# POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Architettura Costruzione Città



#### TESI DI LAUREA MAGISTRALE

Visualizzazione Grafica nell'ambito Antincendio attraverso lo strumento BIM e Analisi dell'esodo di una Residenza Sanitaria per Anziani

**Relatore:** 

Prof. Roberto Vancetti

**Correlatore:** 

Ing. Matteo Del Giudice

**Candidato:** 

Cynthia Andorno Okafor



Se credi di essere forte lo devi dimostrare!

Rocky Balboa



# *INDICE*

Abstract IT	3
Abstract EN	4
1.INTRODUZIONE	5
1.1 IL BIM	6
1.1.1 Cos'è IL BIM	6
1.1.2 Interoperabilità	8
1.1.3 Stato dell'arte	11
1.1.4 Il BIM per l'antincendio	
1.2 La prevenzione incendi	16
1.2.1 Approccio normativo: il Codice di Prevenzione Incendi	19
1.2.2 Approccio Prestazionale – Fire Safety Engineering	23
1.3 La prevenzione incendi nelle strutture sanitarie	25
1.3.1 Il D.M. 19 marzo 2015	29
1.3.2 Gestione della sicurezza antincendio	
nelle strutture sanitarie (GSA)	35
1.3.2.1 Il piano di emergenza di un RSA	37
1.3.2.2 Le Tipologie di Esdo	41
1.4 Il caso studio	44
2. METODOLOGIA	50
2.1 Modalità	51
2.1.1 Inserimento degli elementi per la progettazione antincendio	53
2.2 Ingegneria della sicurezza antincendio per il calcolo dell'esodo .	58
2.2.1 La modellazione di esodo con Pathfinder	65
2.2.1.1 Simulazione 1	71
2.2.1.2 Simulazione 2	. 80
2.2.1.4 Simulazione 3	84
2.2.1.5 Simulazione 5	. 89
2.2.1.6 Simulazione 6	. 95
2.2.1.7 Simulazione 7	. 99
2.2.1.8 Simulazione 8	. 102
2. RISULTATI	104
Risultati per il BIM	. 104

Risultati per l'ingegneria della sicurezza antincendio	105
3. Conclusione e sviluppi futuri	108
Ringraziamenti	109
Bibliografia	110
Sitografia	111

# INDICE FIGURE

Figura 1: Progettazione in ambiente BIM
Figura 2: Graficizzazione dei 5 livelli di dettaglio
Figura 3: Scambio di dati tradizionale vs scambio di dati in ambiente BIM
Figura 4: Interoperabilità tra software
Figura 5: metodologia di progettazione BIM
Figura 6: Applicazione di integrazione della strategia antincendio nel modello BIM, nuovo Centro
Direzionale UNIPOL SAI a Milano
Figura 7: Elementi di protezione passiva dal fuoco Trompone
Figura 8: Schema della struttura del Codice di Prevenzione Incendi, D.M. 3 agosto 2015
Figura 9: Schema di sintesi delle modalità di utilizzo del Codice per
le attività rientranti nel suo campo di applicazione
Figura 10: Criterio Aset > Rset
Figura 11: Principale cause di incendio negli ospedali - Fonte: Comando Provinciale dei Vigili del
Fuoco di Torino
Figura 12: D.P.R. n. 151/2011, categorie dell'attività in base al Rischio
Figura 13: D.P.R. n. 151/2011 – Allegato I "Elenco delle attività soggette alle visite e ai controlli di
prevenzione incendi"
Figura 14: D.P.R. n. 151/2011 – Allegato II "Tabella di equiparazione relativa alla durata del servizio
delle attività soggette alle visite e ai controlli della prevenzione incendi"
Figura 15: Termini temporali per l'adeguamento di strutture che erogano prestazioni in regime di
ricovero ospedaliero e/o in regime residenziale a ciclo continuativo e/o diurno,
con oltre i 25 posti letto secondo il D.M. 19/03/20
Figura 16: : Termini temporali per l'adeguamento di strutture che erogano prestazioni di assistenza spe
cialistica in regime ambulatoriale, aventi superficie maggiore di 1000 mq secondo il D.M. 19/03/2015.
Figura 17: : Termini temporali per l'adeguamento di strutture che erogano prestazioni di
assistenza specialistica in regime ambulatoriale, aventi superficie maggiore di 1000 mq secondo il
D.M. 19/03/2015
Figura 18: Modalità di stesura di un piano di emegenza di una RSA
Figura 19: Aggregazione ad arco degli occupanti
Figura 20: il complesso del Trompone
Figura 21: Vista interna della navata centrale del santuario – vista dell'ingresso del complesso 45
Figura 22: Planimetria generale del complesso
Figura 23: Pianta paino terra del corpo Attività Accessorie
Figura 24: Planimetria complesso del Trompone
Figura 25: Vista 3d e pianta del piano terra della struttura ospedaliera
Figura 26: Vista 3d e pianta del piano terra della struttura ospedaliera
Figura 27: Workflow
Figura 28: Creazione parametro condiviso di vista

Figura 29: Creazione sotto disciplina fire safety	52
Figura 30:Creazione sotto disciplina fire safety	52
Figura 31: Famiglia Idrante a muro	53
Figura 32: Famiglia Estintore.	53
Figura 33: Famiglia pulsante di allarme	53
Figura 34: Famiglia rivelatore di fumo	54
Figura 35: Idrante	. 54
Figura 36: Idrante	.54
Figura 37: Inserimento della compartimentazione	. 55
Figura 38: Abaco delle famiglie antincendio	. 55
Figura 39: Abaco degli estintori	. 56
Figura 40: Creazione del percorso di uscita	. 56
Figura 41: Prova creazione elaborato grafico antincendio	. 57
Figura 42: Individuazione con filtro di linea di colore rosso di percorsi con lunghezza superiore a 1	5
metri	57
Figura 43: Estratto normativa 2015 ospedali	.58
Figura 44 :Divisione in compartimenti del primo piano,	
dove sono collocati gli occupanti NSC e NAC	. 60
Figura 45: Divisione in compartimenti del secondo piano (occupanti RSA)	.60
Figura 46: Estratto D.M. 2015 – massimo affollamento	61
Figura 47: Tabella E.2 ISO TR 16738 – Tempo di pre - movimento	68
Figura 48: Tabella M.3-1. Esempi di valutazione del tempo	.68
di pre-movimento-tratto da ISO TR 16783 - Codice di prevenzione incendi	.68
Figura 49: Tempo Rset	.69
Figura 50: Schema simulazione 1	. 71
Figura 51: Tempi di ritardo applicati nella simulazione 1,2,3 e 4	.72
Figura 52: Grafico portata delle due porte al confine dei compartimenti	. 72
Figura 53: Schema porte compartimenti primo e secondo piano 73	
Figura 54: Grafico numero di occupanti che utilizzano le porte del piano terra – scenario 1	.73
Figura 55: Schema locazione porte piano terra e scale	.74
Figura 56: Level of service – scenario 01 - Pathfinder	.74
Figura 57: Rappresentazione dei tempi di uso dei percorsi – scenario 01 - Pathfinder	. 75
Figura 58: Grafico numero di occupanti e tempo	.75
Figura 59: Schema simulazione 2	76
Figura 60: Grafico portata delle due porte dei compartimenti – scenario 2	.77
Figura 61: Schema porte compartimenti primo e secondo piano	. 77
Figura 62: Grafico numero di occupanti che utilizzano le porte del piano terra – scenario 2	. 78
Figura 63: Schema locazione porte piano terra e scale	. 78
Figura 64: rappresentazione delle zone di alta densità, Density – scenario 02 - Pathfinder	.78
Figura 65: Rappresentazione dei tempi di uso dei percorsi – scenario 02 - Pathfinder	.79
Figura 66: Grafico numero di occupanti e tempo	.79
Figura 67: Schema simulazione 3	.80

Figura 68: Grafico portata delle due porte dei compartimenti – scenario 3	. 81
Figura 69: Schema porte compartimenti primo e secondo piano	. 81
Figura 70: Grafico numero di occupanti che utilizzano le porte del piano terra – scenario 3	. 82
Figura 71: Schema locazione porte piano terra e scale	. 82
Figura 72: Level of service (queuing) – scenario 3	. 82
Figura 73: level of service (stairs) – scenario 3	83
Figura 74: level of service (walkway) – scenario 3	83
Figura 75: Grafico numero di occupanti e tempo – scenario 3	. 83
Figura 76: Schema simulazione 4	84
Figura 77: Grafico portata delle due porte dei compartimenti – scenario 4	. 85
Figura 78: Schema porte compartimenti primo e secondo piano	. 86
Figura 79: Grafico numero di occupanti che utilizzano le porte del piano terra – scenario 4	. 86
Figura 80: Schema locazione porte piano terra e scale	. 86
Figura 81: Level of service (queuing) – scenario 4	. 87
Figura 82: Level of service (stairway) – scenario 4	. 87
Figura 83: Level of service (walkway) – scenario 4	. 87
Figura 84: Usage accumulated – scenario 4	. 88
Figura 85: Schema simulazione 5	89
Figura 86: Tempi di ritardo applicati nella simulazione 5 e 6	. 90
Figura 87: Grafico portata delle due porte dei compartimenti – scenario 5	90
Figura 88: Schema porte compartimenti primo e secondo piano	. 91
Figura 89: Grafico numero di occupanti che utilizzano le porte del piano terra – scenario 5	. 91
Figura 90: Schema locazione porte piano terra e scale	.92
Figura 91: rappresentazione delle zone di alta densità, Density – scenario 05 - Pathfinder	. 92
Figura 92: Level of service (queuing) – scenario 5	. 92
Figura 93. Level of service (stairway) – scenario 5	. 93
Figura 94: Level of service (walkway) – scenario 5	
Figura 95: Usage accumulated – scenario 5	. 93
Figura 96: il percorso degli occupanti e visualizzazione delle porte disabilitate – scenario 5	94
Figura 97: Grafico numero di occupanti e tempo – scenario 5 94	
Figura 98: Schema simulazione 6	95
Figura 99: Grafico portata delle due porte dei	
compartimenti al piano primo e secondo- scenario 6	96
Figura 100: Grafico numero di occupanti che utilizzano le porte del piano terra – scenario	. 96
Figura 101: Level of service (queuing) – scenario 6	. 97
Figura 102: Level of service (stairway) – scenario 6	. 97
Figura 103: Level of service (walkway) – scenario 6	97
Figura 104: Usage accumulated – scenario 6	98
Figura 105: Grafico numero di occupanti e tempo – scenario 6	. 98
Figura 106: Grafico numero di occupanti che utilizzano le porte del piano terra – scenario 7	100
Figura 107 Usage Accumulated – scenario 7	100
Figura 108: Grafico numero di occupanti e tempo – scenario 7	100

Figura 109: Grafico numero di occupanti che utilizzano le porte del piano terra – scenario 8	102
Figura 110: Usage Accumulated – scenario 8	102
Figura 111: Grafico numero di occupanti e tempo – scenario 8	103
Figura 112: Schema metodologico delle simulazioni	106
Figuura 113 Figura 113: Grafico numero occupnti e tempo di tutte le simulazioni	108

## Abstract IT

Il presente lavoro di tesi si pone come obiettivo l'individuazione di una metodologia per far sì che l'ingegneria della sicurezza antincendio fosse svolto in un ambiente BIM (Building Information Modeling) e aprire la strada a una futura standardizzazione dei processi di lavoro, in termini di produzione grafica.

La Prevenzione Incendi (PI), mediante l'adozione del Processo BIM, permette al Progettista di analizzare, attraverso l'uso del Modello di Dati, la protezione antincendio di tutti i sistemi di protezione collettiva (elementi di protezione attiva e protezione passiva), come l'illuminazione di emergenza (Norma UNI EN 1838), i presidi antincendio e tutti quegli apprestamenti di emergenza che necessitano di una esclusiva progettazione come i rilevatori di fumo (Norma UNI EN 9795/11224), i sistemi di spegnimento automatico (Norma UNI EN 9490/9489), gli idranti (Norma UNI EN 10779).

Inoltre, il BIM, facilita l'interoperabilità tra i soggetti coinvolti, non soltanto durante il processo costruttivo ma soprattutto nelle fasi di esercizio, agevolando l'assolvimento di quanto richiesto dai VVF (Vigili del Fuoco) per l'ottenimento delle pratiche di prevenzione incendi o anche semplicemente per le procedure di evacuazione.

Il lavoro di seguito illustrato è un edificio ospedaliero (nello specifico una Residenza Sanitaria per Anziani), precedentemente modellato, preso in considerazione come esempio per creare un modello di dati, dalla quale è possibile estrapolare automaticamente informazioni per una relazione tecnica, tavole grafiche, piano di evacuazione necessarie per l'ottenimento delle pratiche di prevenzione incendi.

Contemporaneamente a ciò è stato approfondito il tema legato all'evacuazione degli occupanti dall'edificio, in una situazione di emergenza o d'incendio. Attraverso il software di modellazione dell'esodo Pathfinder, si è analizzato gli aspetti legati alla modellazione, verificando le possibili interferenze nel suo processo.

## Abstract EN

This thesis work aims to identify a methodology to ensure that fire safety engineering should be carried out in a BIM (Building Information Modeling) environment and to pave the way for future standardization of work processes, in terms of graphic production.

Fire Prevention, through the adoption of the BIM process, allows the Designer to analyze, through the use of the Data Model, the fire protection of all collective protection systems (active and passive protection elements), such as emergency lighting (UNI EN 1838 standard), firefighting devices and all those emergency preparations that require an exclusive design such as smoke detectors (UNI EN 9795/11224 standard), automatic shutdown systems (UNI standard EN 9490/9489) and hydrants (UNI EN 10779 standard).

In addition, BIM facilitates interoperability between professionals, not only during the construction process but above all in the operating phases; BIM also facilitate the fulfillment of what is required by the Fire Brigade (VVF) for obtaining fire prevention practices or even simply evacuation procedures.

The work illustrated below is an hospital building (in specific an Health Residence for the elderly), previously modeled and taken into consideration as an example to create a data model, from which it is possible to automatically extrapolate information for a technical report, graphic tables, plan of evacuation necessary for obtaining fire prevention practices.

At the same time, the issue related to the exodus of the occupants in the building was explored in an emergency or fire situation; through the way-finding modeling software, Pathfinder, these aspects were analyzed by checking for possible interference in the evacuation process.

#### 1. INTRODUZIONE

Sono sempre più diffusi edifici riqualificati e convertiti in una diversa destinazioni d'uso. Il caso studio analizzato in questa tesi fa parte di una tipologia di rifunzionalizzazione di un edificio sottoposto a tutela, riconvertito ad uso residenza sanitaria per anziani (RSA).

Il lavoro di tesi di seguito sviluppato comprende l'analisi della gestione dell'evacuazione e delle verifiche di esodo di una struttura sanitaria "il Trompone", attraverso il metodo ingegneristico con l'utilizzo di un apposito software di modellazione fluido dinamico, per la simulazione del sistema d'esodo.

Lo scopo del presente lavoro è quello di valutare come la sicurezza antincendio può far parte del BIM a partire dalla creazione di semplici grafici, tabelle per la stesura di una relazione tecnica fino alla creazione di un modello o di un file di esportazione 3d per la simulazione di esodo. L' elaborato è suddiviso nelle seguenti parti:

- Implementazione del modello 3d di tutti gli elementi mancanti come arredi, che rappresentano elementi di ingombro per una futura simulazione di esodo; le scale e il nuovo aggiornamento della divisione dei locali.
- Inserimento nel modello BIM di informazioni, normalmente inseriti in un elaborato per l'antincendio come le compartimentazioni, vie di esodo, vie di accesso, numeri degli estintori, numero e tipologia di idranti, allarme, muri e porte REI ecc.
- Esportazione del modello architettonico in formato ifc, nel software di modellazione dell'esodo Pathfinder:
- Analisi dei risultati delle simulazioni.

#### **1.1 IL BIM**

#### 1.1.1 Cos'è IL BIM

BIM è l'acronimo di "Building Information Modeling" ovvero Modello di Informazioni di un Edificio.

L'NIBS (National Institutes of Building Science) definisce il BIM come la "rappresentazione digitale di caratteristiche fisiche e funzionali di un oggetto".

il BIM va inteso come una metodologia operativa e non come uno strumento e può essere immaginato come un processo di: programmazione, progettazione, realizzazione e manutenzione, di una costruzione che utilizza un modello informativo, il quale contiene tutte le informazioni che riguardano il suo intero ciclo di vita, dal progetto alla costruzione, fino alla sua demolizione e dismissione.



Figura 1: Progettazione in ambiente BIM - Fonte: http://biblus.acca.it

In un modello BIM partecipano solitamente un numero elevato di professionisti, spesso operanti in settori differenti. Questo significa che le informazioni contenute nel modello di edificio, spesso, sono estratte da persone che non le hanno inserite direttamente e personalmente. Tali informazioni devono essere estrapolate ed elaborate nelle specifiche dimensioni. Per questo motivo entrano in gioco i LOD (Level of development), i quali nascono con l'intento di agevolare il lavoro di condivisione e soprattutto di stabilire il grado di affidabilità del modello. Per fare questo sono stati individuati diversi gradi di sviluppo dei livelli stessi I LOD si suddividono in 5 livelli:

- LOD 100 Idea inziale/concettuale.
- LOD 200 Modelli generici e indicazione quantità.
- LOD 300/350 Progettazione Esecutiva.
- LOD 400 Progettazione Costruttiva.
- LOD 500 Progetto finale (così come realizzato).

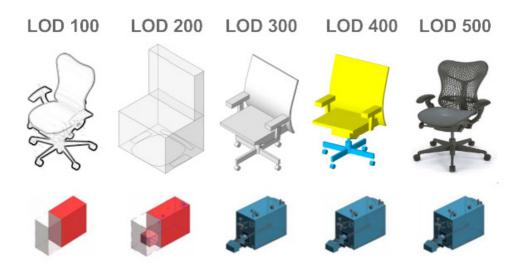


Figura 2: Graficizzazione dei 5 livelli di dettaglio Fonte: https://www.bimfo.cz/Aktuality/Jak-zvolit-uroven-LOD.aspx

## 1.1.2 Interoperabilità

Una premessa di base del BIM è la collaborazione tra le diverse figure interessate ( lo strutturista, l'energetico, il professionista antincendio, il facility manager, ecc.) nelle diverse fasi del ciclo di vita di una struttura, al fine di inserire, estrarre, aggiornare o modificare le informazioni nel BIM. Questo metodo di scambio tra i diversi soggetti coinvolti è definito interoperabilità. Essa è la capacità di scambiare dati ed informazioni, tra applicazioni e tra utenti; consentendo di uniformare i flussi di lavoro facilitando l'automazione.

Non si tratta di un concetto nuovo, infatti da sempre urge il bisogno di dialogo tra applicazioni destinate a scopi specifici; come per esempio, l'affermarsi del formato DXF per il trasferimento di dati grafici in formato vettoriale tra applicativi di distinte case software.

L'interoperabilità può essere divisa in 2 tipologie:

- L'interoperabilità tra Utenti;
- L'interoperabilità tra Software.

#### L'interoperabilità tra Utenti

Come già affermato precedentemente, l'interoperabilità tra utenti rappresenta lo scambio o la condivisione di informazioni tra i diversi autori interessati nella produzione di un manufatto edilizio. A tale scopo nasce la necessità di disporre di un ambiente di condivisione dati, definita CDE in inglese (Common Data Environment) e ACDat in italiano secondo la UNI 11337; definito dalle norme britanniche PAS 1192, adottato per consentire di utilizzare al meglio l'interoperabilità propria del BIM.

Scambio disegno 2D (dxf, dwg)

Interoperabilità BIM

Architetto Impiantista

Ingegnere

Strutturista

Ingegnere

Facilty
Manager

Construction
Manager

Construction

Cons

Figura 3: Scambio di dati tradizionale vs scambio di dati in ambiente BIM – Fonte: http://biblus.acca.it

L'interoperabilità tra Software

La condivisione di informazioni tra le diverse figure è resa possibile attraverso i numerosi formati di interscambio mondiali, esempio IFC, FBX, DXF ecc. Di seguito sono stati riportati i formati di scambio più utilizzati consono al lavoro di tesi:

• IFC (Industry Foundation Classes File): Il formato IFC include la geometria distinguendo le varie entità di componenti edilizi "semplici"

(quali muri, porte, solai, etc.) e tutte le informazioni ad essi associati, informazioni alfanumeriche (proprietà, quantità, classificazione, etc.) che ne specificano i parametri, le proprietà fisiche, le informazioni per la costruzione, le informazioni per la manutenzione, etc. Attualmente la maggior parte dei software BIM supportano Import /Export di dati del modello BIM in formato IFC, con la certificazione buildingSMART per il controllo di coerenza. Il formato IFC è importante sia per la compatibilità che per l'interoperabilità, poiché consente a differenti applicazioni di lavorare in forma collaborativa.

È un formato sempre in evoluzione per adeguarsi alle nuove e sempre più specializzate esigenze del mondo delle costruzioni, però può presentare delle piccole problematiche (anomalie): in Revit, per esempio, conserva le proprietà ed i valori utilizzati nelle famiglie, ma perde l'insieme dei parametri, i quali successivamente all'esportazione, non possono più influenzare la geometria dell'elemento.

• DWG: (Drawing Database File): è uno dei formati di dati di progetto più diffusi, utilizzato in quasi tutti gli ambienti di progettazione. Essi sono dei database di disegni vettoriali realizzati con AutoCAD dell'Autodesk, un software professionale utilizzato per la creazione di disegni e progetti in 2D/3D in ambito ingegneristico, architettonico, meccanico ed elettrico. La sua scarsa compatibilità con altri software CAD lo ha reso poco utile per l'esportazione di disegni o modelli e di conseguenza ha comportato lo sviluppo da parte della casa produttrice di un altro formato più versatile: il DXF.

- DXF (Drawing Interchange Format o Drawing Exchange Format): formato sviluppato sempre dall'Autodesk per il software AutoCad con il fine di scambiare in maniera migliore i dati del disegno vettoriale con altri programmi di grafica 3D.
- FBX: (Filmbox): è un formato file proprietario, sviluppato da Kaydara, di proprietà di Autodesk dal 2006; viene utilizzato per fornire l'interoperabilità tra le applicazioni di creazione di contenuti digitali. Essa viene supportato dai più comuni software di grafica 3D in quanto è in grado di immagazzinare non solo geometrie, ma anche dati di texture e di animazioni.

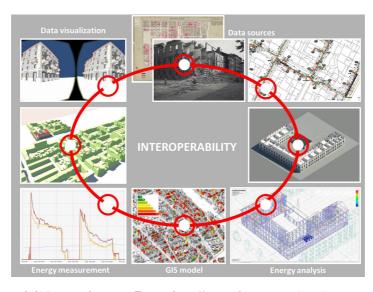


Figura 4: Interoperabilità tra software – Fonte: http://www.ilnuovocantiere.it

### 1.1.3 Stato dell'arte

La nascita del BIM si porta dietro la necessità di avere un unico "ambiente digitale di raccolta organizzata e condivisione di dati relativi ad un'opera". Un luogo che faciliti l'automazione del coordinamento informativo tra i soggetti interessati, garantendo trasparenza e riduzione di errori causati, ad esempio, da ridondanza o duplicazione di dati.



Figura 5: metodologia di progettazione BIM -

Fonte: https://www.fseprogetti.it/progettazione-antincendio-bim

Attraverso la potenzialità proprio della condivisione di dati, il BIM mostra ampio sviluppo e utilizzo in diversi settori e discipline tra cui:

- Progettazione Architettonica: fornendo un modello tridimensionale ricco di informazioni (volume, dimensioni, tipologia aspetto e caratteristiche tecniche dei materiali);
- Progettazione Strutturale: dove permette di evitare di modellare nuovamente la struttura, riducendo possibili errori umani;
- Progettazione Impiantistica: facilitando il corretto posizionamento e dimensionamento degli impianti con riferimento al modello architettonico;
- Progettazione Infrastrutturale;
- Controllo e Validazione dei Progetti: attraverso l'interoperabilità e specifici software per il "Model checking" si individuano preventivamente incoerenze progettuali, evitando sprechi economici per la correzione in sito;
- Project Management: facilita i processi decisionali per la progettazione
- Facility Management: garantendo una buona gestione delle attività di manutenzione durante tutta la vita utile dell'edificio.

In una prospettiva più ampia di progettazione, il BIM garantisce un processo integrato nella progettazione, in quanto facilita lo scambio e l'accuratezza delle informazioni fornite dai vari attori coinvolti nella produzione edilizia.

Nell'ambito della progettazione impiantistica II modello BIM di riferimento è noto come MEP (mechanical – electrical - plumbing ovvero meccanico, elettrico ed idraulico) e contiene tutti i riferimenti impiantistici necessari (oggetti di dettaglio, planimetrie, computi, tabulati di calcolo ecc.) tra cui anche quelle inerenti al modello coordinato, dove sono indicate informazioni sulla precisa posizione nella costruzione, il nome, la descrizione, il peso, le informazioni sulla garanzia, le richieste di manutenzione speciale, il produttore, il numero d'ordine, il fattore lavoro, il prezzo, la posizione, le dimensioni, il tipo di materiale ed il tipo di connessione. Attraverso il modello MEP è possibile eseguire tutti i livelli di progettazione, garantendo una maggior facilità di aggiornamenti e varianti, con relative influenze su abachi di impianti e su sezioni tipologiche.

Le tre sottocategorie che costituiscono l'acronimo MEP, Mechanical – Elettrical – Plumbing, sono le tre discipline che convivono insieme all'interno dell'ambiente di modello impiantistico.

Dal modello MEP si può esportare , importare o creare collegamenti con una varietà di formati tra cui DWG , DWF , DXF , DGN, IFC, GBXML, assicurando lo scambio di dati compatibile con altri software, per una maggiore ed una migliore comunicazione con i clienti o membri del team.

L'ambiente MEP viene quindi diviso in sottocategorie specifiche da cui partire con la progettazione:

- BIM PER LA PROGETTAZIONE MECCANICA
- BIM PER LA PROGETTAZIONE ELETTRICA
- BIM PER LA PROGETTAZIONE IDRAULICA
- BIM PER LA PROGETTAZIONE ANTINCENDIO

Per il lavoro di tesi svolto, in questo caso, si è scelto di partire da un template plumbing, con le famiglie antincendio preimpostate, precaricate e geolocalizzate, dalla quale si partirà per la stesura delle documentazioni grafiche necessarie.

## 1.1.4 Il BIM per l'antincendio

Il mondo della progettazione nel settore delle costruzioni, nelle sue diverse competenze (architettonica, ingegneristica, impiantistica, paesaggistica, ecc.) ha vissuto in questi ultimi trent'anni una rivoluzione che ha portato a numerosi cambiamenti di approccio e strumenti operativi. Grazie al BIM si passa prima da una progettazione assistita a due - tre dimensioni alla progettazione parametrica per oggetti; prima quantitativa poi qualitativa. Le innovazioni hanno portato ad un profondo cambio di visuale nel tempo, proprio nel modo stesso di concepire l'opera edile e le sue diverse fasi di realizzazione e gestione.

Da sempre, la disciplina antincendio ha sempre rappresentato un processo alla quale aggrapparsi solo dopo aver completato la progettazione architettonica dell'opera: questo, metteva il tecnico antincendio davanti a importanti criticità da risolvere.

Recentemente la cultura della progettazione integrata, specificato precedentemente, si è fatta spazio, ed è entrata nel sentire comune la convinzione che un edificio, sin dalla sua prima ideazione, debba essere pensato anche con riferimento alle misure di sicurezza antincendio.

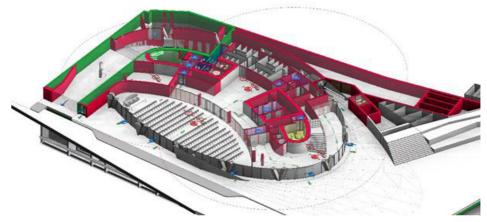


Figura 6: Applicazione di integrazione della strategia antincendio nel modello BIM, nuovo Centro Direzionale UNIPOL SAI a Milano- Fonte: https://www.ingenio-web.it/6323-il-bim-per-il-fire-engineering-e-per-il-safety-managemen

La progettazione antincendio in Italia, di edifici esistenti e di nuova costruzione, ha finora spesso usato il Computer-Aided Design (cioè "progettazione assistita dall'elaboratore" CAD). Il CAD indica il settore dell'informatica volto all'utilizzo di tecnologie software e in particolare della computer grafica per supportare l'attività di progettazione (design) di manufatti sia virtuali che reali. Esso riporta semplicemente le rappresentazioni e i disegni tecnici realizzati su carta che però non contengono nessun tipo di informazione ed è caratterizzato da una modalità di lavoro basato sull'organizzazione del lavoro su strati detti "layer".

Attraverso l'utilizzo della tecnologia BIM il progettista possiede uno strumento per la gestione del progetto antincendio; è in grado di fare rapidamente dei controlli e dei pre-dimensionamenti (calcolo rapido della larghezza delle uscite di sicurezza, controllo delle distanze di percorrenza, della geometria delle vie di esodo e delle superfici di aerazione, ecc.). Realizzare l'intero modello in BIM permette al professionista di associare informazioni e schede tecniche alle attrezzature e alle parti dell'impianto antincendio per facilitare le operazioni di manutenzione obbligatoria. Con le applicazioni mobile nate per dialogare con modelli BIM attraverso piattaforme cloud based è possibile, da parte dei tecnici, interrogare le componenti antincendio in sito e localizzarle nel modello 3D unitamente alle informazioni ad esse associate.

Il BIM applicata al mondo della prevenzione incendi apporta notevoli benefici tra i quali:

- 1. Possibilità di interfacciarsi con studi di progettazione che lavorano con metodologia BIM;
- 2. Ottenere il modello 3D, oppure modellarlo una sola volta;
- 3. Ottenere immediatamente documentazioni tecniche (tabelle, schemi, abachi ecc.) ed elaborati grafici (piante, prospetti ecc..) per le varie discipline coinvolte;
- 4. Utilizzo di famiglie parametriche per l'antincendio;
- 5. Verificare le interferenze geometriche degli impianti antincendio con strutture ed impianti Ordinari ed effettuare il calcolo idraulico; "La prevenzione incendi è la funzione di preminente interesse pubblico diretta a conseguire, secondo criteri applicativi uniformi sul territorio nazionale, gli obiettivi di sicurezza della vita umana, di incolumità delle persone e di tutela dei beni e dell'ambiente attraverso la promozione, lo

studio, la predisposizione e la sperimentazione di norme, misure, prov vedimenti, accorgimenti e modi di azione intesi ad evitare l'insorgenza di un incendio e degli eventi ad esso comunque connessi o a limitarne le conseguenze

- 6. Impostare un piano di manutenzione direttamente collegato al modello dati;
- 7. Importare le geometrie in FDS per le modellazioni fluido-dinamiche di incendio;
- 8. Importare le geometrie per le modellazioni avanzate di esodo;
- 9. Clash detection e coordinamento
- 10. Controlli automatici dei vincoli di legge

Usando un modello BIM è possibile evidenziare l'effetto delle decisioni di altri tecnici che producono sulla protezione passiva dal fuoco, dando la possibilità di valutare fin da subito il loro impatto sull'intero contesto e su tutti gli altri progetti specialistici.



Figura 7: Elementi di protezione passiva dal fuoco Trompone

Per il lavoro di tesi svolto si è focalizzati sui punti 3, 4 e 8.

Il punto 3 e 4 risultano molto importanti in quanto l'ottenimento immediato delle documentazioni tecniche e grafiche consente al progettista di risparmiare tempo nella stesura di documenti ufficiali per le pratiche di prevenzione incendi, qualora un eventuale riqualificazione e riprogettazione della struttura dovesse venir luogo; inoltre consente di avere attraverso parametri preimpostati un ricalcolo automatico delle schede tecniche, delle tabelle e di alcuni elementi del progetto. L'Importazione delle geometrie nei vari formati per la modellazione dell'esodo aiuta il progettista a capire in primis lo stato di ingombro per un eventuale evacuazione della struttura e la corretta modellazione 3d per interfacciarsi con un software di simulazione.

## 1.2 La prevenzione incendi

Studio, la predisposizione e la sperimentazione di norme, misure, provvedimenti, accorgimenti e modi di azione intesi ad evitare l'insorgenza di un incendio e degli eventi ad esso comunque connessi o a limitarne le conseguenze".

Prevenire significa fare quanto di meglio affinché gli incendi non divampino.

In breve, la Prevenzione riguarda tutte quelle azioni, accorgimenti, strategie e controlli mirati alla riduzione della probabilità di insorgenza di situazioni di emergenza, in particolare di incendi. Può considerarsi come un complesso dinamico di misure organizzative, gestionali, conoscitive e di vigilanza, teso a limitare la probabilità che un evento si verifichi. la prevenzione incendi si pratica in ogni ambito caratterizzato dall'esposizione al rischio di incendio degli occupanti ed avendo una grande rilevanza interdisciplinare, si esercita nei settori, della sicurezza nei luoghi di lavoro, del controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose, dell'energia, della protezione da radiazioni e dei prodotti da costruzione.

La progettazione antincendio individua le soluzioni tecniche rivolte al raggiungimento degli obiettivi primari della prevenzione incendi, ovvero, la sicurezza della vita umana, l'incolumità delle persone, la tutela dei beni e dell'ambiente.

Essa è connessa alle normative in tema di prevenzione incendi, ed è

soggetta ai requisiti minimi di documentazione tecnica comprensiva di:

- relazione tecnica
- relativi elaborati grafici.

In particolare, la relazione tecnica di un progetto antincendio deve contenere come minimo:

- l'individuazione dei pericoli di incendio a seconda delle attività presenti (destinazione d'uso, lavorazioni, macchine, apparecchiature ed attrezzi, impianti tecnologici di servizio, aree a rischio specifico ecc);
- la descrizione delle condizioni ambientali (condizioni di accessibilità e viabilità, caratteristiche degli edifici, aerazione, affollamento degli ambienti, ecc);

- valutazione qualitativa del rischio incendio con l'indicazione degli obiettivi di sicurezza assunti e l'indicazione delle azioni messe in atto per perseguirli;
- la descrizione delle misure di prevenzione e protezione antincendio con particolare riferimento al comportamento al fuoco delle strutture e dei materiali, ai presidi antincendio e alle norme tecniche di prodotto e di impianto prese a riferimento.
- la gestione dell'emergenza.

La progettazione antincendio è strettamente connessa alle specifiche norme in tema di prevenzione incendi; è quindi necessario rispettare i requisiti minimi del progetto indicati nell'allegato 1 del DM 07/08/2012 e suddivisi in: "relazione tecnica" e "elaborati grafici".

Gli elaborati grafici devono contenere come minimo:

- planimetria generale in scala;
- ubicazione delle attività;
- condizioni di accessibilità all'area e di viabilità al contorno ( accessi pedonali e carrabili);
- distanze di sicurezza esterne;
- risorse idriche della zona (idranti esterni, corsi d'acqua, acquedotti e riserve idriche);
- impianti tecnologici esterni (cabine elettriche, elettrodotti, rete gas, impianti di distribuzione gas);
- ubicazione degli elementi e dei dispositivi caratteristici del funzionamento degli impianti di protezione antincendio e degli organi di manovra in emergenza degli impianti tecnologici;
- piante dell'edificio in scala da 1:50 a 1:200, a seconda della dimensione dell'edificio o locale dell'attività', relative a ciascun piano, recanti l'indicazione degli elementi caratterizzanti il rischio di incendio e le misure di sicurezza e protezione riportate nella relazione tecnica;
- sezioni ed eventuali prospetti degli edifici in scala adeguata. la sicurezza antincendio in Italia in pochi anni ha subito una notevole trasformazione in termini di concetti e metodi. L'approccio inizialmente utilizzato è stato quello prescrittivo, ovvero l'insieme delle regole tecniche determinate da misure preventive e protettive, valutate dal normatore sulla base di criteri di sicurezza generici. Lo scopo alla base di tali norme riguarda la richiesta di ottenere il livello minimo di sicurezza. Tale approccio non ammette alcuna soluzione progettuale alternativa a quella

imposta dal legislatore, ignorando la specificità del contesto reale. Con l'evoluzione tecnologica si è assistito al passaggio normativo da un approccio meramente prescrittivo a quello ingegneristico prestazionale, basato sullo studio dell'evoluzione dinamica dell'incendio, dei suoi effetti e del comportamento umano. Tale approccio valuta i livelli di sicurezza, rapportandoli a specifici scenari d'incendio, alle caratteristiche dello spazio, al comportamento degli occupanti e al loro stato, alla tipologia dell'attività e al sistema di gestione.

L'approccio prestazionale è stato ufficialmente introdotto in Italia con il Decreto del Ministro dell'Interno del 9 maggio 2007: "Direttive per l'attuazione dell'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio". Essa trova nel D.M. 09.05.2007 e nella Sez. M del Codice di Prevenzione incendi (D.M. 03/08/2015) i riferimenti normativi nazionali che risultano utili alla progettazione di edifici complessi o per i quali non è possibile garantire il rispetto di soluzioni conformi.

# 1.2.1 Approccio normativo: il Codice di Prevenzione Incendi

Negli ultimi anni sono state emanate innumerevoli regole tecniche di prevenzione incendi per varie attività, di conseguenza l'esigenza di dare ai progettisti un unico strumento attraverso il quale applicare i metodi di prevenzione incendi ha portato alla nascita del D.M. 03/08/2015. Il Testo Unico di Prevenzione incendi, entrato in vigore il 18 novembre del 2015 (D.M. 3 agosto 2015) detta "il Codice di Prevenzione Incendi", fornisce linee guida e misure strategiche per garantire standard elevati di sicurezza antincendio, introducendo un nuovo approccio metodologico, con l'obiettivo di adattare le misure di protezione antincendio alle reali necessità, riducendo così i costi degli interventi.

Il Codice, si suddivide in una Regola Tecnica Orizzontale (RTO) ed in molteplici Regole Tecniche Verticali (RTV) specifiche per attività. In continuo aggiornamento si presenta principalmente in 4 sezioni:

- G Generalità
- S Strategia antincendio
- V Regole Tecniche Verticali (RTV)
- M Metodi

La sezione G contiene i principi fondamentali per la progettazione della sicurezza antincendio, applicabili indistintamente alle diverse attività. Essa contiene i termini, le definizioni e presenta le metodologie di progettazione antincendio. Inoltre, sono presenti indicazioni per la determinazione dei profili di rischio delle attività e la loro modalità di calcolo (Rvita, Rbeni, Rambiente).

La sezione S contiene indicazioni per ognuna delle dieci misure antincendio, i criteri per l'attribuzione dei livelli di prestazione (I, II, III, ecc.) e la conseguente individuazione delle soluzioni progettuali.

Ogni soluzione deve garantire il livello di prestazione necessario a soddisfare le misure antincendio in funzione degli obiettivi. Le soluzioni progettuali previste dal Codice sono:

- Soluzioni conformi di immediata applicazione; non è richiesta ulteriore valutazione tecnica.
- Soluzioni alternative opzioni alle soluzioni conformi, per le quali il progettista è tenuto a dimostrare il livello prestazionale.
- Soluzioni in deroga è richiesta l'attivazione del procedimento di deroga secondo la normativa in essere. È una soluzione auspicabile laddove non sia possibile applicare situazioni conformi né alternative.

La strategia antincendio si concentra sulla gestione del rischio e si basa su 3 fasi essenziali:

- attribuzione dei livelli di rischio;
- attribuzione dei livelli di prestazione;
- individuazione delle misure antincendio.

La sezione S è divisa nelle seguenti 10 misure:

- S.1 reazione al fuoco;
- S.2 resistenza al fuoco;
- S.3 compartimentazione;
- S.4 esodo;
- S.5 G.S.A gestione della sicurezza antincendio;
- S.6 controllo dell'incendio;
- S.7 rivelazione ed allarme;
- S.8 controllo di fumi e calore;
- S.9 operatività antincendio;
- S.10 sicurezza impianti tecnologici e di servizio.

La sezione V contiene le regole tecniche verticali di prevenzione incendi applicabili a specifiche attività o ad ambiti di esse, le cui misure tecniche previste sono complementari o integrative a quelle previste nella sezione "Strategia antincendio". Tale sezione sarà implementata nel tempo con le regole tecniche riferite ad ulteriori e specifiche attività;

la sezione M descrive le metodologie progettuali dell'ingegneria della sicurezza antincendio

(scenari progettazione prestazionale, salvaguardia vita ecc.)

Il codice offre i criteri necessari per consentire al Progettista antincendio di fare una corretta valutazione del rischio incendio e attuare le misure strategiche necessarie.

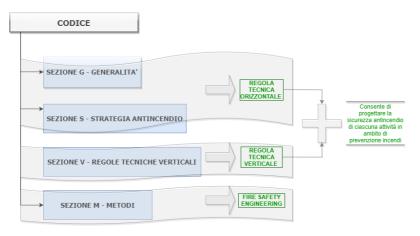


Figura 8: Schema della struttura del Codice di Prevenzione Incendi, D.M. 3 agosto 2015

Il codice può essere considerato come un documento di riferimento per l'applicazione di entrambi gli approcci di progettazione. Da una parte ci fornisce delle linee guida per l'applicazione di determinati regole prescrittive e dall'altra ci consente di applicare l'approccio prestazionale, scegliendo tra soluzioni in deroga o alternativa. Un altro aspetto che determina l'approccio prestazionale del codice, come precedentemente spiegato, è rappresentato dalla sezione M, dove viene introdotta e illustrata gli strumenti della Fire Safety Engineering. Questa sezione sarà approfondita nel capitolo di seguito 1.2.3.

L'approccio prestazionale del codice di prevenzione incendi consente di valutare opzioni multiple, per sviluppare un progetto performante e adatto al raggiungimento degli obiettivi di sicurezza (sulla base delle valutazioni del Progettista).

Il concetto del doppio binario del codice: D.M. 12/04/2019 Per capire cosa si intende per il concetto doppio binario è utile prima di tutto capire la differenza tra i seguenti termini:

- Attività soggette, l'insieme delle attività, presenti nell'elenco del D.P.R 151 del 2011e quindi soggette ai controlli prevenzione incendi da parte dei VVF;
- Attività NON soggette, riguarda tutte le attività assenti dal decreto sopracitato;
- Attività normate, attività regolate da specifiche norme tecniche;

- Attività NON normate, attività senza una specifica regola tecnica per cui valgono i criteri generali di prevenzione incendi.
- Norme orizzontali, l'insieme di quelle norme che specificano i criteri generali di prevenzione incendi, in pratica che va bene per tutte le attività:
- Norme Verticali, l'insieme delle norme che regolano una specifica attività.

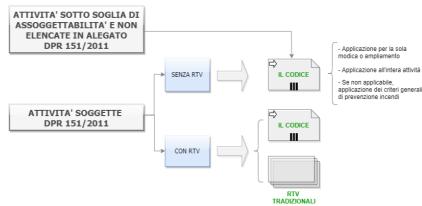
Nel 2015 all'uscita del Testo Unico di Prevenzione incendi, il D.M. 3 agosto 2015, al professionista antincendio si lasciava la facoltà di scegliere se utilizzare il Codice oppure attenersi all'insieme delle norme orizzontali o verticali, emanate precedentemente.

L'emanazione del D.M. 12/04/2019 "Modifiche al decreto 3 agosto 2015, recante l'approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell'articolo 15 del decreto legislativo 8 marzo 2006, n. 139", ha esteso il campo di applicazione del Codice ad oltre la metà delle ottanta attività soggette al controllo dei Vigili del Fuoco. Esso ha decretato, a tale data dal 20/10/2019, la fine del doppio binario, per quelle attività soggette che non erano verticalmente normate e l'entrata in vigore, dal 01/11/2019, del nuovo Codice di Prevenzione Incendi, il Codice 2.0.

Il D.M. 18/10/2019 è dunque lo strumento di aggiornamento del codice di prevenzione incendi del 2015, attraverso il quale sarà possibile limitare l'utilizzo del D.M. 10/03/1998 "Criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione dell'emergenza nei luoghi di lavoro", in quanto essa puL ancora essere utilizzato per le attività soggette e non normate. Mentre quelle soggette e non normate è obbligatorio usare il codice.

Di seguito si riporta la tabella di sintesi delle modalità di utilizzo del Codice per le attività rientranti nel suo campo di applicazione (circolare 378/2019 del CNI):

Figura 9: Schema di sintesi delle modalità di utilizzo del Codice per le attività rientranti nel suo campo di applicazione



# 1.2.2 Approccio Prestazionale – Fire Safety Engineering

La Sezione M del Codice di Prevenzione Incendi, tratta in dettaglio la metodologia di progettazione dell'Ingegneria della sicurezza antincendio (o progettazione antincendio prestazionale).

Con la FSE (Fire Safety Engineering) è possibile effettuare una valutazione quantitativa del livello di sicurezza antincendio.

La sezione M si divide in 3 capitoli, quali:

- 1. Metodologia per l'ingegneria della sicurezza antincendio
- 2. Scenari di incendio per la progettazione prestazionale
- 3. Salvaguardia della vita con la progettazione prestazionale Nel primo capitolo La metodologia di progettazione si compone principalmente di 2 fasi:
- Analisi preliminare: dove sono indicate i passaggi che conducono ad individuare le condizioni più rappresentative del rischio al quale l'attività è esposta, le soglie di prestazione e gli obiettivi di sicurezza da perseguire;
- Analisi quantitativa: dove vengono impiegati ed effettuati modelli di calcolo, analisi quali quantitativa degli effetti dell'incendio, confrontando i risultati con le soglie di prestazione prestabilite.

La documentazione prodotta da tali analisi deve essere integrata da sommario tecnico, da una specifica relazione tecnica e da un programma della gestione della sicurezza antincendio.

Nel secondo capitolo si individuano gli scenari d'incendio rappresentativi che possono ragionevolmente verificarsi secondo le 3 caratteristiche fondamentali: l'incendio, l'attività e gli occupanti. Dopodiché seguono le procedure di identificazione, selezione e quantificazione degli scenari di incendio, individuando e stimando la curva HRR del focolare rappresentativo.

Nel capitolo 3 si esplicitano gli obiettivi del professionista antincendio in merito alla sicurezza antincendio per la salvaguardia della vita in quanto dimostri:

- La possibilità per tutti gli occupanti di un'attività di raggiungere o permanere in un luogo sicuro senza eccessiva esposizione ai prodotti dell'incendio;
- Dimostrazione della possibilità per i soccorritori di operare in sicurezza

Per tale obiettivo si espone il criterio ideale da impiegare:

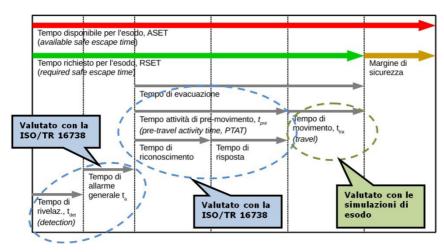


Figura 10: Criterio Aset > Rset - Fonte: https://www.teknoring.com/news/antincendio - illustrazione dell'ingegnere Filippo Cosi

Tale criterio consiste nel calcolo e nel confronto tra 2 intervalli di tempo:

- Aset, tempo disponibile per l'esodo (available safe escape time), tempo in cui permangono condizioni ambientali non incapacitanti per gli occupanti;
- Rset, tempo richiesto per l'esodo (required safe escape time), tempo necessario per gli occupanti di raggiungere un luogo sicuro. Si considera efficace il sistema di esodo se Aset > Rset La differenza tra questi 2 tempi rappresenta il margine di sicurezza (tmarg), con il quale si effettua due verifiche di sicurezza:
- tmarg  $\geq 100\%$ Rset;
- tmarg  $\geq 30 \text{ s}$

## 1.3 La prevenzione incendi nelle strutture sanitarie

Le strutture ospedaliere si trovano sempre più a dover agire su diversi fronti; è indispensabile la messa in sicurezza, secondo i requisiti richiesti dalle nuove normative e norme tecniche in materia di sicurezza, l'ammodernamento logistico, funzionale ed impiantistico; al fine di fornire un servizio di qualità, sicuro ed erogabile costantemente.

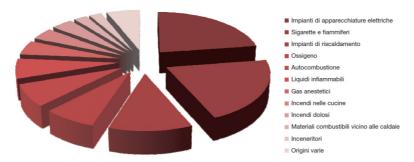
il numero di incendi nelle strutture sanitarie ha subito un piccolo incremento dagli anni 80, probabilmente dovuto a diversi fattori tra i quali: l'introduzione di nuove apparecchiature diagnostiche che richiedono ingenti quantitativi di energia elettrica (TAC, ecografia, RMN, PET, etc.), l'utilizzo di nuovi dispositivi per la terapia intensiva o rianimazione (respiratori automatici, apparecchiature per emodialisi, sistemi di monitoraggio in continuo, etc.), l'utilizzo sempre diffuso di tecnologie innovative di intervento da parte dei chirurghi di sala operatoria.

Tutto ciò ha comportato un aumento dell'energia elettrica richiesta che a sua volta ha comportato un accrescimento nell'erogazione, spesso con un impianto elettrico obsoleto e inadeguato.

Attraverso un'indagine statistico effettuato dai Vigili del Fuoco le principali cause di incendi negli ambienti lavorativi sono attribuibili a malfunzionamenti di apparecchiature o impianti elettrici, all'uso improprio di mozziconi di sigaretta e di fiammiferi e al surriscaldamento di motori e macchine.

Per questo, bisogna fare particolare attenzione alla corretta installazione e manutenzione dell'impianto elettrico, all'uso proprio di tutte le apparecchiature elettriche e/o elettromedicali e alla buona tenuta in manutenzione, ai divieti di fumo, alla gestione di manutenzioni o lavorazioni che prevedono l'uso di fiamme libere, all'acquisto di materiali con bassa reattività al fuoco ed al controllo e manutenzione di tutte le macchine.

Le principali cause di incendio che si possono verificare negli ospedali sono: incendi dovuti ad esempio dalla presenza di liquidi infiammabili, Ossigeno, gas anestetici, ma anche una casistica di incendi nelle cucine e di incendi dolosi.



Fonte: Comando Provinciale Vigili del Fuoco di Torino

Figura 11: Principale cause di incendio negli ospedali - Fonte: Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Torino

La prevenzione e la protezione sono due importanti strumenti con cui combattere l'insorgenza di incendi, pertanto occorre evitare la copresenza dei tre fattori della combustione (combustibile, comburente ed innesco). Per protezione si intende tutti gli accorgimenti intesi a ridurre le conseguenze dell'incendio a mezzo della sua rivelazione precoce e dell'estinzione rapida nella sua prima fase di sviluppo.

Alla luce di ciò è importante distinguere tra protezione attiva e protezione passiva. La prima riguarda l'insieme delle misure di protezione che richiedono l'azione di un uomo o all'azione di un impianto finalizzate alla precoce rivelazione dell'incendio, alla segnalazione e all'azione di spegnimento, tra i quali: estintori, rete idrica antincendio, impianto di rivelazione e di spegnimento, dispositivi di segnalazione ed allarme, evacuatori di fumo e di calore, segnaletica e così via. La seconda riguarda l'insieme delle misure di protezione che non prevedono l'azione dell'uomo o l'azionamento di un impianto. Tra i principali strumenti troviamo: le compartimentazioni, le barriere antincendio, le distanze di sicurezza esterne ed interne, la bassa reattività al fuoco dei materiali presenti, sistemi di ventilazione e così via.

La sicurezza antincendio delle strutture ospedaliere è inoltre caratterizzata da alcuni fattori, quali:

• Configurazione architettonica degli edifici:

Gli edifici possono essere storici oppure di nuova costruzione, caratterizzate dalla diversificazione delle aree di servizi sanitari (camere di degenza, studi medici, depositi medicali, sale di medicazione, servizi igienici, sale specialistiche, ambulatori ecc) ed aree di servizio non sanitario (cucine, mensa, aula magna, uffici, sale di attesa, corridoi, ecc) in base al servizio erogato.

• Presenza di fattori di rischio tecnologico:

Forte presenza di impianti tecnologici specifici come, impianti alimentati a gas combustibile (centrali termiche),impianti di raffreddamento e di riscaldamento, impianti di distribuzione gas medicali, attrezzature ad alta energia (TAC, PET, RMN), sorgenti di radiazioni ionizzanti ecc.

• Diverse tipologie di persone presenti;

Oltre al personale dipendente e ai degenti, all'interno di un ospedale, possono essere presenti diverse tipologia di persone (personale di ditte esterne, religiosi o volontari, docenti e studenti o specializzandi, visitatori e parenti ecc).

- Ciclo lavorativo continuo;
- Condizioni psico-fisiche dei degenti;

Negli ospedali il paziente si divide principalmente in 2 categorie: pazienti autosufficienti e pazienti NON autosufficienti. Questi ultimi si possono ulteriormente suddividersi, in base alle residue capacità motorie e alla patologia in atto in: pazienti non collaboranti (NC), pazienti parzialmente (PC) collaboranti (ad esempio pazienti allettati o con deficit a deambulare), pazienti con disabilità psichiche e pazienti da gestire (bambini). Per totalmente non collaborante (NC) si intende il paziente non in grado di utilizzare gli arti superiori ed inferiori e che pertanto nelle operazioni di trasferimento deve essere completamente sollevato (ad esempio pazienti in terapia intensiva). Per parzialmente collaborante (PC) si intende il paziente che ha residue capacità motorie e che viene pertanto solo parzialmente sollevato.

Le strutture ospedaliere sono per definizione classificate a rischio di incendio elevato, secondo il D.M. 10/03/1998, in quanto una situazione di emergenza coinvolgerebbe un numero elevato di persone disabili per

le quali la principale misura di protezione, la fuga, è resa estremamente difficile ed in alcuni casi, quasi impossibile.

Alla luce dei temi precedentemente trattati, la corretta messa a norma degli impianti, oltre alla loro completa ed attenta manutenzione e una corretta gestione dell'emergenza, rappresenta una norma basilare di prevenzione e protezione per le strutture sanitarie.

### 1.3.1 Il D.M. 19 marzo 2015

Il D.P.R. n. 151/2011, come citato precedentemente, individua le attività soggette ai controlli di prevenzione incendi e disciplina la verifica delle condizioni di sicurezza antincendio, attribuite alla competenza del Corpo nazionale dei vigili del fuoco.

In Allegato I al decreto sono riportate tutte le attività soggette ai controlli di prevenzione divise, nelle categorie: A per attività semplici a basso rischio, B per attività mediamente complesse a rischio medio, categoria C per attività complesse a rischio alto.

In base alla categoria dell'attività sono previsti obblighi differenti, secondo quanto riportato schematicamente qui di seguito:



Figura 12: D.P.R. n. 151/2011, categorie dell'attività in base al Rischio

Con il Decreto 19 marzo 2015 del Ministero dell'Interno recante "Aggiornamento della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione e l'esercizio delle strutture sanitarie pubbliche e private di cui al decreto 18 settembre 2002", sono stati introdotte modifiche e aggiornamenti relativi alle disposizioni di prevenzione incendi delle strutture sanitarie; tale decreto favorisce minori interventi di protezione passiva e maggiori misure di protezione attiva e gestionali.

L'obiettivo dei paragrafi a seguire non è quello di descrivere nel dettaglio il D.M. 19 marzo 2015, ma è quello di evidenziare i punti salienti, utili ad inquadrare il caso studio.

Gli ospedali, in base al D.P.R. n. 151/2011, rientrano tra le attività soggette al controllo dei Vigili del Fuoco, in particolare l'attività n. 68:

N.	ATTIVITÀ		CATEGORIA	
14.	01117110	Α	В	С
68	Strutture sanitarie che erogano prestazioni in regime di ricovero ospedaliero e/o residenziale a ciclo continuativo e/o diurno, case di riposo per anziani con oltre 25 posti letto;  Strutture sanitarie che erogano prestazioni di assistenza specialistica in regime ambulatoriale, ivi comprese quelle riabilitative, di diagnostica strumentale e di laboratorio, di superficie complessiva superiore a 500 m²	fino a 50 posti letto Strutture riabilitative, di diagnostica strumentale e di laboratorio fino a 1.000 m²	e di laboratorio	oltre 100 posti letto

Figura 13: D.P.R. n. 151/2011 – Allegato I "Elenco delle attività soggette alle visite e ai controlli di prevenzione incendi"

L'attività n. 68, che sostituisce la vecchia attività 86 "Ospedali, case di cura e simili con oltre 25 posti letto", non solo si applica alle strutture sanitarie pubbliche e private classificate ai sensi dell'art. 4 del D.P.R. 14 gennaio 1997, ma anche alle case di riposo per anziani.

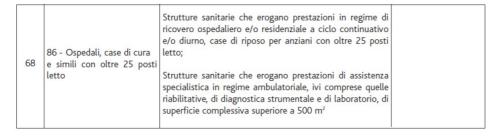


Figura 14: D.P.R. n. 151/2011 – Allegato II "Tabella di equiparazione relativa alla durata del servizio delle attività soggette alle visite e ai controlli della prevenzione incendi".

L'art. 1 del suddetto decreto (Regola Tecnica) si applica alle strutture sanitarie pubbliche e private, classificate in relazione alla tipologia di prestazioni erogate:

a. strutture che erogano prestazioni in regime di ricovero ospedaliero a ciclo continuativo e/o diurno (comprese le attività di day hospital e day surgery);

- b. strutture che erogano prestazioni in regime residenziale a ciclo continuativo e/o diurno(presidi di riabilitazione funzionale dei soggetti portatori di disabilità fisiche psichiche e sensoriali; presidi di tutela della salute mentale come centro diurno psichiatrico e day hospital psichiatrico, presidi di tutela della salute mentale come struttura residenziale psichiatrica; strutture di riabilitazione e strutture educativo assistenziali per i tossico-dipendenti; residenze sanitarie assistenziali (R.S.A.);
- c. strutture che erogano prestazioni di assistenza specialistica in regime ambulatoriale, comprese quelle riabilitative, di diagnostica strumentale e di laboratorio (assistenza specialistica ambulatoriale, servizi di medicina di laboratorio, attività di diagnostica per immagini, presidi ambulatoriali di recupero e rieducazione funzionale, centri ambulatoriali di riabilitazione, centro di salute mentale, consultorio familiare, . presidi ambulatoriali per il trattamento dei tossicodipendenti).

Il D.M. 19 marzo 2015 sostituisce integralmente:

- il **Titolo III** del D.M. 18/09/2002 con l'Allegato I (STRUTTURE ESISTENTI CHE EROGANO PRESTAZIONI IN REGIME DI RICOVERO OSPEDALIERO E/O IN REGIME RESIDENZIALE A CICLO CONTINUATIVO E/O DIURNO).
- il **Titolo IV** con l'Allegato II ( capo I STRUTTURE, SIA ESISTENTI CHE DI NUOVA COSTRUZIONE, NON SOGGETTE AI CONTROLLI DEI VIGILI DEL FUOCO AI SENSI DELL'ALLEGATO I AL DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 1° AGOSTO 2011, N. 151; capo II STRUTTURE, SIA ESISTENTI CHE DI NUOVA COSTRUZIONE, CHE EROGANO PRESTAZIONI DI ASSISTENZA

SPECIALISTICA IN REGIME AMBULATORIALE AVENTI SUPERFICIE MAGGIORE DI 500 m2 E FINO A 1.000 m2; capo III - STRUTTURE ESISTENTI CHE EROGANO PRESTAZIONI DI ASSISTENZA SPECIALISTICA IN REGIME AMBULATORIALE AVENTI SUPERFICIE MAGGIORE DI 1.000 m2; capo IV - STRUTTURE DI NUOVA COSTRUZIONE CHE EROGANO PRESTAZIONI DI ASSISTENZA SPECIALISTICA IN REGIME AMBULATORIALE AVENTI SUPERFICIE MAGGIORE DI 1.000 m2).

• introduce il **Titolo V (SISTEMA DI GESTIONE DELLA SICU-REZZA FINALIZZATO ALL'ADEGUAMENTO ANTINCENDIO)** attraverso l'Allegato III, Il quale verrà approfondito nel capitolo seguente.

### Le principali modifiche sono:

- le strutture che erogano prestazioni in regime di ricovero ospedaliero e/o in regime residenziale a ciclo continuativo e/o diurno, con oltre i 25 posti letto, esistenti alla data di entrata in vigore del decreto del Ministro dell'Interno 18 settembre 2002;
- le strutture, nuove ed esistenti, che erogano prestazioni di assistenza specialistica in regime ambulatoriale, ivi comprese quelle riabilitative, di diagnostica strumentale e di laboratorio, aventi superficie maggiore di 500 m2;
- le strutture sanitarie che, per minore superficie o minor numero di posti letto, non sono soggette ai controlli dei Vigili del Fuoco ai sensi dell'allegato I del DPR 151/2011.

All'interno degli ospedali esistenti (Titolo III), il D.M suddivide e classifica le diverse aree delle strutture ai fini antincendio in:

- **Tipo A**: impianti e locali tecnologici (locali caldaia, gruppi elettrogeni, impianto di climatizzazione, impianto gas medicali, garages ecc.);
- **Tipo B**: aree a rischio specifico accessibili al solo personale dipendente (laboratorio analisi, radiologia, radioterapia, lavanderia, sterilizzazioni, inceneritori R.S.O. ecc.);
- **Tipo C**: aree ambulatoriali senza ricovero;
- Tipo D1: aree destinate a ricovero in regime ospedaliero e/o residenziale;
- **Tipo D2**: aree adibite ad unità speciali (terapia intensiva, neonatologia, reparto di rianimazione, sale operatorie, terapie particolari, ecc.);
- **Tipo E**: spazi non propriamente sanitari ma pertinenti strutture sanitarie (Uffici, Convitti professionali, Sale attesa ecc.);
- **Tipo F**: aree destinate a contenere apparecchiature ad elevata tecnologia oppure sorgenti di radiazioni ionizzanti.

Nel documento vengono riportate le varie scadenze esplicitate attraverso i seguenti schemi:

• strutture che erogano prestazioni in regime di ricovero ospedaliero e/o in regime residenziale a ciclo continuativo e/o diurno, con oltre i 25 posti letto;

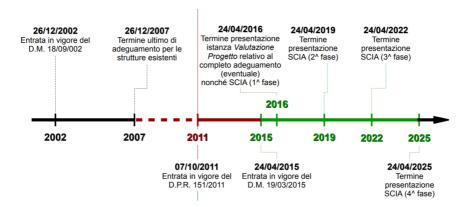


Figura 15: Termini temporali per l'adeguamento di strutture che erogano prestazioni in regime di ricovero ospedaliero e/o in regime residenziale a ciclo continuativo e/o diurno, con oltre i 25 posti letto secondo il D.M. 19/03/201

• strutture che erogano prestazioni di assistenza specialistica in regime ambulatoriale, di superficie maggiore di 500 mq e fino a 1000 mq;

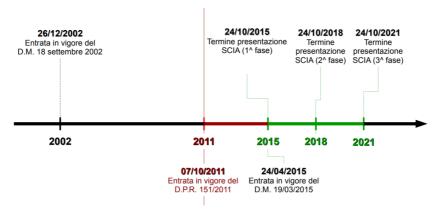


Figura 16: Termini temporali per l'adeguamento di strutture che erogano prestazioni di assistenza specialistica in regime ambulatoriale, di superficie maggiore di 500 mq e fino a 1000 mq secondo il D.M. 19/03/2015

• strutture che erogano prestazioni di assistenza specialistica in regime ambulatoriale, aventi superficie maggiore di 1000 m2;

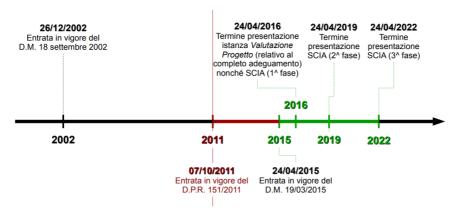


Figura 17: : Termini temporali per l'adeguamento di strutture che erogano prestazioni di assistenza specialistica in regime ambulatoriale, aventi superficie maggiore di 1000 mq secondo il D.M. 19/03/2015

Di seguito si indica che "deve essere previsto un numero minimo di addetti antincendio, determinato con il metodo riportato nello stesso titolo V (Sistema di Gestione della Sicurezza Finalizzato all'adeguamento Antincendio), i quali dovranno frequentare il corso relativo ad attività a rischio di incendio elevato di cui al D.M. 10 marzo 1998 e conseguire l'attestato di idoneità tecnica di cui all'articolo 3 della legge 28 novembre 1996, n. 609". Per la determinazione di tali si dovrà "assumere il numero più cautelativo tra quelli che si determinano con riferimento ai diversi parametri indicati" nella tabella 1 presente nella circolare. Con la designazione di tali addetti antincendio si adempie anche all'obbligo previsto dall'articolo 18 del D.lgs. del 9 aprile 2008, n. 81, restando comunque in capo al datore di lavoro la definizione delle correlate modalità organizzative".

Considerando gli innumerevoli fattori da gestire in condizioni normali e in caso di emergenza, il Datore di Lavoro di una struttura ospedaliera dovrebbe prevenire l'insorgenza di qualsiasi tipo di emergenza, mantenere efficienti misure di protezione ed infine pianificare ed attuare misure di gestione delle emergenze.

La normativa sopra analizzata, di tipo prescrittivo, verrà a breve sostituita da una nuova RTV che sarà inserita nella sezione V del codice e che consentirà al progettista, un'applicazione della stessa in modo prescrittivo ma svolgendo direttamente l'analisi del rischio (Rvita, Rbeni,Rambiente) per ottenere soluzioni progettuali conformi.

# 1.3.2 Gestione della sicurezza antincendio nelle strutture sanitarie (GSA)

La gestione della sicurezza antincendio (GSA), precedentemente introdotto nel V del D.M. 2015, rappresenta la misura antincendio organizzativa e gestionale atta a garantire, nel tempo, un adeguato livello di sicurezza dell'attività in caso di incendio.

È uno specifico documento attraverso cui vengono indicate le misure migliorative di adeguamento dell'attività in termini di gestione e sicurezza, valutando ed esplicitando i provvedimenti adottati.

La predisposizione del sistema di gestione della sicurezza, "deve essere individuato, dal titolare dell'attività, un 'responsabile tecnico della sicurezza antincendio'. Questo responsabile deve essere in possesso "di attestato di partecipazione, con esito positivo, ai corsi base di specializzazione ai sensi del decreto del Ministro dell'interno 5 agosto 2011 e può coincidere con altra figura tecnica presente all'interno dell'attività". Gestire la sicurezza non riguarda soltanto tutte le misure di protezione impiantistica e di progettazione, deve anche comprendere un buon piano di emergenza, al fine di intervenire tempestivamente, attraverso una struttura organizzativa, per prevenire e limitare i danni derivati da un pericolo grave e immediato.

"Le emergenze sono quelle in cui è richiesto un intervento tempestivo per prevenire o limitare i danni che possono derivare a causa della presenza di un pericolo grave e immediato".

In riferimento alla terminologia "grave", il pericolo si quantifica in base alla gravità dei suoi effetti, difatti il Codice penale (art. 583, comma 1) definisce "grave" una lesione che mette in pericolo di vita o che produce un'incapacità di attendere alle ordinarie occupazioni per un tempo superiore ai quaranta giorni o che produce l'indebolimento permanente di un senso o di un organo.

Quanto al termine "immediato" si fa riferimento sia alle situazioni in cui il pericolo può effettivamente e immediatamente produrre i suoi effetti lesivi gravi, sia quelle in cui è facile e ragionevole prevedere che si potranno presto avere effetti lesivi gravi in assenza di un intervento efficace e tempestivo.

L'emergenza più tipica è probabilmente rappresentata dagli incendi, ma altri esempi di emergenze sono i blackout, gli allagamenti, le esplosioni, le fughe di gas, il blocco degli ascensori, etc.

Le emergenze non comportano automaticamente la necessità di evacuare in tutto o in parte l'edificio; pertanto occorre individuare i criteri cui attenersi per valutare la necessità di evacuare in tutto o in parte la struttura e va stabilito a chi tocca tale valutazione.

# 1.3.2.1 Il piano di emergenza di un RSA

Le strutture ospedaliere sono per definizione classificate a rischio di incendio elevato, ai sensi del D.M. 10/03/1998, in quanto una situazione di emergenza coinvolgerebbe inevitabilmente un numero rilevante di persone per la quale la principale misura di protezione, la fuga, è resa estremamente difficile o, in determinati casi, quasi impossibile.

Come precedentemente specificato, le RSA rientrano tra le attività soggette al controllo dei vigili del fuoco secondo il D.P.R. n. 151/2011, per tale motivo si applicano le stesse regole tecniche applicate agli ospedali. Per la stesura del piano di emergenza la normativa mette a disposizione 3 decreti-legge:

- D.M. 10/03/1998, All. VIII "Pianificazione delle procedure da attuare in caso di incendio"
- D.M. 07/08/2012, All. 1 lett. A "Documentazione relativa ad attività non regolate da specifiche disposizioni antincendio"
- D.M. 03/08/2015 Capitolo S 5 "Gestione della sicurezza antincendio" È opportuno attrezzarsi ed organizzarsi per gestire le emergenze in proprio, cioè senza soccorsi esterni, tutte le volte in cui questo obiettivo sembra realisticamente perseguibile, ma allo stesso tempo vanno individuate le situazioni in cui è necessario ricorrere a soccorsi esterni così da poter prendere per tempo gli opportuni accordi.

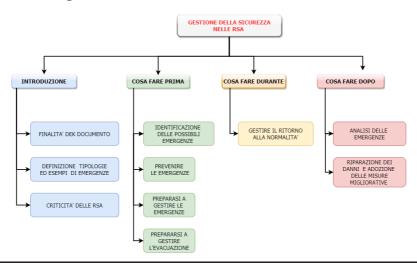
La gestione delle emergenze e, in particolare, dell'eventuale evacuazione totale o parziale della struttura possono essere notevolmente complicate da alcune specifiche criticità delle RSA quali:

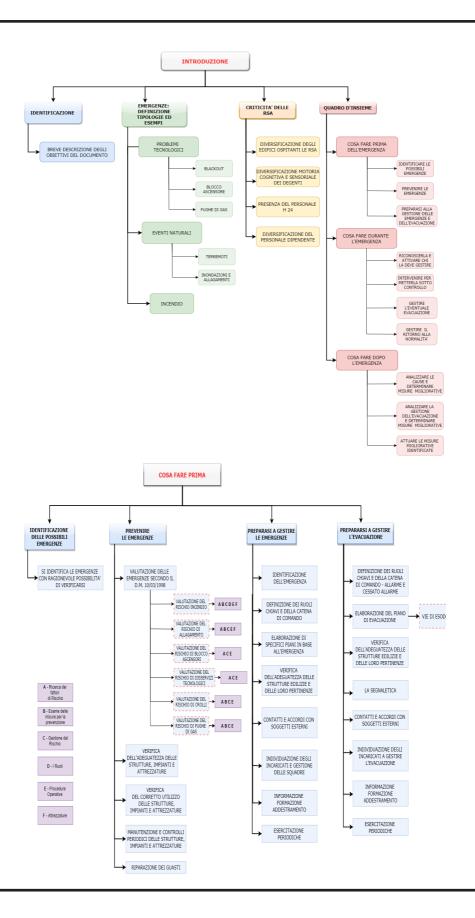
- le RSA sono ospitate in edifici molto diversi tra loro per quanto riguarda l'epoca di costruzione e l'originaria destinazione;
- nelle RSA molti ospiti presentano difficoltà motorie, cognitive, sensoriali anche di grado elevato;
- nelle RSA la capacità di affrontare le emergenze e di gestire l'eventuale evacuazione va garantita sulle 24 ore, tutti i giorni dell'anno e particolare attenzione va posta sulle ore notturne e sui giorni festivi per le importanti riduzioni di personale che li caratterizzano;

- in molte RSA si fa largo ricorso a personale dipendente da imprese esterne il che comporta problemi non banali di coordinamento che possono essere aggravati dall'eventuale elevato turnover; vanno sottovalutate le difficoltà linguistiche e culturali che derivano dalla presenza di lavoratrici e di lavoratori provenienti da altri paesi e da altri continenti. Alla luce delle considerazioni fatte, risulta fondamentale avere un documento chiaro e facilmente leggibile che individui:

- Cosa fare prima dell'emergenza
- Identificare le possibili emergenze
- Prevenire le emergenze
- Prepararsi alla gestione delle emergenze e dell'evacuazione
- Cosa fare durante l'emergenza
- Riconoscere l'emergenza e attivare chi la deve gestire
- Intervenire per mettere l'emergenza sotto controllo
- Gestire l'eventuale evacuazione
- Gestire il ritorno alla normalità
- Cosa fare dopo l'emergenza
- Analizzare le cause dell'emergenza e ricercare eventuali misure di miglioramento
- Analizzare la gestione dell'evacuazione e ricercare eventuali misure di miglioramento
- Attuare le azioni di miglioramento identificate

Di seguito sono riportati schemi esemplificativi per una corretta stesura del piano di emergenza in una RSA:





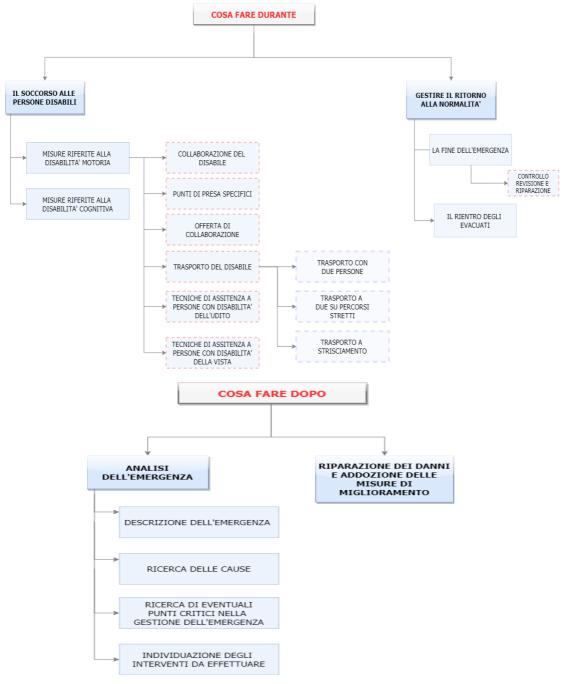


Figura 18: vModalità di stesura di un piano di emegenza di una RSA

Al fine di poter gestire tutte l'emergenza ogni aspetto sopracitato deve essere tenuto costantemente sotto controllo ed a tal fine non solo occorre far riferimento alle normative italiane (D.Lgs. n. 81/2008, D.M. 10 marzo 1998, D.M. 18 settembre 2002, etc.), ma è opportuno anche confrontarsi con le innumerevoli norme di buona tecnica che orientano verso sistemi antincendio adeguati.

## 1.3.2.2 Le Tipologie di Esodo

La finalità del sistema d'esodo è di assicurare che gli occupanti dell'attività possano raggiungere o permanere in un luogo sicuro, a prescindere dall'intervento dei Vigili del Fuoco. Le procedure descritte dalle principali normative per l'esodo sono sostanzialmente quattro:

- esodo simultaneo, il più comune, prevede lo spostamento contemporaneo degli occupanti fino a luogo sicuro;
- esodo per fasi, impiegato in attività complesse (multisale, centri commerciali, grandi uffici...), prevede una modalità di esodo organizzata con più compartimenti, in cui l'evacuazione degli occupanti fino a luogo sicuro avviene in successione dopo l'evacuazione del compartimento di primo innesco. Si attua con l'ausilio di misure antincendio di protezione attiva, passiva e gestionali;
- esodo progressivo, dove l'importante è la componente di limitata deambulazione autonoma degli occupanti (tipicamente impiegato nelle strutture ospedaliere), prevede lo spostamento degli occupanti dal compartimento di primo innesco in un compartimento adiacente capace di contenerli e proteggerli fino a quando l'incendio non sia estinto o fino a quando non sia prevista una successiva evacuazione verso luogo sicuro;
- protezione sul posto (previsto ad esempio in centri commerciali, mall, aerostazioni...), prevede la protezione degli occupanti nel compartimento in cui si trovano.

La normativa solitamente prevede per le strutture sanitarie l'utilizzo dell'esodo orizzontale progressivo, che presenta alcune criticità non banali, dato dallo scarso approfondimento sul tema, dalle regole tecniche, i quali affrontano l'esodo in termine fisico-geometrico (contrapposizione delle uscite, distanze ecc.) trascurando i componenti comporta mentali e l'interazione tra le capacità fisico cognitive degli occupant-dell'ambiente. Tali criticità possono essere cosi esposte:

- compresenza di più modalità di esodo che oltre al "progressivo", si può riscontrare la presenza dell'esodo simultaneo da parte di utenti in visita e dal personale dipendente.
- possibilità della presenza di personale esterno con difficoltà linguistiche e culturali provenienti da altri paesi;

- difficoltà motorie, cognitive, sensoriali degli ospiti, anche di diverso grado, comportano tempi di esodo molto lunghi in quanto con ogni paziente si prevede un esodo assistito;
- le emergenze e l'eventuale evacuazione va garantita sulle 24 ore in tutti i giorni dell'anno quindi particolare attenzione va posta sulle ore notturne e sui giorni festivi caratterizzati da importanti riduzioni di personale;

La compresenza di esodo può essere dettata da alcune caratteristiche tipiche delle Residenze sanitarie, quali:

- bassa densità degli occupanti e presenza di capacità ed abilità mista dettata dall'età dei residenti, i quali possono essere in stato dormienti;
- i locali sono piccoli, con semplici layout e sono familiari agli occupanti;
- I tempi di attività pre-viaggio possono essere lunghi, specialmente con gli occupanti che dormono;
- Per non residenti il layout può essere probabilmente complesso e le vie di fuga difficili da identificare rapidamente;
- Gli occupanti possono avere bassi livelli di capacità fisiche e / o mentali per rispondere alle emergenze;
- Ci si può aspettare che ogni occupante abbia bisogno dell'assistenza di uno o più membri del personale per l'evacuazione;
- È previsto un livello elevato di supervisione della direzione e partecipazione alle procedure di emergenza;
- Gli occupanti possono essere costretti a letto e / o attaccati ad apparecchi medici (ad es. Gocce, monitor).
- L'evacuazione comporta lo spostamento di letti e sedie a rotelle. La risposta individuale o collettiva, in caso d'incendio, dipende dalle modalità con cui le persone:
- prendono le decisioni,
- percepiscono i rischi,
- conoscono il proprio comportamento in emergenza.

L'esodo può risultare inefficiente secondo determinati fattori:

• Accodamento (queuing behavior), dove la folla si accoda spontaneamente, ottenendo un'evacuazione efficace;

- Competitivo (competitive behavior), dove gli individui competono per guadagnare l'uscita facendo risultare in tal caso un'evacuazione inefficace;
- Seguire un leader (following behavior), caratteristico di strutture organizzate e gerarchizzate, risulta quindi un'evacuazione efficace determinato dalla presenza di un leader;
- Altruistico (altruistic behavior) di origine culturale, risulta un'evacuazione efficace;
- Imitativo (herding behavior), caratterizzato dalla scelta del percorso di esodo da parte dell'occupante secondo il comportamento d'insieme, senza valutazione di un percorso sicuro alternativo verso, risulta un'evacuazione inefficace.

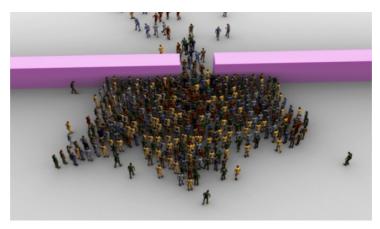


Figura 19: Aggregazione ad arco degli occupanti – Fonte: https://www.ingenio-web.it/6687-il-comportamento-umano-in-caso-di-incendio-i-modelli-di-evacuazione

L'esodo nelle strutture sanitarie con il metodo prestazionale, descritto nel M3 del Codice, specifica, con strumenti derivati da documenti riconosciuti, l'interazione proprio di questi componenti:

- fisico-geometriche (Layout dell'edificio, configurazione del sistema d'esodo, ...),
- ambientali (presenza degli effetti avversi dell'incendio),
- comportamentali (studio sui tempi di evacuazione)

Mentre nel capitolo M3 è privilegiato l'utilizzo del criterio Aset ed Rset. Nel nostro caso, non avendo effettuato una modellazione di incendio, si procederà alla sola verifica dell'efficienza dell'esodo nella struttura "RSA Virgo Potens", analizzando le possibili interferenze attraverso gli strumenti della Fire Engineering.

### 1.4 Il caso studio:

Il complesso del Trompone si è sviluppato nel corso dei secoli attorno all'omonimo Santuario. Il 26 giugno 1562 la Beata Vergine Maria apparve sopra una "trumpa" o "trompone" (tronco d'albero) a Domenica Millianotto, una donna gobba, balbuziente ed epilettica, guarendola dalle sue infermità. Sul luogo venne costruito il Santuario, voluto da Gabriella di Valperga consorte del Marchese di Moncrivello. Venne edificato la "rotonda" rinascimentale, il prolungamento chiesastico a tre navate e il convento. Infine, negli anni 1880-90 furono edificati due palazzi in stile neoclassico voluti dall'Arcidiocesi di Vercelli. Nell'ottobre 1970 l'Arcivescovo mons. Albino Mensa concesse in comodato al Beato Luigi Novarese, fondatore dei Silenziosi Operai della Croce, tutto lo stabile affinché lo adibisse a Centro residenziale con attività socioriabilitativa e corsi professionali per giovani disabili, fino al 2000, anno in cui l'Arcidiocesi ha donato completamente l'intero stabile, escluso il Santuario sempre ai SOdC.



Figura 20: il complesso del Trompone - Fonte: http://www.trompone.it





Figura 21: Vista interna della navata centrale del santuario – vista dell'ingresso del complesso. Fonte: http://www.trompone.it

Dal 2005, la struttura svolge la sua attività quale Casa di cura, accreditata con il Sistema Sanitario Regionale nel 2007, e attività di riabilitazione di 2° livello.

Dal 2005, la struttura svolge la sua attività quale Casa di cura, accreditata con il Sistema Sanitario Regionale nel 2007, e attività di riabilitazione di

2° livello.

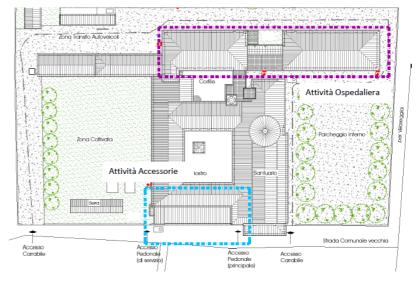


Figura 22: Planimetria generale del complesso

Il complesso Trompone si compone di 3 edifici principali realizzati in epoche diverse, con differenti destinazioni d'uso e compartimentate fra loro. Il primo corpo comprende oltre al Santuario (1), un monastero di epoca seicentesca, costituito da una struttura verticale in muratura piena di significativo spessore (circa 60 cm) e da volte in mattoni a padiglione o a botte per quanto riguarda la struttura orizzontale (3). Il secondo corpo,

più recente, a fine 1800 è realizzato in muratura portante e presenta le strutture orizzontali del primo piano conformate a volta mentre quelle del secondo piano sono piane e realizzate con putrelle in ferro e voltini in mattoni pieni (edificio dell'ex seminario dove è ospitata la struttura ospedaliera numero 2).

Il terzo corpo è sede di cucina e servizi accessori quali dispensa, officina ripostigli, depositi e locale gruppo elettrogeno. Tale zona presenta la conformazione classica del fabbricato rurale a due piani fuori terra e strutture verticali in muratura portante. Le strutture orizzontali sono realizzate con volte in mattoni o putrelle e voltini in mattoni pieni.

Per quanto riguarda le attività accessorie, indicata in figura 20, essi sono ubicate al piano terra in prossimità dell'ingresso e comprendono la portineria, un'area accoglienza/bookshop e l'ufficio amministrativo, con un massimo di 3 persone presenti. Queste aree sono aperte al pubblico.

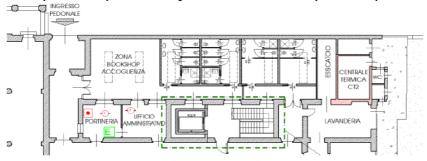


Figura 23: Pianta paino terra del corpo Attività Accessorie

L'attività ospedaliera (RSA figura 20) è articolata in un edificio a 3 piani (figura 22), collegati tra loro da tre scale interne protette e da un ascensore, il quale non è utilizzabile in caso di incendio.

Al piano terra sono presenti un'area soggiorno, dove i parenti possono soggiornare insieme ai degenti, una sala conferenze, le sale per i colloqui con i medici, il locale tecnico, la centrale termica, i vari spazi riabilitativi, la pompa idroterapica e gli spogliatoi. Al piano primo sono è ospitato il Nucleo per ospiti in stato vegetativo (NSV) e Nucleo per ospiti affetti da un'alta complessità neurologica (NAC). Al piano secondo è presente il Nucleo di continuità assistenziale (RSA).

Nella figura 22 è riportata la pianta del piano terra del complesso.

L'intero complesso è delimitato da una recinzione in muratura avente altezza di m 2,30 circa. Nel muro sono presenti n° 2 passaggi carrabili ed un ingresso esclusivamente pedonale.

Si può accedere all'interno del complesso attraverso n° 2 portoni metallici aventi rispettivamente aperture di 3,10 m e 8,50 m. È possibile circolare con automezzi lungo tutto il perimetro del complesso, essendo presente una strada carrabile.

Le condizioni di viabilità al contorno sono assicurate da strada comunale che costeggia i lati sud ed est e da strada statale per quanto concerne il lato nord. Il lato ovest del complesso confina con terreni coltivati. La distanza di sicurezza esterna tra il complesso ed il perimetro del più vicino fabbricato è di circa 130 m.

La distanza di protezione ovvero la distanza tra il muro di confine e l'attività più adiacente, (centrale termica a servizio dell'ex convento), è pari a circa 2,00 m.

Di seguito, in breve, sono esposti alcuni adeguamenti in termini di sicurezza antincendio del complesso.

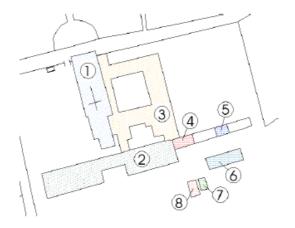


Figura 24: Planimetria complesso del Trompone

E' presente il Santuario (n. 1) con convento in cui risiede la comunità dei Silenziosi Operai della Croce (n. 3) e l'ex seminario in cui è ospitata la RSA (n. 2) già dotata di SCIA autorizzativa (attività 68.1.A – prot. 2420 del 21.04.2015). Oltre a questi, vi sono alcuni locali accessori: la cucina (n. 4), l'ex locale dove era ubicato il gruppo elettrogeno (n. 5)

che verrà spostato in esterno (n.8), il deposito delle bombole di O2 che alimentano l'impianto gas medicali (n. 6) e il bombolone GPL interrato che verrà smantellato per il passaggio a gas metano (n. 7).

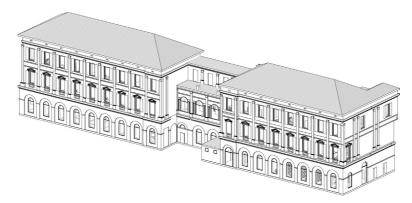


Figura 25: Vista 3d e pianta del piano terra della struttura ospedaliera

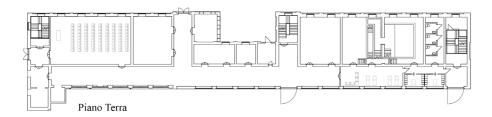


Figura 26: Vista 3d e pianta del piano terra della struttura ospedaliera

L'edificio dove è ubicata la RSA è caratterizzato da un'altezza antincendio inferiore a 12 m e pari a circa 11,95 m.

Per questo motivo non è necessario installare un montalettighe antincendio.

L'ascensore attualmente identificato come "ascensore antincendio" non verrà utilizzato in caso di incendio, in quanto non presenta le caratteristiche individuate nella regola tecnica di prevenzione incendi per i vani degli impianti di sollevamento ubicati nelle attività soggette ai controlli di prevenzione incendi (DM 15 settembre 2005) e altri requisiti impiantistici.

La struttura non presenta nelle immediate vicinanze altre attività che comportino rischi di esplosione od incendio.

L'attività è ubicata interamente in edificio destinato anche ad altre attività; risulta, infatti, adiacente al Convento dove risiede la Comunità dei Silenziosi Operai della Croce e al Santuario. L'attività è separata mediante strutture resistenti al fuoco R/REI/EI120.

## 2. METODOLOGIA



Figura 27: Workflow

Il lavoro di tesi compiuto può essere diviso in 4 fasi:

- Analisi dei documenti e dei disegni progettuali di adeguamento antincendio in formato pdf, comprendente le tavole di progetto antincendio e la relazione tecnica della struttura;
- Inserimento ed implementazione del modello di arredi, scale, nuovo aggiornamento della divisione dei locali e di elementi normalmente inseriti all'interno di un elaborato per l'antincendio come le compartimentazioni, le vie di esodo, le vie di accesso, numeri degli estintori ecc;
- Importazione del modello in formato IFC nel software di modellazione dell'esodo Pathfinder e progettazione dell'esodo;
- Analisi dei risultati delle simulazioni.

### 2.1 Modalità

Come ribadito in precedenza la finalità del lavoro di tesi con il Building Information Model è quello di creare un modello di dati, dalla quale è possibile estrapolare automaticamente informazioni per una relazione tecnica, tavole grafiche, piano di evacuazione necessarie per l'ottenimento delle pratiche di prevenzione incendi. il modello, precedentemente modellato da terzi era stato arricchito con un insieme di informazioni differite dagli obiettivi della presente tesi.

Come già affermato precedentemente, l'interoperabilità tra utenti rappresenta lo scambio o la condivisione di informazioni tra i diversi autori interessati nella produzione di un manufatto edilizio. A tale scopo nasce la necessità di disporre di un ambiente di condivisione dati, definita CDE in inglese (Common Data Environment) e ACDat in italiano secondo la UNI 11337; definito dalle norme britanniche PAS 1192, adottato per consentire di utilizzare al meglio l'interoperabilità propria del BIM.

L'intera organizzazione dei file di modellazione del Trompone era organizzata sulle basi di un ambiente di condivisione dati su Dropbox (CDE), ognuna linkata secondo specifiche necessità.

È stato scelto di partire da un modello architettonico dell'edificio, dove è stato aggiornato la suddivisione dei locali.

È stato necessario creare un parametro condiviso di vista per la visualizzazione del browser di progetto in modo tale da distinguere le mie viste da quelle del precedente tesista al fine di avere sempre le sue informazioni appresso.

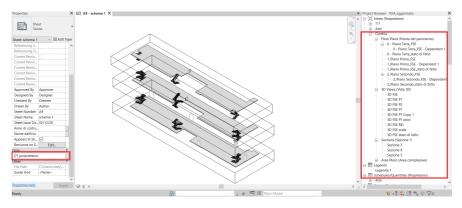


Figura 28: Creazione parametro condiviso di vista

Successivamente con l'ausilio sempre dei parametri condivisi e dei filtri si è distinto i muri REI, questo sempre nel modello architettonico.

Figura 25: Creazione parametro condiviso muri REI

Per la creazione di un template di partenza per la visualizzazione grafica si è scelto di partire da un da un template plumbing, proprio perché questo tipo di template dà la possibilità di poter gestire, in maniera più fluida, l'organizzazione del browser di progetto mentre nel modello architettonico questo passaggio risulta più rigido. Al template si è linkato il modello architettonico precedentemente aggiornato.

È stato scelto la visualizzazione disciplinare "coordination", in quanto quella del plumbing escludeva di default la possibilità di interagire con gli elementi costruttivi dell'edificio (esempio i muri).

È stato creato una sotto disciplina "Fire safety", sotto la quale sarà organizzato tutte le categorie di vista create appunto per la visualizzazione grafica.

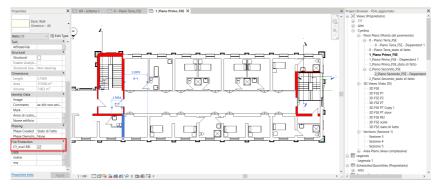


Figura 29: Creazione sotto disciplina fire safety

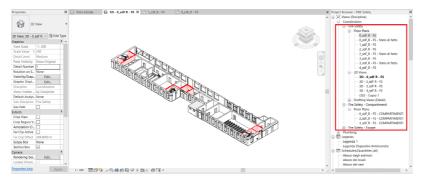


Figura 30: Creazione sotto disciplina fire safety

# 2.1.1 Inserimento degli elementi di antincendio

Creazione delle Famiglie

Sono state poi modellate le famiglie caricabili antincendio riportate nelle Figure a seguire con la loro rappresentazione grafica in pianta e la loro visualizzazione 3D:

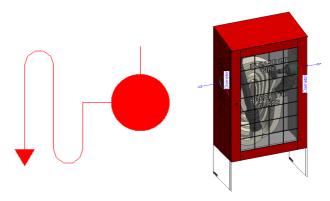


Figura 31: Famiglia Idrante a muro

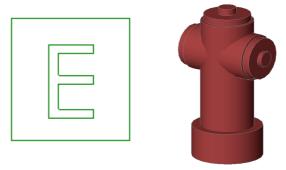


Figura 32: Famiglia Estintore

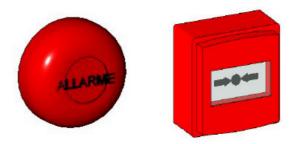


Figura 33: Famiglia pulsante di allarme



Figura 34: Famiglia rivelatore di fumo

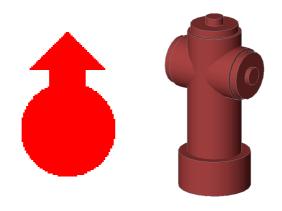


Figura 35: Idrante



In allegato è presente una tavola di esempio di tutte le viste create. È stato individuato i compartimenti attraverso l'utilizzo del comando zone, con il quale si è creato una gerarchia tra tanti locali. I compartimenti erano stati precedentemente inseriti nel file architettonico, ma una volta linkato al modello plumbing, l'individuazione dei locali è andata persa quindi è stato necessario una riattribuzione attraverso lo strumento zone.

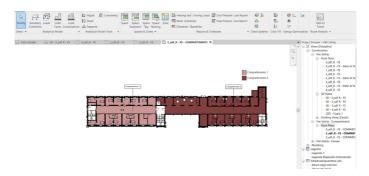


Figura 37: Inserimento della compartimentazione

### Creazione degli Abachi

L'abaco multi-categoria consiste nell'Inserire nel progetto diversi componenti attraverso i parametri condivisi.

Nella finestra di Proprietà abaco, nella scheda Campi (field), i parametri condivisi sono disponibili come campi. Si aggiunge poi il parametro condiviso appropriato all'elenco dei campi presenti nell'abaco.

Si va poi sulla scheda Filtro (filter) nella finestra di dialogo Proprietà abaco e si seleziona il parametro di progetto condiviso appena aggiunto. Solo i componenti che presentano questo parametro vengono visualizzati nell'abaco.

È stato creato un abaco multi-categoria delle famiglie, filtrato attraverso la creazione del parametro "Antincendio".

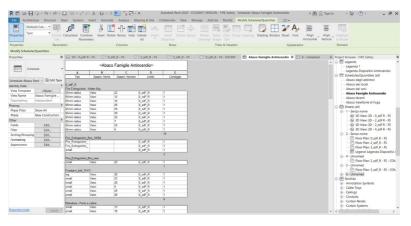


Figura 38: Abaco delle famiglie antincendio

Sempre con l'ausilio dei parametri condivisi è possibile inserire come parametro uno dei contrassegni presenti sull'estintore come per l'esempio l'identificativo dove è anche indicato il tipo di estintore.

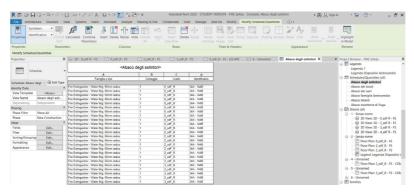


Figura 39: Abaco degli estintori

### Strumento "Percorso di uscita"

Revit presenta un nuovo strumento di analisi che aiuta a calcolare la distanza da percorrere per l'uscita. Questo strumento (nella scheda Analizza della barra multifunzione) aiuta a trovare rapidamente i percorsi tra il punto A e il punto B che scegli sui tuoi piani.

È possibile creare diversi stili di linea personalizzati. Quando la pianta del pavimento cambia (ad esempio quando viene spostata una porta), puoi anche eseguire la funzione di "aggiornamento" per regolare il percorso. È presente anche un calcolo del "tempo" associato alla lunghezza del percorso per mostrare il tempo di percorrenza. L'aspetto delle linee di viaggio può essere ignorato dai filtri, quindi se si desidera evidenziare automaticamente tutti i percorsi di viaggio che superano una dimensione specificata, è possibile impostare un filtro.

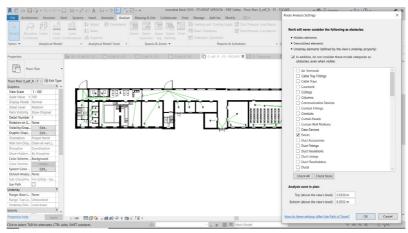


Figura 40: Creazione del percorso di uscita

È stato creato un abaco del percorso di uscita per verificare le funzionalità di questo strumento. Attraverso i filtri è possibile evidenziare percorsi con tempi e lunghezze più lunghe. Nel nostro caso avendo linkato il modello architettonico non è possibile creare il filtro in quanto il modello risulta vuoto.

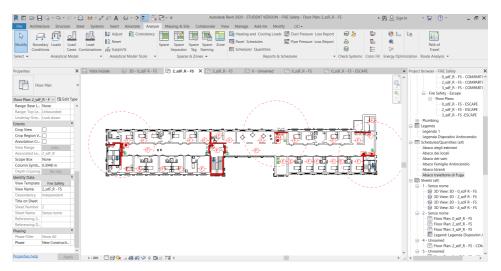


Figura 41: Prova creazione elaborato grafico antincendio

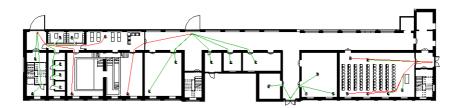


Figura 42: Individuazione con filtro di linea di colore rosso di percorsi con lunghezza superiore a 15 metri

# 2.2 Ingegneria della sicurezza antincendio per il calcolo dell'esodo

L'ingegneria della sicurezza antincendio, detta anche Fire Safety Engineering (FSE), o Metodo Prestazionale, o Approccio Ingegneristico, o Performance-based Design, è un ramo della progettazione ingegneristica, applicata alle tematiche della sicurezza antincendio. Si basa sulla simulazione reale dell'incendio e dell'esodo tramite l'applicazione di idonei modelli di calcolo.

Con la Fire Safety Engineering l'analisi dei percorsi d'esodo non dipende più dalle dimensioni minime o lunghezze massime da rispettare (approccio normativo), ma viene calcolato il tempo necessario all'esodo (RSET), caratterizzato dalla tipologia di rilevazione dell'incendio, dalla tipologia di allarme, dalla tipologia degli occupanti, il loro grado di conoscenza della struttura e il loro stato psico-fisico. Questo tempo verrà poi messo a confronto con il tempo a disposizione in caso di incendio (ASET), definito come il tempo entro il quale lungo le vie d'esodo sussistono le condizioni di temperatura, visibilità, irraggiamento e tossicità tali per cui l'esodo sia garantito senza conseguenze per gli occupanti (criterio ASET ed RSET).

Le analisi delle simulazioni di seguito effettuate sono fatte puramente a scopo di verifica dell'efficienza dell'esodo nella struttura "RSA Virgo Potens". Il criterio ASET>RSET non verrà utilizzato ma si procederà all'utilizzo delle indicazioni contenute nel capitolo M3 del codice, al fine di analizzare le possibili condizioni di rischio dell'attività, attraverso l'individuazione dei possibili scenari di emergenza seguita dalla loro modellazione e analisi di esodo e di evacuazione.

La normativa specifica per le strutture sanitarie:

### 16.3 - Esodo orizzontale progressivo

- 1. Tutti i piani che contengono aree di tipo  $D_1$  e  $D_2$  devono essere progettati in modo da consentire l'esodo orizzontale progressivo.
- Per conseguire tale obiettivo ciascun piano deve essere suddiviso in almeno due compartimenti. Nel passaggio da un compartimento a quello adiacente non deve essere inficiata la protezione della eventuale scala interconnessa fra i due compartimenti.
- 3. Ciascun compartimento deve poter contenere in situazioni di emergenza, oltre ai suoi normali occupanti, il numero di persone previste per il compartimento adiacente con la capienza più alta, considerando una superficie media di 0,70 m²/persona. Tale superficie deve essere elevata a 1,50 m²/persona qualora l'evacuazione dei degenti debba necessariamente avvenire su letti o barelle.

Figura 43: Estratto normativa 2015 ospedali

L'esodo previsto nella struttura ospedaliera RSA Virgo Potens Le misure per l'esodo di emergenza attualmente previsto per la RSA sono:

N.B. I piani primo e secondo, che ospitano aree di tipo D1 e D2 sono progettati in modo da consentire l'esodo orizzontale progressivo.

Ciascun piano è suddiviso in due compartimenti e da un passaggio di collegamento da un compartimento a quello adiacente.

Ciascun compartimento può contenere in situazioni di emergenza, oltre ai suoi normali occupanti, il numero di persone previste per il compartimento adiacente con la capienza più alta, considerando una superficie media di 0,70 m2/persona. Tale superficie viene elevata a 1,50 m2/persona qualora l'evacuazione dei degenti debba necessariamente avvenire su letti o barelle.

Piano primo degenti allettati:

compartimento 1 composto da 10 posti letto \* 1,50 mq/persona = 15 mq compartimento 2 composto da 10 posti letto \* 1,50 mq/persona = 15 mq I due corridoi, di larghezza pari a 3,30 m, possono ospitare gli ospitanti in quanto hanno superficie pari rispettivamente a 90 mq circa e 150 mq. Entrambi i compartimenti sono serviti da due scale protette.

Piano secondo presenza RSA – pazienti non allettati:

compartimento 1 composto da 17 posti letto \* 0,70 mq/persona = 11,90 mq

compartimento 2 composto da (4+3) posti letto \* 0,70 mq/persona = 4,90 mq

I due corridoi, di larghezza pari a 2,20 m, possono ospitare gli ospitanti in quanto hanno superficie pari rispettivamente a 65 mq circa e 58 mq. Il piano di emergenza del RSA prevede:

Addetti al soccorso RSA		
Addetti Prevenzione e Protezione	8	
Addetti Antincendio	10	
Infermieri Primo Soccorso	8	
Medici Primo Soccorso	2	
Medici Primo Soccorso	1	
Totale	29	

Tabella 1: Addetti al soccorso RSA

Di seguito è riportato la suddivisione in compartimenti dei primi due piani del RSA:

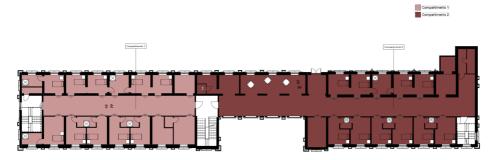


Figura 44 :Divisione in compartimenti del primo piano, dove sono collocati gli occupanti NSC e NAC

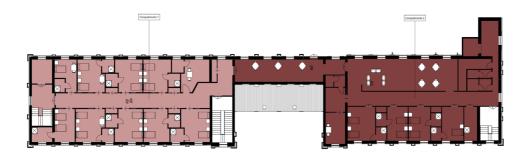


Figura 45: Divisione in compartimenti del secondo piano (occupanti RSA)

Il criterio di verifica utilizzato si baserà su:

- capacità dei compartimenti di contenere oltre ai normali occupanti, il numero di persone previste per il compartimento adiacente con la capienza più alta, considerando una superficie media di 0,7 mq/persona, la quale deve essere elevata a 1,5 mq/persona nel caso di un'evacuazione su letti o barelle (D.M. 19 marzo 2015);
- Verifica di creazione di code;
- Aumento dei tempi di spostamento;
- Verifiche delle interferenze nella compresenza di esodo.

Le modellazioni di seguito ipotizzati tengono conto:

- delle fasce orarie, descritti di seguito, al fine di verificare i momenti più sfavorevoli
- del massimo affollamento imposto dalla normativa per le tipologie di aree.

A	08:00 - 20:00	В	20:00 - 08:00	
Fascia oraria con m	aggior affollamento	Fascia oraria con minor affollamento in		
in quanto si preved	e una compresenza	quanto si prevede i degenti in stato "slee-		
di visitatori con di	verse abilità fisiche,	ping and unfamiliar", modalità notturna.		
modalita	à diurna.			

Tabella 2: Individuazione delle fasce orarie dei possibili scenari di incendio

Personale	Infermieri Full-time	Infermieri Full-time	Oss Full-ti- me	Oss Part-ti- me	Totale
Primo piano (20 degenti)	8	3	15	2	28
Secondo piano (24 degenti)	4	-	10	3	17
Totale	12	3	25	5	45

Tabella 3: Totale del personale RSA

Secondo il piano di emergenza il numero totale di personale in turno, escluso il centralino o portineria deve essere 28

### 16 - MISURE PER L'ESODO DI EMERGENZA

#### 16.1 - Affollamento

- 1. Il massimo affollamento è fissato in:
  - a) aree di tipo B: persone effettivamente presenti incrementate del 20%;
  - b) aree di tipo C:
    - ambulatori e simili: 0,1 persone/m²;
    - sale di attesa: 0,4 persone/m²;
  - c) aree di tipo D<sub>1</sub> e D<sub>2</sub>:
    - 3 persone per posto letto in strutture ospedaliere;
    - 2 persone per posto letto in strutture residenziali;
  - d) aree di tipo E:
    - uffici amministrativi: 0,1 persone/m²;

Figura 46: Estratto D.M. 2015 – massimo affollamento

## Il totale degli occupanti utilizzati per le simulazioni è:

Scenari					
Occupanti	Degenti	Addetti	Personale	Visitatori	Totale
Piano terra	2	2	-	15	19
Primo piano	20	11	3	18	52
Secondo piano	22	5	7	7	39
Totale	44	18	10	40	112

Tabella 4: Numero di occupanti

Di seguito sono specificati le modellazioni di esodo ipotizzati:

Simulazioni	Descrizione
Simulazione 1	L'incendio o atto di emergenza avviene nel compartimento 1 nel secondo piano, costringendo tutti gli occupanti a rifu- giarsi nel comparto adiacente (comparti- mento 2). In questo caso si prevede anche lo spostamento dei degenti nel piano 1, da compartimento 1 a compartimento 2 per questioni di sicurezza.
Simulazione 2	L'incendio o atto di emergenza avviene nel compartimento 2 nel secondo piano, costringendo tutti gli occupanti a rifu- giarsi nel comparto adiacente (compar- timento 1). In questo caso si prevede lo spostamento dei degenti nel piano 1, da compartimento 2 a compartimento 1 per questioni di sicurezza.
Simulazione 3	Continuazione della simulazione 1 in successione all'evacuazione totale dell'edificio- con i visitatori a 360-480
Simulazione 4	Continuazione della simulazione 2 in successione all'evacuazione totale dell'edificio- con i visitatori a 360-480
Simulazione 5	Continuazione della simulazione 1 in successione all'evacuazione totale dell'edificio- con i visitatori a 600-750 (stesso tempo degli addetti) al fine di verificare interferenze nella modalità di esodo
Simulazione 6	Continuazione dello scenario 2 in successione all'evacuazione totale dell'edificio - con i visitatori a 600-750 (stesso tempo degli addetti) al fine di verificare interferenze nella modalità di esodo
Simulazione 7	Continuazione dello scenario 3, in questo caso l'evento ipotizzato avviene nella fascia oraria B (notturno). Assenza dell'esodo simultaneo dei visitatori
Simulazione 8	Continuazione dello scenario 4, in questo caso l'evento ipotizzato avviene nella fascia oraria B (notturno). Assenza dell'esodo simultaneo dei visitatori

Tabella 5: Simulazioni di esodo

Le simulazioni 1 e 2 sono analizzati al fine di verificare la capienza di ciascun compartimento di contenere anche gli occupanti del compartimento adiacente.

Le simulazioni 3,4,5 e 6 sono di verifica per quanto riguarda gli elementi di esodo, i tempi e le eventuali interferenze.

Le simulazioni 7 e 8 sono di confronto per quanto riguarda i tempi e le eventuali interferenze con l'esodo simultaneo delle simulazioni 3,4,5 e 6.

#### 1.2.1 La modellazione di esodo con Pathfinder

Pathfinder è un simulatore di uscita di emergenza che include un'interfaccia utente integrata e risultati animati 3D. Pathfinder consente di valutare i modelli di evacuazione più rapidamente e di produrre grafici più realistici rispetto ad altri simulatori. E' costituito da tre moduli: un'interfaccia utente grafica, il simulatore ed un visualizzatore di risultati 3D. Pathfinder, oltre che utilizzare comportamenti guida per modellare il movimento degli occupanti, combina un potente motore di simulazione con un controllo flessibile su popolazione e comportamento per fornire risultati migliori.

Il software fornisce supporto per l'importazione oltre che per i file DXF e DWG (formati AutoCAD), anche per i file IFC; attraverso lo strumento di estrazione del pavimento, consente di utilizzare il modello importato per definire lo spazio di spostamento degli occupanti, per la simulazione di evacuazione.

Il software utilizza un modello geometrico 3D, all'interno del quale la geometria del modello importato viene trasformata automaticamente in una mesh di navigazione (navigation mesh), cioè una superficie triangolare 2D. Le ostruzioni (cioè qualsiasi ostacolo situato entro 1,8 metri dal pavimento) vengono rappresentate come spazi vuoti nella mesh di navigazione. La triangolazione facilita inoltre il movimento continuo delle persone in tutto il modello, che avviene proprio sulla mesh di navigazione, rispetto ad altri simulatori che suddividono lo spazio in celle. L'assenza di oggetti solidi nel modello, dato che gli occupanti possono muoversi soltanto sulla mesh di navigazione, rende il modello leggero e flessibile.

### Determinazione dei Tempi secondo la ISO TR 16783

La ISO TR 16738 fornisce indicazioni sulla determinazione dei tempi di pre-movimento, in base a 3 principali variabili:

- La qualità del sistema di allarme (classificati nei livelli A1, A2 e A3);
- La complessità dell'edificio (classificati nei livelli B1,B2,B3);
- La qualità della gestione dell'emergenza (classificati nei livelli M1, M2,M3).

L'effetto del sistema di allarme sull'attività pre-movimento si classifica in:

- Per Il sistema di allarme livello A1, il rilevamento automatico dell'edificio attiva immediatamente un allarme generale per tutti gli occupanti in tutte le parti dell'edificio;
- Per il sistema di allarme livello A2 (a due stadi), il rilevamento automatico dell'edificio attiva prima un pre allarme per gli addetti della struttura e poi in un secondo momento (con un ritardo fisso), se il pre allarme non viene cancellato, attiva un allarme generale;
- Per il sistema di allarme di livello A3, il rilevamento automatico e l'allarme sono presenti solo nei locali pericolosi oppure non è presente un rilevamento automatico; il sistema di allarme generale è attivato manualmente in tutto l'edificio.

La complessità dell'edificio influisce sul tempo dell'attività pre-movimento e sul tempo necessario per la ricerca del percorso (ricerca di un idoneo via di fuga):

- L'edificio è considerato livello B1 quando presenta una struttura semplice, rettangolare, a un piano, con uno o poche recinzioni e un layout semplice con un buon accesso visivo, progettato in modo prescrittivo con percorsi di brevi distanze e un buon livello di uscita che conducono direttamente verso l'esterno (ad es. supermercato semplice);
- L'edificio è considerato livello B2 quando presenta una struttura semplice, con recinzioni multiple, generalmente a più piani, con semplici layout interni edificio (ad es. blocco di uffici semplice a più piani);
- L'edificio è considerato di livello B3 quando presenta una struttura grande e complessa. Ciò comprende grandi complessi immobiliari con l'integrazione di un certo numero di edifici esistenti nello stesso sito, comune con vecchi hotel o grandi magazzini, nonché con grandi complessi moderni, come centri ricreativi, centri commerciali e aeroporti. L'importante caratteristica è che il layout interno e gli involucri coinvolgono spesso spazi ampi e complessi, quindi gli occupanti possono presentare difficoltà nel trovare un percorso durante l'evacuazione e la gestione di un l'evacuazione, pertanto, presenta sfide particolari.

La complessità della costruzione influisce sul tempo dell'attività di pre-movimento e sul tempo necessario per la ricerca del percorso (ricerca di un idoneo via di fuga):

- Il livello di gestione M1 è caratterizzato da occupanti (personale o residenti) addestrati ad un alto livello di sicurezza antincendio e di gestione con buone pratiche di prevenzione incendi e manutenzione. Può comprendere guardiani al piano terra, un ben sviluppato del piano di emergenza ed esercitazioni regolari. Per "sveglio e non familiare", c'è un alto rapporto tra personale qualificato e visitatori. Il sistema e le procedure sono soggetti a certificazione indipendente, incluso un controllo periodico con evacuazioni monitorate. Le videocassette di sicurezza di qualsiasi incidente o allarme indesiderato sono rese disponibili per l'audit nell'ambito del sistema di certificazione. Questo livello di solito implica un edificio ben progettato e vie di fuga facili da usare (al livello B1 o almeno B2), con sistemi automatici di rilevazione e allarme a alto livello di fornitura (livello A1). Se utilizzato dal pubblico, può essere necessario fornire un sistema di allarme vocale;
- Il livello di gestione M2 è simile al livello M1, ma con un rapporto personale inferiore e gli operai del piano potrebbero non essere sempre presente. Potrebbe non esserci un audit indipendente. Le caratteristiche dell'edificio possono essere di livello B2 o B3 e il livello di allarme A2. I tempi di fuga ed evacuazione del progetto sono più conservativi rispetto a quelli del livello M1;
- livello di gestione M3 rappresenta le strutture standard con una gestione minima della sicurezza antincendio. Non esiste audit indipendente. L'edificio può essere di livello B3 e il livello di sistema di allarme A3. Questo non è adatto per una progettazione antincendio a meno che non vengano prese altre misure per garantire la sicurezza, come ad esempio restrizioni sulle prestazioni antincendio dei contenuti, alti livelli di protezione passiva e / o sistemi attivi.

Scenario category and modifier levels <sup>a</sup>	First occupants  tpre (1st percentile)	Occupant distribution tpre (99th percentile)					
D: Medical care:							
Awake and unfamiliar (e.g. day centre, clinic, surgery, de	ntist)						
M1 B1 A1 – A2	0,5	2					
M2 B1 A1 – A2	1,0	3					
M3 B1 A1 – A3	> 15	> 15					
For B2, add 0,5 for way-finding.	_	_					
For B3, add 1,0 for way-finding.	_	_					
M1 normally requires a voice alarm/PA.	_	_					
Sleeping and unfamiliar (e.g. hospital ward, nursing hom	e, old people's home)						
M1 B2 A1 – A2	_	_					
M2 B2 A1 – A2	5	10°					
M3 B2 A1 – A3	10	20 °					
For B3, add 1,0 for way-finding.	> 10	> 20 °					
M1 normally requires a voice alarm/PA.	_	_					
E: Transportation: Awake and unfamiliar (e.g. railway o	E: Transportation: Awake and unfamiliar (e.g. railway or bus station or airport)						
M1 B3 A1 – A2	_	_					
M2 B3 A1 – A2	1,5	4					
M3 B3 A1 – A3	2,0	5					
M1 and M2 normally require a voice alarm/PA.	> 15	> 15					

NOTE There is a lack of data on evacuation behaviour and the times required for key aspects of evacuation. Therefore, it is necessary to bear in mind these limitations when proposing or assessing designs incorporating engineered solutions in relation to human behaviour.

In particular, it is necessary that the database be improved by the provision of information, such as evacuation time records, video records from real evacuation incidents (including fires) and data from monitored evacuations in a reasonably large set of each occupancy type, including sleeping accommodation. This can, then, provide a definitive database for design applications and for the further development of predictive evacuation and behaviour models.

Figura 47: Tabella E.2 ISO TR 16738 – Tempo di pre - movimento

B	Tempi di attività di pre-movimento ISO TR 16738		
Parametri di descrizione dell'attività tratto da ISO TR 16738	Δt <sub>pre (1.55)</sub> primi occupanti in fuga	Δt <sub>pre (99th)</sub> ultimi occupanti in fuga	
Esempio 1: albergo di media complessità  occupanti: Ciii, sleeping and unfamiliar;  sistema di allarme: rivelazione automatica ed allarme generale mediato dall'intervento di verifica dei dipendenti;  complessità geometrica edificio: edificio multipiano e layout semplice;  gestione della sicurezza: ordinaria.	20°	40'	
Esempio 2: grande attività produttiva  occupanti: A, awake and familiar; sistema di allarme: rivelazione automatica ed allarme generale mediato dall'intervento di verifica dei dipendenti; complessità geometrica edificio: edificio multipiano e layout complesso; gestione della sicurezza: ordinaria.	1'30"	3' 30"	
Esempio 3: residenza sanitaria assistenziale  occupanti: D, sleeping and unfamiliar; sistema di allarme: rivelazione automatica ed allarme generale mediato dall'intervento di verifica dei dipendenti; complessità geometrica edificio: edificio multipiano e layout semplice; gestione della sicurezza: ordinaria; presenza di addetti in quantità sufficiente a gestire l'evacuazione dei diversamente abili.	5'	10'	

Figura 48: Tabella M.3-1. Esempi di valutazione del tempo di pre-movimento-tratto da ISO TR 16783 - Codice di prevenzione incendi

a M indicates level of fire safety management; B indicates level of building complexity; A indicates level of alarm system; see Annex D.

b Figures with greater levels of uncertainty.

These times depend on the presence of sufficient staff to assist evacuation of handicapped occupants.

RSET è il tempo tra l'innesco dell'incendio o emergenza ed il momento in cui gli occupanti dell'edificio raggiungono un luogo sicuro, è dato dalla somma di quattro elementi,

RSET=Tdet + Ta + Tpre + Ttra.

- Il tempo di rivelazione (tdet) è determinato dalla tipologia di sistema di rivelazione e dallo scenario di incendio. È il tempo necessario al sistema di rivelazione automatico per accorgersi dell'incendio.

Essendo installato su tutti i piani un sistema di rivelazione automatica di incendio, tdet sarà posto uguale a zero: tdet = 0

- Il tempo di allarme generale (ta) è il tempo che intercorre tra la rivelazione dell'incendio e la diffusione dell'informazione agli occupanti dell'allarme generale. Per un sistema di allarme di livello A1 il sistema di rivelazione automatica attiverà immediatamente l'allarme generale in tutta la struttura e sarà pari a 0 (ta = 0); nel livello A2 (a due stadi), il rilevamento automatico fornirà un preallarme in tutto l'edificio, allertando prima la centrale di gestione dell'emergenza o di sicurezza, il quale si occuperà di verificare l'evento e di conseguenza attivare l'allarme generale (ta  $\pm$  2-5 minuti);

Nel caso specifico, la RSA virgo Potens è collocata nel livello A2: ta = 5 minuti

- Il tempo di attività pre-movimento (tpre) è l'oggetto della valutazione più complessa, perché si tratta del tempo necessario agli occupanti per svolgere una serie di attività che precedono il movimento vero e proprio verso il luogo sicuro. Per tale tempo la ISO TR 16738 dà determinate indicazioni, al cui rimanda anche il Codice (figura 28 e 29);

Per la RSA è stato scelto il tempo indicato dalla classificazione M2,B2, A1-A2, indicato in figura 28; - Il tempo di movimento (Ttra) sarà il tempo finale calcolato con il software pathfinder.

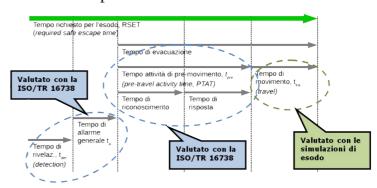


Figura 49: Tempo Rset

Velocità Pathfinder	Orizzontale [m/s]	Inclinazione verso il basso [m/s]
Addetti antincendio pazienti (assisted ambulant)	0,78	0,69
Addetti antincendio pazienti (assisted wheelchair)	1,19	0,96

## 2.2.1.1 Simulazione 1

Si riporta di seguito i tempi utilizzati per i dati input per la simulazione:

Behavior Pathfinde	tdet [s]	tallarme [s]	tpre [s]	tdelay [s]
Addetti antin- cendio	0	300	300 -450	600 - 750
Pazienti	0	300	600 - 900	900 - 1200
Visitatori/per- sonale	0	300	60 - 180	360 - 480

Il tdelay equivale alla somma dei tre tempi tdet, tallarme e tpre.

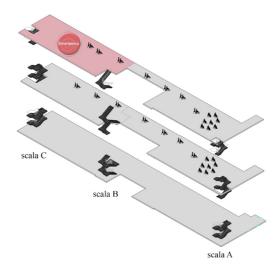


Figura 50: Schema simulazione 1

L'incendio o atto di emergenza avviene nel compartimento 1 nel secondo piano, costringendo tutti gli occupanti a rifugiarsi nel comparto adiacente (compartimento 2). In questo caso si prevede anche lo spostamento dei degenti nel piano 1, da compartimento 1 a compartimento 2 per questioni di sicurezza.

In questo scenario non si prevede un'evacuazione totale ma uno parziale, effettuata prima dagli occupanti in visita o il personale (esodo simultaneo), mentre per i degenti si prevede solo lo spostamento dal compartimento in pericolo.

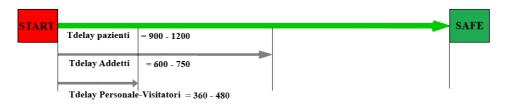


Figura 51: Tempi di ritardo applicati nella simulazione 1,2,3 e 4

Si specifica che il tempo dei pazienti non è stato inserito come input nelle simulazioni, in quanto il loro spostamento verso luogo sicuro dipende strettamente dagli addetti. Il tempo degli addetti è stato calcolato dimezzando il tempo dei pazienti in quanto sono continuamente vigili, svegli e familiari con il luogo.

Il tempo di evacuazione per poter evacuare i compartimenti reciproci nei due piani risulta 1060s, che equivale a circa 18 minuti.

Tempo di evacuazione delle compartimentazioni

Tempo di evacuazione d	elle compartimentazioni
[8]	[min]
1060	18

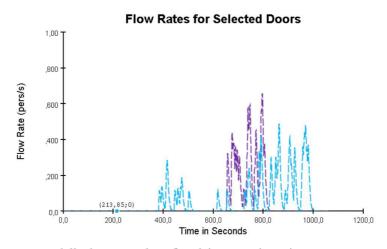


Figura 52: Grafico portata delle due porte al confine dei compartimenti

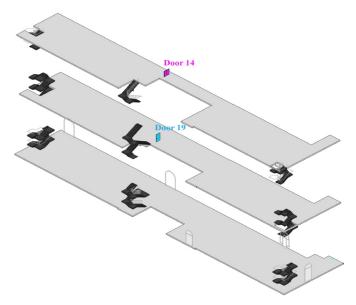


Figura 53: Schema porte compartimenti primo e secondo piano

Il grafico sopra illustrata, figura 34 mostra l'utilizzo della porta 14 (porta di passaggio al compartimento 1 nel secondo piano) e 19 (porta di passaggio al compartimento 1 nel primo piano). Si può notare come la portata della porta 14 al secondo piano sia maggiore rispetto a quello del primo, in quanto il numero dei degenti del compartimento 1 nel secondo piano (15 in totale) è superiore rispetto a quelli nel compartimento 1 del primo piano (10 in totale).

Essendoci più pazienti nel compartimento 1 al secondo piano, il flusso della porta 14 risulta maggiore

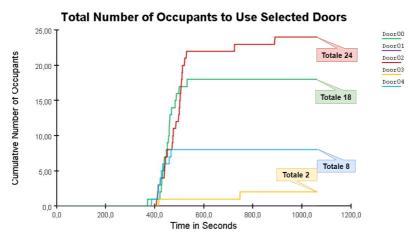


Figura 54: Grafico numero di occupanti che utilizzano le porte del piano terra – scenario 1

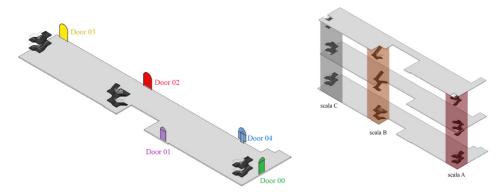


Figura 55: Schema locazione porte piano terra e scale

Qui si può notare che la porta più utilizzata è quella centrale (Door 2). È la porta più usata dai visitatori (famiglie, amici) per esodare dal piano primo, in quanto l'emergenza avviene nel comparto 1 del piano secondo. I visitatori del piano secondo non utilizzeranno questa porta in quanto per accedere al blocco scala B, nel secondo piano, debbano obbligatoriamente entrare nel comparto in pericolo (comparto 1 – secondo piano).

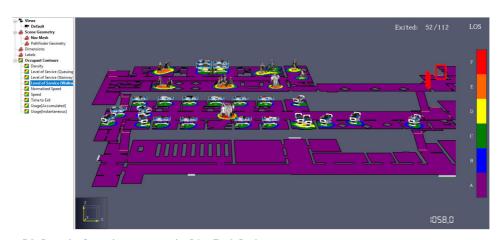


Figura 56: Level of service - scenario 01 - Pathfinder

Si può notare come in questa fase della simulazione, come quasi in tutta, il livello di servizio dei percorsi orrizzontali non raggiunga i limiti critici.

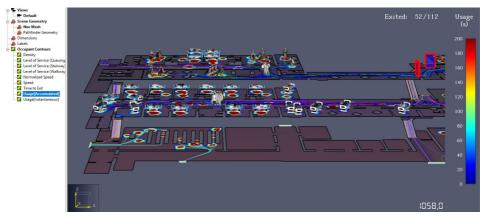


Figura 57: Rappresentazione dei tempi di uso dei percorsi – scenario 01 - Pathfinder

la figura mostra come la scala centrale e i percorsi degli occupanti sia orizzontale che verticale, nei piani superiori, siano più utilizzati rispetto alle altre, il primo mediante l'esodo simultaneo degli occupanti in visita al piano primo mentre il secondo mediante l'esodo progressivo orizzontale degli addetti e pazienti .

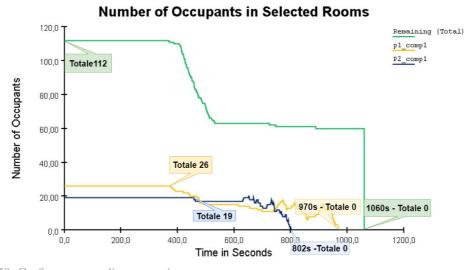


Figura 58: Grafico numero di occupanti e tempo

Il grafico mostra il numero di occupanti rimasti all'interno della struttura (verde) e il numero di occupanti evacuati dai compartimenti in pericolo (Piano 2 compartimento 1 e Piano 1 compartimento 1). Il compartimento 1 P1 è stato completamente evacuato al tempo di 1275s e il compartimento 1 P2 (secondo lo scenario è il compartimento in pericolo) al tempo di 1200s.

### 2.2.1.2 Simulazione 2

<b>a</b>	1.	• ,	• ,		1.		1	• .	1		1 •
1 rinorto	41	CACHILLA	1 tomr	a 11fa	Lizzoti	nor 1	dota	innit	norla	0112011	071000
Si riporta	(11	SCAIIIO	1 161111	,, ,,,,	11777411	Dell	CIALL	11117111		1 8111111	IAZIOHE
DITIPOLICA	~1	DULGILLO	I COLLIE	1 40	IILLUCI	PULL	auti	IIIPGC	POI IC	t DITTIM.	iazione.
1		$\mathcal{C}$	1			1		1	1		

Behavior Pathfinde	tdet [s]	tallarme [s]	tpre [s]	tdelay [s]
Addetti antin- cendio	0	300	300 -450	600 - 750
Pazienti	0	300	600 - 900	900 - 1200
Visitatori/per- sonale	0	300	60 - 180	360 - 480

Il tdelay equivale alla somma dei tre tempi tdet, tallarme e tpre.

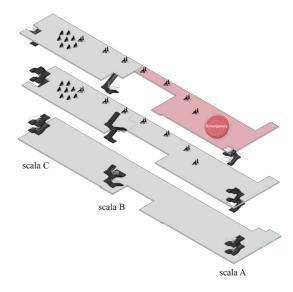


Figura 59: Schema simulazione 2

L'incendio o atto di emergenza avviene nel compartimento 2 nel secondo piano, costringendo tutti gli occupanti a rifugiarsi nel comparto adiacente (compartimento 1). In questo caso si prevede anche lo spostamento dei degenti nel piano 1, dal compartimento 2 al compartimento 1 per questioni di sicurezza.

In questo scenario non si prevede un'evacuazione totale ma uno parziale, effettuata prima dagli occupanti in visita (esodo simultaneo), mentre per i degenti si prevede solo lo spostamento dal compartimento in pericolo Il tempo di evacuazione per poter evacuare i compartimenti reciproci nei due piani risulta 955s, che equivale a circa 16 minuti.

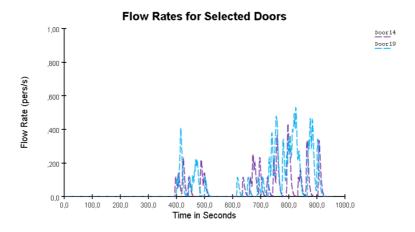


Figura 60: Grafico portata delle due porte dei compartimenti – scenario 2

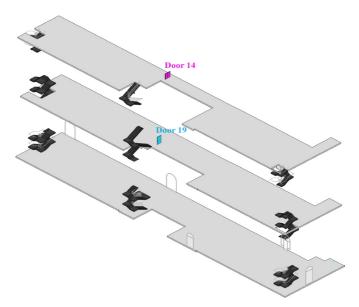


Figura 61: Schema porte compartimenti primo e secondo piano

Il grafico sopra illustrato, figura 29 mostra l'utilizzo delle porte 14 (porta di passaggio al compartimento 1 nel secondo piano) e 19 (porta di passaggio al compartimento 1 nel primo piano). Si può notare come la portata della porta 19 al primo piano sia maggiore rispetto a quello del secondo, in quanto il numero dei degenti del compartimento 2 nel secondo piano (7 in totale) è inferiore rispetto a quelli nel compartimento 2 del primo piano (10 in totale).

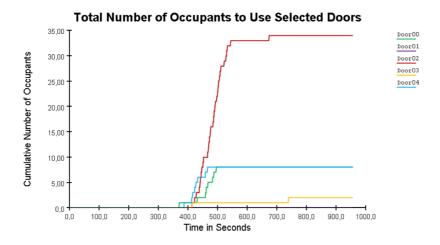


Figura 62: Grafico numero di occupanti che utilizzano le porte del piano terra – scenario 2

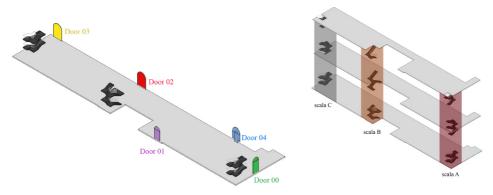


Figura 63: Schema locazione porte piano terra e scale

Qui si può notare che la porta più utilizzata è quella centrale. È la porta più usata dai visitatori (famiglie, amici) per esodare dai piani superiori. Si ricorda che in questa simulazione non si prevede l'esodo dei degenti ma solo il loro spostamento dal compartimento in pericolo. In totale il numero degli occupanti esodati è 52 (figura 44).

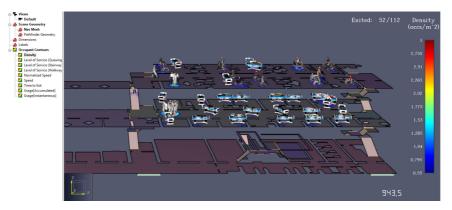


Figura 64: rappresentazione delle zone di alta densità, Density – scenario 02 - Pathfinder

Si può notare come in questa fase della simulazione, come quasi in tutta, la densità sia relativamente minima, in quanto non sia prevista una compresenza di tipologie di esodo (figura 46)

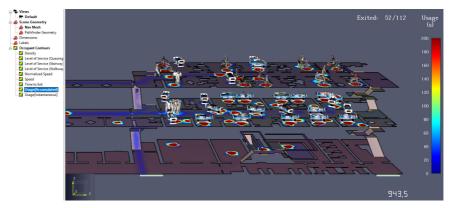


Figura 65: Rappresentazione dei tempi di uso dei percorsi – scenario 02 - Pathfinder

Nella figura 47, si può notare come la scala centrale sia più utilizzata rispetto alle altre, mediante l'esodo simultaneo degli occupanti in visita, rimanendo sempre sotto soglia.

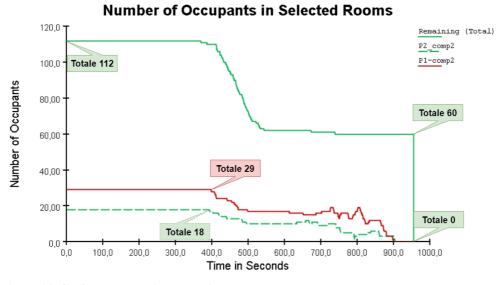


Figura 66: Grafico numero di occupanti e tempo

Il grafico mostra il numero di occupanti rimasti nella struttura (verde), in totale ancora 60 persone e il numero dei degenti usciti dai compartimenti in pericolo (compartimento 2 piano primo e secondo).
68

### 2.2.1.3 Simulazione 3

Si riporta di seguito i tempi utilizzati per i dati input per la simulazione:

Behavior Pathfinde	tdet [s]	tallarme [s]	tpre [s]	tdelay [s]
Addetti antin- cendio	0	300	300 -450	600 - 750
Pazienti	0	300	600 - 900	900 - 1200
Visitatori/per- sonale	0	300	60 - 180	360 - 480

Il tdelay equivale alla somma dei tre tempi tdet, tallarme e tpre. Continuazione della simulazione 1 in successione all'evacuazione totale dell'edificio.

In questa simulazione, si prevede la compresenza di un'evacuazione parziale (sgombero dei compartimenti in pericolo da parte degli addetti – scenario 1) e un'evacuazione totale dall'intero edificio. In questo caso l'esodo degli occupanti visitatori avverrà molto prima avendoli attribuito i tempi di pre-movimento di "coscienti e non familiari" (Awake and Unfamiliar) della ISO TR 16783.

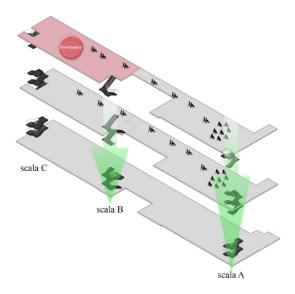


Figura 67: Schema simulazione 3

Il tempo di evacuazione per evacuare l'intero edificio risulta 2712s, che equivale a circa 45 minuti.

Tempo di evacuazio	ne dell'intero edificio
[s]	[min]
2353	39

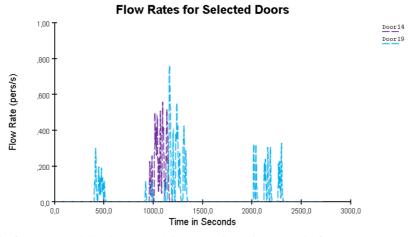


Figura 68: Grafico portata delle due porte dei compartimenti – scenario 3

Il grafico sopra illustrato, figura 38 mostra l'utilizzo della porta 14 (porta di passaggio al compartimento 1 nel secondo piano) e 19 (porta di passaggio al compartimento 1 nel primo piano). La portata della porta 14 in questo caso è minore rispetto a quello del primo, in quanto l'evacuazione totale effettuata dai degenti ha comportato un flusso maggiore, rispetto allo scenario 1 che prevedeva solo uno spostamento univoco da comparto a comparto.

Door 14

Figura 69: Schema porte c ompartimenti primo e secondo piano

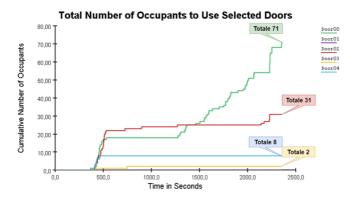


Figura 70: Grafico numero di occupanti che utilizzano le porte del piano terra – scenario 3

Per quanto riguarda le uscite di sicurezza al piano terra, la porta con maggior flusso risulta la Door 00; azione al quanto prevedibile poiché lo specifico scenario prevede lo spostamento di tutti i degenti nel comparto 2 dell'edifico.

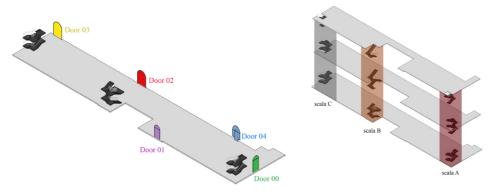


Figura 71: Schema locazione porte piano terra e scale



Figura 72: Level of service (queuing) – scenario 3

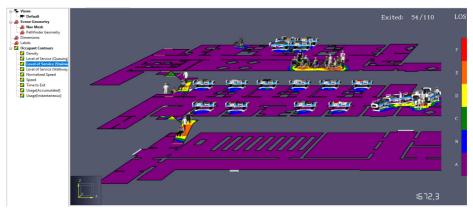


Figura 73: level of service (stairs) – scenario 3



Figura 74: level of service (walkway) – scenario 3

Il livello di servizio rappresenta il confort degli occupanti nell'eventuale presenza di code (queuing), nel percorso orizzontale (walkway) e nel percorso verticale attraverso le scale (stairway).

Il confort dell'accodamento dell'esodo orizzontale non raggiunge mai i livelli critici (E ed F), mentre quello inerente alle scale e all'incamminamento sfiora in alcuni punti livelli alti.

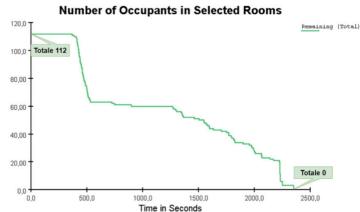


Figura 75: Grafico numero di occupanti e tempo – s cenario 3

### 2.2.1.4 Simulazione 4

Si riporta di seguito i tempi utilizzati per i dati input per la simulazione:

Behavior Pathfinde	tdet [s]	tallarme [s]	tpre [s]	tdelay [s]
Addetti antin- cendio	0	300	300 -450	600 - 750
Pazienti	0	300	600 - 900	900 - 1200
Visitatori/per- sonale	0	300	60 - 180	360 - 480

tdelay equivale alla somma dei tre tempi tdet, tallarme e tpre.

Continuazione della simulazione 2 in successione all'evacuazione totale dell'edificio.

L'incendio o atto di emergenza avviene nel compartimento 2 nel secondo piano, costringendo tutti gli occupanti a rifugiarsi nel comparto adiacente (compartimento 1). In questo caso si prevede lo spostamento dei degenti nel piano 1, da compartimento 2 a compartimento 1 per questioni di sicurezza. Dopo lo spostamento nei rispettivi compartimenti, si procederà all'evacuazione totale.

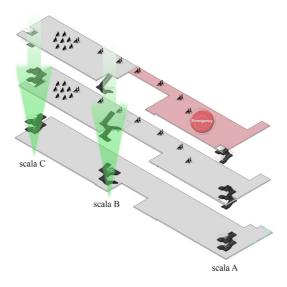


Figura 76: Schema simulazione 4

Il tempo di evacuazione per evacuare l'intero edificio risulta 2088s, che equivale a circa 35 minuti.

Tempo di evacuazio	ne dell'intero edificio
[s]	[min]
2088	35

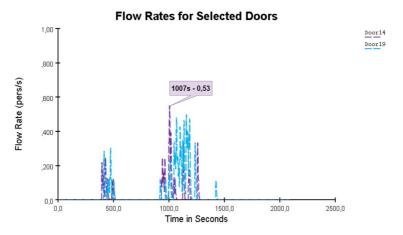


Figura 77: Grafico portata delle due porte dei compartimenti – scenario 4

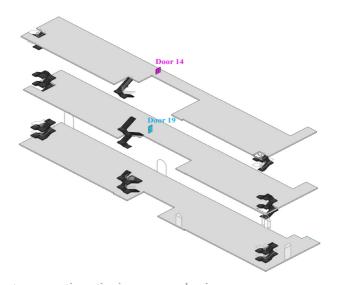


Figura 78: Schema porte compartimenti primo e secondo piano

La porta 14 risulta con un flusso più alto a 1007s, in quanto proprio in questo determinato tempo ci sia stato più passaggi dei degenti in contemporanea.

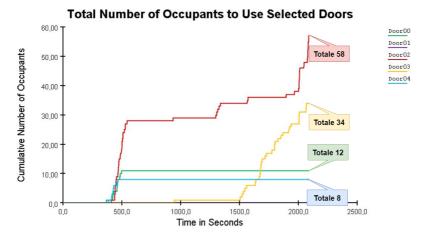


Figura 79: Grafico numero di occupanti che utilizzano le porte del piano terra – scenario 4

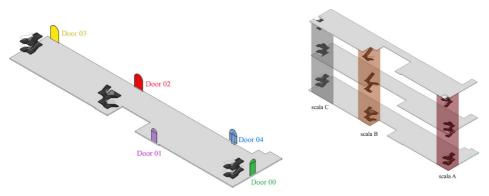


Figura 80: Schema locazione porte piano terra e scale

La porta centrale (Door 2) risulta la più sfruttata; l'esodo da parte di quasi tutti i degenti e addetti avviene attraverso questo passaggio.

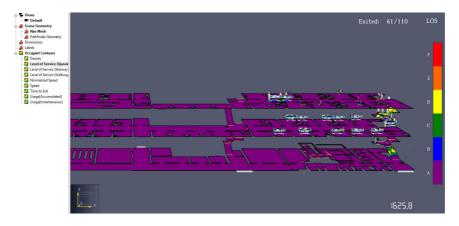


Figura 81: Level of service (queuing) – scenario 4

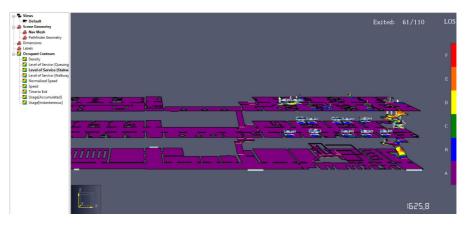


Figura 82: Level of service (stairway) – scenario 4

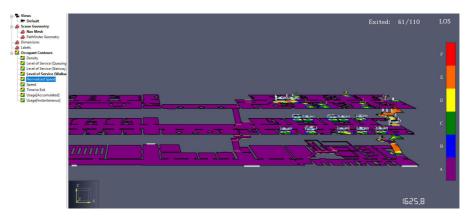


Figura 83: Level of service (walkway) – scenario 4

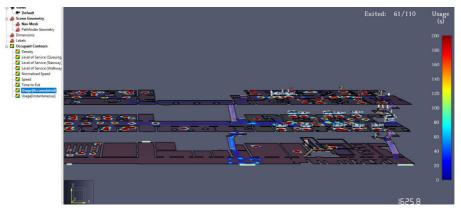


Figura 84: Usage accumulated – scenario 4

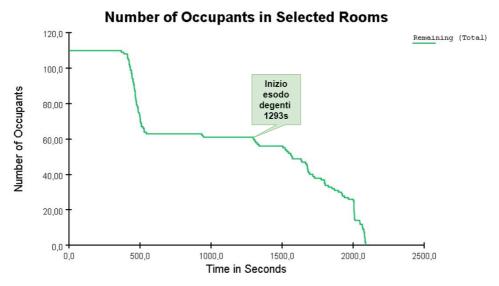


Figura 84: Grafico numero di occupanti e tempo – scenario 4

#### 2.2.1.5 Simulazione 5

Si riporta di seguito i tempi utilizzati per i dati input per la simulazione: Behavior Pathfinder

Behavior Pathfinde	tdet [s]	tallarme [s]	tpre [s]	tdelay [s]
Addetti antin- cendio	0	300	300 -450	600 - 750
Pazienti	0	300	600 - 900	900 - 1200
Visitatori/per- sonale	0	300	300 - 450	600 - 750
Visitatori Piano Terra	0	300	60 - 180	360 - 480

Il tdelay equivale alla somma dei tre tempi tdet, tallarme e tpre.

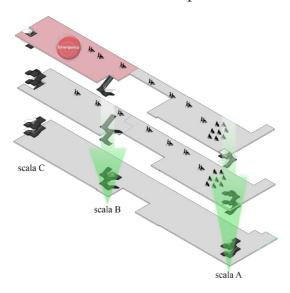


Figura 85: Schema simulazione 5

L'incendio o atto di emergenza avviene nel compartimento 1 nel secondo piano, costringendo tutti gli occupanti a rifugiarsi nel comparto adiacente (compartimento 2). In questo caso si prevede anche lo spostamento dei degenti nel piano 1, da compartimento 1 a compartimento 2 per questioni di sicurezza. Dopo lo spostamento nei rispettivi compartimenti, si procederà all'evacuazione totale. A tutti gli occupanti con caratteristiche di "visitatori" (persone in visita nella struttura) e personale (persone che

lavorano nella struttura) sono stati attribuiti un tempo di pre-movimento pari a quello degli addetti (300-450s) al fine di verificare le interferenze nella modalità di esodo. Ai visitatori occupanti della sala conferenza, con caratteristiche di studenti e professori, nel piano terra è stato 80 mantenuto il tempo di 60 -180 (profilo Awake and Unfamiliar – ISO TR 16738). Lo scopo della presente simulazione è quello di verificare le eventuali interferenze nella modalità di esodo.

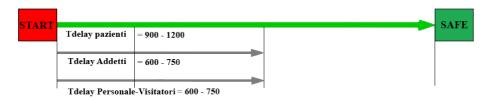


Figura 86: Tempi di ritardo applicati nella simulazione 5 e 6

Il tempo di evacuazione per evacuare l'intero edificio risulta 2486s, che equivale a circa 42 minuti.

Tempo di evacuazione dell'intero edificio		
[s]	[min]	
2491	42	

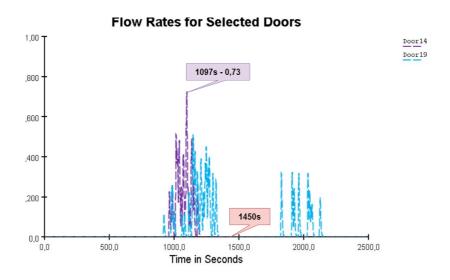


Figura 87: Grafico portata delle due porte dei compartimenti – scenario 5

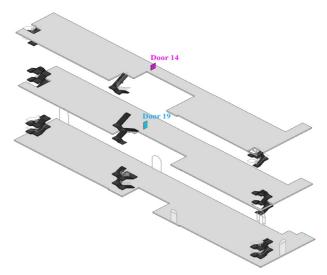


Figura 88: Schema porte compartimenti primo e secondo piano

Il grafico sopra illustrato figura 44 mostra l'utilizzo delle porte 14 (porta di passaggio al compartimento 1 nel secondo piano) e 19 (porta di passaggio al compartimento 1 nel primo piano). Si può notare come la portata della porta 14 al secondo piano sia maggiore rispetto a quello del primo, in quanto ad un certo punto nella simulazione (1450s) è stato impedito l'utilizzo delle porte di ingresso verso il comparto in emergenza (compartimento 1 al secondo piano).

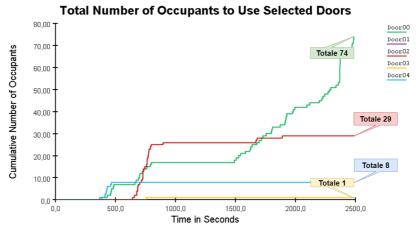


Figura 89: Grafico numero di occupanti che utilizzano le porte del piano terra – scenario 5

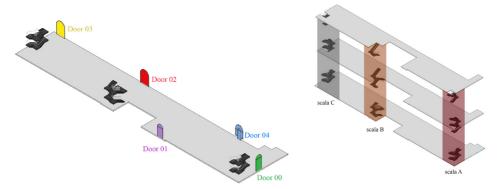


Figura 90: Schema locazione porte piano terra e scale

La porta laterale (Door 00) risulta la più utilizzata, in quando i compartimenti in pericolo risultano dalla parte opposta

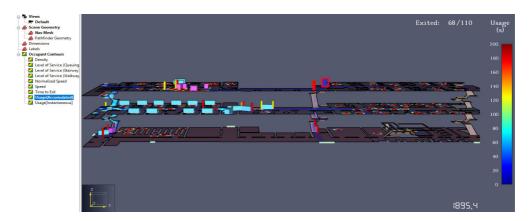


Figura 91: rappresentazione delle zone di alta densità, Density – scenario 05 - Pathfinder

Alla scala A in corrispondenza dell'uscita con la porta "Door 00", si nota come in alcuni momenti raggiunga alti livelli di densità.

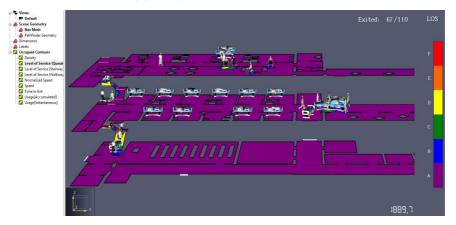


Figura 92: Level of service (queuing) – scenario 5

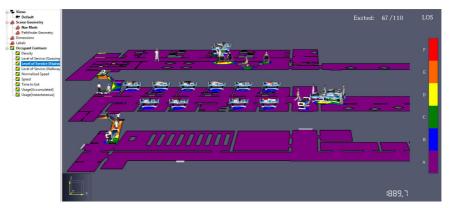


Figura 93. Level of service (stairway) – scenario 5

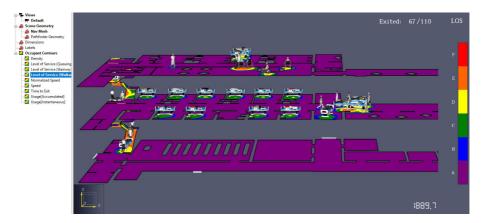


Figura 94: Level of service (walkway) – scenario 5

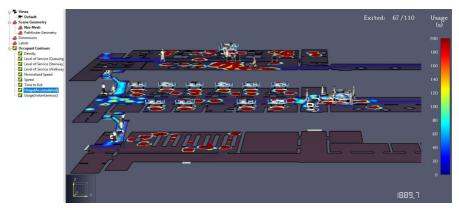


Figura 95: Usage accumulated – scenario 5

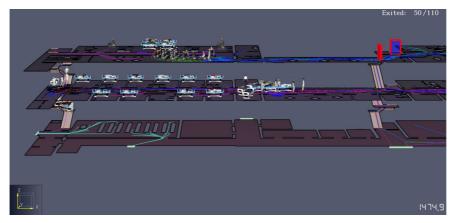
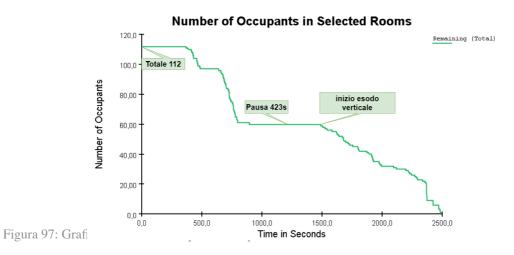


Figura 96: il percorso degli occupanti e visualizzazione delle porte disabilitate – scenario 5



È stato attribuito una pausa di 423s (7 minuti) per la preparazione per l'esodo verticale dei degenti.

### 2.2.1.6 Simulazione 6

Si riporta di seguito i tempi utilizzati per i dati input per la simulazione:

Behavior Pathfinde	tdet [s]	tallarme [s]	tpre [s]	tdelay [s]
Addetti antin- cendio	0	300	300 -450	600 - 750
Pazienti	0	300	600 - 900	900 - 1200
Visitatori/per- sonale	0	300	300 - 450	600 - 750
Visitatori Piano Terra	0	300	60 - 180	360 - 480

Il tdelay equivale alla somma dei tre tempi tdet, tallarme e tpre.

L'incendio o atto di emergenza avviene nel compartimento 2 nel secondo piano, costringendo tutti gli occupanti a rifugiarsi nel comparto adiacente (compartimento 1). In questo caso si prevede lo spostamento dei degenti nel piano 1, da compartimento 2 a compartimento 1 per questioni di sicurezza. Dopo lo spostamento nei rispettivi compartimenti, si procederà all'evacuazione totale. A tutti gli occupanti con caratteristiche di "visitatori" (persone in visita nella struttura) e personale (persone che lavorano nella struttura) sono stati attribuiti un tempo di pre-movimento pari a quello degli addetti (300-450s) al fine di verificare le interferenze nella modalità di esodo (figura 69). Ai visitatori occupanti della sala conferenza, con caratteristiche di studenti e professori, nel piano terra è stato mantenuto il tempo di 60 e 180 (profilo Awake and Unfamiliar – ISO TR 16738). Lo scopo della presente simulazione è quello di verificare le eventuali interferenze nella modalità di esodo.

Figura 98: Schema simulazione 6

scala C

Il tempo di evacuazione per evacuare l'intero edificio risulta 1639s, che equivale a circa 28 minuti.

Tempo di evacuazione dell'intero edificio		
[s]	[min]	
1639	28	

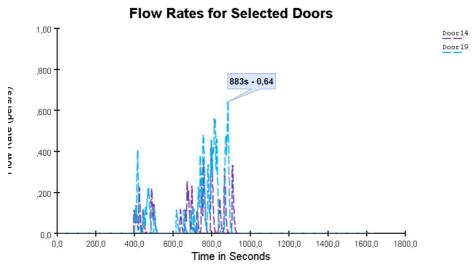


Figura 99: Grafico portata delle due porte dei compartimenti al piano primo e secondo– scenario 6

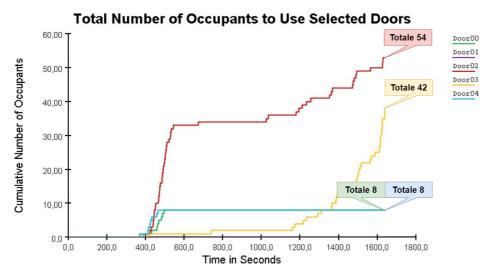


Figura 100: Grafico numero di occupanti che utilizzano le porte del piano terra – scenario



Figura 101: Level of service (queuing) – scenario 6

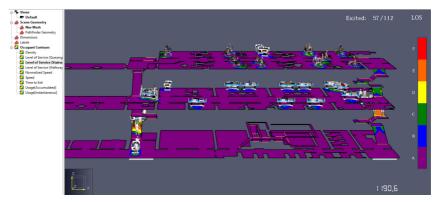


Figura 102: Level of service (stairway) – scenario 6

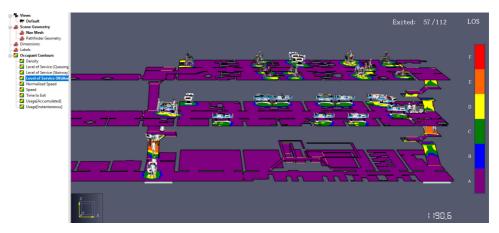


Figura 103: Level of service (walkway) – scenario 6

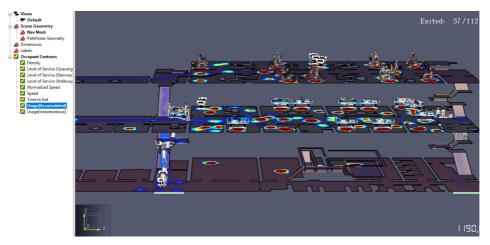


Figura 104: Usage accumulated – scenario 6

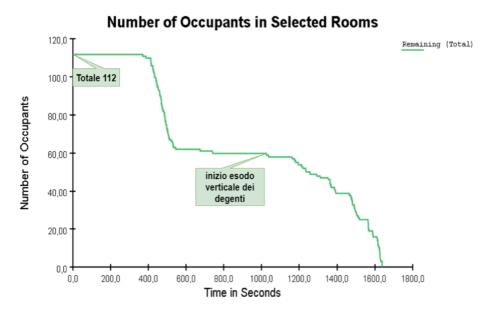


Figura 105: Grafico numero di occupanti e tempo – scenario 6

# 2.2.1.7 Simulazione 7

Si riporta di seguito i tempi utilizzati per i dati input per la simulazione:

Behavior Pathfinde	tdet [s]	tallarme [s]	tpre [s]	tdelay [s]
Addetti antin- cendio	0	300	300 -450	600 - 750
Pazienti	0	300	600 - 900	900 - 1200
Visitatori	-	-	-	-

Continuazione della simulazione 5, nella fascia oraria B (notturno). Assenza dell'esodo simultaneo dei visitatori.

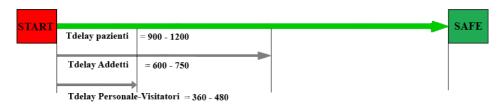


Figura 104: Tempi di ritardo applicati nella simulazione 7 e 8

Il totale degli occupanti utilizzati per le simulazioni 7 e 8 è:

Scenari					
Occupanti	Occupanti	Addetti	Personale	Visitatori	Totale
Piano terra	2	2	-	-	4
Piano pri-	20	11	-	34	3
mo					
Piano se-	22	5	7	-	34
condo					
Totale	44	18	10	-	72

Il tempo di evacuazione per evacuare l'intero edificio risulta 2473s, che equivale a circa 41 minuti.

Tempo di evacuazione dell'intero edificio		
[s]	[min]	
2473	41	

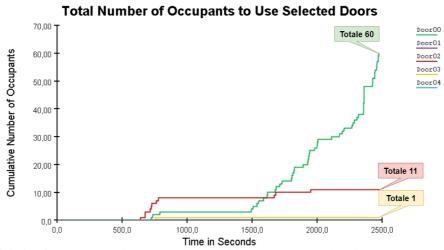


Figura 106: Grafico numero di occupanti che utilizzano le porte del piano terra – scenario 7



Figura 107 Usage Accumulated - scenario 7

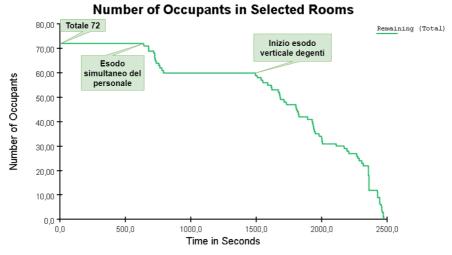


Figura 108: Grafico numero di occupanti e tempo – scenario 7

L'esodo simultaneo in questo caso non influenza l'esodo dei degenti; tra la simulazione 5 e 7 si presenta una differenza di 1 minuto.92					

## 2.2.1.8 Simulazione 8

Continuazione della simulazione 6, in questo caso l'evento ipotizzato avviene nella fascia oraria B (notturno). Assenza dell'esodo simultaneo dei visitatori.

Si applicano gli stessi tempi della simulazione 7.

Il tempo di evacuazione per evacuare l'intero edificio risulta 1641s, che equivale a circa 27 minuti.

Tempo di evacuazione dell'intero edificio				
[s]	[min]			
1641	27			

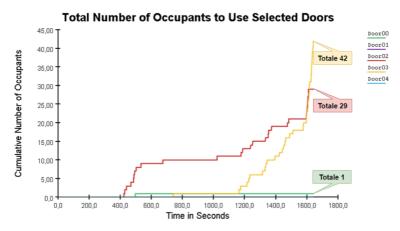


Figura 109: Grafico numero di occupanti che utilizzano le porte del piano terra – scenario 8

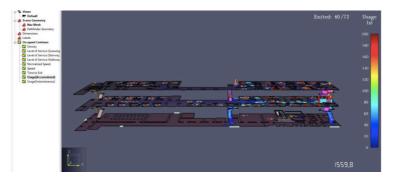


Figura 110: Usage Accumulated - scenario 8

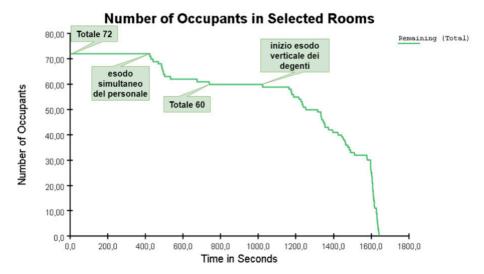


Figura 111: Grafico numero di occupanti e tempo – scenario 8

### 3. RISULTATI

#### Risultati per il BIM

La scelta di partire da un modello plumbing, oltre alla facilità di gestire il browser di progetto, è stata dettata dal fatto di facilitare principalmente anche il lavoro di un eventuale aggiornamento MEP del Trompone stato di fatto. Durante le prove di visualizzazione sono state riscontrate alcune criticità.

Per la visualizzazione delle famiglie in pianta è stato scelto di utilizzare le famiglie di tipo, cambiando le dimensioni in base alla scelta della scala di rappresentazione; ovviamente esistono diverse strade, è stato scelto questo per la semplicità e l'immediatezza.

In questo processo le principali criticità riscontrate sono principalmente due:

- 1. Una volta importato il modello architettonico nel template plumbing, i locali precedentemente assegnati nell'architettonico sono andati persi, questo ha comportato un la loro riattribuzione attraverso lo strumento spazi e zone;
- 2. Il nuovo strumento "percorso di uscita" presenta una grande potenzialità ma allo stesso tempo molte criticità e limitazioni:
- impossibilità di utilizzare lo strumento sulle scale, quindi vie verticali;
- proprietà del tipo non disponibili (in Parametri del progetto o altrove);
- impossibilità di nominare un punto intermedio nel percorso;
- impossibilità di spostare il punto iniziale e quello finale singolarmente è obbligatorio

ricrearne uno nuovo se lo si sbaglia la prima volta;

- impossibilità di scegliere un'altra opzione di percorso, oppure di essere in grado di nominare
- punti intermedi, o anche di poter trascinare singoli nodi di giunzione tra ciascun segmento;
- impossibilità di cambiare la velocità di percorrenza.

Lo strumento percorso di uscita è in via di miglioramento e sviluppo, per esempio nella versione di Revit 2020.

1 sono stati migliorati le problematiche inerente allo spostamento del punto iniziale e finale.

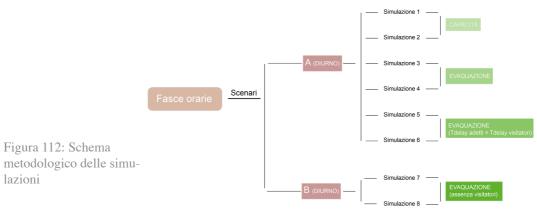
#### Risultati per l'ingegneria della sicurezza antincendio

L'analisi dell'esodo con il sofware di simulazione Pathfinder rappresenta un ottimo strumento di lavoro per un professionista antincendio dedito all'uso della Fire Safety Engineering.

Pathfinder rappresenta lo strumento necessario ad un professionista antincendio per l'applicazione della FSE per la salvaguardia della vita umana. Questo software permette non solo il calcolo dell'RSET( tempo da confrontare con ASET se si fosse prevista una simulazione di incendio), ma anche un'analisi delle modalità esodo che si possono presentare in una struttura. Questo sofware può essere un ottimo strumento di partenza per analizzare le criticità di una struttura in termini di evacuazione e può supportare il lavoro della stesura di un buon piano di emergenza ed evacuazione.

La simulazione generale garantisce il calcolo del ttravel che rappresenta solo uno dei fattori necessari al calcolo completo dell'RSET ( tdet, tallarme e tpre); per il calcolo completo dell'RSET, il professionista antincendio può tenere in considerazione i tempi ottenuti con un eventuale modellazione di incendio oppure prendere i tempi di riferimento delle varie ISO o fonti e Istituzioni internazionali. Questi tempi possono essere inseriti all'interno del sofware come un fattore di ritardo di inizio movimento, il quale può essere assegnato agli occupanti in base al loro profilo. Inoltre, permette l'estrapolazione di dati per la verifica dei criteri di progettazione e delle soluzioni adoperate sotto forma di grafici e le visualizzazioni video.

In breve, lo schema di seguito riporta la modalità di analisi delle simulazioni, i quali sono divisi principalmente in due scenari, in base alle fasce orarie in cui sono ipotizzate.



In base al grafico sotto riportato, risulta che le simulazioni 7 e 8, non avendo al loro interno gli occupanti indicati come visitatori, l'evacuazione della struttura avviene in tempi più brevi. Quindi lo scenario con maggior interferenza risulta quello A (diurno).

Inoltre, si riscontra che la simulazione 5 (dove si è attribuito lo stesso Tdelay agli addetti e ai visitatori), presenta un rallentamento iniziale nell'esodo progressivo dei degenti (momento in cui vengono spostati nel compartimento sicuro), aumentando così il tempo di evacuazione; mentre nella simulazione 3 (con il Tdelay diverso) l'evacuazione avviene in tempi più brevi.

Tempo di evacuazione dell'intero edificio simulazione 3				
[s]	[min]			
2352	39			

Tempo di evacuazione dell'intero edificio					
simulazione 5					
[s]	[min]				
2491	42				

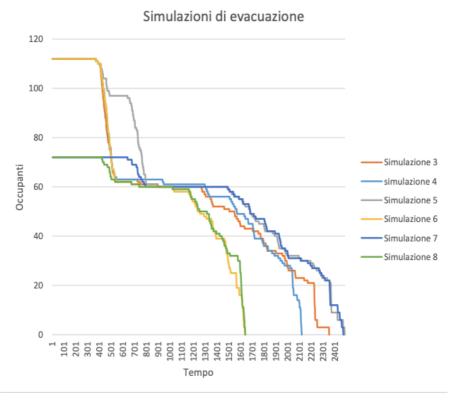


Figura 113: Grafico numero occupnti e tempo di tutte le simulazioni

Le simulazioni 3, 5 e 7 presentano dei punti deboli, in quanto gli occupanti nel compartimento 2 piano secondo debbano, per esodare dalla struttura, obbligatoriamente usare solo la scala A perché la scala B, seppur compartimentata, è collocata all'interno del compartimento 1 secondo piano (compartimento in pericolo nella simulazione).

Una soluzione migliorativa potrebbe essere quella di inserire un muro divisorio con caratteristiche REI in modo da separare il blocco scala B, nel secondo piano, dal compartimento 1.

## 4. Conclusione e sviluppi futuri

Il BIM può essere un ottimo strumento non solo in termini organizzativi, gestionali e di modellazione, ma anche un ottimo e facile strumento per le visualizzazioni grafiche per settori molti tecnici come l'antincendio. Autodesk continua a fornire strumenti e aggiornamenti per migliorare sempre di più il lavoro degli ingegneri per la sicurezza antincendio. Si pensi al nuovo strumento percorso di uscita che potrebbe risultare efficiente per l'estrapolazione di abachi riguardanti velocità, tempi di percorso, al fine di dare una prima analisi di evacuazione prima di passare direttamente ai sofware per modellazione dell'esodo. Questo aiuta anche i progettisti che non sono soliti occupare di evacuazione e sicurezza di avere una possibilità di interfacciarsi più facilmente con questo settore, anche se lo strumento presenta ancora molte limitazioni.

L'analisi dell'esodo con Pathfinder sono utili non soltanto per una nuova costruzione ma anche per edifici esistenti in modo che fin da subito si evidenzino le maggiori criticità di evacuazione di un edificio; essa inoltre può essere considerato un ottimo strumento per la stesura di un buon piano di evacuazione.

Gli sviluppi futuri per il BIM potrebbero essere la continuazione della modellazione MEP del complesso con l'inserimento e collegamento degli elementi antincendio oppure anche l'elaborazione del piano di manutenzione dei presidi antincendio della struttura.

# 5. Ringraziamenti

Vorrei prima di tutto ringraziare il prof. Roberto Vancetti e l'ingegnere Matteo Del Giudice per la disponibilità e per l'incoraggiamento durante tutto il periodo della stesura di questa tesi, senza di loro non avrei raggiunto questo traguardo così importante.

Un ringraziamento va anche all'ingegnere Emiliano Cereda per essere stato sempre disponibile e per avermi seguita durante questo periodo. Un enorme e speciale ringraziamento va alla mia grandissima "mami" Diana Baroni, per essere un punto di riferimento, un appoggio, un'amica, una sorella e soprattutto una mamma nel mio percorso di maturità. Un enorme ringraziamento va anche a tutti i miei amici che sono sempre rimasti al mio fianco durante questo percorso, che mi hanno sostenuta ed aiutata negli studi e su cui ho sempre potuto contare nei momenti di difficoltà.

Un grazie a Lina Bei Bei Hu per essere più che un'amica una sorella e una compagna di fortune e disavventure, ma non ostante ciò sempre presente a reggermi ed a sostenermi. Al pastore e a Jessica Smith, a Kenneth Idiaru, Betty Jonathan, a Yannick Ngatchou Djapou, Giancarlo Petazzi e infine a Safy Kabore.

Ai miei colleghi di lavoro, Silvia, Ignazia, Vincenzo e Matteo, per il sostegno emotivo e per aver sempre cercato di aiutarmi nelle mie disorganizzazioni.

Infine, un amorevole e un grandissimo GRAZIE a mio padre Andorno Egidio, che rimarrà sempre e comunque nel mio cuore.

# Bibliografia

- Fire protection engineering in a BIM environment of Johan Norén, Fredrik Nystedt, Michael
- Strömgren, Robert Möllard, Mattias Delin articolo
- Analytical Tools for Functional Assessment of Architectural Layouts of Jarosaw Bkowski
- BIM based two-dimensional floor plan simulation and planning for evacuation of Fangzheng
- Lin
- "Linee guida per la gestione delle emergenze nelle RSA" a cura di Giovanni Pianosi (ASL di
- Milano) con la collaborazione di Sonia Bianchi (ASP Golgi Redaelli)
- Progettazione antincendio: BIM e approccio integrato articolo su rivista "Antincendio"
- D.P.R. 01/08/2011 n. 151 "Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione degli incendi, a norma dell'articolo comma 4 quater, del decreto-legge 31 maggio 2010, n. 78, convertito, con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n. 122"
- D.M. 15/03/2015: "Aggiornamento della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione e l'esercizio delle strutture sanitarie pubbliche e private di cui al decreto 18 settembre 2002"
- D.M. 10/03/1998: "Criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione dell'emergenza nei luoghi di lavoro"
- ISO\_TR\_16738 2009
- Pathfinder User Manual

# Sitografia

- http://biblus.acca.it [09/01/2020]
- -. http://www.ilnuovocantiere.it [09/01/2020]
- http://www.firebroker.it/10-news/48-bim-per-la-sicurezza-antincendio [10/01/2020]
- https://www.ingenio-web.it/21101-il-bim-e-la-progettazione-innovativa [14/01/2020]
- https://www.puntosicuro.it/incendio-emergenza-primo-soccorso-C-79/normativa-

antincendio-C-87/strutture-sanitarie-indirizzi-applicativi-per-la-prevenzione-incendi-AR-

15398/ [21/01/2020]

- https://www.lavoripubblici.it/news/2019/11/ANTINCENDIO/22791/Nuovo-Codice-di-

Prevenzione-Incendi-con-il-DM-18-ottobre-2019-termina-il-doppiobinario

- https://www.ingenio-web.it/6687-il-comportamento-umano-in-ca-so-di-incendio-i-modelli-

di-evacuazione (articolo su sito) 100

datore di lavoro e i dirigenti di gestire le emergenze.

i (Definizione all'art. 2 del D.P.R del 29.07.1982 n.577, Abrogato dal DLgs n. 139/2006 "Riassetto delle disposizioni relative alle funzioni ed ai compiti del Corpo nazionale dei vigili del fuoco, a norma dell'articolo 11 della legge 29 luglio 2003, n. 229", Art. 13. Definizione ed ambito di esplicazione, punto 1)

ii (D.M. 12/04/2019 "Modifiche al decreto 3 agosto 2015" – "Strategia S5 – Gestione della sicurezza antincendio")

iii Citazione presa dall'art. 18, comma 1, lettera t del D.Lgs. 81/2008 il quale, fissa l'obbligo per il