALLARME GENERALE $t_a$

Il tempo di allarme generale  $t_a$  è il tempo che intercorre tra la rivelazione dell'incendio e la diffusione dell'informazione agli occupanti.

*Ai fini delle presenti determinazioni, si assume cautelativamente che l'allarme generale si diffonda in seguito all'attivazione del **secondo** rilevatore di fumo, che cautelativamente si assume avvenga nei 60 secondi successivi all'attivazione del primo. Si assume pertanto un tempo di allarme generale  $t_a$  pari a 60 secondi.*

#### 7.1.3 TEMPO DI ATTIVITÀ DI PRE-MOVIMENTO $t_{pre}$

Il tempo di attività pre-movimento  $t_{pre}$  è il tempo necessario agli occupanti per svolgere una serie di attività che precedono il movimento vero e proprio verso il luogo sicuro. La letteratura indica che questa fase occupa spesso la maggior parte del tempo totale di esodo. Il tempo  $t_{pre}$  è composto dal tempo di riconoscimento e da uno di risposta. Durante il tempo di riconoscimento gli occupanti continuano le attività che stavano svolgendo prima dell'allarme generale, finché riconoscono l'esigenza di "rispondere" all'allarme. Nel tempo di risposta gli occupanti cessano le loro attività normali e si dedicano ad attività legate allo sviluppo dell'emergenza, quali: raccolta di informazioni sull'evento, arresto e

messa in sicurezza delle apparecchiature, raggruppamento del proprio gruppo (lavorativo o familiare), lotta all'incendio, ricerca e determinazione della via d'esodo appropriata.

Nel caso specifico, il tempo di pre-movimento  $t_{pre}$  può essere determinato col metodo indicato dalla norma ISO TR 16738:2009, recante "Fire-safety engineering — Technical information on methods for evaluating behaviour and movement of people", in relazione alle caratteristiche degli occupanti, dell'impianto di allarme, della complessità dell'edificio e della gestione della sicurezza antincendio.

Per l'attività in esame si assume:

- Categoria degli occupanti pari a A, valida per occupanti in stato di veglia, che hanno familiarità con l'edificio;
- Livello di allarme pari ad A2, valido per rivelazione automatica estesa a tutta l'attività, che fornisce il comando di attivazione dell'allarme generale dopo l'attivazione del secondo sensore;
- Livello dell'edificio pari a B1, valido per edificio semplice, rettangolare, layout semplice con un buon accesso visivo, progettato in modo prescrittivo, un buon livello di disposizione delle uscite;
- Livello di gestione pari a M1, valido per presenza di impianti di allarme implementati da impianti di allarme vocale (EVAC) e/o per attività in cui gli occupanti abituali sono addestrati per un alto livello di gestione della sicurezza antincendio con un buon livello di preparazione e aggiornamento, in cui sono presenti addetti alla sorveglianza, un piano di emergenza ben sviluppato e sono effettuate esercitazioni periodiche.

In base ai parametri assunti per l'attività in esame, il tempo di pre-movimento è stimato variare tra un valore minimo di 0,5 minuti per i primi occupanti che reagiscono all'emergenza e un valore massimo di 1,5 minuti per gli ultimi occupanti, ovvero:

$$t_{pre} (1^{st} \text{ percentile}) = 30 \text{ s}$$

$$t_{pre} (99^{th} \text{ percentile}) = 90 \text{ s}$$

*Cautelativamente il tempo di pre-movimento  $t_{pre}$  viene fissato per tutti gli occupanti del piano terra pari a 90 secondi.*

#### 7.1.3.1 CASI DI SPECIE: $t_{pre}$ soppalco

Si assume che le persone che si trovano sul piano soppalco, in virtù della quota del piano e della tipologia di soppalco (aperto verso l'area scaffalata) abbiano percezione del fuoco (percezione **visiva**) e del fumo (percezione **olfattiva**) pressoché immediata e quindi rispondano all'emergenza, per allontanarsi dal pericolo, in un tempo *sensibilmente ridotto* rispetto alla media degli occupanti.

Per questa tipologia di occupanti il tempo di pre-movimento è stimato variare tra i seguenti valori:

$$t_{pre} \text{ piano innesco} (1^{st} \text{ percentile}) = 15 \text{ s}$$

$$t_{pre} \text{ piano innesco} (99^{th} \text{ percile}) = 30 \text{ s}$$

*Cautelativamente il tempo di pre-movimento  $t_{pre}$  viene fissato per gli occupanti del soppalco pari a 30 secondi.*

#### 7.1.4 TEMPO DI MOVIMENTO $t_{tra}$

Il tempo di movimento  $t_{tra}$  è il tempo impiegato dagli occupanti per raggiungere un luogo sicuro dal termine delle attività di pre-movimento. Il tempo è calcolato in riferimento alla distanza degli occupanti dalle vie d'esodo, dalla velocità d'esodo (che dipende dalla tipologia degli occupanti e dalle loro interazioni con l'ambiente costruito e gli effetti dell'incendio) e dalla portata delle vie d'esodo (dovuta a geometria, dimensioni, dislivelli e ostacoli).

In tutti gli scenari d'incendio considerati la densità di affollamento massima non ha influenza sulla velocità di esodo per percorrere i metri in piano, che si assume pari a 1,2 m/s in accordo al paragrafo G.3 della ISO TR 16738 recante *"Fire-safety engineering – Technical information on methods for evaluating behaviour and movement of people"*.

In funzione della distanza massima di evacuazione del *Compartimento 1 "Magazzino"* (assunta ai fini delle presenti valutazioni **cautelativamente** pari a **90,0 m**), si considera che la persona posta nel punto più distante dall'uscita di sicurezza impiegherà mediamente per raggiungere un luogo sicuro un tempo di movimento pari a:

$$t_{tra \text{ "Magazzino"}} = \frac{90 \text{ (m)}}{1,2 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)} = 75 \text{ s}$$

Per quanto riguarda gli occupanti del soppalco, il tempo di movimento  $t_{tra}$  viene valutato considerando come massima lunghezza di esodo quella che dal punto più sfavorevole del soppalco stesso conduce fino al piano terra (assunta ai fini delle presenti valutazioni **cautelativamente** pari a **35,0 m**), ovvero:

$$t_{tra \text{ Soppalco}} = \frac{35 \text{ (m)}}{1,2 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)} = 29,2 \text{ s} \approx 30 \text{ s}$$

#### 7.1.5 TEMPO DI DEFLUSSO ATTRAVERSO LE USCITE $t_{coda}$

Il tempo  $t_{coda}$  è il tempo impiegato dagli occupanti per defluire attraverso le uscite quando, in corrispondenza di esse, la densità di affollamento aumenta sensibilmente e si formano delle code.

In tutti gli scenari d'incendio considerati la capacità specifica di deflusso si assume pari a  $c = 1,3$  persone/(s·m) in accordo al paragrafo G.5.1 della ISO TR 16738.

Si considera che gli occupanti del compartimento, pari a  $n = 75$  persone, impiegheranno per defluire attraverso le uscite un tempo di pari a:

$$t_{coda \text{ "Magazzino"}} = \frac{75 \text{ (persone)}}{[1 \cdot 1,60 \text{ (m)} + 5 \cdot 1,20 \text{ (m)}] \cdot 1,3 \left(\frac{\text{persone}}{\text{s} \cdot \text{m}}\right)} = 7,6 \text{ s} \approx 8 \text{ s}$$

considerando la presenza di:  $n = 1$  porta da 1,60 m e  $n = 5$  porte da 1,20 m.

Per gli occupanti del soppalco, si assume che il ridotto affollamento non abbia influenza sulla velocità di deflusso attraverso le scale di esodo, pertanto  $t_{coda \text{ Soppalco}} = 0$ .

### 7.1.6 RSET OCCUPANTI

Il tempo richiesto per l'esodo RSET generale dal compartimento in oggetto è pertanto assunto cautelativamente pari a:

$$\text{RSET "Magazzino"} = t_{\text{det}} + t_a + t_{\text{pre}} + t_{\text{tra}} + t_{\text{coda}} = 60 \text{ s} + 60 \text{ s} + 90 \text{ s} + 75 \text{ s} + 8 \text{ s} = \mathbf{293 \text{ s}}$$

$$\text{RSET "Soppalco"} = t_{\text{det}} + t_a + t_{\text{pre, Soppalco}} + t_{\text{tra, Soppalco}} + t_{\text{coda, Soppalco}} = 60 \text{ s} + 60 \text{ s} + 30 \text{ s} + 30 \text{ s} + 0 \text{ s} = \mathbf{180 \text{ s}}$$

Si precisa che, il tempo richiesto per l'esodo degli occupanti presenti sul soppalco ( $\text{RSET}_{\text{Soppalco}}$ ), viene valutato sino al raggiungimento del piano terra, avendo verificato che una volta raggiunto tale piano la lunghezza di esodo massima totale affinché raggiungano un luogo sicuro, risulti inferiore alla lunghezza di esodo massima totale del compartimento ( $L_{\text{es max}} = 90,0 \text{ m}$ ).

## 8 FIGURE RESPONSABILI

*Il Tecnico Antincendio*

*Il Responsabile dell'Attività*

*Il Tecnico Consulente FSE*



## 9 BIBLIOGRAFIA

- 1) K. Butcher, "Fire engineering – CIBSE Guide E", Second edition, *The Chartered Institution of Building Services Engineers*, 2003.
- 2) "PD 7974-1:2003 – Application of fire safety engineering principles to the design of building – Initiation and development of fire within the enclosure of origin (Sub-system 1)", *British Standard Institution*, 2003.
- 3) "PD 7974-6:2019 – Application of fire safety engineering principles to the design of building – Human factors. Life safety strategies. Occupant evacuation, behaviour and condition (Sub-system 6)", *British Standard Institution*, 2019.
- 4) "ISO/TR 16738:2009(E) – Fire-safety engineering – Technical information on methods for evaluating behaviour and movement of people", *International Organization for Standardization*, 2009.
- 5) J.H. Klotz, J.A. Milke, "Principles of smoke management", *American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Inc.*, 2002
- 6) H.P. Morgan *et al.*, "BRE 368 – Design methodologies for smoke and heat exhaust ventilation", *BRE Press*, 1999.
- 7) "BS 5588-12:2004 – Fire precautions in the design, construction and use of buildings – Part 12: Managing fire safety", *British Standard Institution*, 2004.
- 8) M.J. Hurley *et al.*, "SFPE Handbook of Fire Protection Engineering – Fifth Edition", *Springer*, 2016.
- 9) D.D. Evans, D.W. Stroup, "NBSIR 85-3167 – Methods to calculate the response time of heat and smoke detectors installed below large unobstructed ceilings", *NBS Publications*, 1985.
- 10) "NFPA 72 – National fire alarm and signaling code", *National Fire Protection Association*, 2013.
- 11) D.M. 03/08/15 - Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell'articolo 15 del decreto legislativo 8 marzo 2006, n. 139, ss.mm.ii.
- 12) Annuario statistico del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco periodo di riferimento 01/01/2020 – 31/12/2020.
- 13) Annuario statistico del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco periodo di riferimento 01/01/2021 – 31/12/2021.
- 14) Annuario statistico del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco periodo di riferimento 01/01/2022 – 31/12/2022.
- 15) VTT Working Papers 139 "Design Fires for Fire Safety Engineering", Jukka Hietaniemi & Esko Mikkola