



**Politecnico
di Torino**

Politecnico di Torino

Corso di Laurea Magistrale
in Ingegneria Edile

**La progettazione della sicurezza antincendio in edifici
sottoposti a tutela:**

applicazioni di Fire Safety Engineering alla rifunzionalizzazione del
quinto piano di Palazzo Carignano a Torino.

Relatore:
Prof. Ing. Roberto Vancetti
Correlatore:
Ing. Emiliano Cereda

Candidata:
Francesca Polsinelli
Matricola:
279628

Anno accademico 2021-2022
Luglio 2022

Vorrei innanzitutto ringraziare coloro che mi hanno aiutata a redigere questo lavoro di tesi:

- il mio tutor di tirocinio arch. Paolo Coffa e tutti i collaboratori di M.C.M. Ingegneria s.r.l. (Grugliasco, Torino) per avermi fornito il caso di studio e tutto il materiale necessario per la progettazione;
- il mio relatore prof. Ing. Roberto Vancetti per avermi seguito pazientemente durante questi mesi di stesura, per le preziose correzioni e soprattutto per avermi introdotto nel grande mondo della sicurezza antincendio,
- l'Ing. Emiliano Cereda, mio correlatore, per essersi reso disponibile a sciogliere i miei dubbi durante le simulazioni di esodo.

Un ringraziamento speciale non può che andare ai miei genitori, i pilastri della mia vita, per sopportarmi durante gli innumerevoli momenti di sconforto e di ansia e per il grande supporto che mi danno. Grazie perché credete sempre in ciò che faccio, anche prima di me. Grazie mamma, il mio opposto per molti aspetti, ma così simile a me per molti altri, che con la tua parlantina riesci a tirarmi su il morale anche a 780 km di distanza. Grazie papà per essere il mio fan n°1, per accompagnarmi ovunque, dalle innumerevoli partite della Juventus alle centinaia di volte in stazione, grazie per tutto ciò che fai per me.

Grazie ai miei angeli custode:

- nonno Tullio per avermi fatto scoprire il mondo delle costruzioni ancor prima di imparare a camminare, lasciandomi in eredità la sua grande passione. Spero tu sia fiero di me.
- zia Maria Teresa per avermi fatto capire cosa è veramente importante nella vita e per avermi insegnato ad essere paziente.

Grazie ai miei nonni Mirella, Vittoria ed Armando per i valori che mi trasmettete, per viziarmi sempre e per le vostre preghiere.

Grazie a zia Sabrina, a Piergiorgio, a Francesco e a Domenico per essere costantemente dalla mia parte, per capirmi e per colorarmi le giornate quando torno a casa, senza di voi sarebbe tutto molto grigio.

Grazie alle mie amiche di una vita Chiara e Laura, per gli immancabili resoconti quando torno a Sora, per le avventure passate insieme e a tutte quelle che verranno.

Grazie al Politecnico di Torino, per avermi insegnato cosa vuol dire essere resilienti, per avermi fatta uscire dalla comfort zone che amo tanto e soprattutto per avermi fatto conoscere delle persone fantastiche.

Grazie Piercarmelo per l'immensa pazienza e per continuare ad essere il mio punto fermo in questi due anni e mezzo di caos.

Grazie Elisa per sostenermi sempre, per alleggerirmi i problemi rendendoli sempre un po' tuoi e per la nostra preziosa complicità.

Grazie Stefania, la mia prima amica del Politecnico, per le lunghe chiacchierate e per il supporto durante i momenti di sconforto.

Grazie Ilaria per rallegrarmi le giornate con i tuoi stickers e soprattutto per ascoltare le mie immancabili lamentele.

A tutti i miei amici del Politecnico, dagli ingegneri gestionali (un po' troppi) ai meccanici, passando per gli Edili e per i Chimici, grazie perché mi avete fatta sentire a casa anche a Torino, sappiate che ognuno di voi è stato fondamentale durante questi anni universitari.

Sommario

Sommario	I
ABSTRACT	III
Italiano	III
English	IV
1 INTRODUZIONE	1
2 VULNERABILITA' NEGLI EDIFICI STORICI SOTTOPOSTI A TUTELA	3
3 APPROCCI PER LA SICUREZZA ANTINCENDIO NEGLI EDIFICI STORICI SOTTOPOSTI A TUTELA	8
3.1 Approccio prescrittivo	8
3.2 Approccio semi-prescrittivo	12
3.3 Approccio prestazionale	17
4 CASO DI STUDIO: PALAZZO CARIGNANO A TORINO	24
4.1 Cenni storici	26
4.2 Stato di fatto	35
4.3 Progetto di rifunionalizzazione del quinto piano	46
5 PROGETTAZIONE ANTINCENDIO DEL QUINTO PIANO DI PALAZZO CARIGNANO ZONA UFFICI	48
5.1 Approccio semi-prescrittivo	48
5.1.1 Individuazione attività	48
5.1.2 Profili di rischio	48
5.1.3 Reazione al fuoco (S1)	50
5.1.4 Resistenza al fuoco (S2)	52
5.1.5 Carico di incendio specifico	52
5.1.6 Compartimentazione (S3)	56
5.1.7 Esodo (S4)	58
5.1.8 Gestione della sicurezza antincendio (S5)	76

5.1.9	Controllo dell'incendio (S6)	78
5.1.10	Rivelazione ed allarme (S7)	81
5.1.11	Controllo fumi e calore (S8).....	82
5.1.12	Operatività antincendio (S9)	85
5.1.13	Sicurezza degli impianti tecnologici e di servizio (S10)	86
5.1.14	Strategia antincendio	90
5.2	Verifiche con gli strumenti della FSE	93
5.2.1	Individuazione scenari	93
5.2.2	Simulazione di esodo	94
5.2.3	Risultati.....	118
6	CONCLUSIONI	137
7	BIBLIOGRAFIA – SITOGRAFIA.....	139
8	INDICE DELLE FIGURE	142
9	INDICE DELLE TABELLE.....	147

ABSTRACT

Italiano

Il patrimonio del costruito Italiano vanta un gran numero di edifici storici i quali, per poter essere tramandati alle generazioni future, sono tutelati da parte del Ministero per i beni Culturali e Ambientali. Quasi la totalità di tali immobili non rispettano i livelli di sicurezza minimi previsti dalle attuali normative, per cui dovrebbero essere sottoposti ad interventi di adeguamento che potrebbero risultare anche molto invasivi.

Di conseguenza lo scopo del lavoro di tesi è quello di analizzare come viene affrontata la sicurezza antincendio per gli edifici storici sottoposti a tutela per i vari approcci esistenti: prescrittivo, semi-prescrittivo e prestazionale.

Il tema è stato affrontato anche attraverso il caso studio degli uffici del polo museale presenti al quinto piano di Palazzo Carignano (Torino), utilizzando l'approccio semi-prescrittivo del Codice di Prevenzione Incendi.

Sul caso di studio è stata inoltre effettuata una simulazione di esodo con gli strumenti della FSE con il fine di testare le misure antincendio adottate nella fase di progettazione precedente. Sono state eseguite tre simulazioni di evacuazione in emergenza: una in caso di normalità, una considerando un'uscita non disponibile ed infine considerando solo gli occupanti degli uffici del quinto piano.

English

The Italian built heritage has a huge number of historical structures that are protected by “Ministero per i beni Culturali e Ambientali” to hand them down to future generations.

Almost all those properties do not respect the minimum level of security required by the current regulations, so they should be subjected to adjustment interventions that could be very invasive.

Consequently, the purpose of the following thesis is to analyze the three approaches of fire safety for historic buildings: prescriptive, semi-prescriptive and performance.

Thereafter, the theme has been addressed with the case study of the museum’s offices on the fifth floor of Palazzo Carignano (Turin), using the semi-prescriptive approach of the Italian Code of Fire Prevention.

At last, using the performance approach, exodus simulations have been done in order to test the fire-fighting measures adopted in the previous design phase. Those simulations were carried out with Pathfinder software: one in case of normality, the other considering an unavailable exit and the last one considering only the occupants of the offices on the fifth floor.

1 INTRODUZIONE

La seguente tesi ha come obiettivo quello di analizzare come viene affrontato il tema della sicurezza antincendio per gli edifici sottoposti alla tutela del “Ministero per i beni Culturali e Ambientali” ed il caso studio, oggetto della progettazione antincendio, è stato fornito dall’architetto Paolo Coffa durante la mia attività di tirocinio curriculare presso MCM Ingegneria s.r.l. a Grugliasco (Torino).

Innanzitutto, la sicurezza antincendio è fra le discipline che si impegna a raggiungere alcuni degli obiettivi dell’Agenda ONU 2030:

- obiettivo 3: poiché vuole assicurare la salute ed il benessere per tutti e per tutte le età;
- obiettivo 11: poiché vuole rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri e duraturi.



Figura 1 Obiettivi 3 e 11 dell’Agenda ONU 2030.

La conservazione degli edifici nasce dall’esigenza di tramandare il patrimonio storico italiano alle future generazioni, ma è altrettanto necessario, per continuare ad utilizzare tali edifici, di assicurare la sicurezza degli occupanti che lo frequentano.

La sicurezza antincendio per questa tipologia di edifici ha un duplice obiettivo: la salvaguardia della vita umana e del patrimonio storico-artistico. Tutte le misure adottate in questo ambito cercano un compromesso fra gli interventi da effettuare per la sicurezza degli occupanti e la preservazione dell’edificio e dei beni da esso contenuti.

Nel Capitolo 2 verranno analizzate le vulnerabilità più comuni, che risultano dei punti fondamentali da cui partire per migliorare la sicurezza di tali immobili. A dimostrazione dei rischi che corrono gli edifici storici senza le giuste misure di adeguamento, verranno

riportati alcuni esempi di eventi di incendio avvenuti in Italia e non, analizzando le cause degli inneschi e successivamente come è avvenuta la propagazione nelle intere strutture.

Nel Capitolo 3 saranno approfonditi gli approcci esistenti della sicurezza antincendio focalizzandosi principalmente sulla classe di edifici in esame. Facendo un excursus storico si andrà ad analizzare nel dettaglio l'approccio prescrittivo, costituito dai vari decreti ministeriali, considerato come una linea guida a cui il progettista può far riferimento per raggiungere il livello minimo di sicurezza necessario. Poi si passerà all'approccio semi-prescrittivo del Codice di Prevenzione Incendi, ossia il decreto ministeriale del 3 agosto 2015, che costituisce un manuale completo per i professionisti, in quanto contiene sia la regola tecnica orizzontale che tutte le regole tecniche verticali. Infine, si giungerà all'approccio prestazionale dell'ingegneria antincendio, che, diversamente dagli altri approcci, lascia il progettista indipendente nelle sue scelte, servendosi di simulazioni per ricreare un possibile scenario di incendio e va a studiare le prestazioni minime della struttura in caso di emergenza.

Tutte le considerazioni dapprima citate, saranno poi applicate al caso in studio degli uffici del polo museale al quinto piano di Palazzo Carignano a Torino nei Capitoli 4 e 5, andando a progettare le misure antincendio necessarie per l'adeguamento dell'edificio utilizzando il Codice di Prevenzione Incendi.

Nell'ultima parte del lavoro verranno svolte alcune simulazioni di esodo volte a migliorare il piano di emergenza, verificando e analizzando le criticità delle misure antincendio progettate nella fase precedente. Per poter effettuare le simulazioni di esodo è stato necessario analizzare gli occupanti in termini geometrici e comportamentali, servendosi dei dati raccolti in fase di rilievo e dei dati bibliografici.

2 VULNERABILITA' NEGLI EDIFICI STORICI SOTTOPOSTI A TUTELA

“La tutela consiste nell'esercizio delle funzioni e nella disciplina delle attività dirette, sulla base di un'adeguata attività conoscitiva, ad individuare i beni costituenti il patrimonio culturale ed a garantirne la protezione e la conservazione per fini di pubblica fruizione.”¹

Gli edifici sottoposti a tutela devono essere conservati e preservati, per cui la Soprintendenza ha l'imprescindibile dovere di autorizzare preventivamente eventuali interventi, in cui l'unico scopo è quello di migliorarne la stabilità, la sicurezza degli occupanti e del bene.

Attraverso un'analisi della “vulnerabilità degli incendi”² per gli edifici storici sono emerse una serie di criticità, che limitano la sicurezza antincendio. Una delle maggiori problematiche è quella relativa ai materiali di cui sono composti gli edifici, in particolare la presenza di materiale ligneo nelle strutture portanti e nelle finiture incrementa senza dubbio l'incendio, partecipandone in maniera attiva alla propagazione, rendendo lo scheletro immediatamente vulnerabile e perciò non resistente al fuoco.



Figura 2 Esempio di struttura lignea del soffitto nel corridoio di ponente degli Uffizi, Firenze.

¹ Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42: “Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 Legge 6 luglio 2002, n. 137”, Articolo 3

² M. Ferraro, Prevenzione e protezione antincendio negli edifici di interesse storico ed artistico, in Edifici storici: Tutela e normativa di sicurezza, Atti del Convegno, Torino, 1998.

Altre tipologie di materiali che partecipano attivamente all'incendio sono le finiture tessili e le imbottiture utilizzate tipicamente negli arredi storici, così come i materiali cartacei o gli elementi in esposizione altamente combustibili.



Figura 3 Esempio di materiali cartacei (libri) ed arredi storici esposti nella Reggia di Caserta, Caserta.

Un altro aspetto rilevante è la condizione degli impianti, i quali potrebbero presentare una carenza di protezione attiva e passiva non essendo stati installati seguendo le attuali normative.

Tornando alle criticità riscontrate nell'analisi troviamo la carenza di compartimentazioni dei locali, senza cui, soprattutto nelle aree a rischio specifico, risulterebbe difficile il controllo e la gestione della propagazione dell'incendio.

La disorganizzazione e la mal gestione della sicurezza antincendio e di conseguenza la carenza di formazione del personale sono una componente fondamentale che, anche in presenza di una buona progettazione antincendio, potrebbe causare una serie di comportamenti scorretti che metterebbero a repentaglio la salvaguardia della vita e dei beni.

La penultima criticità è quella relativa alla mancanza di misure provvisorie per la sicurezza in condizione di manutenzione e di restauro della struttura. Ne sono esempio l'incendio avvenuto nella Cappella del Guarini a Torino, il monastero della Sacra di San Michele, la Chiesa di Notre Dame di Parigi e molti altri edifici pregevoli in cui al momento dell'incendio erano soggetti a lavori di restauro.



Figura 4 Esempio di difficoltà di accesso dei mezzi di soccorso. Peppino Suriano, Comando provinciale di Lecco.

Infine, la criticità riscontrata soprattutto in città o quartieri con maglia urbana molto stretta è quella della difficoltà di accesso e di operatività antincendio in caso di operazioni di soccorso tecnico urgente (Figura 4).

La sicurezza antincendio per questa tipologia di edifici ricopre un ruolo fondamentale per la salvaguardia del bene; infatti, gli eventi del passato confermano il rischio a cui sono soggetti per i materiali utilizzati, le soluzioni tecnologiche obsolete, la distribuzione interna che non agevola i soccorsi e per la presenza di cantieri di restauro.

Di seguito si riportano alcuni esempi di incendi verificati in edifici pregevoli, andando ad analizzare i punti salienti degli interventi e analizzando i motivi degli inneschi.

Soffermandosi sul territorio Piemontese, l'incendio divampato l'11 aprile 1997 all'interno della Cappella del Guarini a Torino, in cui era custodita in una teca la Sacra Sindone, ha messo in luce una serie di elementi vulnerabili, comuni in molte altre strutture storiche, che hanno favorito la propagazione delle fiamme:

- presenza di strutture lignee;
- nessuna compartimentazione;
- carichi d'incendio elevati;
- nessuna misura di prevenzione e protezione;
- carenze di procedure gestionali e di emergenza;
- mancata formazione antincendio del personale.

La Cupola, fiore all'occhiello dell'architettura barocca torinese, subì danni gravissimi, così come un'ala del Palazzo Reale adiacente. Ciò che rese l'intervento dei Vigili del Fuoco alquanto pericoloso fu la mancanza di un adeguato piano di salvataggio per il recupero della Sindone, che appunto andava messa in salvo prima di un eventuale crollo strutturale. L'innesco sarebbe imputato ad un cortocircuito dell'interruttore generale nei sotterranei non disattivato, propagatosi poi attraverso le tavole di legno dei ponteggi collocati per effettuare i lavori di restauro conservativo della struttura.



Figura 5 Incendio Cupola del Guarini 1997 (Immagine dei VVF).

Il 24 gennaio 2018 presso la Sacra di San Michele, a 40 km circa da Torino, scoppiò un incendio a causa di un cortocircuito elettrico in un'area soggetta a ristrutturazione, il quale coinvolse tutto il sottotetto ligneo ed alcune aree adibite ad uffici. In questo caso la difficoltà dell'intervento da parte dei VVF è stata scaturita dalla posizione della struttura posta sulla cima del monte Pirchiriano e non facilmente accessibile dai mezzi di soccorso per portare l'adeguata portata di acqua per il controllo delle fiamme.



Figura 6 Incendio Sacra di San Michele 2018 (Immagine torinotoday.it).

Un ultimo esempio, questa volta a Parigi, è l'incendio avvenuto nella Cattedrale di Notre Dame, evento che ha confermato ancora una volta le grosse lacune del patrimonio culturale Europeo a livello di manutenzione e sicurezza. L'evento, avvenuto il 15 aprile

2019, ha coinvolto la struttura del tetto originario del 1326 fatta totalmente in legno. A quanto è stato analizzato l'incendio sarebbe partito da un'impalcatura presente attorno alla struttura per motivi di restauro per poi proseguire fino alla struttura del tetto e della guglia. La propagazione delle fiamme è stata causata da una combinazione di eventi:

- la presenza dell'impalcatura attorno alla struttura;
- la struttura del tetto in legno secco altamente combustibile;
- l'assenza di un sistema di allarme e rivelazione incendio moderno non presente consapevolmente per non snaturare l'architettura medievale.



Figura 7 Incendio Notre Dame, Parigi 2019 (Immagine Pinterest).

Questi eventi dapprima citati, a cui purtroppo se ne possono aggiungere a centinaia, dovrebbero rappresentare un incentivo per potenziare il livello di sicurezza degli edifici pregevoli o meno, non considerando la sicurezza solo come un'opzione ma come una prerogativa imprescindibile per la conservazione del patrimonio artistico.

3 APPROCCI PER LA SICUREZZA ANTINCENDIO NEGLI EDIFICI STORICI SOTTOPOSTI A TUTELA

La sicurezza antincendio negli edifici pregevoli per arte e storia sottoposti alla tutela del Ministero per i Beni Culturali ed Ambientali ha un duplice obiettivo: la salvaguardia della vita umana e del patrimonio culturale. Nei paragrafi che seguono sono stati trattati i vari approcci alla sicurezza antincendio specificamente per questa tipologia di edifici, analizzandone i pro e i contro ed i motivi per cui utilizzarne uno o l'altro.

3.1 Approccio prescrittivo

L'approccio di tipo prescrittivo consiste nell'applicare una o più regole tecniche che contengono le linee guida da adottare per ottenere la sicurezza antincendio. Questo metodo, di tipo deterministico, segue il processo di valutazione del rischio effettuato dal normatore. In tale approccio non è permesso adottare soluzioni alternative che si discostano da quelle presenti nella norma.

Uno dei vantaggi più importanti è quello di avere la certezza di raggiungere il livello minimo di sicurezza attraverso un approccio standardizzato. Inoltre, il controllo da parte dei Vigili del Fuoco risulta semplificato e viene garantita un'uniformità della sicurezza antincendio in quanto il progettista deve attenersi passivamente alle prescrizioni di riferimento.

Un aspetto negativo riguarda il fatto che ci sono casi in cui la regola tecnica non è applicabile. Per di più l'approccio standardizzato, basato su ipotesi puramente generali, non permette di poter attuare soluzioni altrettanto valide che potrebbero essere meno onerose in termini economici e delle tempistiche. Il progettista in questo caso non può apportare un contributo personale, può solo ricorrere allo strumento della deroga.

L'utilizzo della normativa antincendio prevede la definizione di due caratteristiche per le attività di riferimento:

- Attività soggette: sono tutte quelle attività che devono essere sottoposte al controllo da parte del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco;
- Attività normate: sono le attività che hanno una specifica regola tecnica verticale RTV, ossia una normativa specifica che prescrive tutte le caratteristiche che l'attività deve possedere per raggiungere il livello di sicurezza imposto.

Nel D.M. 16 febbraio 1982³ vennero determinate le attività soggette alle visite di prevenzione incendi, precisamente nel punto 90, è previsto che per gli “edifici pregevoli per arte o storia e quelli destinati a contenere biblioteche, archivi, musei, gallerie, collezioni o comunque oggetti di interesse culturale sottoposti alla vigilanza dello Stato” è richiesta l’autorizzazione preventiva per la sicurezza antincendio. Per il resto delle attività non elencate precedentemente devono essere applicati i criteri generali della sicurezza antincendio (D.Lgs 626/94).

N.	ATTIVITA'	Periodicità della visita [anni]
90	Edifici pregevoli per arte o storia e quelli destinati a contenere biblioteche, archivi, musei, gallerie, collezioni o comunque oggetti di interesse culturale sottoposti alla vigilanza dello Stato di cui al regio decreto 7 novembre 1942, n. 1664	Una Tantum

Tabella 1 Attività soggette alle visite ed ai controlli di prevenzione incendi D.M. 16/02/1982.

Gli edifici storici, inoltre, con l’entrata in vigore del D.P.R. 1° agosto 2011 n.151⁴ che ha abrogato e sostituito il D.M. 16 febbraio 1982, sono ricompresi nel punto 72 dell’Allegato I del decreto; quindi, risultano essere attività soggette al controllo di prevenzione incendi del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco.

N.	ATTIVITA'	Categoria		
		A	B	C
72	Edifici sottoposti a tutela ai sensi del d.lgs. 22 gennaio 2004, n. 42, aperti al pubblico, destinati a contenere biblioteche ed archivi, musei, gallerie, esposizioni e mostre, nonché qualsiasi altra attività contenuta nel presente Allegato.			tutti

Tabella 2 Attività soggette alle visite ed ai controlli di prevenzione incendi D.P.R. 01/08/2011.

Il 7 dicembre 1984 nella legge n. 818 nasce il NOP, ossia il nulla osta provvisorio rilasciato per le attività senza il certificato di prevenzione incendi, fra cui troviamo proprio gli edifici storici. Come è possibile comprendere dall’aggettivo “provvisorio” la durata di tale nulla osta doveva essere di soli 3 anni, ma fu prolungata a 21 anni, fino all’emissione del D.M. 29 dicembre 2005.

³ Decreto Ministeriale 16 febbraio 1982: “Modificazioni del decreto ministeriale 27 settembre 1965, concernente la determinazione delle attività soggette alle visite di prevenzione incendi.”

⁴ Decreto del Presidente della Repubblica 1° agosto 2011, n. 151: “Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione degli incendi, a norma dell’articolo 49, comma 4-quater, del decreto-legge 31 maggio 2010, n. 78, convertito, con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n. 122”

Dal 1992 in poi vennero redatte una serie di regole tecniche verticali emanate ad hoc per gli edifici di interesse storico-artistico suddivise per tipologia di destinazione d'uso; il fine è stato quello di limitare il rischio nella progettazione degli interventi e nella gestione del tempo dell'edificio.

Ad oggi le regole tecniche verticali delle attività soggette negli edifici sottoposti a tutela necessarie per il rilascio del certificato di prevenzione incendi (CPI) sono:

- D.M. 20 maggio 1992 n. 569⁵, che contiene le “norme di sicurezza antincendio per gli edifici storici e artistici destinati a musei, gallerie, esposizioni e mostre”;
- D.M. 30 giugno 1995⁶ contenente le norme di sicurezza antincendio per gli “edifici di interesse storico-artistico destinati a biblioteche ed archivi”.

Per quanto riguarda gli edifici storici sottoposti a tutela l'obiettivo che si aggiunge oltre a quello relativo alla salvaguardia della vita è quello della salvaguardia del patrimonio artistico e culturale; quindi, in questo caso, bisogna preservare i beni intesi sia come edifici storici sia gli oggetti contenuti in essi. Senza dubbio l'approccio prescrittivo in questo caso risulta piuttosto stretto, in quanto generalmente gli interventi di adeguamento imposti dalle prescrizioni risultano essere troppo invasivi e perciò non realizzabili per i vincoli di tutela sottoposti al bene. È proprio in questi casi che si ricorre alla deroga, ossia un procedimento tecnico-amministrativo in cui il progettista prevede delle soluzioni alternative per garantire lo stesso livello di sicurezza richiesto.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva che mette in luce un esempio delle differenze di soluzioni previste nei decreti del 20 maggio 1992 e del 30 giugno 1995 a seconda delle diverse attività.

⁵ Decreto Ministeriale 20 maggio 1992, n. 569: “Regolamento contenente norme di sicurezza antincendio per gli edifici storici e artistici destinati a musei, gallerie, esposizioni e mostre.”

⁶ Decreto Ministeriale 30 giugno 1995: “Regolamento concernente norme di sicurezza antincendio per gli edifici di interesse storico-artistico destinati a biblioteche ed archivi.”

Decreto	Attività	Sistema vie d'esodo	Comunicazione	Disposizioni d'esercizio	Reazione al fuoco	Depositi	Ventilazione	Mezzi antincendio
DM 20/05/1992	Musei, gallerie, esposizioni e mostre	Larghezza 90cm; Capacità di deflusso 60 pp/mod.	Vietata verso attività non pertinenti; compartmentazione verso attività non pertinenti REI120	No fiamme libere; No depositi infiammabili; Limite carico incendio (<10kg/m ²); Vie di esodo libere	Rivestimento pavimenti: cl.2; Materiali suscettibili su 2 facce cl.1; Materiali impottiti cl. 1 IM	Passaggi liberi 90 cm; Compartimentazione REI 120; Spegnimento automatico > 50 kg/m ²	Naturale 1/30 sup. in pianta; Meccanica 2 ricambi/h	Estintori ogni 150m ² ; Impianto idrico idranti o naspi; Attacco mandata VVF; Rivelazione incendio; Allarme incendio
DM 30/06/1995	Biblioteche ed archivi	Larghezza 90cm; Capacità di deflusso 60 pp/mod.; Lunghezza 30m		No fiamme libere; No depositi infiammabili; Limite carico incendio (<50kg/m ²); Vie di esodo libere				

Tabella 3 Confronto DM 20/05/1992 e DM 30/06/1995.

Come è possibile notare nella Tabella 3 fra le differenze nei due decreti troviamo una specifica relativa alla lunghezza delle vie di esodo per le biblioteche ed archivi, che invece manca nell'altro DM. In realtà proprio per la lunghezza nei musei, gallerie, esposizioni e mostre in edifici pregevoli per arte e storia è stata aggiunto il 10 maggio 1996 un chiarimento in cui effettivamente non vengono precisati i metri massimi della via d'esodo, ma viene riportato che: "la mancata previsione di una lunghezza massima delle vie di esodo, dovuta ai particolari vincoli ai quali sono soggetti i beni in argomento, è compensata dalle prescrizioni gestionali"⁷.

Per quanto riguarda le disposizioni d'esercizio l'unica differenza riguarda il limite del carico incendio, che aumenta per le biblioteche ed archivi. Sicuramente l'aumento del carico di incendio per quest'ultima attività è dato dal carico inerente ai libri e al materiale cartaceo presente.

⁷ Decreto Ministeriale 20 maggio 1992 chiarimento numero 7, PROT. n° P749/4109 sott. 51/D.

3.2 Approccio semi-prescrittivo

Con l'emanazione del D.M. 3 agosto 2015⁸, noto come Codice di Prevenzione Incendi, ci fu una vera e propria svolta in campo di sicurezza antincendio, in quanto tale decreto è applicabile in alternativa alla normativa prescrittiva già esistente riportata nella sezione V relativa alle regole tecniche verticali divise per attività.

Nella Figura 8 è schematizzata la metodologia generale utilizzata dal progettista per progettare la sicurezza antincendio seguendo il Codice di Prevenzione Incendi.

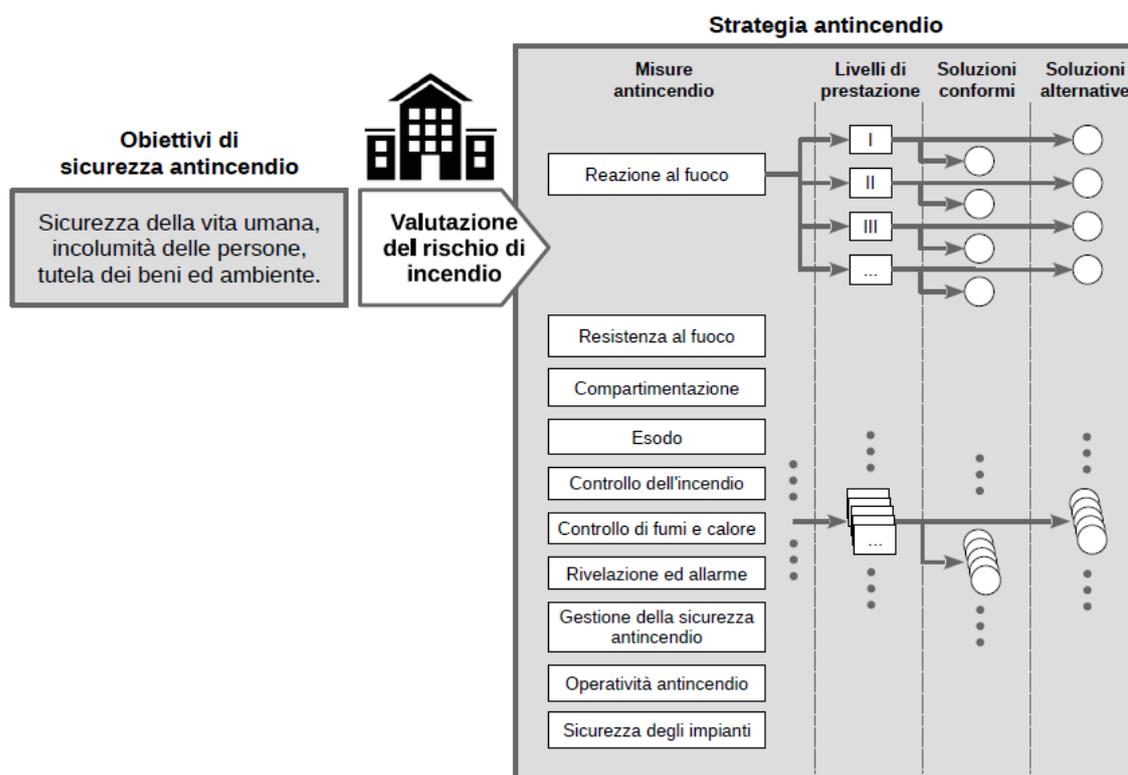


Figura 8 Schematizzazione della metodologia generale (Illustrazione G.2-1)

Tale approccio è applicabile per [5]:

- le attività soggette riportate nell'allegato I del D.P.R. 1° agosto 2011, n. 151;
- le attività non soggette, come norma generale di riferimento alla progettazione;
- costruzioni esistenti ed attività nuove.

Come definito nel Codice nel capitolo G.2.4, il documento è costituito da 4 sezioni:

⁸ Decreto Ministeriale 3 agosto 2015: "Norme tecniche di prevenzione incendi".

- sezione Generalità G: è la parte più generale del Codice in cui vengono forniti i termini e le definizioni da conoscere per la corretta interpretazione del testo, vengono riportate le metodologie di progettazione per la sicurezza antincendio ed infine vengono definiti i profili di rischio delle attività;
- sezione Strategia S: composta da 10 capitoli, è il cuore della progettazione, in cui, per ciascun capitolo, sono indicate le misure antincendio ed i criteri per attribuire i livelli di prestazione. Per questi ultimi livelli sono riportate le soluzioni conformi e quelle alternative;
- sezione Regole tecniche verticali V: contiene le regole tecniche verticali per tipologie di attività;
- sezione Metodi M: in cui sono descritti i metodi della progettazione prestazionale delle misure antincendio.

Nel Codice è presente la regola tecnica verticale V.10⁹ entrata in vigore dal 21 agosto 2020, applicabile per gli edifici sottoposti a tutela ai sensi del D.Lgs 22 gennaio 2004 n.42, aperti al pubblico, destinati a contenere musei, gallerie, esposizioni, mostre, biblioteche e archivi.

L'ultima regola tecnica relativa ai beni tutelati, la V.12¹⁰, è stata aggiunta nel codice il 14 ottobre 2021 ed entrata in vigore il 25 novembre dello stesso anno. Tale regola è applicabile agli edifici sottoposti a tutela ai sensi del D.Lgs 22 gennaio 2004 n.42, aperti al pubblico, contenenti una o più attività soggette, escludendo le attività già citate nella regola tecnica V.10.

⁹ Decreto Ministeriale 10 luglio 2020: "Musei, gallerie, esposizioni, mostre, biblioteche e archivi in edifici tutelati".

¹⁰ Decreto Ministeriale 14 ottobre 2021: "Altre attività in edifici tutelati".

Regola tecnica	Strategia antincendio	Reazione al fuoco	Resistenza al fuoco	Compartimentazione	Esodo	Gestione della sicurezza	Controllo dell'incendio	Rivelazione allarme	Sicurezza impianti
V.10	Misure della regola tecnica orizzontale + indicazioni complementari o sostitutive delle RTV	Materiali GM2; No verifica per beni tutelati	Se quota fra i compartimenti > - 1m : Classe 30; Se<= - 1m: Classe 60; Se non è possibile l'adeguamento ammesse solo le aree TA, TC, TO (con requisiti aggiuntivi)	Aree di tipo TA e TO no a quota >-5m; Area TA, TC, TO nessun requisito aggiuntivo; Area TM, TT, TK1, TK2 di tipo protetto; Area TZ secondo le risultanze della valutazione del rischio; Se comunicazione fra attività con esodo comune: Rvita A1, A2, B1, B2: compartimenti di tipo protetto; Negli altri casi compart. a prova di fumo	Nelle vie d'esodo e spazi calmi altezze>= 1,80m; Tutte le combinazioni di alzata e pedata in S.4; Variazioni alzata e pedata nella stessa rampa; Larghezza minima via esodo >= 800mm	Attività con esodo comune devono adottare GSA con livello III; Sottotetti liberi da ogni materiale; Piano di limitazione dei danni	Nelle attività con sup.lorda >400m ² : livello prestazione IV per aree TK1, TK2, TZ	Livello di prestazione IV	Gas refrigeranti in aree TA e TO devono essere classificati come A1 o A2L secondo ISO 817
V.12		No verifica per beni tutelati (tranne Rvita C, D, E)	Se non è possibile l'adeguamento ammessi solo Rvita A1, A2, B1, B2, E1, E2 (con requisiti aggiuntivi) ; Specifiche per sottotetti	Misure della regola tecnica orizzontale	Nelle vie d'esodo e spazi calmi altezze>= 1,80m; Tutte le combinazioni di alzata e pedata in S.4; Variazioni alzata e pedata nella stessa rampa	Misure RTO + Prove di attuazione almeno 3 volte l'anno; Deve essere predisposto un piano di limitazione dei danni	E' ammesso non tenere conto delle contributo delle strutture portanti combustibili e dei beni tutelati		Misure della regola tecnica orizzontale

Tabella 4 Confronto V.10 e V.12.

La V.10 può essere applicata in alternativa alle normative di prevenzione incendi relative a ciascuna tipologia di attività, mentre la V.12 va a trattare gli aspetti della tutela dell'edificio vincolato indipendentemente dall'attività svolta al suo interno (deve comunque essere un'attività soggetta), quindi quest'ultima non è considerata un'alternativa.

Nella Tabella 4 viene mostrata la comparazione delle due regole tecniche verticali per le strategie riportate nel Codice.

Innanzitutto, la strategia antincendio prevede di seguire, per tutte e due le regole, le misure della regola tecnica orizzontale, seguendo le indicazioni complementari o sostitutive di ciascuna regola verticale e qualora ci fossero aree a rischio specifico di seguire il capitolo V.1.

In entrambe le regole risulta chiara l'esclusione del contributo della Reazione al fuoco dei materiali tutelati, la differenza è che nella V.10 è specificato il gruppo del materiale delle vie d'esodo e degli spazi calmi, mentre nella V.12 è prevista la verifica di queste ultime

solo se ci si trova nella condizione R_{vita} compresa in C, D o E, ossia se gli occupanti potrebbero essere in stato dormiente o sotto cure mediche.

Nella due regole tecniche viene affrontato il caso degli ambiti per cui non è possibile adeguare la classe di Resistenza al fuoco presente nella regola tecnica orizzontale. Nella V.10 è ammesso il non adeguamento solo per i locali nell'attività non aperti al pubblico o non aperte al pubblico ma adibite ad uffici e servizi con superficie maggiore di $200m^2$.o per le aree con affollamento maggiore di 100 persone. In questo caso il livello di prestazione previsto è il III ed il carico di incendio deve essere $< 200MJ/m^2$.

Nella V.12 caso sono introdotte delle limitazioni non più in base alla classificazione delle aree, ma in base ai profili di rischio (gli occupanti devono essere in stato di veglia) e in aggiunta devono essere rispettati dei requisiti aggiuntivi relativi al carico di incendio, che deve avere un valore $\leq 200MJ/m^2$ ed infine di incrementare il livello di prestazione delle misure gestionali e di controllo dell'incendio. Inoltre, si fa particolare attenzione ai sottotetti in cui ancora una volta non è possibile l'adeguamento in termini di Resistenza al fuoco, andando a specificare i requisiti aggiuntivi a seconda se il sottotetto è un compartimento distinto o meno.

Nell'ambito della Compartimentazione l'approccio è differente per le due regole in quanto nella V.10 per ciascuna tipologia di aree sono previsti dei requisiti, mentre nella V.12 si seguono le misure della regola tecnica orizzontale.

A differenza della regola verticale 12, nella 10 è previsto un minimo di larghezza a cui devono sottostarsi le vie di esodo. Per entrambe invece possono essere ammesse porte di altezza $\geq 1,80m$ e gradini con alzata e pedata variabile.

La V.12 pone una certa attenzione al sistema di gestione della sicurezza antincendio in quanto, oltre alle prescrizioni della regola tecnica orizzontale, è necessario effettuare delle prove di attuazione del piano di emergenza almeno 3 volte l'anno e se sono presenti cantieri temporanei e mobili si deve integrare il piano per far sì che il livello di sicurezza sia immutato.

Per entrambe le regole è previsto un piano di limitazione dei danni volto al conseguimento della salvaguardia dei beni tutelati presenti da mettere in atto in caso di incendio. Questo piano prevede l'individuazione di persone formate che sappiano seguire

le procedure , inoltre è indicato l'ordine di evacuazione dei beni in ordine di importanza esplicitandone le modalità di trasporto ed il luogo di ricovero. Per i beni inamovibili deve essere previsto anche una procedura per la protezione in loco.

La sicurezza degli impianti viene affrontata seguendo le indicazioni presenti nella regola tecnica orizzontale, ma per la V.10 è indicato che i gas refrigeranti negli impianti di climatizzazione e condizionamento presenti nelle aree classificate come aperte al pubblico adibite a sale espositive, sale lettura, sale di consultazione e servizi vari e nei locali dedicati ad uffici e servizi (superficie > 200m²), devono essere classificati come A1 o A2L (ISO 817). Ossia i gas refrigeranti devono avere un livello di tossicità minore ed un grado di infiammabilità nullo o leggero.

Per quanto concerne la rivelazione allarme è previsto, per entrambe le regole di avere un livello di prestazione IV per la rivelazione allarme, ciò significa che è prevista una rivelazione automatica dell'incendio e una diffusione dell'allarme attraverso la sorveglianza dell'intera attività.

Per concludere, l'approccio semi-prescrittivo del Codice di Prevenzione Incendi consente di adottare soluzioni conformi, ma anche di ricorrere a soluzioni alternative, le quali possono essere verificate anche attraverso i metodi della FSE esplicitati nel capitolo successivo.

3.3 Approccio prestazionale

La regolarizzazione degli edifici sottoposti a tutela in termini di sicurezza antincendio risulta alquanto complicata, poiché, come già detto nel paragrafo precedente, le normative sono troppo vincolanti e gli interventi da effettuare sono troppo invasivi e difficilmente approvabili dalla Soprintendenza.

I metodi della Fire Safety Engineering possono essere utilizzati sia per la progettazione antincendio con il metodo prestazionale su un intero edificio, ma anche per verificare eventuali soluzioni alternative previste con il metodo semi-prescrittivo del Codice di Prevenzione Incendi.

L'approccio di tipo prestazionale è un metodo di verifica flessibile, di tipo ingegneristico, in cui il progettista ricrea in maniera verosimile un possibile scenario di incendio e va a studiare le prestazioni minime della struttura in caso di emergenza.

Fra i vantaggi dell'approccio dell'ingegneria antincendio, o anche Fire Safety Engineering (FSE), sicuramente troviamo la maggiore flessibilità nella progettazione, infatti, il progettista ha la libertà di studiare diverse soluzioni che vanno oltre quelle prescritte nelle normative. In questo modo si vanno a colmare le lacune della normativa, laddove non sono fornite indicazioni chiare o dove non è possibile applicarla. Inoltre, si vanno ad ottimizzare i sistemi di protezione attiva e passiva presenti e massimizzare il rapporto costi/benefici.

Con tale approccio però i costi ed i tempi della progettazione sono maggiori, poiché è richiesto un lavoro molto più oneroso da parte del progettista. Un altro svantaggio è quello di imporre un sistema di gestione della sicurezza mirato al mantenimento delle condizioni operative individuate nello scenario di progetto.

Il concetto di Fire Safety Engineering, già esistente da molti anni all'estero, approda in Italia ufficialmente con il D.M. 9 maggio 2007 ¹¹, come metodologia applicabile in alternativa all'approccio prescrittivo.

Nell'articolo 2 viene specificato che l'ingegneria antincendio è applicabile per:

- edifici di particolare rilevanza architettonica e/o costruttiva;

¹¹ Decreto Ministeriale 9 maggio 2007: "Direttive per l'attuazione dell'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio."

- edifici pregevoli per arte o storia;
- edifici ubicati in ambiti urbanistici di particolare specificità.

Ad oggi l'approccio prestazionale si è evoluto con il Codice di Prevenzione Incendi nella sezione Metodi M, che fornisce una guida per il progettista volta ad affrontare in maniera corretta il percorso di progettazione.

Nel primo capitolo M1 si affronta la metodologia di progettazione che prevede due fasi principali:

- un'analisi preliminare in cui si definisce il progetto e gli obiettivi di sicurezza con le soglie di progettazione e si individuano gli scenari di rischio a cui è sottoposta l'attività;
- un'analisi quantitativa in cui si impiegano dei modelli di calcolo per analizzare quantitativamente gli effetti dello scenario scelto nella fase precedente e si vanno a confrontare i risultati con le soglie di prestazione.

Di seguito si riporta uno schema esemplificativo delle fasi relative alla metodologia.

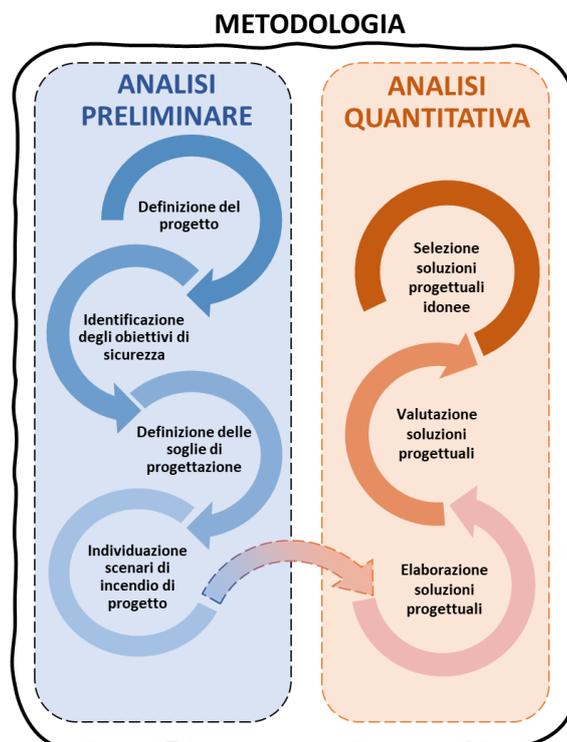


Figura 9 Schema delle fasi della metodologia di progettazione.

Il flusso di lavoro parte dalla definizione del progetto, ossia si definisce lo scopo della progettazione, si identificano le destinazioni d'uso, i vincoli progettuali, i pericoli dell'incendio, le condizioni al contorno e le caratteristiche degli occupanti.

Il secondo passo è quello di identificare gli obiettivi della sicurezza antincendio in modo qualitativo, specificando il livello di salvaguardia dell'incolumità degli occupanti, il massimo danno tollerabile e la continuità d'esercizio dopo un incidente.

Successivamente è necessario stabilire quantitativamente le soglie di prestazione rispetto alle quali verificare i risultati ottenuti nella fase II dell'analisi quantitativa. Nel paragrafo M.3.5 del Codice di Prevenzione Incendi sono riportate delle tabelle con le soglie di prestazione per occupanti e soccorritori utilizzabili per i metodi di calcolo avanzati e semplificati.

Modello	Prestazione	Soglia di prestazione	Riferimento
Oscuramento della visibilità da fumo	Visibilità minima di pannelli riflettenti, non retroilluminati, valutata ad altezza 1,80 m dal piano di calpestio	Occupanti: 10 m Occupanti in locali di superficie lorda < 100m ² : 5 m	ISO 13571:2012
		Soccorritori: 5 m Soccorritori in locali di superficie lorda < 100m ² : 2,5 m	[1]
Gas tossici	FED, <i>fractional effective dose</i> e FEC, <i>fractional effective concentration</i> per esposizione a gas tossici e gas irritanti, valutata ad altezza 1,80 m dal piano di calpestio	Occupanti: 0,1	ISO 13571:2012, limitando a 1,1% la porzione di occupanti incapaci al raggiungimento della soglia
		Soccorritori: nessuna valutazione	-
Calore	Temperatura massima di esposizione	Occupanti: 60°C	ISO 13571:2012
		Soccorritori: 80°C	[1]
Calore	Irraggiamento termico massimo da tutte le sorgenti (incendio, effluenti dell'incendio, struttura) di esposizione degli occupanti	Occupanti: 2,5 kW/m ²	ISO 13571:2012, per esposizioni inferiori a 30 minuti
		Soccorritori: 3 kW/m ²	[1]
[1] Ai fini di questa tabella, per soccorritori si intendono i componenti delle squadre aziendali opportunamente protetti ed addestrati alla lotta antincendio, all'uso dei dispositivi di protezione delle vie aeree, ad operare in condizioni di scarsa visibilità. Ulteriori indicazioni possono essere desunte ad esempio da documenti dell'Australian Fire Authorities Council (AFAC) per hazardous conditions.			

Tabella 5 Esempio di soglie di prestazione impiegabili con il metodo di calcolo avanzato (Tabella M.3-2)

Prestazione	Soglia di prestazione	Riferimento
Altezza minima dei fumi stratificati dal piano di calpestio al di sotto del quale permanga lo strato d'aria indisturbata	Occupanti: 2 m	Ridotto da ISO/TR 16738:2009, section 11.2
	Soccorritori: 1,5 m	[1]
Temperatura media dello strato di fumi caldi	Occupanti: 200°C	ISO/TR 16738:2009, section 11.2
	Soccorritori: 250°C	[1]
[1] Ai fini di questa tabella, per soccorritori si intendono i componenti delle squadre aziendali opportunamente protetti ed addestrati alla lotta antincendio, all'uso dei dispositivi di protezione delle vie aeree, ad operare in condizioni di scarsa visibilità. Ulteriori indicazioni possono essere desunte ad esempio da documenti dell'Australian Fire Authorities Council (AFAC) per hazardous conditions.		

Tabella 6 Esempio di soglie di prestazione impiegabili con il metodo di calcolo semplificato (Tabella M.3-3).

L'ultimo passaggio prima di effettuare l'analisi quantitativa è quello di individuare gli scenari di progetto che potrebbero verificarsi nell'attività di riferimento. Nel capitolo M2 del Codice è descritta la procedura di identificazione, selezione e quantificazione degli scenari. Il progettista può creare un albero degli eventi e da lì scegliere lo scenario verosimilmente più gravoso per l'attività di riferimento, esplicitando nella documentazione di progetto il motivo della scelta.

A questo punto si procede con la seconda fase, ossia l'analisi quantitativa in cui il professionista antincendio specifica i dati di input per le caratteristiche fondamentali dell'ingegneria antincendio:

- Attività: comprende le caratteristiche architettoniche e strutturali, gli impianti, gli aspetti gestionali ed operativi ed i fattori ambientali che influenzano l'incendio;
- Occupanti: si indica l'affollamento, la categoria degli occupanti, lo stato psico-fisico, il grado di familiarità con l'ambiente, lo stato di veglia o di sonno dell'occupante;
- Incendio: si indica la localizzazione del focolare, la tipologia di focolare (covante o con fiamma), la quantità, la qualità e la distribuzione spaziale del combustibile, le fonti di innesco, la curva HRR ed i prodotti della combustione.

La curva HRR o RHR è una funzione che rappresenta l'andamento nel tempo della potenza termica rilasciata dall'incendio. Come è possibile vedere nella Figura 10 l'andamento è costituito da 3 diverse fasi:

- la crescita parabolica che rappresenta la fase di propagazione dell'incendio pre-flashover;

- l'intermedia stazionaria che corrisponde alla fase di flashover caratterizzata dalla potenza massima;
- la finale lineare che indica la fase di decadimento dell'incendio.

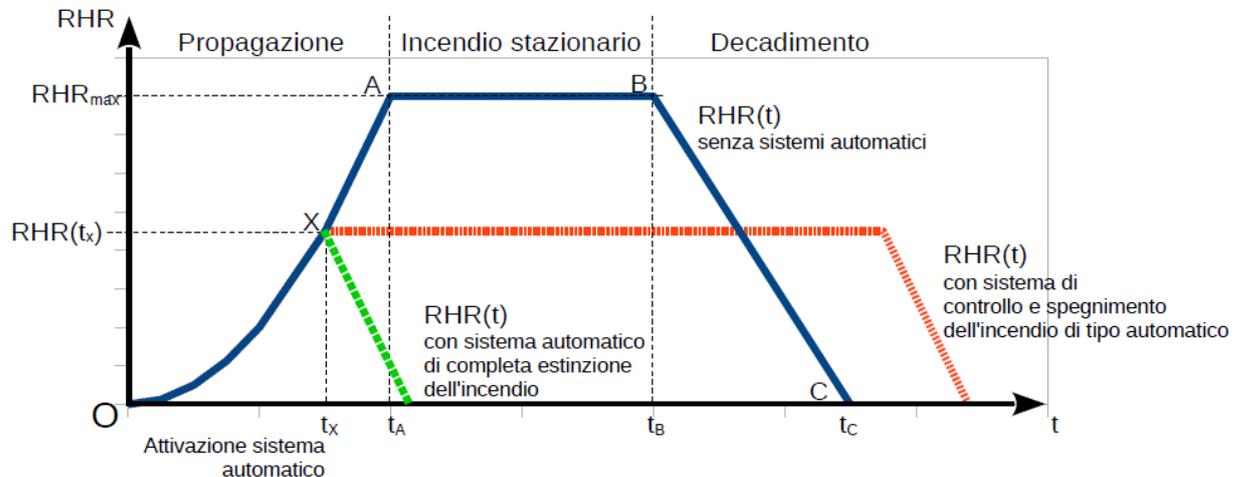


Figura 10 Fasi dell'incendio(Illustrazione M.2-1).

Tale curva può essere paragonata al passaporto dell'incendio in quanto è il parametro di input fondamentale per tutti i software di simulazione incendio.

Per effettuare le simulazioni occorre stabilire la durata dello scenario di progetto, la quale dipende dagli obiettivi di sicurezza dichiarati dal progettista.

Gli obiettivi di sicurezza a cui si fa riferimento sono:

- salvaguardia della vita in cui la durata della simulazione termina quando tutti gli occupanti raggiungono un luogo sicuro;
- mantenimento della capacità portante in cui si osserva l'analisi strutturale fino al momento in cui gli effetti dell'incendio sono non significativi in termini di sollecitazioni e spostamenti strutturali;
- salvaguardia della vita dei soccorritori considerata fino a 5 minuti dopo il termine delle operazioni dei soccorritori.

Come già detto nei capitoli precedenti gli obiettivi che si pone la sicurezza antincendio per gli edifici tutelati sono la salvaguardia della vita degli occupanti ma soprattutto la preservazione del patrimonio storico-artistico della struttura; quindi, nelle simulazioni con la Fire Safety Engineering va sicuramente considerato un intervallo di tempo superiore rispetto ad uno scenario di incendio volto solo alla tutela delle persone.

La verifica che garantisce la salvaguardia della vita con l'ingegneria antincendio è il criterio $ASET > RSET$. L'Available Safe Escape Time (ASET) rappresenta l'intervallo compreso fra l'innesco ed il tempo in cui le condizioni dell'attività sono tali da incapacitare gli occupanti. Il Required Safe Escape Time (RSET) è il tempo fra l'innesco e l'istante in cui gli occupanti riescono a raggiungere un luogo sicuro.

La verifica, come riporta il Codice, risulta efficace solo se "il tempo in cui permangono condizioni ambientali non incapacitanti per gli occupanti è superiore al tempo necessario perché essi possano raggiungere un luogo sicuro, non soggetto a tali condizioni ambientali sfavorevoli dovute all'incendio."

La differenza fra ASET e RSET equivale ad un margine di sicurezza (Figura 11) e dal Codice risulta necessario avere almeno 30 secondi di margine.

I metodi di calcolo dell'ASET ammessi da normativa sono:

- metodo di calcolo avanzato in cui si stiano le concentrazioni di gas tossici ed irritanti, si effettua un modello del calore e della visibilità;
- metodo di calcolo semplificato segue l'ipotesi semplificativa della "esposizione zero" e le soglie di prestazione utilizzate sono che l'altezza fumi deve essere maggiore di 2 metri e la temperatura dei fumi minore di 200 gradi centigradi.

Il calcolo dell'RSET deriva dalla somma di diversi componenti di tempo:

- tempo di rivelazione t_{det} rappresenta il tempo che impiega il sistema di rivelazione automatico per accorgersi dell'incendio. La stima può essere analitica o derivante da una simulazione numerica degli scenari;
- tempo di allarme generale t_a è il tempo che intercorre tra la rivelazione dell'incendio e la diffusione dell'informazione. Tale componente può essere considerata pari a 0 se la rivelazione attiva direttamente l'allarme, oppure pari al ritardo valutato dal professionista antincendio;
- tempo di evacuazione composto a sua volta da 2 componenti:
 - o tempo di pre-movimento t_{pre} che si tratta del tempo che precede il movimento degli occupanti verso un luogo sicuro, i valori possono derivare da tabelle di normative. È composto da:

- tempo di riconoscimento dato dagli istanti in cui gli occupanti continuano a svolgere le attività prima di riconoscere l'emergenza;
- tempo di risposta in cui gli occupanti rispondono all'emergenza svolgendo attività legate ad essa;
- tempo di movimento t_{tra} è l'intervallo temporale in cui gli occupanti raggiungono un luogo sicuro. Il calcolo deriva da simulatori di esodo (es. PATHFINDER, MASSMOTION, EVAC...)

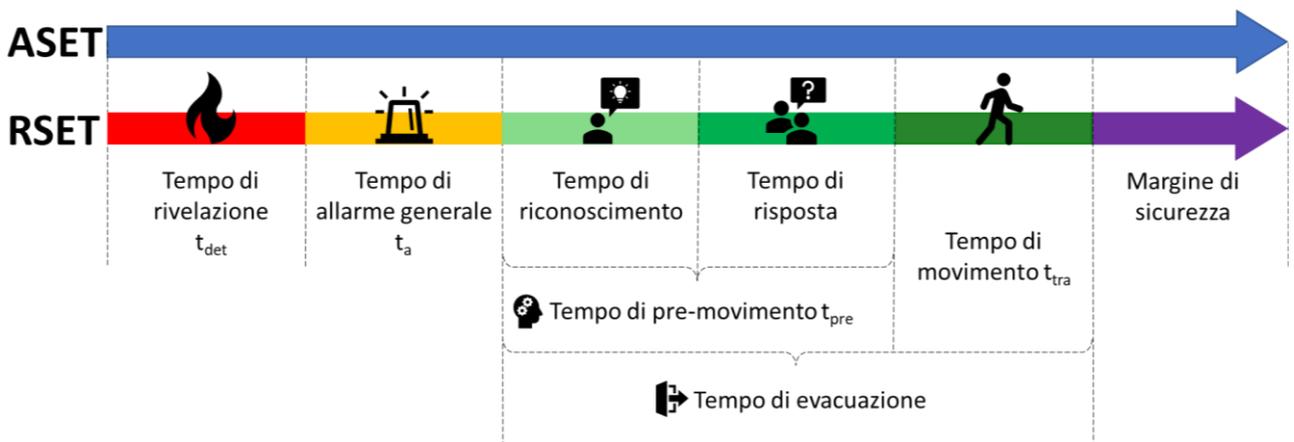


Figura 11 Confronto fra ASET e RSET.

4 CASO DI STUDIO: PALAZZO CARIGNANO A TORINO

Il caso oggetto di studio è Palazzo Carignano, collocato nel cuore di Torino fra Piazza Carignano e Piazza Carlo Alberto. Tale struttura rappresenta uno dei maggiori esempi di architettura barocca piemontese, per cui ha un particolare valore storico artistico da salvaguardare. Nei paragrafi che seguono viene richiamata la storia dell'edificio, il suo stato attuale e il progetto di rifunzionalizzazione a cui è soggetto.



Figura 12 Inquadramento geografico con Google Earth Pro.

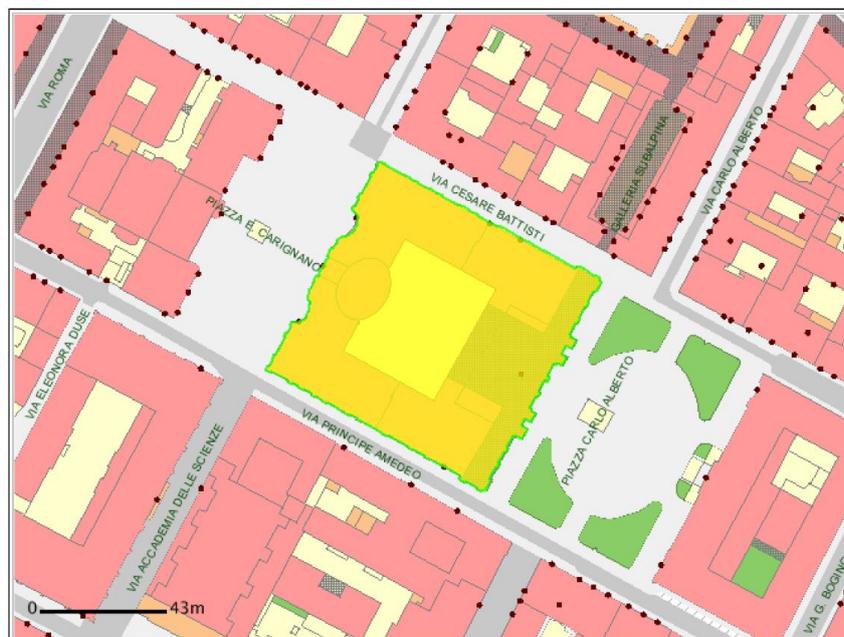


Figura 13 Estratto cartografico del Piano Regolatore di Torino, Foglio 1280, Particella 34,35,36 (Sit).

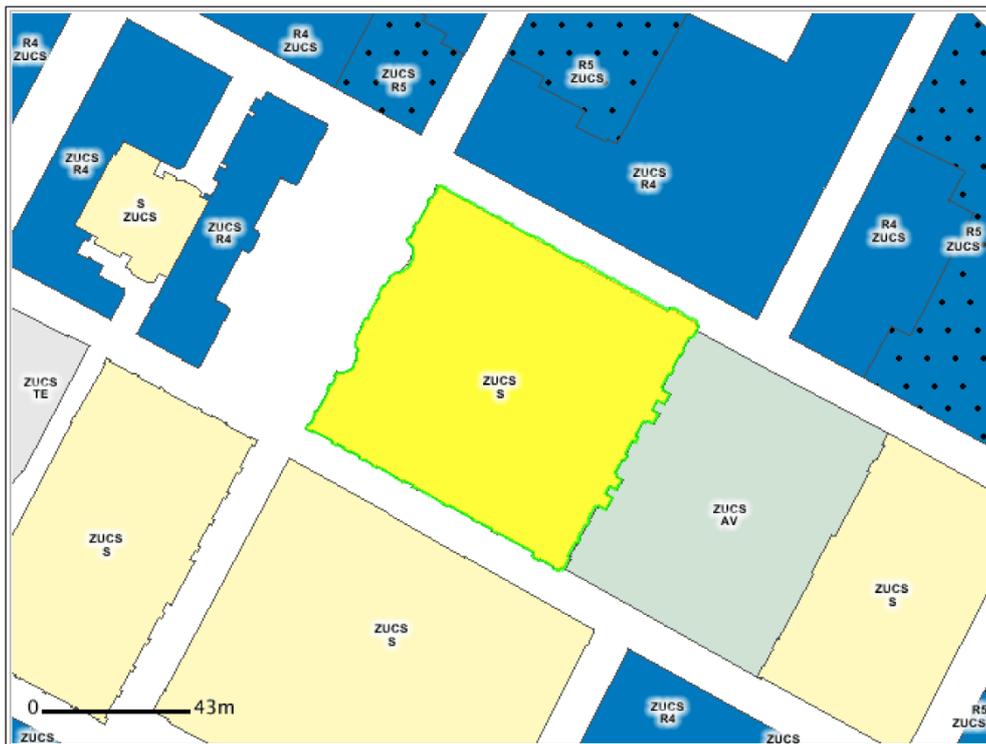


Figura 14 Estratto del tema di Azzonamento del Piano Regolatore di Torino (Sit).

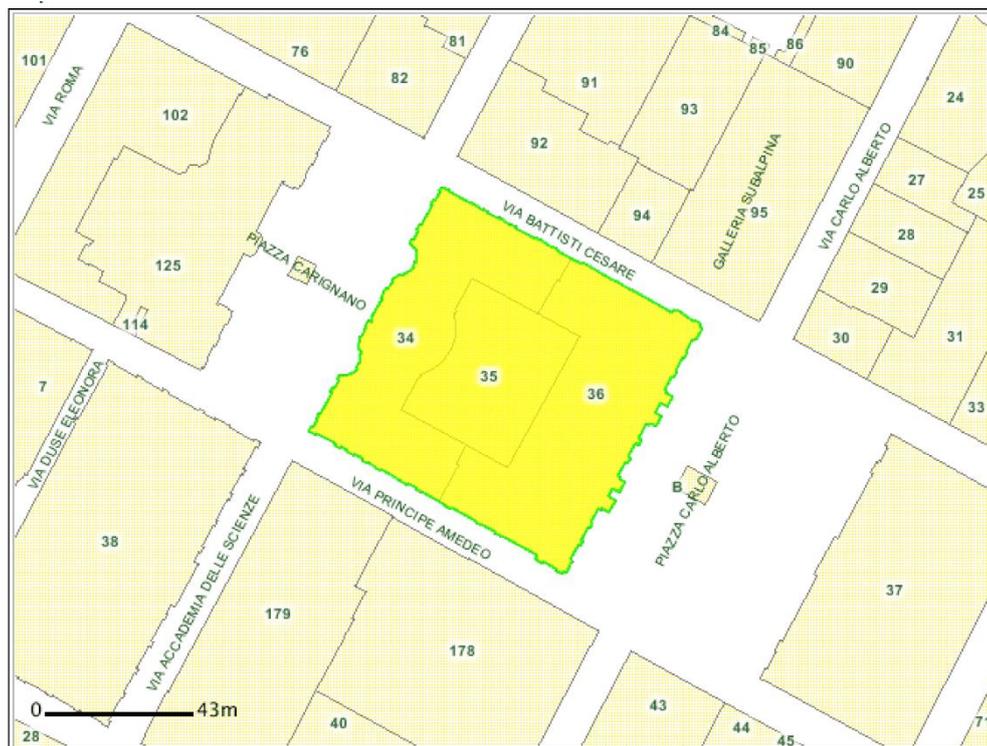


Figura 15 Inquadramento catastale di Torino su carta tecnica (Sit).

4.1 Cenni storici

Palazzo Carignano fu commissionato da Emanuele Filiberto di Savoia-Carignano come residenza del Principe stesso, assegnando il progetto all'architetto Guarino Guarini che diede il via al cantiere nel 1679.

Nel progetto originario del Guarini l'edificio era rappresentato come una struttura con pianta a C aperta verso i giardini e le scuderie, solo nell'Ottocento fu aggiunto il corpo che affaccia su Piazza Carlo Alberto, dando luogo al Parlamento Italiano.

Al piano terra è possibile ammirare il sistema atrio-scalone-salone tipico dell'era barocca; infatti, tutta la composizione si articola attorno al grande atrio che affaccia su Piazza Carignano, composto da 5 campate voltate a crociera, per poi proseguire sui due grandi scaloni che portano al salone ovale che, nel progetto originario dell'architetto Guarini, era coperto da una struttura a volta doppia, poi smantellata nell'Ottocento.

Guarino Guarini progettò il Palazzo utilizzando il più possibile linee sinuose e forme ovali, perfino per i due grandi scaloni dapprima citati.

Modesto Paroletti, nel suo scritto "Turin et ses curiosités", dipinge Palazzo Carignano come un elegante palazzo urbano con un giardino esteso in lunghezza chiuso dal fabbricato delle scuderie. La facciata principale su piazza Carignano è qualificata dall'alternanza di forme concave e convesse, che senza dubbio rompe le geometrie uniformi degli isolati torinesi. La facciata su Piazza Carlo Alberto è ornata da statue con sembianze femminili, le allegorie di Legge, Giustizia, Scienza, Arte, Agricoltura e Industria e sono realizzate tra il 1868 e il 1879 da Silvestro Simonetta, Giovanni Albertoni e Pietro della Vedova.

Con la morte dell'architetto nel 1683 la struttura subì una serie di variazioni, per esempio il corridoio sud del piano terra, che ospitava nella sua totalità gli appartamenti estivi ed invernali, fu smantellato dopo il 1691. Il corridoio nord è ancora oggi decorato con gli affreschi del pittore Stefano Maria Legnani detto il Legnanino (1661-1713) e dei quadraturisti Giovanni Battista e Girolamo Grandi con scene mitologiche a celebrare la gloria del principe di Carignano, a rivaleggiare con gli analoghi soggetti scelti dal pittore di corte Daniel Seiter (1647-1705) per i contemporanei interventi nel Palazzo Ducale (oggi Reale) di Vittorio Amedeo II (1666-1732).

Il Palazzo fu abitato dalla famiglia Carignano per tutto il 1700, fino all'occupazione dei francesi che lo requisirono e vi insediarono la Prefettura del Dipartimento del Po, per poi riacquisirlo dopo la restaurazione. Carlo Alberto, in quel tempo Re d'Italia, lo cedette nel 1831 al Demanio che vi collocò il Consiglio di Stato.

Nel 1848 il salone ellittico centrale divenne sede del Parlamento Subalpino fino all'Unità d'Italia poiché risultò inadeguato ad ospitare i rappresentanti di tutte le province del Nuovo Stato. A tal proposito fu costruita dall'ingegnere Peyron, che si era occupato già di alcuni lavori di ristrutturazione, un'aula provvisoria adiacente al palazzo dal lato del giardino, che fu smantellata poco dopo per dar luogo al Parlamento Italiano definitivo.

Il nuovo corpo verso la Piazza Carlo Alberto fu realizzato da Gaetano Ferri e da Giuseppe Bollati; essi saldarono alle due ali del "Palazzo" esistente, un corpo all'incirca speculare un fronte di intenzione fastosa, adeguato ai canoni architettonici dell'eclettismo ottocentesco. La nuova aula del Parlamento però non fu utilizzata poiché la capitale fu spostata a Roma.

Dal 1870 l'edificio cambiò completamente destinazione d'uso, adattandosi a numerose attività pubbliche, in particolare nel 1877 vennero eseguiti dei lavori di trasformazione interna per ospitare i musei di mineralogia e zoologia; nel 1882, il piano terreno dell'ala secentesca verso la Via Cesare Battisti, fu adattato ad uso del Consorzio Nazionale; dal 1920, gli stessi locali ospitarono la Soprintendenza alle Gallerie. Nel 1893, l'ultimo piano verso la Via Principe Amedeo fu occupato dalla facoltà di Geologia e dal Museo di Paleontologia, tutt'ora presente.

Le soffitte e gli ammezzati della parte secentesca ospitarono alloggi e sistemazioni di fortuna ad uso residenziale.

Nel 1937 il piano nobile fu occupato dal Museo di Risorgimento, annesso alla Società Subalpina di Storia Patria; tale evento fu fondamentale per far riacquisire una certa importanza al palazzo.

Nel 1979 le Pubbliche Amministrazioni si occuparono di affrontare l'abbandono manutentivo del palazzo attraverso una serie di interventi. I lunghi anni di abbandono causarono il dissesto della copertura della parte secentesca del palazzo, e

conseguentemente il Museo di Paleontologia subì gravi danni al materiale esposto per le infiltrazioni di acqua che provenivano dai lucernari e dal tetto sconnesso.

La Regione Piemonte intervenne per bloccare il degrado dell'intero palazzo, avviando dei lavori di recupero tempestivamente.



Figura 16 "Pianta della città di Torino", incisione anonima su disegno di Tommaso Borgonio, in *Theatrum Sabaudiae*, 1682 (particolare). In rosso è indicato il perimetro di Palazzo Carignano.

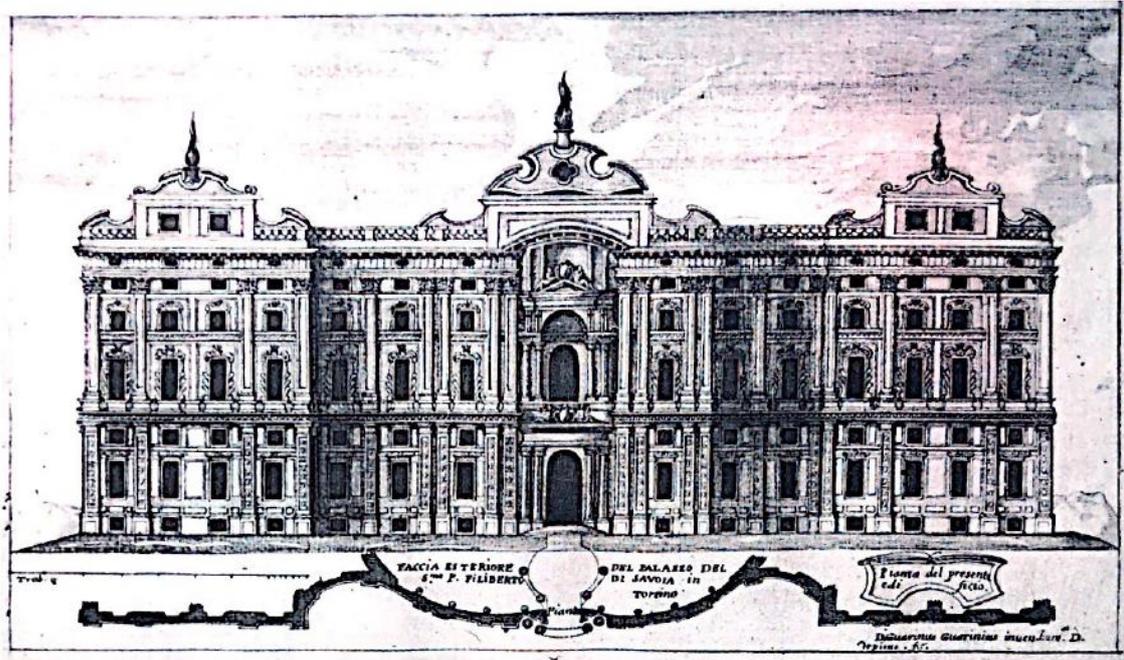


Figura 17 "Faccia esteriore del Palazzo del S.mo P. Filiberto di Savoia in Torino" e "Pianta del presente edificio", incisione in rame di Antonio De Pienne su disegno di Guarini, in *Disegni d'architettura civile et ecclesiastica...*cit. (BRT, V 38-39).

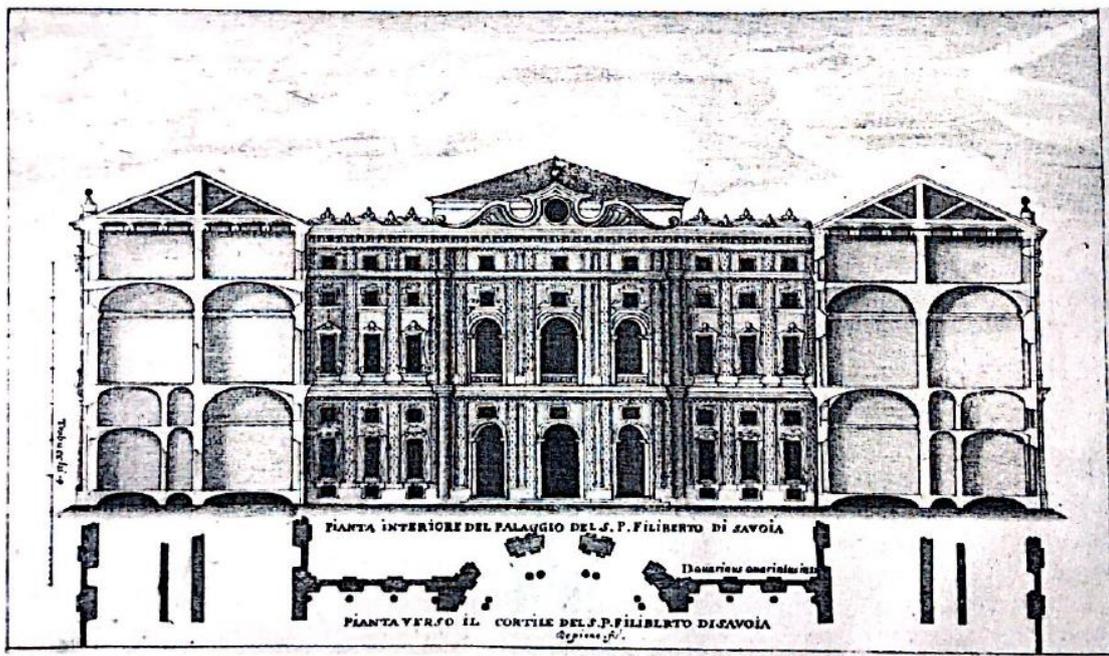


Figura 18 "Pianta interiore del palaggio del S. P. Filiberto di Savoia" e "Pianta verso il cortile del S. P. Filiberto di Savoia", incisione in rame di Antonio De Pienne su disegno di Guarini, in *Disegni d'architettura civile et ecclesiastica...*cit. (BRT, V 38-39).

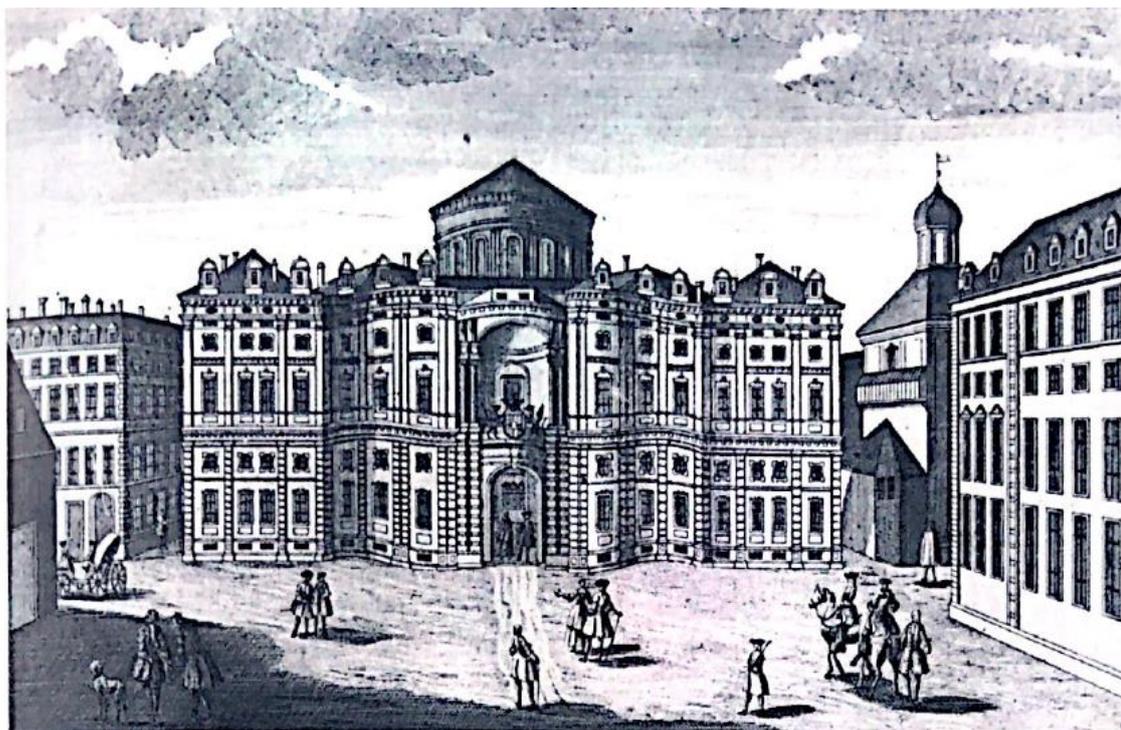


Figura 19 "Palazzo Carignani con sua Piazza in Torino", Friedrich Bernard Werner 1730, da A.Peyrot e V. Viale, "Immagini di Torino nei secoli, catalogo della mostra", Torino 1969.

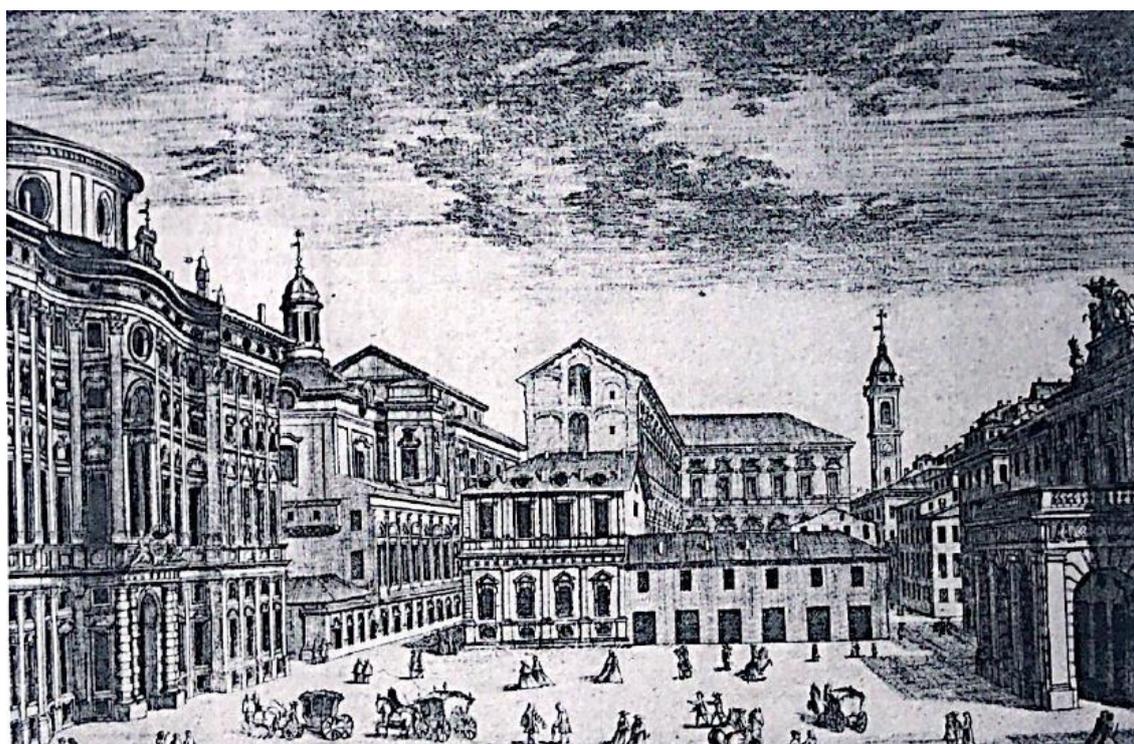


Figura 20 "Piazza avanti il palazzo di S.A.S. il S. Pri.e di Carignano con il disegno della facciata del suo teatro" Giovanni Battista Borra 1749, in "Vedute principali di Torino disegnate in prospettiva, ed intagliate in rame dall'architetto Giambattista Borra..., parte I, 1749.

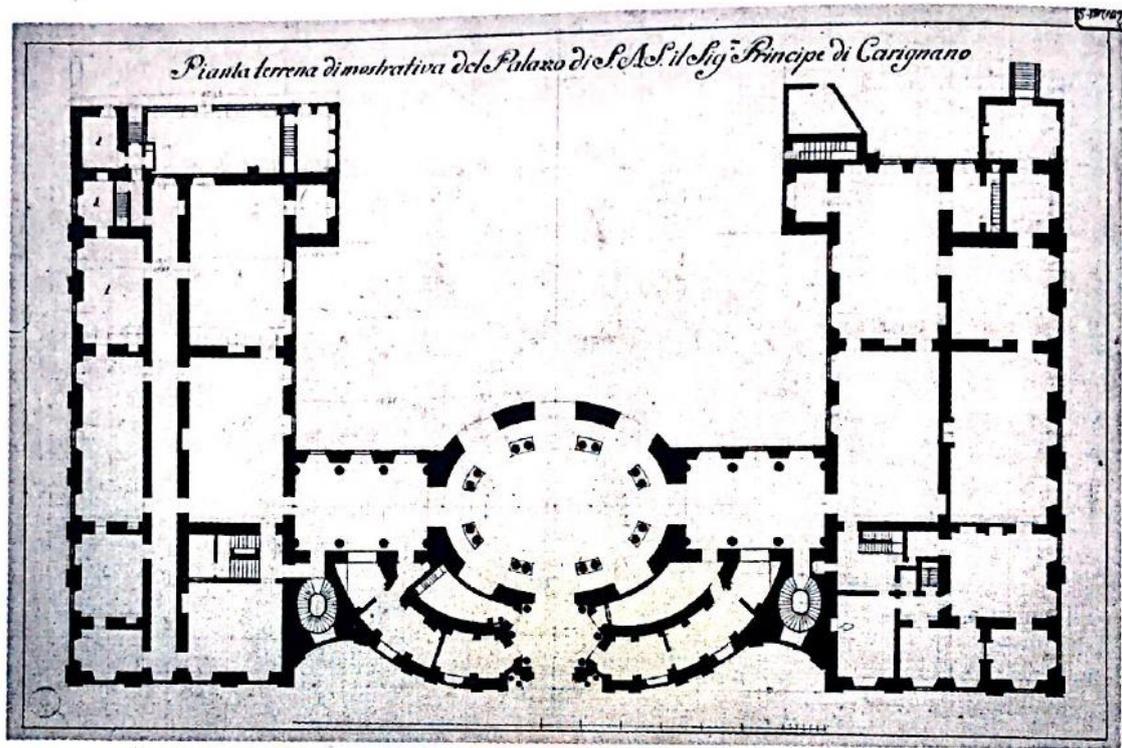


Figura 21 "Pianta terrena dimostrativa del Palazzo di S. A. S. il Sig. Principe di Carignano", Ferdinando Bonsignore, s.d. 1818? (BRT, S VIII, 114).

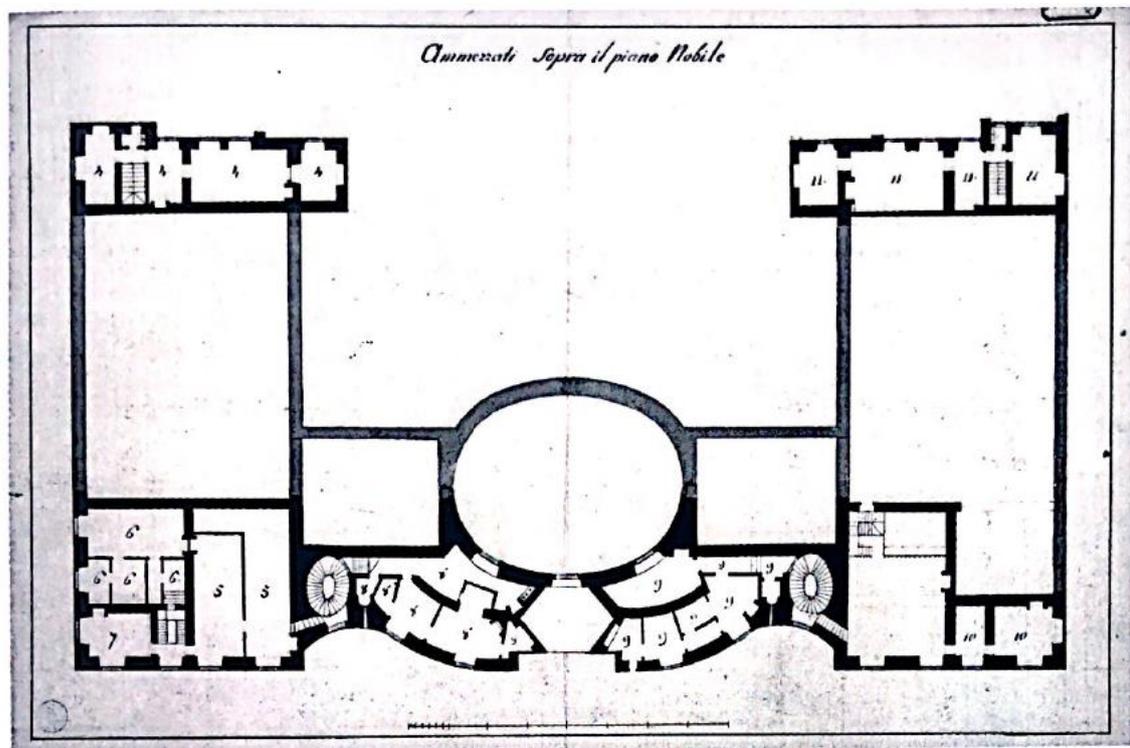


Figura 22 "Ammezzati sopra il piano nobile", Ferdinando Bonsignore, s.d. 1818? (BRT, S VIII, 114).

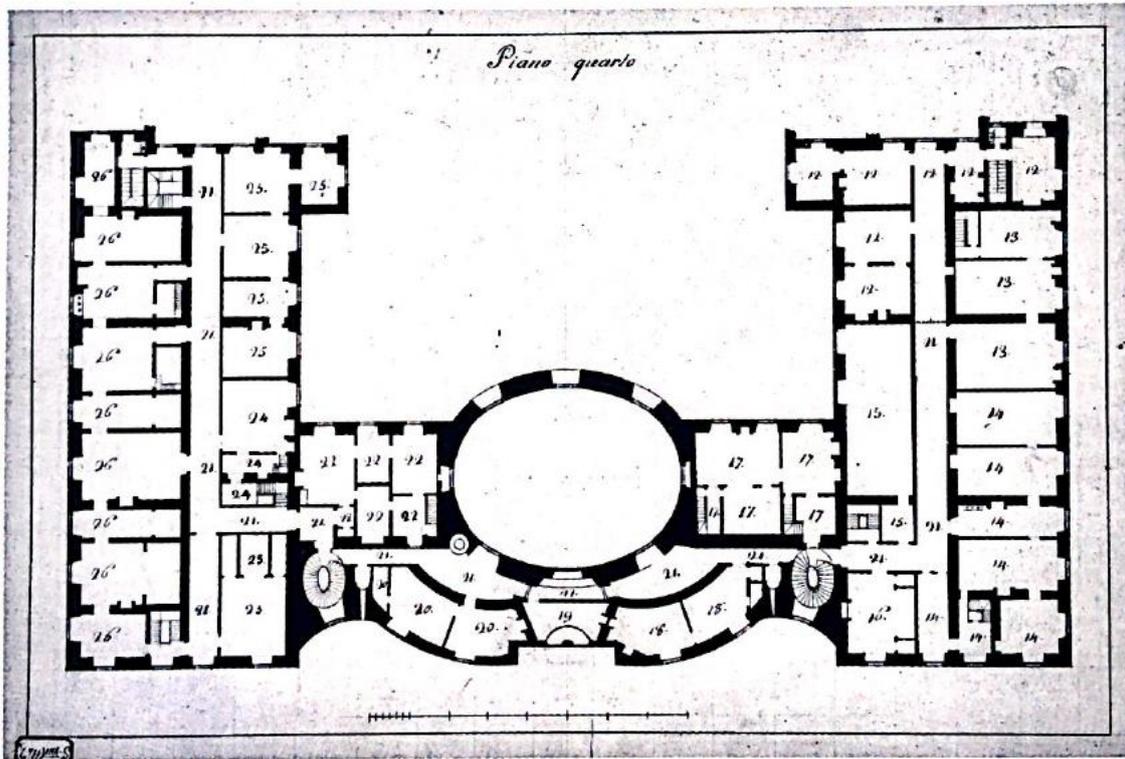


Figura 23 "Piano quarto", Ferdinando Bonsignore, s.f., s.d. 1818? (BRT, S VIII, 114).

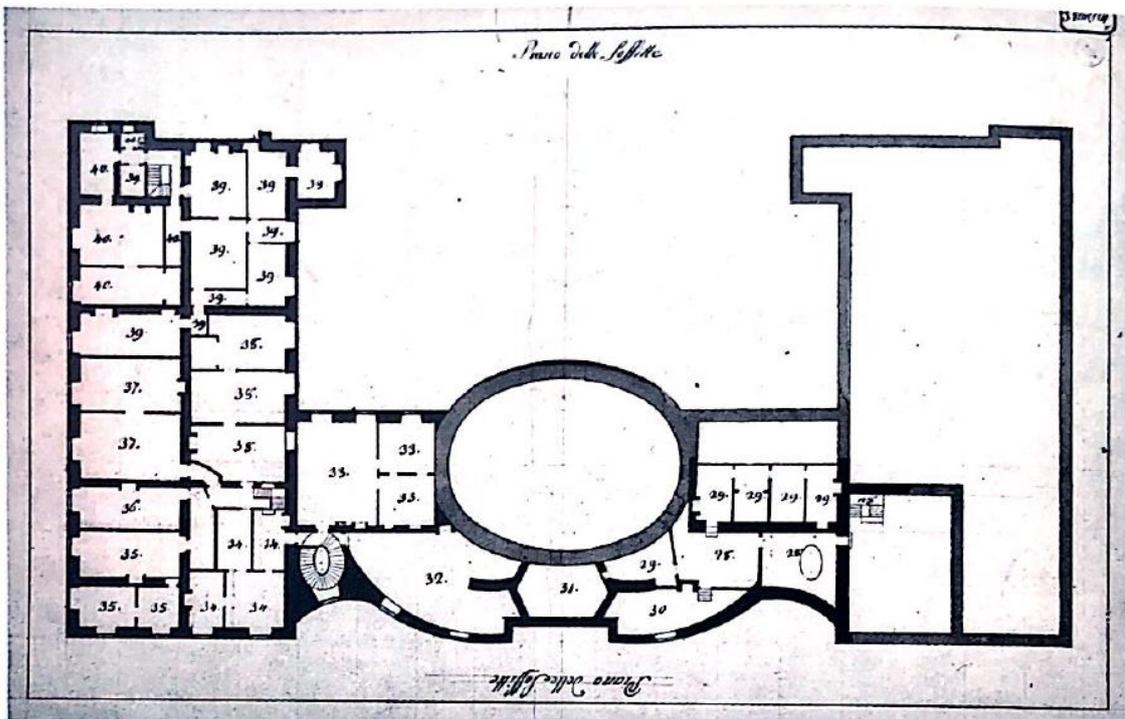


Figura 24 "Piano delle soffitte", Ferdinando Bonsignore, s.f., s.d. 1818? (BRT, S VIII, 114).

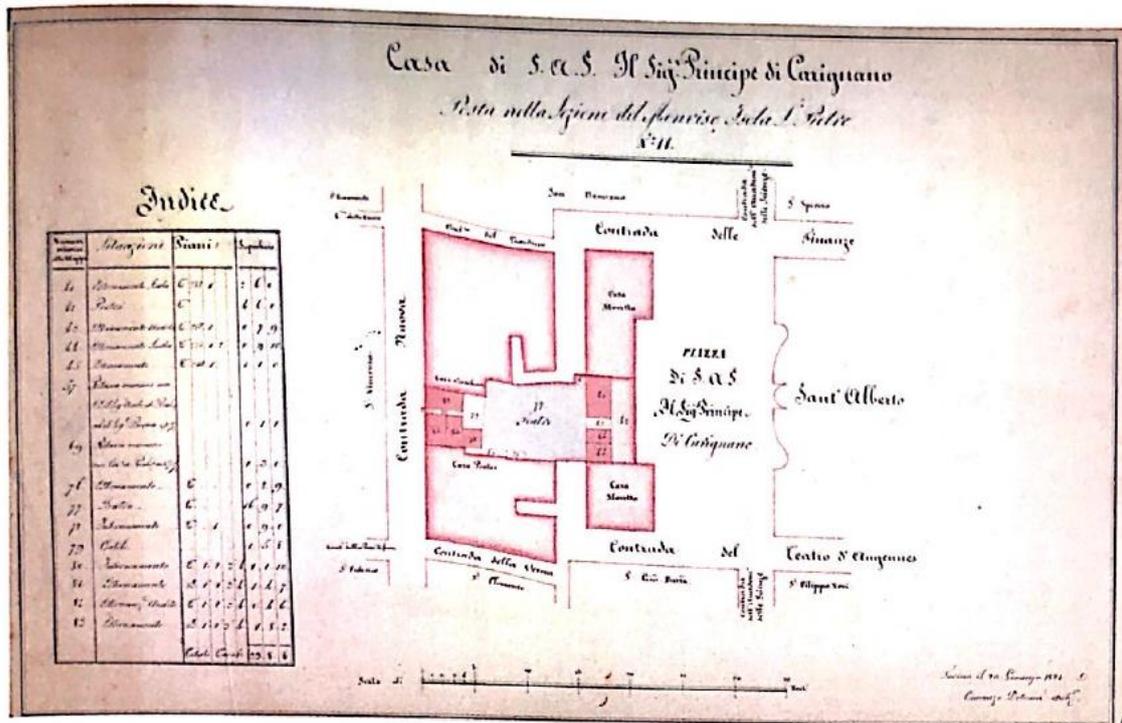


Figura 25 "Casa di S. A. S. il Sig. Principe di Carignano", Vincenzo Detema, planimetria catastale, 20 gennaio 1821 (ASTR, AZ. Savoia- Carignano, cat.53, m.1, inv.8 bis, n.22)

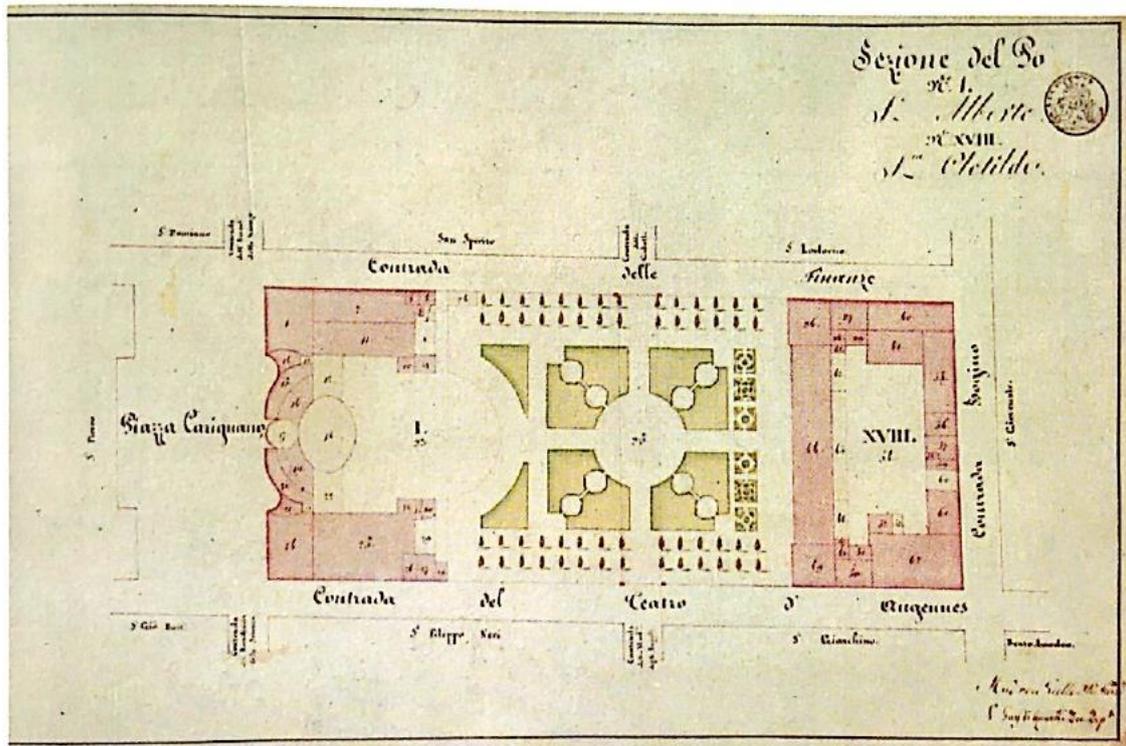


Figura 26 Rilievo catastale del complesso composto dal palazzo, dal giardino e dalle scuderie, Andrea Gatti 1822 (ASCT, catasto Gatti, Sez. Monviso, isol.n.1, Sant'Alberto).

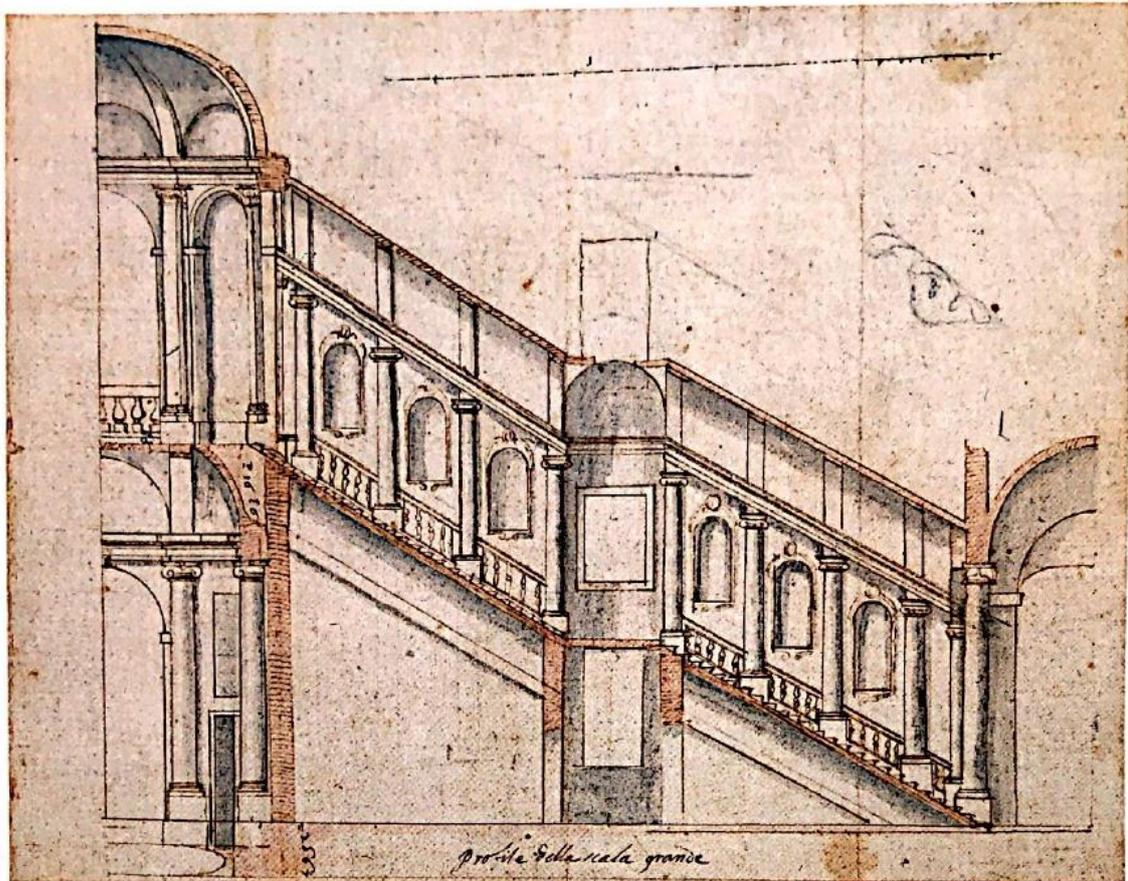


Figura 27 "Profilo della scala grande", s.f., s.d. (ASTR, Az. Savoia- Carignano, cat.53, m.1, fasc.9).

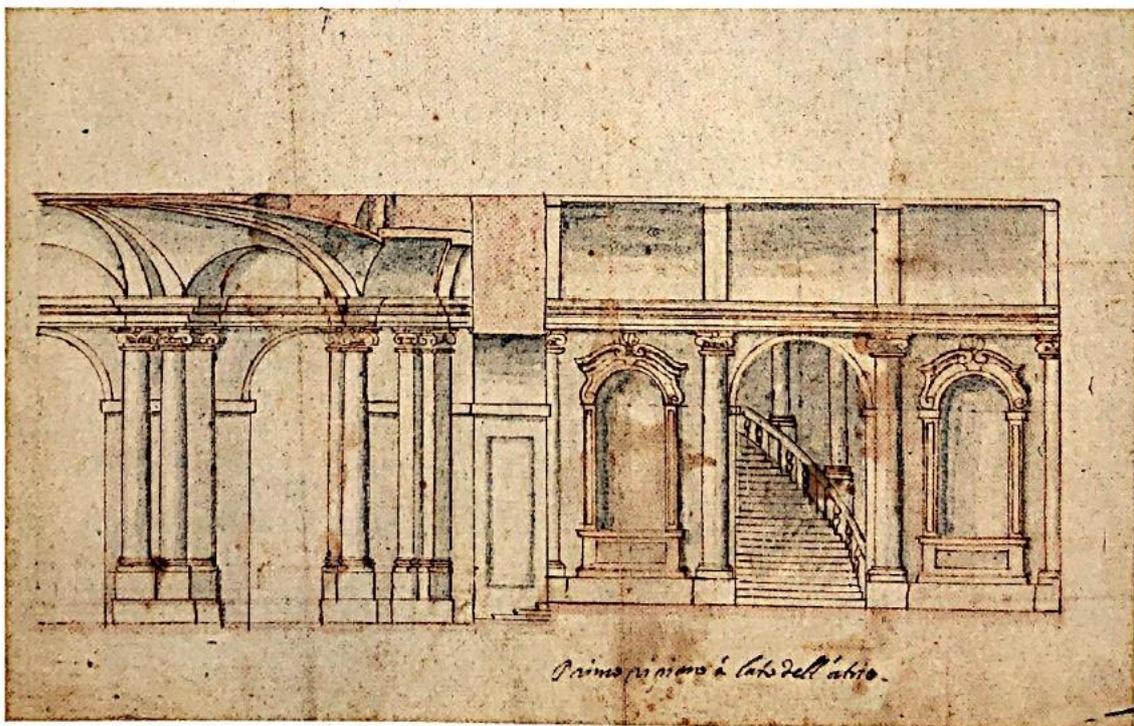


Figura 28 "Primo ripiano a lato dell'atrio", s.f., s.d. (ASTR, Az. Savoia- Carignano, cat.53, m.1, fasc.9).

4.2 Stato di fatto

Palazzo Carignano si sviluppa su nove livelli, di cui tre al di sotto del piano cortile (assunto come quota m. 0,00) e sei fuori terra:

- terzo interrato a quota -10,50 m circa, dove sono ubicati impianti tecnologici a servizio del Palazzo, gestiti unicamente dalla Soprintendenza responsabile del Complesso Monumentale, presenti anche due vasche di accumulo acqua antincendio, di capacità complessiva pari a 300 m³, ed i relativi gruppi di pompaggio a servizio dell'impianto antincendio costituenti le colonne idranti;
- secondo interrato, sala "Ipogea" al di sotto del piano cortile interno, la scala in capo alla Soprintendenza, ad oggi risulta non utilizzata ed in "stato cantieristico", in attesa delle future assegnazioni in corso di definizione;
- primo interrato, (piano seminterrato), locali Soprintendenza, locali Unione Culturale e locali Deputazione Subalpina di Storia Patria;
- primo livello fuori terra, Soprintendenza per i Beni Artistici e Storici, Deputazione Subalpina di Storia Patria e l'Istituto di Storia del Risorgimento Italiano;
- secondo livello fuori terra, locali Soprintendenza, locali Museo Nazionale del Risorgimento Italiano, già alloggio di civile abitazione, ora area libera non utilizzata;
- terzo livello fuori terra, è interamente utilizzato dal Museo Nazionale del Risorgimento Italiano;
- quarto livello fuori terra, uffici della Soprintendenza e del Museo Nazionale del Risorgimento Italiano, oltre a locali del Dipartimento di Scienza della Terra;
- quinto livello fuori terra, nella quasi totalità, utilizzato dalla Regione Piemonte, già Dipartimento di Scienze della Terra, con locali biblioteca e sala consultazione in capo al Museo Nazionale del Risorgimento Italiano;
- sesto livello fuori terra (piano sottotetto), locali della Soprintendenza, locali del Dipartimento di Scienze della Terra e locali utilizzati dal Museo Nazionale del Risorgimento Italiano.

Dal punto di vista antincendio Palazzo Carignano è costituito da diverse attività (Tabella 7) individuate secondo la classificazione presente nel D.P.R. 1° agosto 2011 n.151.

Attività 49.1.A	Gruppi per la produzione di energia elettrica sussidiaria con motori endotermici ed impianti di cogenerazione di potenza complessiva da 25 a 350 kW
Attività 69.3.C	Locali adibiti ad esposizione e/o vendita all'ingrosso o al dettaglio, fiere e quartieri fieristici, con superficie lorda, comprensiva dei servizi e depositi, superiore a 1500 m
Attività 72.1.C	Edifici sottoposti a tutela ai sensi del D.Lgs. 22 gennaio 2004, n. 42 destinati a contenere biblioteche ed archivi, musei, gallerie, esposizioni e mostre, nonché qualsiasi altra attività contenuta nel presente Allegato.
Attività 73.2.C	Edifici e/o complessi edilizi a uso terziario e/o industriale caratterizzati da promiscuità strutturale e/o dei sistemi delle vie di esodo e/o impiantistica con capienza superiore a 500 unità, ovvero superficie complessiva superiore a 6000 mq, (indipendentemente dal numero di attività costituenti e dalla relativa diversa titolarità).
Attività 74.3.C:	Impianti per la produzione di calore alimentati a combustibile solido, liquido o gassoso con potenzialità superiore a 700 kW

Tabella 7 Individuazione attività intera struttura.

Per questo motivo il Palazzo può essere considerato con un mega “condominio” in cui coabitano diverse attività, che fanno capo ad un unico responsabile: il Museo Nazionale del Risorgimento Italiano. Tale ente è responsabile degli spazi comuni ma ciascun gestore resta responsabile dei propri ambienti, della verifica della disponibilità delle vie di fuga, della coerenza degli affollamenti e dei carichi di incendio dichiarati e della manutenzione degli impianti presenti.

Di seguito sono riportate le piante fuori scala di ciascun livello.



PIANTA PIANO INTERRATO-LOCALI TECNICI (livello -4)

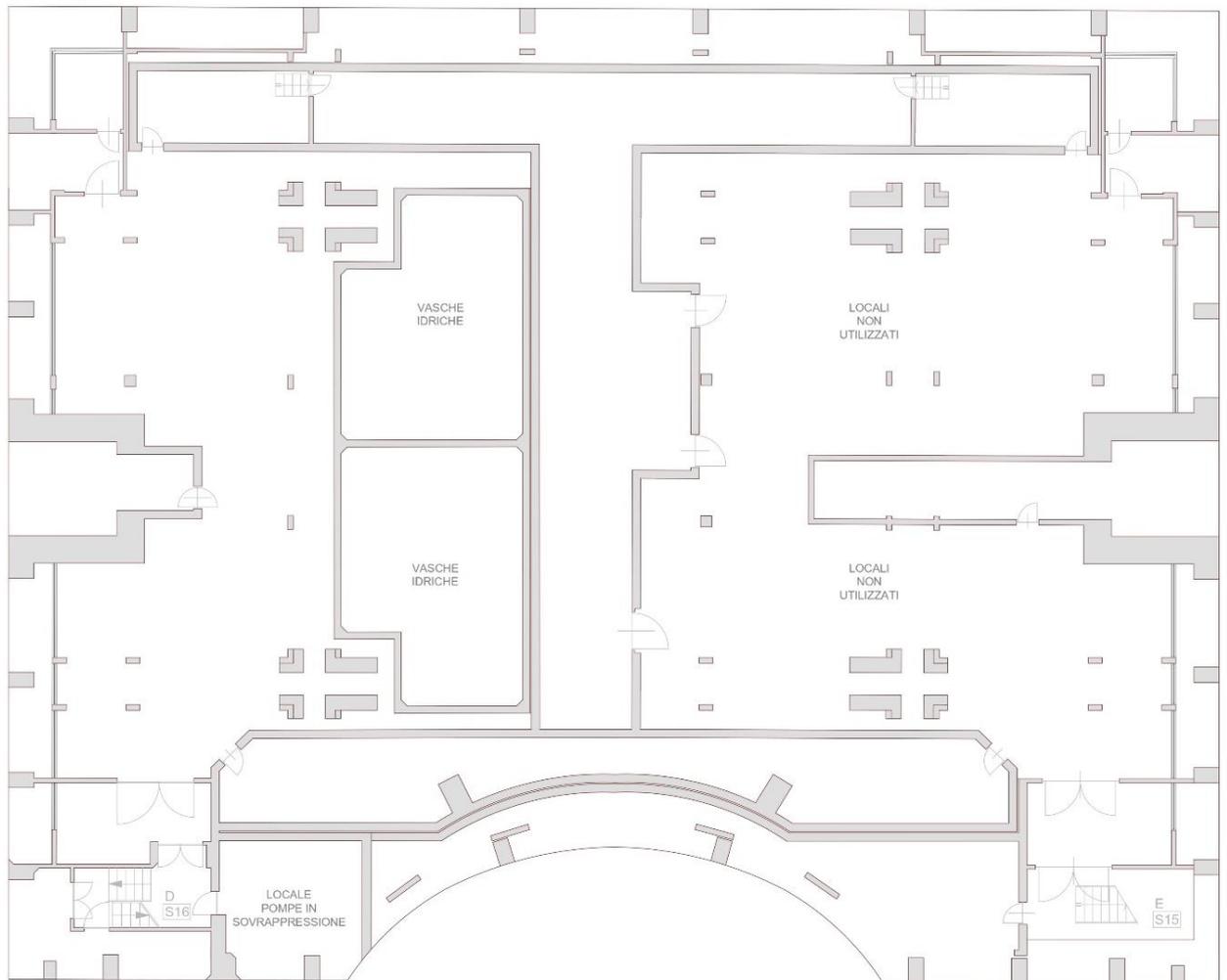


Figura 29 Pianta piano interrato-locali tecnici, livello -4 (Fuori scala).



PIANTA PIANO INTERRATO-IPOGEO (livello -3)

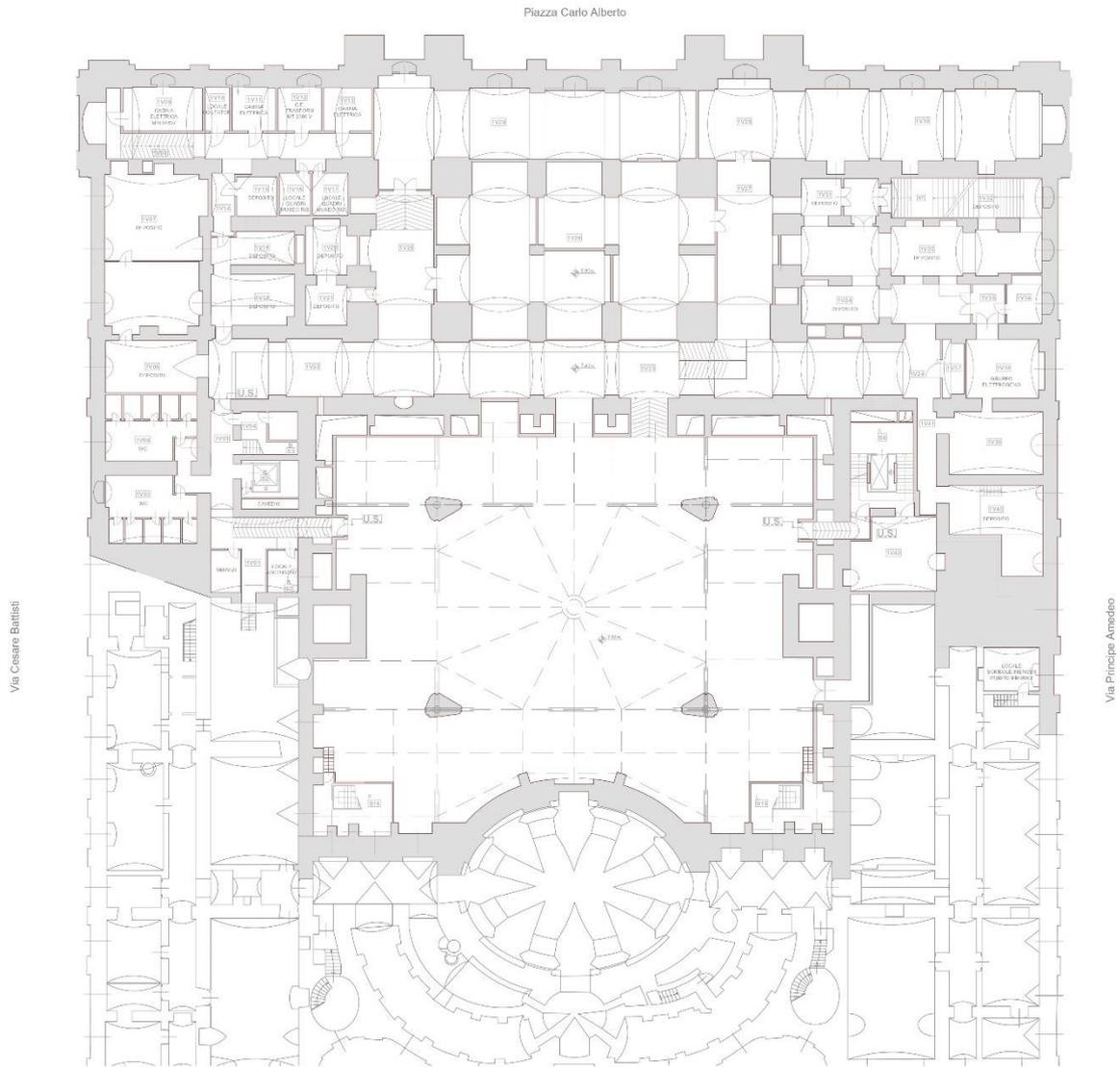


Figura 30 Pianta piano interrato-ipogeo, livello -3 (Fuori scala).



PIANTA PIANO SEMINTERRATO-AMMEZZATO (livello -2 e -1)

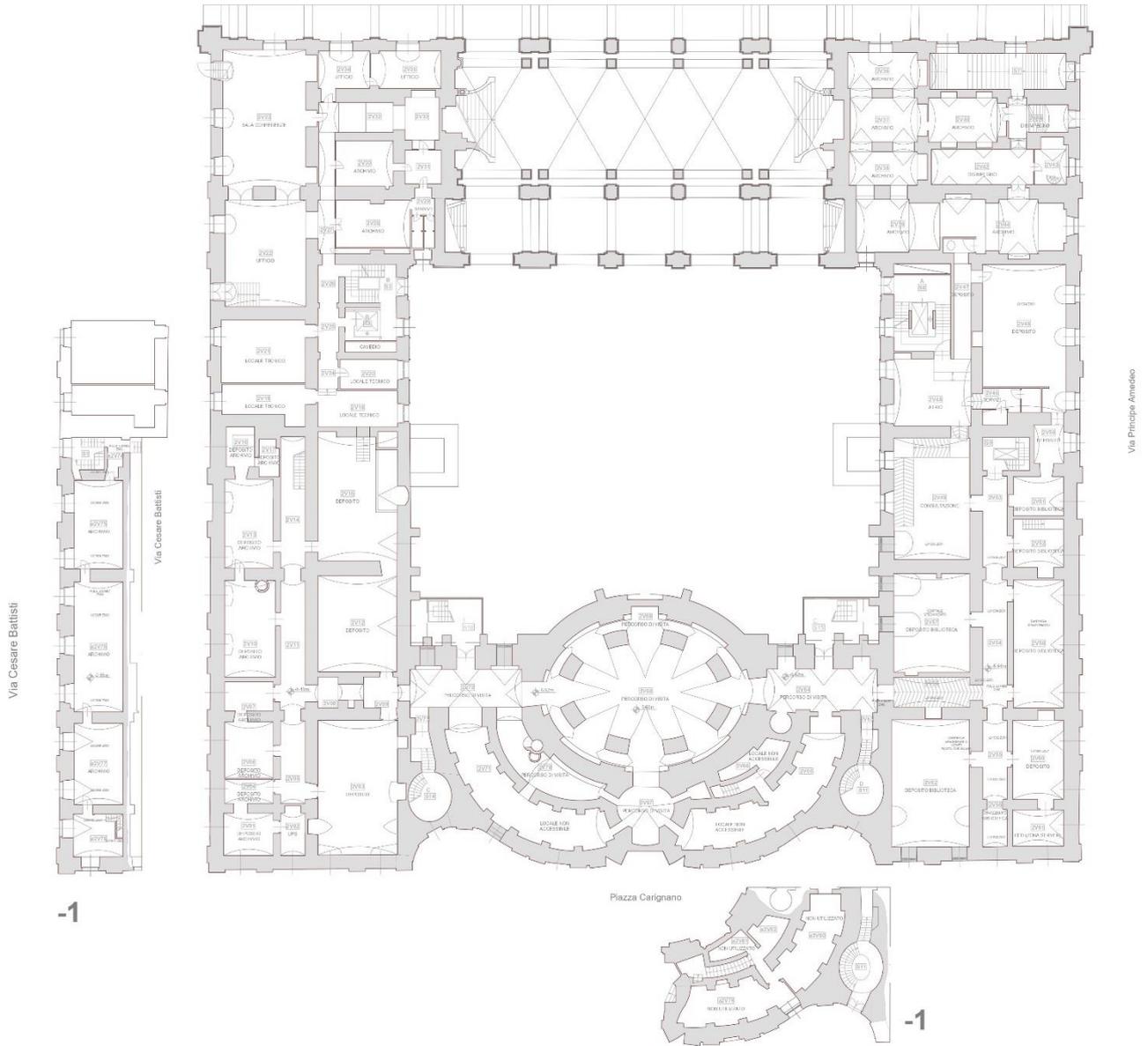


Figura 31 Pianta piano seminterrato-ammezzato, livello -2 e -1 (Fuori scala).



PIANTA PIANO TERRA-PRIMO/RIALZATO (livello 0 e +1)

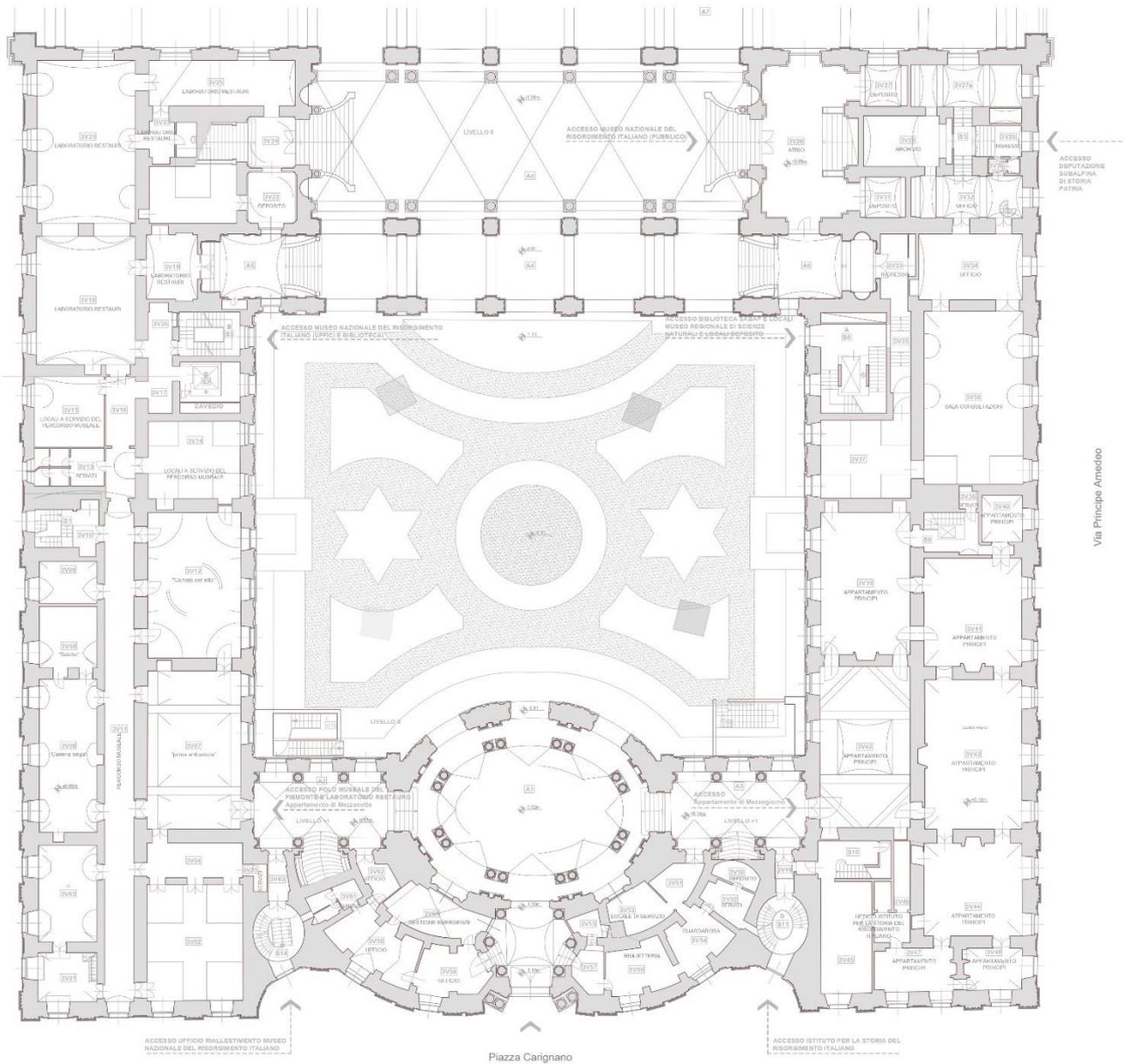


Figura 32 Pianta piano terra-primo rialzato, livello 0 e +1 (Fuori scala).



PIANTA PIANO SECONDO-AMMEZZATO (livello +2)

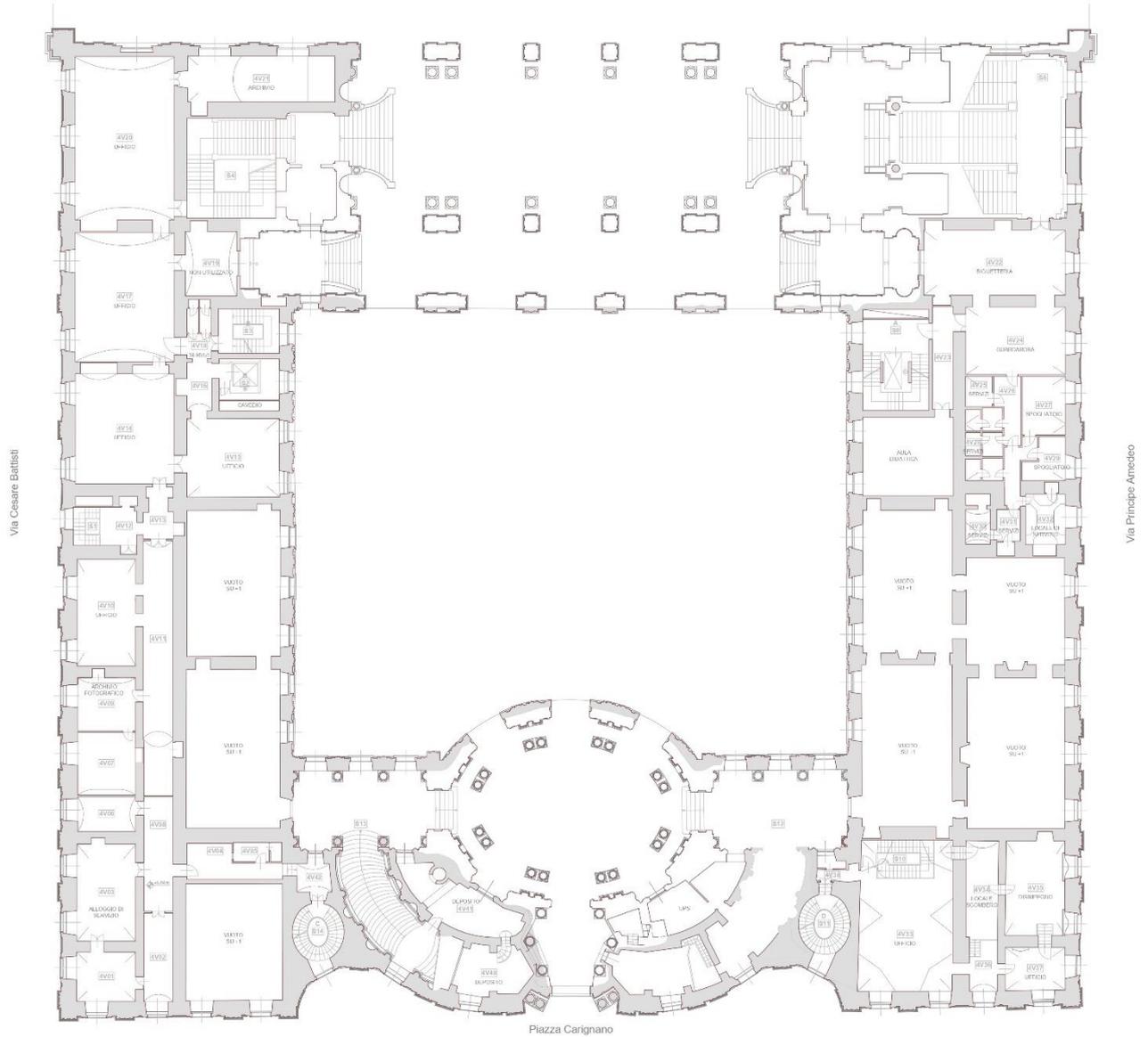


Figura 33 Pianta piano secondo-ammezzato, livello +2 (Fuori scala).



PIANTA PIANO TERZO (livello +3)

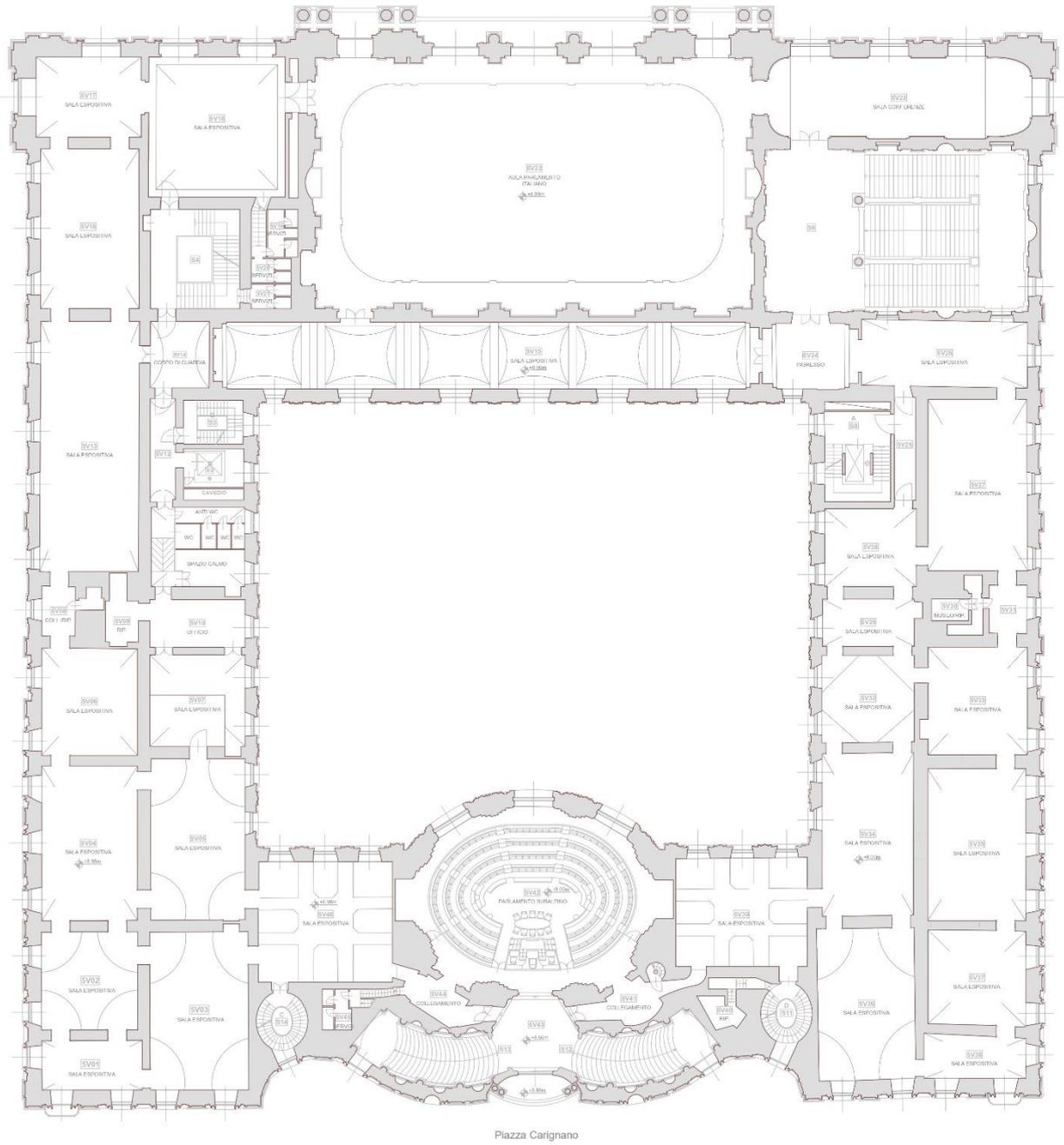


Figura 34 Pianta piano terzo, livello +3 (Fuori scala).



PIANTA PIANO QUARTO-AMMEZZATO (livello +4)

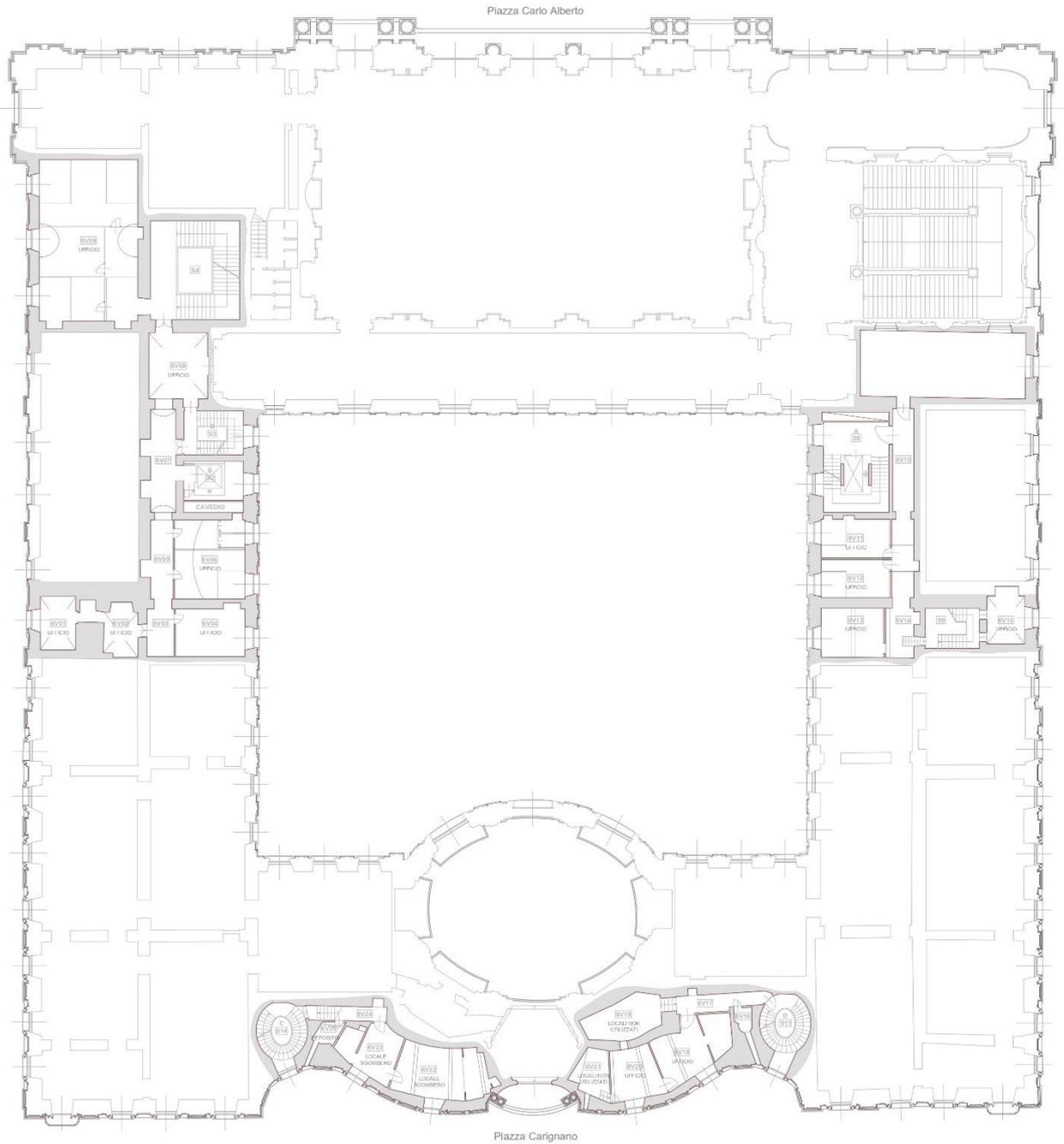


Figura 35 Pianta piano quarto-ammezzato, livello +4 (Fuori scala).



PIANTA PIANO QUINTO (livello +5)

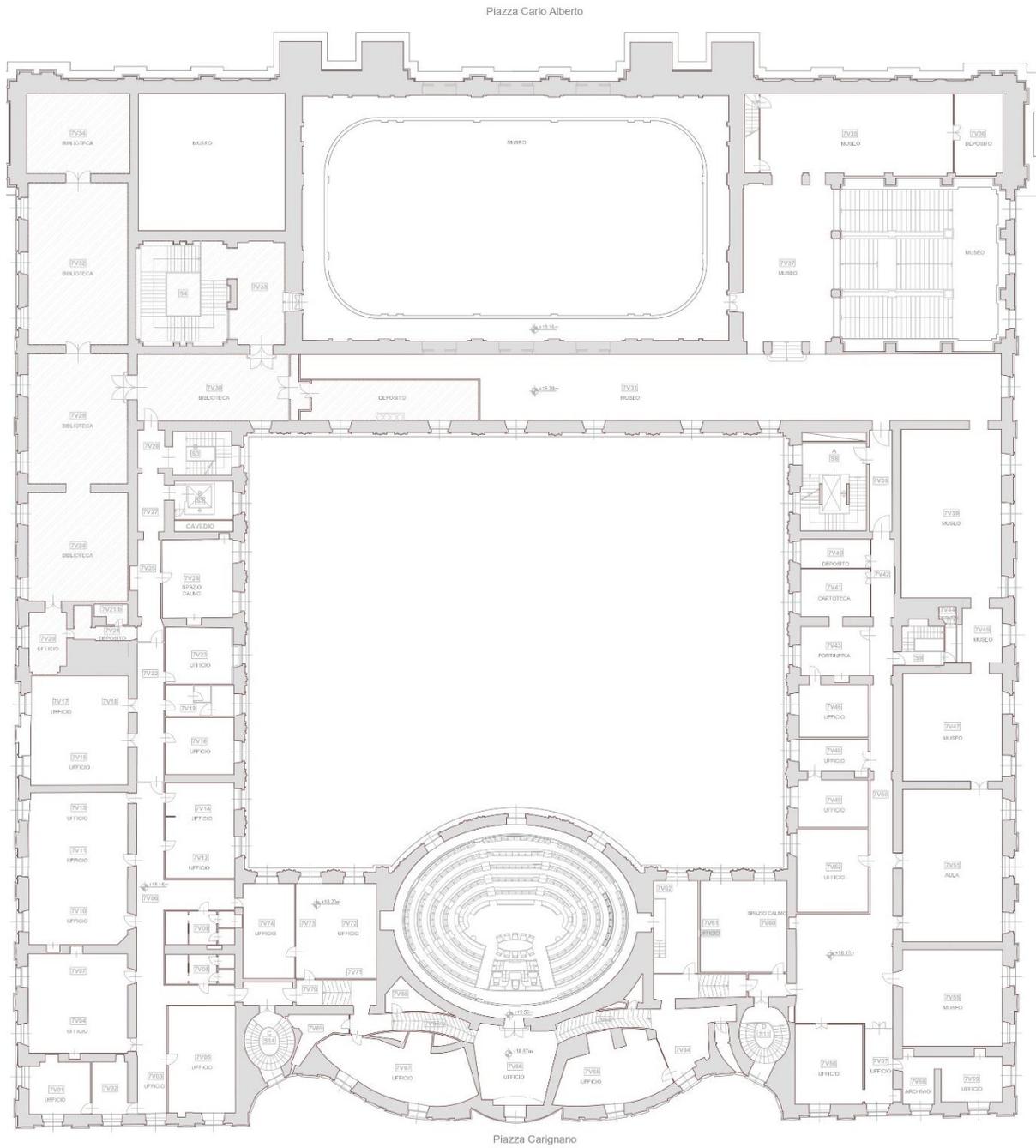


Figura 36 Pianta piano quinto, livello +5 (Fuori scala).

4.3 Progetto di rifunzionalizzazione del quinto piano

Il quinto piano del Palazzo al momento è suddiviso in aree con diversi gestori, che, come vedremo in seguito, corrispondono ai rispettivi compartimenti.

La suddivisione è la seguente (Figura 38):

- Compartimento 1 (in blu) gestito dal Museo Nazionale del Risorgimento Italiano, che ospiterà gli uffici amministrativi del polo museale, caso studio del seguente lavoro di tesi;
- Compartimento 2 (in viola) gestito dal Museo Nazionale del Risorgimento Italiano che ospita la biblioteca;
- Compartimento 3 (in verde) gestito dal Dipartimento di Scienze della Terra.

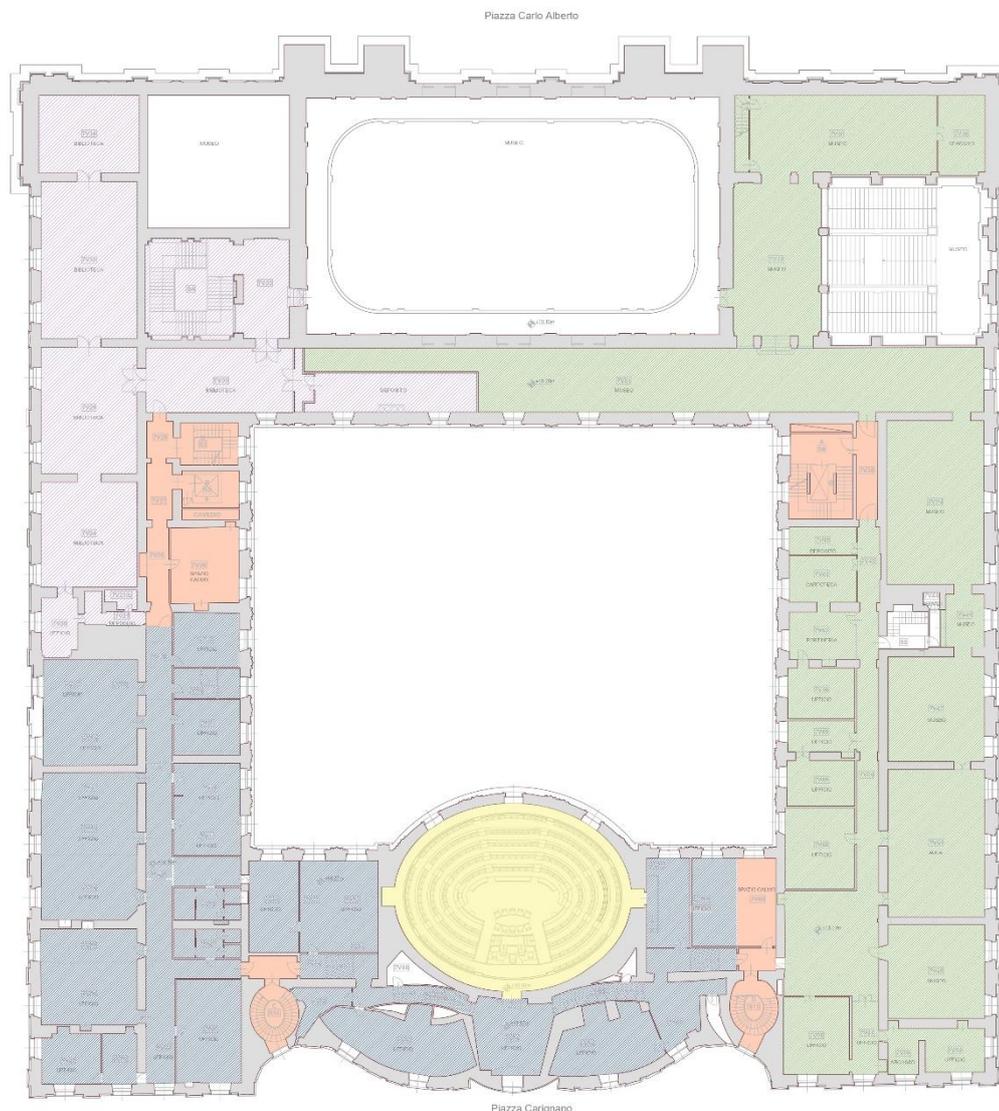


Figura 38 Pianta dei compartimenti presenti nel quinto piano (Fuori scala).

Sono presenti 4 corpi scala che collegano il piano ai livelli sottostanti di cui 3 permettono l'esodo al Compartimento 1 caso di studio (approfonditi nel Paragrafo 5.1.7.7):

- S3: scala a prova di fumo geometricamente lineare, con alzate e pedate costanti;
- S14 e S11 (Figura 39): scale protette di forma elicoidale, per cui ciascuna pedata non è costante ed ha un valore massimo e minimo al variare della lunghezza.



Figura 39 Scala elicoidale SC14, simmetrica alla SC11.

Al momento la zona che sarà adibita ad uffici è perlopiù vuota e si presenta in stato di abbandono. Alcune stanze, nei pressi dell'uscita di emergenza verso il vano scala S3 sono utilizzate dall'amministrazione del museo come uffici, quindi sono presenti arredi da ufficio, stampanti, server e documenti cartacei vari.

5 PROGETTAZIONE ANTINCENDIO DEL QUINTO PIANO DI PALAZZO CARIGNANO ZONA UFFICI

La progettazione antincendio del caso in studio è stata condotta attraverso l'utilizzo della regola tecnica verticale V.10 poiché è risultata la normativa più calzante per l'attività di riferimento. Nei successivi paragrafi verranno esplicitate tutti i passaggi effettuati per determinare le misure di incendio da adottare per la sicurezza dell'edificio ed infine sono state condotte delle simulazioni di esodo per verificare il corretto deflusso degli occupanti considerando le scelte attuate nella fase di progettazione.

5.1 Approccio semi-prescrittivo

5.1.1 Individuazione attività

Il quinto piano di Palazzo Carignano essendo adibito ad uffici del polo museale rientra nell'attività 72.1.C, secondo la classificazione stabilita dalla tabella allegata al D.P.R. 1° agosto 2011 n.151 e alla tabella di sotto-classificazione dell'allegato III del Decreto del Ministero dell'Interno 7 agosto 2012.

Attività 72.1.C	Edifici sottoposti a tutela ai sensi del D.Lgs. 22 gennaio 2004, n. 42 destinati a contenere biblioteche ed archivi, musei, gallerie, esposizioni e mostre, nonché qualsiasi altra attività contenuta nel presente Allegato.
------------------------	--

Tabella 8 Individuazione attività del quinto piano zona uffici

La regola tecnica verticale di riferimento è la V.10, che reca disposizioni di prevenzione incendi per l'attività sopra riportata.

Secondo la classificazione presente nel paragrafo V.10.3 della regola tecnica, le aree dell'attività possono essere considerate come TC:

“ aree non aperte al pubblico, adibite ad uffici e servizi, di superficie > 200 m². ”

5.1.2 Profili di rischio

I profili di rischio sono degli indici che permettono la valutazione della tipologia di rischio dell'attività di riferimento da cui si attribuiscono i livelli di prestazione e le misure antincendio da applicare.

Nel Codice si definiscono 3 tipologie di profilo di rischio:

- R_{vita}: indica il rischio correlato alla salvaguardia della vita umana;

- R_{beni} : indica il rischio attribuito all'intera attività correlato alla salvaguardia dei beni economici;
- $R_{ambiente}$: indica il rischio attribuito all'intera attività correlato alla tutela dell'ambiente.

Caratteristiche prevalenti degli occupanti δ_{occ}		Velocità caratteristica prevalente dell'incendio δ_c			
		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: [2]	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_c può essere ridotto di un livello come specificato nel comma 3. del paragrafo G.3.2.1.

[2] Quando nel presente documento si usa il valore C1 la relativa indicazione è valida per Ci1, Cii1 e Ciii1. Se si usa C2 l'indicazione è valida per Ci2, Cii2 e Ciii2. Se si usa C3 l'indicazione è valida per Ci3, Cii3 e Ciii3.

Tabella 9 Determinazione R_{vita} (Tabella G.3-3).

L' R_{vita} per gli uffici del polo museale è **A2**. L'indice ottenuto è composto da due componenti in cui la parte letterale rappresenta le caratteristiche prevalenti degli occupanti, infatti, la lettera A denota che:

“Gli occupanti sono in stato di veglia ed hanno familiarità con l'edificio.”

Mentre la parte numerica rappresenta la velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio, in questo caso il 2 indica:

“Ambiti di attività ove siano presenti prevalentemente materiali o altri combustibili che contribuiscono in modo moderato all'incendio”.

Per la velocità media si definisce un t_α pari a 300 s.

L' R_{beni} dell'attività è **2** (Tabella 10) poiché risulta essere in un edificio vincolato per arte e storia da parte dei Beni Culturali, ma non strategico.

		Attività o ambito vincolato	
		No	Sì
Attività o ambito strategico	No	$R_{beni} = 1$	$R_{beni} = 2$
	Sì	$R_{beni} = 3$	$R_{beni} = 4$

Tabella 10 Determinazione di R_{beni} (Tabella G.3-5).

L'attività svolta all'interno di Palazzo Carignano non rientra nel campo di applicazione della Direttiva Seveso¹², direttiva europea che consente agli Stati membri di identificare i proprio siti a rischio. Nel caso di studio il rischio ambiente $R_{ambiente}$ risulta **non significativo**.

Compartimento	Attività	Superficie [m ²]	G3			Classificazione attività
			R_{vita}	R_{beni}	$R_{ambiente}$	
1: Uffici polo museale	72.1.C	1150	A2	2	non significativo	TC (V10)

Tabella 11 Attività e profili di rischio del Compartimento 1.

5.1.3 Reazione al fuoco (S1)

La reazione al fuoco fa riferimento al comportamento che assumono i materiali durante l'incendio, indicandone il livello di partecipazione in condizioni standardizzate di prova.

Come previsto nella RTV 10, i materiali utilizzati per le vie d'esodo verticali, i percorsi d'esodo (come corridoi, atri, zone filtro...) e gli spazi calmi appartengono almeno al **gruppo GM2** di reazione al fuoco.

Descrizione materiali	GM1		GM2		GM3	
	Ita	EU	Ita	EU	Ita	EU
Rivestimenti a soffitto [1]	0	A2-s1,d0	1	B-s2,d0	2	C-s2,d0
Controsoffitti, materiali di copertura [2], pannelli di copertura [2], lastre di copertura [2]						
Pavimentazioni sopraelevate (superficie nascosta)	1	B-s1,d0	1	C _f -s1	2	C _f -s2
Rivestimenti a parete [1]						
Partizioni interne, pareti, pareti sospese	1	B _f -s1	1	C _f -s1	2	C _f -s2
Rivestimenti a pavimento [1]						
Pavimentazioni sopraelevate (superficie calpestabile)						

[1] Qualora trattati con prodotti vernicianti ignifughi, questi ultimi devono avere la corrispondente classificazione indicata ed essere idonei all'impiego previsto.
[2] Si intendono tutti i materiali utilizzati nell'intero pacchetto costituente la copertura, non soltanto i materiali esposti che costituiscono l'ultimo strato esterno.

Tabella 12 Classificazione in gruppi di materiali per rivestimento e completamento (Tabella S.1-6).

¹² Decreto Legislativo 26 giugno 2015, n°105: "Attuazione della direttiva 2012/18/UE relativa al controllo del pericolo di incidenti rilevanti connessi con sostanze pericolose."

Descrizione materiali	GM1		GM2		GM3	
	Ita	EU	Ita	EU	Ita	EU
Isolanti protetti [1]	2	C-s2,d0	3	D-s2,d2	4	E
Isolanti lineari protetti [1], [3]		C _L -s2,d0		D _L -s2,d2		E _L
Isolanti in vista [2], [4]	0, 0-1	A2-s1,d0	1, 0-1	B-s2,d0	1, 1-1	B-s3,d0
Isolanti lineari in vista [2], [3], [4]		A2 _L -s1,d0		B _L -s3,d0		B _L -s3,d0

[1] Protetti con materiali non metallici del gruppo GM0 oppure prodotti di classe di resistenza al fuoco K 10 e classe minima di reazione al fuoco B-s1,d0.
[2] Non protetti come indicato nella nota [1] della presente tabella
[3] Classificazione riferita a prodotti di forma lineare destinati all'isolamento termico di condutture di diametro massimo complessivo dell'isolamento di 300 mm
[4] Eventuale doppia classificazione italiana (componente esterno che ricopre su tutte le facce esposte alle fiamme il componente isolante - componente isolante a sé stante) riferita a materiale isolante in vista realizzato come prodotto a più strati di cui almeno uno sia componente isolante; quest'ultimo non esposto direttamente alle fiamme

Tabella 13 Classificazione in gruppi di materiali per l'isolamento (Tabella S.1-7).

Descrizione materiali	GM1		GM2		GM3	
	Ita	EU	Ita	EU	Ita	EU
Condotte di ventilazione e riscaldamento	0	A2-s1,d0	1	B-s2,d0	1	B-s3,d0
Condotte di ventilazione e riscaldamento preisolate [1]	0-1	B-s2,d0	0-1	B-s2,d0	1-1	B-s3,d0
Raccordi e giunti per condotte di ventilazione e riscaldamento (L ≤ 1,5 m)	1	B-s1,d0	1	B-s2,d0	2	C-s3,d0
Canalizzazioni per cavi per energia, controllo e comunicazioni [2]	0	[na]	1	[na]	1	[na]
Cavi per energia, controllo e comunicazioni [2] [3]	[na]	B2 _{ca} -s1,d0,a1	[na]	C _{ca} -s1,d0,a2	[na]	E _{ca}

[na] Non applicabile.
[1] Eventuale doppia classificazione italiana riferita a condotta preisolata con componente isolante non esposto direttamente alle fiamme; la prima classe è riferita alla condotta nel suo complesso (nel caso di superfici esterne non combustibili che offrano adeguate garanzie di stabilità e continuità anche nel tempo, la classe attribuita alla condotta nel suo complesso è 0), la seconda classe è riferita al componente isolante. La singola classe europea B-s2,d0 è ammessa solo se il componente isolante non è esposto direttamente alle fiamme per la presenza di uno strato di materiale incombustibile o di classe A1 che lo ricopre su tutte le facce, ivi inclusi i punti di interruzione longitudinali e trasversali della condotta.
[2] Prestazione di reazione al fuoco richiesta solo quando le canalizzazioni, i cavi elettrici o i cavi di segnale non sono incassati in materiali incombustibili.
[3] La classificazione aggiuntiva relativa al gocciolamento d0 può essere declassata a d1 qualora la condizione d'uso finale dei cavi sia tale da impedire fisicamente il gocciolamento (es. posa a pavimento, posa in canalizzazioni non forate, posa su controsoffitti non forati, ...).

Tabella 14 Classificazione in gruppi di materiali per impianti (Tabella S.1-8).

La classificazione in gruppi della reazione al fuoco dei materiali si divide in 2 diverse classi:

- italiana, che fa riferimento al D.M. 26 giugno 1984¹³;
- europea, che fa riferimento al D.M. 10 marzo 2005¹⁴ per i prodotti da costruzione.

Inoltre, per tutti i beni tutelati, comprensivi degli arredi storici (librerie, tendaggi, poltrone, mobilio...), non è richiesta la verifica dei requisiti di reazione al fuoco.

¹³ Decreto Ministeriale 26 giugno 1984: "Classificazione di reazione al fuoco ed omologazione dei materiali ai fini della prevenzione incendi".

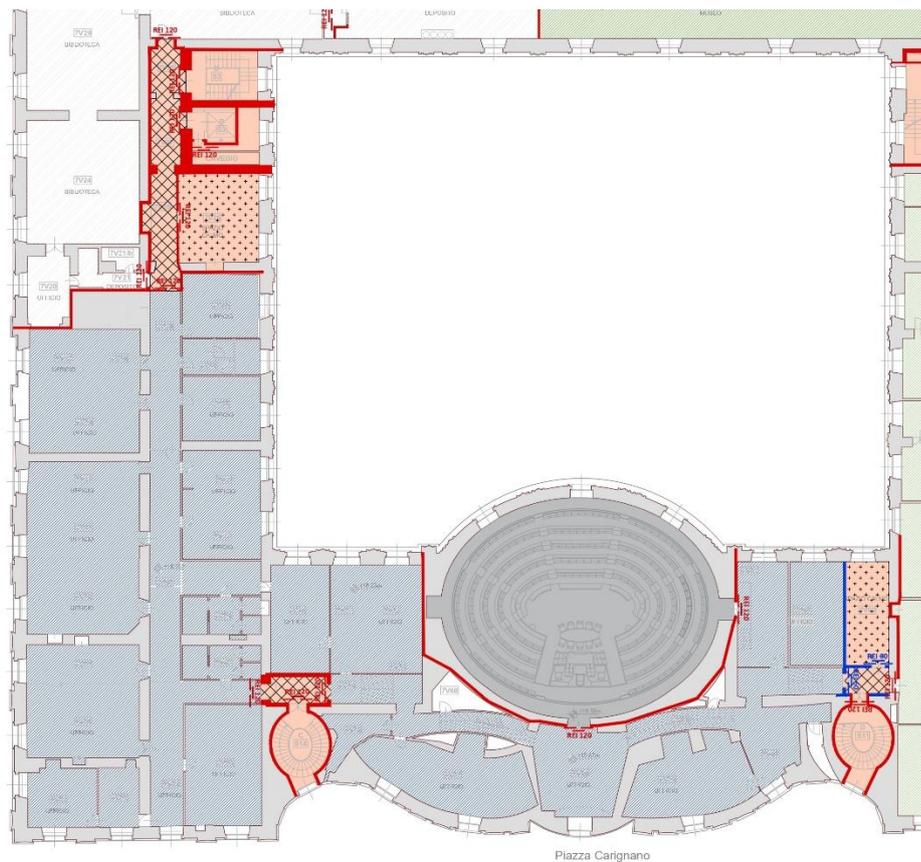
¹⁴ Decreto Ministeriale 10 marzo 2005: "Classi di reazione al fuoco per i prodotti da costruzione da impiegarsi nelle opere per le quali è prescritto il requisito della sicurezza in caso d'incendio".

5.1.4 Resistenza al fuoco (S2)

La resistenza al fuoco del Compartimento 1, che si trova a quota 18 m circa dal terreno, non può essere inferiore alla classe 30, infatti come si evince dalla Figura 40, il compartimento ha un grado di resistenza al fuoco REI 120.

Quota di piano dei compartimenti	Classe
> -1 m	30
≤ -1 m	60

Tabella V.10-1: Classe di resistenza al fuoco



 REI 60	PORTE AVENTI CARATTERISTICHE DI RESISTENZA AL FUOCO REI 60 E MANIGLIONE
 EI 60	PARETI AVENTI CARATTERISTICHE DI RESISTENZA AL FUOCO EI 60
 REI 120	PORTE AVENTI CARATTERISTICHE DI RESISTENZA AL FUOCO REI 120 E MANIGLIONE
 EI 120	PARETI AVENTI CARATTERISTICHE DI RESISTENZA AL FUOCO EI 120

Figura 40 Resistenza al fuoco Compartimento 1 (Pianta fuori scala).

5.1.5 Carico di incendio specifico

Il carico di incendio è:

“il potenziale termico netto della totalità dei materiali combustibili contenuti in uno spazio corretto in base ai parametri indicativi della partecipazione alla combustione dei singoli

materiali.[...] Il carico di incendio è espresso in MJ; convenzionalmente 1 MJ è assunto pari all'energia sviluppata da 0,057 kg di legna equivalente.”¹⁵

Il carico di incendio specifico invece, è il carico di incendio riferito all'unità di superficie lorda di piano, espresso in MJ/m².

Il carico d'incendio specifico di progetto è il carico d'incendio specifico corretto secondo alcuni parametri che indicano il rischio di incendio del compartimento e delle soluzioni antincendio adottate.

Per calcolare il carico di incendio specifico di progetto è stato utilizzato il Software di calcolo ClaRaf 3.0 reso disponibile dai Vigili del Fuoco.

Il software applica la seguente formula¹⁶:

$$q_{f,d} = \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n \cdot q_f \text{ [MJ/m}^2\text{]}$$

in cui:

- δ_{q1} : fattore che tiene conto del rischio di incendio in relazione alla dimensione del compartimento e i cui valori sono definiti nella Tabella 15;
- δ_{q2} : il fattore che tiene conto del rischio di incendio in relazione al tipo di attività svolta nel compartimento e i cui valori sono definiti nella Tabella

$$\delta_n = \prod_i \delta_{ni} \quad 16;$$

- δ_n è il fattore che tiene conto delle differenti misure antincendio del compartimento ed i cui valori sono definiti nella Tabella 17;
- q_f : valore nominale del carico d'incendio specifico da determinarsi secondo la

$$q_f = \frac{\sum_{i=1}^n g_i \cdot H_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} \left[\frac{MJ}{m^2} \right]$$

formula¹⁷:

dove:

- g_i : massa dell'i-esimo materiale combustibile [kg];

¹⁵ Definizione Carico di incendio al punto 1 lettera c del Decreto Ministeriale 9 marzo 2007.

¹⁶ Equazione S.2-4 del Codice di Prevenzione Incendi.

¹⁷ Equazione S.2-5 del Codice di Prevenzione Incendi.

- H_i : potere calorifico inferiore dell' i -esimo materiale combustibile [MJ/kg];
- m_i : fattore di partecipazione alla combustione dell' i -esimo materiale combustibile;
- ψ_i : fattore di limitazione della partecipazione alla combustione dell' i -esimo materiale combustibile;
- A : superficie lorda del piano del compartimento o, nel caso degli incendi localizzati, superficie lorda effettiva di distribuzione del carico di incendio. [m²].

Superficie lorda del compartimento [m ²]	δ_{q1}	Superficie lorda del compartimento [m ²]	δ_{q1}
$A < 500$	1,00	$2500 \leq A < 5000$	1,60
$500 \leq A < 1000$	1,20	$5000 \leq A < 10000$	1,80
$1000 \leq A < 2500$	1,40	$A \geq 10000$	2,00

Tabella 15 Parametri per la definizione del fattore δ_{q1} .

Classi di rischio	Descrizione	δ_{q2}
I	Aree che presentano un basso rischio di incendio in termini di probabilità di innesco, velocità di propagazione delle fiamme e possibilità di controllo dell'incendio da parte delle squadre di emergenza	0,80
II	Aree che presentano un moderato rischio di incendio in termini di probabilità d'innesco, velocità di propagazione di un incendio e possibilità di controllo dell'incendio stesso da parte delle squadre di emergenza	1,00
III	Aree che presentano un alto rischio di incendio in termini di probabilità d'innesco, velocità di propagazione delle fiamme e possibilità di controllo dell'incendio da parte delle squadre di emergenza	1,20

Tabella 16 Parametri per la definizione del fattore δ_{q2} .

Misura antincendio minima		δ_{ni}	
Controllo dell'incendio di livello di prestazione III (capitolo S.6)	rete idranti con protezione interna	δ_{n1}	0,90
	rete idranti con protezione interna ed esterna	δ_{n2}	0,80
Controllo dell'incendio di livello di prestazione IV (capitolo S.6)	sistema automatico ad acqua o schiuma e rete idranti con protezione interna	δ_{n3}	0,54
	altro sistema automatico e rete idranti con protezione interna	δ_{n4}	0,72
	sistema automatico ad acqua o schiuma e rete idranti con protezione interna ed esterna	δ_{n5}	0,48
	altro sistema automatico e rete idranti con protezione interna ed esterna	δ_{n6}	0,64
Gestione della sicurezza antincendio di livello di prestazione II [1] (capitolo S.5)		δ_{n7}	0,90
Controllo di fumi e calore di livello di prestazione III (capitolo S.8)		δ_{n8}	0,90
Rivelazione ed allarme di livello di prestazione III (capitolo S.7)		δ_{n9}	0,85
Operatività antincendio di livello di prestazione IV (capitolo S.9)		δ_{n10}	0,81
[1] Gli addetti antincendio devono garantire la presenza continuativa durante le 24 ore.			

Tabella 17 Parametri per la definizione del fattore δ_{ni} .

Classificazione di resistenza al fuoco delle costruzioni

norme tecniche di prevenzione incendi

Valore orientativo del carico d'incendio specifico di progetto per attività

$$q_{f,d} = q_f \cdot \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n \quad [MJ/m^2]$$

— Carico d'incendio specifico — $q_f = 732,00 \quad [MJ/m^2]$

Tipologia di attività: *Ufficio tecnico*

Carico d'incendio specifico: **600** [MJ/m²]

Frattile 80%: **1,22**

Area compartimento: **1150** [m²]

Fattore di rischio in relazione alla dimensione del compartimento

Superficie: **1.000 ≤ A < 2.500** [m²] $\delta_{q1} = 1,40$

Fattore di rischio in relazione al tipo di attività svolta

Classe di rischio: **II** $\delta_{q2} = 1,00$

Aree che presentano un moderato rischio di incendio come probabilità di innesco, velocità di propagazione di un incendio e possibilità di controllo dell'incendio stesso da parte delle squadre di emergenza

Fattore di protezione

Controllo dell'incendio (Capitolo S.6) con livello di prestazione III	- rete idranti con protezione interna	$\delta_{n1} = 1,00$
	- rete idranti con protezione interna ed esterna	$\delta_{n2} = 0,80$
Controllo dell'incendio (Capitolo S.6) con livello minimo di prestazione IV	- sistema automatico ad acqua o schiuma e rete idranti con protezione interna	$\delta_{n3} = 1,00$
	- altro sistema automatico e rete idranti con protezione interna	$\delta_{n4} = 1,00$
	- sistema automatico ad acqua o schiuma e rete idranti con protezione interna ed esterna	$\delta_{n5} = 1,00$
	- altro sistema automatico e rete idranti con protezione interna ed esterna	$\delta_{n6} = 1,00$
Gestione della sicurezza antincendio (Capitolo S.5), con livello minimo di prestazione II		$\delta_{n7} = 1,00$
Controllo di fumi e calore (Capitolo S.8), con livello di prestazione III		$\delta_{n8} = 1,00$
Rivelazione ed allarme (Capitolo S.7), con livello minimo di prestazione III		$\delta_{n9} = 1,00$
Operatività antincendio (Capitolo S.9), con soluzione conforme per il livello di prestazione IV		$\delta_{n10} = 0,81$

$$q_{f,d} = (732,00 + 0,00) \cdot 1,40 \cdot 1,00 \cdot 0,65 = 666,12 \quad [MJ/m^2]$$

Classe di riferimento per il livello di prestazione III = **60**

Figura 41 Calcolo carico di incendio ClaRaf.

5.1.6 Compartimentazione (S3)

In generale l'intera struttura è costituita da 24 Compartimenti, riportati nella Tabella 18.

N.	Compartimento	Piano	Gestore	Superficie [m ²]
0	Percorsi Comuni	Tutti	Polo Museale;	-
1	Uffici Polo Museale	Livello +5	Polo Museale;	1150
2	Biblioteca	Livello +5; +6	Museo Nazionale del Risorgimento Italiano;	450
3	Locali Archivio	Livello +4;+5	Già Dipartimento di Scienze della Terra (Regione Piemonte);	1524
4	Uffici. Museo Risorgimenti	Livello + 4	Museo Nazionale del Risorgimento Italiano;	443
4	Museo	Livello + 3	Museo Nazionale del Risorgimento Italiano;	4588
4	Museo	Livello +2	Museo Nazionale del Risorgimento Italiano;	1035
4	Museo	Livello 0 +1	Museo Nazionale del Risorgimento Italiano;	242
4a	Museo	Livello +4	Museo Nazionale del Risorgimento Italiano;	76
5	Archivio Fotografico	Livello +2	Soprintendenza per i Beni Storici, Artistici ed Etnoantropologici del Piemonte;	215
6	Uffici – Lato via Cesare Battisti	Livello +2	Polo Museale;	639
7	Laboratorio di Restauro	Livello 0; +1	Polo Museale;	413
8	Area Espositiva (lato Via cesare Battisti)	Livello 0; +1	Polo Museale;	1031
9	Appartamento dei principi	Livello 0;	Polo Museale;	808
		Livello +1		307
10	Uffici e Sala conferenza	Livello -2; -1	Unione culturale;	415
11a	Uffici, Sala lettura	Liv. 0; +1;	Deputazione Subalpina di Storia Patria;	490
11b	Archivi	Liv. -1;	Deputazione Subalpina di Storia Patria;	244
12	Sala Espositiva Ipogea lato Piazza Carignano	Livello -2; -1	Polo Museale;	357
13	Archivio Via Principe Amedeo	Livello -2; -1	Soprintendenza per i Beni Storici, Artistici ed Etnoantropologici del Piemonte;	560
14	Archivio Via Cesare Battisti	Livello -2; -1	Polo Museale;	

N.	Compartimento	Piano	Gestore	Superficie [m ²]
15	Archivio Piazza Carlo Alberto	Livello -2; -1	Polo Museale;	860
16	Sala Espositiva Ipogea Sotto Cortile	Livello -3	Polo Museale;	1634
17	Locali tecnici e locali non utilizzati (via Cesare Battisti)	Livello + 6 Copertura	Museo Nazionale del Risorgimento Italiano;	
18	Sottotetto (Lato Via Principe Amedeo)	Livello + 6 Copertura	Polo Museale;	1613
19	Locali Tecnici – Cabina Elettrica	Livello -3	Polo Museale;	100
20	Gruppo elettrogeno	Livello -3	Museo Nazionale del Risorgimento Italiano;	
21	Centrale termica	Livello + 6 Copertura	Museo Nazionale del Risorgimento Italiano;	
22	Deposito lato via cesare Battisti	Livello -3	Polo Museale	290
23	Alloggio dirigente	Livello +2	Polo Museale	234
24	Uffici \ Ufficio Gestione emergenze	Livello +1	Polo Museale	390

Tabella 18 Compartimenti presenti nel Palazzo.

La zona uffici del quinto piano rappresenta un unico compartimento (Compartimento 1) in cui appunto l'unica attività presente è di tipologia TC (pagina 48) che rispetta le caratteristiche di compartimentazione della Tabella 19.

Area	Requisiti aggiuntivi
TA, TC, TO	Nessun requisito aggiuntivo
TM, TT, TK1, TK2	Di tipo protetto
TZ	Secondo le risultanze della valutazione del rischio

Tabella 19 Compartimentazione (Tabella V.10-2).

L'attività in studio comunica con altre attività con responsabili diversi:

- Compartimento 2: biblioteca del Museo Nazionale del Risorgimento Italiano, locale di tipo TA;
- Compartimento 3: locali archivio del Dipartimento di Scienze della Terra (Regione Piemonte), locale di tipo TM.

La comunicazione fra le diverse attività avviene tramite due sistemi di esodo comuni delle scale S3 e S11 che sono rispettivamente a prova di fumo e di tipo protetto.

Le scale elicoidali non sono considerate a prova di fumo poiché non rispettano i seguenti requisiti:

- scala dotata di sistema di pressione differenziale;
- i compartimenti comunicanti dotati di SEFC per mantenere i fumi sopra i varchi di comunicazione;
- scala e compartimenti comunicanti dotati di SEFC;
- scala scoperta.

5.1.7 Esodo (S4)

Nelle vie di esodo e negli spazi calmi sono impiegati materiali del gruppo GM1 e GM0 di reazione al fuoco, l'impianto di illuminazione di sicurezza è stato progettato per garantire il doppio dell'illuminamento minimo previsto nella norma UNI EN 1838. Pertanto, sono state rispettate tutte le soluzioni presenti in Tabella 20.

Altezze $\geq 1,80$ m lungo le vie d'esodo.
Tutte le combinazioni di alzata e pedata dei gradini delle scale previste nel capitolo S.4.
Variazioni di alzata e pedata dei gradini nella medesima rampa.
Larghezza minima ≥ 800 mm per ciascun percorso delle vie di esodo orizzontali o verticali [1].
[1] Le larghezze minime per le vie d'esodo orizzontali < 800 mm della tabella S.4-28 (capitolo S.4) possono essere applicate ai varchi da ambiti serviti con i criteri previsti.

Tabella 20 Soluzioni conformi per l'esodo (Tabella V.10-3).

Nel Compartimento 1 sono presenti 2 scale ellittiche in cui sono verificate

“variazioni di alzata e pedata dei gradini della medesima scala” (Tabella 20).

In questo caso la dimensione della pedata di ciascun gradino varia con la lunghezza, vedasi Figura 42 . Nel paragrafo 5.1.7.7 verrà specificato che per l'esodo sarà prevista una larghezza della scala di 100 centimetri a differenza dei 118 disponibili. Tale soluzione permetterebbe di ridurre la differenza di larghezza della pedata, che potrebbe comportare difficoltà motorie da parte degli occupanti in caso di emergenza.

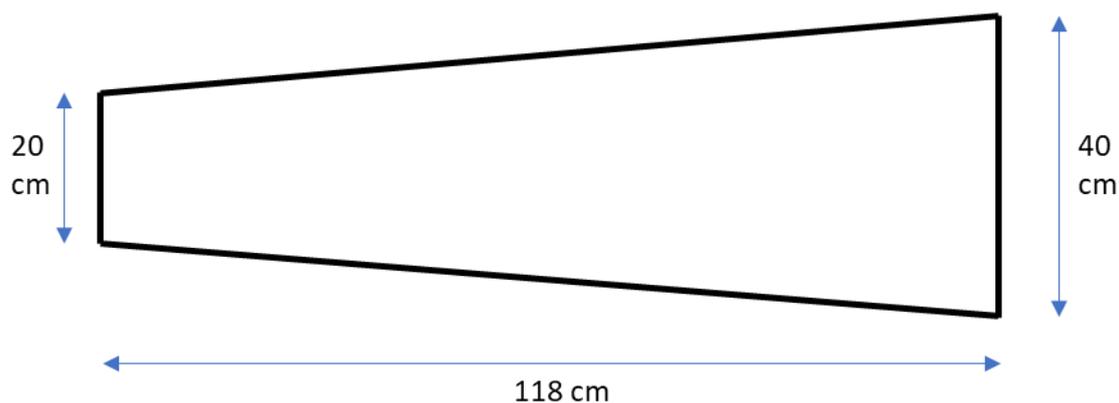


Figura 42 Schema della pedana delle scale ellittiche.

Il sistema di gestione della folla ha un **livello di prestazione I** per cui è previsto che gli occupanti raggiungono un luogo sicuro prima che le condizioni dell'incendio siano compromettenti.

Livello di prestazione	Descrizione
I	Gli occupanti raggiungono un <i>luogo sicuro</i> prima che l'incendio determini condizioni incapacitanti negli ambiti dell'attività attraversati durante l'esodo.
II	Gli occupanti sono protetti dagli effetti dell'incendio nel luogo in cui si trovano.

Tabella 21 Livelli di prestazione del sistema di esodo (Tabella S.4-1).

5.1.7.1 Affollamento

Per gli uffici del polo museale l'affollamento è di 115 persone, come dichiarato dal responsabile dell'attività. Di seguito si riporta la Tabella 22 contenente i dati relativi all'affollamento per l'intera struttura.

Compartimenti	R _{vita}	Livello	Area lorda [m ²]	Densità [persone/m ²]	Affollamento [persone]
0 Percorsi comuni	A2	I	2763	-	-
1 Uffici Polo Museale	A2	I	1150	0,100 ¹	115 ¹
2 ³ Biblioteca	B2	I	450	0,200 ⁴	90
3 Locali Archivio Dip. Scienza della Terra	A2	I	1524	0,003 ¹	10 ¹
4 ³	Museo del Risorgimento (Uffici)	A2	443	-	-
	Museo del Risorgimento (Sale espositive)	B2	4588	-	-
5 Archivio Fotografico	A4	I	215	0,013 ¹	10 ¹

Compartimenti		R _{vita}	Livello	Area lorda [m ²]	Densità [persone/m ²]	Affollamento [persone]
6	Uffici – Lato via Cesare Battisti	A2	I	639	0,010 ¹	63 ¹
7	Laboratorio di Restauro	A3	I	328	0,024 ¹	8 ¹
	Uffici	A2	I	85	0,047 ¹	4 ¹
8	Area Espositiva (lato Via cesare Battisti)	B2	I	1031	0,087 ¹	90 ¹
9	Appartamento dei principi	B2	I	1100	0,082 ¹	90 ¹
10	Uffici e Sala conferenza	B2	I	415	0,230 ¹	95 ¹
11a	Uffici e Sala lettura	A2	I	455	0,015 ¹	10 ¹
11b	Archivi	A2	I	260	-	Saltuario ²
12	Sala Espositiva Ipogea lato Piazza Carignano	B2	I	357	0,144 ¹	95 ¹
13	Archivio Via Principe Amedeo Deposito	A2	I	554	-	Saltuario ²
14	Archivio Via Cesare Battisti Archivio storico	A2	I	575	-	Saltuario ²
15	Deposito Piazza Carlo Alberto	A2	I	1430	-	Saltuario ²
16	Sala Espositiva Ipogea Sotto Cortile	B2	I	1635	0,184 ¹	300 ¹
17	Locali tecnici e locali non utilizzati (lato via Cesare Battisti)	A2	I	500	-	-
18	Sottotetto (Lato Via Principe Amedeo)	B2	I	1613	0,022 ¹	25
19	Locali Tecnici – Cabina Elettrica	Ci2	I	100	-	Saltuario ²
20	Gruppo elettrogeno		I	155	-	Saltuario ²
21	Centrale termica		I	255	-	Saltuario ²
22	Deposito Temporaneo via cesare Battisti	A2	I	289	-	Saltuario ²
23	Alloggio Dirigente	Ci2	I	225	0,05	12
24a	Uffici \ Ufficio Gestione emergenze	A2	I	273	0,14 ¹	39 ¹
24b	Deposito Temporaneo	A2	I	81	-	Saltuario ²
24c	Locale UPS	A2	I	38	-	Saltuario ²
24d	Uffici	A2	I	181	0,022 ¹	4

Tabella 22 Affollamento dell'intera struttura.

Note:

¹ Questo compartimento è stato trattato secondo quanto previsto dal paragrafo S.8.4.2 comma 3

² Per questo compartimento si prevede la presenza di personale autorizzato solo occasionalmente e di breve durata

³ Al livello +4 esiste un'unica uscita verso la scala S8, conformemente a quanto previsto dalla tabella S.4-15 secondo le prescrizioni del paragrafo S.4.8.2

⁴ Per questo compartimento è stata utilizzata la densità di affollamento prevista per l'attività di riferimento presente nella tabella S4-12

5.1.7.2 *Luogo sicuro*

I luoghi sicuri sono stati individuati all'esterno dell'attività, in spazi scoperti esterni alla costruzione sempre collegati alla pubblica via in ogni condizione di incendio, esternamente alla fascia di rispetto calcolata come previsto dalla strategia S.3, segnalati con un cartello UNI EN ISO 7010-E007.

Il grande cortile interno di Palazzo Carignano è direttamente collegato all'esterno attraverso due sbocchi contrapposti che, passando sotto gli Atrii di accesso, lo mettono in comunicazione rispettivamente con Piazza Carignano e Piazza Carlo Alberto. Ogni luogo sicuro ha una superficie netta minima superiore a 0,70 m² per ogni persona dell'attività. La soluzione progettuale prevede che ogni compartimento costituisca luogo sicuro temporaneo per il compartimento adiacente e viceversa. Gli spazi scoperti sono luogo sicuro temporaneo per tutti i compartimenti direttamente collegati.

Al fine di evitare la diffusione degli effluenti dell'incendio alle vie d'esodo fuori terra tutte le vie d'esodo interrato costituiscono compartimento distinto dalle vie d'esodo fuori terra.

5.1.7.3 *Requisiti minimi per l'esodo*

"Vie d'esodo o uscite sono ritenute indipendenti quando sia minimizzata la probabilità che possano essere contemporaneamente rese indisponibili dagli effetti"

dell'incendio.¹⁸

Per limitare il sovraffollamento in corrispondenza delle uscite sono state previste 3 uscite indipendenti, numero maggiore delle 2 previste nel Codice e 2 vie d'esodo indipendenti (Tabella 23).

Compartimento	R _{vita}	Affollamento	Vie d'esodo indipendenti		Uscite indipendenti	
			Richieste	Esistenti	Richieste	Esistenti
1: Uffici polo museale	A2	115	2	2	2	3

Tabella 23 Requisiti minimi per l'esodo.

L'angolo formato dalle coppie di vie d'esodo indipendenti è $\geq 45^\circ$.

5.1.7.4 Lunghezza corridoi ciechi

I corridoi ciechi, che permettono agli occupanti una sola via d'esodo, sono verificati mettendo a confronto gli input di progetto con la Tabella 24, per limitare la probabilità che gli occupanti siano bloccati dall'incendio.

R _{vita}	Max affollamento	Max lunghezza L _{cc}	R _{vita}	Max affollamento	Max lunghezza L _{cc}
A1	≤ 100 occupanti	≤ 45 m	B1, E1	≤ 50 occupanti	≤ 25 m
A2		≤ 30 m	B2, E2		≤ 20 m
A3		≤ 15 m	B3, E3		≤ 15 m
A4	≤ 50 occupanti	≤ 10 m	Cii1, Ciii1		≤ 20 m
D1		≤ 20 m	Cii2, Ciii2		≤ 15 m
D2		≤ 15 m	Cii3, Ciii3		≤ 10 m

I valori delle massime lunghezze di corridoio cieco di riferimento L_{cc} possono essere incrementati in relazione a requisiti antincendio aggiuntivi, secondo la metodologia del paragrafo S.4.10.

Tabella 24 Condizioni per il corridoio cieco (Tabella S.4-18).

A scopo cautelativo non si omettono dalla verifica le porzioni di corridoio cieco previste dalla Tabella 25.

¹⁸ Definizione vie d'esodo ed uscite indipendenti, paragrafo S.4.8.1 Codice di Prevenzione Incendi.

Caratteristiche porzione omessa	Max lunghezza omessa L _{om} [1]	Prescrizioni aggiuntive
Con caratteristiche di <i>filtro</i> (esempio in tabella S.4-21)	≤ 45 m	Nessuna
	≤ 90 m	[2]
Con caratteristiche di <i>filtro</i> ed a <i>prova di fumo</i>	≤ 120 m	Nessuna
	Illimitata	[2]
Anche senza protezione, che termini direttamente all' <i>uscita finale</i> o in <i>luogo sicuro</i> (esempio in tabella S.4-23)	≤ 15 m	Nessuna
Dall' <i>uscita finale</i> fino al <i>luogo sicuro</i> , in <i>via d'esodo esterna</i> (esempio in tabella S.4-24)	Illimitata	Nessuna

Gli ambiti serviti devono avere densità di affollamento ≤ 0,4 p/m² e, se aperti al pubblico, affollamento complessivo ≤ 300 occupanti, altrimenti affollamento complessivo ≤ 500 occupanti. In tali ambiti non è ammessa presenza di sostanze o miscele pericolose in quantità significative, o di lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio. Ciascun locale dove gli occupanti possono dormire deve essere protetto ed avere chiusure almeno E 30-S_a.

[1] Se costituita da più porzioni continue con caratteristiche differenti, la *max lunghezza omessa* L_{om} è calcolata come *media pesata*, senza considerare le porzioni con L_{om} *illimitata* (esempio in tabella S.4-22). Le caratteristiche di protezione dovrebbero essere crescenti nel senso dell'esodo.

[2] Gli ambiti serviti siano sorvegliati da IRAI di livello di prestazione III (capitolo S.7) e sia prevista gestione della sicurezza di livello di prestazione II (capitolo S.5).

Tabella 25 Condizioni per l'emissione di porzioni di corridoio cieco (Tabella S.4-20).

Il valore della massima lunghezza di corridoio cieco di riferimento L_{cc,max} (ottenuto dalla Tabella 24) è stato incrementato in relazione ai requisiti antincendio aggiuntivi applicando la seguente formula ¹⁹:

$$L_{cc,d} = (1 + \delta_m) \cdot L_{cc,max}$$

Dove:

- L_{cc,max}=massima lunghezza di corridoio cieco secondo la Tabella 24 [m];
- L_{cc,d}=massima lunghezza corridoio cieco di progetto [m];
- L_{cc}=massima lunghezza corridoio cieco reale nel compartimento [m];
- δ_m=fattore di requisito aggiuntivo ottenuto dalla sommatoria dei singoli fattori calcolati secondo la Tabella 26 [%].

¹⁹ Equazione S.4-5 del Codice di Prevenzione Incendi.

ù

Requisiti antincendio aggiuntivi		$\delta_{m,i}$
Rivelazione ed allarme di livello di prestazione IV (capitolo S.7)		15%
Controllo di fumi e calore di livello di prestazione III (capitolo S.8)		20%
Altezza media del locale servito dalla via d'esodo, h_m in metri [1]	≤ 3 m	0%
	> 3 m, ≤ 4 m	5%
	> 4 m, ≤ 5 m	10%
	> 5 m, ≤ 6 m	15%
	> 6 m, ≤ 7 m	18%
	> 7 m, ≤ 8 m	21%
	> 8 m, ≤ 9 m	24%
	> 9 m, ≤ 10 m	27%
	> 10 m	30%

[1] Qualora la via d'esodo serva più locali, si assume la minore tra le altezze medie.

Tabella 26 Parametri per la definizione dei fattori $\delta_{m,i}$ (Tabella S.4-38).

Compartimento 1		
$L_{cc,max}$ [m]	$\delta_{m,i}$ [%]	$L_{cc,d}$ [m]
30	15	34,5

Tabella 27 Calcolo della massima lunghezza del corridoio cieco di progetto.

Nella Figura 43 sono evidenziate le stanze con la lunghezza di corridoio cieco maggiore.

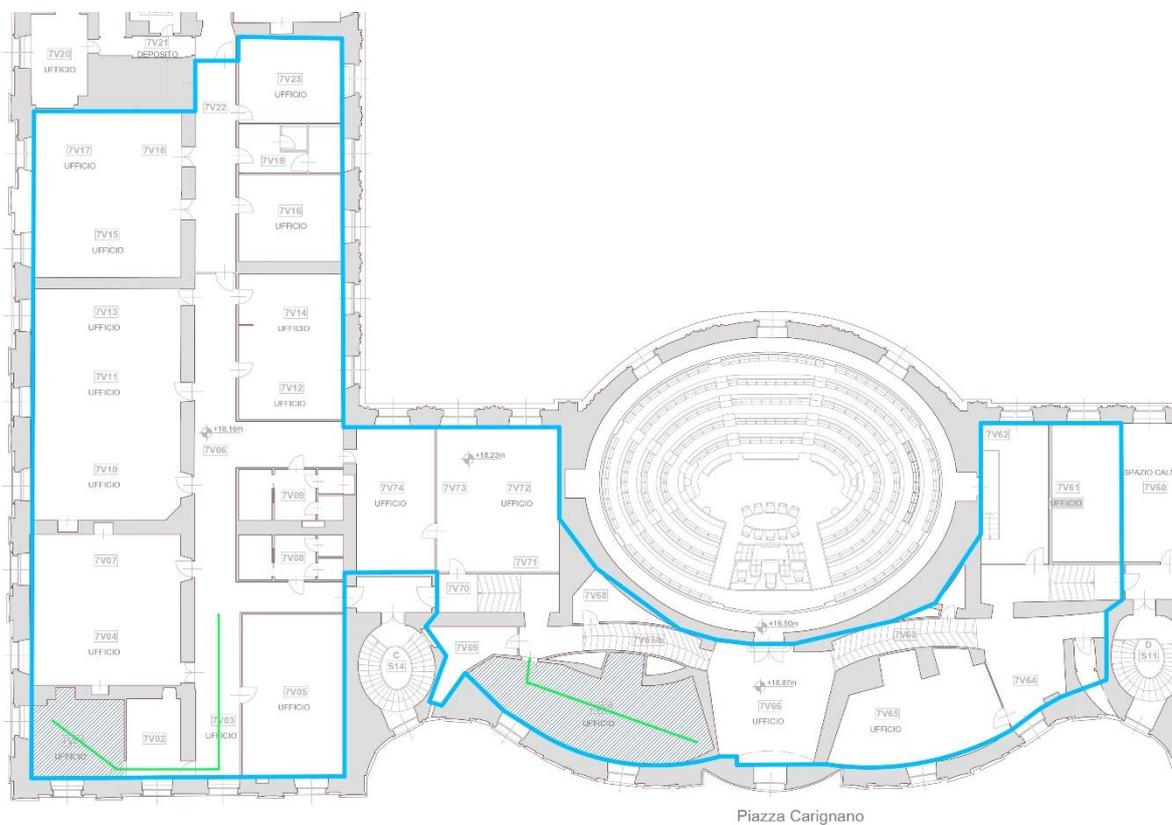


Figura 43 Stanze con lunghezza di corridoio cieco maggiore.

Compartimento 1			
Codice stanza	L _{cc} [m]	L _{cc,d} [m]	Verifica
7V67	13	34,5	✓
7V01	20	34,5	✓

Tabella 28 Verifica lunghezza corridoi ciechi.

5.1.7.5 Lunghezza vie d'esodo

Le vie d'esodo considerate in questo progetto sono ritenute indipendenti tra loro in quanto la possibilità che possano essere contemporaneamente rese indisponibili è minimizzata dalla geometria dei percorsi, che generano corridoi ciechi compatibili con le distanze massime ammissibili evidenziate al paragrafo precedente.

Le porte collocate lungo le vie d'esodo, sono conformi a quanto indicato nel D.M. 18 ottobre 2019²⁰, tabella S.4-6.

Ambito servito	Caratteristiche della porta		
	Occupanti serviti [1]	Verso di apertura	Dispositivo di apertura
Ambiti dell'attività non aperti al pubblico	n > 50 occupanti	Nel senso dell'esodo [2]	UNI EN 1125 [3]
Ambiti dell'attività aperti al pubblico	n > 25 occupanti		
Aree a rischio specifico	n > 10 occupanti		UNI EN 179 [3] [4]
	n > 5 occupanti		
Altri casi	Secondo risultanze della valutazione del rischio [5]		

[1] Numero degli occupanti che impiegano la singola porta nella condizione d'esodo più gravosa, considerando anche la verifica di ridondanza di cui al paragrafo S.4.8.6.
[2] Qualora l'esodo possa avvenire nelle due direzioni devono essere previste specifiche misure (es. porte distinte per ciascuna direzione, porte apribili nelle due direzioni, porte ad azionamento automatico, segnaletica variabile, ...). Sono escluse dal verso di apertura le porte ad azionamento automatico del tipo a scorrimento.
[3] Oppure dispositivo per specifiche necessità, da selezionare secondo risultanze della valutazione del rischio (es. EN 13633, EN 13637, ...).
[4] I dispositivi UNI EN 179 sono progettati per l'impiego da parte di personale specificamente formato.
[5] Ove possibile, è preferibile che il verso di apertura sia comunque nel senso dell'esodo, anche qualora si mantenga il dispositivo di apertura ordinario.

Tabella 29 Caratteristiche delle porte ad apertura manuale lungo le vie d'esodo (Tabella S.4-6).

Il valore della massima lunghezza di esodo di riferimento L_{es,max} è stato incrementato in relazione ai requisiti antincendio aggiuntivi applicando la seguente formula²¹:

$$L_{es,d} = (1 + \delta_m) \cdot L_{es,max}$$

Dove:

²⁰ Decreto Ministeriale 18 ottobre 2019: "Modifiche all'allegato 1 al decreto del Ministro dell'interno 3 agosto 2015, recante «Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell'articolo 15 del decreto legislativo 8 marzo 2006, n. 139»."

²¹ Equazione S.4-6 del Codice di Prevenzione Incendi.

- $L_{es,max}$ =massima lunghezza di esodo secondo Tabella 30 [m];
- $L_{es,d}$ =massima lunghezza d'esodo di progetto [m];
- L_{es} =massima lunghezza d'esodo reale nel compartimento [m];
- δ_m = fattore di requisito aggiuntivo ottenuto dalla sommatoria dei singoli fattori calcolati secondo la Tabella 26 [%].

R_{vita}	Max lunghezza d'esodo L_{es}	R_{vita}	Max lunghezza d'esodo L_{es}
A1	≤ 70 m	B1, E1	≤ 60 m
A2	≤ 60 m	B2, E2	≤ 50 m
A3	≤ 45 m	B3, E3	≤ 40 m
A4	≤ 30 m	Cii1, Ciii1	≤ 40 m
D1	≤ 30 m	Cii2, Ciii2	≤ 30 m
D2	≤ 20 m	Cii3, Ciii3	≤ 20 m

I valori delle massime lunghezze d'esodo di riferimento possono essere incrementati in relazione a *requisiti antincendio aggiuntivi*, secondo la metodologia del paragrafo S.4.10.

Tabella 30 Massime lunghezze d'esodo (Tabella S.4-25).

Compartimento 1		
$L_{es,max}$ [m]	$\delta_{m,i}$ [%]	$L_{es,d}$ [m]
60	15	69

Tabella 31 Calcolo della massima lunghezza di esodo di progetto.

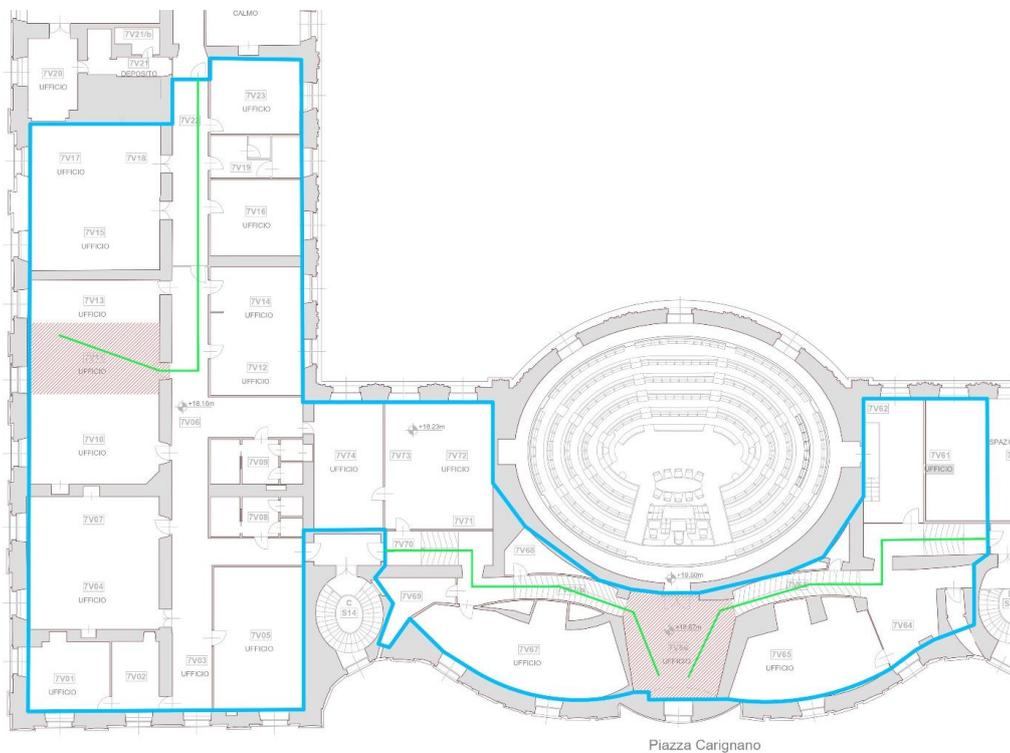


Figura 44 Stanze con lunghezza di esodo maggiore.

Compartimento 1			
Codice stanza	L_{es} [m]	$L_{es,d}$ [m]	Verifica
7V66	28	69	✓
7V11	29	69	✓

Tabella 32 Verifica lunghezza di esodo.

5.1.7.6 Larghezza vie d'esodo orizzontali

Nella figura che segue è riportato uno schema semplificato del sistema di esodo previsto per l'intero piano (Piano 5) in condizione di normalità, ossia considerando tutte le vie di esodo disponibili e quindi non in stato di emergenza.

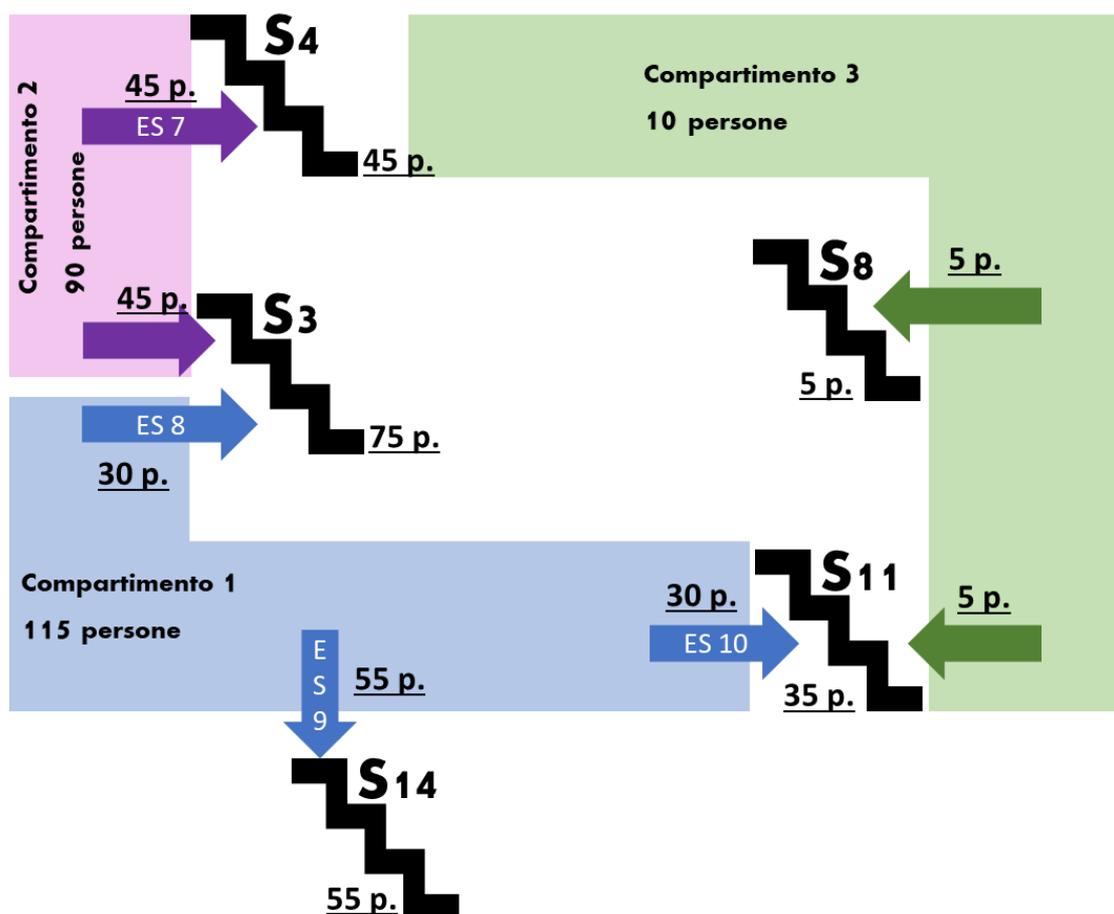


Figura 45 Ridondanza uscite in caso di normalità.

Per effettuare dei calcoli a favore di sicurezza, sono stati studiati i casi peggiori di ciascuna via di esodo, in modo tale da considerare un'uscita indisponibile alla volta e verificare le larghezze disponibili delle rimanenti. I casi previsti sono:

- A: via d'esodo 8 non disponibile (Figura 46);
- B: via d'esodo 9 non disponibile (Figura 47);
- C: via d'esodo 10 non disponibile (Figura 48);

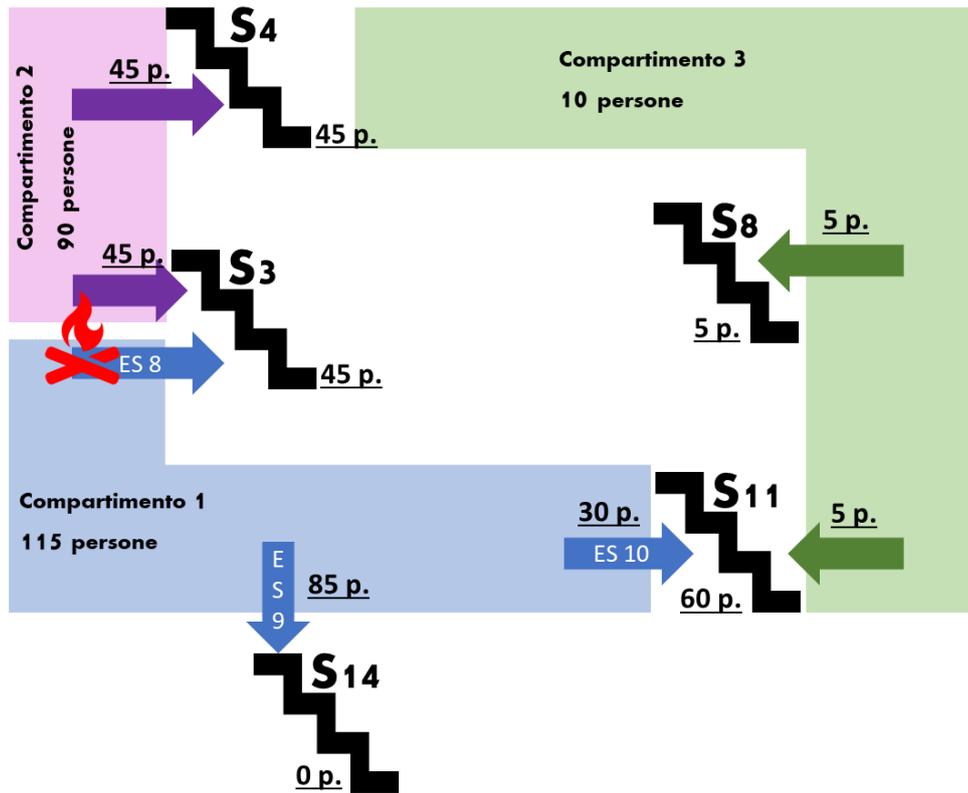


Figura 46 Ridondanza uscite caso A.

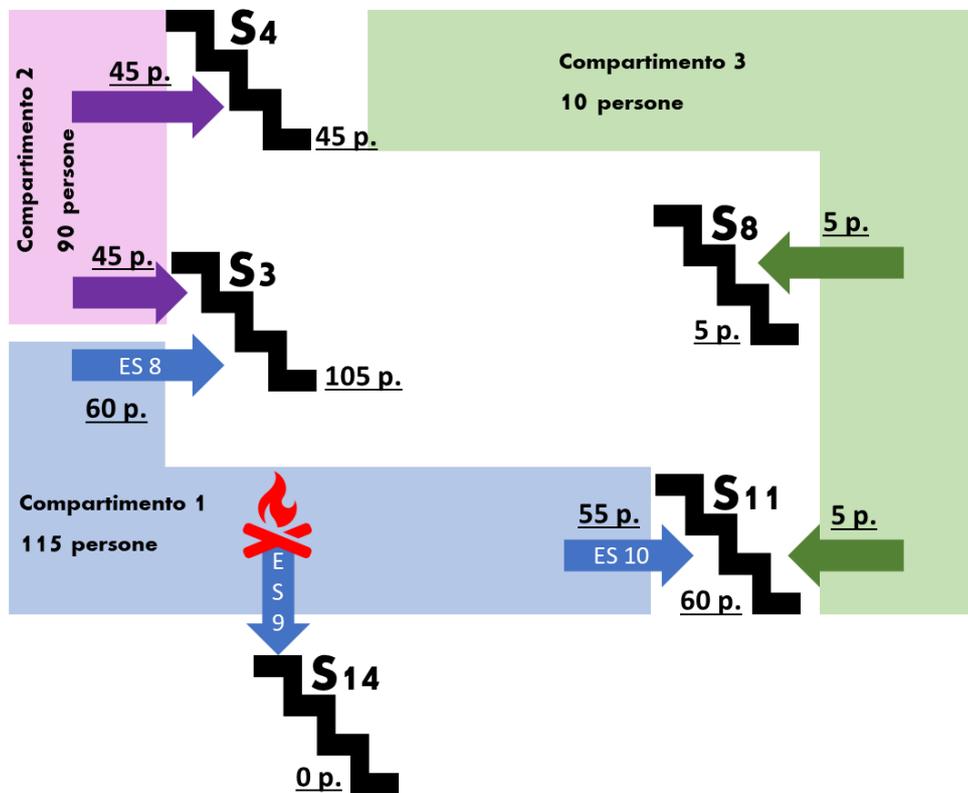


Figura 47 Ridondanza uscite caso B.

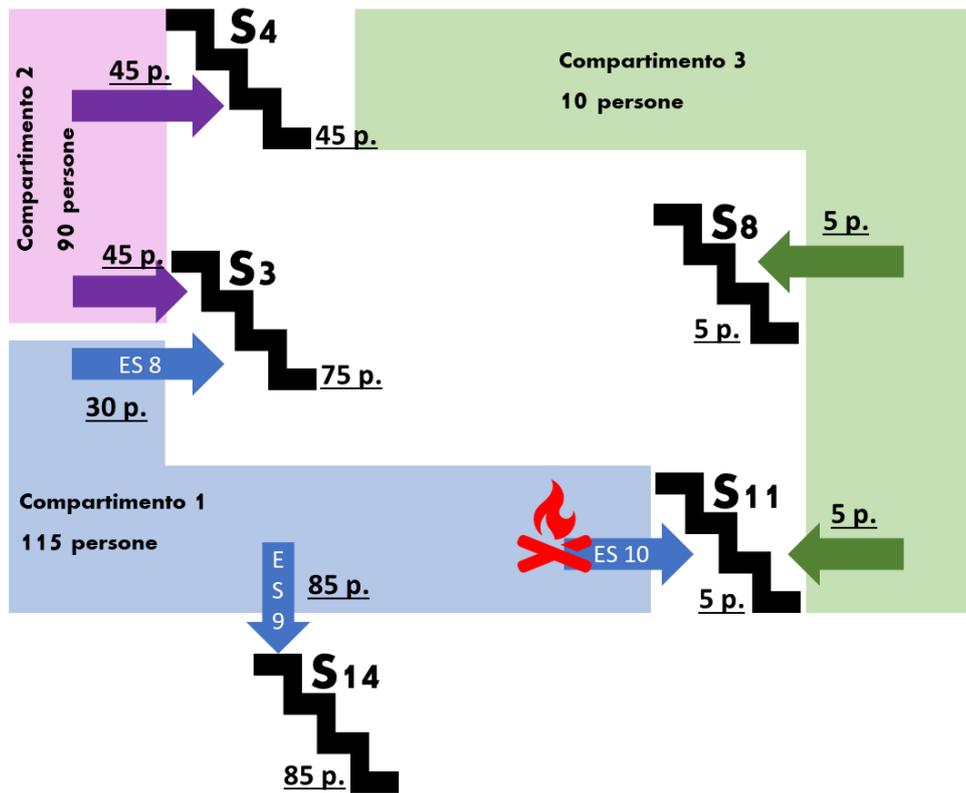


Figura 48 Ridondanza uscite caso C.

Impiegando la condizione più gravosa per ciascuna uscita è stata calcolata la larghezza minima con la seguente equazione²²:

$$L_o = L_U \cdot n_o$$

Dove:

- L_o = larghezza minima delle vie d'esodo orizzontali [mm];
- L_U = larghezza unitaria per le vie d'esodo orizzontali ottenuta dalla [mm/persona];
- n_o = numero totale degli occupanti che impiegano la via d'esodo [-].

R_{vita}	Larghezza unitaria	Δt_{coda}	R_{vita}	Larghezza unitaria	Δt_{coda}
A1	3,40	330 s	B1, C1, E1	3,60	310 s
A2	3,80	290 s	B2, C2, D1, E2	4,10	270 s
A3	4,60	240 s	B1 [1], B2 [1], B3, C3, D2, E3	6,20	180 s
A4	12,30	90 s			

I valori delle larghezze unitarie sono espressi in mm/persona ed assicurano una durata dell'attesa in coda, per gli occupanti che impiegano la specifica via d'esodo, non superiore a Δt_{coda} .
 [1] Per occupanti prevalentemente in piedi e densità d'affollamento $> 0,7 \text{ p/m}^2$.

Tabella 33 Larghezze unitarie per vie d'esodo orizzontali (Tabella S.4-27).

²² Equazione S.4-1 del Codice di Prevenzione Incendi.

Compartimento 1										
R _{vita}	L _u	via	n _o	Larghezza [mm]			Deflusso	Tipo	Dt _{coda}	Verifica
	[mm/pers.]			L _o	L _{o, min}	L _{reale}	[persone]		[s]	
A2	3,8	ES8	60	228	800	1000	263	Percorso esodo	290	✓
		ES9	85	323	800	900	237	Percorso esodo	290	✓
		ES10	55	209	800	900	237	Percorso esodo	290	✓

Tabella 34 Verifica larghezza delle vie d'esodo orizzontali.

5.1.7.7 Larghezza vie d'esodo verticali

Il Compartimento 1 è collegato al piano terreno attraverso 3 corpi scala (SC3, SC11, SC14), per cui è stata calcolata per ciascuna di essa la via d'esodo verticale, considerando una modalità d'esodo simultanea.

I calcoli sono stati eseguiti applicando la seguente equazione²³:

$$L_v = L_u \cdot n_v$$

Dove:

- L_v=larghezza minima delle vie d'esodo verticali [mm];
- L_u=larghezza unitaria per le vie d'esodo verticali secondo Tabella 35 [mm/persona];
- n_v=numero totale degli occupanti che impiegano la via d'esodo [-].

R _{vita}	Numero totale dei piani serviti dalla via d'esodo verticale											Δt _{coda}
	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	330 s	
B1, C1, E1	4,25	3,80	3,40	3,10	2,85	2,65	2,45	2,30	2,15	2,05	310 s	
A2	4,55	4,00	3,60	3,25	3,00	2,75	2,55	2,40	2,25	2,10	290 s	
B2, C2, D1, E2	4,90	4,30	3,80	3,45	3,15	2,90	2,65	2,50	2,30	2,15	270 s	
A3	5,50	4,75	4,20	3,75	3,35	3,10	2,85	2,60	2,45	2,30	240 s	
B1 [1], B2 [1], B3, C3, D2, E3	7,30	6,40	5,70	5,15	4,70	4,30	4,00	3,70	3,45	3,25	180 s	
A4	14,60	11,40	9,35	7,95	6,90	6,10	5,45	4,95	4,50	4,15	90 s	

I valori delle larghezze unitarie sono espressi in mm/persona ed assicurano una durata dell'attesa in coda, per gli occupanti che impiegano la specifica via d'esodo, non superiore a Δt_{coda}.

I valori delle larghezze unitarie devono essere incrementati per le scale secondo le indicazioni della tabella S.4-30, oppure per le rampe secondo le indicazioni della tabella S.4-31.

[F] Impiegato anche nell'esodo per fasi

[1] Per occupanti prevalentemente in piedi e densità d'affollamento > 0,7 p/m².

Tabella 35 Larghezze unitarie per vie di esodo verticali (Tabella S.4-29)

²³ Equazione S.4-2 del Codice di Prevenzione Incendi.

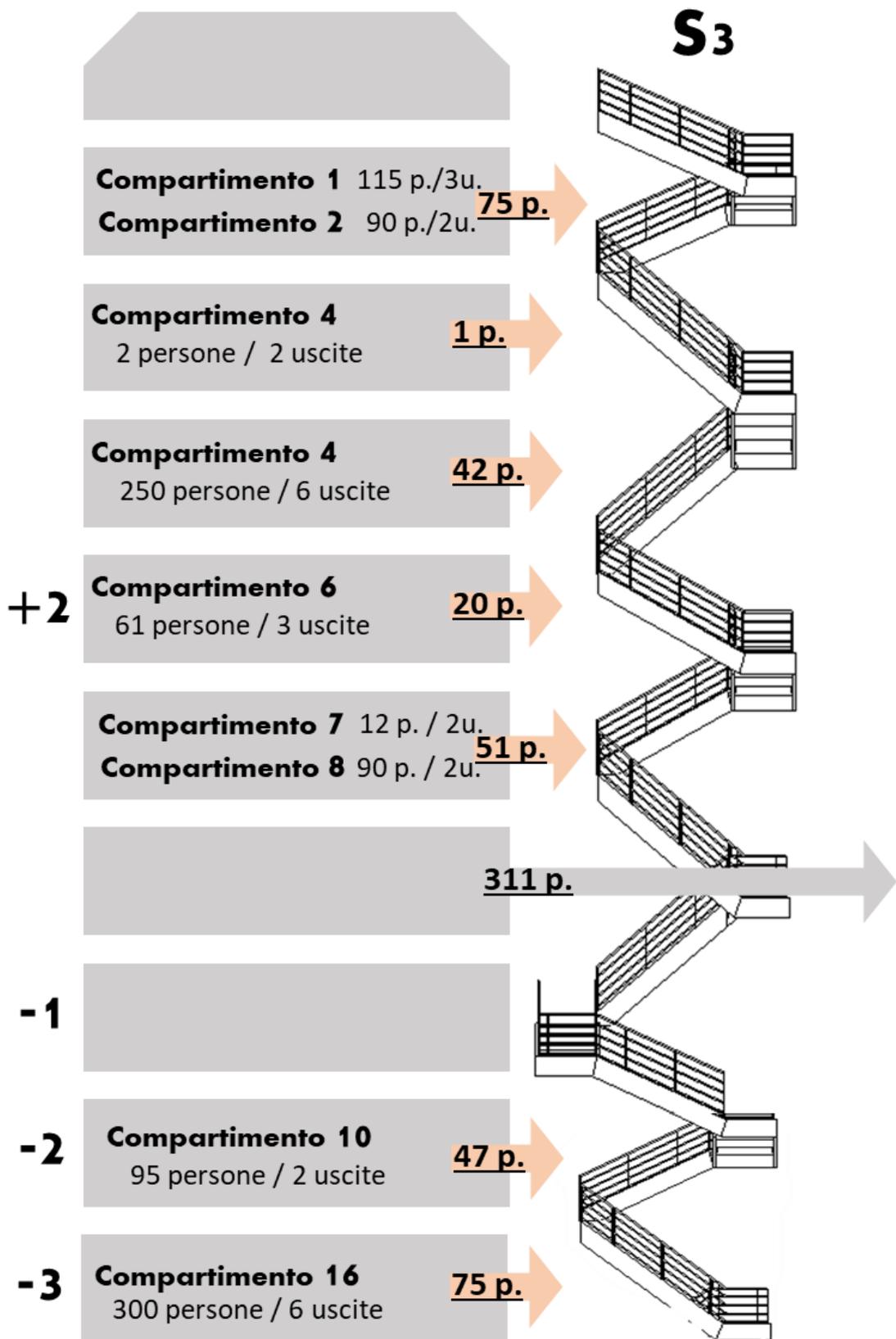


Figura 49 Schema affollamento scala S3.

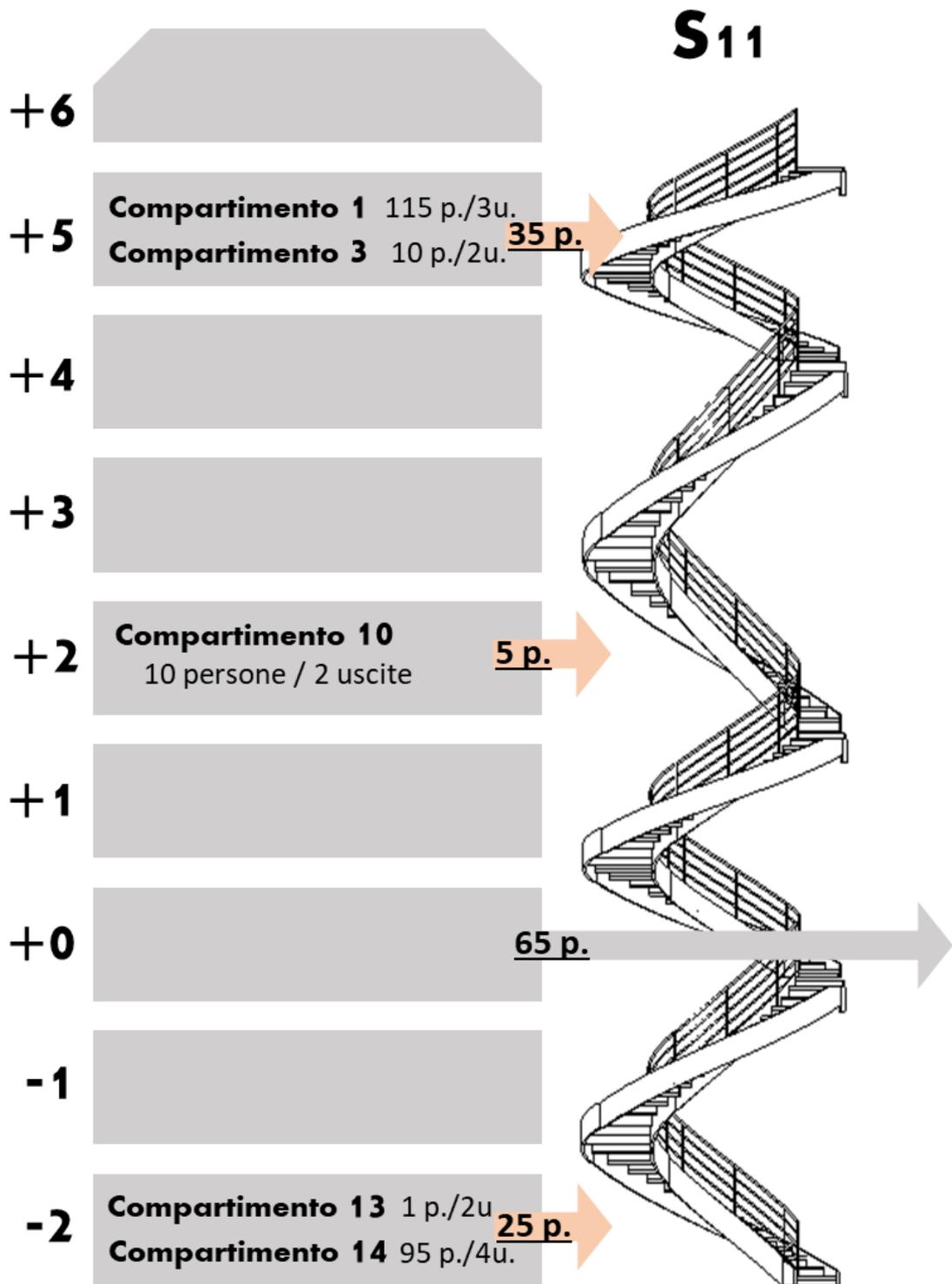


Figura 50 Schema affollamento scala S11.

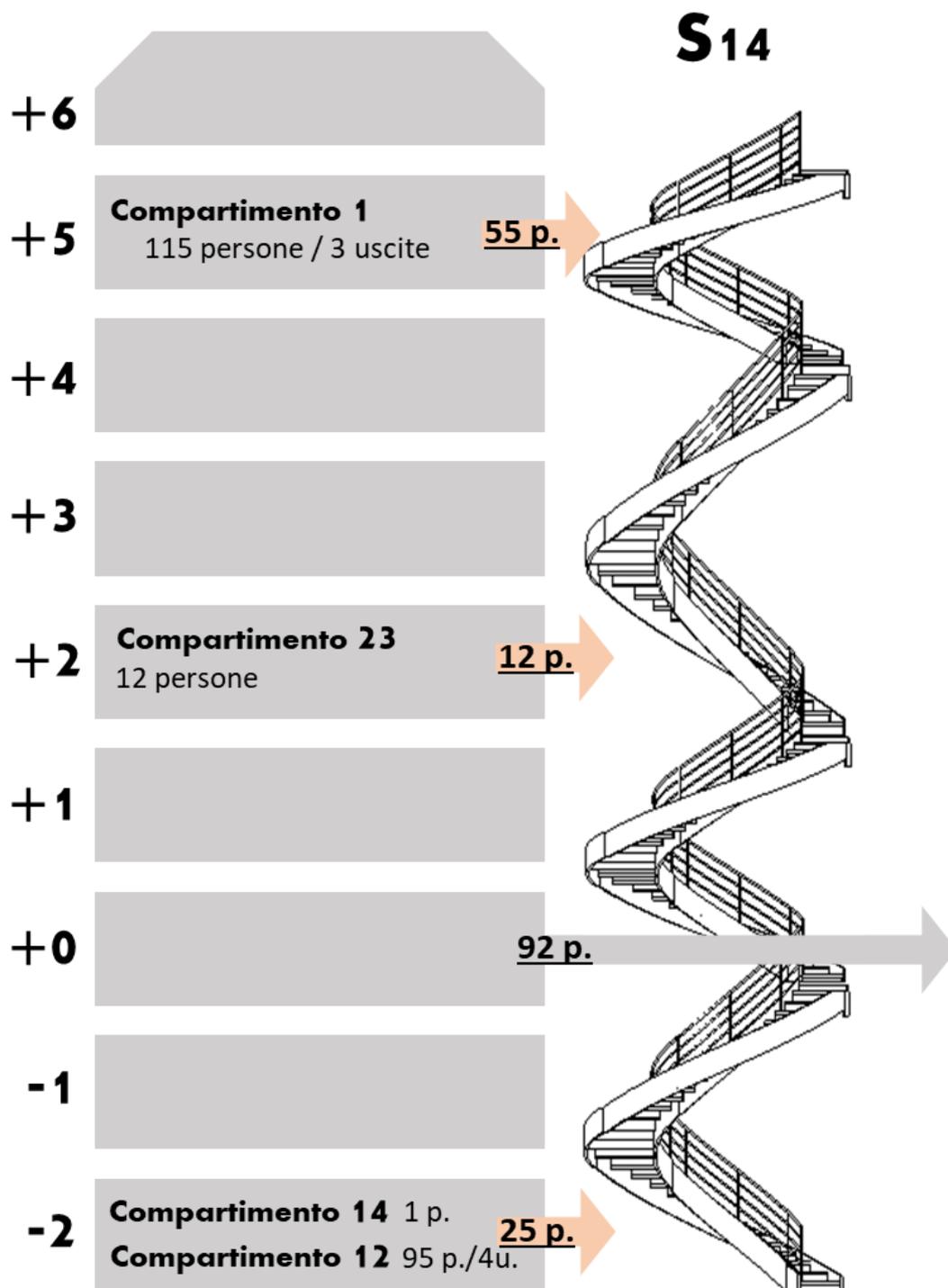


Figura 51 Schema affollamento scala S14.

Scala	Livelli	Rvita	Lu	n _v	Larghezza [mm]			Deflusso [persone]	Dt _{cod} [s]	Verifica
		peggiore	[mm/pers.]		L _v	L _{v, min}	L _{reale}			
S3	10	A3	2,3	311	715,3	1000	1200	522	240	✓
S11	9	B2	2,3	65	149,5	900	1000*	522	270	✓
S14	9	B2	2,3	92	211,6	900	1000*	435	270	✓

Tabella 36 Verifica larghezze vie d'esodo verticali.

* In questo caso la lunghezza reale è stata ridotta per ridurre la variazione di larghezza della pedata in ciascun gradino (scala elicoidale, Figura 42) la quale potrebbe comportare difficoltà motorie da parte degli occupanti in caso di emergenza.

5.1.7.8 Larghezza minima delle Uscite finali

Il regolare esodo degli occupanti avverrà simultaneamente lungo le vie d'esodo indipendenti individuate nei paragrafi precedenti: le uscite finali sono costituite dai percorsi esterni in cui affluiscono gli esodi US1, US2, US3, e le scale S3, S4, S5, S8, S9, S10. Siccome è stata adottata una modalità d'esodo simultaneo, la via d'esodo finale è stata calcolata con la seguente equazione²⁴:

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

Dove:

- L_F =larghezza minima dell'uscita finale [mm];
- $L_{O,i}$ =larghezza della i-esima via d'esodo orizzontale [mm];
- $L_{V,j}$ =larghezza della j-esima via d'esodo verticale [mm].

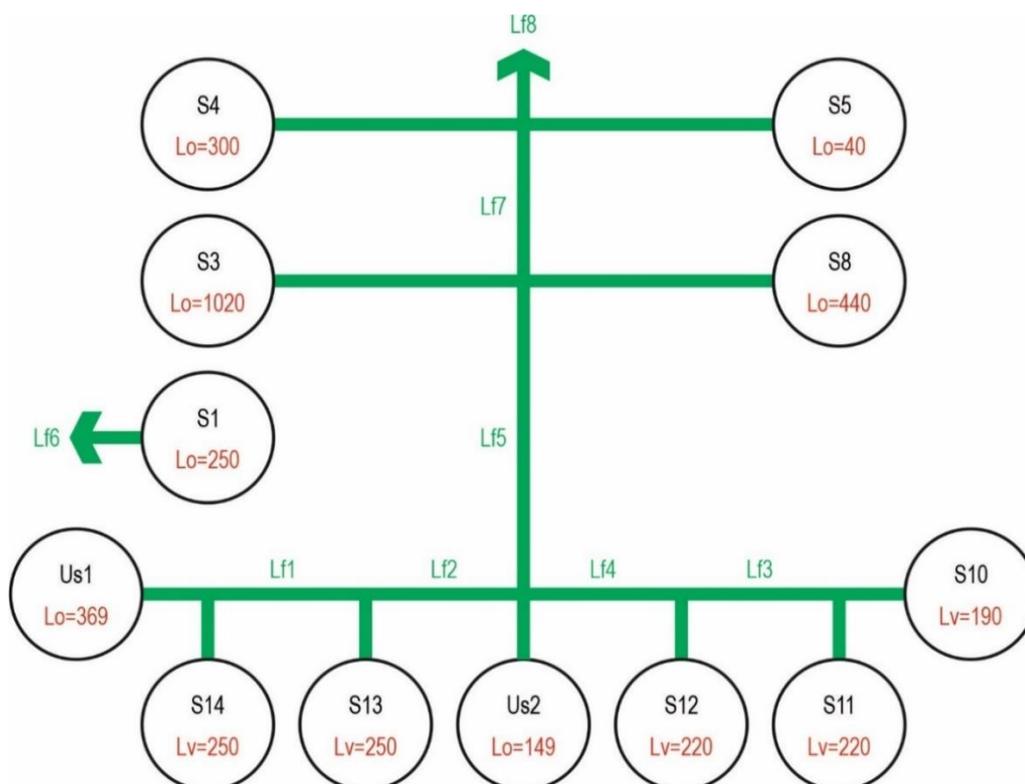


Figura 52 Schema larghezze uscite finali.

²⁴ Equazione S.4-4 del Codice di Prevenzione Incendi.

Uscita Finale	Uscite concorrenti	Larghezze minime	Larghezza richiesta	Larghezza reale	Verifica
		[mm]	[mm]	[mm]	
L _{f1}	US1	369	581	3810	✓
	S14	212			
L _{f3}	S10	190	340	3810	✓
	S11	150			
L _{f7}	S3	715	2803	14520	✓
	S8	440			
	L _{f5}	1648			

Tabella 37 Verifica larghezza uscite finali.

5.1.7.9 Luoghi sicuri

I luoghi sicuri (LS) individuati sono stati dimensionati in conformità al punto S.4.5.1 del Codice ed alla Tabella 38:

LS1 = 835 p x 0,70 p/m² = 585 m² → superficie dedicata su piazza Carlo Alberto
(superficie totale della piazza: 5000 m² circa)

LS2 = 800 p x 0,70 p/m² = 560 m² → superficie dedicata su piazza Carignano
(superficie totale della piazza: 2800 m² circa)

Tipologia	Superficie minima per occupante
Occupante deambulante	0,70 m ² /persona
Occupante su sedia a ruote	1,77 m ² /persona
Occupante allettato	2,25 m ² /persona

Alla superficie minima destinata agli occupanti devono essere aggiunti gli spazi di manovra necessari per l'utilizzo di eventuali ausili per il movimento (es. letto, sedia a ruote, ...).

Tabella 38 Superfici minime per occupante (Tabella S.4-36).

5.1.7.10 Porte lungo le vie d'esodo

Le porte installate lungo le vie d'esodo sono facilmente identificabili ed apribili da parte di tutti gli occupanti.

Le porte non facilmente identificabili ed apribili dagli occupanti saranno tenute sempre aperte durante l'esercizio dell'attività.

5.1.7.11 Segnaletica d'esodo ed orientamento

Il sistema d'esodo è facilmente riconoscibile: i locali e gli ambienti esterni sono dotati di adatta segnaletica, comprendente segnali di avvertimento, divieto e pericolo conformi al Titolo V e Allegati da XXIV a XXXII del D.Lgs. 9 aprile 2008, n. 81, nonché segnaletica

indicante le procedure di emergenza e la mappa delle risorse antincendio, aventi il seguente scopo:

- avvertire di un rischio o di un pericolo le persone esposte;
- vietare comportamenti che potrebbero causare pericolo;
- prescrivere determinati comportamenti necessari ai fini della sicurezza;
- fornire indicazioni relative alle uscite di sicurezza, o ai mezzi di soccorso o salvataggio;
- fornire altre indicazioni in materia di sicurezza.

Ad ogni piano in posizione ben visibile sono installate le planimetrie di evacuazione correttamente orientate.

5.1.7.12 Illuminazione di sicurezza

All'interno dei locali dell'attività è stato installato un impianto di illuminazione di sicurezza lungo tutto il sistema delle vie d'esodo fino a luogo sicuro. L'impianto di illuminazione di sicurezza è in grado di assicurare un livello di illuminamento sufficiente a garantire l'esodo degli occupanti, conformemente alle indicazioni della norma UNI EN 1838.

5.1.8 Gestione della sicurezza antincendio (S5)

La gestione della sicurezza antincendio (GSA) rappresenta la misura antincendio organizzativa e gestionale atta a garantire, nel tempo, il mantenimento delle condizioni di esercizio e di risposta all'emergenza con struttura di supporto. Le misure di prevenzione incendi sono state analizzate con la valutazione del rischio di incendio.

Trattandosi di attività con sistemi d'esodo comuni rispetto ad altre attività è prevista l'adozione della GSA di **livello di prestazione III**.

Come indicato in Tabella 39 le figure che hanno il compito di gestire la sicurezza antincendio sono 4:

- il responsabile dell'attività;
- il coordinatore unità gestionale GSA;
- il coordinatore degli addetti del servizio antincendio;
- addetti al servizio antincendio.

Struttura organizzativa minima	Compiti e funzioni
Responsabile dell'attività	<ul style="list-style-type: none"> organizza la GSA in esercizio; organizza la GSA in emergenza; [1] predisporre, attua e verifica periodicamente il piano d'emergenza; [1] provvede alla formazione ed informazione del personale su procedure ed attrezzature; [1] nomina le figure della struttura organizzativa; istituisce l'<i>unità gestionale GSA</i> (paragrafo S.5.7.7).
[1] Coordinatore unità gestionale GSA	Coordina le attività di cui al paragrafo S.5.7.7.
[1] Coordinatore degli addetti del servizio antincendio	<p>Addetto al servizio antincendio, individuato dal responsabile dell'attività, che:</p> <ul style="list-style-type: none"> sovrintende ai servizi relativi all'attuazione delle misure antincendio previste; programma la turnazione degli addetti del servizio antincendio; coordina operativamente gli interventi degli addetti al servizio antincendio e la messa in sicurezza degli impianti; si interfaccia con i responsabili delle squadre dei soccorritori; segnala al <i>coordinatore dell'unità gestionale GSA</i> eventuali necessità di modifica delle procedure di emergenza.
[1] Addetti al servizio antincendio	Attuano la GSA in esercizio ed in emergenza.
GSA in esercizio	Come prevista al paragrafo S.5.7
GSA in emergenza	Come prevista al paragrafo S.5.8
[1] Solo se attività lavorativa	

Tabella 39 Soluzioni conformi per il livello di prestazione III (Tabella S.5-5).

Ad integrazione delle soluzioni conformi relative ai livelli di prestazione previsti, è stato attuato quanto riportato nella Tabella 40 di seguito riportata.

Struttura organizzativa	Compiti e funzioni
Responsabile dell'attività	<p>Nomina il coordinatore dell'unità gestionale GSA</p> <p>Adotta il piano per il mantenimento del livello di sicurezza antincendio (capitolo S.5) con le misure necessarie in presenza di eventuali cantieri temporanei e mobili [1]</p> <p>Assicura che la pianificazione di emergenza (capitolo S.5) sia integrata da un piano di limitazione dei danni (paragrafo V.10.5.5.1) che individui una procedura di messa in sicurezza dei beni tutelati in caso d'incendio.</p>
Coordinatore degli addetti al servizio antincendio	<p>Controlla che i materiali combustibili presenti nei vari compartimenti non superino le quantità ammesse in sede di progetto, con particolare riferimento alle aree non presidiate (es. sottotetti, locali interrati, ...)</p> <p>Verifica l'osservanza delle misure di prevenzione incendi da parte delle ditte appaltatrici, dei fornitori e di tutto il personale esterno che, a vario titolo, opera all'interno dell'edificio.</p>
[1] Ad esempio disalimentazione impianti elettrici fuori dall'orario di lavoro, adeguamento cartellonistica di sicurezza, impedimento vie di esodo, controllo lavorazioni a caldo, ...	

Tabella 40 Requisiti aggiuntivi per la GSA (Tabella V.10-4).

Il responsabile dell'attività, in collaborazione con tutti i soggetti gestori di Palazzo Carignano, è colui che deve predisporre il piano di limitazione danni da mettere in atto in caso di incendio per salvaguardare la vita degli occupanti e dei beni. Tale figura è fondamentale poiché ha il compito di gestire la GSA sia in esercizio che in emergenza.

Nel piano di limitazione danni vengono esplicitati:

- i soggetti, opportunamente formati, incaricati delle procedure;
- la distribuzione qualitativa e quantitativa dei beni tutelati presenti;
- le procedure di allontanamento dei beni dettagliando, ove possibile, anche le priorità di evacuazione e specifici provvedimenti per la rimozione e il trasporto presso i luoghi di ricovero;
- gli eventuali luoghi di ricovero dei beni rimossi in caso di emergenza, con particolare riferimento alle condizioni di sicurezza e di conservazione degli stessi;
- le procedure per la protezione in loco dei beni inamovibili o difficilmente spostabili;
- le eventuali restrizioni nell'utilizzo di sostanze estinguenti.

Attualmente è già presente un centro per le emergenze gestito dal Museo del Risorgimento posto a livello +4, è prevista l'integrazione di un centro per le emergenze gestito dal Polo Museale, collocato a livello 0 con accesso direttamente dall'atrio di ingresso e costituente un compartimento a se stante in entrambe i centri per le emergenze saranno riportate le dotazioni (es. planimetrie, schemi funzionali di impianti, strumenti di comunicazione, controllo degli impianti di protezione attiva, ...).

5.1.9 Controllo dell'incendio (S6)

Per il controllo dell'incendio è stato attribuito un **livello di prestazione III**, in cui, come visibile nella Tabella 41, è previsto il controllo o l'estinzione manuale dell'incendio.

Livello di prestazione	Descrizione
I	Nessun requisito
II	Estinzione di un principio di incendio
III	Controllo o estinzione manuale dell'incendio
IV	Inibizione, controllo o estinzione dell'incendio con sistemi automatici estesi a porzioni di attività
V	Inibizione, controllo o estinzione dell'incendio con sistemi automatici estesi a tutta l'attività

Tabella 41 Livelli di prestazione del controllo dell'incendio (Tabella S.6-1).

Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	Non ammesso nelle attività soggette
II	Ambiti 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, Cii1, Cii2, Ciii1, Ciii2; ○ R_{beni} pari a 1, 2; ○ $R_{ambiente}$ non significativo; ● tutti i piani dell'attività situati a quota compresa tra -5 m e 32 m; ● carico di incendio specifico $q_f \leq 600 \text{ MJ/m}^2$; ● per compartimenti con $q_f > 200 \text{ MJ/m}^2$: superficie lorda $\leq 4000 \text{ m}^2$; ● per compartimenti con $q_f \leq 200 \text{ MJ/m}^2$: superficie lorda qualsiasi; ● non si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative; ● non si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio.
III	Ambiti non ricompresi negli altri criteri di attribuzione.
IV	In relazione alle risultanze della valutazione del rischio nell'ambito e in ambiti limitrofi della stessa attività (es. ambiti di attività con elevato affollamento, ambiti di 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, ...).
V	Su specifica richiesta del committente, previsti da capitolati tecnici di progetto, richiesti dalla autorità competente per costruzioni destinate ad attività di particolare importanza, previsti da regola tecnica verticale.

Tabella 42 Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione del controllo dell'incendio (Tabella S.6-2).

Conformemente a quanto previsto per tale livello, sono stati installati estintori d'incendio a protezione dell'attività e, in aggiunta, sono state installate una rete di idranti interni ed esterni secondo la norma UNI 10779, alimentata da un gruppo di pressurizzazione antincendio contenuto in un locale tecnico specificatamente progettato e costruito a norma UNI 11292. I presidi antincendio sono provvisti di segnaletica di sicurezza in conformità alle norme e alle disposizioni legislative applicabili.

Per scegliere correttamente gli agenti estinguenti, è stato necessario definire la classe dei fuochi a seconda del combustibile presente nella struttura. I combustibili presenti nel Compartimento 1 sono di natura organica (legno, carta...), per cui la classe scelta è la **A**.

Classe di fuoco	Descrizione	Estinguente
A	Fuochi di materiali solidi, usualmente di natura organica, che portano alla formazione di braci	L'acqua, l'acqua con additivi per classe A, la schiuma e la polvere sono le sostanze estinguenti più comunemente utilizzate per tali fuochi.
B	Fuochi di materiali liquidi o solidi liquefacibili	Per questo tipo di fuochi gli estinguenti più comunemente utilizzati sono costituiti da acqua con additivi per classe B, schiuma, polvere e biossido di carbonio.
C	Fuochi di gas	L'intervento principale contro tali fuochi 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.
D	Fuochi di metalli	Nessuno degli estinguenti normalmente utilizzati per i fuochi di classe A e B è idoneo per fuochi di sostanze metalliche che bruciano (alluminio, magnesio, potassio, sodio). In tali condizioni occorre utilizzare delle polveri speciali ed operare con personale specificamente addestrato.
F	Fuochi che interessano mezzi di cottura (oli e grassi vegetali o animali) in apparecchi di cottura	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 43 Classi dei fuochi secondo la norma europea EN 2 ed agenti estinguenti (Tabella S6-4).

Per semplificare le operazioni di intervento, tenuto conto che l'attività è frequentata esclusivamente da personale interno, si è scelto di utilizzare estintori a polvere da 6 kg idonei anche per l'intervento su solventi polari, collocati lungo i percorsi d'esodo in posizione facilmente visibile e raggiungibile e presso le uscite di sicurezza finali, di capacità estinguente 34A 233B C, maggiore della capacità richiesta dalla Tabella 44.

Non sono previsti estintori per altri rischi di incendio. Ogni estintore è idoneamente posizionato ad una distanza inferiore a 15 m dalle sorgenti di rischio, la distanza massima di raggiungimento è inferiore a 30 m ed è provvisto di segnaletica di sicurezza in conformità alla norma UNI EN ISO 7010.

Profilo di rischio R _{vita}	Max distanza di raggiungimento	Minima capacità estinguente	Minima carica nominale
A1, A2	40 m	13 A	6 litri o 6 kg
A3, B1, B2, C1, C2, D1, D2, E1, E2	30 m	21 A	
A4, B3, C3, E3	20 m	27 A	

Tabella 44 Criteri per l'installazione degli estintori di classe A (Tabella S.6-5).

La protezione manuale si attua mediante l'installazione di una rete idranti interni ed esterni a protezione dell'intera attività, progettata ed installata a norma UNI 10779, pertanto l'impianto è costituito da idranti a parete DN 45 e Naspi UNI 25.

Il gruppo di pressurizzazione esistente collocato a quota -10,50 in adiacenza alla vasca d'accumulo è esistente ed è costituito da 2 elettropompe una di riserva all'altra ed una pompa pilota per il mantenimento in pressione dell'impianto, i quadri di comando sono conformi alla norma UNI 9490.

Il gruppo di pressurizzazione ha una portata nominale di pari a 36 m³/h (pari a 600 l/min) ed una prevalenza di 650 kPa . L'alimentazione idrica è garantita da un serbatoio interrato ad esclusivo uso antincendio della capacità di 300 m³, la capacità di ricalzo e con reintegro automatico in non più di 6 ore derivato dalla rete dell'acquedotto municipale.

5.1.10 Rivelazione ed allarme (S7)

L'attività è dotata di misure di rivelazione ed allarme con **livello di prestazione IV**.

Livello di prestazione	Descrizione
I	Rivelazione e diffusione dell'allarme di incendio mediante sorveglianza degli ambiti da parte degli occupanti dell'attività.
II	Rivelazione manuale dell'incendio mediante sorveglianza degli ambiti da parte degli occupanti dell'attività e conseguente diffusione dell'allarme.
III	Rivelazione automatica dell'incendio e diffusione dell'allarme mediante sorveglianza di ambiti dell'attività.
IV	Rivelazione automatica dell'incendio e diffusione dell'allarme mediante sorveglianza dell'intera attività.

Tabella 45 Livelli di prestazione della rivelazione ed allarme (Tabella S.7-1).

È stato installato un IRAI (Impianti di Rivelazione ed Allarme Incendio) progettato secondo le indicazioni della Tabella 46, implementando le funzioni principali secondo EN 54-1 e UNI 9795.

Livello di prestazione	Aree sorvegliate	Funzioni minime degli IRAI		Funzioni di evacuazione ed allarme	Funzioni di impianti [1]
		Funzioni principali	Funzioni secondarie		
IV	Tutte	A, B, D, L, C	[4]	E, F [5], G, H, M [7], N, O [8]	[9] o [10]

[1] Funzioni di avvio protezione attiva ed arresto o controllo di altri impianti o sistemi.
 [2] Non sono previste funzioni, la rivelazione e l'allarme sono demandate agli occupanti.
 [3] 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.
 [4] Demandate a procedure operative nella pianificazione d'emergenza.
 [5] Funzioni E ed F previste solo quando è necessario trasmettere e ricevere l'allarme incendio.
 [6] Funzioni G, H ed N non previste ove l'avvio dei sistemi di protezione attiva e controllo o arresto altri impianti sia demandato a procedure operative nella pianificazione d'emergenza.
 [7] Funzione M prevista solo se richiesta l'installazione di un EVAC.
 [8] Funzione O prevista solo in attività dove si prevedono applicazioni domotiche (*building automation*).
 [9] 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, ...).

[10] Per elevati affollamenti, geometrie complesse, può essere previsto un sistema EVAC secondo norma UNI ISO 7240-19.

[11] Automatiche su comando della centrale o mediante centrali autonome di azionamento (asservite alla centrale master), richiede le funzioni secondarie E, F, G, H ed N della EN 54-1.

[12] Spazi comuni, vie d'esodo (anche facenti parte di sistema d'esodo comune) e spazi limitrofi, compartimenti con profili di rischio Rvita in Cii1, Cii2, Cii3, Ciii1, Ciii2, Ciii3, D1 e D2, aree dei beni da proteggere, aree a rischio specifico.

Tabella 46 Soluzioni conformi per la rivelazione ed allarme antincendio (Tabella S.7-3).

A (*rivelazione automatica dell'incendio*) estesa a tutta l'attività.

B (Funzione di controllo e segnalazione) estesa a tutta l'attività.

C (*allarme incendio*) estesa a tutta l'attività.

D (*segnalazione manuale di incendio da parte degli occupanti*) estesa a tutta l'attività.

L (*alimentazione*)

Sono state attivate inoltre le seguenti funzioni secondarie degli IRAI secondo EN 54-1 e UNI 9795:

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

M, Funzione di controllo e segnalazione degli allarmi vocali (per tutti gli ambienti con presenza di pubblico, e precisamente Compartimenti 8, 9, 10, 12, 16)

N, Funzione di ingresso e uscita ausiliaria.

5.1.11 Controllo fumi e calore (S8)

Il controllo di fumi e calore ha lo scopo di trattare i prodotti della combustione in caso di incendio, consentendone la corretta evacuazione e smaltimento.

Per questa misura antincendio è previsto un **livello di prestazione II** (Tabella 47).

Livello di prestazione	Descrizione
I	Nessun requisito
II	Deve essere possibile smaltire fumi e calore dell'incendio dai compartimenti al fine di facilitare le operazioni delle squadre di soccorso.
III	Deve essere mantenuto nel compartimento uno strato libero dai fumi che permetta: <ul style="list-style-type: none"> • la salvaguardia degli occupanti e delle squadre di soccorso, • la protezione dei beni, se richiesta. Fumi e calore generati nel compartimento non devono propagarsi ai compartimenti limitrofi.

Tabella 47 Livelli di prestazione del controllo fumi e calore (Tabella S.8-1).

Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	Compartimenti dove siano verificate <i>tutte</i> le seguenti condizioni: <ul style="list-style-type: none"> • non adibiti ad attività che comportino presenza di occupanti, ad esclusione di quella occasionale e di breve durata di personale addetto; • carico di incendio specifico $q_f \leq 600 \text{ MJ/m}^2$; • per compartimenti con $q_f > 200 \text{ MJ/m}^2$: superficie lorda $\leq 25 \text{ m}^2$; • per compartimenti con $q_f \leq 200 \text{ MJ/m}^2$: superficie lorda $\leq 100 \text{ m}^2$; • non si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative; • non si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio.
II	Compartimento non ricompreso 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, ...).

Tabella 48 Criteri di attribuzione del livello di prestazione del controllo fumi e calore (Tabella S.8-2).

Come previsto da tale livello, per il Compartimento 1 si effettua lo smaltimento di fumo e calore d'emergenza per facilitare l'opera di estinzione dei soccorritori.

Lo smaltimento di fumo e calore d'emergenza è operato per mezzo di aperture di smaltimento dei prodotti della combustione verso l'esterno dell'edificio, individuate tra quelle già ordinariamente disponibili per la funzionalità dell'attività (finestre, lucernari, porte, portoni). Le aperture di smaltimento, considerate all'interno del piano di emergenza di cui l'attività si è dotata, sono protette dall'ostruzione accidentale durante l'esercizio dell'attività.

Nella Tabella 49 è stato verificato il sistema di aerazione comparando la superficie di aerazione esistente con la superficie prevista dal Codice.

Compartimento 1							
Attività	Superficie [m ²]	Q _f [MJ/mq]	Controllo fumi e calore	Minimo [m ²]	Esistente [m ²]		sistema di aerazione
72.1.C	1150	732	II SE2: [A*Q _f / 40000 + A / 100]	32,55	40,5	SEe	verificato

Tabella 49 Verifica sistema di aerazione.

Dove:

SEe Provviste di elementi di chiusura permanenti (es. pannelli bassofondenti, ...) di cui sia dimostrata l'affidabile apertura nelle effettive condizioni d'incendio (es. condizioni termiche generate da incendio naturale sufficienti a fondere efficacemente il pannello bassofondente di chiusura, ...) o la possibilità di immediata demolizione da parte delle squadre di soccorso.

Tipo di dimensionamento	Carico di incendio specifico q _f	SE [1] [2]	Requisiti aggiuntivi
SE1	q _f ≤ 600 MJ/m ²	A / 40	-
SE2	600 < q _f ≤ 1200 MJ/m ²	A · q _f / 40000 + A / 100	-
SE3	q _f > 1200 MJ/m ²	A / 25	10% di SE di tipo SEa o SEb o SEc

[1] Con SE superficie utile delle aperture di smaltimento in m²
[2] Con A superficie lorda di ciascun piano del compartimento in m²

Tabella 50 Tipi di dimensionamento per le aperture di smaltimento (Tabella S.8-5).

Le aperture ordinariamente disponibili sono dunque più che sufficienti per lo smaltimento di fumo e calore di emergenza per la maggior parte degli ambienti, gli ambienti con aerazione insufficiente o non aerati saranno integrati con sistemi di ventilazione forzata.

Le aperture di smaltimento sono essere distribuite uniformemente nella porzione superiore di tutti i locali, al fine di facilitare lo smaltimento dei fumi caldi da tutti gli ambiti del compartimento. L'uniforme distribuzione in pianta delle aperture di smaltimento è stata verificata imponendo che ciascun locale sia completamente coperto in pianta dalle aree di influenza delle aperture di smaltimento ad esso pertinenti, imponendo nel calcolo un raggio di influenza r_{offset} pari a 20 m per tutti gli ambienti.

5.1.12 Operatività antincendio (S9)

Il **livello di prestazione** per questa misura antincendio è il **IV** ed ha lo scopo di agevolare l'intervento di soccorso dei Vigili del Fuoco.

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 Possibilità di controllare o arrestare gli impianti tecnologici e di servizio dell'attività, compresi gli impianti di sicurezza
IV	Accessibilità per mezzi di soccorso antincendio Pronta disponibilità di agenti estinguenti Possibilità di controllare o arrestare gli impianti tecnologici e di servizio dell'attività, compresi gli impianti di sicurezza Accessibilità protetta per i Vigili del fuoco a tutti i piani dell'attività Possibilità di comunicazione affidabile per soccorritori

Tabella 51 Livelli di prestazione dell'operatività antincendio (Tabella S9-1).

Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	Non ammesso nelle attività soggette
II	Opere da costruzione 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; ○ R_{beni} pari a 1; ○ $R_{ambiente}$ non significativo; ● densità di affollamento $\leq 0,2$ persone/m²; ● tutti i piani dell'attività situati a quota compresa tra -5 m e 12 m; ● carico di incendio specifico $q_f \leq 600$ MJ/m²; ● per compartimenti con $q_f > 200$ MJ/m²: superficie lorda ≤ 4000 m²; ● per compartimenti con $q_f \leq 200$ MJ/m²: superficie lorda qualsiasi; ● non si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative; ● non si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio.
III	Opere da costruzione non ricomprese negli altri criteri di attribuzione.
IV	Opere da costruzione 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; ● se aperta al pubblico: affollamento complessivo > 300 occupanti; ● se non aperta al pubblico: affollamento complessivo > 1000 occupanti; ● numero totale di posti letto > 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 ed affollamento complessivo > 25 occupanti; ● si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio ed affollamento complessivo > 25 occupanti.

Tabella 52 Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione dell'operatività antincendio (Tabella S.9-2).

È assicurata la possibilità di avvicinare i mezzi di soccorso antincendio, adeguati al rischio d'incendio, a distanza < 50 m dagli accessi per soccorritori dell'attività. L'accesso principale ha una larghezza superiore a 3,5 m, un'altezza libera superiore a 4 m in quanto all'aperto ed un raggio di svolta di 13 m garantito dalla pubblica via. L'area circostante è in piano, asfaltata su manto stradale, resistente al carico di un'autoscala dei Vigili del fuoco.

Per accedere al Compartimento 1 sono a disposizione 2 scale protette e 1 a prova di fumo (Tabella 53).

SCALA	Tipologia	Utilizzo
S3 – SCALA NE utilizzata come uscita e come ingresso uffici Museo Risorgimento. Collegamento da –3 a sottotetto p.+6	a prova di fumo	comune
S11 – Scala elicoidale Guardiania sud da p.-2 a p.+5. Funge anche da US	protetta	comune
S14 - Scala elicoidale Guariniana nord da p.-2 a p.+6 sottotetto. Funge anche da US	protetta	comune

Tabella 53 Tipologia scale di accesso nel Compartimento 1.

All'esterno dell'attività è disponibile un attacco motopompa collocato su via Cesare Battisti.

I sistemi di controllo e comando dei servizi di sicurezza destinati a funzionare in caso di incendio sono ubicati in posizione segnalata e facilmente raggiungibile durante l'incendio. Ai fini di agevolare l'operato delle squadre dei Vigili del fuoco la posizione e le logiche di funzionamento sono considerate nella gestione della sicurezza antincendio.

5.1.13 Sicurezza degli impianti tecnologici e di servizio (S10)

Gli impianti presenti nel Compartimento 1 sono stati analizzati ai fini della prevenzione dell'incendio, in particolare è stata verificata la distribuzione e utilizzazione dell'energia elettrica per l'illuminazione e la forza motrice, la protezione contro le scariche atmosferiche, controllato la distribuzione e utilizzazione del gas combustibile per il riscaldamento ed il processo lavorativo ed infine esaminato l'impianto di climatizzazione, comprese le opere di evacuazione dei prodotti della combustione.

Gli impianti tecnologici e di servizio inseriti nel processo produttivo dell'attività sono inseriti all'interno della valutazione del rischio di incendio, che prevede adeguate misure antincendio di tipo preventivo, protettivo e gestionale.

Per il **livello di prestazione I** è previsto che gli impianti saranno progettati, realizzati, eserciti e mantenuti in efficienza secondo la regola d'arte, in conformità alla regolamentazione vigente, con requisiti di sicurezza antincendio specifici.

Livello di prestazione	Descrizione
I	Impianti progettati, realizzati, eserciti e mantenuti in efficienza secondo la regola d'arte, in conformità alla regolamentazione vigente, con requisiti di sicurezza antincendio specifici.

Tabella 54 Livelli di prestazione della sicurezza degli impianti tecnologici e di servizio (Tabella S.10-1).

Per garantire il livello di prestazione I attribuito, è stata applicata la soluzione progettuale di tipo conforme.

5.1.13.1 Obiettivi di sicurezza antincendio

Gli obiettivi degli impianti presenti nell'attività sono:

- limitare la probabilità di costituire causa di incendio o di esplosione;
- limitare la propagazione di un incendio all'interno degli ambienti di installazione e contigui;
- non rendere inefficaci le altre misure antincendio, con particolare riferimento agli elementi di compartimentazione;
- consentire agli occupanti di lasciare gli ambienti in condizione di sicurezza;
- consentire alle squadre di soccorso di operare in condizioni di sicurezza;
- essere disattivabili, o altrimenti gestibili, a seguito di incendio.

La gestione e la disattivazione di impianti tecnologici e di servizio è stata realizzata in modo da:

- poter essere effettuata da posizioni segnalate, protette dall'incendio e facilmente raggiungibili;
- essere prevista e descritta nel piano d'emergenza.

5.1.13.2 Impianto di illuminazione e forza motrice

Gli impianti elettrici di illuminazione e forza motrice sono realizzati in conformità alla legge 10 marzo 1968, n. 186, attestati secondo quanto previsto dal Decreto Ministeriale

22 gennaio 2008, n. 37. I cavi elettrici e le canalizzazioni sono stati installati in modo da non provocare l'insorgere o il propagarsi di incendi all'interno dei fabbricati di cui fanno parte, suddivisi in modo che un eventuale guasto non provochi la messa fuori servizio dell'intero sistema. Vicino all'ingresso principale della struttura, nei pressi del contabilizzatore di energia elettrica, è posizionato un pulsante di sgancio di facile accesso che toglie la corrente elettrica a tutti i sistemi ad eccezione di quelli di sicurezza alimentati autonomamente.

5.1.13.3 Protezione contro le scariche atmosferiche

Per l'attività è stata eseguita una valutazione del rischio dovuto ai fulmini, da cui il fabbricato risulta autoprotetto.

5.1.13.4 Impianti di distribuzione del gas

La centrale termica e la rete di alimentazione a gas metano possiedono l'agibilità tecnica.

La tubazione del gas che alimentano la centrale termica passa all'interno dei fabbricati in cavedi protette.

La sezione libera delle valvole installate non è minore del 75% di quella dei tubi su cui sono installate, di facile manovrabilità e distinzione delle posizioni aperto/chiuso.

La posa in opera è stata eseguita in conformità con quanto evidenziato dal Decreto Ministeriale del 24/11/1984 e s.m.i. interrata dal contabilizzatore fino alla platea ad una profondità maggiore di 60 cm, a vista sulla parte di alimentazione interna al carter di protezione del bruciatore. I tratti aerei delle condotte sono protetti dalla corrosione atmosferica con pitturazione gialla continua adatta all'ambiente in cui si trovano.

In prossimità del bruciatore è stata installata sulla linea di alimentazione del gas, in posizione visibile e facilmente raggiungibile, una valvola di intercettazione manuale con manovra a chiusura rapida per rotazione di 90° ed arresti di fine corsa nelle posizioni di tutto aperto e di tutto chiuso. Il contatore del gas è installato all'esterno in contenitore aerato.

5.1.13.5 Opere di evacuazione dei prodotti della combustione

La canna fumaria della centrale termica è realizzata in modo da non venire a contatto con materiali combustibili, correttamente dimensionata e distanziata da eventuali pericoli di innesco dell'incendio.

5.1.13.6 Impianto di climatizzazione

L'impianto di riscaldamento dell'attività è costituito da una caldaia della potenza di 420 kW analizzata da un capitolo appositamente dedicato. L'impianto di refrigerazione è installato all'esterno, costituito da un'unità generatrice di freddo collegata ad un'unità di trattamento aria interna canalizzata che porta l'aria trattata all'interno degli ambienti per mezzo di canali aeraulici circolari in lamiera metallica.

L'attività si è dotata di un servizio interno di sicurezza, permanentemente presente durante l'esercizio al fine di consentire un tempestivo intervento di gestione delle emergenze. Gli addetti a tale servizio hanno conseguito l'attestato di idoneità tecnica.

5.1.14 Strategia antincendio

Per concludere si riporta la tabella riassuntiva e la pianta del quinto piano con tutte le soluzioni antincendio adottate.

Compartimento 1: Uffici del Polo Museale (Attività 72.1.C)				
Misura antincendio	Livello di prestazione	Note		
S1 Reazione al fuoco	-	GM2 vie di fuga		
		Non richiesta per i beni tutelati		
S2 Resistenza al fuoco	-	60		
S3 Compartimentazione	-	R60 di tipo protetto		
S4 Esodo	I	Affollamento 115 persone	L _{cc,max} 30 m	L _{es,max} 60 m
S5 Gestione della sicurezza	III	Piano di limitazione dei danni		
S6 Controllo dell'incendio	III	Classe di fuoco A	Controllo manuale con idranti a parete DN 45 e naspi UNI 25	
S7 Rivelazione ed allarme	IV	Rivelazione automatica e allarme in tutta la struttura		
S8 Controllo fumi e calore	II	SEe	Min. 32,55 m ²	Esistente 40,5 m ²
S9 Operatività antincendio	IV	-		
S10 Sicurezza degli impianti	I	-		

Tabella 55 Strategia antincendio adottata.

⊗ **PIANTA PIANO QUINTO (livello +5)**

Piazza Carlo Alberto

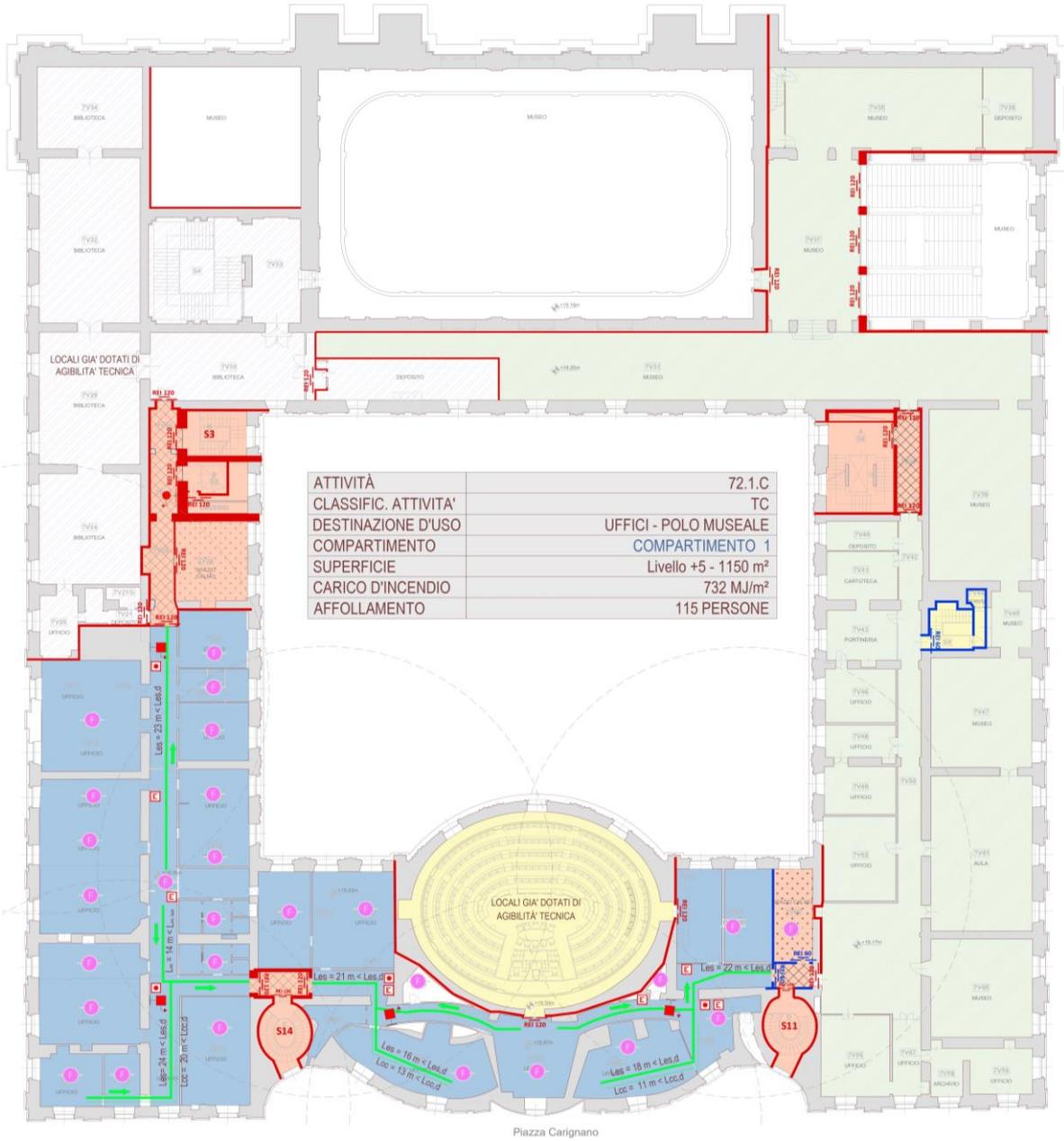


Figura 53 Pianta del quinto piano con le strategie antincendio adottate con il Codice di Prevenzione Incendi.

LEGENDA	
	PERCORSO DI USCITA VERSO IL BASSO
	PERCORSI DI DEFLUSSO VERSO LUOGHI SICURI - LARGHEZZA min 120 cm
	PORTE AVENTI CARATTERISTICHE DI RESISTENZA AL FUOCO REI 60 E MANIGLIONE
	PARETI AVENTI CARATTERISTICHE DI RESISTENZA AL FUOCO EI 60
	PORTE AVENTI CARATTERISTICHE DI RESISTENZA AL FUOCO REI 120 E MANIGLIONE
	PARETI AVENTI CARATTERISTICHE DI RESISTENZA AL FUOCO EI 120
	IDRANTI A PARETE UNI 45 CON TUBAZIONE FLESSIBILE E LANCIA A NORMA UNI EN 671- 2
	NASPI A PARETE UNI 25 CON TUBAZIONE SEMIRIGIDA E LANCIA A NORMA UNI EN 671- 2
	ESTINTORE A POLVERE DA 6Kg - CAPACITÀ ESTINGUENTE 13A 89B C
	PULSANTE DI ALLARME
SX	SCALA N. X
FA	FILTRO AERATO
	FILTRO A PROVA DI FUMO
	SPAZIO CALMO
	AREA PROTETTA DA RIVELATORI DI FUMO A NORMA UNI EN 54-7
	RAGGIO DI INFLUENZA DELLE APERTURE DI SMALTIMENTO

Figura 54 Legenda della Figura 53.

5.2 Verifiche con gli strumenti della FSE

Per il caso in studio è stato utilizzato un approccio di tipo prestazionale per effettuare una verifica delle misure antincendio adottate seguendo il Codice di Prevenzione Incendi.

La simulazione dell'esodo degli occupanti presenti nel polo uffici al quinto piano del Palazzo ha lo scopo di verificare la corretta evacuazione del compartimento concentrandosi soprattutto sulle due scale elicoidali presenti.

5.2.1 Individuazione scenari

Come primo passo è stato necessario effettuare un'analisi dei possibili scenari d'incendio che potrebbero verificarsi con maggiore probabilità all'interno della struttura. Per fare ciò è stato utile avvalersi di un albero degli eventi presente in Figura 55.

L'albero degli eventi, in generale, è una rappresentazione grafica che permette di analizzare un incidente a partire dalle cause interne o esterne da cui si genera l'evento iniziale e a loro volta una combinazione di eventi che potrebbero susseguirsi. Nel progetto in esame le cause interne individuate fanno riferimento ad un eventuale incendio causato da:

- apparecchiature elettriche come computer, stampante e quadro elettrico;
- gas infiammabili;
- liquidi infiammabili;
- materiali solidi come la carta, altamente presente in ufficio.

Le cause esterne invece, potrebbero derivare da atti vandalici, fiamme libere come il fumo di sigaretta o da lavori di saldatura ed infine da eventi naturali, un esempio sono i fulmini.

L'evento iniziale è l'innesco dell'incendio il quale combinato con altri eventi derivanti dal mal/ben funzionamento di allarmi portano ad un certo scenario di incendio.

Per scegliere i giusti scenari, ossia quelli più probabili, è stata condotta un'analisi storica di edifici simili e/o destinazione d'uso ufficio.

Gli scenari scelti per il caso studio sono (Tabella 56):

- configurazione normale, tutte le uscite sono disponibili;
- incendio causato da un cortocircuito di un server collocato nei pressi dell'uscita di emergenza ES8.

In quest'ultimo caso l'uscita di emergenza ES8 risulta essere inutilizzata, per cui le uniche vie di esodo sono attraverso le due rampe di scale ellittiche.

Configurazione	Descrizione
1	Condizione di normalità, tutte le uscite sono disponibili. Gli occupanti considerati sono quelli relativi al quinto piano e coloro che confluiscono nelle scale S3, S11 e S14.
2	Condizione di incendio causato da un cortocircuito di un server nei pressi dell'uscita 8, che disabilita l'utilizzo della scala S3 per gli occupanti del Compartimento 1 (uffici quinto piano).
3	Condizione di normalità, tutte le uscite sono disponibili. Sono considerati SOLO gli occupanti del Compartimento 1.

Tabella 56 Configurazioni delle simulazioni di esodo.

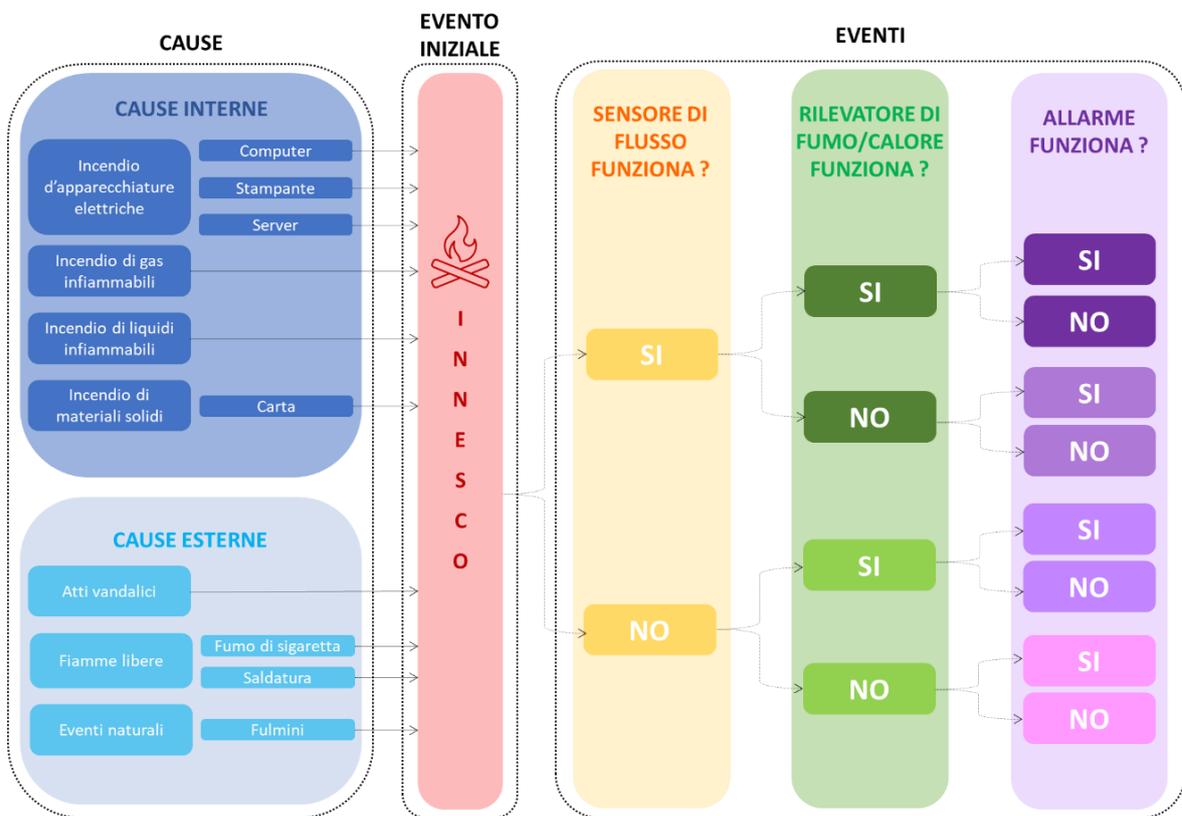


Figura 55 Albero degli eventi.

5.2.2 Simulazione di esodo

La simulazione di esodo è stata effettuata utilizzando il software Pathfinder²⁵ che ha permesso di simulare l'evacuazione degli occupanti utilizzando il modello agent-based (ABM).

²⁵ Pathfinder: software house Thunderhead®

Il modello ABM è una classe di modelli computazionali che si fonda sulle interazioni fra agenti in modo tale da poter studiare i comportamenti che gli occupanti assumerebbero in caso di emergenza. Gli agenti risultano delle entità dinamiche che prendono decisioni in base alle caratteristiche assegnate dal progettista, essi sono capaci di interagire con l'ambiente adattando i comportamenti di conseguenza.

Il software è stato utilizzato come mezzo per valutare le dinamiche di evacuazione degli uffici del quinto piano, valutando i tempi di esodo per gli scenari scelti.

Il movimento degli occupanti può essere simulato attraverso due modalità:

- SFPE mode;
- Steering mode.

La simulazione in modalità SFPE rappresenta un modello di flusso non comportamentale, per cui degli occupanti si muovono seguendo dei principi fisici idraulici contenuti nel SFPE Handbook. La velocità standard degli occupanti segue la seguente equazione:

$$v_b = v_{max} \cdot v_f(D) \cdot v_{ft}$$

in cui:

- v_{max} è la velocità massima
- $v_f(D)$ è la frazione di velocità in funzione della densità di occupanti della stanza:

$$v_f(D) = \begin{cases} 1 & D < 0,55 \text{ pers/m}^2 \\ \max\left[v_{fmin}, \frac{1}{85}(1 - 0,266 \cdot D)\right] & D \geq 0,55 \text{ pers/m}^2 \end{cases}$$

Dove:

- v_{fmin} è la frazione di velocità minima, pari a 0,15
- D è la densità degli occupanti
- v_{ft} è la frazione di velocità relativo al terreno su cui si muovono gli occupanti:

$$v_{ft} = \frac{k}{1,4}$$

Dove k è una costante che varia con la pendenza del terreno: è pari a 1,4 m/s per superfici piane o rampe, valori diversi se si tratta di scale. Tutti i valori di k sono indicati nel libro "SFPE Handbook of Fire Protection Engineering".

Infine, nella modalità Steering i flussi passanti per le porte non sono specificati, ma le persone procedono in maniera autonoma, deviando il proprio percorso solo per evitare le collisioni con gli altri occupanti. Il comportamento di ciascun occupante è perciò mutevole.

5.2.2.1 Modellazione della struttura

La struttura è stata modellata con il software Revit²⁶, software BIM multidisciplinare, che ha permesso di ricreare un gemello digitale di Palazzo Carignano.

Il livello di dettaglio ottenuto ha preso in considerazione lo scopo finale della tesi, ossia avere un modello tridimensionale della struttura dal punto di vista architettonico.

Il Palazzo è stato modellato con elementi generici, non andando perciò a dettagliare né le informazioni del singolo elemento né i numerosi dettagli di finitura che ne caratterizzano la sua maestosità.

Le uniche informazioni che sono state aggiunte riguardano caratteristiche antincendio come la resistenza al fuoco dei muri e solai ed il compartimento di riferimento.

Queste ultime informazioni sono state inserite attraverso la creazione di parametri di istanza per gli elementi di riferimento:

- parametro “Resistenza antincendio” per i muri e pavimenti (Figura 57);
- parametro “Compartimento” per i pavimenti.

In base al valore alfanumerico assegnato a ciascun parametro sono stati creati dei filtri per visualizzare le caratteristiche nel modello (Figura 56).

²⁶ Revit: software house Autodesk

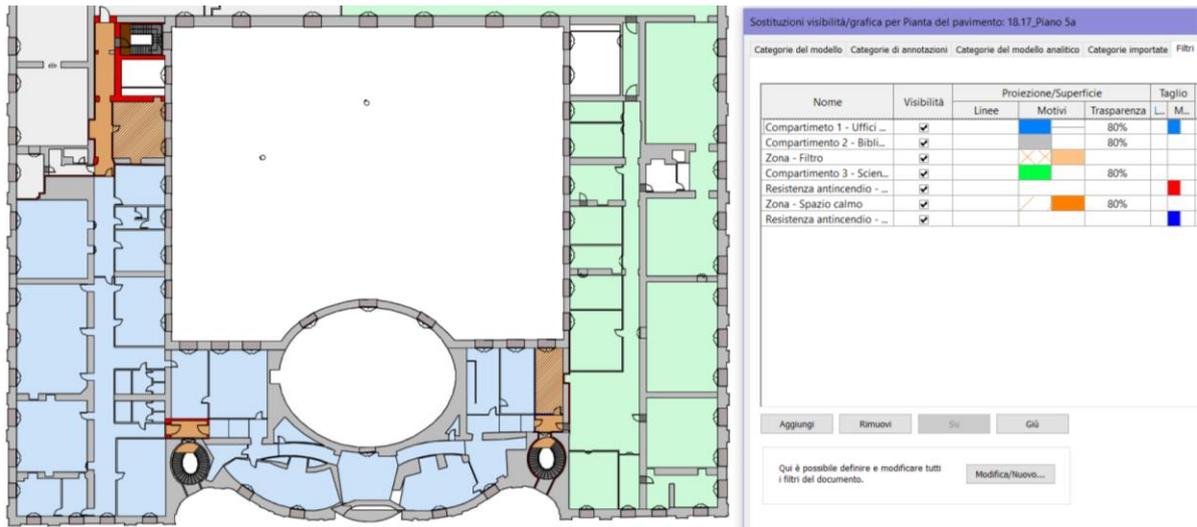


Figura 56 Schermata Revit dei filtri applicati.

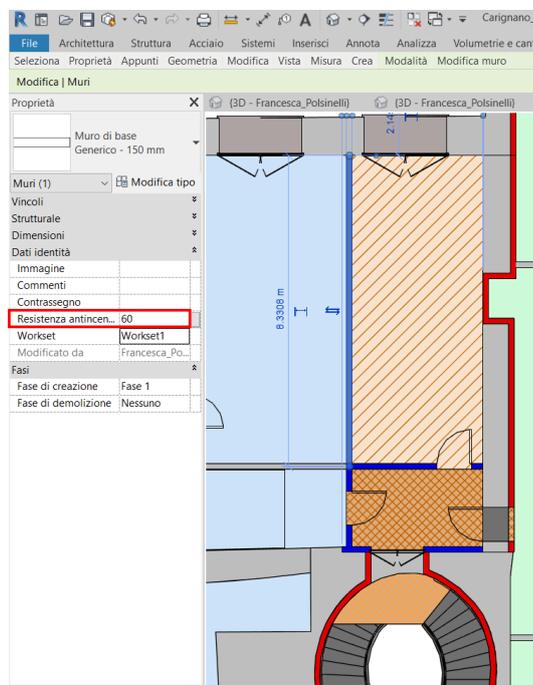


Figura 57 Schermata Revit del Parametro "Resistenza antincendio".

Nelle figure successive sono stati riportati dei render della struttura ultimata, che è stata poi esportata ed importata nel software di simulazione di riferimento.

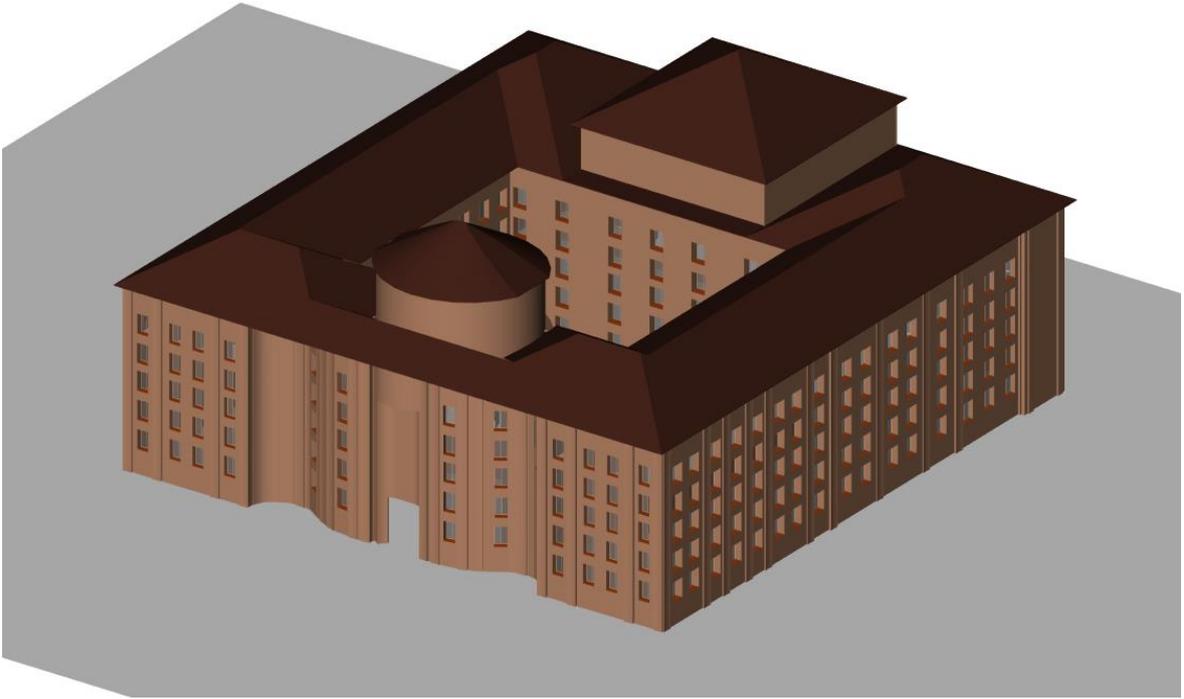


Figura 58 Render del modelo mediante Revit.

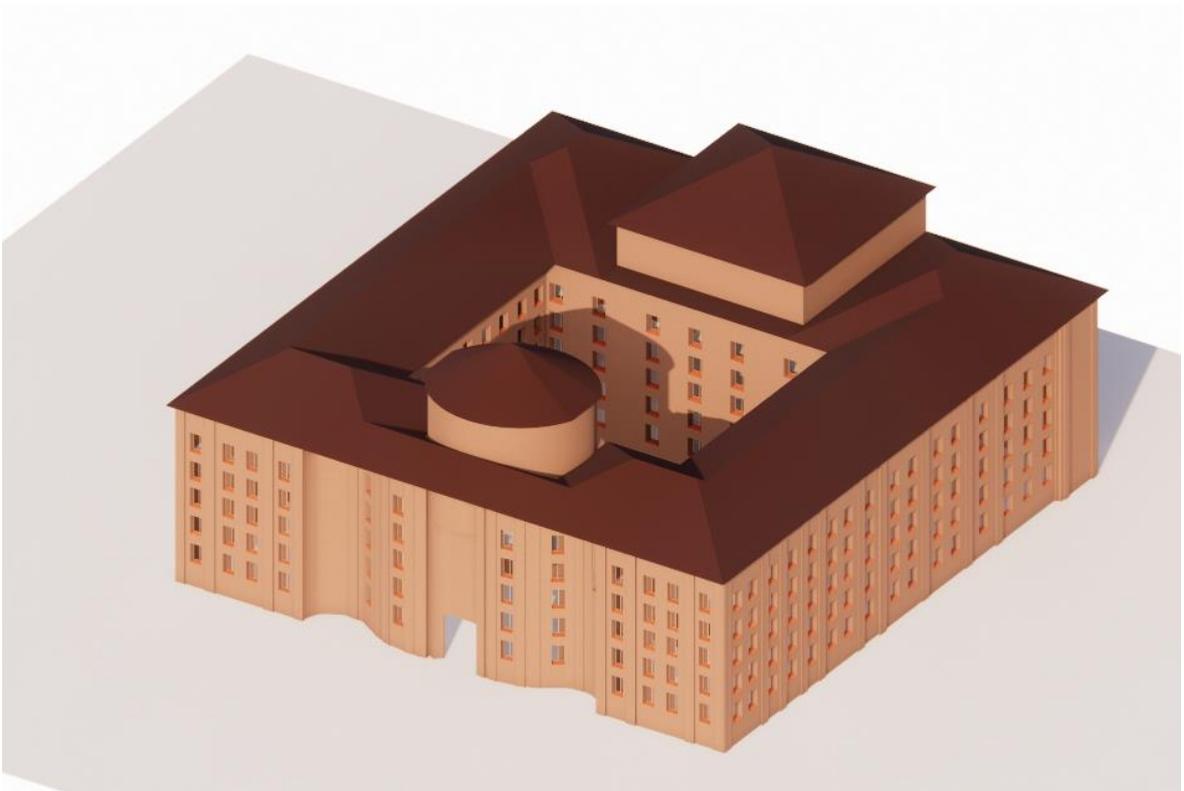


Figura 59 Render del modelo mediante Enscape.

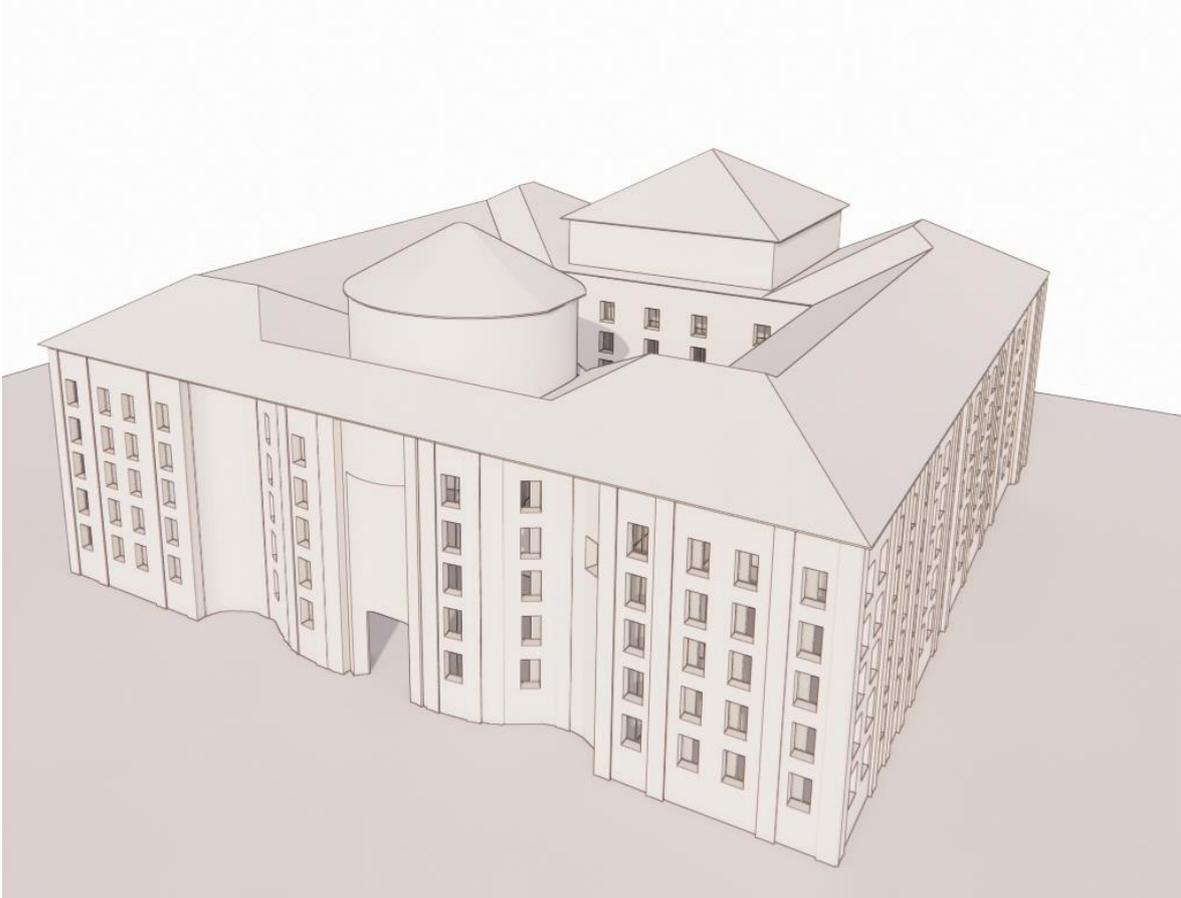


Figura 60 Render del modello mediante Enscape.

5.2.2.2 Importazione in Pathfinder

L'importazione del modello tridimensionale è avvenuta mediante il formato IFC, poiché risulta la scelta migliore per importare anche i dati degli oggetti della struttura.

Durante l'importazione ciascun elemento perde completamente le proprie informazioni, proprio perché durante la simulazione il software conta solo gli elementi dal punto di vista bidimensionale. Infatti, lo spazio su cui si muovono gli occupanti è una mesh triangolare, ossia una superficie bidimensionale costituita da una serie di triangoli affiancati in cui, in ciascuno di esso, vengono effettuati i veri e propri calcoli matematici durante la simulazione.

I muri, gli arredi ed altri oggetti vengono considerati come ostruzioni, ossia delle aree vuote in cui gli occupanti non possono muoversi, mentre i pavimenti vengono discretizzati come mesh.

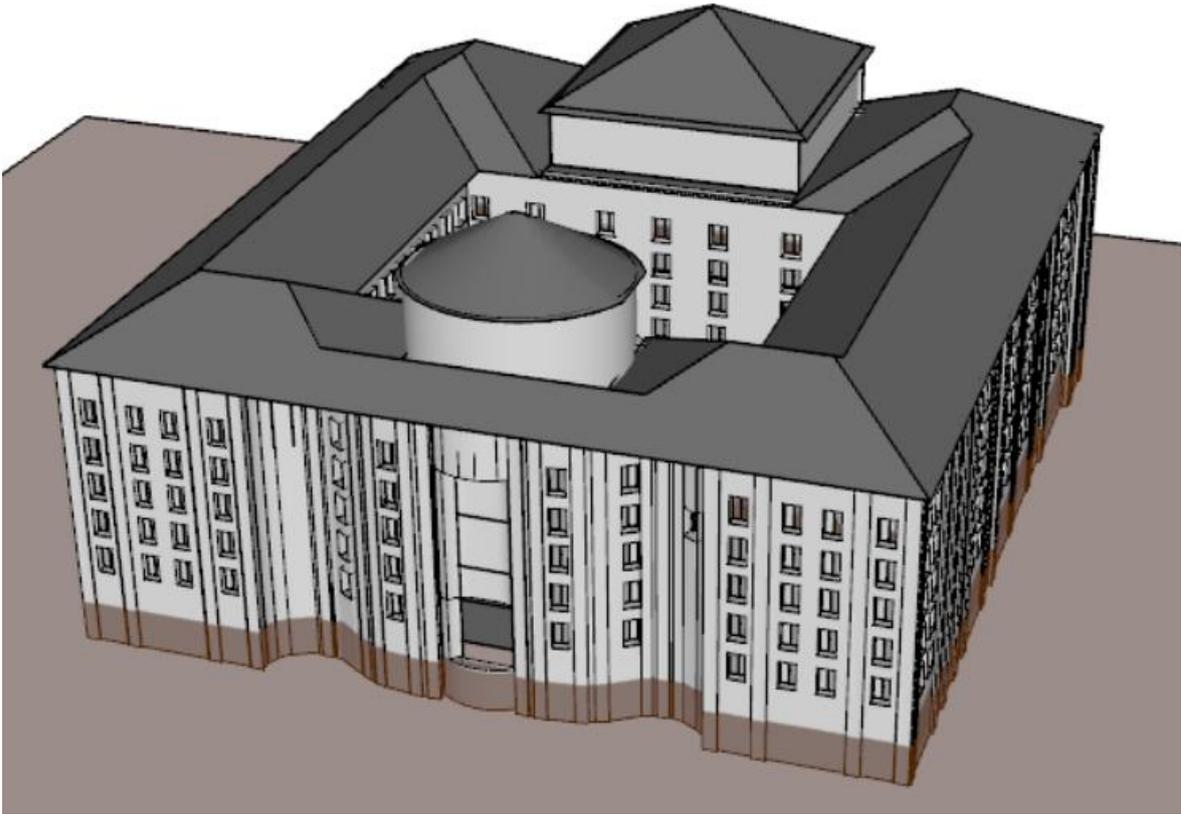


Figura 61 Modello BIM importato.

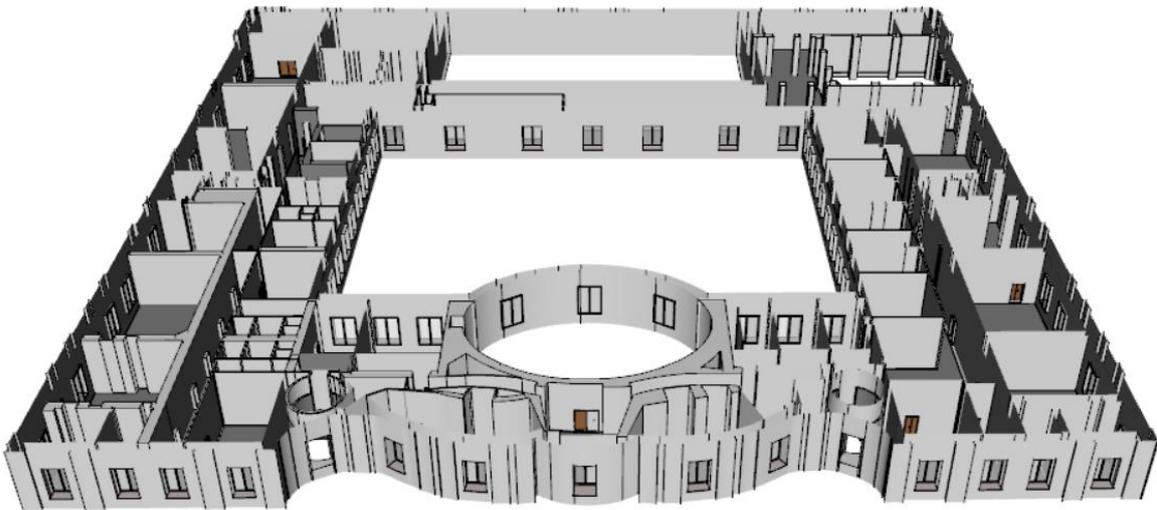


Figura 62 Modello BIM del quinto piano importato.

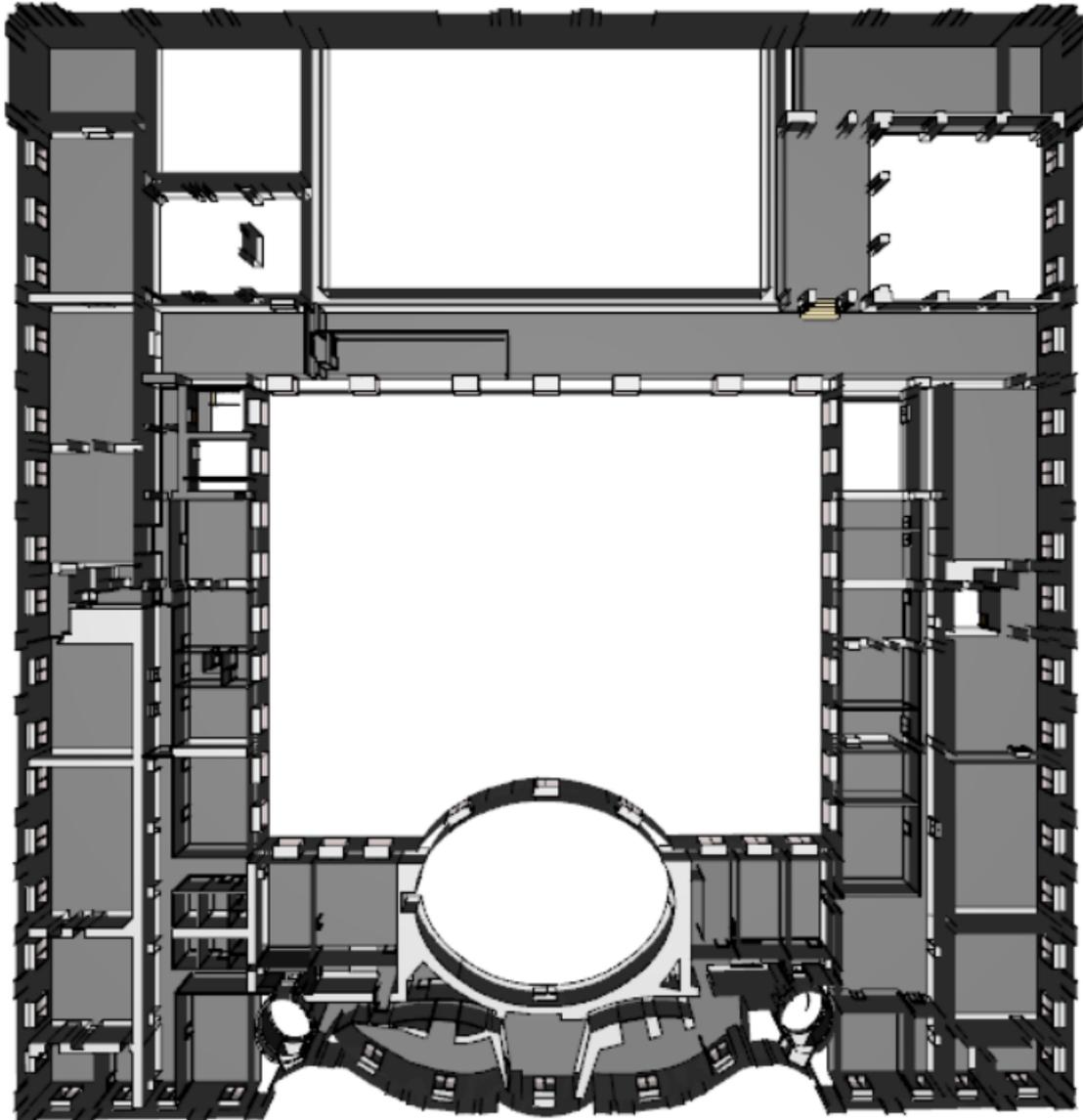


Figura 63 Modello BIM del quinto piano importato.

5.2.2.3 Creazione del modello

Dopo aver importato il file IFC è stato creato il modello in Pathfinder attraverso il comando “Generate model from BIM”, che permette di estrarre automaticamente i pavimenti, le porte e le scale, anche se è comunque stato necessario apportare alcune modifiche manualmente attraverso i comandi di modellazione degli elementi presenti a sinistra dello spazio modello. Fra gli errori maggiormente riscontrati ci sono le scale, in particolare alcune rampe non sono state riconosciute come tali, e alcune porte (Figura 69).

Di seguito sono riportate alcune schermate ottenute dopo la creazione automatica del modello, in cui sono visibili:

- i pavimenti colorati in maniera diversa a seconda delle stanze;
- le porte in giallo che permettono agli occupanti di passare da una stanza all'altra;
- le porte in verde che rappresentano le uscite verso il luogo sicuro;
- i muri intesi come ostruzioni.

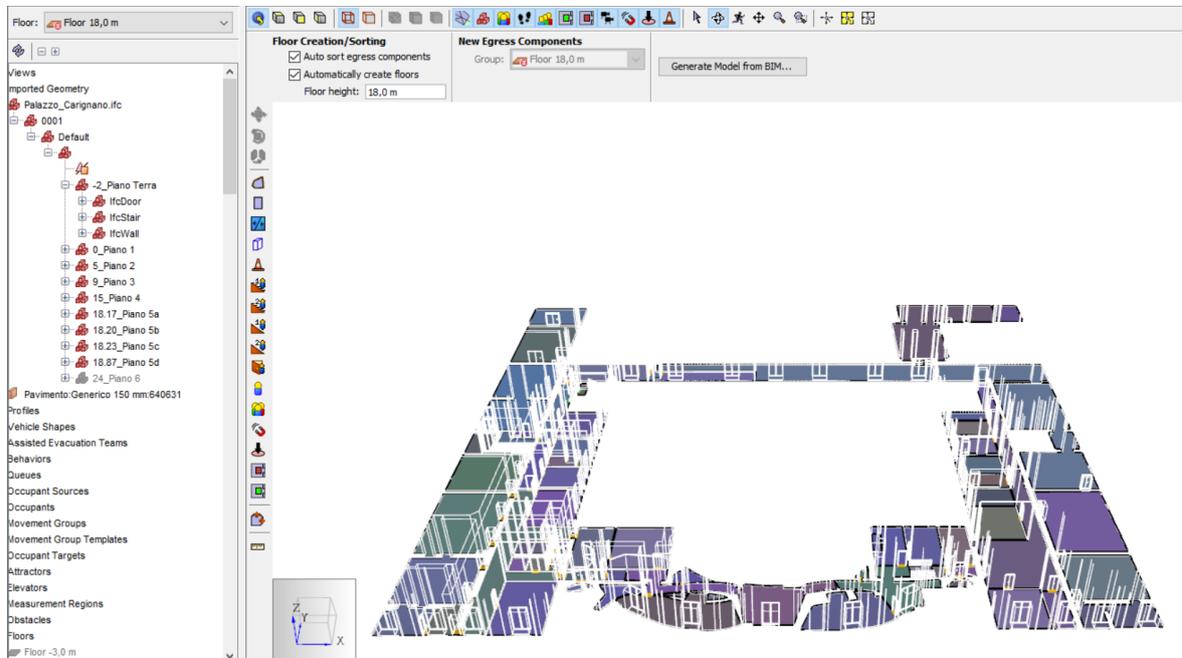


Figura 64 Generazione del modello da BIM: quinto piano.

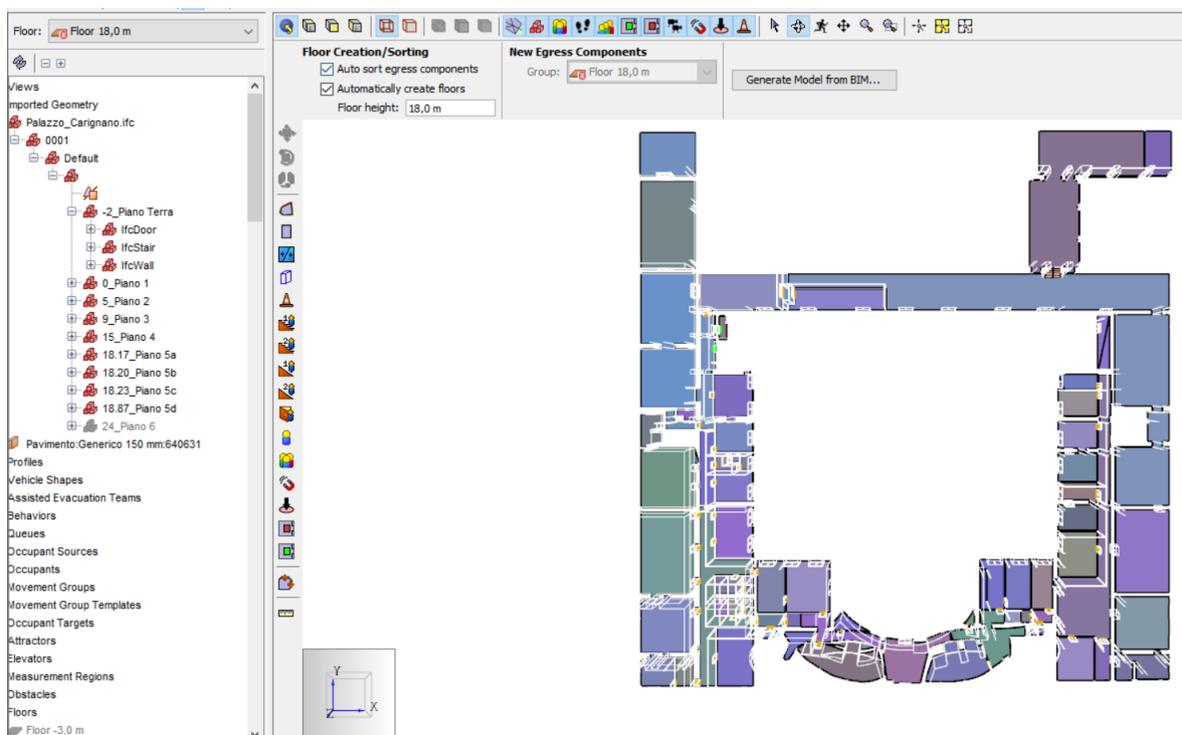


Figura 65 Generazione del modello da BIM del quinto piano.

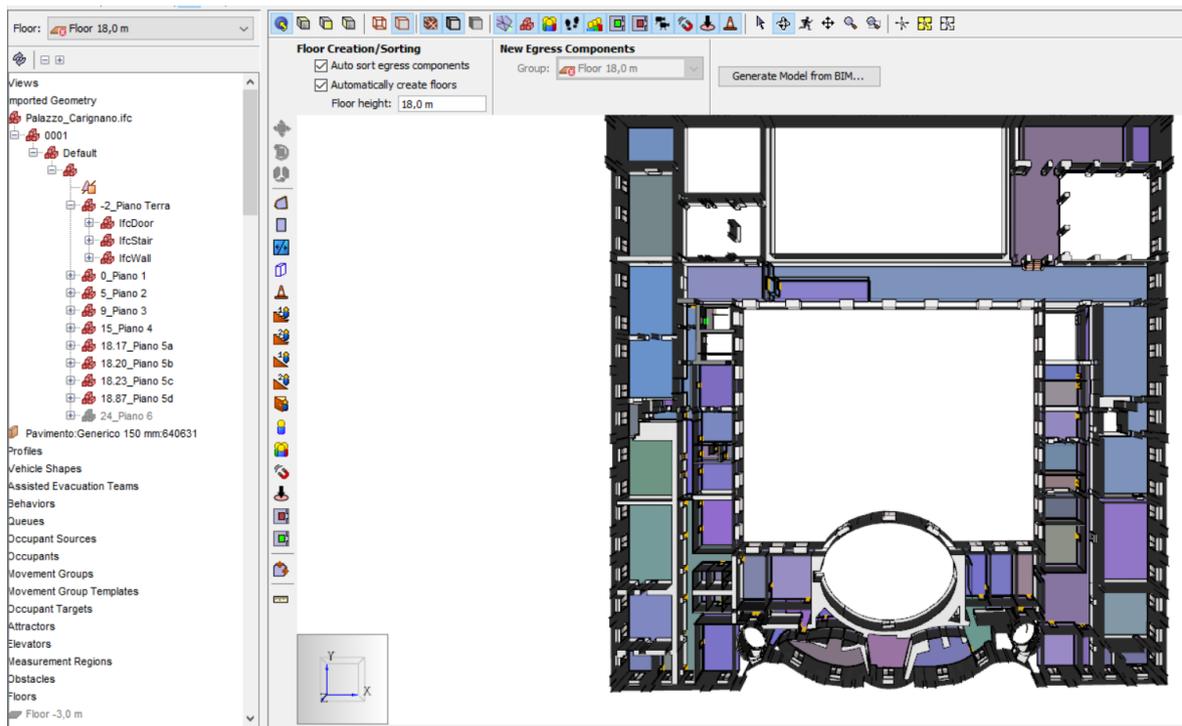


Figura 66 Generazione del modello da BIM del quinto piano.

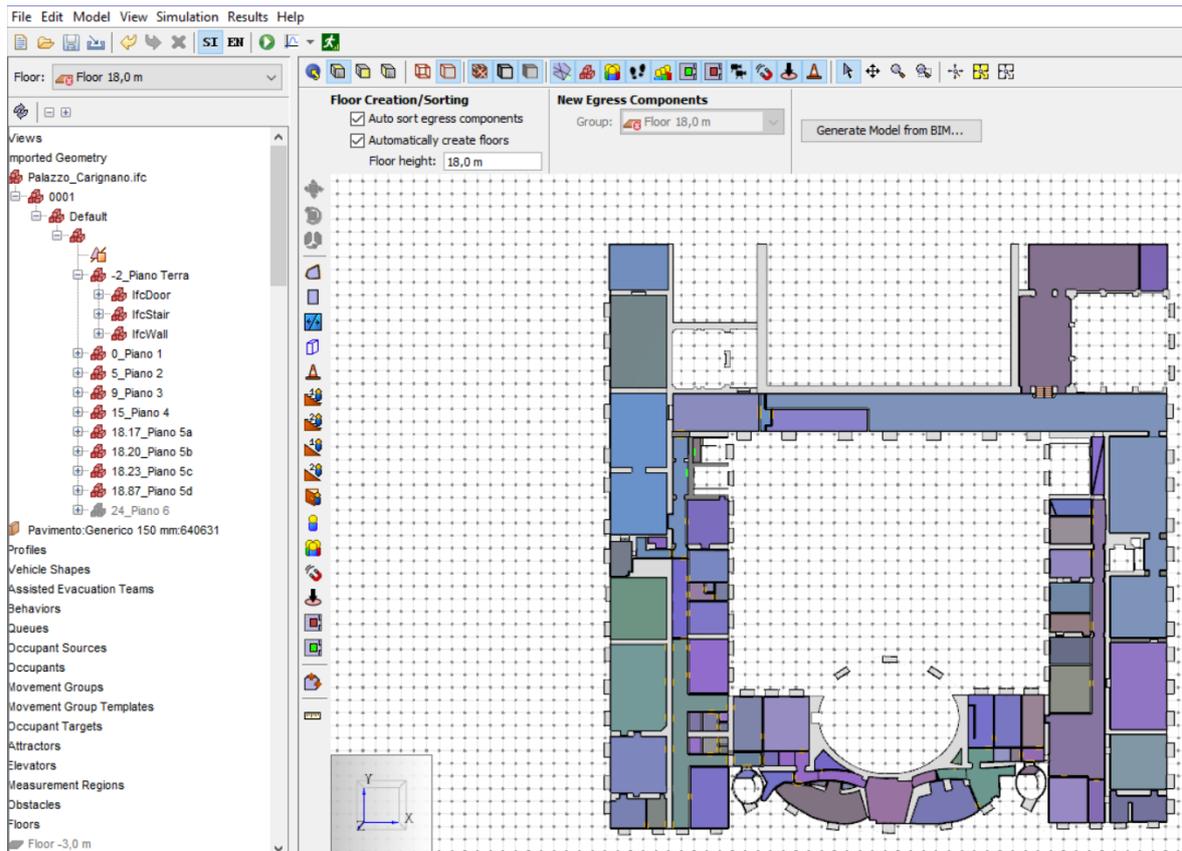


Figura 67 Vista in pianta del modello generato da BIM del quinto piano.

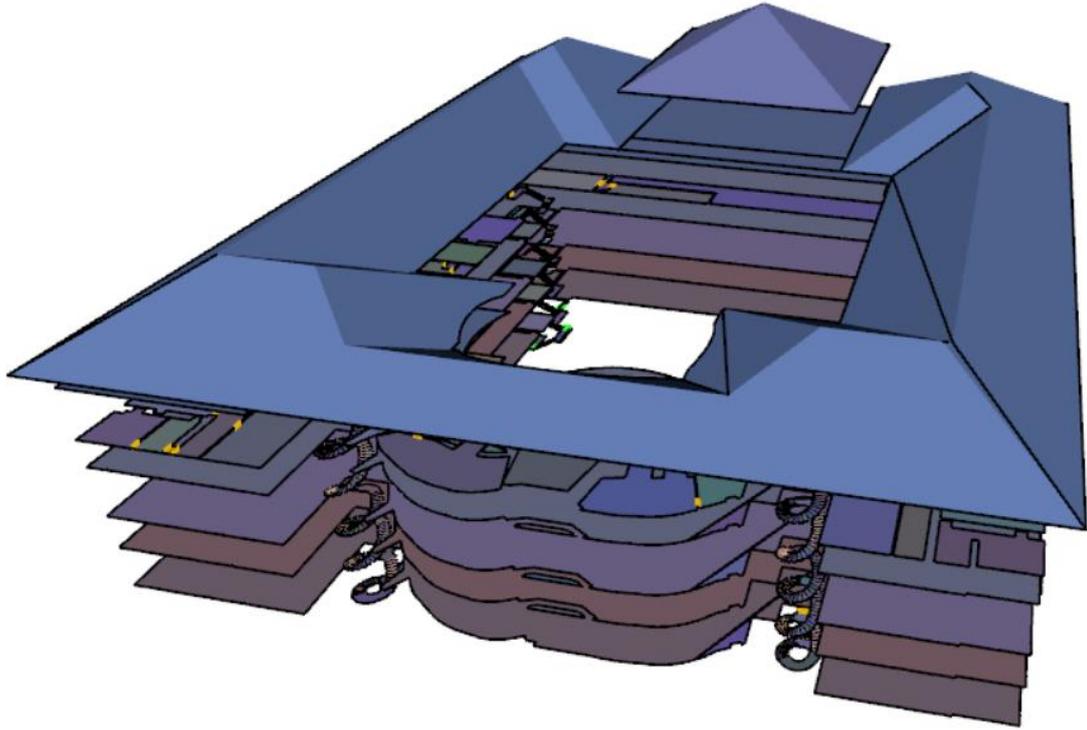


Figura 68 Modello generato da BIM.

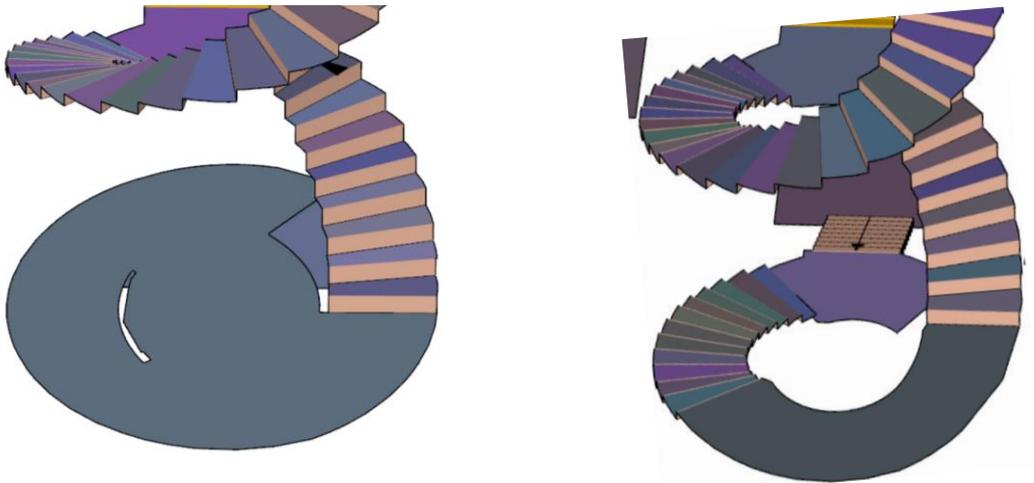


Figura 69 Errori della generazione automatica del modello: Prima e dopo.

5.2.2.4 Caratterizzazione occupanti

In Pathfinder la modellazione degli occupanti è divisa in due parti:

- “Profiles”: rappresentano gli aspetti fisici del singolo occupante in termini geometrici;
- “Behaviors”: sono gli aspetti comportamentali dell’occupante.

Non avendo dei dati attendibili della configurazione attuale degli impiegati nell'ufficio caso di studio è stato necessario fare uno studio in letteratura per ottenere il più possibile una simulazione verosimile dello scenario.

Proprio per questo motivo sono state studiate le seguenti condizioni che senza dubbio influenzano la prova di esodo (Tabella 57):

- Affollamento totale: pari a 115 persone;
- Categoria degli occupanti: in questo caso solo lavoratori dal momento in cui il polo uffici non è aperto al pubblico;
- Stato psico-fisico: diverso a seconda delle sottocategorie che vedremo in seguito;
- Grado di familiarità degli occupanti con l'ambiente: nel caso in studio, per le ragioni sopra citate, tutti gli occupanti hanno piena familiarità con l'edificio;
- Stato di veglia/sonno: tutti gli occupanti sono in stato di veglia.

Affollamento	115 persone
Categoria occupanti	Lavoratori
Stato psico-fisico	Adulti
	Adulti con limitazioni motorie lievi
	Adulti con limitazioni motorie gravi
Grado di familiarità	Piena familiarità
Stato di veglia/sonno	Veglia

Tabella 57 Condizioni degli occupanti.

Le sottocategorie individuate sono le seguenti:

- Adulti: lavoratori normodotati con nessuna difficoltà motoria;
- Adulti con limitazioni motorie leggere:
 - o persone con difficoltà motorie dovute all'età (considerati gli over 60);
 - o donne incinte;
- Adulti con limitazioni motorie gravi:

- persone con le stampelle;
- persone su sedie a rotelle;
- persone sorde;
- persone cieche.

Per simulare la giusta composizione degli occupanti, in particolare della percentuale dei lavoratori disabili, quindi con limitazioni motorie gravi, è stato necessario fare riferimento alla legge del 12 marzo del 1999, n.68²⁷, in cui nell'articolo 3 relativo alle assunzioni obbligatorie viene così riportato:

- sette per cento dei lavoratori occupati, se occupano più di 50 dipendenti;
- due lavoratori, se occupano da 36 a 50 dipendenti;
- un lavoratore, se occupano da 15 a 35 dipendenti.

Rientrando nel primo caso la percentuale di "Adulti con limitazioni motorie gravi" è del 7%.

All'interno di quest'ultima casistica si sono considerati gli adulti:

- su sedia a rotelle;
- ciechi;
- sordi;
- con stampelle;
- autistici.

Per stimare la percentuale di persone over 60 si è fatto riferimento ai dati raccolti dall'ISTAT della "Popolazione residente in Italia: Per fasce di età" del 1° gennaio 2019.

		Persone
Età [anni]	60	861681
	61	832588
	62	809525
	63	770912
	64	760051
	65	742342
	66	725615
	67	711545
	60-67	6214259
Popolazione totale		58983122
% over 60		11%

²⁷ Legge 12 marzo 1999, n.68: "Norme per il diritto al lavoro dei disabili".

Tabella 58 Percentuale over 60.

Il calcolo della percentuale di donne incinte è stato ricavato mediante la rilevazione condotta dall'ISTAT relativa ai Nati vivi nel 2018 confrontati con la popolazione totale censita il 1° gennaio 2019. Tale stima è sicuramente approssimativa poiché non tiene conto di diversi fattori, quali interruzioni di gravidanza, bambini nati morti.

Numero nascite	440780
Popolazione totale	58983122
% Nascite nel 2019	0,75%

Tabella 59 Percentuale donne incinte.

Tenendo in considerazione queste due ultime stime, il macro-blocco relativo agli "Adulti con limitazioni motorie lievi" ha un percentuale del 12%.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva con la divisione degli occupanti a seconda dello stato psico-fisico ed il relativo valore di velocità di movimento.

Tipologia occupanti	Numero occupanti [-]	% occupanti
Adulti	93	81
Adulti con limitazioni motorie lievi	14	12
Adulti con limitazioni motorie gravi	8	7

Tabella 60 Suddivisione occupanti.

Occupanti

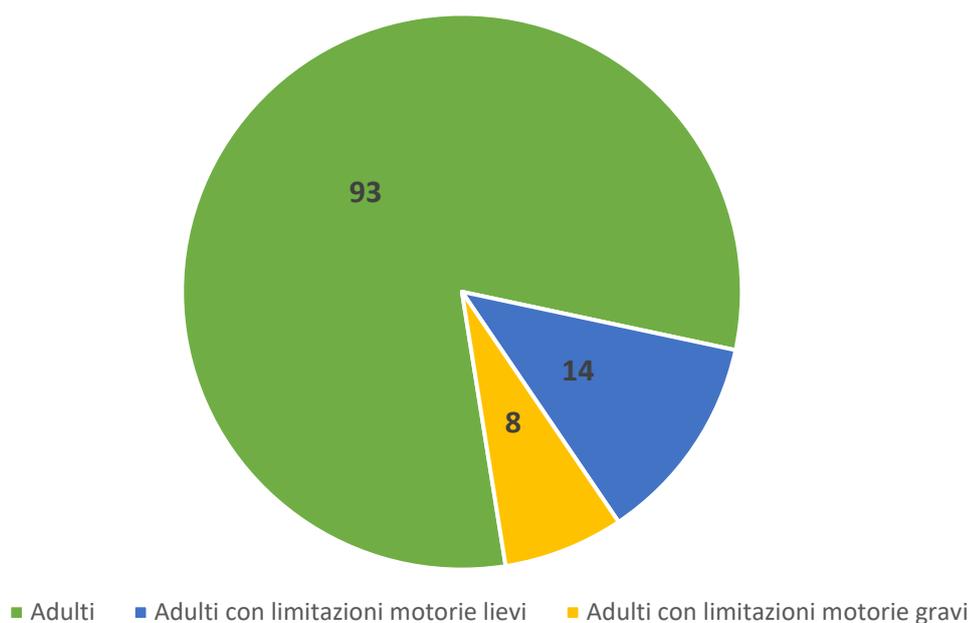


Figura 70 Grafico a torta degli occupanti.

Adulti con limitazioni motorie lievi

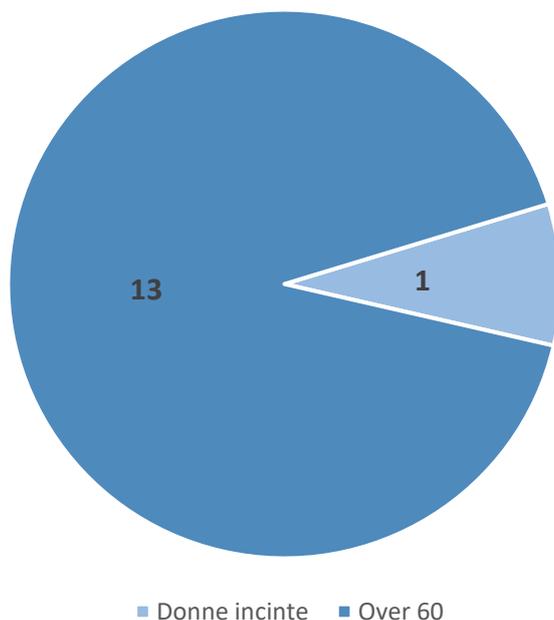


Figura 71 Grafico a torta degli adulti con limitazioni motorie lievi.

Adulti con limitazioni motorie gravi

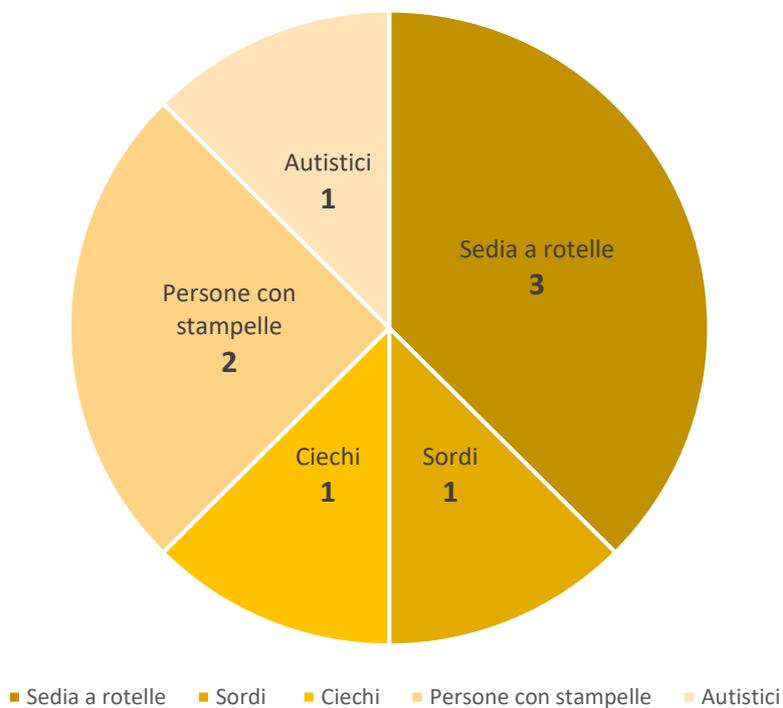


Figura 72 Grafico a torta degli adulti con limitazioni motorie gravi.

5.2.2.5 Creazione Profiles e Behaviors

I profili sono stati creati per assegnare a ciascun occupante le caratteristiche geometriche e di velocità.

Sono stati assunti diversi valori di velocità a seconda della tipologia di occupante (Tabella 61), tenendo in considerazione i dati presenti nella normativa ISO-TR-16738.

Tipologia occupanti		Velocità [m/s]
		ISO-TR 16738
Adulti		1,25
Adulti con limitazioni motorie lievi		1*
Adulti con limitazioni motorie gravi	Sedia a rotelle	0,89
	Ciechi, sordi, autistici	1*
	Stampelle	0,94

*valore assegnato a "tutti i soggetti disabili" per la ISO-TR-16738

Tabella 61 Valori di velocità assunti.

I profili sono stati differenziati anche geometricamente e cromaticamente:

- profilo "Adulti", forma cilindrica colore celeste (Figura 73);
- profilo "L.L. Over 60", forma cilindrica colore marrone (Figura 74);
- profilo "L.L. Incinta", forma cilindrica colore viola (Figura 75);
- profilo "L.G. Autistico", forma cilindrica colore verde (Figura 76);
- profilo "L.G. Cieco", forma cilindrica colore arancione (Figura 77);
- profilo "L.G. SediaRotelle", forma poligonale colore rosso (Figura 78);
- profilo "L.G. Sordo", forma cilindrica colore giallo (Figura 79);
- profilo "L.G. Stampelle", forma cilindrica colore fucsia (Figura 80).

Gli occupanti presenti negli altri Compartimenti, che hanno come esodo verticale le scale S3, S11 e S14, sono stati considerati come profili di default, di forma cilindrica e di colore grigio (Figura 81).

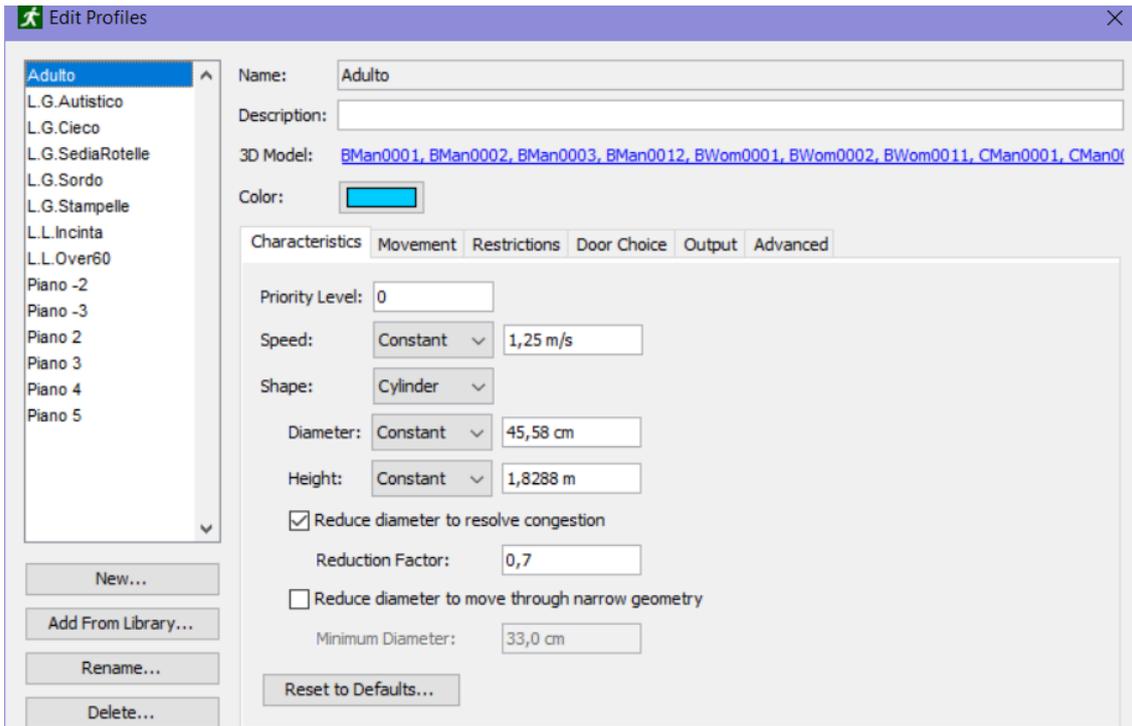


Figura 73 Profilo "Adulto".

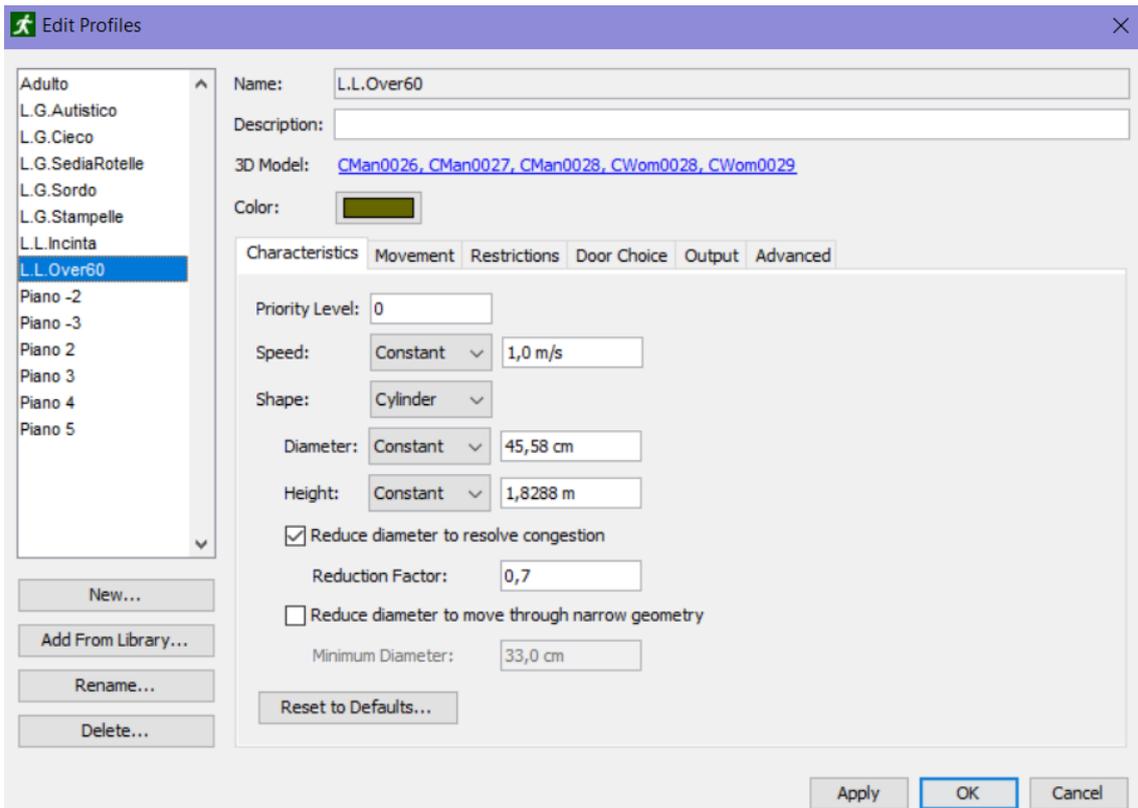


Figura 74 Profilo "L.L. Over60".

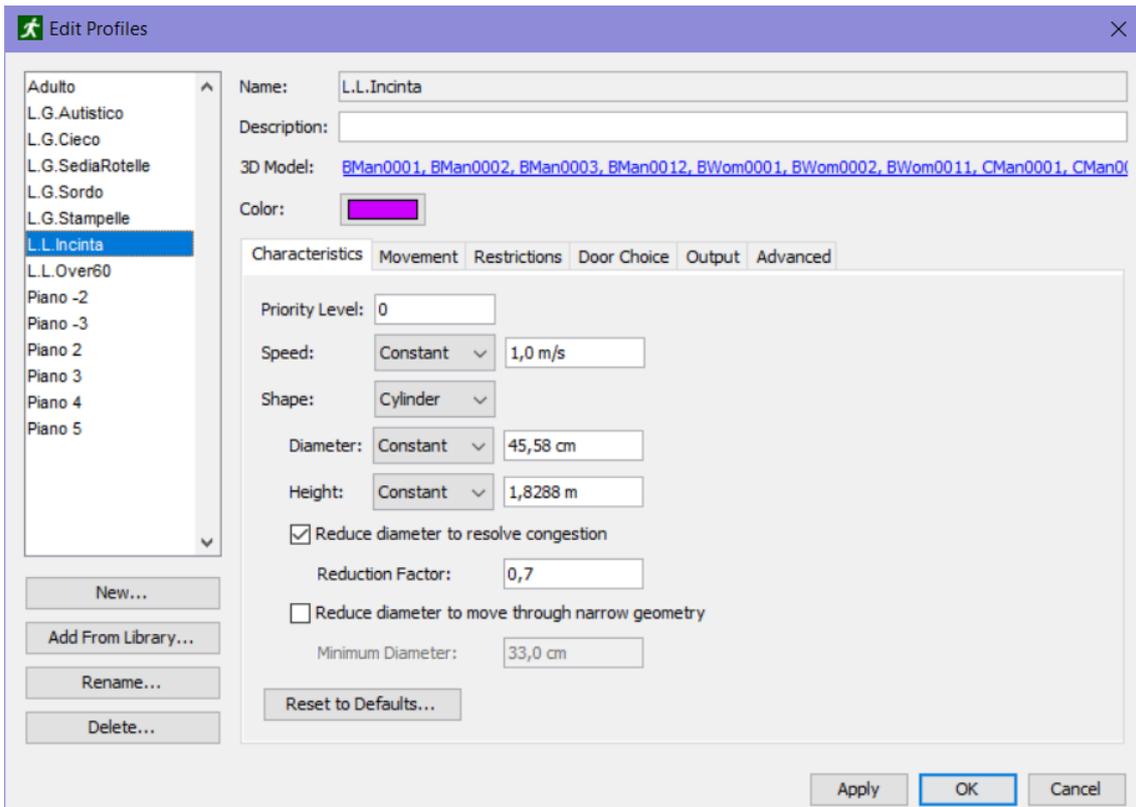


Figura 75 Profilo "L.L. Incinta".

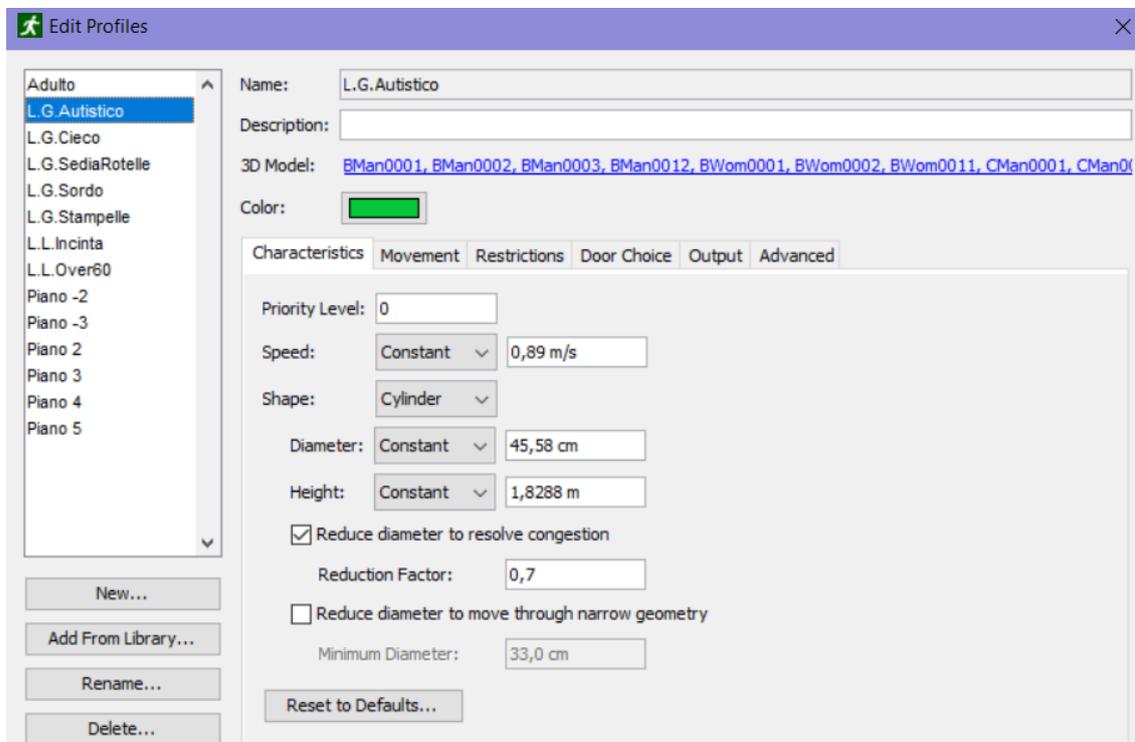


Figura 76 Profilo "L.G. Autistico".

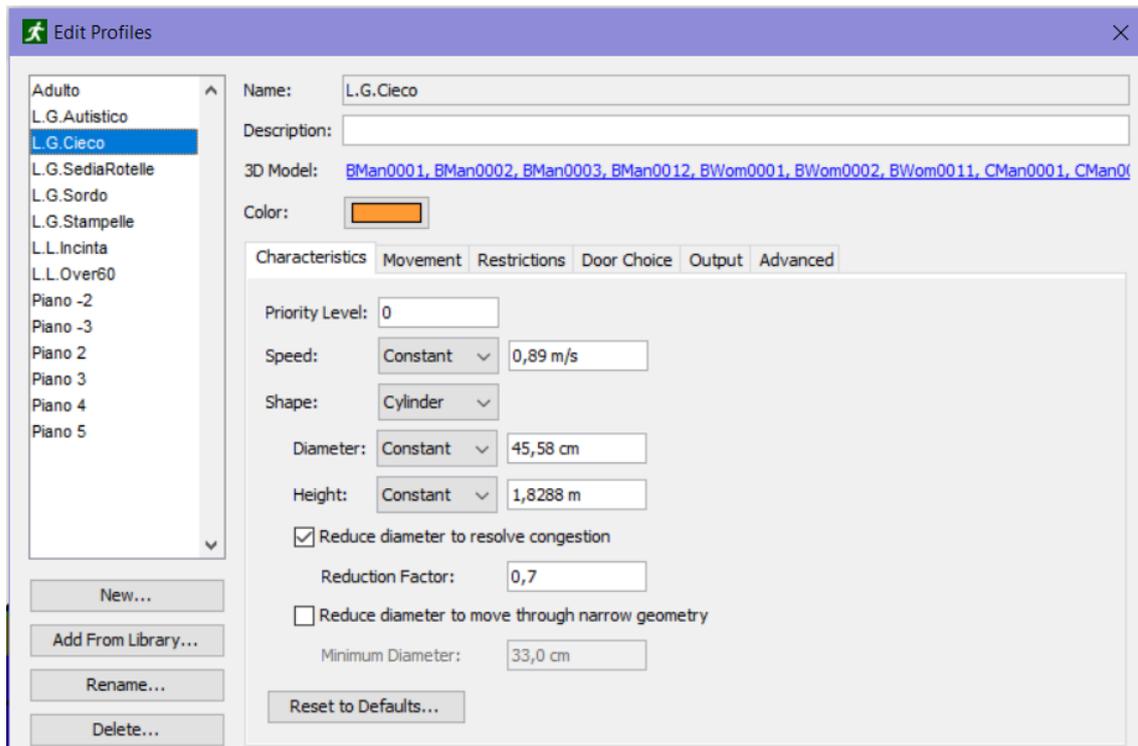


Figura 77 Profilo "L.G. Cieco".

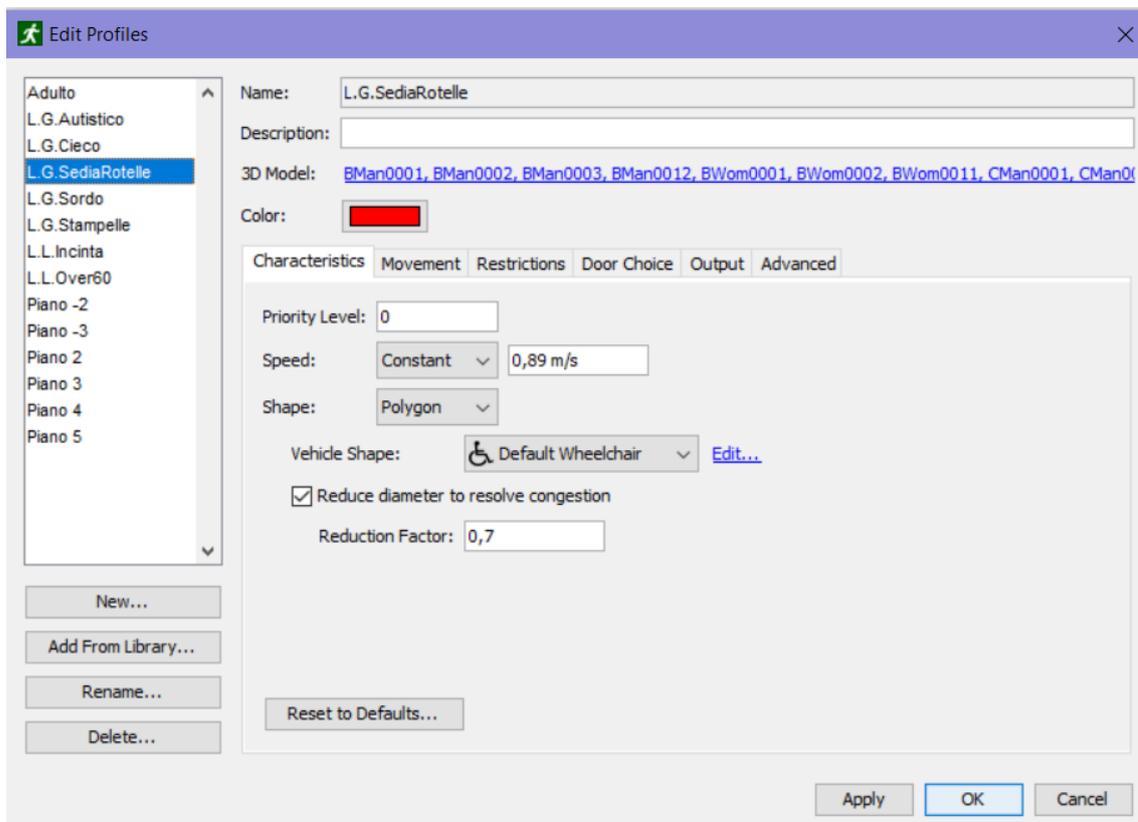


Figura 78 Profilo "L.G. SediaRotelle".

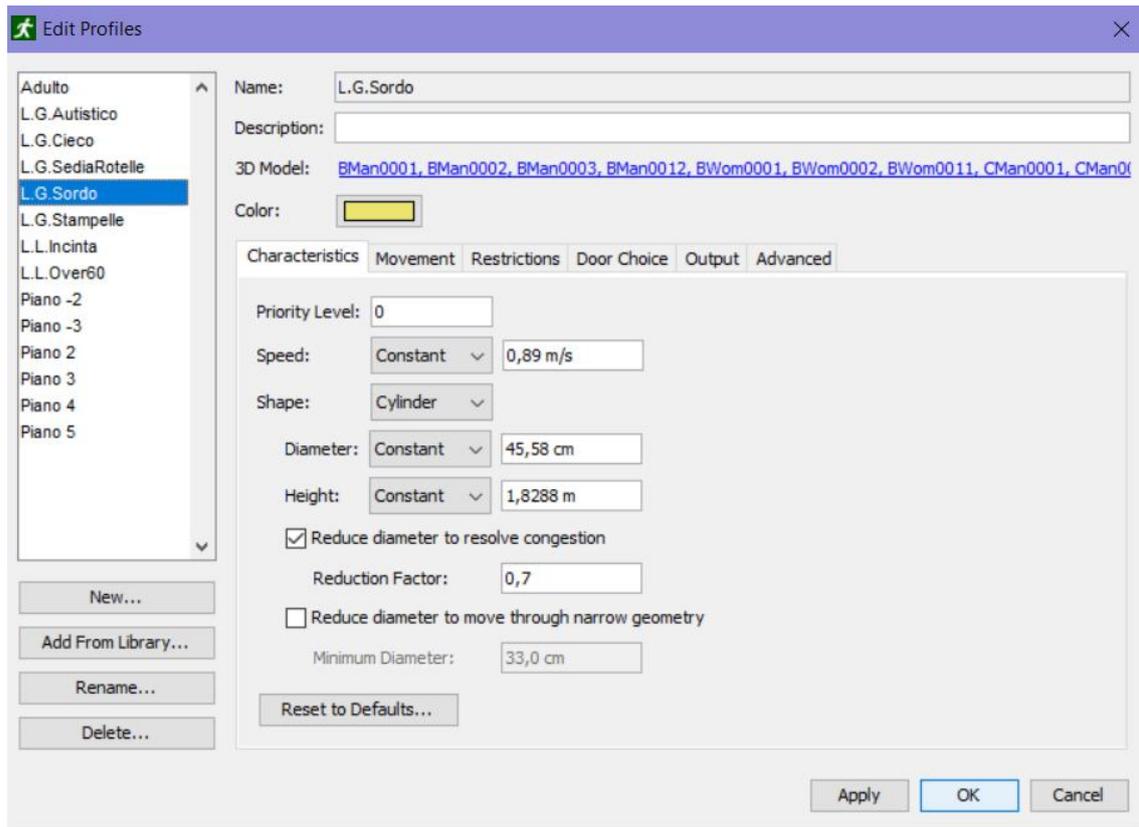


Figura 79 Profilo "L.G. Sordo".

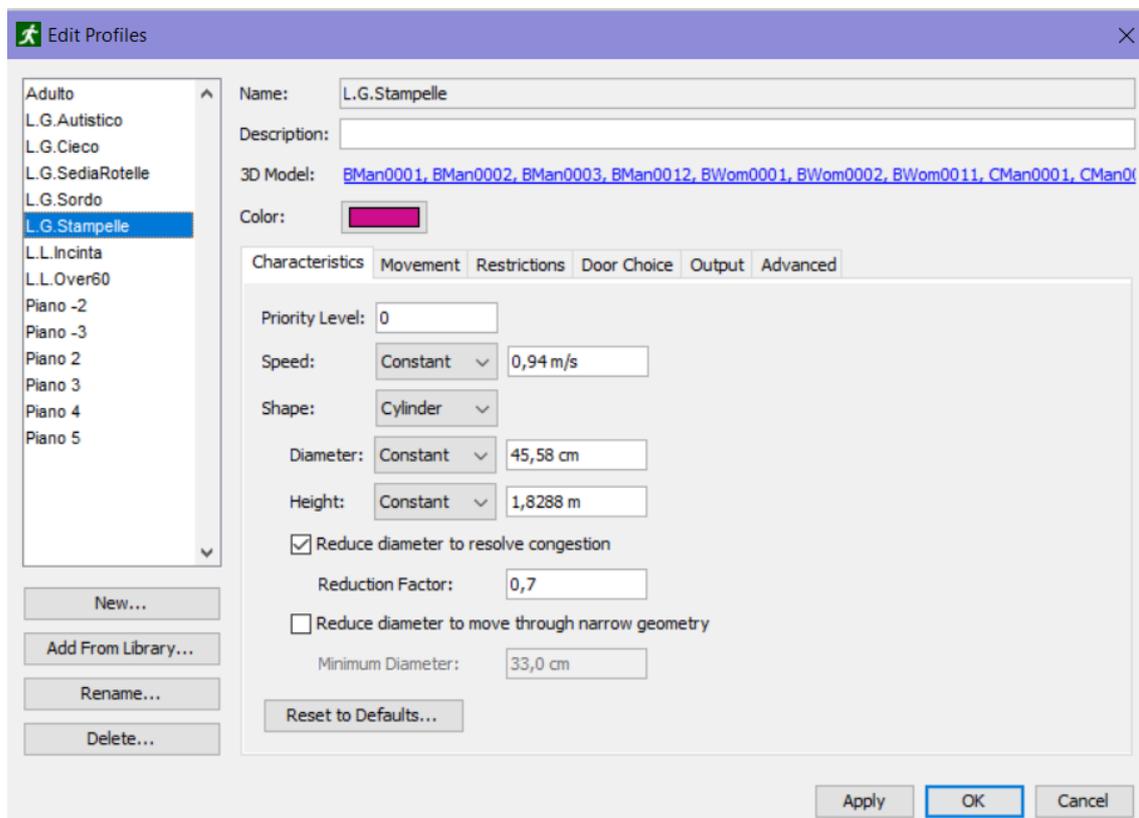


Figura 80 Profilo "L.G. Stampelle".

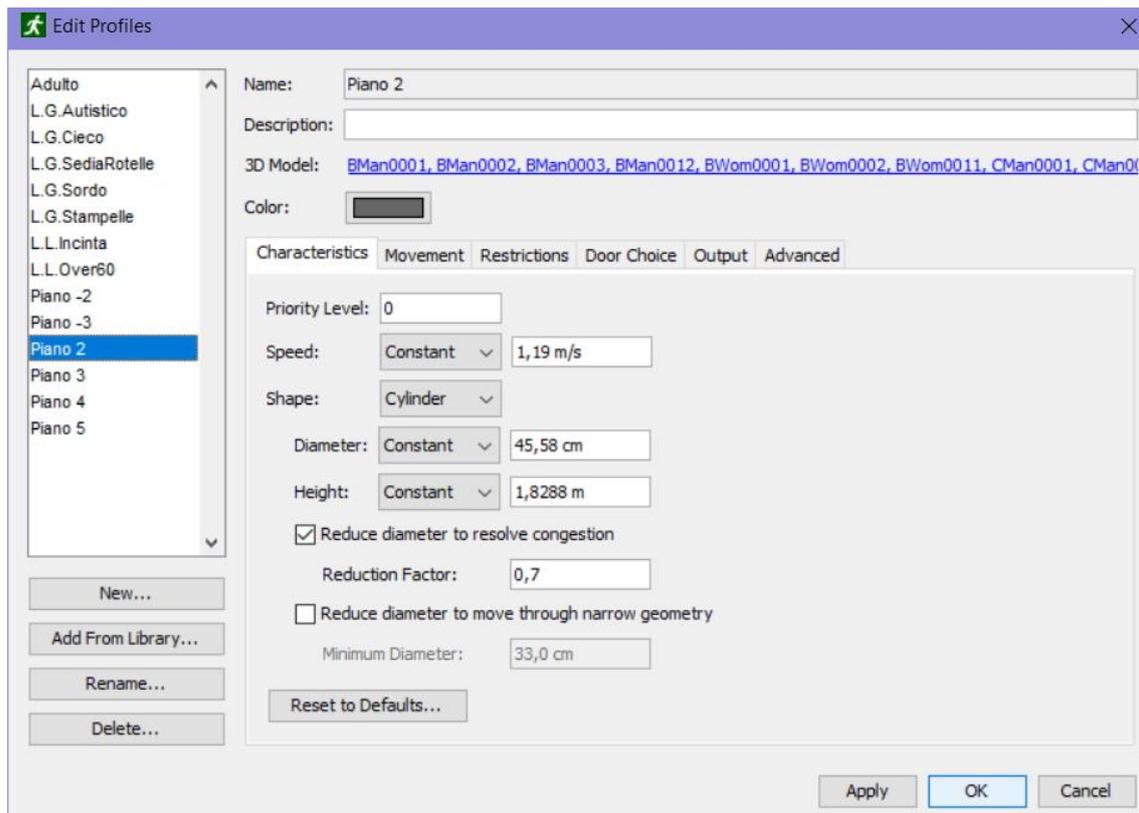


Figura 81 Profilo di default assegnato agli occupanti degli altri compartimenti.

I Behaviors, ossia i comportamenti che assumono gli occupanti, che sono stati assegnati agli occupanti sono:

- "Goto Any Exit", assegnato a tutti gli occupanti in grado di raggiungere autonomamente l'uscita;
- "Spazio Calmo", assegnato agli adulti su sedia a rotelle, i ciechi e gli adulti con stampelle, in quanto non capaci di poter scendere le scale e di conseguenza raggiungono gli Spazi Calmi posizionati nel quinto piano.

Inoltre, per ciascun comportamento è stato inserito un Initial Delay dato dai seguenti componenti:

- tempo di rivelazione t_{det} pari a 60 secondi perché nell'edificio è presente un sistema di rivelazione automatico presente sul soffitto di ciascun locale, quindi, a favore di sicurezza, viene considerato il tempo che intercorre fra il principio di incendio e la rilevazione da parte del dispositivo;
- tempo di allarme t_A posto pari a 0 poiché è presente un dispositivo automatico di allarme;

- tempo di pre-movimento t_{pre} i cui valori di massimo e minimo sono stati tratti dalla normativa ISO-TR-16738.

La tabella E.2 presente in normativa (qui riportata come Tabella 62) assegna i tempi massimi e minimi del tempo di pre-movimento in funzione della tipologia del sistema d'allarme, della complessità dell'edificio e dell'efficacia della gestione della sicurezza.

Il seguente caso studio ricade nella categoria A1, B2, M1 per i seguenti motivi (Tabella 63):

- A1 poiché il Palazzo ha un sistema di rivelazione automatica;
- B2 poiché la geometria della struttura è semplice ma ci sono più piani;
- M1 poiché la gestione della sicurezza è ben organizzata.

Per la categoria A1-B2-M1 e per l'Rvita pari ad A2 è previsto che il tempo minimo di pre-movimento è pari a 60 secondi ed il massimo 180 secondi.

Nel Software di simulazione è stato impostato un tempo t_{pre} caratterizzato da una distribuzione log-normale tra 60 e 180 secondi.

R _{vita}	$t_{pre(1^*)}$	$t_{pre(99^*)}$	Descrizione (tab. E.2 ISO/TR 16738)
A1	60	180	A: Awake and familiar, M2 B1-B2 A1-A2
A2	60	180	A: Awake and familiar, M2 B1-B2 A1-A2
A3	30	90	A: Awake and familiar, M1 B1-B2 A1-A2
A4	30	90	A: Awake and familiar, M1 B1-B2 A1-A2
B1	60	240	B: Awake and unfamiliar, M2 B1 A1-A2
B2	60	240	B: Awake and unfamiliar, M2 B1 A1-A2
B3	30	150	B: Awake and unfamiliar, M1 B1 A1-A2
Ciii1	1200	2400	C: Sleeping and unfamiliar, M2 B2 A1-A2
Ciii2	900	1800	C: Sleeping and unfamiliar, M1 B2 A1-A2
Ciii3	900	1800	C: Sleeping and unfamiliar, M1 B2 A1-A2
D1	600	1200	D: Medical care: Sleeping and unfamiliar, M2 B2 A1-A2
D2	300	600	D: Medical care: Sleeping and unfamiliar, M1 B2 A1-A2
E1	120	300	E: Awake and unfamiliar, M2 B3 A1-A3
E2	90	240	E: Awake and unfamiliar, M1 B3 A1-A3
E3	90	240	E: Awake and unfamiliar, M1 B3 A1-A3

$t_{pre(1^*)}$ tempo di pre-evacuazione dei primi occupanti a muoversi
 $t_{pre(99^*)}$ tempo di pre-evacuazione degli ultimi occupanti a muoversi

A tipologia sistema di allarme
 B complessità edificio
 M efficacia gestione sicurezza

Tabella 62 Valori del tempo di pre-evacuazione, tabella E.2 ISO-TR-16738.

Tipologia sistema di allarme	Livello A1	Rivelazione automatica estesa a tutto l'edificio in grado di attivare un immediato allarme generale in ogni parte dell'edificio ($t_a = 0$). Se viene utilizzato un sistema di segnalazione verbale il tempo del messaggio dovrà essere aggiunto al tempo di allarme.
	Livello A2	Il sistema di rivelazione è collegato con un pre-allarme indirizzato in un luogo presidiato, che può quindi attivare l'allarme generale; t_a ha un certo ritardo (2 - 5 min). Se viene utilizzato un sistema di segnalazione verbale il tempo del messaggio dovrà essere aggiunto al tempo di allarme.
	Livello A3	Sistema di rivelazione ed allarme solo nelle vicinanze del luogo in cui si è verificato l'incendio, con attivazione manuale dell'allarme; t_a risulta difficilmente stimabile.
Complessità edificio	Livello B1	Edificio a pianta semplice ed un solo piano, semplice layout ed un buon accesso visivo alle condizioni interne, moderate distanze per raggiungere uscite di sicurezza che conducono direttamente all'esterno.
	Livello B2	Semplice edificio in cui sono presenti più ambienti su piani diversi, con caratteristiche rispondenti alle indicazioni prescrittive e semplice layout interno.
	Livello B3	Rappresenta un edificio complesso. Questa tipologia considera complessi costituiti da più edifici tra loro integrati (centri commerciali, aeroporti, ecc.). Per la complessità e le dimensioni possono presentare difficoltà nel <i>wayfinding</i> durante una evacuazione e la gestione dell'emergenza presenta comunque particolari necessità.
Efficacia gestione sicurezza	Livello M1	Gli occupanti sono normalmente addestrati ad un buon livello di gestione della sicurezza antincendi e nella gestione della prevenzione e manutenzione. Esiste un piano di emergenza ben strutturato con prove effettuate regolarmente. Qualora siano presenti persone che non hanno familiarità con l'ambiente, esiste un buon rapporto tra il personale addestrato ed i visitatori.
	Livello M2	Come il livello M1 ma con uno staff meno articolato e personale di vigilanza non sempre presente.
	Livello M3	Rappresenta standard con un livello minimo di gestione della sicurezza. Non viene effettuato alcun audit. Non è disponibile alcun progetto ingegneristico relativamente al rischio incendio e vengono attuate misure di prevenzione incendi derivanti da altre considerazioni. Alto livello di protezione attiva e/o passiva.

Tabella 63 Assegnazione livelli ISO-TR -16738.

Tipologia occupanti	Tempo [s]:			
	di rivelazione t_{det}	di allarme t_A	di pre-movimento t_{pre}	
			Tmin	Tmax
Adulti	60	0	60	180
Adulti con limitazioni motorie lievi				
Adulti con limitazioni motorie gravi				

Tabella 64 Initial Delay inseriti in Pathfinder.

Nella Figura 82 è possibile notare, oltre alle diverse tipologie di occupante dapprima citate, le differenti superfici delle stanze:

- in blu il Compartimento 1 degli Uffici;
- in grigio gli altri compartimenti del piano;
- in arancione le zone filtro;
- in rosso gli spazi calmi, resi tali nel software attraverso il comando "Refuge Area" in cui sono ospitati i disabili che non riescono autonomamente a raggiungere l'uscita finale.

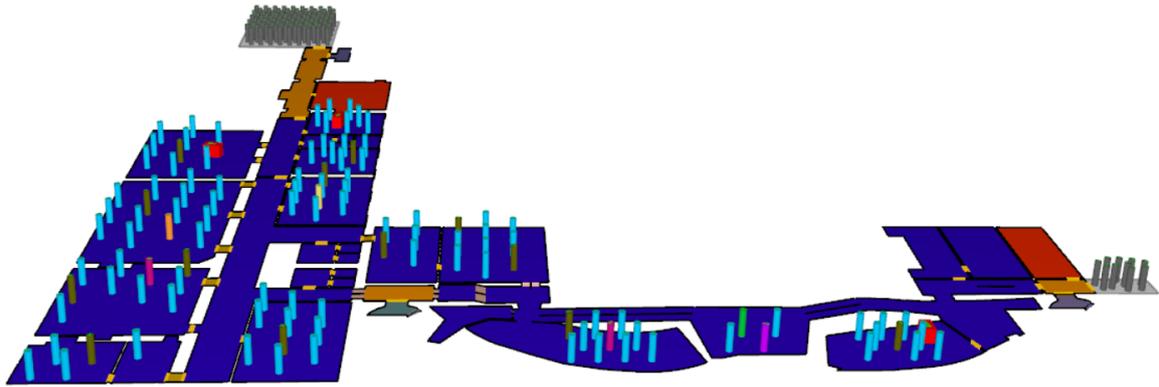


Figura 82 Visualizzazione in Pathfinder delle stanze e degli occupanti del quinto piano.

Per simulare la Configurazione 2 è stato necessario disabilitare l'uscita 8 cambiando lo stato della porta in "Always Closed" (Figura 83).

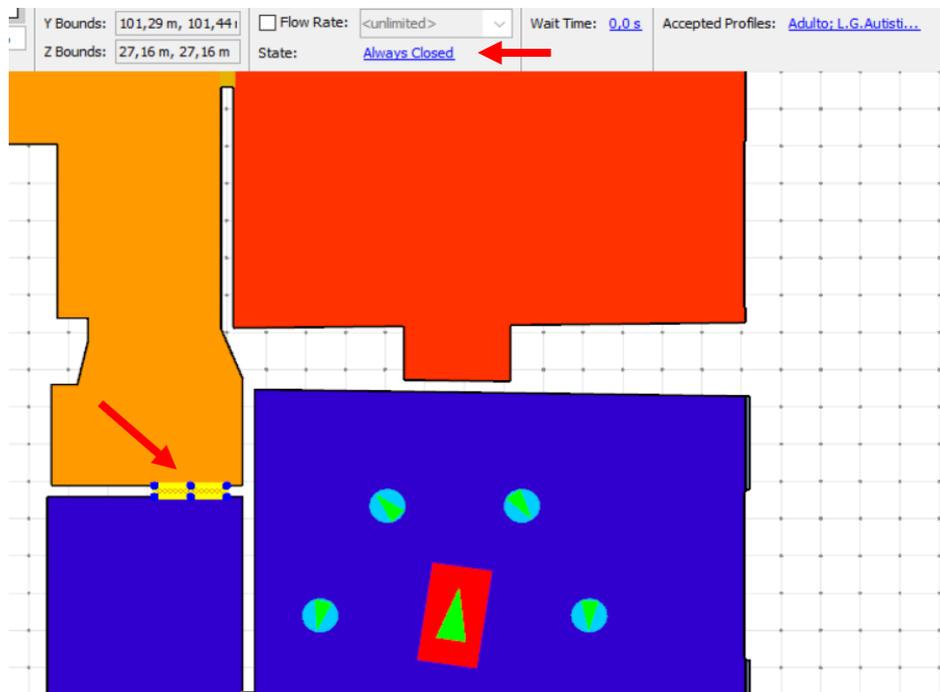


Figura 83 Disabilitazione dell'uscita 8 in Pathfinder.

5.2.3 Risultati

Dopo aver effettuato tutti i passaggi dapprima citati, è stato possibile procedere con le simulazioni vere e proprie.

Gli output derivanti dal software permettono di avere una visione tridimensionale dell'esodo degli occupanti e, in aggiunta, vengono creati automaticamente dei file .csv contenenti i fogli di calcolo con tutti i dati provenienti dalla simulazione. A partire da questi ultimi dati sono stati creati dei grafici in modo tale da poter valutare visivamente i risultati ottenuti, in particolare è stato possibile:

- valutare il tempo totale di esodo degli occupanti;
- individuare i percorsi con maggiore affluenza che possono creare assembramenti pericolosi.

5.2.3.1 Configurazione 1

La prima simulazione effettuata è stata quella relativa allo scenario 1: caso di normalità in cui tutte le uscite sono disponibili.

In questo caso gli occupanti escono dall'edificio in 6 minuti e 32 secondi (Tabella 65):

- nella scala 3, la cui uscita finale corrisponde anche all'uscita 2, il tempo di esodo ottenuto corrisponde al tempo totale della simulazione, ossia 6 minuti e 32 secondi;
- per la scala 14 si è registrato un tempo di 3 minuti e 32 secondi;
- per la scala 11 si è ottenuto un tempo di 4 minuti e 3 secondi;
- l'uscita finale 1, verso Piazza Carignano, ha registrato l'ultimo occupante al tempo di 4 minuti e 46 secondi.

Configurazione 1		
Locale		Tempo [s]
Scala	3	392,8
	11	243
	14	251
Uscita finale	1	286
	2	392,8

Tabella 65 Tempi di evacuazione Configurazione 1.

Successivamente sono stati riportati due grafici: il primo relativo a numero degli occupanti nel tempo nelle scale e in totale (Figura 84) ed il secondo è il flusso degli occupanti nell'unità di tempo che passano per le uscite finali 1 e 2 (Figura 85).

Dalla seguente configurazione è emerso che nella scala 3 si crea il maggior assembramento; infatti, si ha una densità che arriva anche a 3 persone/m², (Figura 91) ciò accade perché la seguente scala ospita un gran numero di occupanti provenienti da più piani.

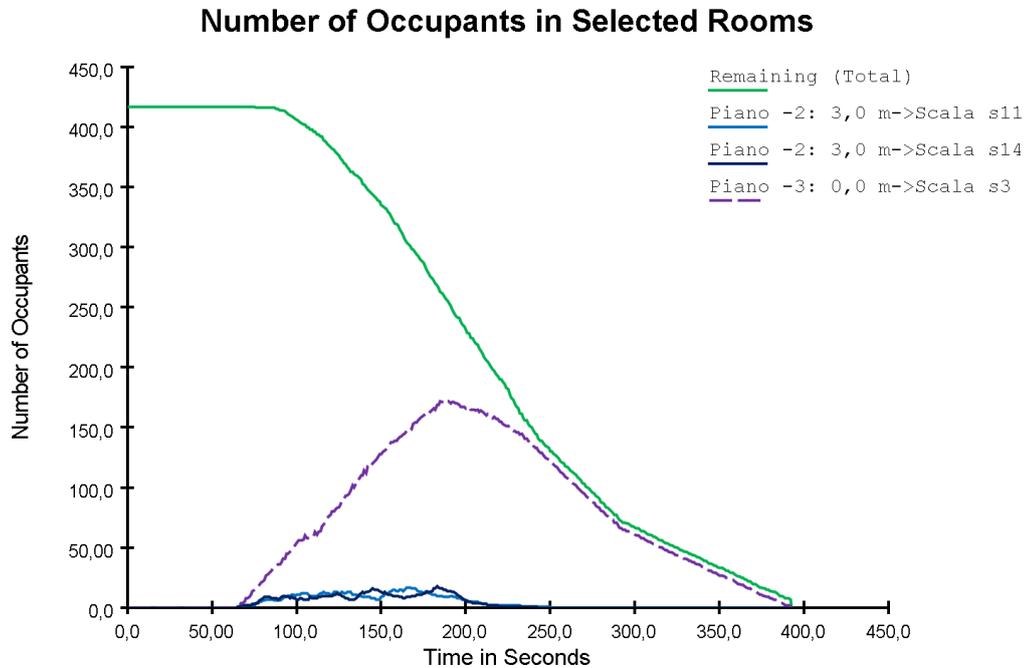


Figura 84 Grafico relativo al numero degli occupanti in totale e nelle scale, Config.1.

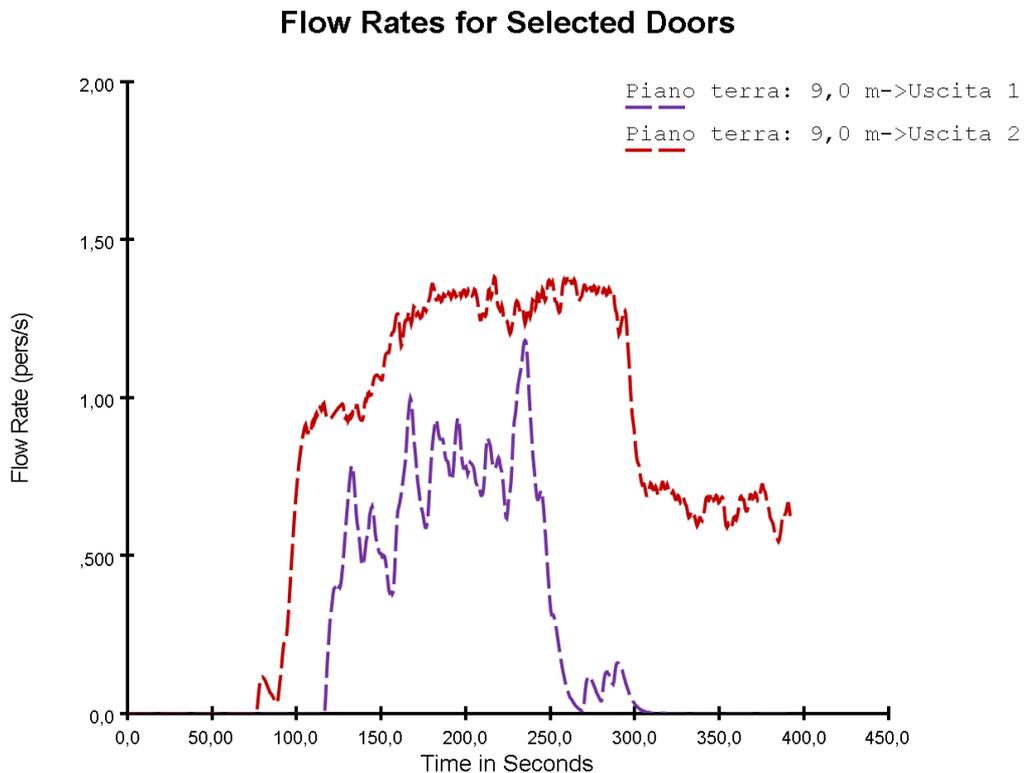


Figura 85 Grafico del flusso degli occupanti nelle uscite finali, Config.1.

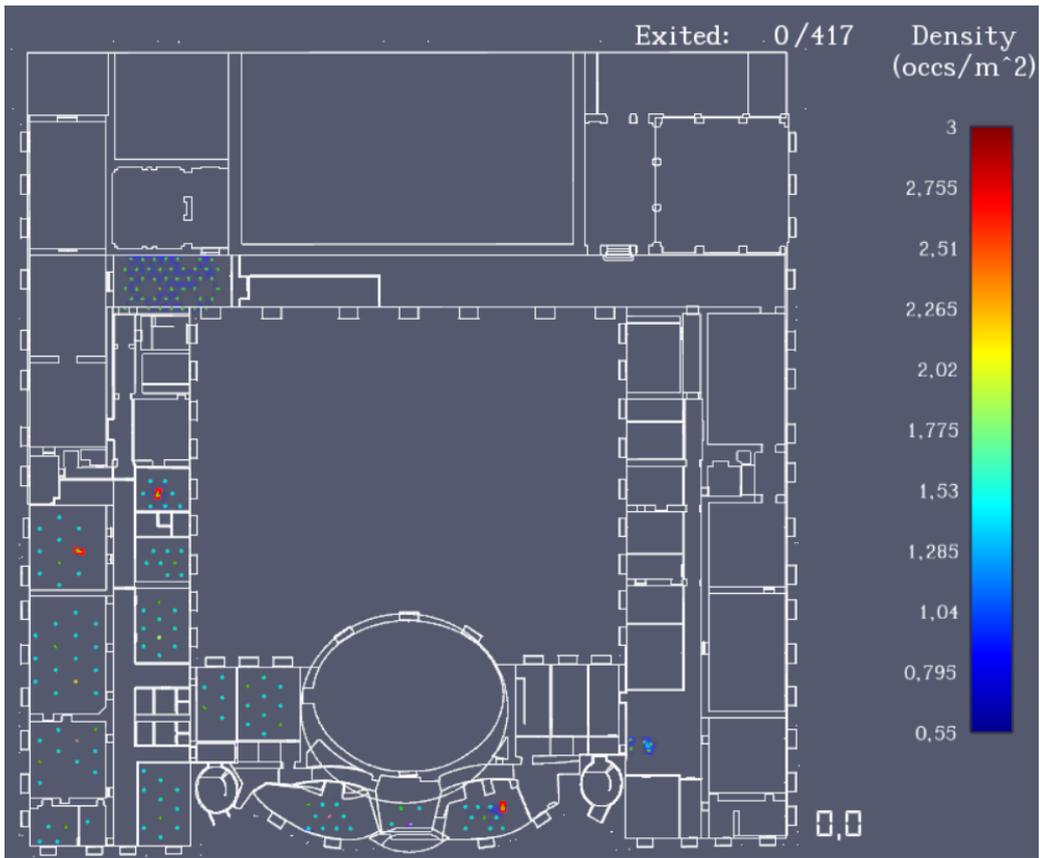


Figura 86 Densità degli occupanti nell'istante iniziale, quinto piano, Config.1.

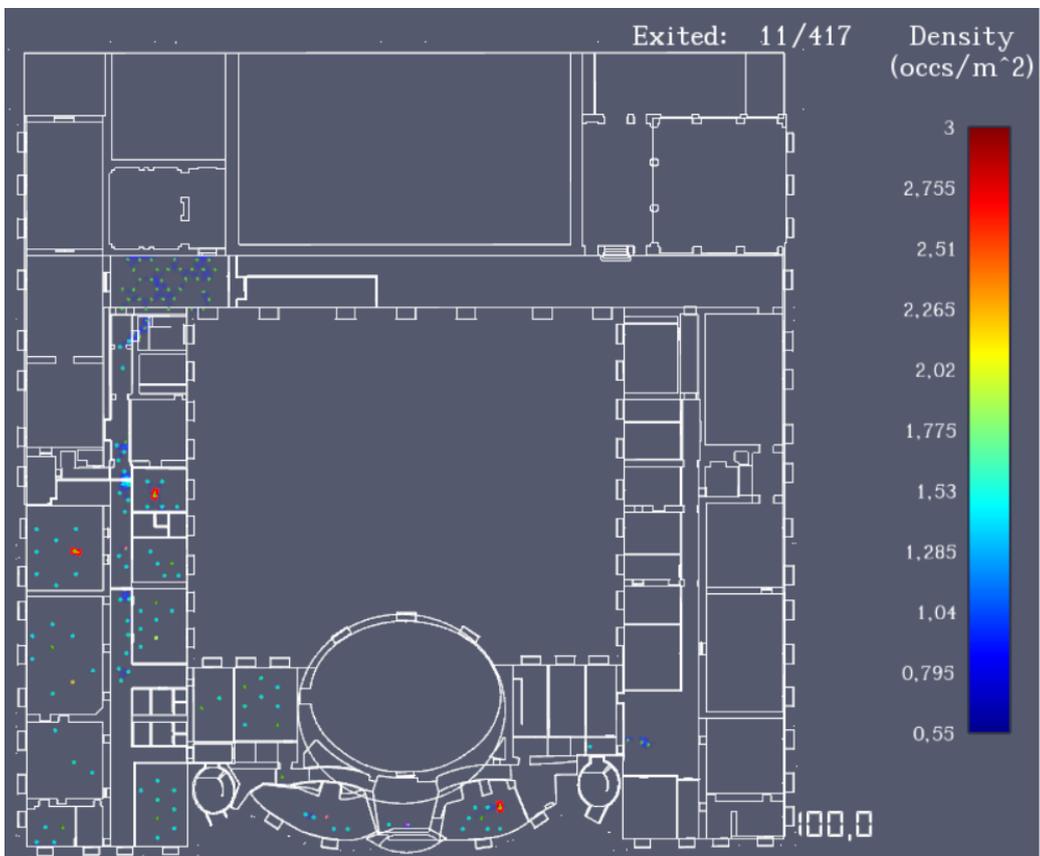


Figura 87 Densità degli occupanti nell'istante 100 secondi, quinto piano, Config.1.

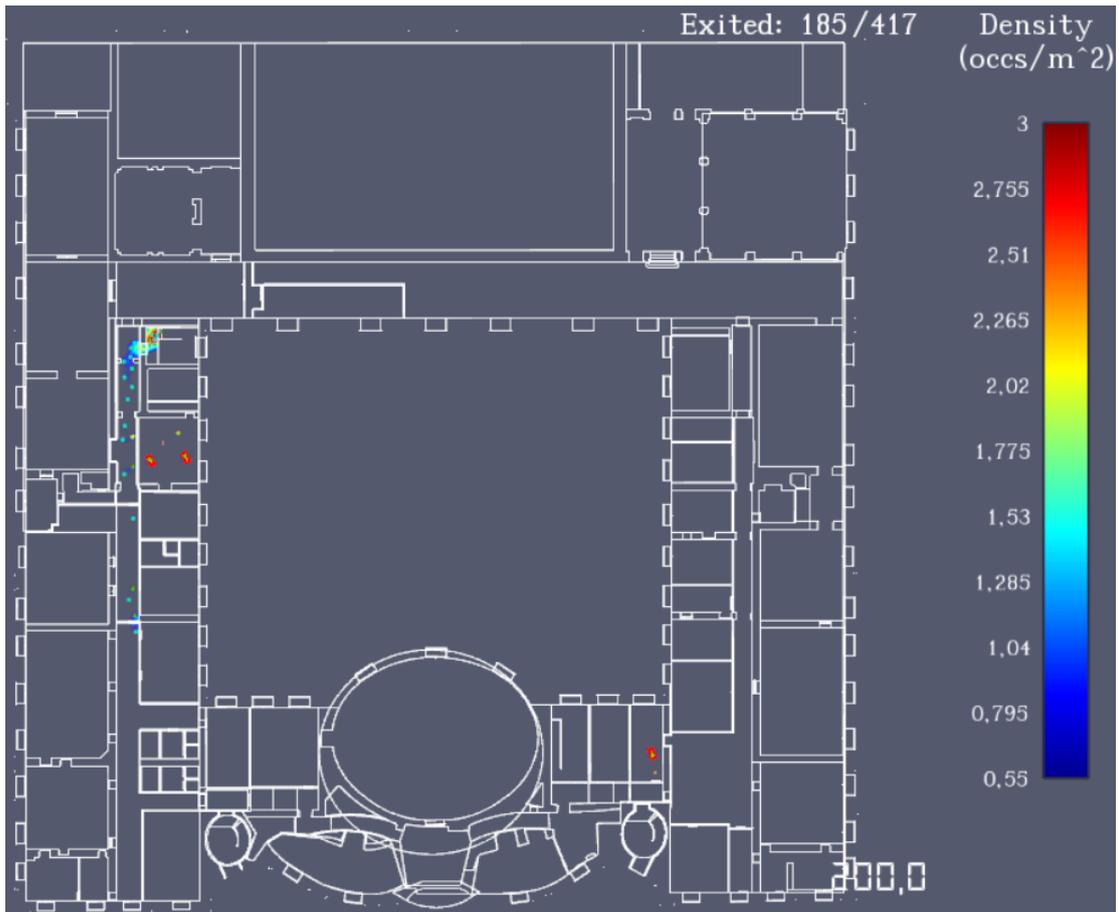


Figura 88 Densità degli occupanti nell'istante 200 secondi, quinto piano, Config.1.

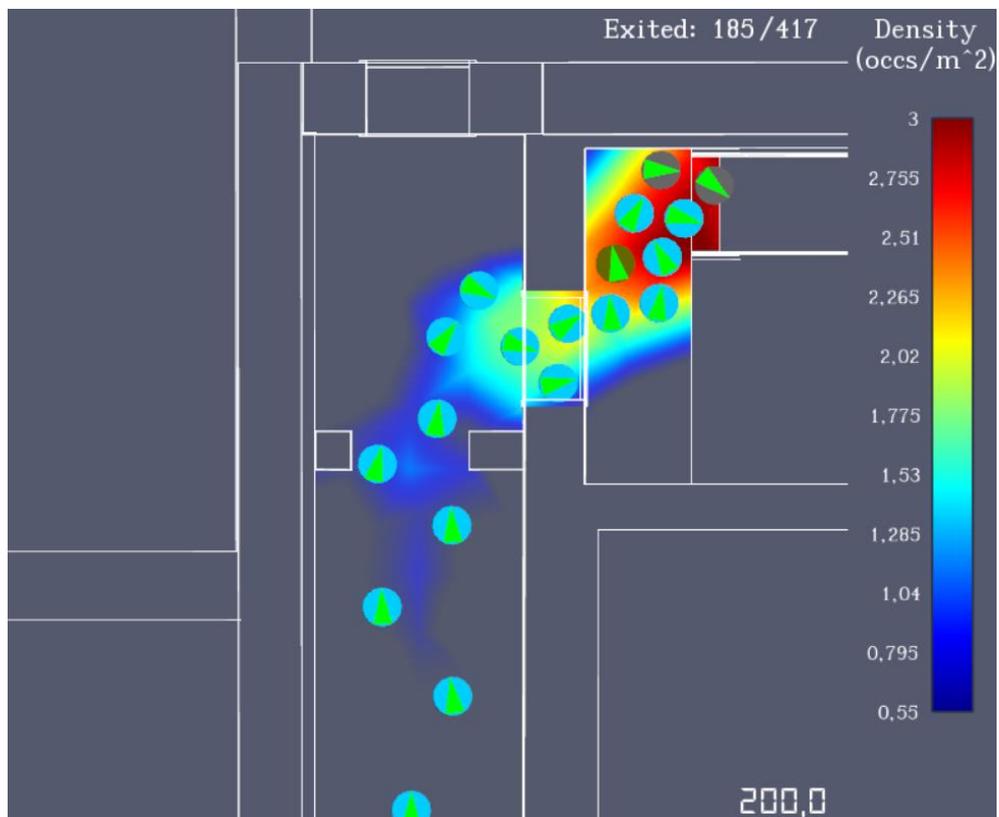


Figura 89 Densità degli occupanti nell'istante 200 secondi nei pressi della Scala 3, quinto piano, Config.1.

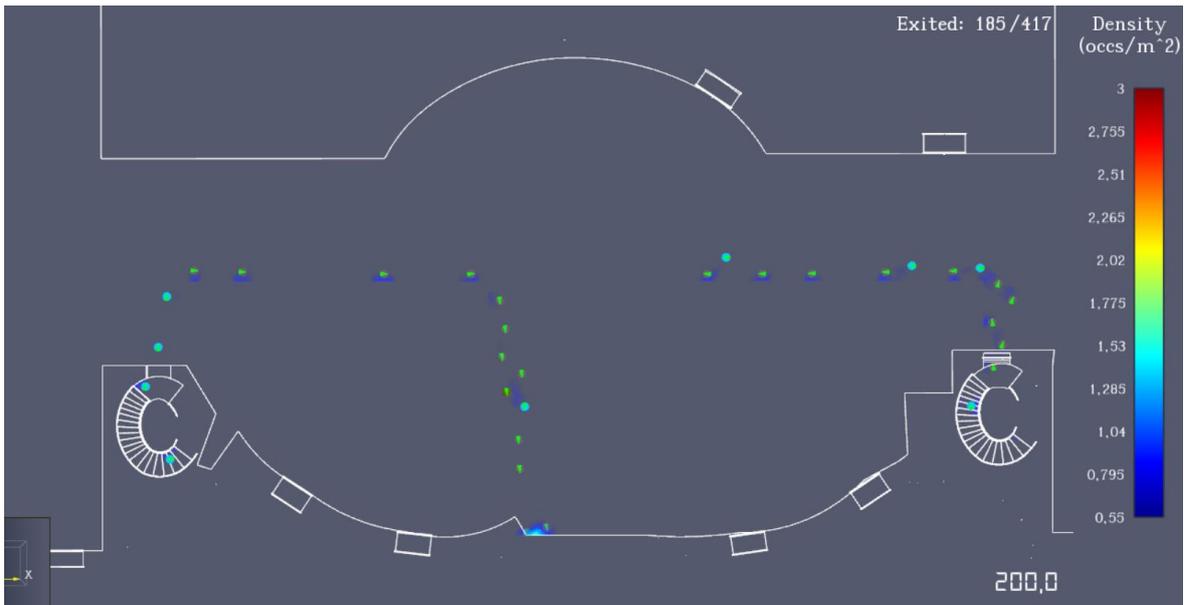


Figura 90 Densità degli occupanti nell'istante 200 secondi, piano terra uscita 1, Config.1.

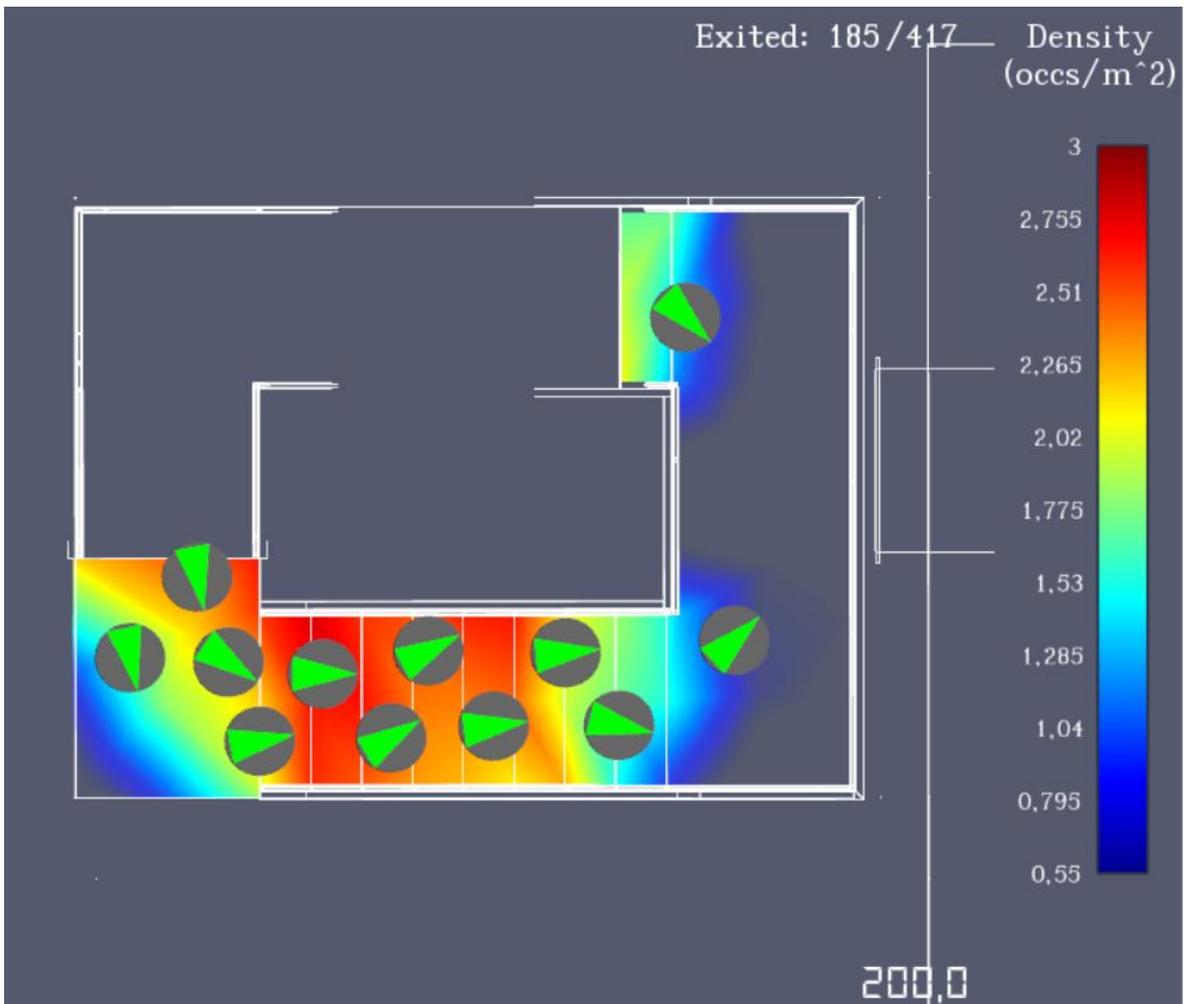


Figura 91 Densità degli occupanti nell'istante 200 secondi, piano terra uscita 2, Config.1.

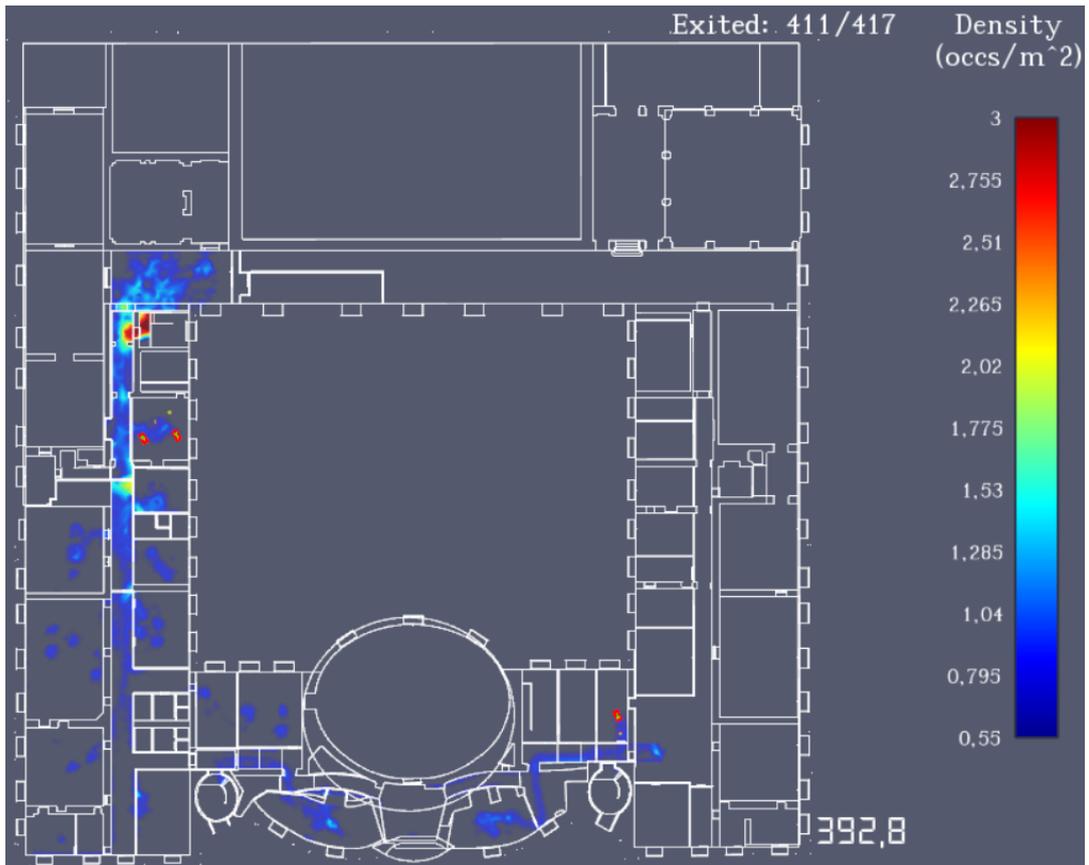


Figura 92 Densità massima degli occupanti nell'istante 474.5 secondi, quinto piano, Config.1.



Figura 93 Tempi di uscita degli occupanti nell'istante iniziale, quinto piano, Config.1.

5.2.3.2 Configurazione 2

La seconda simulazione effettuata è stata quella relativa allo scenario 2 in cui l'uscita 8 risulta disabilitata, per cui gli occupanti del Compartimento 1 non possono uscire attraverso la scala 3.

In questo caso gli occupanti escono dall'edificio in 5 minuti e 29 secondi (Tabella 66):

- nella scala 3, la cui uscita finale corrisponde anche all'uscita 2, il tempo di esodo ottenuto è di 4 minuti e 53 secondi;
- per la scala 14 si è registrato un tempo di 4 minuti e 54 secondi;
- per la scala 11 si è ottenuto un tempo di 4 minuti e 3 secondi;
- l'uscita finale 1, verso Piazza Carignano, ha registrato l'ultimo occupante al tempo di 5 minuti e 29 secondi.

Configurazione 2		
Locale		Tempo [s]
Scala	3	293
	11	243
	14	294
Uscita finale	1	329,3
	2	293

Tabella 66 Tempi di evacuazione Configurazione 2.

Anche in questo caso sono stati riportati due grafici: il primo relativo a numero degli occupanti nel tempo nelle scale e in totale (Figura 94) ed il secondo è il flusso degli occupanti nell'unità di tempo che passano per le uscite finali 1 e 2 (Figura 95).

Dalla configurazione 2 è risultato un tempo di esodo minore rispetto alla configurazione 1, in quanto la scala 3, ossia quella con densità maggiore, ha diminuito il numero di occupanti. La scala 14 e di conseguenza anche l'uscita 1 ha un tempo di evacuazione maggiore in quanto ha acquisito gli occupanti del Compartimento 1 dell'uscita 8.

Configurazione 2 - Configurazione 1		
Locale		Δ Tempo [s]
Scala	3	-99,8
	11	0
	14	43
Uscita finale	1	43,3
	2	-99,8

Tabella 67 Confronto tempi di evacuazione nelle due Configurazioni.

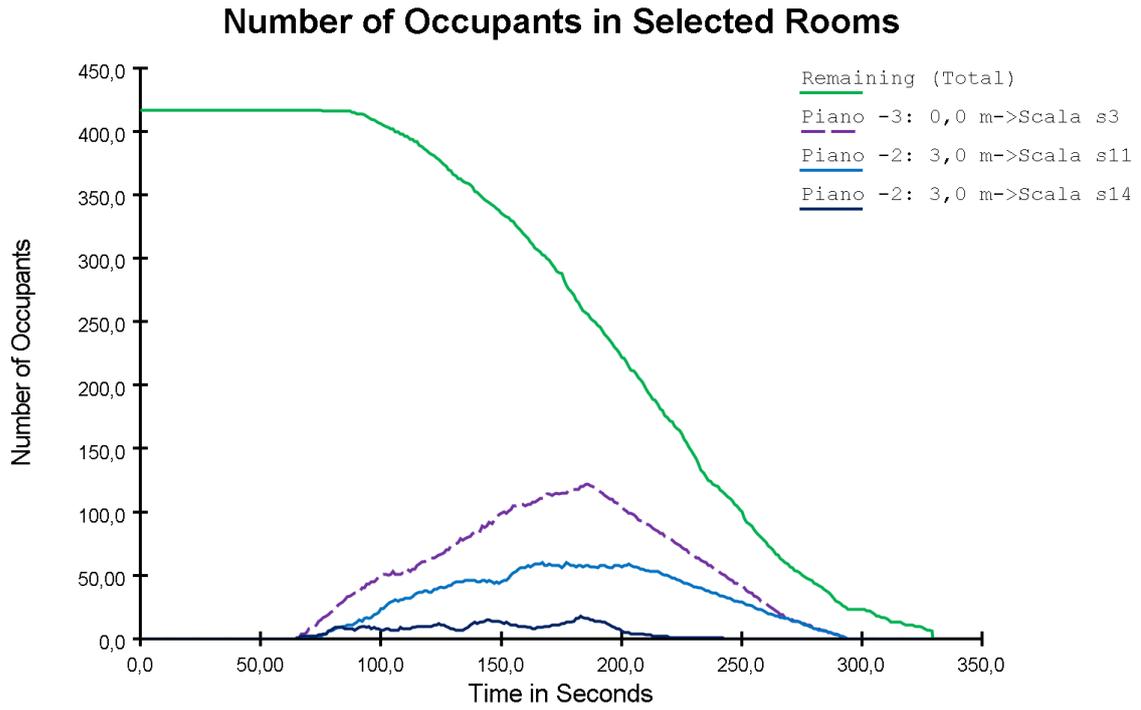


Figura 94 Grafico relativo al numero degli occupanti in totale e nelle scale, Config.2.

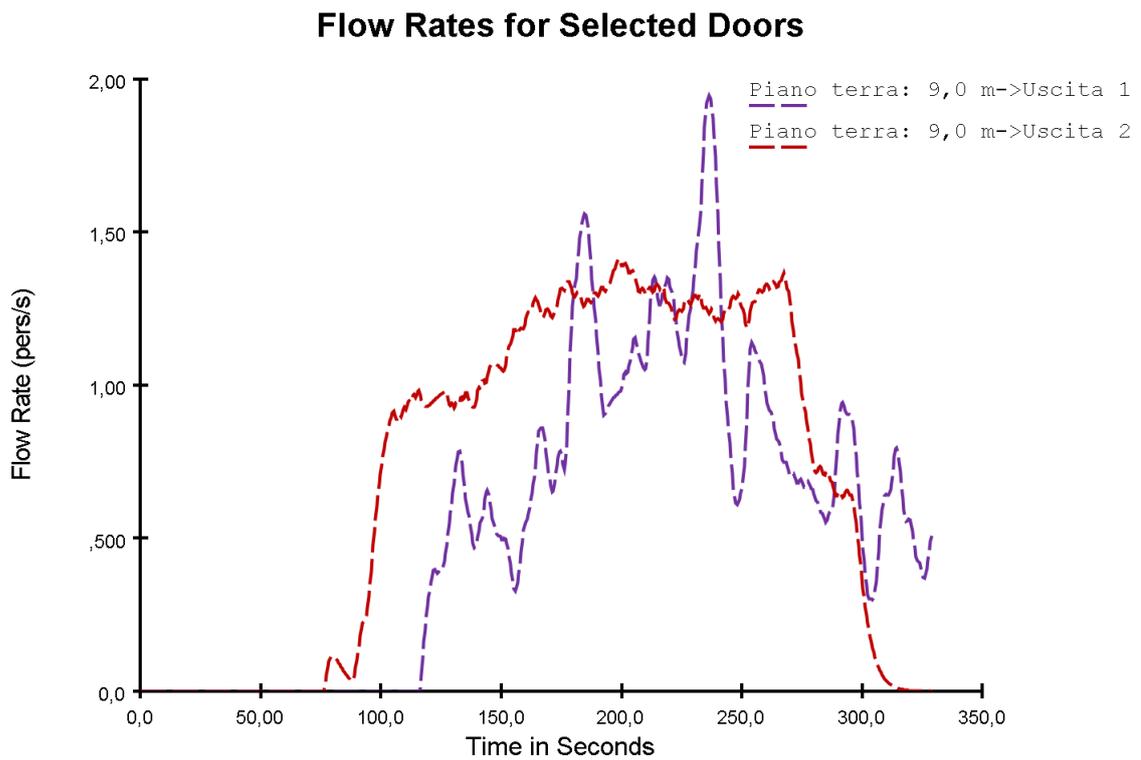


Figura 95 Grafico del flusso degli occupanti nelle uscite finali, Config.2.

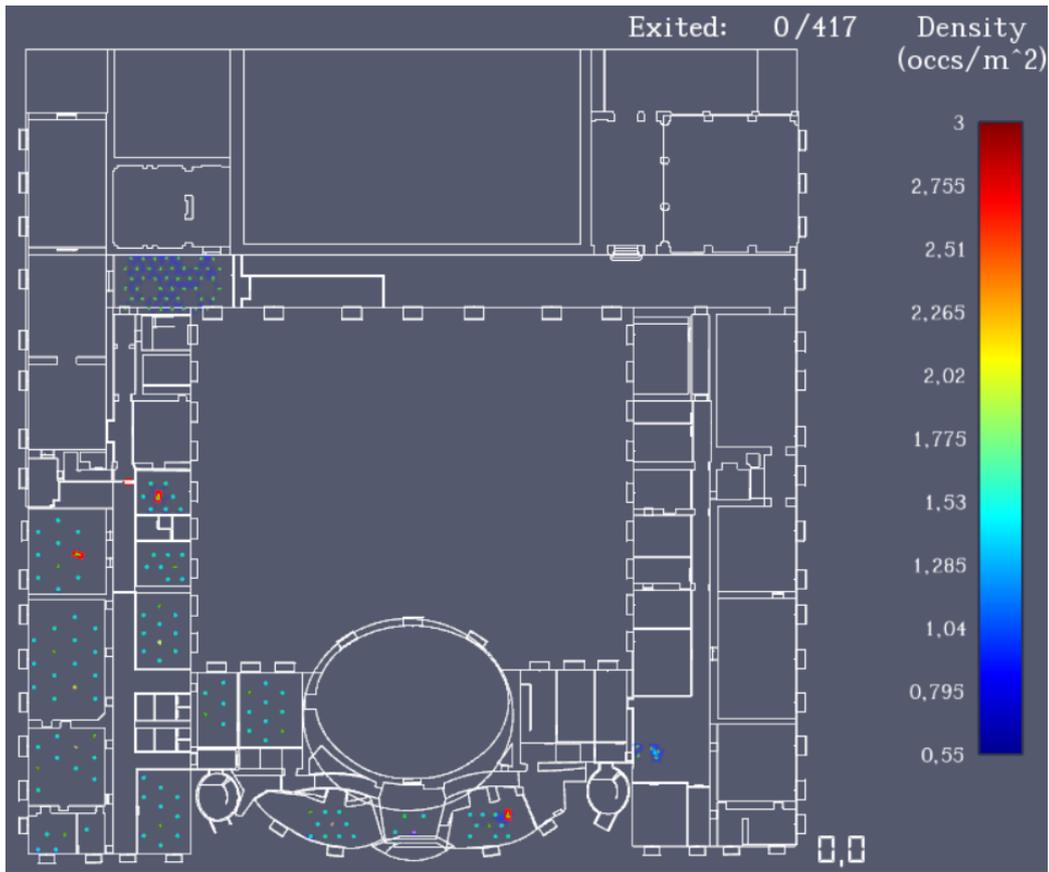


Figura 96 Densità degli occupanti nell'istante iniziale, quinto piano, Config.2.

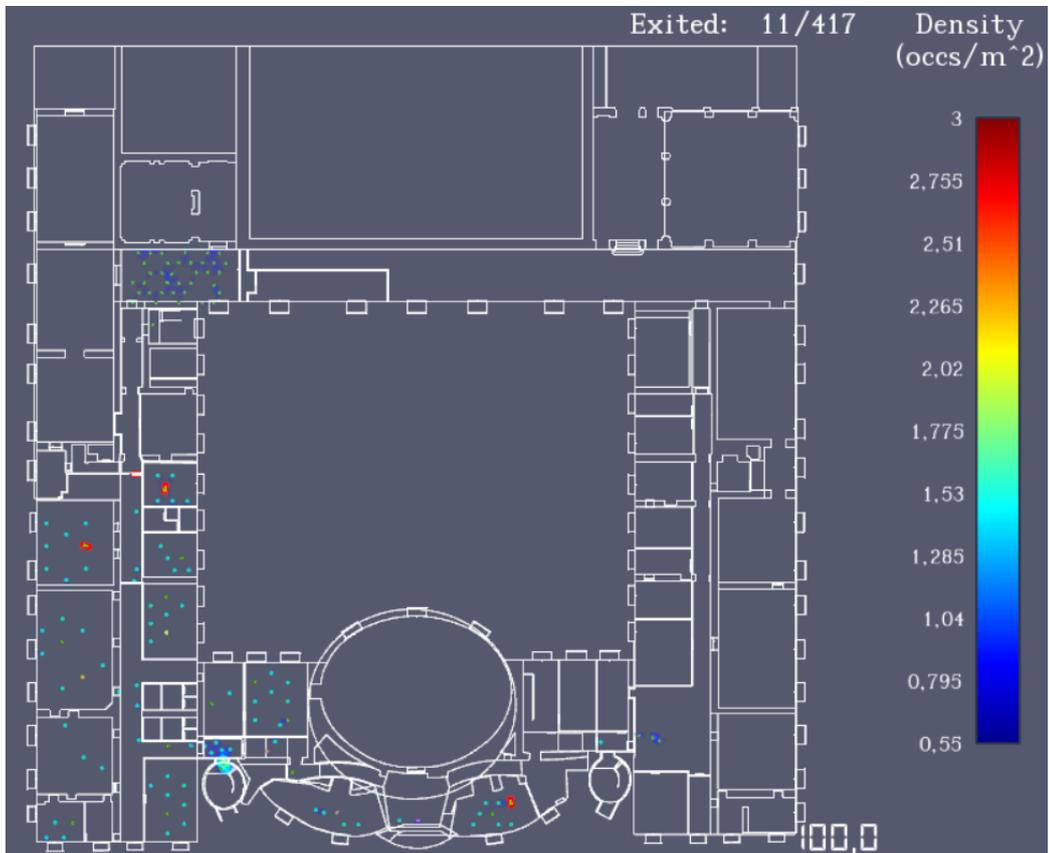


Figura 97 Densità degli occupanti nell'istante 100 secondi, quinto piano, Config.2.

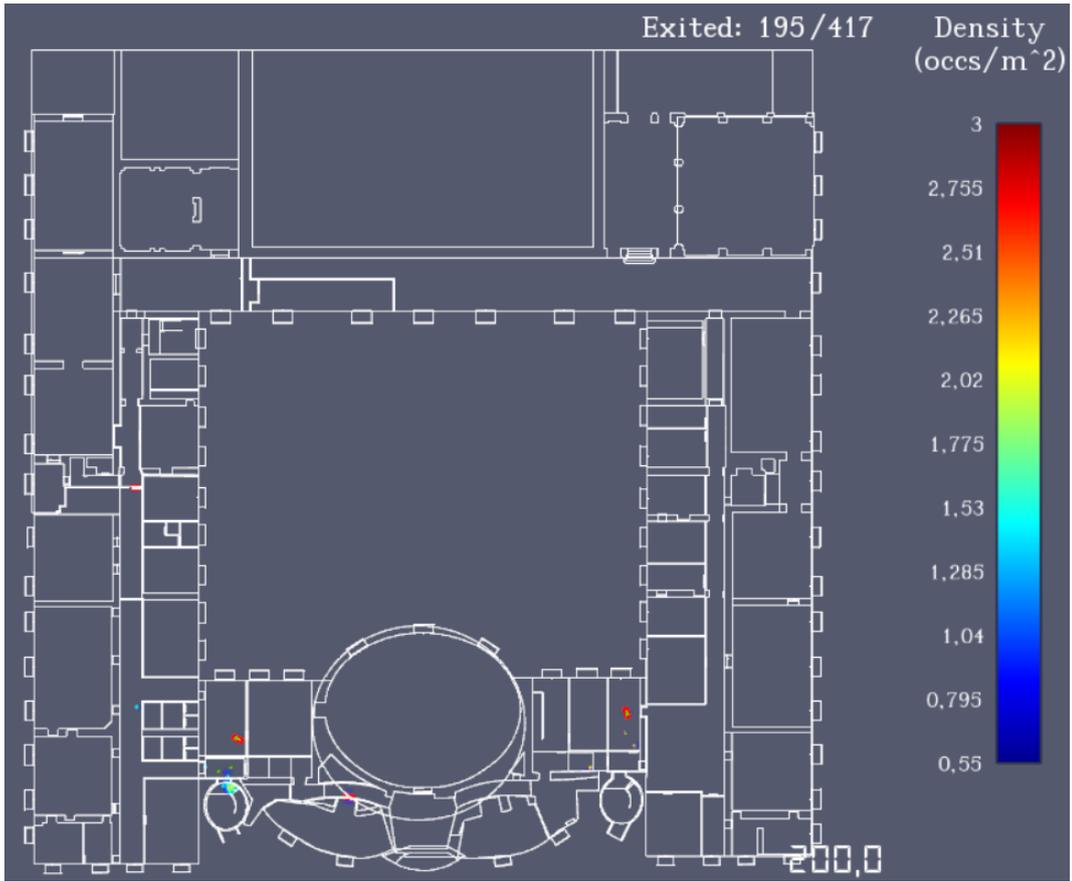


Figura 98 Densità degli occupanti nell'istante 200 secondi, quinto piano, Config.2.

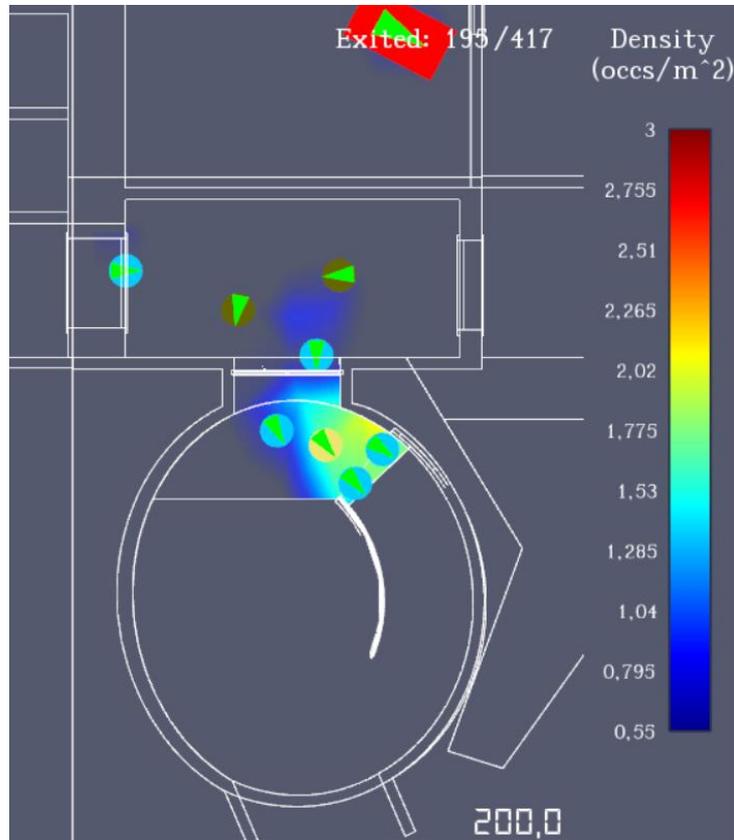


Figura 99 Densità degli occupanti nell'istante 200 secondi nei pressi della Scala 14, quinto piano, Config.2.

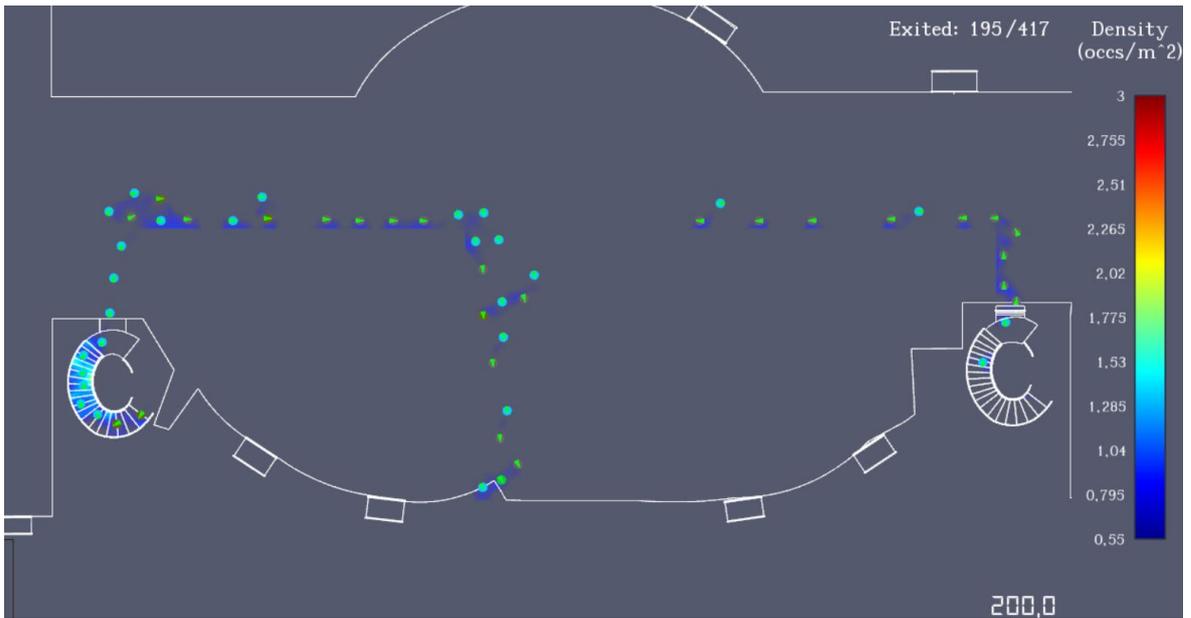


Figura 100 Densità degli occupanti nell'istante 200 secondi, piano terra uscita 1, Config.2.

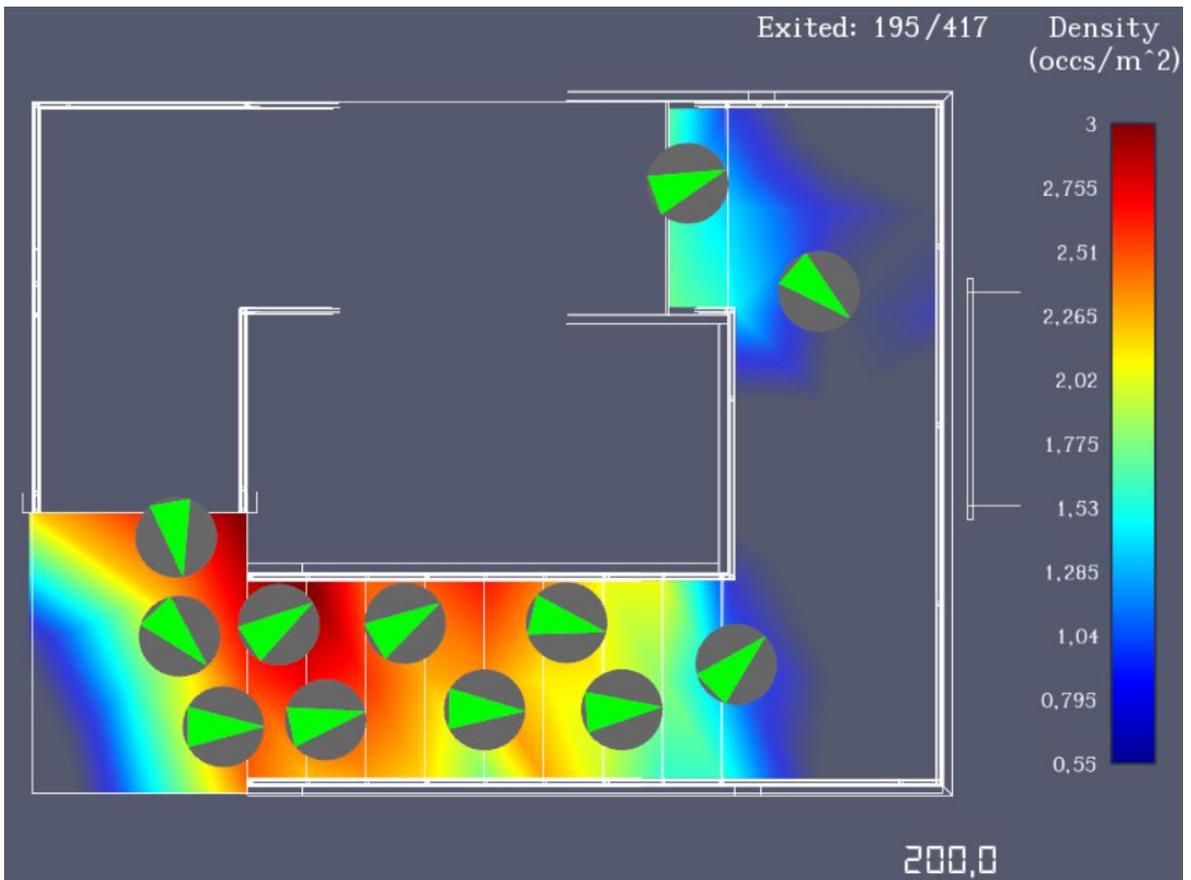


Figura 101 Densità degli occupanti nell'istante 200 secondi, piano terra uscita 2, Config.2.

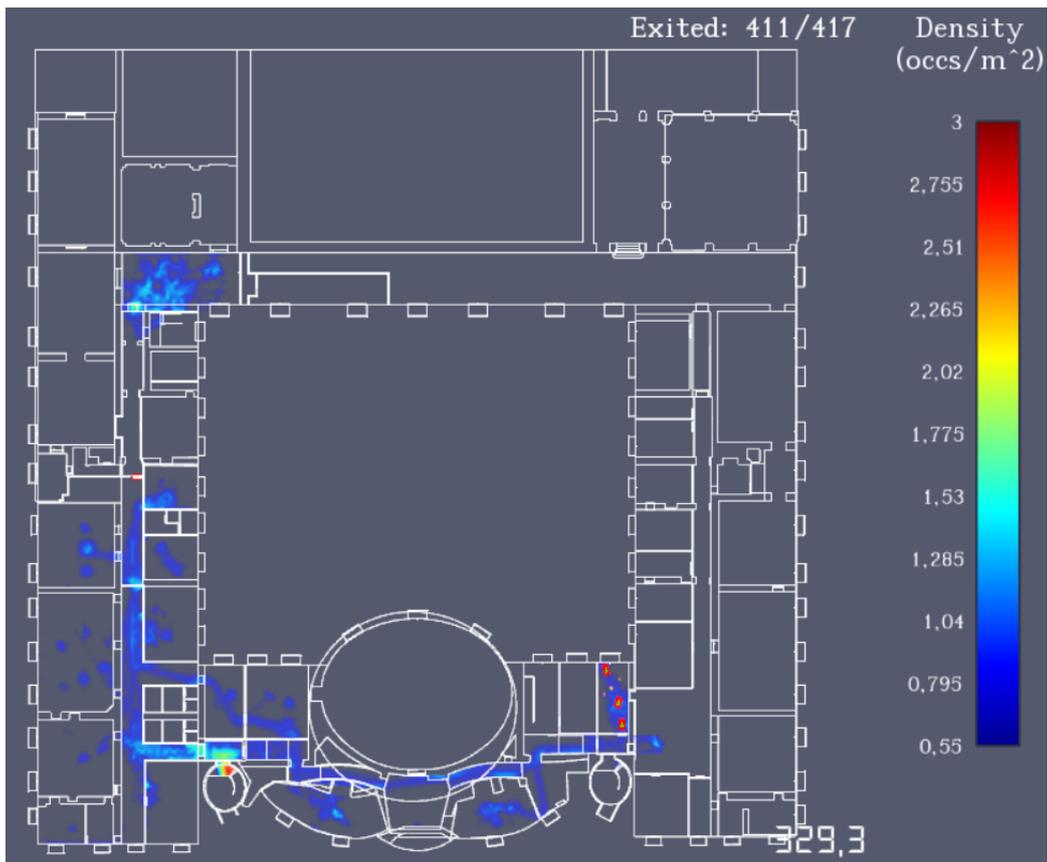


Figura 102 Densità massima degli occupanti nell'istante 419.3 secondi, quinto piano, Config.2.

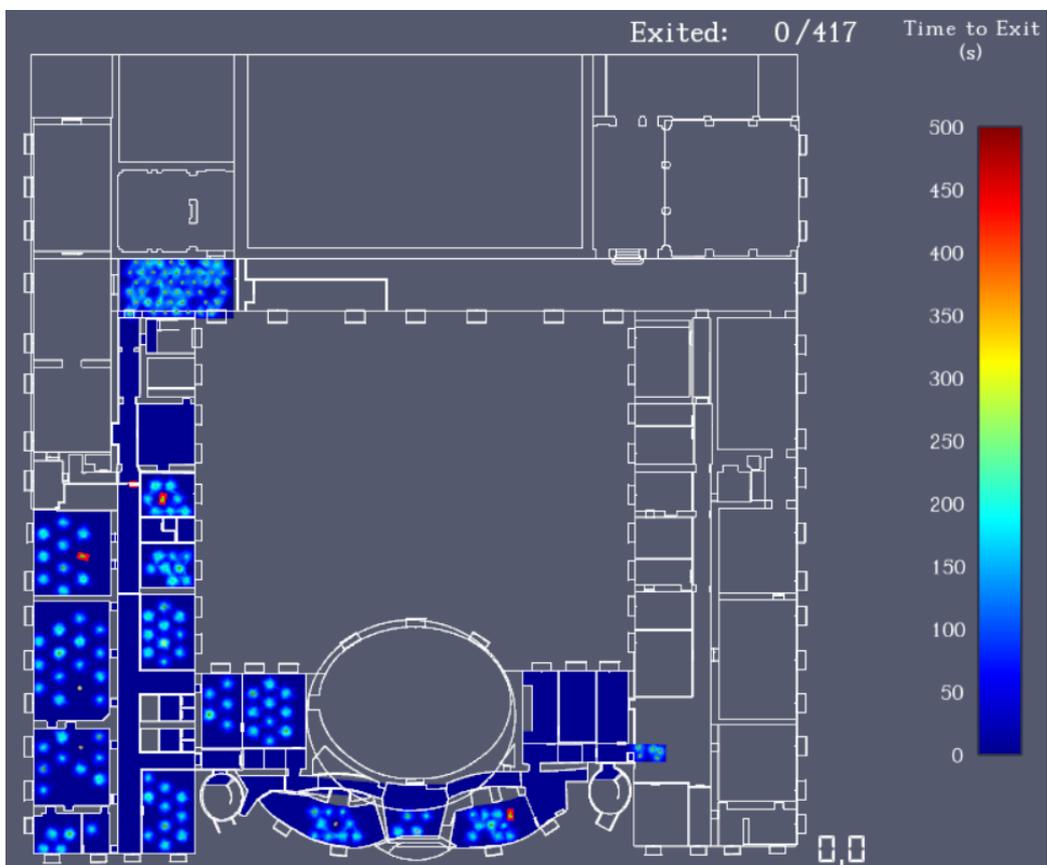


Figura 103 Tempi di uscita degli occupanti nell'istante iniziale, quinto piano, Config.2.

5.2.3.3 Configurazione 3

La terza ed ultima simulazione effettuata è stata quella relativa allo scenario 3 in cui sono considerati SOLO gli occupanti del Compartimento 1, trascurando perciò tutte le persone degli altri compartimenti.

In questo caso gli occupanti escono dall'edificio in 5 minuti e 07 secondi (Tabella 68):

- nella scala 3, la cui uscita finale corrisponde anche all'uscita 2, il tempo di esodo ottenuto è di 5 minuti e 07 secondi;
- per la scala 14 si è registrato un tempo di 4 minuti e 11 secondi;
- per la scala 11 si è ottenuto un tempo di 4 minuti e 3 secondi;
- l'uscita finale 1, verso Piazza Carignano, ha registrato l'ultimo occupante al tempo di 4 minuti e 46 secondi.

Configurazione 3		
Locale		Tempo [s]
Scala	3	307,5
	11	243
	14	251
Uscita finale	1	286
	2	307,5

Tabella 68 Tempi di evacuazione Configurazione 3.

Dalla configurazione 3 è risultato un tempo di esodo minore rispetto alla configurazione 1, in quanto non sono considerati gli occupanti negli altri compartimenti. Tale differenza risulta evidente nel tempo di esodo della Scala 3 e di conseguenza nell'uscita finale 2 poiché ha subito una maggior variazione di occupanti, passando da 311 persone a 45.

Configurazione 3 - Configurazione 1		
Locale		Δ Tempo [s]
Scala	3	-85,3
	11	0
	14	0
Uscita finale	1	0
	2	-85,3

Tabella 69 Confronto tempi di evacuazione nelle due Configurazioni.

Number of Occupants in Selected Rooms

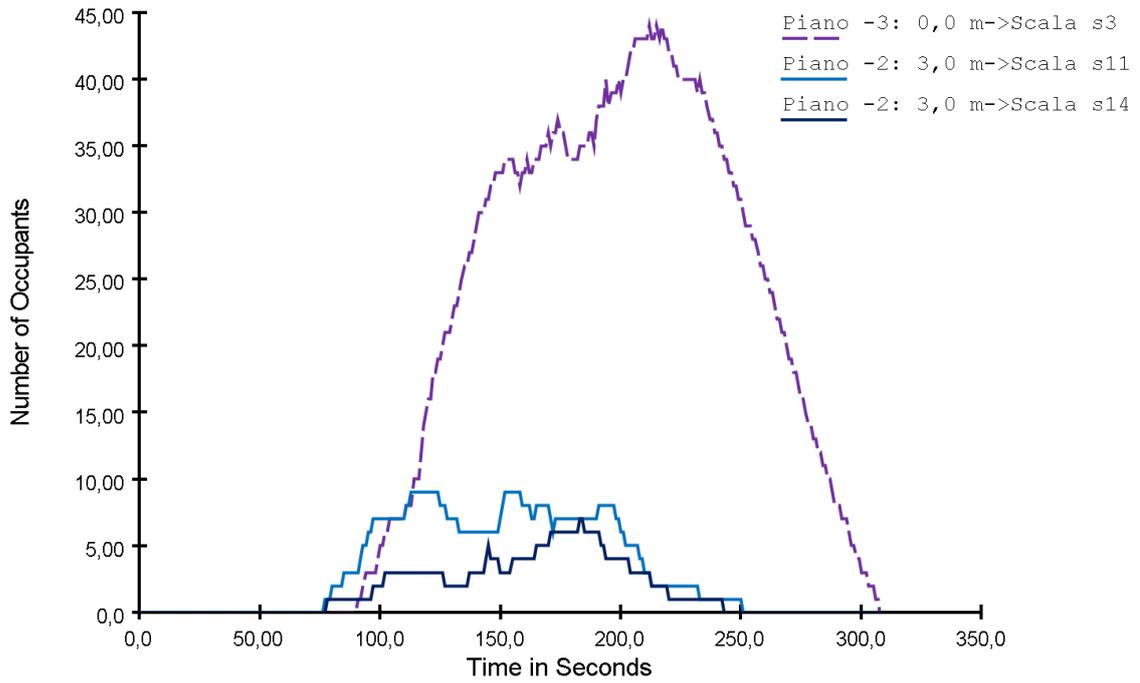


Figura 104 Grafico relativo al numero degli occupanti in totale e nelle scale, Config.3.

Flow Rates for Selected Doors

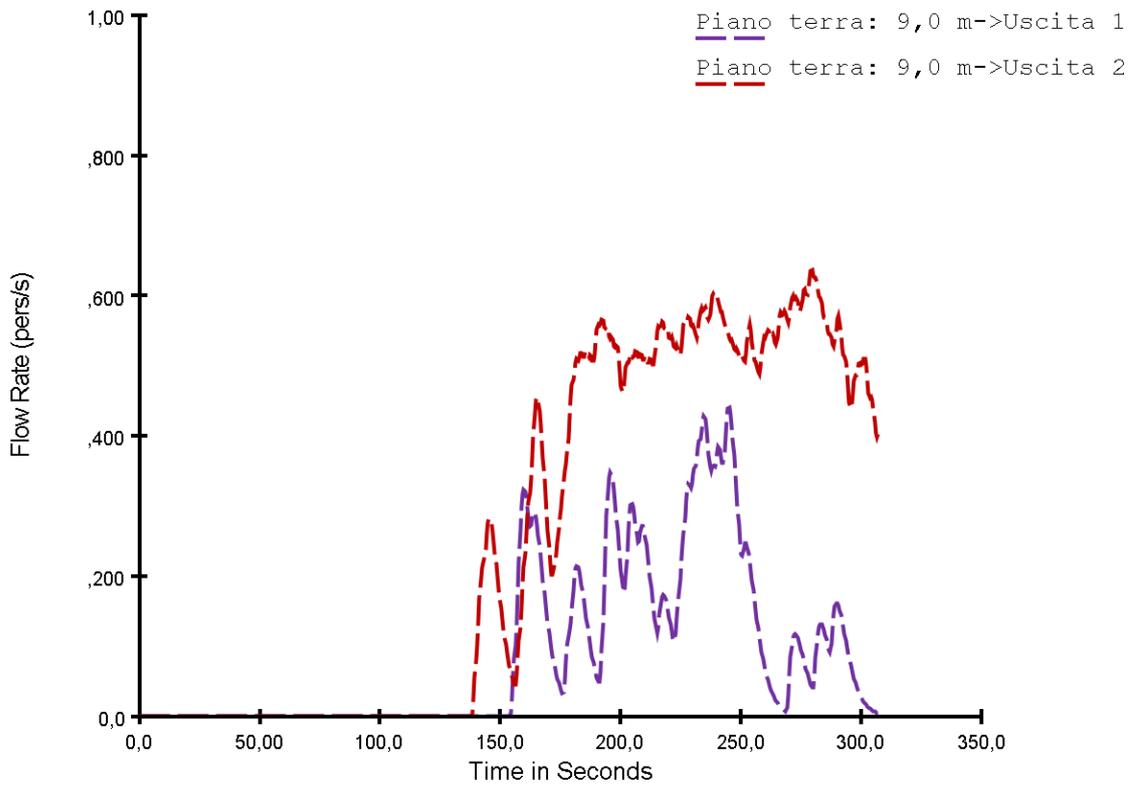


Figura 105 Grafico del flusso degli occupanti nelle uscite finali, Config.3.

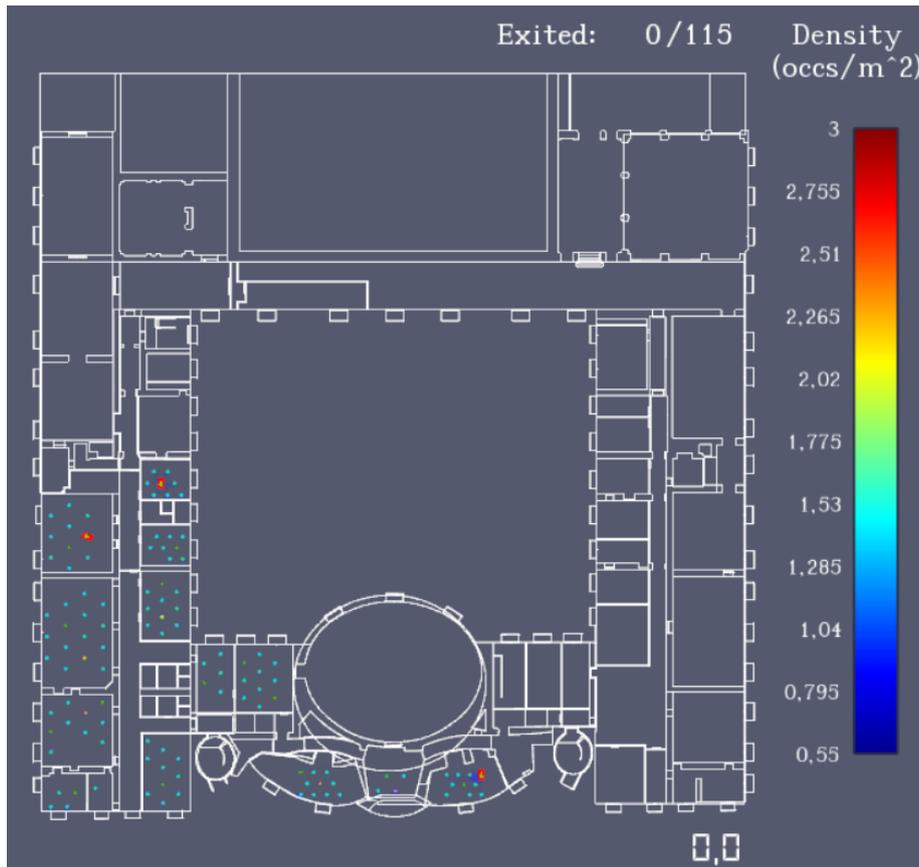


Figura 106 Densità degli occupanti nell'istante iniziale, quinto piano, Config.3.

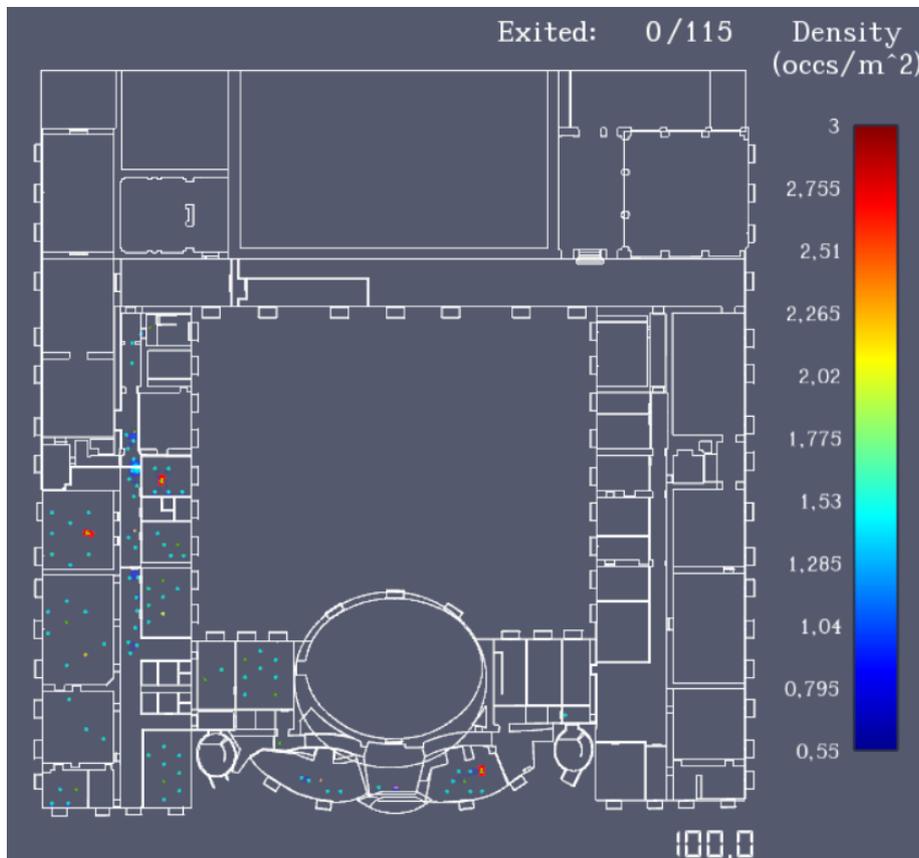


Figura 107 Densità degli occupanti nell'istante 100 secondi, quinto piano, Config.3.

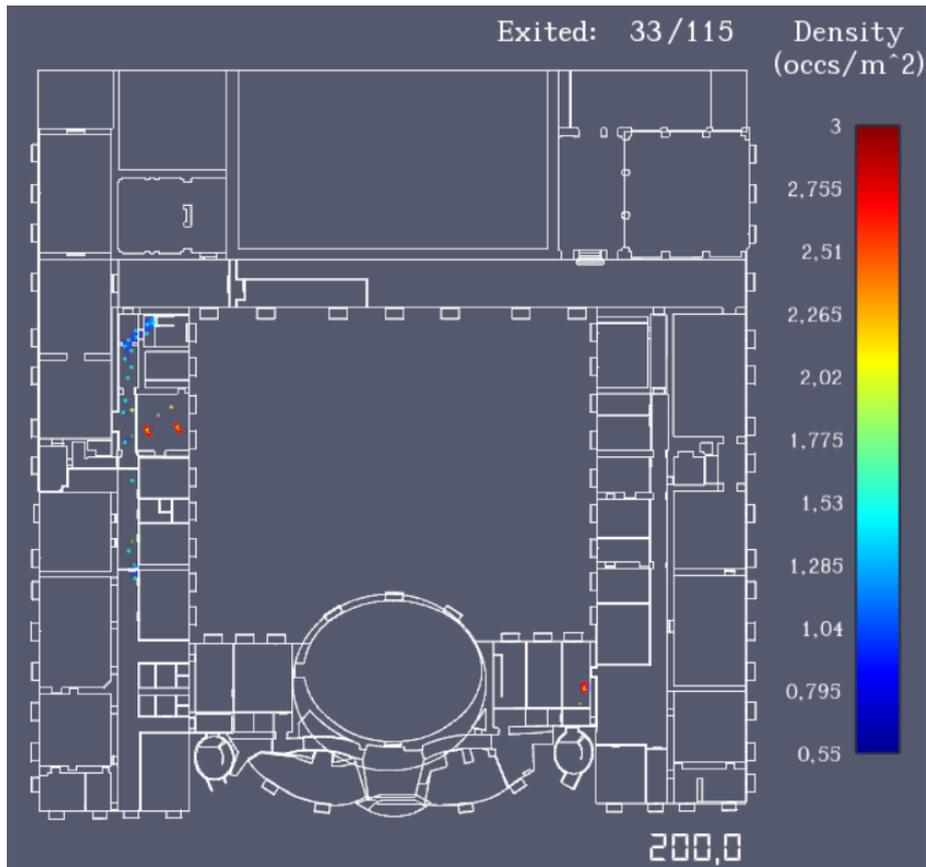


Figura 108 Densità degli occupanti nell'istante 200 secondi, quinto piano, Config.3.

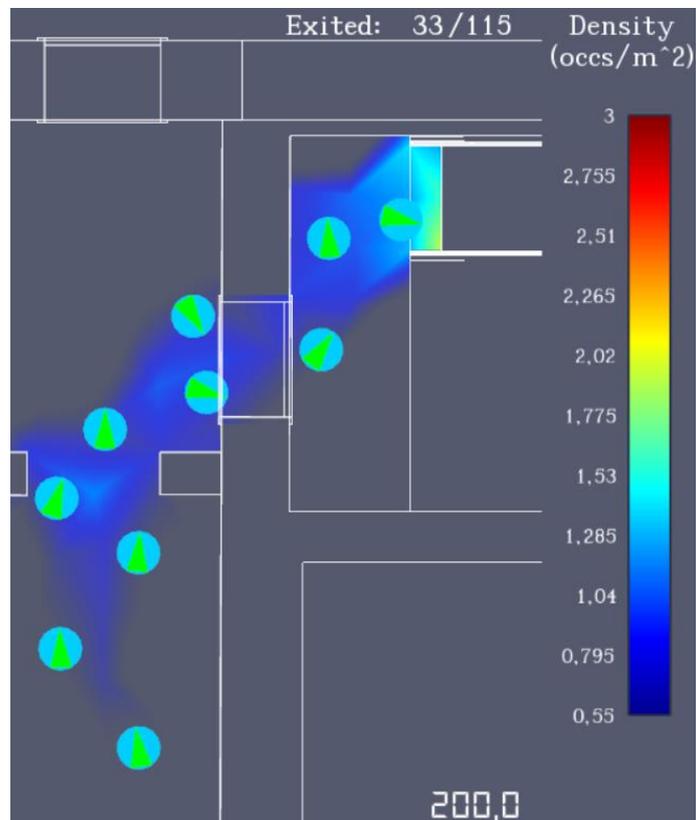


Figura 109 Densità degli occupanti nell'istante 200 secondi nei pressi della Scala 3, quinto piano, Config.3.

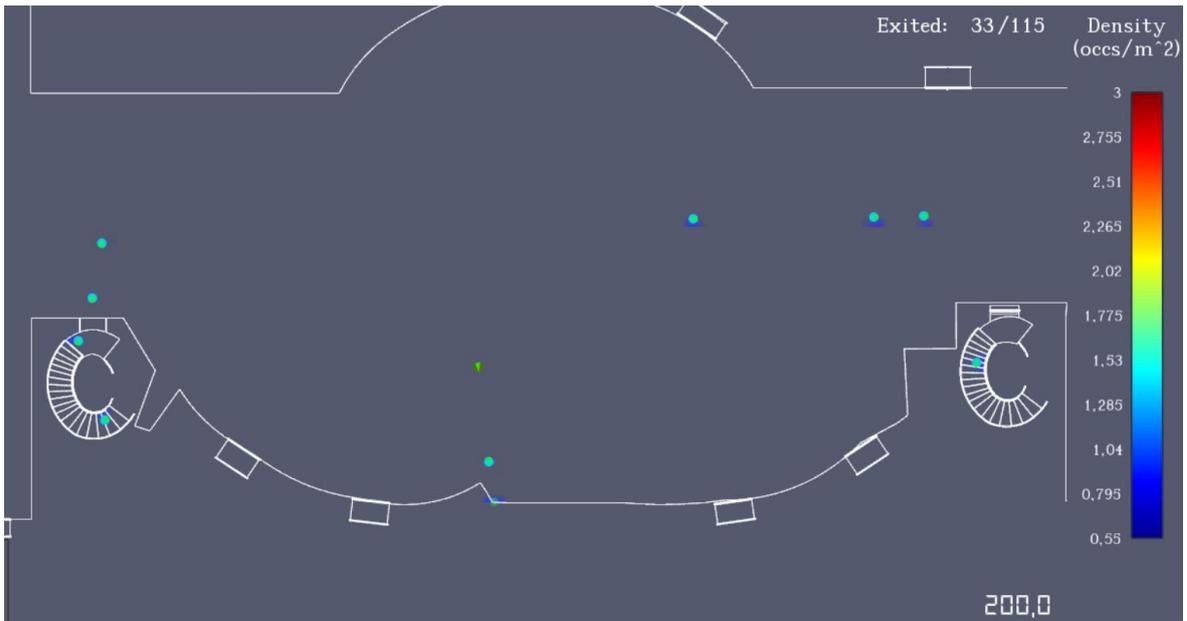


Figura 110 Densità degli occupanti nell'istante 200 secondi, piano terra uscita 1, Config.3.

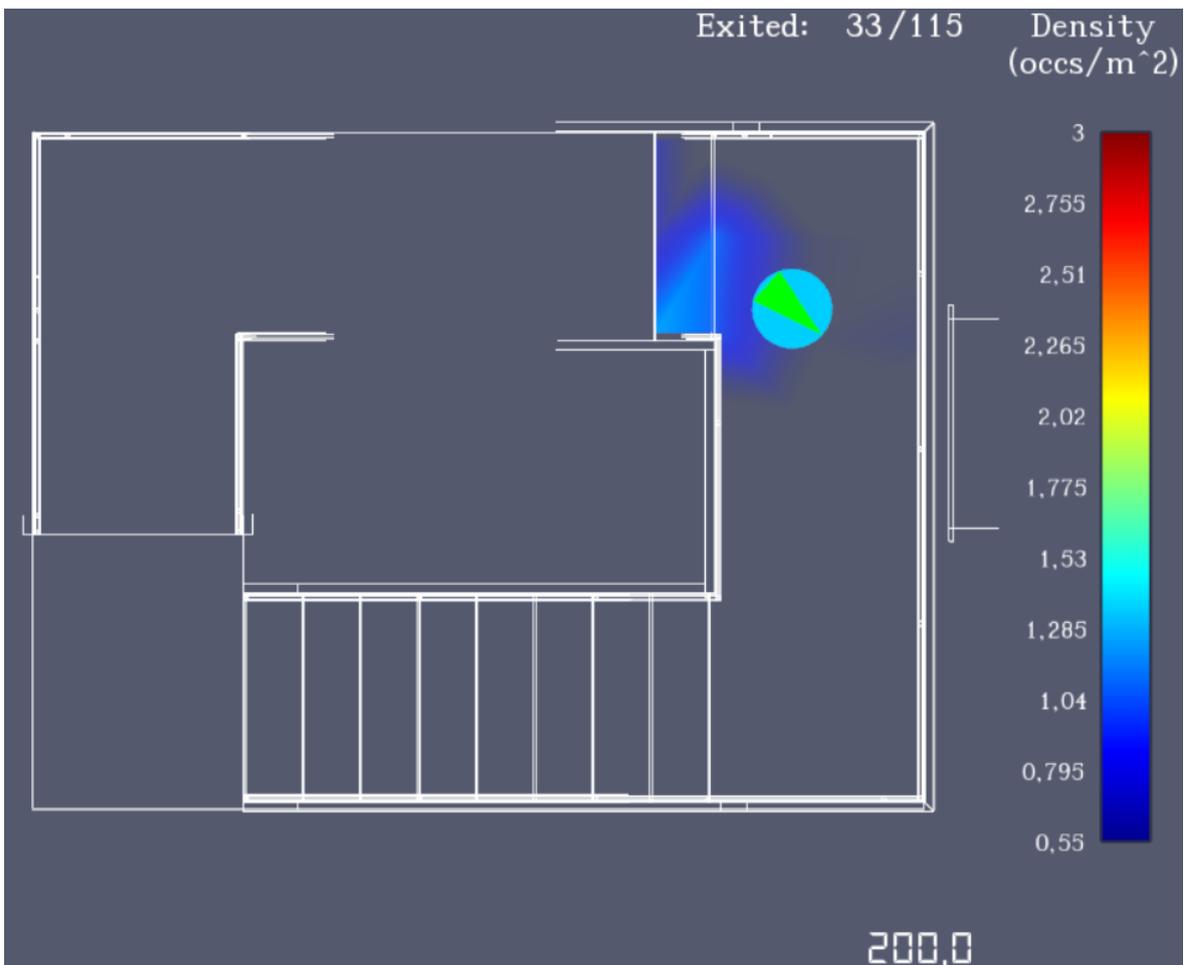


Figura 111 Densità degli occupanti nell'istante 200 secondi, piano terra uscita 2, Config.3.

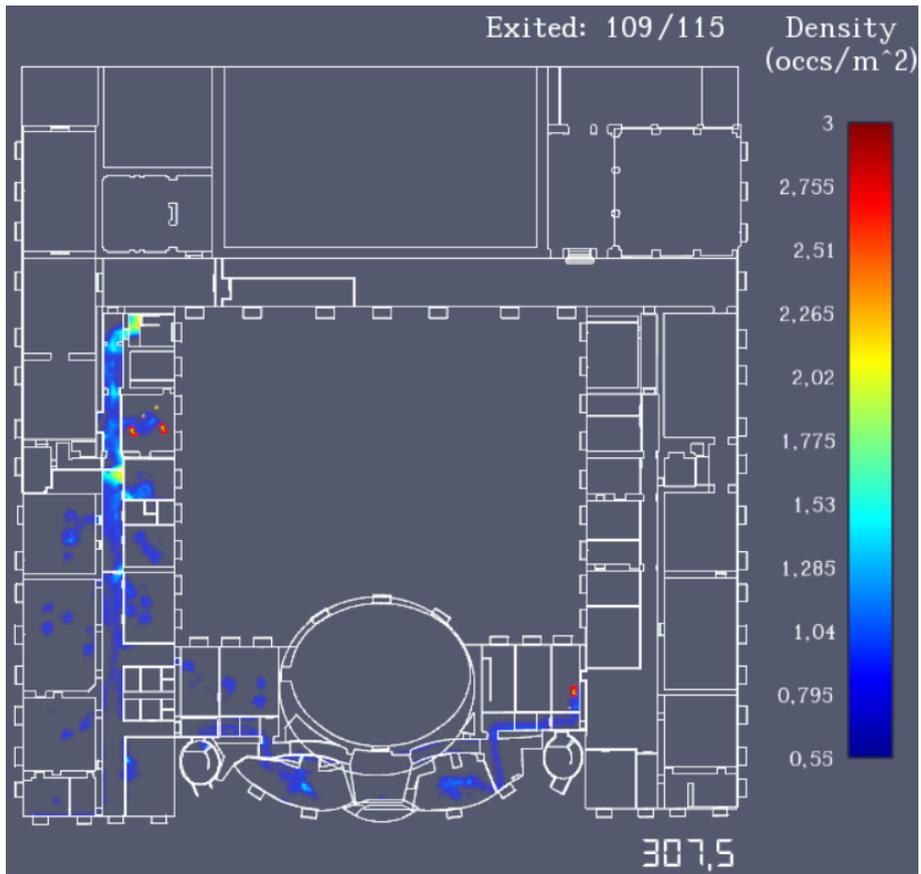


Figura 112 Densità massima degli occupanti nell'istante 307.5 secondi, quinto piano, Config.3.

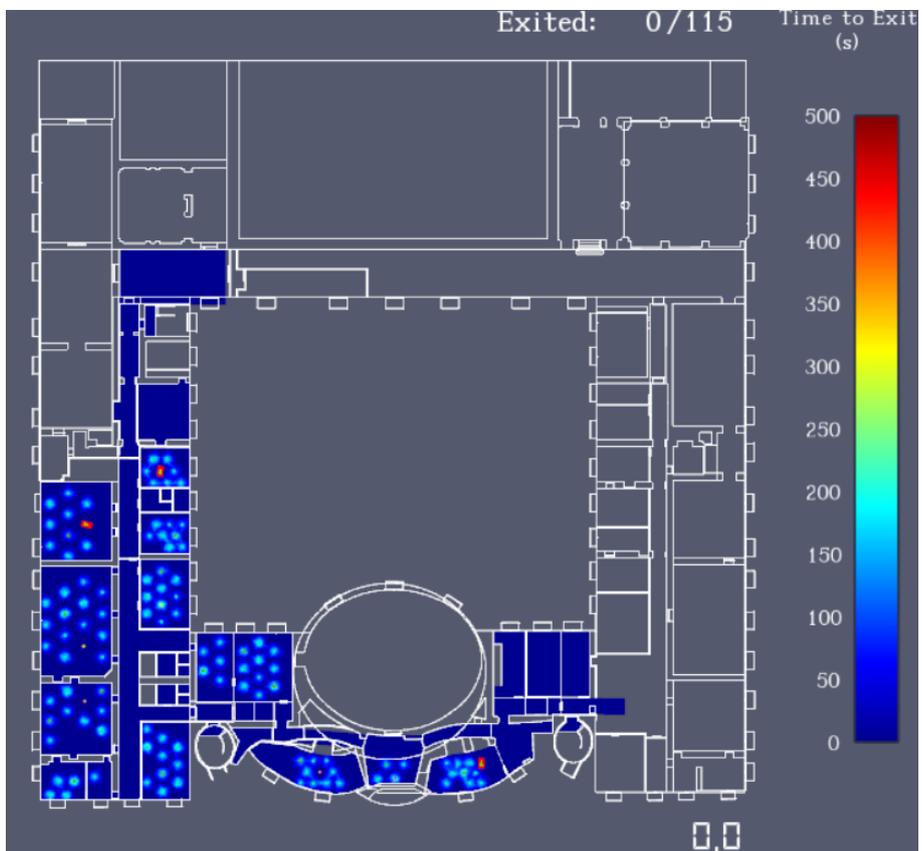


Figura 113 Tempi di uscita degli occupanti nell'istante iniziale, quinto piano, Config.3.

5.2.3.4 Video simulazioni

CONFIGURAZIONE 1: Condizione di normalità, tutte le uscite sono disponibili. Gli occupanti considerati sono quelli relativi al quinto piano e coloro che confluiscono nelle scale S3, S11 e S14.

 [Link Configurazione1](#)



CONFIGURAZIONE 2: Condizione di incendio causato da un cortocircuito di un server nei pressi dell'uscita 8, che disabilita l'utilizzo della scala S3 per gli occupanti del Compartimento 1.

 [Link Configurazione2](#)

CONFIGURAZIONE 3: Condizione di normalità, tutte le uscite sono disponibili. Sono considerati SOLO gli occupanti del Compartimento 1.

 [Link Configurazione3](#)



6 CONCLUSIONI

Il seguente lavoro di tesi ha permesso di constatare praticamente come viene applicato il Codice di Prevenzione Incendi a edifici storici sottoposti a tutela attraverso il caso studio degli uffici del polo museale al quinto piano di Palazzo Carignano.

Come è stato approfondito nei primi capitoli, gli edifici di questa tipologia hanno una serie di vulnerabilità che aumentano il rischio di incendio, ed è proprio da queste criticità che si fondano le misure antincendio.

La progettazione, avvenuta seguendo la regola tecnica verticale V.10 relativa all'attività in esame, ha permesso di raggiungere un livello di sicurezza adeguato senza intaccare troppo l'involucro edilizio. Infatti, oltre a modifiche impiantistiche, incremento della resistenza dei muri che limitano i vari compartimenti e vani scala, non sono stati previsti interventi invasivi. Pertanto, attraverso la creazione di un corretto piano di emergenza e di limitazione dei danni, è stato possibile raggiungere un compromesso fra il tema della salvaguardia della vita umana e la protezione del patrimonio storico-artistico relativo al Palazzo.



Figura 114 La sicurezza negli edifici storici sottoposti a tutela.

In questo caso l'ingegneria antincendio, applicata attraverso il software Pathfinder, è stata fondamentale per verificare visivamente e analiticamente come avviene l'esodo degli occupanti sia nel caso in cui tutte le uscite fossero fruibili, sia in caso di emergenza in cui un'uscita non fosse disponibile. L'esodo, come abbiamo visto, è influenzato da una

serie di fattori: l'affollamento, la categoria degli occupanti, lo stato psico-fisico, il grado di familiarità con l'edificio e lo stato di veglia o di sonno. Tali parametri sono stati implementati nella simulazione attraverso la creazione di profili e comportamenti assegnati a ciascun occupante.

Per concludere, un possibile sviluppo futuro della tesi sarebbe quello di simulare un evento di incendio e verificare se l'ASET fosse maggiore dell'RSET ottenuto nel seguente lavoro. Quest'ultima verifica simulerebbe in maniera più verosimile un determinato evento e sarebbe utile visualizzare le conseguenze che ricadrebbero sull'edificio.

7 BIBLIOGRAFIA – SITOGRAFIA

Capitoli 3 e 4

- Inail, Dipartimento innovazioni tecnologiche e sicurezza degli impianti, prodotti e insediamenti antropici; "Il codice di prevenzione incendi. La progettazione antincendio. Applicazioni pratiche nell'ambito del d.m. 3 agosto 2015 e s.m.i."; edizione 2018;
- D.V.D. Peppino Suriano Comando Provinciale VV.F. di Lecco; "Gli adempimenti di prevenzione incendi ai sensi del D.P.R.151/2011 e del Decreto 7/8/2012 negli edifici tutelati aperti al pubblico. Le procedure di deroga."; 2017;
- Giovanna Guarnerio e Riccardo Nelva; "Conservazione degli edifici storici: vincoli di normativa e sicurezza antincendio"; alinea editrice; 2001;
- prof. Ing. Roberto Vancetti; slides del Corso di "Fire Safety Engineering"; Politecnico di Torino; 2020;
- Fabrizio Cantelmi; "Incendio di Notre-Dame: La storia infinita della mancanza di manutenzione"; Geopunto edizione 86; 2019;
- Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42: "Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 Legge 6 luglio 2002, n. 137", Articolo 3;
- M. Ferraro, Prevenzione e protezione antincendio negli edifici di interesse storico ed artistico, in Edifici storici: Tutela e normativa di sicurezza, Atti del Convegno, Torino, 1998;
- Decreto Ministeriale 16 febbraio 1982: "Modificazioni del decreto ministeriale 27 settembre 1965, concernente la determinazione delle attività soggette alle visite di prevenzione incendi";
- Decreto del Presidente della Repubblica 1° agosto 2011, n. 151: "Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione degli incendi, a norma dell'articolo 49, comma 4-quater, del decreto-legge 31 maggio 2010, n. 78, convertito, con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n. 122";
- Decreto Ministeriale 20 maggio 1992, n. 569: "Regolamento contenente norme di sicurezza antincendio per gli edifici storici e artistici destinati a musei, gallerie, esposizioni e mostre";

- Decreto Ministeriale 26 agosto 1992: “Norme di prevenzione incendi per l’edilizia scolastica”;
- Decreto Ministeriale 09 aprile 1994: “Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la costruzione e l’esercizio delle attività ricettive turistico-alberghiere”;
- Decreto Ministeriale 19 agosto 1996: “Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio dei locali di intrattenimento e di pubblico spettacolo”;
- Decreto Ministeriale 22 febbraio 2006: “Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione e l’esercizio di edifici e/o locali destinati ad uffici”;
- Decreto Ministeriale 18 settembre 2002: “Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione e l’esercizio delle strutture sanitarie pubbliche e private”;
- Decreto Ministeriale 20 maggio 1992 chiarimento numero 7, PROT. n° P749/4109 sott. 51/D;
- Decreto Ministeriale 3 agosto 2015: “Norme tecniche di prevenzione incendi”;
- Decreto Ministeriale 10 luglio 2020: “Musei, gallerie, esposizioni, mostre, biblioteche e archivi in edifici tutelati”;
- Decreto Ministeriale 14 ottobre 2021: “Altre attività in edifici tutelati”;
- Decreto Ministeriale 9 maggio 2007: “Direttive per l'attuazione dell'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio”;
- <https://www.consulenteantincendio.it/definizioni-antincendio/>

Capitolo 5

- Elena Gianasso; “Per l'immagine dello Stato : sperimentazioni neobarocche a Torino: Castello del Valentino e Palazzo Carignano”; Centro studi piemontesi; Torino; 2018;
- Ilte, Sei, Utet; “Il parlamento Subalpino in Palazzo Carignano strutture e restauro”; 1998;
- Maria Grazia Cerri; “Palazzo Carignano tre secoli di idee, progetti e realizzazioni”; Allemandi; 1990;

- N. Marotta, Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale; “La prevenzione negli edifici storici”; 2013-2014;
- <http://polomusealepiemonte.beniculturali.it/index.php/musei-e-luoghi-della-cultura/palazzo-carignano/>
- <http://www.residenzereali.it/index.php/it/residenze-reali-del-piemonte/palazzo-carignano>
- <https://www.museotorino.it/view/s/626afe674cf94760881325345648e4c6>
- https://www.agi.it/cronaca/san_michele_incendio_danni-3412304/news/2018-01-25/

Capitolo 6

- Morgan J. Hurley; “SFPE handbook of fire protection engineering”; Springer V ed., New York; 2016;
- <http://dati.istat.it/Index.aspx?QueryId=42869#>
- http://dati.istat.it/Index.aspx?DataSetCode=DCIS_NATI1#
- <https://www.inail.it/cs/internet/docs/alg-pubbl-metodi-per-ingegneria-sicurezza-antincendio.pdf>

8 INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 Obiettivi 3 e 11 dell'Agenda ONU 2030.....	1
Figura 2 Esempio di struttura lignea del soffitto nel corridoio di ponente degli Uffici, Firenze.	3
Figura 3 Esempio di materiali cartacei (libri) ed arredi storici esposti nella Reggia di Caserta, Caserta.....	4
Figura 4 Esempio di difficoltà di accesso dei mezzi di soccorso. Peppino Suriano, Comando provinciale di Lecco.	5
Figura 5 Incendio Cupola del Guarini 1997 (Immagine dei VVF).....	6
Figura 6 Incendio Sacra di San Michele 2018 (Immagine torinotoday.it).	6
Figura 7 Incendio Notre Dame, Parigi 2019 (Immagine Pinterest).	7
Figura 8 Schematizzazione della metodologia generale (Illustrazione G.2-1)	12
Figura 9 Schema delle fasi della metodologia di progettazione.	18
Figura 10 Fasi dell'incendio(Illustrazione M.2-1).	21
Figura 11 Confronto fra ASET e RSET.....	23
Figura 12 Inquadramento geografico con Google Earth Pro.	24
Figura 13 Estratto cartografico del Piano Regolatore di Torino, Foglio 1280, Particella 34,35,36 (Sit).....	24
Figura 14 Estratto del tema di Azzonamento del Piano Regolatore di Torino (Sit).	25
Figura 15 Inquadramento catastale di Torino su carta tecnica (Sit).	25
Figura 16 “Pianta della città di Torino”, incisione anonima su disegno di Tommaso Borghonio, in <i>Theatrum Sabaudiae</i> , 1682 (particolare). In rosso è indicato il perimetro di Palazzo Carignano.....	28
Figura 17 “Faccia esteriore del Palazzo del S.mo P. Filiberto di Savoia in Torino” e “Pianta del presente edificio”, incisione in rame di Antonio De Pienne su disegno di Guarini, in <i>Disegni d'architettura civile et ecclesiastica...</i> ,cit. (BRT, V 38-39).	29
Figura 18 “Pianta interiore del palaggio del S. P. Filiberto di Savoia” e “Pianta verso il cortile del S. P. Filiberto di Savoia”, incisione in rame di Antonio De Pienne su disegno di Guarini, in <i>Disegni d'architettura civile et ecclesiastica...</i> ,cit. (BRT, V 38-39).	29
Figura 19 “Palazzo Carignani con sua Piazza in Turino”, Friedrich Bernard Werner 1730, da A.Peyrot e V. Viale, “ <i>Immagini di Torino nei secoli, catalogo della mostra</i> ”, Torino 1969.	30

Figura 20 “Piazza avanti il palazzo di S.A.S. il S. Pri.e di Carignano con il disegno della facciata del suo teatro” Giovanni Battista Borra 1749, in “Vedute principali di Torino disegnate in prospettiva, ed intagliate in rame dall’architetto Giambattista Borra..., parte I, 1749.	30
Figura 21 “Pianta terrena dimostrativa del Palazzo di S. A. S. il Sig. Principe di Carignano”, Ferdinando Bonsignore, s.d. 1818? (BRT, S VIII, 114).	31
Figura 22 “Ammezzati sopra il piano nobile”, Ferdinando Bonsignore, s.d. 1818? (BRT, S VIII, 114).	31
Figura 23 “Piano quarto”, Ferdinando Bonsignore, s.f., s.d. 1818? (BRT, S VIII, 114).	32
Figura 24 “Piano delle soffitte”, Ferdinando Bonsignore, s.f., s.d. 1818? (BRT, S VIII, 114).	32
Figura 25 “ Casa di S. a. S. il Sig. Principe di Carignano”, Vincenzo Detema, planimetria catastale, 20 gennaio 1821 (ASTR, AZ. Savoia- Carignano, cat.53, m.1, inv.8 bis, n.22)....	33
Figura 26 Rilievo catastale del complesso composto dal palazzo, dal giardino e dalle scuderie, Andrea Gatti 1822 (ASCT, catasto Gatti, Sez. Monviso, isol.n.1, Sant’Alberto). .	33
Figura 27 “Profilo della scala grande”, s.f., s.d. (ASTR, Az. Savoia- Carignano, cat.53, m.1, fasc.9).....	34
Figura 28 "Primo ripiano a lato dell'atrio", s.f., s.d. (ASTR, Az. Savoia- Carignano, cat.53, m.1, fasc.9).	34
Figura 29 Pianta piano interrato-locali tecnici, livello -4 (Fuori scala).	37
Figura 30 Pianta piano interrato-ipogeo, livello -3 (Fuori scala).	38
Figura 31 Pianta piano seminterrato-ammezzato, livello -2 e -1 (Fuori scala).	39
Figura 32 Pianta piano terra-primor rialzato, livello 0 e +1 (Fuori scala).	40
Figura 33 Pianta piano secondo-ammezzato, livello +2 (Fuori scala).	41
Figura 34 Pianta piano terzo, livello +3 (Fuori scala).....	42
Figura 35 Pianta piano quarto-ammezzato, livello +4 (Fuori scala).	43
Figura 36 Pianta piano quinto, livello +5 (Fuori scala).	44
Figura 37 Pianta piano sesto, livello +6 (Fuori scala).	45
Figura 38 Pianta dei compartimenti presenti nel quinto piano (Fuori scala).	46
Figura 39 Scala elicoidale SC14, simmetrica alla SC11.	47
Figura 40 Resistenza al fuoco Compartimento 1 (Pianta fuori scala).	52
Figura 41 Calcolo carico di incendio ClaRaf.....	55

Figura 42 Schema della pedata delle scale ellittiche.....	59
Figura 43 Stanze con lunghezza di corridoio cieco maggiore.	64
Figura 44 Stanze con lunghezza di esodo maggiore.....	66
Figura 45 Ridondanza uscite in caso di normalità.	67
Figura 46 Ridondanza uscite caso A.	68
Figura 47 Ridondanza uscite caso B.	68
Figura 48 Ridondanza uscite caso C.	69
Figura 49 Schema affollamento scala S3.	71
Figura 50 Schema affollamento scala S11.	72
Figura 51 Schema affollamento scala S14.	73
Figura 52 Schema larghezze uscite finali.	74
Figura 53 Pianta del quinto piano con le strategie antincendio adottate con il Codice di Prevenzione Incendi.	91
Figura 54 Legenda della Figura 53.	92
Figura 55 Albero degli eventi.....	94
Figura 56 Schermata Revit dei filtri applicati.	97
Figura 57 Schermata Revit del Parametro "Resistenza antincendio".	97
Figura 58 Render del modello mediante Revit.....	98
Figura 59 Render del modello mediante Enscape.....	98
Figura 60 Render del modello mediante Enscape.....	99
Figura 61 Modello BIM importato.....	100
Figura 62 Modello BIM del quinto piano importato.	100
Figura 63 Modello BIM del quinto piano importato.	101
Figura 64 Generazione del modello da BIM: quinto piano.	102
Figura 65 Generazione del modello da BIM del quinto piano.....	102
Figura 66 Generazione del modello da BIM del quinto piano.....	103
Figura 67 Vista in pianta del modello generato da BIM del quinto piano.	103
Figura 68 Modello generato da BIM.....	104
Figura 69 Errori della generazione automatica del modello: Prima e dopo.	104
Figura 70 Grafico a torta degli occupanti.	107
Figura 71 Grafico a torta degli adulti con limitazioni motorie lievi.....	108
Figura 72 Grafico a torta degli adulti con limitazioni motorie gravi.	108

Figura 73 Profilo "Adulto".....	110
Figura 74 Profilo "L.L. Over60".....	110
Figura 75 Profilo "L.L. Incinta".....	111
Figura 76 Profilo "L.G. Autistico".....	111
Figura 77 Profilo "L.G. Cieco".....	112
Figura 78 Profilo "L.G. SediaRotelle".....	112
Figura 79 Profilo "L.G. Sordo".....	113
Figura 80 Profilo "L.G. Stampelle".....	113
Figura 81 Profilo di default assegnato agli occupanti degli altri compartimenti.....	114
Figura 82 Visualizzazione in Pathfinder delle stanze e degli occupanti del quinto piano.	117
Figura 83 Disabilitazione dell'uscita 8 in Pathfinder.....	117
Figura 84 Grafico relativo al numero degli occupanti in totale e nelle scale, Config.1.....	119
Figura 85 Grafico del flusso degli occupanti nelle uscite finali, Config.1.....	119
Figura 86 Densità degli occupanti nell'istante iniziale, quinto piano, Config.1.....	120
Figura 87 Densità degli occupanti nell'istante 100 secondi, quinto piano, Config.1.....	120
Figura 88 Densità degli occupanti nell'istante 200 secondi, quinto piano, Config.1.....	121
Figura 89 Densità degli occupanti nell'istante 200 secondi nei pressi della Scala 3, quinto piano, Config.1.....	121
Figura 90 Densità degli occupanti nell'istante 200 secondi, piano terra uscita 1, Config.1.....	122
Figura 91 Densità degli occupanti nell'istante 200 secondi, piano terra uscita 2, Config.1.....	122
Figura 92 Densità massima degli occupanti nell'istante 474.5 secondi, quinto piano, Config.1.....	123
Figura 93 Tempi di uscita degli occupanti nell'istante iniziale, quinto piano, Config.1.....	123
Figura 94 Grafico relativo al numero degli occupanti in totale e nelle scale, Config.2.....	125
Figura 95 Grafico del flusso degli occupanti nelle uscite finali, Config.2.....	125
Figura 96 Densità degli occupanti nell'istante iniziale, quinto piano, Config.2.....	126
Figura 97 Densità degli occupanti nell'istante 100 secondi, quinto piano, Config.2.....	126
Figura 98 Densità degli occupanti nell'istante 200 secondi, quinto piano, Config.2.....	127
Figura 99 Densità degli occupanti nell'istante 200 secondi nei pressi della Scala 11, quinto piano, Config.2.....	127

Figura 100 Densità degli occupanti nell'istante 200 secondi, piano terra uscita 1, Config.2.	128
Figura 101 Densità degli occupanti nell'istante 200 secondi, piano terra uscita 2, Config.2.	128
Figura 102 Densità massima degli occupanti nell'istante 419.3 secondi, quinto piano, Config.2.....	129
Figura 103 Tempi di uscita degli occupanti nell'istante iniziale, quinto piano, Config.2. .	129
Figura 104 Grafico relativo al numero degli occupanti in totale e nelle scale, Config.3...	131
Figura 105 Grafico del flusso degli occupanti nelle uscite finali, Config.3.....	131
Figura 106 Densità degli occupanti nell'istante iniziale, quinto piano, Config.3.	132
Figura 107 Densità degli occupanti nell'istante 100 secondi, quinto piano, Config.3.	132
Figura 108 Densità degli occupanti nell'istante 200 secondi, quinto piano, Config.3.	133
Figura 109 Densità degli occupanti nell'istante 200 secondi nei pressi della Scala 3, quinto piano, Config.3.....	133
Figura 110 Densità degli occupanti nell'istante 200 secondi, piano terra uscita 1, Config.3.	134
Figura 111 Densità degli occupanti nell'istante 200 secondi, piano terra uscita 2, Config.3.	134
Figura 112 Densità massima degli occupanti nell'istante 307.5 secondi, quinto piano, Config.3.....	135
Figura 113 Tempi di uscita degli occupanti nell'istante iniziale, quinto piano, Config.3. .	135
Figura 114 La sicurezza negli edifici storici sottoposti a tutela.	137

9 INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 Attività soggette alle visite ed ai controlli di prevenzione incendi D.M. 16/02/1982.....	9
Tabella 2 Attività soggette alle visite ed ai controlli di prevenzione incendi D.P.R. 01/08/2011.....	9
Tabella 3 Confronto DM 20/05/1992 e DM 30/06/1995.	11
Tabella 4 Confronto V.10 e V.12.....	14
Tabella 5 Esempio di soglie di prestazione impiegabili con il metodo di calcolo avanzato (Tabella M.3-2)	19
Tabella 6 Esempio di soglie di prestazione impiegabili con il metodo di calcolo semplificato (Tabella M.3-3).	20
Tabella 7 Individuazione attività intera struttura.....	36
Tabella 8 Individuazione attività del quinto piano zona uffici	48
Tabella 9 Determinazione R_{vita} (Tabella G.3-3).....	49
Tabella 10 Determinazione di R_{beni} (Tabella G.3-5).	50
Tabella 11 Attività e profili di rischio del Compartimento 1.	50
Tabella 12 Classificazione in gruppi di materiali per rivestimento e completamento (Tabella S.1-6).	50
Tabella 13 Classificazione in gruppi di materiali per l'isolamento (Tabella S.1-7).....	51
Tabella 14 Classificazione in gruppi di materiali per impianti (Tabella S.1-8).....	51
Tabella 15 Parametri per la definizione del fattore δ_{q1}	54
Tabella 16 Parametri per la definizione del fattore δ_{q2}	54
Tabella 17 Parametri per la definizione del fattore δ_{ni}	55
Tabella 18 Compartimenti presenti nel Palazzo.....	57
Tabella 19 Compartimentazione (Tabella V.10-2).....	57
Tabella 20 Soluzioni conformi per l'esodo (Tabella V.10-3).....	58
Tabella 21 Livelli di prestazione del sistema di esodo (Tabella S.4-1).....	59
Tabella 22 Affollamento dell'intera struttura.	60
Tabella 23 Requisiti minimi per l'esodo.	62
Tabella 24 Condizioni per il corridoio cieco (Tabella S.4-18).	62
Tabella 25 Condizioni per l'emissione di porzioni di corridoio cieco (Tabella S.4-20).	63
Tabella 26 Parametri per la definizione dei fattori $\delta_{m,i}$ (Tabella S.4-38).	64

Tabella 27 Calcolo della massima lunghezza del corridoio cieco di progetto.....	64
Tabella 28 Verifica lunghezza corridoi ciechi.	65
Tabella 29 Caratteristiche delle porte ad apertura manuale lungo le vie d'esodo (Tabella S.4-6).....	65
Tabella 30 Massime lunghezze d'esodo (Tabella S.4-25).....	66
Tabella 31 Calcolo della massima lunghezza di esodo di progetto.	66
Tabella 32 Verifica lunghezza di esodo.	67
Tabella 33 Larghezze unitarie per vie d'esodo orizzontali (Tabella S.4-27).	69
Tabella 34 Verifica larghezza delle vie d'esodo orizzontali.	70
Tabella 35 Larghezze unitarie per vie di esodo verticali (Tabella S.4-29)	70
Tabella 36 Verifica larghezze vie d'esodo verticali.	73
Tabella 37 Verifica larghezza uscite finali.....	75
Tabella 38 Superfici minime per occupante (Tabella S.4-36).....	75
Tabella 39 Soluzioni conformi per il livello di prestazione III (Tabella S.5-5).....	77
Tabella 40 Requisiti aggiuntivi per la GSA (Tabella V.10-4).....	77
Tabella 41 Livelli di prestazione del controllo dell'incendio (Tabella S.6-1).	78
Tabella 42 Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione del controllo dell'incendio (Tabella S.6-2).	79
Tabella 43 Classi dei fuochi secondo la norma europea EN 2 ed agenti estinguenti (Tabella S6-4).....	80
Tabella 44 Criteri per l'installazione degli estintori di classe A (Tabella S.6-5).	80
Tabella 45 Livelli di prestazione della rivelazione ed allarme (Tabella S.7-1).	81
Tabella 46 Soluzioni conformi per la rivelazione ed allarme antincendio (Tabella S.7-3). .	82
Tabella 47 Livelli di prestazione del controllo fumi e calore (Tabella S.8-1).....	83
Tabella 48 Criteri di attribuzione del livello di prestazione del controllo fumi e calore (Tabella S.8-2).	83
Tabella 49 Verifica sistema di aerazione.	84
Tabella 50 Tipi di dimensionamento per le aperture di smaltimento (Tabella S.8-5).	84
Tabella 51 Livelli di prestazione dell'operatività antincendio (Tabella S9-1).....	85
Tabella 52 Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione dell'operatività antincendio (Tabella S.9-2).	85
Tabella 53 Tipologia scale di accesso nel Compartimento 1.....	86

Tabella 54 Livelli di prestazione della sicurezza degli impianti tecnologici e di servizio (Tabella S.10-1).....	87
Tabella 55 Strategia antincendio adottata.	90
Tabella 56 Configurazioni delle simulazioni di esodo.	94
Tabella 57 Condizioni degli occupanti.	105
Tabella 58 Percentuale over 60.....	107
Tabella 59 Percentuale donne incinte.....	107
Tabella 60 Suddivisione occupanti.	107
Tabella 61 Valori di velocità assunti.	109
Tabella 62 Valori del tempo di pre-evacuazione, tabella E.2 ISO-TR-16738.....	115
Tabella 63 Assegnazione livelli ISO-TR -16738.	116
Tabella 64 Initial Delay inseriti in Pathfinder.	116
Tabella 65 Tempi di evacuazione Configurazione 1.	118
Tabella 66 Tempi di evacuazione Configurazione 2.	124
Tabella 67 Confronto tempi di evacuazione nelle due Configurazioni.	124
Tabella 68 Tempi di evacuazione Configurazione 3.	130
Tabella 69 Confronto tempi di evacuazione nelle due Configurazioni.	130

