



POLITECNICO DI TORINO

Facoltà di ingegneria

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Edile

Tesi di Laurea

Progettazione della Sicurezza Antincendio: applicazioni e verifiche
sul complesso edilizio della Galleria San Federico in Torino

Relatore:

Prof. Ing. Roberto Vancetti

Candidato:

Depalmas Caterina

Anno Accademico 2017/2018

SOMMARIO

1. PREMESSA.....	4
2. LA PROGETTAZIONE DELLA SICUREZZA ANTINCENDIO: APPROCCIO PRESCRITTIVO E PRESTAZIONALE	5
2.1. Attività normate e attività non normate	5
2.2. Attività soggette e attività non soggette	6
2.3. Approcci alla sicurezza antincendio e introduzione della FSE	7
2.4. Il nuovo Codice di Prevenzione Incendi	10
2.5. Scelta del tipo di approccio normativo da applicare	16
3. IL CASO STUDIO DEL COMPLESSO EDILIZIO DELLA GALLERIA SAN FEDERICO	18
3.1. Descrizione.....	18
3.2. Destinazioni d'uso e attività presenti soggette a normative di prevenzione incendi.....	24
4. VERIFICHE DI AFFOLLAMENTO DELLE ATTIVITÀ PRESENTI	29
4.1. Autorimessa	29
4.2. Cinema	30
4.3. Attività commerciali (> 400m ²)	31
4.4. Attività commerciali (< 400m ²)	36
4.5. Uffici.....	44
4.6. Residenziale	47
4.7. Galleria.....	47
5. L'ATTIVITÀ "AUTORIMESSA"	48
5.1. Premessa.....	48
5.2. D.M. 1 febbraio 1986	49
5.2.1. Classificazione.....	49
5.2.2. Isolamento	53
5.2.3. Altezza dei piani.....	53
5.2.4. Superficie specifica di parcheggio.....	53
5.2.5. Comunicazioni	54
5.2.6. Compartimentazione	58
5.2.7. Corsie di manovra.....	59
5.2.8. Accessi	59
5.2.9. Ventilazione	61
5.2.10. Densità di affollamento e capacità di deflusso.....	62
5.2.11. Larghezza delle vie di uscita e numero delle uscite.....	63

5.2.12.	Ubicazione delle uscite	63
5.2.13.	Impianti idrici antincendio.....	67
5.2.14.	Mezzi di estinzione portatili.....	68
5.3.	D.M. 3 Agosto 2015 – Codice di prevenzione incendi	69
5.3.1.	Classificazione.....	69
5.3.2.	Profili di rischio	70
5.3.3.	Reazione al fuoco.....	72
5.3.4.	Resistenza al fuoco	74
5.3.5.	Compartimentazione	74
5.3.6.	Esodo	76
5.3.7.	Controllo dell'incendio	88
5.3.8.	Rivelazione ed allarme.....	90
5.3.9.	Controllo di fumi e calore.....	93
5.3.10.	Operatività antincendio.....	94
5.3.11.	Sicurezza degli impianti tecnologici e di servizio.....	95
5.4.	Confronto fra i due approcci normativi	96
5.4.1.	Riepilogo punti critici dall'applicazione del DM 01/02/1986	96
5.4.2.	Riepilogo punti critici dall'applicazione del DM 03/08/15 (Codice di Prevenzione Incendi).....	97
5.4.3.	Principali differenze dall'applicazione delle due normative.....	97
6.	APPLICAZIONI PER LA VERIFICA DEL SISTEMA DI ESODO DELLA GALLERIA SAN FEDERICO	100
6.1.	Affollamento sui vani scala	100
6.2.	Dati di input per la simulazione dell'esodo.....	105
6.3.	Il modello	107
6.4.	I risultati	109
7.	CONCLUSIONI	113
8.	SITOGRAFIA E RIFERIMENTI NORMATIVI.....	114

1. PREMESSA

La presente tesi ha come oggetto il tema della progettazione antincendio e mette in luce quelli che sono i diversi approcci normativi, in modo da individuarne le principali differenze e possibili vantaggi e svantaggi della loro applicazione.

In particolare è stato analizzato l'approccio prescrittivo relativo all'applicazione delle vecchie normative di riferimento tuttora in vigore, paragonandolo con l'approccio prescrittivo presente all'interno del nuovo Codice di prevenzione incendi (DM 03 Agosto 2015) e poi con l'approccio prestazionale.

È stato analizzato un caso studio, ossia un complesso edilizio di carattere storico situato nel centro della città di Torino: la Galleria San Federico.

Si tratta di un ampio centro commerciale attraversato da una via pubblica coperta, esclusivamente pedonale e aperta su tre lati.

La scelta di questo edificio è dovuta al fatto che si tratta di un edificio complesso, costituito da una molteplicità di attività distribuite su 8 livelli, di cui 2 interrati, che sono collegate fra loro da un sistema di ingressi/uscite, percorsi di esodo e spazi comuni.

Data appunto la sua complessità, è stato scelto di analizzare nel dettaglio l'autorimessa, situata ai 2 piani interrati, poiché probabilmente costituirebbe una delle attività più problematiche da affrontare, in relazione con le altre attività presenti, specie in caso di esodo.

Per svolgere tale verifica sono stati applicati due diversi approcci normativi. Il primo consiste nel vecchio DM 01 Febbraio 1986; mentre l'altro consiste nell'approccio prescrittivo del Codice di prevenzione incendi, con l'applicazione della Regola Tecnica Verticale (RTV) presente al suo interno e la Regola Tecnica Orizzontale (RTO), che verranno esplicitate nel capitolo successivo.

Una volta confrontati i due approcci, è stata svolta una verifica dei tempi di esodo dell'intero complesso edilizio, al fine di individuare le interferenze fra le varie attività e determinare le tempistiche totali necessarie per l'evacuazione completa dell'edificio.

2. LA PROGETTAZIONE DELLA SICUREZZA ANTINCENDIO: APPROCCIO PRESCRITTIVO E PRESTAZIONALE

La prevenzione incendi riguarda principalmente l'incolumità e la sicurezza della vita umana, dei beni e dell'ambiente. Questo avviene attraverso lo studio e la predisposizione di norme e misure preventive per evitare l'insorgenza di un incendio e limitarne le conseguenze.

La prevenzione incendi è finalizzata alla prevenzione del rischio o all'evitare il sorgere di incendi. La prima legge obbligo di prevenzione incendi risale al 1965, che introduce il Certificato di Prevenzione Incendi.

Con il DM 16 Febbraio 1982 vennero introdotte le attività soggette alle visite e ai controlli di prevenzione incendi, attualmente non più in vigore.

La successiva legge 818 (DM 7 Dic. 1984) consentì alle attività sprovviste di tale certificato di proseguire l'esercizio dotandosi di un nulla osta provvisorio (NOP). Inoltre impose un albo ministeriale destinato a figure con determinati requisiti, in seguito definiti "professionisti antincendio" nel 2011.

Dal 2009 in poi, invece, l'esercizio delle attività fu consentito soltanto con il CPI (Certificato di Prevenzione Incendi).

Fu poi il DPR 151/2011, tuttora in vigore, a sostituire il DM 16 Febbraio 1982 e aggiornare le attività soggette al controllo di prevenzione incendi.

2.1. Attività normate e attività non normate

Una prima distinzione che occorre evidenziare è quella che distingue le attività normate da quelle non normate, ovvero quelle attività che possiedono una normativa specifica di riferimento, anche definita "regola tecnica verticale", da quelle per cui non esiste tale normativa.

Negli anni furono introdotte diverse normative di riferimento, in particolare per i settori lavorativi quali alberghi, uffici, scuole, ma anche autorimesse, depositi ecc. che identificavano le modalità di intervento necessarie per raggiungere un adeguato livello di sicurezza per ogni campo specifico.

Le norme tecniche verticali contengono prescrizioni legate all'analisi di rischio, si tratta quindi di azioni sia preventive che protettive.

Per quanto riguarda invece tutte quelle attività che non hanno una normativa specifica di riferimento, vengono definite "attività non normate". Per questo motivo vennero introdotte delle linee guida il cui obiettivo principale consisteva nella semplificazione della progettazione antincendio, nell'ottica di raggiungere il medesimo risultato. Tali riferimenti sono definiti "norme tecniche orizzontali".

Il riferimento principale usato in questi casi è il Dlgs 81/2008 riguardante la sicurezza e la salute nei luoghi di lavoro, nonché il DM 10 Marzo 1998 "*Criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione dell'emergenza nei luoghi di lavoro*". I criteri presenti all'interno di questi decreti sono di carattere generale, non solo per i lavoratori ma per tutte le persone presenti, come ad esempio per un'attività commerciale.

Un'altra soluzione per raggiungere il livello di sicurezza richiesto può essere l'impiego di una soluzione alternativa di tipo prestazionale, dove possibile.

La normativa che introduce al meglio entrambi gli approcci è il nuovo Codice di Prevenzione Incendi (DM 3 Agosto 2015), i cui aspetti verranno descritti successivamente.

2.2. Attività soggette e attività non soggette

Un'ulteriore importante distinzione occorre metterla in evidenza per quelle che sono le attività soggette al controllo di prevenzione incendi e quelle che non lo sono.

Come già detto prima, l'allegato I del DPR 151/2011, in sostituzione al DM 1982, riporta le 80 attività che richiedono un controllo e delle visite da parte dei Vigili del Fuoco, e le suddivide in 3 principali categorie (A, B, C) in funzione del livello di rischio incendio; tra queste sono presenti sia attività normate che non normate.

Per ogni categoria è prevista una procedura differenziata finalizzata all'accertamento ed alla attestazione delle condizioni di sicurezza antincendio.

Nella categoria A rientrano quelle attività che possiedono una norma tecnica verticale di riferimento.

Tali attività non devono ottenere un parere di conformità sul progetto, ma al termine dei lavori dev'essere consegnata una segnalazione certificata di inizio attività (SCIA) al comando provinciale dei VVF. Dev'essere inoltre consegnata l'asseverazione da parte del professionista antincendio, che attesti la conformità di quanto realizzato.

La categoria B, invece, comporta un esame preventivo del progetto e riguarda attività più complesse, con rischio incendio più elevato, senza una normativa specifica di riferimento. In questo caso è richiesto il parere di conformità al comando dei VVF, che se positivo autorizza l'esecuzione dei lavori. Al termine dei lavori anche in questo caso occorre presentare una SCIA.

Sia per la categoria A che per la B, vengono effettuati sopralluoghi a campione entro 60 giorni dalla SCIA. Inoltre viene rilasciato un "verbale di visita tecnica".

La categoria C invece, richiede lo stesso iter procedurale della categoria B, ma riguarda attività molto complesse, con rischio incendio molto elevato, ma in questo caso può trattarsi sia di attività normate che non normate.

In questi casi vengono effettuati dei controlli a tappeto, in seguito alla presentazione della SCIA.

2.3. Approcci alla sicurezza antincendio e introduzione della FSE

L'approccio prescrittivo consiste in un insieme di direttive e tecniche da rispettare ai fini della sicurezza antincendio e prevede una valutazione del rischio da parte del normatore. Il livello minimo di sicurezza da raggiungere è direttamente dettato da misure prescrittive presenti all'interno dei decreti normativi. Il vantaggio nell'utilizzare questo approccio sta nel suo facile utilizzo e nel fatto che non è necessaria un'analisi di rischio, ma non sempre i relativi decreti sono applicabili.

L'approccio prestazionale, chiamato anche approccio ingegneristico, invece riguarda quelli che sono i livelli minimi di prestazione da ottenere e la verifica del loro raggiungimento, richiedendo un'attenta e precisa valutazione da parte del progettista.

I vantaggi, in questo caso, riguardano sicuramente la flessibilità nella progettazione, ma prevedono costi e tempi maggiori rispetto al primo caso.

L'approccio prestazionale nacque con il DM 9 Maggio 2007 *“Direttive per l'attuazione dell'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio”*, che introdusse il concetto di Fire Safety Engineering (FSE), il cui campo di applicazione era riservato ad edifici di tipo complesso, con particolare rilevanza architettonica e costruttiva, edifici pregevoli per arte o storia o edifici ubicati in particolari contesti urbanistici.

Questo tipo di approccio forniva una soluzione alternativa alle normative vigenti, ai fini dell'individuazione delle misure da adottare per il rilascio del CPI, in caso di attività non normate, quindi all'individuazione di misure di sicurezza equivalenti nell'ambito del procedimento di deroga.

Il processo di valutazione e progettazione nell'ambito dell'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio introduce alcuni importanti aspetti:

- Curva di rilascio termico (Heat Release Rate, HRR), ovvero l'energia termica emessa da un focolare o da un incendio per unità di tempo;
- Livelli di prestazione, ovvero i criteri di tipo quantitativo e qualitativo rispetto ai quali si può svolgere una valutazione di sicurezza;
- Processo prestazionale, finalizzato al raggiungimento degli obiettivi e livelli di prestazione
- Scenari di incendio, relativi allo sviluppo naturale di un incendio;
- Scenari di incendio di progetto, per i quali viene svolta l'analisi utilizzando l'approccio ingegneristico.

L'approccio ingegneristico è caratterizzato da tre fasi principali e ha lo scopo di individuare misure di sicurezza che siano almeno equivalenti da quelli previsti dalle norme prescrittive.

La prima fase consiste in un'analisi preliminare e prevede la descrizione delle condizioni ambientali e le caratteristiche degli abitanti allo scopo di individuare i rischi alla quale una specifica attività è esposta.

Prima di tutto occorre definire il progetto, individuando appunto vincoli ambientali e caratteristiche degli occupanti per andare poi a definire gli obiettivi, ovvero chi e cosa si vuole andare a proteggere; si individuano poi i livelli di prestazione, ovvero quali parametri considerare per garantire il soddisfacimento degli obiettivi, dopodiché si individuano gli scenari di incendio di progetto, scegliendo tendenzialmente quello più gravoso.

La seconda fase, invece, consiste in un'analisi quantitativa; infatti prevede l'uso di modelli automatici, a elementi finiti, per simulare lo sviluppo di un incendio e valutarne le conseguenze.

È importante fare un confronto fra i risultati e i livelli di prestazione per effettuare le valutazioni relative allo scenario di incendio considerato; devono infatti essere adeguatamente illustrati tutti gli elementi che consentono di verificare il rispetto dei livelli di prestazione indicati nell'analisi preliminare, al fine di evidenziare l'adeguatezza delle misure di protezione che si intendono adottare.

Occorre pertanto fare una prima ipotesi di progetto e successivamente scegliere il modello di calcolo per la simulazione; dopo aver individuato i parametri numerici che descrivono l'evoluzione dell'incendio, si individua il progetto finale che soddisfa i livelli di prestazione prefissati.

La terza e ultima fase riguarda il sistema di gestione della sicurezza antincendio (SGSA), definito attraverso uno specifico documento presentato all'organo di controllo fin dalla fase di approvazione del progetto e da sottoporre a verifiche periodiche.

Lo scopo è quello di evitare una riduzione nel tempo del livello di sicurezza prescelto e necessita del mantenimento di tutti i parametri posti in principio.

Non ci sono indicazioni sui valori numerici per i livelli di prestazioni da assumere, nessuna informazione su quali e quanti scenari di incendio prevedere, non vengono forniti criteri per la scelta dello scenario più gravoso in funzione dell'attività, inoltre viene quasi completamente tralasciata la progettazione dell'esodo e l'influenza delle caratteristiche degli occupanti, mentre non viene data nessuna indicazione sulle tipologie di modelli automatici da utilizzare o su quali siano i criteri di riferimento per la loro validazione.

Per l'attuazione del SGSA devono essere valutati ed esplicitati i provvedimenti riguardo:

- Organizzazione del personale;
- Identificazione e valutazione dei pericoli derivanti dall'attività;
- Pianificazione di emergenza;
- Sicurezza delle squadre di soccorso;
- Controllo delle prestazioni;
- Manutenzione dei sistemi di prestazione.

La Fire Safety Engineering, secondo la norma ISO 13387, non è altro che l'applicazione dei principi, delle regole e dei giudizi esperti basati sulla valutazione scientifica del fenomeno della combustione, degli effetti dell'incendio e del comportamento umano, finalizzati alla tutela della vita umana, alla protezione di beni e ambiente, alla quantificazione dei rischi d'incendio e relativi effetti e alla valutazione analitica delle misure antincendio ottimali, necessarie a limitare, entro livelli prestabiliti, le conseguenze dell'incendio.

2.4. Il nuovo Codice di Prevenzione Incendi

Il DM 3 Agosto 2015 fornisce una soluzione alternativa a quelli che sono i vecchi approcci prescrittivi fino a quel momento adottati.

Si tratta di una serie di linee guida, raccolte in un unico testo, con l'obiettivo di ridurre la probabilità di insorgenze di un incendio tramite particolari procedure e di limitare le conseguenze prevedendo opportune compartimentazioni, vie di esodo, soluzioni costruttive ecc. I vantaggi consistono in una semplificazione delle direttive da rispettare e una maggiore flessibilità, introducendo l'opportunità di usufruire di diverse soluzioni.

Fra le normative a cui fa principalmente riferimento vi sono i decreti sopra citati DM 9 Maggio 2007, DPR 151/2011, nonché il Testo Unico sull'edilizia.

Il testo è suddiviso innanzitutto in due parti: una prima parte dispositiva, che identifica il campo di applicazione e le modalità applicative delle norme tecniche di prevenzione incendi, e una seconda parte che consiste nell'allegato, meglio conosciuto anche come Codice di Prevenzione Incendi.

Tale Codice rappresenta, come già detto, un metodo alternativo ed è suddiviso in 4 sezioni principali: G, S, V, M.

L'applicabilità del Codice è limitata a tutte le attività che hanno una propria RTV all'interno di esso (reperibili nella sezione V), a tutte le attività soggette ma senza una propria normativa di riferimento (non normate), ma può essere utilizzato come riferimento anche per le attività non soggette.

Le sezioni G ed S rappresentano la parte di normativa orizzontale, utile anche come semplice riferimento normativo; la sezione V rappresenta la parte di normativa verticale, e insieme alle sezioni G ed S, costituiscono l'approccio prescrittivo del Codice di Prevenzione Incendi. La sezione M invece fa riferimento alla FSE, quindi ad un approccio prestazionale.

La sezione G (Generalità) comprende definizioni, profili di rischio e la progettazione antincendio; costituisce la parte più generale ed è suddivisa in 3 ulteriori settori.

Nel G1 è possibile trovare simboli grafici, termini e definizioni, alcune delle quali sono nuove o presentano delle variazioni rispetto alle altre normative.

Il G2, invece, introduce quelle che sono le ipotesi fondamentali ai fini della progettazione della sicurezza antincendio:

- Un solo punto di innesco;
- Rischio d'incendio non ridotto a zero, ma si minimizza entro un certo limite.

Inoltre, prevede l'individuazione dei livelli di prestazione.

Il G3 consiste nella valutazione del rischio, in funzione dei profili di rischio:

- Rvita, che riguarda la salvaguardia della vita umana e viene determinato per ogni compartimento; viene ricavato in funzione delle caratteristiche prevalenti degli occupanti e della velocità di innesco.
- Rbeni, che riguarda la tutela dei beni e viene determinato per tutta l'attività;
- Rambiente, che riguarda la tutela dell'ambiente.

La metodologia di progettazione consiste pertanto nel determinare profili di rischio e livelli di prestazione, così come i criteri di attribuzione degli stessi, e nell'effettuare poi le scelte progettuali, che possono essere conformi (prescrittive, di immediata applicazione), alternative (richiedono dimostrazione del raggiungimento dei livelli di prestazione) o in deroga.

La sezione S, invece, riguarda la strategia antincendio ed è suddivisa in 10 parti per ognuna delle quali sono indicati i criteri di attribuzione dei livelli di prestazione e la scelta delle soluzioni progettuali. Tra queste troviamo:

- S1: reazione al fuoco;
- S2: resistenza al fuoco;
- S3: compartimentazione;
- S4: esodo;
- S5: G.S.A.;
- S6: controllo dell'incendio;
- S7: rivelazione e allarme;
- S8: controllo di fumi e calore;
- S9: operatività antincendio;
- S10: sicurezza impianti.

La sezione V comprende le RTV per le quali è consentita l'applicazione del Codice stesso. Tra queste troviamo ad esempio norme di riferimento per autorimesse, alberghi e uffici.

È inoltre opportuno prestare attenzione ai limiti di assoggettabilità, poiché in alcuni casi differisce dalla rispettiva norma di riferimento. Un esempio sono proprio gli uffici, che risultano attività normata se possiedono un numero di presenti > 25, ma risultano attività soggetta solo se > 300 presenze.

L'ultima sezione (M) è quella che consente l'utilizzo di un approccio diverso, spesso utile in caso di eccessive restrizioni negli altri casi, introducendo il concetto di "ingegneria della sicurezza antincendio" o FSE.

Tale approccio prevede "l'applicazione di principi ingegneristici, di regole e di giudizi esperti basati sulla valutazione scientifica del fenomeno della combustione, degli effetti dell'incendio e del comportamento umano, finalizzati alla tutela della vita umana, alla protezione dei beni e dell'ambiente, alla quantificazione dei rischi di incendio e dei relativi effetti ed alla valutazione analitica delle misure antincendio ottimali, necessarie a limitare, entro livelli prestabiliti, le conseguenze dell'incendio".

Anche questa sezione è suddivisa in più settori:

- M1: metodologia;
- M2: scenari d'incendio;
- M3: salvaguardia della vita.

Nel primo capitolo (M1) è descritta la metodologia di progettazione dell'ingegneria della sicurezza antincendio, proponendo soluzioni idonee al raggiungimento degli obiettivi progettuali, mediante attente analisi.

La prima è un'analisi preliminare in cui vengono individuate le condizioni di rischio più rappresentative (scenari d'incendio di progetto), gli obiettivi da perseguire e i relativi livelli di prestazione. Dopodiché si passa ad un'analisi quantitativa in cui vengono calcolati gli effetti dell'incendio, elaborate le soluzioni progettuali e confrontati i risultati con i livelli di prestazione stabiliti, per poi scegliere la soluzione progettuale più adeguata.

Durante la definizione delle soglie di prestazione, il progettista definisce i parametri significativi per soddisfare gli obiettivi, come ad esempio temperature dei gas, fumo, visibilità, irraggiamento ecc.

L'obiettivo primario è sempre la salvaguardia della vita umana, pertanto è importante considerare quei fattori che possono generare l'incapacità delle persone, come la temperatura massima di esposizione, la FED (concentrazione di sostanze tossiche) e la visibilità.

Un aspetto importante è anche quello di considerare l'imprevedibilità del comportamento umano, infatti il criterio prestazionale evidenzia che è impossibile garantire un ambiente privo di rischi.

Nel capitolo M2, invece, vengono individuati, selezionati e poi quantificati gli scenari d'incendio di progetto, secondo la seguente procedura:

- Elaborazione delle soluzioni progettuali
- Valutazione delle soluzioni progettuali
- Selezione delle soluzioni progettuali idonee

In questa fase vengono calcolati gli effetti dei singoli scenari per ogni soluzione progettuale elaborata; vengono infatti impiegati dei modelli di calcolo con lo scopo di descrivere l'evoluzione di un incendio e gli effetti che questo produce e, una volta ottenuti i risultati, si verifica il rispetto delle soglie di prestazione.

I modelli di calcolo possono essere di due tipi:

- Analitici;
- Numerici (a zone o di campo).

Il modello a zone è utile per valutare in modo preliminare le condizioni di maggiore criticità, risolvendo le equazioni di conservazione della massa e dell'energia relativamente ad un numero basso di zone macroscopiche. Consiste in un ambiente confinato suddiviso in 2 principali zone omogenee: una superiore in cui si trovano i prodotti della combustione e una inferiore che risulta libera da fumi e gas. Tali modelli stimano importanti fattori come la posizione dell'interfaccia delle 2 zone omogenee, la concentrazione di ossigeno, la visibilità e le temperature medie dei due strati.

I modelli di campo, invece, stimano l'incendio per via numerica, dividendo lo spazio in un numero elevato di celle, risolvendo anch'essi le equazioni di conservazione di massa ed energia, attraverso i metodi degli elementi finiti. I risultati sono molto più dettagliati dei modelli a zone, ma richiedono sicuramente tempi notevolmente maggiori.

Un altro tipo di modello molto utile è quello per la simulazione dell'esodo, come FDS+EVAC o Mass Motion. Quest'ultimo verrà successivamente impiegato per il caso studio oggetto della presente tesi, al fine di effettuare una valutazione in merito al tempo di esodo complessivo dell'intero edificio scelto.

I dati di input da definire, in base all'obiettivo, per le caratteristiche fondamentali della FSE sono:

- Attività;
- Occupanti;
- Incendio.

Un aspetto molto importante è quello di tenere conto delle condizioni delle persone presenti, che possono influenzare il comportamento e la risposta nell'incendio stesso, quali l'affollamento, il tipo di utenza, lo stato psico-fisico, la familiarità con l'attività in cui si trovano e lo stato di veglia.

Non meno importante sono le caratteristiche dell'incendio, come la localizzazione del focolare, la sua tipologia, la quantità, la fonte d'innesco, la potenza termica prodotta e i prodotti della combustione.

Un aspetto tipico della FSE è l'analisi della dinamica dell'incendio, che l'approccio tradizionale di tipo prescrittivo tende a trascurare.

L'approccio tradizionale considera, infatti, il carico d'incendio come principale parametro per caratterizzare un incendio, non considerando la dinamica sul rilascio dell'energia nel tempo.

Un altro fattore da tenere in considerazione è che, nelle valutazioni della temperatura raggiunta in un compartimento nella fase di pre-flashover, HRR come dato di input è più attendibile del carico d'incendio.

Con quest'ultimo, infatti, la stima della temperatura risulta molto conservativa perché si suppone che tutto il combustibile presente partecipi alla combustione.

Gli obiettivi di sicurezza da perseguire in tal senso sono:

- La salvaguardia della vita, fino al raggiungimento di un luogo sicuro;
- Il mantenimento della capacità portante, fino a che gli effetti dell'incendio risultino non più significativi da compromettere la struttura.

L'ultimo capitolo (M3) è forse uno dei più importanti poiché è dedicato alla salvaguardia della vita umana, con la progettazione prestazionale.

Questa tiene conto dell'interazione degli occupanti con l'edificio e l'incendio; entra in gioco infatti l'aspetto comportamentale. È fondamentale, in questo senso, effettuare una corretta progettazione del sistema di esodo, non solo prevedendo aspetti fisico-geometrici, ma considerando le possibili reazioni, anche imprevedibili, degli individui presenti.

Il criterio con cui viene effettuata questa valutazione è il seguente:

$$A_{set} > R_{set}$$

Dove

Aset: tempo disponibile per l'esodo

Rset: tempo richiesto per l'esodo

Quest'ultimo si determina dalla sommatoria di più componenti, fra le quali il tempo di rivelazione (tempo che occorre ai sistemi presenti di "accorgersi dell'incendio"), tempo di allarme generale (tempo che trascorre dal momento in cui viene rilevato al momento in cui viene diffusa l'informazione), tempo di riconoscimento (tempo che gli occupanti impiegano per capire che si tratti di un'emergenza), tempo di risposta (tempo che gli occupanti impiegano per iniziare la procedura di esodo), tempo di movimento o tempo di viaggio (tempo impiegato per raggiungere un luogo sicuro).

Vi è poi il margine di sicurezza che corrisponde ad una percentuale da aggiungere all'Rset per arrivare all'Aset, solitamente pari al 10%.

Secondo una definizione più completa si può definire l'Aset come il tempo tra innesco e momento in cui le condizioni nell'attività diventano tali da rendere gli occupanti incapaci di porsi in salvo. Mentre l'Rset si può definire come il tempo tra innesco e momento in cui gli occupanti raggiungono un luogo sicuro.

Per determinare Aset si può ricorrere al metodo avanzato, che prevede l'elaborazione del modello per gas tossici, gas irritanti, calore e visibilità; oppure al metodo semplificato che pone un'altezza dei fumi pari a 2 m e una temperatura massima dei fumi di 200°C.

Sicuramente il DM 3 Agosto 2015 ha modificato il modo di approcciarsi alla progettazione in materia di prevenzione incendi, introducendo un nuovo sistema di concepire la sicurezza antincendio, coinvolgendo ciò che fino a quel momento non era stato così ampiamente considerato, ovvero l'imprevedibilità e il comportamento delle persone che può essere influenzato da diversi fattori, tra i quali la familiarità con l'edificio, nonché lo stato di veglia degli occupanti.

2.5. Scelta del tipo di approccio normativo da applicare

È compito del progettista fare le dovute valutazioni per definire quale approccio normativo utilizzare in base alle possibilità offerte dall'attuale legislazione.

L'approccio prescrittivo mediante l'utilizzo dei vecchi decreti normativi potrebbe risultare favorevole dal punto di vista della chiarezza e semplicità di applicazione, ma potrebbe contenere, a seconda del caso, delle restrizioni che non consentono o comunque ostacolano, in modo insostenibile, la realizzabilità dell'intervento.

L'approccio prescrittivo all'interno del Codice in parte potrebbe risolvere questo tipo di situazioni, data la possibilità di diversi tipi di soluzioni, ma non sempre risulta di facile applicabilità, ma soprattutto non sempre è applicabile (solo se presente una RTV all'interno del Codice stesso).

Anche l'approccio ingegneristico, che lascia libero spazio alle scelte del progettista, può avere problematiche applicative dal punto di vista economico e delle tempistiche.

Uno degli esempi più significativi di contenuto differente fra il Codice e i vecchi decreti normativi riguardano il sistema di esodo. Infatti, con il Codice sono cambiati importanti parametri come l'affollamento per alcune attività (ad esempio per le autorimesse con la vecchia RTV era pari a 0,1 o 0,01 persone/m², mentre con il Codice è pari a 2 persone per veicolo parchato), così come la larghezza delle vie d'uscita, numero delle vie di esodo, lunghezza dei percorsi di esodo. Inoltre viene introdotto il concetto di corridoio cieco e di verifica di ridondanza del numero di uscite.

Anche il sistema di gestione della sicurezza antincendio gioca un ruolo fondamentale, in quanto contiene direttive e indicazioni sui procedimenti da attuare in merito di prevenzione e protezione.

Tutti questi aspetti possono cambiare notevolmente i risultati di un'analisi.

3. IL CASO STUDIO DEL COMPLESSO EDILIZIO DELLA GALLERIA SAN FEDERICO

3.1. Descrizione

L'oggetto del presente caso studio riguarda l'analisi e la valutazione di un edificio di carattere storico dal punto di vista del rischio incendio e della sicurezza antincendio.

Tale valutazione è stata svolta sulla Galleria San Federico, ubicata nel centro storico di Torino, nell'isolato compreso tra Via Santa Teresa, Via Roma e Via Bertola, con accessi pedonali a piano stradale su ciascuna via accessibile da 3 vie principali.

Si tratta di un edificio destinato ad ospitare per lo più uffici e attività commerciali, ma è anche presente uno storico cinema, un'autorimessa di 2 piani interrati ed alcuni appartamenti all'ultimo piano.

La sua costruzione risale agli anni Trenta e la progettazione è dovuta all'architetto Federico Canova e all'ingegnere Vittorio Bonadè Bottino.

L'intervento prevedeva la ristrutturazione della precedente Galleria Natta, al fine di creare una nuova area commerciale coperta che andasse ad aggiungersi alle esistenti Galleria Subalpina e Galleria Umberto I.

Il progetto prevedeva ampi spazi per negozi, magazzini e la realizzazione di un'autorimessa sotterranea, nonché numerosi uffici ed un cinema (fig. 1).

I primi uffici furono occupati dalla sede storica del quotidiano La Stampa (fig. 2) ed un paio d'anni dopo venne inaugurato anche il Cinema Rex. Successivamente si stabilì anche la sede della compagnia assicurativa SAI e fu sede di diversi negozi, gioiellerie e studi professionali, ma anche della Juventus F.C. Negli anni Duemila la Galleria fu soggetta a restauri, fra cui quello del Cinema Lux.

La Galleria è attualmente aperta e ricca di attività commerciali, servizi e uffici ed è ampiamente frequentata, data la sua posizione nel pieno centro della città di Torino.



Fig. 1 - Costruzione del cinema



Fig. 2 – Sede de La Stampa

Attualmente la Galleria San Federico risulta di proprietà della UnipolSAI Investimenti SGR SpA – Tikal R.E. Fund.

Il complesso edilizio si sviluppa su quattro piani fuori terra, più relativo ammezzato, due piani interrati e piano sottotetto.

Ai piani stradale e ammezzato trovano sede numerosi locali commerciali mentre i piani superiori ospitano uffici di rappresentanza, studi professionali ed alcuni alloggi in affitto.

Sul lato interno del perimetro del complesso è ubicato il Cinema “Multisala Lux”, avente tre sale a piano interrato e biglietteria a piano terra nell’atrio comunicante con il centro commerciale “Fiorfood”, il quale si sviluppa su tre livelli fuori terra, più relativa copertura.

Inoltre sono presenti due piani interrati in cui trovano posto l’autorimessa con rampa di ingresso su via Bertola, le cantine dei negozi ed i locali tecnologici del complesso.

A piano stradale il percorso interno della galleria ha una planimetria a forma di “T” che collega gli accessi pedonali di via Santa Teresa e Via Bertola ed i portici di via Roma.



Fig. 3 – Galleria San Federico da Google Maps



Fig. 4 – Galleria San Federico da Google Earth

Ciascun accesso alla galleria presenta un arco centrale di altezza variabile tra i 5.45-7.45 m, con larghezza utile tra le due colonne di 3.45 m, e passaggi laterali su ambedue i lati, tra colonna ed edificio (fig. 5).



Fig.5 – Accesso da via Roma

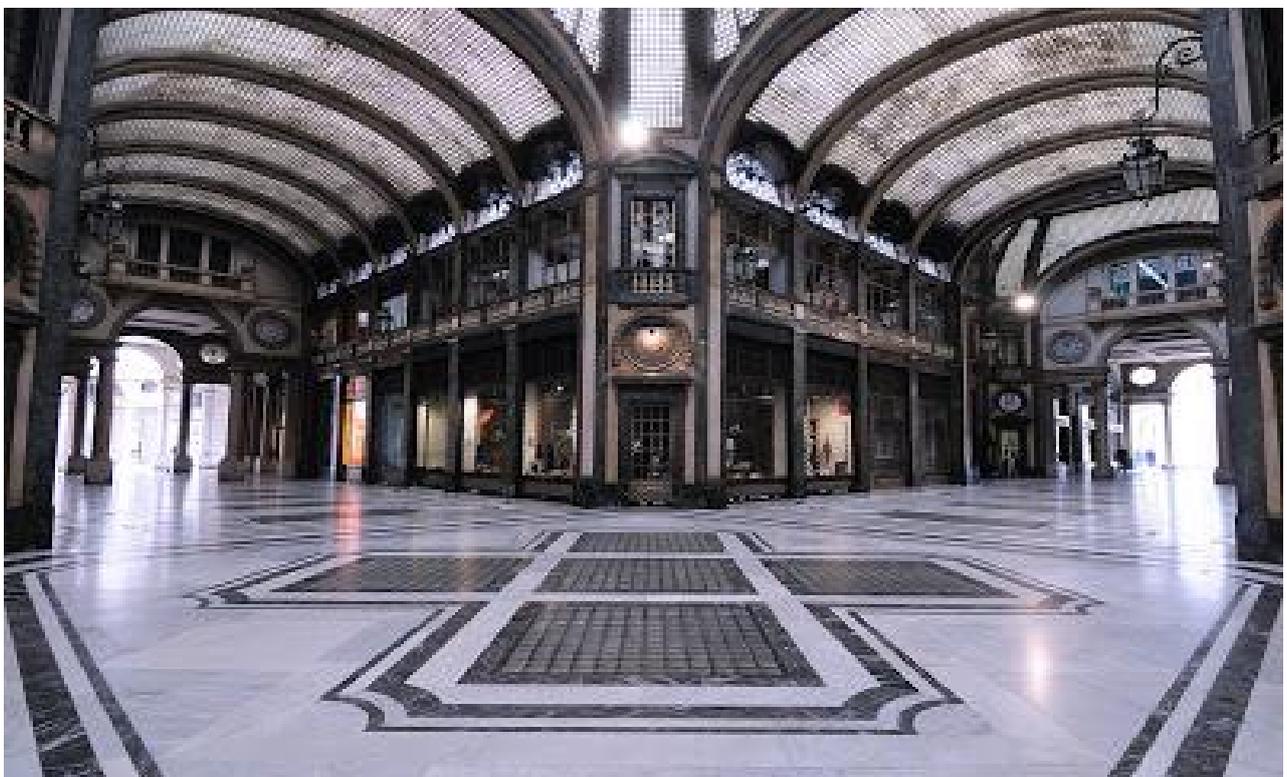


Fig.6 – Vista interna della Galleria

La galleria serve gli ingressi/uscite per le attività del complesso ed in caso di incendio da percorso orizzontale di esodo dalle stesse attività fino al raggiungimento delle pubbliche vie. Sul tratto Nord-Sud della galleria si distinguono: da un lato, gli ingressi/uscite del centro commerciale, del cinema, di alcuni negozi e degli uffici serviti dal vano scala B, dall'altro gli ingressi/uscite di altri negozi e degli uffici serviti dai vani scala A e C; sul tratto Ovest-Est gli ingressi/uscite di altri negozi; mentre sul tratto Nord-Est è presente la rampa di accesso dell'autorimessa.

Il presente complesso edilizio è caratterizzato dal vincolo monumentale della Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio del Piemonte, limitatamente all'invaso spaziale ed a tutte le superfici interne della galleria, al cinema Lux nelle parti quali atri e sale proiezioni ed alle aree comuni ai vari ingressi civili quali scale e atri a tutti i livelli.

La Galleria è costituita da una copertura a volta ellittica a botte sormontata da due cupole minori sul tratto sud-nord e una grande cupola centrale che sovrasta lo scalone d'accesso del Cinema, realizzati con strutture portanti in cemento armato.

È dotata di un ampio volume interno grazie ad una altezza libera interna variabile tra 8.50-11.50 m in corrispondenza delle volte ellittiche a botte, fino a 17.00 m in corrispondenza della cupola centrale e fino a 15.00 m in corrispondenza delle due cupole minori; mentre per quanto riguarda l'aerazione permanente questa è consentita oltre che in corrispondenza dei tre fronti aperti pedonali connessi alle vie pubbliche, anche in sommità attraverso aperture sulle cupole centrali e minori.



Fig.7 – Vista interna della Galleria

Per quanto riguarda la struttura, della parte ovest del complesso edilizio è stata oggetto di modifiche e trasformazioni negli anni a seguito delle ristrutturazioni che hanno interessato il cinema e l'insediamento del centro commerciale.

Gli interventi hanno riguardato anche la realizzazione di fondazioni dirette, di strutture in calcestruzzo armato con elementi sia prefabbricati che gettati in opera per i primi due livelli cinema-centro commerciale, di strutture reticolari in carpenteria metallica per il secondo livello e copertura del centro commerciale.

Le strutture oggetto dell'intervento di ristrutturazione sono state armonizzate con gli aspetti architettonici della stessa Galleria e con gli edifici che affacciano sulle vie Roma, Bertola e Santa Teresa, il cui il tessuto strutturale esistente risulta sostanzialmente formato da un'ossatura in cemento armato con tamponamenti laterali intonacati, copertura a due falde in coppi, oltre ad elementi ornamentali di interesse artistico.

La copertura della galleria è caratterizzata da volta ellittica a botte in corrispondenza dei tre accessi e dalla grande cupola centrale (fig. 8) in corrispondenza dell'ingresso del cinema, con strutture principali realizzate in cemento armato e tamponamenti costituiti da una magliatura di metallo e vetro che seguono il disegno della copertura.

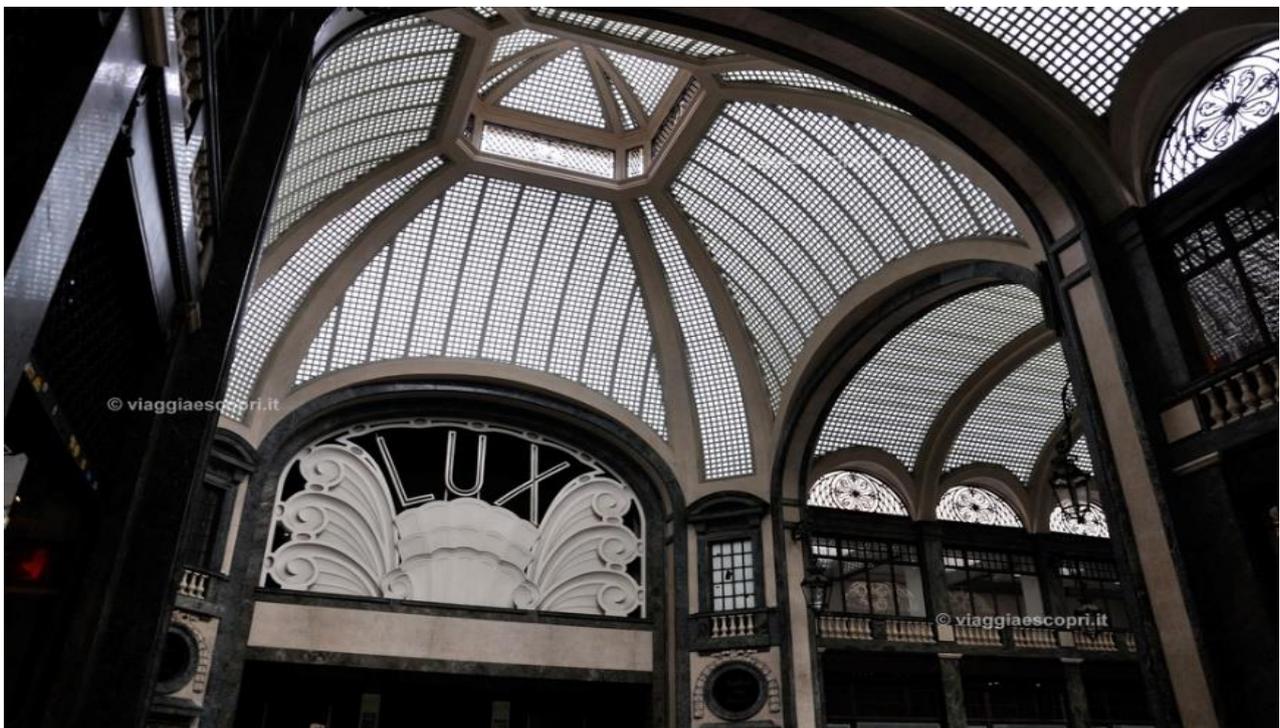


Fig.8 – Vista interna cupola centrale

La Galleria San Federico, nel presente studio, sarà oggetto di una verifica dal punto di vista della prevenzione incendi, per la quale sono stati applicati i due diversi approcci normativi, riguardanti le normative prescrittive con i decreti normativi in vigore, e le normative prescrittive presenti all'interno del Codice di prevenzione incendi (DM 03/08/2015).

Nello specifico tale analisi è stata svolta per una delle attività considerata tra le più a rischio: l'autorimessa.

La scelta di effettuare le verifiche su questa attività è dovuta al fatto che è situata ai 2 livelli interrati, in parte comprende dei percorsi di esodo in comune anche con le attività presenti negli altri piani, presenta notevoli dimensioni, una particolare dislocazione dei posti auto e corsie, lunghezze e percorsi di esodo particolari con collegamenti e comunicazioni con altre attività. Questi aspetti verranno successivamente sviluppati e argomentati con i due approcci normativi sopra menzionati.

Successivamente è stata svolta una valutazione globale di tutto l'edificio, andando a coinvolgere tutte le attività che confluiscono nei percorsi di esodo comuni, al fine di valutare le tempistiche di evacuazione dell'intero edificio nella sua complessità.

Il motivo di questa verifica è nato sia dalla complessità del sistema di esodo esistente, sia dal fatto che lo spazio coperto nella galleria continua ad essere un percorso di esodo orizzontale. Infatti, nonostante sia aperta in modo permanente su tre lati, non costituisce un luogo sicuro, seppur si tratti di strada pubblica.

Pertanto è stato opportuno valutare sia il percorso comune verticale che quello orizzontale relativo alla Galleria, fino al raggiungimento dello spazio scoperto, quali via Roma, via Santa Teresa e via Bertola.

Per ogni attività presente nell'edificio è stato quindi determinato l'affollamento massimo ipotizzabile calcolato in funzione delle normative di riferimento vigenti, utile per individuare il numero totale di persone che confluisce nelle uscite di ogni piano e che percorrerà le vie di esodo verticali, in contemporanea con quelle degli altri piani.

Queste interferenze fra occupanti di diversi piani determina dei tempi di coda che verranno calcolati mediante l'impiego del software di esodo Mass Motion, della software house "Oasis".

Per determinare l'affollamento di tutte le attività normate, quali cinema, attività commerciali con superficie > 400 m² e uffici, sono state utilizzate le norme di riferimento verticali, mentre per alcune attività non normate, quali alcuni locali commerciali con superficie < 400 m², è stato considerato un generico affollamento pari a 0,4 persone/m².

Per gli alloggi invece è stato considerato un affollamento pari al numero dei posti letto, così come per l'ufficio del custode un affollamento pari al numero di postazioni.

3.2. Destinazioni d'uso e attività presenti soggette a normative di prevenzione incendi

Si riporta in fig. 9 una sezione schematica del complesso, con indicazione delle destinazioni d'uso per piano.

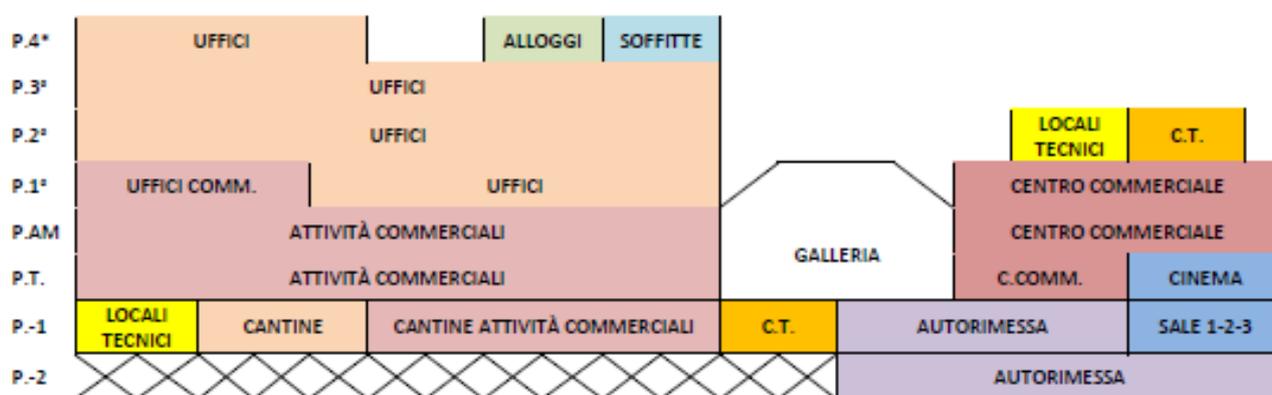


Fig.9 – Schema distributivo verticale delle varie attività

La Galleria si sviluppa fino al piano primo dove si trovano per lo più locali adibiti ad uffici e attività commerciali, alcuni dei quali si affacciano direttamente sul lato interno della stessa Galleria.

Inoltre, al livello -3 è presente una vasca di riserva idrica che costituisce stazione antincendio, ad una profondità di circa 15 m dal livello del terreno, accessibile da un vano scala presente nel compartimento 3, al livello -2.

Di seguito si riepilogano le attività esistenti del complesso edilizio in base al piano di pertinenza, alla destinazione d'uso, al numero di ingressi/uscite, alla quota altimetrica rispetto al piano di calpestio della galleria, all'altezza dei locali.

PIANO	DESTINAZIONE D'USO	ACCESSI	QUOTA (*)	ALTEZZA LOCALI
-3	STAZIONE ANTINCENDIO con vasca di riserva idrica	-scala marinara in intercapedine su via Bertola -da autorimessa p.-2	-14,81 m	>2,4m (netta)
-2	AUTORIMESSA Compartimento 3	-rampa da autorimessa piano -1 -vano scala a prova di fumo su galleria	-11,53 m	>2,4m (netta)
	AUTORIMESSA Compartimento 2	-rampa da autorimessa piano -1 -vano scala a prova di fumo su galleria	-7,60 m	>2,4m (netta)
-1	AUTORIMESSA Compartimento 1	-rampa su via Bertola -vano scala protetto su galleria -da vani scala A-B-C tramite filtri a prova di fumo	-4,74 m	>2,4m (netta)
	CINEMA Sale cinema 1, 2, 3 Foyer - Cabine proiezione	- da foyer tramite filtri a prova di fumo	-5,85 m -8,73 m	Foyer: 3,9 -4,8m Sale: 4,4-7,1m Cabine: 2,6m
	CENTRALE TERMICA	-da autorimessa tramite filtro a prova di fumo	-4,74 m	3,7m
	CANTINE uffici e negozi	-vano scala A a prova di fumo -scale interne negozi	-4,74 m	4,5 m
	LOCALI TECNICI	-da autorimessa -vani scala A-B-C a prova di fumo	-4,74 m	> 3 m
TERRA	CINEMA atrio	-da galleria -da centro commerciale con filtro	+0,72 m	3,7-5,20m
	CENTRO COMMERCIALE Livello 0	-ingressi da galleria -ingresso su via Bertola	±0,00 m	>3 m
	NEGOZI	-da galleria -da vie pedonali	±0,00 m	4,2 m
	SERVIZI	-da galleria	±0,00 m	4,2 m
AMM.	CENTRO COMMERCIALE Livello 1	-uscita su scala protetta verso galleria -uscita su terrazza fino a galleria -da atrio cinema con filtro a prova di fumo	+4,65 m +6,45 m	>3 m
	NEGOZI	-da interno negozio -vani scala protetti A-B-C	+4,50 m	4,2 m
	UFFICI	-vano scala protetto A	+4,50 m	4,2 m
1°	CENTRO COMMERCIALE Livello 2	-scala protetta verso galleria - uscita due scale esterne su terrazza livello 1	+9,22 m	>3m
	UFFICI	-vani scala protetti A-B-C	+8,00 m	3,2 m
2°	LOCALI TECNICI Copertura Centro Comm.	-scala esterne su terrazza livello 1	+14,26 m	>3m
	CENTRALE TERMICA Copertura Centro Comm.	-scala esterne su terrazza livello 1	+14,26 m	>3m
	UFFICI	-vani scala protetti A-B-C	+13,69 m	4,3 m
3°	UFFICI	-vani scala protetti A-B-C	+18,36 m	3,2 m
4°	UFFICI	-vano scala protetto C	+21.79 m	2,9 m -1.5 m
	ALLOGGI	-vani scala protetti A-B	+21.79 m	2,9 m
	SOFFITTE	-vano scala protetto A	+21.79 m	<2 m

Tab.1 – accessi ed uscite delle varie attività

In totale sono presenti 3 vani scala principali (A, B, C) utilizzati da diverse attività, a loro volta costituiti da ulteriori vani (A1, A2, C1, C2), i quali sono descritti nella tabella 2.

Utilizzo	Scala	Attività
da P.T. a P.3°	A	Uffici, negozi
da P.-1 a P.3°	A1	Autorimessa, uffici, negozi
da P.3° a P.4°	A2	Uffici, alloggi
da P.T. a P.3°	B	Uffici, negozi
da P.T. a P.2°	C	Uffici, negozi
da P.-2 a P.3°	C1	Autorimessa, uffici
da P.2° a P.4°	C2	Uffici

Tab.2 – Vani scala principali ai fini dell'esodo

Fra le varie unità presenti nell'edificio, oltre all'autorimessa che di seguito si andrà ad analizzare nel dettaglio, troviamo:

- Unità 01: negozio *Atelier & Other stories*
- Unità 02: bar *San Federico*
- Unità 03: negozio *Boutique Cruciani*
- Unità 04: gelateria *Mondello*
- Unità 05: centro commerciale *San Federico e Fiorfood*
- Unità 06: cinema *Lux*
- Unità 07: negozio *Aspesi*
- Unità 08: banca *UniCredit*
- Unità 09: custode
- Unità 10: negozio *Gioielleria Olivero*
- Unità 11: negozio *Atelier Emè*
- Unità 12: tabacchi *Duke*
- Unità 13: (attività chiusa)
- Unità 14: negozio *Kiehl's*
- Unità 15: negozio *Mont Blanc*
- Unità 16: negozio *Hermès*
- Unità 17: negozio *De Wan*

- Unità 18: negozio *Elena Mirò*
- Unità 19: negozio *Salvatore Ferragamo*
- Unità 20: negozio *Geox*
- Unità 21: tabacchi *Duke*
- Unità 22: (attività chiusa)
- Unità 23: negozio *Apple*
- Unità da U1 a U6: uffici
- Unità da R1 a R5: alloggi

Tra le diverse attività presenti nella Galleria è opportuno fare un'ulteriore distinzione in quanto sono presenti attività normate e non normate, così come vi sono attività soggette e non soggette ai controlli di prevenzione incendi, secondo il DPR n.151/2011.

Questi si possono riassumere nella seguente tabella.

ATTIVITA'			
1	Autorimessa	normate (DM 02-1986)	soggette (att. 75)
2	Cinema multisala	normate (DM 08-1996)	soggette (att. 65)
3	Attività commerciali (>400 m ²)	normate (DM 07-2010)	soggette (att. 69)
4	Centrale termica p. -1	normate (DM 04-1996)	soggette (att. 74)
5	Centrale termica p. 2°	normate (DM 04-1996)	soggette (att. 74)
6	Uffici	normate (DM 02-2006)	non soggette
7	Attività commerciali (<400 m ²)	non normate	non soggette
8	Cantine e locali tecnici	non normate	non soggette
9	Alloggi	non normate	non soggette
10	Soffitte alloggi	non normate	non soggette
11	Gruppo elettrogeno	normate (DM 07-2011)	non soggette

Tab.3 – Tabella identificativa attività normate/non normate, soggette/non soggette

Si può dedurre che alcune attività commerciali non rientrano nei limiti di assoggettabilità dell'allegato I del DPR 151/2011 poiché presentano una superficie, comprensiva dei servizi e dei depositi, inferiore ai 400 m².

Mentre per quanto riguarda gli uffici, anch'essi non rientrano nei limiti di assoggettabilità, avendo un numero di persone massimo, per ogni titolarità, non superiore a 300.

Anche il gruppo elettrogeno non rientra in tali limiti data la sua potenza < 25 kW, così come alloggi e soffitte situati esclusivamente al 4° e ultimo piano.

Per quanto riguarda invece la Galleria e le vie di esodo, queste sono incluse nell'attività 73 del DPR 151/2011 in quanto si tratta di *“complessi edilizi a uso terziario e/o industriale caratterizzati da promiscuità strutturale e/o dei sistemi delle vie di esodo e/o impiantistica con presenza di persone superiore a 300 unità, ovvero di superficie complessiva superiore a 5.000 m²”*.

Nel capitolo successivo verrà svolta una verifica delle varie attività finalizzata esclusivamente al calcolo dell'affollamento, utilizzando le relative normative prescrittive di riferimento.

In particolare, per ogni attività citata in Tabella 3, verranno applicate le seguenti norme:

- Autorimessa interrata: DM 02/1986
- Cinema: DM 08/1996
- Attività commerciali (>400 m²): DM 07/2010
- Uffici: DM 02/1996

Successivamente, per quanto riguarda l'attività autorimessa, verrà svolta un'analisi completa, sia con l'impiego del DM 01/02/86 *“Norme di sicurezza antincendi per la costruzione e l'esercizio di autorimesse e simili”*, sia con la normativa prescrittiva presente all'interno del DM 03/08/15 *“Codice di prevenzione incendi”*.

4. VERIFICHE DI AFFOLLAMENTO DELLE ATTIVITÀ PRESENTI

Come già esplicitato, si procederà con la determinazione dell'affollamento di tutte le attività facenti parte del presente complesso edilizio, al fine di ottenere i tempi di esodo complessivi tramite il software Mass Motion e di fare alcune valutazioni sulle interferenze che si andranno a generare in prossimità di vani scala, uscite e percorsi di esodo in generale.

Per effettuare questa operazione, in un secondo momento, verranno determinati gli affollamenti che confluiscono in ogni vano scala.

4.1. Autorimessa

Partendo dall'autorimessa, oggetto del presente studio, è stato scelto di considerare l'affollamento, calcolato successivamente con il Codice di prevenzione incendi, poiché rappresenterebbe la situazione più gravosa rispetto all'applicazione dei due approcci normativi, dato il numero notevolmente più elevato di persone, sempre riferito al massimo ipotizzabile.

Pertanto gli affollamenti totali dei compartimenti dell'autorimessa, considerando 2 persone per veicolo parchato, saranno i seguenti:

- Compartimento 1: 126 persone
- Compartimento 2: 32 persone
- Compartimento 3: 48 persone

Queste verranno distribuite nelle varie uscite in funzione della dislocazione dei posti auto e dei moduli disponibili.

Le figure 10a, 10b e 10c mostrano il numero delle persone provenienti dall'autorimessa, per ogni uscita di piano.

Per i compartimenti 2 e 3 sono state aggiunte all'affollamento alcune persone appartenenti alla porzione del compartimento 1 situata al piano -2 e costituita da pochi posti auto.

Nonostante per tali compartimenti sarà previsto un esodo progressivo, data la presenza di un solo vano scala, è stato comunque scelto di considerare l'affollamento massimo ipotizzabile, per effettuare una valutazione a favore di sicurezza.

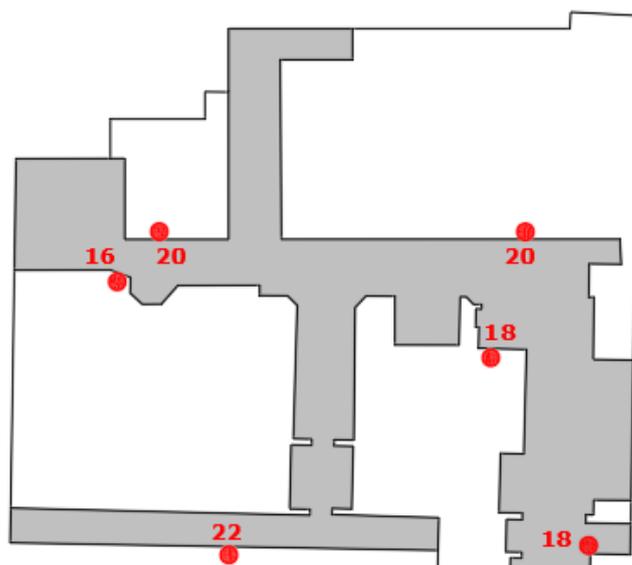
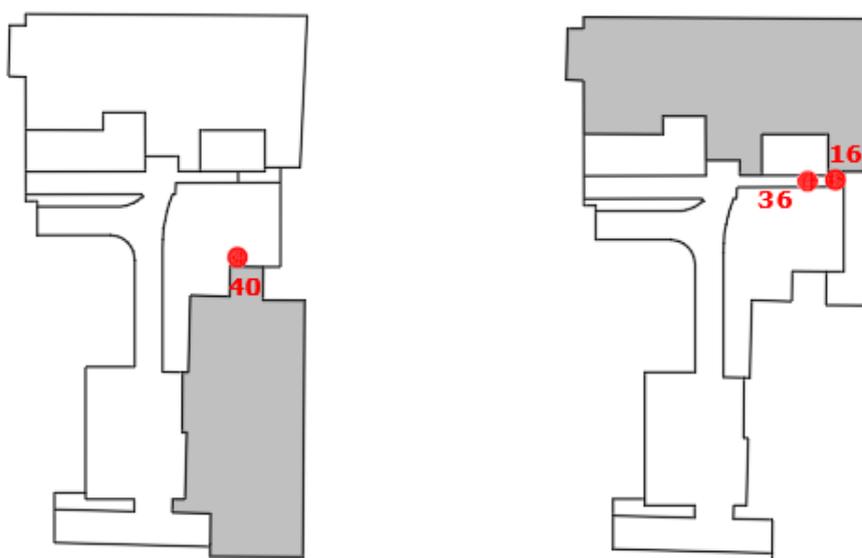


Fig.10a – Affollamento per ogni uscita di piano (autorimessa-comp.1)



Figg.10b e 10c – Affollamento per ogni uscita di piano (autorimessa-comp.2 e 3)

4.2. Cinema

Il cinema si sviluppa su 2 livelli: piano terra, dove si trovano ingresso e biglietteria, e piano interrato -1, in cui sono presenti un atrio e tre sale cinematografiche.

Per determinare l'affollamento è stato utilizzato il DM 19/08/96 "Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio dei locali di intrattenimento e di pubblico spettacolo".

L'affollamento sarà pertanto pari al numero dei posti a sedere ed in piedi autorizzati, compresi quelli previsti per le persone con ridotte o impedito capacità motorie. Considerando la capienza delle sale, si avrà un affollamento totale di 524 persone e una distribuzione di queste, in caso di esodo, come indicato in figura 11a.

Le persone che esodano dalle uscite su corridoio (53, 74, 65) per un totale di 192 persone, raggiungono l'ingresso al piano terra, per poi uscire dall'attività in parte dall'ingresso principale su Galleria, in parte da un'uscita secondaria su cortile interno (fig. 11b).

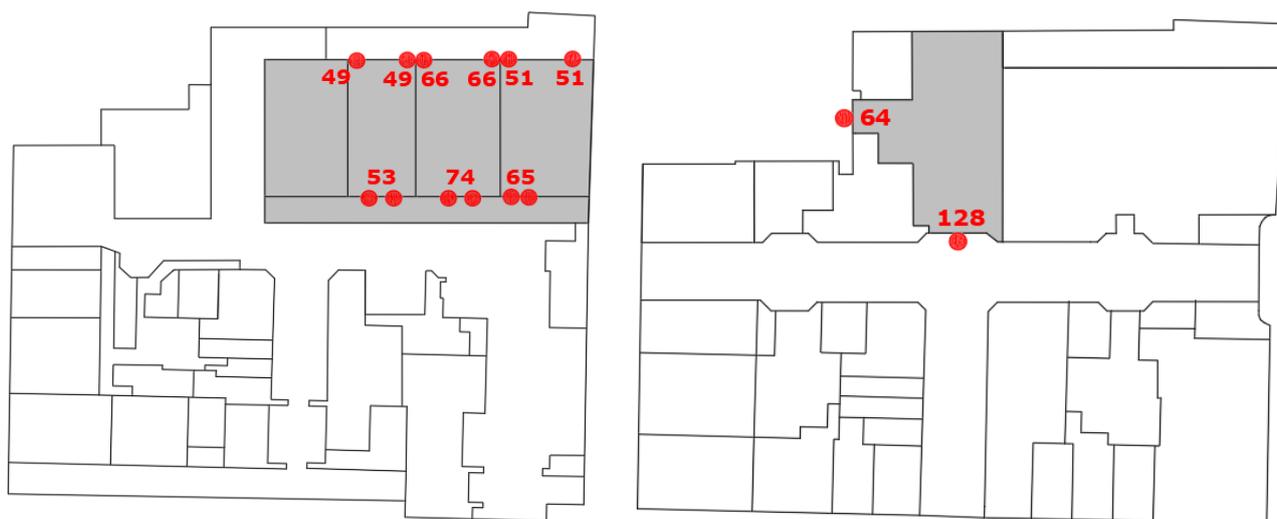


Fig.11a e 11b – Affollamento per ogni uscita (cinema, unità 06) piano -1, affollamento totale proveniente dalle sale, piano terra

4.3. Attività commerciali (> 400m²)

All'interno del complesso sono presenti numerose attività commerciali, alcune delle quali risultano normate, in quanto presentano una superficie superiore ai 400 m².

Tra queste è presente un ampio centro commerciale sviluppato su 3 livelli (piano terra, piano ammezzato e piano primo), con un affollamento, distribuito in caso di esodo, come indicato nelle figure 12a, 12b e 12c.

Per determinare tale affollamento è stato fatto riferimento al DM 27/07/10 "Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio delle attività commerciali con superficie superiore a 400 mq"; sarà pertanto pari a 0,2 persone/m², data la superficie di vendita > 2500 m², e 0,7 persone/m² per l'area al piano terra destinata a ristorazione.

Tra le varie uscite di piano sono presenti:

- al piano terra: uscite su Galleria, su cortile interno;
- al piano ammezzato: uscite su vani scala, su scale interne che conducono ai livelli inferiori, su terrazza, su atrio del cinema;
- al piano primo: su vani scala, su terrazza.

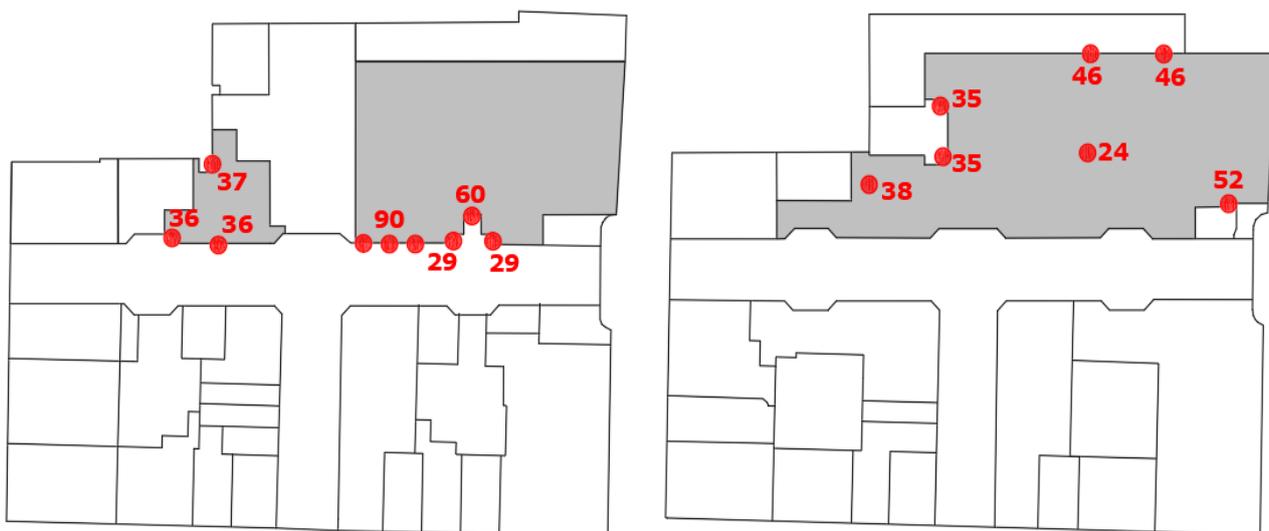


Fig.12a e 12b – Affollamento per ogni uscita, piano terra e piano ammezzato (centro commerciale)

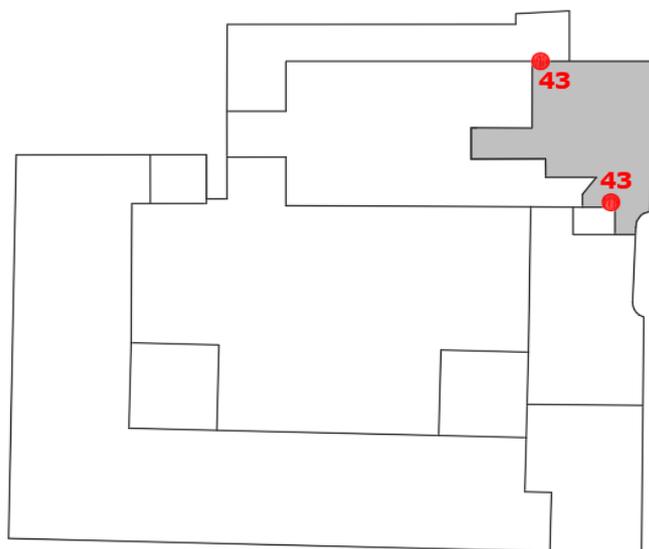


Fig.12c – Affollamento per ogni uscita, piano primo (centro commerciale, unità 05)

Fra le altre attività commerciali con superficie > 400 m², vi è l'unità 01 sviluppata anch'essa sviluppata su 3 livelli, il quale affollamento è stato determinato applicando il valore di 0,2 persone/m², trattandosi di aree di vendita del settore non alimentare (fig. 13a, 13b e 13c).

Le aree destinate alla vendita sono ubicate su tutti i livelli dell'attività e sono collegate tra loro tramite scale interne che conducono al piano terra, mentre le uscite dall'attività sono confluiscono nello spazio coperto della Galleria.



Fig.13a e 13b – Affollamento per ogni uscita, piano -1 e piano terra (negoziò, unità 01)

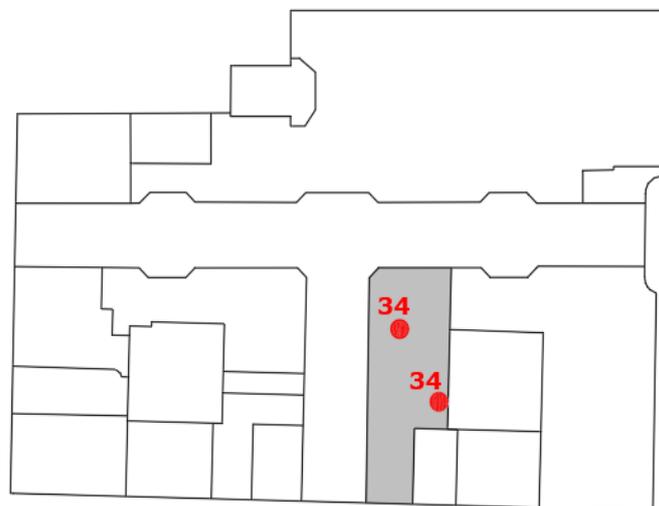


Fig.13c – Affollamento per ogni uscita, piano ammezzato (negoziò, unità 01)

Un'altra attività rientrante in questa categoria è la 11, anch'essa sviluppata su tre livelli. Anche in questo caso l'affollamento massimo ipotizzabile è pari a 0,2 persone/m², distribuito come indicato nelle figure 14a, 14b e 14c.

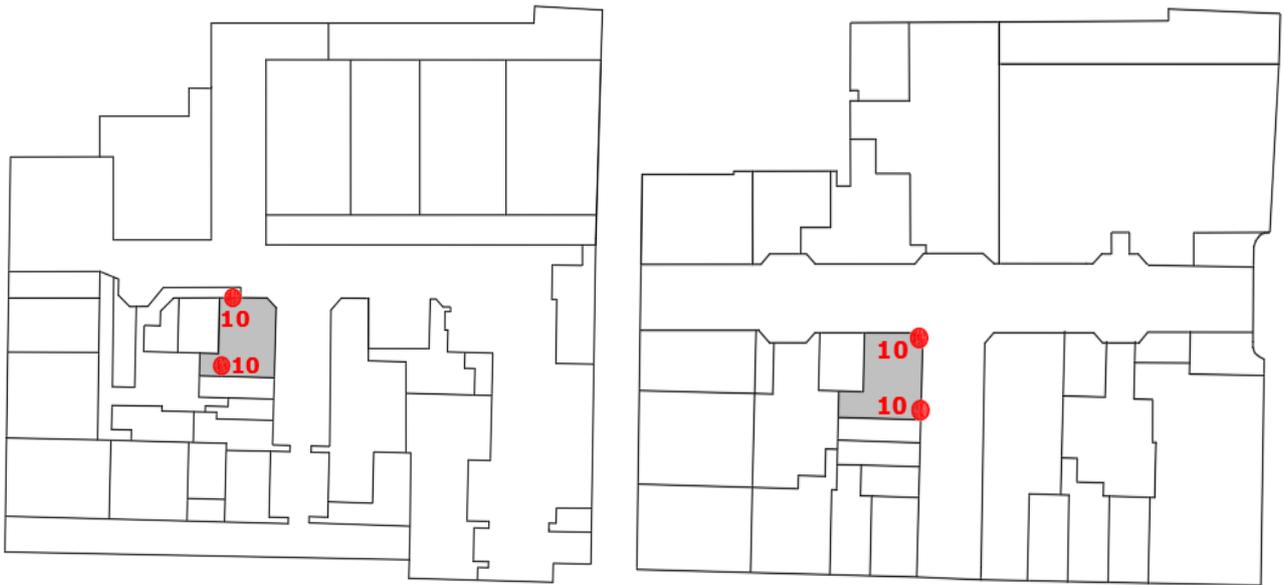


Fig.14a e 14b – Affollamento per ogni uscita, piano -1 e piano terra (negoziò, unità 11)

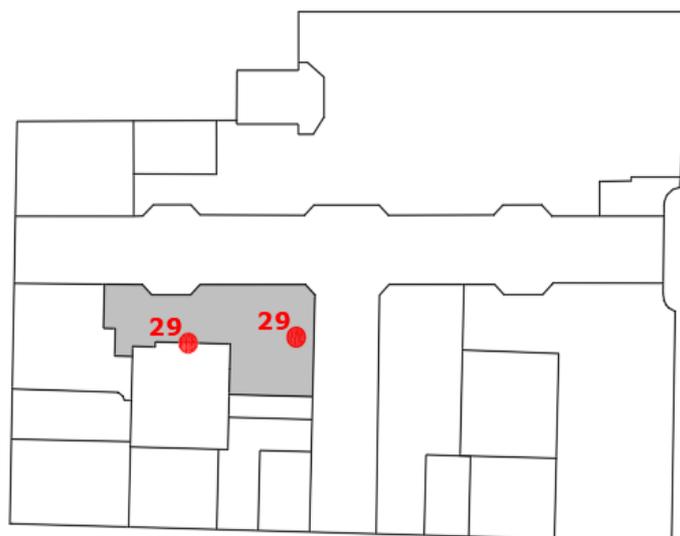


Fig.14c – Affollamento per ogni uscita, piano ammezzato (negoziò, unità 11)

Tra queste attività rientra anche la 16, sviluppata su tre livelli, come i precedenti, alla quale è stato applicato il medesimo affollamento.

Si avrà pertanto una distribuzione come indicato nelle figure 15a, 15b e 15c.

L'affollamento totale in questo caso non interferirà con gli altri occupanti della Galleria, poiché le uscite dall'attività risultano essere direttamente su strada pubblica. Verrà comunque calcolato il tempo di esodo mediante la simulazione, così da capire le tempistiche generali di esodo dall'intero complesso.

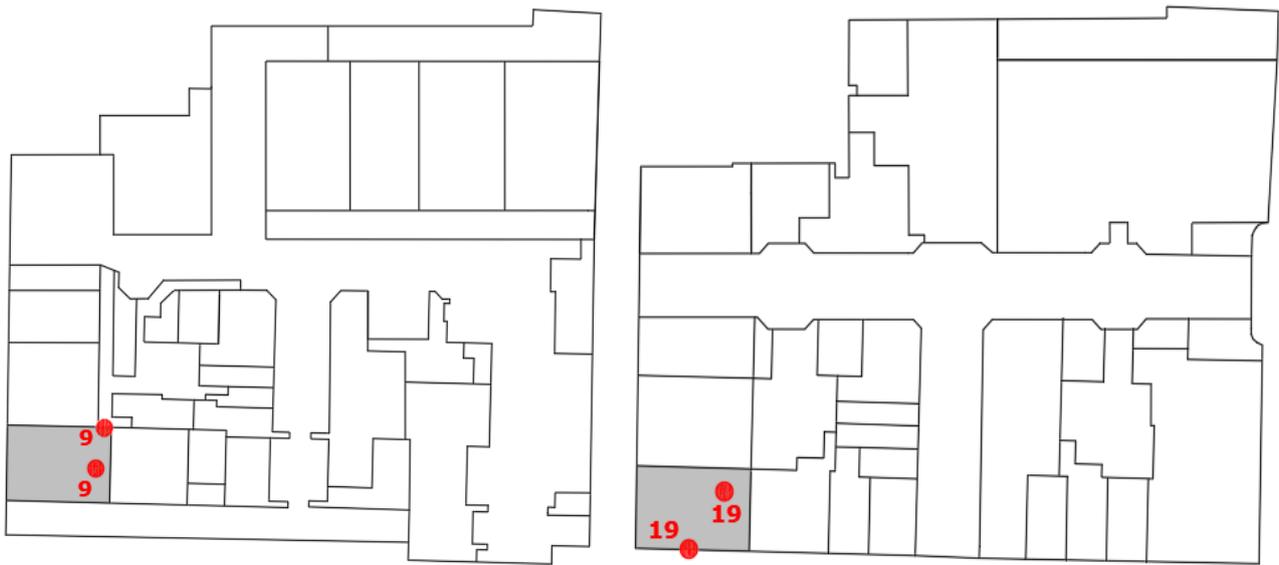


Fig.15a e 15b – Affollamento per ogni uscita, piano -1 e piano terra (negozio, unità 16)



Fig.15c – Affollamento per ogni uscita, piano ammezzato (negozio, unità 16)

L'ultima attività con superficie superiore ai 400 m² risulta essere l'unità 23, sviluppata su 2 livelli (piano terra e piano ammezzato).

L'affollamento anche in questo caso è pari a 0,2 persone/m², con distribuzione indicata nelle figure 16a e 16b.

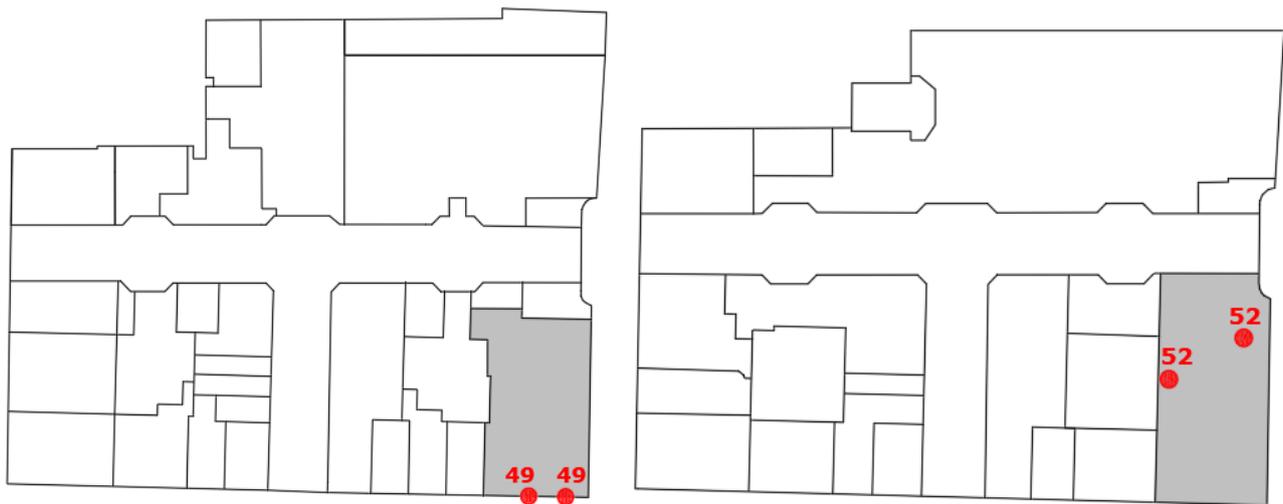


Fig.16a e 16b – Affollamento per ogni uscita, piano terra e piano ammezzato (negozi, unità 23)

4.4. Attività commerciali (< 400m²)

Nella Galleria San Federico sono presenti diverse attività commerciali non rientranti fra le attività soggette ai controlli di prevenzione incendi, così come non rientrano tra le attività normate. Per questi casi è stato deciso di applicare un valore di affollamento massimo ipotizzabile pari a 0,4 persone/m².

Nelle figure seguenti sono riportate le varie unità con la relativa distribuzione dell'affollamento in funzione delle uscite di piano presenti partendo dall'attività 01 fino all'attività 23 (ad esclusione di quelle già menzionate nei paragrafi precedenti).



Fig.17 – Affollamento per ogni uscita, piano terra (negozi, unità 02)

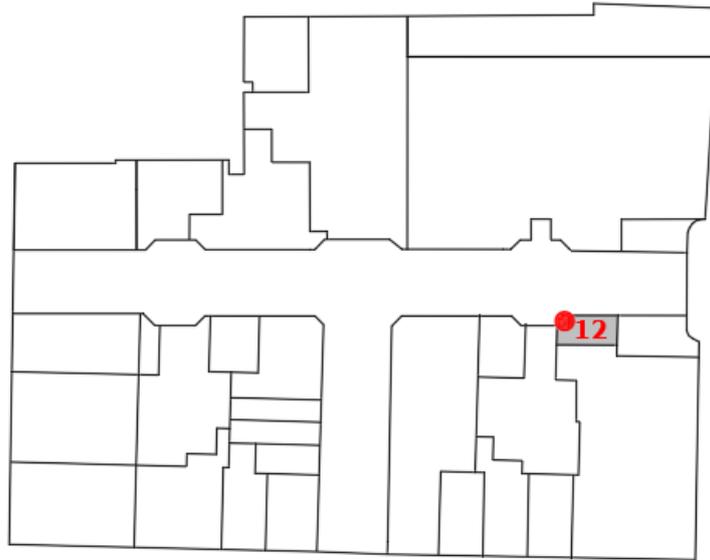


Fig.18 – Affollamento per ogni uscita, piano terra (negozio, unità 03)



Fig.19 – Affollamento per ogni uscita, piano terra (negozio, unità 04)

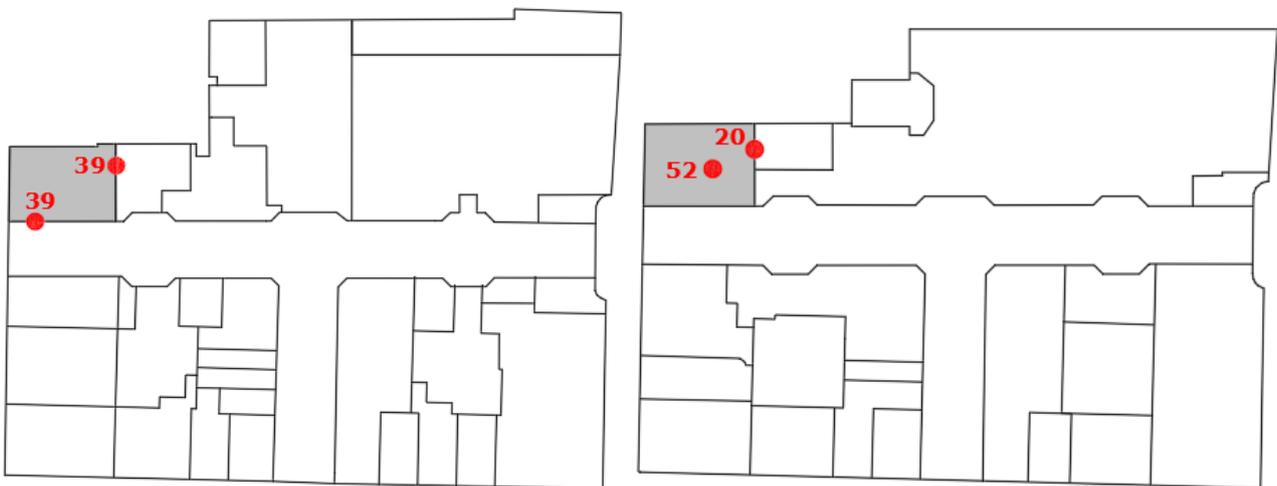


Fig.20a e 20b – Affollamento per ogni uscita, piano terra e piano ammezzato (negozio, unità 07)



Fig.21a e 21b – Affollamento per ogni uscita, piano -1 e piano terra (negozio, unità 10)



Fig.22a e 22b – Affollamento per ogni uscita, piano -1 e piano terra (negozio, unità 12)



Fig.22c – Affollamento per ogni uscita, piano ammezzato (negozio, unità 12)



Fig.23a e 23b – Affollamento per ogni uscita, piano -1 e piano terra (negoziò, unità 13)

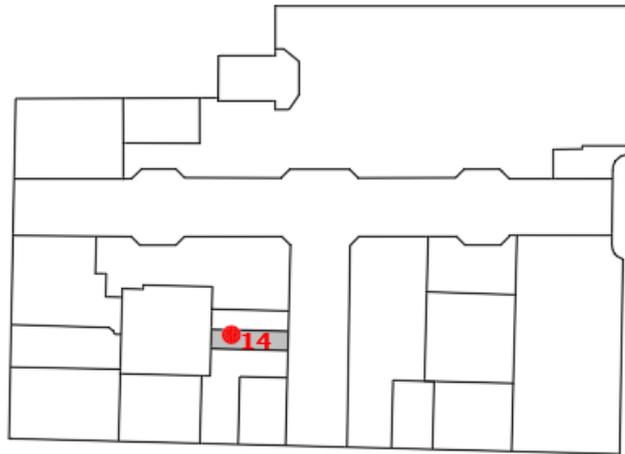


Fig.23c – Affollamento per ogni uscita, piano ammezzato (negoziò, unità 13)



Fig.24a e 24b – Affollamento per ogni uscita, piano -1 e piano terra (negoziò, unità 14)

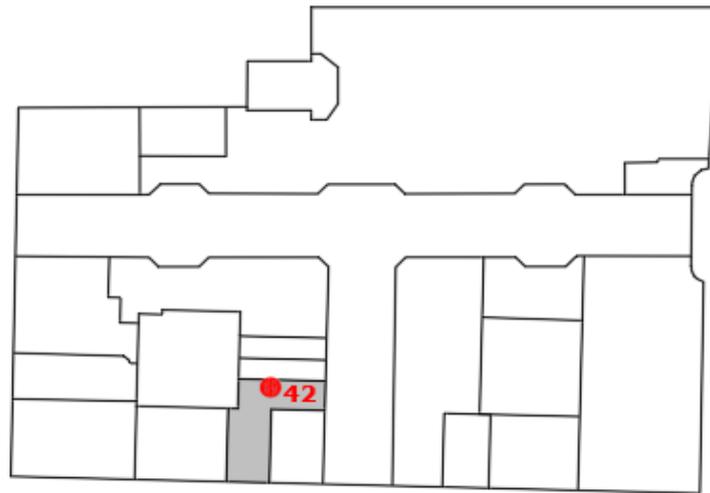


Fig.24c – Affollamento per ogni uscita, piano ammezzato (negozio, unità 14)

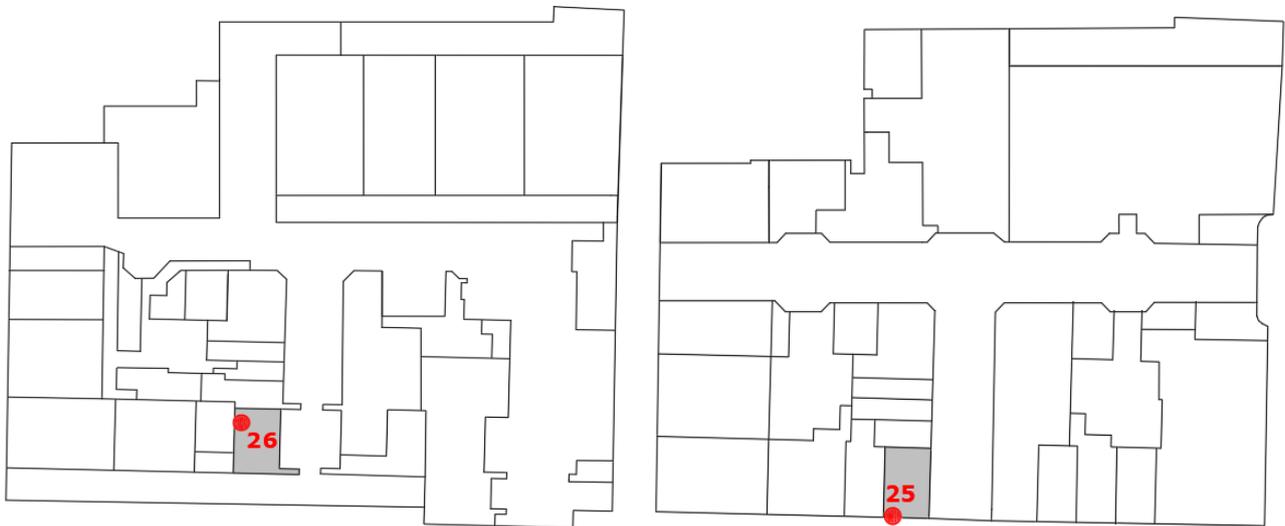


Fig.25a e 25b – Affollamento per ogni uscita, piano -1 e piano terra (negozio, unità 15)

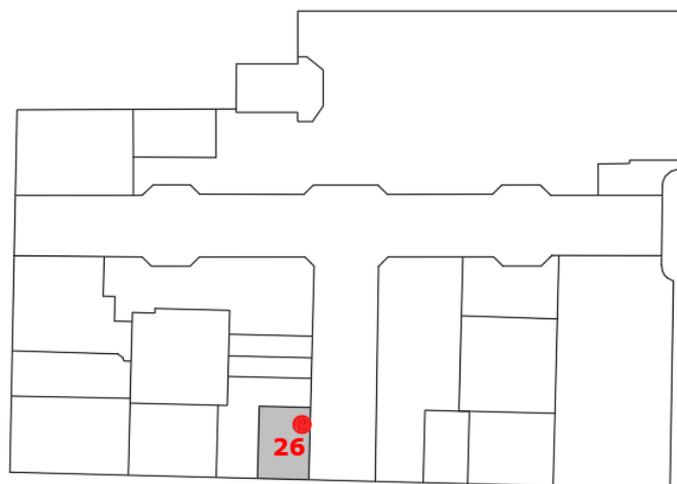


Fig.25c – Affollamento per ogni uscita, piano ammezzato (negozio, unità 15)

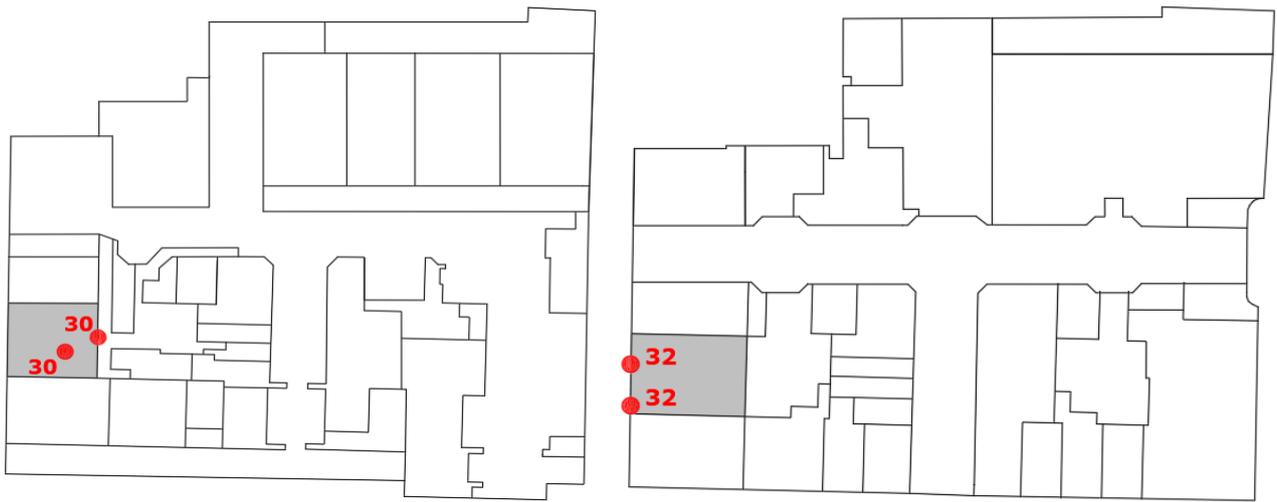


Fig.26a e 26b – Affollamento per ogni uscita, piano -1 e piano terra (negozio, unità 17)

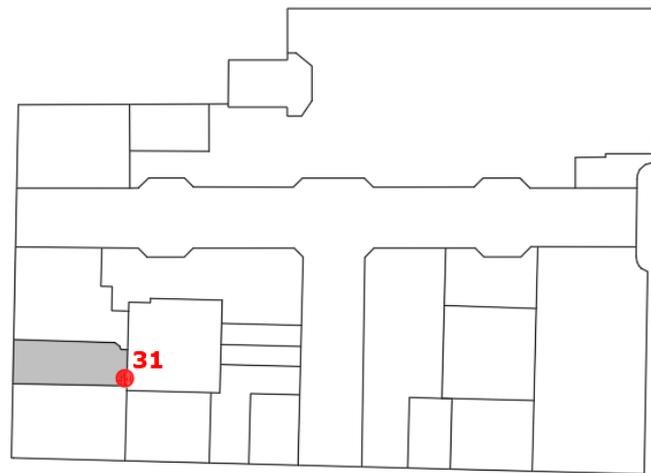


Fig.26c – Affollamento per ogni uscita, piano ammezzato (negozio, unità 17)

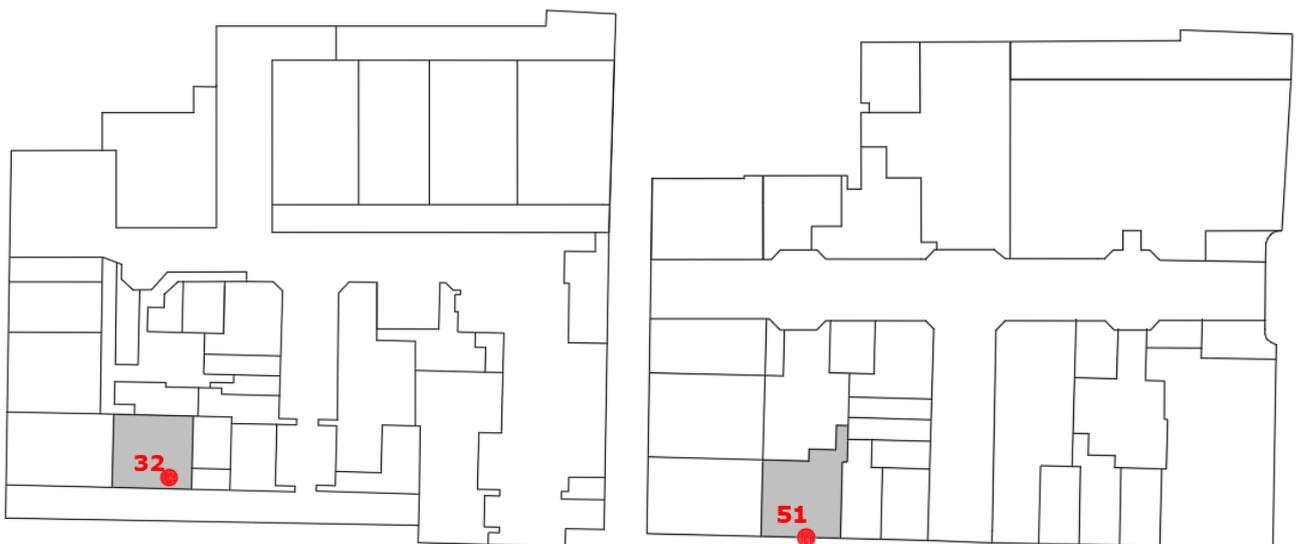


Fig.27a e 27b – Affollamento per ogni uscita, piano -1 e piano terra (negozio, unità 18)

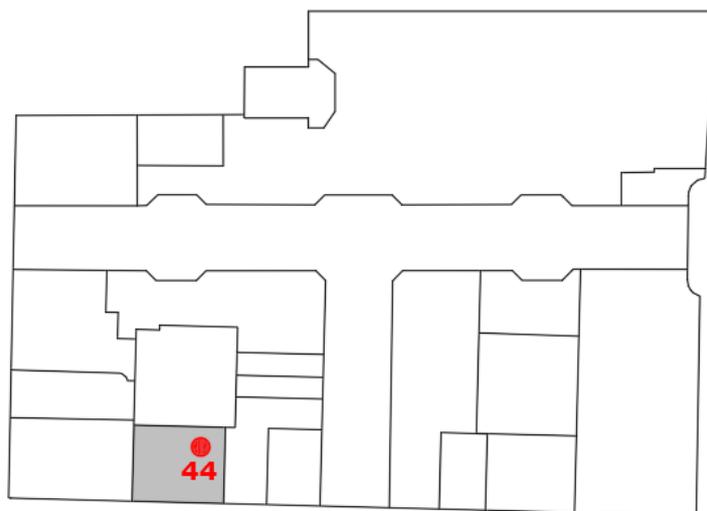


Fig.27c – Affollamento per ogni uscita, piano ammezzato (negozio, unità 18)



Fig.28 – Affollamento per ogni uscita, piano terra (negozio, unità 19)



Fig.29a e 29b – Affollamento per ogni uscita, piano -1 e piano terra (negozio, unità 20)

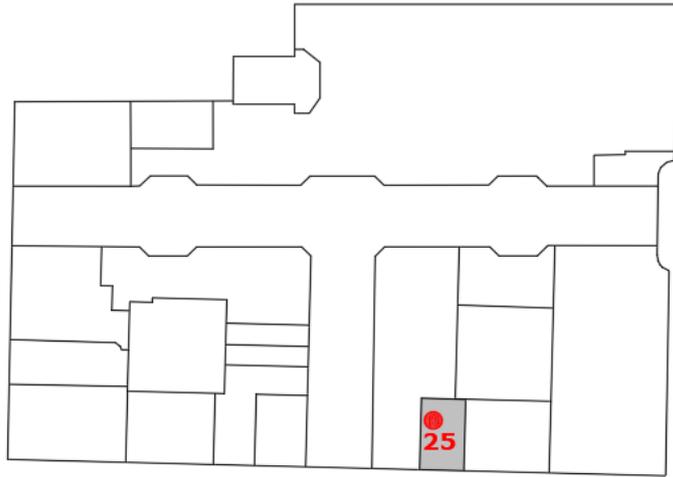


Fig.29c – Affollamento per ogni uscita, piano ammezzato (negoziò, unità 20)



Fig.30 – Affollamento per ogni uscita, piano terra (negoziò, unità 21)

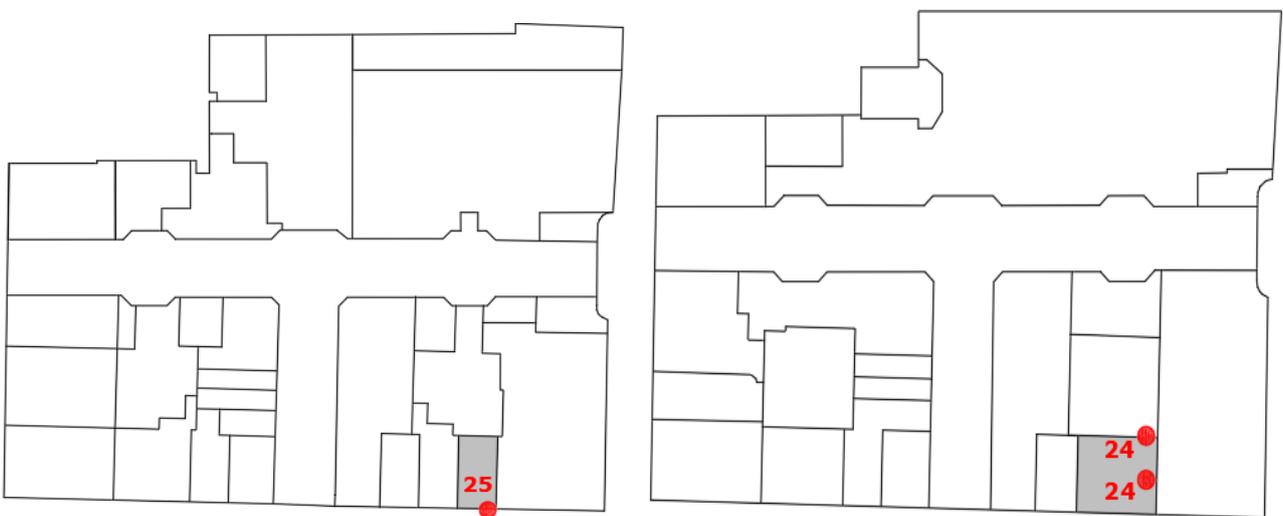


Fig.31a e 31b – Affollamento per ogni uscita, piano terra e piano ammezzato (negoziò, unità 22)

4.5. Uffici

Per quanto riguarda l'affollamento degli uffici è stato tenuto conto dell'affollamento previsto nel DM 22/02/06 "Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione e l'esercizio di edifici e/o locali destinati ad uffici".

Fra le attività rientranti in questa categoria vi è una banca, sviluppata su 3 livelli, in cui è presente un caveau al piano interrato -1, un'area di ricezione clienti al piano terra, ed un'area destinata ad uffici con ingresso indipendente al piano ammezzato.

In particolare è stato differenziato il piano terra in cui è previsto l'accesso al pubblico dal piano primo destinato ai soli dipendenti.

Per questo è stato applicato il valore di 0,4 persone/m² per l'area clienti e 0,1 persone/m² per l'area uffici, ottenendo una distribuzione di tale affollamento come indicata nelle figure 32a e 32b.

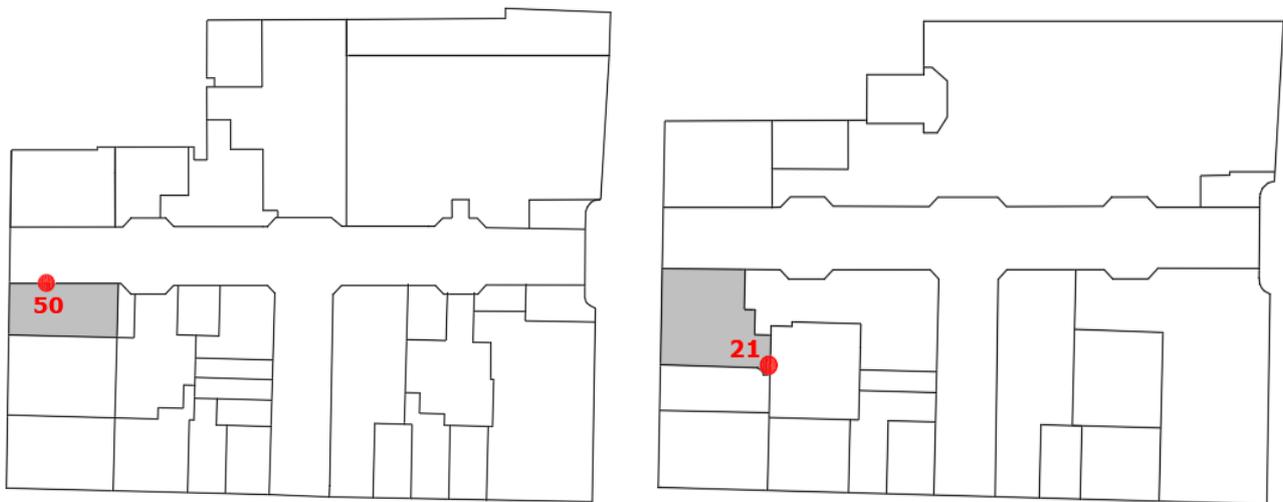


Fig. 32a e 32b – Affollamento per ogni uscita, piano terra e piano ammezzato (unità 08)

Un'altra attività presente al piano terra è l'unità 09 destinata alla postazione del custode. Poiché si tratta di un piccolo locale, quindi attività non normata, in cui non è previsto l'accesso al pubblico, è stato scelto di porre un affollamento pari a 1, equivalente al numero di postazioni, senza quindi tenere conto della superficie (fig. 33).

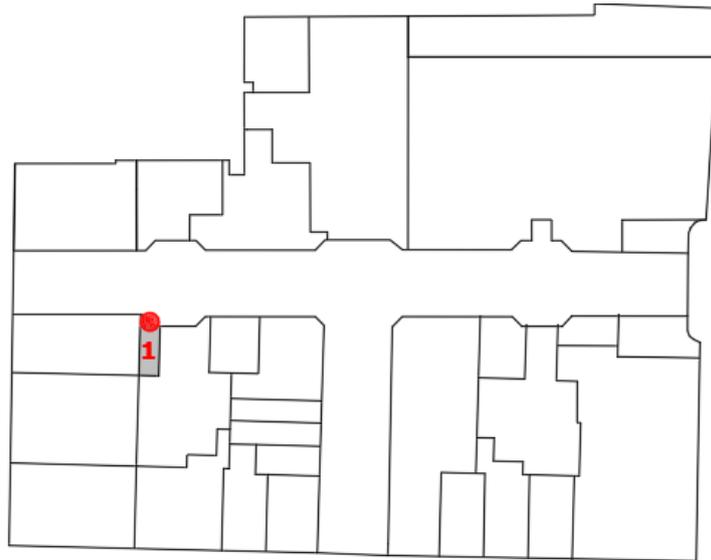
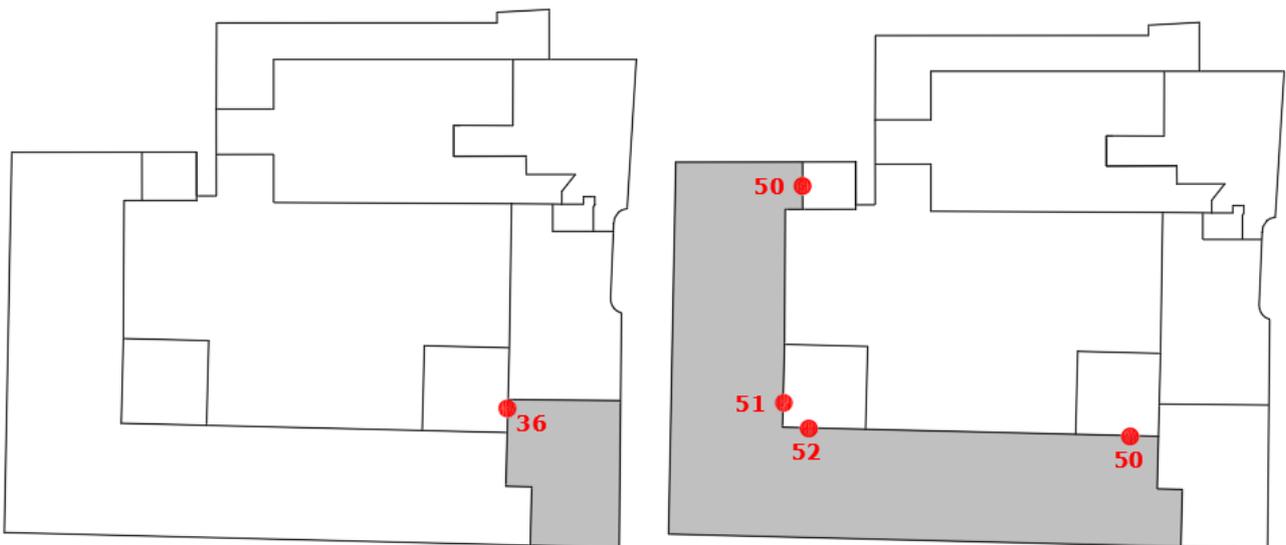


Fig.33 – Affollamento per ogni uscita, piano terra (custode, unità 09)

I piani superiori invece sono occupati prevalentemente da uffici non aperti al pubblico, rientranti fra le attività normate; pertanto è stato impiegato il DM 22/02/06 per il calcolo dell'affollamento massimo ipotizzabile, attribuendo un valore pari a 0,1 persone/m².

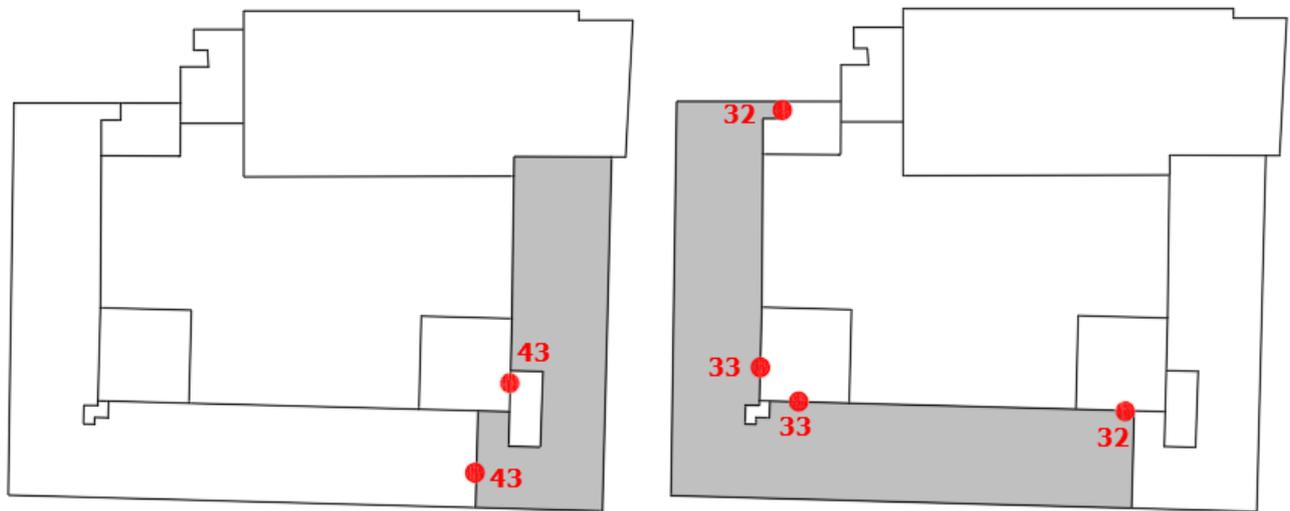
Di seguito si riportano le varie attività destinate ad uso ufficio, situate tra il primo e il quarto piano, con la relativa distribuzione degli affollamenti in caso di esodo.



Figg.34 e 35 – Affollamento per ogni uscita, piano primo (uffici, unità U1 e U2)



Figg.36 e 37 – Affollamento per ogni uscita, piano secondo (uffici, unità U3 e U4)



Figg.38 e 39 – Affollamento per ogni uscita, piano terzo (uffici, unità U5 e U6)

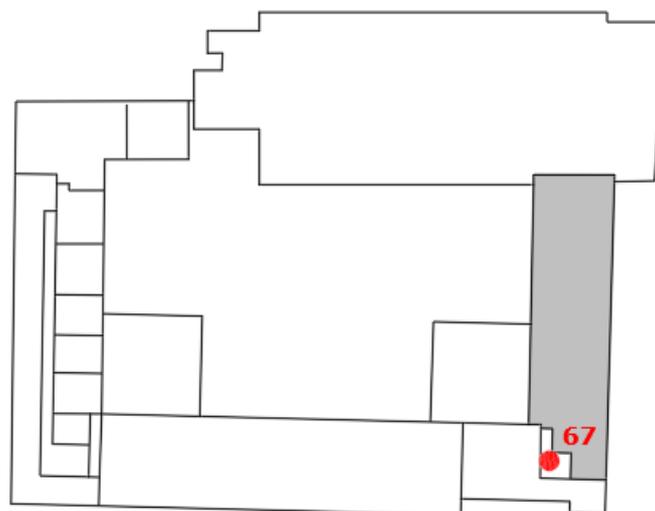


Fig.40 – Affollamento per ogni uscita, piano quarto (uffici, unità U7)

4.6. Residenziale

In seguito è stato calcolato l'affollamento di ogni alloggio, attribuendo un valore pari al numero di posti letto per ogni alloggio, quindi 10 persone in totale.

Gli abitanti di tali alloggi utilizzeranno per l'esodo, ma anche per il normale accesso, un vano scala che risulta a servizio esclusivo solo delle unità residenziali, ma che poi si ricollega con uno dei vani scala principali impiegati anche dagli uffici (fig. 41).



Fig.41 – Affollamento per ogni uscita, piano quarto (residenziale)

4.7. Galleria

Infine è stato calcolato l'affollamento presente nello spazio coperto della Galleria (fig. 42), considerando un valore massimo ipotizzabile pari a 0,4 persone/m².

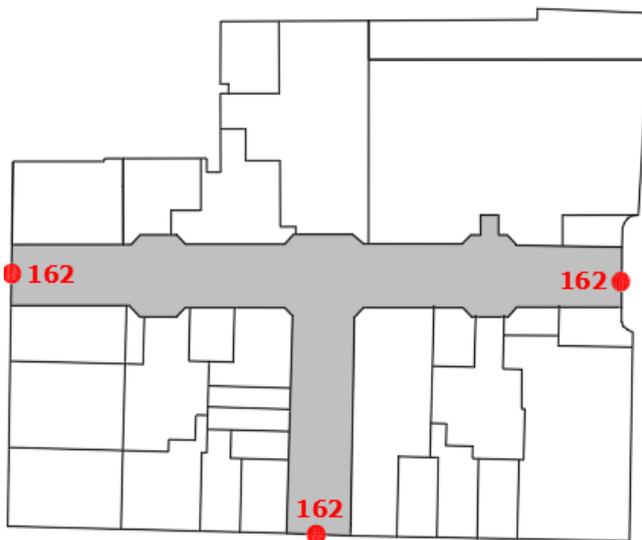


Fig.42 – Affollamento per ogni uscita (Galleria)

Successivamente, nell'ultimo capitolo, verrà svolta una verifica utilizzando tutti gli affollamenti appena calcolati, considerando l'utilizzo complessivo per ogni vano scala e andando a vedere come gli occupanti di tutte le attività interferiscono fra di loro prima di poter raggiungere un luogo sicuro.

5. L'ATTIVITÀ "AUTORIMESSA"

5.1. Premessa

L'autorimessa costituisce una delle attività che maggiormente potrebbero compromettere la sicurezza degli occupanti dell'intero complesso della Galleria per i motivi che verranno esplicitati di seguito.

Si tratta di un'attività sviluppata su 2 livelli interrati e suddivisa in 3 compartimenti comunicanti fra loro. È costituita da una geometria particolare, in quanto sono presenti alcuni locali commerciali al medesimo livello interrato, con alcuni dei quali risulta comunicante.

Inoltre presenta una certa varietà di vie di esodo, tra cui vani scala a prova di fumo, scale aperte e uscite su intercapedine, che di seguito verranno analizzate con i diversi decreti normativi.

I 3 compartimenti sono situati su tre quote diverse e comunicano fra loro attraverso diverse rampe.

Uno dei compartimenti comprende alcune vie di esodo verticali, quali vani scala, che sono in comune con le altre attività dell'edificio. Questo aspetto infatti è quello che più necessita di un'analisi accurata, in quanto in caso di esodo globale, potrebbe comportare delle interferenze con gli altri occupanti che evacuano, causando dei rallentamenti in prossimità delle uscite finali.

L'autorimessa rientra tra le attività soggette ai controlli di prevenzione incendi, in particolare all'attività 75 dell'allegato I del DPR 151/2011.

Pertanto è stato scelto di svolgere una verifica, oltre che con il DM 01/02/86 "*Norme di sicurezza antincendi per la costruzione e l'esercizio di autorimesse e simili*", anche con il Codice di prevenzione incendi.

Lo scopo di questa duplice applicazione è quello di individuare quale dei due approcci prescrittivi risulta più conveniente, o meglio quale comporterebbe meno interventi e modifiche dello stato attuale, ai fini dell'adeguamento antincendio.

Una volta individuati tutti i punti critici dei due decreti normativi, è stato fatto un confronto qualitativo e quantitativo sulle problematiche esistenti nell'attività.

Sono stati individuati i vantaggi e gli svantaggi dalla loro applicazione e sono stati determinati gli aspetti risolvibili tramite interventi di modesta entità e valore economico e quelli non risolvibili per i quali occorrerebbe ricorrere ad un processo di deroga.

5.2. D.M. 1 febbraio 1986

L'autorimessa, sviluppata su 2 livelli, è situata ai piani -1 e -2 e presenta una superficie totale di 4200 m², rientra pertanto nella categoria C.

N.	ATTIVITÀ	CATEGORIA		
		A	B	C
75	Autorimesse pubbliche e private, parcheggi pluriplano e meccanizzati di superficie complessiva coperta superiore a 300 m² ; locali adibiti al ricovero di natanti ed aeromobili di superficie superiore a 500 m² ; depositi di mezzi rotabili (treni, tram ecc.) di superficie coperta superiore a 1.000 m² .	Autorimesse fino a 1.000 m ²	Autorimesse oltre 1.000 m ² e fino a 3.000 m ² ; ricovero di natanti ed aeromobili oltre 500 m ² e fino a 1000 m ²	Autorimesse oltre 3000 m ² ; ricovero di natanti ed aero-mobili di superficie oltre i 1000 m ² ; depositi di mezzi rotabili

5.2.1. Classificazione

L'autorimessa è di tipo misto, interrata, chiusa, sorvegliata, a spazio aperto ed ha una capacità di parcheggio superiore a 9 autoveicoli, in quanto è suddivisa in 3 compartimenti, per un totale di 103 posti auto.

Il compartimento 1 (fig. 43a, 43b e 43c) situato al piano -1 e in parte al piano -2, è composto da 63 posti auto, il compartimento 2 (fig. 44a, 44b) da 16 posti auto ed il compartimento 3 (fig.45a, 45b) da 24 posti auto.

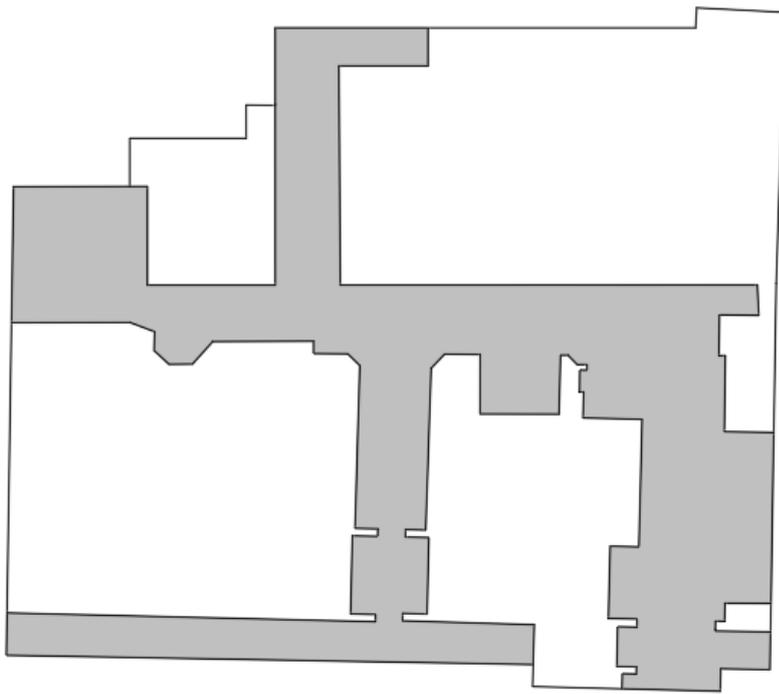


Fig.43a – Compartmento 1 (piano -1)

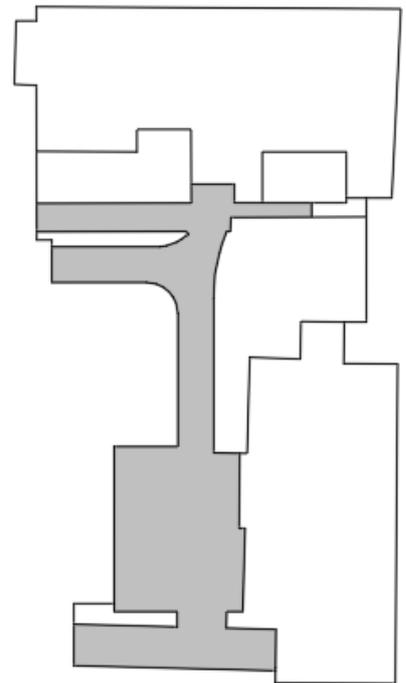


Fig.43b – Compartmento 1 (piano -2)

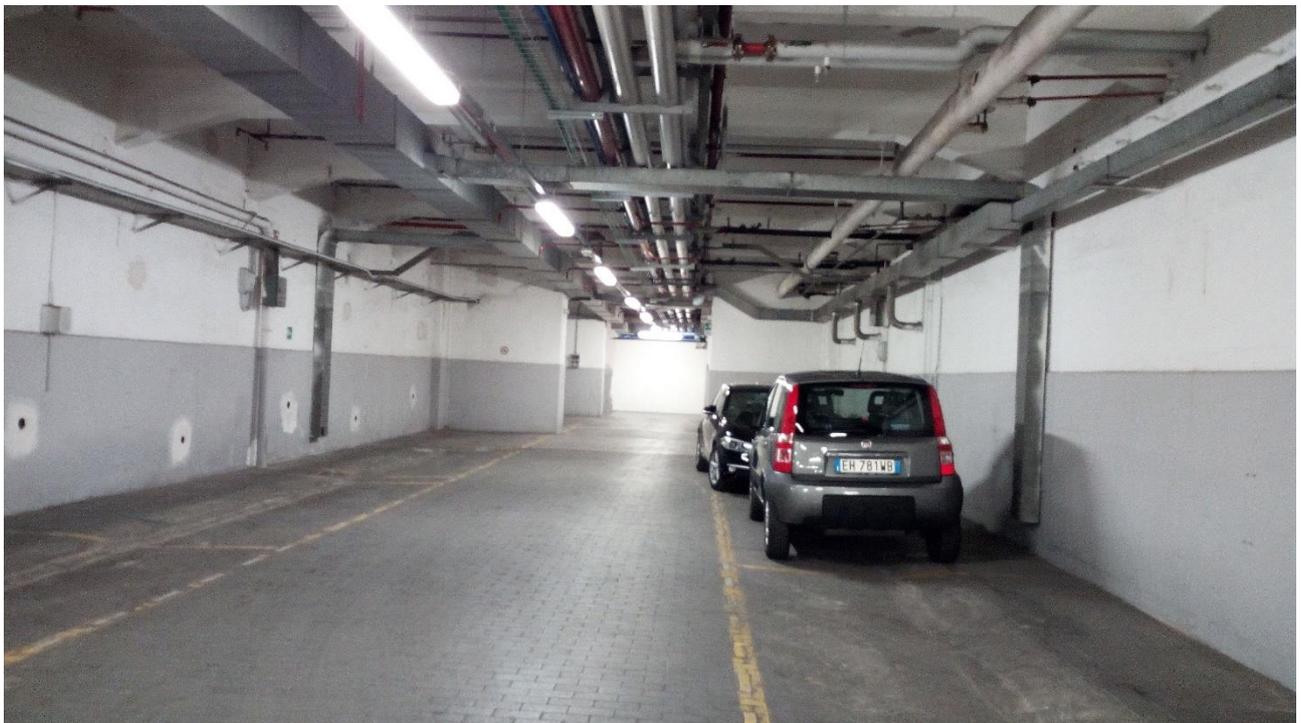


Fig.43c – Compartmento 1

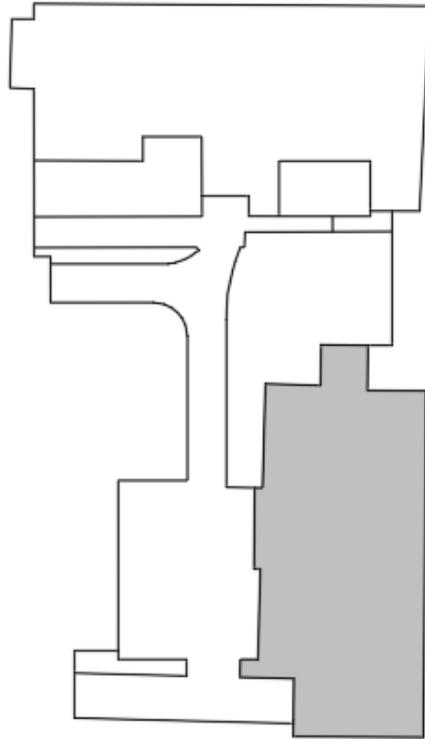


Fig.44a – Compartimento 2 (piano -2)



Fig.44b – Compartimento 2 (piano -2)

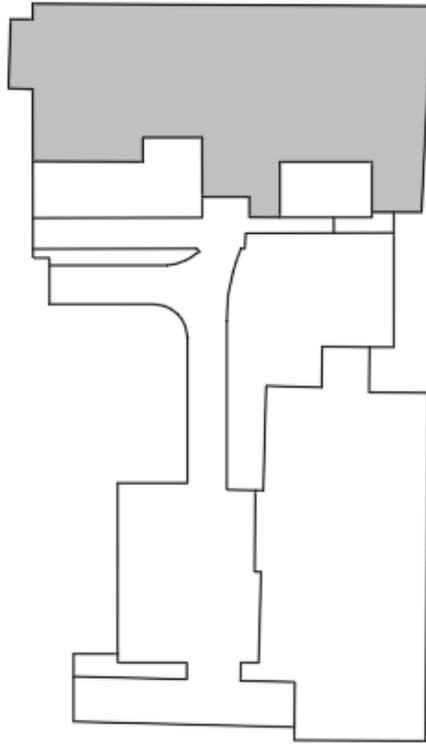


Fig.45a – Compartimento 3 (piano -2)

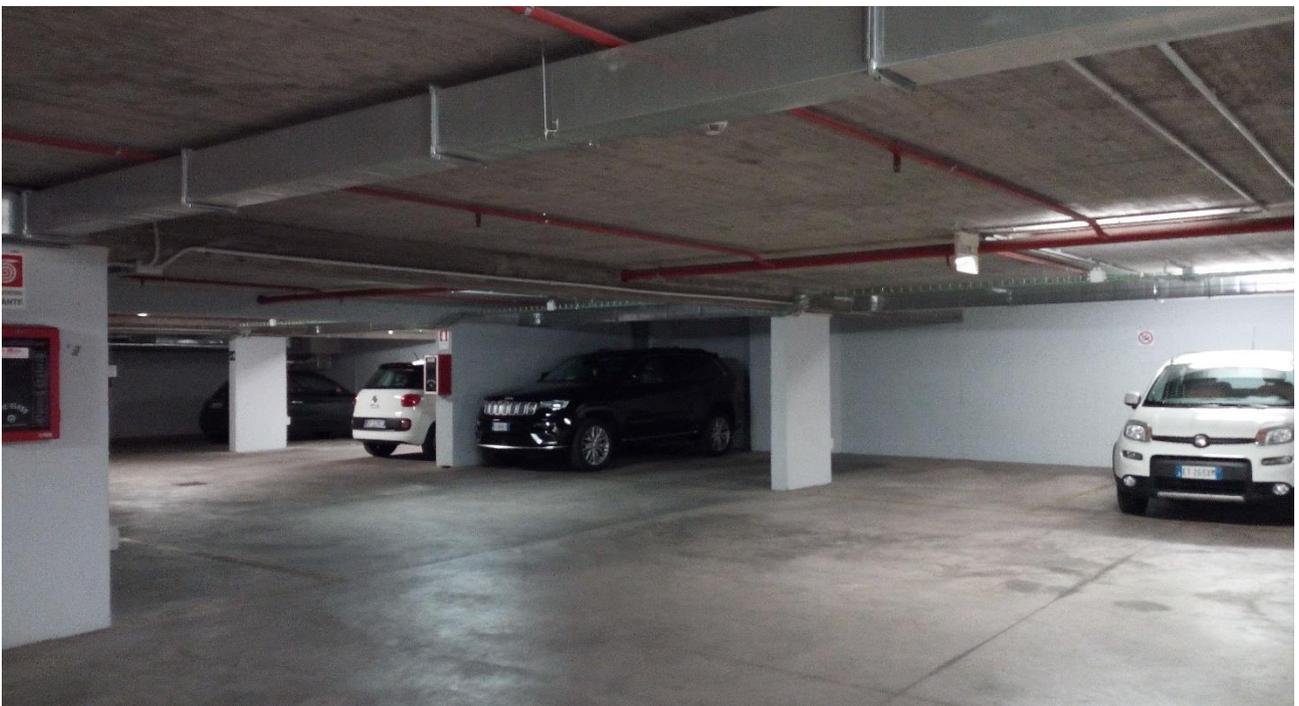


Fig.45b – Compartimento 3 (piano -2)

5.2.2. Isolamento

Secondo quanto prescritto dalla normativa, ai fini dell'isolamento, le autorimesse devono essere separate da edifici adiacenti con strutture almeno REI 90, in presenza di impianto fisso di spegnimento automatico.

L'autorimessa in esame è protetta da impianto di spegnimento automatico tipo sprinkler (fig. 46), ma non in tutti i casi l'isolamento delle strutture risulta conforme a quanto prescritto.

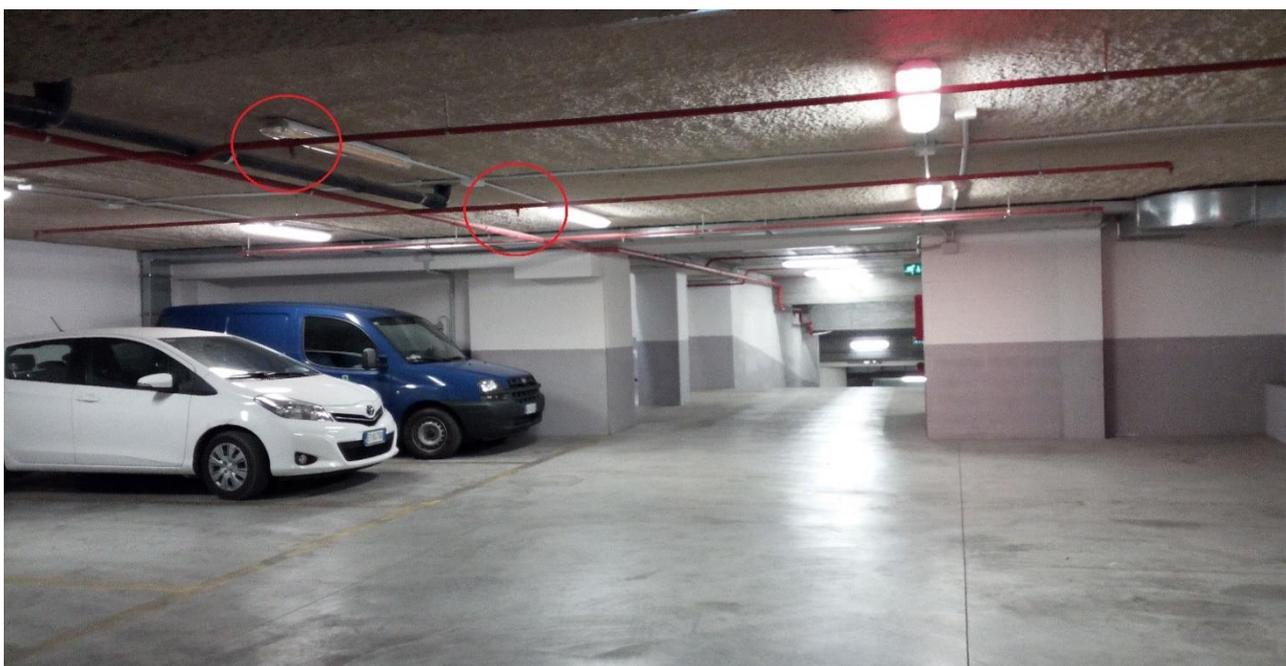


Fig.46 – Impianto di spegnimento automatico esistente

5.2.3. Altezza dei piani

L'altezza dei piani non deve essere inferiore a 2,4 m, con un minimo di 2 m sotto trave.

Tali valori risultano rispettati in tutte le aree destinate all'autorimessa.

5.2.4. Superficie specifica di parcheggio

I locali destinati ad autorimessa devono essere realizzati con strutture non separanti non combustibili pari almeno a R 90. Le strutture di separazione con altre parti dello stesso edificio devono essere di tipo non inferiore a REI 90.

Alcune zone dell'autorimessa, però, non rispettano i valori prescritti, in particolare nel compartimento 1.

Inoltre i locali destinati ad autorimessa adiacenti ad attività commerciali con superficie > 400 m² devono avere strutture con resistenza al fuoco pari almeno a REI 180.

Nel caso in esame le strutture adiacenti alle attività 1, 11 e 16, (fig. 47), risultano avere una resistenza al fuoco inferiore.

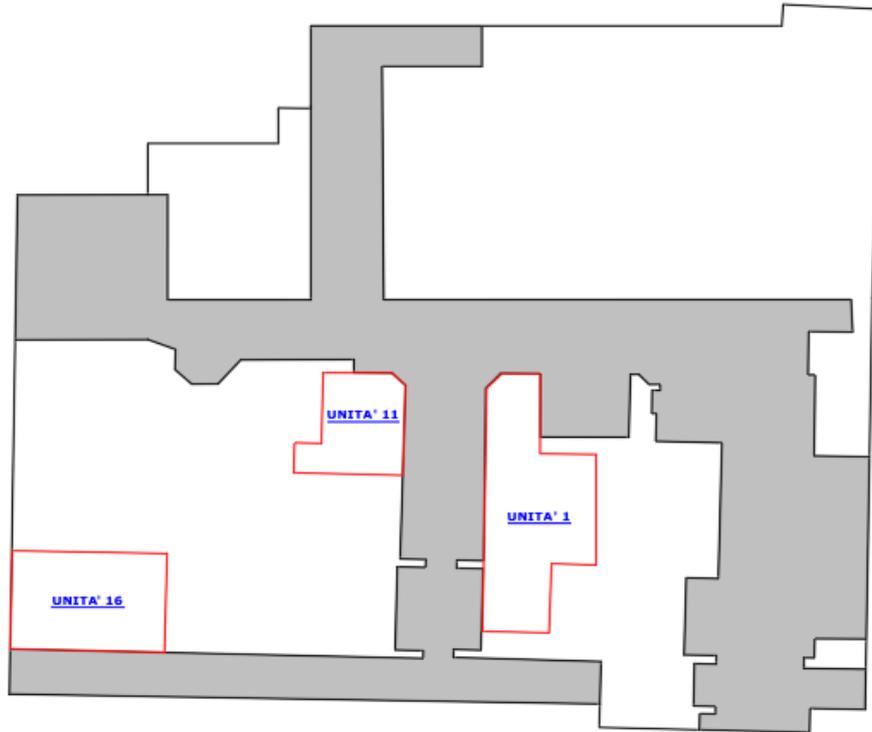


Fig.47 – Attività commerciali adiacenti con superficie maggiore di 400 m²

5.2.5. Comunicazioni

Le autorimesse possono comunicare attraverso filtri a prova di fumo con molte attività soggette, ad eccezione di alcune tra le quali i locali di pubblico spettacolo.

Nel presente caso studio risulta comunicante con vie di esodo, alcuni locali tecnici, alcune cantine, una cabina elettrica, il gruppo elettrogeno, la centrale termica e la centrale frigorifera (fig. da 48 a 51).

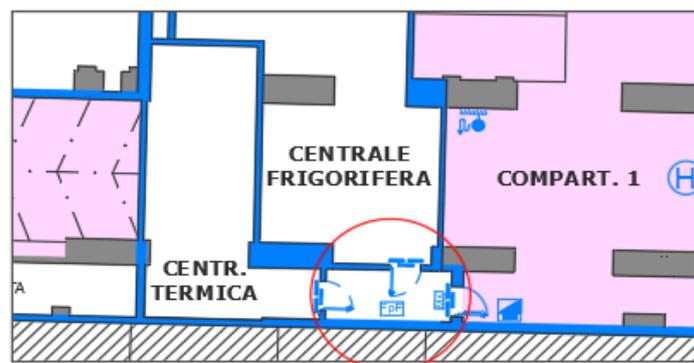


Fig.48 – Filtro a prova di fumo compartimento 1



Fig.49 - Filtri a prova di fumo compart. 1

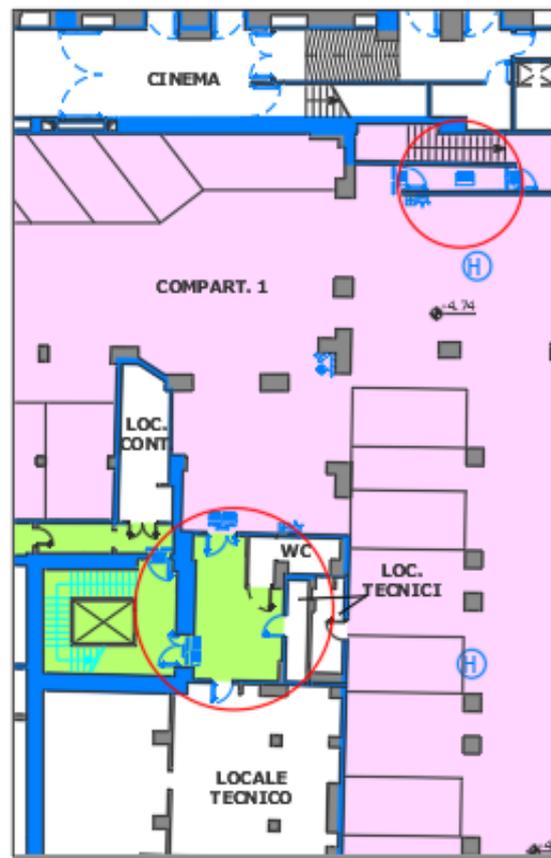


Fig.50 - Filtri a prova di fumo compart. 1

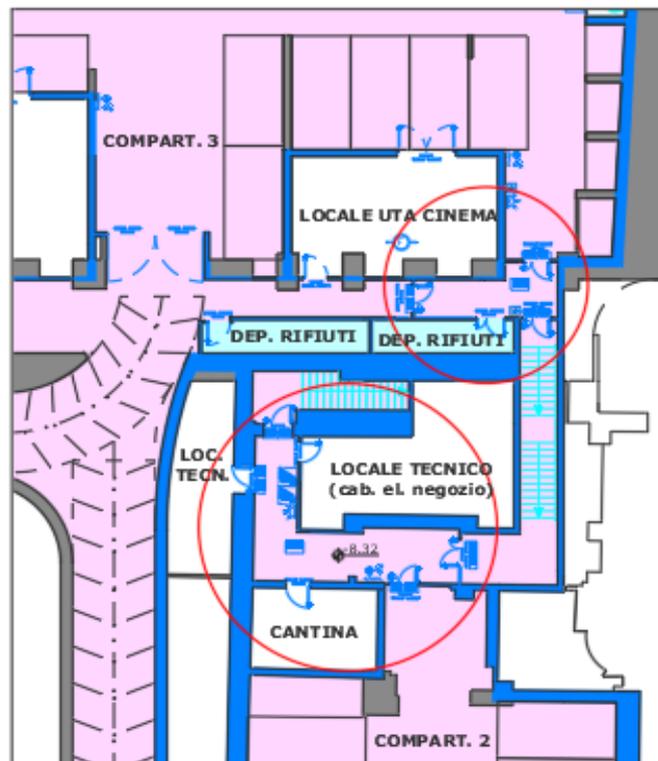


Fig.51 - Filtri a prova di fumo compart. 2 e 3

Inoltre, due attività commerciali non soggette risultano comunicanti, una delle quali tramite disimpegno (fig. 52a e 52b), mentre l'altra possiede una comunicazione diretta (fig. 53a e 53b).

È pertanto possibile l'adeguamento di queste, rendendo il primo disimpegno un filtro a prova di fumo e prevedendo per la seconda attività un ulteriore filtro a prova di fumo mediante la realizzazione di una porta e il successivo adeguamento.

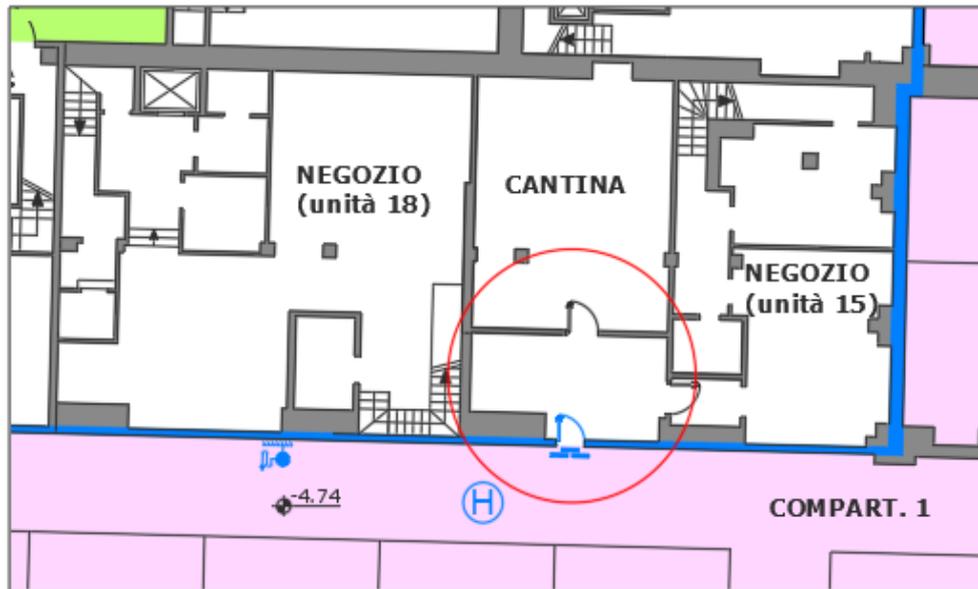


Fig.52a – Negozio comunicante con il compartimento 1 dell'autorimessa

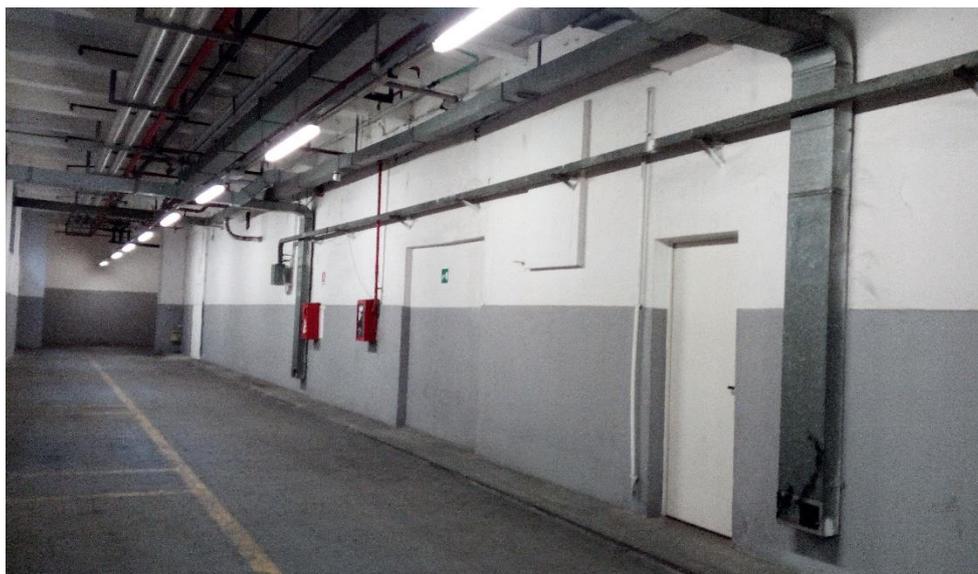


Fig.52b – Porta di accesso al disimpegno di comunicazione con il negozio

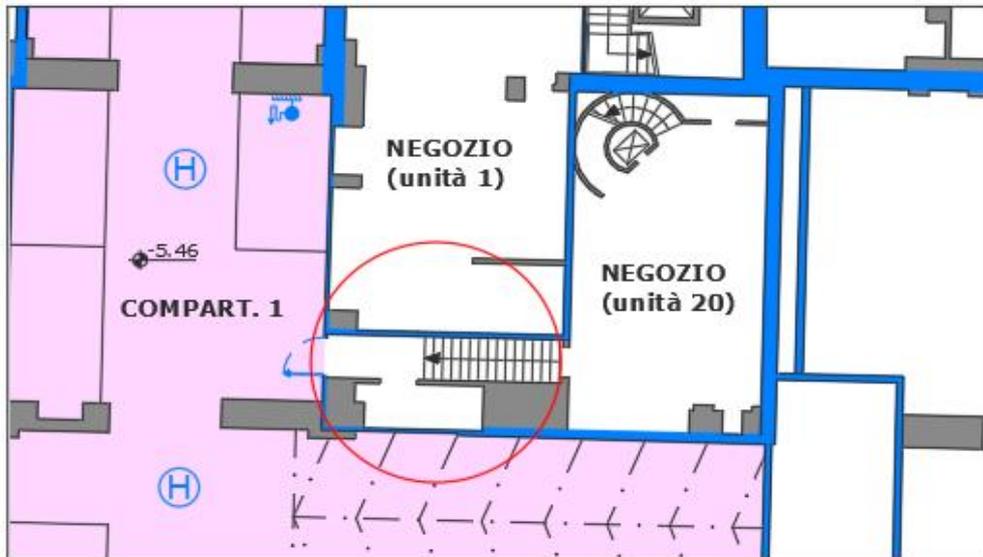


Fig.53a – Negozio con comunicazione diretta con il compartimento 1

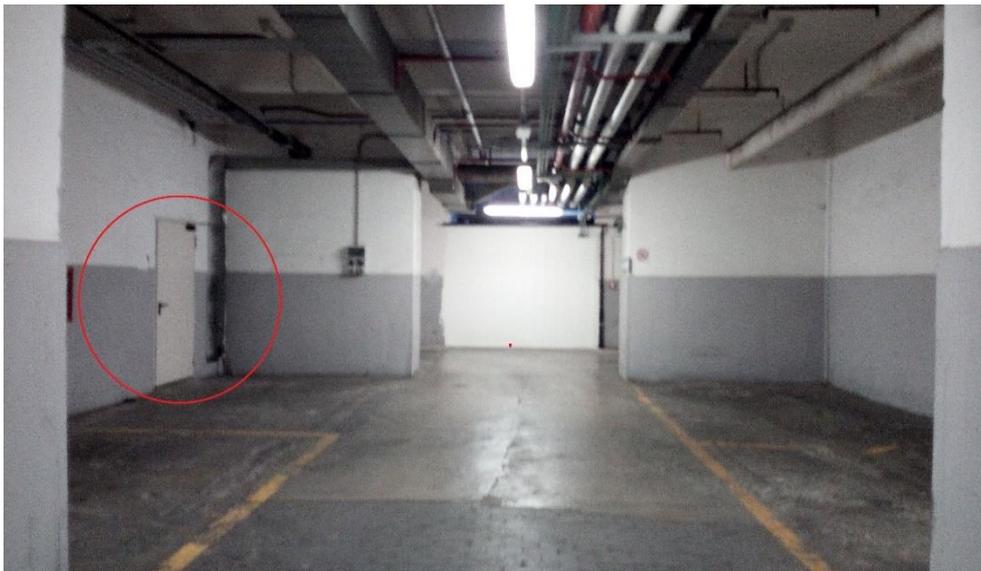


Fig.53b – Porta di accesso del negozio comunicante

Una comunicazione, invece, che non può sussistere è quella presente con i locali destinati al cinema, in particolare un vano ascensore, nel compartimento 3, separato da un filtro a prova di fumo che consente il collegamento con l'area di ingresso e biglietteria del cinema (figg. 54a e 54b).

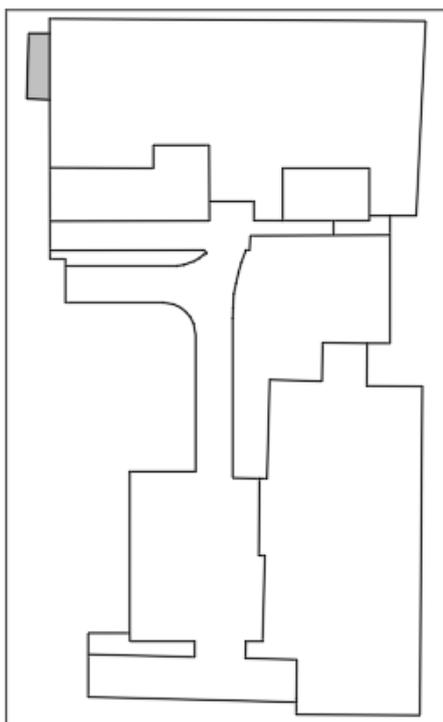


Fig.54a – Vano ascensore di comunicazione

Fig.54b – Porta accesso vano ascensore

5.2.6. Compartimentazione

Le autorimesse devono rispettare le superfici massime per compartimento riportate nella seguente tabella.

Piano	Fuori terra				Sotterranee			
	Miste		Isolate		Miste		Isolate	
	Aperte	Chiuse	Aperte	Chiuse	Aperte	Chiuse	Aperte	Chiuse
Terra	7500	5000	10000	7500				
1	5500	3500	7500	5500	5000	2500	7000	3000
2	5500	3500	7500	5500	3500	2000	5500	2500
3	3500	2500	5500	3500	2000	1500	3500	2000
4	3500	2500	5500	3500	1500		2500	1500
5	2500		5000	2500	1500		2000	1500
6	2500		5000		1500		2000	1500
7	2000		4000					

Inoltre, le pareti di suddivisione fra i compartimenti devono essere realizzate con strutture di tipo almeno REI 90 e porte almeno REI 90 a chiusura automatica.

Trattandosi di autorimessa sotterranea mista, chiusa, ai piani -1 e -2, la superficie massima di compartimento non deve eccedere i 2000 m² al -2 e i 2500 m² al -1.

Tali limiti sono verificati per i compartimenti al piano -2 aventi ciascuno una superficie di 630 e 590 m², ma non per il compartimento al piano -1 che invece presenta una superficie di 2980 m².

È invece rispettata la resistenza al fuoco delle pareti di suddivisione tra i compartimenti.

5.2.7. Corsie di manovra

Le corsie di manovra devono consentire il facile movimento degli autoveicoli e avere ampiezza non inferiore ai 4,5 m e 5 m nei tratti antistanti i posti auto. Sono consentite rampe da 3 m a condizione della presenza di opportuna segnaletica e idonei sistemi ottici.

Nel caso in esame alcune corsie di manovra risultano avere ampiezza inferiore a 4,5 m, ma comunque non inferiori a 3 m. Per questo motivo risulta presente un'opportuna segnaletica che evidenzia i restringimenti di corsia e i cambi di direzione, anche con sistemi ottici (come si può notare al paragrafo successivo, in figura 57). È inoltre rispettato il limite minimo di 5 m nei tratti antistanti i posti auto, ortogonali alla corsia.

5.2.8. Accessi

L'accesso deve avvenire da pubblica via o spazi a cielo scoperto. Inoltre devono essere presenti almeno una coppia di rampe a senso unico (minimo 3 m), o da una rampa a doppio senso (minimo 4,5 m). Non devono avere pendenza superiore al 20% e devono avere raggio di curvatura minimo pari a 8,25 m e 7 m, rispettivamente per rampe a doppio o senso unico di marcia.

L'ingresso all'autorimessa oggetto di studio avviene tramite rampa accessibile da via Bertola (fig. 55). Il compartimento 1 al piano -1 è servito da un'unica rampa a doppio senso di marcia, avente larghezza di 4.75 m; mentre i compartimenti 2 e 3 al piano -2 sono serviti da due rampe, di larghezza pari a 4.5 e 3.5 m.

Le rampe hanno una pendenza non superiore al 20%, con un raggio minimo di curvatura poco superiore a 8,25 m per le rampe a doppio senso di marcia e pari a 7 m per le rampe a senso unico di marcia.



Fig.55 – Accesso autorimessa da via Bertola



Fig.56 – Rampa di accesso al compartimento 2



Fig.57 – Rampa di accesso al compartimento 3

5.2.9. Ventilazione

Secondo le prescrizioni della normativa, nelle autorimesse devono essere presenti aperture di aerazione naturale con una superficie non inferiore ad $1/25$ della superficie in pianta del compartimento.

Nel caso in esame, il compartimento 3 al piano -2 risulta completamente privo di aerazione naturale; mentre per il compartimento 2 esiste un canale di ventilazione (fig. 58a), di superficie comunque non sufficiente a garantire l'aerazione minima prevista.

Il compartimento 1 invece, è dotato di aerazione naturale consentita da aperture sull'intercapedine (fig. 58b), ma non risulta comunque sufficiente a garantire l'aerazione minima prevista.

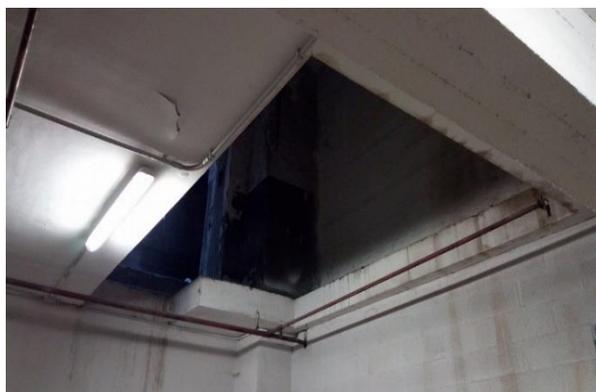


Fig.58a – Canale di ventilazione (comp. 2)

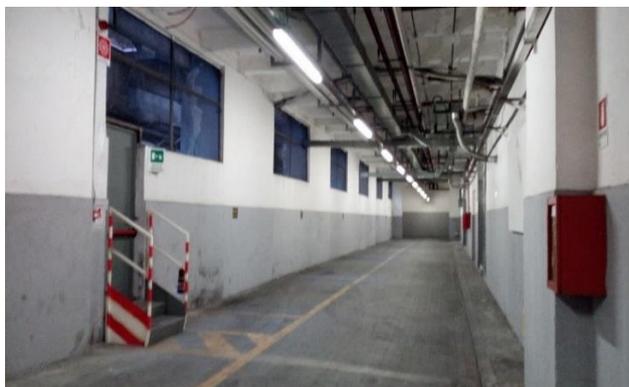


Fig.58b – Finestre per aerazione naturale (comp. 1)

Nonostante non siano rispettati i requisiti minimi, relativi all'aerazione naturale, imposti dalla normativa, l'aerazione risulta compensata dalla presenza di un impianto di ventilazione meccanica presente in tutti i compartimenti, come mostrato nelle figure 58c e 58d.

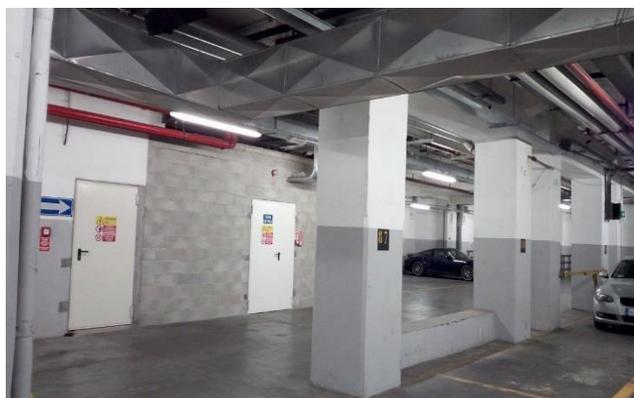


Fig.58c - Ventilazione meccanica (comp. 1)



Fig.58d – Ventilazione meccanica (comp. 2)

5.2.10. Densità di affollamento e capacità di deflusso

La normativa prevede una densità di affollamento pari a 0,1 persone/m² in caso di autorimesse non sorvegliate, e 0,01 persone persone/m², se sorvegliate.

Pertanto, data la presenza di videosorveglianza in tutti i compartimenti, sarà pari a 0,01 persone/m², così suddivise:

- 32 persone, per il compartimento 1
- 6 persone, per il compartimento 2
- 7 persone, per il compartimento 3

La capacità di deflusso imposta dalla normativa per i primi tre piani interrati o fuori terra è pari a 37,5.

Pertanto, nel presente caso, dato l'affollamento calcolato, sarà necessario 1 modulo di uscita per ogni compartimento dell'autorimessa.

Nel caso analizzato sono comunque presenti più moduli di uscita (figg. 59, 60, 61, 62).



Fig.59 – Porta per esodo da comp. 1 su cortile

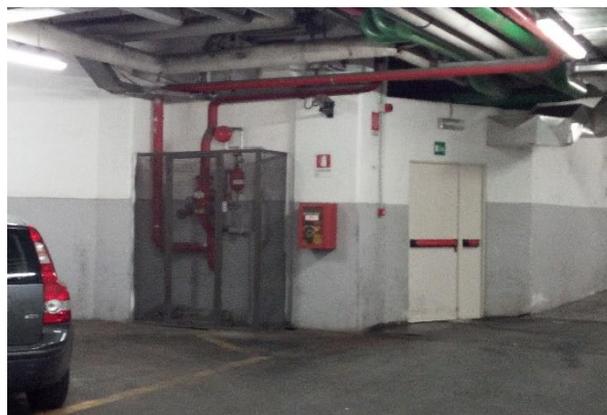


Fig.60- Porta per esodo da comp.1 su vano scalaA



Fig.61 – Porta per esodo su intercapedine su intercapedine



Fig.62– Porta per esodo da comp. 3 su vano scala C

5.2.11. Larghezza delle vie di uscita e numero delle uscite

Secondo la normativa, la larghezza delle vie d'uscita deve essere multipla del modulo di uscita e almeno pari a 1,20 m (2 moduli). Nel caso di due o più uscite è consentito che una abbia larghezza inferiore, purché almeno 0,60 m. Inoltre impone un numero minimo delle uscite, per ogni piano, pari a 2 e che siano posizionate in punti ragionevolmente contrapposti.

Nel presente caso, in particolare nel compartimento 1, si trovano:

- 2 uscite da 2 moduli con filtro a prova di fumo e uscita su galleria
- 1 uscita da 2 moduli con filtro a prova di fumo e uscita su cortile
- 1 uscita da 1 modulo con filtro a prova di fumo e uscita su galleria
- 1 uscita da 1 modulo direttamente da autorimessa e uscita su intercapedine
- 1 uscita da 1 modulo da scala interna e uscita da intercapedine su strada

Il compartimento 2 è dotato di:

- 1 uscita da 2 moduli con filtro a prova di fumo e uscita su galleria
- 1 uscita da 6 moduli su rampa

Il compartimento 3 è dotato:

- 1 uscita da 2 moduli con filtro a prova di fumo e uscita su galleria
- 1 uscita da 6 moduli su rampa

Il numero delle uscite pertanto sarà:

- N. 6 per il compartimento 1
- N. 2 per il compartimento 2
- N. 2 per il compartimento 3

5.2.12. Ubicazione delle uscite

Secondo quanto prescritto, le uscite devono essere ubicate in modo da essere raggiungibili con percorsi massimi, in caso di copertura da impianto fisso di spegnimento automatico, pari a 50 m.

Nella presente autorimessa, le lunghezze dei percorsi di esodo fino a luogo sicuro, risultano tutte inferiori ai 50 m per i compartimenti 1 e 2, considerando la disponibilità di utilizzare tutte le uscite (figg. 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69).

Per il compartimento 3 invece esiste una lunghezza da percorrere eccessiva fino a luogo sicuro (fig. 69).



Fig.63 – Percorsi di esodo compartimento 1

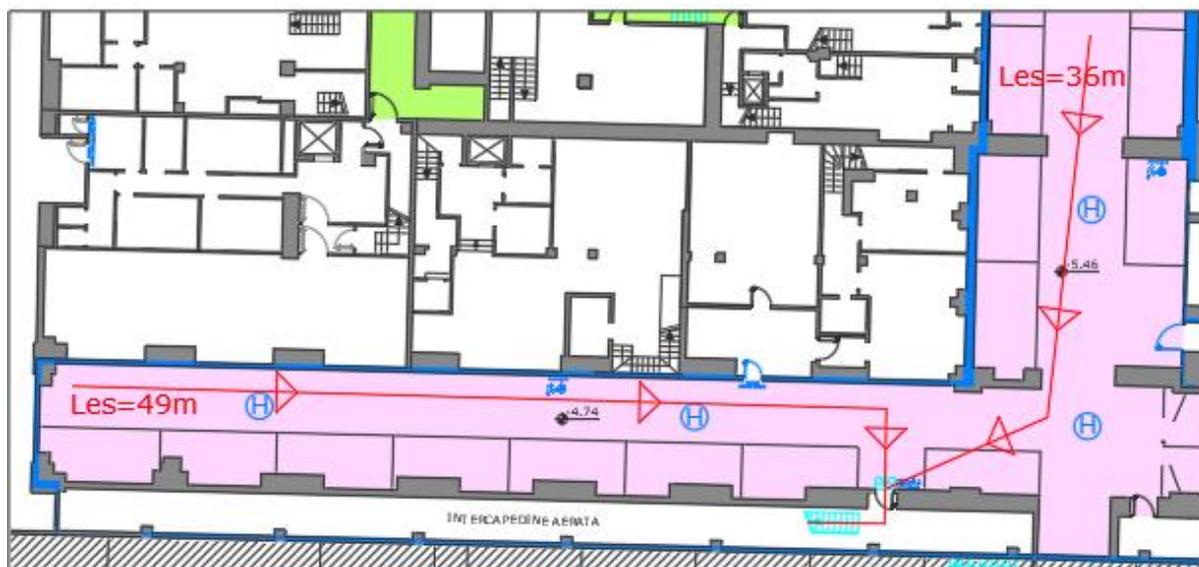


Fig.64 – Percorsi di esodo compartimento 1

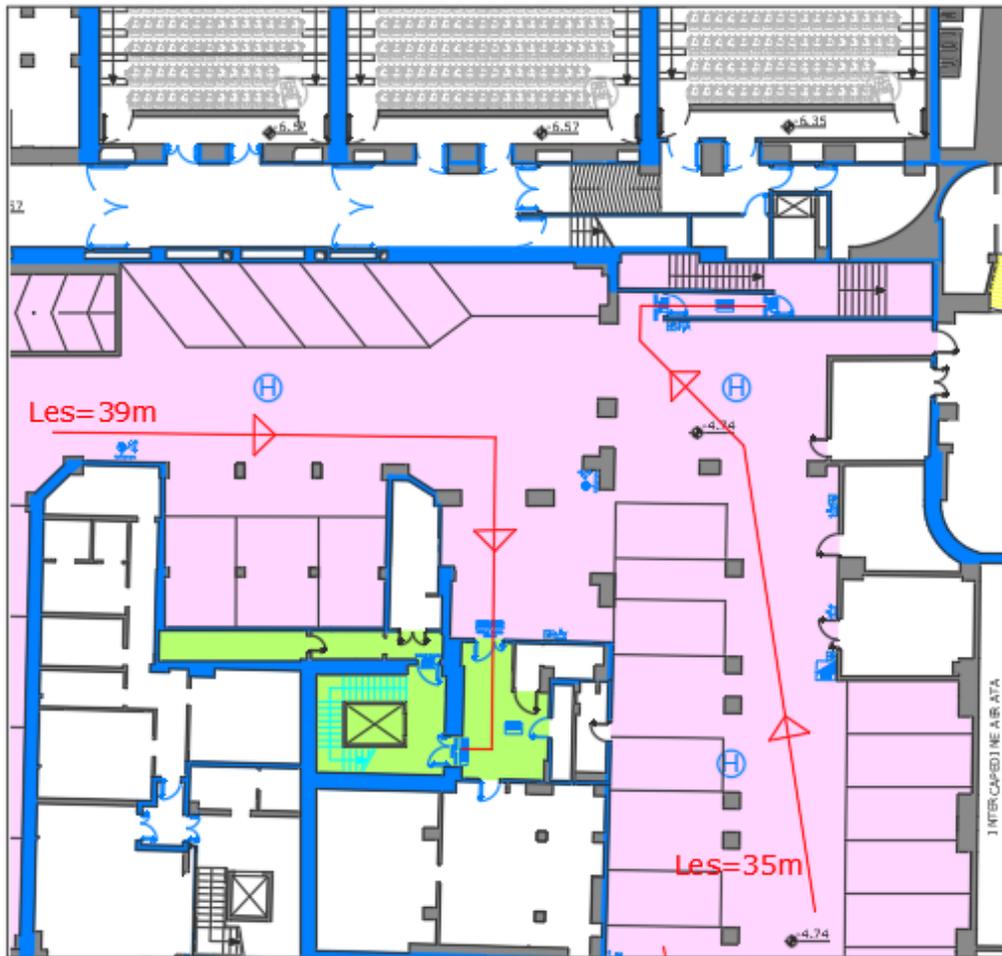


Fig.65 – Percorsi di esodo compartimento 1

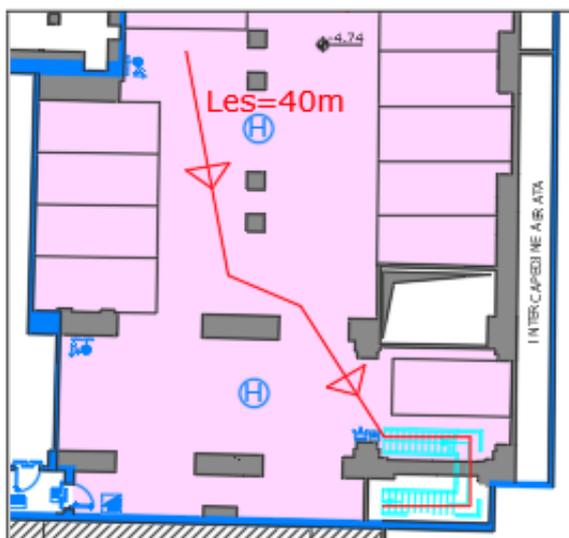


Fig.66 – Percorsi di esodo comp. 1

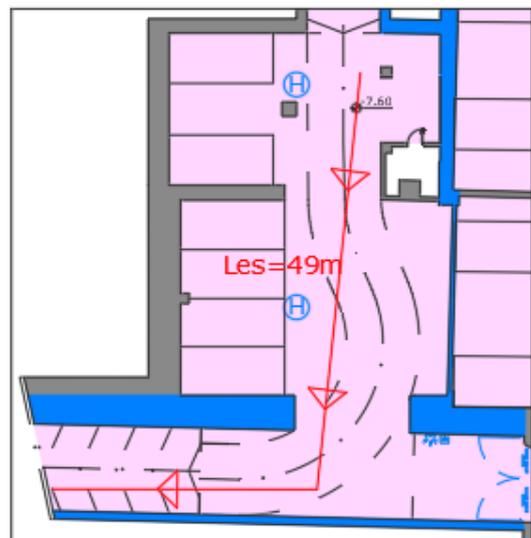


Fig.67 – Percorsi di esodo comp. 1

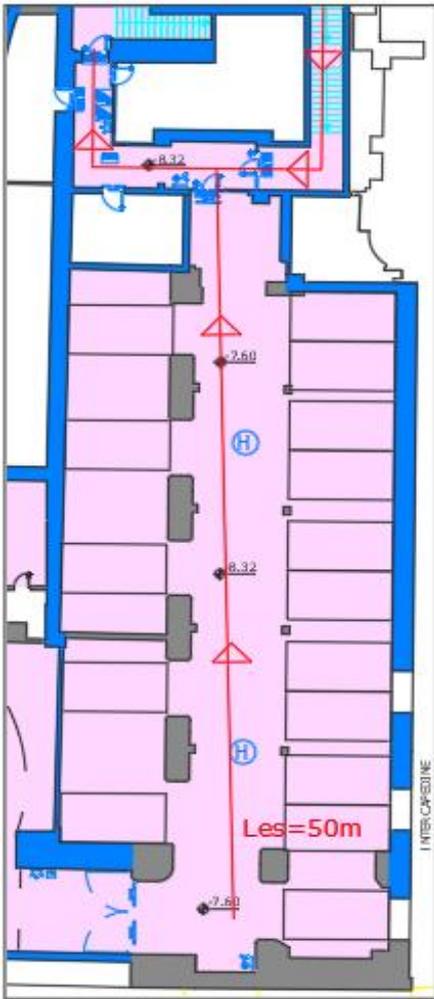


Fig.68 – Percorsi di esodo comp. 2

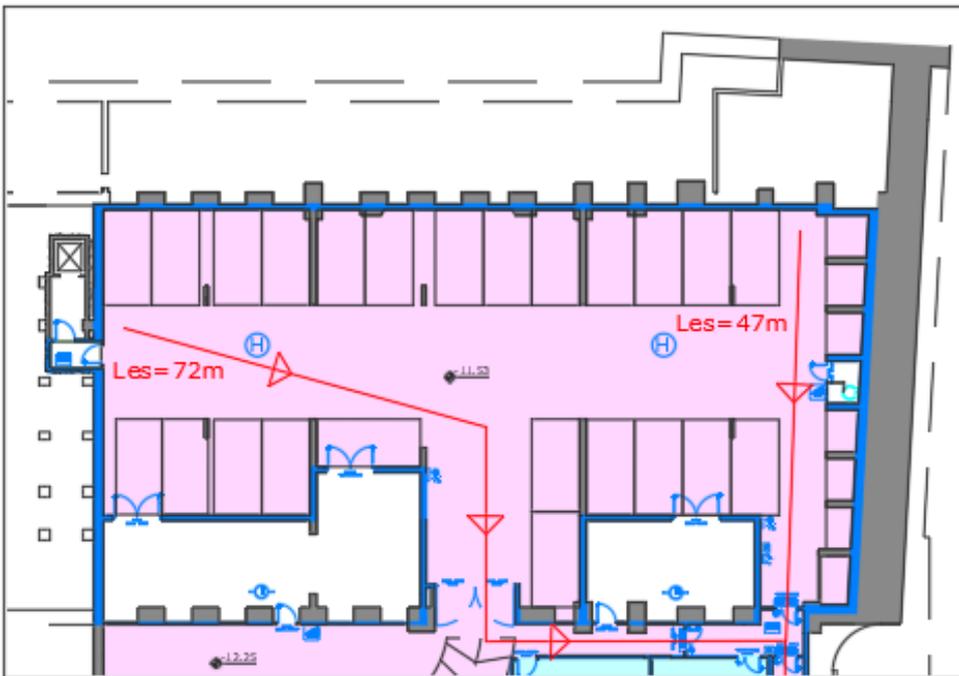


Fig.69 – Percorsi di esodo comp. 3

5.2.13. Impianti idrici antincendio

Nelle autorimesse al primo interrato di capacità superiore a cinquanta autoveicoli deve essere installato almeno un idrante ogni 50 autoveicoli; mentre in quelle oltre il primo interrato almeno uno ogni 30.

Nel caso in esame, nel compartimento 1 (63 autoveicoli) risultano già installati 8 idranti, così come nei compartimenti 2 e 3 (16 e 24 autoveicoli) risultano installati 3 idranti.

Si deduce che le prescrizioni imposte dalla normativa sono rispettate per tutta l'autorimessa. Per quanto riguarda invece gli impianti di protezione attiva contro l'incendio la norma fa riferimento al DM 20/12/2012, da cui si può trarre uno stralcio della tabella, con l'indicazione inerente al caso interessato.

IMPIANTI SPRINKLER [4]				
Attività	Disposizione vigente	Ambienti nei quali è prescritto l'impianto sprinkler	Classificazione degli ambienti nei quali è prescritto l'impianto sprinkler	Caratteristiche minime dell'alimentazione idrica richiesta, secondo la norma UNI EN 12845 [3]
Autorimesse	DM 1.2.1986	Ambienti e casi indicati nel D.M. 1.2.1986 [1]	Secondo norma UNI EN 12845	Singola. (Per compartimenti ≤ 2500 mq) Singola superiore (Per compartimenti > 2500 mq)

La presente autorimessa risulta dotata di impianto tipo sprinkler, conforme a quanto riportato dalla normativa.

Per quanto riguarda l'alimentazione dell'impianto, l'autorimessa risulta alimentata da una riserva idrica con impianto di pompaggio, situata al livello -3 ed accessibile tramite vano scala dal compartimento 3 (fig. 70).

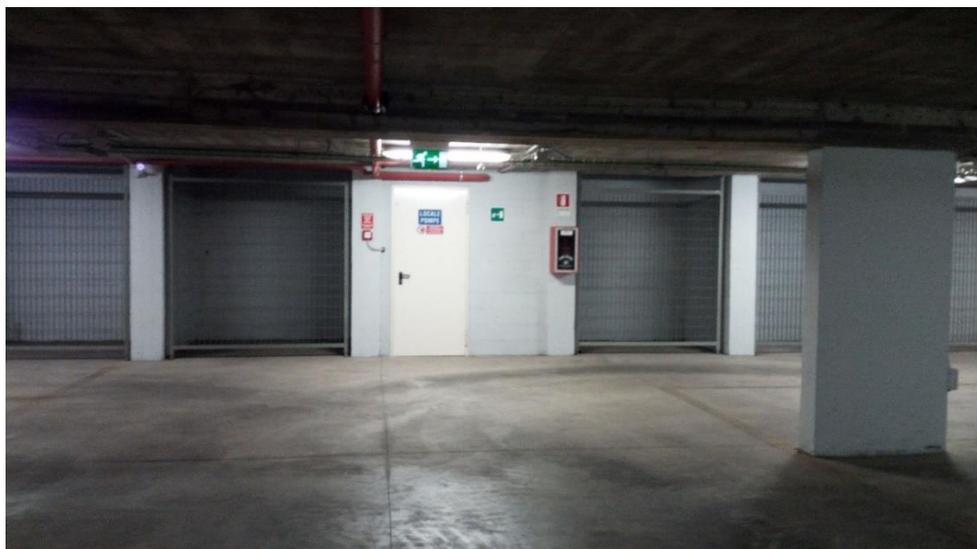


Fig.70 – Porta di accesso al locale di pompaggio

5.2.14. Mezzi di estinzione portatili

La normativa prevede l'installazione di estintori secondo quanto riportato nella seguente tabella.

n. auto	Estintori	n. auto	Estintori	n. auto	Estintori	n. auto	Estintori
Fino a 5	1	41 - 50	7	101 - 110	13	161 - 170	19
5 - 10	2	51 - 60	8	111 - 120	14	171 - 180	20
11 - 15	3	61 - 70	9	121 - 130	15	181 - 190	21
16 - 20	4	71 - 80	10	131 - 140	16	191 - 200	22
21 - 30	5	81 - 90	11	141 - 150	17	201 - 220	23
31 - 40	6	91 - 100	12	151 - 160	18	221 - 240	24

Poiché nel caso analizzato non sono presenti estintori portatili, occorre prevedere la loro installazione. In particolare:

- 9 estintori nel compartimento 1
- 2 estintori nel compartimento 2
- 2 estintori nel compartimento 3

5.3. D.M. 3 Agosto 2015 – Codice di prevenzione incendi

Come già definito nel precedente decreto si tratta di un'autorimessa mista e chiusa.

5.3.1. Classificazione

L'autorimessa in oggetto si classifica in relazione alla tipologia di servizio, alla sua superficie, alla quota massima e minima dei piani, ovvero con l'altezza antincendio (h) del fabbricato.

Pertanto si può definire nel seguente modo:

- SA: per autorimesse private;
- AB: $1000 \text{ m}^2 < \text{Superficie} < 5000 \text{ m}^2$ per il compartimento 1;
- AA: $300 \text{ m}^2 < \text{Superficie} < 1000 \text{ m}^2$ per i compartimenti 2 e 3;
- HB: $-6 \text{ m} < h < 24 \text{ m}$;

Inoltre vengono identificate con la codifica TA tutte le aree destinate alla sosta e alla manovra dei veicoli, quindi i 3 compartimenti.

Vi sono inoltre vari locali, classificati come TT rilevanti ai fini della sicurezza antincendio:

- tre cabine elettriche, direttamente annesse all'autorimessa;
- 2 locali UTA del cinema.

Mentre tra i locali classificati come TM2, quindi destinati al deposito di materiali combustibili quali depositi di attività di vendita, vi sono:

- un magazzino di un negozio (unità 20), direttamente comunicante;
- un magazzino di un negozio (unità 15), comunicante tramite disimpegno.

Sono inoltre presenti:

- una cabina elettrica, comunicante tramite filtro a prova di fumo;
- una centrale termica, comunicante tramite filtro a prova di fumo;
- un gruppo elettrogeno, comunicante tramite filtro a prova di fumo;
- una centrale frigorifera, comunicante tramite filtro a prova di fumo.
- alcune cantine destinate a civile abitazione, comunicanti tramite filtri a prova di fumo.

5.3.2. Profili di rischio

I profili di rischio definiti dal Codice di prevenzione incendi sono 3: *Rvita*, *Rbeni*, *Rambiente*.

Il primo riguarda la salvaguardia della vita umana ed è attribuito per ciascun compartimento dell'attività.

Si definisce in funzione di due fattori: δ_{occ} riguarda le caratteristiche prevalenti degli occupanti (tab. G.3-1), mentre δ_a è la velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio (tab. G.3-2) riferita al tempo impiegato dalla potenza termica per raggiungere 1000 kW.

Caratteristiche prevalenti degli occupanti δ_{occ}		Esempi
A	Gli occupanti sono in stato di veglia ed hanno familiarità con l'edificio	Ufficio non aperto al pubblico, scuola, autorimessa privata, attività produttive in genere, depositi, capannoni industriali
B	Gli occupanti sono in stato di veglia e non hanno familiarità con l'edificio	Attività commerciale, autorimessa pubblica, attività espositiva e di pubblico spettacolo, centro congressi, ufficio aperto al pubblico, ristorante, studio medico, ambulatorio medico, centro sportivo
C [1]	Gli occupanti possono essere addormentati:	
Ci	• in attività individuale di lunga durata	Civile abitazione
Cii	• in attività gestita di lunga durata	Dormitorio, residence, studentato, residenza per persone autosufficienti
Ciii	• in attività gestita di breve durata	Albergo, rifugio alpino
D	Gli occupanti ricevono cure mediche	Degenza ospedaliera, terapia intensiva, sala operatoria, residenza per persone non autosufficienti e con assistenza sanitaria
E	Occupanti in transito	Stazione ferroviaria, aeroporto, stazione metropolitana
[1] Quando nel presente documento si usa C la relativa indicazione è valida per Ci, Cii, Ciii		

Tabella G.3-1: Caratteristiche prevalenti degli occupanti

δ_a	Velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio t_a [s]	Esempi
1	600 Lenta	Materiali poco combustibili distribuiti in modo discontinuo o inseriti in contenitori non combustibili.
2	300 Media	Scatole di cartone impilate; pallets di legno; libri ordinati su scaffale; mobilio in legno; automobili; materiali classificati per reazione al fuoco (capitolo S.1)
3	150 Rapida	Materiali plastici impilati; prodotti tessili sintetici; apparecchiature elettroniche; materiali combustibili non classificati per reazione al fuoco.
4	75 Ultra-rapida	Liquidi infiammabili; materiali plastici cellulari o espansi e schiume combustibili non classificati per la reazione al fuoco.

Tabella G.3-2: Velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio

Poiché si tratta di attività soggetta, devono essere riportati almeno i valori di δ_a presenti nella tabella G.3-3 del Codice.

Attività soggetta [1]	δ_a
66.1.A, 67.1.A, 68.1.A, 68.2.A, 69.1.A, 71.1.A, 75.1.A, 77.1.A	2
41.1.A	3
[1] Riferimento all'allegato III del DM 7 agosto 2012 (codice attività, sottoclasse, categoria)	

Tabella G.3-3: Velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio

Pertanto, nel caso in esame, il compartimento 1 rientra nell'attività 75.2.B, mentre i compartimenti 2 e 3 rientrano nell'attività 75.1.A, tenendo conto di quanto riportato nell'allegato III del DM 7/08/2012:

75	1 A	Autorimesse pubbliche e private, parcheggi pluriplano e meccanizzati di superficie complessiva coperta > 300 m ² ; locali adibiti al ricovero di natanti ed aeromobili di superficie > 500 m ² ; depositi di mezzi rotabili (treni, tram ecc.) di superficie coperta > 1000 m ²	Autorimesse fino a 1000 m ²
	2 B	Autorimesse pubbliche e private, parcheggi pluriplano e meccanizzati di superficie complessiva coperta > 300 m ² ; locali adibiti al ricovero di natanti ed aeromobili di superficie > 500 m ² ; depositi di mezzi rotabili (treni, tram ecc.) di superficie coperta > 1000 m ²	Autorimesse oltre 1000 m ² e fino a 3000 m ²
	3 B	Autorimesse pubbliche e private, parcheggi pluriplano e meccanizzati di superficie complessiva coperta > 300 m ² ; locali adibiti al ricovero di natanti ed aeromobili di superficie > 500 m ² ; depositi di mezzi rotabili (treni, tram ecc.) di superficie coperta > 1000 m ²	Ricovero di natanti ed aeromobili oltre 500 m ² e fino a 1000 m ²
	4 C	Autorimesse pubbliche e private, parcheggi pluriplano e meccanizzati di superficie complessiva coperta > 300 m ² ; locali adibiti al ricovero di natanti ed aeromobili di superficie > 500 m ² ; depositi di mezzi rotabili (treni, tram ecc.) di superficie coperta > 1000 m ²	Autorimesse oltre 3000 m ²
	5 C	Autorimesse pubbliche e private, parcheggi pluriplano e meccanizzati di superficie complessiva coperta > 300 m ² ; locali adibiti al ricovero di natanti ed aeromobili di superficie > 500 m ² ; depositi di mezzi rotabili (treni, tram ecc.) di superficie coperta > 1000 m ²	Ricovero di natanti ed aeromobili di superficie oltre i 1000 m ²
	6 C	Autorimesse pubbliche e private, parcheggi pluriplano e meccanizzati di superficie complessiva coperta > 300 m ² ; locali adibiti al ricovero di natanti ed aeromobili di superficie > 500 m ² ; depositi di mezzi rotabili (treni, tram ecc.) di superficie coperta > 1000 m ²	Depositati di mezzi rotabili

Secondo le tabelle G.3-1 e G.3-2 del Codice, gli occupanti di tutti i compartimenti rientrano nella categoria A, in quanto si tratta di autorimessa privata, mentre la velocità di crescita dell'incendio sarà *lenta* per il compartimento 1 e *media* per i compartimenti 2 e 3.

Pertanto si può determinare l'*Rvita* (tab. G.3-4) dalla loro combinazione, ottenendo A1 per il compartimento 1 e A2 per i compartimenti 2 e 3.

Caratteristiche prevalenti degli occupanti δ_{occ}		Velocità caratteristica prevalente dell'incendio δ_a			
		1 lenta	2 media	3 rapida	4 ultra-rapida
A	Gli occupanti sono in stato di veglia ed hanno familiarità con l'edificio	A1	A2	A3	A4
B	Gli occupanti sono in stato di veglia e non hanno familiarità con l'edificio	B1	B2	B3	Non ammesso [1]
C	Gli occupanti possono essere addormentati	C1	C2	C3	Non ammesso [1]
Ci	• in attività individuale di lunga durata	Ci1	Ci2	Ci3	Non ammesso [1]
Cii	• in attività gestita di lunga durata	Cii1	Cii2	Cii3	Non ammesso [1]
Ciii	• in attività gestita di breve durata	Ciii1	Ciii2	Ciii3	Non ammesso [1]
D	Gli occupanti ricevono cure mediche	D1	D2	Non ammesso [1]	Non ammesso
E	Occupanti in transito	E1	E2	E3	Non ammesso [1]

[1] Per raggiungere un valore ammesso, δ_a può essere ridotto di un livello come specificato nel comma 4.
[2] Quando nel testo si usa uno dei valori C1, C2, C3 la relativa indicazione è valida rispettivamente per Ci1, Ci2, Ci3 o Cii1, Cii2, Cii3 o Ciii1, Ciii2, Ciii3

Tabella G.3-4: Determinazione di R_{vita}

Per quanto riguarda invece il profilo di rischio R_{beni} , si considera l'intera autorimessa e non più i singoli compartimenti.

Nel caso in esame si attribuisce un profilo R_{beni} pari a 1 (tab. G.3-6).

		Opera da costruzione vincolata	
		No	Si
Opera da costruzione strategica	No	$R_{beni} = 1$	$R_{beni} = 2$
	Si	$R_{beni} = 3$	$R_{beni} = 4$

Tabella G.3-6: Determinazione di R_{beni}

Infine il rischio ambientale $R_{ambiente}$ può ritenersi mitigato dall'applicazione di tutte le misure antincendio connesse ai profili di rischio R_{vita} e R_{beni} , che consentono di considerare non significativo tale rischio.

5.3.3. Reazione al fuoco

I livelli di prestazione per la reazione al fuoco dei materiali impiegati nelle attività sono riportati nella tabella S.1-1 del Codice.

Inoltre considerando i criteri di attribuzione, sia per le vie di esodo che per gli altri locali dell'attività, risultano nel livello I per tutti i compartimenti (aventi R_{vita} A1 e A2), secondo i criteri delle tabelle S1-2 e S.1-3.

Fanno eccezione le aree destinate alla sosta e manovra dei veicoli (TA), che non potendo avere livello di prestazione I, secondo la presente normativa, gli verrà attribuito il livello II.

Livello di prestazione	Descrizione
I	Nessun requisito
II	I materiali contribuiscono in modo non trascurabile all'incendio
III	I materiali contribuiscono moderatamente all'incendio
IV	I materiali contribuiscono limitatamente all'incendio
Per <i>contributo all'incendio</i> si intende l'energia rilasciata dai materiali che influenza la crescita e lo sviluppo dell'incendio in condizioni pre e post incendio generalizzato (flashover) secondo EN 13501-1.	

Tabella S.1-1: Livelli di prestazione per la reazione al fuoco

Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	Vie d'esodo [1] non ricomprese negli altri criteri di attribuzione.
II	Vie d'esodo [1] dei compartimenti con profilo di rischio R_{vita} in B1.
III	Vie d'esodo [1] dei compartimenti con profilo di rischio R_{vita} in B2, B3, Cii1, Cii2, Cii3, Ciii1, Ciii2, Ciii3, E1, E2, E3.
IV	Vie d'esodo [1] dei compartimenti con profilo di rischio R_{vita} in D1, D2.
[1] Limitatamente a vie d'esodo verticali, percorsi d'esodo(corridoi,atri, filtri...) e spazi calmi ,	

Tabella S.1-2: Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione alle vie d'esodo dell'attività

Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	Locali non ricompresi negli altri criteri di attribuzione.
II	Locali di compartimenti con profilo di rischio R_{vita} in B2, B3, Cii1, Cii2, Cii3, Ciii1, Ciii2, Ciii3, E1, E2, E3.
III	Locali di compartimenti con profilo di rischio R_{vita} in D1, D2.
IV	Su specifica richiesta del committente, previsti da capitolati tecnici di progetto, richiesti dalla autorità competente per costruzioni destinate ad attività di particolare importanza.

Tabella S.1-3: Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione ad altri locali dell'attività

Per quanto riguarda le soluzioni conformi, avendo attribuito un livello di prestazione II alle aree TA, è previsto l'impiego dei materiali appartenenti al gruppo GM3.

5.3.4. Resistenza al fuoco

Secondo la presente normativa, la classe di resistenza al fuoco deve rispettare i valori riportati nella tabella V.6-1.

Compartimenti	Classificazione dell'Attività			
	SA	SB		SC
	Autorimesse aperte	Autorimesse chiuse		
Fuori terra	30	HA HB	HC HD	Resistenza al fuoco secondo capitolo S.2
Interrati	60	60	90	

Tabella V.6-1: Classe minima di resistenza al fuoco

Ogni compartimento in oggetto, trattandosi di autorimessa interrata e chiusa, rispetta il valore minimo di resistenza al fuoco di 60, pertanto non è necessario il calcolo del carico di incendio specifico di progetto.

5.3.5. Compartimentazione

L'autorimessa, secondo quanto prescritto, deve costituire compartimento autonomo.

Inoltre, è ammessa la presenza di aree TM1 nello stesso compartimento di autorimesse, SA, AA e HA. Anche le aree TM2 e TT devono costituire compartimento autonomo.

Per quanto riguarda la comunicazione con altre attività, questa deve avvenire tramite filtro; mentre sono sufficienti chiusure EI 30 per locali comunicanti quali attività non aperte al pubblico, aree TM2 e TT. Le altre attività aventi percorsi di esodo in comune invece, devono essere a prova di fumo.

La presente autorimessa è costituita da compartimenti autonomi, con la presenza dei locali sopra menzionati. Risulta classificata come SA e comunica tramite varchi (EI 60) con i locali TM2 (quindi i depositi dei 2 negozi) e i locali TT. Entrambi, però non costituiscono compartimento autonomo.

I locali TT, fra cui una cabina elettrica, la centrale termica, il gruppo elettrogeno e la centrale frigorifera sono separati da filtro a prova di fumo e costituiscono già compartimento autonomo, mentre i due locali UTA del cinema sono direttamente comunicanti, ma anch'essi già compartimentati.

Pertanto gli altri locali per cui è opportuno prevedere un compartimento autonomo sono le tre cabine elettriche nel compartimento 1.

Per quanto riguarda la comunicazione con il cinema, questa avviene tramite un vano ascensore nel compartimento 3, tale comunicazione può sussistere dal momento in cui entrambe le attività costituiscono compartimento autonomo e sono separate da un filtro a prova di fumo.

L'autorimessa comunica in alcuni casi con altre attività tramite percorsi di esodo comuni, in tutti i casi risulta separata da essi tramite filtri a prova di fumo.

Il livello di prestazione attribuito per tutti i compartimenti, secondo le tabelle S.3-1 e S.3-2 risulta II.

Livelli di prestazione	Descrizione
I	Nessun requisito
II	È contrastata per un periodo congruo con la durata dell'incendio: <ul style="list-style-type: none"> • la propagazione dell'incendio verso altre attività; • la propagazione dell'incendio all'interno della stessa attività.
III	È contrastata per un periodo congruo con la durata dell'incendio: <ul style="list-style-type: none"> • la propagazione dell'incendio verso altre attività; • la propagazione dell'incendio e dei fumi freddi all'interno della stessa attività.

Tabella S.3-1: Livelli di prestazione per la compartimentazione

Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	Non ammesso nelle attività soggette
II	Attività non ricomprese negli altri criteri di attribuzione
III	In relazione alle risultanze della valutazione del rischio nell'ambito e in ambiti limitrofi della stessa attività (es. attività con elevato affollamento, attività con geometria complessa o piani interrati, elevato carico di incendio specifico q_f , presenza di sostanze o miscele pericolose in quantità significative, presenza di lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio o dell'esplosione, ...). Si può applicare in particolare ove sono presenti compartimenti con profilo di rischio $R_{v,ia}$ compreso in D1, D2, Cii2, Cii3, Ciii2, Ciii3, per proteggere gli occupanti che dormono o che ricevono cure mediche.

Tabella S.3-2: Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione

Per quanto riguarda le soluzioni conformi, al fine di limitare la propagazione dell'incendio all'interno dell'autorimessa e verso altre attività, è richiesto dalla normativa che siano suddivisi in compartimenti antincendio distinti.

Per questo motivo occorre compartimentare tutti i locali ad essa direttamente annessi.

Per quanto riguarda la progettazione della compartimentazione, la superficie lorda dei compartimenti non deve superare i valori previsti nella tabella S.3-4 del Codice.

R _{vita}	Quota del compartimento								
	< -15 m	< -10 m	< -5 m	< -1 m	≤ 12 m	≤ 24 m	≤ 32 m	≤ 54 m	> 54 m
A1	2000	4000	8000	16000	[1]	32000	16000	8000	4000
A2	1000	2000	4000	8000	[1]	16000	8000	4000	2000
A3	[na]	1000	2000	4000	32000	4000	2000	1000	[na]
A4	[na]	[na]	[na]	[na]	16000	[na]	[na]	[na]	[na]
B1	[na]	2000	8000	16000	[1]	16000	8000	4000	2000
B2	[na]	1000	4000	8000	32000	8000	4000	2000	1000
B3	[na]	[na]	1000	2000	16000	4000	2000	1000	[na]
C1	[na]	[na]	[na]	2000	[1]	16000	8000	8000	4000
C2	[na]	[na]	[na]	1000	8000	4000	4000	2000	2000
C3	[na]	[na]	[na]	[na]	4000	2000	2000	1000	1000
D1	[na]	[na]	[na]	2000	4000	2000	1000	1000	1000
D2	[na]	[na]	[na]	1000	2000	1000	1000	1000	[na]
E1	2000	4000	8000	16000	[1]	32000	16000	8000	4000
E2	1000	2000	4000	8000	[1]	16000	8000	4000	2000
E3	[na]	[na]	2000	4000	16000	4000	2000	[na]	[na]

[na] Non ammesso [1] Nessun limite

Tabella S.3-4: Massima superficie lorda dei compartimenti in m²

Tali limiti risultano verificati:

- compartimento 1: R_{vita}=A1, quota -4,74 m, superficie = 2980 m²;
- compartimento 2: R_{vita}=A2, quota -8,32 m, superficie = 590 m²;
- compartimento 3: R_{vita}=A2, quota -11,53 m, superficie = 630 m².

Inoltre, secondo il paragrafo S.3.10 del Codice è consentita, in caso di necessità funzionale, la comunicazione tra tutte le tipologie d'attività civili inserite nella medesima opera da costruzione.

5.3.6. Esodo

Per quanto riguarda l'attribuzione dei livelli di prestazione si utilizzano le tabelle S.4-1 e S.4-2 del Codice.

Si ottiene così un livello I per tutti i compartimenti dell'autorimessa.

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

Tabella S.4-1: Livelli di prestazione per l'esodo

Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	Tutte le attività
II	Compartimenti per i quali non sia possibile garantire il livello di prestazione I (es. a causa della dimensione del compartimento, ubicazione, tipologia degli occupanti o dell'attività ...)

Tabella S.4-2: Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione

La normativa prevede che ogni luogo sicuro deve essere idoneo a contenere gli occupanti che lo impiegano durante l'esodo. La superficie lorda del luogo sicuro e del luogo sicuro temporaneo è calcolata tenendo in considerazione le superfici minime per occupante di tabella S.4-14.

Nel caso in esame il luogo sicuro risulta la pubblica via, mentre il luogo sicuro temporaneo comprende i compartimenti adiacenti a quelli da cui avviene l'esodo, oltre che i vani scala a prova di fumo.

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

Le superfici lorde devono includere gli spazi di manovra necessari per l'utilizzo di eventuali ausili per il movimento (es. letto, sedia a ruote, ...).

Tabella S.4-14: Superficie minima per occupante

Un altro parametro imposto dalla normativa è l'altezza minima delle vie di esodo, che deve essere pari a 2 m.

Tale valore risulta ampiamente verificato per tutte le vie di esodo.

Le scale d'esodo a prova di fumo ed i percorsi a prova di fumo devono essere inseriti in vani opportuni, con l'eventuale sola presenza di ascensori. Possono inoltre essere previste scale "esterne" o "aperte".

Le scale d'esodo devono consentire l'esodo senza inciampo degli occupanti, per cui devono avere alzata e pedata costanti ed essere interrotte da pianerottoli di sosta.

Nel caso in esame, le scale a prova di fumo risultano già inserite in vani ad esse esclusivamente dedicate, talvolta con la presenza di ascensori.

Sono inoltre presenti due scale di esodo nel compartimento 1, non classificabili come “esterne” poiché si attestano su intercapedine e non si distaccano di 2,5 m dalla parete, nonostante conducano direttamente a luogo sicuro. Pertanto si classificano come “aperte”. Per tutte le scale di esodo risultano rispettate le prescrizioni riguardanti pianerottoli, alzate e pedate.

Le porte lungo le vie di esodo devono possedere i requisiti di cui alla tabella S.4-3 in funzione delle caratteristiche del locale e del numero di occupanti che impiegano ciascuna porta.

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

Tabella S.4-3: Caratteristiche delle porte lungo le vie d'esodo

Le uscite finali verso luogo sicuro devono essere posizionate in modo da garantire l'evacuazione rapida degli occupanti verso luogo sicuro; inoltre devono essere sempre disponibili, anche durante un incendio in attività limitrofe.

Le uscite finali, inoltre, devono essere contrassegnate sul lato verso luogo sicuro con cartello riportante il messaggio “Uscita di emergenza, lasciare libero il passaggio”.

Il sistema d'esodo deve essere facilmente riconosciuto ed impiegato dagli occupanti, per tal motivo occorre la presenza di apposita segnaletica di sicurezza.

Deve essere installato impianto di illuminazione di sicurezza lungo tutto il sistema delle vie d'esodo fino a luogo sicuro qualora l'illuminazione possa risultare anche occasionalmente insufficiente a garantire l'esodo degli occupanti.

Tali prescrizioni non costituiscono alcun problema per nessun compartimento, poiché nello stato di fatto risulta tutto conforme a quanto riportato nel presente Codice.

La progettazione del sistema d'esodo dipende dall'*Rvita* e dall'affollamento di ogni compartimento.

La densità di affollamento deve essere pari a 2 persone per ogni veicolo parchato, come definito nella tabella S-4.6 del Codice.

Pertanto si prevedono:

- 126 persone, per il compartimento 1
- 32 persone, per il compartimento 2
- 48 persone, per il compartimento 3

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 a carattere 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 d'attesa	
Uffici aperti al pubblico	
Aree di vendita di <i>piccole</i> attività commerciali al dettaglio con settore alimentare o misto	
Aree di vendita di <i>medie e grandi</i> attività commerciali al dettaglio con settore alimentare o misto	0,2 persone/m ²
Aree di vendita di attività commerciali al dettaglio senza settore alimentare	
Sale di lettura di biblioteche, archivi	
Ambulatori	0,1 persone/m ²
Uffici non aperti al pubblico	
Aree di vendita di attività commerciali all'ingrosso	
Aree di vendita di <i>piccole</i> attività commerciali al dettaglio con specifica gamma merceologica non alimentare	
Civile abitazione	0,05 persone/m ²
Autorimesse	2 persone per veicolo parchato
Degenza	1 degente e 2 accompagnatori per posto letto
Aree con posti a sedere o posti letto (es. sale riunioni, aule scolastiche, dormitori, ...)	Numero posti
Altre attività	Numero massimo presenti (addetti + pubblico)

Tabella S.4-6: Affollamento specifico o criteri per tipologia di attività

Riassumendo si avrà:

- Compartimento 1: Rvita: A1, affollamento: 126 persone
- Compartimento 2: Rvita: A2, affollamento: 32 persone
- Compartimento 3: Rvita: A2, affollamento: 48 persone

Il numero minimo di uscite dal compartimento, invece si ottiene dalla tabella S.4-8.

Data tale prescrizione, risulteranno necessarie due uscite per il compartimento 1 e un'uscita per i compartimenti 2 e 3, il che risulta pienamente verificato.

R_{vita}	Affollamento	Numero minimo
Qualsiasi	≤ 50 occupanti	1 [1]
A1, A2, Ci1, Ci2, Ci3	≤ 100 occupanti	
Qualsiasi	≤ 500 occupanti	2
	≤ 1000 occupanti	3
	> 1000 occupanti	4

[1] Sia comunque rispettata la massima lunghezza del *corridoio cieco* di cui al paragrafo S.4.8.2

Tabella S.4-8: Numero minimo di uscite da compartimento, piano, soppalco, locale

La normativa propone diversi tipi di soluzioni in merito alle procedure di esodo, a seconda dei casi.

Nel presente caso, la soluzione migliore è quella di ricorrere ad un sistema d'esodo orizzontale progressivo, in particolare per la porzione del compartimento 1 al piano -2 (fig. 39) e i compartimenti 2 e 3. Tale sistema 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.

Mentre è più indicato un esodo simultaneo nel caso del compartimento 1 al piano -1.

In funzione di questo sono state determinate le lunghezze d'esodo e dei corridoi ciechi, determinate secondo la tabella S.4-10.

R _{vita}	Max lunghezza d'esodo L _{es} [m]	Max lunghezza corrid. cieco L _{cc} [m]	R _{vita}	Max lunghezza d'esodo L _{es} [m]	Max lunghezza corrid. cieco L _{cc} [m]
A1	70	30	B1, E1	60	25
A2	60	25	B2, E2	50	20
A3	45	20	B3, E3	40	15
A4	30	15	C1	40	20
D1	30	15	C2	30	15
D2	20	10	C3	20	10

I valori delle massime lunghezze d'esodo e dei corridoi ciechi di riferimento possono essere incrementati in relazione a *misure antincendio aggiuntive* secondo la metodologia di cui al paragrafo S.4.10.

Tabella S.4-10: Massime lunghezze d'esodo e di corridoio cieco di riferimento

La lunghezza massime ammissibili risultano quindi:

- Compartimento 1: 70 m e 30 m
- Compartimenti 2 e 3: 60 m e 25 m

Tali limiti risultano sempre rispettati per ogni compartimento, anche nel caso più restrittivo dei corridoi ciechi (figg. 71, 72, 73, 74).

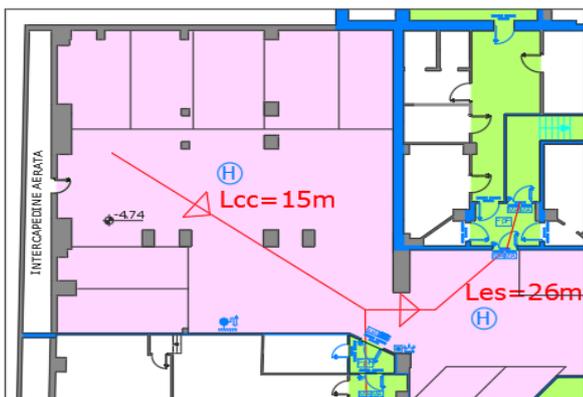


Fig.71 – Corridoio cieco e lunghezza di esodo - compartimento 1



Fig.72 – Corridoio cieco compartimento 1

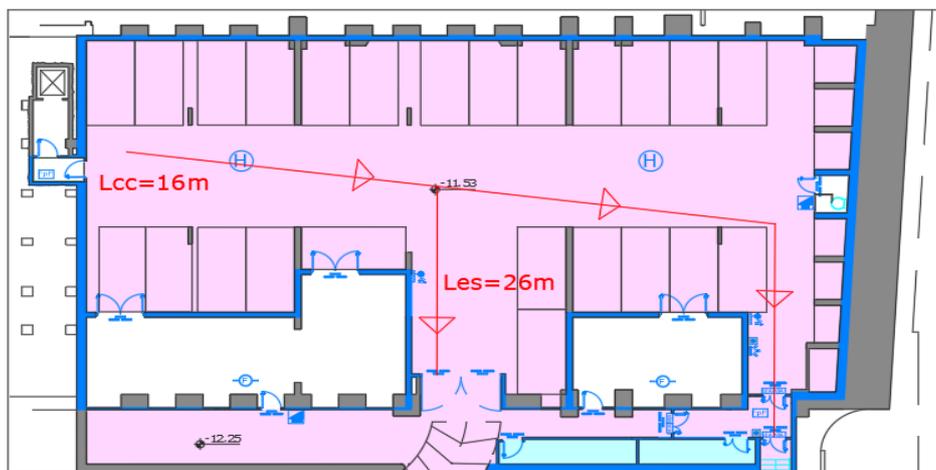


Fig.73 – Corridoio cieco e lunghezza di esodo - compartimento 3

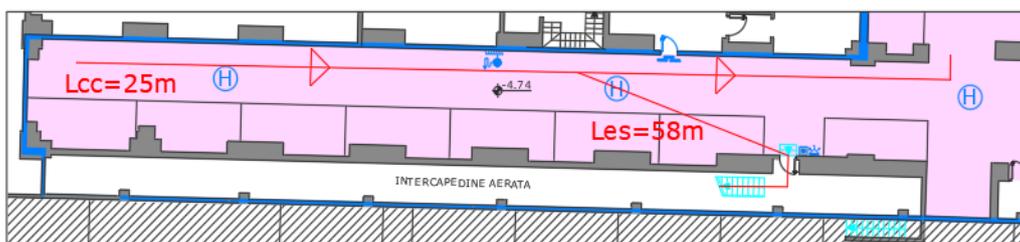


Fig.74 – Corridoio cieco e lunghezza di esodo - compartimento 1

Per quanto riguarda la larghezza minima delle vie di esodo orizzontali, quali corridoi e porte, si calcola con la seguente formula:

$$L_o = L_u \times n_o$$

Dove

L_o : larghezza minima vie di esodo orizzontali

L_u : larghezza unitaria per le vie d'esodo orizzontali determinata dalla tabella S.4-11 in funzione del profilo di rischio R_{vita} di riferimento

n_o : numero totale degli occupanti che impiegano tale via d'esodo orizzontale

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

Tabella S.4-11: Larghezze unitarie per vie d'esodo orizzontali

Tutte le larghezze delle vie di esodo orizzontali risultano pienamente verificate per tutti i compartimenti, secondo quanto precedentemente riportato.

Un'altra verifica che occorre effettuare è la verifica di ridondanza, che consiste nel rendere indisponibile una via d'esodo orizzontale alla volta, per verificare che le larghezze risultino ancora sufficienti per garantire l'esodo di tutti gli occupanti.

Tutti i percorsi di esodo orizzontali risultano conformi secondo quanto prescritto in merito alla verifica di ridondanza.

Secondo la normativa, tutti i piani interrati con quota oltre i -5 m devono essere serviti da almeno 2 vie d'esodo verticali.

Poiché l'edificio in esame rientra nel caso citato, risulta verificato per il compartimento 1, ma non per i compartimenti 2 e 3, poiché ne possiedono solo una.

Nel caso di esodo simultaneo, in particolare al piano -1, occorre effettuare un'ulteriore verifica delle vie di esodo verticali, andando a considerare il contemporaneo utilizzo dagli altri piani (in questo caso da entrambi i piani dell'autorimessa).

Per tale verifica si applica la seguente formula:

$$L_v = L_u \times n_v$$

Dove

L_v : larghezza minima vie di esodo verticali

L_u : larghezza unitaria per le vie d'esodo verticali determinata dalla tabella S.4-12 in

funzione del profilo di rischio R_{vita} di riferimento e dal numero totale di piani serviti

n_v : numero totale degli occupanti che impiegano tale via d'esodo verticale

R_{vita}	Numero totale dei piani serviti dalla via d'esodo verticale									
	1	2 [F]	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

I valori delle larghezze unitarie *devono* essere incrementati secondo le indicazioni della tabella S.4-13 in relazione all'alzata ed alla pedata dei gradini, alla tipologia di scala.
[F] Impiegato anche nell'esodo *per fasi*

Tabella S 4-12: Larghezza unitaria per vie di esodo verticali in mm/persona

Per svolgere tale verifica si è dovuto ricorrere all'utilizzo di altre normative per determinare l'affollamento delle altre attività ai piani interrati che utilizzano le medesime vie di esodo. In particolare è stato utilizzato il DM 07/2010 per le attività commerciali con superficie >400 m² (fig.75) ed è stato attribuito un valore di 0,4 pers/m² per le altre attività commerciali (fig.76).

Si è così ottenuto il numero totale delle persone provenienti dai piani interrati dei negozi che utilizzano per l'esodo il medesimo vano scala: 35 persone.

Tale affollamento è così suddiviso:

- Attività 11= 10 persone (>400 m²)
- Attività 16= 9 persone (>400 m²)
- Attività 10= 14 persone (<400 m²)
- Attività 12= 13 persone (<400 m²)
- Attività 13= 10 persone (<400 m²)
- Attività 14= 8 persone (<400 m²)
- Attività 17= 30 persone (<400 m²)

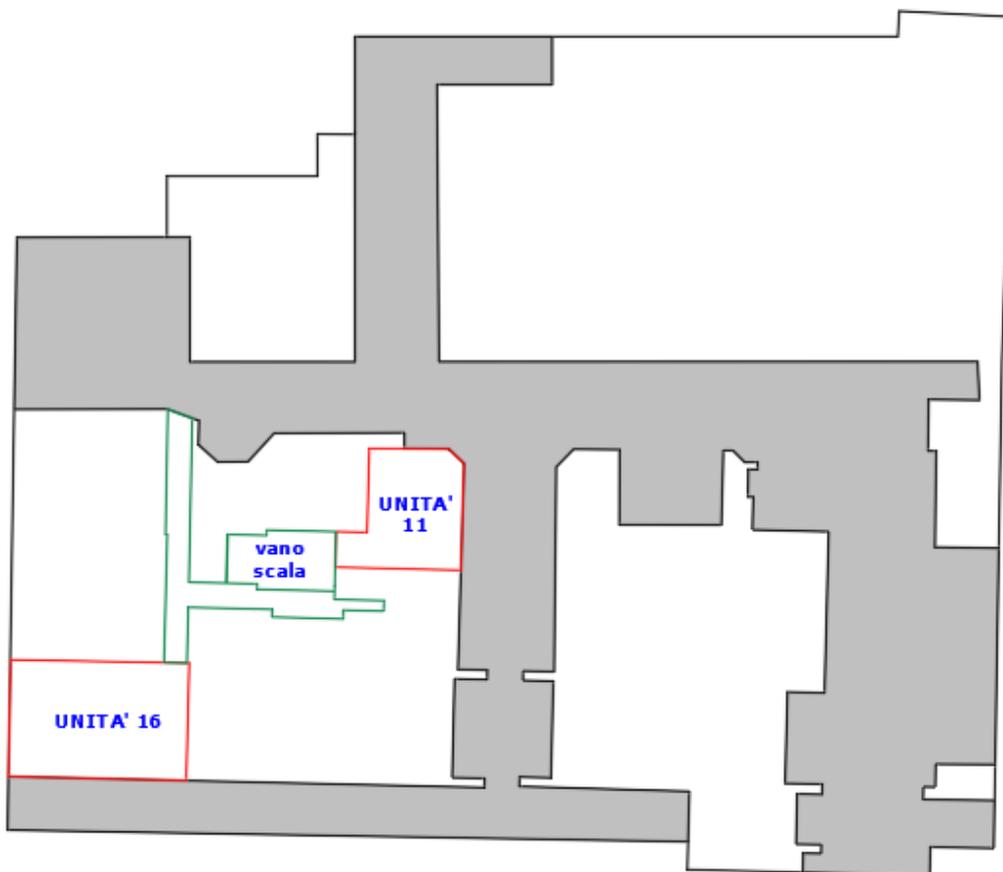


Fig.75 – Attività commerciali >400 m²

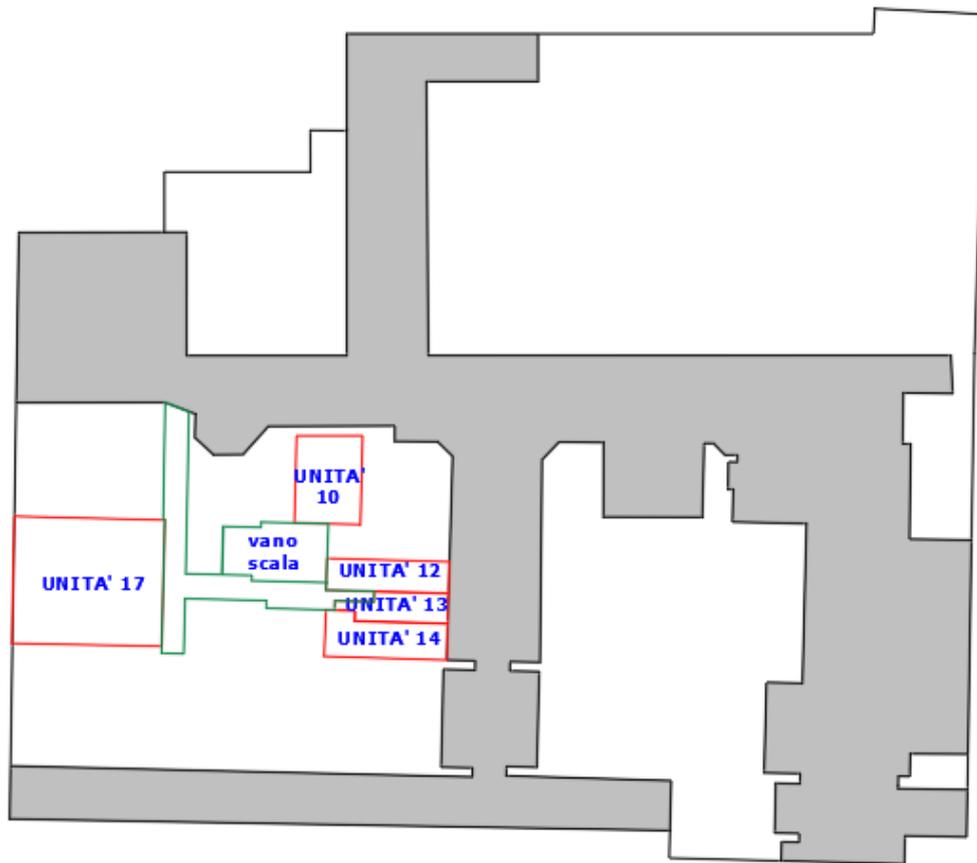


Fig.76 – Attività commerciali <400 m²

Si considerano quindi sia le persone che utilizzano tale vano scala provenienti dall'autorimessa (16), sia quelle provenienti dai negozi (94), per un totale di 110 persone. Pertanto la larghezza delle scale risulta sufficiente a garantire l'esodo di tutte le attività che la utilizzano.

Un altro caso da analizzare è quello del vano scala utilizzato sia dal piano -1 che dal piano -2 dell'autorimessa, andando quindi a sommare gli occupanti dei vari compartimenti.

A differenza dell'intero compartimento 3 che utilizza l'unico vano scala del piano, il compartimento 2 utilizza per l'esodo sia il medesimo vano scala (esodo simultaneo) sia parte del compartimento 1 adiacente (esodo progressivo).

È stato opportuno fare questa suddivisione poiché la distanza dal punto più lontano fino al vano scala sarebbe stata troppo elevata, in quanto corridoio cieco (fig. 77).

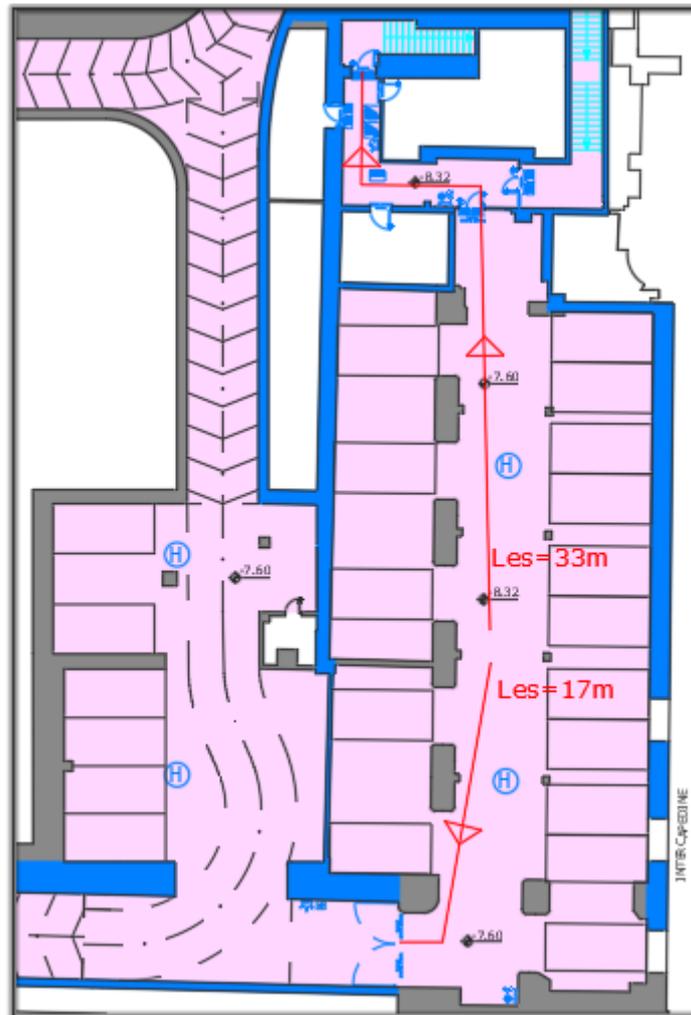


Fig.77 – Lunghezze di esodo – compartimento 2

Per effettuare un calcolo a favore di sicurezza però, si è tenuto conto dell'affollamento dell'intero compartimento 2 (32), sommato a quello del compartimento 1 (36), per un totale di 68 persone che utilizzerebbero tale vano scala. Anche in questo caso la verifica risulta soddisfatta.

Le altre vie di esodo verticali vengono utilizzate solo dal piano -1, pertanto, così come le larghezze delle uscite, anche quelle delle scale risultano ampiamente verificate.

Anche per le vie di esodo verticali occorre effettuare la verifica di ridondanza.

Questa risulta anche in questo caso soddisfatta; infatti, nonostante i compartimenti 2 e 3 abbiano a disposizione una sola via verticale, essendo questa a prova di fumo, si considera sempre disponibile.

Successivamente verrà effettuata un'analisi di tutta la Galleria che riguarderà esclusivamente il calcolo dell'affollamento di ogni attività, al fine di determinare i tempi di esodo dell'intero complesso.

Un'ulteriore considerazione è da fare in merito all'esodo in presenza di occupanti con disabilità, per prevedere degli spazi calmi o l'esodo progressivo.

Nel caso analizzato, in tutti i piani dell'attività sono presenti degli spazi calmi (figg. 78, 79, 80), ma anche l'esodo progressivo come nel caso del compartimento 3 e del compartimento 1 al piano -2.

In alternativa, nel caso del compartimento 2 può essere ampliato il filtro a prova di fumo per destinare un'area adeguata allo spazio calmo.

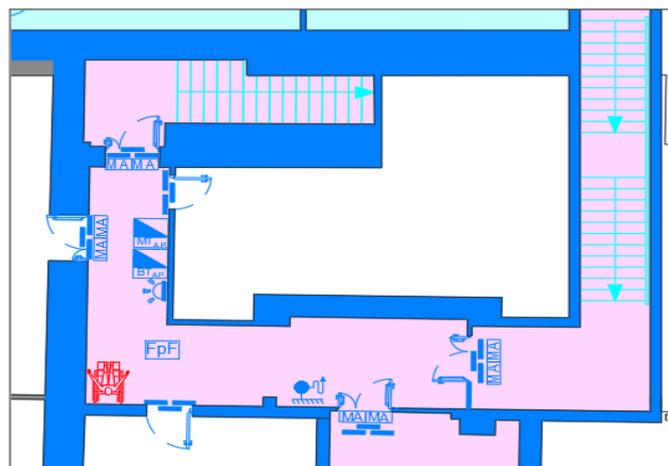


Fig.78 – Spazio calmo – compartimento 2 (p. -2)

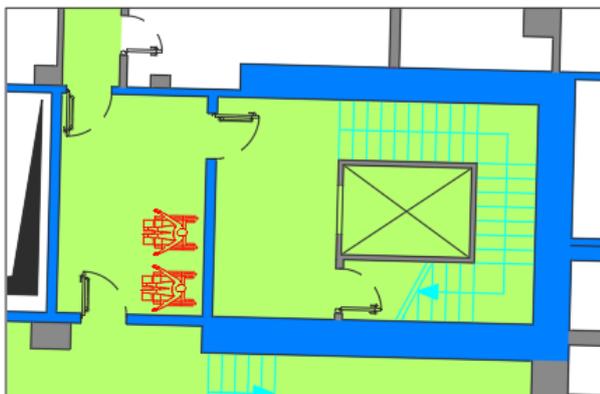


Fig.79– Spazio calmo – compartimento 1 (p.-1)

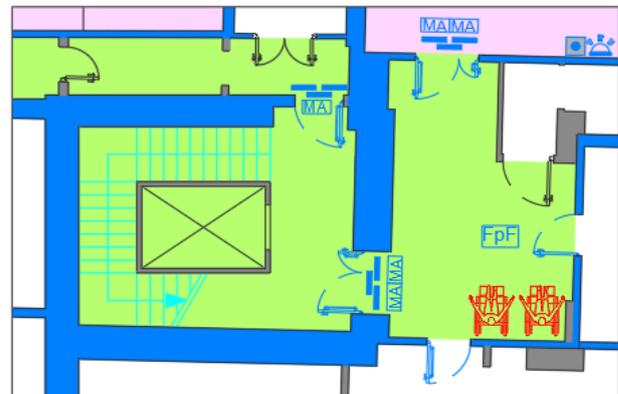


Fig.80 – Spazio calmo – compartimento 1 (p.-1)

5.3.7. Controllo dell'incendio

L'attività deve essere dotata di controllo dell'incendio secondo i livelli di prestazione previsti in tabella V.6-2.

Classificazione dell'Attività	Classificazione dell'Attività		
	SA SB		SC
	HA HB	HC HD	
AA	II	III	V
AB	III	IV ^[1] [2]	
AC	IV [1]		
AD			
[1] Protezione automatica delle aree TA [2] Livello III per autorimesse aperte			

Tabella V.6- 2: Livello di prestazione per controllo dell'incendio

Pertanto, nel presente caso, il compartimento 1 risulterà avere un livello di prestazione III, in quanto rientra nella classificazione SA, AB, HB; mentre i compartimenti 1 e 2 risulteranno avere un livello II, in quanto risultano classificati SA, AA, HA.

Per quanto riguarda la classificazione degli incendi e degli estinguenti, questi si possono definire come da tabella S.6-3.

Tutti i compartimenti rientreranno pertanto nella classe di incendio B, essendo prevista la presenza di un notevole numero di veicoli.

Classe di incendio	Descrizione
A	Incendi di materiali solidi, usualmente di natura organica, che portano alla formazione di braci
B	Incendi di materiali liquidi o solidi liquefacibili, quali petrolio, paraffina, vernici, oli e grassi minerali, plastiche, ecc.
C	Incendi di gas
D	Incendi di metalli
F	Incendi di oli e grassi vegetali o animali (es. apparecchi di cottura)

Tabella S.6-3: Classi d'incendio secondo la norma europea EN 2

La successiva tabella S.6-4 riporta alcuni estinguenti idonei per ciascuna classe di incendio. Dovrà, pertanto, essere previsto l'impiego di estinguenti a base di schiume, polveri e CO₂.

Classe di incendio	Estinguente
A	L'acqua, la schiuma e la polvere sono le sostanze estinguenti più comunemente utilizzate per tali incendi.
B	Per questo tipo di incendi gli estinguenti più comunemente utilizzati sono costituiti da schiuma, polvere e biossido di carbonio.
C	L'intervento principale contro tali incendi è quello di bloccare il flusso di gas chiudendo la valvola di intercettazione o otturando la falla. A tale proposito si richiama il fatto che esiste il rischio di esplosione se un incendio di gas viene estinto prima di intercettare il flusso del gas. La polvere e il biossido di carbonio sono sostanze estinguenti più comunemente utilizzate per tali incendi.
D	Nessuno degli estinguenti normalmente utilizzati per gli incendi di classe A e B è idoneo per incendi di sostanze metalliche che bruciano (alluminio, magnesio, potassio, sodio). In tali incendi occorre utilizzare delle polveri speciali ed operare con personale particolarmente addestrato.
F	Gli estinguenti per fuochi di classe F spengono principalmente per azione chimica intervenendo sui prodotti intermedi della combustione di olii vegetali o animali. Gli estintori idonei per la classe F hanno superato positivamente la prova dielettrica. L'utilizzo di estintori a polvere e di estintori a biossido di carbonio contro fuochi di classe F è considerato pericoloso.

Tabella S.6-4: Estinguenti

In caso di presenza contemporanea di più impianti di protezione, deve essere garantito il corretto funzionamento di tutti i sistemi antincendio presenti, evitando interferenze sia nell'attivazione dell'impianto che in quella di estinzione.

Nella presente autorimessa è presente sia una rete di idranti, sia un impianto di spegnimento automatico di tipo sprinkler, risultanti attualmente entrambi in condizioni di esercizio, non sussiste pertanto tale problema.

Ai fini dell'applicazione della norma UNI 10779, devono essere applicati i parametri di progettazione minima in tabella V.6-3 ed essere prevista la protezione interna.

Pertanto i compartimenti 1 e 2 avranno un livello di pericolosità nullo, mentre il compartimento 1 avrà un livello minimo di pericolosità pari a 1, ma non è richiesta comunque la protezione esterna.

Classificazione dell'Attività	Classificazione dell'Attività	Livello di pericolosità minimo	Protezione esterna	Caratteristiche minime alimentazione idrica (UNI EN 12845)
AA	HA, HB	-----	-----	-----
	HC, HD	1	Non richiesta	Singola [1]
AB	HA, HB	1	Non richiesta	Singola
	HC, HD	2	Si [2]	Singola
AC	HA,HB,HC,HD	2	Si[2]	Singola
AD	HA,HB,HC,HD	3	Si	Singola Superiore

[1] E' consentita l'alimentazione di tipo promiscuo secondo UNI 10779

[2] La protezione esterna non è richiesta se adottato il livello di pericolosità 3

Tabella V.6- 3: Parametri progettuali per la rete idranti secondo UNI 10779

Le soluzioni progettuali conformi previste per il livello di prestazione II, quindi per i compartimenti 2 e 3, hanno lo scopo di garantire l'utilizzo di un presidio antincendio che sia efficace su un principio d'incendio, prima che questo inizi a propagarsi nell'attività.

La tipologia degli estintori installati deve essere selezionata in riferimento alle classi di incendio di cui alla tabella S.6-3.

Per gli estintori di classe B il numero, la capacità estinguente e la posizione per la protezione di base dell'attività si determina nel modo seguente:

Se la superficie lorda del compartimento protetto è superiore a 200 m²:

- deve essere installato un numero di estintori di classe B tale che la capacità estinguente totale (CB) sia non inferiore alla capacità estinguente minima (CB,min) calcolata come segue:

$$CB,min = 1,44 \cdot S$$

con S superficie lorda del compartimento espressa in m².

- almeno il 50% della CB,min deve essere fornita da estintori con capacità estinguente non inferiore a 144 B.
- gli estintori devono essere idoneamente posizionati a distanza non superiore a 15 m dalle sorgenti di rischio.

Tali indicazioni risultano conformi a quanto prescritto e devono essere previste anche per il livello di prestazione III, quindi per il compartimento 1, oltre a ulteriori provvedimenti.

Inoltre, per la protezione interna è preferibile l'installazione di idranti a muro, è infatti considerata soluzione conforme la rete di idranti progettata, installata e gestita in conformità alla vigente regolamentazione e alle norme e documenti tecnici adottati dall'ente di normazione nazionale.

5.3.8. Rivelazione ed allarme

Di seguito si riportano i livelli di prestazione previsti per la rivelazione ed allarme incendio.

Nel caso in esame si ottiene per tutti i compartimenti un livello di prestazione pari a III.

Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	Attività dove siano verificate tutte le seguenti condizioni: <ul style="list-style-type: none"> • profili di rischio: <ul style="list-style-type: none"> ◦ R_{vita} compresi in A1, A2, Ci1, Ci2, Ci3; ◦ R_{beni} pari a 1; ◦ $R_{ambiente}$ non significativo; • attività non aperta al pubblico; • densità di affollamento non superiore a 0,2 persone/m²; • non prevalentemente destinata ad occupanti con disabilità; • tutti i piani dell'attività situati a quota compresa tra -5 m e 12 m; • superficie lorda di ciascun compartimento non superiore a 4000 m²; • carico di incendio specifico q_f non superiore a 600 MJ/m²; [1] • non si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative; • non si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio.
II	Attività dove siano verificate tutte le seguenti condizioni: <ul style="list-style-type: none"> • profili di rischio: <ul style="list-style-type: none"> ◦ R_{vita} compresi in A1, A2, B1, B2, Ci1, Ci2, Ci3; ◦ R_{beni} pari a 1; ◦ $R_{ambiente}$ non significativo; • densità di affollamento non superiore a 0,7 persone/m²; • tutti i piani dell'attività situati a quota compresa tra -10 m e 54 m; • carico di incendio specifico q_f non superiore a 600 MJ/m²; [1] • non si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative; • non si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio.
III	Attività non ricomprese negli altri criteri di attribuzione.
IV	In relazione alle risultanze della valutazione del rischio nell'ambito e in ambiti limitrofi della stessa attività (es. attività con elevato affollamento, attività con geometria complessa o piani interrati, elevato carico di incendio specifico q_f , presenza di sostanze o miscele pericolose in quantità significative, presenza di lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio, ...).
[1] Per attività di civile abitazione: carico di incendio specifico q_f non superiore a 900 MJ/m ²	

Tabella S.7-2: Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione

Livello di prestazione	Descrizione
I	La rivelazione e allarme incendio è demandata agli occupanti
II	Segnalazione manuale e sistema d'allarme esteso a tutta l'attività
III	Rivelazione automatica estesa a porzioni dell'attività, sistema d'allarme, eventuale avvio automatico di sistemi di protezione attiva
IV	Rivelazione automatica estesa a tutta l'attività, sistema d'allarme, eventuale avvio automatico di sistemi di protezione attiva

Tabella S.7-1: Livelli di prestazione per rivelazione ed allarme incendio

Sono considerate soluzioni conformi, per i livelli di prestazione III, gli IRAI progettati, installati e gestiti in conformità alla vigente regolamentazione e alle norme e documenti tecnici adottati dall'ente di normazione nazionale.

Le soluzioni conformi sono riportate nelle tabelle S.7-3, S.7-4 ed S.7-5.

Livello di prestazione	Aree sorvegliate	Funzioni minime degli IRAI		Funzioni di evacuazione e allarme	Funzioni di avvio protezione attiva ed arresto altri impianti
		Funzioni principali	Funzioni secondarie		
I	-	[1]		[2]	[3]
II	-	B, D, L, C	-	[5]	[3]
III	[8]	A, B, D, L, C,	E, F, G, H [4]	[5]	[3] o [7]
IV	Tutte	A, B, D, L, C,	E, F, G, H, M, N, O	[5] e [6]	[7]

[1] Non sono previste funzioni, la rivelazione e l'allarme sono demandate agli occupanti.
 [2] L'allarme è trasmesso tramite segnali convenzionali codificati nelle procedure di emergenza (es. a voce, suono di campana, accensione di segnali luminosi, ...) comunque percepibili da parte degli occupanti.
 [3] Demandate a procedure operative nella pianificazione d'emergenza.
 [4] Non previste ove l'avvio dei sistemi di protezione attiva ed arresto altri impianti sia demandato a procedure operative nella pianificazione d'emergenza
 [5] Con dispositivi di diffusione visuale e sonora o altri dispositivi adeguati alle capacità percettive degli occupanti ed alle condizioni ambientali (es. segnalazione di allarme ottica, a vibrazione, ...).
 [6] Per elevati affollamenti, geometrie complesse, sia previsto sistema EVAC secondo norme adottate dall'ente di normazione nazionale.
 [7] Automatiche su comando della centrale o mediante centrali autonome di azionamento (asservite alla centrale master), richiede le ulteriori funzioni E, F, G, H della tabella S.7-4.
 [8] Spazi comuni, vie d'esodo e spazi limitrofi, aree dei beni da proteggere, aree a rischio specifico.

Tabella S.7-5: Soluzioni conformi per rivelazione ed allarme incendio

E, Funzione di trasmissione dell'allarme incendio
F, Funzione di ricezione dell'allarme incendio
G, Funzione di comando del sistema o attrezzatura di protezione contro l'incendio
H, Sistema o impianto automatico di protezione contro l'incendio
J, Funzione di trasmissione dei segnali di guasto
K, Funzione di ricezione dei segnali di guasto
M, Funzione di controllo e segnalazione degli allarmi vocali
N, Funzione di ingresso e uscita ausiliaria
O, Funzione di gestione ausiliaria (<i>building management</i>)

Tabella S.7-4: Funzioni secondarie degli IRAI

A, Rivelazione automatica dell'incendio
B, Funzione di controllo e segnalazione
D, Funzione di segnalazione manuale
L, Funzione di alimentazione
C, Funzione di allarme incendio

Tabella S.7-3: Funzioni principali degli IRAI

5.3.9. Controllo di fumi e calore

La misura antincendio di controllo di fumo e calore ha come scopo l'individuazione dei presidi antincendio da installare nell'attività per consentire il controllo, l'evacuazione o lo smaltimento dei prodotti della combustione in caso di incendio.

In generale, la misura antincendio si attua attraverso la realizzazione di aperture di smaltimento di fumo e calore d'emergenza per allontanare i prodotti della combustione durante le operazioni di estinzione dell'incendio da parte delle squadre di soccorso.

Tali aperture coincidono generalmente con quelle già ordinariamente disponibili per la funzionalità dell'attività (es. finestre, lucernari, porte, ...).

Di seguito si riportano i livelli di prestazione previsti dal Codice di prevenzione incendi, in tabella V.6-4.

Si attribuisce pertanto un livello II per tutti i compartimenti dell'autorimessa.

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

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

La soluzione conforme prevista per il livello di prestazione II prevede le seguenti indicazioni:

- per le aperture di smaltimento fumo e calore deve essere impiegato il tipo di dimensionamento SE3, ovvero deve essere applicata la seguente formula:

$$S = 1/25 * A$$

Dove

S: superficie utile minima delle aperture

A: superficie lorda del piano

Di questa il 10% deve risultare permanente, o dotata di sistema automatico di apertura o provvista di elementi di chiusura non permanenti comandata da posizione protetta.

- Ciascuna apertura di smaltimento deve avere superficie minima pari a 0,2 m².
- L'uniforme distribuzione in pianta delle aperture di smaltimento deve essere verificata secondo il metodo delle aree di influenza, ponendo un raggio di influenza pari a 20 m per tutte le tipologie di aperture, e un raggio pari a 30 m per quelle permanentemente aperte (o con funzione analoga).

Il primo punto, come già visto con l'applicazione della precedente normativa, costituisce un problema poiché l'aerazione naturale presente non è sufficiente a garantire lo smaltimento di fumi e calore.

Questo è però compensato dalla presenza della ventilazione forzata.

Conseguentemente sarà soddisfatto anche l'ultimo punto, data la presenza dell'aerazione forzata in tutte le aree dell'autorimessa.

5.3.10. Operatività antincendio

Secondo la normativa, si riportano i livelli di prestazione per l'operatività antincendio.

Anche in questo caso si attribuisce un livello di prestazione III per tutti i compartimenti, come mostrato nelle tabelle S.9-1 e S.9-2 del Codice.

Livello di prestazione	Descrizione
I	Nessun requisito
II	Accessibilità per mezzi di soccorso antincendio
III	Accessibilità per mezzi di soccorso antincendio Pronta disponibilità di agenti estinguenti
IV	Accessibilità per mezzi di soccorso antincendio Pronta disponibilità di agenti estinguenti Accessibilità <i>protetta</i> per Vigili del fuoco a tutti i locali dell'attività

Tabella S.9-1: Livelli di prestazione per l'operatività antincendio

Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	Non ammesso nelle attività soggette
II	Attività dove siano verificate <i>tutte</i> le seguenti condizioni: <ul style="list-style-type: none"> • profili di rischio: <ul style="list-style-type: none"> ◦ R_{vita} compresi in A1, A2, B1, B2, Ci1, Ci2; ◦ R_{beni} pari a 1; ◦ $R_{ambiente}$ non significativo; • densità di affollamento non superiore a 0,2 persone/m²; • tutti i piani dell'attività situati a quota compresa tra -5 m e 12 m; • superficie lorda di ciascun compartimento non superiore a 4000 m²; • carico di incendio specifico q_f non superiore a 600 MJ/m²; • non si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative; • non si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio o dell'esplosione.
III	Attività non ricomprese negli altri criteri di attribuzione.
IV	Attività dove sia verificata <i>almeno una</i> delle seguenti condizioni: <ul style="list-style-type: none"> • profilo di rischio R_{beni} compreso in 3, 4; • elevato affollamento complessivo: <ul style="list-style-type: none"> ◦ se aperta al pubblico: affollamento complessivo superiore a 300 persone; ◦ se non aperta al pubblico: affollamento complessivo superiore a 1000 persone; • numero totale di posti letto superiore a 100 e profili di rischio R_{vita} compresi in D1, D2, Ciii1, Ciii2, Ciii3; • si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative e affollamento complessivo superiore a 25 persone; • si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio o dell'esplosione e affollamento complessivo superiore a 25 persone.

Tabella S.9-2: Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione

Le soluzioni progettuali conformi previste consistono semplicemente nella possibilità di avvicinare i mezzi di soccorso antincendio.

Ciò è consentito dal fatto che l'ingresso dell'autorimessa si attesta su strada pubblica.

Non sono da prevedere ulteriori misure, essendo già presente all'interno una rete di idranti in tutta l'autorimessa.

5.3.11. Sicurezza degli impianti tecnologici e di servizio

Come prevede la RTV del Codice, deve essere previsto un dispositivo di sezionamento di emergenza che, con una sola manovra tolga la tensione a tutto l'impianto elettrico.

La protezione da sovraccarichi e guasti a terra dell'impianto elettrico, nonché lo stesso dispositivo di sezionamento di emergenza, devono essere installati all'esterno del compartimento.

5.4. Confronto fra i due approcci normativi

Una volta determinati tutti i punti critici dall'applicazione delle due normative, sono stati individuati per entrambe quelli risolvibili mediante interventi fattibili, di modesta entità e onerosità.

Successivamente è stata svolta un'analisi critica degli aspetti non risolvibili, soggetti a possibili soluzioni di deroga.

Una volta analizzati i punti critici di entrambe le normative, è stato fatto un confronto qualitativo dato dalla differente applicazione dei due approcci.

5.4.1. Riepilogo punti critici dall'applicazione del DM 01/02/1986

- La presente normativa impone strutture di separazione con altre parti dell'edificio almeno pari a REI 90; inoltre i locali dell'autorimessa confinanti con le attività commerciali con sup. > 400 m², devono avere una resistenza al fuoco pari a REI 180. Tale aspetto può essere risolto con l'applicazione di intonaci o pannelli con una resistenza al fuoco adeguata, senza compromettere la funzionalità e l'esercizio dell'autorimessa.
- Un altro aspetto individuato consiste nella comunicazione con due attività commerciali. Questo può essere risolto mediante la realizzazione di due filtri a prova di fumo. Infatti uno dei due negozi comunica già attraverso un disimpegno, per cui risulta fattibile tale adeguamento; l'altro negozio comunica direttamente tramite un piccolo corridoio, per cui è prevista anche l'aggiunta di una porta resistente al fuoco, oltre che il medesimo adeguamento a filtro a prova di fumo.
- Per quanto riguarda le lunghezze di esodo, la distanza dal compartimento 3 a un luogo sicuro risulta eccessiva. Tale problema può essere risolto apportando alcune modifiche ai filtri a prova di fumo già esistenti, in modo da creare un luogo sicuro meno distante.
- Uno dei punti più critici consiste nella comunicazione dell'autorimessa con il cinema, tramite un filtro a prova di fumo nel vano ascensore.

Tale collegamento non può sussistere, ma l'eliminazione completa della comunicazione comporterebbe un problema di funzionalità, poiché è l'unico ascensore presente al piano. È pertanto opportuno ricorrere ad una procedura di deroga al punto 3.5.3. della presente normativa, contemplando una soluzione alternativa che consenta il raggiungimento di un livello di sicurezza equivalente.

- Un altro aspetto non risolvibile facilmente è il problema della superficie di compartimentazione per il compartimento 1, poiché risulta superiore a quella massima consentita (2500 m²).

Anche in questo caso si dovrebbe ricorrere ad una procedura di deroga al punto 3.6.1. del DM 01/02/86.

5.4.2. Riepilogo punti critici dall'applicazione del DM 03/08/15 (Codice di Prevenzione Incendi)

- Il codice impone che le altre attività presenti nello stesso edificio e adiacenti all'autorimessa costituiscano un compartimento autonomo. Questo non risulta un problema poiché può essere risolto mediante l'applicazione di intonaci o pannelli resistenti al fuoco.
- Un importante punto critico dell'applicazione del Codice risulta nel numero minimo di vie di esodo verticali da prevedere per ogni compartimento. Infatti è richiesto che siano almeno 2, il che risulta verificato per il compartimento 1, ma non per i compartimenti 2 e 3, che usufruiscono della medesima unica via di esodo verticale. Poiché risulterebbe assai complicato e oneroso realizzare un'ulteriore scala per l'esodo, sarebbe opportuno ricorrere ad una procedura di deroga al punto S.4.8.5 del presente Codice, contemplando anche in questo caso, una soluzione alternativa che consenta il raggiungimento di un livello di sicurezza equivalente.

5.4.3. Principali differenze dall'applicazione delle due normative

Come si può notare vi sono solo alcuni aspetti per cui occorrerebbe prevedere degli adeguamenti ai fini della prevenzione incendi.

Nella tabella seguente si riassumono i principali punti critici del DM 01/02/86, con l'indicazione equivalente data dal Codice.

Criticità DM 01/02/86		DM 03/08/15
Elementi di separazione con altre attività: almeno REI 90		REI 60
Elementi di separazione con attività commerciali > 400 m ² : almeno REI 180		REI 60
Comunicazione con due attività commerciali: dev'essere tramite filtro a prova di fumo		Porta EI 30
Lunghezza di esodo compartimento 3: > 50 m		Lcc: 25 m; Les: 60 m
Comunicazione autorimessa con il cinema: non può sussistere		Compartimenti autonomi e filtro a prova di fumo
Superficie di compartimentazione: compartimento 1 > 2500 m ²		Superficie massima: 8000 m ²

Si può notare la presenza di alcune situazioni per cui è possibile ricorrere a soluzioni con una certa fattibilità pratica ed economica (in verde) e altre situazioni più complicate (in rosso). Nel caso in esame tutti gli aspetti critici individuati con l'applicazione del DM 01/02/86, sarebbero risolti con l'applicazione del Codice di prevenzione incendi, poiché meno restrittive nei settori interessati.

Di seguito si riporta invece la tabella relativa ai punti critici del DM 03/08/15, con l'indicazione equivalente data dal DM 01/02/86.

Criticità DM 03/08/15		DM 01/02/86
Altre attività adiacenti: compartimenti autonomi		dipende dalle attività (no comunicazione, filtri a prova di fumo, elementi di separazione REI 90, 180...)
Compartimenti 2 e 3: minimo 2 vie di esodo verticali		-

Si può notare in modo evidente come convenga maggiormente l'applicazione del Codice di prevenzione incendi, dato il minor numero di punti critici rilevati. Infatti, nonostante le numerose restrizioni presenti in tale decreto rispetto al primo approccio, specie nel campo dell'esodo e della ventilazione, comporterebbe meno interventi ai fini della messa a norma.

L'unico aspetto complicato da gestire resterebbe il numero minimo di vie di esodo verticali a servizio dei compartimenti 2 e 3, che nello stato attuale usufruiscono entrambi di un unico vano scala a prova di fumo.

Data l'impossibilità di creare un'ulteriore scala, occorrerebbe effettuare una verifica dei tempi di esodo, in funzione all'affollamento massimo ipotizzabile. Per svolgere tale verifica è possibile ricorrere ad un approccio prestazionale, in modo da trovare una soluzione che garantisca un livello di sicurezza equivalente.

Questo è possibile mediante l'utilizzo della sezione M del Codice di prevenzione incendi.

Verrà comunque effettuata successivamente una simulazione relativa ai tempi di esodo globali che consentiranno pertanto di fare delle considerazioni qualitative, anche per questo caso specifico.

6. APPLICAZIONI PER LA VERIFICA DEL SISTEMA DI ESODO DELLA GALLERIA SAN FEDERICO

Le verifiche sono state eseguite mediante il software di modellazione MassMotion, della software house "Oasis", relativo alla movimentazione delle masse.

6.1. Affollamento sui vani scala

Una volta svolta l'analisi della Galleria San Federico con i due approcci normativi precedentemente esposti, si è proceduto con la verifica del sistema di esodo di tutto il complesso edilizio.

Per fare questo sono stati utilizzati gli affollamenti calcolati nel capitolo 4, considerandoli non più in funzione dell'attività, ma in funzione dei vani scala, in modo da poter effettuare una simulazione con il programma per l'esodo Mass Motion.

Di seguito si riportano gli affollamenti massimi sui vani scala, sia di uso comune che relativi alle singole attività. Sono, inoltre, identificati i vani scala principali del complesso (A, A1, A2, B, B1, C, C1, C2).



Figg. 80 e 81 – Affollamento vani scala, piano -2 e piano -1

Al piano interrato -2 è presente un unico vano scala che consente l'esodo dei due compartimenti dell'autorimessa.

Tale vano consente l'uscita sulla Galleria, nelle vicinanze di via Bertola ed ha una larghezza netta di 130 cm.

Il piano interrato -1, invece, è dotato di più vie d'uscita, una delle quali (vano scala A1) consente l'esodo sia di una parte dell'autorimessa, che di alcune attività commerciali. Tale vano conduce alla Galleria e presenta una larghezza utile pari a 120 cm.

Le altre scale consentono invece l'esodo per le singole attività nel piano, una delle quali utilizza l'intercapedine, una direttamente su strada pubblica, una su Galleria, una su cortile interno; mentre quelle all'interno delle attività commerciali conducono al piano terra delle stesse. Tutte le scale hanno larghezza almeno pari a 120 cm.

Per quanto riguarda il cinema, l'affollamento presente nelle sale in parte utilizza la scala di uscita direttamente su strada pubblica (180 cm), in parte utilizza i locali interni tramite una scala da 240 cm, che consente il raggiungimento del piano terra per poi proseguire verso il cortile interno o verso l'ingresso principale, quindi la Galleria.

Nella figura 82 sono evidenziati tutti gli affollamenti che sfociano nella Galleria, escludendo le uscite delle attività che danno direttamente su strada pubblica, anche se nella successiva simulazione verranno comunque presi tutti in considerazione.

Gli individui che stanno esodando, una volta raggiunta la Galleria, andranno a interferire con quelli presenti nella stessa Galleria (486 persone), creando un notevole flusso di persone per il quale risulta opportuno valutarne il movimento e le tempistiche ottenute dalla simulazione.

Occorrerà studiare le tempistiche anche delle attività che maggiormente utilizzano la Galleria ai fini dell'esodo, quali uffici e attività commerciali.

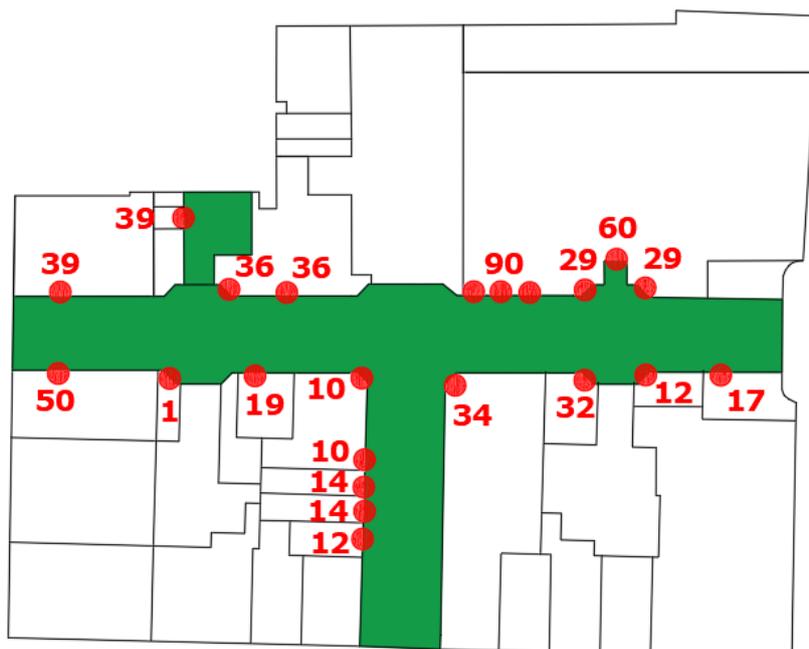


Fig. 82 – Affollamento attività su Galleria, piano terra

Al piano terra, sono presenti esclusivamente attività commerciali, oltre all’ufficio del custode e l’ingresso del cinema. Il piano terra del centro commerciale (sviluppato su tre livelli) presenta diverse uscite; la maggior parte di queste costituiscono anche l’accesso all’attività. Vi è poi una ulteriore uscita su cortile interno, mentre tutte le altre attività possiedono uscite su Galleria o direttamente all’esterno.

Al piano ammezzato continua ad essere prevalente la destinazione ad attività commerciale. La maggior parte di queste sono costituite da scale interne della medesima attività collegate al piano terra; solo in alcuni casi possiedono uscite sui vani scala ad uso comune, come i casi dei vani scala A, A1, B, C mostrate in fig. 83.

Sono inoltre presenti due uscite del centro commerciale su una terrazza scoperta che funge da luogo sicuro.

Una delle uscite, tramite vano scala, dello stesso centro commerciale è collegata direttamente con il piano terra dell’ingresso del cinema, per un affollamento di 70 persone, che andranno ad aggiungersi a parte del flusso proveniente dalle sale del cinema.



Fig. 83 – Affollamento su vani scala, piano ammezzato

Al piano primo invece, ad eccezione dell'ultimo piano del centro commerciale, la destinazione d'uso prevalente è destinata ad uffici. Il centro commerciale possiede un'uscita su una scala esterna che conduce alla terrazza scoperta del piano ammezzato, e una seconda uscita su un vano scala che conduce alla Galleria (fig. 84). Tutte le diverse titolarità degli uffici presenti utilizzano, invece, i vani scala comuni (A, B, C...). In particolare i vani scala A e C (di larghezza pari a 180 cm) sono costituiti da due ulteriori vani scala più piccoli: A1 e C1 (120 cm). Le persone che li utilizzano, una volta avuto accesso al vano principale, scelgono a random l'utilizzo di uno dei due.

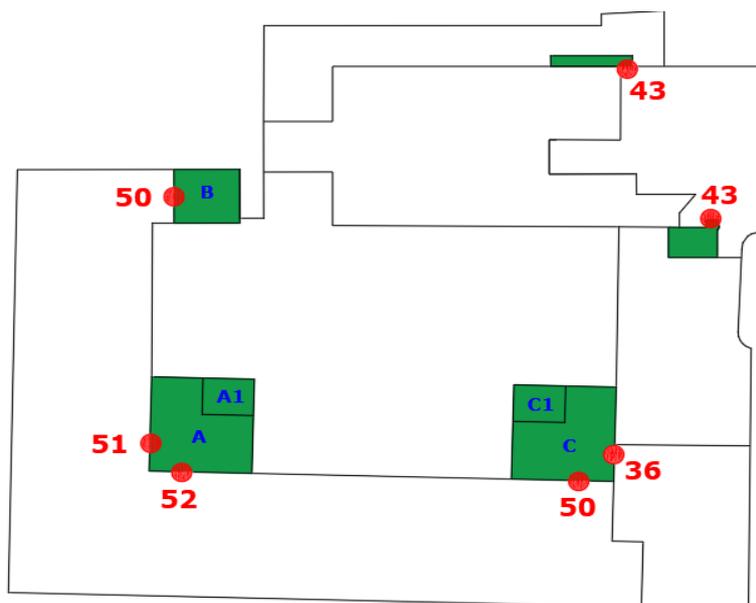


Fig. 84 – Affollamento su vani scala, piano primo

Il piano secondo è costituito da soli uffici ed utilizza i medesimi vani scala del piano primo (fig. 85).

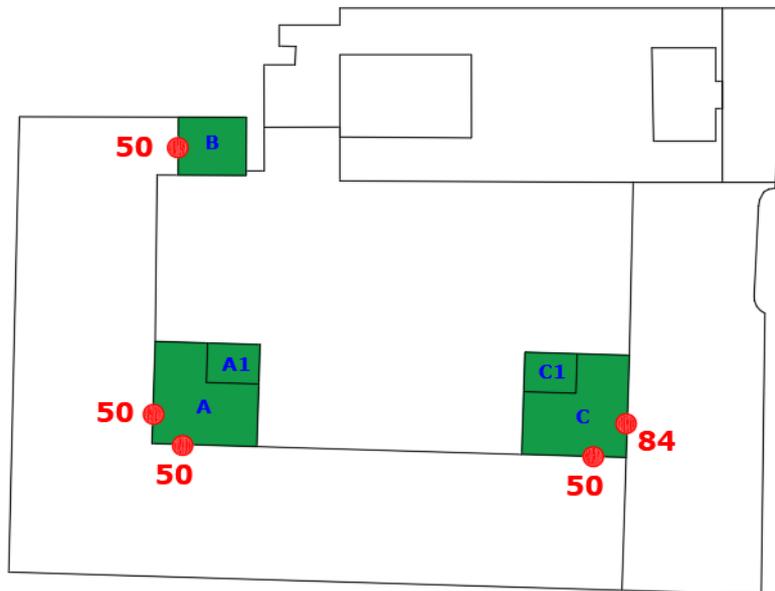


Fig. 85 – Affollamento su vani scala, piano secondo

Il terzo piano invece, sempre totalmente destinato ad uffici, non possiede più l'uscita sul vano scala C, ma solo su C1. È però dotato di un'altra uscita sul vano C2 che al livello sottostante si ricollega al vano principale C (fig. 86).

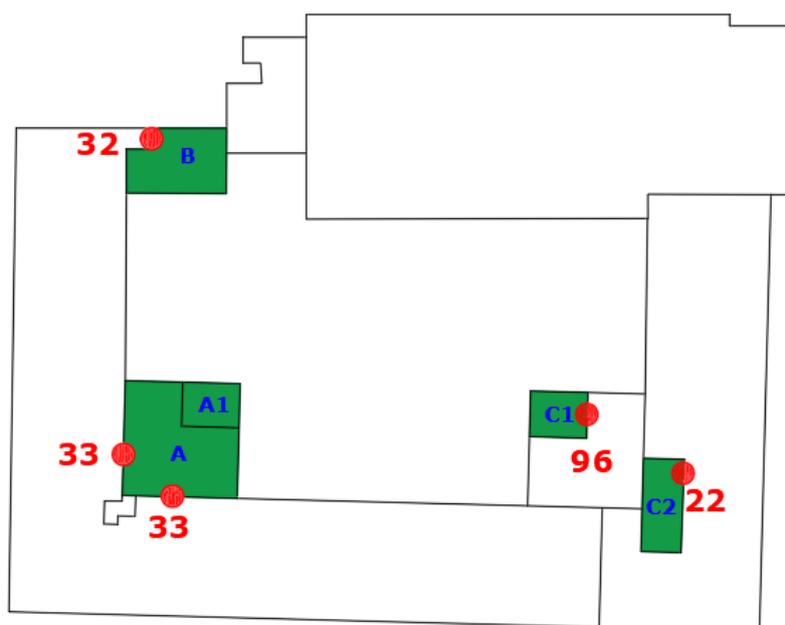


Fig. 86 – Affollamento su vani scala, piano terzo

L'ultimo livello è costituito sia da uffici che da alcuni alloggi. I primi utilizzano il vano scala C2, che al piano secondo si ricollega al vano C, mentre gli occupanti degli alloggi utilizzano il vano A2 che al livello sottostante si ricollega al vano principale A (fig. 87).

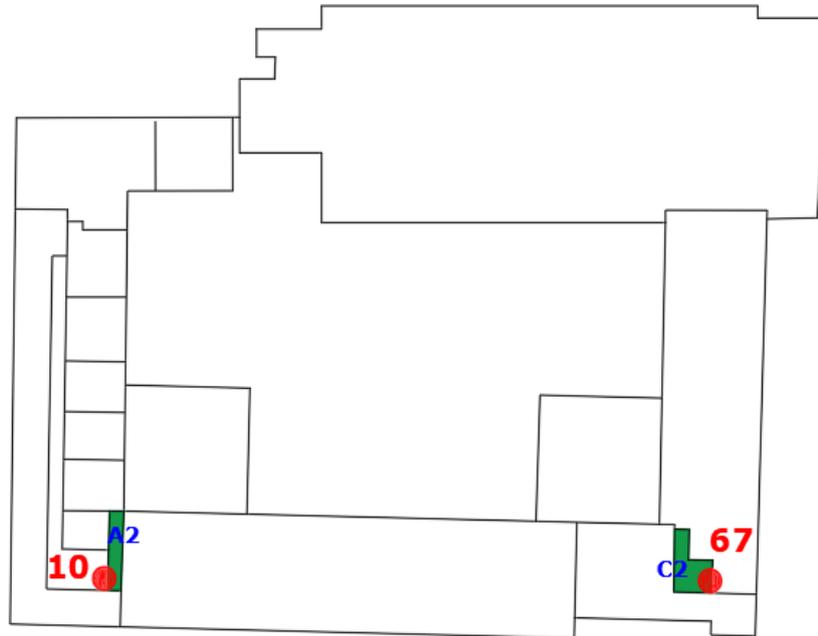


Fig. 87 – Affollamento su vani scala, piano quarto

6.2. Dati di input per la simulazione dell'esodo

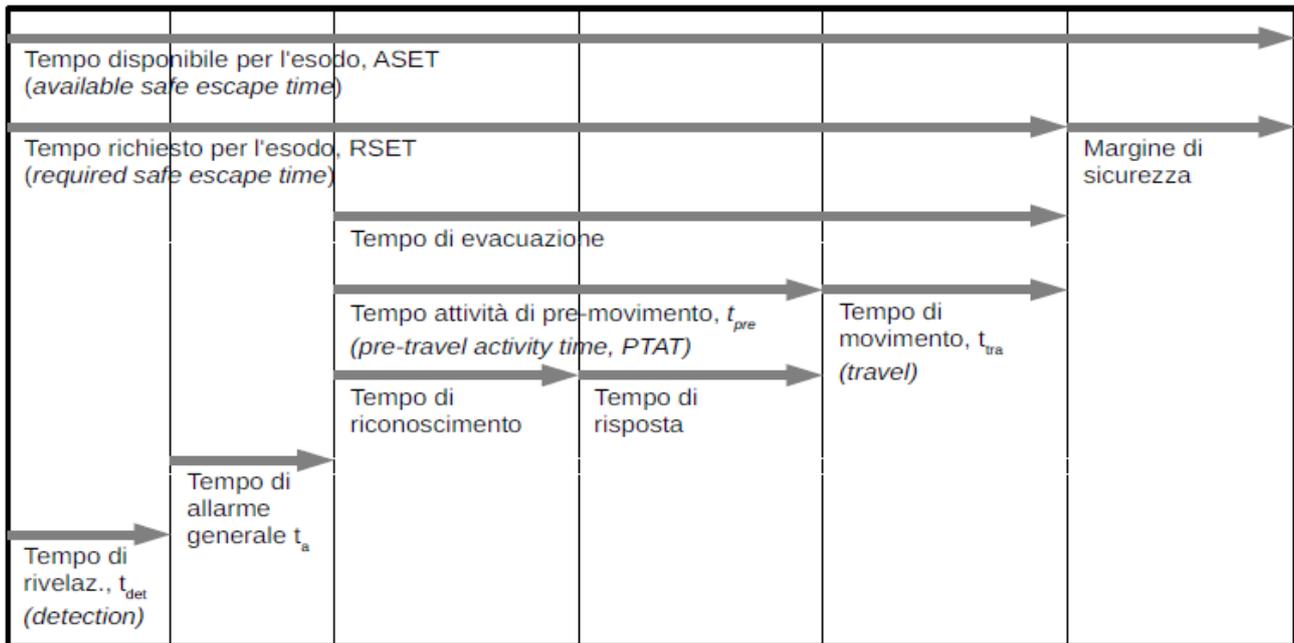
Per poter effettuare la simulazione con Mass Motion è necessario conoscere alcuni parametri che fungano da dati di input.

Lo scopo della simulazione è quello di determinare l'Rset, ovvero il tempo che impiegano gli occupanti ad abbandonare l'edificio. La verifica prevede che:

$$Aset > Rset$$

Dove Aset rappresenta il tempo disponibile per l'esodo, prima che sia compromessa la sicurezza delle persone.

Il valore di Rset è dato dalla sommatoria di più fattori, già esposti nei capitoli precedenti, meglio esplicitati nel seguente schema, tratto dal Codice di Prevenzione Incendi.



Per effettuare una corretta verifica è opportuno conoscere anche l'Aset e conoscere quindi lo sviluppo di uno scenario d'incendio, ma non essendo oggetto della presente tesi è stato determinato solo l'Rset, esclusivamente ai fini di una valutazione qualitativa del processo di esodo.

In particolare, il Tdet non è altro che il tempo che il sistema di rivelazione automatico impiega per accorgersi dell'incendio ed è in funzione del sistema di rivelazione e dello scenario di incendio. Per determinare tale valore è stato ipotizzato uno scenario di incendio nell'attività oggetto di specifica analisi, ovvero l'autorimessa; pertanto, considerando la propagazione di un incendio dei veicoli parchati, è stato attribuito un valore pari a 20 minuti, secondo alcune stime riportate all'interno della norma ISO/TR 13387-7 (*Part 7: Detection, activation and suppression*).

Il tempo di allarme, invece, è il tempo che intercorre tra la rivelazione dell'incendio e la diffusione dell'informazione agli occupanti. Tale valore è stato assunto pari a 0 poiché si è ipotizzata una rivelazione che attivi direttamente l'allarme.

Per quanto riguarda il tempo di pre-movimento, essendo in funzione della familiarità con l'attività e dello stato di veglia degli occupanti, è stato attribuito un valore di 4 minuti, secondo quanto riportato tabellarmente nella norma ISO TR 16738.

È stata considerata una situazione degli occupanti in stato di veglia e senza familiarità, sia perché gli occupanti delle attività senza familiarità costituiscono la maggioranza nell'edificio, sia perché risulta la situazione più conservativa.

Infine, il tempo di viaggio è il tempo impiegato dagli occupanti per raggiungere il luogo sicuro ed è in funzione di:

- distanza degli occupanti o gruppi di essi dalle vie d'esodo;
- velocità d'esodo;
- interazioni degli utenti con ambiente e effetti dell'incendio;
- Vie d'esodo (portata, geometria, dimensioni, dislivelli, ostacoli).

Per determinare tale valore è stata eseguita una simulazione con Mass Motion, i cui risultati saranno successivamente esplicitati.

Una semplificazione che è stata applicata consiste nel rappresentare in modo schematico la conformazione planimetrica dei vari livelli.

Oltre agli affollamenti, precedentemente calcolati, è opportuno conoscere il tipo di utenza prevalente presente nell'attività; questo infatti determina la velocità media degli individui che svolgono le procedure di esodo. Nel caso in esame si tratta di individui di tipo misto, dotati di normali capacità motorie.

6.3. Il modello

Come già esplicitato nel paragrafo precedente, è stato necessario apportare delle semplificazioni a causa della complessità dell'edificio, mantenendo comunque inalterati i fattori che maggiormente influiscono sulle procedure di esodo, come tempi di coda, rallentamenti e ingorghi nei vani scala e i collegamenti delle varie attività con gli spazi comuni.

Questo ha portato alla realizzazione di un modello costituito da 8 livelli, ognuno rappresentante un piano del complesso edilizio della Galleria San Federico.

I vari livelli sono stati collegati tra loro dai vari corpi scala presenti nell'edificio; per svolgere la simulazione sono stati rappresentati esclusivamente i vani scala necessari per l'esodo.

Nel modello risultano rappresentate delle rampe di collegamento, ma solo a livello grafico, poiché gli utenti si comportano come se fossero realmente delle scale. Così come, sempre graficamente, per separare gli ambienti è sufficiente creare pavimenti differenti anche accostati fra loro, senza la necessità di realizzare dei muri.

Alcuni elementi aggiuntivi del modello consistono nelle porte, che consentono il passaggio degli utenti da un pavimento all'altro, quindi da un locale ad un altro. Anche in questo caso sono state inserite esclusivamente le porte necessarie per garantire il processo di esodo secondo la reale distribuzione nell'edificio.

L'elemento forse più importante è il portale, ovvero un elemento simbolico che rappresenta l'uscita delle persone, o meglio il punto di partenza, oppure la destinazione.

I portali di destinazione rappresentano il raggiungimento del luogo sicuro, ovvero le 3 aperture della Galleria su strada pubblica e le varie uscite su strada delle attività, nonché un paio di uscite del centro commerciale su terrazza a cielo libero, ai piani ammezzato e primo. Tutti questi elementi hanno portato alla realizzazione del modello riportato in figura 88.

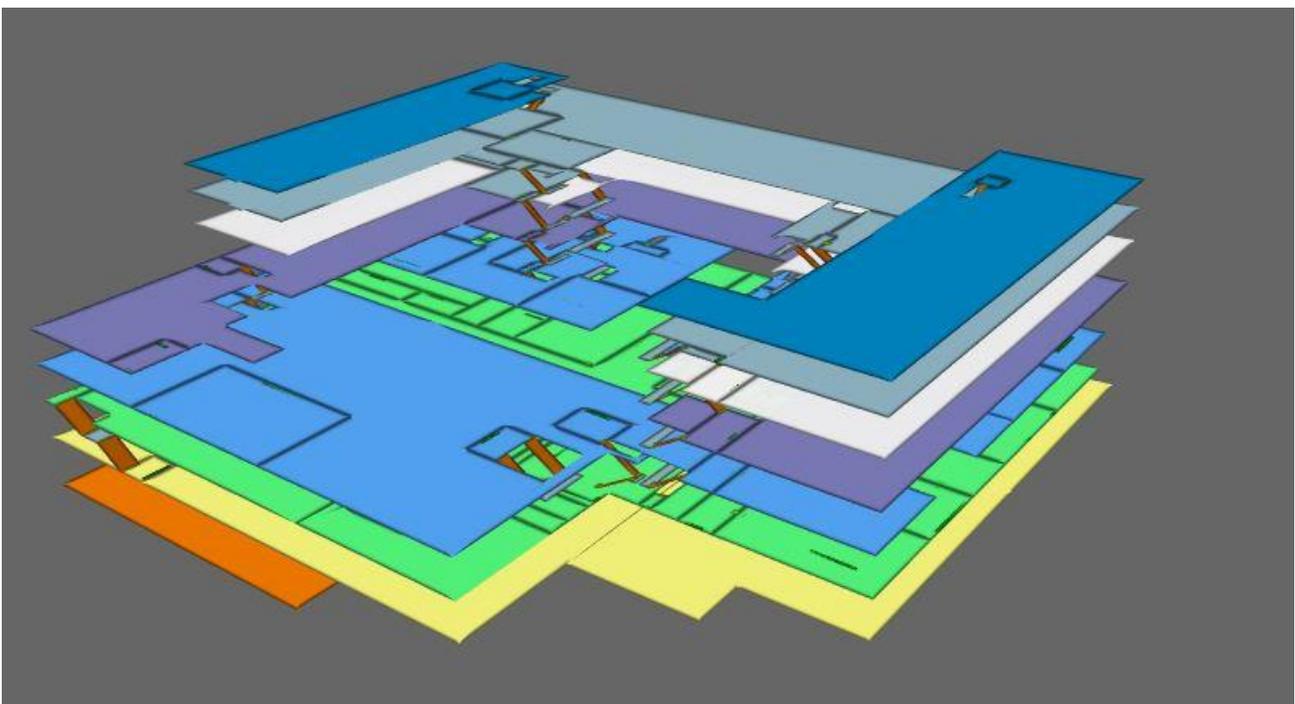


Fig. 88 – Modello semplificato della Galleria San Federico realizzato con Mass Motion

Una volta creato il modello, prima di lanciare la simulazione, sono stati definiti ulteriori parametri. Tra questi vi è principalmente il numero di utenti che da ogni portale di uscita (partenza) raggiunge uno o più portali di destinazione (luogo sicuro), ma anche il tipo di profilo degli utenti, in funzione delle loro reali capacità motorie, della presenza o meno di bagagli o bambini. Si tratta ovviamente dell'utenza prevalente, cioè quella che più influisce sui tempi di esodo. Una volta impostati questi dati è stato possibile procedere con la simulazione dell'edificio.

6.4. I risultati

Prima di avviare la simulazione è stato opportuno fare ulteriori considerazioni.

Secondo quanto riportato nel Codice di Prevenzione Incendi, è possibile ricorrere a diversi tipi di procedure di esodo; la più comune di queste è l'esodo simultaneo, ovvero l'esodo contemporaneo di tutto l'edificio, il quale è stato previsto per il caso in esame.

L'affollamento massimo ipotizzabile dell'intero complesso è di poco più di 3000 persone, distribuite nei vari livelli, ma con maggior concentrazione al piano terra, al primo interrato e al piano ammezzato, nei quali sono presenti tutte le attività commerciali, il cinema e uno dei compartimenti dell'autorimessa.

Per una visualizzazione più significativa è stato attribuito un colore diverso agli occupanti provenienti dalle varie attività. (fig.89).

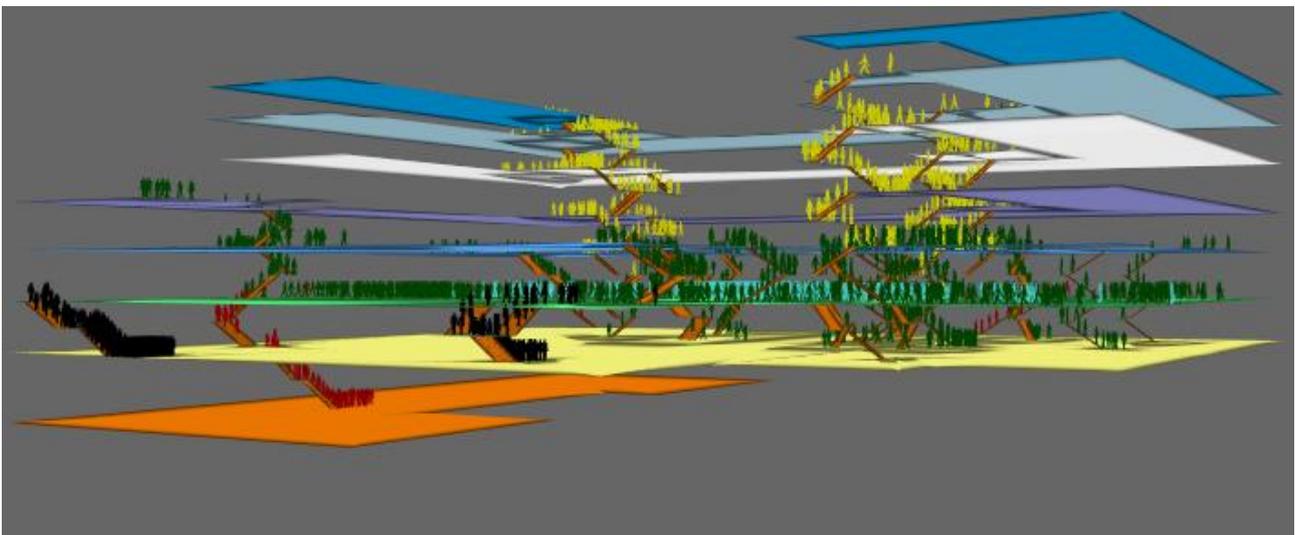


Fig. 89 – Distinzione per colore degli occupanti delle varie attività

Dall'immagine precedente si possono distinguere i seguenti utenti:

- In rosso, provenienti dall'autorimessa;
- In nero, provenienti dal cinema;
- In giallo, provenienti dagli uffici;
- In verde, provenienti dalle attività commerciali;
- In celeste, presenti nello spazio comune della Galleria.

Sono anche presenti gli utenti degli alloggi dell'ultimo piano, anche se è difficile distinguerli per via del loro ridotto affollamento.

Alcune importanti osservazioni deducibili dalla simulazione sono senz'altro gli ingorghi che si creano nei vani scala comuni, in particolare nei vani A e C, causando dei notevoli tempi di coda.

L'attività che causa maggiormente questo inconveniente sono gli uffici, situati dal primo al quarto piano, costituiti da un notevole affollamento.

Gli occupanti degli uffici infatti raggiungono il piano terra nel momento in cui gran parte dell'edificio ha quasi concluso le procedure di esodo. Inoltre, si può notare la coda che si manifesta nei vani scala A e C. Questo aspetto fa dedurre che il numero e la larghezza delle vie di esodo, non è idoneo per la loro attività, dato il notevole affollamento (fig.90).

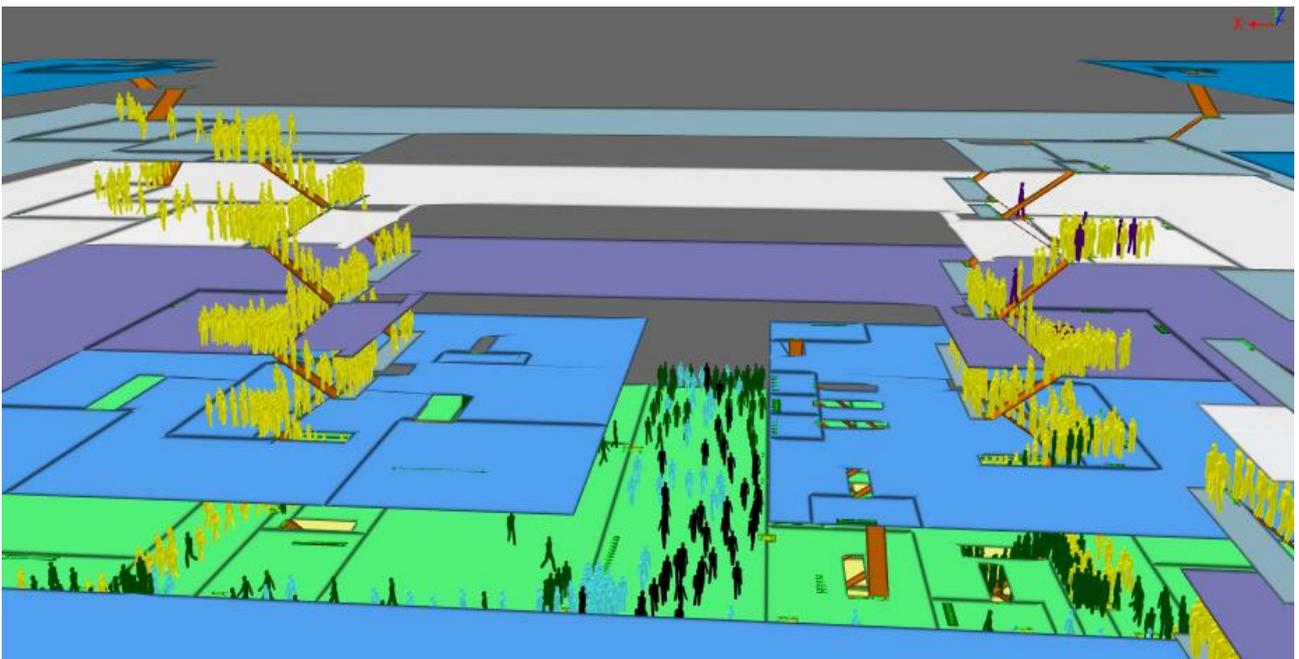


Fig. 90 – Affollamento nei vani scala degli utenti provenienti dagli uffici (gialli), esodo simultaneo

A causa dell'elevata concentrazione degli occupanti degli uffici nei vani scala, vi è un notevole rallentamento anche degli utenti provenienti dall'autorimessa; questi, a causa delle interferenze con gli altri occupanti, concludono completamente i percorsi di esodo dopo ben 4 minuti e 16 secondi, nonostante siano situati al primo e secondo piano interrato.

I tempi globali di esodo, corrispondenti al valore del tempo di viaggio introdotto nel paragrafo precedente, risultano 7 minuti e 35 secondi, i cui ultimi 3 minuti consistono nell'esodo degli uffici dei soli vani A e C, altro fattore che fa riflettere sul dimensionamento delle vie di esodo per tale attività.

Pertanto il valore dell'Rset sarà pari a:

$$Rset = Tdet + Tallarme + Tpre-mov + Tviaggio = 31 \text{ minuti e } 35 \text{ secondi}$$

Un'ulteriore analisi è stata effettuata applicando un esodo per fasi che consiste nel far partire gli utenti di ogni piano o compartimento in tempi diversi.

In funzione dei risultati precedentemente ottenuti, è stato scelto di ritardare il processo di evacuazione del piano primo di 30 secondi, continuando con ulteriori ritardi per i livelli superiori prevalentemente utilizzati dagli uffici, in modo da evitare i sovraffollamenti dei vani scala e limitare i rallentamenti causati agli altri occupanti.

In questo modo si è ottenuto un tempo totale di esodo pari a circa 7 minuti, valore quindi inferiore alla precedente simulazione.

La partenza tardiva dei piani più affollati infatti, ha reso possibile una più agevole evacuazione, in particolare tra il piano ammezzato e il piano terra, comportando meno interferenze e diminuendo le code alle varie uscite di piano nei vani scala.

Inoltre, attività come l'autorimessa risultano avere un tempo di esodo dell'attività inferiore alla precedente di oltre un minuto e mezzo, valore che nella globalità del caso risulta piuttosto importante.

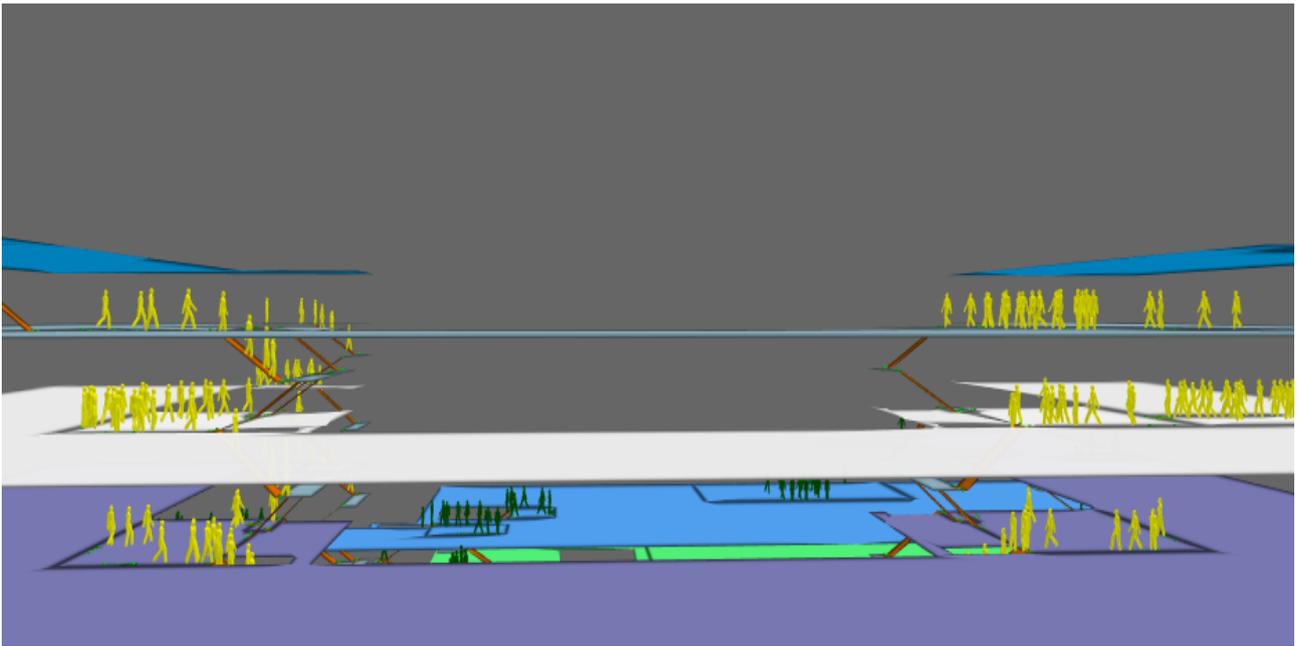


Fig. 91– Riduzione delle code nei vani scala degli utenti provenienti dagli uffici (gialli), esodo per fasi

Ecco perché risultano assai importanti aspetti come il sistema di gestione della sicurezza antincendio.

Determinare il tipo di esodo per un'attività o un edificio, infatti, può costituire un elemento fondamentale e cruciale ai fini della sicurezza degli occupanti stessi, come il caso ha voluto dimostrare.

7. CONCLUSIONI

Il contenuto della presente tesi compie un percorso che parte da quello che è il concetto di prevenzione incendi, all'introduzione dei diversi approcci normativi, nonché vantaggi e svantaggi del loro impiego, fino ad arrivare alla reale applicazione di tali norme per un caso studio e la successiva verifica globale di quelli che sono i tempi di esodo totali del complesso, attraverso una simulazione.

Questo percorso ha lo scopo di esporre ciò che si ottiene dall'applicazione di due diversi approcci prescrittivi relativi ai vecchi decreti e al nuovo Codice di Prevenzione Incendi, ma mette in evidenza anche la possibilità di ricorrere a soluzioni mediante un approccio ingegneristico (o prestazionale), il quale risulta, solo in parte, oggetto del presente caso studio.

L'utilizzo di quest'ultimo tipo di approccio potrebbe costituire una soluzione anche nei casi di generiche situazioni che necessiterebbero di una procedura di deroga, come specificato nei capitoli precedenti.

Una possibile prosecuzione del lavoro svolto potrebbe consistere proprio nell'applicazione della sezione M del Codice relativa ad un approccio prestazionale, al fine di trovare una soluzione che garantisca almeno un livello di sicurezza equivalente per i punti delle normative che non potevano essere risolti con semplici ed economiche soluzioni.

Una visione più ampia dello studio effettuato riguarda la simulazione svolta con il software Mass Motion, che ha permesso di fare una valutazione globale del complesso edilizio della Galleria San Federico per quanto riguarda il tema dell'esodo.

8. SITOGRAFIA E RIFERIMENTI NORMATIVI

<http://www.museotorino.it>

<https://sanfederico.it>

<https://www.seetorino.com>

DM 1 Febbraio 1986 “Norme di sicurezza antincendi per la costruzione e l'esercizio di autorimesse e simili”

DM 3 Agosto 2015 “Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi”

DM 20 Dicembre 2012 “Regola tecnica di prevenzione incendi per gli impianti di protezione attiva contro l'incendio installati nelle attività soggette ai controlli di prevenzione incendi”

DM 19 Agosto 1996 “Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio dei locali di intrattenimento e di pubblico spettacolo”

DM 22 Febbraio 2006 “Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione e l'esercizio di edifici e/o locali

DM 27 Luglio 2010 “Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio delle attività commerciali con superficie superiore a 400 mq”

Norma ISO TR 16738

Ringraziamenti

In conclusione, colgo l'occasione per estendere i più sinceri ringraziamenti a tutti coloro che, anche se indirettamente, mi hanno sostenuta durante questo mio lungo percorso.

Il primo ringraziamento va sicuramente ai miei genitori, senza i quali non avrei mai potuto vivere questa esperienza e ottenere questo risultato.

Un grandissimo ringraziamento lo devo al mio piccolo grande pulcio, che ha davvero sopportato e vissuto gran parte del mio percorso universitario, ogni momento di debolezza, ogni attimo di euforia, ogni attacco di pazzia, sostenendomi costantemente.

Ringrazio anche tutta la sua numerosa e splendida famiglia che ha contribuito a rendere piacevole il viaggio che mi ha portato fin qui.

Grazie a tutti gli amici vicini e lontani, in particolare al Crotalo, sempre pronto con i suoi pragmatici consigli. Grazie a Jack che, nonostante la distanza che questo ha comportato (salvo qualche visitina periodica!), mi è comunque stato vicino.

Un ringraziamento speciale va anche a coloro che hanno partecipato attivamente alla mia vita universitaria, in particolare Serena con la quale ho condiviso davvero tanto durante i primi anni, dalle occhiaie per le incessabili notti di studio, alle immancabili risate.

Grazie anche ai 4 fantastici compagni di gruppo, con i quali ho vissuto sicuramente momenti indimenticabili durante gli ultimi anni: Isabella, Franz, Lorenzo e in particolare quella pazza di Manuela, che ha contribuito a rendere positivo ogni momento critico.

Grazie anche a coloro che hanno dato inizio alla mia vita da studentessa universitaria, a partire dal lontano primo anno, condiviso con Fufu. Un grazie particolare anche a Marco che mi è sempre stato vicino durante i primi anni più difficili.

Insomma grazie davvero a tutti coloro che hanno contribuito a rendere questa esperienza indimenticabile.