

POLITECNICO DI MILANO  
Scuola di Ingegneria Civile, Ambientale e Territoriale  
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Civile, Infrastrutture di Trasporto



**POLITECNICO**  
MILANO 1863

**GESTIONE DELLE EMERGENZE ALL'INTERNO DI UNA  
LINEA METROPOLITANA.  
PIANI DI EMERGENZA E LORO APPLICAZIONE.**

Relatore: Prof. Giandomenico Cassano

Elaborato di:

Andrea BRUNO

Matr. 746751

Anno Accademico 2018-2019

# Indice

<i>Premessa</i>	1
<b>1 <i>Principi normativi di gestione delle emergenze in metropolitana</i></b>	<b>3</b>
1.1 Inquadramento normativo generale	4
1.1.1 Definizione di emergenza	4
1.1.2 Regolamenti costruttivi e emergenze	5
1.1.3 I codici di prevenzione incendi e le emergenze	6
1.2 Leggi e regolamenti per la gestione delle emergenze in metropolitana	9
1.2.1 D.M. 21 ottobre 2015 “Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio delle metropolitane.”	9
1.2.2 Decreto Ministero dei Trasporti 11 gennaio 1988 norme di prevenzione degli incendi nelle metropolitane	14
1.3 Altri decreti	15
1.3.1 Sicurezza nelle gallerie ferroviarie	16
1.4 Brevi cenni sul tema definizione delle responsabilità di gestione delle emergenze	17
1.5 Considerazioni	20
<b>2 <i>Definizione delle condizioni operative e delle emergenze in metropolitana</i></b>	<b>22</b>
2.1 Definizione della criticità di rischio	22
2.1.1 Componenti di rischio in una stazione metropolitana	23
2.1.2 Valutazione rischi	28
2.1.3 Rapporto tra Rischio ed Emergenza	43
2.2 Definizione delle condizioni operative (infrastruttura, materiale rotabile)	46
2.2.1 Caratteristiche geometriche e caratteristiche strutturali;	47
2.2.2 Le caratteristiche delle stazioni	53
2.2.3 Caratteristiche impiantistiche dell’opera	58
2.2.4 Caratteristiche del traffico	61
2.3 Analisi degli eventi incidentali in metropolitana	72
2.3.1 Quantificazione e qualificazione degli scenari	72
2.3.2 Storico dei possibili scenari incidentali	77
2.3.3 Cause degli incidenti in metropolitana	82
2.3.4 Scenari di incidentalità	83

3	<b><i>Contenuti dei piani di emergenza</i></b>	90
3.1	Contenuti secondo il D.M. 10/03/98	91
3.2	Contenuti secondo il D.M. 21/10/15	94
3.3	Contenuti delle procedure operative secondo il D.M. 28/10/05	95
3.3.1	Procedure operative in fase di prevenzione e mitigazione incidenti	95
3.3.2	Procedure operative in fase esodo e soccorso	96
3.4	Confronto ragionato	97
3.4.1	Indicazioni generali relative alla costituzione del piano	97
3.4.2	Confronto dei contenuti	97
3.4.3	Adeguamento dei piani di emergenza delle metropolitane	101
3.4.4	Considerazioni e commenti	108
3.5	Il coordinamento tra soccorsi ed esodo	112
3.5.1	Piano di emergenza interna	112
3.5.2	Corrispondenze per il contenuto del piano di emergenza e soccorso	113
3.5.3	Indirizzi operativi per la gestione delle emergenze in ambito ferroviario	114
4	<b><i>La gestione del rischio in metropolitana</i></b>	116
4.1	Piani di gestione della sicurezza e delle emergenze	117
4.2	Definizione delle misure di mitigazione del rischio	119
4.3	Misure di prevenzione	123
4.3.1	Misure di prevenzione annesse all'infrastruttura	124
4.3.2	Misure di prevenzione per il materiale rotabile	129
4.3.3	Procedure operative preventive	129
4.4	Strumenti di protezione	131
4.4.1	Misure di protezione appartenenti all'infrastruttura	131
4.4.2	Protezione del materiale rotabile	135
4.4.3	Procedure operative protettive	136
4.5	Facilitazione dell'esodo e dei soccorsi	136
4.5.1	Infrastruttura	136
4.5.2	Predisposizioni per i soccorsi	146
4.5.3	Materiale rotabile	147
4.5.4	Procedure operative	148
5	<b><i>Adeguamento di un piano di emergenza</i></b>	149
5.1	Analisi della struttura del piano di emergenza	152
5.2	Adeguamento del piano di emergenza	155
5.2.1	Premessa-Scenari di incidente previsti nel piano	155
5.2.2	Lavoratori che possono essere presenti	156
5.2.3	Personale incaricato dell'attuazione del piano	157
5.2.4	Identificazione dei rischi di scoppio e d'incendio	159
5.2.5	Pianta dei locali e della linea della metropolitana	161
5.2.6	Procedura in caso d'emergenza e di evacuazione	163
5.2.7	Vigilanza e controllo accessi alla metropolitana	168
5.2.8	Esercitazione di attuazione del piano d'emergenza ed evacuazione	169
5.2.9	Misure preventive generali	173
5.2.10	Compiti accessori di sorveglianza.	177
5.2.11	Procedura per il capo del personale delle ditte appaltatrici	177

5.2.12	Capitoli aggiuntivi	178
5.3	Indicazioni finali sull'adeguamento del piano di emergenza di una stazione metropolitana	182
	<b><i>Conclusioni</i></b>	183
	<b><i>Bibliografia</i></b>	

## Indice delle figure

Figura 1.1	Esempio schematico concessione della linea metropolitana Metro 4	19
Figura 2.1	Curve di isorischio o di indifferenza	26
Figura 2.2	Esempio di applicazione delle curve F-N secondo le normative di alcuni paesi europei	28
Figura 2.3	Concetti relativi alla valutazione del rischio UNI ISO 11230 – A.2	29
Figura 2.4	Analisi incidenti. Esempio di albero degli eventi ETA semplificato. [DM 28/10/05-allegato III-tavola 3.4.1]	30
Figura 2.5	Dimensionamento della criticità del rischio sulle curve di isorischio	33
Figura 2.6	Criterio di accettabilità per le curve F/N. Esempio di applicazione linee guida proposte dalla Health and Safety Executive (HSE), United Kingdom	35
Figura 2.7	–Criterio di accettabilità per le curve F/N. Esempio di applicazione Petróleos de Venezuela, S.A. (PDVSA), compagnia petrolifera statale venezuelana.	36
Figura 2.8	Curve di isorischio. Identificazione delle aree di non accettabilità del rischio.	37
Figura 2.9	Curve di F/N. Identificazione delle aree di non accettabilità del rischio e della zona ALARP [7]	38
Figura 2.10	Curve di F/N. Livelli di accettabilità del rischio cumulato CR e della zona ALARP nelle gallerie ferroviarie, allegato III-tavola 3.4.1 [15].	41
Figura 2.11	Analisi del rischio tramite le curve di isorischio e tabelle di rischio	42
Figura 2.12	DM 3 agosto 2015. Illustrazione G 2.1: Schematizzazione della metodologia generale [5]. Ruolo della valutazione del rischio.	43
Figura 2.13	Concetti relativi alla gestione della crisi UNI ISO 11230 – A.5	44
Figura 2.14	Diagramma a farfalla probabilistico per l’analisi degli eventi incidentali in una galleria stradale	46
Figura 2.15	– Stazione metropolitana di Milano, Linea 5, fermata San Siro.	54
Figura 2.16	– Stazione metropolitana di Milano, Linea 5, fermata San Siro. Sistema gestione del traffico pedonale per ritenuta dell’utenza accedente alla linea in occasione di affollamenti previsti sovradimensionati rispetto alla capienza delle banchine e dei treni.	55
Figura 2.17	Stazione Teano Linea C della metropolitana di Roma. Evento musicale.	56
Figura 2.18	Stazione metropolitana di Milano, Linea 5. Porte di banchina.	56
Figura 2.19	Estratto NTC 2018 par. 7.2.4 [30]	59
Figura 2.20	Sistemazione di banchine. Misure in metri. [26]	68

Figura 2.21	Prospetto dei flussi massimi attraversanti gli elementi di comunicazione tra i piani. Portate massime al minuto per modulo. [32]	71
Figura 2.22	Rapporto tra analisi del rischio e analisi di sicurezza	72
Figura 2.23	Esempio schematico di RCA a secondo il metodo di Ishikawa	74
Figura 2.24	Esempio utilizzo del metodo di Ishikawa per l'analisi di incidentalità in metropolitana.	75
Figura 2.25	Corse con disservizi a causa di incendio e/o principi di incendio dal 1980 al 2006 a Roma [37]	82
Figura 2.26	-Descrizione dell'analisi di rischio base in ambito probabilistico. D.M. 28/10/05, ANNESSO D1, tavola di rappresentazione in forma grafica l'albero degli Eventi corrispondenti alla procedura che considera gli effetti combinati e concatenati dell'evento di riferimento.	89
Figura 3.1	Esempio di curva HRR relazionata con i tempi di esodo e l'attivazione dei sistemi di protezione (sprinkler) [2].	102
Figura 3.2	Andamento qualitativo della velocità rispetto all'affollamento in uno spazio ristretto o confinato.	104
Figura 3.3	Andamento qualitativo della velocità di una folla compatta che cammina in uno spazio confinato.	104
Figura 3.4	Andamento qualitativo del flusso di persone rispetto all'affollamento/densità in uno spazio ristretto o confinato.	104
Figura 4.1	Rapporto tra interventi di mitigazione del rischio (prevenzione e protezione) e incidenti secondo la logica del diagramma a farfalla.	119
Figura 4.2	Curve di isorischio (isochindone) tracciate in scala semilogaritmica (P) e lineare (M) associate a interventi di prevenzione e protezione.	120
Figura 4.3	Caratterizzazione di uno scenario di esodo [19].	124
Figura 4.4	Scansione dei tempi caratteristici del processo di esodo.	141
Figura 4.5	Comportamento del fumo nei percorsi d'esodo. a) Prova di comportamento del fumo su un percorso d'esodo. b) Efficienza delle cortine antifumo [71].	142 143
Figura 5.1	Linea metropolitana di Genova, mappa.	150
Figura 5.2	Elettromotrice di terza generazione presso Hitachi rail Italy [56].	151
Figura 5.3	Disegno di progetto della Stazione De Ferrari realizzata dall'architetto Renzo Piano [58].	155
Figura 5.4	Esercitazione Londra 2016.	170
Figura 5.5	Percorsi tattili e informazioni tattili fermata Cenisio Linea 5 Milano.	171
Figura 5.6	Segnaletica a pavimentazione con codice di attenzione/pericolo visivo e tattile prima di punti critici della stazione. a) Metropolitana Milano linea 1 stazione Villa S. Giovanni. b) Metropolitana Milano linea 5, stazione Cenisio.	172
Figura 5.7	Studio dei percorsi tattili per disabili visivi. a) Esempio di progettazione (fonte MM). b) Esempio di applicazione fermata Cenisio Linea 5 Milano	173

## Indice delle tabelle

Tabella 1.1	Applicazione delle disposizioni tecniche secondo il D.M. 21/10/2015	13
Tabella 2.1	Condizioni di applicazione dell'analisi del rischio secondo il D.M. 28 ottobre 2005	39
Prospetto 2.1	Parametri caratteristici per metropolitana, metropolitana leggera, tranvia e tranvia veloce. Valori di riferimento. Appendice B (informativa), Prospetto B.1, UNI 8379 [25].	48
Tabella 2.2	Caratteristiche dell'unità di trazione del treno metropolitano. Esempio.	49
Tabella 2.3	Caratteristiche dei convogli metropolitani sulle linee metropolitane di Milano. Esempi.	50
Tabella 2.4	Principali norme tecniche italiane per la progettazione, realizzazione e esercizio delle metropolitane	51
Tabella 2.5	Rete metropolitana di Milano [22]	63
Tabella 2.6	Valori di potenzialità di trasporto orientativi delle ferrovie metropolitane.	63
Tabella 2.7	Metropolitane in Italia e in alcune città del mondo.	63
Tabella 2.8	Materiale rotabile linea 1 "rossa" Milano.	65
Tabella 2.9	Caratteristiche tecniche convoglio Leonardo, linea 1 e 2 della metropolitana di Milano [31].	65
Tabella 2.10	Analisi dei maggiori eventi incidentali avvenuti dal 1903 nelle metropolitane di tutto il mondo	77
Tabella 3.1	Confronto dei contenuti da prevedere normativamente nei piani di emergenza	98
Tabella 3.2	Fattori di calcolo per le velocità e i tempi di percorrenza delle scale Costante k per le scale. Moltiplicatore M del tempo di percorrenza delle scale.	106
Tabella 3.3	Flussi massimi ammissibili per lo sfollamento	106
Tabella 4.1	Strumenti per la gestione del rischio	116
Tabella 4.2	Condizioni di esercizio e misure di mitigazione del rischio	123
Tabella 4.3	Larghezza effettiva di una via di uscita e di una uscita di sicurezza	138
Tabella 5.1	Caratteristiche tecniche dell'unità di trazione del treno metropolitano di terza generazione circolante sulla metropolitana Genovese.	149
Tabella 5.2	Apertura stazioni metropolitana Genovese.	150
Tabella 5.3	Distanza tratte intercorrenti tra stazioni metropolitana Genovese.	151
Tabella 5.4	Confronto sulla struttura del piano e prima analisi di conformità.	153
Tabella 5.5	Confronto sui contenuti delle planimetrie.	162

## Acronimi e abbreviazioni

- RTV: regola tecnica verticale
- F.S.E: Fire Safety Engineering
- Codice: Codice di prevenzione incendi
- EI: eventi iniziatori
- PMF: Misure di protezione/mitigazione e facilitazione
- ZRM: Zona Requisiti Minimi
- ARB: analisi del rischio base
- NTC: NTC 2018, Norme tecniche per le costruzioni
- PCC: (Posto Centrale di Controllo)
- ATP: protezione automatica della marcia dei treni del tipo a controllo continuo di velocità ed arresto di precisione, completato dal dispositivo di “man down”.
- ATO: guida automatica del treno secondo diagrammi di trazione predeterminati tra stazione e stazione.
- ATS: regolazione automatica della circolazione dei treni entro certi limiti di perturbazione ed ausilio nei casi più difficili.
- M.C.T.C.: Direzione Generale della Motorizzazione Civile e dei Trasporti in Concessione
- D.G.T.: Direzioni Generali Territoriali
- RCA: Root Cause Analysis
- FMA: Failure Modeling Analysis
- FED: Fractional Effective Dose
- SGSA:sistema di gestione della sicurezza antincendio
- HRR: Curva Heat Release Rate



## Abstract

L'obiettivo del presente lavoro è quello di fornire uno storico di quelli che sono i riferimenti normativi sulla sicurezza nel campo trasporti metropolitani, per riordinare gli elementi prescrittivi che permettono di fornire una traccia guida dei contenuti obbligatori da prevedere all'interno di un piano di emergenza di una linea metropolitana e individuare tutti quegli aspetti critici in cui il gestore del servizio di trasporto potrebbe riscontrare all'atto della revisione del piano di linea o di stazione.

Prendendo le mosse dalle necessità legate alle imposizioni legislative e mantenendo una visione di più ampio spettro, coerentemente con il concetto di miglioramento continuo e nell'ottica di una valutazione dei rischi permanente e globale, si è provveduto al raffronto e alla combinazione tra vecchi e nuovi requisiti tecnologici e ad una analisi degli strumenti per la sicurezza nelle metropolitane. Questi strumenti sono a disposizione del redattore del Piano di Emergenza come vincolo operativo, ma anche come opportunità in caso di innesco e degrado di una situazione incidentale. Tale applicazione ha permesso di valutare l'incidenza di differenti aspetti sul rischio e di individuare gli elementi utili alla redazione di Piani di Emergenza nelle linee metropolitane, esplicitandone i componenti essenziali e individuando i soggetti e gli elementi che hanno influenza su di esso. Successivamente si propone un'articolazione di una traccia metodologica per l'adeguamento dei piani di emergenza delle metropolitane secondo i nuovi requisiti imposti dalle recenti norme tecniche, che hanno scadenato gli adeguamenti obbligatori dal 2018 al 2022. Si presenta un esempio di analisi di un piano di emergenza antecedente il 2015 per verificare la metodologia proposta attraverso un'analisi dei contenuti e il suggerimento di eventuali implementazioni.

## Abstract

The main aim of the present work is to provide a historian of those who are the normative references on safety in the metropolitan transport field, to reorder the prescriptive elements that allow to provide a guideline of the mandatory contents to be foreseen within emergency plans for a subway in Italy. This work allows to identify all those critical aspects in which the Subway Service Manager could find out reviewing the emergency plan of a subway station or subway line. From the necessity related to the legislative impositions and maintaining a wide vision, inherent with the concept of continuous improvement and in the perspective of a permanent and global risk assessment, it's provided the comparison and the combination of old and new technological requirements and an analysis of the safety tools in subways. These tools are available for the emergency plans as an operative constraint, but also as an opportunity in case of raise and degradation of an accident. This application has made possible to assess the incidence of different aspects of risk and to identify the elements useful for the design of an emergency plans in subways, explaining the essential components and identifying the subjects and elements that have the main influence on it. An articulation of a methodological guideline for the adaptation of the emergency plans of the subways is proposed, according to the new requirements imposed by the recent technical standards, that are expired. The next upgrades must be done in 2018, 2020 and 2022. At least, an example is given on the way to how improve an emergency plans dated before 2015, in order to verify the proposed methodology through the analysis of the contents of a given emergency plan and the suggestions of worthy implementations.

## Premessa

L'organizzazione e la gestione della sicurezza di una linea ferroviaria metropolitana deve essere pensata e descritta attraverso opportuni strumenti programmatici. Questi strumenti consistono nella maggior parte dei casi in documenti che traducono a livello operativo quanto previsto dalla valutazione dei rischi. Il principale è chiamato Piano di emergenza. Recenti decreti-legge hanno imposto e hanno stabilito l'aggiornamento di una serie di misure di prevenzione e protezione delle linee metropolitane. Il primo e principale cambiamento che è richiesto apportare riguarda l'adeguamento e l'aggiornamento dei piani di emergenza.

Da colloqui, interviste e esperienze acquisite presso il Comando provinciale dei Vigili del Fuoco e presso gli uffici di ATM S.p.A. è emerso come la Pianificazione di emergenza delle metropolitane ferroviarie sia un argomento non ancora totalmente definito da precise regole e metodologie, ma lasci ampio spettro di azione a funzionari e Gestori. Infatti si osservano regole e metodologie non omogenee sul territorio e poca chiarezza circa il campo di applicazione e gli attori chiamati a partecipare alla redazione di tale documento o alla stesura e all'approfondimento dei Piani.

L'introduzione a livello legislativo italiano del metodo prestazionale per la prevenzione incendi influenza in modo decisivo le regole tecniche e normative che disciplinano la progettazione, la realizzazione e l'esercizio delle metropolitane. L'approccio dello studio incidentale si deve ormai basare su processi di analisi di tipo dinamico e evolutivo. Nel caso delle metropolitane in primo luogo si valuterà la previsione della prestazione della struttura in esame, che regole e principi ingegneristici riescono a predeterminare, ma successivamente anche sulla previsione del comportamento umano.

I requisiti minimi relativi alla realizzazione e gestione della sicurezza all'interno delle metropolitane emanati dal legislatore italiano si vanno a integrare a direttive promosse dal legislatore europeo e alla normativa internazionale. Il passaggio da un approccio normativo prescrittivo a uno prestazionale ha evidenziato l'importanza di individuare una metodologia di valutazione del rischio globale capace di creare le basi per la definizione di tutte le possibili azioni di carattere strutturale tecnico e organizzativo che possono essere adottate per la mitigazione del rischio. Dalla definizione del contesto normativo si è quindi definito un approccio metodologico per l'applicazione di procedure di analisi del rischio e di valutazione dei rischi che comprendesse anche la previsione, la programmazione e infine la gestione degli aspetti emergenziali.

Le metropolitane sono inoltre un tipo di trasporto particolarmente interessante per lo studio delle emergenze dato che esse fanno parte di quegli obiettivi definibili sensibili per il terrorismo oltre che offrire un ampio spazio di ricerca per la sicurezza trattandosi di

ambienti confinati dove la gestione della autosalvamento delle persone o del salvataggio dei passeggeri non è banale.

L'obiettivo del presente lavoro è quello di fornire uno storico di quelli che sono i riferimenti normativi in campo trasporti metropolitani per riordinare gli elementi prescrittivi che permettono di fornire una traccia di guida dei contenuti obbligatori da prevedere all'interno di un piano di emergenza e individuare tutti quegli aspetti critici in cui il gestore del servizio di trasporto potrebbe riscontrare all'atto della revisione del piano di linea o di stazione.

Per fare questo si è scelto di procedere con: individuazione dei principi generali di regolazione dell'esercizio delle metropolitane; analisi delle differenti metodologie di stima del rischio; ricognizione delle metodologie procedurali o tecniche utilizzabili per il contenimento della pericolosità e per il contenimento delle conseguenze derivanti da un incidente o malfunzionamento; la ricognizione delle procedure di soccorso, evacuazione della popolazione in caso di emergenza e procedure di autosalvataggio.

Il paragone e la combinazione tra vecchi e nuovi requisiti intellettuali e tecnologici, il raffronto tra le strutture e gli impianti, ovvero gli strumenti per la sicurezza nelle metropolitane che i piani di emergenza si troveranno a disposizione come vincolo operativo ma anche come opportunità in caso di innesco e sviluppo di un'emergenza, ha permesso l'articolazione di una traccia metodologica per l'adeguamento dei piani di emergenza delle metropolitane. Partendo dalle necessità legate alle imposizioni legislative, ma mantenendo una visione più ampia coerentemente con il concetto di miglioramento continuo, si auspica che tale traccia aumenterà la sicurezza delle persone e agevererà il lavoro dei gestori nell'ottica di una valutazione dei rischi permanente e globale.

Tale applicazione ha permesso di valutare l'incidenza di differenti aspetti sul rischio e di individuare elementi utili alla redazione di Piani di Emergenza nelle linee metropolitane, esplicitandone i componenti essenziali e individuando i soggetti e gli elementi che hanno influenza su di esso.

Come ultima analisi si è proposta un'analisi di un piano di emergenza non di nuova concezione per verificarne i contenuti e suggerirne i miglioramenti.

## Principi normativi di gestione delle emergenze in metropolitana

Le metropolitane costituiscono il sistema di trasporto pubblico maggiormente utilizzato nelle grandi città del mondo per assicurare la mobilità dei cittadini e in misura conseguente la limitazione del traffico veicolare di superficie, la diminuzione dell'inquinamento dovuto ai gas di scarico emessi dalle autovetture come misura conseguente la limitazione del traffico veicolare di superficie e quindi la diminuzione dell'inquinamento locale dovuto anche al trasporto su gomma. Per molte amministrazioni la scelta di sviluppo di tale modo di trasporto è stata dettata da un'analisi economica che riduce i costi per la comunità favorendo alcuni benefici quali non direttamente monetizzabili come la qualità della vita.

Tuttavia, come accade spesso per questo tipo di trasporti di carattere pubblico e definibili comerapidi e di massa, gli eventi incidentali che coinvolgono la vita delle persone, seppur statisticamente rari, hanno alta risonanza mediatica e includono grandi costi sociali in termini di vita, beni (cose e servizi) e in taluni casi anche di ambiente.

In questo elaborato si prenderà in considerazione l'analisi degli strumenti normativamente presenti e tecnologicamente conosciuti per prevenire l'insorgenza di tali incidenti, con l'obiettivo di analizzare gli strumenti procedurali realizzabili per assicurare un intervento efficiente e efficace in grado di garantire la protezione del bene circolante sui mezzi di trasporto quali le ferrovie metropolitane, ovvero la protezione di persone, strutture e ambiente.

Il presente capitolo descrive le leggi, i regolamenti e le direttive che normano la circolazione, la sicurezza e la gestione delle emergenze nel trasporto ferroviario metropolitano e nelle gallerie delle ferrovie metropolitane. Nel capitolo viene poi svolta

un'analisi critica dell'apparato regolamentare individuando compiti e responsabilità in caso di emergenza.

## 1.1 Inquadramento normativo generale

### 1.1.1 Definizione di emergenza

Nel contesto legislativo e normativo attuale, l'emergenza è affrontata soprattutto tramite il tema del rischio incendio, sia a causa di una più alta probabilità di accadimento dal punto di vista statistico, sia per l'effetto che hanno avuto in termini perdite di vita umane e costi nella perdita dei beni materiali, sia più ampiamente in termini di costi sociali. Inoltre, la casistica, la diffusione d'incidentalità e anomalie dovute agli incendi permettono una tale conoscenza del fenomeno che ha fatto ormai raggiungere un buon grado di consapevolezza tecnico dal punto di vista progettuale come dal punto di vista operativo di mitigazione, contenimento e recupero negli interventi successivi all'evento. Tale grado di conoscenza ha permesso di ottenere una buona caratterizzazione del fenomeno permettendo di definire i criteri per il controllo dello stesso.

Si osserva che nella trattazione e nell'approfondimento dell'evento incidentale incendio siano coinvolti una serie di scenari comuni anche ad altre situazioni emergenziali.

Nel presente elaborato pertanto si affronterà il tema della gestione delle emergenze utilizzando riferimenti direttamente collegati alla normativa antincendio e alla Fire Safety Engineering.

#### *Definizione normativa di emergenza*

La ISO 45001 Occupational health and safety management systems al 6.1.2.1 d) definisce come *potential emergency situations* ovvero potenziali situazioni di emergenza:

- Situazioni non programmate o non pianificate che richiedono un riscontro e una risposta immediata;
- Situazioni di disordine civile in un determinato luogo in cui i lavoratori stanno svolgendo la propria attività lavorativa, per la quale è richiesta la loro urgente evacuazione. [1]

Si definisce quindi emergenza ogni scostamento dalle normali condizioni operative, tale da determinare situazioni di possibile danno alle persone e a beni materiali, eventi non programmati che richiedono un riscontro e una risposta immediata, includendo le situazioni di disordini civili che richiede urgente evacuazione di un luogo.

Nel contesto normativo italiano inoltre il tema dell'emergenza per le persone è preso in considerazione nel codice della sicurezza dei luoghi di lavoro, che si basa sui principi generali del codice civile e della funzione di garanzia. In questo Decreto Legislativo, il n.81 del 9 aprile 2008, a carico del responsabile giuridico, datore di lavoro, sono imposte la definizione, l'elaborazione e la diffusione delle misure di prevenzione incendi e lotta antincendio, di evacuazione dei luoghi di lavoro in caso di pericolo grave e immediato, di salvataggio, di primo soccorso e, comunque, di gestione dell'emergenza. In questo decreto è prescritta, per la gestione delle emergenze nei luoghi di lavoro, la pianificazione (nomine, incarichi, formazione, istruzioni, percorsi d'esodo, ...) per il controllo delle situazioni di rischio in caso di emergenza, che comprendono anche, ma non solo, gli scenari dell'incendio e dell'infortunio, dove è necessario un pronto intervento inteso come soccorso e evacuazione dei luoghi di lavoro. Si sottolinea come nel caso si delinei

una situazione definibile di pericolo grave e imminente, come può essere evidentemente una situazione di emergenza, sia fondamentale l'intervento tempestivo da parte del garante del bene fisico e giuridico; in particolare l'allarme e l'informazione relative allo stato emergenziale deve pervenire alle stesse nel più breve tempo possibile a tutte le persone in pericolo.

Le prescrizioni ivi definite sono da intendersi criteri minimi e indispensabili per la conduzione di un'attività.

La mancata elaborazione del Piano di Emergenza ed Evacuazione rientra infatti nell'elenco delle violazioni gravi previste all'Allegato I del D.Lgs. 81/08, che espongono a rischi di carattere generale, ai fini dell'adozione del provvedimento di sospensione dell'attività imprenditoriale.

Tuttavia, la redazione del Piano di Emergenza ed Evacuazione non è definita nel decreto stesso, ma viene rimandata al punto 8.1 dell'allegato VIII del D.M. 10/03/1998, Decreto Ministeriale di dieci anni prima che prende in considerazione solamente rischio d'incendio.

### 1.1.2 Regolamenti costruttivi e emergenze

Nell'Allegato 1, Regolamento dei prodotti da costruzione (CPR) n.305/2011, norme armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE) [2], si afferma che tutte le opere di costruzione, nel complesso e nelle loro singole parti, devono essere adatte all'uso cui sono destinate, tenendo conto in particolare della salute e della sicurezza delle persone interessate durante l'intero ciclo di vita delle opere. Nel regolamento particolare risalto viene dato al rischio incendio. Le opere di costruzione devono essere concepite e realizzate in modo che in caso di incendio:

- la capacità portante dell'edificio possa essere garantita per un periodo di tempo determinato;
- la generazione e la propagazione del fuoco e del fumo al loro interno siano limitate;
- la propagazione del fuoco a opere di costruzione vicine sia limitata;
- gli occupanti possano abbandonare i luoghi in cui è presente il pericolo o essere soccorsi in altro modo;
- si tenga conto della sicurezza delle squadre di soccorso

La progettazione incendi, finalizzata alla salvaguardia della vita umana e dei beni economici e alla tutela dell'ambiente, è l'insieme delle misure preventive e protettive, sia tecniche che gestionali finalizzate a tale scopo.

L'obiettivo di tali presupposti tecnico-scientifici e gestionali - procedurali, considerando le criticità di rischio tipiche da prevenire, è di ridurre le probabilità dell'insorgere degli incendi e limitarne le conseguenze.

La Pianificazione della gestione dell'emergenza e dell'evacuazione si colloca nella fase finale della progettazione, essendo lo strumento operativo che tramite una serie di regole predefinite permette la limitazione delle conseguenze incidentali sulla base di definite condizioni derivanti dal progetto costruttivo.

### 1.1.3 I codici di prevenzione incendi e le emergenze

Il tema della prevenzione e della mitigazione del rischio è stato molto approfondito a livello nazionale e internazionale con trattazioni, standard normativi e legislazioni soprattutto relative alla sicurezza nei luoghi di lavoro alla sicurezza delle persone “civili” ovvero dei cittadini o del pubblico per i grandi eventi. Normalmente le emergenze vengono affrontate seguendo la distinzione appena menzionata, distinguendo tra:

- emergenze interne che compromettono i soli ambienti in cui si svolge una determinata attività e coinvolgono, solitamente, solo le persone appartenenti all’organizzazione dell’attività;
- emergenze esterne, che prevedono il coinvolgimento al di fuori dell’attività seppur nel contesto, in cui spesso sono coinvolti anche persone non normalmente facenti parte dell’organizzazione dell’attività stessa.

Anche per le stazioni metropolitane è possibile dividere tra emergenza interna e esterna, ma la caratteristica fondamentale è il forte interessamento di persone in transito, non facenti parte dell’organizzazione del gestore del servizio e dell’infrastruttura, e quindi che non conoscono a fondo i luoghi in cui si trovano non essendo a loro familiari.

È possibile inoltre distinguere tra security e safety, sicurezza relativa ad atti criminosi e sicurezza relativa di eventi accidentali (calamità naturali, catastrofi, incidenti in genere); in entrambi i casi è di fondamentale importanza la tutela della sicurezza e l’incolumità dei lavoratori e delle persone. Conseguentemente si utilizza tale distinzione per l’elaborazione dei piani di sicurezza e per la gestione delle emergenze.

#### 1.1.3.1 Approccio prescrittivo e prestazionale per la sicurezza

Si distinguono due approcci fondamentalmente diversi: approccio prescrittivo e approccio prestazionale per la sicurezza.

L’approccio prescrittivo è basato sul concetto che il rispetto di determinati requisiti sia la garanzia del raggiungimento dei livelli minimi di sicurezza. L’osservanza, a livello progettuale, di regole tecniche codificate in disposizioni legislative e vincoli di progetto rappresenta, dunque, la possibilità a priori di ottenere un livello di rischio residuo accettabile.

Tali dettami legislativi sono basati su strumenti di calcolo predefiniti (spesso non espliciti) e consistono sia in misure preventive e che in misure protettive. Queste misure comprendono tutti quegli elementi, anch’essi prestabiliti, che ne permettono l’attivazione efficiente e l’uso efficace.

Nell’approccio prescrittivo non è ammessa alcuna soluzione progettuale equivalente o alternativa a quella imposta dal legislatore.

Nella progettazione antincendio si ha comunque la possibilità di derogare da tali prescrizioni qualora si dovessero presentare caratteristiche strutturali o architettoniche che impedissero l’applicazione pedissequa delle prescrizioni. In questi casi la sicurezza antincendio a livello progettuale viene assicurata dall’applicazione di disposizioni integrative concordate con i Vigili del fuoco, VV.F., che sono in tale ambito l’organo competente al controllo (procedimento di deroga art. 6 del D.P.R. 151 del 1° agosto 2011).

Il D.P.R. 151 del 1° agosto 2011, ad oggi, rappresenta il riferimento per procedure e adempimenti necessari per l’ottenimento degli atti autorizzativi all’esercizio di specifiche attività. Al fine di garantire accettabili i livelli di sicurezza antincendio, la progettazione e l’esercizio di determinate attività viene assoggettata al controllo dei VV.F. e,



praticamente, vincolata a stringenti regole tecniche o di *buona tecnica*. Il superamento della verifica di progetto da parte dei VV.F. diviene condizione per l'autorizzazione alla costruzione e all'esercizio da parte delle Autorità competenti.

La progettazione e l'autorizzazione all'esercizio delle metropolitane rientrano in questo ambito.

Il legislatore quindi determina le regole tecniche da rispettare che verranno poi sottoposte all'organo competente al controllo che ne verifica il corretto adempimento in fase di progetto, in fase di rinnovo periodico di autorizzazione e in fase di esercizio secondo tempi e modalità decisi dal controllore.

La regola tecnica, specifica per ambienti di lavoro, non rientranti nelle categorie soggette al controllo dei VV.F. è rappresentata dal Decreto Ministeriale del 10 marzo 1998. Tale decreto individua, per tutti i luoghi di lavoro, gli elementi che devono essere presi in esame per la valutazione del rischio incendio e detta le misure da attuare per prevenire l'insorgenza e la propagazione dell'incendio, nonché per limitarne le conseguenze, anche con appositi piani di emergenza e di evacuazione.

I principali vantaggi del metodo prescrittivo si ritrovano nella semplificazione e nella normalizzazione delle soluzioni di sicurezza. Per l'esercente l'attività soggetta a controllo, il vantaggio è la certezza del raggiungimento del livello minimo di sicurezza antincendio dal punto di vista legislativo e quindi autorizzativo; per l'autorità incaricata al controllo, ovvero i VVF, la semplificazione e l'uniformità del controllo.

Tale criterio normalizza eccessivamente le soluzioni, poiché esse sono basate su ipotesi generali e che trascurano, per necessità di uniformità, la specificità del contesto reale. Non vengono considerate alternative altrettanto valide, pur se tecnicamente diverse. Si esclude a priori la possibilità di una gestione globale del rischio e, in particolare per il tema in oggetto, della gestione delle situazioni di emergenza, in termini di efficacia equivalente.

Si può indicativamente sostenere che l'approccio prescrittivo potrebbe comportare soluzioni progettuali e gestionali economicamente impegnative.

### 1.1.3.2 Approccio prestazionale

L'introduzione a livello legislativo italiano del metodo prestazionale per la prevenzione incendi è avvenuta con il D.M. 9 maggio 2007, poi rafforzato dal Codice di prevenzione incendi D.M. 3 agosto 2015 Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell'articolo 15 del decreto legislativo 8 marzo 2006, n. 139. Il metodo prestazionale costituisce attualmente un'alternativa legittima al metodo prescrittivo.

L'applicazione del Codice di prevenzione incendi prevede una valutazione del contesto e una individuazione delle soluzioni progettuali e operative specificatamente commisurate all'attività soggetta.

Il metodo prevede lo studio dell'evoluzione dinamica dell'incendio e quindi sulla previsione della prestazione della struttura in esame. È strutturato sui criteri che caratterizzano l'ingegneria della sicurezza antincendio, Fire Safety Engineering (F.S.E.), ovvero su regole e principi ingegneristici utili a una valutazione scientifica del fenomeno della combustione, degli effetti dell'incendio e del comportamento umano.

I risultati dello studio del fenomeno incendio per scenari evolutivi ben definiti (fondamentale la determinazione delle condizioni al contorno degli scenari) permettono di misurarne l'impatto effettivo reale, dando la possibilità di evincere quelle indicazioni sulle prestazioni minime che il luogo o l'edificio oggetto dello studio deve possedere.

Con prestazioni minime si intende tutto ciò che l'attività nel suo insieme di struttura, impianti, gestione, ecc., deve possedere e garantire.

Piuttosto che su come debba essere realizzata una struttura, quindi, sono definiti gli obiettivi delle prestazioni da garantire in merito a performance finali che contemplan anche la scelta di metodi di calcolo e la definizione degli aspetti costruttivi.

Il metodo prestazionale permette una progettazione della sicurezza antincendio caratterizzata da ampia flessibilità nell'individuare le soluzioni tecniche insieme alle soluzioni gestionali, finalizzate al raggiungimento del livello di sicurezza accettabile prefissato all'inizio dello studio.

Per alcuni autori questo metodo favorisce l'utilizzo di nuove tecnologie e lo sviluppo di ricerca per trovare soluzioni efficaci ma sempre meno onerose, ottimizzando le risorse senza compromettere la sicurezza [2]

Tale approccio, espressione di un'elevata competenza tecnico-scientifica, è auspicabile, come evidenziano recenti esperienze e studi applicativi, in contesti particolari, spesso attività esistenti o architettonicamente uniche, in cui il rispetto di vincoli tecnici trova notevoli difficoltà di applicazione ovvero sarebbero sproporzionati e non aderenti rispetto alle esigenze della realtà operativa e delle esigenze di ottimizzazione delle risorse.

Esempio tipico è quello di edifici molto alti o interrati oppure accoglienti impianti tecnologici complessi, dove gli effetti dell'incendio seguono dinamiche difficilmente standardizzabili per la progettazione di attività rilevanti dal punto di vista strutturale, tecnologico, strategico come aeroporti, edifici di grande altezza, ecc. [2].

L'applicazione del Codice alle attività infrastrutture ferroviarie metropolitane può essere fatta secondo l'iter delle attività normate. Per le attività normate, la valutazione del rischio è implicitamente effettuata dal normatore tramite la definizione, nella RTV, dei profili di rischio e dei livelli di prestazione (par. G.2.9). Il Codice costituisce comunque una guida su base teorica per la progettazione e la conduzione dell'attività.

Inoltre, tale approccio risulta di interessante applicazione in ambiti organizzativi dove non è possibile prevedere assistenza continua da parte del personale facente parte dell'organizzazione stesa ed è prevista la presenza di pubblico o persone non esperte dei luoghi, attribuendo un ruolo di secondo piano alle misure gestionali che coinvolgono i lavoratori o il personale di un'organizzazione presidiante, subordinato all'attuazione di altre misure.

Infine, si osserva come l'approccio progettuale prestazionale attribuisce alle misure gestionali, un ruolo pari alle altre misure strutturali, conferendo alle medesime una funzione strategica nel contesto della progettazione antincendio. L'utilizzo di tale metodologia richiede l'adozione di un Sistema di Gestione della Sicurezza capace di assicurare nel tempo il livello assunto dallo scenario di incendio ipotizzato dal progettista. Per misure gestionali si intende tra le altre: formazione, addestramento, gestione dell'emergenza, sorveglianza, rilevamento e controllo, comunicazione, ecc.... aspetti formalizzati e definiti tramite il documento contenente i piani di sicurezza e di emergenza. Le misure strutturali come resistenza e reazione al fuoco, compartimentazione, estinzione, rivelazione e allarme incendi, dettano invece i limiti e le condizioni entro cui si deve sviluppare un buon piano di emergenza.

## **1.2 Leggi e regolamenti per la gestione delle emergenze in metropolitana**

Nelle metropolitane le situazioni di emergenza possono essere sia col solo coinvolgimento del personale interno, di servizio o specializzato gravitante attorno

all'organizzazione del servizio, oppure possono essere condizioni di emergenza che coinvolgono anche il pubblico transitante.

Gli scenari incidentali possono svilupparsi dall'interno del sistema di trasporto oppure dall'esterno e coinvolgere la struttura.

L'attuale quadro normativo di riferimento per la gestione delle emergenze nelle metropolitane si basa su due decreti principali emanati ai fini della sicurezza antincendio:

- Ministro dell'Interno di concerto con il Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti D.M. 21 ottobre 2015 “Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione”;
- Decreto del Ministro dei trasporti dell'11 gennaio 1988 “norme di prevenzione incendi nelle metropolitane” che ha istituito la Commissione per la rivisitazione del progetto di regola tecnica elaborato dalla Commissione per la rivisitazione del decreto del Ministro dei trasporti dell'11 gennaio 1988 poi approvata col D.M. 21/10/15.

I decreti definiscono i termini entro i quali deve avvenire la progettazione di una metropolitana nel suo complesso quindi comprensivi delle stazioni metropolitane e delle misure preventive da adottare per la gestione delle emergenze.

I decreti approvano delle regole tecniche che fanno riferimento alla gestione delle emergenze incendi, ma non si escludono negli stessi anche altri scenari incidentali.

Nei seguenti paragrafi si procederà con una disamina dei decreti.

### **1.2.1 D.M. 21 ottobre 2015 “Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio delle metropolitane.”**

#### **1.2.1.1 Introduzione**

La progettazione, costruzione ed esercizio delle metropolitane sono attività soggette ai controlli di prevenzione incendi secondo la verifica delle condizioni di sicurezza antincendio di cui all'articolo 2, comma 2 per il Regolamento approvato con il D.P.R. 1° agosto 2011, n. 151 entrato in vigore il 7 ottobre 2011. L'attività è la numero 78: aerostazioni, stazioni ferroviarie, stazioni marittime, con superficie coperta accessibile al pubblico superiore a 5.000 m<sup>2</sup>; metropolitane in tutto o in parte sotterranee (allegato I: elenco delle attività soggette alle visite e ai controlli di prevenzione incendi. Attività di nuova istituzione viene equiparata all'att. n. 87 del DM 16/2/82).

Per la progettazione di tale attività pertanto esiste una regola tecnica verticale (RTV) approvata con il D.M. 21 ottobre 2015 “Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio delle metropolitane.” pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 253 del 30 ottobre 2015. Nel seguito si farà riferimento a tale decreto semplicemente come Regola Tecnica.

Il DM 21/10/2015 sulle metropolitane è uno spartiacque fra il tradizionale metodo normativo e quello più moderno. Il decreto, sia nella struttura, sia nella costruzione, che nel lessico, ha chiari riferimenti alla FSE quando all'interno della Regola Tecnica sono trattati il controllo e la gestione fumi, i parametri sullo stato critico della vita umana, le potenze termiche, gli scenari incidentali. Inoltre chiaro riferimento è fatto a norme UNI di approccio prestazionale e alle moderne classificazioni (ad esempio i requisiti P o PH per i cavi resistenti al fuoco).

La Regola Tecnica di prevenzione incendi consta di nove capi e di un'Appendice Tecnica:

- Capo I Generalità
- Capo II Elementi costitutivi delle metropolitane
- Capo III Caratteristiche architettoniche e strutturali delle metropolitane
- Capo IV Criteri progettuali per l'esodo dalle metropolitane
- Capo V Impianti di ventilazione di emergenza
- Capo VI Impianti di protezione attiva, estintori e segnaletica
- Capo VII Impianti elettrici e di comunicazione
- Capo VIII Organizzazione e gestione della sicurezza antincendio
- Capo IX Materiale rotabile
- Appendice tecnica

Il Decreto 21 ottobre 2015 entra in vigore il 30 novembre 2015.

#### 1.2.1.2 Contenuti

La norma spiega come progettare e realizzare le metropolitane in modo da salvaguardare le persone e i beni contro i rischi di incendio; le opere civili infatti vanno progettate in modo da assicurare la stabilità delle strutture portanti affinché gli occupanti possano lasciare indenni i luoghi in cui si è sviluppato l'incendio.

Oltre agli aspetti prettamente strutturali, sulla prevenzione fondamentale importanza è data allo studio delle modalità di rilevazione, delle dinamiche di esodo e del controllo delle situazioni non rientranti nelle normali condizioni di esercizio, ovvero di emergenza. Le disposizioni prescrivono le caratteristiche che devono avere gli elementi costitutivi delle metropolitane, come i pozzi di ventilazione, i bypass di collegamento tra gallerie parallele ecc, e le caratteristiche architettoniche e strutturali. Vengono anche definiti gli standard per gli impianti di ventilazione di emergenza, capaci di contrastare i fenomeni espansivi dei fumi dell'incendio, e per gli impianti di protezione attiva, come estintori e segnaletica.

Inoltre, il decreto suggerisce i criteri progettuali da seguire per l'esodo dalle metropolitane come il tempo massimo di percorrenza del percorso di sfollamento, il tempo massimo di evacuazione e la lunghezza massima del percorso di sfollamento. Infine, sono prescritte le procedure da seguire per una corretta organizzazione e gestione della sicurezza antincendio ad esempio attraverso la predisposizione di piani di emergenza relativi ai diversi scenari incidentali o all'identificazione dei possibili eventi pericolosi.

#### 1.2.1.3 Contenuti del Capo VIII [5]

Il Capo VIII contiene indicazioni sull'organizzazione e la gestione della sicurezza antincendio, approfondendo i criteri da utilizzare e esplicitando i parametri con cui commisurare tali misure di tutela e mitigazione del rischio.

##### *Indicazioni generali*

- L'organizzazione e la gestione della sicurezza antincendio deve essere commisurata all'importanza della infrastruttura destinata allo spostamento di centinaia di migliaia di persone al giorno, perlopiù con percorsi sotterranei. In presenza di interferenze con altre attività, la gestione della sicurezza antincendio dovrà essere di tipo coordinato.
- Le procedure di emergenza devono essere elaborate in funzione dei flussi massimi dei viaggiatori.
- L'organizzazione e la gestione della sicurezza devono rispondere ai criteri contenuti nel decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81 e successive modificazioni.

- Ai fini del necessario coordinamento delle operazioni di emergenza, tutte le segnalazioni di allarme dovranno affluire nella sala operativa del Gestore che dovrà essere in grado di comunicare con qualsiasi capo della metropolitana, secondo le procedure indicate nel piano di emergenza.
- Nei limiti operativi imposti dall'esercizio dell'attività, devono essere programmate periodiche esercitazioni, anche in collaborazione con le strutture territoriali del Corpo nazionale dei Vigili del fuoco.
- Deve essere attuato un sistema di gestione della sicurezza antincendio, così come previsto nel decreto del Ministro dell'Interno del 9 maggio 2007 (approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio).

*Indicazioni relative al Piano di emergenza*

Il responsabile dell'attività deve predisporre piani di emergenza relativi ai diversi scenari incidentali, anche diversi da quelli di incendio, che possono configurarsi nell'ambito dell'intera metropolitana.

In caso di incendio gli scenari di riferimento sono:

- l'incendio a bordo di un treno in stazione;
- l'incendio a bordo di un treno fermo in galleria;
- l'incendio di un'eventuale attività commerciale di pertinenza posta nell'atrio della stazione ed avente le caratteristiche geometriche ed impiantistiche riportate nella stessa regola tecnica;
- l'incendio in un locale tecnico.

In tali piani devono essere, inoltre, riportate le procedure da adottare durante l'emergenza e le procedure da adottare per il ritorno alle ordinarie condizioni di esercizio.

- la descrizione generale della struttura con particolare riferimento alle stazioni ed alle sedi sotterranee o su viadotto;
- definizione delle modalità di gestione delle scale mobili, in caso di emergenza;
- l'identificazione dei possibili eventi che possono verificarsi all'interno della struttura o che possono coinvolgerla dall'esterno e dai quali possono derivare pericoli per l'incolumità delle persone e/o danni alla struttura stessa;
- i sistemi di rivelazione e comunicazione dell'emergenza adottati;
- l'identificazione delle persone autorizzate ad attivare le procedure di emergenza e della persona responsabile dell'applicazione e del coordinamento delle misure di intervento all'interno della struttura coinvolta;
- le logiche di attivazione degli impianti di protezione aeraulica nei percorsi protetti ed in galleria;
- l'identificazione del personale che può effettuare i primi interventi, in attesa delle squadre di soccorso;
- l'identificazione del responsabile delle comunicazioni con le autorità ed in particolare con i Vigili del fuoco;
- le modalità di effettuazione dell'evacuazione dalla struttura coinvolta;
- le attrezzature di ausilio al soccorso presenti in loco;
- le procedure da adottare per il ritorno alle ordinarie condizioni di esercizio, ove possibile.

*Indicazioni riguardanti informazione e formazione del personale addetto*

Tutto il personale che opera nell'ambito della metropolitana deve essere informato e formato secondo i criteri di base enunciati nei pertinenti atti regolamentari. Detto personale deve aver conseguito l'attestato di idoneità tecnica di cui all'art. 3 della legge 28 novembre 1996, n. 609.

(formazione già obbligatoria secondo quanto previsto dall'allegato X del DM 10/03/98)

*Indicazioni relative alla gestione del sovraffollamento in banchina in condizioni ordinarie*

Al fine di evitare il sovraffollamento delle persone in banchina in attesa del convoglio, in particolari momenti di punta o in caso di eventi eccezionali, dovranno essere previsti sistemi o procedure in grado di gestire l'afflusso delle persone, anche con la temporanea interdizione di tutta o parte la stazione interessata.

All'interno del Capo VIII si fa quindi specifico riferimento all'adeguamento dei piani di emergenza e delle procedure da attuare in caso di emergenza. Nell'ottica infatti di una non immediatezza nell'applicabilità dei requisiti progettuali e nella necessità di adeguamento migliorativo spesso vincolato da caratteristiche strutturali, il Decreto richiede che almeno tali misure di tipo organizzativo siano realizzate e efficacemente attuate.

Tali procedure dovranno in modo esplicito riferirsi alla FSE e al decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81.

#### 1.2.1.4 Disposizioni per l'applicazione e l'adeguamento

Alle metropolitane nuove e, nel caso di interventi di ampliamento o modifica di metropolitane successivi alla data di entrata in vigore del decreto, 30 novembre 2015, limitatamente alle parti interessate dall'intervento, si applicano le disposizioni della regola tecnica (art. 4).

Alle nuove metropolitane che già dispongono di un progetto approvato dall'autorità competente con riferimento ai requisiti di sicurezza antincendio di cui al D.M. 11 gennaio 1988 'Decreto del Ministero Trasporti Norme di prevenzione incendi nelle metropolitane' e per le quali siano state individuate le necessarie risorse finanziarie, per contro, non si applica la Regola Tecnica. Tuttavia, in questo caso viene fatta eccezione per il Capo VIII che dovrà essere quindi applicato.

Qualora la realizzazione degli interventi progettati non venga avviata entro sette anni dalla data di entrata in vigore del Decreto 21 ottobre 2015 (30/11/2022) si dovrà provvedere alla rielaborazione del progetto nel rispetto della Regola Tecnica di prevenzione incendi.

Infine, per quelle metropolitane in esercizio, non conformi alle disposizioni tecniche contenute nel DM 11 gennaio 1988, sarà necessario procedere ad un adeguamento alle nuove disposizioni della RTV, ed in particolare al capo VIII della stessa, secondo le scadenze temporali previste all'articolo 7 e riassunte in *tabella 1.1*

**Tabella 1.1** – Applicazione delle disposizioni tecniche secondo il D.M. 21/10/2015

<b>Tipologia progetto</b>	<b>Termini</b>	<b>Applicazioni legislative</b>
<i>Metropolitane nuove</i>	30/11/2015	<i>Regola Tecnica di prevenzione incendi</i>
<i>Metropolitane nuove con Progetto approvato</i>	30/11/2015	<i>Norme di prevenzione incendi nelle metropolitane Capo VIII - Regola Tecnica di prevenzione incendi</i>
<i>Metropolitane nuove con Progetto approvato ma non ancora realizzati al 30/11/2022</i>	30/11/2015	<i>Regola Tecnica di prevenzione incendi nelle metropolitane</i>
<i>Metropolitane in esercizio modifiche</i>	30/11/2015	<i>Regola Tecnica di prevenzione incendi</i>
<i>Metropolitane in esercizio Ampliamenti</i>	30/11/2015	<i>Regola Tecnica di prevenzione incendi</i>
<i>Metropolitane in esercizio Conformi al D.M. 11.01.1988</i>	30/11/2016	<i>Capo VIII - Regola Tecnica di prevenzione incendi</i>
<i>Metropolitane in esercizio Non conformi al D.M. 11.01.1988</i>	30/11/2016	<i>Capo VIII - Regola Tecnica di prevenzione incendi</i> <i>Norme di prevenzione incendi limitatamente ai punti:</i> - 4.5. Segnalazioni; - 6.1. Impianti termici; - 6.2.1. Impianti di spegnimento incendi: limitatamente al punto 6.2.1.1. lettera b) → estintori; - 6.2.4. Impianti di illuminazione di sicurezza: limitatamente al primo capoverso; - 6.3. Cavi di alimentazione: limitatamente al primo capoverso; - 7.1.3. Impianti di illuminazione di sicurezza: limitatamente all'impianto di illuminazione ordinaria; - 8. Segnalazioni.
	30/11/2018	- 6.2.2. Impianti di rivelazione e segnalazione incendi; - 6.2.3. Impianti di allarme; - 6.2.5. Fonti di energia per gli impianti elettrici di emergenza; - 6.2.7. ricarica bombole autorespiratori VV.F.; - 6.3.1. Apparecchi di illuminazione; - 7.1.2. Impianti di allarme; - 7.1.4. Fonti di energia per gli impianti di emergenza; - 7.1.5. Apparecchi di illuminazione.
	30/11/2020	- 4.3. Impianti di protezione dei tratti e/o delle aree protette; - 6.2.1.1. Impianti di spegnimento incendi: escluso il punto 6.2.1.1. lettera b); - 6.2.1.2. Impianti di spegnimento incendi; - 6.3. Cavi di alimentazione; - 7.4. Impianti elettrici.
	30/11/2022	<i>Norme di prevenzione incendi nelle metropolitane (deve essere applicato interamente il DM 11/01/88)</i>

*Note:*

30/11/2015

*entrata in vigore Regola Tecnica di prevenzione incendi nelle metropolitane (D.M. 21.10.2015)*

*Norme di prevenzione incendi nelle metropolitane (D.M. 11 01 1988)*

*Commenti:*

sarà verosimilmente necessaria da parte del Ministero la definizione di cosa si intende all'art 4 con "modifiche di metropolitane" e con "ampliamento".

## **1.2.2 Decreto Ministero dei Trasporti 11 gennaio 1988 norme di prevenzione degli incendi nelle metropolitane**

### **1.2.2.1 Introduzione**

La progettazione, costruzione e l'esercizio, ovvero, gestione delle metropolitane fino all'entrata in vigore del D.M. 21 ottobre 2015 è vincolata dal Decreto Ministero dei Trasporti 11 gennaio 1988 "Norme di prevenzione degli incendi nelle metropolitane" pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana il 2 marzo 1988, n. 51. Nel seguito si farà riferimento a tale decreto semplicemente come Norme di prevenzione o come DM 11/01/88.

Si sottolinea in questa sede che il Decreto non viene in alcun modo abrogato dal Decreto del 2015, tutt'altro; in modo atipico, viene inglobato all'interno della regola tecnica tramite un sancito e definito calendario di adeguamento. Infatti, come già visto nel precedente paragrafo e nella tabella 1.1 il decreto impone il progressivo adeguamento alla vecchia normativa del 1988 (a 30 anni di distanza ...).

Le Norme di prevenzione sono voce del tradizionale metodo prescrittivo di progettazione e gestione dell'esercizio.

L'applicazione è imposta oltre che dal DPR 151/11 dal DPR 11 luglio 1980, n. 753, dove all'art. 3 si prevede che, per una ferrovia in concessione, la Direzione generale della motorizzazione civile dei trasporti in concessione a livello progettuale rilasci il nulla osta tecnico ai fini della sicurezza.

Di seguito si esplicherà come il campo di applicazione escluda una visione globale di gestione, da cui deriva anche una visione specifica puntuale e della materia della sicurezza.

### **1.2.2.2 Contenuti**

Oggetto delle Norme sono le misure di prevenzione e protezione dagli incendi da porre in atto nella realizzazione delle linee metropolitane i cui progetti esecutivi non siano stati approvati alla data di entrata in vigore del decreto (non specificata nel decreto e da prendersi come pubblicazione sulla GU, 02/03/1988).

Il campo di applicazione delle Norme di prevenzione riguarda esclusivamente le opere civili e agli impianti fissi delle stazioni sotterranee e delle linee sotterranee.

Sono escluse le stazioni fuori terra, le linee fuori terra, i depositi e le officine in superficie con i relativi edifici annessi, le sottostazioni elettriche, salvo quelle non separate, il materiale rotabile salvo i materiali impiegati nelle vetture.

Per i depositi, le officine e gli edifici annessi (uffici, mense, centrali termiche, ecc.), qualora rientranti tra le attività contemplate dal decreto del Ministro dell'interno del 16 febbraio 1982 (Gazzetta Ufficiale n. 98 del 9 aprile 1982), si rimanda alle specifiche norme antincendio.

Il D.M. 11.01.88 è suddiviso in 10 punti dove si sviluppano i seguenti argomenti:

- Elementi costitutivi di una metropolitana, quali le stazioni e le gallerie con relativi manufatti, Punto 2;



- Definizioni, che individuano, ai fini della sicurezza, il percorso di sfollamento, il percorso protetto e l'area protetta, punto 3;
- Criteri progettuali per la costruzione delle stazioni, soprattutto in funzione dell'affollamento e dei percorsi di sfollamento (numero di moduli), punto 4;
- Criteri progettuali per la costruzione delle gallerie, relativo a strutture e percorsi di emergenza (banchina di servizio), punto 5;
- Impianti tecnici di stazione e di galleria, che devono essere presenti per la gestione dell'emergenza incendi, punti 6-7;
- Materiali impiegati per la sistemazione interna delle vetture, punto 9.

### 1.2.2.3 Disposizioni relative alle procedure ai piani di emergenza

Le Norme stabilite dal DM 11/01/88, non comprendono quanto deve essere disposto in merito al comportamento del personale (movimento e manutenzione) e degli utenti. Nessun riferimento è fatto alla progettualità di esodo in termini di misure organizzative, ma solo dal punto di vista strutturale degli elementi da prevedere.

Si osserva quindi come il decreto risulta privo di tutti quegli aspetti che riguardano il comportamento dell'utente e assistenza, la regolamentazione delle procedure di soccorso inteso anche come coordinato con i soccorsi esterni.

I piani di emergenza nel caso di metropolitane concepite progettualmente e operativamente con tale normativa dovranno essere redatti sulla scorta di altre indicazioni normative, di buone prassi e afferendo a fonti legislative non dedicate specificatamente all'attività.

## 1.3 Altri decreti

In merito di gestione delle emergenze si può allora affermare che per la gestione, il piano di emergenza deve prendere in considerazione tutta la linea in termini di operatività globale.

Dal punto di vista operativo, con riferimento a una particolare stazione di fermata ferroviaria metropolitana, sarà opportuno suddividere il piano prendendo in considerazione le varie tratte e le varie stazioni. Per ogni stazione in oggetto in cui si supponga avvenga l'evento incidentale, la stazione precedente e la stazione successiva. Di conseguenza è possibile affermare che il piano dovrà comprendere anche le tratte di unione tra le varie fermate ovvero le gallerie.

Scenari incidentali, come si approfondirà nel seguito, potranno avvenire anche nelle gallerie di passaggio tra due diverse stazioni. In questo caso, il piano emergenziale e di esodo della galleria dovrà sempre prendere in considerazione e coinvolgere anche la stazione subito precedente o successiva.

Pertanto, possono essere ritenuti di riferimento tutti i decreti e le normative riguardanti la gestione delle emergenze del trasporto in una galleria ferroviaria:

- D.M. 28 ottobre 2005 "Sicurezza nelle gallerie ferroviarie";
- Direttiva 2008/163/CE specifica tecnica di interoperabilità.

### 1.3.1 Sicurezza nelle gallerie ferroviarie

#### 1.3.1.1 Introduzione

Il decreto D.M. 28 ottobre 2005 ha lo scopo di assicurare un livello adeguato di sicurezza nelle gallerie ferroviarie, mediante l'adozione di misure di prevenzione e protezione atte alla riduzione di situazioni critiche che possano mettere in pericolo la vita umana, l'ambiente e gli impianti della galleria, nonché mirate alla limitazione delle conseguenze in caso di incidente. [7]

Per raggiungere tale scopo sono stabiliti i requisiti minimi che garantiscono il raggiungimento degli obiettivi di prevenzione degli incidenti, di mitigazione delle conseguenze degli stessi, della facilitazione dell'esodo e di facilitazione del soccorso. Il decreto si applica a tutte le gallerie ferroviarie. In base alla tipologia di galleria e al volume di traffico i requisiti si distinguono in requisiti ridotti, requisiti minimi, requisiti integrativi.

Per alcune tipologie di gallerie sono forniti i così definiti *Requisiti minimi ridotti*:

- Lunghezza compresa tra 500 e 1000 m
- Volume di traffico non superiore a 220 treni/giorno
- Tipologia di traffico senza la contemporanea presenza in galleria di treni passeggeri e treni con merci pericolose
- Andamento altimetrico senza, inversioni di pendenza
- Assenza di aree a rischio specifico in prossimità degli imbocchi

Questa tipologia di galleria è riconducibile alla realtà riscontrabile per le ferrovie metropolitane.

#### 1.3.1.2 Contenuti

##### *Infrastruttura*

- Limitazione deviatoi in galleria
- Controllo sistematico dello stato del binario
- Ispezione regolare dello stato della galleria
- Piano manutenzione galleria
- Marciapiede
- Segnaletica di emergenza
- Illuminazione di emergenza nella galleria

##### *Materiale rotabile*

Il materiale rotabile autorizzato alla circolazione all'interno delle gallerie deve essere conforme alle normative di sicurezza antincendio secondo quanto previsto dalle Norme Tecniche Europee in vigore. Nel DM non vi sono indicazioni particolari aggiuntive.

##### *Organizzazione*

Indicazioni sugli aspetti organizzativi e procedurali vengono fornite per le gallerie con caratteristiche tali da avere requisiti minimi o minimi integrativi.

- Piani di emergenza e soccorso
- Informazioni di sicurezza e istruzioni sul comportamento in caso di emergenza
- Formazione del personale
- Esercitazioni periodiche con le squadre di soccorso

- Mezzi di soccorso (mezzo bimodale)
- Informazioni sul trasporto di merci pericolose
- Disponibilità attrezzature di soccorso

#### 1.3.1.3 Disposizioni relative alle procedure ai piani di emergenza

Il gestore dell'infrastruttura, tramite le figure del Responsabile di Galleria e del Responsabile della Sicurezza, deve curare il rispetto delle norme e delle procedure riguardanti la sicurezza della galleria e provvede alla approvazione dei progetti e alla messa in esercizio della galleria; in particolare deve approntare la documentazione di sicurezza e effettuare le ispezioni periodiche, deve elaborare e attuare gli schemi organizzativi e operativi per i propri servizi di pronto intervento, nonché formare ed equipaggiare adeguatamente il personale. Dovrà inoltre definire le procedure per la chiusura immediata di una galleria in caso di emergenza e svolgere le inchieste per ogni episodio che abbia compromesso la sicurezza della galleria, comunicandone l'esito al Ministero [7].

Il Decreto stabilisce inoltre che per le gallerie devono essere redatti piani di emergenza esterni, limitandosi per le competenze a citare la responsabilità degli enti territoriali, senza per esempio definire nel dettaglio le competenze delle Prefetture - UTG (responsabili dell'attivazione delle componenti statali nel soccorso) e le Provincie (individuate dal D.lgs 31 marzo 1998 n. 112, art. 108 comma 1, lettera -b, come ente di riferimento per la pianificazione delle emergenze per il territorio di competenza) [8].

#### 1.3.1.4 Direttiva 2008/163/CE specifica tecnica di interoperabilità

La Specifica Tecnica di Interoperabilità relativa alla "Sicurezza nelle Gallerie Ferroviarie" ha rappresentato la conferma dell'introduzione in Italia del criterio prestazionale nell'ambito della sicurezza ferroviaria con particolare riferimento alle prestazioni di sicurezza dei tunnel. Tutte le specifiche contenute si applicano alle gallerie di lunghezza superiore ad 1 km e quindi attualmente esulano dall'applicazione per le metropolitane.

### 1.4 Brevi cenni sul tema definizione delle responsabilità di gestione delle emergenze

Con gestione delle emergenze si intende non solo la progettazione ma anche il mantenimento di un sistema efficace ovvero di un servizio composto di mezzi, materiali apposti e personale addestrato periodicamente ad affrontare le situazioni di emergenza potenzialmente prevedibili in luoghi di lavoro.

Questo significa non solo garantire la corretta manutenzione di mezzi e strutture per i quali la responsabilità ricade sul gestore del servizio e sul gestore dell'infrastruttura, ma anche garantire una preparazione del personale interno all'organizzazione dell'attività specializzato a intervenire in prima istanza e durante tutta l'emergenza per il contenimento dei danni potenziali a seguito di un evento incidentale.

Per il decreto del 10 marzo 1998 sul datore di lavoro responsabile della struttura, in questo caso il gestore dell'infrastruttura e dell'attività, ricade la responsabilità sui lavoratori, quindi del personale interno e gravitante intorno all'impresa ovvero eventuali manutentori.

La responsabilità civile, per la particolare funzione di garanzia in termini di tutela della vita e del bene, non si limita però al mero rapporto di lavoro, ma si estende a tutte le persone interagenti con l'organizzazione.

Un incidente all'interno di un'infrastruttura potrebbe coinvolgere anche *civili*, persone terze all'impresa incaricata della gestione; passeggeri viaggianti, i passeggeri in attesa alla stazione metropolitana e eventualmente persone non passeggeri nelle aree immediatamente prossime alla fermata metropolitana che spesso si colloca per evidente motivazione strategica e logistica in piazze, incroci importanti o lungo arterie stradali di superficie di particolare importanza e particolarmente frequentate.

La legislazione attuale prevede la separazione delle responsabilità, individuando quindi il Prefetto come responsabile della gestione delle emergenze per i cittadini di un comune, con il coinvolgimento graduale a seconda della gravità dell'evento, della Protezione Civile. Tale discriminazione è applicata anche a livello di redazione dei piani di emergenza che si suddividono in piani di emergenza interni e piani di emergenza esterni. Tuttora è di riferimento in materia di sicurezza, polizia e regolarità dell'esercizio ferroviario il DPR n. 753 del 11 luglio 1980 relativo anche ad altri sistemi di trasporto a guida vincolata (tranvie, metropolitane, funivie, ecc...).

In applicazione del Regolamento CE 1371/2007 su "diritti e obblighi dei passeggeri nel trasporto ferroviario", RFI ha acquisito il ruolo di Station Manager in base al quale garantisce, tra l'altro, nelle stazioni servizi di assistenza ai passeggeri con disabilità e a ridotta mobilità.

Si ricorda che, dal punto di vista del codice civile, ogni utente è tenuto al rispetto delle norme comportamentali stabilite dal gestore dell'esercizio dell'infrastruttura e all'art. 17 del DPR 753 del 11/07/80 si legge che

*Chiunque si serve delle ferrovie deve osservare tutte le prescrizioni relative all'uso delle medesime ed è tenuto in ogni caso ad attenersi alle avvertenze, inviti e disposizioni delle aziende esercenti e del personale per quanto concerne la regolarità amministrativa e funzionale, nonché l'ordine e la sicurezza dell'esercizio. Gli utenti delle ferrovie devono inoltre usare le precauzioni necessarie e vigilare, per quanto da loro dipenda, sulla sicurezza ed incolumità propria, delle persone e degli animali che sono sotto la loro custodia, nonché sulla sicurezza delle proprie cose.*

*Le aziende esercenti non rispondono delle conseguenze derivanti dalla inosservanza delle norme. [6]*

#### *Ferrovie in concessione*

Per la definizione delle responsabilità è fondamentale considerare che le linee metropolitane sono linee ferroviarie in concessione.

In Italia, in forza del R. Decr. 10 luglio 1925, n. 1306, è stabilito che "la concessione di linee metropolitane che interessino esclusivamente un centro urbano è di competenza del comune interessato. È fatta eccezione per la città di Roma, in cui l'eventuale concessione di linee metropolitane è riservata al Governo. [9]

Il Comune poi potrà a sua volta concedere il progetto e la gestione a altra società. Per esempio, la progettazione, costruzione e gestione della Linea Metropolitana 5 del Comune di Milano è a cura della società Concessionaria Metro 5 S.p.A., che finanzia il progetto per circa il 40% e a cui spetterà la gestione della linea per ventisette anni. La Concessionaria Metro 5 S.p.A. è una società privata costituita da:

- Ansaldo STS (24,6%)
- Astaldi (23,3%)

- Azienda Trasporti Milanesi (20,0%)
- Torno Global Contracting (15,4%)
- Alstom Ferroviaria (9,4%)
- AnsaldoBreda (7,3%)

Si riporta altro esempio schematico di concessione della linea metropolitana Metro 4 del Comune di Milano [figura 1.1]. Il sistema organizzativo societario discende dagli atti di gara e dalla documentazione contrattuale – Convenzione di Concessione e relativi allegati – ed è ispirato al perseguimento di un controllo efficiente di tutti i processi, servizi e opere di cui la Concessionaria abbia diretta responsabilità.



Figura 1.1 - Esempio schematico concessione della linea metropolitana Metro 4 [11]

A decorrere dalla data della sua costituzione nel luglio 2001, Rete Ferroviaria Italiana gestisce l’infrastruttura ferroviaria nazionale in forza dell’Atto di Concessione rilasciato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (MIT) con il Decreto Ministeriale n. 138T del 31 ottobre 2000.

Le responsabilità e gli obblighi del Gestore dell’Infrastruttura sono oggi disciplinati, oltre che dallo stesso Atto di Concessione, dal Decreto Legislativo n. 112 del 15 luglio 2015, con il quale è stata recepita in Italia direttiva 2012/34/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 21 novembre 2012 (la cosiddetta “direttiva recast”).

I rapporti tra Stato e Gestore dell’Infrastruttura ferroviaria (GI) sono regolati da due Contratti di Programma stipulati tra il MIT ed RFI, l’uno relativo ai servizi di manutenzione, security e navigazione, l’altro relativo agli investimenti per lo sviluppo della rete.

Le relazioni tra il Gestore e i clienti (imprese ferroviarie, regioni e altri stakeholders che abbiano un interesse pubblico o economico ad espletare servizi di trasporto) trovano disciplina nell’ambito del Prospetto Informativo della Rete, documento che definisce, tra l’altro, le condizioni di accesso all’infrastruttura, aggiornato annualmente dal GI previa consultazione con i soggetti interessati e sulla base di eventuali prescrizioni e indicazioni dell’Organismo di regolazione. Tale Organismo, in Italia è rappresentato dall’Autorità di

Regolazione dei Trasporti le cui competenze nell'ambito del settore ferroviario sono disciplinate all'art. 37 della legge 214/2011.

In materia di sicurezza dell'esercizio ferroviario, ai sensi del Decreto Legislativo 10 agosto 2007, n. 162, parte delle competenze prima svolte dal MIT e da RFI sono passate in capo ai due enti istituiti dallo stesso decreto: l'Organismo Investigativo (DGFEMA) e l'Agenzia Nazionale per la Sicurezza delle Ferrovie (ANSF). Da quest'ultima RFI ha conseguito l'Autorizzazione di Sicurezza, il documento che attesta la conformità del Sistema di Gestione della Sicurezza del Gestore dell'Infrastruttura ferroviaria nazionale al Regolamento Europeo 1169/2010. [12]

#### *SIGS, il sistema integrato di gestione della sicurezza*

Per assicurare l'indirizzo e il controllo dei processi e delle attività produttive della Società relative alla circolazione dei treni e dell'esercizio ferroviario, alla sicurezza del lavoro e alla tutela dell'ambiente, RFI ha definito e messo in atto una serie sistematizzata e organica di provvedimenti organizzativi e procedurali che nel loro insieme costituiscono il Sistema Integrato di Gestione per la Sicurezza (SIGS) della Società.

Il SIGS concretizza la politica di RFI in materia di sicurezza, quale valore aziendale inteso come equilibrio tra tecnologie / uomini / organizzazione, soddisfacimento degli obblighi cogenti e vocazione al miglioramento continuo

Evoluto nel tempo in coerenza con il quadro normativo comunitario e nazionale e con gli impegni assunti volontariamente dalla Società, il SIGS comprende al suo interno il Sistema di Gestione della Sicurezza (SGS), specificamente dedicato alla sicurezza della circolazione dei treni e dell'esercizio ferroviario e accettato dall'Agenzia Nazionale per la Sicurezza delle Ferrovie (ANSF) con il rilascio in via definitiva a RFI nel giugno 2014 dell'Autorizzazione di Sicurezza di cui al Dlgs. 162/2007.

Definito secondo i requisiti del D.Lgs. 162/2007 ("Attuazione delle direttive 2004/49/CE e 2004/51/CE relative alla sicurezza e allo sviluppo delle ferrovie comunitarie") e i criteri del Regolamento 1169/2010/UE "concernente un metodo di sicurezza comune per la valutazione della conformità ai requisiti per ottenere un'autorizzazione di sicurezza per l'infrastruttura ferroviaria", il SGS è sviluppato per:

- garantire il controllo di tutti i rischi connessi all'attività propria del Gestore dell'Infrastruttura ferroviaria nazionale, compresa la manutenzione, i servizi, la fornitura del materiale e il ricorso ad imprese appaltatrici;
- consentire l'attuazione degli Obiettivi di Sicurezza Comuni (Common Safety Target – CST), la gestione dell'infrastruttura ferroviaria nazionale di competenza in conformità alle norme di sicurezza vigenti, assicurare gli standard previsti nelle Specifiche Tecniche di Interoperabilità (STI), nonché l'applicazione degli elementi pertinenti dei Metodi di Sicurezza Comuni (Common Safety Methods – CSM).

## **1.5 Considerazioni**

La normativa attuale si sofferma sulla definizione di emergenza intesa come derivante dall'evento rischio incendio, mentre non vengono citati in modo evidente altri scenari egualmente importanti anche se meno frequenti.

Le disposizioni legislative riguardanti le ferrovie metropolitane attualmente presenti in Italia hanno univocamente affrontato, nel tempo, il tema dell'operatività in caso di emergenza incendio non considerando altri scenari possibili. La definizione di contenuti

minimi dei piani di emergenza è demandata alla buona tecnica e alle competenze esperienziali del gestore dell'infrastruttura o del servizio.

Solo negli ultimi anni si è data importanza anche questo argomento soprattutto nell'ottica di trattamento dei rischi, gestione delle crisi e continuità del servizio, ovvero, per riassumere, nell'ottica di una gestione globale del rischio.

Oltre alla progettazione per una buona e opportuna prevenzione del rischio che mitighi le cause e le probabilità dell'insorgere di incendi per la prima volta il DM del 2015 chiarisce la necessità di una gestione del rischio, inteso in termini più ampi rispetto al solo incendio, che venga mantenuta efficacemente nel tempo. Il decreto impone infatti l'adozione di un sistema di gestione ovvero un sistema qualitativo di valorizzazione delle risorse a disposizione, in grado di garantire efficienza e efficacia della prevenzione e nel caso questa non fosse sufficiente, della mitigazione delle conseguenze. Parte integrante del sistema di gestione è il trattamento delle situazioni di crisi tramite piani di sicurezza, emergenze e esodo.

Questo approccio, ad oggi, si intende come il più valorizzante, in grado di offrire la miglior garanzia della continuità della vita e dei beni materiali e di servizio.

## Definizione delle condizioni operative e delle emergenze in metropolitana

Nel presente capitolo si vogliono definire quelli che sono il contesto in cui si inseriscono i piani di emergenza, gli obiettivi che ci si prefigge di raggiungere attraverso essi e le condizioni in cui trovano applicazione.

Si procede descrivendo il rischio per le metropolitane nelle sue componenti e le metodologie di analisi dello stesso così come definiti in letteratura. Brevemente si seguirà il percorso logico della procedura di progettazione della sicurezza di un'infrastruttura sotterranea e che gli approfondimenti tecnico-scientifici condotti in questi ultimi anni nel campo dell'ingegneria della sicurezza hanno consentito di precisare.

Vengono valutati in breve i differenti sistemi di mitigazione del rischio attivi e passivi nelle metropolitane che possono andare a determinare e che influenzano la redazione dei piani di emergenza per le metropolitane.

Infine, vengono analizzati gli aspetti che riguardano l'emergenza in relazione al rischio da contrastare.

### 2.1 Definizione della criticità di rischio

La norma UNI ISO 45001 al punto 3.20 definisce il rischio come “l'effetto di un'incertezza”. Incertezza è lo stato di assenza o carenza di informazioni relative alla comprensione e alla conoscenza di un evento, delle sue conseguenze e della probabilità di accadimento delle conseguenze. L'incertezza genera quindi uno scostamento da quanto atteso.

L'incidente, in ambito sicurezza, deriva una momentanea mancanza di controllo e genera una successione di eventi concatenati, anche questi potenzialmente non controllabili dagli strumenti che, in condizioni normali e consuete, regolano l'attività. Questo stato di incertezza, quindi, va ad aumentare in generale le condizioni di rischio.



Nei termini appena descritti si può intendere una situazione o un'azione tanto più sicura quanto più si ha il controllo di ogni suo aspetto preliminare, contestuale e consecutivo. Si osserva che, ammettendo il principio che non esiste la possibilità di rischio nullo in nessuna attività umana, ovvero, viceversa, non esistono condizioni di assoluta sicurezza, allora si dovrà ammettere l'impossibilità di avere il controllo su tutti gli elementi che potrebbero generare incidenti.

Quest'ultima ammissione porterà alla definizione di rischio accettabile che si affronterà a breve in questo capitolo.

La metropolitana è un modo di trasporto all'interno del sistema di trasporto urbano che permette lo spostamento di persone. All'accadimento di un evento incidentale di qualunque natura la rete è soggetta a danni e problemi che possono compromettere beni, persone e la funzionalità del sistema.

L'esposizione al rischio per le persone che utilizzano questo modo di trasporto è definibile come numero degli utenti della rete che possono subire un danno durante le eventuali situazioni anomale.

Considerando il gran numero di utenti che potenzialmente utilizzano la rete quotidianamente, 10.000 - 45.000 viaggiatori/ora/direzione, si ha quindi un alto livello di esposizione.

In occasione di un incidente l'infrastruttura deve garantire l'allerta e l'attuazione del soccorso come del resto deve garantire l'allontanamento della popolazione e la possibilità di recarsi in un luogo sicuro. Questa funzione è imprescindibile ed è necessariamente assicurata in ogni fase del trasporto, senza che venga intesa come aggiuntiva.

### 2.1.1 Componenti di rischio in una stazione metropolitana

Il rischio ha significato di possibilità di generare danno a seguito di situazioni e congiunture imprevedibili o prevedibili a vari livelli. Metodologie universalmente diffuse e riconosciute tendono a individuare le componenti che concorrono a definire il rischio come combinazione di entità delle conseguenze negative, ovvero danni, e frequenza o probabilità di occorrenza dei danni.

Il rischio viene definito analiticamente come funzione della frequenza prevista per un determinato evento temuto e della magnitudo delle conseguenze da esso derivanti:

$$r = f(F, M)$$

Per coniugare una definizione semplice che consideri l'aspetto di incertezza e lesione, è appropriato considerare il rischio come una possibilità di danno. Usualmente tale combinazione è matematicamente rappresentata come:

$$R_i = p_i * C_i$$

dove:

- $p_i$  = probabilità o frequenza di accadimento dell'evento dannoso;
- $C_i$  = conseguenza o magnitudo del verificarsi di uno specifico evento pericoloso;
- $R_i$  = rischio atteso per l' $i$ -esimo evento in grado di generare una conseguenza dannosa, e quindi la  $i$ -esima conseguenza.

Il livello di rischio atteso totale ( $R$ ) quindi sarà rappresentato da:

$$R = \sum_{i=1}^n p_i * C_i$$

con

n = numero di eventi conseguenza.

Il rischio è da intendere come l'elemento complementare alla sicurezza, dal momento in cui è possibile considerare la sicurezza come una situazione in cui vi è assenza di rischio.

#### 2.1.1.1 Altre definizioni

- Insieme della possibilità di un evento e delle sue conseguenze sugli obiettivi. (UNI 11230 – Gestione del rischio)
- Combinazione della probabilità di accadimento di un danno e della gravità di quel danno. (UNI EN ISO 12100-1)
- Probabilità che sia raggiunto il livello potenziale di danno. (Orientamenti CEE riguardo alla valutazione dei rischi di lavoro)
- Combinazione della probabilità e della conseguenza del verificarsi di uno specifico evento pericoloso. (OHSAS 18001, 3.4)
- Probabilità di raggiungimento del livello potenziale di danno nelle condizioni di impiego o di esposizione ad un determinato fattore o agente oppure alla loro combinazione [Definizione di Rischio art. 2, lettera s, D.Lgs. 81/08]

#### 2.1.1.2 Il rischio per il trasporto metropolitano

Per definire il rischio associato al sistema dei trasporti metropolitano è necessario adattare i concetti di frequenza e danno alle caratteristiche tipiche del sistema.

Per un sistema di trasporto metropolitano il rischio insorge in relazione ad attività di spostamento sul territorio di persone o cose quando ci si discosta dall'obiettivo generale di garantire la mobilità.

Bisogna sempre considerare la presenza di un'incidentalità di fondo non eliminabile.

Data la natura del contesto in cui è inserito, il rischio può essere definito con il coinvolgimento diretto degli attori degli spostamenti o altrimenti provocando effetti esterni diffusi anche al di fuori delle reti di trasporto, in cui vengono perciò implicati soggetti non partecipanti alle attività di trasporto.

- rischio attivo: si presenta associato alle attività di trasporto di qualunque natura che si svolgono sul territorio, allorché da tali attività possano insorgere pericoli per l'incolumità delle popolazioni non direttamente coinvolte nelle attività stesse, per l'ambiente e per il sistema stesso;
- rischio passivo: si manifesta allorché, per qualche grave calamità naturale, per esempio un'alluvione, o accidentale, per esempio il crollo di manufatti, e/o per eventi catastrofici correlati, si rendano localmente impossibili o complesse le attività di trasporto, per cui un'area circoscritta resta isolata e priva di collegamenti col resto del territorio o difficilmente raggiungibile, con pericolo per l'incolumità e la sopravvivenza delle popolazioni ivi insediate. [13]

#### 2.1.1.3 Le componenti che definiscono il rischio all'interno di una stazione metropolitana

Per verificare nel dettaglio i componenti specifici che definiscono il rischio in questo particolare ambito è necessario considerare le differenti componenti che contribuiscono a definire il rischio all'interno di questo modo di trasporto.

Le diverse componenti che concorrono a definire il livello di sicurezza relativo a una generica stazione metropolitana sono:

- strutture
- veicolo e infrastruttura
- comportamento umano

Il rischio è determinato dall'interazione tra queste tre componenti principali.

Le componenti sopraelencate interagiscono tra di loro in un ambiente complesso, nel quale si intersecano differenti obiettivi, primo tra tutti garantire il servizio di trasporto.

Le prime due componenti sono tradizionalmente regolamentate da appositi e specifici normative, decreti e regolamenti. L'esercizio di un sistema di trasporto di massa, caratterizzato da ripetitività delle situazioni e delle manovre, è stato governato, in Italia, da rigidi e severi regolamenti che devono sottostare all'approvazione degli organi di controllo del Ministero dei Trasporti.

Il rispetto di tale regolamentazione normata sottende livelli di sicurezza stabiliti e che garantiscono una buona affidabilità sulla base del grado tecnologico raggiunto.

Il continuo aumento dell'uso delle tecnologie elettroniche sta portando ad una diversa impostazione del concetto di sicurezza, evolvendosi i criteri di definizione mutuale del rischio e delle logiche di progettazione e collaudo.

La difficoltà della valutazione dell'affidabilità dei componenti dell'apparato di trasporto sta nella corretta individuazione della probabilità dell'accadimento dell'evento che mette in crisi il sistema, evento di crisi, come potrebbe essere un guasto.

Un'elevata affidabilità dei componenti del trasporto comporta che la probabilità con cui si manifesta un guasto pericoloso si riduce ad un livello molto basso; quindi aumentando l'affidabilità dei singoli componenti si riduce la probabilità che si manifestino guasti pericolosi.

Particolare considerazione deve essere volta alla definizione e realizzazione degli impianti preposti alla sicurezza della circolazione.

È ormai ampiamente utilizzato nella progettazione degli impianti e dei veicoli ferroviari la modalità *fail-safe*. Si intende la denominazione di quei sistemi (apparati, componenti, strutture ecc.) progettati in modo da evitare che arrechino danni a persone, ambiente o ad altri sistemi a loro interconnessi od operanti in prossimità, anche a seguito di ben precise eventuali avarie (failure).

Si distingue dalla *inherent safety*, poiché non si ritiene impossibile o improbabile l'avaria, ma che anche nel caso in cui questa occorra il sistema presenta caratteristiche intrinseche che ne mitigano gli effetti indesiderati. Cioè quando il sistema fallisce, *fail*, rimane comunque sicuro, *safe*, non meno sicuro di quando opera correttamente.

In questo caso la valutazione del rischio si traduce nell'analisi dei modi di guasto e degli effetti conseguenti, prevedendo che il guasto dell'apparecchiatura porti ad una situazione più restrittiva; il servizio si dice degradato, giungendo anche, se necessario, all'arresto immediato del convoglio.

Il mantenimento e l'aggiornamento nel tempo di tale sistema veicolo-infrastruttura-struttura commisurato alle esigenze dinamiche del trasporto è invece di più aleatoria predeterminazione.

Il comportamento umano in egual modo, per l'incertezza data al suo grado di prevedibilità è poco normalizzato. Esistono tuttavia sistemi per garantire un buon grado di affidabilità rispetto a livelli di rischio socialmente accettabili.

#### 2.1.1.4 Rischio per le persone [15]

È necessario rivolgere particolare attenzione alla definizione e realizzazione degli impianti preposti alla sicurezza delle persone conducendo una opportuna mappatura dei rischi in tal senso.

Nell’ambito della sicurezza industriale il concetto di rischio sintetizza in un solo parametro la probabilità di accadimento e la magnitudo delle conseguenze di un incidente. In particolar modo legate alle attività a rischio incidente rilevante e ai “grandi rischi”, vengono utilizzati indici diversi per identificare il rischio per le persone, quali quello di rischio locale, di rischio individuale e di rischio sociale. Prendendo spunto dalle definizioni utilizzate nell’ambito della valutazione di impianti a rischio di incidenti rilevanti, il rischio per le persone viene suddiviso in:

##### *Rischio locale:*

rappresenta il livello di rischio generato, in ciascun punto dell’area in esame, dalle attività svolte e viene rappresentato con curve di isorischio [figura 2.1]. Ogni valore della curva identifica la frequenza annua con cui nell’area considerata possono realizzarsi le condizioni per il verificarsi di un determinato danno (solitamente il decesso) in relazione ai pericoli identificati.

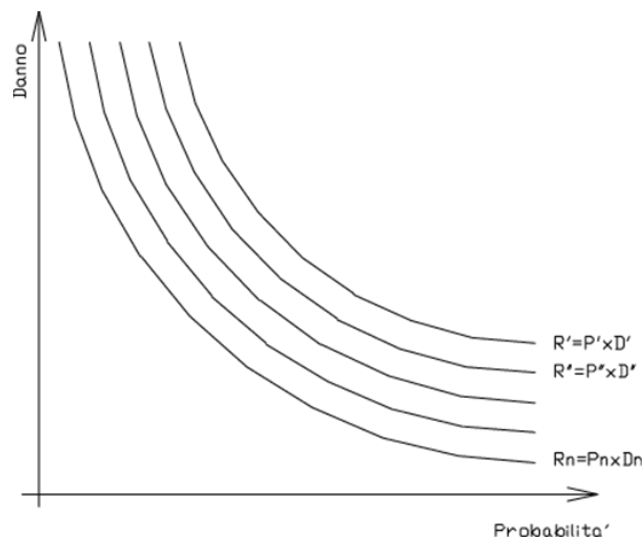


Figura 2.1 - Curve di isorischio o di indifferenza [16]

##### *Rischio individuale:*

rappresenta il rischio (solitamente di decesso) a cui è soggetto un individuo presente, con modalità specifiche, nell’area interna od esterna alla sede delle attività pericolose.

Anch’esso è espresso solitamente come frequenza annua e deve tener conto di realistiche modalità di presenza, comprendenti il tempo trascorso nelle varie zone dell’area, la possibilità di trovarsi o recarsi in luoghi riparati, la disponibilità di dispositivi di protezione individuali.

Secondo il D.M. del 28/10/05 il rischio individuale, denominato livello di Rischio Atteso Individuale (IR), è il valore atteso del danno, normalizzato rispetto al numero di passeggeri, ai chilometri (di galleria) per anno.

*Rischio sociale:*

Il rischio sociale a differenza dei due parametri precedenti, non si riferisce a singoli punti o a singoli individui, ma alla popolazione esposta nel suo complesso.

Viene definito come il numero di persone che possono essere interessate da un dato danno (solitamente, ma non necessariamente, la morte), considerando il numero di persone e la frazione del tempo totale in cui tali persone stazionano sul territorio, nonché la loro localizzazione rispetto alla sorgente dell'incidente e le protezioni eventualmente presenti. Viene usualmente rappresentato attraverso curve F-N che evidenziano la relazione analitica tra la frequenza attesa degli eventi, frequenza (annua) cumulata con la quale, a seguito di tutti gli incidenti ipotizzabili, e il numero di persone soggette allo specificato livello di danno.

L'indice di rischio sociale viene solitamente rappresentato in termini di curve F-N, cioè di curve su diagrammi cartesiani che riportano in ordinata la frequenza attesa F che un danno dato interessi più di N persone e in ascissa il numero delle persone, N. Se si considera la morte come danno di interesse in un dato contesto, le curve F-N forniscono l'informazione relativa alla frequenza attesa di un evento incidentale in grado di causare almeno N morti. Se si considera il solo evento incidentale, le curve F-N forniscono l'informazione relativa alla frequenza attesa di un evento incidentale in grado di causare almeno N eventi incidentali. In questo caso N assume il significato di tasso incidentale espresso solitamente per chilometro e per tipologia di incidente. La costruzione delle curve F-N richiede, per ciascun incidente identificato come ragionevolmente possibile in un insediamento industriale, il calcolo del numero totale di persone presenti nell'intorno dell'insediamento industriale che subiscono il danno considerato e la relativa frequenza attesa di accadimento. Da queste informazioni è possibile calcolare la frequenza cumulata F, cioè la frequenza con cui si attende possa avvenire un incidente (qualsiasi) in grado di causare un numero di morti pari o superiore a N, semplicemente sommando la frequenza di accadimento di tutti gli incidenti in grado di causare almeno N morti. Per un dato insediamento industriale inserito in un determinato contesto territoriale la curva F-N deve poi essere confrontata con le curve che rappresentano il criterio di accettabilità del rischio e identificano sul piano cartesiano una regione ritenuta non accettabile. Qualsiasi curva F-N che intersechi la regione non accettabile rappresenta una situazione di rischio inaccettabile. [14]

#### 2.1.1.5 Definizione dei profili di rischio per il codice di prevenzione incendi

Il codice prevenzione incendi fornisce definite tipologie di profilo di rischio, sempre in riferimento alla tipologia di evento incendio, al fine di identificare e descrivere il rischio di incendio dell'attività oggetto di progettazione antincendio. I profili ivi definiti sono:

- $R_{vita}$ : profilo di rischio relativo alla salvaguardia della vita umana;
- $R_{beni}$ : profilo di rischio relativo alla salvaguardia dei beni economici;
- $R_{ambiente}$ : profilo di rischio relativo alla tutela dell'ambiente.

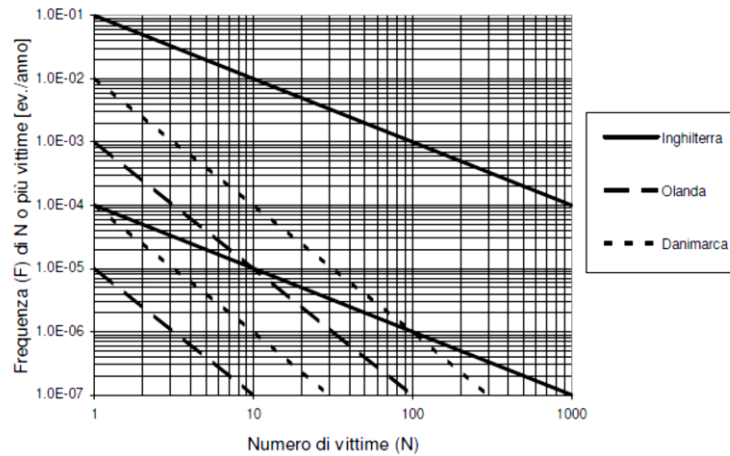


Figura 2.2 – Esempio di applicazione delle curve F-N secondo le normative di alcuni paesi europei

### 2.1.2 Valutazione rischi

Il rischio viene caratterizzato da un'opportuna valutazione attraverso un processo di analisi e di ponderazione.

La valutazione ha lo scopo di determinare le criticità e in prima istanza di classificare i rischi identificando i rischi, dimensionandoli e ponderando i rischi rispetto a criteri di accettabilità.

Varie metodologie al raggiungimento dello scopo sono state elaborate dal secondo dopoguerra in avanti con particolare riferimento alla sicurezza industriale nucleare e alla sicurezza aeronautica.

Norme di riferimento per la determinazione del processo di valutazione del rischio sono la UNI ISO 11230 [figura 2.3] e la UNI ISO 31000.

#### 2.1.2.1 Identificazione dei rischi

L'analisi del rischio si intraprende attraverso l'identificazione dei rischi. L'individuazione dei pericoli e dei rischi è un processo di non semplice determinazione. Consiste in una ricerca che deve prendere le mosse dalle caratteristiche di tutti i componenti definendo i possibili fallimenti delle strutture, delle infrastrutture, dei veicoli, del comportamento umano. È buona prassi anche considerare per quanto possibile l'esperienza, ovvero lo storico degli eventi incidentali.

L'identificazione del rischio può essere ottenuta col sistema classico della stesura dei rischi tipici e del relativo sviluppo dell'albero delle cause, oppure dall'esame del progetto di massima e degli schemi funzionali, utilizzando uno o più analisti per determinare i pericoli e il loro sviluppo nel tempo, gli scenari di pericolo.

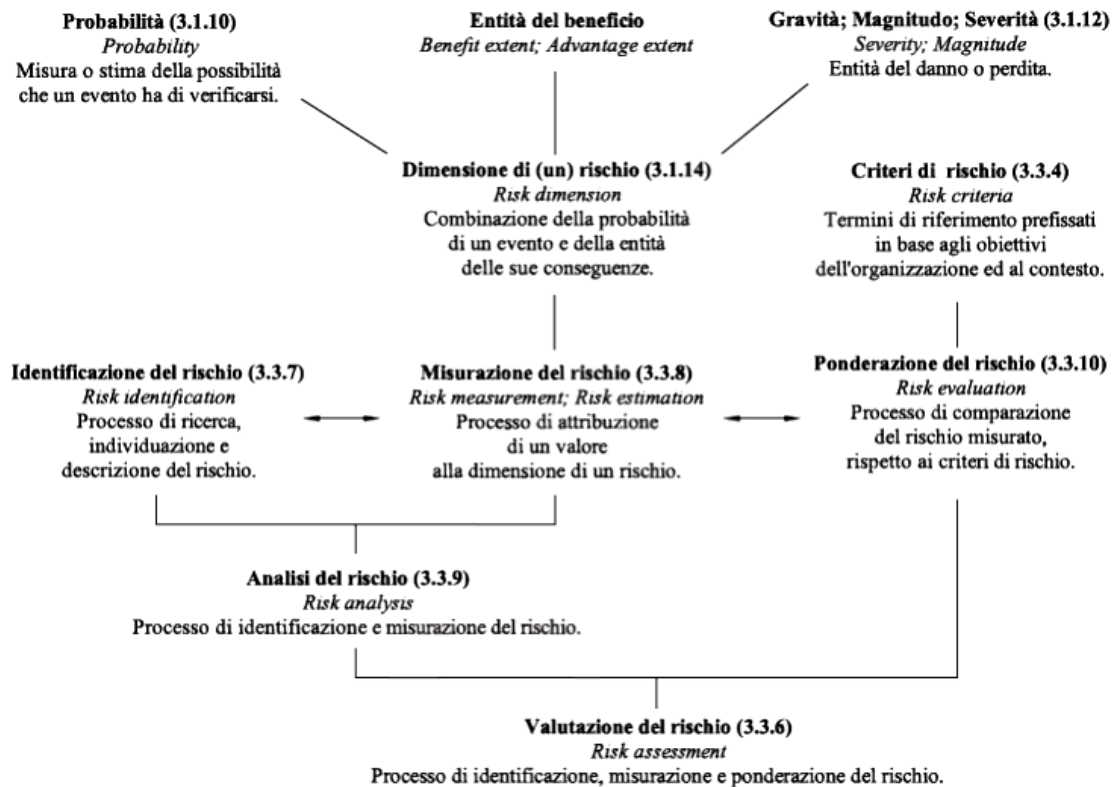


Figura 2.3 – Concetti relativi alla valutazione del rischio UNI ISO 11230 – figura A.2

La caratteristica peculiare della tecnica dell'albero degli eventi [figura 2.4] è la sua capacità di indagare a ritroso un particolare evento, individuando non solo tutte le possibili relazioni di causa-effetto tra esso ed i fattori che lo hanno determinato, ma anche i rapporti di concatenazione esistenti tra i fattori stessi, che si possono ricondurre a rapporti di complementarità quando tutti i fattori causanti devono manifestarsi contemporaneamente per produrre l'evento, oppure di indipendenza quando la manifestazione di uno solo dei fattori causanti è sufficiente per produrre l'evento. Quando si opera su una infrastruttura esistente lo studio della probabilità incidentale è facilmente ricavabile utilizzando i dati storici disponibili in archivio. La difficoltà maggiore si riscontra nella interpretazione dei dati e nella loro frammentarietà. I dati relativi agli incidenti più gravi sono di più facile determinazione data la reperibilità negli archivi, pertanto, è possibile identificare la magnitudo elevata e la probabilità associata, mentre è difficile ricavare i rischi connessi alle magnitudo basse ed alle probabilità elevate.

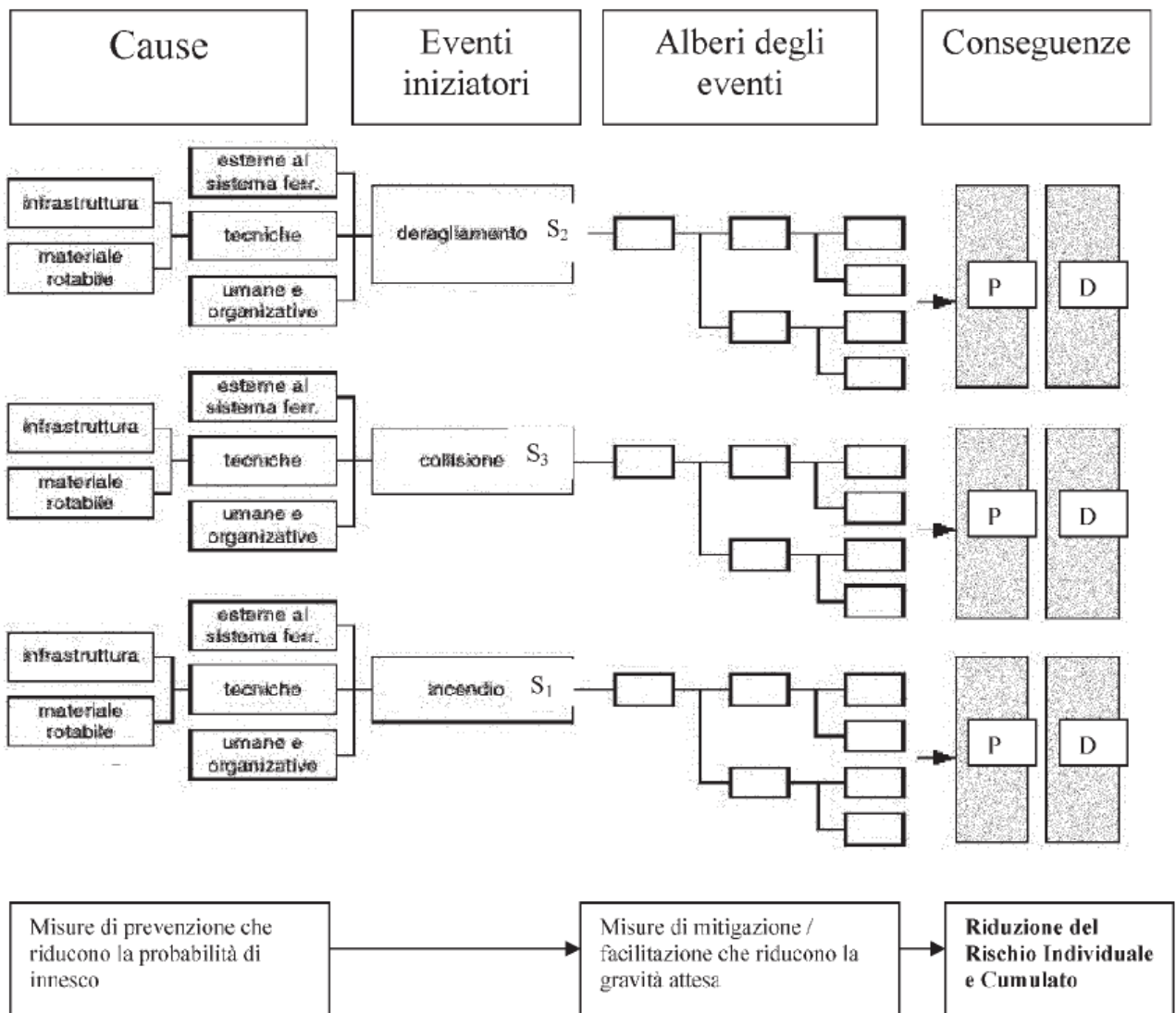


Figura 2.4 – analisi incidenti. Esempio di albero degli eventi ETA semplificato. [DM 28/10/05-allegato III-tavola 3.4.1]

### Scenari incidentali rilevanti e aree critiche

Con lo scopo di procedere alla stima del rischio è necessario procedere preliminarmente all'individuazione delle circostanze che possono creare danni rilevanti alle infrastrutture e un decadimento delle loro prestazioni funzionali e sistemiche.

Uno scenario incidentale può essere definito come un fenomeno di origine naturale o antropica che sia in grado di arrecare danno al sistema della mobilità nel contesto spazio-temporale di riferimento. Tali eventi sono caratterizzati da:

- intensità: misura della severità del danno,
- tipologia: definizione della natura dell'evento, naturale o antropico, interno o esterno a un sistema di trasporto.

La loro individuazione è normalmente il risultato della valutazione delle componenti che rendono possibile il trasporto e della loro possibilità di fallimento.



Per ogni scenario è possibile individuare aree particolarmente critiche su cui focalizzare l'analisi.

Per una linea metropolitana sono definite aree critiche quelle tratte di galleria equidistanti tra due stazioni. La scelta delle aree critiche per ogni evento rilevante avviene solitamente in base all'analisi di dati raccolti in archivio.

#### *Analisi di vulnerabilità dell'infrastruttura*

La vulnerabilità è definita come una misura del legame tra evento ed entità dei danni nei confronti di un elemento dell'infrastruttura; può essere categorizzata secondo le seguenti voci:

- vulnerabilità funzionale: danno che viene provocato alla capacità d'assolvimento delle funzioni per le quali l'elemento è stato progettato. Per le metropolitane si intende la capacità di far circolare i convogli;
- vulnerabilità fisica: danno che viene provocato all'elemento fisico del sistema solitamente strutturale come la galleria, pilastri di stazione, supporto dei binari;
- vulnerabilità sistemica: danno che, essendo provocato da uno o più elementi di un sistema di trasporto, ha ripercussioni su tutta la rete di trasporto rendendo difficoltosa la mobilità all'interno di un'area estesa e quindi determina un danno anche alle varie attività antropiche, economiche, sociali il cui svolgimento dipende dall'efficienza del sistema stesso. Esempio: allagamento di una fermata metropolitana.

Per una metropolitana la vulnerabilità in caso di incidente è definita da diversi aspetti che coinvolgono queste tre componenti.

Come primo elemento determinante si deve considerare che l'incidente avviene in uno spazio confinato, che per definizione e funzionalità del mezzo deve essere tale. Gli incidenti che avvengono a causa di incendi e le conseguenze dovute agli incendi sono particolarmente rilevanti poiché in poco tempo si possono sviluppare condizioni che rendono invivibili gli ambienti in cui sono le persone. Lo sviluppo di calore, fumi e gas tossici e le temperature elevate compromettono in modo sostanziale la salubrità dei luoghi e la possibilità di auto salvamento. La conformazione dei luoghi aggrava questi aspetti ampliando il campo di vulnerabilità anche per gli aspetti che riguardano il soccorso, dato che è reso difficoltoso l'intervento degli agenti del soccorso proprio per la diminuzione di visibilità e dei parametri di vivibilità, in primo luogo aria e temperature.

#### *Grado di esposizione dell'infrastruttura*

L'esposizione è intesa come l'equivalente valore di persone, beni e infrastrutture che possono subire danno durante e dopo l'evento incidentale. È possibile definire anche l'esposizione attraverso le seguenti voci:

- esposizione funzionale: numero di persone potenzialmente suscettibili di subire un danno. Per una stazione metropolitana è rappresentato dal numero di persone transitanti in un determinato periodo temporale;
- esposizione fisica: costo economico dell'infrastruttura. Per le metropolitane è da considerarsi molto rilevante;
- esposizione sistemica: danno economico potenziale nel non poter utilizzare il trasporto, spesso di difficile quantificazione.

Anche l'esposizione al rischio nel caso delle metropolitane assume caratteri tipici poiché le persone coinvolte potrebbero avere reazioni imprevedibili e molto probabilmente non adeguate anche perché dettate dal panico e al disorientamento. Inoltre, con molta

probabilità le persone coinvolte non sono da ritenersi esperte sul comportamento da adottare in caso di emergenza.

### 2.1.2.2 Dimensionamento e misurazione delle criticità

La criticità di rischio  $R$ , viene calcolata in termini numerici tramite la traduzione di situazioni qualitative, in grandezze quantitative. La formulazione vista nel paragrafo 2.1.1 è la più nota:

$$R = p * C$$

Tale formulazione verrà presa in considerazione in questo elaborato. Tuttavia, altre forme, soprattutto in ambito di protezione civile, vengono adottate, in grado di esplicitare altre componenti del rischio che possono influenzarne la criticità, come la vulnerabilità e l'esposizione (si veda paragrafo 2.2).

L'attribuzione dei valori di  $p$  e  $C$  è molto complessa e stabilita da una metodologia che può essere standardizzata fino a certi livelli di approfondimento, ma deve lasciare spazio alle interpretazioni e quantificazioni del soggetto che esegue la valutazione. In questi termini la valutazione del rischio è un processo conoscitivo complesso che, condotto da soggetti diversi, può portare a valutazioni diverse. Nel campo metropolitano per gli impianti ad automazione integrale con uso dell'elettronica si è cercato di ottenere possibili valutazioni dei rischi, essendo in questi casi la sicurezza un fatto probabilistico misurabile.

Queste difficoltà di unificazione e standardizzazione hanno portato ad esaltare più i risultati qualitativi finali che quelli quantitativi; si è data più importanza alle misure di contenimento che una scelta valutazione del rischio ha determinato, piuttosto che al risultato che il dimensionamento di uno specifico rischio. Infatti, anche gli organi preposti al controllo difficilmente ritengono di poter normalizzare le valutazioni del rischio, ma preferiscono normalizzare l'iter metodologico del progetto, i test di collaudo e le certificazioni finali.

#### *Magnitudo [C]*

Con magnitudo si intende l'entità delle conseguenze che derivano dai danni temuti.

Nel caso delle ferrovie metropolitane sotterranee le conseguenze sono da considerarsi nettamente più gravi rispetto a quelle delle tratte a cielo aperto.

La quantificazione di questa grandezza è di difficile determinazione, poiché non è bene considerare meramente l'aspetto misurabile con i parametri ordinari di costo e prezzo.

Soprattutto riferendosi a una infrastruttura e in particolare ad una infrastruttura di trasporto pubblico come le metropolitane, in cui sono coinvolte vite umane, è da ritenersi riduttiva una misura della magnitudo in termini monetari.

Si possono infatti manifestare danni non quantificabili (morte o lesioni gravi e invalidanti di persone), oppure danni a cui faticosamente è attribuibile un valore attuale soprattutto per le caratteristiche di durata nel tempo e possibilità di ripresentarsi nel tempo in forme differenziate, come disagi, spese di ripristino, spese sanitarie, spese per lo sfollamento, sospensione delle attività produttive, interruzione o soppressione di servizi.

Si nota che alcuni istituti assicurativi, tra cui ad esempio INAIL, traducono gli effetti degli eventi dannosi in un costo monetario associato a beni materiali e alle persone, ma si tratta di conteggi non applicabili dal gestore di una infrastruttura.

A seconda delle conseguenze che ciascun rischio può causare, si sono definite le quattro categorie entità:

- catastrofico,

- critico,
- marginale,
- trascurabile.

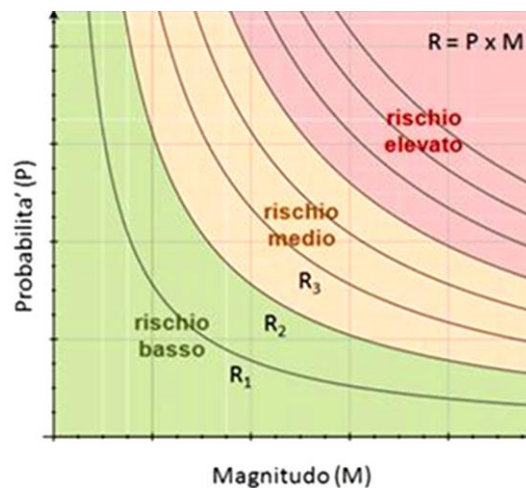
*Frequenza [p]*

Fattore moltiplicativo che tiene conto del numero di eventi negativi che si sono verificati nel tempo in situazioni simili a quella presa in considerazione.

L'assegnazione di valori numerici alla frequenza prevista  $p$  è un problema complesso. Per la determinazione della probabilità di accadimento degli eventi che provocano danni è necessario conoscere l'affidabilità dei singoli componenti, che non sempre è disponibile e aggiornata.

Si può procedere alla definizione di cinque categorie di probabilità che l'evento studiato accada: frequente, ragionevolmente probabile, occasionale, remoto ed estremamente improbabile.

Anche ai fini della gestione del rischio (prevenzione e mitigazione, controllo) solitamente si individuano 3 aree di criticità del rischio: basso, medio, elevato [Figura 2.5].



2.5 Figura – Dimensionamento della criticità del rischio sulle curve di isorischio

Per ogni evento di data tipologia e intensità, è possibile stimare la probabilità di accadimento nel contesto spazio-temporale di riferimento attraverso le seguenti azioni:

- valutazione statistica della frequenza di accadimento dell'evento mediante l'analisi di dati storici;
- determinazione degli eventi precursori dell'evento oggetto di studio e delle loro interazioni (questo metodo è usato per casi molto rari come le eruzioni vulcaniche o i terremoti);
- utilizzazione di modelli analitici che prescindono dalla disponibilità di informazioni statistiche relative all'evento in esame; questo metodo si basa sull'uso di alberi dei guasti e viene utilizzato nei casi in cui si dispone di una casistica particolarmente significativa.

Per ogni scenario incidentale va individuata una probabilità di accadimento; questa operazione è affetta da incertezza stocastica, a causa della variabilità statistica dell'evento, in quanto i dati storici sugli incidenti in metropolitana sono pochi.

Le cause principali possono essere riassunte nelle seguenti ragioni:

- errore umano
- cause tecniche;
- strutturali;
- materiale rotabile;
- cause esterne;
- cause non prevedibili.

In particolare, gli eventi critici all'interno delle gallerie essendo eventi rari sono solitamente rappresentati con un modello di Poisson.

$$p_i(n, T) = \frac{(\mu T)^n}{n!} e^{-\mu T}$$

con

n = frequenza di accadimento dell'incidente;

T = periodo di tempo;

i = classe di pericolo;

n = numero degli eventi, n = 0, 1, 2, ...;

$\mu$  = tasso,  $\mu > 0$ , anche detta frequenza media alla quale gli eventi accadono;

$\mu T$  = parametro della distribuzione di Poisson.

La stima della probabilità di accadimento degli eventi appartenenti al rischio attivo dipende dal funzionamento di un sistema di trasporto e dei singoli elementi che lo compongono.

Al contrario, la probabilità di accadimento degli eventi appartenenti al rischio passivo, per esempio i terremoti e le alluvioni, non è oggetto dell'analisi del rischio trasporti, ma viene normalmente considerata come risultato di altre discipline, per esempio le mappe del rischio sismico, del rischio idrogeologico, ecc.

#### *Metodologie di stima del rischio nelle gallerie ferroviarie*

Un metodo di misurazione del rischio quantitativo, con particolare riferimento alle gallerie ferroviarie, è stato proposto nel lavoro di tesi elaborata nel XXV Corso di Dottorato in Infrastrutture e Trasporti dell'Università La Sapienza dal titolo "Il rischio di incendio nelle gallerie ferroviarie l'elaborazione di Piani di Emergenza Esterna dell'Ing. Giovanni Rainoldi, in cui si propone un modello di calcolo del rischio integrato.

Il modello di valutazione della sicurezza globale all'interno di una galleria, si basa sulla definizione di sottomodelli:

- Modello di calcolo della frequenza di incidente in galleria;
- Modello di valutazione di sistemi di rilevazione anomalia;
- Modello di arresto convoglio in emergenza;
- Modello di attivazione delle procedure di auto salvataggio;
- Modello di stima delle conseguenze;
- Modello di valutazione dei soccorsi;
- Modello di evacuazione.

Individuando le interrelazioni, e proponendo una metodologia speditiva di misura del rischio globale associato al passaggio di un convoglio all'interno di una galleria.

### 2.1.2.3 Criteri di valutazione e ponderazione del rischio trasporti – criteri di accettabilità

I criteri di valutazione dipendono dagli obiettivi imposti al valutatore e dal contesto in cui si trova l'infrastruttura.

Una qualunque infrastruttura deve essere intesa come un meccanismo che, per garantire la massima resa, deve funzionare in ogni sua parte. L'incidente è l'evento temibile di una attività a rischio, che nel trasporto di persone, spesso si accompagna, nella sua forma più grave, alla perdita di vite umane.

Lo studio dell'incidentalità di una infrastruttura deve essere correttamente collegato alle metodologie dell'analisi del rischio, al fine di ricavare una chiave completa di interpretazione del fenomeno.

I criteri di valutazione del rischio sono spesso riconducibili a dei criteri di accettabilità del rischio. Soprattutto nell'ambito dell'ingegneria della sicurezza industriale diversi enti normatori hanno quantificato tale criterio Figura 2.2 e Figura 2.6.

Per esempio, nel 1989, il dipartimento Health and Safety Executive nel Regno Unito, ha pubblicato il documento "Risk Criteria for Land Use Planning in the Vicinity of Major Industrial Hazards". I criteri di determinazione del rischio individuale (IR) sono [Figura 2.6]:

- $IR > 1.0 \times 10^{-6}$  per anno: accettabile
- $IR > 1.0 \times 10^{-5}$  per anno: non accettabile
- $IR > 1.0 \times 10^{-6}$  per anno: non accettabili per grandi aree di sviluppo urbano

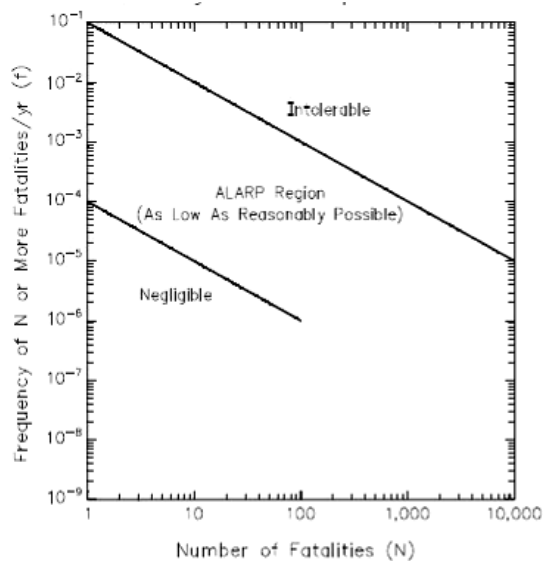


Figura 2.6– Criterio di accettabilità per le curve F/N. Esempio di applicazione: linee guida proposte dalla Health and Safety Executive (HSE), United Kingdom

Altri enti hanno emanato linee guida rappresentative, come il PDVSA Figura 2.7. Questo metodo, che si avvicina di più alle metodologie prescrittive attualmente diffuse in Italia, è caratterizzato da curve logaritmiche ad andamento lineare. Le curve separano il rischio accettabile "minimal risk (tolerable)" e il rischio non accettabile "intolerable risk" con una regione intermedia chiamata "reducible risk." Che potrebbe essere interpretata come l'area ALARP del HSE. Una ragionevole riduzione del rischio si potrebbe analizzare secondo un metodo di analisi costi-benefici. Se il beneficio, inteso come riduzione del rischio giustifica il costo, le misure di riduzione del rischio dovrebbero essere intraprese e implementate.

Come in tutti i processi di misura del rischio sociale, l'aumento di misure compensative del rischio potrebbe non portare a una proiezione della curva  $f/N$  all'interno della regione di accettabilità. Alla fine dell'analisi del rischio spetta al soggetto gestore stabilire e decidere se il rischio atteso è abbastanza basso da poter essere ritenuto comunque accettabile.

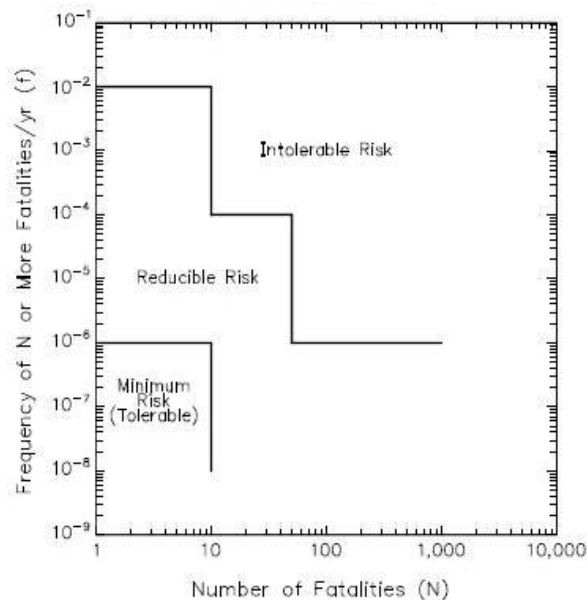


Figura 2.7 – Criterio di accettabilità per le curve F/N. Esempio di applicazione Petr6leos de Venezuela, S.A. (PDVSA), compagnia petrolifera statale venezuelana.

Altri valori di F ritenuti validi nell'aviazione civile e negli impianti nucleari relativamente alla gravità degli eventi sono  $10^{-9}$  probabilità per gli eventi catastrofici,  $10^{-1}$  per gli eventi estremamente rari e  $10^{-5}$  per gli eventi rari.

Il termine di riferimento è il livello di sicurezza che la collettività reputa necessario raggiungere, per una determinata situazione di vita o di lavoro, a fronte dell'esercizio di una determinata attività.

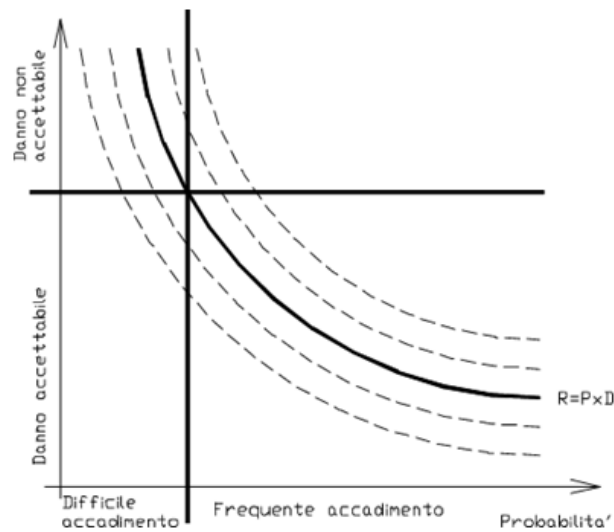


Figura 2.8 - Curve di isorischio. Identificazione delle aree di non accettabilità del rischio.

L'esame del tipo di conseguenza del guasto e delle probabilità dell'evento permette di definire una griglia di accettabilità: a ogni evento indesiderato si associa un punto, che si troverà sulla curva caratterizzata da un livello di rischio  $R_i$  del diagramma, e si verifica che esso sia al di sotto della soglia massima di accettabilità  $R_{max}$ . [figura 2.8]

In caso contrario sarà necessario adoperarsi per riportare il rischio entro i livelli di accettabilità: intervenire o sulla frequenza di accadimento (misure di prevenzione) o sulla magnitudo degli effetti (misure di protezione).

Criteri di accettazione del rischio comunemente utilizzati nelle infrastrutture di trasporto sono [19]:

- il principio ALARP (As Low As Reasonably Practicable), basato sul concetto di rischio sociale, recita: il rischio sociale deve essere valutato per ogni attività antropica che possa provocare sinistri risultanti in un numero significativo di fatalità; Figura 2.9
- il principio MEM (Minimum Endogenous Mortality), basato sul concetto di rischio individuale, recita: il rischio connesso ad un nuovo sistema di trasporto non dovrebbe aumentare in modo significativo il tasso di mortalità endogena di un individuo;
- il principio GAMAB (Globalement Au Moins Aussi Bon), non direttamente connesso ai concetti di rischio sociale e rischio individuale, recita: un nuovo sistema di trasporto deve assicurare un livello di rischio globalmente almeno pari al livello di rischio di un sistema esistente ad esso affatto analogo.

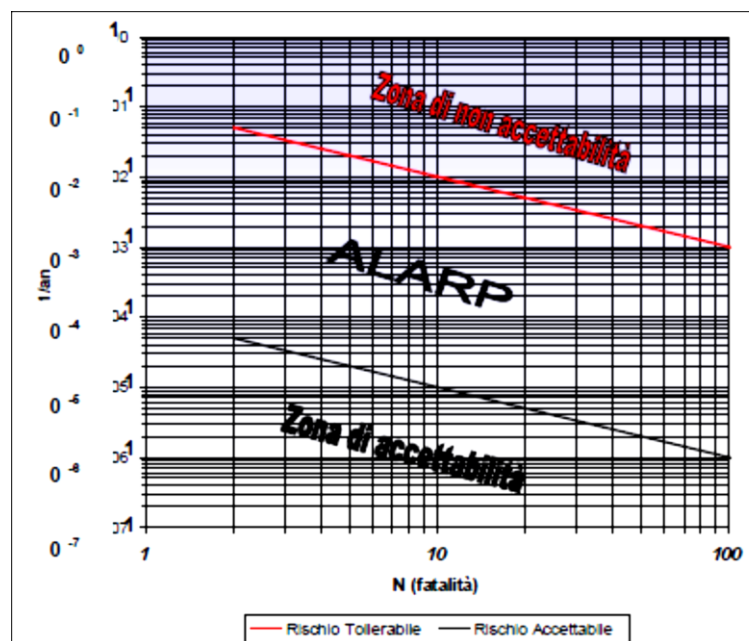


Figura 2.9 - Curve di F/N. Identificazione delle aree di non accettabilità del rischio e della zona ALARP. Pag. 61[7]

Stabiliti i criteri di rischio questi devono essere ponderati. Il processo di ponderazione del rischio consiste nell'applicazione del criterio di accettabilità del rischio alla misura che ne viene fatta.

#### 2.1.2.4 La valutazione del rischio incendio secondo D.M. 28 ottobre 2005

La valutazione del rischio prescritta nel D.M. 28 ottobre 2005 “Sicurezza nelle gallerie ferroviarie” è di tipo prestazionale. L'analisi del rischio può essere base o estesa secondo determinati parametri.

La procedura di analisi del rischio, di tipo quantitativo è basata sulla scomposizione del sistema treno-galleria nei sottosistemi componenti infrastruttura, materiale rotabile e procedure operative. La procedura di analisi di rischio definita all'interno del decreto fa ricorso alle tradizionali tecniche ad Albero degli Eventi e ad Albero delle Cause. I rischi sono individuati secondo predeterminati scenari (Analisi del rischio base, ARB) o più scenari (analisi del rischio estesa, ARE). Il dimensionamento delle conseguenze associate a ciascun probabile evento finale è determinato da formulazioni empiriche in ipotesi conservative sulla base di standard internazionalmente riconosciuti (ISO, NFPA, NIST). Gli scenari incidentali di riferimento sono:

- Incendio (S1);
- Deragliamento (S2);
- Collisione (S3).

Gli scenari vanno generati empiricamente analizzando le serie storiche degli incidenti ferroviari e valutando per ognuno la significatività in termini di probabilità e di conseguenze. I singoli scenari incidentali evolvono verso una conseguenza di danno severo ( $D_{max}$ ), meno severo ( $D_{min}$ ) o intermedio, in funzione della presenza della resa (efficacia ed efficienza) dei sistemi produttivi e mitigativi a livello di infrastruttura, materiale rotabile e procedure operative. Si fa notare come tali scenari siano di tipo attivo e si tralasciano nella procedura scenari di tipo passivo.



L'ARB costituisce una procedura semplificata per la valutazione dell'incolumità e sopravvivenza dei passeggeri, nei casi in cui la loro sopravvivenza sia condizionata essenzialmente dall'autosoccorso. Tale analisi viene definita sulla base dello scenario incidentale incendio in galleria con perdita di mobilità del rotabile. La procedura di analisi di rischio base viene descritta all'interno degli annessi D1 e D2 del decreto.

L'ARE costituisce una procedura nella quale si approfondisce il livello di dettaglio aumentando il numero di scenari incidentali di riferimento approfondendo lo studio delle cause di innesco dei singoli eventi iniziatori degli scenari.

Tabella 2.1 – condizioni di applicazione dell'analisi del rischio secondo il D.M. 28 ottobre 2005

<i>Lunghezza galleria L [m]</i>	<i>Presenza Requisiti Minimi</i>	<i>Traffico &lt; 220 treni/giorno</i>	<i>Assenza inversioni di pendenza</i>	<i>Tipo di analisi</i>
<i>L &lt; 1000</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	-
<i>L &lt; 1000</i>	<i>sì</i>	<i>sì</i>	<i>sì</i>	<i>Nessuna (ZRM)</i>
<i>1000 &lt; L &lt; 2000</i>	<i>sì</i>	<i>sì</i>	<i>sì</i>	<i>Nessuna (ZRM)</i>
<i>1000 &lt; L &lt; 2000</i>	<i>no</i>	<i>sì</i>	<i>sì</i>	<i>ARB</i>
<i>1000 &lt; L &lt; 2000</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>sì</i>	<i>ARE</i>
<i>1000 &lt; L &lt; 2000</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>ARE</i>
<i>2000 &lt; L &lt; 9000</i>	<i>sì</i>	<i>sì</i>	<i>sì</i>	<i>ARB</i>
<i>2000 &lt; L &lt; 9000</i>	<i>no</i>	<i>sì</i>	<i>sì</i>	<i>ARB</i>
<i>2000 &lt; L &lt; 9000</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>sì</i>	<i>ARE</i>
<i>2000 &lt; L &lt; 9000</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>ARE</i>
<i>L &gt; 9000</i>	<i>sì</i>	<i>sì</i>	<i>sì</i>	<i>ARE</i>

Per i percorsi metropolitani attualmente conosciuti potrebbero applicarsi le prime due aree della tabella 2.1.

Si definisce Zona Requisiti Minimi (ZRM) le gallerie tra i 1000 m e i 2000 m caratterizzate da un traffico di 220 treni/giorno e senza inversioni di pendenza altimetrica. Nella ZRM, il rispetto dei requisiti minimi (allegato II del decreto) costituisce condizione sufficiente a garantire un adeguato livello di sicurezza. Per tali gallerie non è richiesta una specifica analisi di rischio.

Per gallerie al di fuori della ZRM, l'adozione della procedura di analisi del rischio base (ARB) e il rispetto dei requisiti minimi costituisce condizione sufficiente a garantire un adeguato livello di sicurezza.

La ARB stabilisce la verifica di incolumità e di auto salvamento dei passeggeri, nell'ipotesi di scenari che possano mettere in pericolo la sopravvivenza dei passeggeri in condizione di solo autosoccorso

Tuttavia, nell'allegato III si specifica che è compito specifico di un'opportuna analisi del rischio quello di studiare gli effetti che l'insieme delle misure di protezione, mitigazione, facilitazione hanno avuto allo scopo di ridurre il rischio. Le interferenze che tali misure potrebbero generare vicendevolmente devono essere considerate ai fini dell'efficientamento delle stesse.

Nel caso non fossero rispettati i requisiti minimi e fosse necessario l'introduzione di altri sistemi contenuti tra quelli integrativi (economicamente meno impattanti o tecnicamente adottabili a differenza dei requisiti minimi di base), è necessaria un'analisi del rischio regolamentata dal decreto stesso che dimostri come l'introduzione di misure integrative riportano il rischio ad essere equivalente o minore a quello della galleria in esame rispettante dei requisiti minimi di base.

I livelli di accettabilità del rischio vengono definiti sulla base di due indicatori di livello di rischio IR e CR che definiscono il livello di sicurezza del passeggero associato alla singola specifica galleria.

Il livello di Rischio Atteso Individuale (IR) è espresso come

$$IR = \frac{R}{pax \cdot km \cdot anno}$$

con

$$R = \sum_{i=1}^n p_i C_i$$

R = livello di rischio atteso;

$p_i$  = probabilità accadimento della  $i$ -esima conseguenza;

$C_i$  = valore di indicare del danno associato alla  $i$ -esima conseguenza

$n$  = numero di eventi conseguenza previsti

per esempio, alla conseguenza *morte* è definito un livello di accettabilità se

$$IR < 10^{-9}$$

Per valori di incertezza compresi tra

$$10^{-11} < IR < 10^{-9}$$

ovvero rientranti nella zona di attenzione invece viene richiesta una valutazione più accurata e in estrema analisi una di tipo ALARP.

Il rischio cumulato (CR) invece è riferito a un determinato evento come la fatalità e misura la distribuzione di probabilità cumulata del livello di danno riferita a un anno:

$$CR = P\left(\frac{N}{km \cdot anno}\right)$$

In relazione al piano di F/N o P/N si introduce una soglia di accettabilità in base a predeterminate soglie come in Figura 2.10.

Il rischio cumulato deve essere associato al rischio individuale.

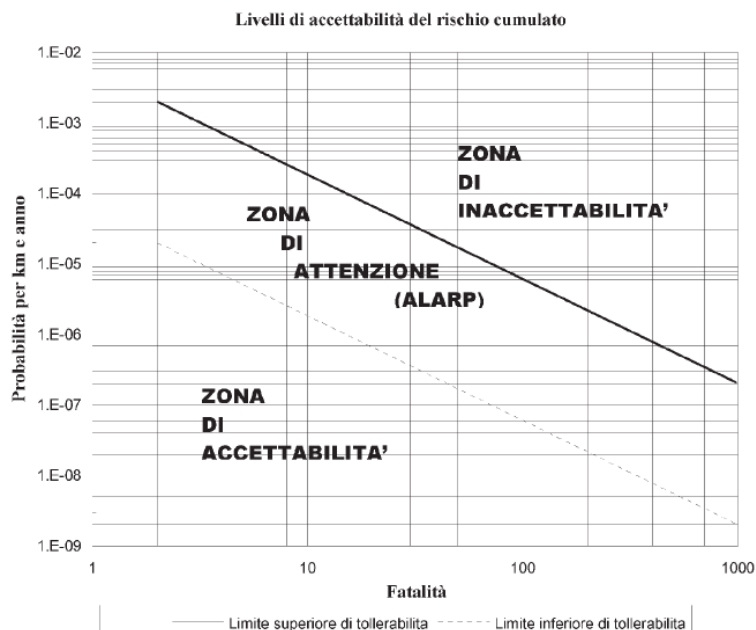


Figura 2.10 - Curve di F/N. Livelli di accettabilità del rischio cumulato CR e della zona ALARP nelle gallerie ferroviarie. [15] -allegato III-tavola 3.4.1

#### 2.1.2.5 La valutazione del rischio incendio secondo il DM 10-03-98

Definendo opportunamente un limite che separa i tre livelli di rischio previsti dalla normativa, ed eseguendo il calcolo per la specifica attività in esame, è possibile determinare in quale delle tre fasce di rischio (basso, medio o elevato) ricade l'attività.

Si tratta di valutazione del rischio residuo di incendio associato ad una attività lavorativa. Il rischio residuo di incendio è il rischio che permane una volta applicate tutte le procedure per l'identificazione, l'eliminazione, la riduzione e il controllo dei pericoli.

È necessario definire per ogni attività o locale, il grado di sicurezza desiderato, fissando un rischio accettabile al di sotto del quale il rischio residuo deve essere confinato.

Il risultato della valutazione del rischio di incendi deve fare parte integrante del Documento di Valutazione dei Rischi (DVR) previsto dal D.Lgs. 81/2008 tra gli obblighi del datore di lavoro.

La valutazione del rischio di incendio va revisionata periodicamente ed ogni qualvolta intervengano modifiche nell'attività che abbiano impatto sulla sicurezza antincendio.

A valle della valutazione del rischio di incendio residuo, nel caso sia il caso di ridurlo ulteriormente per rientrare nel rischio valutato come accettabile in relazione alla situazione di esercizio dell'attività considerata, è possibile individuare ulteriori interventi che riducano il rischio.

Il rischio può essere tenuto sotto controllo e ridotto tramite ben progettati piani di emergenza.

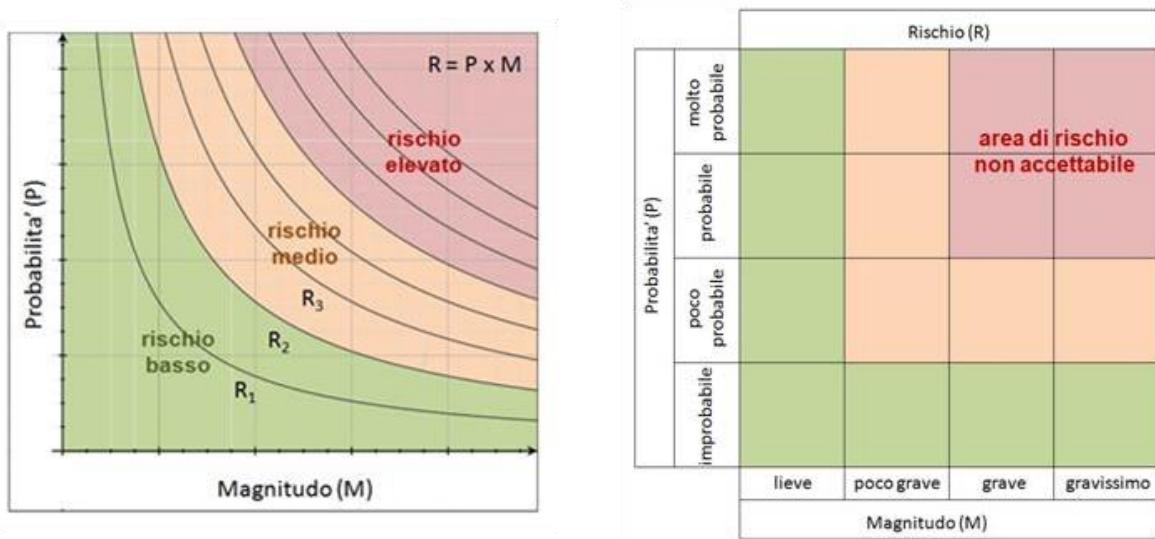


Figura 2.11 - Analisi del rischio tramite le curve di isorischio e tabelle di rischio.

### 2.1.2.6 La valutazione del rischio incendio secondo il DM 3 agosto 2015

Il codice prevenzione incendi si occupa della progettazione antincendio nel suo complesso. La valutazione rientra nel processo di progettazione come base strategica come illustrato nella Figura 2.12. Il Codice prevede che il progettista valuti il rischio di incendio per l'attività e le attribuisca tre tipologie di profili di rischio:

- $R_{vita}$ ;
- $R_{beni}$ ;
- $R_{ambiente}$ .

Il profilo di rischio  $R_{vita}$  è attribuito per ciascun compartimento dell'attività secondo i seguenti parametri:

- caratteristiche prevalenti degli occupanti che si trovano nel compartimento antincendio;
- velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio riferita al tempo ( $t_\alpha$ ) in secondi impiegato dalla potenza termica per raggiungere il valore di 1000 kW.

Selezione del fattore  $\delta_{occ}$  : caratteristiche prevalenti degli occupanti: occupanti in transito [tabella g.3-1: caratteristiche prevalenti degli occupanti];

$$\delta_{occ} = E$$

Selezione del fattore  $\delta_\alpha$  velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio media  $t_\alpha$  [s] = 300

Il valore di  $R_{vita}$  è determinato come combinazione di  $\delta_{occ}$  e  $\delta_\alpha$ , come da tabella G.3-4

$$R_{vita} = E2$$

Il profilo di rischio  $R_{beni}$  è attribuito per l'intera attività secondo i seguenti parametri:

- un'opera da costruzione si considera vincolata per arte o storia se essa stessa o i beni in essa contenuti sono tali a norma di legge;

- un'opera da costruzione risulta strategica se è tale a norma di legge o in considerazione di pianificazioni di soccorso pubblico e difesa civile o su indicazione del responsabile dell'attività.

Dalla tabella G.3-6: determinazione di  $R_{beni} = 3$ .

Il profilo di rischio  $R_{ambiente}$  è attribuito per l'intera attività. Il rischio ambientale, se non diversamente indicato nel presente documento o determinato in esito a specifica valutazione di rischio, può ritenersi mitigato dall'applicazione di tutte le misure antincendio connesse ai profili di rischio  $R_{vita}$  e  $R_{beni}$ , che consentono, in genere, di considerare non significativo tale rischio. Le operazioni di soccorso condotte dal corpo nazionale dei vigili del fuoco sono escluse dalla valutazione del rischio ambientale.

Effettuata la valutazione del rischio di incendio per l'attività e stabiliti i profili di rischio  $R_{vita}$ ,  $R_{beni}$  e  $R_{ambiente}$ , nei pertinenti ambiti (compartimento o intera attività) il progettista attribuisce alle misure antincendio i relativi livelli di prestazione.

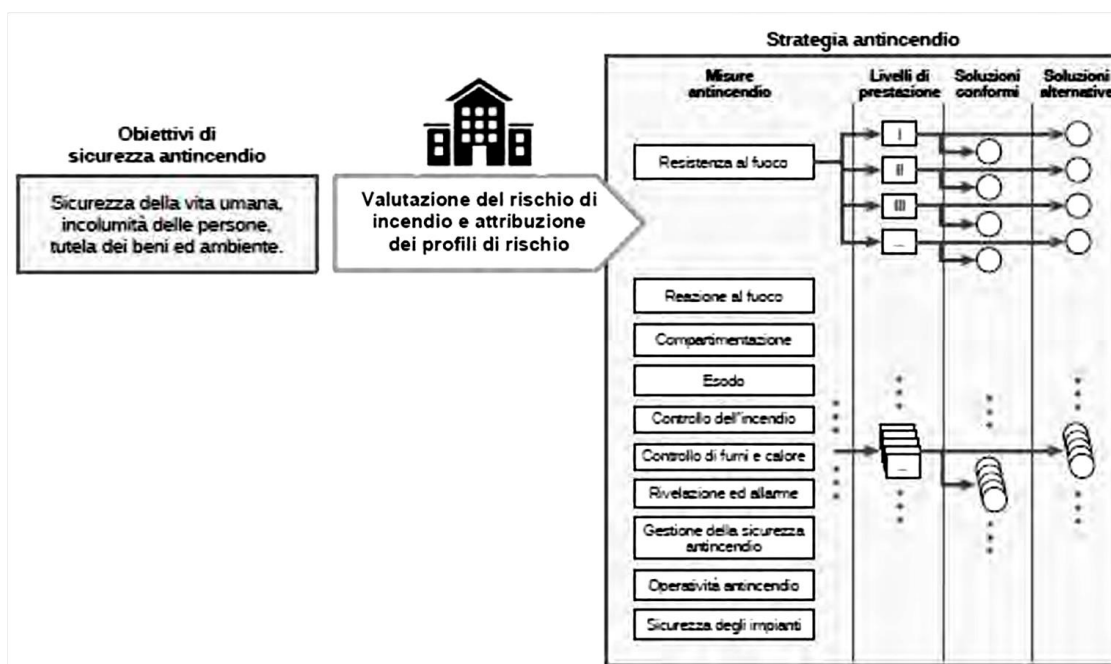


Figura 2.12 – DM 3 agosto 2015. Illustrazione G 2.1: Schematizzazione della metodologia generale [5]. Ruolo della valutazione del rischio.

### 2.1.3 Rapporto tra Rischio ed Emergenza

Come visto, soprattutto nell'ottica progettuale prestazionale, la valutazione dei rischi è alla base del processo di definizione delle misure di protezione e prevenzione. In modo interattivo quest'analisi conduce anche alla verifica dei sistemi adottati.

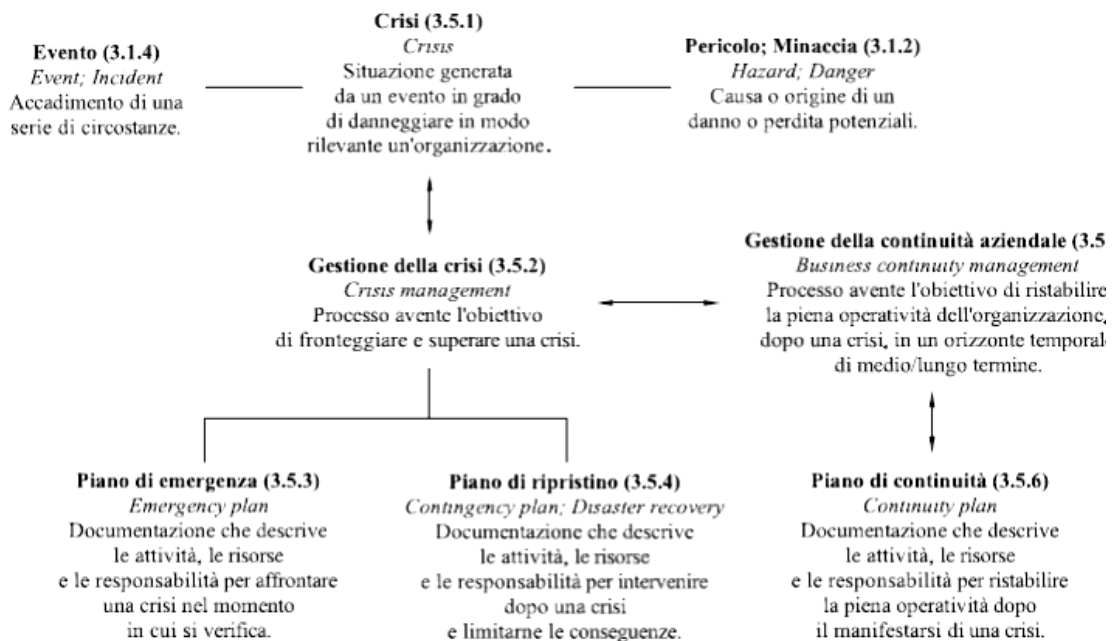
Una buona progettazione conduce sempre a una proiezione del rischio all'interno delle zone di accettabilità, definita o stabilita. Il trasporto quindi viene svolto con la consapevolezza della presenza costante di una quota di rischio così basso da essere ritenuto accettabile.

Tuttavia, anche a seguito di una buona progettazione delle misure preventive e una realizzazione altrettanto ineccepibile dei sistemi attuativi delle misure, possono verificarsi nel sistema delle situazioni di crisi che ne pongono in discussione il corretto funzionamento. La sicurezza assoluta non è raggiungibile in nessuna attività umana, qualunque siano le risorse impegnate per ottenerla. In altri termini la sicurezza assoluta è il limite a cui tende asintoticamente il valore della sicurezza reale.

L'emergenza è una disfunzione che porta in crisi il sistema operativo veicolo-infrastruttura. Una crisi è data da un evento incidentale che può generare una minaccia. Il rischio quindi viene a essere proiettato in un'area di inaccettabilità, senza preavviso e in tempi brevi.

In questa imprevista situazione di crisi l'obiettivo principale è quello di riportare il valore del rischio all'interno di un'area di accettabilità in tempi altrettanto brevi, tempo di risposta. Il processo di fronteggiamento e superamento della crisi viene affrontato tramite il Piano di emergenza e il Piano di ripristino. Inoltre, per l'importanza che ha un sistema di trasporti nell'obiettivo di assicurare la mobilità, deve essere previsto anche un Piano di continuità. I piani hanno l'obiettivo di stabilire a priori attività, risorse e responsabilità per garantire l'efficienza durante quelle situazioni minacciose in cui il tempo di intervento e le risorse sono ridotte (e lo sono sempre di più nel tempo).

Questi concetti sono ben schematizzati in figura 2.13.



2.13 Figura – Concetti relativi alla gestione della crisi UNI ISO 11230 – figura A.5

### 2.1.3.1 Efficienza, costi e sicurezza

La misura dell'efficienza di un trasporto è materia assai complessa e non verrà trattata in questo elaborato. Si vuole però far emergere la stretta relazione esistente tra efficienza del trasporto, costi e sicurezza.

Un requisito fondamentale per l'efficienza del trasporto è la velocità, nel senso che, in generale, a un sistema di trasporto viene chiesto di realizzare lo spostamento in modo tale da rendere minimi i tempi dello spostamento. Determinanti nella valutazione delle

prestazioni di un trasporto sono prezzo e velocità. Assicurare la sicurezza del trasporto è un elemento altrettanto indispensabile e strettamente connesso per vari aspetti a prezzo e velocità. Non è infatti ammissibile che un trasporto venga effettuato mettendo a repentaglio l'incolumità o la vita stessa di chi lo compie, di chi lo produce o di che ne è estraneo ma può risultarne in qualche modo coinvolto.

In termini generali, come visto, col termine sicurezza possono intendersi la sicurezza strettamente legata alla contingenza di un evento critico, *trigger event*, determinata nel tempo per la vita delle persone, i beni e l'ambiente, ma è altrettanto possibile identificare col termine sicurezza la garanzia di mantenimento nel tempo di un'attività. Attività che a sua volta può coinvolgere vita, beni e ambiente. Col termine sicurezza si intende quindi anche un servizio, ovvero l'organizzazione e la sintesi di tutti quegli elementi che garantiscono il perdurare di un'attività nel tempo. Tale possibilità è realizzabile solo nel momento in cui si impedisce ai parametri che caratterizzano l'attività o il servizio di non deteriorarsi, di non decadere e mantenere livelli qualitativi sufficientemente costanti e, potendo, migliorandoli.

Al concetto di sicurezza è associato anche quello di affidabilità. Il mantenimento di tali parametri caratterizzanti e qualificanti sia elementi strutturali che elementi di servizio è gestito da una opportuna manutenzione, quantificata attraverso piani previsionali che ne computino gli effettivi costi e allocazione di risorse.

#### 2.1.3.2 Incidenti ed emergenza

L'incidente è spesso identificato come l'evento atipico che ha generato una conseguenza dannosa. La teoria probabilistica di determinazione degli incidenti ci permette però di ampliare tale concetto in primis ampliando lo spazio-temporale di applicazione e identificando l'incidente come fenomeno generato da una serie di eventi concatenati che ha una durata nel tempo più o meno lunga.

L'incidente scatenante viene definito nella Scienza della sicurezza come Evento critico iniziatore o Trigger Event.

All'interno dell'evento incidentale quindi si possono verificare diverse situazioni identificate in sequenza temporale come segue:

- Situazioni o condizioni non sicure
- Azioni pericolose
- Incident - problema occorrenza negativa
- Trigger event - Evento critico (iniziatore)
- Accident - incidente che ha creato un danno
- Stato di emergenza

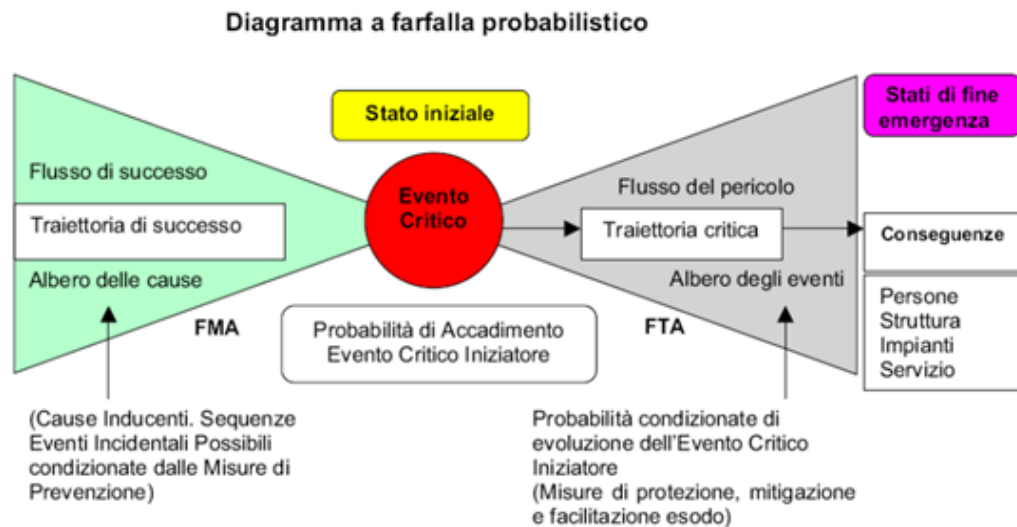


Figura 2.14 – Diagramma a farfalla probabilistico per l’analisi degli eventi incidentali in una galleria stradale. Savino Rinelli, Edoardo Mariani, “corso di teoria delle infrastrutture viarie-sicurezza nelle gallerie stradali”, 2009.

Ne conseguono alcune considerazioni importanti tra cui, utili per questa trattazione, che

- Tutti gli incidenti sono determinati da situazioni di rischio, ma non tutti gli incidenti sono da considerarsi dannosi e quindi a maggior ragione non tutti gli eventi incidentali implicano la possibilità di uno stato di emergenza;
- uno stato di emergenza ha sempre connaturate conseguenze dannose per persone, strutture, impianti e servizio.

Emergenza, pertanto, è sempre la conseguenza di un evento incidentale nel senso ampio del termine. È di fondamentale importanza, in fase di valutazione rischi la possibilità o meno a seguito di un evento critico della generazione di emergenza. Attraverso l’analisi delle criticità di rischio determinare quando per ogni rischio ed evento incidentale ha inizio lo stato di emergenza.

## 2.2 Definizione delle condizioni operative (infrastruttura, materiale rotabile)

Dall’analisi di vulnerabilità e dall’analisi di rischio il progettista definisce il layout progettuale e quali strumenti di sicurezza adottare tramite l’individuazione e la progettazione dei requisiti di sicurezza consentendo l’ottimizzazione tra interventi strutturali, impiantistici e gestionali.

Di seguito si considerano i parametri caratteristici tipici del trasporto metropolitano.

### *Introduzione al trasporto metropolitano*

Le metropolitane sono identificate ufficialmente dalla seguente definizione: “sistema di trasporto rapido di massa, di alta capacità e frequenza nell’ambito delle conurbazioni, costituito da veicoli automotori o mossi da veicoli automotori circolanti su rotaia, ovvero con altra guida vincolante e completamente svincolata da qualsiasi altro tipo di traffico, con regime di circolazione regolata da segnali” [25].



Per definire il rischio esistente per l'infrastruttura di trasporto il primo passo da compiere è definire l'ambiente, le strutture e i mezzi che compongono l'infrastruttura stessa, quindi, le caratteristiche di funzionalità soprattutto legate al traffico. Il trasporto delle ferrovie metropolitane avviene per la maggior parte su vie che si sviluppano in gallerie sotterranee. Come suggerisce anche la UIC (Union Internationale des Chemins de fer or International Union of Railways) trattando UIC-779-9 "Safety un railway tunnels" l'analisi del rischio deve fare riferimento alla scomposizione nei sottosistemi infrastrutture, materiale rotabile e procedure operative. Questi aspetti influenzano i parametri di dimensionamento del rischio precedentemente trattati e indirettamente permettono di identificare quegli aspetti che possono andare a generare situazioni di emergenza. Oltre a ciò si deve constatare come questi aspetti geometrici, funzionali e strutturali vadano a influire sui contenuti dei piani di emergenza e soccorso condizionando le procedure di soccorso, le modalità di esodo degli utenti e l'intervento dei sistemi di protezione dei beni umani, strutturali e di servizio.

La presente trattazione ha come presupposto quello di poter schematizzare l'intera linea in moduli relativamente accomunabili dagli stessi elementi, concentrandosi sull'insieme che una stazione di linea intermedia e le gallerie attigue (almeno 2), che si può dire corrisponda a un modulo ripetibile per tutta la linea metropolitana. Altri moduli più complessi che non verranno trattati sono: i capolinea e le stazioni di interscambio e di interscambio modale. Come si esplicherà nel capitolo 3, tale semplificazione ha luogo di esistere al solo fine di rendere più fruibile la trattazione.

Per la fase di schedatura del sistema si dovranno considerare:

- caratteristiche geometriche
- caratteristiche strutturali;
- caratteristiche impiantistiche dell'opera;
- caratteristiche sul traffico;
- caratteristiche sull'incidentalità;
- eventuali particolarità esterne che possono rappresentare fattori di pericolo.

L'ambito di competenza del gestore dell'infrastruttura per la valutazione del rischio riguarda gli ambienti compresi dai varchi di accesso, dal piano stradale alle stazioni, e comprende la stazione, i piani intermedi e le gallerie o i percorsi di collegamento tra stazioni intermedie.

Sarebbe auspicabile la creazione di un database secondo criteri codificati per una classificazione e ripetibilità delle considerazioni fatte relativamente alla valutazione dei rischi e all'elaborazione dei piani di emergenza per ogni stazione metropolitana, cosa che, durante la ricerca del presente elaborato presso i vari enti interessati, non è stata riscontrata.

### **2.2.1 Caratteristiche geometriche e caratteristiche strutturali;**

Il sistema di trasporto metropolitano è realizzato su guida vincolata normalmente di tipo ferroviario. La caratteristica principale è quella di essere isolata e indipendente dalle infrastrutture del contesto urbano che ne determina lo sviluppo su vie dedicate realizzate sottosuolo (appendice A – [25]). Esiste anche la possibilità che la via si realizzi soprasuolo, ma sempre a condizione che sia completamente segregata e confinata rispetto all'ambiente esterno. Il che significa che devono essere realizzate pesanti separazioni fisiche atte a minimizzare il rischio di invasione della sede da parte di altri veicoli e di

accesso illecito da parte dei pedoni ovvero ragionevolmente invalicabili. Questa necessità oltre a determinare sia costi e tempi di costruzione molto ingenti a causa della necessità di realizzare tratti in galleria o in viadotto con problemi non indifferenti nell’inserimento del sistema di trasporto nell’ambiente urbano, è anche l’aspetto più rilevante per quanto concerne la progettazione della sicurezza e la determinazione del rischio.

La ferrovia metropolitana è un sistema composto da numerosi elementi strutturali tra loro interconnessi che si possono così riassumere in:

- opere civili (stazioni, gallerie di stazione, locali tecnici e depositi);
- sede ferroviaria (posa rotaie, scambi e zone di manovra) e relative opere d’arte (gallerie, viadotti) e manufatti accessori (pozzi di ventilazione, pozzi di accesso, bypass di collegamento tra gallerie);
- veicoli.

Gli elementi costitutivi della metropolitana sono stazioni, alla sede, manufatti e impianti. Le caratteristiche tipiche di progetto utili ad affrontare situazioni di potenziale emergenza verranno specificate nel prossimo capitolo.

Vengono di seguito presi in considerazione alcuni parametri caratteristici utili a definire il trasporto.

**Prospetto 2.1** – Parametri caratteristici per metropolitana, metropolitana leggera, tranvia e tranvia veloce. Valori di riferimento. Appendice B (informativa), Prospetto B.1, UNI 8379 [25].

	Portata potenziale minima per senso di marcia <sup>1)</sup> (posti/h)	Distanziamento <sup>1)</sup> (min)	Capacità convoglio <sup>1)</sup> (passeggeri) <sup>2)</sup>	Distanza media fra le stazioni (m)	Incarrozzamento a livello	Velocità commerciale <sup>1)</sup> (km/h)	Lunghezza max. convoglio <sup>3)</sup> (m)
Metropolitana	24 000	3	1 200	600 - 1 000	SI	25	150
Metropolitana leggera	8 000	3	400 oppure 200 <sup>4)</sup>	500 - 800	SI	25	80
Tranvia veloce <sup>5)</sup>	2 700	4	180	350 - 500	Eventuale	15	60
Tranvia	1 000	10	180	200 - 350	Eventuale	10	30

1) Prestazioni potenziali minime in condizioni di massima domanda di trasporto (ora di punta).  
 2) Posti in piedi calcolati sulla base di 6 passeggeri/m<sup>2</sup>.  
 3) Tale parametro influenza le dimensioni delle infrastrutture di fermata o di stazione.  
 4) Valore idoneo per sistemi con distanziamento di 90 s (per esempio automazione integrale).  
 5) È opportuno limitare il numero di attraversamenti di vario tipo (vedere prospetto A.1) mediamente a non più di 3 al km (in tale conteggio possono essere esclusi gli attraversamenti dotati di barriere mobili - vedere A.2.3 d).

### Veicoli

La lunghezza e la larghezza delle vetture usate nelle linee metropolitane dipendono principalmente dalla potenzialità massima richiesta alla linea e dal problema di rendere i più bassi possibili i costi delle opere civili.

In generale le metropolitane esistenti utilizzano convogli composti da sole motrici o da unità di trazione composte da motrici e rimorchiate. La scelta tra le due soluzioni dipende dalla possibilità tecnica di ottenere le prestazioni richieste con equipaggiamenti posti nel sottocassa delle motrici e dalla valutazione dei costi di manutenzione prevedibili. La norma di riferimento è la UNI 11378.

Le caratteristiche dimensionali e strutturali dei veicoli impiegati nei sistemi metropolitani dipendono soprattutto dalla potenzialità massima richiesta al sistema e dal tentativo di contenere al minimo possibile i costi di realizzazione delle opere civili.

La lunghezza indicativa di una vettura per metropolitana pesante, definita dalla norma UNI 7247-73, varia da un valore minimo di 17 m, fino a un valore massimo di circa 22 m. La larghezza massima è 3,10 m e l'altezza del tetto dal suolo è di circa 3,5 m, mentre quella interna delle vetture è di 2,3÷2,4 m. [13]

L'altezza del piano di calpestio dal piano ferro è di circa un metro e deve corrispondere a quella delle banchine di stazione per consentire l'incarozzamento a livello.

Al contrario di quanto avviene nelle tramvie, l'altezza delle banchine non è condizionata dall'ambiente urbano, pertanto l'altezza del piano delle vetture non costituisce un fattore critico agli effetti dell'incarozzamento, ma viene tendenzialmente limitata per ridurre l'ingombro della via e quindi il costo di costruzione delle gallerie.

Un veicolo particolarmente diffuso nella metropolitana milanese è il MeNeGhino (Metropolitana di Nuova Generazione, vero nome del convoglio) presente per un totale di 46 elettrotreni: 20 circolano sulla Linea M1, 17 circolano sulla Linea M2 e 9 circolano sulla Linea M3.

Il treno è modulare; è composto da una coppia di unità di trazione [tabella 2.2], permanentemente accoppiate, composte ciascuna di tre casse di cui due di trazione (fornite ciascuna di 4 motori) e una rimorchiata semipilota con cabina di guida. Ogni convoglio risulta quindi composto di 6 casse con una lunghezza complessiva di circa 105 m; ogni vagone è dotato di 8 porte elettroniche, 4 per lato.

**Tabella 2.2** – Caratteristiche dell'unità di trazione del treno metropolitano. Esempio.

<i>Classe di prodotto</i>	<i>Treno metropolitano</i>
<i>Sistema di trazione</i>	1500 V cc linea aerea - 750 V cc terza rotaia
<i>Altezza incarozzamento da PdF</i>	1100 mm
<i>Piano del ferro</i>	
<i>Potenza continuativa totale UdT</i>	1280 kW
<i>Larghezza cassa</i>	2850 mm
<i>Lunghezza cassa con cabina</i>	17,61 m
<i>Lunghezza cassa senza cabina</i>	17,57 m
<i>Velocità massima</i>	90 km/h
<i>Diametro delle ruote</i>	820 mm
<i>Massa a tara UdT</i>	95,3 t
<i>Massa totale UdT</i>	146,8 t
<i>Unità di trazione</i>	

La potenza complessiva di ciascuna unità di trazione è di 1280 kW. La massa di una vettura motrice va da circa 35 t a vuoto e circa 50 t a pieno carico. Il controllo di potenza è attuato mediante inverter a IGBT. È stato progettato per l'interoperabilità, cioè per essere in grado di circolare con sottosistemi di alimentazione differenti in tensione tra 750 volt (linea 1) e 1500 volt (linee 2 e 3), a corrente continua, e differente sistema di captazione (pantografo sulle linee 2 e 3, terza rotaia sulla linea 1). È in grado di recuperare energia elettrica durante la frenatura fino ad una percentuale prossima al 50%. È inoltre dotato di un avanzato sistema di controllo e sicurezza di marcia e di frenatura con la possibilità di arresto a bersaglio in banchina.

La composizione adottata, senza soluzione di continuità tra le singole unità tutte climatizzate, presenta complessivamente 24 porte per lato ad apertura totale. Gli ambienti, anche ai fini di sicurezza, sono videosorvegliati e dotati di un sistema informativo audio e video digitale con monitor a LCD in comparto.

Tabella 2.3 – Caratteristiche dei convogli metropolitani sulle linee metropolitane di Milano. Esempi.

<i>Linea</i>	<i>Tipo**</i>	<i>Anno</i>	<i>Q.tà di vetture</i>	<i>Velocità max</i>	<i>Costruttore cassa Costruttore motore</i>	<i>Posti*</i>
<i>M1</i>	<i>M</i>	<i>1962-63</i>	<i>24</i>	<i>80 km/h</i>	<i>Breda-OM Ansaldo</i>	<i>32 + 165</i>
<i>M1</i>	<i>M</i>	<i>1989</i>	<i>5</i>	<i>80 km/h</i>	<i>OMS-Socimi Alsthom Mater</i>	<i>32 + 180</i>
<i>M1</i>	<i>R</i>	<i>1968-69</i>	<i>24</i>	<i>-</i>	<i>Breda-OM-SIAI</i>	<i>40 + 173</i>
<i>M1</i>	<i>R</i>	<i>1988</i>	<i>12</i>	<i>-</i>	<i>OMS-Socimi</i>	<i>40 + 190</i>
<i>M1</i>	<i>R</i>	<i>1988</i>	<i>5</i>	<i>-</i>	<i>OMS-Socimi</i>	<i>40 + 190</i>
<i>M2</i>	<i>M</i>	<i>1970-71</i>	<i>20</i>	<i>90 km/h</i>	<i>Breda-OM TIBB</i>	<i>44 + 163*</i>
<i>M2</i>	<i>M</i>	<i>1991</i>	<i>20</i>	<i>90 km/h</i>	<i>OMS-Socimi-Fiat ABB</i>	<i>32 + 180</i>
<i>M2</i>	<i>R</i>	<i>1970-71</i>	<i>20</i>	<i>-</i>	<i>OM-Breda</i>	<i>44 + 190*</i>
<i>M2</i>	<i>R</i>	<i>1991</i>	<i>20</i>	<i>-</i>	<i>Fiat-OMS-Socimi</i>	<i>40 + 190</i>
<i>M3</i>	<i>M</i>	<i>1989</i>	<i>80</i>	<i>90 km/h</i>	<i>OMS Fiat Breda Socimi Ansaldo ABB Marelli Parizzi Fiore</i>	<i>32 + 180</i>
<i>M3</i>	<i>M</i>	<i>2003-04</i>	<i>10</i>	<i>90 km/h</i>	<i>Firema AnsaldoBreda Alsthom Bombardier</i>	<i>32 + 180</i>
<i>M3</i>	<i>R</i>	<i>1989</i>	<i>40</i>	<i>-</i>	<i>OMS-Fiat-Breda-Socimi</i>	<i>40 + 190</i>
<i>M3</i>	<i>R</i>	<i>2002-03-04</i>	<i>5</i>	<i>-</i>	<i>Firema</i>	<i>36 + 187</i>

\*numero di posti = seduti + in piedi,

\*\*Motrici = M, Rimorchi = R

### *Sede ferroviaria*

In generale i principali riferimenti normativi per la realizzazione dei componenti dell'infrastruttura sono esposti in tabella 2.2. e comprendono la progettazione della via, del convoglio, dei sistemi di comunicazione e di allertamento. Sono previste regolamentazioni anche per quanto riguarda gli spazi, banchine e locali di stazione nonché i locali tecnici. Di particolare interesse per il presente elaborato sono le norme che riguardano le indicazioni normative relative al recupero dei passeggeri immobilizzati in linea che rappresenta uno degli aspetti più critici della gestione emergenziale del trasporto metropolitano.

**Tabella 2.4** – Principali norme tecniche italiane per la progettazione, realizzazione ed esercizio delle metropolitane

<b>Norma</b>	<b>Applicazioni legislative</b>	<b>Ambito progettuale</b>
UNI 7508:1996	<i>Metropolitane. Banchine di stazione.</i>	Stazioni
UNI 8097:2004	<i>Metropolitane - Illuminazione delle metropolitane in sotterranea ed in superficie</i>	Stazioni
UNI 8207:2003	<i>Metropolitane - Segnaletica per viaggiatori - Prescrizioni generali</i>	Stazioni
UNI 8686	<i>Metropolitane. Locali di servizio nelle stazioni. Generalità.</i>	Stazioni
UNI 8686-8:1987	<i>Metropolitane. Locali di servizio nelle stazioni. Vani accessori.</i>	Stazioni
UNI 9406:1989	<i>Metropolitane. Atrii di stazione. Direttive di progettazione</i>	Stazioni
UNI 7744:1998	<i>Metropolitane - Corridoi, scale fisse, scale mobili e ascensori nelle stazioni - Direttive di progettazione</i>	Stazioni
UNI 11168-1:2006	<i>Accessibilità delle persone ai sistemi di trasporto rapido di massa - Parte 1: Criteri progettuali per le metropolitane</i>	Stazioni
UNI 8686-2:1985	<i>Metropolitane. Locali di servizio nelle stazioni. Locali per impianti di sicurezza d' esercizio e telecomunicazioni.</i>	Locali speciali e Impianti
UNI 8686-3:1985	<i>Metropolitane. Locali di servizio nelle stazioni. Locali per fornitura e controllo energia elettrica.</i>	Locali speciali e Impianti
UNI 8686-4:1987	<i>Metropolitane. Locali di servizio nelle stazioni. Locali di ventilazione e per impianti idrici e termici.</i>	Locali speciali e Impianti
UNI 8686-5:1987	<i>Metropolitane. Locali di servizio nelle stazioni. Locali per impianti di sollevamento persone.</i>	Locali speciali e Impianti
UNI 8686-6:1987	<i>Metropolitane. Locali di servizio nelle stazioni. Locali per il personale e per servizi diversi.</i>	Locali speciali e Impianti
UNI 8686-7:1987	<i>Metropolitane. Locali di servizio nelle stazioni. Locali di servizio per il pubblico.</i>	Locali speciali e Impianti
UNI 8686-8	<i>Metropolitane. Locali di servizio nelle stazioni. Vani accessori.</i>	Locali speciali e Impianti
UNI 8881:1986	<i>Veicoli per ferrovie, metropolitane e tranvie. Accoppiatori automatici integrali.</i>	Materiale ferroviario
UNI 7247:1973	<i>Metropolitane. Carrozze con cabina di guida. Dimensioni principali</i>	Materiale ferroviario
UNI 7248:1973	<i>Metropolitane. Carrozze senza cabina di guida. Dimensioni principali.</i>	Materiale ferroviario
UNI 7605:1976	<i>Metropolitane. Illuminazione nell' interno delle carrozze. Caratteristiche generali e prove.</i>	Materiale ferroviario
UNI 8722	<i>Pannelli di laminato plastico a superficie decorativa a base di resine termoindurenti per veicoli ferroviari, tranviari e delle metropolitane. Reazione al fuoco. Classificazione e metodo di prova.</i>	Materiale ferroviario
UNI 7835:1978 Sostituita da UNI 11378:2017	<i>Metropolitane. Segnale di allarme per carrozze metropolitane. Caratteristiche generali.</i>	Materiale ferroviario
UNI 7837:1978	<i>Metropolitane. Impianti di protezione aria compressa per carrozze. Criteri generali di dimensionamento.</i>	Materiale ferroviario
UNI 7348:1974	<i>Metropolitane. Lastre di vetro piano temprato per le finestre laterali e per le porte laterali delle carrozze.</i>	Materiale ferroviario
UNI 8350	<i>Metropolitane. Calcolo di verifica del dimensionamento delle carrozze.</i>	Materiale ferroviario
UNI 8378	<i>Metropolitane leggere. Motrici. Dimensioni, caratteristiche e prestazioni.</i>	Materiale ferroviario
UNI 8731	<i>Metropolitane leggere. Equipaggiamento elettrico.</i>	Materiale ferroviario

<i>Norma</i>	<i>Applicazioni legislative</i>	<i>Ambito progettuale</i>
UNI 8733	Metropolitane leggere. Impianto pneumatico.	Materiale ferroviario
UNI 8770	Finestrini laterali di filobus di veicoli tranviari e di metropolitane leggere. Dimensioni del vano delle strutture e dei vetri.	Materiale ferroviario
UNI EN 15153-1:2016	Applicazioni ferroviarie - Dispositivi esterni di avviso ottici ed acustici per treni - Parte 1: Luci di testa, di posizione e di coda	Materiale ferroviario
UNI EN 15273-1:2017	Applicazioni ferroviarie - Sagoma - Parte 1: Generalità - Regole comuni per infrastruttura e materiale rotabile	Materiale ferroviario
UNI EN 14813-1:2011	Applicazioni ferroviarie - Condizionamento aria per cabine di guida - Parte 1: Parametri di comfort	Materiale ferroviario
UNI EN 13129:2016	Applicazioni ferroviarie - Sistemi di condizionamento per il materiale rotabile ferroviario - Parametri di comfort e prove di tipo	Materiale ferroviario
UNI 9153	Materiale rotabile per metropolitane. Requisiti generali del sistema frenante delle metropolitane.	Materiale ferroviario
UNI 9153 FA 1-90	Materiale rotabile per metropolitane. Requisiti generali del sistema frenante delle metropolitane.	Materiale ferroviario
UNI 9750	Materiale rotabile per metropolitane. Frenatura di stazionamento	Materiale ferroviario
UNI EN 16005:2012	Porte pedonali motorizzate - Sicurezza in uso - Requisiti e metodi di prova	Veicoli Emergenza
UNI EN 16361:2016	Porte pedonali motorizzate - Norma di prodotto, caratteristiche prestazionali - Porte pedonali, diverse da quelle a battente, inizialmente progettate per installazione motorizzata	Veicoli
UNI 9759	Materiale d'armamento tranviario e per metropolitane leggere. Traverse in conglomerato di cemento armato precompresso con tasselli in polietilene. Dimensioni, requisiti e prove.	Veicoli Infrastruttura
UNI 7155:1972	Corpi di boccola a cuscinetti volventi per rotabili ferroviari, tranviari e di metropolitane. Qualità, prescrizioni e prove.	Veicoli Infrastruttura
UNI EN 15220:2016	Applicazioni ferroviarie - Indicatori di frenatura	Veicoli Infrastruttura
UNI 9855-1:1991	Guida automatica di treni per metropolitana. Prescrizioni relative alla guida automatica in linea con macchinista a bordo	Veicoli Gestione
UNI EN 16286-1:2013	Applicazioni ferroviarie - Sistemi di intercomunicazione fra veicoli - Parte 1: Applicazioni principali	Veicoli Infrastruttura
UNI 7360:2010	Metropolitane - Sagoma cinematica e sagoma limite del materiale rotabile - Profilo minimo degli ostacoli e distanziamento fra i binari	Veicoli Infrastruttura
UNI 7836:1978	Metropolitane. Geometria del tracciato delle linee su rotaia. Andamento planimetrico e altimetrico e tolleranze di costruzione.	Infrastruttura
UNI 8386:1982 + AI:1989 UNI 9304	Intercomunicanti tubolari di elastomero per rotabili di ferrovie e metropolitane. Requisiti e prove. Metropolitane e tranvie. Materiale rotabile con soluzioni innovative destinato ai trasporti rapidi di massa. Criteri per determinare l'affidabilità.	Infrastruttura Infrastruttura
UNI 11378:2017 EC 1-2018 UNI 11378:2017 UNI 7361:2010	Metropolitane - Materiale rotabile per metropolitane - Caratteristiche generali e prestazioni Metropolitane - Scostamenti laterali massimi dei rotabili in moto	Infrastruttura Infrastruttura

<i>Norma</i>	<i>Applicazioni legislative</i>	<i>Ambito progettuale</i>
<i>UNI 7312:1974</i>	<i>Prodotti finiti di acciaio laminati a caldo. Tondi per molle per rotabili di ferrovie, metropolitane e tranvie. Dimensioni e tolleranze.</i>	<i>Infrastruttura</i>
<i>UNI 3962:1974</i>	<i>Prodotti finiti di acciaio laminati a caldo. Piatti lisci per molle a balestra ed a bovolo per rotabili di ferrovie, metropolitane e tranvie. Dimensioni e tolleranze.</i>	<i>Infrastruttura</i>
<i>UNI 3961:1974</i>	<i>Prodotti finiti di acciaio laminati a caldo. Piatti rigati per molle a balestra di rotabili di ferrovie, metropolitane e tranvie. Dimensioni e tolleranze.</i>	<i>Infrastruttura</i>
<i>UNI EN 14752:2015</i>	<i>Applicazioni ferroviarie - Sistemi di accesso laterale per il materiale rotabile ferroviario</i>	<i>Infrastruttura</i>
<i>UNI 11076:2003</i>	<i>Modalità di prova per la valutazione del comportamento di protettivi applicati a soffitti di opere sotterranee, in condizioni di incendio</i>	<i>Infrastruttura Emergenza</i>
<i>UNI 11624:2016</i>	<i>Metropolitane, tranvie e ferrovie non interconnesse all'infrastruttura ferroviaria nazionale - Sistemi di registrazione dati di bordo</i>	<i>Gestione</i>
<i>UNI EN ISO 24014-1:2015</i>	<i>Trasporto pubblico - Sistema di gestione interoperabile delle tariffe - Parte 1: Architettura</i>	<i>Gestione</i>
<i>UNI ENV 12796:1999</i>	<i>Telematica del traffico e del trasporto su strada - Trasporto pubblico - Validatrici</i>	<i>Gestione</i>
<i>UNI 8208-5-6-7-8-9-11-14-15-16</i>	<i>Segni grafici per informazione del pubblico.</i>	<i>Gestione</i>
<i>UNI 8208-4</i>	<i>Segni grafici per informazione del pubblico. Ai terni</i>	<i>Gestione</i>
<i>UNI 8208-14</i>	<i>Segni grafici per informazione del pubblico. Scala mobile.</i>	<i>Gestione</i>
<i>UNI 8288</i>	<i>Metropolitane. Ubicazione e forma dei principali segnali ad installazione fissa sulle linee.</i>	<i>Gestione</i>
<i>UNI 7617-2:1976</i>	<i>Rilevamento e segnalazione a fini statistici di dati relativi a incidenti o anomalie di esercizio interessanti servizi pubblici di trasporto. Incidenti interessanti ferrovie e metropolitane.</i>	<i>Gestione Emergenza</i>
<i>UNI 10203:1993</i>	<i>Metropolitane. Recupero dei viaggiatori da treni immobilizzati in linea.</i>	<i>Emergenza</i>
<i>UNI 11289:2009</i>	<i>Metropolitane - Gestione automatica dei sistemi di trasporto rapido di massa senza macchinista a bordo - Recupero dei viaggiatori da rotabili immobilizzati in linea</i>	<i>Emergenza</i>

### 2.2.2 Le caratteristiche delle stazioni

Le stazioni metropolitane sono composte da aree distinte e aventi diverse caratteristiche. Le aree aperte al pubblico delle stazioni comprendono:

- il piano banchine, inteso come il piano in cui avviene la fermata dei treni verso la banchina di stazione, dove avviene il lo sbarco e l'imbarco dei passeggeri. È quindi il primo elemento a essere dimensionato in base al convoglio. Questo livello è parte di quella che è definita *galleria di stazione*, ovvero quel tratto di galleria in cui si affaccia la banchina di stazione e che comprende la banchina stessa;
- i piani intermedi, anche chiamati mezzanini, intesi come i piani nei quali non sono presenti particolari funzioni per il pubblico, in cui sono soltanto ubicati gli accessi ai percorsi di collegamento ed eventualmente a locali tecnici;
- i piani tecnici, accessibili solo al personale dell'Ente Gestore;
- i percorsi di collegamento tra il piano banchine e l'esterno;

- l'atrio, inteso come il piano nel quale ci sono funzioni e servizi utilizzati dal pubblico (ad es. linea di controllo accessi, box agente di stazione, eventuali locali commerciali, macchine emettitrici, ecc.).

Le aree non aperte al pubblico della stazione comprendono:

- i locali per impianti tecnici pertinenti la metropolitana;
- i locali di servizio per il personale di stazione.

Le aree commerciali delle stazioni comprendono:

- le attività commerciali di pertinenza della stazione;
- i locali commerciali adiacenti alle stazioni e comunicanti con esse.

Le stazioni metropolitane nascono con lo scopo di rispondere all'esigenza di omologazione e uniformità data dalla tipologia di traffico a cui è dedicato il trasporto.

Le stazioni metropolitane sono un'interfaccia dell'utenza tra il contesto urbano cittadino e il trasporto [figura 2.15]. Le caratteristiche devono rispondere alle necessità di accessibilità, di fruibilità e funzionalità della linea. La progettazione deve assolvere all'esigenza del corretto scambio tra domanda e offerta di trasporto inteso come rapporto tra viaggiatori e veicoli.



Figura 2.15 – Stazione metropolitana di Milano, Linea 5, fermata San Siro.

Questi luoghi svolgono funzioni definibili di *filtro* e di *serbatoio* tra luoghi accessibili indistintamente a tutte le utenze e luoghi particolarmente delicati come la via di circolazione dei convogli ferroviari e quindi le gallerie sotterranee. Tale aspetto ha particolare impatto nella gestione delle emergenze poiché le stazioni sono nodi strategici per la funzionalità del trasporto, da un lato utili nel caso si debba impedire l'accesso dall'esterno dell'utenza (tramite la regolamentazione o il blocco degli accessi) al fine di proteggere le persone e controllarne i flussi, dall'altro sono i punti di linea in cui è facilitato l'esodo dall'infrastruttura verso luoghi sicuri. Sono da considerarsi luoghi più sicuri rispetto alle gallerie e devono per norma ospitare percorsi di sfollamento, percorsi di sfollamento protetto e luoghi sicuri.





Figura 2.16 – Stazione metropolitana di Milano, Linea 5, fermata San Siro. Sistema gestione del traffico pedonale per ritenuta dell'utenza accedente alla linea in occasione di affollamenti previsti sovradimensionati rispetto alla capienza delle banchine e dei treni.

A titolo di esempio si riporta il caso della linea 5 della Metropolitana di Milano, sulla quale per la fermata di San Siro in occasioni degli eventi dello stadio sono presenti dei sistemi di limitazione di accesso alla stazione in grado di sezionare il traffico pedonale. Inoltre, come misura di compensazione le fermate attigue vengono chiuse in modo tale da incrementare i tempi a disposizione di deflusso del traffico e diluire il carico sulla singola fermata metropolitana, nell'assunzione che l'utente che non accetta di attendere il defluire della coda al tornello si recherà alla fermata più vicina che dista circa 1,5 km essendo l'accesso interdetto alle fermate più attigue.

La tipologia delle stazioni varia in relazione alle caratteristiche dei quartieri cittadini attraversati, della struttura urbanistica nella quale la stazione deve inserirsi, degli elementi caratteristici del tracciato, delle correnti di deflusso dei viaggiatori da servire e delle modalità di controllo previste. I locali devono mantenere una forte identità formale, esterna ed interna, che li rende immediatamente identificabili anche tramite segnali uniformi (UNI-UNIFER 8207) e colori caratteristici di linea. Le norme tecniche prevedono che in progettazione si definiscano i percorsi più brevi, diretti, percettibili e intuibili possibile per arrivare dalla pubblica via alle banchine; si devono evitare il più possibile interferenze con altri flussi e con apparecchiature o installazioni che possono fungere da ostacolo (strutturale o funzionale). Le dimensioni delle stazioni dipendono dal traffico di in treni/ora che deve accogliere la stazione per la funzionalità del servizio, dalla dimensione dei convogli, come si vedrà nel paragrafo dedicato al traffico gli affollamenti. La banchina è lo spazio di scambio dei viaggiatori in arrivo dai convogli e in partenza, pertanto è un elemento critico per la progettazione degli affollamenti. Le dimensioni medie della banchina di stazione sono di circa 105 m di lunghezza per accogliere il treno metropolitano mentre l'area di banchina può essere variabile, ma solitamente ha almeno un valore di 500 m<sup>2</sup>.

In tutte le moderne stazioni, inoltre, per la sicurezza dei passeggeri, sono installate le porte di banchina [figure 2.17] che si aprono all'arrivo dei treni contemporaneamente all'apertura delle porte dei convogli.



Figura 2.17 – Stazione metropolitana di Milano, Linea 5. Porte di banchina.

Oltre alla banchina vi sono gli atri, quegli spazi dove confluiscono i collegamenti con la pubblica via e le banchine di stazione. Gli atri devono essere divisi in due parti: zona esterna a cui può accedere liberamente chiunque, zona interna dell'atrio in cui può accedere solo chi è in possesso di titolo di viaggio. Queste due zone sono separate dalla linea di controllo, attrezzata in vario modo e con tornelli, il cui scopo è quello di impedire un libero accesso in ingresso.

Scopo delle aree esterne:

- Accogliere gli utenti provenienti dalla pubblica via e convogliarli verso le rispettive destinazioni
- Distribuire i viaggiatori provenienti dalla linea metropolitana verso le varie destinazioni;
- Fornire agli utenti servizi di varia natura e genere, pertanto possono essere previsti locali o allestimenti a scopo commerciale;
- Consentire l'accesso a eventuali locali tecnici.

Gli atri, nella zona esterna, ospitano i servizi, le biglietterie automatiche e, dove possibile, attività commerciali, espositive e ricreative [figura 2.18].

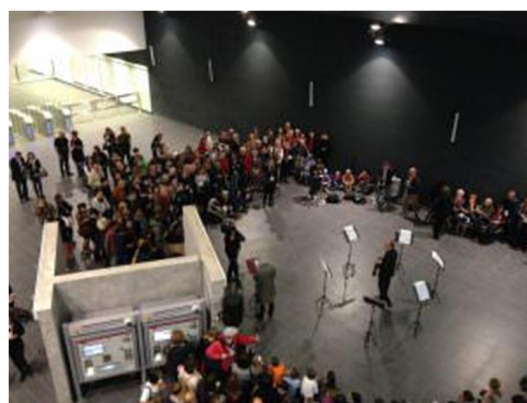


Figura 2.18- Stazione Teano Linea C della metropolitana di Roma. Evento musicale.

Scopo della zona interna:

- accoglienza degli utenti dalle linee e redistribuzione verso altre banchine di altre linee o convogliamento verso l'esterno;
- distribuire i viaggiatori in ingresso verso le banchine di stazione;
- consentire l'accesso a eventuali locali tecnologici;
- non sono previsti locali ad uso commerciali in questa zona.

Le dimensioni orientative della zona esterna degli atri sono:

$$A_{ze} = \frac{n_p}{0,6}$$

con

$A_{ze}$  = Area della zona esterna.

$n_p$  = numero medio di passeggeri che transita nel minuto di massima punta della stazione. Partendo dai dati pubblicati dal gestore dell'infrastruttura, esempio nel caso di Milano [tabella 2.5], si dovranno considerare zone esterne di atrio con una superficie di almeno 500 m<sup>2</sup>.

In ogni caso dovrà essere previsto un lato di almeno 10 m dalla parte della linea di controllo.

Le linee di controllo sono a tutti gli effetti varchi elettronici di accesso e di uscita. Questo elemento di stazione è critico per la funzionalità normale della linea come per la funzionalità in emergenza delle vie di deflusso e degli spazi. Per la norma UNI 9406 in vigore dal 1989, il flusso di ingresso deve essere calcolato in base ai 5 minuti di massima punta, mentre le uscite sono calcolate riferendosi al minuto di massima punta.

La larghezza dei portali non deve essere inferiore a 0,6 m e almeno una deve avere una larghezza di 0,9 m. Il numero di uscite va aumentato di almeno 20 % per considerare eventuali malfunzionamenti. Per i flussi in ingresso si considerano:

- passaggi con controllo a vista del titolo di viaggio: 60 pax/min
- portelli di ingresso normalmente chiusi con controllo automatico magnetico: 20 pax/min
- portelli normalmente aperti (uscita): 30 pax/min
- cancelletti d'uscita a molla: 60 pax/min

Il dimensionamento degli atri si completa poi con le caratteristiche della zona interna, che deve tenere conto delle inevitabili interferenze dei flussi di passeggeri in ingresso e uscite e tra varie linee. Adattamenti sia logistici che areali devono prevedere definizione e separazione dei flussi oltre a una percentuale di sovradimensionamento che tenga conto di tutte le persone temporaneamente presenti. Da qui l'impossibilità di prescrivere un minimo indicativo, anche se nel caso più semplice è possibile sostenere che il valore sarà di stretta derivazione dalle dimensioni di banchina e atrio esterno.

Infine, l'altezza minima dei locali potrà essere di 2,5 m riducibile a 2,35 m in corrispondenza di segnaletica, arredo e illuminazione. In alcuni punti singolari potrebbe essere ammessa un'altezza di 2,10 m. Questo parametro è importante per gli aspetti legati alla vivibilità degli ambienti, ma anche strettamente legato al dimensionamento degli impianti di areazione in condizioni di normale funzionamento e di emergenza, ovvero alle tempistiche di saturazione dei luoghi di atmosfere potenzialmente insalubri e quindi alla possibilità di areazione ed evacuazione di fumi.

Oltre alle caratteristiche sopradette, altri criteri sono seguiti nella progettazione delle stazioni moderne, sulla base delle esperienze che oggi considerano le stazioni sotterranee

anche come luoghi di incontro e non solo di passaggio, animati da attività commerciali, culturali e servizi:

- Pulizia e accoglienza.
- Immediatezza di informazioni.
- Decoro architettonico.
- Funzionalità dei percorsi individuati dalla segnaletica verticale e orizzontale realizzata a pavimento per gli ipovedenti.
- Assenza di barriere architettoniche, saranno dotate anche di percorsi “tattili” per i non vedenti con la segnaletica “a rilievo”.
- Sicurezza pubblica.

### 2.2.3 Caratteristiche impiantistiche dell’opera

L'esercizio di una linea metropolitana trae le sue regole fondamentali di sicurezza e regolarità dalla tecnica dell'esercizio ferroviario. Vi è, però, una diversità fondamentale rispetto alle linee ferroviarie: nell'esercizio metropolitano tutti i treni devono avere le medesime caratteristiche. Le prestazioni del materiale rotabile sono diverse da quelle previste nell'esercizio ferroviario nel quale sono compatibili con treni aventi prestazioni differenti tra loro (esempio: treni rapidi, treni merci, ecc.).

Nonostante questa semplificazione, le caratteristiche dell'esercizio metropolitano portano alla esasperazione delle prestazioni dei treni e degli impianti e ciò richiede una visione particolare dei problemi dell'esercizio, esempio: numero delle aperture delle porte, numero delle manovre degli scambi, frequenze dei treni molto alte (anche 90 secondi), ecc. Le installazioni impiantistiche e la loro efficienza assumono un'importanza ancora più rilevante.

Gli impianti principali per la regolarità del trasporto sono:

- alimentazione elettrica (sottostazioni e linea aerea o terza rotaia);
- impianti di aerazione;
- impianti ausiliari (scale mobili, porte di ingresso, vendita biglietti);
- impianti di segnalamento e automazione;
- telecomunicazioni;
- posto di controllo centralizzato (PCC);
- controllo degli accessi e automatica dei biglietti;
- impianti tecnologici specializzati per lotta incendio e la sopravvivenza delle persone (ventilazione, barriere d’acqua, sprinkler, ecc.).

Le caratteristiche degli impianti devono rispondere strutturalmente a sollecitazioni frequenti e regolari. Inoltre, l’installazione dei componenti di sostegno degli impianti dovrà consentire una particolare resistenza alle vibrazioni e alla fatica causate dall’ordinario passaggio dei treni. Non è raro che le installazioni di impianti particolarmente datati possano essere ammalorate dalle condizioni di esercizio. Si rende noto che le recenti normative tecniche di riferimento per le costruzioni richiedono di calcolare la resistenza a sollecitazioni sismiche da parte di tutti gli impianti. Il 22 marzo 2018 sono entrate in vigore le nuove Norme tecniche per le costruzioni (per brevità *NTC 2018*) a seguito della pubblicazione in Gazzetta Ufficiale del 20-02-2018; nel capitolo 7, sono presenti importanti novità per questi elementi costruttivi, fondamentali per la salvaguardia della vita umana e per la riduzione delle perdite economiche a seguito di un sisma.

Nelle norme viene fornita una chiara definizione di elemento strutturale secondario, elemento costruttivi non strutturali e di impianto:

- Impianti, sono tutti i tipi di servizi senza fare distinzione tra impianti comuni e impianti importanti per la salvaguardia della vita (es. impianti antincendio).
- elementi non strutturali, ovvero le componenti con massa e rigidezza senza funzione strutturale, tali da influenzare la risposta globale della costruzione o comunque significativi per la sicurezza delle persone;
- elementi strutturali secondari, ovvero le membrature trascurabili dal punto di vista di resistenza e rigidezza alle azioni orizzontali e quindi verificabili solo per le azioni gravitazionali;

Nonostante tale distinzione il calcolo della forza sismica semplificata per la verifica di elementi non strutturali resta la medesima.

L'impianto viene definito come l'insieme di impianto vero e proprio, dispositivi di alimentazione e collegamenti tra impianti e struttura principale. Come per gli elementi non strutturali assemblati e costruiti in cantiere, vengono assegnate le responsabilità per ognuna di queste componenti. Il produttore è responsabile della progettazione sismica dell'intero impianto, l'installatore è responsabile per la progettazione degli elementi di alimentazione e dei sistemi di supporto degli impianti mentre il progettista delle strutture è responsabile degli elementi strutturali dove vengono ancorati gli impianti, come riportato nel paragrafo 7.2.4. [Figura 2.19]

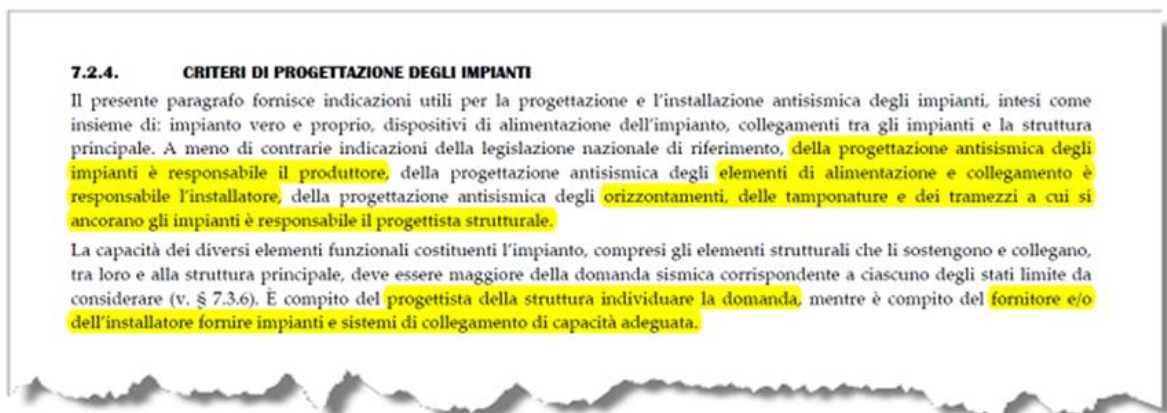


Figura 2.19 - Estratto NTC 2018 par. 7.2.4 [30]

L'attenzione data agli elementi non strutturali, a partire dalla volontà di dare una più nitida rappresentazione normativa degli elementi stessi e di assegnare chiare responsabilità ne conferma la loro rilevanza e rappresenta un ulteriore passo avanti per la riduzione del rischio sismico; inoltre, tale tipo di approccio aiuterà a salvaguardare anche la vita utile degli impianti e la loro efficienza.

Particolare attenzione deve essere posta per gli impianti chiamati ad intervenire in situazioni non ordinarie ed emergenziali (impianti importanti per la salvaguardia della vita) proprio per la necessità di utilizzo immediato e spesso al massimo della funzionalità. Proprio in riferimento a tale esigenza di efficienza, in fase di progettazione si deve tenere conto delle condizioni di esercizio e dei luoghi di installazione degli stessi, con attenzione alle fasi di manutenzione. Questi impianti spesso sono installati nelle gallerie e in luoghi

di difficile accesso, dove le manutenzioni devono essere eseguite in tempi brevi per non incidere sulla resa del servizio.

### *Impianti di automazione*

La gestione delle emergenze nelle metropolitane è influenzata dalla tipologia di esercizio: automatizzato o con macchinista a bordo. La differenza sostanziale è consiste nella possibilità di avere del personale di pronto intervento in caso di anomalia in grado di ricevere direttive o attuare azioni d'urgenza grazie a quell'autonomia decisionale funzionale data al personale con livelli di competenza adeguati.

In caso di marcia automatizzata dei treni, viene comunque previsto dal Gestore dell'infrastruttura la presenza di personale di riferimento viaggiante sulla linea o in sosta nelle stazioni, proprio con funzione di supporto e vigilanza. Si accenna di seguito ai livelli di automazione attualmente utilizzati nelle metropolitane:

- ATP: protezione automatica della marcia dei treni del tipo a controllo continuo di velocità ed arresto di precisione, completato dal dispositivo di "man down".
- ATO: guida automatica del treno secondo diagrammi di trazione predeterminati tra stazione e stazione.
- ATS: regolazione automatica della circolazione dei treni entro certi limiti di perturbazione ed ausilio nei casi più difficili.

In presenza di un appropriato colloquio terra-treno sono possibili i seguenti livelli di automazione (controllo della marcia dei treni):

- la guida manuale controllata da automatismi di tipo puntuale (contatti e boe) che permettono al macchinista un pilotaggio del convoglio sulla base di segnalazioni ricevute da terra in punti prefissati del percorso
- la marcia manuale controllata da dispositivi automatici di controllo continuo della velocità, che assicurano che in nessuna circostanza il treno possa trovarsi in una situazione pericolosa (il controllo della sicurezza è esercitato dal sistema ATP)
- la marcia automatica, eseguita dagli automatismi che fanno capo all' ATO sotto l'incessante controllo dell'ATP, con la presenza di supervisione del macchinista cui spetta il principale compito del controllo porte la marcia automatica integrale senza macchinista a bordo e sempre sotto il controllo dell'ATP

Gli automatismi non riguardano solo la circolazione dei treni. Infatti, nell'esercizio delle metropolitane completamente automatizzate solitamente si trovano impianti di automazione e assistenza dell'emergenza. L'automatismo in questo caso consiste nella registrazione di parametri e dati di ingresso che permettono al sistema informatico il riconoscimento di scenari incidentali (i più diffusi e frequenti, ovvero i più definibili) e i conseguenti algoritmi in grado di attivare in sequenza o in contemporanea tutte quelle misure di protezione legate allo stesso scenario incidentale. Queste automazioni quindi limitano l'azione dispositiva da parte del personale addetto al soccorso alla sola supervisione del corretto e coerente funzionamento dei sistemi automatici, diminuendo le tempistiche decisionali, permettendo l'intervento tempestivo delle azioni di tutela e diminuendo la possibilità di errore nell'intervento.

### *Posto Centrale di Controllo*

Il governo e il controllo di un sistema così complesso richiede l'accentramento in un posto centrale di tutti i comandi e le informazioni di esercizio e di manutenzione.

Lo sviluppo dei livelli di automazione avvenuto in questi ultimi anni ha influenzato anche l'organizzazione del PCC (Posto Centrale di Controllo).

Infatti, i primi impianti di dirigenza centrale operativa erano composti da apparecchiature in grado di comandare e controllare solo i settori circolazione treni e alimentazione elettrica. Oggi sono presenti numerose altre apparecchiature quali i monitor delle telecamere nelle stazioni, a bordo dei treni e nelle gallerie.

Sistemi di rilevamento di situazioni pericolose come per esempio il portale termico o i sistemi antintrusione. Le metropolitane leggere completamente automatizzate solitamente sono governate da un PCC dedicato, come succede per la linea 5 di Milano. Uno stesso PCC può invece gestire l'esercizio e la circolazione di più linee metropolitane semi automatizzate.

Nel seguente capitolo si farà riferimento agli impianti legislativamente previsti per la lotta agli incendi e agli impianti utili alla gestione delle emergenze.

#### **2.2.4 Caratteristiche del traffico**

Il traffico metropolitano è essenzialmente uniforme e composto da passeggeri. La peculiarità di questo tipo di trasporto è, come si è visto, proprio la omogeneità del materiale ferroviario, ma anche di tutti i servizi che definiscono modalità di trattamento del traffico. L'esercizio è di tipo modulare tale da essere il più ripetibile possibile, nonostante l'orografia del contesto urbano non sempre lo permetta. È dato per assodato che nonostante questa tendenza di uniformità esistono dei contesti tali da determinare singolarità soprattutto nei nodi della rete e in particolar modo nei nodi modali. Come per esempio il traffico derivante da luoghi fulcro di eventi pubblici come stadi, teatri, fiere oppure il traffico derivante da esigenze diverse come pendolari, lavoratori, utenza comune, studenti, turisti, disabili.

Il traffico ferroviario metropolitano presenta le seguenti caratteristiche [25]:

- Sicurezza e regolarità: Controllo maggiore, piccola parte iniziativa e interpretazione degli operatori del trasporto.
- Caratteristiche di circolazione: segnalamento al conducente ad aspetti variabili (segnalamento ferroviario di linea, di stazione, blocco manuale, semiautomatico o automatico, ripetizione a bordo dei segnali, ecc....) con intervento automatico delle protezioni al convoglio (esempio sistemi ATP)
- Operatività: Marcia attuata dal conducente e assistita dal sistema di segnalamento a terra e di bordo, o marcia automatica senza conducente (sistema ATO).
- Supervisione: supervisione centralizzata con indicazione della posizione dei convogli in circolazione con comunicazioni bidirezionali tra posto di controllo centralizzato e conducente e con comunicazione dal posto di controllo centralizzato agli utenti.

La caratteristica principale è quella di essere indipendente e incondizionata rispetto all'ambiente esterno. A questa classe appartengono le metropolitane e le metropolitane leggere, le quali offrono le seguenti prerogative:

- la velocità commerciale,

- la regolarità dell'esercizio,
- la potenzialità e la sicurezza raggiungono i valori massimi ottenibili da un sistema di trasporto urbano, pertanto si prestano effettivamente alla realizzazione di un sistema di trasporto di massa che offre prestazioni competitive rispetto al trasporto individuale,
- l'assenza completa di interferenze alla marcia dei veicoli permette la realizzazione di sistemi automatici che non richiedono la presenza del personale di condotta a bordo dei treni e permettono di produrre un servizio a frequenza elevata nelle fasce di punta e di ridurre in parte i costi di esercizio,
- l'accessibilità al servizio è limitata dalla distanza tra le fermate, mediamente elevata, e dalla necessità di percorrere scale e corridoi per raggiungere le banchine; queste circostanze, aumentando il tempo di accesso al sistema, riducono in parte i vantaggi derivanti dalle prestazioni elevate.

#### *Programmazione del servizio*

Il traffico prevedibile, e pertanto programmabile, ovvero il flusso di mezzi e di persone circolanti su una linea dipende dalla domanda di trasporto. Il rapporto tra esigenze e bisogni dell'utenza e l'infrastruttura viene studiato per ottenere la programmazione del servizio. Tale processo è indispensabile per stabilire uno dei dati di ingresso fondamentali per il trattamento delle emergenze e degli esodi dalle linee e dalle stazioni metropolitane. L'esodo di importanti volumi di utenza deve essere frutto di un'opportuna progettazione. L'evacuazione di locali chiusi e confinati costituisce del resto l'obiettivo primario nella risoluzione delle emergenze gravi. Il dimensionamento del servizio di trasporto deve considerare anche tale aspetto. Importante, inoltre, stabilire i criteri con cui in caso di variazione della domanda di trasporto e quindi variazione della programmazione del trasporto, come debbano essere adeguati gli aspetti strutturali e operativi riguardanti l'emergenza.

Programmare il servizio di una linea metropolitana vuol dire calcolare le risorse di mezzi e uomini necessarie a servire il traffico previsto ed organizzarne l'utilizzazione nelle varie funzioni, comprese quelle utili alla risoluzione delle emergenze (spesso impiantistiche) e all'efficientamento dei tempi d'esodo.

Dato di partenza della programmazione è la determinazione dell'utenza da servire e la sua distribuzione nelle ore di attuazione del servizio. La domanda di trasporto varia nelle varie ore della giornata e per particolari periodi dell'anno (almeno inverno, estate, estate ridotta e periodi come fiere e manifestazioni varie). Rilievi periodici del passaggio dei treni nelle fermate in cui certamente si pensa di poter individuare il massimo riempimento dei treni sono utili a individuare le sezioni di massimo carico dei treni nelle due direzioni di marcia.



Tabella 2.5 – Rete metropolitana di Milano\*.[22]

<i>Numero linee</i>	4				
<i>Lunghezza rete</i>	96,8 km				
<i>Parco veicoli (motrici e carrozze)</i>	1065				
<i>Numero treni</i>	177				
<i>Numero stazioni</i>	113				

<i>Linea</i>	<i>Inaugurazione</i>	<i>Ultima estensione</i>	<i>Lunghezza</i>	<i>Stazioni</i>	<i>Passeggeri giornalieri</i>
<b>M1</b>	1964	2005	27km	38	571060
<b>M2</b>	1969	2011	40,4km	35	525980
<b>M3</b>	1990	2011	16,6 km	21	315590
<b>M5</b>	2013	2015	12,9 km	19	129790
<i>Totale</i>			96,9 km	113	1543800

\*Dati al 31/12/17

Tabella 2.6 – Valori di potenzialità di trasporto orientativi delle ferrovie metropolitane.

<i>Parametri significativi</i>	<i>Valore</i>	<i>Unità di misura</i>
<i>Velocità massima</i>	80 - 100	km/h
<i>Accelerazione</i>	0,8 -1,2	m/sec <sup>2</sup>
<i>Pendenze superabili max. consigliate</i>	3,5	%
<i>Raggi minimi di curvatura in linea</i>	100	m
<i>Raggi minimi di curvatura in deposito</i>	50	m
<i>Distanza media tra le fermate</i>	500 -1200	m
<i>Velocità commerciale</i>	25 -42	km/h
<i>Metropolitane leggere</i>	6000 - 15000	viaggiatori/ora/direzione
<i>Metropolitane leggere automatiche</i>	10000 - 25000	viaggiatori/ora/direzione
<i>Metropolitane classiche</i>	20000 - 45000	viaggiatori/ora/direzione

Perché il sistema di trasporto possa avere i requisiti di ferrovia metropolitana deve essere contraddistinto da un'elevata frequenza dei treni in servizio sulla linea e da un'alta capacità di trasporto calcolata in funzione del numero di passeggeri trasportabili sulla linea.

Tabella 2.7 – Metropolitane in Italia e in alcune città del mondo.

<i>Metro</i>	<i>Anno</i>	<i>n. di linee</i>	<i>km tot. rete</i>	<i>pax*10<sup>6</sup>/anno</i>	<i>stazioni</i>
<i>Roma</i>	1955	2	59,4	230	73
<i>Milano</i>	1964	4	96	568	113
<i>Napoli</i>	1993	2	15,5	150	18
<i>Catania</i>	1999	1	4	0,1	6
<i>Genova</i>	2005	1	5,2	8	7
<i>Torino</i>	2006	1	9,6	9	15
<i>Londra</i>	1863	12	274	770	408
<i>New York</i>	1868	24	371	5076	466
<i>Parigi</i>	1900	16	200	1200	297
<i>Atene</i>	1904	3	72	135	54
<i>Madrid</i>	1919	12	227	400	234

<i>Metro</i>	<i>Anno</i>	<i>n. di linee</i>	<i>km tot. rete</i>	<i>pax*10<sup>6</sup>/anno</i>	<i>stazioni</i>
<i>Barcellona</i>	<i>1924</i>	<i>5</i>	<i>80</i>	<i>280</i>	<i>111</i>
<i>Mosca</i>	<i>1935</i>	<i>11</i>	<i>165</i>	<i>3300</i>	<i>265</i>

#### 2.2.4.1 Definizione degli affollamenti

Il parametro di riferimento per la definizione del trasporto è quello della domanda di trasporto che come si accennava nel paragrafo precedente è un dato variabile sulla periodicità giornaliera, stagionale e nel lungo periodo in relazione allo sviluppo della società e alle scelte politiche effettuate sul territorio. In generale, dalla domanda di trasporto deriva l'offerta di trasporto da cui dipende la scelta progettuale della capacità dei veicoli, tabella 2.3. Da questo dato e dalla frequenza dei treni circolanti in una linea è possibile determinare i flussi di utenti previsti e di conseguenza gli affollamenti di veicoli e stazioni. La progettazione delle emergenze e soprattutto dell'esodo è pertanto da prevedere per persone presenti nell'ora di punta di massima, ovvero quella con densità maggiore di passeggeri.

La capienza tipica di ogni vettura varia da 32 a 40 posti a sedere, mentre quelli in piedi variano a seconda della lunghezza della vettura stessa e dello standard qualitativo offerto. Nell'ora di punta si possono verificare affollamenti limite di 6 persone/m<sup>2</sup>, ma è preferibile che tale valore non superi mai lo standard di 4 utenti/m<sup>2</sup>.

Le capienze vengono computate con persone a sedere e persone stanti in piedi reggendosi su mancorrenti in lega leggera verticali e orizzontali.

Un indice della qualità, intesa come comfort, del servizio offerto è dato al rapporto tra posti a sedere e posti totali di ciascun veicolo; questo indice è generalmente posizionato entro un valore di  $0,15 \pm 0,30$ .

Solitamente si preferisce utilizzare un indice più elevato sulle vetture destinate a un servizio caratterizzato da tempi di percorrenza più lunghi, esempio le tratte suburbane.

Un altro parametro utile è la percentuale di ampiezza delle porte rispetto alla lunghezza delle vetture oppure il numero medio di passeggeri che è assegnabile a ciascun metro di apertura delle porte. I valori di riferimento ottenibili sono i seguenti:

$$a/lv = 0,18 \pm 0,30$$

$$pax/a = 33 \pm 42$$

Con

a = ampiezza delle porte

lv = lunghezza vettura

In tutte le metropolitane di ultima generazione i veicoli sono attrezzati con opportuni agganci finalizzati al trasporto in sicurezza di deambulanti su carrozzina. Specifiche norme sono da considerarsi per l'accessibilità al trasporto dei passeggeri disabili [UNIFER-UNI 11168-1:2006]. Tale aspetto progettuale ha ripercussioni anche nell'ambito della gestione delle emergenze, dato che i passeggeri disabili devono avere la medesima garanzia di tutela ed evacuazione. A titolo esemplificativo si menziona che, per l'evacuazione di un treno in galleria tramite carrozzina, il corridoio di passaggio dovrà essere necessariamente di larghezza di 1m e non dovrà essere eccessivo il varco tra soglia del treno e soglia della passerella.

Come riferimento esemplificativo si prenderanno in considerazione i treni metropolitani della linea 1 riportati in Tabella 2.8 e Tabella 2.9. I treni messi in esercizio fino al 2010 circa erano costituiti da unità prive di intercomunicante; la ristrutturazione successiva ha comportato la costruzione di lunghi ambienti unici. Le unità "Meneghino" hanno dall'origine un unico corridoio ininterrotto su 6 unità.

**Tabella 2.8** – Materiale rotabile linea 1 “rossa” Milano.

<i>Treno</i>	<i>Capacità (passeggeri)</i>	<i>Lunghezza</i>	<i>Sistemi di sicurezza</i>	<i>Anno entrata in servizio</i>	<i>Anno ritiro dal servizio</i>
<i>1°- 3° lotto</i>	<i>1258</i>	<i>105,24m</i>	<i>(ATP fino al 2009) ATC/ATO dal 2009</i>	<i>1962-1969</i>	<i>2015</i>
<i>4°- 9° lotto</i>	<i>1308</i>	<i>105,24m</i>	<i>(ATP fino al 2009) ATC/ATO dal 2009</i>	<i>1973-1989</i>	<i>N.D.</i>
<i>Meneghino</i>	<i>1256</i>	<i>105,5m</i>	<i>ATC/ATO</i>	<i>2009 - 2011</i>	<i>N.D.</i>
<i>Leonardo</i>	<i>1232</i>	<i>106,94m</i>	<i>ATC/ATO</i>	<i>2014 - in corso</i>	<i>N.D.</i>

**Tabella 2.9** – Caratteristiche tecniche convoglio Leonardo, linea 1 e 2 della metropolitana di Milano [31].

<i>Caratteristiche Tecniche</i>	<i>Valore</i>	<i>Unità di misura</i>
<i>Configurazione</i>	<i>M-R-M+M-R-M</i>	<i>-</i>
<i>Passeggeri seduti</i>	<i>204</i>	<i>pax</i>
<i>Passeggeri in piedi (6 p/m2)</i>	<i>1028</i>	<i>pax</i>
<i>Porte per lato</i>	<i>12</i>	<i>-</i>
<i>Lunghezza max.</i>	<i>106940</i>	<i>mm</i>
<i>Larghezza max.</i>	<i>2850</i>	<i>mm</i>
<i>Velocità max.</i>	<i>90</i>	<i>km/h</i>
<i>Alimentazione</i>	<i>1500</i>	<i>vcc</i>
	<i>750</i>	<i>vcc catenaria</i>
<i>Scartamento</i>	<i>1435</i>	<i>mm</i>
<i>Cassa</i>	<i>Alluminio</i>	<i>-</i>

#### 2.2.4.2 Banchine di stazione [26]

La banchina di stazione è il luogo destinato all’incarozzamento dei viaggiatori in condizioni normali di esercizio. Essa delimita almeno lungo un lato la via di corsa, ovvero il luogo riservato alla circolazione dei treni.

La dimensione delle banchine è di fondamentale importanza per la gestione del servizio di trasporto in tutte le sue fasi, compresa quella dei picchi di domanda e quella di emergenza, in particolare se la tipologia di emergenza richiede l’esodo delle persone luoghi sicuri e, quindi, verso l’esterno.

Le dimensioni delle banchine variano in relazione alla tipologia di stazione (esterno o sotterranee), gli spazi utilizzabili effettivamente e secondo le diverse necessità di servizio (banchine a isola, banchina laterale). Nella banchina laterale l’incarozzamento dei viaggiatori avviene lungo un solo lato, nella banchina centrale o a isola, disposta fra i binari o a isola, l’incarozzamento dei viaggiatori avviene sui due lati. Le norme sono tese a imporre che le banchine di stazione abbiano almeno due punti di accessibilità e che non vi siano ostacoli o singolarità strutturali per gli utenti. Da qui la regolamentazione delle altezze e delle larghezze minime [Figura 2.20].

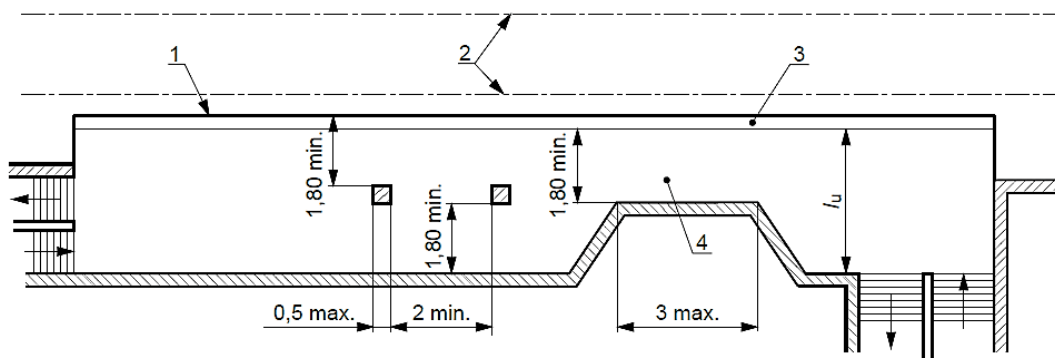
Dalla progettazione della banchina conseguono le caratteristiche di affollamento in emergenza della stessa banchina e conseguentemente della stazione. In particolare, nel calcolo dell'esodo, si calcolano i flussi derivanti da ogni banchina.

La pavimentazione delle banchine deve presentare caratteristiche di incombustibilità e di non scivolosità. Gli ostacoli fissi discontinui devono essere tali da non creare ostruzione ai flussi di persone; per tale motivo è prescritto che essi debbano avere una larghezza massima di 50 cm e devono distare almeno 1,80 m da pareti e 2 m da altre strutture. L'andamento altimetrico deve essere di massimo 2‰ seguendo l'andamento del vicino binario in senso longitudinale, mentre di norma non deve superare 1‰ in senso trasversale. Il dislivello tollerato tra piano del treno (ovvero piano del ferro) e pavimentazione di banchina è di  $\pm 0,08$  m per binari posizionati su fondo inamovibile e di  $\pm 0,12$  m per binari posizionati su fondo non inamovibile.

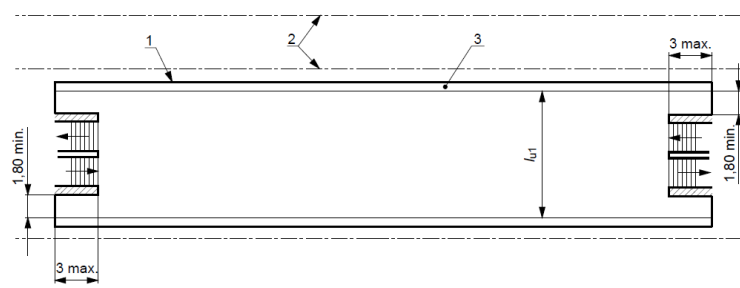
Ogni banchina deve possedere un'area di sicurezza lungo il piano del ferro larga almeno 60 cm che non viene conteggiata nel calcolo degli affollamenti. Tale area nella maggior parte dei casi rappresenta il 25% dell'area totale di banchina.

Devono inoltre essere previsti percorsi per l'accesso ai treni delle persone disabili.

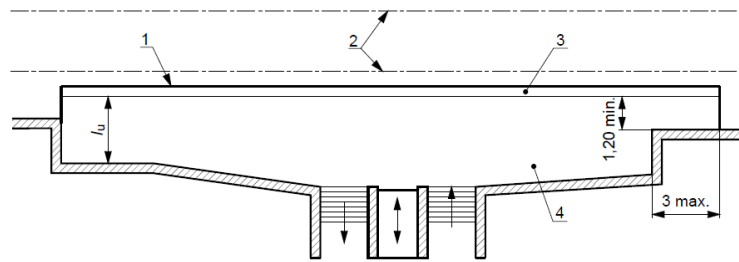
Nelle figure 2.20 in seguito si mostrano alcune sistemazioni di banchina come da normativa.



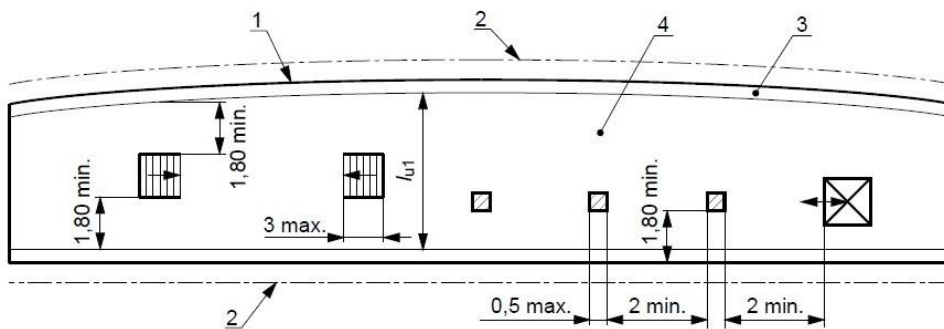
a) Esempio di sistemazione a banchina laterale con accessi d'estremità



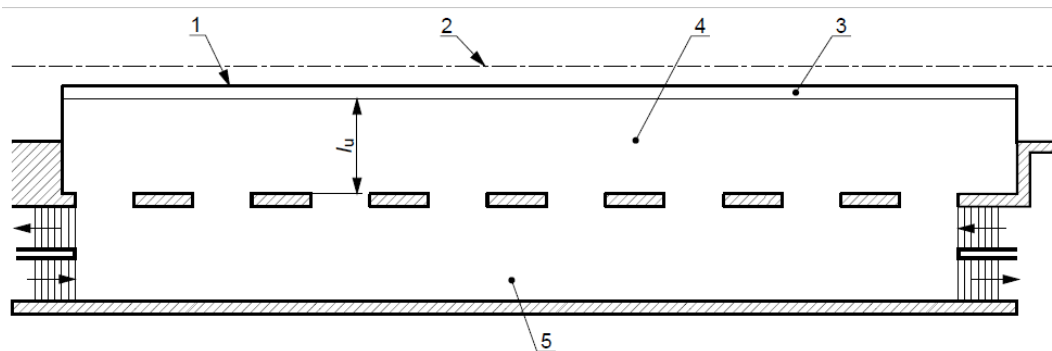
b) Esempio di sistemazione a banchina laterale con accessi in spaziolimitato non d'estremità



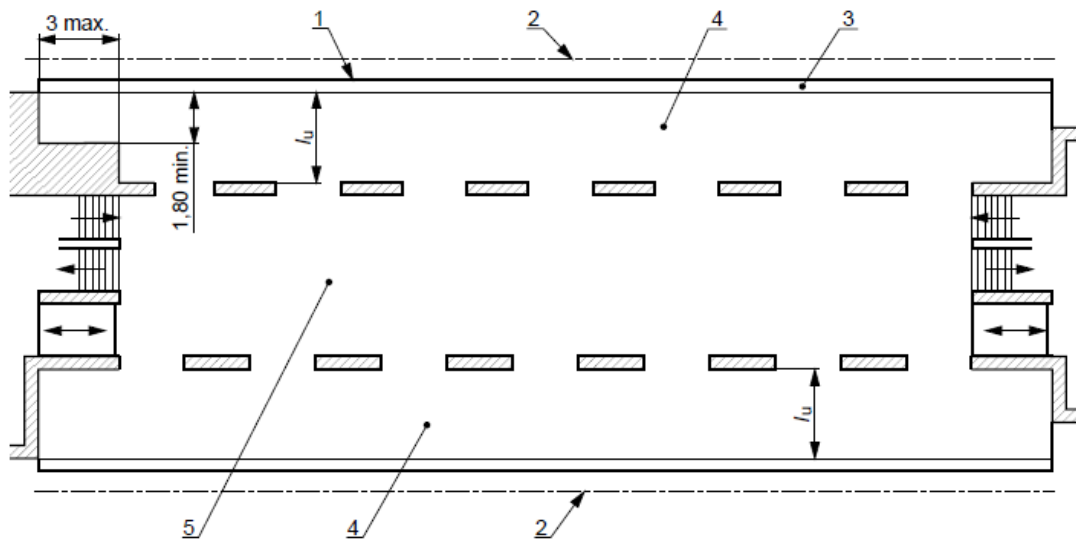
c) Esempio di sistemazione a banchina laterale con accessi in spaziolimitato non d'estremità



d) Esempio di sistemazione a banchina centrale con accessi in spaziolimitato non d'estremità



e) Esempio di sistemazione di una banchina laterale con accessi da un andito distribuiti lungo la banchina stessa



f) Esempio di sistemazione di due banchine laterali con accessi da un andito distribuiti lungo la banchina stessa

Figura 2.20 - Sistemazione di banchine. Misure in metri. Legenda: 1-bordo banchina; 2-assi dei binari; 3-zona di sicurezza; 4-banchina; 5-andito. [26]

*Esempio di calcolo per la determinazione della densità utenti:*

Se consideriamo il treno Leonardo di lunghezza 106,940 m e  $L_b$  la lunghezza della banchina:

$$L_b = 106,940 \text{ m} + 5 \text{ m} = 112 \text{ m}$$

La larghezza utile, non deve scendere sotto i seguenti valori, in funzione della lunghezza della banchina:

$$l_u \geq 1,9 \text{ m per } L_b < 80 \text{ m}$$

$$l_u \geq 2,2 \text{ m per } L_b \text{ compreso fra } 80 \text{ m e } 120 \text{ m}$$

$$l_u \geq 2,4 \text{ m per } L_b > 120 \text{ m}$$

$l_b$ : larghezza della banchina

$$l_b = 2,2 \text{ m} + 0,6 \text{ m} = 2,8 \text{ m}$$

Pertanto, l'area utile minima in questo caso è data da:

$$A_{min} = 112 \text{ m} * 2,2 \text{ m} = 246,4 \text{ m}^2$$

Dall'area totale utile  $A$  della banchina è esclusa la zona di sicurezza ( $A_s$ ) che in questo caso è

$$A_s = 0,60 \text{ m} * 112 \text{ m} = 67 \text{ m}^2$$

Detta  $d$  la densità di passeggeri presenti in banchina definita come

$$d = N / A$$

con

$N$  = Numero totale medio dei viaggiatori che si prevede siano contemporaneamente presenti in banchina nell'ora di punta,

$A$  = Area totale utile della banchina, esclusa la zona di sicurezza, espressa in metri quadrati.

Per valutare  $N$ , in mancanza di specifiche stime di traffico, si deve fare riferimento alla media dei viaggiatori che arrivano e partono nell'intervallo medio fra due treni che viaggiano nello stesso senso nell'ora di punta.

A titolo orientativo può essere assunto  $N = nH / 3600$

con

$n$ : numero di viaggiatori in arrivo e in partenza nell'ora di punta, serviti da ogni banchina.

In modo cautelativo si può considerare la massima capienza di un convoglio;

$H$ : intervallo medio fra i treni nello stesso senso di marcia, espresso in secondi. Come da prospetto 2.1 si considera un valore di 3 min.

$$N = 1250 \text{ pax} * 180 \text{ s} / 3600 = 62,5 \text{ pax}$$

$$d = 62,5 \text{ pax} / 246 \text{ m}^2 = 0,254 \text{ pax/m}^2$$

$$d_{max} = 1,0$$

nel caso di banchine con un solo accesso

$$d_{max} = 1,5$$

per le banchine con accessi di estremità o con accessi in uno spazio limitato della banchina

$$d_{max} = 2,0$$

per le banchine con accessi distribuiti.

Considerando tuttavia che in situazioni particolari potrebbe essere richiesta l'accoglienza di tutti i passeggeri di un treno, e considerando il parametro massimo di

$d = 2 \text{ pax/m}^2$  è consigliabile prevedere aree utili di almeno  $500 \text{ m}^2$

per esempio, considerando il carico massimo di un convoglio di 1250 passeggeri e un affollamento di banchina di 50 persone (stazioni con scarso traffico [32]):

$$A = (1250 + 50) \text{ pax} / 2 \text{ pax/m}^2 = 651 \text{ m}^2$$

#### 2.2.4.3 Corridoi, scale fisse, scale mobili [32]

Corridoi, scale fisse, scale mobili sono elementi destinati agli spostamenti orizzontali e verticali dei viaggiatori e del personale di servizio nelle stazioni metropolitane.

Dato il forte condizionamento che questi elementi hanno sulla prestazione di efficienza durante l'esodo delle persone in caso di emergenza, le norme di costruzione vigenti fanno chiaro riferimento alla normativa antincendio vigente, che per la UNI 7744/98 è il D.M. 11/01/1988.

La larghezza dei corridoi e delle scale deve essere commisurata al flusso previsto di viaggiatori che lo utilizzeranno. La larghezza non deve mai essere inferiore a 1,80 m, mentre l'altezza libera minima non deve mai essere inferiore a 2,15 m o ridotta al massimo al 2,10 m in caso di condizioni particolari e punti singolari come incroci o in corrispondenza di segnaletica luminosa.

La pendenza dei percorsi non deve superare il 10 %, ma generalmente si mantiene al 5 %. Per le pendenze superiori bisogna prevedere un corrimano. Le pendenze trasversali devono essere tra lo 0,5 % e il 2% per evitare ristagni di acque. Se il corridoio però è parte del percorso agevolato dovranno essere rispettate specifiche norme che si vedranno in seguito (cap. 3).

La larghezza delle scale deve essere di almeno 1,80 e comunque un multiplo di 0,60 m. Si accettano misure inferiori quando l'affollamento della stazione è scarso o la stazione è posta non in sotterraneo, oppure quando la scala fissa non è l'unico elemento di uscita sullo stesso percorso di sfollamento. Scale con larghezze maggiori di 3,60 devono essere provviste di corrimano in corrispondenza del multiplo del modulo.

Nelle stazioni sotterranee la norma impone un numero massimo di scalini (15 scalini) per rampa di scala e definisce la dimensione massima dei gradini (16 cm). La pedata deve essere antisdrucciolevole e deve avere una pendenza longitudinale di circa 1% per agevolare il deflusso di acqua e liquidi. I gradini delle rampe devono avere tutti la stessa altezza e pedata. L'altezza libera minima della scala è di 2,30 m.

La rampa di scala deve essere rettilinea. Quando la scala cambia direzione deve essere previsto un pianerottolo largo almeno quanto le rampe adiacenti e lungo almeno 1,20 m.

Scale e impianti meccanizzati di risalita devono essere dimensionati per poter smaltire tutti il flusso di passeggeri nel caso si superino i 11 m di profondità e almeno il 50 % degli utenti se il dislivello supera i 6 m. Mentre per la discesa è opportuna l'installazione quando il dislivello supera i 9 m.

Scale e marciapiedi mobili devono rispettare la norma di prodotto UNI EN 115.

Le velocità è consigliabile siano omogenee e rapportate al dislivello da superare. È buona prassi canalizzare il flusso tramite barriere, che diventano necessarie con velocità di trasporto maggiori di 0,5 m/s. Lo spazio libero davanti alla scala deve essere almeno di 2,50 m aumentato della larghezza del gradino della scala mobile.

#### *Calcolo dei flussi*

Il calcolo dei flussi di persone è propedeutico al dimensionamento di tutti gli elementi caratteristici di stazione. Nella norma UNI 7744-98 e nella UNI 7508 ci si riferisce al già citato valore N, numero totale medio dei viaggiatori che si prevede siano contemporaneamente presenti in banchina nell'ora di punta:

$$N = \frac{n}{3600} * H$$

- n = numero di viaggiatori in arrivo e in partenza nell'ora di punta, nello stesso senso di marcia, serviti da ogni banchina;
- H = intervallo medio fra i treni nello stesso senso di marcia, espresso in secondi

Tramite il valore di N si individua il valore di  $Q_{tot}$  il numero di persone al minuto, che impegnerà tutti gli elementi di collegamento fra due dislivelli, supposti non specializzati e tutti funzionanti:

$$Q_{tot} = \frac{N}{T_d} * 60 * k$$

$T_d$ : tempo di deflusso che può essere assunto minore o uguale al minimo distanziamento tra i treni ammesso dal segnalamento

k: coefficiente correttivo per tener conto dell'irregolarità dei flussi di traffico e dell'importanza delle stazioni. N deve essere diviso tra  $N_s$ , viaggiatori saliti e  $N_d$  viaggiatori discesi se i flussi sono specializzati e dedicati. Il valore di  $Q_{tot}$  in questo caso deve essere calcolato separatamente.

$$k = 1,4 + 1,7$$

Gli elementi che di collegamento tra i dislivelli sono:

- corridoi;
- marciapiedi mobili;
- scale fisse;
- scale mobili;
- ascensori.



La portata  $Q$  è riferita a un elemento modulare di larghezza 0,60 m. L'unità di misura di  $Q$  è persone al minuto per modulo [pax/min]. I massimi valori sono definiti come segue:

		$Q_{max}$ (persone al minuto per modulo)		
		Senso unico di marcia		Doppio senso di marcia (complessivamente)
		discesa	salita	
Corridoio	$\leq 5\%$	54	54	42
	$> 5\%$	54	42	36
Scala fissa		42	36	30
Scala/marciapiede mobile				
- Larghezza dei gradino/segmento = 0,60 m				
$v = 0,50$ m/s		75 persone/minuto		
$v = 0,65$ m/s		97 persone/minuto		
$v = 0,75$ m/s		112 persone/minuto		
- Larghezza dei gradino/segmento = 1,00 m (corrispondente a due moduli)				
$v = 0,50$ m/s		150 persone/minuto		
$v = 0,65$ m/s		195 persone/minuto		
$v = 0,75$ m/s		225 persone/minuto		
Ascensore				
Portata massima effettiva per ogni ascensore:				
$Q_{max} = 60 \frac{p}{2(t_0 + kt_1 + kt_2)} \text{ persone/minuto}$				
dove:				
$p$ è il numero di persone che possono essere portate dalla cabina;				
$t_0$ è il tempo, in secondi, intercorrente tra la fine dell'uscita e l'immediato inizio dell'entrata dei viaggiatori;				
$t_1$ è il tempo, in secondi, intercorrente dall'inizio della chiusura delle porte alla fine della loro apertura (somma dei tempi di manovra delle porte e della salita, o discesa);				
$t_2$ è la somma del tempo, in secondi, necessario per l'ingresso e di quello necessario per l'uscita di tutti i viaggiatori;				
$k$ è un coefficiente compreso tra 0,5 e 1, essendo 0,5 da usare nel caso di ritorno sempre vuoto e 1 nel caso di carico sempre uguale nei due sensi.				
Con ascensori senza controllo biglietti, in mancanza di elementi più sicuri, può essere tenuto $t_0 = 5$ s e $t_2 = 2p$ (in secondi).				

Figura 2.21 - Prospetto dei flussi massimi attraversanti gli elementi di comunicazione tra i piani. Portate massime al minuto per modulo. [32]

## 2.3 Analisi degli eventi incidentali in metropolitana

L'analisi degli incidenti avvenuti e il monitoraggio degli eventi incidentali che avvengono in metropolitana è di fondamentale importanza per costituire una banca dati che permetta una coerente analisi di vulnerabilità dell'infrastruttura.

### 2.3.1 Quantificazione e qualificazione degli scenari

Generalmente, raccolti i dati di base, si passa ad una prima fase di elaborazione che consiste nell'analisi di vulnerabilità del complesso treno-galleria-stazione, eventualmente suddiviso in sottosistemi funzionali, attraverso il quale sono identificati i potenziali pericoli connessi al sistema da cui sono successivamente definiti i possibili scenari di pericolo. L'analisi di vulnerabilità consente di avere un quadro qualitativo della pericolosità del trasporto propedeutico all'individuazione di anomalie nei parametri di sicurezza e deficit nei requisiti minimi di sicurezza. L'analisi degli incidenti, invece, consente di avere un quadro quantitativo della pericolosità dell'infrastruttura, della linea, di una tratta della linea o del nodo. Entrambe le analisi consentono la successiva definizione delle eventuali misure di tutela integrative da adottare [Figura 2.22].

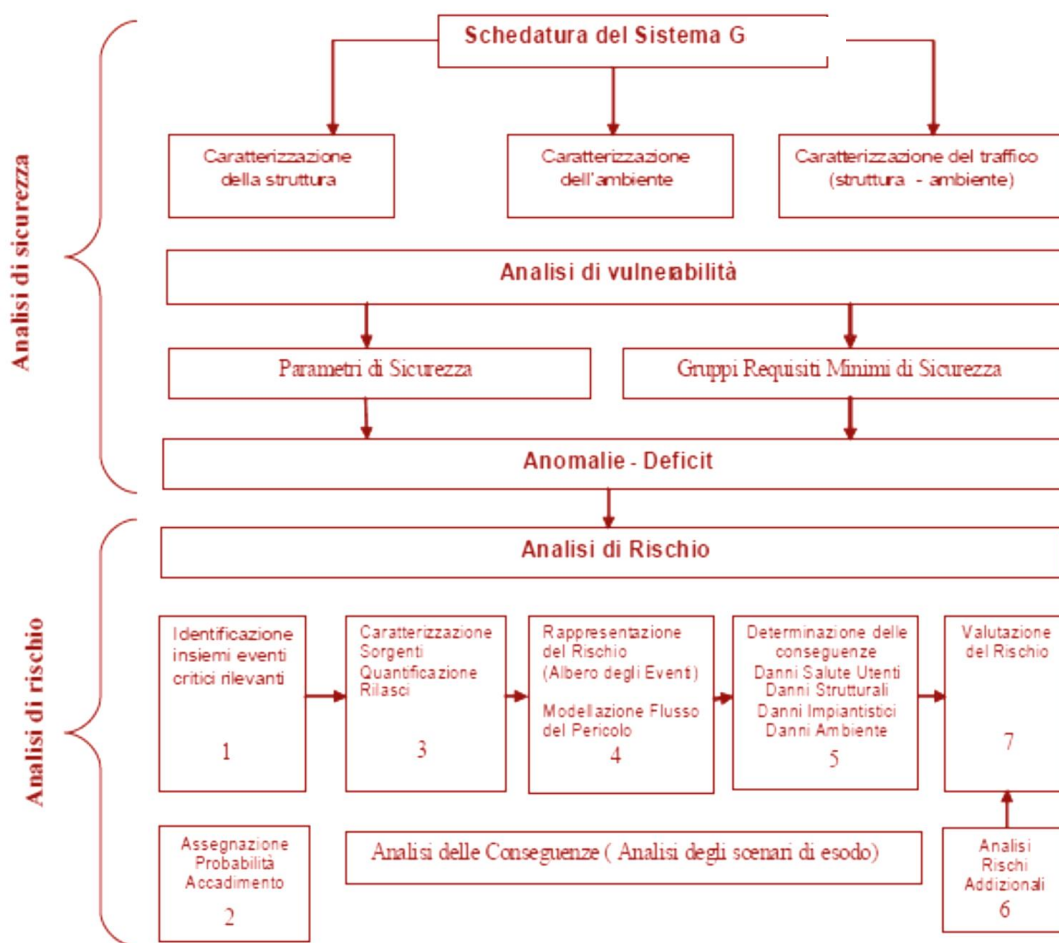


Figura 2.22 - Rapporto tra analisi del rischio e analisi di sicurezza.

Il gestore delle infrastrutture metropolitane è obbligato dal D.P.R. 11 luglio 1980, n. 753, a raccogliere e analizzare tutti gli eventi incidentali per rapportarli al ministero. In particolare, all'art. 93 si indica che il direttore o il responsabile dell'esercizio deve dare immediata comunicazione telegrafica al competente ufficio della D.G.T. (prima M.C.T.C.) e della regione degli incidenti interessanti la sicurezza o la regolarità dell'esercizio. Entro cinque giorni dall'accaduto il direttore o il responsabile dell'esercizio deve inviare indicazione dei provvedimenti eventualmente adottati o con proposte circa quelli da adottare. Per gli incidenti dai quali siano derivati danni alle persone, entro i successivi cinque giorni il direttore o il responsabile dell'esercizio deve disporre l'espletamento di una inchiesta, invitando ad intervenire il competente ufficio della D.G.T. e della regione. In caso di incidente dal quale siano derivati danni solo a cose, i competenti uffici della D.G.T. possono invitare il direttore od il responsabile dell'esercizio ad espletare la relativa inchiesta, qualora la natura o le modalità dell'incidente stesso coinvolgano la sicurezza dell'esercizio.

Le risultanze delle inchieste, unitamente alle eventuali proposte di conseguenti provvedimenti, devono essere immediatamente comunicate al competente ufficio della D.G.T. e della regione.

In particolare, le procedure di rilievo e segnalazione devono avvenire secondo la specifica normativa UNI-UNIFER 7617:1976 e in particolare la parte 2, "Rilevamento e segnalazione a fini statistici di dati relativi a incidenti o anomalie di esercizio interessanti servizi pubblici di trasporto. Incidenti interessanti ferrovie e metropolitane" e il modulo contenuto nella parte 11, in cui si codificano i dati generali e integrativi sull'incidente, la tipologia, il luogo, la specie di incidente, le cause e le conseguenze.

La raccolta dei dati e il continuo aggiornamento dell'archivio eventi incidentali sono di fondamentale importanza per il monitoraggio della rete e per lo studio degli effetti dell'applicazione di nuove misure e di provvedimenti che possono essere eventualmente definiti per contrastare le cause che hanno portato alla deviazione del sistema.

Si fa notare come l'appena citata normativa e regolamentazione attuale del rilievo dati, pur avendo il pregio di unificare e codificare gli eventi incidentali offrendo la possibilità di un'omogeneità e una schematicità delle banche dati e offrendo un valido supporto di raccolta e analisi degli eventi, non tiene conto delle più recenti teorie di analisi degli eventi anomali in tema di sicurezza dei processi. Le analisi degli eventi devianti capaci di compromettere la sicurezza nello svolgimento dei processi in generale possono essere trasigrate anche alla tematica del trasporto e quindi all'esercizio del trasporto inteso come processo. A titolo esemplificativo si citano le importanti teorie sviluppate dagli studi di H.W. Heinrich (1931) e di Bird (1969), Masaaki Imai (1986) e Sakichi Toyoda, autori che hanno sviluppato delle tecniche di *problem solving* attraverso approfondimento dell'analisi RCA (Root Cause Analysis) che si concretizza attraverso diversi strumenti operativi, tra i quali si citano il ben conosciuto Diagramma di Ishikawa [Figura 2.23 e 2.24] anche denominato diagramma a lisca di pesce, oppure la tecnica cosiddetta *5 why's* (*tecnica dei 5 perché*).

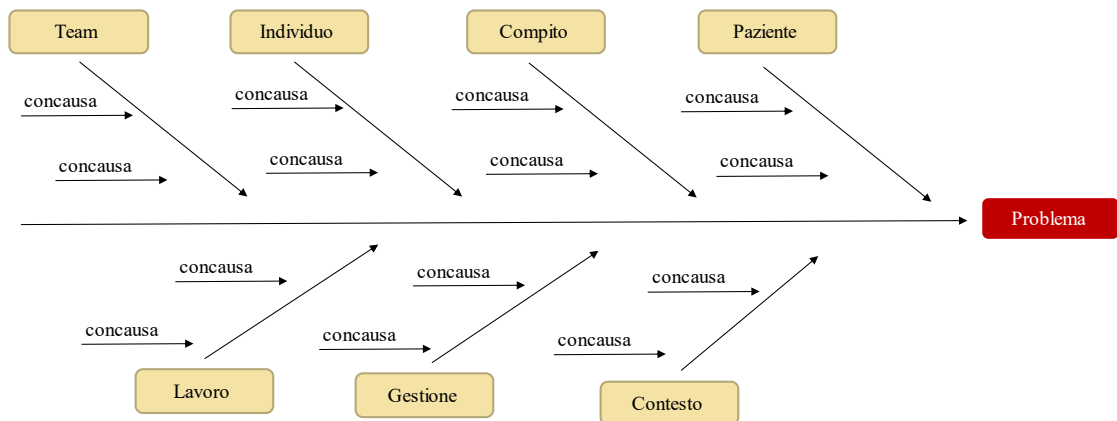


Figura 2.23 - Esempio di RCA a secondo il metodo di Ishikawa

Quale tecnica investigativa, la RCA risulta particolarmente interessante e parimente di difficile comprensione per la cultura Occidentale. Il poderoso contributo della RCA è quello di essere l'unico strumento operativo di analisi delle relazioni causali non lineari tipiche dei sistemi causali complessi che pervade il sistema olistico alla base di qualsiasi processo e quindi delle anomalie e degli incidenti in esso potenzialmente sviluppabili. Il vantaggio dell'approccio RCA è quello di non identificare una causa scatenante univoca a priori e quindi quella di offrire la possibilità di uno spettro risolutivo ad ampio raggio che potrebbe coinvolgere vari ambiti a diversi livelli.

A prescindere dalle indicazioni appena riportate, tralasciando per ora queste osservazioni operative, si considera che l'iter di progetto di una linea metropolitana segue lo studio, su basi probabilistiche, degli eventi pericolosi, a partire dalle cause che possono generare gli eventi iniziatori del processo che porta un pericolo potenziale a divenire un pericolo reale, fino ad arrivare alla individuazione e caratterizzazione in termini di probabilità di accadimento e danno, degli scenari emergenza e di fine emergenza.

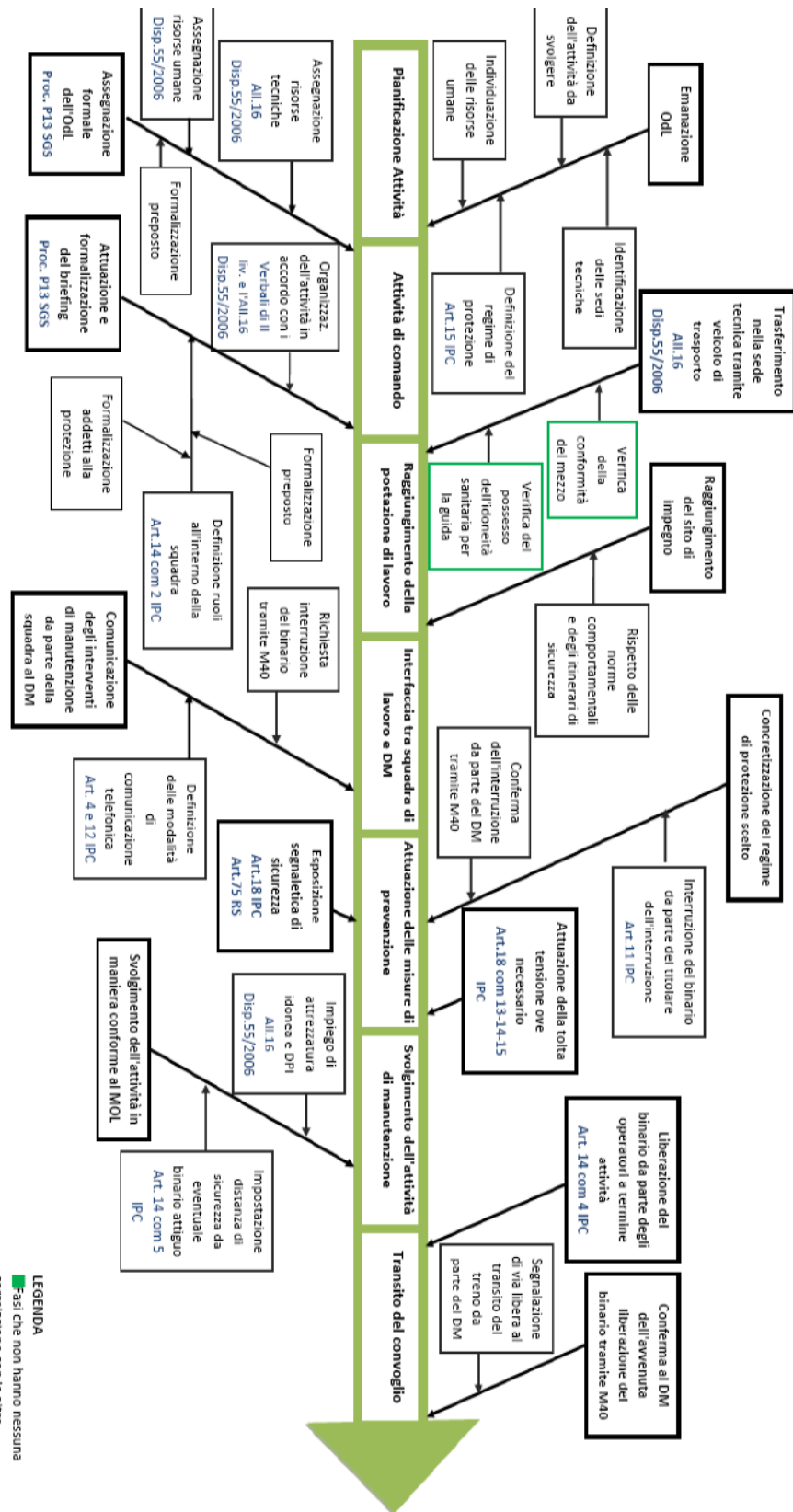


Figura 2.24 - Esempio utilizzo del metodo di Ishikawa per l'analisi di incidentalità in metropolitana - Guarascio, Lombardi, Rossi, Progetto e verifica delle procedure. Efficacia, efficienza, sicurezza, resilienza e resistenza. [34]

Secondo il D.M. 25/10/2005 è regolamentata, per le gallerie ferroviarie, la tenuta e la generazione di banche dati incidentali secondo uno schema di format tipo per la redazione di schede di evento incidentale. Si tratta di schede evento che costituiscono l'informazione elementare per la costruzione della banca dati, ovvero un rapporto standardizzato sul tipo di evento, livello delle conseguenze e ipotesi di causa; scheda da compilare secondo canoni predeterminati e che deve contenere:

- dati anagrafici:
  - data dell'evento;
  - luogo dell'evento;
  - tipologia del luogo (stazione, in linea, in galleria, ecc.);
  - descrizione dell'evento;
  - descrizione delle cause determinanti;
  - descrizione delle conseguenze in termini di danni a persone, cose e infrastrutture;
  - tipo di rotabile;
  - tempo di interruzione della circolazione.
- dati valutativi:
  - identificazione dei sottosistemi o ambiti (infrastruttura, materiale rotabile, procedure operative) nei quali si è verificato l'evento incidentale;
  - valutazione del livello di gravità delle conseguenze provocate dall'evento;
  - nesso di causa - effetto tra accadimento dell'evento incidentale / malfunzionamento del sottosistema / conseguenze.
- dati storico statistici relativi alla classe dell'evento incidentale/malfunzionamento:
  - dato cumulato relativo all'incidentalità;
  - dato cumulato relativo al tasso di malfunzionamento/guasto.

Per la rete gestita da RFI, esiste una banca dati di eventi incidentali nella quale sono riportate tutte le informazioni di dettaglio sulla cui base possono essere effettuate valutazioni statistiche per l'analisi di rischio.

La rappresentazione delle cause incidentali possibili e la determinazione della probabilità di accadimento degli eventi critici iniziatori avvengono con le tecniche dell'albero delle cause (FMA - Failure Modeling Analysis). L'albero delle cause permette anche la rappresentazione dell'azione, fornita dalle misure di prevenzione sugli eventi iniziatori che possono evolvere verso scenari incidentali.

L'insieme degli scenari incidentali pertinenti al sistema galleria vengono definiti con la tecnica dell'albero degli eventi, dove ogni ramo dell'albero rappresenta uno scenario incidentale possibile.

Le azioni mirate a condizionare l'evoluzione di uno scenario incidentale sono fornite dalle misure di sicurezza di protezione e mitigazione.

L'analisi di rischio quantitativa utilizzata nel processo di progettazione della sicurezza può essere chiaramente rappresentata dal cosiddetto diagramma a farfalla.

### 2.3.2 Storico dei possibili scenari incidentali

Nella Tabella 2.10 si riporta l'analisi dei maggiori eventi incidentali avvenuti dal 1903 al 2006 nelle metropolitane di tutto il mondo.

**Tabella 2.10** – Analisi dei maggiori eventi incidentali avvenuti dal 1903 al 2006 nelle metropolitane di tutto il mondo

<b>Anno</b>	<b>Località</b>	<b>Evento incidentale</b>
2006	Roma	<i>Il 17 ottobre 2006, uno <b>scontro ferroviario</b> avvenuto nella Linea A di Roma, in corrispondenza della stazione di Piazza Vittorio Emanuele, tra un treno in marcia ed un altro fermo in stazione per la discesa dei passeggeri, comporta 1 morto e 250 feriti. L'intervento di soccorso è stato considerato tempestivo ed efficace. È il più grave incidente nelle metropolitane italiane. Le cause dell'incidente sembrano essere state attribuite al passaggio con semaforo rosso del treno che ha provocato il tamponamento.</i>
2006	Chicago (USA)	<i>Il giorno 11 luglio 2006 un <b>deragliamento</b> nella metropolitana di Chicago comporta 152 feriti, molti dei quali sono risultati intossicati dal fumo sviluppatosi a seguito dell'incendio conseguente.</i>
2006	Valencia	<i>Il <b>deragliamento</b> di due vagoni all'interno del tunnel nella metropolitana di Valencia, nel tratto compreso tra le stazioni di Jesus e Plaza de Espana, causa 41 morti e più di 39 feriti, mentre 150 persone vengono tratte in salvo.</i>
2005	Parigi	<i>Il 6 agosto 2005, nella stazione di Simplon, un <b>incendio</b>, verosimilmente verificatosi a bordo di un treno per corto circuito, provoca 12 feriti, 5 dei quali stavano a bordo del treno coinvolto.</i>
2005	Londra	<i>Il 7 luglio 2005 un <b>triplice attentato</b> terroristico ad opera di Al-Qaida nella metropolitana di Londra comporta 52 morti e più di 700 feriti. Una quarta bomba è scoppiata a bordo di un autobus a Tavistock Square. La prima e la seconda esplosione sono avvenute su treni in viaggio sulla Circle Line, rispettivamente 8 secondi dopo la partenza dalle stazioni di Kings's Crosse St. Pancreas e di Edgeware Road, mentre la terza esplosione è avvenuta sulla Piccadilly Line, dopo che il treno si trovava ad una distanza di circa 450 metri dalla stazione di Kings's Crosse St. Pancreas, da cui era partito. Nella seconda e nella terza esplosione si sono verificati anche crolli della struttura della metropolitana. La propagazione dell'onda d'urto ha provocato danneggiamenti ingenti anche nei tunnel comunicanti con quelli ove si sono verificate le esplosioni.</i>
2004	Mosca	<i>Il 6 febbraio 2004 un <b>attentato</b> terroristico nella metropolitana di Mosca comporta 39 morti e più di 130 feriti. L'attentato è avvenuto per una bomba a bordo di un treno in corsa tra le stazioni Paveletskaya e Avtozavodskaya.</i>
2003	Daegu (Sud Corea)	<i>Il 18 febbraio 2003 un violento <b>incendio doloso</b> nella metropolitana di Daegu provoca circa 200 morti e 150 feriti, con interessamento di due treni fermi in stazione. L'incendio è stato provocato da una bottiglia riempita di benzina e lanciata in fiamme all'interno di un vagone fermo in stazione, mentre stava sopraggiungendo un altro treno in direzione opposta.</i>
2002	Milano	<i>Il 12 maggio 2002 a Milano una bombola di gas <b>incendiata</b> nella metropolitana provoca l'evacuazione delle persone, senza che si siano registrate vittime.</i>

<i>Anno</i>	<i>Località</i>	<i>Evento incidentale</i>
2001	Montreal	Il 4 settembre 2001, a seguito della diffusione di un <b>gas lacrimogeno</b> nella metropolitana di Montreal, in Canada, <b>in corrispondenza della stazione di Berry</b> , vengono ricoverate 45 persone per conseguenze di traumi e di avvelenamento.
2001	Mosca	Nel febbraio 2001 una <b>bomba nella stazione Belorusskaya</b> della metropolitana di Mosca provoca 15 vittime, tra cui due bambini
2000	Düsseldorf	Il 27 luglio 2000 una <b>esplosione</b> generata da un ordigno radio controllato provoca 10 feriti nella metropolitana tedesca di Düsseldorf.
2000	New York	Nel giugno 2000 un <b>deragliamento</b> di un treno a Brooklyn, nella metropolitana di New York comporta 66 persone ferite, di cui tre in modo grave.
2000	Tokyo	Nel marzo 2000 una <b>collisione</b> tra due treni nella metropolitana di Tokyo comporta 4 morti e più di 40 feriti. Le autorità locali sostennero che quello scontro fu il primo grave incidente ferroviario nella storia della metropolitana giapponese.
1997	Tbilisi (Georgia)	Il 29 ottobre 1997 una <b>esplosione di un ordigno</b> nella metropolitana di Tbilisi, in Georgia, presso la stazione di Didube, provoca la morte di un poliziotto.
1996	Parigi	Il 3 dicembre 1996 una <b>esplosione generata</b> da un ordigno nella stazione della metropolitana di Parigi di Port Royal provoca 3 morti e 92 feriti.
1996	Mosca	Il 3 maggio 1996 quattro persone sono state leggermente ferite a seguito di un <b>incendio</b> per corto circuito avvenuto sulla Linea circolare della metropolitana di Mosca.
1995	Baku (Azerbaijan)	Nell'ottobre 1995 un <b>incendio</b> nella affollata metropolitana di Baku, capitale dell'Azerbaijan provoca circa 300 morti ed almeno 250 feriti
1995	Parigi	Il 17 ottobre 1995 una <b>bomba esplode</b> nella metropolitana di Parigi a bordo di un treno tra le stazioni di Saint Michel e Musee d'Orsee. Lo scoppio provoca 30 feriti
1995	Toronto (Canada)	Nell'agosto 1995 una <b>collisione</b> tra un treno pendolari contro un treno fermo nella metropolitana di Toronto comporta tre vittime
1995	Parigi	Il 25 luglio 1995 l' <b>esplosione di una bomba</b> nella metropolitana di Parigi, su un treno in arrivo nella stazione di Saint Michel comporta 7 morti e 60 feriti.
1995	Tokyo	Il 20 marzo 1995, nella stazione Aum Sinrike della Linea 5 nella metropolitana di Tokyo un <b>attentato con i gas nervini</b> , effettuato con l'utilizzo di gas sarin, provoca <u>12 morti e 5.500 persone contaminate.</u>
1994	New York	Il 21 dicembre 1994, nella metropolitana di New York, nell'area di Wall Street, un forte <b>incendio</b> di natura <b>dolosa</b> si sviluppa a seguito dell' <b>esplosione di un ordigno artigianale</b> all'interno di una carrozza, mentre il treno è fermo in stazione. L'esplosione comporta il ferimento di 47 persone.



<i>Anno</i>	<i>Località</i>	<i>Evento incidentale</i>
1994	New York	Il 15 dicembre 1994 uno <b>scoppio di un ordigno</b> nella metropolitana di New York, su un treno in transito ad Harlem, non provoca vittime
1994	Baku (Azerbaijan)	Il 19 marzo 1994 nella città di Baku, capitale dell’Azerbaijan, un <b>attentato terroristico</b> nella metropolitana provoca 14 morti e 49 feriti. Il 3 luglio 1994 un nuovo <b>attentato</b> nella stessa metropolitana provoca 13 morti e 42 feriti.
1993	Londra	Il 28 febbraio 1993 un <b>attentato terroristico</b> alla stazione metro Bridge di Londra provoca 29 feriti.
1991	New York	Nell’agosto 1991 un <b>deragliament</b> nella metropolitana di New York, in prossimità della stazione di Union Square provoca 5 morti e più di 200 feriti.
1990	New York	Il 28 dicembre 1990 un <b>incendio</b> di natura elettrica si genera nel <b>tunnel</b> vicino Clark Street, a Brooklyn, provocando 2 morti e 188 feriti.
1987	Londra	Il 18 novembre 1987 l’ <b>incendio</b> di una <b>scala mobile nella stazione</b> della metropolitana di Londra di King’s Cross provoca <b>31 morti e decine di feriti</b> , principalmente a causa del fumo. Tra le vittime vi è anche un vigile del fuoco.
1987	Mosca	Nel 1987, nella metropolitana di Mosca è stato segnalato l’episodio di un <b>treno in fiamme fermo in galleria</b> per l’evacuazione dei passeggeri. L’incendio è divenuto molto violento prima dell’arrivo dei vigili del fuoco ed ha reso problematiche le operazioni di soccorso.
1984	Amburgo	Il 20 settembre 1984 un treno composto da tre carrozze viene interessato da un <b>incendio</b> generatosi all’interno di un vagone. Il treno è stato fermato ed evacuato nella stazione di Landungsbrucke, dove l’incendio ha interessato gli impianti della stazione. Due vagoni sono stati distrutti dall’incendio ed un passeggero è rimasto intossicato dal fumo.
1983	Monaco	Il 5 settembre 1983 nella metropolitana tedesca di Monaco un <b>incendio di natura elettrica</b> ha interessato il treno. Il conducente ha fatto evacuare i passeggeri. L’incendio ha distrutto due vagoni e 7 passeggeri sono stati intossicati dal fumo.
1982	Londra	Il giorno 11 agosto 1982 un <b>corto circuito</b> su un treno della linea Piccadilly, nel tunnel compreso tra Wood Green e Bounds Green ha generato un <b>incendio</b> che ha distrutto un vagone. Oltre 50 passeggeri hanno effettuato l’evacuazione lungo il tunnel; 15 di loro sono rimasti intossicati dal fumo.
1982	New York	Il 2 giugno 1982 a New York City un treno, fermatosi <b>presso la stazione</b> di Exchange Place, si <b>incendia</b> e le squadre di soccorso impiegano sei ore per controllare l’incendio. L’evento genera numerosi feriti a causa del fumo e quattro carrozze vengono distrutte.

<i>Anno</i>	<i>Località</i>	<i>Evento incidentale</i>
1982	New York	Il 16 marzo 1982, nella metropolitana di New York, un difetto al sistema di controllo della marcia, genera un <b>incendio</b> sotto il pavimento di un treno in marcia nel tunnel prossimo a Christopher Street. La rapida diffusione del fumo ha comportato l'evacuazione di circa 400 passeggeri, 86 dei quali sono rimasti feriti, mentre un vagone è rimasto distrutto.
1979	Parigi	Il 25 marzo 1979, a Parigi, un <b>corto circuito</b> causato da un corpo estraneo sulla linea di contatto della ferrovia, ha provocato un <b>incendio</b> nella stazione di Reuilly-Diderot, sulla linea 1, distruggendo un vagone. Il fumo ha ostacolato i soccorsi ed ha provocato 26 feriti.
1979	San Francisco	Il 17 gennaio 1979 a San Francisco, un guasto elettrico su un treno in transito nel tunnel trans-Bay ha provocato un <b>corto circuito e l'incendio</b> ha interessato il treno che lo seguiva. La mancanza di comunicazioni tra i macchinisti, lo scarso coordinamento della centrale di controllo e gli errori di valutazione ha impedito il salvataggio di tutti i passeggeri. Infatti, l'incendio ha fatto registrare una vittima e 56 persone intossicate dal fumo, mentre cinque carrozze sono state distrutte dal fuoco.
1978	Colonia	Il 24 ottobre 1978 a Colonia, un mozzicone di sigaretta ha generato un <b>principio di incendio</b> nel tunnel della metropolitana in corrispondenza della stazione di Hansaring. In conseguenza di ciò, 8 persone sono state evacuate.
1976	Toronto	Il 15 ottobre 1976 a Toronto, in Canada, un piromane ha appiccato un <b>incendio</b> in un treno nella stazione Christie Street, provocando la distruzione di quattro vagoni.
1976	Lisbona	Il 25 maggio 1976, a Lisbona, un guasto al sistema di trazione ha generato un <b>incendio</b> a bordo di un treno, comportando l'evacuazione delle persone e la distruzione di Quattro vagoni
1975/76	San Francisco	Nel periodo compreso tra marzo 1975 e novembre 1976 si sono verificati nella metropolitana di San Francisco 27 eventi dovuti ad <b>incendio</b> o a <b>presenza di fumo</b> . Tutti gli incendi, meno che tre, sono avvenuti sotto il pavimento del vagone e non sono riusciti a passare nel compartimento passeggeri. Gli ultimi tre casi si sono verificati all'interno delle carrozze provocando pochi danni: in due incendi sono stati bruciati dei rifiuti, mentre il terzo è stato un incendio doloso di un posto viaggiatori.
1975	Londra	Nel febbraio 1975 uno <b>scontro tra due treni</b> alla fine del tunnel della stazione di Moorgate della metropolitana di Londra provoca 43 morti e numerosi feriti nella metropolitana di Londra. L'incidente è stato il peggiore mai avvenuto nella metropolitana di Londra
1975	Boston	Il 2 luglio 1975, a Boston, un <b>incendio</b> dovuto a cause elettriche ha interessato la metropolitana leggera nel tunnel prossimo alla stazione di Kenmore Square, nel momento dell'ora di punta del traffico. In conseguenza dell'incendio sono state evacuate 400 persone e 34 sono rimaste intossicate dal fumo.
1974	Montreal	Il 23 gennaio 1974, a causa dell' <b>incendio</b> delle gomme di un convoglio dovute al corto circuito a sud della stazione metro di Rosemard, vengono distrutte 9 carrozze ferroviarie. Tale incendio è stato valutato di una potenza termica pari a 26,4 MW. Oltre 1000 passeggeri sono stati evacuati

<i>Anno</i>	<i>Località</i>	<i>Evento incidentale</i>
1973	Parigi	<i>Il 27 marzo 1973 un piromane <b>incendia</b> un posto all'interno di un vagone vuoto della Linea 7 di Parigi, in prossimità della stazione di Porte d'Italie. Malgrado il rapido intervento delle squadre di emergenza, il vagone è stato distrutto e due passeggeri presenti in stazione sono morti a causa del fumo.</i>
1972/78	Stoccolma	<i>Nel periodo 1972-1978 nella metropolitana di Stoccolma, in Svezia, si sono verificati a bordo dei treni 7 <b>incendi</b> che in tutti i casi hanno determinato la distruzione della carrozza ove l'incendio si era manifestato. Tutti gli incendi sono risultati di natura dolosa.</i>
1972	Berlino Est	<i>Il 4 ottobre 1972 nella metropolitana di Berlino Est, nella Germania dell'Est, <b>un treno arriva in fiamme nella stazione</b> di Alexanderplatz, danneggiando le strutture della stazione e distruggendo 4 carrozze.</i>
1971	Montreal	<i>Il 12 dicembre 1971 un treno si della metropolitana di Montreal si <b>incendia</b> a seguito della <b>collisione</b> contro la fine del tunnel della stazione di Henri Bourassa, per l'accadimento di un corto circuito. Tale incendio, in cui muore il conducente, è stato valutato di una potenza termica pari a 20,5 MW</i>
1903	Parigi	<i>Il 7 agosto 1903 l'<b>incendio</b> di un treno alla stazione di Couronnes nella metropolitana di Parigi provoca 84 morti. La maggior parte delle vittime muore per la presenza del fumo. Le cause vengono attribuite ad un <b>corto circuito</b></i>

Da un'analisi degli eventi raccolti si può notare come lo scenario di pericolo legato all'incendio sia molto frequente rispetto ad altri aspetti, anche perché spesso concomitante a scenari di altra natura. Inoltre, si osserva come molti scenari di pericolosità sono riconducibili alle fasi di sviluppo dello scenario incendio. Per tale ragione è di particolare interesse lo studio del rischio incendio e delle misure di tutela progettate al fine di prevenire il rischio o delle misure in grado di diminuirne le conseguenze, perché le stesse misure sono utilizzabili su più fronti, nei confronti di più pericoli e ottenendo verosimilmente la stessa potenzialità di contenimento del rischio. In particolare, il rischio incendio è particolarmente diffuso nelle stazioni metropolitane [Figura 2.25], anche relativamente alla pericolosità delle persone il peggiore scenario prevedibile di disservizio è ritenuto un principio di incendio in galleria con il contemporaneo fermo del convoglio e quindi l'impossibilità dei passeggeri di arrivare alle stazioni per mezzo del treno.

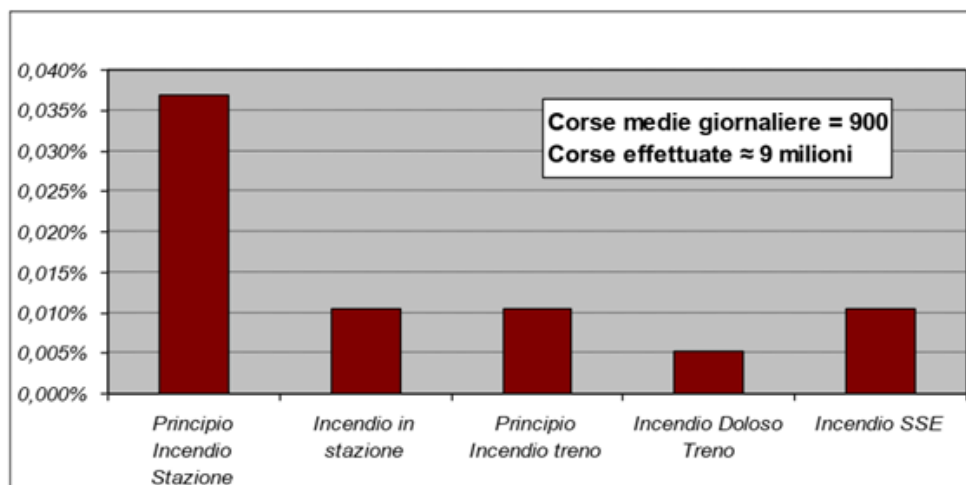


Figura 2.25 - Corse con disservizi a causa di incendio e/o principi di incendio dal 1980 al 2006 (Roma - 14 Eventi) [37].

### 2.3.3 Cause degli incidenti in metropolitana

Le cause di incidente sono da ricercare in tre ambiti:

- Cause tecniche, suddivisibili a loro volta in
  - Cause legate all'infrastruttura;
  - Cause relative al materiale rotabile;
- Cause organizzative e umane;
- Cause esterne al sistema di trasporto.

La procedura può essere estesa anche allo studio delle cause di innesco dei singoli eventi iniziatori caratteristici dello scenario, sulla base delle usuali tecniche ad Albero delle Cause, al fine di identificare la probabilità di accadimento dell'evento.

Anche se le cause degli incidenti in metropolitana vanno ricercate nelle statistiche e nelle banche dati storiche, tuttavia la normativa prevede una categorizzazione definita delle cause da cui gli scenari incidentali di riferimento possono svilupparsi.

Nella norma UNI-UNIFER 7617:1976 parte 10, le cause di eventi anomali e incidenti vengono così categorizzate:

1. Causa riferibile ad avaria di organi del mezzo di trasporto o a imperfetto funzionamento delle sue apparecchiature;
2. Causa riferibile ad avarie o deficienze della sede dell'impianto, ad avarie o deficienze delle opere d'arte dell'impianto (esempio gallerie e viadotti) o delle opere d'arte di approdo, banchine;
3. Causa riferibile a imperfetto funzionamento delle apparecchiature delle linee di trazione elettrica e degli impianti di sicurezza e segnalamento;
4. Causa riferibile ad avaria o deficienza di impianti fissi di linea o di stazione o di scalo di navigazione e relative apparecchiature;
5. Causa riferibile a inosservanza delle prescrizioni regolamentari da parte di personale dell'Azienda, come del resto da parte di personale di assuntoria o di ditta appaltatrice. Inosservanza anche non volontaria, incluso anche il malore che abbia causato l'inosservanza delle prescrizioni;

6. Causa riferibile a viaggiatori;
7. Causa riferibile a estranei, quindi attentati o animali non trasportati;
8. Causa riferibile a suicidio o omicidio;
9. Causa riferibile a fatto naturale: frana, nubifragio, tromba d'aria alluvione, terremoto, ecc.;
10. Causa non accertata.

#### 2.3.4 Scenari di incidentalità

I dati di ingresso di una buona procedura di analisi del rischio sono anche dati, indici di incidentalità, tassi malfunzionamento o guasto di componenti del sistema. L'individuazione degli eventi che causano i maggiori danni funzionali e sistemici alla viabilità e la valutazione dell'entità delle loro conseguenze solitamente è svolta tramite l'analisi delle informazioni e dei resoconti riportati dalla letteratura tecnica e dagli organi di informazione, quando accessibili.

Una volta definito lo scenario è opportuno intraprendere una ricerca sullo sviluppo che lo scenario ha avuto nel tempo per associare ad una probabilità di accadimento una quantità di danno quantificata. La procedura di ricerca può essere estesa sulla base possibili integrazioni relative all'aumento del numero di scenari incidentali di riferimento e all'aumento del livello di dettaglio dei sottosistemi di sviluppo degli scenari, tipicamente: infrastruttura, organizzazione/procedure, materiale rotabile.

La rappresentatività della descrizione degli scenari incidentali, e in particolare del livello di dettaglio con cui viene specificata la gravità delle conseguenze da essi derivanti, è funzione della rappresentatività, veridicità e precisione dei dati di riferimento.

Nell'analisi di tutti i dati, particolare attenzione deve essere posta alla ricerca della conoscenza e allo studio degli eventi che hanno causato problemi e disservizi alla mobilità: eventi rilevanti. Tale ricerca consente a precisare gli eventi precursori e le possibili conseguenze causate da ognuno degli eventi ovvero gli scenari di incidentalità. Secondo la definizione riportata all'articolo 3 del Decreto Legislativo n. 162/2007 [34] l'incidente ferroviario è un "evento improvviso indesiderato e non intenzionale o specifica catena di siffatti eventi aventi conseguenze dannose". L'incidente ferroviario è definito *grave* nel caso le conseguenze portino alla morte di almeno una persona o il ferimento grave di cinque o più persone o seri danni (almeno 2 milioni di euro) a materiale rotabile, infrastruttura o ambiente e qualsiasi altro incidente analogo avente un evidente impatto sulla regolamentazione o gestione della sicurezza ferroviaria [34].

Secondo la definizione della Commissione europea l'incidente grave deve coinvolgere "almeno un veicolo ferroviario in movimento e causa almeno un decesso o un ferito grave, danni significativi (valore superiore a 150.000 euro, fonte: ISTAT) a materiale, binari, altri impianti o all'ambiente oppure un'interruzione prolungata del traffico. Sono esclusi gli incidenti nelle officine, nei magazzini o nei depositi. Si fa notare che secondo la definizione dell'Union internationale des chemins de fer (UIC) bisogna escludere dalle statistiche degli incidenti ferroviari quelli che coinvolgono suicidi (anche tentati) e morti criminali o naturali.

Uno degli obiettivi dello studio dei dati è quello di individuare le aree critiche, aree per le quali risulta conveniente e appropriata un maggiore approfondimenti e una maggiore accuratezza di analisi.

Le aree critiche sono così individuate tra quelle che risultano così contraddistinte:

- aree caratterizzate da probabilità elevata di accadimento di un particolare evento rilevante;
- aree nelle quali un evento rilevante rende molto difficoltose le operazioni di soccorso e di eventuale evacuazione;
- aree nelle quali un evento rilevante potrebbe causare l'inagibilità di tutta la rete o di una sua parte, con conseguenze che possono ripercuotersi sull'intera viabilità urbana;
- aree per le quali sono già stati redatti piani di Protezione Civile con l'obiettivo di verificare l'efficacia e la coerenza che gli strumenti e le procedure che vengono implementate in relazione a un sistema più complesso di pianificazione delle emergenze.

#### *Scenari incidentali di riferimento*

Per affinità di trattazione si considera il Decreto Ministeriale 28 ottobre 2005, Sicurezza nelle gallerie ferroviarie, che all'annesso B dell'allegato tecnico riporta la lista preliminare degli eventi pericolosi e delle cause. Tra i vari scenari si considerano i tre scenari principali predefiniti:

- Deragliamento ( $S_1$ );
- Collisione ( $S_2$ );
- Incendio ( $S_3$ ).

La lista dell'annesso è strutturata su due livelli. Il primo livello corrisponde alla lista preliminare degli eventi pericolosi: il secondo livello è invece rappresentativo delle cause principali che possono portare all'evento pericoloso. L'elenco che segue prende le mosse da queste indicazioni tecniche per poi considerare altri possibili scenari rilevanti:

#### 1. Deragliamento:

L'uscita dalle rotaie, di un treno, di un convoglio ferroviario che può essere provocata da.

- guasto o cedimento strutturale del materiale rotabile,
- cedimento strutturale o deterioramento del tracciato,
- guasto ai sistemi di controllo della circolazione,
- impatto con oggetti, corpi estranei, sulla linea,
- cedimenti strutturali opere civili,
- esplosione/fuoco a bordo,
- errore umano a bordo,
- errore umano al posto centrale,
- *interruzione delle rotaie,*
- *avarie ai carrelli.*

#### 2. Collisione:

Scontro che avviene fra treni o fra treno e ostacolo.

Cause individuate dal DM 28/10/05:

- guasto alle logiche di interlocking,
- prestazioni ridotte dell'impianto frenante,
- presenza di convoglio non segnalato sulla via,
- presenza di ostacoli in linea,
- errato controllo della circolazione dovuto a incompatibilità elettromagnetica,
- perdita dell'impianto frenante per guasti all'elettronica di bordo,

- errore umano a bordo,
- errore umano al posto centrale (o controllo).

### 3. Incendio:

Il problema di sicurezza di una linea metropolitana, nel caso di incendio, è di particolare rilevanza soprattutto per gli effetti devastanti che il fuoco ed il fumo possono procurare alle persone eventualmente coinvolte. Lo sviluppo delle conseguenze nei diversi ambiti di operatività, infrastruttura e materiale rotabile assume una velocità evolutiva rapida e che rende di difficile applicazione l'intervento correttivo di protezione. Inoltre, questo scenario è associato a una probabilità maggiore di eventi iniziatori a causa della facilità di innesco e dalla maggiore probabilità di generarsi a seguito o in concomitanza con altri scenari incidentali.

In Italia da statistiche annuali del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, sul totale degli interventi richiesti, l'incendio è la causa principale di intervento rappresentando il 30% del totale degli interventi, causati nella maggior parte dei casi da guasti elettrici, con una percentuale di 0,2 morti ogni 100.000 abitanti. In ambito internazionale da statistiche curate dal CTFI (International association of fire and rescue service) all'inizio del XXI secolo, su circa 6 miliardi di persone l'elevato numero di incendi, circa 7÷8 milioni, ha causato circa 70÷80 mila decessi e circa 500.000 feriti (dati 2015) [34].

Le cause che possono determinare un incendio indicate nel D.M. 28/10/05 sono:

- rilascio di sostanze infiammabili, tossiche, pericolose trasportate o esterne,
- corto circuito a bordo,
- corto circuito della linea di alimentazione,
- surriscaldamento organi di rotolamento,
- difetto impianto frenante rotabili,
- incendio di materiale combustibile in galleria.

L'incendio è un evento che se ha modo di svilupparsi grava fortemente sulla vulnerabilità fisica, funzionale e sistemica dell'infrastruttura. Solitamente le conseguenze dannose sono direttamente proporzionali al tempo impiegato al ripristino delle condizioni di equilibrio della sicurezza. Se il fenomeno incendio è perdurato nel tempo e associato ad altri eventi (crolli, esplosioni, ecc.) il ripristino delle condizioni di normale funzionalità in completa sicurezza richiede l'esecuzione di operazioni di controllo dell'agibilità delle infrastrutture e molto spesso di interventi di ripristino delle infrastrutture.

Gli scenari sopra riportati garantiscono una copertura esemplificativa esauriente, ma non esaustiva delle tipologie di eventi che possono verificarsi durante l'esercizio di un sistema ferroviario. Altri scenari derivanti soprattutto dalle attività antropiche possono avere luogo, come esposto di seguito.

### 4. Interferenza con sistemi di distribuzione di gas o liquidi pericolosi in prossimità delle stazioni:

- esplosione/incendio,
- rilascio di sostanze pericolose;

### 5. Infortunio di personale o viaggiatori

Si tratta di criticità di pericolo nate da generici pericoli per il personale alle dipendenze del gestore dell'infrastruttura e del personale terzo impiegato per la vigilanza o la manutenzione, e soprattutto per i viaggiatori:

- intrappolamento tra convoglio e banchina,
- intrappolamento nelle porte,
- tentativo di discesa a treno già avviato,
- treno in movimento con porte aperte,
- porte aperte dal lato sbagliato;
- lesioni fisiche a seguito di interazione con organi meccanici;
- malore.

In questi casi l'influenza dell'anomalia si ripercuote sulla funzionalità della linea ed è proporzionata ai tempi di attivazione delle procedure di intervento e soccorso. Il ripristino è da considerarsi immediato.

### 6. Atti terroristici:

Attentati e atti dolosi, sono eventi che si verificano sempre più di frequente. La metropolitana risulta essere un obiettivo sensibile. Come dimostrano alcuni fatti accaduti recentemente, il sistema dei trasporti risulta essere vulnerabile ad attacchi terroristici perché offre la possibilità di colpire un numero molto elevato di persone, può determinare impatti sul sistema economico e sociale di un'intera area o nazione e offre la possibilità di ottenere un elevato riscontro mediatico dell'evento.

Risultano di difficile individuazione le misure adatte per mitigare i danni a persone e cose e limitare i disagi sul sistema dei trasporti. Questi eventi sono solitamente gestiti dalla sicurezza pubblica, prefettura, forze dell'ordine e protezione civile che sono in possesso di protocolli segreti, per far fronte situazioni di questo tipo e permetterne la risoluzione.

### 7. Grandi eventi, manifestazioni, blocchi del traffico:

Discorso analogo agli atti terroristici può essere fatto per le manifestazioni, scioperi e i blocchi del traffico ferroviario per creare disagi e dare pubblicità alle cause per le quali si intende manifestare. Solo in casi particolari questi eventi sono preannunciati, ma risulta difficile anche in questo caso individuare le misure adatte per mitigarne i disagi sul sistema dei trasporti. Una volta rientrata la protesta o cessato l'allarme, solitamente non rimangono danni alle infrastrutture della rete di trasporto quindi si può considerare che questi eventi influenzino solamente la vulnerabilità sistemica e quella funzionale della rete metropolitana.

Evento rilevante è rappresentato dallo spostamento di grandi masse di persone derivanti da grandi eventi sportivi, manifestazioni e raduni di massa che creano notevoli difficoltà alla mobilità di un elevato numero di utenti in corrispondenza di punti o arterie critiche della rete viaria.

Questi eventi sono preannunciati con largo anticipo, ma difficilmente è possibile intraprendere azioni atte a prevenirne gli effetti se non mediante campagne di sensibilizzazione e informazione degli utenti sull'uso del TPL più opportuno e sui tratti critici in modo da limitare la congestione.

Il pericolo derivante da queste situazioni consiste proprio in una congestione del sistema che non è più in grado di consentire l'efficacia e l'efficienza in caso di uno stato incidentale o emergenziale.



Oltre alle attività di origine antropica, devono essere identificati tutti quegli eventi naturali che influenzano fortemente la sicurezza e l'integrità del trasporto.

#### 8. Alluvioni e allagamento:

Le alluvioni sono eventi molto rari ma hanno potenzialmente conseguenze importanti, fino a diventare catastrofiche, per questo motivo la casistica risulta piuttosto scarsa e associata a eventi rilevanti se non addirittura tragici. Gli allagamenti sono molto più frequenti soprattutto per la caratteristica costruttiva dell'infrastruttura che trovandosi sottoterra più facilmente entrerà in contatto con eventuali risalite di falda.

La dinamica evolutiva di questi eventi può variare anche molto in funzione delle caratteristiche dei corsi d'acqua interessati e della manifestazione di un'esonazione. Un'alluvione ha numerose conseguenze sulle infrastrutture e reca con grande probabilità gravi danni infrastrutturali. Infatti, una volta uscita dal normale corso, l'acqua staziona per molto tempo sulla parte di territorio inondata rendendo di conseguenza inutilizzabili le infrastrutture coinvolte; mentre, dopo il suo ritiro, sono necessari interventi atti a ripristinare la normale agibilità della rete e a garantire la vivibilità dell'area interessata dall'evento alluvionale.

Gli allagamenti sono spesso correlati a un'altra circostanza che può recare importanti disagi costituita dagli eventi meteo intensi. Con questo termine ci si riferisce a precipitazioni molto intense, alle precipitazioni nevose, alle formazioni di ghiaccio e al fenomeno della nebbia (metropolitane fuori terra).

Fenomeni di allagamento possono essere accompagnati da condizioni di assenza di energia elettrica, quindi illuminazione, e alla generazione di principi di incendio dovuti a cortocircuito.

#### 9. Movimenti tellurici:

I terremoti di intensità elevata, come le alluvioni, sono eventi molto rari. Il primo e più importante problema da affrontare in caso di terremoto risulta l'inoltro dei soccorsi con rapidità ed efficacia.

Per l'esecuzione tempestiva di questa operazione il traffico di convogli e utenti deve essere pianificato e gestito con efficienza per non ostacolare il cammino dei soccorritori. La scelta di itinerari dedicati, efficienti e allo stesso tempo sicuri diventa un mandato da cui dipende la buona riuscita delle operazioni di soccorso e la messa in sicurezza delle aree colpite.

I terremoti non sono eventi prevedibili, ma dopo la prima scossa seguono sempre altri eventi di assestamento che risultano comunque pericolosi perché vanno a intaccare l'integrità delle infrastrutture già danneggiate. L'allontanamento dei viaggiatori da zone non sicure diventa un'operazione vitale da eseguirsi nel più breve tempo possibile e che richiede l'agibilità delle infrastrutture.

Il terremoto è un evento che incide fortemente sulle vulnerabilità fisica, funzionale e sistemica della rete. Il ripristino delle condizioni di normale funzionalità in completa sicurezza richiede l'esecuzione di operazioni di controllo dell'agibilità delle infrastrutture e molto spesso di interventi di ripristino delle infrastrutture.

#### 10. Crolli e cedimenti della via:

Crolli e cedimenti sono di ampia categorizzazione e possono essere dovuti a differenti cause. Esistono differenti tipi di crolli, ciascuno caratterizzato da diverse dinamiche evolutive. Non tutti gli eventi di questo tipo possono considerarsi preannunciati. A parte una progettazione e affidabilità delle componenti che costituiscono l'infrastruttura di

trasporto, però non è possibile l'attuazione di interventi di prevenzione e l'unico provvedimento praticabile risulta l'allontanamento delle persone in tempi ristretti. Generalmente quando si manifesta un crollo si verificano danni molto rilevanti all'infrastruttura e il ripristino della normale viabilità richiede l'attuazione di interventi lunghi e complessi.

#### 11. Emergenza ambientale

Gli incendi e lo sviluppo di incidenti chimici di poli industriali a rischio incidente rilevante che si manifestano esternamente, possono coinvolgere anche il trasporto pubblico, soprattutto quello metropolitano, trattandosi di ambienti sotterranei e confinati. Se l'evento influenza la fruibilità della rete solamente a causa dello sviluppo di fumi e nubi prodotte, ha effetto soltanto sulla vulnerabilità funzionale e su quella sistemica.

#### 12. Altri pericoli:

- perdita completa di potenza elettrica.
- guasto ai sistemi antintrusione,
- perdita di trazione della motrice,
- sezione di linea disalimentata,
- perdita completa di alimentazione agli apparati di linea,
- perdita dell'impianto di telecontrollo,
- manutenzione inadeguata.

Gli scenari incidentali di riferimento potranno evolvere verso differenziate configurazioni stazionarie di fine emergenza caratterizzate da diversi livelli di danno all'uomo, al materiale e all'infrastruttura a seconda che si verifichi funzionamento corretto o malfunzionamento delle misure di protezione e mitigazione realizzate a livello di tre diversi ambiti:

- Sottosistema INFRASTRUTTURA;
- Sottosistema MATERIALE ROTABILE;
- Sottosistema PROCEDURE OPERATIVE.









SCENARI INCIDENTALI	Ambito del pericolo			CONSEGUENZE
	Ambito INFRASTRUTTURALE (E1)	Ambito MATERIALE ROTABILE (E2)	Ambito PROCEDURE OPERATIVE (E3)	
SCENARI (S1, S2, S3)	Malfunzionamento (%)	Malfunzionamento (%)	Malfunzionamento (%)	D1 ; P1 
		Funzionamento corretto (%)	Funzion. corretto (%)	D2 ; P2 
		Malfunzionamento (%)	Malfunzionamento (%)	D3 ; P3 
		Funzionamento corretto (%)	Funzion. corretto (%)	D4 ; P4 
	Funzionamento corretto (%)	Malfunzionamento (%)	Malfunzionamento (%)	D5 ; P5 
		Funzionamento corretto (%)	Funzion. corretto (%)	D6 ; P6 
		Malfunzionamento (%)	Malfunzionamento (%)	D7 ; P7 
		Funzionamento corretto (%)	Funzion. corretto (%)	D8 ; P8 

Figura 2.26 - Descrizione dell'analisi di rischio base in ambito probabilistico. D.M. 28/10/05, ANNESSO D1, tavola di rappresentazione in forma grafica l'albero degli Eventi corrispondenti alla procedura che considera gli effetti combinati e concatenati dell'evento di riferimento.

In definitiva l'evoluzione del singolo scenario incidentale verso una conseguenza di danno massimo, minimo o intermedio deriva dalla presenza, dall'efficacia e dall'efficienza dei sistemi protettivi e mitigativi realizzati a livello di: infrastruttura, materiale rotabile, procedure operative, nonché delle misure di facilitazione dell'autosoccorso e soccorso. Le procedure operative sintetizzano il ruolo congiunto dei sottosistemi: manutenzione del sistema di ferroviario metropolitano, controllo-comando e segnalamento del sistema ferroviario metropolitano, energia del sistema ferroviario metropolitano, esercizio del sistema ferroviario metropolitano.

## Contenuti dei piani di emergenza

Il piano di emergenza interno è la chiusura logica del documento di valutazione dei rischi e nasce con lo scopo di programmare le azioni e definire le modalità con cui verranno utilizzate le misure di prevenzione e protezione dai rischi che possono espandere la loro gravità fino al livello emergenziale, alto rischio o rischio non accettabile. Questo scopo viene raggiunto tramite procedure operative per il personale dell'organizzazione, per gli utenti in transito e per i soccorsi esterni. Le procedure di emergenza e di soccorso, come menzionato nel capitolo 2, sono esplicitazione di quello che è da intendersi come un servizio contingente e necessario, che deve essere garantito in ogni fase del funzionamento di un'infrastruttura di trasporto. In altri termini è un servizio parallelo che deve figurativamente viaggiare contemporaneamente con il servizio di trasporto. Deve essere pianificato affinché abbia la caratteristica di essere fruibile nel breve tempo e in qualsiasi istante di tutte le fasi del trasporto.

Nel D.M. 21 ottobre 2015 si stabilisce che deve essere perseguito l'obiettivo primario della salvaguardia delle persone, un principio fondamentale quanto scontato, con riferimento:

- alle condizioni di sopravvivenza delle persone che si troveranno nelle immediate vicinanze di un focolaio d'incendio;
- alla protezione delle persone durante il percorso che le conduce in uno spazio scoperto o comunque intrinsecamente sicuro, l'esodo.

L'emergenza incendio è generata da una serie di cause e situazioni che rendono in poco tempo altamente non sicuri ambienti chiusi. Da questa caratteristica deriva la condizione che all'emergenza incendio si debba sempre rispondere tramite un buon piano di esodo dei luoghi, il che sottintende una buona progettazione delle vie di fuga.

Al fine della sicurezza incendio, e per esteso per la sicurezza dai rischi presenti nelle metropolitane, viene considerato per definizione data dalla normativa attuale un luogo aperto come luogo sicuro, conseguentemente qualsiasi luogo chiuso e sotterraneo è da

considerarsi non sicuro in fase di emergenza a meno dell'adozione di sistemi atti a renderlo, sicuro e vivibile che varieranno secondo l'emergenza. Per l'incendio solitamente si tratta di provvedimenti atti a garantire stabilità, isolamento e ventilazione degli ambienti.

Quindi, ogni ambiente chiuso deve avere un piano di sicurezza che dovrà prevedere anche le modalità di evacuazione e abbandono dei locali nel minor tempo possibile. Il piano di sicurezza delle metropolitane include i piani di emergenza; i piani di emergenza devono comprendere i piani di esodo.

Avere un piano di emergenza significa avere il controllo su una situazione prevedibile o imprevedibile ma con effetti simili che necessita di risposta immediata per evitare danni a persone e beni.

Una situazione di emergenza viene suddivisa idealmente in tre fasi:

- 1- Inizio dell'emergenza composta possibilità di auto salvamento con la contemporanea entrata in gioco dei sistemi di protezione.
- 2- Seconda fase di soccorso del personale interno.
- 3- Terza fase di coordinamento e soccorso esterno.

Si espongono di seguito i contenuti obbligatori di un Piano di emergenza secondo la legislazione attuale.

Le Norme di prevenzione incendi nelle metropolitane del 11 gennaio 1988 sono guida per la progettazione della sicurezza delle attuali metropolitane in Italia. Le regole tecniche contenute del DM 21 ottobre 2015 sono di troppo recente emanazione se confrontate con un'infrastruttura che normalmente richiede dai 10 ai 15 anni dati dall'ingente impatto economico ed i lunghi periodi che ne contraddistinguono la realizzazione. Le Norme di prevenzione del '88 non contengono indicazioni circa i piani di emergenza. Non vengono presi in considerazione meccanismi di gestione della sicurezza, come poi invece sarà indicato con chiaro riferimento al SGSA (sistema di gestione della sicurezza antincendio), dei rapporti con i soccorsi esterni e le comunicazioni in quello che è a tutti gli effetti un ambiente confinato composto da gallerie e gallerie di stazione. Nessuna prescrizione è impartita sui tempi di deflusso dal punto di vista prestazionale. Del resto, non viene neppure trattata la formazione e l'addestramento da fornire al personale come non viene trattato il tema delle facilitazioni al soccorso con particolare riferimento ai disabili.

Per tale ragione i due principali riferimenti sono il D.M. 10/03/98 e il D.M. 21/10/15.

Si prenderanno infine alcuni spunti dalla legislazione relativa ai grandi eventi e alla normativa rivolta i siti a rischi incidente rilevante.

### **3.1 Contenuti secondo il D.M. 10/03/98 [21]**

Le metropolitane sono anche luoghi di lavoro. Il D.lgs. 81/08 raccomanda al Datore di Lavoro di tutelare il lavoratore da tutti i rischi cui può essere esposto e che la pianificazione dell'emergenza, che rischia di limitarsi solo alla possibilità di incendio o di esplosione, deve comprendere tutti gli scenari incidentali. Il Piano di Emergenza aziendale contiene e comprende il Piano antincendio. L'unico chiaro riferimento sui contenuti obbligatori per un piano di emergenza nei luoghi di lavoro, tuttavia, attualmente è il Decreto Ministeriale del 10 marzo '98, che tratta esclusivamente il rischio incendio. Per tale ragione è lecito far riferimento a quanto riportato nell'allegato VIII dello stesso decreto.

Il datore di lavoro, il gestore dell'infrastruttura, adotta le necessarie misure organizzative e gestionali da attuare in caso di incendio riportandole in un piano di emergenza elaborato in conformità ai criteri di seguito descritti.

Il piano di emergenza deve essere predisposto a seguito della valutazione dei rischi e deve essere tenuto aggiornato.

Il piano di emergenza deve contenere nei dettagli:

- a) le **azioni** che i lavoratori devono mettere in atto in caso di incendio;
- b) le **procedure per l'evacuazione** del luogo di lavoro che devono essere attuate dai lavoratori e dalle altre persone presenti;
- c) le **disposizioni per chiedere l'intervento dei vigili del fuoco** e per fornire le necessarie informazioni al loro arrivo;
- d) specifiche misure per assistere le persone **disabili**.

Il piano di emergenza deve identificare un adeguato numero di persone incaricate di sovrintendere e controllare l'attuazione delle procedure previste.

#### *Contenuti del piano*

I fattori da tenere presenti nella compilazione del piano di emergenza e da includere nella stesura dello stesso sono:

- le caratteristiche dei luoghi con particolare riferimento alle vie di esodo;
- il sistema di rivelazione e di allarme incendio;
- il numero delle persone presenti e la loro ubicazione;
- i lavoratori esposti a rischi particolari;
- il numero di addetti all'attuazione ed al controllo del piano nonché all'assistenza per l'evacuazione (addetti alla gestione delle emergenze, evacuazione, lotta antincendio, pronto soccorso);
- il livello di informazione e formazione fornito ai lavoratori.

Il piano di emergenza deve essere basato su chiare istruzioni scritte e deve includere:

- i doveri del personale di servizio incaricato di svolgere specifiche mansioni con riferimento alla sicurezza antincendio, quali per esempio: telefonisti, custodi, capi reparto, addetti alla manutenzione, personale di sorveglianza;
- i doveri del personale cui sono affidate particolari responsabilità in caso di incendio;
- i provvedimenti necessari per assicurare che tutto il personale sia informato sulle procedure da attuare;
- le specifiche misure da porre in atto nei confronti dei lavoratori esposti a rischi particolari;
- le specifiche misure per le aree ad elevato rischio di incendio;
- le procedure per la chiamata dei vigili del fuoco, per informarli al loro arrivo e per fornire la necessaria assistenza durante l'intervento.

Per i luoghi di lavoro di grandi dimensioni o complessi, il piano deve includere avvisi scritti contenenti norme comportamentali e anche una planimetria nella quale siano riportati:

- le caratteristiche distributive del luogo, con particolare riferimento alla destinazione delle varie aree, alle vie di esodo ed alle compartimentazioni antincendio;
- il tipo, numero ed ubicazione delle attrezzature ed impianti di estinzione;
- l'ubicazione degli allarmi e della centrale di controllo;
- l'ubicazione dell'interruttore generale dell'alimentazione elettrica, delle valvole di intercettazione delle adduzioni idriche, del gas e di altri fluidi combustibili.

#### *Assistenza alle persone disabili*

Il datore di lavoro deve individuare le necessità particolari dei lavoratori disabili nelle fasi di pianificazione delle misure di sicurezza antincendio e delle procedure di evacuazione del luogo di lavoro.

Occorre altresì considerare le altre persone disabili che possono avere accesso nel luogo di lavoro. Al riguardo occorre anche tenere presente le persone anziane, le donne in stato di gravidanza, le persone con arti fratturati ed i bambini.

Qualora siano presenti lavoratori disabili, il piano di emergenza deve essere predisposto tenendo conto delle loro invalidità.

Le persone disabili possono utilizzare un ascensore solo se è un ascensore predisposto per l'evacuazione o è un ascensore antincendio, ed inoltre tale impiego deve avvenire solo sotto il controllo di personale pienamente a conoscenza delle procedure di evacuazione.

Nel predisporre il piano di emergenza, il datore di lavoro deve prevedere una adeguata assistenza alle persone disabili che utilizzano sedie a rotelle ed a quelle con mobilità limitata. Quando non sono installate idonee misure per il superamento di barriere architettoniche eventualmente presenti oppure qualora il funzionamento di tali misure non sia assicurato anche in caso di incendio, occorre che alcuni lavoratori, fisicamente idonei, siano addestrati al trasporto delle persone disabili.

Il datore di lavoro deve assicurare che i lavoratori con visibilità limitata, siano in grado di percorrere le vie di uscita. In caso di evacuazione del luogo di lavoro, occorre che lavoratori, fisicamente idonei ed appositamente incaricati, guidino le persone con visibilità menomata o limitata. Durante tutto il periodo dell'emergenza occorre che un lavoratore, appositamente incaricato, assista le persone con visibilità menomata o limitata.

Nel caso di persone con udito limitato o menomato esiste la possibilità che non sia percepito il segnale di allarme. In tali circostanze occorre che una persona appositamente incaricata, allerti l'individuo menomato.

#### *Osservazioni*

Da una valutazione degli intenti del Dlgs 81/08 e il DM 10/03/98 si evidenziano alcune zone d'ombra, aspetti non esplicitamente trattati e lasciati alla buona volontà e all'attenzione posta dal del gestore o dei funzionari VVF.

Non è palese come vadano individuati e valutati i rischi dovuti al contesto in cui si trova l'attività, chi e come decide la 'gravità' di un'emergenza, sia essa in atto o solo annunciata (ad esempio l'arrivo di una forte perturbazione o di un tornado). Non sono definiti i criteri di valutazione della fine di una situazione di pericolo, soprattutto se questo coinvolge aspetti non totalmente sotto il controllo dell'attività. Infine, non si esplicita come tenere conto nelle procedure della presenza di utenti non formati e addestrati.

Si indica poi che nel caso di gravi calamità ambientali - come alluvioni, frane, terremoti, ... - la gestione di un'emergenza non può limitarsi a descrivere come mettere al sicuro ciò che non lo è, ma dovrebbe essere finalizzata anche ad evitare alle persone di subire ulteriori disagi dall'interruzione del proprio lavoro, di un servizio o di un sostegno sociale. Aspetti particolarmente rilevanti nel caso di attività che non possono essere facilmente interrotte e messe in sicurezza, come per i luoghi dove le vie d'esodo non sono ordinarie (spazi confinati, gallerie, grandi manifestazioni all'aperto, ecc.) o degli ambiti dove sono radunati un pubblico o molti utenti.

### 3.2 Contenuti secondo il D.M. 21/10/15 [39]

Alla parte VIII della regola tecnica sono indicate le misure di organizzazione e gestione della sicurezza antincendio di seguito riportate. Si ricorda che il capo VIII contempla la prima misura di adeguamento a cui sono soggette le metropolitane costruite secondo normative antecedenti il decreto ministeriale del 21 ottobre 2015.

#### *Indicazioni generali*

- 1- L'organizzazione e la gestione della sicurezza antincendio deve essere commisurata all'importanza della infrastruttura destinata allo spostamento di centinaia di migliaia di persone al giorno, perlopiù con percorsi sotterranei. In presenza di interferenze con altre attività, la gestione della sicurezza antincendio dovrà essere di tipo coordinato.
- 2- Le procedure di emergenza devono essere elaborate in funzione dei flussi massimi dei viaggiatori.
- 3- L'organizzazione e la gestione della sicurezza devono rispondere ai criteri contenuti nel decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81 e successive modificazioni.
- 4- Ai fini del necessario coordinamento delle operazioni di emergenza, tutte le segnalazioni di allarme dovranno affluire nella sala operativa del Gestore che dovrà essere in grado di comunicare con qualsiasi capo della metropolitana, secondo le procedure indicate nel piano di emergenza.
- 5- Nei limiti operativi imposti dall'esercizio dell'attività, devono essere programmate periodiche esercitazioni, anche in collaborazione con le strutture territoriali del Corpo nazionale dei Vigili del fuoco.
- 6- Deve essere attuato un sistema di gestione della sicurezza antincendio, così come previsto nel decreto del Ministro dell'Interno del 9 maggio 2007 (approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio).

#### *Indicazioni relative al Piano di emergenza*

Il responsabile dell'attività deve predisporre piani di emergenza relativi ai diversi scenari incidentali, anche diversi da quelli di incendio, che possono configurarsi nell'ambito dell'intera metropolitana.

In caso di incendio gli scenari di riferimento sono:

- l'incendio a bordo di un treno in stazione;
- l'incendio a bordo di un treno fermo in galleria;
- l'incendio di un'eventuale attività commerciale di pertinenza posta nell'atrio della stazione ed avente le caratteristiche geometriche ed impiantistiche riportate nella stessa regola tecnica;
- l'incendio in un locale tecnico.



In tali piani devono essere, inoltre, riportate le procedure da adottare durante l'emergenza e le procedure da adottare per il ritorno alle ordinarie condizioni di esercizio.

- la descrizione generale della struttura con particolare riferimento alle stazioni ed alle sedi sotterranee o su viadotto;
- definizione delle modalità di gestione delle scale mobili, in caso di emergenza;
- l'identificazione dei possibili eventi che possono verificarsi all'interno della struttura o che possono coinvolgerla dall'esterno e dai quali possono derivare pericoli per l'incolumità delle persone e/o danni alla struttura stessa;
- i sistemi di rilevazione e comunicazione dell'emergenza adottati;
- l'identificazione delle persone autorizzate ad attivare le procedure di emergenza, della persona responsabile della loro applicazione, e del coordinamento delle misure di intervento all'interno della struttura coinvolta;
- le logiche di attivazione degli impianti di protezione aerea nei percorsi protetti ed in galleria;
- l'identificazione del personale che può effettuare i primi interventi, in attesa delle squadre di soccorso;
- l'identificazione del responsabile delle comunicazioni con le autorità ed in particolare con i Vigili del fuoco;
- le modalità di effettuazione dell'evacuazione dalla struttura coinvolta;
- le attrezzature di ausilio al soccorso presenti in loco;
- le procedure da adottare per il ritorno alle ordinarie condizioni di esercizio, ove possibile.

#### *Indicazioni circa la formazione e l'addestramento del personale*

Tutto il personale che opera nell'ambito della metropolitana deve essere informato e formato secondo i criteri di base enunciati nei pertinenti atti regolamentari. Detto personale deve aver conseguito l'attestato di idoneità tecnica di cui all'art. 3 della legge 28 novembre 1996, n. 609.

#### *Indicazioni per la gestione del sovraffollamento*

Al fine di evitare il sovraffollamento delle persone in banchina in attesa del convoglio, in particolari momenti di punta o in caso di eventi eccezionali, dovranno essere previsti sistemi o procedure in grado di gestire l'afflusso delle persone, anche con la temporanea interdizione di tutta o parte la stazione interessata.

### **3.3 Contenuti delle procedure operative secondo il D.M. 28/10/05**

#### **3.3.1 Procedure operative in fase di prevenzione e mitigazione incidenti**

##### **3.3.1.1 Arresto per emergenza**

In presenza di un'emergenza con incendio a bordo in una galleria, i treni, compatibilmente con il sistema di distanziamento per essi previsto, verranno arrestati all'esterno della galleria, o nel caso di gallerie di rilevante lunghezza in punti opportunamente individuati, per favorire l'eventuale esodo. Nel caso delle metropolitane questi punti sono le fermate di stazione.

Prendendo spunto da quanto riportato nelle norme riferite alle gallerie ferroviarie, in presenza di un'emergenza i treni presenti in linea ridurranno opportunamente la velocità e dovranno essere portati alle stazioni più vicine opposte al focolaio. Se presenti tratte

fuori terra, i treni eventualmente presenti sulla linea dovranno essere arrestati prima del loro ingresso nella galleria o portati fuori dalla stessa a velocità opportuna, che deve essere preventivamente stabilita nel piano. I treni eventualmente accodati a quello incidentato devono essere fermati il prima possibile.

Gli interventi integrativi preventivi si riferiscono alla presenza di merci pericolose contemporanee a trasporto di passeggeri, caso non previsto per il trasporto metropolitano e pertanto non applicabile.

### 3.3.2 Procedure operative in fase esodo e soccorso

#### 3.3.2.1 Formazione del personale

Il personale del Gestore dell'Infrastruttura e delle imprese ferroviarie deve essere opportunamente addestrato con continuità ed in base alle proprie funzioni e responsabilità in modo tale da essere in grado di operare e gestire eventuali emergenze.

#### 3.3.2.1 Informazioni di sicurezza e istruzioni sul comportamento in caso di emergenza

Devono essere fornite ai passeggeri opportune informazioni sulle dotazioni di sicurezza disponibili.

Devono essere impartite specifiche istruzioni circa il comportamento da tenere in caso di emergenza in galleria.

#### 3.3.2.2 Piani di emergenza e soccorso (piani esterni)

Le autorità locali competenti devono approntare congiuntamente un piano di emergenza sulla scorta degli scenari di incidente ipotizzati che tenga conto delle indicazioni generali e specifiche al fine di definire, per i vari scenari, compiti e responsabilità dei vari enti coinvolti nelle operazioni di soccorso.

**Il piano di emergenza deve essere proposto fin dalla fase di progettazione.**

#### 3.3.2.3 Esercitazioni periodiche con le squadre di soccorso

Devono essere svolte esercitazioni congiunte tra il personale ferroviario e il personale delle squadre di soccorso al fine di assicurare un opportuno addestramento alla collaborazione, alla comunicazione e al coordinamento durante un'eventuale emergenza. Le esercitazioni devono inoltre aumentare l'efficienza del soccorso e ridurre i tempi di intervento.

Le esercitazioni sono obbligatorie per gallerie di lunghezza superiore a 5000 m.

#### 3.3.2.4 Mezzi di soccorso (mezzo bimodale)

Per l'accesso delle squadre di soccorso in gallerie di lunghezza superiore a 5000 m dovrà essere previsto un mezzo speciale che, affidato in dotazione ai distaccamenti VV.F., competenti per il territorio in cui è situata la galleria, presenti caratteristiche tali da poter circolare sia su strada che su ferrovia passando da una modalità all'altra con il solo ausilio di un breve tratto di linea ferroviaria reso carrabile.

#### 3.3.2.5 Disponibilità attrezzature di soccorso

Devono essere disposte lungo la galleria, almeno in postazioni ogni 500 m attrezzature di emergenza a disposizione delle squadre di soccorso e/o dei passeggeri.

Si applica per le gallerie di lunghezza superiore a 3.000 m.

#### 3.3.2.6 Informazioni sul trasporto di merci pericolose

Misura presente nel decreto ma non applicabile nel contesto delle ferrovie metropolitane.

### 3.4 Confronto ragionato

#### 3.4.1 Indicazioni generali relative alla costituzione del piano

Indicazioni contenute (solo) nel D.M. 21/10/15, legge attualmente cogente per le metropolitane. Come si è descritto nel capitolo 1 il decreto prevede un programma di adeguamento delle metropolitane (anomalo perché riferito a requisiti previgenti). Il primo adeguamento ritenuto necessario, prima dell'intervento strutturale e impiantistico, è appunto l'adeguamento operativo della gestione delle emergenze (incendio), ovvero l'adeguamento dei piani di emergenza secondo il capo VIII dell'allegato tecnico.

L'unico requisito a non dover essere ottemperato è l'attuazione di un sistema di gestione della sicurezza antincendio (SGSA), così come previsto nel decreto del Ministro dell'Interno del 9 maggio 2007 (approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio).

Tuttavia, viene data per assodata la necessità di un'organizzazione e una gestione della sicurezza (antincendio), che deve essere commisurata a tre aspetti determinanti per le metropolitane:

- Presenza quasi esclusiva di percorsi sotterranei e confinati;
- Presenza di centinaia di migliaia di persone al giorno in transito;
- Importanza strategica dell'infrastruttura nel contesto cittadino e sociale, quindi l'inserimento dell'attività all'interno di un contesto che genera interferenze con altre attività, e pertanto la necessità di coordinare la gestione della sicurezza (antincendio) con tutte le attività di contorno.

Le procedure di emergenza devono tenere conto degli **affollamenti** ed elaborate in funzione dei flussi massimi dei viaggiatori. Questo aspetto genera intrinsecamente la necessità di revisionare i piani e le procedure di emergenza ogni qual volta le caratteristiche della domanda di trasporto dovesse cambiare, sia nel breve che nel lungo termine.

Data la complessità e l'estensione dell'infrastruttura si impone che tutte le segnalazioni di allarme devono affluire nella sala **operativa del Gestore (PCC)** che dovrà essere in grado di comunicare con qualsiasi capo della metropolitana, secondo opportune procedure che devono essere indicate nel piano di emergenza, ai fini del necessario coordinamento delle operazioni di emergenza.

Il decreto infine include quanto discusso al capitolo 2, affermando che *l'organizzazione e la gestione della sicurezza*, e quindi anche il piano di emergenza, *devono rispondere ai criteri contenuti nel decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81 e successive modificazioni*. I piani di emergenza quindi sono discendenza diretta della valutazione dei rischi. In questo modo vengono conglobati nei requisiti dei piani redatti secondo il D.M. 21/10/15, attualmente obbligatorio per tutte le metropolitane in Italia, quelli che sono i provvedimenti descritti dal D.M. 10/03/98.

#### 3.4.2 Confronto dei contenuti

Nel prospetto di seguito si procede con il confronto degli argomenti finora esposti da includere necessariamente nei piani di emergenza.

Tabella 3.1 – Confronto dei contenuti da prevedere normativamente nei piani di emergenza

<i>Argomento</i>	<i>DM 10/03/98</i>	<i>DM 21/10/2015</i>	<i>DM 28/10/05</i>
<i>Scenari di incidente</i>	-	<p>identificazione dei possibili eventi che possono verificarsi all'interno della struttura o che possono coinvolgerla dall'esterno e dai quali possono derivare pericoli per l'incolumità delle persone e/o danni alla struttura stessa;</p> <p>tra i vari scenari particolare attenzione e specifica deve essere rivolta agli scenari incendio:</p> <p>l'incendio a bordo di un treno in stazione;</p> <p>l'incendio a bordo di un treno fermo in galleria;</p> <p>l'incendio di un'eventuale attività commerciale di pertinenza posta nell'atrio della stazione ed avente le caratteristiche geometriche ed impiantistiche riportate nella stessa regola tecnica;</p> <p>l'incendio in un locale tecnico.</p>	-
<i>Modo di esodo</i> <i>Vie di esodo</i>	<p>caratteristiche dei luoghi con particolare riferimento alle vie di esodo;</p> <p>-</p> <p>-</p>	<p>descrizione generale della struttura con particolare riferimento alle stazioni ed alle sedi sotterranee o su viadotto;</p> <p>definizione delle modalità di gestione delle scale mobili, in caso di emergenza;</p> <p>modalità di effettuazione dell'evacuazione dalla struttura coinvolta;</p>	- - -
<i>Affollamenti</i>	<p>definizione del numero delle persone presenti e la loro ubicazione, anche in via previsionale. Determinazione della capacità del servizio e dei singoli elementi dell'infrastruttura: treni, banchine, atri, vie di esodo;</p> <p>lavoratori esposti a rischi particolari;</p> <p>-</p>	<p>-</p> <p>-</p> <p>Al fine di evitare il sovraffollamento delle persone in banchina in attesa del convoglio, in particolari momenti di punta o in caso di eventi eccezionali, dovranno essere previsti sistemi o procedure in grado di gestire l'afflusso delle persone, anche con la temporanea interdizione di tutta o parte la stazione interessata.</p>	- - -
<i>Comunicazioni e allarmi</i>	<p>sistema di rilevazione e di allarme incendio;</p> <p>-</p>	<p>sistemi di rilevazione e comunicazione dell'emergenza adottati;</p> <p>logiche di attivazione degli impianti di protezione aeraulica nei percorsi protetti ed in galleria;</p>	- -
<i>Personale a disposizione e livello di preparazione per affrontare la situazione</i>	<p>numero di addetti all'attuazione ed al controllo del piano nonché all'assistenza per l'evacuazione (addetti alla gestione delle emergenze, evacuazione, lotta antincendio, pronto soccorso);</p> <p>-</p>	<p>identificazione delle persone autorizzate ad attivare le procedure di emergenza e della persona responsabile dell'applicazione e del coordinamento delle misure di intervento all'interno della struttura coinvolta;</p> <p>identificazione del personale che può effettuare i primi interventi, in attesa delle squadre di soccorso;</p>	- -

Argomento	DM 10/03/98	DM 21/10/2015	DM 28/10/05
	<p>livello di informazione e formazione fornito ai lavoratori.</p> <p>Gli operatori incaricati devono essere in possesso di attestato di idoneità tecnica [Articolo 6 comma 3, Allegato X lettera h) e legge 28 novembre 1996, n. 609, art. 3].</p> <p>-</p>	<p>È imposta la formazione antincendio per tutto il personale impiegato ovvero che gli operatori siano in possesso di attestato di idoneità tecnica ottenuto a seguito della formazione tecnico-professionale presso il Corpo nazionale dei vigili del fuoco</p> <p>Nelle indicazioni generali del DM 21/10/2015, si impone come necessario per tutte le ferrovie metropolitane, nei limiti operativi imposti dall'esercizio dell'attività, la programmazione di periodiche esercitazioni, anche in collaborazione con le strutture territoriali del Corpo nazionale dei Vigili del fuoco.</p>	<p>Il personale del Gestore dell'Infrastruttura e delle imprese ferroviarie deve essere opportunamente <b>addestrato con continuità</b> ed in base alle proprie funzioni e responsabilità in modo tale da essere in grado di operare e gestire eventuali emergenze.</p> <p>Devono essere svolte esercitazioni congiunte tra il personale ferroviario e il personale delle squadre di soccorso al fine di assicurare un opportuno addestramento alla collaborazione, alla comunicazione e al coordinamento durante un'eventuale emergenza</p> <p>Le esercitazioni devono inoltre aumentare l'efficienza del soccorso e ridurre i tempi di intervento.</p>
<b>Istruzioni operative</b>	<p>provvedimenti necessari per assicurare che tutto il personale sia <b>informato</b> sulle procedure da attuare;</p> <p>doveri del personale di servizio incaricato di svolgere specifiche mansioni con riferimento alla sicurezza antincendio, quali per esempio: telefonisti, custodi, capi reparto, addetti alla manutenzione, personale di sorveglianza;</p> <p>doveri del personale cui sono affidate particolari responsabilità in caso di incendio;</p> <p>norme comportamentali da tenere in caso di emergenza (norme di comportamento obbligatorie anche per il DPR 753/80)</p> <p><b>Planimetrie</b> indicanti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- le caratteristiche distributive del luogo, con particolare riferimento alla destinazione delle varie aree, alle <b>vie di esodo</b> ed alle compartimentazioni antincendio;</li> <li>- il tipo, numero ed ubicazione delle attrezzature ed impianti di estinzione;</li> <li>- l'ubicazione degli allarmi e della centrale di controllo;</li> <li>- l'ubicazione dell'interruttore generale dell'alimentazione elettrica, delle valvole di intercettazione delle adduzioni idriche, del gas e di altri fluidi combustibili.</li> </ul>	<p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p>	<p>-</p> <p>-</p> <p><b>specifiche istruzioni circa il comportamento da tenere in caso di emergenza in galleria.</b></p> <p><b>informazioni sulle dotazioni di sicurezza disponibili fornite ai passeggeri</b></p>
<b>Procedure operative</b>	<p>specifiche misure per le aree ad elevato rischio di incendio;</p> <p>specifiche misure da porre in atto nei confronti dei lavoratori esposti a rischi particolari;</p> <p>specifiche misure per prevedere una adeguata assistenza alle persone disabili</p> <p>procedure per la chiamata dei vigili del fuoco, per informarli al loro arrivo e per fornire la necessaria assistenza durante l'intervento.</p> <p>-</p>	<p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>identificazione del responsabile delle comunicazioni con le autorità ed in particolare con i Vigili del fuoco;</p> <p>-</p>	<p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>Procedura per l'arresto dei convogli in emergenza</p>

<i>Argomento</i>	<i>DM 10/03/98</i>	<i>DM 21/10/2015</i>	<i>DM 28/10/05</i>
<i>Soccorsi esterni</i>	-	-	<p><i>Le autorità locali competenti devono approntare congiuntamente un piano di emergenza sulla scorta degli scenari di incidente ipotizzati che tenga conto delle indicazioni generali e specifiche al fine di definire, per i vari scenari, compiti e responsabilità dei vari enti coinvolti nelle operazioni di soccorso.</i></p> <p><i>Descrizione delle possibilità di accesso per le squadre di soccorso. Le squadre di soccorso devono poter entrare nella galleria in caso di incidente, attraverso i portali della galleria e/o uscite di emergenza appropriate. Tali vie di accesso devono essere larghe almeno 2,25 m e alte almeno 2,25 m. Il gestore dell'infrastruttura descrive nel piano di emergenza le strutture dedicate come vie di accesso. Se il piano di emergenza impone l'accessibilità stradale, essa deve essere la più vicina possibile all'area di sicurezza prevista. Le possibilità di accesso alternative devono essere descritte nel piano di emergenza.</i></p> <p><i>Ubicazione del piazzale emergenza. Devono essere previste aree di soccorso in prossimità della galleria vicino alle vie di accesso. Le strade esistenti possono essere considerate aree di soccorso.</i></p> <p><i>indicazioni sulla disposizione lungo la galleria (almeno in postazioni ogni 500 m) di attrezzature di emergenza a disposizione delle squadre di soccorso e/o dei passeggeri.</i></p>
<i>Ripristino</i>	-	<i>descrizione e ubicazione delle attrezzature di ausilio al soccorso presenti in loco;</i>	-
		<i>procedure da adottare per il ritorno alle ordinarie condizioni di esercizio, ove possibile.</i>	

### 3.4.3 Adeguamento dei piani di emergenza delle metropolitane

Si esaminano in questo paragrafo gli aspetti da considerare per l'adeguamento dei piani di emergenza delle metropolitane.

Si ricorda che tali adeguamenti sono stati resi obbligatori per legge e sono cogenti dal 30/11/16.

In prima istanza si deve verificare la presenza di tutti i contenuti sopra esposti. Si propone, a tal proposito, l'individuazione di 9 paragrafi, con cui si raggruppano questi contenuti, alcuni complementari altri sovrapponibili, esposti anche in fase di analisi nel precedente prospetto:

- 1- Scenari di incidente: individuazione e descrizione;
- 2- Modalità di esodo e caratteristiche delle vie di fuga;
- 3- Definizione degli affollamenti;
- 4- Comunicazioni e allarmi;
- 5- Personale a disposizione e livello formazione previsto;
- 6- Istruzioni operative;
- 7- Procedure operative;
- 8- Relazioni con i soccorsi esterni;
- 9- Piano di ripristino;
- 10- Allegati al piano (almeno elaborati grafici).

In seconda battuta si individuano tutti quegli aspetti da integrare su piani di emergenza basati sui dettami della legislazione antecedente il 2015; devono essere verificati tutti i contenuti precedentemente esposti e, se carenti, implementati.

Seguendo la *ratio ex lege* del D.M. 21/10/15 data nelle *Disposizioni complementari e finali*, la priorità viene data all'adeguamento dei piani di emergenza ovvero alla gestione del salvamento delle persone presenti in metropolitana, puntando sugli obiettivi fondamentali di prevenzione e esodo. Un buon piano di emergenza deve essere in grado di sopperire agli aspetti carenti dell'infrastruttura. Anche se non equivalentemente efficaci, dato che la prevenzione è sempre prioritaria rispetto ad aspetti di protezione, come le azioni di intervento descritte nei piani di emergenza, i tempi di realizzazione e di adeguamento sono sicuramente da ritenersi minori. Solo successivamente al novembre 2018 si richiede l'integrazione di una serie di aspetti capillari relativi agli impianti tecnologici.

#### *Scenari di incidente: individuazione e descrizione*

Aspetto da integrare. La descrizione degli scenari incidentali diventa obbligatoria. Non devono essere compresi solo gli scenari di rischio incendio. In ogni caso gli scenari di rischio incendio devono essere articolati supponendo, in base alle probabilità della valutazione dei rischi, l'insorgere di un principio di incendio in ogni compartimento.

Lo scopo dei piani di emergenza è quello di permettere la migliore gestione possibile degli scenari incidentali ipotizzati, determinando una o più sequenze di azioni che sono ritenute le più idonee al fine di controllare le conseguenze di un incidente per avere i risultati di salvaguardia di persone, beni e ambiente.

Per raggiungere l'obiettivo centrale di fornire una serie di linee-guida comportamentali e procedurali, si deve passare dagli obiettivi intermedi di identificazione degli incidenti che possono verificarsi e di raccolta, in un documento organico e ben strutturato, quelle

informazioni preliminari utili prima dell'emergenza e che non è possibile ottenere facilmente durante l'emergenza.

Inoltre, si dispone di uno strumento fondamentale per sperimentare la simulazione dell'emergenza e promuovere organicamente l'attività di addestramento.

La descrizione degli scenari trova particolare interesse nello sviluppo di criteri di progettazione prestazionali, come offerto dall'approccio della FSE. Ogni scenario è descritto con una curva di sviluppo di pericolosità, nel caso dell'incendio una curva di sviluppo incendio chiamata Curva Heat Release Rate (HRR). Utile per la progettazione di attività rilevanti dal punto di vista strutturale, tecnologico, strategico (aeroporti, edifici di grande altezza, ecc. incluse le metropolitane) ed in tutte quelle le situazioni in cui vincoli strutturali o architettonici rendono problematico, se non impossibile, il rispetto delle prescrizioni legislative. Tale approccio prestazionale è auspicabile per le metropolitane di vecchia concezione ovvero realizzate prima del 1988 e ovviamente prima della RTV del 2015.

Nella Figura 3.1 si ha visione dell'importanza della curva per stabilire i tempi di sicurezza per l'esodo ovvero i vincoli temporali in cui deve avvenire il raggiungimento di un luogo sicuro.

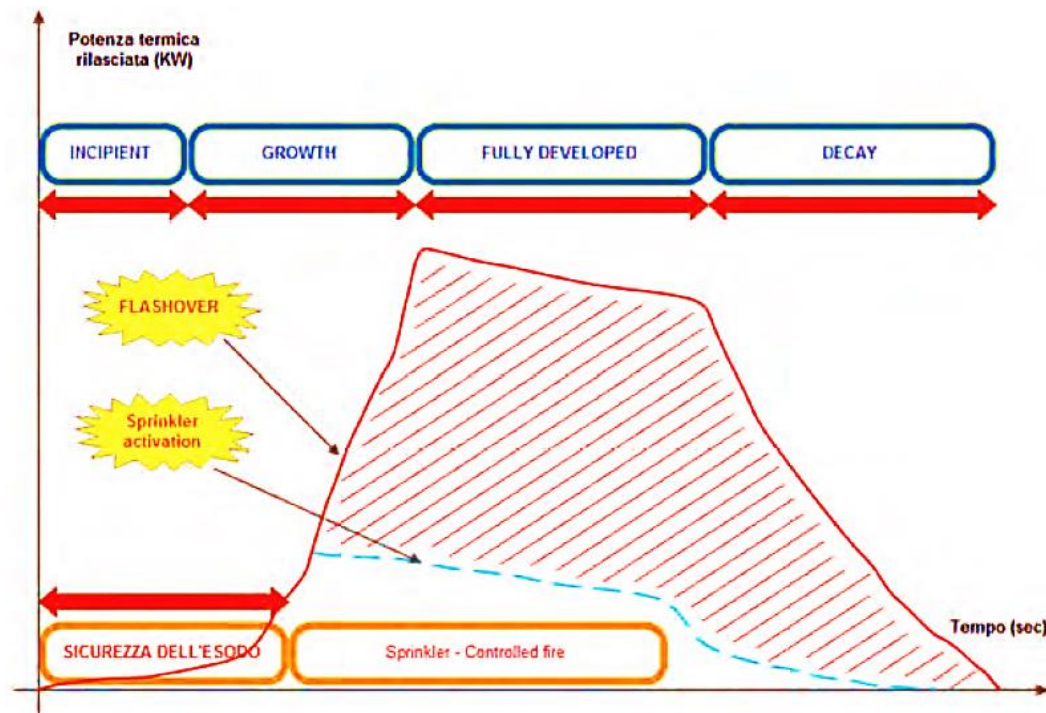


Figura 3.1 - Esempio di curva HRR relazionata con i tempi di esodo e l'attivazione dei sistemi di protezione (sprinkler) [2].

#### *Modalità di esodo e caratteristiche delle vie di fuga*

Riguardo le modalità di evacuazione, il *piano di evacuazione* è in pratica un “piano nel piano” che esplicita con gli opportuni dettagli tutte le misure adottate (in fase preventiva e di progetto) e tutti i comportamenti da attuare (in fase di emergenza) per garantire la completa evacuazione della metropolitana da parte di tutti i presenti.

La regola tecnica del 2015 attribuisce un valore primario alla progettazione del sistema di esodo in fase di emergenza da una metropolitana.



Tale aspetto relativo alla descrizione dello sfollamento dei passeggeri deve essere integrato. Non è sufficiente descrivere i luoghi e le vie di esodo, ma anche il modo con cui si prevede che debba avvenire l'evacuazione dalla struttura, anche in relazione ai tempi di allertamento del personale e dell'utenza (pubblicità dell'evento critico). La descrizione delle vie di esodo è di fondamentale importanza anche nell'approccio prestazionale proposto dalle norme attualmente cogenti. Infatti, nell'Appendice Tecnica del decreto del 2015 viene dato ampio spazio a tale argomento.

È importante precisare che, ai fini di una corretta progettazione della sicurezza, il dimensionamento delle stazioni ed in particolare dei percorsi di sfollamento è affidato ad un calcolo di progetto da cui derivare i parametri geometrici che permettano di rispettare i vincoli di tempo imposti per lo sfollamento e non, viceversa, ad un calcolo di verifica sulla base di elaborati architettonici avulsi dalla problematica dell'esodo delle persone. Tuttavia, per stazioni metropolitane già esistenti, a meno di progettazioni lungimiranti, è più veritiero che avvenga semplicemente un calcolo di verifica.

Il probabile alto numero di persone, la profondità delle stazioni, i percorsi non sempre lineari, costituiscono vincoli che il progettista deve tenere sempre presente per una corretta soluzione progettuale che deve essere necessariamente inserita nella progettazione architettonica generale delle stazioni. Una stazione che sia comodamente accessibile, architettonicamente ma anche psicologicamente ampia, esteticamente confortevole, corredata di impianti funzionali, sarà una stazione sicura anche se di tipo profondo e gli utenti ne trarranno vantaggio anche nel caso di emergenze che prevedano il rapido sfollamento. La teoria di partenza è quella dell'analisi di deflusso di persone.

Il tema va di pari passo con la definizione degli affollamenti, della densità media delle persone presenti nei locali oggetto della redazione del piano. Se la densità di occupazione supera i  $3,8 \text{ pax/m}^2$  ( $d_o$ ) si ha praticamente il blocco degli individui.

Nell'appendice tecnica sono riportati i criteri su cui basare il dimensionamento dei percorsi di sfollamento/deflusso.

Lo spazio in cui avviene lo sfollamento è uno spazio di tipo confinato, con larghezza effettiva  $L_e$  che deve tenere conto dell'eventuale presenza di ostacoli vari che possono essere presenti lungo le vie d'uscita, del fatto che durante l'esodo una persona adatta la posizione del proprio corpo agli spostamenti laterali che è costretta ad eseguire per mantenersi in equilibrio. La quantità di persone che può transitare lungo un percorso di esodo non è in rapporto discreto con la sua larghezza, bensì in rapporto lineare permettendo di prendere in considerazione larghezze dei percorsi di esodo di qualsiasi dimensione.

Il numero di persone che possono defluire in qualsiasi percorso d'esodo di tipo confinato di larghezza  $L_e$  (lunghezza effettiva) può essere espresso dall'equazione:

$$Q = V * D * L_e$$

Con

$V$  = velocità media delle persone [m/s];

$D$  = densità media di persone [ $\text{pax/m}^2$ ], nell'Appendice Tecnica [ $\text{pers./m}^2$ ];

$Q$  = portata dell'elemento oggetto di analisi [ $\text{pax/s}$ ]

$L_e$  = lunghezza effettiva dell'elemento oggetto di analisi [m]

In una folla in rapido movimento la velocità e la densità media di occupazione della superficie sono tra loro dipendenti. Lungo un percorso la velocità media diminuisce in funzione dell'aumento del numero di persone che lo utilizzano (modello lineare di Greenshields, Figura 3.2).

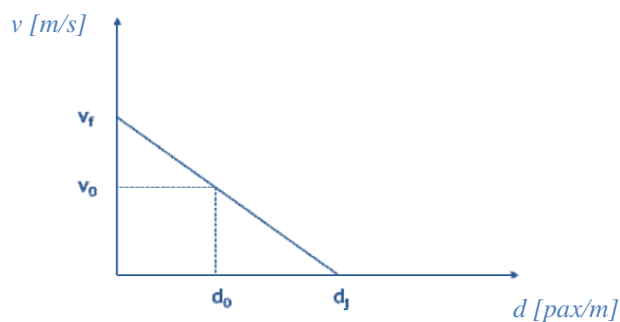


Figura 3.2– Andamento qualitativo della velocità rispetto all'affollamento in uno spazio ristretto o confinato.

La congestione è individuata dal punto  $(d_o, v_o)$  e corrispondente a flusso massimo  $q_m$  in figura 3.3 e figura 3.4. Quando non vi è congestione si riscontra una distribuzione delle velocità di movimento degli individui molto ampia. Nel momento in cui aumenta la densità media di occupazione della superficie, gli individui più veloci tendono ad essere ostacolati dai più lenti provocando un crescente avvicinamento delle velocità individuali e un allineamento verso i valori più bassi, fino a quando quasi tutte le persone si muovono allo stesso ritmo, lento.

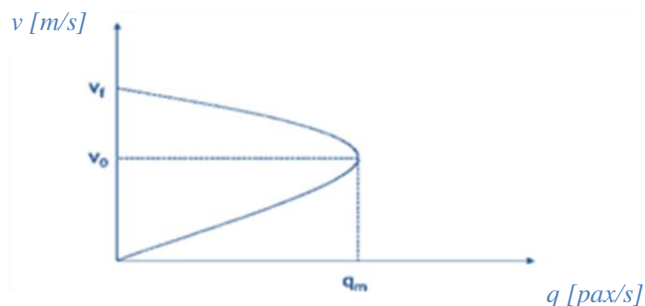


Figura 3.3 – Andamento qualitativo della velocità rispetto al flusso di una folla compatta che cammina in uno spazio confinato.

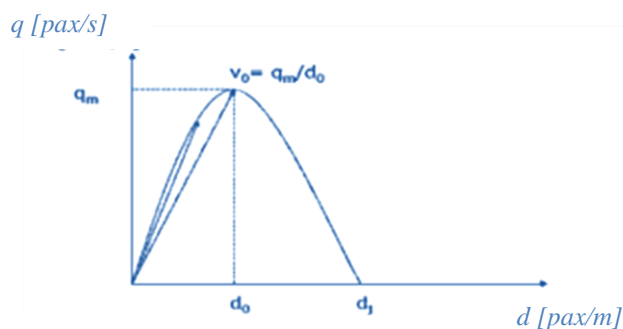


Figura 3.4 – Andamento qualitativo del flusso di persone rispetto all'affollamento/densità in uno spazio ristretto o confinato.

Quindi

$$d_o = 3,8 \text{ pax}/m^2$$

Le criticità durante lo sfollamento sono date da due fattori inevitabili:

- presenza di scale;
- possibilità di congestione.

Esse influenzano particolarmente la **velocità dell'esodo**, fino alla possibilità di creare ostacolo tale da interdire l'uscita verso l'esterno dei viaggiatori o generare danni inattesi alle persone durante l'evacuazione, come schiacciamenti, urti impropri contro parti di strutture o oggetti, violenza reciproca tra utenti coinvolti e soggetti a panico.

Un altro aspetto, pertanto, che andrebbe integrato nei piani di emergenza è l'indicazione delle modalità di gestione delle scale mobili in caso di emergenza. Ai fini del dimensionamento dei percorsi di sfollamento, sono ammessi due tipi di gestione delle scale mobili, che devono essere oggetto di specifica valutazione e definizione nel piano:

- 1- blocco delle n scale mobili all'attivazione del sistema di allarme: le n-1 scale mobili per ciascun dislivello potranno essere dimensionate come scale ordinarie, tenendo presente che quelle aventi larghezza pari o superiore a 100 cm possono considerarsi portatrici di un flusso doppio rispetto a quelle di dimensioni minori. Le scale mobili da considerare ai fini del computo devono essere quelle che creano le condizioni più sfavorevoli ai fini dello sfollamento;
- 2- la seconda possibilità di gestione è sicuramente quella da preferire. All'attivazione dell'allarme le scale continuano a funzionare e quelle che hanno un verso contrario alla direzione dell'esodo invertono il senso di marcia, dopo fermata con apposita segnalazione e ripartenza graduale fino alla velocità di marcia, tenendo conto dell'incolumità delle persone: i flussi di esodo sono posti pari alla portata massima prevista dalle scale mobili. In questo caso le scale mobili devono essere alimentate da almeno due fonti di energia elettrica alternative, commutabili automaticamente. Con questo tipo di gestione i flussi di esodo saranno posti pari alla portata massima prevista dalle scale mobili.

La velocità  $v$  di sfollamento può essere espressa con la relazione:

$$v \text{ [m/s]} = k - 0.266 k d$$

Con

$d$ : densità di affollamento  $\text{pax}/\text{m}^2$

$$0,54 < d < 3,8$$

$k$ : è un parametro che tiene conto dell'inclinazione dei percorsi.

- Percorsi orizzontali:

$$k = 1,40$$

$$v = 1,40 - 0,372 d$$

$$0,01 < v_{orizz} < 1,20$$

- Percorsi su scale:

$$1,00 < k < 1,22$$

per le scale  $k$  dipende invece dalla tipologia dei gradini come riportato nella seguente tabella i cui valori possono essere interpolati (i gradini con alzata maggiore di 16,5 cm sono riferiti alle scale mobili ed alle scale fisse di emergenza):

Tabella 3.2 – Fattori di calcolo per le velocità e i tempi di percorrenza delle scale Costante  $k$  per le scale. Moltiplicatore  $M$  del tempo di percorrenza delle scale.

<i>Alzata (cm)</i>	<i>Pedata (cm)</i>	<i>k</i>	<i>M</i>
19,0	25,0	1,00	1,60
17,8	28,0	1,08	1,85
16,5	30,5	1,16	2,08
16,0	32,0	1,22	2,20

Per scale costituite da oltre 75 gradini in un'unica rampa, anche se intervallata dai regolamentari piani di calma, occorre tener conto della riduzione di velocità dovuta all'affaticamento applicando un fattore riduttivo del 15% ogni successiva tratta costituita da 30 gradini.

Per le scale, ai fine del calcolo del tempo di percorrenza, occorre anche tener conto che la distanza percorsa è pari alla somma delle pedate più la somma delle alzate moltiplicate per un fattore ( $M$  in Tabella 3.2) che dipende dal valore della stessa alzata.

Esempio 10 gradini con alzata da 16 cm sono

$$L_s = 0.32 * 10 * 2.20 = 7.04 \text{ m}$$

Per le scale mobili si applicano gli stessi parametri ove le procedure di emergenza prevedano il loro blocco. Invece nel caso di scale mobili in funzione durante l'emergenza, la velocità delle persone sarà posta pari a quella nominale della scala mobile aumentata del 20%.

Detto  $f_s$  il flusso specifico della folla [ $\frac{\text{pax}}{s * m}$ ]

$$f_s = v * d$$

$$f_s = (1 - 0.266 d) k d$$

Tabella 3.3 – Flussi massimi ammissibili per lo sfollamento

<i>Tipo di percorso</i>	<i>F<sub>s</sub></i>	<i>F<sub>s</sub> /min</i>
<i>Orizzontali</i>	80	1,33
<i>Scale in salita</i>	66	1,10
<i>Scale in discesa</i>	72	1,20
<i>Tornelli</i>	60	1,00

Il flusso in un determinato punto del percorso con larghezza  $L_e$

$$f = f_s * L_e$$

Si precisa che per lo scenario di incendio *l'incendio a bordo di un treno in stazione*, e soltanto per esso, si deve tener conto delle seguenti ulteriori ipotesi di base:

- in caso di incendio a bordo, mentre il treno, in movimento, si trova in galleria, il tempo di rivelazione e di allarme è fissato in 60 s a cui sono aggiunti ulteriori 60 s per fermare il treno nella stazione più vicina. Si stabilisce che la curva d'incendio, sia quella minima prescritta ovvero quella individuata dal progettista sulla base di analisi del materiale ferroviario, ha origine nel momento della rivelazione, cioè 120 s prima che il treno si fermi in stazione. Pertanto, quando decorre il tempo zero per lo sfollamento, la potenza dell'incendio sarà quella che si deduce dalla curva d'incendio al tempo pari a 120 s.
- la velocità di deflusso con cui i passeggeri del treno sbarcano in attraverso le porte del treno è considerata pari a  $80 \frac{pax}{m \cdot min}$ .

#### *Definizione degli affollamenti*

Aspetto da integrare. La densità di affollamento è strettamente connessa e utile per una migliore descrizione del fenomeno dell'esodo in emergenza che permetta di progettare in maniera efficace il sistema dei percorsi d'esodo.

In particolare, dovranno essere previsti sistemi o procedure in grado di gestire l'afflusso delle persone in caso di superamento della capacità del più critico degli elementi di esodo previsti dal piano, anche con la temporanea interdizione di tutta o parte della stazione interessata o delle stazioni limitrofe. Come già approfondito, il sovraffollamento è uno degli ostacoli principali per la fuga in sicurezza delle persone dalle stazioni sotterranee. Deve essere evitato il sovraffollamento delle persone in banchina in attesa del convoglio tenendo conto di particolari momenti di punta e di eventi eccezionali.

#### *Comunicazioni e allarmi*

L'esplicitazione delle logiche di attivazione degli impianti di protezione aerea nei percorsi protetti ed in galleria è un elemento da integrare all'interno dei piani di emergenza esistenti. In particolare, si intende che l'attivazione di questi impianti deve essere strettamente connessa all'allarme. Potrà essere di tipo automatico supervisionato o attivato da operatore incaricato specificatamente.

#### *Personale a disposizione e livello di formazione previsto*

Il più importante aspetto da integrare nel piano è quello che prevede la formazione antincendio per **tutto** il personale che opera nell'ambito della metropolitana, che deve essere informato e formato con corsi per rischio incendio elevato ovvero che gli operatori siano in possesso di attestato di idoneità tecnica ottenuto a seguito della formazione tecnico-professionale presso il Corpo nazionale dei vigili del fuoco.

Inoltre, deve essere esplicita l'identificazione di:

- la persona responsabile dell'applicazione e del coordinamento delle misure di intervento;
- il responsabile delle comunicazioni con le autorità ed in particolare con i Vigili del fuoco;
- le persone autorizzate ad attivare le procedure di emergenza;
- le persone autorizzate a effettuare i primi interventi, in attesa delle squadre di soccorso.

I piani di emergenza devono essere integrati introducendo la programmazione di periodiche esercitazioni, in collaborazione con le strutture territoriali del Corpo nazionale dei Vigili del fuoco.

Le esercitazioni rappresentano un'opportunità di verifica sostanziale delle procedure, che a loro volta sono la rappresentazione, in genere schematica, delle linee-guida comportamentali ed operative. In mancanza di appropriate procedure un incidente degenera in un evento caotico, causando confusione ed incomprensione ed aumentando il rischio di infortuni. Le esercitazioni forniscono un valido strumento di verifica tramite le quali il personale può operare efficacemente e efficientemente e con maggiore sicurezza in attuazione delle direttive del piano. Infine, possono anche essere un banco di prova e eventuale revisione del piano stesso.

Devono essere svolte esercitazioni congiunte tra il personale ferroviario e il personale delle squadre di soccorso al fine di assicurare un opportuno addestramento alla collaborazione, alla comunicazione e al coordinamento durante un'eventuale emergenza e con lo scopo aumentare l'efficienza del soccorso e ridurre i tempi di intervento.

*Istruzioni operative e operative;*

Non si evidenziano integrazioni obbligatorie su tale argomento.

*Relazioni con i soccorsi esterni*

Una buona gestione dell'emergenza inizia sempre con la corretta attivazione delle squadre di soccorso e dei mezzi di soccorso e ausilio all'esodo. Pertanto, è bene che, dopo aver individuato la figura che è incaricata di diramare l'allarme, venga predisposto un apposito schema con le corrette modalità.

Elemento da integrare al piano di emergenza è la descrizione e ubicazione delle attrezzature di ausilio al soccorso presenti in stazione o nelle gallerie, informazioni di importante ausilio per l'intervento dei soccorsi esterni.

Una richiesta di soccorso deve contenere questi dati:

- indirizzo dell'azienda e il numero di telefono;
- tipo di emergenza in corso;
- persone coinvolte/feriti;
- reparto coinvolto;
- stadio dell'evento (in fase di sviluppo, stabilizzato, ecc.);
- indicazioni particolari (materiali coinvolti, necessità di fermare i mezzi a distanza, ecc.);
- indicazioni sul percorso;
- descrizione e ubicazione delle attrezzature di ausilio al soccorso presenti

*Piano di ripristino.*

Importante aspetto integrativo da includere nel piano di emergenza è ancora una volta un "piano nel piano", ovvero il piano di ripristino dell'attività, indicante le procedure da adottare per il ritorno alle ordinarie condizioni di esercizio e le condizioni in cui invece questo è da ritenersi non possibile.

#### **3.4.4 Considerazioni e commenti**

Di seguito vengono esposte alcune considerazioni aggiuntive per l'arricchimento e il perfezionamento dei piani.

*Scenari di incidente*

Il piano inizialmente può essere generato riferendosi a scenari di incidente noti. Gli scenari di incidente individuati, poi, devono essere soggetti a revisione e aggiornamento periodico, soprattutto in caso di eventi aventi rilievo a tal fine, al verificarsi di condizioni non sicure o di atti insicuri che avrebbero potuto portare all'aggravarsi di situazioni che invece non hanno scaturito danno. È in occasione di questi eventi il piano di emergenza e le figure individuate dal piano vengono messe alla prova e sottoposti a verifica applicativa. Ad esempio, un evento potrebbe essere costituito dall'incendio di un oggetto all'interno della galleria di stazione per atto vandalico con conseguente attivazione dei sistemi di protezione attiva, ma che non ha scaturito l'esodo di persone grazie all'intervento degli agenti di stazione.

*Modalità di esodo e caratteristiche delle vie di fuga*

È ormai tramontata l'idea che le persone in una situazione di emergenza si comportino in modo imprevedibile: molti comportamenti sono preventivabili ed è fondamentale che siano presi in considerazione da chi elabora un Piano di Emergenza. Si tratta di caratteristiche legate al funzionamento del cervello umano a partire dalle proprietà dell'attenzione, della memoria e di altri meccanismi cognitivi, passando per le emozioni e includendo numerose variabili psicosociali. Per una trattazione più completa di questo tema si rimanda al volume "Azioni e Reazioni nell'emergenza" (Zuliani, 2017).

Il piano di emergenza deve poi contenere una serie di elaborati grafici per la definizione fisica e geometrica degli apprestamenti per l'esodo che espliciti almeno lunghezza e i percorsi d'esodo e dei percorsi di esodo alternativi, in relazione a ingombri e caratteristiche distributive del luogo, con particolare riferimento alla destinazione delle varie aree, ai percorsi di convogliamento, ai percorsi protetti ed alle compartimentazioni antincendio; il tipo, numero ed ubicazione delle attrezzature ed impianti di estinzione; indicazione dei luoghi sicuri e dei punti di ritrovo, l'ubicazione degli allarmi e della centrale di controllo; l'ubicazione dell'interruttore generale dell'alimentazione elettrica, delle valvole di intercettazione delle adduzioni idriche, del gas e di altri fluidi combustibili; questi elementi devono essere esplicitati anche al fine di stabilire le informative grafiche per i viaggiatori nonché per essere supporto essenziale all'eventuale elaborazione e calcolo delle velocità di flusso. Insieme alle modalità di esodo non devono essere tralasciate anche le modalità di accesso per il soccorso e quindi l'ubicazione delle attrezzature atte a agevolare il recupero di persone nelle stazioni sotterranee e nelle gallerie.

*Definizione degli affollamenti*

Molti testi si concentrano su un'analisi strutturale del contesto, ma a questa si ritiene sia necessario far corrispondere l'analisi dei gruppi di persone. Gli studi e l'esperienza professionale mostrano che ciascun gruppo di persone si muove con scopi e valori diversi e che ogni persona, posta in raggruppamenti diversi, di volta in volta aderisce agli scopi e ai valori di quello specifico gruppo.

Conoscere le caratteristiche fisiche e il target dell'utenza, e i relativi scopi e valori, è indispensabile per capire quali comportamenti siano più specificatamente caratteristici di tali gruppi di persone, e, quindi, di conseguenza, quali atti preventivi possano essere progettati e implementati. Il tema è accennato già nelle linee guida della Conferenza Stato Regioni del 2014 per i grandi eventi, ma un'analisi approfondita è fondamentale. Ad esempio, anziani, portatori di handicap, bambini, adolescenti, adulto genere maschile e

femminile, si comporteranno in modo molto diverso tra loro, sia in termini comportamentali, di panico, che in termini di prestazioni fisiche, quali velocità, resistenza e interazione con la massa.

#### *Comunicazioni e allarmi*

L'allarme tempestivo è di fondamentale importanza per la risoluzione dell'emergenza. Esistono diverse fasi di allarme, almeno 3: preallarme, allarme generalizzato, allarme esterno per intervento dei soccorsi. I modi di comunicazione dell'allarme devono essere noti e condivisi.

La comunicazione dell'emergenza è un punto delicato che non può essere affrontato solo nel momento in cui scatta un possibile pericolo. È necessaria una pianificazione che tenga conto di alcuni aspetti fondamentali. Gli utenti quando utilizzano il trasporto metropolitano lo fanno con lo scopo di soddisfare bisogni e necessità. Questi solitamente non contemplan l'emergenza. Ecco dunque che si possono mettere in campo alcune strategie; ad esempio, se c'è un maxischermo è bene utilizzarlo anche per proiettare immagini e filmati che aiutino le persone a comprendere chi sono i responsabili che si occupano della loro sicurezza, dove si possono trovare in caso di bisogno, fino ad arrivare alle indicazioni di come percorrere le vie di esodo. Queste immagini e filmati saranno più facilmente recuperabili nella memoria dei presenti nel momento del bisogno. Analogamente, si può pensare di predisporre delle applicazioni per smartphone a fini informativi. Infatti, si ricorda in questa sede che in circostanze di emergenza le capacità cognitive si impoveriscono e si tendono a privilegiare strumenti e mezzi già conosciuti.

In ogni caso lo strumento più efficace per aiutare le persone a muoversi in modo adeguato e con l'auspicata calma è rappresentato dal personale presente che può fornire un solido punto di riferimento. Per farlo, il personale deve essere facilmente individuabile, ma l'aspetto che appare come più decisivo è quello della sua formazione sia relativamente all'importanza di questo ruolo sia alle migliori strategie da utilizzare.

Un ulteriore aspetto da curare è la comunicazione alla fine dell'emergenza, quella che avviene nei punti di raccolta delle persone evacuate. Spesso si sottovaluta l'importanza di questo momento che invece è decisivo per i vissuti emotivi delle persone.

Nei punti di raccolta i presenti hanno bisogno di essere:

- informati su quello che è accaduto e sul fatto di non correre più alcun rischio;
- informati circa le persone che erano con loro e di essere ricongiunte;
- accolti anche nelle loro ansie e sentimenti negativi, senza che nessuno tenda a negarli o a sminuirli.

La letteratura internazionale ci mostra come trovare efficace risposta a questi bisogni induca le persone a una rilettura positiva dello stesso evento vissuto, con indubbio vantaggio per gli interessati e anche per l'organizzazione stessa.

#### *Formazione, Istruzioni e Procedure operative*

Mentre in merito alla necessità di un alto grado di formazione per gli addetti alla gestione delle emergenze portata fino allo stadio delle esercitazioni pratiche non vi sono discordanze tra i decreti visti, solamente il DM 10/03/98 tiene conto dell'importanza dell'informazione e delle procedure operative, da estendersi in questo caso all'utenza.

Uno dei punti salienti su cui è necessario prestare molta attenzione è quello di predisporre personale formato a saper essere di supporto alle persone presenti in caso di emergenza.



Posto che gli specialisti professionisti (VVF, soccorso sanitario, protezione civile) sono specializzati nei soccorsi, cioè nell'ottimizzare gli interventi post momento critico, è invece fondamentale far crescere figure professionali in grado di fare prevenzione, specializzata nella gestione consapevole delle masse per prevenire criticità e per gestire al meglio i momenti cruciali dell'evento, significativamente formata anche alla gestione di comportamenti collettivi e all'orientamento verso azioni utili alla sicurezza e alla salvaguardia.

#### *Relazioni con i soccorsi esterni*

Anche se non previsti direttamente dai decreti, si evince la necessità di un coordinamento tra soccorsi esterni, tramite il coordinamento piani stabiliti dalla prefettura, procedure per i vigili del fuoco e per la protezione civile o le forze dell'ordine. Tale volontà da parte del legislatore si evince da due indicazioni:

- procedure per la chiamata dei vigili del fuoco, per informarli al loro arrivo e per fornire la necessaria assistenza durante l'intervento e nell'identificazione del responsabile delle comunicazioni con le autorità ed in particolare con i Vigili del fuoco;
- quando nel dettame relativo alle esercitazioni periodiche si richiede almeno la collaborazione con i VVF.

La prefettura, nelle emergenze di secondo livello, non gestibili in via ordinaria dall'ente gestore dell'infrastruttura, assume la direzione unitaria dei servizi di emergenza da attivare a livello provinciale e adotta tutti i provvedimenti necessari ad assicurare i primi soccorsi, anche utilizzando il potere di ordinanza, coordinandosi sia con i Sindaci dei comuni interessati, sia con la Regione.

La prefettura detiene il potere di attivare l'impiego delle risorse statuali (comprese forze dell'ordine e della sicurezza pubblica) presenti sul territorio provinciale. Sono compiti della prefettura anche il mantenimento di un costante flusso informativo con comuni coinvolti, Regione, Dipartimento nazionale della Protezione Civile e Ministero dell'Interno (ad esempio, per quanto concerne le attività dei Vigili del Fuoco).

La prefettura inoltre ha il compito di coordinamento dei propri interventi con quelli messi in atto dalla Provincia, anche tramite – se esistente - una Sala Operativa Unificata.

Si rimanda al prossimo paragrafo 3.5 per brevi considerazioni in merito ai piani di emergenza e di soccorso.

#### *Piano di ripristino*

Devono essere chiaramente identificati i passaggi per definire nuovamente sicura l'intera infrastruttura o parte di essa a seguito di un evento rilevante.

Per avere un buon risultato nell'esercizio di un piano di emergenza di una linea metropolitana si devono pertanto realizzare alcune condizioni essenziali che possono così essere riassunte:

- una corretta progettazione d'insieme della sede, degli impianti e dei treni,
- una corretta impostazione dei programmi d'esercizio,
- un addestramento continuo del personale,
- una corretta manutenzione dei treni e degli impianti.

La funzione del “servizio” offerto dal piano è complessa e si può dividere in fasi che possono essere classificate in programmazione, controllo, attuazione del servizio. Si tratta di sotto-funzioni tra loro strettamente collegate e interattive.

Infatti, le difficoltà di attuazione del servizio o una cattiva pianificazione determinano, in fase di controllo, o peggio di attuazione, risultati non ottimali che richiedono una nuova pianificazione.

### 3.5 Il coordinamento tra soccorsi ed esodo

Per specificare quanto esposto al punto *Relazioni col soccorso esterno* del precedente paragrafo, a causa dell’aderenza di alcuni aspetti di gestione delle emergenze nelle metropolitane con la gestione di siti industriali nei quali il rischio incendio potrebbe coinvolgere persone, civili, non facenti parte dell’organizzazione, si ritiene opportuno fare un breve riferimento a quella che è la normativa riferita ai grandi rischi, cosiddetta Seveso 3. All’interno della normativa inerente siti industriali a incidente rilevante, D.Lgs. 26 giugno 2015, n. 105 [41], si distingue in piani di emergenza interna (articolo 20 e allegato 4) e piani di emergenza esterna (articolo 21 e allegato 5). L’obiettivo principale nel complesso è quello di garantire l’esodo e la salvaguardia della vita delle persone ad ampio raggio per l’intera collettività coinvolta dall’attività. Questo obiettivo principale potrebbe andare a scontrarsi con quelle che sono le esigenze di soccorso, sia per opposizione dei flussi di movimento delle masse di persone, centrifughe rispetto all’incidente, contro i mezzi di soccorso centripete rispetto all’incidente.

Una buona pianificazione non deve solo valutare il movimento che le persone mettono in atto per la propria incolumità, ma deve anche essere consapevole che, dopo le prime azioni per mettersi in salvo, i fruitori del trasporto sentono un forte bisogno di riunirsi al gruppo di appartenenza, di ricongiungersi ai loro cari e di allontanarsi. Facendo questo possono utilizzare diverse direzioni di movimento, più o meno disordinate rispetto al previsto; sta all’organizzazione contemplare misure atte a ridurre al minimo gli effetti di questi comportamenti. La pianificazione deve prendere sempre in esame anche il sistema per garantire il movimento dei mezzi di soccorso, anche rallentando o imponendo percorsi alternativi ai mezzi degli spettatori utenti.

Per i piani di emergenza (interna) lo scopo prefissato è l’intervento tempestivo a basso profilo di competenza e tecnologico, che può offrire un’organizzazione con i suoi mezzi e il suo personale.

Per i piani di soccorso (piani di emergenza esterni) lo scopo prefissato è l’intervento del soccorso da parte di VVF e Protezione civile e forze dell’ordine, dove eventualmente potrebbe essere coinvolta anche la popolazione “civile”.

#### 3.5.1 Piano di emergenza interna

Per tutti gli stabilimenti definiti *di soglia superiore* il gestore è tenuto a predisporre, previa consultazione del personale che lavora nello stabilimento, ivi compreso il personale di imprese subappaltatrici a lungo termine, il piano di emergenza interna da adottare nel sito. Il piano di emergenza interna è predisposto allo scopo di:

- a) controllare e circoscrivere gli incidenti in modo da minimizzarne gli effetti e limitarne i danni per la salute umana, per l’ambiente e per i beni;
- b) mettere in atto le misure necessarie per proteggere la salute umana e l’ambiente dalle conseguenze di incidenti rilevanti;

- c) informare adeguatamente i lavoratori, e i servizi o le autorità locali competenti;
- d) provvedere al ripristino e al disinquinamento dell'ambiente dopo un incidente rilevante.

Il piano di emergenza interna è riesaminato, sperimentato e, se necessario, aggiornato dal gestore, ad intervalli appropriati, e, comunque, non superiori a tre anni. La revisione tiene conto dei cambiamenti avvenuti nello stabilimento e nei servizi di emergenza, dei progressi tecnici e delle nuove conoscenze in merito alle misure da adottare.

### 3.5.2 Corrispondenze per il contenuto del piano di emergenza e soccorso

Le informazioni minime che devono essere contenute nei Piani di emergenza interna sono:

- 1- descrizione delle misure da adottare per far fronte a tali situazioni o eventi e per limitarne le conseguenze, per situazioni o eventi prevedibili che potrebbero avere un ruolo determinante nel causare un incidente rilevante; la descrizione deve comprendere le apparecchiature di sicurezza e le risorse disponibili (*comprende i primi 3 paragrafi sopra individuati per i piani di metropolitana*);
- 2- disposizioni per avvisare tempestivamente, in caso di incidente, l'autorità incaricata di attivare il Piano di emergenza esterna; tipo di informazione da fornire immediatamente e misure per la comunicazione di informazioni più dettagliate appena disponibili (*corrisponde al par. 4*);
- 3- personale a disposizione e livello formazione previsto; disposizioni in materia di formazione per preparare il personale ai compiti che sarà chiamato a svolgere e, ove necessario, in coordinamento con i servizi di emergenza esterna;
- 4- nome o funzione delle persone autorizzate ad attivare le procedure di emergenza e della persona responsabile dell'applicazione e del coordinamento delle misure di intervento all'interno del sito;
- 5- nome o funzione della persona incaricata del collegamento con l'autorità responsabile del Piano di emergenza esterna; (*corrispondono al par. 5 di cui sopra*)
- 6- misure atte a limitare i pericoli per le persone presenti nel sito, compresi sistemi di allarme e le norme di comportamento che le persone devono osservare al momento dell'allarme (*corrisponde al par. 6 di cui sopra*);
- 7- disposizioni per avvisare tempestivamente, in caso di incidente, l'autorità incaricata di attivare il Piano di emergenza esterna; tipo di informazione da fornire immediatamente e misure per la comunicazione di informazioni più dettagliate appena disponibili (*corrisponde al par. 7 di cui sopra*);
- 8- disposizioni per coadiuvare l'esecuzione delle misure di intervento adottate all'esterno del sito (*corrisponde al par. 8 di cui sopra*).

I contenuti sono aderenti a quanto costituito considerando la somma dei decreti relativi ai piani di emergenze per le metropolitane.

Il gestore deve poi trasmettere il Piano all'Autorità competente per la predisposizione dei piani di emergenza esterna.

Tra gli scopi del Piano di emergenza esterna si ritiene utile esplicitare i seguenti aspetti:

- a) controllare e circoscrivere gli incidenti in modo da minimizzarne gli effetti e limitarne i danni per la salute umana, per l'ambiente e per i beni;
- b) mettere in atto le misure necessarie per proteggere la salute umana e l'ambiente dalle conseguenze di incidenti rilevanti, in particolare mediante la cooperazione rafforzata negli interventi di soccorso con l'organizzazione di protezione civile;
- c) informare adeguatamente la popolazione, i servizi di emergenza e le autorità locali competenti;
- d) provvedere sulla base delle disposizioni vigenti al ripristino e al disinquinamento dell'ambiente dopo un incidente rilevante.

In particolare, si prende spunto dai contenuti previsti per i piani di Piani di emergenza esterna di cui all'art. 21, per esplicitare il ruolo fondamentale del coordinamento tra i piani di emergenza in metropolitana e quelli previsti dalla Prefettura:

- funzione delle persone autorizzate ad attivare le procedure di emergenza e delle persone autorizzate a dirigere e coordinare le misure adottate all'esterno del sito in cui insiste l'emergenza;
- misure di coordinamento delle risorse necessarie per l'attuazione del Piano di emergenza esterna;
- disposizioni adottate per fornire al pubblico informazioni specifiche relative all'incidente e al comportamento da adottare.

Questo tema necessiterebbe un approfondimento dedicato. Si rende noto ad ogni modo la presenza di importanti direttive quali la Dir.P.C.M. 6 aprile 2006, “Coordinamento delle iniziative e delle misure finalizzate a disciplinare gli interventi di soccorso e di assistenza alla popolazione in occasione di incidenti stradali, ferroviari, aerei ed in mare, di esplosioni e crolli di strutture e di incidenti con presenza di sostanze pericolose”, e la Direttiva del Capo Dipartimento della Protezione Civile del 02/05/2006 “Indicazioni per il coordinamento operativo di emergenze dovute a incidenti stradali, ferroviari, aerei e in mare, a esplosioni e crolli di strutture e a incidenti di carichi pericolosi, che possano coinvolgere un elevato numero di persone”.

### **3.5.3 Indirizzi operativi per la gestione delle emergenze in ambito ferroviario [50]**

Con lo scopo di garantire il coordinamento delle iniziative e delle misure finalizzate a disciplinare gli interventi di soccorso e di assistenza alla popolazione in occasione di incidenti stradali, ferroviari, aerei ed in mare, di esplosioni e crolli di strutture e di incidenti con presenza di sostanze pericolose è stata emanata la direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri del 6 aprile 2006, pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 87 del 13 aprile 2006, che incarica il Capo del Dipartimento della Protezione Civile di fornire alle differenti componenti e strutture operative le indicazioni necessarie a garantire il coordinamento operativo, attraverso:

- adeguato flusso di informazioni tra le sale operative territoriali e centrali;
- individuazione delle attività prioritarie da attuare per ciascuna componente;
- assegnazione delle funzioni relative alla prima assistenza alla popolazione e dalla diffusione delle informazioni.

In particolare, sono stati indicati i seguenti eventi:

- 1- incidenti ferroviari con convogli passeggeri;
- 2- esplosioni o crolli di strutture con coinvolgimento di persone;
- 3- incidenti stradali che coinvolgono un gran numero di persone;
- 4- incidenti in mare che coinvolgono un gran numero di persone;
- 5- incidenti aerei;
- 6- incidenti con presenza di sostanze pericolose.

Come previsto, il Capo del Dipartimento della Protezione civile emana le indicazioni per il coordinamento operativo delle emergenze dovute ad incidenti stradali, ferroviari, aerei ed in mare, ad esplosioni e crolli di strutture e ad incidenti con presenza di sostanze pericolose, indirizzate alle componenti e alle strutture operative del Servizio nazionale della protezione civile (Direttiva del 2 maggio 2006: Pubblicata nella Gazzetta Ufficiale n. 101 del 3 maggio 2006) [48].

Particolarmente importante in termini di gestione dei soccorsi in seguito a un incidente ferroviario è la suddivisione dei compiti tra le differenti componenti del sistema dei soccorsi e in particolare l'attribuzione del ruolo di coordinatore dell'intervento sul posto al Comandante del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco al quale è assegnato il compito di Direttore Tecnico dei Soccorsi.

La direttiva individua anche i compiti del sistema ferroviario in emergenza. Alla rilevazione di un'anomalia o emergenza devono seguire le seguenti azioni:

Elenco delle attività assegnate al gestore della rete ferroviaria in caso di emergenza

- 1- Comunica alla Sala Operativa del Gestore Ferroviario l'emergenza in atto
- 2- Attiva le procedure interne di gestione dell'emergenza
- 3- Comunica le seguenti informazioni ai soggetti responsabili del soccorso tecnico urgente (comando VVF), soccorso sanitario e ordine pubblico (forze di Polizia):
  - Luogo dell'incidente
  - Numero di treni e popolazione coinvolta
  - Modalità d'accesso al luogo dell'incidente

Inoltre, il sistema ferroviario assicura il blocco del traffico sulla linea interessata e mette in atto tutte le azioni necessarie a garantire la completa operatività del sistema dei soccorsi.

Durante la gestione delle operazioni, il gestore della rete ferroviaria, le sale operative delle strutture coinvolte e i centri locali di coordinamento mantengono uno stretto contatto con la Sala Situazione Italia del Dipartimento della Protezione Civile, le cui attività sono regolate dalla D.P.C.M del 3 dicembre 2008 "Organizzazione e funzionamento di SISTEMA presso la Sala Situazione Italia del Dipartimento della Protezione Civile" in modo tale da poter intervenire, qualora le risorse disponibili sul territorio non fossero sufficienti a fronteggiare l'evento, attivando il Servizio Nazionale di Protezione Civile così come previsto dalla legislazione vigente in materia di Protezione Civile.

## La gestione del rischio in metropolitana

La gestione della sicurezza in metropolitana si ottiene attraverso opportune misure organizzative e strutturali. In questo elaborato ci si riferirà alla sola gestione della fase di emergenza.

Un'opportuna progettazione della sicurezza passa attraverso le fasi descritte precedentemente e giunge a stabilire ciò che è un evento rischioso ragionevolmente prevedibile da ciò che non lo è, distinguendo tra gli eventi prevedibili quelli che creano condizioni di alto rischio, ovvero gli stati di emergenza [tabella 4.1].

**Tabella 4.1** – Strumenti per la gestione del rischio

<i>Analisi vulnerabilità</i>	<i>Quantificazione del rischio</i>	<i>Controllo del rischio</i>	<i>Attuazione e mantenimento</i>
<i>Valutazione del rischio</i>			
<i>Progettazione della sicurezza</i>			
<i>Gestione del rischio e delle emergenze</i>			

**In questo paragrafo si analizzano i sistemi di sicurezza disponibili** per la riduzione del rischio di incidente in una stazione metropolitana, con riferimento **particolare alla problematica legata allo sviluppo di incendio.**

Si ritiene importante l'iterazione del processo di analisi del rischio per il mantenimento delle misure adottate. Periodicamente o in occasione di evidenti mutamenti, uno studio dovrà essere promosso per aggiornare tale analisi e le conseguenti procedure al fine di prendere in considerazione nuove esigenze e nuove opportunità quali:

- volumi di traffico in crescita.
- integrazione con altre attività quali centri commerciali, interscambi ferroviari, parcheggi.
- nuove tecnologie (ad esempio sistemi di guida automatici).

- nuovo approccio progettuale, che è spesso basato sulla modellazione (ad esempio, modelli di sviluppo e propagazione di fuoco, fuga degli occupanti, ecc.).

#### *Scenari di emergenza incendio*

In questa sede, è utile ricordare come la normativa attuale, D.M. 21 ottobre 2015, stabilisce 4 tipologie di scenario rischio incendio per le metropolitane, di riferimento e intesi come più importanti, imprescindibili, ma non esclusivi:

- 1- incendio si sviluppa a bordo di un treno in stazione (SCENARIO 1);
- 2- incendio a bordo di un treno fermo in galleria (SCENARIO 2);
- 3- incendio di un'eventuale attività commerciale di pertinenza posta nell'atrio della stazione ed avente le caratteristiche geometriche ed impiantistiche riportate nella stessa regola tecnica (SCENARIO 3);
- 4- incendio in un locale tecnico (SCENARIO 4).

Viene inoltre stabilito l'importante principio guida: ai fini della sicurezza antincendio va sempre perseguito l'obiettivo di condurre il treno in stazione.

### **4.1 Piani di gestione della sicurezza e delle emergenze**

Il progetto della sicurezza che descrive le misure preventive ed i sistemi e dispositivi di protezione necessari per garantire la sicurezza degli utenti e del personale addetto ai servizi è realizzato tramite piani di sicurezza preventivi e completato con i piani di sicurezza operativi, relativi alla gestione della sicurezza per la messa in esercizio dell'infrastruttura. Si noti che il progetto della sicurezza deve precedere qualsiasi altra progettazione (geotecnica-strutturale ed impiantistica), in quanto da questa fase progettuale propedeutica scaturiranno i lay-out su cui riferire le caratteristiche dell'opera. I piani di sicurezza possono comprendere:

- Piano di gestione dell'emergenza, elaborato in collaborazione con i servizi di pronto intervento esterni.
- Piano di evacuazione e esodo, sviluppato in conseguenza al progetto strutturale e impiantistico di sicurezza e prevenzione, in modo da consentire sempre una via di fuga verso un luogo sicuro.
- Piani di manutenzione: dalle modalità organizzative definite per garantire il funzionamento e la manutenzione.
- Piano di formazione degli operatori di soccorso, piano delle esercitazioni di sicurezza svolte e programma di formazione del personale.
- Programma di analisi incidentale, procedure di definizione del sistema di acquisizione ed aggiornamento del quadro conoscitivo sugli eventi, incidenti e malfunzionamenti significativi, compresa la definizione degli indici e la loro analisi.
- Piano di ripristino, contenente le verifiche e le misure da intraprendere per la ripresa o la continuazione dell'attività a seguito di un evento che ha intaccato lo stato di sicurezza accettabile.

Il piano di emergenza è l'insieme di documentazione che descrive le attività, le risorse e le responsabilità, i ruoli, per affrontare una situazione generata da un evento, incidente, in grado di creare danno nel momento in cui si verifica la situazione di crisi. In generale

può essere visto come un piano di gestione generale, capostipite, che comprende gli altri piani appena esposti. Si integra al piano ripristino (*contingency plan*) che invece attraverso gli stessi tipi di strumenti e stabilisce come intervenire dopo una crisi per limitarne il più possibile le conseguenze di lungo periodo.

I piani di sicurezza permettono di soddisfare quella condizione che permette all'uomo di svolgere ogni sua attività esente da pericoli; il piano di emergenza, in particolare, ha lo scopo di fornire gli strumenti per dare risposte reattive adeguate in presenza di situazioni incidentali impreviste. Queste risposte sono articolate in tre ambiti in modo da consentire una sicurezza sistemica:

- misure di sicurezza strutturali, in applicazione di normative e che definiscono l'ambiente e più in generale il contesto;
- misure di sicurezza tecnologiche, impianti e veicoli (attrezzature in genere);
- misure di sicurezza comportamentali, comportamenti umani.

Come più volte ribadito in letteratura, la capacità di un piano di emergenza di essere efficiente consta nella sua semplicità. L'obiettivo è di prevedere il più ampio spettro di scenari incidentali e le relative conseguenze, trasmettendo a coloro che operativamente si occuperanno dell'emergenza protocolli semplici, pur essendo stati ben definiti a monte e approfonditi e testati tramite esercitazioni pratiche. L'efficacia, infatti, dal punto di vista del comportamento umano, spesso si traduce col limitare il numero di scelte da compiere, da parte dei soccorritori o dell'utenza. Anche per gli impianti vale lo stesso principio. Ad esempio, nelle metropolitane a marcia automatica il livello di controllo che la tecnologia degli impianti offre consente di programmare una serie di algoritmi capaci di attivare gli impianti di emergenza se i parametri di definizione dell'emergenza vengono attivati. Si attua una sorta di automazione della risposta del sistema a una precodificata situazione di pericolo.

Come già esposto nel precedente capitolo, i piani di emergenza di una metropolitana devono riguardare l'interezza della linea e essere integrati se più linee dovessero sovrapporsi; al fine di rendere più semplice la trattazione e per consentire una proposta di modellazione, in questo elaborato si prende in considerazione il piano di emergenza di una sola stazione metropolitana. Il modello però potrà essere ripetuto per le  $n$  stazioni presenti sulla linea a meno di eventuali particolarità specifiche non schematizzabili.

All'interno del Piano di Emergenza deve trovare spazio una buona descrizione dei sistemi di prevenzione e protezione dai rischi che possono degradare generando situazioni di emergenza, nonché tutti gli strumenti di facilitazione all'esodo e all'intervento dei soccorsi esterni. Nel Piano, poi, deve essere indicato come usufruire delle misure di mitigazione preventivamente progettate e realizzate, ossia come indirizzare i comportamenti di utenti e personale di servizio al fine del ristabilimento delle condizioni di sicurezza. In altri termini si delineano tutti quegli interventi correttivi possibili che hanno lo scopo di limitare le conseguenze dannose o, per lo meno, di condizionare il percorso di evoluzione di tali conseguenze verso quelle volute, verosimilmente di minore impatto sulle persone, sui beni, sull'ambiente e sul servizio.



## 4.2 Definizione delle misure di mitigazione del rischio

Per diminuire l'entità di rischio è allora possibile seguire due tipi di approccio differenti: l'azione per prevenzione e l'azione di protezione; queste azioni sono articolate nell'adozione di quattro differenti tipologie di misure [Figura 4.1e Figura 4.2]:

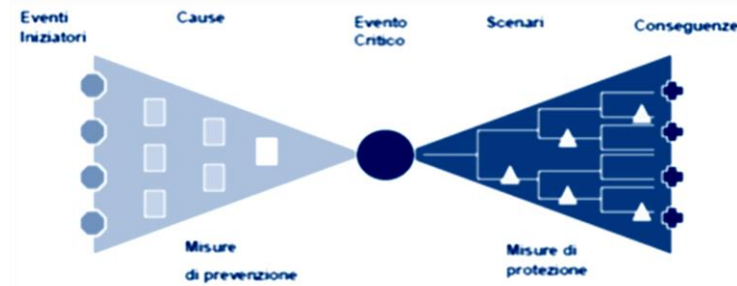


Figura 4.1 - Rapporto tra interventi di mitigazione del rischio (prevenzione e protezione) e incidenti secondo la logica del diagramma a farfalla.

- 1- Prevenire incidenti:  
 adottare misure preventive per ridurre le occasioni di rischio: in questo modo diminuisce la frequenza  $P$  con cui si manifestano gli eventi;
- 2- Attenuare le conseguenze degli incidenti:  
 adottare misure protettive per contenere le conseguenze  $M$  derivanti dagli incidenti;
- 3- Facilitazione dell'esodo:  
 adottare piani di emergenza per condurre tutte le persone verso luoghi sicuri;
- 4- Facilitare le operazioni di soccorso:  
 adottare piani di emergenza, soccorso e ripristino, per ritornare in una soglia di accettabilità del rischio.

L'albero degli eventi è caratterizzato, in termini di probabilità di accadimento degli eventi critici e di probabilità di evoluzione, dallo sviluppo lungo i singoli specifici rami condizionati dall'azione più o meno positiva, totale o parziale, dei sistemi di sicurezza. L'azione degli apprestamenti e delle misure di sicurezza è quantificata in termini di affidabilità e di efficienza ad essi proprie. In altre parole, durante lo sviluppo di un evento i sistemi di sicurezza intervenendo in modo efficiente o parziale, condizionano il percorso delle conseguenze verso scenari differenti. I rami dell'albero degli eventi terminano in scenari di fine emergenza, determinati in numero dalle combinazioni mutuamente esclusive delle azioni di condizionamento esercitate dalle misure mitigative previste.

L'albero degli eventi individua una distribuzione di scenari incidentali possibili ai quali corrisponde un vettore rappresentativo del danno ad essi ascrivibile. La determinazione del danno avviene attraverso la modellazione degli scenari incidentali che identificano i rami dell'albero degli eventi.

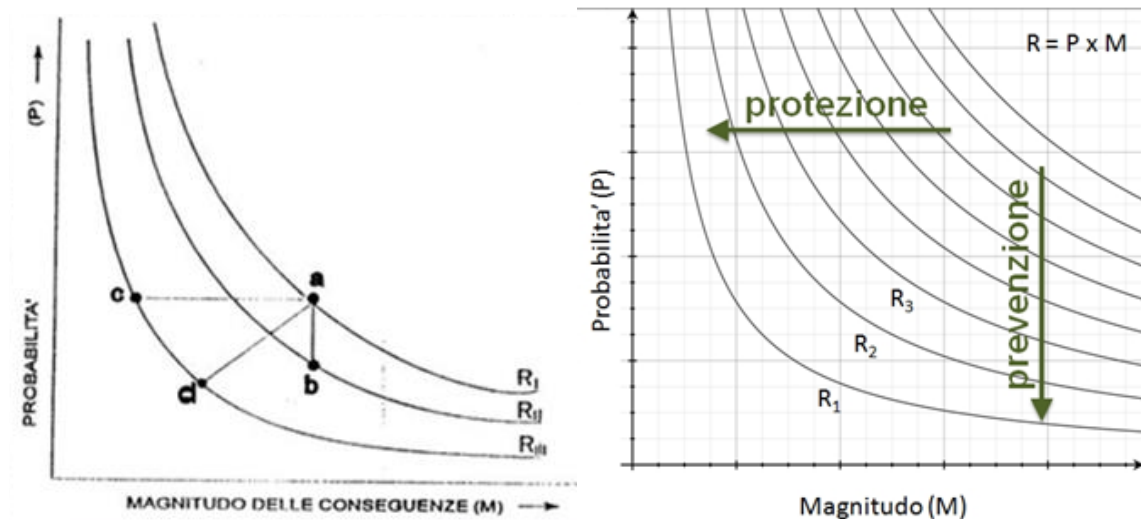


Figura 4.2 - Curve di isorischio (isochindone) tracciate in scala semilogaritmica (P) e lineare (M) associate a interventi di prevenzione e protezione.

A ogni evento indesiderato si associa un punto del diagramma che si trova sulla curva caratterizzata da un livello di rischio  $R_i$  e si verifica che esso sia al di sotto della soglia massima di accettabilità. In caso contrario, per riportare il rischio entro i livelli di accettabilità è necessario intervenire sulla frequenza di accadimento con misure di prevenzione

o sulla magnitudo degli effetti misure di protezione. Graficamente:

a-b adozione di misure di prevenzione

a-c adozione di misure di protezione

a-d adozione di misure di prevenzione e protezione

I sistemi di sicurezza sono caratterizzati in termini di parametri convenzionali nell'ingegneria dei sistemi di trasporto secondo un approccio prestazionale:

- affidabilità,
- efficienza.

La prestazione di un apprestamento è espressa con funzioni analitiche che legano le variabili di processo con le variabili di funzionamento del singolo sottosistema. L'affidabilità di un sottosistema è intesa come la probabilità di malfunzionamento sulla vita media di progetto. L'efficienza come il rapporto tra la prestazione del sottosistema, funzionante in determinate condizioni, e la prestazione dello stesso, funzionante in una condizione di riferimento.

Tali predisposizioni si distinguono poi in misure di tipo attivo, ovvero che necessitano dell'intervento dell'uomo per essere attivate, e misure di tipo passivo, automatiche.

Relativamente alle infrastrutture metropolitane gli interventi di prevenzione e protezione si attuano sui tre ambiti già citati:

- a) infrastruttura;
- b) materiale rotabile;
- c) procedure operative.

Da una prima analisi degli eventi statistici incidentali considerati nel precedente capitolo è possibile rilevare gli aspetti che accomunano gli eventi per importanza in termini di conseguenze provocate su persone, beni, ambiente. L'analisi delle conseguenze viene processata a ritroso. L'individuazione degli eventi e lo studio delle fonti, a seguito di opportuna analisi, possono servire a evidenziare difficoltà organizzative che sono emerse

nelle operazioni di coordinamento del soccorso, di gestione del traffico, inteso come di mezzi e di persone, fino alle problematiche che hanno comportato difficoltà ulteriori nel ripristinare lo stato di sicurezza del trasporto.

Lo scenario maggiormente definito a livello normativo è quello generatosi a seguito del rischio incendio; nonostante ciò una valutazione completa non può limitarsi a tale tipo di evento. Tuttavia, le metodologie di mitigazione del rischio in atto per la prevenzione e la protezione dalle conseguenze di un incendio possono essere utilizzate anche per un eventuale altro tipo di evento incidentale emergenziale, dalla ventilazione sussidiaria di emergenza, all'esodo delle persone in condizioni difficoltose, alle facilitazioni per il soccorso interno o esterno. Anche il meccanismo di attivazione della macchina dei soccorsi in caso di emergenza potrà seguire le medesime modalità.

Anche nell'allegato del D.M. 28/10/05, relativamente alle gallerie ferroviarie, all'annesso D2 il legislatore suggerisce nella descrizione dell'Analisi di Rischio Base (ARS) e del modello deterministico di riferimento per l'analisi di scenario e verifica delle conseguenze limite, lo scenario di rischio incendio. Nella descrizione generale dello scenario si ipotizza l'incendio di una carrozza di un treno passeggeri, fermo in galleria in posizione centrale rispetto agli imbocchi (la sezione della galleria è del tipo a singola canna e doppio binario, di superficie pari a 80 m<sup>2</sup>; la lunghezza della galleria è pari a 4 km). Al fine di valutare la curva di rilascio della potenza termica più appropriata, è stato studiato come incendio di riferimento l'incendio di una carrozza passeggeri, con innesco ipotizzato su una poltroncina, considerando altresì la successiva rottura dei finestrini. Nelle ipotesi adottate per la definizione dello scenario i materiali considerati nello sviluppo del modello sono tutti assimilati, per quanto riguarda le loro proprietà termodinamiche, al poliuretano, materiale, tra quelli presenti sulla carrozza tipo, che presenta il comportamento più severo dal punto di vista della partecipazione al fuoco e della produzione dei prodotti tossici della combustione (in particolare CO e HCN).

Nella valutazione dell'evoluzione dello scenario si richiede di valutare l'andamento nel tempo, all'interno della galleria, delle grandezze rappresentative del rischio per le persone dovuto all'incendio:

- distribuzione delle concentrazioni di fumi e gas tossici prodotti dall'incendio (CO, HCN, HCl, CO<sub>2</sub>) e delle altre specie chimiche significative ai fini del rischio (difetto di O<sub>2</sub>, particolato) all'interno della galleria e loro andamento nel tempo;
- distribuzione delle temperature all'interno della galleria e loro andamento nel tempo; in particolare lungo i percorsi di esodo;
- distribuzione dell'irraggiamento termico all'interno della galleria e suo andamento nel tempo.

Si considerano nella simulazione durante la prima fase dell'esodo sia il rischio termico, sia il rischio chimico. Il rischio termico è legato a parametri di rischio quali irraggiamento e temperatura dei gas caldi della combustione; il rischio chimico è legato alla concentrazione dei prodotti tossici della combustione quali CO, HCN, HO ed alla ipossia, cioè alla mancanza di O<sub>2</sub>. Durante la seconda fase dell'esodo il rischio principale è di tipo termico, legato soprattutto all'irraggiamento. Durante la terza fase dell'esodo verso l'uscita il rischio principale è di tipo chimico e termico.

Soprattutto il primo aspetto è ripetibile in altri scenari pericolosi. Anche in maniera meno incidente sulla sicurezza delle persone.

Lo scenario incidentale di riferimento si caratterizza per essere rappresentativo di una vasta classe di scenari incidentali e per lo stesso sono stati individuati i rispettivi parametri conservativi:

- la curva del rilascio prescelta prevede uno sviluppo graduale della potenza del focolaio (tempo complessivo di sviluppo non inferiore ai 10 min.) sino al valore di 10 MW e si assume che essa rimanga costante per tutta la durata della simulazione;
- la lunghezza della galleria è pari a 4000 m (*n.d.r. non applicabile alle metropolitane*);
- la sezione della galleria ove è ipotizzato l'incendio è della tipologia singola emula doppio binario;
- si assume che l'incendio si sviluppi al centro della galleria;
- la velocità di esodo in galleria è ipotizzata pari a 0.16 m/s;
- il tempo necessario per l'esodo della totalità dei passeggeri dalle carrozze si assume pari a 180 s;
- si ipotizza inoltre che tutti i passeggeri riescano a raggiungere il marciapiede laterale di esodo;
- la temperatura ambiente iniziale è considerata pari a 20 °C;
- la concentrazione iniziale di ossigeno è considerata pari a 20,7 % (valore in atmosfera al livello del mare).

Prendendo le mosse da quanto appena descritto, si può considerare per analogia anche per i treni del trasporto metropolitano lo stesso tipo di scenario come comportante il maggiore rischio per i viaggiatori, trascurando dettagli non propriamente attinenti (es. lunghezza della galleria) e considerando alcune peculiarità tipiche; per esempio nella maggior parte dei casi la galleria di tratta termina con la galleria di stazione, per passare a banchine, al mezzanino e all'atrio di stazione; i percorsi fino ai luoghi sicuri per gli utenti (esterno della stazione) allungano il percorso d'esodo che può essere assimilato a tutti gli effetti ad un percorso di esodo in galleria sotterranea.

I rischi ai quali i passeggeri sono esposti durante l'esodo del resto possono essere assimilati a quanto riportato nell'annesso D2 del decreto, ovvero il salvamento dei passeggeri più sfavoriti e condizionata dal buon esito delle tre fasi distinte dell'esodo:

- esodo dal vagone incendiato;
- allontanamento dal vagone incendiato;
- raggiungimento delle uscite.

Per le categorie di scenario quali manifestazioni, blocchi del traffico e grandi eventi, si possono trovare molti aspetti comuni nella gestione del servizio di traffico e soccorso eventuale. Il disagio principale determinato dagli eventi risulta la congestione. Del resto, la scarsa vulnerabilità fisica della rete di trasporto agli eventi sopra descritti, permette, una volta cessata la fase acuta dell'evento, che la circolazione torna alla normalità e non sono richieste operazioni di ripristino e messa in sicurezza delle infrastrutture viarie.

Per questi eventi non esistono misure di mitigazione del rischio che siano in grado di risolvere il problema; l'applicazione di procedure di gestione del traffico e l'attuazione di efficaci comunicazioni informative per un corretto uso della rete di trasporto da parte dei suoi utenti possono comunque diminuire le ripercussioni sul sistema dei trasporti.

Un quadro assai diverso si pone per le calamità naturali. Questi scenari non possono essere considerati *non prevedibili* solamente perché tali eventi hanno una probabilità di

accadimento molto più bassa. Bisogna considerare, inoltre, che quando si verifica un evento dalle conseguenze così impattanti sul territorio, l'opinione pubblica solitamente è molto focalizzata sul problema e accetta di buon grado rallentamenti o difficoltà del sistema trasporti, oltre a risultare particolarmente attenta e collaborativa, perché comprende che l'attenzione dei soccorritori deve essere prima rivolta a portare soccorso all'utenza esposta al rischio. In riferimento a questi eventi si elaborano strumenti e procedure atti a supportare la logistica dei soccorsi e solo in una seconda fase quello della mitigazione dei disagi. In questo caso sono necessarie operazioni di ripristino e messa in sicurezza delle infrastrutture.

Gli attacchi terroristici necessitano un discorso a parte, su larga scala, per i quali è necessario sviluppare una valutazione a parte. L'applicazione di misure di prevenzione e mitigazione è in capo alla difesa interna dello stato, alle forze dell'ordine e al prefetto. Il gestore dell'infrastruttura non deve fare altro che fornire supporto per le comunicazioni e per la conoscenza approfondita dell'infrastruttura.

I provvedimenti descritti in questo capitolo integrano l'analisi di vulnerabilità consentendo di avere un quadro qualitativo della pericolosità della linea metropolitana e una conseguente definizione delle eventuali misure integrative da adottare in caso si individuino anomalie nei parametri di sicurezza e deficit nei requisiti minimi di sicurezza. Tra i provvedimenti si enumerano anche quelli riportati nel DM 28/10/05, indicativi ma non esaustivo per il progettista, con riferimento alle gallerie ferroviarie in particolare quelle di lunghezza compresa tra 500 in e 1000 m:

### 4.3 Misure di prevenzione

La mitigazione del rischio si ottiene grazie all'azione congiunta di protezione e prevenzione. È buona prassi far sì che la prevenzione abbia un maggiore peso sulla protezione. Le diverse mitigazioni possono essere anche distinte in mitigazioni di progetto e procedure, considerando l'intervallo temporale in cui possono essere attuate, fase progettuale e fase di esercizio. In fase progettuale si caratterizzano gli ambiti infrastruttura e materiale rotabile. In fase di esercizio si delinea l'ambito procedure operative.

**Tabella 4.2** – Condizioni di esercizio e misure di mitigazione del rischio

<i>Condizioni di esercizio</i>	<i>Incidenti</i>	<i>Eventi</i>	<i>Condizioni incidentali</i>
<i>Misure preventive</i>	<i>Misure preventive di controllo</i>	<i>critici</i>	<i>Misure protettive</i>
<i>Controllo del Traffico</i>	<i>Controllo Accessi</i>	<i>Incendi</i>	<i>Monitoraggio</i>
<i>Traffico unidirezionale</i>	<i>Controllo affollamenti</i>	<i>Esplosioni</i>	<i>Sistemi di rilevazione</i>
<i>Limiti di velocità</i>	<i>Comunicazioni</i>	<i>Allagamenti</i>	<i>Sistemi di comunicazione</i>
<i>Distanza di sicurezza</i>	<i>SOS</i>	<i>Sversamenti</i>	<i>Sistemi di spegnimento</i>
<i>Segnalamento-Segnaletica</i>	<i>CCTV</i>	<i>Terremoti</i>	<i>Sistemi di ventilazione</i>
<i>Illuminazione</i>	<i>Sistemi di drenaggio</i>	<i>Attentati</i>	<i>Illuminazione emergenza</i>
<i>Controllo traffico</i>		<i>Blackout</i>	<i>Vie di fuga protette</i>
<i>Manutenzione infrastruttura</i>		<i>ecc.</i>	<i>Comportamento al fuoco dei materiali</i>
			<i>Sistema di gestione</i>
			<i>Procedure di emergenza</i>

Anche se gli apprestamenti di prevenzione agiscono di consueto prima dei *trigger event*, tuttavia, il loro effetto prosegue anche col procedere dell'evoluzione dell'evento incidentale in senso di limitazione e prevenzione da ulteriori conseguenze. Utilizzando lo schema dell'albero degli eventi queste misure hanno effetto prevenzionistico per ogni ramo di sviluppo con l'effetto di allontanare gli esiti dallo scenario incidentale che produce più danno. Per definire l'operatività di un piano di emergenza bisogna considerare le misure di prevenzione derivanti anche dalle caratteristiche geometriche, strutturali e quindi funzionali dell'infrastruttura.

### 4.3.1 Misure di prevenzione annesse all'infrastruttura

In occasione di un incidente l'infrastruttura deve rispondere e soddisfare due bisogni principali: il bisogno di salvaguardia del bene (umano e materiale) e il bisogno di continuità del servizio. La priorità è data alla salvabilità delle persone.

La progettazione della sicurezza per quanto riguarda strutture e impianti è fortemente determinante per la salvaguardia delle persone e per la caratterizzazione dell'esodo [figura 4.3]. I criteri costruttivi degli elementi costitutivi delle metropolitane determinano le prestazioni in condizioni di esercizio, mentre i criteri costruttivi e di installazione degli impianti determinano soprattutto le prestazioni al verificarsi delle condizioni incidentali.

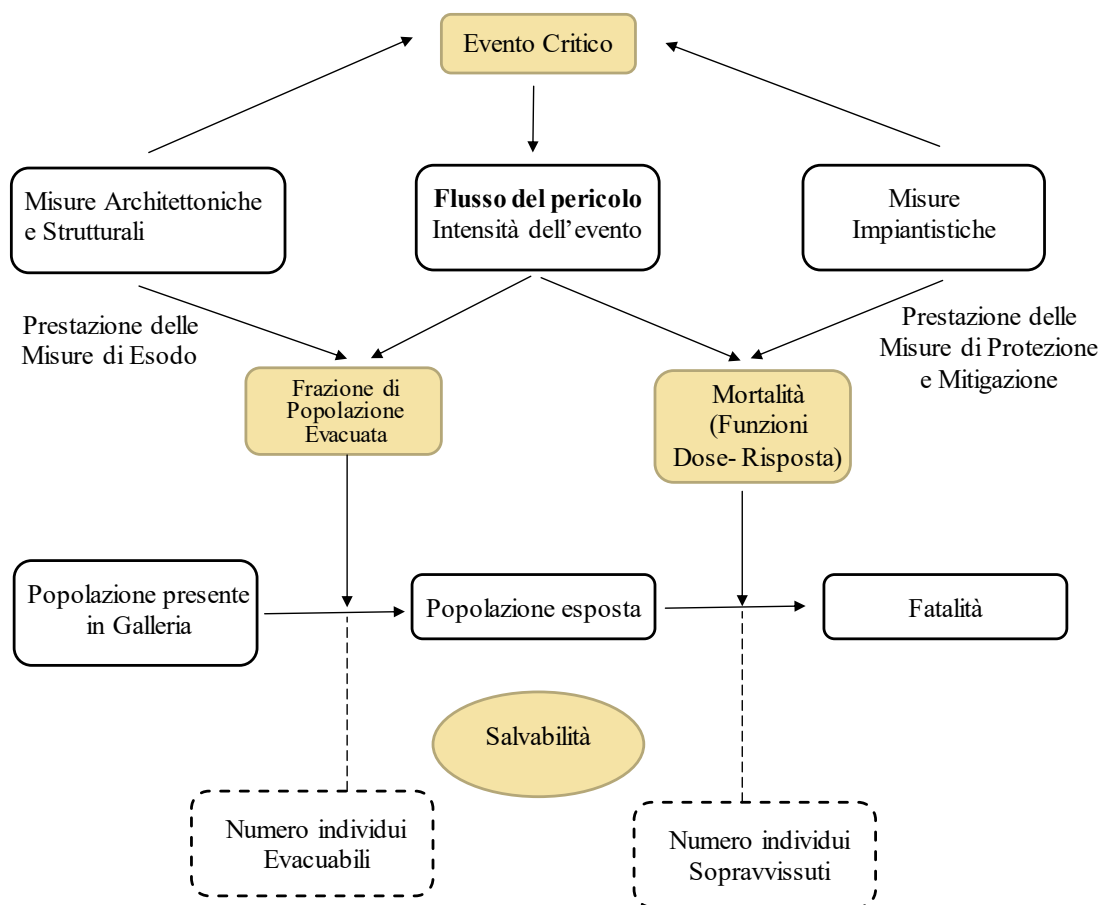


Figura 4.3 – Caratterizzazione di uno scenario di esodo [19].

Per le Metropolitane il riferimento tecnico normativo attualmente sono le “Norme di prevenzione incendi nelle metropolitane” D.M. 11/01/88. Infatti si ricorda che la “Regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio delle metropolitane” approvata nel 2015 è valida solo per le nuove metropolitane.

Da un punto di vista programmatico si può dire che il D.M. 11/01/88 rappresenta il punto di adeguamento per le metropolitane esistenti, mentre il D.M. 21/10/15 rappresenta il miglioramento verso cui tutte le linee dovrebbero essere protese.

In questo contesto normativo, il ruolo dei Piani di Emergenza è anche un ruolo compensativo in vista di adeguamento e di miglioramento dello stato minimo di sicurezza delle linee metropolitane. È per questo che la loro attuazione è prioritaria rispetto a qualsiasi altro adeguamento.

#### *Caratteristiche architettoniche e strutturali delle metropolitane*

Fanno parte di questa categoria le stazioni, le sedi (tra cui le gallerie), i manufatti accessori (i pozzi di ventilazione, i pozzi di accesso, i bypass di collegamento tra gallerie parallele).

I requisiti strutturali sono differenziati tra galleria, galleria di stazione e i restanti ambienti di stazione, tra cui locali tecnici e locali commerciali.

**La galleria di stazione** costituisce un compartimento antincendio e, in linea generale, le comunicazioni di tale compartimento verso le altre zone della stazione sono costituite dai passaggi che immettono nei percorsi protetti e dalle porte che immettono in eventuali locali tecnici a livello del piano banchine.

La compartimentazione nei passaggi che immettono nei percorsi protetti si intende ripristinata anche attraverso l'installazione di idonei sistemi di ventilazione, eventualmente insieme ad altri dispositivi valutabili caso per caso, che ostacolano la diffusione dei fumi in modo da assicurare le condizioni sostenibili per la vita umana nel percorso protetto. Attenzione deve essere posta agli attraversamenti tra un compartimento e quello adiacente di condotti; tubazioni non metalliche, cavidotti ed altro devono essere dotati di appositi dispositivi che, in caso di incendio, assicurino la continuità della compartimentazione, con la stessa caratteristica di resistenza al fuoco.

Le strutture portanti della galleria di stazione devono essere incombustibili e avere prestazioni di resistenza al fuoco non inferiore a R 120 (le caratteristiche di resistenza al fuoco sono riferite alla curva ISO 834 e alla combinazione di carichi eccezionali come definito nelle Norme Tecniche delle Costruzioni).

Le eventuali facciate di banchina devono essere realizzate in materiale incombustibile e mantenere la stabilità meccanica almeno per i tempi d'esodo previsti.

**Le altre aree di stazione** (a meno di locali tecnici con caratteristiche particolari) possono costituire un unico compartimento e avere elementi strutturali incombustibili e con caratteristiche di resistenza al fuoco non inferiore a R 60 e comunque di livello di prestazione III, di cui al decreto del Ministro dell'interno 9 marzo 2007.

Sono inoltre dettate le regole di prestazione per reazione al fuoco dei materiali di finitura nelle stazioni, dove per gallerie di stazione e percorsi protetti le superfici verticali e orizzontali (compreso il piano banchina) dovranno essere rivestite solo con materiali incombustibili di classe di reazione definita. Viene stabilita dai decreti attualmente vigenti una percentuale massima di superficie dedicata a tabelloni porta mappe e cartelloni pubblicitari: il 30% per le gallerie di stazione e il 40% per i percorsi protetti. In generale è consentito altresì incollare sulle pareti manifesti di carta in ragione massima del 5% della superficie totale delle pareti dell'intera stazione, banchine comprese.

I pavimenti possono essere di classe di reazione al fuoco 0 oppure 1. Per la restante parte deve essere impiegato materiale di classe 0. I materiali di rivestimento, ad eccezione di

quelli di classe 0, devono essere messi in opera in aderenza agli elementi costruttivi non combustibili escludendo spazi vuoti o intercapedini.

**Altre strutture** di stazione particolari e aventi una regolamentazione restrittiva sono i locali tecnici che non prevedono accesso al pubblico. In questi locali sia i pericoli in genere che le fonti di innesco e di combustione in caso di incendio possono essere rilevanti. Per tale ragione spesso prevedono sistemi di spegnimento dedicati e almeno una prestazione EI 120 se comunicanti con la banchina e EI 60 per gli altri locali, che tutte le porte dei locali tecnici e dei locali depositi siano dotate di dispositivo di auto chiusura e che vi sia una procedura per cui siano tenute normalmente chiuse a chiave. Da non sottovalutare sono i criteri progettuali per i locali commerciali comunicanti con le stazioni metropolitane, per la comunicazione tra linee metropolitane differenti e la comunicazione con parcheggi o strutture di interscambio modale.

Le strutture portanti delle **gallerie** (sotterranee o meno) devono essere incombustibili e avere caratteristiche di resistenza al fuoco almeno R 120. Nel caso in cui un cedimento locale della struttura non possa avere conseguenze catastrofiche o causare il cedimento di importanti strutture soprastanti o adiacenti, le strutture portanti possono essere incombustibili e avere una resistenza al fuoco non inferiore a R 60.

Dovrà essere, inoltre, analizzata l'integrità strutturale per il tempo necessario alla gestione dell'emergenza, in caso di incendio, al fine di valutare la necessità di misure atte a limitare il fenomeno dello *spalling* del calcestruzzo.

In tutte le gallerie (sotterranee o al piano di riferimento) dovranno essere installate apposite banchine di servizio, di larghezza effettiva pari a 60 cm, che assicurino un'altezza libera percorribile di almeno 200 cm. La differenza di quota tra il piano di calpestio delle banchine e quello del materiale rotabile non dovrà essere superiore a 35 cm, e comunque deve rispettare quanto previsto dalla norma tecnica UNI-UNIFER 7360.

Nelle linee in sede confinata non sono ammesse gallerie completamente chiuse; le gallerie di lunghezza superiore a 250 m dovranno presentare discontinuità della volta per almeno 10 m ogni 250 m.

### *Corridoi*

I corridoi sono punti critici posti sui percorsi di emergenza perché costituiscono le vie di collegamento obbligati tra gli spazi della stazione e quindi punti in cui i flussi di persone sono costretti al passaggio e in cui la velocità di flusso diminuisce. Potenzialmente offrono il vantaggio di indirizzamento e controllo dei flussi, ma per effetto della canalizzazione generano un aumento della pericolosità (i recenti eventi incidentali incorsi durante i grandi eventi ne sono la prova) perché sono ragione di un aumento di densità all'imbocco generata da un abbassamento delle velocità di flusso, minore rispetto allo spazio aperto.

Aumento di densità si avrà anche per raggiungimento della capacità del corridoio. La saturazione del fronte di persone potrebbe superare i parametri di velocità massima e determinare un rallentamento naturale della folla. Per la stessa ragione si prevedono cambi di direzione minimi e con angoli superiori ai 90 gradi, UNI 7744-98, nonché pianerottoli a ogni cambio di direzione largo almeno quanto la rampa e tale da non creare intralcio al normale deflusso di persone.

Requisito costruttivo per il materiale che deve essere antiscivolo e non sdruciolevole.

### *Scale*

Le scale fisse ed i pianerottoli devono presentare resistenza al fuoco almeno REI 120.



Le rampe delle scale devono essere rettilinee. Devono avere non meno di tre gradini e non più di 15. La rampa di uscita verso l'esterno può avere massimo 20 gradini.

I gradini devono essere di pianta rettangolare, avere una pedana compresa tra 30 e 33 cm ed alzata compresa tra 15 e 18 cm, nel rispetto della formula

$$2a + p = 0.62 \text{ m} + 0.64 \text{ m}$$

a = alzata in m,

p = pedata in m.

I pianerottoli devono avere la stessa larghezza delle scale senza allargamenti o restringimenti. Per le metropolitane di nuova costruzione essi devono essere lunghi almeno 1,80 m. Nei pianerottoli sono consigliabili raccordi circolari che abbiano la larghezza radiale costante ed uguale a quella della scala.

Come già citato nel capitolo primo, le scale di larghezza superiore a 3,60 m devono essere dotate di corrimano centrale.

Si applica la norma costruttiva UNI 7744, dando priorità alla regolamentazione tecnica specifica ove in contrasto. Ad ogni modo per il dimensionamento delle scale ai fini dell'esodo nelle metropolitane di nuova concezione ci si deve riferire all'allegato tecnico della regola tecnica di prevenzione incendi.

**Le scale mobili** sono trattate egualmente all'interno dei due decreti tecnici relativi alle metropolitane ai fini del dimensionamento dei percorsi di sfollamento. Gli ascensori sono apparati singolari e di fondamentale importanza sia per l'accessibilità e l'uscita alla metropolitana da parte di disabili. Gli sbarchi degli ascensori devono essere posizionati nei percorsi protetti e possono continuare a funzionare anche in caso di emergenza. Gli ascensori non dovranno consentire la propagazione dei fumi tra i compartimenti e dovranno essere dotati di chiusure atte a ripristinare le caratteristiche di resistenza al fuoco della galleria di stazione.

#### *Tornelli e varchi*

In corrispondenza della barriera di controllo la larghezza delle uscite deve essere nel complesso almeno pari alla somma di quella dei percorsi di sfollamento provenienti dalle banchine, e comunque deve essere tale da non rappresentare ostacolo allo sfollamento. I cancelli ed i tornelli devono presentare dei passaggi di larghezza utile minima pari a 60 cm ed essere realizzati in modo da consentire un'agevole apertura verso le uscite in caso di emergenza.

Ciascuna linea di controllo deve inoltre essere dotata di un varco per i disabili, di larghezza minima pari a 90 cm. In prossimità di tale varco deve essere presente un sistema di comunicazione con il locale dell'agente di stazione o, in mancanza di esso, con la centrale operativa del gestore dell'infrastruttura.

#### *Progettazione dell'esodo nelle metropolitane*

L'obiettivo primario della salvaguardia delle persone deve essere perseguito con riferimento:

- alle condizioni di sopravvivenza delle persone che si troveranno nelle immediate vicinanze di un focolaio d'incendio;
- alla protezione delle persone durante il percorso che le conduce in uno spazio scoperto o comunque intrinsecamente sicuro.

Per il raggiungimento di prestazioni dell'esodo di persone che la struttura può offrire come condizione iniziale bisogna soprattutto definire dei criteri costruttivi minimi. La prestazione dell'esodo si basa su 2 parametri: i tempi di evacuazione dai luoghi chiusi e

le condizioni di sopravvivenza delle persone durante l'esodo (Stato critico per la sicurezza della vita umana, vedi punto affollamenti).

I tempi di evacuazione dipendono dalla possibilità che un utente ha di allontanarsi dalla zona insicura; in primis dal numero di uscite di sicurezza, quindi dal numero di percorsi possibili percorribili, dalla loro effettiva fruibilità ovvero condizioni di vivibilità ma anche che siano percorribili, ovvero stabili, liberi, con buona visibilità, con pochi ostacoli o superabili facilmente.

Le strutture portanti delle stazioni, gli elementi strutturali che delimitano i percorsi di sfollamento e quelli di copertura delle banchine devono presentare resistenza al fuoco almeno REI 120; anche gli elementi strutturali di copertura degli altri piani devono presentare resistenza al fuoco almeno REI 120. Gli elementi strutturali interessati dalle vie di sfollamento devono sopportare il sovraccarico statico e/o dinamico indicato dalle vigenti norme di legge.

Contributo principale al mantenimento delle condizioni di vivibilità viene invece dato dagli impianti di ventilazione.

#### *Impianti di emergenza*

Gli impianti di emergenza sono gli impianti che garantiscono alcune funzioni essenziali al sistema in condizioni di emergenza ovvero che permettono di fronteggiare direttamente gli eventi causa dell'emergenza stessa.

L'adeguamento degli impianti di emergenza per lo spegnimento incendi, insieme all'adeguamento degli estintori, dell'impiantistica di illuminazione di sicurezza e di segnalazione è da realizzarsi entro il 30/11/18.

Essi sono costituiti da impianti di ventilazione, impianti di prevenzione attiva e impianti di emergenza.

Tutti gli impianti tecnici di stazione e gli impianti di sicurezza e emergenza nelle metropolitane devono essere progettati e realizzati secondo la regola dell'arte.

Per gallerie di sedi sotterranee di lunghezza superiore ai 300 m è necessario l'impianto di ventilazione di emergenza. Dovranno essere progettati secondo i metodi della tecnica aeraulica e verificati tramite analisi fluidodinamiche. Inoltre, ogni tratto di galleria di lunghezza superiore ai 300 m, fra due stazioni successive, dovrà essere attrezzato con un impianto meccanico di estrazione dei fumi la cui tipologia deve essere valutata nell'ambito delle scelte progettuali con l'obiettivo di ottenere le migliori prestazioni in relazione al tipo di galleria.

Particolari indicazioni sono date per i cavi elettrici di media tensione e quelli di bassa tensione destinati all'alimentazione delle apparecchiature nelle stazioni e lungo le gallerie, quelli dei sistemi di segnalamento e blocco automatico, quelli di telecomunicazione. Tuttavia queste specifiche non hanno particolare rilevanza ai fini dell'applicazione dei piani di emergenza se non i dettami relativi alle manutenzioni, ai controlli, alla vigilanza sulle anomalie e alla conoscenza del tempo per il quale l'alimentazione è garantita dai sistemi costruttivi e di corretta posa.

Ad ogni modo si riporta che, le linee destinate agli impianti di emergenza, devono essere realizzate con cavi resistenti all'incendio (CEI 20-36) oppure protetti come sopra descritto.

### 4.3.2 Misure di prevenzione per il materiale rotabile

Il materiale rotabile deve essere progettato e costruito secondo le norme tecniche di riferimento. Particolare attenzione deve essere posta alle caratteristiche costruttive che influenzano i tempi di sfollamento dal treno, in relazione ai tempi di sfollamento totali.

Per i materiali impiegati nelle vetture, per le caratteristiche di reazione, si fa riferimento al DM 26 giugno 1984. Tutti i materiali impiegati per le sistemazioni interne ivi compresi i divisori, i rivestimenti, i sedili e le plafoniere devono essere di classe di reazione al fuoco non superiore a 1. Sono consentiti sedili imbottiti di classe di reazione al fuoco 1 IM esclusivamente per il personale di macchina.

Secondo il decreto di sicurezza nelle gallerie ferroviarie del 2005, il materiale rotabile deve essere progettato in modo tale da prevenire il verificarsi di principi di incendio e la loro propagazione. In particolare deve essere evitato l'utilizzo di materiale che in caso di incendio sprigioni quantità di fumo e prodotti tossici oltre i limiti di accettabilità previsti dalle normative specifiche vigenti.

Dovrebbero essere previsti rilevatori di incendio di bordo. Devono essere previsti dispositivi ad azionamento manuale di allarme. In presenza di un incendio le carrozze devono mantenere la capacità di circolazione e il sistema di frenatura di emergenza previsto sui rotabili deve essere concepito in modo tale da consentire al personale di macchina di intervenire per differire l'arresto del convoglio in un punto opportuno della linea, possibilmente all'esterno della galleria.

### 4.3.3 Procedure operative preventive

La prevenzione si ottiene anche tramite procedure operative prestabilite o progettazione di sistemi capaci di indurre comportamenti leciti e non pericolosi.

Fanno parte delle procedure di prevenzione le Norme di comportamento per i viaggiatori e per i lavoratori e la loro diffusione tramite apposite informative.

Si possono poi individuare protocolli utili alla prevenzione di incidenti o di aggravamento degli stessi. Per esempio, in caso di incidente o emergenza che abbia interessato una specifica stazione metropolitana è opportuno prevedere procedure di emergenza per l'interdizione della fermata dei treni in arrivo alla stazione stessa.

Al contrario, in caso di emergenza in galleria, è evidentemente cautelativo cercare di portare il rotabile alla stazione più vicina, regolamentando il traffico della linea di conseguenza (il treno potrebbe trovarsi a dover retrocedere alla fermata appena abbandonata, mentre un altro treno è in arrivo nella stessa).

Per la facilitazione dell'esodo, anche ai fini del dimensionamento dei percorsi di sfollamento, sono ammessi due tipi di gestione e programmazione delle scale mobili, in caso di emergenza, che devono essere oggetto di specifica valutazione e definizione nel piano di emergenza:

- blocco delle  $n$  scale mobili all'attivazione del sistema di allarme: le  $n-1$  scale mobili per ciascun dislivello potranno essere dimensionate come scale ordinarie, secondo i parametri riportati nell'appendice tecnica del DM 21/10/15, tenendo presente che quelle aventi larghezza pari o superiore a 100 cm possono considerarsi portatrici di un flusso doppio (due moduli nel decreto dell'88) rispetto a quelle di dimensioni minori. Le scale mobili da considerare ai fini del computo devono essere quelle che creano le condizioni più sfavorevoli ai fini dello sfollamento;

- all'attivazione dell'allarme le scale continuano a funzionare e quelle che hanno un verso contrario alla direzione dell'esodo invertono il senso di marcia, dopo fermata con apposita segnalazione e ripartenza graduale fino alla velocità di marcia, tenendo conto dell'incolumità delle persone: i flussi di esodo sono posti pari alla portata massima prevista dalle scale mobili. In questo caso le scale mobili devono essere alimentate da almeno due fonti di energia elettrica alternative, commutabili automaticamente. Con questo tipo di gestione i flussi di esodo saranno posti pari alla portata massima prevista dalle scale mobili.

Per quanto riguarda gli ascensori, preventivamente il funzionamento dovrà essere interdetto in caso di emergenza. Tuttavia, possono essere previsti ascensori che permarranno in uso anche durante un'emergenza; in questo caso dovranno essere dotati di alimentazione di riserva.

Per quanto riguarda i tornelli, varchi e linee di controllo, in caso di emergenza e successivo esodo deve essere garantita l'apertura automatica e permanente delle linee di controllo, al fine di consentire l'esodo delle persone presenti all'interno della stazione.

La gestione degli impianti di ventilazione dovrà essere gestita da un apposito centro di controllo, a cui devono pervenire tutte le informazioni sia in esercizio ordinario che in condizioni di emergenza.

Relativamente agli impianti di ventilazione, poi, la combinazione delle logiche di attuazione degli impianti di ventilazione, intendendo sia quelli di aspirazione che di immissione, con le procedure di emergenza, deve far sì che i fumi seguano percorsi opposti a quelli dell'esodo delle persone considerando la possibilità di avviare la ventilazione meccanica in modo graduale e differenziato in funzione della posizione del treno rispetto alle uscite di emergenza e del focolaio all'interno del treno medesimo.

Sono inoltre sistemi di prevenzione, direttamente dalla tecnica ferroviaria anche se non prettamente previsti per le metropolitane:

- piano manutenzione (galleria, sistemi di spegnimenti e impianti in genere);
- piano manutenzione e test periodici della rete di comunicazione;
- protezione e controllo degli accessi in stazione;
- sistema di radiocomunicazione;
- controllo sistematico dello stato del binario;
- ispezione regolare dello stato delle gallerie;
- Monitoraggio della velocità/sistema di segnalamento
- Individuazione del treno (conta assi, circuito binario)
- Impianti fissi per il controllo dello stato del treno
  - impianti di Rilevamento Temperatura Boccole (RTB) posizionati in modo opportuno lungo la tratta così da consentire, in caso di anomalia, l'attivazione di una procedura di emergenza.
  - portali termografici: sensori fissi di temperatura posti lungo la linea per l'individuazione di un principio di incendio sul materiale rotabile così che i treni possano eventualmente essere fermati prima che entrino nella galleria.
- Impianti di rilevamento della sagoma del materiale rotabile in modo tale da poter fermare il treno in presenza di un "fuori sagoma";

- Dispositivi per la verifica del carico assiale;
- Dispositivi per la verifica delle ruote piatte.
- Indipendenza dei binari in galleria

## 4.4 Strumenti di protezione

### *Misure attive e passive*

I provvedimenti mitigatori sono suddivisi in attivi e passivi. In generale tutte le tipologie di protezione devono essere progettate e pianificate. In tal senso sono frutto di un processo di prevenzione, a livello progettuale, che ha portato all'individuazione di metodi, tecnologie, attrezzature e supporti informativi tali che siano in grado di intervenire con tempestività qualora la necessità lo richiedesse. Per permettere l'efficienza in fase di azionamento degli strumenti protettivi definiti, spesso sono stabiliti piani di manutenzione, atti a assicurare la resa di parti (meccaniche, pneumatiche, elettriche, idriche e elettroniche), e piani di formazione e addestramento, ossia il mantenimento dell'efficacia delle azioni compiute dagli operatori incaricati all'attivazione e alla supervisione degli strumenti di protezione.

### 4.4.1 Misure di protezione appartenenti all'infrastruttura

#### 4.4.1.1 Reti di idranti

I primi impianti di emergenza da prendere in considerazione sono gli impianti di spegnimento incendi. Il decreto del 11/01/88 prescrive la presenza di una rete idranti per le stazioni con precise disposizioni circa la pressione di impianto (2 bar), di portata (120 l/min). La rete idrica che alimenta gli idranti deve essere distinta da quella delle altre utenze e l'alimentazione idrica deve essere assicurata per almeno 1 ora.

Adiacenti agli idranti o naspi situati a piano banchina devono essere collocati interruttori per la esclusione della tensione alla linea di contatto; appositi cartelli devono correlare l'uso degli idranti all'azionamento dei suddetti interruttori.

In ogni **galleria** deve essere installata una rete idranti avente le stesse caratteristiche. In questo caso gli idranti devono essere disposti in modo che ogni punto dell'area protetta non disti più di 40 m da un apparecchio e le relative tubazioni flessibili e lance possano essere raggruppate in corrispondenza degli accessi, stazioni comprese, per i VVF.

Il numero di tubazioni flessibili e lance non deve essere inferiore a quattro.

Diverso approccio invece è quello del DM 21/10/15 dove le reti di idranti e gli impianti di spegnimento automatico installati nelle metropolitane devono essere progettate, realizzate e gestite secondo la regola dell'arte e quanto previsto nel Decreto del Ministro dell'Interno del 20 dicembre 2012 "Regola tecnica di prevenzione incendi per gli impianti di protezione attiva contro l'incendio installati nelle attività soggette ai controlli di prevenzione incendi" e alle norme UNI 10779, (livello di pericolosità è pari a 3) e UNI EN 12845. Ovvero si prescrive anche la dotazione da fornire per i soccorsi esterni; per esempio, all'ingresso di ogni stazione si prevede l'installazione, in posizione segnalata e protetta, di un idrante soprasuolo minimo DN 100, conforme alla norma UNI 14384, allacciato alla rete idrica comunale, in grado di assicurare una erogazione minima di 500 l/min.

Impianti di spegnimento automatico dedicati dovranno proteggere la stazione dai possibili incendi generati nei locali destinati ad attività commerciali di pertinenza della stazione (negozi, esposizioni, bar, giornalai) e i relativi depositi, i locali di servizio ed i magazzini.

Particolari impianti di spegnimento automatizzato sono previsti nelle stazioni profonde, in cui il dislivello tra banchina e piano atrio risulta superiore ai 24 m.

Si ricorda poi che il vano motore delle scale mobili deve essere protetto con impianto automatico di spegnimento, soprattutto nel caso facciano parte di percorsi dedicati all'esodo.

#### 4.4.1.2 Estintori di incendio portatili

In un piano di emergenza deve esserci una ben precisa individuazione e qualificazione di idranti e estintori. Per il DM 11/01/88 gli estintori portatili (per fuochi di classe A, B, C con capacità estinguente non inferiore a 13A, 89B, C) devono essere installati in ragione di uno ogni 300 m<sup>2</sup> di superficie utile, dislocandone come minimo uno in prossimità del vano motore delle scale mobili, degli ascensori, dei corridoi e degli accessi ai locali tecnici. Inoltre, in ogni locale commerciale dovrà essere previsto almeno un estintore.

Le indicazioni della RTV delle metropolitane sono molto più specifiche e restrittive. Devono essere installati estintori portatili aventi carica nominale minima pari a 6 kg e capacità estinguente non inferiore a 34A, 89B così dislocati:

- almeno due per ciascuna banchina nella galleria di stazione;
- in numero di uno per ogni 200 m<sup>2</sup> di superficie, nell'atrio.

Nei locali commerciali di pertinenza deve essere installato almeno un estintore ogni 100m<sup>2</sup> e, comunque, almeno uno per ogni singola attività. In caso di piccolo deposito a servizio di un'attività, deve essere previsto un ulteriore estintore in prossimità dell'accesso a tale deposito.

A protezione dei locali tecnici non aperti al pubblico deve essere installato un estintore portatile avente carica nominale minima pari a 6 kg e capacità estinguente non inferiore a 34A 144B, posizionato all'esterno del locale, nelle immediate vicinanze del vano di accesso.

#### 4.4.1.3 Impianti automatici di rivelazione e allarme incendi

Ogni stazione deve essere sorvegliata da impianti automatici di **rilevazione** di incendi.

Impianti automatici di rilevazione devono inoltre essere installati:

- a) nei locali tecnici;
- b) nei locali macchine degli ascensori, nei vani macchine delle scale mobili e dei corridoi mobili;
- c) cavedi tecnologici e nei passaggi per cavi sotto le banchine;
- d) lungo le scale ed i corridoi mobili e nelle relative aree di accesso delle banchine.
- e) spazi soprastanti i controsoffitti e sottostanti i pavimenti flottanti ed all'interno delle condotte di ventilazione [requisito per nuove metropolitane, aggiunto dal DM 21/10/15].

I segnali devono pervenire in un luogo permanentemente presidiato (24 ore su 24) da dove sia possibile l'agevole individuazione delle aree interessate dal principio d'incendio e dare l'avvio delle procedure di emergenza.

In caso di necessità deve essere possibile dare le necessarie disposizioni al pubblico tramite un impianto di altoparlanti. Gli apparecchi di diffusione devono essere installati in tutti gli ambienti aperti al pubblico ed in quelli in cui il personale può essere presente. Essi devono poter funzionare per almeno 60 minuti anche mancando la tensione di rete.

Le procedure operative dovranno stabilire le condizioni di utilizzo degli altoparlanti e codificare le frasi da pronunciare in caso di ogni scenario di emergenza, modulandolo in virtù del rilievo di eventuali situazioni anomale create dal panico.

Nelle gallerie valgono gli stessi principi vigenti per le stazioni.

Anche per gli allarmi il DM 21/10/15 prevede per le nuove metropolitane una differente regolamentazione data dalla "Regola tecnica di prevenzione incendi per gli impianti di protezione attiva contro l'incendio installati nelle attività soggette ai controlli di prevenzione incendi".

#### 4.4.1.4 Evacuatori di fumo e calore

Le stazioni devono essere dotate di sistemi per l'evacuazione dei fumi in caso di incendio. Ogni tratto di galleria fra due stazioni successive va attrezzato con un impianto di evacuazione fumi meccanico. In genere l'aspirazione avviene a metà del tratto in questione, in modo da agevolare lo spostamento delle persone verso le stazioni e l'accesso dei soccorritori in caso di incendio.

Nel caso di gallerie a semplice binario servite da un unico pozzo, questo deve essere diaframmato dalla superficie fino in fondo, in modo da non avere circuitazione di fumi da una galleria all'altra e da rendere possibile l'accesso dall'alto da parte dei soccorritori, a ciascuna delle gallerie, nel semipozzo dove non c'è risalita dei fumi.

Ad ogni modo per le nuove metropolitane gli evacuatori di fumo e calore, ove installati, devono essere progettati, realizzati e gestiti secondo la regola dell'arte e quanto previsto nel Decreto del Ministro dell'Interno del 20 dicembre 2012 "Regola tecnica di prevenzione incendi per gli impianti di protezione attiva contro l'incendio installati nelle attività soggette ai controlli di prevenzione incendi".

#### 4.4.1.5 Impianti elettrici e di comunicazione

Gli impianti elettrici devono essere progettati e realizzati in conformità alla legge n.186 del 1° marzo 1968, sulla base della valutazione dei rischi condotta anche ai sensi dell'art. 80 del Decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81 e s.m.i. Inoltre nelle norme tecniche per la progettazione e costruzione e esercizio delle metropolitane sono fornite diverse indicazioni specifiche a riguardo di tali impianti.

Ai fini della sicurezza antincendio gli impianti elettrici devono avere le seguenti caratteristiche:

- non costituire causa di innesco di incendio o di esplosione;
- non costituire causa di propagazione degli incendi;
- non costituire pericolo per le persone a causa di produzione di fumi e gas tossici in caso di incendio;
- garantire l'indipendenza elettrica e la continuità di esercizio degli impianti di sicurezza;
- garantire la sicurezza dei soccorritori.

#### *Alimentazione dei servizi di emergenza*

I servizi di emergenza devono essere dotati, oltre che dell'alimentazione normale, di una alimentazione di sicurezza in grado di alimentare il carico, in caso di guasto dell'alimentazione normale, entro:

0,5 s per i seguenti impianti:

- illuminazione di sicurezza;
- allarme;
- impianti di rilevazione incendio;

- sistema di allarme vocale (diffusione sonora di annunci ai passeggeri);
- impianti di videosorveglianza;
- impianti citofonici;
- ascensori, limitatamente alle funzioni di emergenza (illuminazione interna, circuiti di allarme
- cabina, citofono, sistemi di riporto al piano della cabina eventualmente arrestatasi a metà corsa, ecc.);
- sistemi di telecomando e telecontrollo dei servizi di sicurezza.

120 s per i seguenti impianti:

- impianti di controllo dei fumi (ventilazione, ecc...);
- ascensori che vengono mantenuti in esercizio nelle situazioni d'emergenza;
- scale mobili che vengono tenute in funzione ed utilizzate per l'esodo;
- impianti di estinzione degli incendi.

Per tutti gli impianti appena elencati deve prevedersi l'autonomia di funzionamento dei servizi di emergenza 120 minuti.

#### *Sezionamento di emergenza*

In caso di emergenza, particolare rilevanza per le procedure di emergenza assume la possibilità di sezionare gli impianti elettrici ed elettronici presenti nell'area dell'incidente, compresi quelli di linea ed esclusi quelli di alimentazione dei servizi di sicurezza, in grado di costituire pericolo per l'incolumità degli operatori di soccorso.

I dispositivi di emergenza devono essere facilmente accessibili alle squadre di soccorso, protetti dal fuoco e dagli azionamenti accidentali, installati almeno in corrispondenza:

- dei pozzi di accesso di emergenza alle gallerie, in modo che l'azionamento di uno qualunque dei
- dispositivi possa togliere tensione almeno agli impianti pericolosi presenti nella galleria servita;
- dei percorsi di sfollamento protetti;
- della Sala Operativa del Gestore.

#### *Impianti di illuminazione di sicurezza delle stazioni e delle sedi*

Per l'attivazione delle procedure di contenimento e la facilitazione dell'esodo e dei soccorsi fondamentale è la presenza di impianti illuminanti. Tutti gli ambienti accessibili al pubblico ed al personale di servizio delle stazioni devono essere dotati di un sistema di illuminazione di sicurezza ridondante, costituito da almeno un impianto con apparecchi dotati di alimentazione centralizzata e un impianto con apparecchi autoalimentati.

Tali impianti dovranno congiuntamente assicurare i seguenti complessivi livelli di illuminamento, misurati secondo le modalità previste nelle norme tecniche vigenti:

- gallerie di stazione (banchine), scale fisse, scale mobili e percorsi protetti: 10 lux;
- in tutti gli altri ambienti accessibili al pubblico: 5 lux;
- in tutti gli altri ambienti accessibili esclusivamente ai lavoratori: 2 lux.

Tutte le stazioni chiuse devono essere dotate, di impianti di illuminazione ordinaria e di riserva che dovranno garantire, eventualmente con il contributo degli impianti di sicurezza se normalmente accesi, le prestazioni richieste dalla norma UNI-UNIFER 8097.



### *Altri impianti*

Particolarmente rilevanti ai fini della stesura del piano di emergenza sono la presenza e la capillarità dei sistemi di allarme, di allarme vocale, impianti citofonici e di telesorveglianza.

Impianto di allarme: le sedi sotterranee devono essere dotate di un idoneo sistema in grado di fornire, al centro di controllo, la localizzazione dell'incendio al fine di poter definire le strategie di ventilazione, di sfollamento e di intervento dei soccorsi.

I principali ambienti delle stazioni devono essere continuamente controllati a distanza da sistemi TVCC i cui segnali siano riportati alla centrale operativa del Gestore dell'Infrastruttura o al locale dell'addetto di stazione, ove presente.

L'impianto televisivo a circuito chiuso deve essere realizzato in modo da semplificare e facilitare la selezione delle stazioni e delle relative zone controllate da parte dell'operatore.

Il sistema TVCC potrà essere utilizzato come strumento, non unico, per la gestione dell'emergenza ed in questo caso dovrà garantire la visualizzazione e registrazione delle immagini anche in presenza di opacità ambientale dovuta alla presenza di fumi da incendio ed essere protetto dagli effetti termici. In ogni caso il sistema dovrà essere altresì protetto dagli atti vandalici.

Impianto di drenaggio e pompaggio: ogni stazione di pompaggio deve comprendere almeno due elettropompe, ciascuna in grado di sostituirsi automaticamente all'altra in caso di avaria.

Le comunicazioni all'interno dell'intera infrastruttura dovranno avvenire mediante un sistema di telefoni fissi o di citofoni di emergenza da installare nelle stazioni, nelle gallerie (qualunque sia la loro posizione rispetto al piano di riferimento) e nelle uscite di sicurezza. Il sistema dovrà garantire una comunicazione capo-capo con la centrale operativa del Gestore. L'impianto citofonico, collegato con la centrale operativa del Gestore dell'Infrastruttura o con il locale dell'addetto di stazione, deve essere di tipo bidirezionale e funzionante a chiamata da parte del pubblico. I citofoni devono essere opportunamente dislocati in tutti gli ambienti accessibili al pubblico e ai soccorritori e dotati di apposita tabella di istruzioni. Devono essere segnalati e numerati, in modo da consentire la pronta individuazione. Le comunicazioni effettuate tramite citofoni devono poter essere registrate.

#### **4.4.2 Protezione del materiale rotabile**

Si elencano alcuni dei possibili sistemi di protezione adottabili per il materiale rotabile:

- Videosorveglianza a bordo
- Comunicazione bidirezionale a bordo
- Videosorveglianza a terra ovvero in stazione e galleria
- Informazioni audio/video a bordo e a terra (stazione e galleria)
- Sistemi antincendio a bordo e a terra
- Sistemi di illuminazione di emergenza in galleria e a bordo
- Sistemi di rilevazione video a terra anche con individuazione di sostanze radioattive
- Sistemi di ausilio all'evacuazione delle persone
- Portale termico
- Porte d'emergenza sui veicoli

### 4.4.3 Procedure operative protettive

Tre le procedure in grado di proteggere le persone in caso di emergenza si menzionano:

- La procedura di arresto per emergenza del treno.
- Procedura per la quale i tornelli o varchi automatici, se previsti, devono aprirsi automaticamente in caso di disalimentazione.
- I segnali devono pervenire in un luogo remoto, permanentemente presidiato (24 ore su 24), da dove sia possibile l'agevole individuazione delle aree interessate dal principio d'incendio e avviare le procedure di emergenza.
- Presenza di un presidio operativo 24 ore su 24 in grado di recepire gli allarmi e attivare le procedure di emergenza (anche quelli degli esercizi commerciali).
- Gli allarmi provenienti dai pulsanti devono essere tempestivamente verificati da personale addetto prima dell'avvio del segnale di allarme generalizzato; la verifica può essere condotta anche mediante sistemi di video sorveglianza.
- La comunicazione in fase di allarme deve avere le seguenti caratteristiche:
  - l'operatore della Centrale Operativa che raccoglie la chiamata deve essere in grado di riconoscere univocamente la posizione del chiamante con i dati della segnalazione e anche senza l'ausilio di TVCC;
  - l'operatore della Centrale Operativa che raccoglie la chiamata deve essere in grado di effettuare, a richiesta del chiamante, una interconnessione con la Rete Telefonica Generale (PSTN) in modo da instradare la chiamata verso la rete telefonica nazionale ed in particolare verso il numero di emergenza 112 (ex 115).

## 4.5 Facilitazione dell'esodo e dei soccorsi

Pianificare il servizio di emergenza di una linea metropolitana vuol dire calcolare le risorse di mezzi e uomini necessarie a servire il traffico di persone previsto ed organizzarne l'utilizzazione nelle varie funzioni, utili alla risoluzione delle emergenze (spesso impiantistiche) e all'efficientamento dei tempi d'esodo e il ripristino della funzionalità.

### 4.5.1 Infrastruttura

Il tempo massimo di evacuazione attraverso un percorso di sfollamento verso un luogo sicuro è fissato in 10 minuti così costituiti:

- galleria di stazione: non oltre 4 min dal capo più lontano della banchina all'imbocco del percorso protetto più vicino;
- percorsi protetti: non oltre 6 min fino ad un luogo sicuro.

I tempi sono calcolati dal momento in cui il primo passeggero sbarca sulla banchina fino a quando l'ultima persona presente nel percorso di sfollamento raggiunge un luogo sicuro. Comunque, nell'ipotesi di sfollamento dalla banchina in tempi inferiori a 4 min, è

ammesso sommare il tempo residuo ai 6 min previsti per la percorrenza dei percorsi protetti, per un tempo totale comunque non superiore ai 10 min prescritti.

#### *Affollamento delle stazioni*

Lo sfollamento di una stazione metropolitana è direttamente dipendente dalla quantità di persone da far evacuare, ovvero dall'affollamento presumibile.

Con riferimento ai dati esposti nel capitolo 2, per il D.M. '88, nelle aree costituenti la stazione, il massimo affollamento  $D$  è dato dalla somma dei seguenti addendi:

$$D = N_t + N_b + N_a + N_{lc} + N_{ls} [pax]$$

con,

$N_t$ : numero di persone convenzionalmente presenti sui treni che possono contemporaneamente sostare in stazione;

$N_b$ : numero di persone presenti su ogni banchina calcolato;

$N_a$ : numero di persone presenti negli atri, assunte pari a  $0,1 \text{ pax/m}^2$ . Per il calcolo esemplificativo si assumono circa  $1000 \text{ m}^2$ .

$N_{lc}$ : numero di persone presenti nei locali commerciali, assunte pari a  $0,25 \text{ pax/m}^2$ . Ai fini del calcolo esemplificativo si assumono circa  $400 \text{ m}^2$ .

$N_{ls}$ : numero di persone presenti nei locali di servizio, assunte pari a  $0,05 \text{ pax/m}^2$ . Per il calcolo esemplificativo si assumono circa  $100 \text{ m}^2$ .

Il massimo affollamento ipotizzabile in banchina nelle stazioni al piano del ferro è dato dalla somma di due addendi

$$\begin{aligned} N_b &= a + b [pax] \\ a &= 1250 \text{ pax} * 0,75 = 937,5 \text{ pax} \\ b &= 112 \text{ m} * 4,5 \text{ pax/m} = 504 \text{ pax} \\ N_b &= 937,5 \text{ pax} + 504 \text{ pax} = 1441,5 \text{ pax} \end{aligned}$$

con,

$a$ : il numero dei passeggeri convenzionalmente presenti su un treno, assunto pari al 75% della capacità di un treno di massima composizione ed a pieno carico;

$b$ : il numero dei passeggeri presenti in banchina, assunto pari a 4,5 persone per metro di lunghezza della banchina misurata lungo il bordo lato treno. Nel caso di banchine ad isola, il numero di passeggeri  $a$  va moltiplicato per 1,5, mentre il numero dei passeggeri  $b$  va riferito alla somma delle lunghezze dei due bordi lato treno.

Per le ipotesi fatte, si stima

$$\begin{aligned} D &= N_t + N_b + N_a + N_{lc} + N_{ls} [pax] \\ D &= 2500 \text{ pax} + 1441,5 \text{ pax} + 150 \text{ pax} + 100 \text{ pax} + 5 \text{ pax} \cong 4200 \text{ pax} \end{aligned}$$

Per il calcolo dell'affollamento durante l'emergenza, deve essere presa in considerazione anche una quota di persone potenzialmente presenti nei percorsi di sfollamento, tra la linea dei tornelli e le banchine, pari a  $0,1 \text{ pax/m}^2$ , come suggerito invece dal D.M. 2015. Si ottiene quindi affollamento in stazione di circa 4500 persone da far evacuare in caso di necessità in soli 10 minuti. È chiaro che un tale esodo debba essere progettato e calcolato. La velocità di esodo dipende dall'affollamento, come indicato nell'appendice alla RTV delle metropolitane del 2015, ma anche dai mezzi strutturali interposti tra il punto di partenza dell'evacuazione e il luogo sicuro. In termini prestazionali, vedi tabella 4.3, la Regola Tecnica penalizza i percorsi canalizzati imponendo la diminuzione da progetto delle larghezze effettivamente utili per l'esodo per ogni elemento strutturale:

Tabella 4.3 – Larghezza effettiva di una via di uscita e di una uscita di sicurezza

<i>Via di uscita</i>	<i>Quantità da diminuire per lato X [m]</i>	<i>Quantità più comunemente riscontrate [m]</i>
<i>Banchina di stazione chiusa</i>	<i>0,20</i>	<i>0,20</i>
<i>Corridoi</i>	<i>0,15</i>	<i>0,30</i>
<i>Scale</i>	<i>0,10</i>	<i>0,20</i>
<i>Porte e passaggi</i>	<i>0,10</i>	<i>0,20</i>
<i>Scale mobili in moto</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>
<i>Tornelli, varchi di controllo</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>

Molto interessanti per uno studio a tal proposito risultano essere i modelli matematici previsionali di esodo (es. STEPS).

Come principio di cautela e salvaguardia delle persone è buona prassi che in caso di emergenza vi sia in primo luogo il tentativo di un controllo dell'emergenza nel luogo in cui accade evitando per quanto possibile un allarme generalizzato e un'evacuazione di così tante persone. L'esodo infatti è spesso un fenomeno incontrollato effettuato da una massa di persone dal comportamento imprevedibile. Quindi ampio spazio nelle fasi di progetto deve essere dato a tutti quegli impianti che permettono il controllo e l'allarme tempestivo di situazioni anomale.

Per evitare il sovraffollamento deve essere fornito un appropriato sistema di monitoraggio. Il sistema deve avvertire il raggiungimento del massimo affollamento possibile. Gli impianti a supporto sono i sistemi di controllo e conteggio degli accessi all'ingresso, i sistemi di controllo di affollamento delle corsie pedonali, sistemi di prevenzione contro il possibile collasso di un passaggio pedonale, videosorveglianza video CCTV e sistemi di allarme delle banchine. Per evitare il sovraffollamento è da prevedere il posizionamento in corrispondenza degli ingressi alle stazioni di sistemi adibiti a segnalare, in caso di emergenza, l'eventuale interdizione all'ingresso all'infrastruttura o sistemi atti a ostacolare fisicamente l'ingresso (si veda piano di segnalamento in seguito esposto).

#### *Percorsi di sfollamento*

Fondamentali per permettere l'esodo sono i percorsi di sfollamento, definiti in fase di progetto e mantenuti in condizione di progetto durante tutto l'esercizio.

Un percorso di sfollamento è un sistema di vie di uscita che consente agli utenti di raggiungere un luogo sicuro, a partire dal capo più lontano della banchina.

Con luogo sicuro si intende un luogo che abbia una delle seguenti caratteristiche:

- luogo in cui termina un percorso protetto, dotato di un sistema di pressurizzazione o di barriere d'aria o di evacuazione naturale che, in condizione di emergenza, lo renda aerologicamente disgiunto dai percorsi protetti e permetta un rapido deflusso verso un luogo all'aperto che si raggiunge immediatamente o mediante percorso non superiore a 60 m, conteggiato dal punto in cui terminano i percorsi protetti.
- luogo all'aperto.

Il Percorso di sfollamento consente ai viaggiatori ed ai presenti di raggiungere un luogo sicuro o un luogo all'aperto a partire da ciascun punto della stazione ed in particolare dalla posizione di arresto del treno (possono considerarsi percorsi di sfollamento anche percorsi normalmente destinati per l'ingresso).

Gli elementi non strutturali che delimitano i percorsi di sfollamento devono garantire caratteristiche di resistenza al fuoco conformi al livello di prestazione III del DM 09/03/07, ovvero, il mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo congruo con la durata dell'incendio.

Il percorso di sfollamento può essere non protetto o protetto. Percorso di sfollamento protetto è un tratto del percorso di sfollamento lungo il quale i sistemi di ventilazione naturale o meccanica, e comunque in generale i sistemi di gestione del fumo e del calore, gestiti automaticamente o comunque attraverso un centro di controllo perennemente presidiato, realizzano le condizioni sostenibili per la vita umana. Tale condizione di ostacolo per il passaggio dei fumi deve essere mantenuta per almeno 20 minuti ed è realizzata tramite impianti di protezione situata allo stesso piano della banchina, in corrispondenza delle uscite della medesima, in modo da realizzare una separazione tra la banchina interessata dall'incendio e le restanti aree di stazione alla stessa profondità. L'impianto di protezione deve essere realizzato a sovrappressione d'aria o con altri sistemi idonei ed equivalenti. L'impianto deve essere azionato da appositi rivelatori ma anche deve essere previsto un comando manuale azionabile da posizione segnalata e protetta. Lungo il percorso di sfollamento devono essere installati altri impianti di protezione, destinati ad ostacolare il passaggio dei fumi, distanti fra loro non più di 60 m l'uno dall'altro.

I percorsi di sfollamento, sono percorsi canalizzati, dove il flusso di persone può congestionarsi. È pertanto critico per l'esodo. Per tale ragione è regolamentata la lunghezza massima e le larghezze sono prestazionalmente calcolate ovvero ridotte quando il percorso non è idealmente piano e privo di ostacoli. Tale principio non è palese nel D.M.'88 mentre lo è per il DM 2015, dove infatti sono prescritte le seguenti lunghezze:

- nella galleria di stazione, dal capo più lontano della banchina all'imbocco del percorso protetto più vicino: 45 m - 60 m;
- nei percorsi protetti, fino al luogo sicuro più vicino: 300 m;
- nelle sedi sotterranee (gallerie) le uscite di sicurezza dovranno essere posizionate ad una distanza reciproca massima di 900 m, in modo che la lunghezza massima del percorso di sfollamento non sia superiore a 450 m. Sono considerate uscite di sicurezza anche le stazioni.

La stazione dovrà essere dotata di un sistema di vie di esodo. Un conto è l'emergenza un conto è l'esodo. L'esodo di importanti volumi di utenza deve essere frutto di un'opportuna progettazione. L'evacuazione di persone da locali chiusi e confinati costituisce l'obiettivo primario nella risoluzione delle emergenze rilevanti. Il dimensionamento del servizio di trasporto deve considerare anche tale aspetto. Il dimensionamento di tale aspetto prende le mosse dalla programmazione, la determinazione dell'utenza da servire e la sua distribuzione nelle ore di attuazione del servizio. Come la domanda di trasporto varia nelle varie ore della giornata e per particolari periodi dell'anno, così l'operatività nell'emergenza può subire variazioni secondo la domanda.

Entrambe i decreti sulle metropolitane prevedono che da ciascuna banchina si possa raggiungere un luogo sicuro, sempre mediante almeno due percorsi di sfollamento indipendenti con accessi ragionevolmente contrapposti.

Ciascuna banchina deve essere servita da almeno due distinti passaggi verso la zona protetta (due uscite distinte), posizionati in modo che i percorsi verso la stessa non siano superiori a 45 m, elevabili a 60 m ove la banchina sia munita di impianto di aspirazione posto nella galleria di stazione (per il DM 88 sono 30 m, elevabili a 50 m ove la banchina fosse munita di impianto di estinzione automatico ad acqua). Questo impianto di aspirazione dovrà essere progettato in funzione dello scenario di incendio di tipo 1 – *incendio a bordo di un treno in stazione* e dovrà entrare a regime entro 1 min dall'attivazione del segnale di emergenza. In caso di installazione di questo impianto si dovrà verificare, mediante apposita analisi di scenario di incendio, che non si raggiunge lo stato critico per la sicurezza della vita umana per il tempo necessario allo sfollamento. Più percorsi di sfollamento possono riunirsi, anche temporaneamente, a condizione che non avvengano rallentamenti dei flussi d'esodo e che sia sempre comunque garantita la possibilità di raggiungere un luogo sicuro mediante almeno due percorsi di sfollamento. La disposizione e la larghezza delle uscite dalla galleria di stazione devono essere sempre verificate in funzione del rispetto del tempo limite di sfollamento della banchina, pari a 4 min, muovendosi dal capo più lontano della banchina, in modo da limitare la formazione di code ai passaggi di accesso ai percorsi protetti.

Il tratto protetto del percorso di sfollamento, che inizia immediatamente a valle delle uscite dalla galleria di stazione, dovrà essere progettato per garantire le condizioni sostenibili per la vita umana e dimensionato in funzione dell'affollamento massimo previsto in banchina, del flusso specifico dei passaggi e del tempo massimo di sfollamento dalla banchina, con una larghezza effettiva, di ciascun passaggio, comunque non inferiore a 1,80 m.

La “Regola Tecnica di Prevenzione Incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio delle Metropolitane” definisce le *Condizioni sostenibili per la vita umana* come le condizioni sostenibili per un tempo indefinito alle quali può essere esposta una persona in un percorso di sfollamento protetto. La verifica progettuale consiste nell'impedire che si manifestino condizioni più gravose di ciascuno dei limiti sotto indicati:

- una temperatura media dell'aria non superiore a 40 °C;
- una visibilità, riferita alla percezione della segnaletica di emergenza, non inferiore a 30 m misurata ad un'altezza di 1,8 m dal piano di calpestio;
- un livello medio della *FED (Fractional Effective Dose)* non superiore a 0,1, calcolata considerando solo il contributo dell'ossido di carbonio.

Le dosi frazionali inabilitanti (*Fractional Effective Dose*) secondo la norma ISO 13571, *Life threat of fires – Guidance on the estimation of time available for escape using fire data*, sono classificati come indicatori di rischio chimico (concentrazioni di sostanze tossiche, irritanti, nonché dell'ossigeno, ai fini della valutazione della ipossia), indicatori di rischio termico (temperature dei gas e dell'aria, valori di irraggiamento termico ai quali gli utenti sono esposti in galleria).

I parametri di sopravvivenza sono rappresentativi delle condizioni di vivibilità all'interno della galleria, della stazione ed in particolare lungo i percorsi di esodo.

È questo lo sviluppo prestazionale più interessante offerto dal DM 2015 nell'ottica della FSE.

Per il D.M. 21/10/2015 lo *Stato critico per la sicurezza della vita umana* sottende ciascuna delle condizioni limite alle quali può essere esposta una persona in metropolitana in caso di incendio. La verifica progettuale consiste nell'impedire che si manifestino condizioni più gravose di ciascuno dei limiti sotto indicati:

- l'esposizione delle persone ad un flusso termico radiante pari a 2,5 kW/m<sup>2</sup> determinato da stratificazioni di fumo caldo;
- l'esposizione delle persone a temperature di 60 °C per tempi superiori a 10 min;
- una visibilità, riferita alla percezione delle uscite dalla galleria di stazione, pari a 15 m misurata ad un'altezza di 1,8 m dal piano di calpestio;
- un livello medio della FED (Fractional Effective Dose) non superiore a 0,3, calcolata considerando solo il contributo dell'ossido di carbonio.

Lo stato critico non deve essere superato almeno per il tempo necessario affinché l'ultima persona presente nel compartimento o nella zona dell'incendio raggiunga un luogo sicuro o un percorso di sfollamento protetto.

Deve essere quindi valutato il margine di sicurezza in termini di tempo disponibile per l'esodo (ASET) rispetto al tempo necessario per l'esodo (RSET).

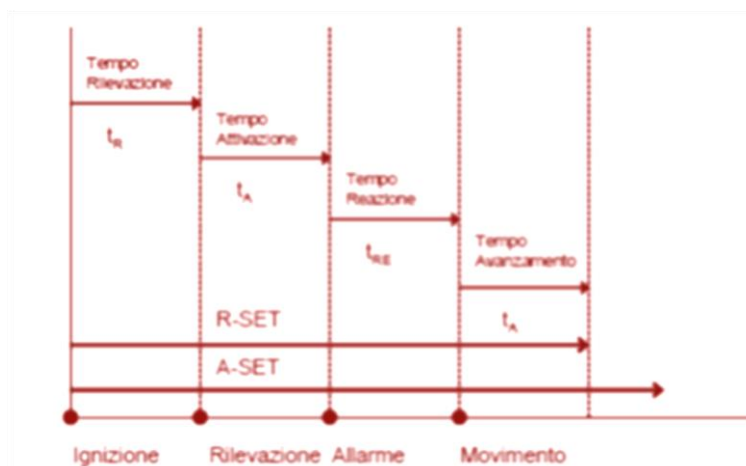


Figura 4.4 – Scansione dei tempi caratteristici del processo di esodo.

### *Ventilazione di emergenza*

Gli impianti di ventilazione di emergenza costituiscono un elemento fondamentale per la sicurezza nelle metropolitane e devono essere realizzati al fine di raggiungere obiettivi di prestazione, ritenuti principali dalla Regola Tecnica, ovvero il mantenimento dello *Stato critico per la sicurezza della vita umana* in situazioni critiche.

In caso di incendio a bordo di un convoglio che perde mobilità all'interno di una galleria, il primo obiettivo è quello di assicurare che le persone possano evacuare il convoglio usando la galleria come percorso di sfollamento fino alla stazione più vicina o ad una uscita di sicurezza. Per raggiungere tale scopo il sistema di ventilazione di emergenza deve essere in grado di generare una velocità dell'aria,  $v_a$ , nella galleria sufficiente a contrastare i fenomeni espansivi dei fumi dell'incendio che potrebbero svilupparsi in senso contrario a quello dell'aria fresca immessa in galleria (*back layering*). Questa azione di contrasto è atta a mantenere lo stato critico per la sicurezza umana per tutto il tempo necessario al raggiungimento delle uscite di sicurezza, tempo che deve tenere conto delle difficoltà di sbarco dal convoglio e della ridotta mobilità degli occupanti sulla banchina di servizio.

Il secondo scenario, secondo il quale i sistemi di ventilazione di emergenza devono essere progettati per essere efficaci, è l'incendio a bordo di un treno che è fermo in stazione. La ventilazione deve assicurare che le persone possano evacuare il convoglio passando per la banchina fino ad entrare nei percorsi protetti senza che si realizzino le condizioni di stato critico per la sicurezza umana almeno per almeno i primi 10 min dall'apertura delle porte del convoglio.

Sono prescritti i criteri per la scelta della tipologia dei ventilatori (classe >F400/90 minuti).

*Sistemi di separazione aeraulica del percorso protetto*

Questi sistemi trovano specifiche tecniche solo nel DM 21/10/2015. La compartimentazione aeraulica del percorso protetto è realizzata con le barriere d'aria integrate da un sistema di ventilazione dei percorsi protetti che immetta adeguate portate d'aria verso la galleria di stazione, in modo che tali percorsi risultino in sovrappressione rispetto alla zona dell'incendio.

La velocità dell'aria immessa dalle barriere d'aria dovrà essere tale da assicurare un'efficace tenuta pneumatica in funzione delle spinte espansive dei gas prodotti dall'incendio di progetto e dovrà, comunque, assicurare che le persone possano attraversare il varco protetto senza resistenze e senza panico.

La velocità dell'aria (misurata nel tratto del percorso protetto più vicino alla banchina di stazione) dei sistemi di sovrappressione presenti nei percorsi protetti dovrà essere sempre

$$1 \text{ m/s} < v_a < 6 \text{ m/s}$$

Un altro metodo di separazione aeraulica, soprattutto in corrispondenza di scale e nei percorsi subverticali, consiste nell'uso di cortine antifumo.



a)



b)

Figura 4.5 – Comportamento del fumo nei percorsi d'esodo. a) Prova di comportamento del fumo su un percorso d'esodo. b) Efficienza delle cortine antifumo [71]. (segue)



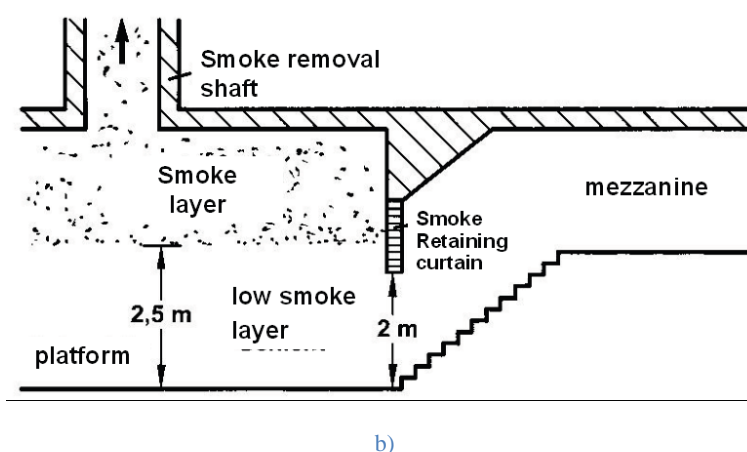


Figura 4.5 – Comportamento del fumo nei percorsi d'esodo. b) Efficienza delle cortine antifumo [71].

### *Uscite di sicurezza*

Si definisce uscita di emergenza una apertura realizzata sull'involucro della struttura finalizzata a favorire l'esodo degli utenti verso vie di fuga e luoghi sicuri.

Le uscite di emergenza devono essere corredate da idonei dispositivi di sicurezza atti ad impedire la propagazione dei fumi e dell'energia termica all'interno delle vie di fuga, consentendo agli utenti di usufruire delle vie di esodo in condizioni di sicurezza ed agli addetti ai servizi di pronto intervento di accedere agli ambienti confinati o sotterranei.

In galleria, l'interdistanza tra le uscite di emergenza non deve superare i 450 m, ma si fa notare che il DM del 2005 sulle gallerie ferroviarie prescrive una distanza massima di 300 m.

Le porte delle uscite di emergenza, di accesso all'esterno, devono essere ben visibili dall'interno, opportunamente illuminate e segnalate.

- aperte nella direzione di esodo;
- devono avere un grado di compartimentazione al fuoco pari a REI 120;
- normalmente chiuse, dotate di dispositivo di autochiusura;
- certificate UNI 9723 e conformi alle normative vigenti;
- con colorazione verde (RAL 6032);
- con larghezza libera di passaggio non inferiore a 180 cm (3 moduli).

Requisiti particolari previsti dal D.M. '15 hanno le uscite di sicurezza dalle sedi sotterranee realizzabili:

- mediante scale di sicurezza larghe almeno 1,50 m installate in pozzi verticali che comunicano con la galleria mediante filtri a prova di fumo, con pressurizzazione positiva o altro sistema di ventilazione equivalente. La superficie in pianta del filtro a prova di fumo non dovrà essere inferiore a 25 m<sup>2</sup>;
- in caso di gallerie separate a singolo binario, mediante passaggi trasversali di larghezza non inferiore ad 1,80 m ed altezza non inferiore a 2,0 m, delimitati da porte con idonee caratteristiche di resistenza al fuoco.

Le uscite di sicurezza ed i percorsi di sfollamento sono evidenziati da segnaletica di tipo luminoso mantenuta sempre accesa durante l'esercizio dell'attività, alimentata sia da rete normale che da alimentazione di sicurezza.

#### *Segnaletica di sicurezza*

La segnaletica di sicurezza è frutto della valutazione dei rischi e fa parte delle informative al fine di ridurre i rischi in generale. Il sistema della segnaletica, soprattutto antincendio è il risultato di una progettazione. L'obiettivo è favorire l'autosoccorso, agevolare l'esodo e consentire l'individuazione delle predisposizioni di emergenza presenti in stazione e nella galleria, tramite apposta cartellonistica e illuminazione tale da fornire informazioni visive di immediata e chiara interpretazione.

La RTV delle metropolitane obbliga all'uso di cartelli espressamente finalizzata alla sicurezza antincendio, possibilmente anche con diciture in inglese, e conforme al decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, e quindi delle norme UNI 7010. I segnali minimi riguardano che segnali almeno:

- i percorsi di sfollamento e le uscite di sicurezza;
- l'ubicazione dei mezzi fissi e portatili di estinzione incendi;
- i divieti di fumare ed uso di fiamme libere;
- i pulsanti di allarme
- il divieto di utilizzare gli ascensori in caso di incendio ove previsto.

Il progetto della segnaletica deve tenere in considerazione anche le specificità connesse all'esodo di persone con disabilità in modo da realizzare idonea segnaletica (es. percorsi per non vedenti o segnali acustici di apertura chiusura porte)

In particolare, devono essere posizionati lungo la galleria, almeno ogni 100 m cartelli di tipo riflettente o luminescente che indichino la distanza e la direzione delle uscite più vicine. I cartelli devono essere resi visibili attraverso una opportuna illuminazione.

#### *Impianti di illuminazione di sicurezza.*

Gli impianti di illuminazione di sicurezza sono installati in tutte le aree aperte al pubblico e nei luoghi in cui il personale opera regolarmente. Il livello di illuminazione medio deve essere di 5 lux a quota + 1 m dal pavimento. Gli impianti devono entrare automaticamente in funzione quando viene a mancare l'energia di rete entro 3 s.

L'illuminazione di sicurezza, come ogni impianto di emergenza che richieda alimentazione elettrica, deve essere connesso alla normale rete di distribuzione di energia e ad una fonte di energia di emergenza che può essere costituita da:

- batteria di accumulatori dotati di ricarica automatica e di inverter (autonomia non inferiore a 2 ore)
- gruppo elettrogeno con avviamento automatico.

Criteri per impedire l'incendio o la generazione di atmosfere inquinanti, esplosive e pericolose devono essere appositamente adottati nei locali in cui è previsto il ricovero dei sistemi di alimentazione emergenziale; così come particolari accorgimenti devono essere presi per cavi elettrici, e apparecchi di illuminazione di emergenza per consentire loro di funzionare nonostante le condizioni critiche che potrebbero verificarsi durante lo sviluppo uno scenario di pericolo.

Le linee destinate agli impianti di emergenza devono essere realizzate con cavi resistenti al fuoco CEI 20-36. Stessi criteri valgono per le gallerie.

Gli impianti di illuminazione sono fondamentali anche in caso di semplice blackout di linea. Specialmente in caso di panico le persone, spaventate, tenderanno ad andare verso le zone illuminate. Nel caso vi siano delle porte da superare (le stesse porte di emergenza) può essere utile che lo stipite sia colorato in modo diverso, sia dal muro sia dalla porta. Questo è un metodo efficace per indicare la presenza di un varco di passaggio.

Sapendo che la velocità dei movimenti delle persone è diversificata, è importante che vi siano delle zone più ampie per decomprimere la spinta e l'ansia di persone che vorrebbero procedere più velocemente durante l'evacuazione.

Le persone quando si muovono hanno bisogno di vedere gli spazi di fronte a sé. Infatti, se si osserva una folla in movimento si noterà che non si muoverà mai come un reparto militare perfettamente allineato, ma ognuno avrà la testa un po' spostata rispetto agli altri per avere una visione di ciò che sta accadendo di fronte a sé. Ecco perché le indicazioni relative all'evacuazione devono essere visibili da tutte le posizioni.

Evidentemente, queste misure strutturali sono molto più efficaci se il personale, soprattutto per chi ha ruolo di coordinamento, sia formato, esperto ed esperito a gestire condizioni legate al contesto (territoriale, strutturale e sociale) in cui si trova a operare. Abbia quindi la professionalità e la capacità di influenzare l'esodo, favorendo l'utilizzo di tutte le uscite disponibili.

#### *Marciapiedi lungo le gallerie*

Per quanto riguarda le gallerie delle linee, con riferimento anche al DM 28/10/05 si può esporre quanto segue.

Le attività propedeutiche all'attivazione delle corrette procedure di auto salvataggio dei passeggeri presenti all'interno della galleria hanno effetti marginali in termini di tempo se raffrontate all'influenza della larghezza del marciapiede o alla visibilità all'interno della galleria. Le procedure di auto salvataggio vanno a incidere su aspetti che, in base alla tipologia di galleria e alle condizioni al contorno, concorrono per una percentuale compresa tra il 15% e il 30% sul totale del tempo necessario per la messa in sicurezza di tutte le persone presenti in galleria.

Larghezze minime per i marciapiedi sono previste nel decreto del 2005 (75 cm), così come determinati requisiti di illuminazione di emergenza nella galleria. Il DM 11-01-1988, come il DM 21/10/15, prevede un marciapiede/banchina di soli 60 cm con corrimano; si tenga però conto delle decurtazioni del calcolo della larghezza effettiva anche nell'ottica della salvabilità di disabili.

#### *Scale*

Ai fini del più corretto defluire dell'esodo, le scale devono generare meno ostacolo possibile e non essere fonte di pericolo ulteriore. Le scale ed i pianerottoli devono avere ringhiere o balaustre alte almeno 1 m, atte a sopportare le sollecitazioni che possono derivare da un rapido e disordinato afflusso di pubblico, anche se provocato da panico. Devono essere convenientemente illuminate. Nessuna sporgenza o rientranza deve esistere nelle pareti delle scale per un'altezza di 2 m dal pavimento. Tutte le scale devono essere munite di corrimano collocati entro un'incavo del muro o comunque sporgenti non oltre 8 cm. Le estremità dei suddetti devono essere arrotondate verso il basso oppure rientrare con dolce raccordo nel muro stesso.

#### *Impianto telefonico di emergenza (viva/voce) e di diffusione sonora*

Deve essere previsto un impianto di telefonia di emergenza/diffusione sonora al fine di consentire, durante un'eventuale emergenza le comunicazioni tra il personale di bordo o

i viaggiatori e il centro di controllo nonché impartire le necessarie disposizioni al pubblico in caso di necessità da parte del personale del gestore ovvero delle squadre di soccorso.

#### 4.5.2 Predisposizioni per i soccorsi

La necessità di soccorso e evacuazione sono conflittuali in quanto potrebbero ostacolarsi reciprocamente, pertanto è opportuno che siano pianificate, per quanto possibile, redigendo appositi Piani di Emergenza Interni e Esterni all'organizzazione del trasporto atti anche all'individuazione dei percorsi più efficienti in funzione delle condizioni di carico prevedibili sulla rete.

##### *Accessi di emergenza alla galleria per le squadre di soccorso dei vigili del fuoco.*

Le linee, in aggiunta alle uscite di sicurezza, devono essere dotate di accessi di emergenza costituiti da botole stradali con grigliati di chiusura e relative rampe di scale che, passando attraverso le camere di ventilazione o i pozzi di aerazione o eventualmente altri manufatti, collegano direttamente la galleria all'esterno.

Questi accessi, normalmente chiusi, devono essere apribili anche dall'esterno e costantemente accessibili in modo agevole.

Per una galleria di lunghezza superiore ai 900 m dovrà essere presente almeno un accesso di emergenza.

##### *Pozzi di estrazione fumi*

Il D.M. 21/10/15 prevede la possibilità di utilizzare i pozzi di estrazione dei fumi anche come accesso di emergenza. In tal caso essi devono essere realizzati con particolari specifiche ma soprattutto in modo che il percorso destinato ai soccorritori sia completamente indipendente e separato dai percorsi di estrazione/immissione dell'aria e dei fumi. In questo caso lo sbarco dal pozzo alla galleria deve avvenire attraverso filtro a prova di fumo.

Quando possibile gli accessi intermedi (finestre, pozzi, ...) devono essere realizzati in modo tale da poter essere utilizzati sia come vie di esodo dei passeggeri sia come vie di accesso per i mezzi (se carrabili) e le squadre di soccorso.

##### *Ascensori*

Nelle stazioni sotterranee il cui piano banchina si trova ad una profondità superiore a 12 m, è previsto, per ciascuna banchina, almeno un ascensore di emergenza utilizzabile anche in condizioni di soccorso e di intervento dei VV.F. Gli ascensori possono essere attestati al piano atrio/mezzanino qualora:

- il piano atrio è protetto rispetto alla galleria di stazione;
- lo stesso piano non si trova a quota inferiore a -7.5 m dal piano di riferimento;
- sono garantiti, per le operazioni di soccorso, comodi accessi dall'esterno indipendenti dai percorsi presi in conto per lo sfollamento.

##### *Sistema di comunicazione*

Al fine di assicurare la massima tempestività ed efficacia degli interventi delle squadre del Corpo nazionale dei Vigili del fuoco negli ambienti confinati delle metropolitane il DM 21/10/15 prescrive di predisporre idonei apparati di telecomunicazioni.

Le comunicazioni all'interno dell'intera infrastruttura avvengono mediante apparati di telecomunicazioni che sono conformi alle reti radio e agli apparati radio già in dotazione al C.N.VV.F. e realizzati in tecnologia mista analogico-digitale secondo lo standard DMR (Standard ETSI TS-102-361 e TS-102-398). La rete radio dovrà operare nella gamma di frequenza UHF 410-450 MHz. Le coperture radioelettriche dovranno garantire le comunicazioni sia lungo la sede per tutta la lunghezza del percorso, che all'interno delle stazioni e, in particolare, all'interno dei piani ammezzati per mezzo di idonei sistemi radianti per la ridiffusione del segnale radio.

Inoltre, presso la Sala Operativa del Comando Provinciale dei VVF è installato un apparato di telecontrollo delle reti radio in metropolitana attraverso un sistema che permetta la gestione delle comunicazioni VVF.

#### *Locali tecnici ad uso dei VV.F.*

Nelle stazioni deve essere previsto un locale, al piano banchina, nella zona dei percorsi protetti e di facile accesso e protetto contro l'incendio, ove saranno attrezzature per le squadre di soccorso VV.F. Le attrezzature minime previste dal DM 21/10/15 sono:

- carrello di facile movimentazione, in alluminio o altra lega leggera, idoneo al trasporto su rotaia di persone ed attrezzature;
- carrello idoneo al superamento di scale fisse e/o mobili per il trasporto di materiali ed attrezzature di soccorso dal piano di riferimento al piano banchina e viceversa, ove non siano presenti ascensori di soccorso. Rientrano tra queste attrezzature anche le barelle per il trasporto dei feriti;
- fioretti di messa a terra.

Per il DM '88 ai diversi piani delle stazioni, in posizione idonea e protetta, devono essere realizzati punti di ricarica delle bombole degli autorespiratori (autoprotettori) dei vigili del fuoco alimentati dall'esterno tramite tubazioni fisse da compressori mobili dei VVF. Possono prevedere al loro interno dotazioni di emergenza a disposizione delle squadre di soccorso e dispositivi di protezione per i viaggiatori in caso di esodo (mascherine antifumo).

Costituiscono predisposizioni non obbligatorie, perché non sempre realizzabili, ma di valore per l'esito dei soccorsi anche la previsione di:

- piazzale di emergenza;
- area da dedicare al triage;
- aree o piazzole per l'elisoccorso;
- galleria parallela di servizio e di sicurezza;
- disponibilità di energia elettrica per le squadre di soccorso;
- disponibilità di un treno di soccorso e treno di evacuazione.

#### **4.5.3 Materiale rotabile**

Il materiale rotabile deve essere dimensionato anche ai fini dell'esodo. I convogli (porte, finestre, struttura) devono essere dotate di uscite/accessi di emergenza definiti e di caratteristiche opportune. Tali uscite/accessi devono essere visibili e segnalate.

Requisiti integrativi per i convogli possono essere previsti per facilitare l'esodo dei passeggeri e l'accesso delle squadre di soccorso, dotando i convogli di equipaggiamento tale da offrire condizioni favorevoli per l'autosoccorso in caso di incendio (contenitore

attrezzato con attrezzo frangivetro, lampade portatili, estintori, cassetta pronto soccorso, megafono, etc.).

#### 4.5.4 Procedure operative

Le procedure operative per la facilitazione dell'esodo sono costituite dallo stesso piano di emergenza (sia interno che esterno). Il piano di emergenza deve contenere le modalità con cui formare operatori e informare i viaggiatori e gli utenti delle metropolitane, consentendo la condivisione dell'informazioni di sicurezza e istruzioni sul comportamento in caso di emergenza. Procedure particolari in caso di incidente rilevante atte a interdire l'ingresso di altre persone oltre a diminuire l'esposizione al rischio permette un efficientamento del flusso in uscita di utenza esposta.

Sono di supporto alle facilitazioni del soccorso e all'esodo:

- i piani di emergenza e soccorso;
- procedure di autosalvataggio;
- le esercitazioni periodiche con le squadre di soccorso;
- la presenza e la disponibilità di mezzi di soccorso (mezzo bimodale);
- le informazioni sul trasporto di merci pericolose per le squadre di manutenzione;
- la presenza e la disponibilità attrezzature di soccorso;
- la delimitazione dei grigliati dei pozzi di aerazione e ventilazione, delle uscite di sicurezza e degli accessi di emergenza per le squadre di soccorso dei vigili del fuoco in modo che non possa essere intralciata la loro funzionalità.

## Adeguamento di un piano di emergenza

L'adeguamento del piano di emergenza segue le fasi descritte ai capitoli precedenti. Di seguito si espone un esempio applicativo sul piano di emergenza della Metropolitana di Genova. Nei prossimi paragrafi si procede presentando l'analisi del piano nella struttura e nei suoi contenuti.

### *La metropolitana di Genova.*

La metropolitana di Genova è una metropolitana leggera che collega il centro di Genova con il quartiere di Certosa, a nord-ovest del centro della città. La linea è lunga circa 7 km e include 8 stazioni. La prima tratta è stata inaugurata nel giugno 1990. L'ultima nuova tratta (De Ferrari → Brignole) e l'ultima nuova stazione (Brignole) entrarono in servizio nel dicembre 2012 [Si vedano le tabelle Tabella 5.1, Tabella 5.2 e Tabella 5.3].

**Tabella 5.1** – Caratteristiche tecniche dell'unità di trazione del treno metropolitano di terza generazione circolante sulla metropolitana Genovese.

<i>caratteristica</i>	<i>dati</i>
<i>Configurazione</i>	<i>4 casse, 5 carrelli</i>
<i>Passeggeri seduti</i>	<i>48</i>
<i>Passeggeri in piedi</i>	<i>242</i>
<i>Porte per lato</i>	<i>4</i>
<i>Lunghezza max</i>	<i>39100 mm</i>
<i>Larghezza max</i>	<i>2200 mm</i>
<i>Velocità max</i>	<i>80 km/h</i>
<i>Alimentazione</i>	<i>750 Vcc catenaria</i>
<i>Scartamento</i>	<i>1435 mm</i>
<i>Cassa</i>	<i>Acciaio</i>

Nel 1982 si diede inizio ai lavori propedeutici al nuovo servizio TPL. Dall'idea di ripristinare il tram si era passati a quella, più impegnativa, di realizzare una metropolitana leggera il cui percorso fosse completamente separato dalla viabilità ordinaria. Questo nel

tempo ha significato però spese superiori, sia per un maggiore costo della tipologia di mezzo, sia per inconvenienti legati agli scavi (guasti e ritrovamenti archeologici), che hanno comportato un lentissimo avanzamento dei lavori.

Tabella 5.2 – Apertura stazioni metropolitana Genovese.

<i>Posizione (W-E)</i>	<i>stazione</i>	<i>apertura</i>
1	Brin	13 giugno 1990
2	Dinegro	13 giugno 1990
3	Principe	13 luglio 1992
4	Darsena	7 agosto 2003
5	San Giorgio	7 agosto 2003
6	Sarzano/Sant'Agostino	3 aprile 2006
7	De Ferrari	4 febbraio 2005
8	Brignole	22 dicembre 2012

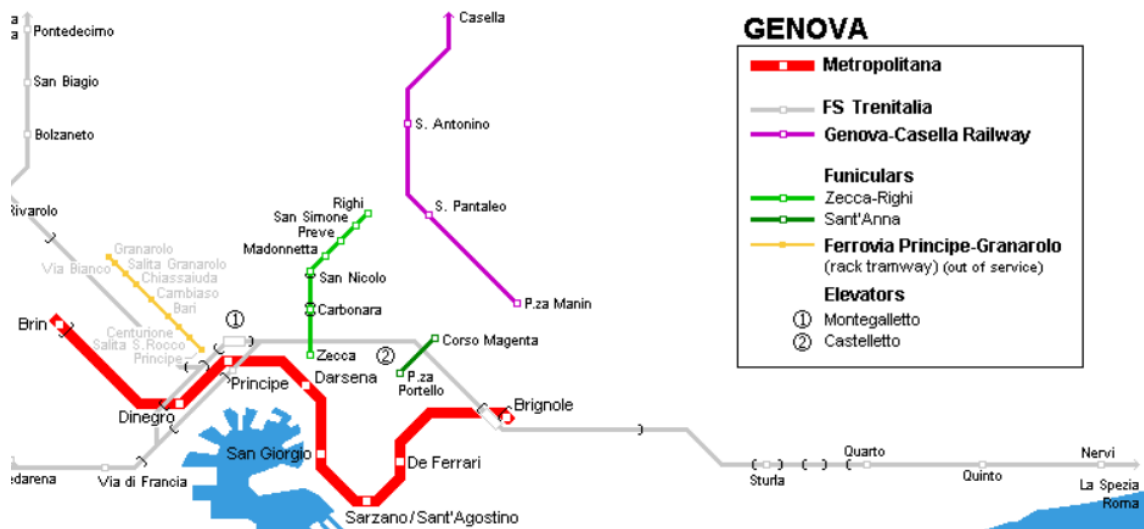
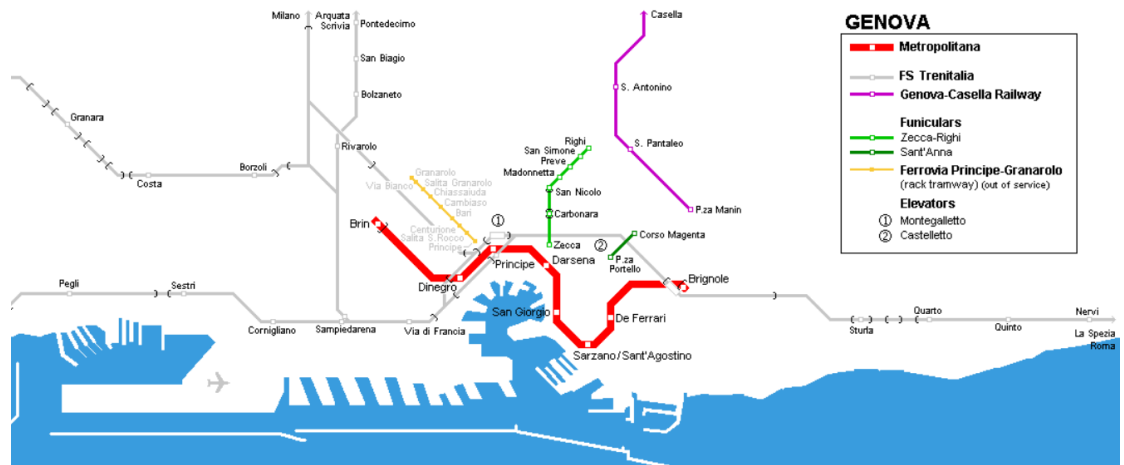


Figura 5.1 – Linea metropolitana di Genova, mappa.

Il comune di Genova diede incarico all'Ansaldo Trasporti di studiarne la fattibilità ed in seguito affidò alla stessa prima la convenzione e poi la concessione per la tratta Rivarolo-



Principe (1983), seguita da quella per la Principe-Brignole (1988). Nel maggio 1983 la commissione interministeriale per le metropolitane espresse parere favorevole per l'opera (che fu approvata insieme alla metropolitana di Torino e alla linea 3 della metropolitana di Milano). Il servizio è gestito da Azienda Mobilità e Trasporti-Genova (AMT), azienda partecipata del Comune di Genova.

La metropolitana si serve di vari rotabili di cui 6 unità doppie articolate della prima generazione, derivati dai cosiddetti "Tram 2000" di Zurigo, e 12 elettromotrici Firema Tipo 67 A tutte costruite da Firema/AnsaldoBreda, le quali possono viaggiare in composizione massima da tre unità (circa 620-630 passeggeri). Il 25 marzo 2016 è stato presentato il primo dei sette nuovi treni di terza generazione [figura 5.2]; progettati e costruiti da AnsaldoBreda (divenuta durante il periodo di collaudo e consegna Hitachi Rail Italy), sono più lunghi di quelli di prima e seconda generazione ed in grado di viaggiare in composizione doppia.



Figura 5.2 – Elettromotrice di terza generazione presso Hitachi rail Italy [56].

La metropolitana utilizza una linea a doppio binario a scartamento ordinario (1435 mm) elettrificata alla tensione continua di 750 V, comprende 3 sottostazioni elettriche, ed ha una lunghezza di circa 7,1 km. A causa della sezione ridotta della galleria Certosa, già percorsa dai tram genovesi a scartamento 1000 mm, la larghezza delle vetture è minore di quelle in servizio su altre linee metropolitane a scartamento ordinario. Il numero di veicoli circolanti è 25: 6 di prima generazione, 12 di seconda e 7 di terza. Di conseguenza le frequenze sono circa di una corsa ogni 7 minuti nelle ore di punta e i passeggeri annui sono poco più di 11 milioni. La capacità di trasporto oraria è di 4000 persone all'ora.

Tabella 5.3 – Distanza tratte intercorrenti tra stazioni metropolitana Genovese.

<i>Posizione (W-E)</i>	<i>tratta</i>	<i>lunghezza</i>
1	Brin → Dinegro	2,5 km
2	Dinegro → Principe	0,5 km
3	Principe → Darsena	0,6 km
4	Darsena → San Giorgio	0,7 km
5	San Giorgio → Sarzano/Sant'Agostino	0,8 km
6	Sarzano/Sant'Agostino → De Ferrari	0,4 km
7	De Ferrari → Brignole	1,6 km

## 5.1 Analisi della struttura del piano di emergenza

Il “Piano d’emergenza ed evacuazione per la metropolitana”, Revisione 03, aprile 2014, della metropolitana di Genova (di seguito semplicemente Piano) articola i seguenti contenuti:

- 1- Premessa
- 2- Lavoratori che possono essere presenti
  - Lavoratori AMT della metropolitana
  - Lavoratori delle ditte in appalto
- 3- Personale incaricato dell’attuazione del piano
  - 3.1 designazione
- 4- Identificazione dei rischi di scoppio e d’incendio
- 5- Pianta dei locali e della linea della metropolitana
- 6- Procedura in caso d’emergenza e di evacuazione
  - 6.1 procedura per il personale in caso d’emergenza
  - 6.2 procedura per il personale in caso di evacuazione
  - 6.3 compiti assegnati agli addetti al pronto soccorso
  - 6.4 compiti assegnati agli addetti antincendio
  - 6.5 procedura per DCT, capi tecnici e capi operai
  - 6.6 procedura per il guardiano notturno in assenza dei DCT
  - 6.7 procedura per il capo squadra della ditta appaltatrice e dei lavoratori AMT di altri reparti aziendali
- 7- Vigilanza e controllo accessi alla metropolitana
- 8- Esercitazione di attuazione del piano d’emergenza ed evacuazione
- 9- Misure preventive generali
- 10- Compiti accessori di sorveglianza.
  - 10.1 compiti accessori di sorveglianza dei DCT e del capo tecnico
- 11- Procedura per il capo del personale delle ditte appaltatrici
  - Appendice
  - Allegati

In seguito all’analisi presentata nel capitolo 3, si espone un primo confronto con i paragrafi proposti e schematizzato in Tabella 5.4

- 1- Scenari di incidente: non vi è un capitolo dedicato. Gli scenari vengono solo accennati in Premessa/capitolo1 e al paragrafo 4 del Piano, dove si identificano i rischi previsti nei soli scenari di rischio incendio e scoppio. Vengono riportate poi al par. 9 misure preventive generali, ma che riguardano solo norme di comportamento, mentre nessuna esposizione viene fatta dei mezzi di prevenzione ideati per far fronte agli scenari previsti.

- 2- Modalità di esodo e caratteristiche delle vie di fuga: in parte viene trattato al par. 6 insieme alle procedure e in parte tramite le Planimetrie del par. 5.
- 3- Definizione degli affollamenti: non sono definiti. Viene però preso in considerazione i lavoratori che possono essere presenti nella struttura al par. 2.
- 4- Comunicazioni e allarmi: trasversalmente trattati al par. 6 nelle procedure per il personale. I mezzi di comunicazione e i sistemi di allarme automatico non hanno posto nel Piano.
- 5- Personale a disposizione e livello formazione previsto: argomento trattato al par.3 e al par. 8.
- 6- Istruzioni operative: par. 5, par. 6.
- 7- Procedure operative: le procedure vengono esposte ai par. 6, 10 e 11.
- 8- Relazioni con i soccorsi esterni: argomento completamente mancante.
- 9- Piano di ripristino: argomento non trattato.
- 10- Allegati al piano (almeno elaborati grafici): presenti (non pubblici).

**Tabella 5.4 – Confronto sulla struttura del piano e prima analisi di conformità.**

<i>Struttura guida</i>	<i>Struttura del piano</i>	<i>Integrazione necessaria</i>
<i>Scenari di incidente: individuazione e descrizione;</i>	<i>Premessa par. 4 identificazione dei rischi di scoppio e d'incendio</i>	<i>Sì</i>
-	<i>par. 9 misure preventive generali</i>	<i>No</i>
<i>Modalità di esodo e caratteristiche delle vie di fuga;</i>	<i>par.5 pianta dei locali e della linea della metropolitana</i>	<i>Sì</i>
<i>Definizione degli affollamenti;</i>	<i>par. 2 lavoratori che possono essere presenti lavoratori AMT della metropolitana lavoratori delle ditte in appalto  par. 7 vigilanza e controllo accessi alla metropolitana</i>	<i>Sì</i>
<i>Comunicazioni e allarmi;</i>	-	<i>Sì</i>
<i>Personale a disposizione e livello formazione previsto;</i>	<i>par. 3 personale incaricato dell'attuazione del piano e designazione  par. 8</i>	<i>Sì</i>

<i>Struttura guida</i>	<i>Struttura del piano</i>	<i>Integrazione necessaria</i>
	<i>esercitazione di attuazione del piano d'emergenza ed evacuazione</i>	
<i>Istruzioni operative;</i>	<i>procedura in caso d'emergenza e di evacuazione</i>	<i>No</i>
<i>Procedure operative;</i>	<p><i>par. 6</i></p> <p><i>procedura per il personale in caso d'emergenza</i></p> <p><i>procedura per il personale in caso di evacuazione</i></p> <p><i>compiti assegnati agli addetti</i></p> <p><i>par. 10</i></p> <p><i>compiti accessori di sorveglianza</i></p> <p><i>compiti accessori di sorveglianza dei DCT e del capo tecnico</i></p> <p><i>par. 11</i></p> <p><i>procedura per il capo del personale delle ditte appaltatrici</i></p>	<p><i>Sì</i></p> <p><i>Da integrare</i></p>
<i>Relazioni con i soccorsi esterni;</i>	<i>---</i>	<i>Sì</i>
<i>Piano di ripristino;</i>	<i>---</i>	<i>Sì</i>
<i>Allegati al piano (almeno elaborati grafici).</i>	<p><i>appendice</i></p> <p><i>allegati</i></p>	<i>Sì</i>

Il piano è collegato al Regolamento Circolazione Treni (RCT) che è la Parte II del Regolamento d'Esercizio del 20 novembre 2012. All'interno dell'RTC sono definiti:

- O.D.S.: Ordine di Servizio;
- D.C.T.: Dirigente centrale del Traffico. Il DCT è responsabile del proprio operato e degli ordini che direttamente impartisce.;
- D.C.S.: Dirigente centrale della Sicurezza;
- D.C.M.: Dirigente centrale della Manutenzione;
- P.C.O.: Posto Centrale Operativo: sede dei Dirigenti Centrali (DCT, DCM e DCS) e del sistema centrale di elaborazione dei dati relativi agli impianti;
- Cadenzamento libero: procedura automatica di regolazione della circolazione che non fa riferimento ad alcun orario predeterminato ma mantiene il cadenzamento attuabile con la situazione in atto.

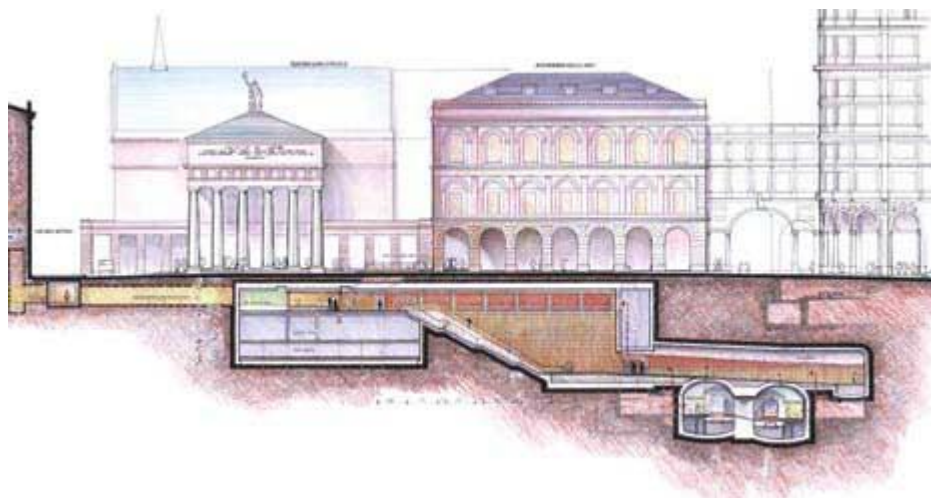


Figura 5.3 – Disegno di progetto della Stazione De Ferrari realizzata dall'architetto Renzo Piano [58].

## 5.2 Adeguamento del piano di emergenza

Le osservazioni di questo capitolo hanno l'obiettivo di individuare i punti adeguabili del piano ove i contenuti inseriti si ritengano non conformi a quanto fino a questo punto esposto. Non si è voluto fare alcuna osservazione invece sull'applicabilità del piano intesa anche come risorse realmente a disposizione. Per completezza dell'esposizione non si riportano solo le osservazioni ma anche le diverse parti del Piano.

### 5.2.1 Premessa- Scenari di incidente previsti nel piano

*Il presente piano si applica in occasione di infortunio, malore, incendio, calamità naturali, sinistri di dimensioni notevoli (alluvioni, terremoti, esplosioni ecc.) o di minore entità ed integra il documento "Interventi in linea in condizioni d'emergenza" del Regolamento d'esercizio della Metropolitana.*

*Esso potrà avere successo attraverso la partecipazione attiva dei lavoratori, che dovranno conoscere e saper affrontare possibilmente senza panico evenienze sconosciute e/o impreviste. A tal fine si indicano i principi di comportamento che il personale presente sul luogo di lavoro dovrà assumere e si prevedono azioni coordinate di personale con compiti essenziali.*

*Di seguito sono elencati i rischi di incendio e/o scoppio identificati e connessi con l'attività esercitata nel sito produttivo.*

#### Integrazioni al Paragrafo 1 (premessa)

La descrizione degli scenari non deve limitarsi alla fonte di innesco, ma alla descrizione delle varie possibilità di innesco e successiva possibilità di sviluppo.

Inoltre, si ribadisce la necessità di non descrivere solo gli scenari di rischio incendio ma anche gli scenari, giustamente accennati in premessa, relativi almeno a malore, alle calamità naturali, all'evento infortunistico intercorso in caso di lavori da parte di aziende esterne in appalto o da parte di tecnici interni all'organizzazione, come tagli, cadute dall'alto, elettrocuzione, schiacciamenti ecc. oppure eventi di natura infortunistica

interventuti ai viaggiatori, soprattutto inciampi, cadute, scivolamenti o fermi dei treni anomali in galleria. Si rimanda al successivo punto 5.2.4 per approfondimenti.

### 5.2.2 Lavoratori che possono essere presenti

Il paragrafo sarebbe opportuno si intitolasse “Definizione degli affollamenti e lavoratori che possono essere presenti”

#### Lavoratori AMT della metropolitana

*Possono essere presenti i seguenti addetti:*

- *Capo Area*
- *Addetti al PCO (DCT)*
- *Addetti Ufficio*
- *Addetti del Reparto: Capo Tecnico, Capi Operai e Operai Macchinisti*

*Per i nominativi vedere allegato 1*

#### Lavoratori delle ditte in appalto

*I nominativi dei lavoratori delle ditte in appalto saranno annotati sul brogliaccio dei DCT e/o sul quaderno giornale dei Capi secondo le modalità riportate nel paragrafo 6.5.*

#### Altri reparti aziendali

*I nominativi dei lavoratori di altre unità operative aziendali di seguito indicate saranno annotati sul brogliaccio dei DCT e/o sul quaderno giornale dei Capi secondo le modalità riportate nel paragrafo 6.5.*

- *Impianti Elettronici (B. A.)*
- *Impianti Tecnologici*
- *Impianti Speciali*
- *Macchinisti esterni*

---

#### Integrazioni al Paragrafo 2

Oltre alla elencazione del personale previsto dovrebbe essere riportata la loro posizione in previsione delle rispettive attività da svolgere. La gestione di una metropolitana contempla la compresenza di più attività contemporanee tra loro. Per ognuna di queste e per ogni fase di ciascuna attività oltre che per il personale viaggiante, dovrebbe essere sempre dedicato del personale addestrato che, in caso di emergenza, sappia agire dedicandosi al primo intervento e all’eventuale emanazione e diramazione dell’allarme. Il numero degli addetti deve essere valutato in seguito alla valutazione dei rischi dei servizi o delle lavorazioni previste.

È stato omesso poi il previsionale conteggio degli utenti previsti in stazione. in base alla domanda e al numero di persone che possono occupare la linea e la stazione, tutti i luoghi di accesso al pubblico e sulla base dell’eventuale aumento di rischio prodotto dalle attività accessorie al funzionamento del servizio o in funzione dell’aumento del numero di persone esposte o in relazione alla loro vulnerabilità, dovrebbero entrare in funzione delle procedure in grado di far decidere l’allocazione di personale aggiuntivo in particolari punti strategici. Deve essere, quindi, condotta e esplicitata un’analisi della capacità di capienza dei vari elementi della stazione metropolitana: banchine, corridoi, atri. Soprattutto della capacità di deflusso di scale, tornelli, vie di esodo e uscite di emergenza.

La presenza di viaggiatori e di personale esterno deve essere rapportata poi al numero di personale addetto alla gestione delle emergenze o all'attivazione dell'emergenza, coadiuvante il controllo dell'emergenza e il deflusso delle persone in caso di esodo.

Devono essere menzionati i lavoratori esposti a rischi particolari e i viaggiatori esposti ad aggravio di rischio per cause particolari come la difficoltà di deambulazione.

Il piano deve essere integrato con l'esplicitazione di quelli che sono i sistemi e le procedure allo scopo di evitare il sovraffollamento delle persone in stazione e soprattutto in banchina, tenendo conto di particolari momenti di punta e di eventi eccezionali, definendo i parametri con cui si dovrà provvedere alla temporanea interdizione di tutta o parte la stazione interessata.

Particolare attenzione deve essere posta nei confronti della possibilità di presenza di persone con disabilità.

### Disabilità in Metropolitana

UNI fissa criteri per una migliore accessibilità. Spostarsi con i mezzi pubblici è spesso un problema per le persone disabili. Per migliorare l'accessibilità ai convogli delle metropolitane l'Ente Nazionale di Unificazione ha pubblicato la norma UNI 11168-1:2006.

La norma prevede anche che all'ingresso delle stazioni, nei punti informativi e nei punti di scambio, gli utenti trovino un'apposita segnaletica con tre diversi simboli, relativi alla disabilità di deambulazione, di udito o di vista. Al fine di migliorare l'accessibilità, la norma suggerisce di utilizzare alcuni accorgimenti progettuali tesi a favorire la percezione dell'accesso, come ad esempio il contrasto cromatico, la segnalazione tattile e un adeguato livello di illuminazione. Il perfezionamento e l'adeguamento ergonomico dell'accessibilità è un miglioramento che influenza sia la possibilità di utilizzazione del servizio che la fruibilità di percorsi di fuga e esodo.

Secondo la norma UNI, tutte le stazioni della metro devono avere almeno un punto informativo riconoscibile grazie ad un apposito simbolo costituito da una "i" di colore bianco su fondo nero, come già stabilito dalle norme UNI 7543 e UNI 10402 in materia di segnaletica di sicurezza e di informazioni al pubblico. Il punto informativo deve indicare informazioni come il livello di accessibilità della stazione e dei servizi presenti (wc, bar, edicola, ecc.), orari, tariffe, biglietteria, percorsi alle banchine etc. Gli spazi previsti per poter accedere alle informazioni (in particolare le biglietterie) devono avere dimensioni e caratteristiche ergonomiche adatte ai soggetti che si muovono su una sedia a rotelle.

### 5.2.3 Personale incaricato dell'attuazione del piano

*Il personale incaricato gestire e/o coordinare le emergenze è quello che svolge le seguenti mansioni.*

- *Addetti al PCO (Posto Centrale Operativo sede del sistema centrale di elaborazione dei dati relativi agli impianti): DCT (Dirigente centrale del Traffico)*
- *Capi: Capo Tecnico (CT) e Capi Operai (CO)*

*Inoltre, in metropolitana sono presenti anche addetti antincendio e pronto soccorso adeguatamente formati come di seguito esplicitato. I nominativi di tutti sono riportati nell'allegato 1.*

*Durante le ore notturne il PCO è presidiato da personale della ditta esterna di guardianaggio che si comporta come indicato nel paragrafo 6.6. Anche il nome della ditta di guardianaggio è specificato nell'allegato 1.*

### **3.1 DESIGNAZIONE**

*Il personale con compiti e mansioni da capo e da DCT è incaricato in AMT anche di gestire e/o coordinare le emergenze avendo infatti ricevuto adeguata formazione professionale ed essendo a conoscenza delle presenti disposizioni.*

[\*]

*L'elenco degli addetti è riportato nell'allegato 1.*

---

### **Integrazioni al Paragrafo 3**

Devono essere ampliati e specificati alcuni aspetti. In relazione alle modalità di attuazione delle procedure, ai turni, al livello di servizio del trasporto o a eventi eccezionali (esempio grandi eventi sportivi, blocchi del traffico, scioperi, ecc.) devono essere meglio definiti il numero di addetti all'attuazione del piano ed al controllo nonché all'assistenza per l'evacuazione:

- addetti alla gestione delle emergenze,
- addetti alla gestione dell'evacuazione,
- addetti alla lotta antincendio,
- addetti al primo soccorso.

L'identificazione delle persone autorizzate ad attivare le procedure di emergenza e della persona responsabile dell'applicazione e del coordinamento delle misure di intervento all'interno della struttura coinvolta e l'identificazione del personale che può effettuare i primi interventi, in attesa delle squadre di soccorso, è ottemperata dal piano preso in esame. Tuttavia, si osserva come la Regola Tecnica per le metropolitane richiede espressamente identificazione del responsabile delle comunicazioni con le autorità ed in particolare con i Vigili del fuoco che, da quanto si è potuto esaminare, non risulta.

### **Formazione e addestramento**

[\*]

*Il personale designato con compiti di addetto all'antincendio ha seguito corsi di almeno 16 ore gestiti dall'AMT con la docenza di Ufficiali del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco.*

*Altri hanno invece seguito i corsi antincendio conformemente a quanto previsto dal D.M. 10/3/98.*

*Il personale designato con compiti di addetto al pronto soccorso ha seguito almeno un corso di 8 ore organizzato dall'AMT con la docenza dei Medici Competenti.*

---

La formazione siffatta può ritenersi non è sufficiente. Tutto il personale impiegato nei servizi di trasporto deve aver conseguito attestazione di idoneità tecnica ottenuta a seguito della formazione tecnico-professionale presso il Corpo Nazionale Dei Vigili Del Fuoco, anche gli addetti ai servizi di guardianaggio e gli addetti delle imprese esterne.

Oltre a quanto richiesto dal DM 21/10/15 si ricorda di esplicitare anche la frequenza di aggiornamento con cui si intende formare il personale. Per il DM del 2005, il personale del Gestore dell'Infrastruttura e delle imprese ferroviarie deve essere opportunamente addestrato con continuità, in base alle proprie funzioni e responsabilità, in modo tale da



essere in grado di operare e gestire eventuali emergenze. Nel piano si deve esplicitare la quantificazione del termine “continuità”, consigliata almeno triennale.

Anche per gli addetti al primo soccorso si dovrebbe definire un maggiore numero di ore di formazione comprensivo di addestramento che tenga conto delle tecniche BLS-D. Per BLS-D si intende Basic Life Support and Defibrillation, ovvero il supporto di base alle funzioni vitali e la defibrillazione, questa tecnica di primo soccorso comprende la rianimazione cardio-polmonare RCP ed altre manovre a supporto delle funzioni vitali.

Un aspetto fondamentale per la formazione del personale sono le esercitazioni. La formazione deve tendere all’ottenimento di un cambio di approccio nei confronti della sicurezza, in genere, e nel trattamento dell’emergenza, nello specifico. Per permettere questo cambio comportamentale legato anche ad un accrescimento della sensibilità verso determinati argomenti, soprattutto quando si tratta della formazione di persone adulte, è fondamentale non prescindere dai principi di Andragogia. L’Andragogia è una teoria unitaria dell’apprendimento e educazione degli adulti. Si tratta di un modello incentrato sulla comprensione della diversità di bisogni e interessi di apprendimento degli adulti rispetto ai bambini, che ha trovato in Malcom Knowles il suo massimo esponente. Secondo i principi andragogici di Knowles gli adulti imparano meglio e prima se viene valorizzata l’aspetto esperienziale (anche se simulato) e se sono coinvolti attivamente nel processo di apprendimento., cosa ottenibile attraverso le periodiche e continue esercitazioni. In quest’ottica la formazione deve essere l’oggetto di una vera e propria progettazione che abbia, in primo luogo, degli obiettivi precisi da raggiungere. Il raggiungimento deve essere misurabile tramite livello di competenze o altri indicatori che misurino l’efficienza del processo di realizzazione delle procedure del piano. Un esempio di indicatore potrebbe essere la misurazione del tempo di intervento in caso di infortunio, in caso di malore di un passeggero o la misurazione del tempo di evacuazione di un treno. Si veda il punto 5.2.8 per la definizione delle esercitazioni.

#### 5.2.4 Identificazione dei rischi di scoppio e d’incendio

*I rischi di scoppio e incendio presso la Metropolitana possono essere distinti in base ai diversi luoghi e sono identificati come segue:*

##### **DEPOSITO LEVANTE**

- 1) Lavori: con saldatura e taglio con n. 1 impianto ossiacetilenico e detenzione di alcune bombole (quantitativi notevolmente inferiori ai limiti d’obbligo C. P. I.).
- 2) Detenzione di n. 2 fusti di gasolio da 200 litri.
- 3) Locale compressore aria.
- 4) Locale quadri elettrici di distribuzione.

##### **DEPOSITO PONENTE**

- 1) Piccolo magazzino con merci varie incluso materiale plastico quale: cavi elettrici, tubi flessibili laminati ecc.
- 2) Locale carica batterie.

##### **MAGAZZINO E OFFICINA**

- 1) Detenzione di infiammabili:
  - solventi;
  - vernici;
  - batterie.
- 2) Detenzione di combustibili
  - carta;

- stracci;
- autoriscaldanti;
- merci varie incluso materiale plastico quale: cavi elettrici, tubi flessibili laminati ecc.

PCO

1) Quadri elettrici di distribuzione;

2) N. 2 gruppi di continuità (UPS) con batterie;

CABINA 15/15 kV

1) Quadro elettrico a 15 kV.

SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE DI PRINCIPE E BRIN

1) Quadri elettrici generali e di distribuzione;

2) N. 3 gruppi trasformatore (con isolamento a secco inglobato in resina) – raddrizzatore 15 kV in corrente alternata /750 V in corrente continua;

3) N. 2 trasformatori con isolamento a secco inglobati in resina 15 kV/380 V in AC;

4) Batteria accumulatori a 125 V;

5) Batteria accumulatori a 24 V;

6) N. 1 gruppo di continuità (UPS) con batterie;

CABINE ELETTRICHE DELLE STAZIONI DI BRIN DINEGRO, PRINCIPE, DARSENA, S. GIORGIO, DE FERRARI E SANT'AGOSTINO, CORVETTO E BRIGNOLE

1) Quadri elettrici generali e di distribuzione;

2) N. 2 trasformatori con isolamento a secco inglobati in resina 15 kV/380 V in AC;

3) N. 1 gruppo elettrogeno (motore diesel + alternatore);

4) N. 1 gruppo di continuità (UPS) con batterie;

P. S. Tutti i cavi sono del tipo non propagante la fiamma e a bassa emissione di fumi.

SSE VIA VENEZIA

1) Detenzione di bombole gas NOVEC 1320.

---

#### Integrazioni al Paragrafo 4

Questo capitolo dovrebbe essere integrato con la descrizione di altri scenari (argomento già trattato precedentemente al punto 5.2.1). È consigliabile riportare l'esposizione degli scenari incidentali nella parte iniziale del Piano di Emergenza.

Particolare attenzione deve essere posta alla descrizione, obbligatoria, degli scenari incendio. Devono essere articolati supponendo, in base alle probabilità stabilite nella valutazione dei rischi, l'insorgere di un principio di incendio in ogni compartimento in cui è suddivisa la struttura. È fondamentale, in ogni caso, descrivere e considerare gli scenari di incendio elencati nel D.M. 21/10/2015:

- l'incendio a bordo di un treno in stazione;
- l'incendio a bordo di un treno fermo in galleria;
- l'incendio di un'eventuale attività commerciale di pertinenza posta nell'atrio della stazione ed avente le caratteristiche geometriche ed impiantistiche riportate nella stessa regola tecnica;
- l'incendio in un locale tecnico.

Alla fase di descrizione degli scenari deve seguire una chiara disamina dei mezzi di prevenzione e protezione a disposizione nella struttura in generale, nella stazione o in galleria. Questo consente di stabilire i parametri di massima sopportazione dell'infrastruttura in caso di sollecitazione da parte delle situazioni di crisi, soprattutto relativamente al massimo flusso di persone accettabile, quindi la massima quantità di persone in grado di essere evacuate in 10 minuti da qualsiasi punto della stazione

metropolitana. Ad ogni scenario deve corrispondere una parametrizzazione di quelle che sono previsioni in merito a:

- persone attese da salvaguardare;
- personale di emergenza minimo e eventuale specializzazione (coordinamento, primo soccorso, antincendio, facilitatori di esodo, ecc.);
- mezzi a disposizione utili per la risoluzione del problema, per la protezione delle persone e delle strutture;
- procedure e protocolli da intraprendere;
- condizioni per l'attivazione dei soccorsi esterni.

Deve essere posta alla descrizione dello sviluppo nelle ripercussioni che grandi eventi cittadini possono avere sul trasporto; ovvero su tutti quegli episodi della vita cittadina che possono mettere in crisi la funzionalità dell'infrastruttura nell'ottica della risposta che questa riesce a dare al controllo dell'esodo in caso di emergenza nonché al controllo preventivo di atti vandalici o dolosi a fine terroristico. Infatti, si evidenzia come il superamento della capacità di una stazione metropolitana, si ripercuota sulla possibilità di gestire al meglio una situazione emergenziale intralciando o impedendo il corretto flusso risolutivo.

### 5.2.5 Pianta dei locali e della linea della metropolitana

*Le piante allegare, indicano:*

- le uscite, le uscite di sicurezza ed i percorsi;
- l'ubicazione delle zone sicure di raccolta del personale;
- l'ubicazione delle cassette di pronto soccorso;
- la posizione del PCO e dell'ufficio dei capi del deposito, dei punti in cui è disponibile il telefono ed il cartello dei numeri telefonici d'emergenza;
- l'ubicazione e il tipo delle attrezzature mobili di estinzione di primo intervento su principi d'incendio;
- l'ubicazione della cabina di trasformazione elettrica, di quella ENEL, dei locali quadri elettrici di distribuzione;
- la posizione della centrale termica e dei rubinetti di intercettazione del combustibile del gas metano (esterni e confinanti con la Metropolitana);
- l'ubicazione dei reparti, dei magazzini, la destinazione e/o l'utilizzo dei locali, impianti, vani tecnici;
- l'ubicazione e il tipo degli impianti fissi di estinzione;
- l'ubicazione del gruppo elettrogeno.

*Le piante sono disponibili, per l'agevole consultazione, presso il SEVER MET a questo indirizzo \\Amtsvrdsk\met\documentazione autocad\piantine per USTIF, e sono affisse presso i principali accessi agli impianti tecnici, ecc.*

*Puntualmente verrà aggiornata e modificata all'occorrenza dal Direttore d'Esercizio, la pianta di cui alla documentazione d'obbligo antincendio.*

### Integrazioni al Paragrafo 5

Le Planimetrie devono necessariamente indicare per i decreti esaminati al capitolo terzo:

- le caratteristiche distributive del luogo,
- la destinazione delle varie aree,
- le vie di esodo;
- le compartimentazioni antincendio;

- il tipo, numero ed. ubicazione delle attrezzature ed impianti di estinzione;
- l'ubicazione degli allarmi e della centrale di controllo;
- l'ubicazione dell'interruttore generale dell'alimentazione elettrica;
- le valvole di intercettazione delle adduzioni idriche;
- le valvole di intercettazione delle adduzioni del gas
- le valvole di intercettazione di altri fluidi combustibili (es. olii);
- descrizione e ubicazione delle attrezzature di ausilio al soccorso presenti in loco;
- indicazioni sulla disposizione lungo la galleria (almeno in postazioni ogni 500 m) di attrezzature di emergenza a disposizione delle squadre di soccorso e/o dei passeggeri.

Si rileva la carenza di alcuni aspetti utili soprattutto per l'integrazione dei piani di emergenza esterni: compartimentazioni antincendio; delle valvole di intercettazione delle adduzioni idriche; descrizione e ubicazione delle attrezzature di ausilio al soccorso e indicazioni sulla disposizione lungo la galleria di attrezzature di emergenza a disposizione delle squadre di soccorso e/o dei passeggeri.

In particolare, devono essere definiti e condivisi la collocazione di eventuali piazzali di emergenza e delle aree di soccorso previste. In prossimità della stazione o della galleria vicino alle vie di accesso devono infatti essere previsti zone di approdo dei soccorsi in cui attrezzare eventuali allestimenti temporanei per far fronte alle necessità di assistenza alla popolazione. Si consideri che anche le strade esistenti possono essere considerate aree di soccorso.

**Tabella 5.5** – Confronto sui contenuti delle planimetrie.

<i>Contenuti planimetrie AMT</i>	<i>Contenuti planimetrie obbligatori</i>
---	<i>compartimentazioni antincendio;</i>
<i>uscite, le uscite di sicurezza ed i percorsi;</i>	<i>vie di esodo</i>
<i>ubicazione delle zone sicure di raccolta del personale;</i>	-
<i>ubicazione delle cassette di pronto soccorso;</i>	-
<i>posizione del PCO e dell'ufficio dei capi del deposito, dei punti in cui è disponibile il telefono ed il cartello dei numeri telefonici d'emergenza;</i>	<i>ubicazione degli allarmi e della centrale di controllo</i>
<i>ubicazione e il tipo delle attrezzature mobili di estinzione di primo intervento su principi d'incendio;</i> <i>l'ubicazione e il tipo degli impianti fissi di estinzione</i>	<i>il tipo, numero ed. ubicazione delle attrezzature ed impianti di estinzione</i>
<i>ubicazione della cabina di trasformazione elettrica, di quella ENEL, dei locali quadri elettrici di distribuzione;</i>	-
---	<i>l'ubicazione dell'interruttore generale dell'alimentazione elettrica,</i>
<i>la posizione della centrale termica e dei rubinetti di intercettazione del combustibile del gas metano (esterni e confinanti con la Metropolitana);</i>	<i>valvole di intercettazione del gas</i>
---	<i>valvole di intercettazione delle adduzioni idriche,</i>

<i>l'ubicazione dei reparti, dei magazzini, la destinazione e/o l'utilizzo dei locali, impianti, vani tecnici;</i>	<i>caratteristiche distributive del luogo e riferimento alla destinazione delle varie aree</i>
<i>l'ubicazione del gruppo elettrogeno.</i>	-
---	<i>valvole di intercettazione di altri fluidi combustibili.</i>
---	descrizione e ubicazione delle attrezzature di ausilio al soccorso
---	indicazioni sulla disposizione lungo la galleria di attrezzature di emergenza a disposizione delle squadre di soccorso e/o dei passeggeri.

Una descrizione planimetrica e grafica completa deve comprendere anche gli accessi che le squadre di soccorso potrebbero trovarsi a dover utilizzare per l'ingresso nella galleria in caso di incidente. Tali vie di accesso devono essere larghe almeno 2,25 m e alte almeno 2,25 m. Il gestore dell'infrastruttura deve descrivere nel piano di emergenza le strutture dedicate come vie di accesso, in particolare dei pozzi intermedi.

Se il piano di emergenza impone l'accessibilità stradale, essa deve essere la più vicina possibile all'area di sicurezza prevista. Il piano di emergenza deve descrivere anche le possibilità di accesso alternative.

Le planimetrie sono parte integrante del materiale informativo utile al fine della diffusione delle norme di comportamento e della consapevolezza sia degli operatori, dell'ente gestore o delle aziende collaboranti, sia dei viaggiatori. Un giusto piano di diffusione deve essere compreso nella definizione dei provvedimenti necessari ad assicurare che tutti gli utenti della metropolitana siano informati sulle procedure da adottare in caso di emergenza.

### 5.2.6 Procedura in caso d'emergenza e di evacuazione

*In assenza dei Capi, i lavoratori AMT e/o delle ditte esterne, hanno l'obbligo di comunicare al PCO (ai DCT o al guardiano in loro assenza) il loro accesso e la loro uscita dagli impianti.*

In questo paragrafo del piano, e parzialmente nei successivi, pur riportandosi i doveri del personale di servizio incaricato di svolgere specifiche mansioni con riferimento alla sicurezza e pur essendo riportati doveri del personale cui sono affidate particolari responsabilità in caso di incendio non si riscontra alcuna presa d'atto dei provvedimenti necessari per assicurare che tutto il personale sia informato sulle procedure da attuare.

Del resto, queste disposizioni dovrebbero far parte del piano di formazione del personale citato nei punti 5.2.3 e 5.2.8 in senso lato, che si è già mostrato carente.

#### Procedura per il personale in caso d'emergenza

*Tutto il personale (AMT e delle ditte esterne) deve attenersi alle presenti norme di comportamento in situazioni d'emergenza, per prestare soccorso, cessare l'attività ed abbandonare il lavoro.*

*In particolare, ognuno ha l'obbligo di:*

- *Segnalare tempestivamente con qualsiasi mezzo a disposizione al Capo e al DCT e/o al guardiano per il lavoro notturno in assenza dei capi, nonché al personale incaricato per le situazioni d'emergenza, ogni evento pericoloso per persone o cose che si verifichi negli ambienti di lavoro (per esempio malore, infortunio, incendio, scoppio, ecc.); allo scopo sono indicati i numeri di telefono del PCO tel. 320 - 321 e del deposito presso il CT 450*

- 451 - 367 - 477, nonché al caso il n° 010 5582-080. del centro operativo AMT; per i lavori lungo la linea usare i telefoni d'emergenza.

• Non usare attrezzature di pronto soccorso, antincendio, effettuare interventi o manovre sui quadri elettrici o sugli impianti tecnologici (idrico, termico, di condizionamento, ecc.), senza aver ricevuto adeguata formazione.

#### Procedura per il personale in caso di evacuazione

*I lavoratori (AMT e delle ditte esterne) tutti devono conoscere ed applicare la seguente norma di comportamento in caso di esodo dai locali al verificarsi di una situazione d'emergenza.*

*I lavoratori tutti (AMT e delle ditte esterne) devono altresì allontanarsi ordinatamente dai locali non appena percepito l'ordine di evacuazione avendo cura di:*

- fermare le macchine utensili;
- chiudere, non a chiave, le finestre e le porte dei locali di lavoro, dopo aver accertato che non vi sia rimasto nessuno;
- non correre, non urlare, non farsi prendere dal panico;
- non usare in nessun caso ascensori;
- raggiungere, salvo diversa indicazione da parte del personale incaricato, le uscite o le uscite di sicurezza contrassegnate dalla apposita segnaletica;
- defluire rapidamente dalle porte, per portarsi nel "punto di raccolta" più vicino, curando di non ostacolare l'accesso e l'opera dei soccorritori e confermando l'avvenuta uscita dagli impianti al PCO;
- non allontanarsi dal punto di raccolta senza autorizzazione;
- ritornare al posto di lavoro, solo dopo aver ricevuto ordini precisi.

*I punti di raccolta prestabiliti sono:*

- il piazzale FF.SS. per il deposito levante e ponente, per i locali tecnologici delle stazioni di Dinegro, Principe, Darsena, S. Giorgio, Sant'Agostino e De Ferrari, Corvetto e Brignole per l'officina, il magazzino e la SSE di Principe;
- il PCO per i locali tecnologici della stazione di Brin, e la SSE di Brin. Nel caso di evacuazione del PCO il luogo di raccolta è l'atrio della stazione di Brin.

Si ricorda che oltre la procedura di emergenza, sarebbe opportuno redigere un piano di evacuazione che si attivi a seguito del realizzarsi di alcune condizioni durante le fasi di emergenza e descritte all'interno del piano di emergenza. Il Piano di evacuazione dovrebbe essere suddiviso per stazione e per segmenti di tratta di linea, considerando la possibilità che il treno si arresti in galleria di collegamento tra due stazioni sotterranee.

#### Compiti assegnati agli addetti al pronto soccorso

*Gli addetti rispondono prontamente alle chiamate.*

*Effettuano il primo soccorso, secondo le loro capacità e conoscenze.*

*Avviano la chiamata dell'ambulanza, di ciò informano il personale del PCO e i Capi (tel. 320 - 321 e 451 - 450 - 477).*

*Trasmettono al PCO (ai numeri telefonici 320 - 321) e ai capi (451 - 450 - 477) la necessità di dare l'allarme, la richiesta di intervento dei pompieri o di altri Enti di soccorso, propongono l'evacuazione.*

*Indirizzano i soccorsi.*

*Collaborano alle operazioni di evacuazione secondo i piani, per far giungere ordinatamente il personale al più vicino punto di raccolta previsto.*

*Collaborano alle operazioni che consentono di verificare che tutti siano usciti ed abbiano raggiunto le zone sicure.*

### Compiti assegnati agli addetti antincendio

*Gli addetti rispondono prontamente alle chiamate.*

*Collaborano al primo soccorso, secondo le loro capacità e conoscenze, avviano la chiamata dell'ambulanza; ne informano il PCO e/o i capi.*

*Trasmettono al PCO (ai numeri telefonici 320 - 321 o altrimenti disponibili), ai capi (ai numeri telefonici 451 - 450 - 477), la necessità di dare l'allarme, la richiesta di intervento dei pompieri o di altri Enti di soccorso, propongono l'evacuazione.*

*In caso di principio di incendio azionano gli estintori portatili o carrellati, o usano la coperta antinfiamma.*

*Indirizzano l'evacuazione, per far giungere ordinatamente il personale al più vicino punto di raccolta previsto.*

*Tolgono tensione all'impianto elettrico, solo dopo avere ricevuto l'autorizzazione dai DCT, ove necessario e solo secondo le istruzioni e la formazione ricevute.*

*Non usano acqua su impianti elettrici in tensione, o su carburanti e infiammabili liquidi. Usano gli idranti solo dopo chiaro ordine dei capi.*

*Indirizzano i soccorsi.*

*Collaborano alle operazioni che consentono di verificare che tutti siano usciti ed abbiano raggiunto le zone sicure.*

*Collaborano all'accertamento del cessato pericolo e la ripresa del lavoro.*

### Procedura per DCT, capi tecnici e capi operai

*Il personale suddetto applica le presenti norme di pronto soccorso, antincendio ed evacuazione, e coordina i piani d'emergenza ed evacuazione.*

*Redige l'elenco delle persone (sia dei visitatori, sia dei lavoratori delle ditte esterne, sia dei lavoratori di altri reparti aziendali) entrate e/o uscite ammesse alla Metropolitana. I Capi controllano l'accesso all'impianto delle persone che entrano esclusivamente dal deposito levante o dall'officina, segnando il loro nominativo sull'apposito quaderno giornale dei lavori; i DCT invece registrano sul brogliaccio dedicato, i nomi delle persone che accedono all'impianto da tutti gli altri punti.*

*In particolare essi:*

- *procedono, per quanto possibile, alla gestione dell'emergenza;*
- *coordinano e/o dispongono la richiesta di invio di ambulanza e/o soccorso medico, e/o degli altri enti di soccorso (Vigili del Fuoco, personale antincendio e di pronto soccorso interno ecc.); dispongono infatti dell'elenco dei numeri di telefono d'emergenza;*
- *dispongono e coordinano le operazioni di pronto soccorso e antincendio in attesa dell'arrivo degli Enti di soccorso e pronto intervento a cui si mettono a disposizione;*
- *ordinano l'evacuazione utilizzando a tal fine l'impianto di comunicazione a disposizione (diffusione sonora, telefoni, radio);*
- *registrano il nominativo di chi propone o ordina l'evacuazione e l'ora in cui si è ricevuto ed attuato l'ordine d'evacuazione sul rapportino giornaliero;*
- *si accertano di non lasciare persone nei locali di lavoro;*
- *procedono, quando tecnicamente possibile, a togliere tensione elettrica a reparti e/o all'intero impianto;*
- *autorizzano il personale AMT e/o i Vigili del Fuoco all'uso degli idranti;*
- *raggiungono il luogo di raccolta prefissato portando con sé l'elenco del personale presente nel luogo di lavoro;*
- *eseguono l'appello del personale, dei visitatori e dei lavoratori degli appalti segnalando al personale di soccorso e antincendio gli eventuali assenti;*

- *coordinano o partecipano alle operazioni per l'accertamento del cessato pericolo;*
- *impartiscono l'ordine di rientrare nei locali e di riprendere il lavoro.*

*N.B.*

*1. nel caso di evacuazione ordinata dai capi, essi avvertono tempestivamente i DCT e viceversa;*

*2. nel caso di evacuazione delle stazioni di Dinegro, Principe, Darsena, S. Giorgio Sant'Agostino e De Ferrari, i DCT trasmettono l'elenco dei lavoratori al Capo Tecnico o al Capo Operaio;*

*3. nel caso di evacuazione della stazione e della SSE di Brin, il Capo Tecnico o i Capi Operai trasmettono l'elenco dei lavoratori ai DCT;*

*4. nel caso di evacuazione del deposito ponente o levante è facoltà dei DCT sospendere l'esercizio;*

*5. solo i lavoratori presenti nella zona da evacuare devono raggiungere il punto di raccolta più vicino. Per gli altri lavoratori il Capo Tecnico o il Capo Operaio e il DCT devono eseguire l'appello telefonicamente o intimando al personale di mettersi in contatto con loro tramite la diffusione sonora.*

*6. In caso di incendio, il primo tra DCT e i capi che ne viene a conoscenza chiama i VV.F. e informa di ciò l'altro.*

*7. L'eventuale toltensione della SSE di Principe o di Brin o alla cabina 15/15 deve essere concordata tra Capi e DCT e deve avvenire da PCO. Nel caso non sia possibile effettuare la toltensione da PCO si possono usare i PAG presenti solo se non vi è pericolo per il personale che li deve azionare. È però da notare che dopo aver azionato il PAG:*

- *nella cabina 15/15 kV e nella SSE Brin sono ancora in tensione i cavi delle alimentazioni ENEL a 15 kV in quanto non è stata data la possibilità di comandare le apparecchiature di proprietà ENEL;*
- *nelle SSE arriva la tensione di 750 V in corrente continua se non si sono aperti gli extrarapidi dell'altra SSE..*
- *Una volta concordato tra DCT e CO che si deve togliere tensione anche nella cabina 15/15 kV o nella SSE Brin il DCT deve chiamare l'ENEL per far togliere tensione anche in arrivo a queste due utenze.*

#### **Procedura per il guardiano notturno in assenza dei DCT**

*Il guardiano, in assenza dei capi e dei DCT, redige l'elenco dei lavoratori e delle persone entrate e/o uscite ammesse alla Metropolitana sul brogliaccio dedicato (lo stesso usato dai DCT).*

*In particolare egli:*

- *procede, per quanto possibile, alla gestione dell'emergenza;*
  - *coordina e/o dispone la richiesta di invio di ambulanza e/o soccorso medico, e/o degli altri enti di soccorso (Vigili del Fuoco, ecc.); dispone infatti dell'elenco dei numeri di telefono d'emergenza;*
  - *informa sulle operazioni di pronto soccorso e antincendio in attesa dell'arrivo degli Enti di soccorso e pronto intervento a cui si mettono a disposizione;*
  - *ordina, in assenza dei capi, l'evacuazione utilizzando a tal fine l'impianto di comunicazione secondo le modalità d'uso (diffusione sonora, telefoni, radio);*
- registra il nominativo di chi propone o ordina l'evacuazione e l'ora in cui si è ricevuto ed attuato l'ordine d'evacuazione;*



- *si accerta telefonicamente dell'uscita del personale, dei visitatori e dei lavoratori degli appalti segnalando al personale di soccorso e antincendio gli eventuali assenti.*

#### **Procedura per il capo squadra della ditta appaltatrice e dei lavoratori AMT di altri reparti aziendali**

*Il capo squadra della ditta appaltatrice, coordinerà il proprio personale come un capo operaio dell'AMT. Infatti prima di iniziare il rapporto con l'AMT, il responsabile della ditta prenderà visione degli impianti, degli ambienti e riceverà formalmente l'estratto del Regolamento d'esercizio e il presente piano.*

*I sopralluoghi preliminari che effettuerà, saranno verbalizzati e sottoscritti anche dal CT o da un Capo Operaio della Metropolitana.*

*Ogni giorno, all'atto dell'accesso all'impianto e all'uscita, il capo squadra dovrà segnalare la presenza del proprio personale e ricevere l'autorizzazione, dai Capi (o dal DCT o dal guardiano in loro assenza) se accede alla Metropolitana dal deposito levante o dall'officina; dai DCT (o dal guardiano in loro assenza) se entra da un qualsiasi altro punto.*

*I CO, CT, i graduati e i lavoratori, non appartenenti all'organico della Metropolitana, che svolgono attività all'interno dell'impianto, si comporteranno all'atto dell'accesso alla Metropolitana, come il capo squadra della ditta appaltatrice.*

---

#### **Integrazioni al Paragrafo 6**

Il par. 5 deve essere integrato nonostante preveda già una serie di procedure giustamente articolate e dedicate al personale specializzato e incaricato per la gestione dell'emergenza. Si sono già citati le integrazioni rispetto alla possibilità di approfondire gli aspetti legati all'evacuazione e al piano relativo. In aggiunta, nel merito della diffusione delle informazioni di sicurezza per gli utenti del servizio invece si ribadisce l'importanza della presenza di informazioni sulle dotazioni di sicurezza disponibili fornite ai passeggeri.

Le norme di comportamento in genere sono obbligatorie anche per il DPR 753/80 per tutti i passeggeri che si servono del trasporto e possono essere vista in un'ottica di prevenzione, queste norme devono essere integrate con le norme di comportamento da tenere in caso di emergenza. Solitamente è consigliabile affiggere queste informative su supporti inamovibili e poco deteriorabili o vandalizzabili, sui treni o in parti della stazione dove più facilmente l'utente sarà portato a prestarvi attenzione e a leggerle; non in corrispondenza di corridoi di passaggio, ma in banchina, vicino a macchine di distribuzione dei biglietti o in corrispondenza delle biglietterie automatiche o meno.

Alcune norme specifiche devono essere previste e stabilite in caso di rischi particolari ovvero dove la vulnerabilità delle persone porta il rischio molto prossimo alla possibilità di perdita di vita. Nel piano in esame anche queste specifiche sono da integrare:

- specifiche istruzioni circa il comportamento da tenere in caso di emergenza in galleria.
- specifiche misure per le aree ad elevato rischio di incendio, con particolare riguardo per le aziende in appalto;
- specifiche misure da porre in atto nei confronti dei lavoratori esposti a rischi particolari, anche in questo caso con attenzione alle mansioni a cui sono dedite le aziende in appalto e all'idoneità tecnico professionale di queste ultime (si noti che quanto riportato in allegato XVII del D.Lgs. 81/08 sulla i.d.t. delle imprese in appalto potrebbe ritenersi un minimo legislativo insufficiente ai fini della tutela);

- specifiche misure per prevedere una adeguata assistenza alle persone disabili. Riguardo alle considerazioni da riportare nel piano per quest'ultima tipologia di utenza in particolar modo si rimanda al 5.2.8..

Pur essendo stato individuato nella figura del DCT la figura responsabile delle comunicazioni con le autorità ed in particolare con i Vigili del fuoco, è tuttavia da prevedere anche specifiche procedure per la chiamata dei vigili del fuoco, per informarli al loro arrivo e per fornire la necessaria assistenza durante l'intervento. La procedura solitamente è costituita da una parte iniziale, chiamato in senso lato campo di applicazione, dove dovrebbero essere riportate le condizioni per le quali quella particolare procedura viene attivata. Proprio alla stregua di un algoritmo o un protocollo. Non è sufficiente quindi riportare che i DCT si occupano del coordinamento *e/o dispongono la richiesta di invio di ambulanza e/o soccorso medico, e/o degli altri enti di soccorso (Vigili del Fuoco* ma anche stabilire quando la chiamata deve avvenire e quali informazioni devono essere trasmesse. Si fa notare inoltre che tali informazioni non sono le minime, ma sono le necessarie e sufficienti, proprio nell'ottica di rendere efficiente la comunicazione.

Come si riporterà all'interno del punto 5.2.8 ogni procedura è bene che venga sottoposta a prova per verificarne il raggiungimento degli obiettivi di efficienza e efficacia.

Come ultima implementazione alle procedure del piano in esame si rileva la necessità di provvedere alla stesura di una “Procedura sulla manovra di arresto del convoglio in emergenza” anche in visione delle possibili situazioni di panico e dei danni successivi alla fermata in emergenza del convoglio. A titolo di esempio si riporta l'episodio avvenuto il 15 novembre 2018 sulla linea 1 della Metropolitana di Milano quando l'incursione non autorizzata di un utente in galleria, ha causato indirettamente la brusca frenata di un convoglio di linea. A scopo precauzionale è stata tolta corrente alla Linea 1 e quando dopo 10 minuti è stata ridata tensione, il sistema automatico del convoglio alla stazione di Bonola nel ripartire ha rilevato una anomalia elettrica e ha fatto scattare una frenata d'emergenza provocando 14 feriti.

### 5.2.7 Vigilanza e controllo accessi alla metropolitana

*Oggetto: Metropolitana di Genova. Piano di emergenza ed evacuazione*

*A seguito dell'entrata in uso delle procedure per l'applicazione del piano d'emergenza ed evacuazione, vengono adottate le seguenti norme di comportamento:*

#### *1. Personale della Metropolitana*

- *il personale di manutenzione della Metropolitana, in assenza dei Capi, i macchinisti e gli addetti del settore, devono segnalare al PCO il proprio accesso e la propria uscita dall'impianto;*
- *tutto il personale dovrà inibire il passaggio a persone estranee all'Azienda e non autorizzate all'ingresso nell'impianto;*
- *per i colleghi fuori servizio verrà applicata la regola per il personale esterno e visitatori.*

#### *2. Personale esterno e visitatori*

- *le persone esterne (visitatori e lavoratori delle ditte d'appalto autorizzati ad entrare nell'ambito della Metropolitana), dovranno essere autorizzate all'ingresso da personale della Metrò; in particolare esse saranno accettate dal Capo Tecnico o da un Capo Operaio se accedono dal deposito levante o dall'officina, oppure da un DCT se entrano*

da un altro punto; in assenza dei Capi e dei DCT essi dovranno essere ammessi all'impianto dal guardiano;

- le persone trasportate all'accesso di veicoli aziendali e non, vengono registrate nell'elenco delle persone presenti;

3. Personale AMT di altri reparti aziendali

- per i colleghi in servizio, CT, CO, lavoratori e graduati, non appartenenti all'organico della Metropolitana, verrà applicata la regola per il personale esterno

---

#### Integrazioni al Paragrafo 7

Nel piano è riportata solo la procedura di autorizzazione agli ingressi. Tuttavia, è importante anche stabilire delle procedure sulla modalità con cui viene fatto il conteggio delle persone viaggianti e presenti in stazione attraverso tornelli, telecamere a circuito chiuso o portali di rilevazione. Soprattutto nelle procedure dovranno essere riportate le azioni da intraprendere in caso si superino le capacità degli elementi costituenti la stazione metropolitana e la potenzialità della linea.

#### 5.2.8 Esercitazione di attuazione del piano d'emergenza ed evacuazione

*Il Direttore d'Esercizio redige un verbale di avvenuta esercitazione d'emergenza ed evacuazione periodica.*

*Questa esercitazione verrà condotta nella maniera più realistica possibile senza mettere in pericolo i partecipanti e deve basarsi sul presupposto che non sia percorribile una via d'esodo.*

*L'esercitazione ha inizio dal momento in cui viene fatto scattare l'allarme e si conclude con l'appello dei partecipanti nei luoghi di raccolta.*

*Per quanto concerne l'esercitazione d'applicazione del presente piano d'emergenza ed evacuazione si dovrà:*

- percorrere le vie di esodo;
- identificare le uscite e le uscite d'emergenza;
- rintracciare i dispositivi per dare l'allarme;
- identificare il personale di pronto soccorso e quello antincendio;
- rintracciare le cassette di pronto soccorso e/o i pacchetti di medicazione;
- rintracciare le attrezzature (estintori, idranti, ecc.);
- identificare i principali interruttori elettrici di sezionamento dell'impianto elettrico.

*A conclusione nel verbale verranno annotate possibili osservazioni del personale coinvolto e le eventuali misure integrative adottate.*

---

#### Integrazioni al Paragrafo 8

L'esercitazione periodica non deve riguardare solo l'evacuazione, ma anche le simulazioni di soccorso, soprattutto nel verificare le procedure da attuarsi nei confronti di viaggiatori con disabilità motorie, visive e uditive, così da testare la capacità dei soccorsi interni ed esterni per il superamento di ostacoli e vincoli architettonici e la reperibilità di mezzi di soccorso per poterlo fare. Le esercitazioni periodiche devono essere programmate, calendarizzate; deve essere stabilita una collaborazione con le strutture territoriali del Corpo nazionale dei Vigili del fuoco.

Queste esercitazioni congiunte tra il personale dell'ente gestore e il personale delle squadre di soccorso esterno devono avere come scopo la simulazione in grado di assicurare un appropriato addestramento non solo all'attuazione delle procedure di esodo, ma anche alla collaborazione, alla comunicazione e al coordinamento durante

l'emergenza. Non è sufficiente il rintracciamento dei mezzi di protezione attivi o degli interruttori. Anche le procedure di comunicazione e il coordinamento devono essere continuamente richiamate e oggetto di addestramento. Le esercitazioni hanno l'obiettivo di aumentare l'efficienza del soccorso, riducendo soprattutto i tempi di intervento. Quindi si devono parametrizzare e misurare in più aspetti possibili con la seria collaborazione di tutte le squadre di emergenza.

Le esercitazioni hanno l'aspetto bivalente di addestramento e verifica di monitoraggio delle competenze, andando a distinguersi come un termometro per lo stato adeguatezza delle procedure impartite e non solo della capacità applicativa delle procedure.

Come spunto di approfondimento si richiama un'interessante esercitazione organizzata nella metropolitana di Londra Figura 5.3.



Figura 5.4 –Esercitazione Londra 2016.

L'esercitazione è stata finanziata con i fondi del Programma della Commissione europea per le esercitazioni, ed è coordinato dai vigili del fuoco di Londra. Così, dal 29 febbraio al 3 marzo 2016 si è svolta in Gran Bretagna l'esercitazione internazionale "EUR 2016" organizzata dalla London Fire Brigade (LFB) per conto del London Resilience Partnership. EUR 2016 è uno degli eventi organizzati per celebrare il 150° anniversario della LFB, e ha coinvolto Metropolitan, City of London and British Transport Police, London Ambulance Service, Transport for London e altre autorità locali impegnate nella sicurezza della capitale.

È importante stabilire inoltre una diversificazione nelle simulazioni anche programmate nel tempo, per affinare quanti più aspetti possibili relativamente alle procedure di intervento.

Nel piano dovrebbero essere inclusi o richiamati strumenti di analisi di quelle che vengono definite annotazioni *sulle osservazioni del personale coinvolto e le eventuali misure integrative adottate*. Le annotazioni se necessitano di misure integrative sono in realtà delle vere e proprie non conformità e come tali devono essere trattate. Come già detto nel capitolo 1 deve essere reso noto, per una corretta gestione, il processo di rilievo, trattamento e risoluzione delle non conformità.

*Gestione della sicurezza per i portatori di disabilità in metropolitana*

I collegamenti della metropolitana, a partire dall'esterno della stazione fino ad arrivare alla banchina e viceversa, devono essere accessibili a tutti mediante l'eliminazione di barriere architettoniche. A questo scopo devono essere realizzati in modo da non impedire o limitare il sicuro utilizzo degli spazi e delle attrezzature e devono essere dotati di accorgimenti e segnalazioni che permettano di riconoscere eventuali punti critici per i disabili sensoriali.



Figura 5.5 – Percorsi tattili e informazioni tattili fermata Cenisio Linea 5 Milano.

Le informazioni su questi percorsi devono essere fornite in modo continuo con particolare riguardo ai luoghi di maggiore complessità e ai nodi di interscambio, eventualmente anche con strumenti visivi e sonori". Requisito fondamentale di questi percorsi è dunque quello di assicurare agli utenti disabili di raggiungere le banchine, di salire sui treni e di usufruire dei servizi a loro dedicati garantendo il più alto livello di sicurezza.

In ogni stazione, se esiste un piano differente fra ingresso ed atrio, occorre adibire almeno un ascensore accessibile ai disabili. La UNI 11168:2006 fornisce le indicazioni da rispettare in fase di progettazione di scale fisse, scale mobili, ascensori e piattaforme elevatrici, ascensori inclinati e servoscala. Attenzione va riposta anche per le uscite delle metropolitane, che non devono sfociare in luoghi pericolosi o in zone collegate direttamente alla viabilità.

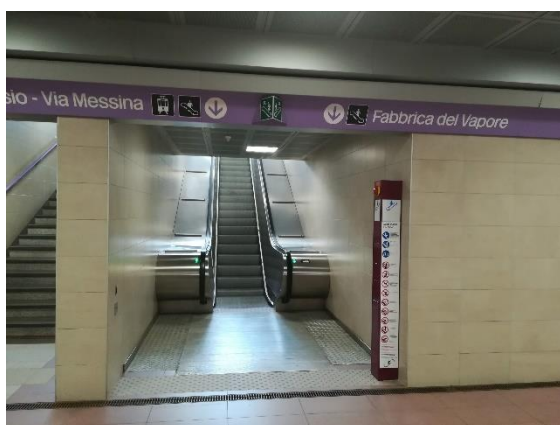
Su ogni banchina, e prima dei punti critici per la sicurezza dei viaggiatori, deve essere realizzata una zona della pavimentazione con un codice di attenzione/pericolo visivo e tattile lungo tutta la loro lunghezza [figura 5.4 e figura 5.5].



a



b



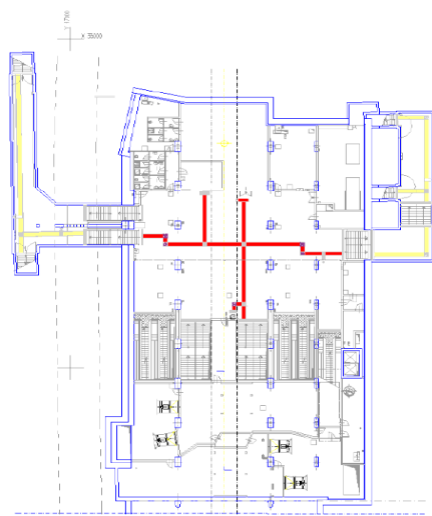
b



b

Figura 5.6 – Segnaletica a pavimentazione con codice di attenzione/pericolo visivo e tattile prima di punti critici della stazione. a) Metropolitana Milano linea 1 stazione Villa S. Giovanni. b) Metropolitana Milano linea 5, stazione Cenisio.

Nel caso sia previsto un punto definito di arresto dei treni in banchina il percorso guidato deve condurre ad una posizione riconoscibile dal non vedente che deve salire sul treno. Devono inoltre essere previsti sistemi di allarme audiovisivi destinati all'evacuazione di emergenza, indicazioni sulle modalità di evacuazione, informazioni sui tempi di attesa, sistemi di individuazione della destinazione del treno e sistemi di comunicazione tra clienti e personale di sorveglianza. È necessario infine realizzare un percorso utilizzabile dai non vedenti quando scendono dalle vetture procedendo in linea retta [Figura 5.6]. Per le persone su sedie a rotelle, occorre adottare sistemi che consentano il contenimento delle distanze tra treno e banchina. Sulle vetture deve esserci un apposito spazio attrezzato dove una persona su sedia a rotelle possa posizionarsi durante il viaggio, assicurandosi ad un apposito sostegno. È inoltre necessario che in prossimità di queste postazioni ci sia un sistema di comunicazione con il macchinista mediante interfono oppure per mezzo di un pulsante di allarme.



a)



b)

Figura 5.7 –Studio dei percorsi tattili per disabili visivi. a) Esempio di progettazione (fonte MM). b) Esempio di applicazione fermata Cenisio Linea 5 Milano.

Per facilitare l'individuazione delle porte ai non vedenti deve essere previsto un dispositivo acustico che emetta a porte aperte un segnale ben identificabile. Infine, in fase di progettazione del sistema, la norma stabilisce criteri da seguire nel caso di arresto accidentale prolungato del treno e della conseguente necessità di evacuazione dalla linea anche dei passeggeri disabili. A questo scopo la UNI 11168:2006 rimanda a quanto indicato da un'altra norma del settore: la UNI 10203:1993 *Metropolitane. Recupero dei viaggiatori da treni immobilizzati in linea.*

### 5.2.9 Misure preventive generali

#### OSSERVARE SCRUPolosAMENTE IL REGOLAMENTO D'ESERCIZIO

##### Divieti

1. È vietato accedere all'impianto senza darne comunicazione al PCO o ai Capi.
2. È vietato prendere iniziative che possono compromettere la vostra e l'altrui incolumità.
3. È vietato:
  - il travaso di gas infiammabili e di ossigeno;
  - parcheggiare veicoli con perdite anomale;
  - effettuare prove motori in zone non aerate;
  - l'uso di fornelli e/o stufe elettriche o a gas se non esplicitamente autorizzati.

##### Disposizioni:

1. Mantenere l'ordine e la pulizia, rimuovere immediatamente ogni spargimento specie se scivoloso.
2. Seguire le istruzioni e le procedure impartite dai capi.
3. Osservare scrupolosamente le norme di sicurezza e igiene.
4. Stoccare i materiali infiammabili in modo che siano opportunamente isolati, curare che i recipienti contenenti liquidi infiammabili siano sempre chiusi.
5. Vigilare sulle sostanze che non devono entrare in contatto tra loro.
6. Segnalare ogni irregolarità degli impianti al capo.
7. Rimuovere ogni possibile causa d'incendio.

8. *Vigilare sull'agevole praticabilità delle uscite e delle uscite di sicurezza, curare che siano sgombri gli accessi ai mezzi e le attrezzature di pronto soccorso ed antincendio.*

#### Integrazioni al Paragrafo 9

Nelle misure preventive del piano sono indicati i divieti e le disposizioni attive per l'intervento da attuare al fine di prevenire eventuali emergenze. Ci si riferisce in particolare alle emergenze generate dal rischio incendio. Nel Piano di Emergenza, invece, sarebbe opportuno stilare un elenco degli apprestamenti di prevenzione adottati e delle loro condizioni di funzionamento, appositamente pensati per la prevenzione e la protezione delle persone, del bene (strutture e servizio) e dell'ambiente. Anche se non direttamente contenuto nel piano, dovrebbe, quanto meno, essere richiamato se presente in altro documento. L'esposizione di questi provvedimenti ha il duplice obiettivo di informare gli operatori dell'emergenza sulle attrezzature a disposizione e diffondere la cultura della sicurezza e della prevenzione nelle mani degli operatori direttamente coinvolti nelle emergenze e la condivisione della conoscenza della struttura nei confronti delle istituzioni e delle unità di soccorso esterno che dovranno redigere e seguire un piano di emergenza esterno.

Importanti misure preventive sono contenute nel Regolamento di esercizio connesso al piano, che in questo paragrafo 9 dovrebbero essere quindi richiamate. In particolare, si fa riferimento alle "Misure per la circolazione straordinaria di treni merci": I treni merci sono chiamati Treni Materiali, TM, nel RTC. Si riporta quanto segue, da ritenersi sufficiente:

*L'orario del treno TM viene compilato dalla Direzione d'Esercizio in accordo col DCT, in relazione alle operazioni da svolgere.*

*Il DCT deve provvedere a comunicare, nei modi prescritti, l'effettuazione del treno TM a tutte le stazioni eventualmente abilitate e alla Manutenzione che hanno richiesto il treno TM.*

*Le stazioni eventualmente abilitate e gli incaricati della Manutenzione devono confermare, nei modi prescritti, l'avvenuta ricezione della prescrizione.*

*Alla condotta del mezzo di trazione di un treno TM devono essere comandati due agenti abilitati a condurre i treni.*

*L'avanzamento del treno TM, che circola durante l'intervallo di sospensione del servizio, deve essere autorizzato dal Responsabile della Manutenzione (CT e/o CO); il Responsabile regolerà inoltre la marcia di un treno TM, mediante indicazioni, ordini e richieste, relativi alla circolazione e all'esecuzione dei lavori, alle quali il personale di guida dovrà attenersi.*

*Durante l'intervallo di sospensione del servizio, e sui tratti di linea su quali sia temporaneamente sospesa la circolazione dei treni, si deve considerare nullo l'aspetto dei segnali fissi.*

Altre importanti misure preventive che si ritiene debbano essere richiamate nel Piano di emergenza e diffuse tramite questo sono i protocolli di sospensione del servizio, ovvero di interruzione dell'alimentazione elettrica in caso operazioni particolari come le manutenzioni ordinarie o straordinarie. Si riporta quanto riscontrato nel RTC all'art. 42 che tratta della "Sospensione totale del servizio":

[...]

7. *La Manutenzione se deve eseguire lavori con linea aerea disalimentata può chiedere tale intervento al DCT con apposito modulo. [n.d.r. permesso di ingresso]*



*Il DCT deve confermare l'avvenuta disalimentazione della linea con apposito dispaccio. Ricevuto tale dispaccio la Manutenzione può impegnare la linea ed iniziare i lavori per i quali ha chiesto la sua utilizzazione.*

*9. Nel caso in cui l'esecuzione di qualche lavoro, che determini l'interruzione o l'ingombro della linea, dovesse protrarsi oltre il limite stabilito per la cessazione dell'intervallo, il Responsabile di tali lavori dovrà informare subito il DCT.*

*10. Chi, per l'esecuzione dei lavori, utilizzi o manometta enti delle stazioni o della linea è tenuto a ripristinare la loro condizione primitiva, non appena sono cessate le cause che hanno imposto tale utilizzazione o manomissione.*

In merito al punto 7, si rende noto che per tutte le operazioni legate ai lavori elettrici su parti di impianto sotto tensione sono da prevedere le procedure definite dalle norme CEI ovvero i Piani di lavoro del nome CEI 11-27.

#### *Piano di manutenzione*

Nelle misure di prevenzione da individuare nel piano di emergenza deve essere compreso un programma di manutenzione in grado di mantenere in efficienza tutte le apparecchiature, gli impianti, le strutture e, in generale, tutti gli apprestamenti utili all'individuazione e all'allertamento di una situazione di emergenza, nonché al controllo e al contenimento di tale situazione. Vengono inclusi anche gli apparecchi e gli impianti di comunicazione e telecomunicazione.

Ai sensi dell'art. 33 del D.P.R. 207/2010, il Piano di Manutenzione delle opere pubbliche, è un elaborato obbligatorio del progetto esecutivo. Dal progetto esecutivo poi deve essere incluso e compreso nel Piano di Emergenza.

Il piano di manutenzione deve essere redatto tenendo conto dell'opera effettivamente realizzata allo scopo di garantire nel tempo il mantenimento delle caratteristiche di qualità e di efficienza. La normativa richiede che vengano individuati i requisiti e le prestazioni del manufatto in corso di progettazione affinché tali caratteristiche possano essere stimate e garantite. Solitamente è consigliabile avvalersi di indici e parametri misurabili per consentire agevole confronto dell'andamento di tali indici nel tempo. Nella redazione del Piano di Manutenzione vanno individuati puntualmente i requisiti prestazionali e i controlli previsti dai Criteri Ambientali Minimi (CAM – DM 11 gennaio 2017) secondo quanto disposto dal nuovo Codice degli appalti: D. Lgs. 18 aprile 2016 n. 50. Le Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 14 gennaio 2008 e il DM 17 gennaio 2018) hanno introdotto l'obbligo di allegare al progetto strutturale esecutivo il "piano di manutenzione della parte strutturale dell'opera".

Il Piano di Manutenzione è il documento che prevede, pianifica e programma, tenendo conto degli elaborati progettuali esecutivi, l'attività di manutenzione dell'intervento al fine di mantenerne nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità, l'efficienza ed il valore economico. Deve essere costituito da tre documenti operativi [Art. 38 Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti, D. Lgs. 18 aprile 2016 n. 50]:

##### 1- Manuale d'uso.

Il manuale d'uso deve contenere le informazioni relative all'uso corretto "delle parti più importanti del bene". Lo scopo del manuale d'uso è evitare danni derivanti da un'utilizzazione impropria e far conoscere all'utente le operazioni atte alla conservazione del bene. La normativa introduce il concetto di "parti più importanti del bene" e prevede che il progettista, in questa fase di redazione dell'elaborato, debba "scomporre" l'opera. Il manuale d'uso contiene:

- a) la collocazione nell'intervento delle parti menzionate;
- b) la rappresentazione grafica;
- c) la descrizione;
- d) le modalità di uso corretto.

## 2- Manuale di manutenzione.

Il manuale di manutenzione deve fornire “in relazione alle diverse unità tecnologiche, alle caratteristiche dei materiali o dei componenti interessati, le indicazioni necessarie per la corretta manutenzione nonché per il ricorso ai centri di assistenza o di servizio” (art. 38 c. 5). Le parti più importanti del bene sono ritenute le unità tecnologiche (definizione ripresa da normative UNI). Fornisce, in relazione alle diverse unità tecnologiche, alle caratteristiche dei materiali o dei componenti interessati, le indicazioni necessarie per la corretta manutenzione nonché per il ricorso ai centri di assistenza o di servizio.

Il manuale di manutenzione contiene le seguenti informazioni:

- a) la collocazione nell'intervento delle parti menzionate;
- b) la rappresentazione grafica;
- c) la descrizione delle risorse necessarie per l'intervento manutentivo;
- d) il livello minimo delle prestazioni;
- e) le anomalie riscontrabili;
- f) le manutenzioni eseguibili direttamente dall'utente;
- g) le manutenzioni da eseguire a cura di personale specializzato.

Tra i contenuti del manuale di manutenzione (che rispetto al manuale d'uso ha carattere più tecnico essendo rivolto principalmente ad operatori specializzati), individuati al comma 6 dell'art. 38, troviamo “il livello minimo delle prestazioni”.

Ai sensi dell'art. 38 c.6 lettere e) f) g), il progettista deve individuare le anomalie riscontrabili e distinguere le manutenzioni eseguibili dall'utente da quelle eseguibili da personale specializzato.

Il manuale di uso e quello di manutenzione dovrebbero rientrare all'interno del numero delle informative da diffondere agli operatori di ciascun settore per assicurare la corretta esecuzione del piano di manutenzione.

## 3- Programma di manutenzione.

Attuare il programma delle manutenzioni significa aumentare la certezza che tutti gli apprestamenti progettati per intervenire in caso di emergenza agiscano prontamente o siano pronti all'uso. Il programma di manutenzione, aspetto che riguarda più da vicino il piano di emergenza, deve essere articolato secondo 3 distinti sottoprogrammi:

- a) il sottoprogramma delle prestazioni
- b) il sottoprogramma dei controlli
- c) il sottoprogramma degli interventi

Il sottoprogramma delle prestazioni, “prende in esame, per classi di requisito, le prestazioni fornite dal bene e dalle sue parti nel corso del suo ciclo di vita”. Nei sottoprogrammi dei controlli e degli interventi, il progettista è chiamato a definire un programma di controlli, verifiche ed interventi indicandone la cadenza temporale. In particolare, nel sottoprogramma dei controlli sono indicati i valori estremi delle

prestazioni: quello di collaudo e quello minimo a seguito del quale si prevede manutenzione straordinaria o sostituzione della parte, “oggetto manutenibile”.

#### **5.2.10 Compiti accessori di sorveglianza.**

##### **Compiti accessori di sorveglianza dei DCT e del capo tecnico**

*I DCT verificano periodicamente il completo corredo delle cassette di pronto soccorso e/o dei pacchetti di medicazione, provvedono alla sostituzione immediata dei materiali deteriorati, al rinnovo di quelli usati, ecc.*

*Gli elenchi delle dotazioni delle cassette di pronto soccorso e dei pacchetti di medicazione sono allegati al fascicolo distribuito nel corso di formazione, elaborato dal Centro di Medicina Preventiva a cura dei Medici Competenti.*

*I DCT verificano le cassette delle sale DL di BRIN, DINEGRO, PRINCIPE, S. GIORGIO e BRIGNOLE e quelle del PCO; essi segnalano all'ufficio Metropolitana la mancanza o il deterioramento del materiale; l'ufficio stesso provvederà all'approvvigionamento di tale materiale presso il centro di medicina preventiva di via Ruspoli.*

*Il CT dispone la verifica e dell'approvvigionamento del materiale di quelle del DEPOSITO dell'OFFICINA e delle SSE.*

Le indicazioni riportate nei compiti accessori del piano non sono sufficienti. Come riportato nelle integrazioni suggerite al punto 5.2.9, un terzo “piano nel piano” che dovrebbe essere previsto in un organico piano di emergenza è il Piano di manutenzione delle attrezzature e degli impianti di emergenza, dall'incendio al materiale utile al soccorso sui treni o nelle stazioni.

#### **5.2.11 Procedura per il capo del personale delle ditte appaltatrici**

*Prima di iniziare il rapporto tra ditta appaltatrice e AMT, il responsabile della ditta prende visione degli impianti, degli ambienti, del piano d'emergenza e di evacuazione e dell'estratto del Regolamento d'Esercizio, che gli verranno formalmente consegnati.*

*Il capo squadra e/o il coordinatore di sicurezza della ditta appaltatrice, coordinerà il proprio personale conformemente al presente piano.*

*I sopralluoghi preliminari che effettuerà, saranno verbalizzati anche dal CT o da un Capo Operaio della Metropolitana.*

*La ditta appaltatrice*

- adotta il comportamento conseguente all'accettazione di quanto previsto circa la “Vigilanza e controllo degli accessi alla Metropolitana”;*
- dispone che il proprio personale sia formato ed informato del piano d'emergenza ed evacuazione, ed ordinerà di attuarlo nelle misure e nelle forme previste;*
- mette eventualmente a disposizione del CT il proprio personale di pronto soccorso e antincendio, documentandone la formazione avvenuta, al fine di integrarne le funzioni con il piano d'emergenza ed evacuazione;*
- per i lavori lungo la linea o in zona immediatamente limitrofa deve ascoltare le informazioni fornite dal personale AMT di supporto, se presente, e comunque si attiene alle procedure previste nel Regolamento d'Esercizio.*

*Nel caso di lavori commissionati dal Servizio Impianti dell'AMT, i sopralluoghi preliminari saranno verbalizzati dal coordinatore di sicurezza o dal responsabile dell'appalto il quale provvederà all'assenso del Direttore d'Esercizio e/o del settore Metropolitana, ai quali darà opportune comunicazioni.*

*Il Direttore d'Esercizio e/o il settore Metropolitana*

*• coordina l'attività della Metropolitana con quella prevista nell'appalto (progetto o procedure di sicurezza sono in questo caso progettati da IMP).*

---

Non si rilevano azioni implementative da intraprendere.

### 5.2.12 Capitoli aggiuntivi suggeriti

#### Comunicazioni e allarmi

Un paragrafo del piano deve essere dedicato all'esposizione delle possibilità di comunicazione e dei mezzi affinché questa avvenga tra il personale interno, con il pubblico e con i soccorsi esterni. I mezzi di telecomunicazione sono descritti all'art. 6 Strumenti a disposizione degli operatori del RCT, nella parte Telecomunicazioni. Il Regolamento dovrebbe essere almeno richiamato insieme al "Regolamento d'uso degli impianti di telecomunicazione". Che ne stabilisce l'uso conforme.

Per l'assunzione di informazioni, la trasmissione e la ricezione di notizie, ordini e prescrizioni atte a garantire a regolarità del servizio e la sicurezza della circolazione, la linea metropolitana è attrezzata con i seguenti impianti di telecomunicazione:

- d) impianto "telefoni automatici" per la trasmissione e ricezione di notizie relative al servizio e per la trasmissione e ricezione di dispacci di movimento.
- e) impianto "telefoni di emergenza" per le comunicazioni, ordini e prescrizioni di movimento, nei casi di mancato funzionamento delle precedenti linee e per lo scambio di comunicazioni con treni privi di radiotelefono funzionante. Di questa linea possono servirsi anche le squadre di manutenzione di pronto intervento in linea.
- f) impianto "diffusione sonora" per le comunicazioni al pubblico e per la ricerca di personale. Può essere usato per l'invio di particolari comunicazioni al personale, in caso di impossibilità d'uso degli impianti precedenti.

Delle modalità di allarme invece non si è trovato riscontro alcuno. Sarebbe doveroso riportare in un documento l'elenco delle situazioni che possono generare la necessità di un allarme, la definizione dei gradi di allarme, la definizione dei mezzi utili per consentire l'emanazione e la diffusione dell'allarme secondo il grado stabilito. I gradi solitamente sono 3 e corrispondono al grado di emergenza e alla capacità di intervento in grado di offrire dalla struttura organizzativa. Anche i tempi di allerta sono differenti.

La prima situazione di allarme dipende da un'emergenza di primo grado, associata alla possibilità di risolvere il problema in autonomia da parte degli utenti o con l'ausilio di massimo un addetto alle emergenze. Solitamente l'allarme arriva alle alte figure di coordinamento e analisi dell'organizzazione del Gestore, una volta che l'emergenza è terminata. La seconda situazione di allarme è associata all'intervento di una squadra di emergenza interna. L'allarme è solitamente diffuso nell'area dell'incidente e il più possibile mantenuto interno, inteso come non diffuso ai viaggiatori, se non strettamente coinvolti. L'allarme idealmente precede di poco l'intervento della squadra e è dato da un operatore di linea o un lavoratore del Gestore dell'infrastruttura. Il terzo tipo di allarme si attiva molto prima dell'intervento dei soccorsi e necessita l'intervento di soccorsi esterni. Solitamente è quindi associato a un'emergenza grave che gli operatori delle squadre di emergenza interne non riescono a domare.

### Relazioni con i soccorsi esterni

L'attivazione del sistema di governo dell'emergenza e d'informazione per gli utenti in difficoltà ha influenza rilevante sul numero di persone che riescono a mettersi in salvo in caso di emergenza e pericolo di sopravvivenza per i viaggiatori. Queste fasi di allarme sono, inoltre, propedeutiche alla tempestività con cui i soccorsi esterni possono intervenire in situazioni critiche o comunque ove richiesto dai Piani di emergenza.

Le indicazioni provenienti dalla gestione delle emergenze nelle gallerie ferroviarie del DM 28/10/05 offrono elementi aggiuntivi rispetto ai tradizionali piani di emergenza circa la necessità di collaborare con le Autorità locali e competente in cui è situata la galleria ferroviaria. È legittimo parere ritenere il trasporto che avviene in sotterraneo tipico delle metropolitane alla stregua delle casistiche citate del Decreto.

Le autorità locali competenti devono approntare congiuntamente al Gestore e ai servizi di soccorso esterno all'organizzazione del Gestore dell'infrastruttura, un piano di emergenza sulla traccia di quanto descritto all'interno del Piano di Emergenza Interno degli scenari di incidente ipotizzati. Questo piano prende il nome di Piano di Emergenza Esterno che tenga conto delle indicazioni generali e specifiche al fine di definire, per i vari scenari, compiti e responsabilità dei vari enti coinvolti nelle operazioni di soccorso. Il decreto di limita per le competenze a citare la responsabilità degli enti territoriali, senza definire nel dettaglio le competenze delle Prefetture (responsabili dell'attivazione delle componenti statali nel soccorso) e le Provincie (individuate dal D.Lgs. 31 marzo 1998 n. 112, art. 108 comma 1, lettera -b, come ente di riferimento per la pianificazione delle emergenze per il territorio di competenza), come già osservato da altri autori [70] [7].

Brevemente si ricorda che la messa in sicurezza delle persone presenti in galleria o in un luogo confinato e chiuso comprende due fasi: l'autosalvataggio e il soccorso.

Le migliori prestazioni di soccorso si ottengono se le procedure di attivazione e le azioni da adottare per la gestione dell'emergenza devono essere commisurate alla situazione emergenziale e al contesto in cui i soccorritori sono chiamati ad affrontare.

I ritardi nelle tempistiche di autosalvamento sono comportati da possibili carenze strutturali e impiantistiche primo fra tutte la larghezza del marciapiede o la presenza di sistemi di ventilazione in emergenza. Come è semplice intuire, su gallerie in esercizio, risulta impossibile, o comunque fortemente diseconomico agire su questi aspetti in termini di mitigazione del rischio. In termini di mitigazione delle conseguenze, si può ritenere che la corretta applicazione di procedure (per quanto possibile automatizzate e precodificate) possono avere effetti rilevanti comunque apprezzabili in termini di contenimento delle conseguenze.

Discorso diametralmente opposto se si considera l'apporto dell'intervento dei soccorritori sulle conseguenze finali dell'incidente. L'apporto di tali attività ha grande influenza sull'evoluzione dello scenario critico. Infatti, se si ipotizzasse la presenza al momento dell'innesco di un incendio, per esempio, di una squadra di soccorritori munita di tutte le dotazioni necessarie per lo spegnimento, le conseguenze sarebbero fortemente contenute e nella maggior parte dei casi azzerate. Tale condizione non risulta economicamente sostenibile e non sempre è realizzata a meno di eventi eccezionali e prevedibili dove vi è la possibilità di dedicare un presidio in punti strategici delle città e spesso in corrispondenza di stazioni metropolitane. In ogni caso viene sempre stimato un costo sostenibile sulla base del rischio da affrontare. È da sottolineare, anche per questo aspetto, come la corretta attivazione del sistema di gestione dell'emergenza risulta attività propedeutica ed indispensabile per non rendere vana qualsiasi operazione successiva. Per i casi reali analizzati da alcune ricerche specifiche [7], *il tempo necessario per muovere*

*i soccorritori dal presidio più vicino alla galleria fino al luogo dove il treno è fermo ha influenza per una quota tra il 60% e l'80% sull'effetto finale in termini di contenimento del rischio, per questo motivo, qualora non fosse possibile, per casi particolarmente critici il posizionamento di squadre di soccorso nelle vicinanze della galleria, risulta quantomeno utile che nel piano di emergenza siano correttamente segnate le vie di accesso alla galleria e che, qualora al verificarsi dell'incidente il treno fosse ancora nella possibilità di muoversi, il convoglio fosse portato nel luogo di più veloce accesso dei soccorritori. Quando il tempo per rendere operative le operazioni dei soccorritori fossero troppo lunghe il loro intervento perde completamente di efficacia, sia perché le persone che non si sono messe in salvo autonomamente non sono sopravvissute sia perché al di sopra della temperatura di Flash over risulta improbabile e pericoloso per i soccorritori stessi entrare in un luogo chiuso e sotterraneo, anche con tutte i dispositivi di protezione individuale a disposizione.*

Proprio in termini di continuità dell'intervento e del soccorso, il Piano dovrebbe possedere anche i seguenti contenuti:

- Descrizione delle possibilità di accesso per le squadre di soccorso. Le squadre di soccorso devono poter entrare nella galleria in caso di incidente, attraverso i portali larghi almeno 2,25 m e alte almeno 2,25 m. Il gestore dell'infrastruttura descrive nel piano di emergenza le strutture dedicate come vie di accesso.  
Le possibilità di accesso alternative devono essere descritte nel piano di emergenza.
- Devono essere previste aree di soccorso in prossimità della stazione o vicino alle vie di accesso. Le strade esistenti possono essere considerate aree di soccorso. Indicare eventuale posizione del piazzale di emergenza.
- Si deve indicare le attrezzature di emergenza a disposizione delle squadre di soccorso e/o dei passeggeri lungo i percorsi in sotterraneo e confinati.

In caso di anomalia il sistema del trasporto metropolitano è chiamato a interagire con l'ambiente esterno e in particolar modo a diventare una componente essenziale del più complesso sistema di gestione delle emergenze.

In prima fase il sistema è gestito dal Regolamento di Esercizio, in grado di far fronte alle prime anomalie, in stretta collaborazione con il sistema che compone l'intera infrastruttura in termini di strutture e impianti. In seconda fase il comportamento umano ha forte influenza sulla risposta l'anomalia, caratterizzando diversi aspetti tra i quali più importanti sono la possibilità e capacità di auto salvamento e la capacità autonoma di esodo. Il sistema non si autoregola internamente soprattutto nei casi in cui l'anomalia dovesse degenerare in emergenza, deve interagire con l'insieme di tutte le tecnologie, le componenti umane e le normative che ne regolamentano l'esercizio.

La più importante dipendenza tra i vari livelli del sistema di trasporto e gestione delle emergenze è quella tra il sistema dei soccorsi, il regolamento di esercizio e delle dotazioni tecnologiche della galleria e del materiale rotabile. Per una tempestiva attivazione dei soccorsi è necessario un apparato di rilevazione anomalia, e un sistema di trasferimento dell'allerta alla più vicina squadra di soccorso che sia in grado di definire il punto esatto dove il convoglio è fermo. Tale posizionamento, del resto, è conseguenza di azioni previste nel regolamento di esercizio.

L'obiettivo rimane quello di attivare, in caso di necessità, nel più breve tempo possibile le squadre di soccorso esterno e questo implica l'attribuzione di una particolare rilevanza alla fluidità e all'immediatezza del sistema di comunicazione e dei protocolli da attuare.

#### Piano di ripristino

Un altro aspetto da implementare richiesta dal DM 21/10/15 è la redazione di istruzioni che contengano le informazioni e le procedure necessarie al ripristino dopo un evento particolarmente critico, definibile come disastro. In generale quando un componente fondamentale per l'esercizio in sicurezza del trasporto viene colpito e attaccato da un evento incidentale di crisi dovrebbero essere definite le verifiche e le condizioni entro il quale il trasporto può definirsi ancora sicuro e completamente operativo.

L'obiettivo del piano di ripristino in caso di disastro è quello di assicurare una risposta pronta in caso di disastro o in una qualsiasi altra emergenza e ridurre gli effetti sulle operazioni del trasporto.

Visto l'incidente come una "interruzione" al normale esercizio della metropolitana, i principali obiettivi di questo Piano sono:

- Ridurre le interruzioni nelle normali operazioni.
- Limitare la portata dei danni.
- Ridurre l'impatto economico di tale interruzione.
- Stabilire in anticipo un modo alternativo di svolgere l'operazione.
- Addestrare il personale alle procedure di emergenza e ripristino.
- Consentire un rapido ed agevole ripristino.

Per tutti i piani di ripristino è necessario indicare i seguenti tre elementi:

- Procedure in risposta alle emergenze: per documentare l'appropriata risposta all'emergenza in caso di incendio, disastro naturale o qualsiasi altro avvenimento, allo scopo di salvare vite umane e di limitare i danni.
- Procedure per operazioni di backup: per assicurare la prosecuzione delle attività operative essenziali dopo il danneggiamento.
- Procedure per le azioni di ripristino: per facilitare il ripristino rapido di un sistema di elaborazione dati dopo un disastro, tra cui l'elenco di controllo delle azioni da intraprendere in caso di disastro.

Non si deve sottovalutare poi la necessità di collocare il documento in un'ubicazione sicura e accessibile esterna all'area a rischio e diffonderne i contenuti agli organi competenti dell'organizzazione del gestore ma anche alle autorità esterne.

### **5.3 Indicazioni finali sull'adeguamento del piano di emergenza di una stazione metropolitana**

Un Piano di Emergenza è un documento che può essere articolato in maniera complessa condizionatamente alla situazione, all'organizzazione e alla struttura che deve andare a gestire. È un vero e proprio manuale che serve da guida e da riferimento per aspetti che non è prassi comune trattare. Non è consuetudine, per i più, infatti, agire in emergenza. Sarebbe ossimorico sostenere il contrario. In qualche modo è anche uno dei collegamenti necessari tra quello che è la progettazione di una metropolitana e la sua l'operatività. In particolare, il piano si dedica anche a tutti quegli elementi che devono unire l'infrastruttura all'aspetto tipicamente umano della reazione alle emergenze. Per tale ragione si può sostenere che è consigliabile che un Piano di Emergenza contenga altre pianificazioni e programmi particolari, definibili di secondo livello, tra i quali se ne propongono 5:

- 1- piano manutenzione-livello preventivo
- 2- piano formazione-livello di efficienza e prevenzione
- 3- piano esodo – livello di protezione e efficienza
- 4- piano di soccorso o piano di emergenza esterno
- 5- piano di ripristino

Questi programmazioni e definizioni particolari pesano e agiscono su livelli differenti. Il piano delle manutenzioni degli impianti di emergenza agisce a livello prevenzionistico evidentemente. La pianificazione della formazione e degli addestramenti agisce a livello di prevenzione, ma soprattutto di efficienza di tutte le fasi dove è coinvolta la figura umana dalla sorveglianza preventiva all'efficienza nelle fasi di allarme e comunicazione alla calmierazione delle conseguenze dell'evento di emergenza. Il piano di esodo del resto agisce a livello di prevenzione in senso di progettazione e di efficientamento delle risorse a disposizione.

Devono essere forniti gli elementi per la costituzione dei piani di soccorso e di ripristino che agiscono in modo importante nella fase successiva al culmine dell'evento incidentale che ha portato all'emergenza, cercando di ridurre il più possibile, e in senso lato, le perdite. Particolare evidenza deve essere posta in tutti i documenti citati all'elemento primario dello sfollamento e mantenimento delle condizioni vitali durante tutte le fasi.



## Conclusioni

Le disposizioni legislative riguardanti le ferrovie metropolitane attualmente presenti in Italia hanno univocamente affrontato, nel tempo, il tema dell'operatività in caso di emergenza incendio non considerando altri scenari possibili. La definizione di contenuti minimi dei piani di emergenza è demandata alla buona tecnica e alle competenze esperienziali del gestore dell'infrastruttura o del servizio.

Nel D.M. 21 ottobre 2015 si stabilisce che deve essere perseguito l'obiettivo primario della salvaguardia delle persone, un principio fondamentale quanto scontato, con riferimento:

- alle condizioni di sopravvivenza delle persone che si troveranno nelle immediate vicinanze di un focolaio d'incendio;
- alla protezione delle persone durante il percorso che le conduce in uno spazio scoperto o comunque intrinsecamente sicuro, l'esodo.

Il presente lavoro di tesi fornisce un supporto alla redazione dei Piani di emergenza delle metropolitane coniugando aspetti scientifici caratteristici dell'analisi del rischio con aspetti tecnico procedurali tipici della gestione delle emergenze e della pianificazione, favorendo, in questo modo, la valutazione del rischio continua associato a una linea metropolitana nella sua totalità spaziale ma anche, e soprattutto, temporale.

Tale lavoro ha portato alla costruzione di un modello di piano di emergenza basato su specificazioni successive, costituito da 10 differenti capitoli indicativi e intesi come minimi necessari per la redazione documentale.

Oltre alla progettazione per una buona e opportuna prevenzione del rischio che mitighi le cause e le probabilità dell'insorgere di incendi per la prima volta, il D.M. del 21/10/2015 chiarisce la necessità di una gestione del rischio, inteso in termini più ampi rispetto al solo incendio, che venga mantenuta e efficacemente attuata nel tempo.

La mitigazione del rischio all'interno di una linea metropolitana è una materia che abbraccia differenti discipline. Si è osservato come la dinamicità del sistema di trasporto non può essere vincolato da scelte di tipo standard, ma solo prendere le mosse dalla modulazione delle scelte progettuali per poi adattare il risultato di queste scelte e ulteriori misure alla situazione reale della stazione, della galleria e del luogo in cui gestire le emergenze. Non è più sufficiente un approccio di tipo prescrittivo neppure per quanto riguarda la gestione delle emergenze. Lo sviluppo tecnologico e la buona tecnica permettono di fare ulteriori passi per il miglioramento delle nostre infrastrutture. La legge impone un minimo standard che non si può intendere come solo sufficiente, in termini di salvaguardia della vita, ma sempre e solo necessario.

Il piano di esercizio nel trasporto pubblico prevede anche la presenza di un piano di emergenza che lo segue idealmente passo passo in tutte le sue fasi di funzionamento. La semplificazione doverosa delle procedure di emergenza non deve portare alla banalizzazione del problema.

Si è studiata la stretta derivazione che un piano di emergenza deve possedere rispetto alla valutazione dei rischi. Il piano è in questi termini la misura di programmazione principale per il contenimento dello sviluppo di tutti quegli scenari di pericolo grave e incidente rilevante che possono avvenire in una metropolitana. Il piano di emergenza interno è la chiusura logica del documento di valutazione dei rischi e nasce con lo scopo di programmare le azioni e definire le modalità con cui verranno utilizzate le misure di prevenzione e protezione dai rischi che possono espandere la loro gravità fino al livello emergenziale, alto rischio o rischio non accettabile. Questo scopo viene raggiunto tramite procedure operative per il personale dell'organizzazione, per gli utenti in transito e per i soccorsi esterni. Le procedure di emergenza e di soccorso sono esplicitazione di quello che è da intendersi come un servizio contingente e necessario, che deve essere garantito in ogni fase del funzionamento di un'infrastruttura di trasporto. In altri termini è un servizio parallelo che deve figurativamente viaggiare contemporaneamente con il servizio di trasporto. Deve essere pianificato affinché abbia la caratteristica di essere fruibile nel breve tempo e in qualsiasi istante di tutte le fasi del trasporto.

La valutazione dei rischi è quindi uno strumento permanente e il piano è un elemento essenziale per la rivalutazione dei rischi non solo in un'ottica preliminare ma anche operativa, successiva alla realizzazione delle misure. I piani di emergenza devono essere adeguati nell'ottica del legislatore al fine di aumentare il grado di controllo e consapevolezza. La programmazione preventiva delle emergenze è da intraprendere tramite un'ottica ampia di contesto, strettamente collegata alla progettazione di lungo raggio e lungo termine. Questa programmazione è particolare perché ha un carattere molto prestazionale di tipo probabilistico, i cui risultati sono difficilmente ripetibili e dipendono da una serie di variabili di cui non si ha certezza di efficienza. Non è sufficiente in tal senso fornire le misure di prevenzione e protezione standard e modulari, ma anche dei risultati misurabili e definibili preventivamente dal punto di vista prestazionale: prestazioni per l'esodo per esempio. In quest'ottica trova spazio l'opportunità offerta dalla progettazione FSE.

I piani di emergenza ancora derivanti da un tipo di normativa prescrittiva che risulta carente di una serie di aspetti che devono essere necessariamente implementati. Tra tutti particolare rilevanza hanno i seguenti aspetti:

- Formazione, Istruzioni e Procedure operative
- Relazioni con i soccorsi esterni
- Presenza di piani e procedure per il ripristino

Un Piano di Emergenza è un documento che può essere articolato in maniera complessa condizionatamente alla situazione, all'organizzazione e alla struttura che deve andare a gestire. È un vero e proprio manuale che serve da guida e da riferimento per aspetti che non è prassi comune trattare. In particolare, il piano si deve dedicare a tutti quegli elementi riguardanti la reazione alle emergenze che devono unire l'infrastruttura, (inerte, inanimata) all'elemento comportamentale tipicamente umano. Per tale ragione si è identificato il Piano di Emergenza come il documento guida principale all'interno del quale trovano ragione di sviluppo altre pianificazioni e programmi particolari tra i quali se ne sono proposti 5:

- piano esodo;
- piano manutenzione;
- piano formazione;
- piano di soccorso o piano di emergenza esterno;
- piano di ripristino.

Le scadenze di adeguamento del 2018 e dei prossimi anni (2020, 2022) costringeranno i gestori a una rivalutazione e revisione biennale dei piani di emergenza.

Il decreto ministeriale del 21 ottobre 2015, impone per le nuove metropolitane l'adozione di un sistema di gestione antincendio (e di emergenza), ma sarebbe auspicabile anche per le linee più antiche. Questo approccio, ad oggi, si intende come il più valorizzante, in grado di offrire la miglior garanzia della continuità della vita e dei beni materiali e di servizio.

## Bibliografia

- [1] UNI ISO 45001:2018, Sistemi di gestione per la salute e sicurezza sul lavoro
- [2] Requisiti e guida per l'uso La progettazione antincendio. Applicazioni pratiche nell'ambito del D.M. 3 agosto 2015 e s.m.i., INAIL -Dipartimento innovazioni tecnologiche e sicurezza degli impianti, prodotti e insediamenti antropici; Responsabili scientifici: Raffaele Sabatino, Mara Lombardi, Tolomeo Litteri; Autori: Raffaele Sabatino, Daniela Freda, Antonella Pireddu, Stefano Baldassarini, Stefano Manna, Mara Lombardi, Nicolò Sciarretta, Mauro Caciolai, Piergiacomo Cancelliere, Filippo Cosi, Vincenzo Cascioli
- [3] D.P.R. 1° agosto 2011, n. 151 "Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione incendi, a norma dell'articolo 49 comma 4-quater, decreto legge 31 maggio 2010, n. 78, convertito con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n. 122"
- [4] D.M. 9 maggio 2007 Direttive per l'attuazione dell'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio. (G.U. n. 117 del 22/05/2007)
- [5] Codice di prevenzione incendi D.M. 3 agosto 2015 Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell'articolo 15 del decreto legislativo 8 marzo 2006, n. 139.
- [6] D.P.R. 11 luglio 1980, n. 753, Nuove norme in materia di polizia, sicurezza e regolarità dell'esercizio delle ferrovie e di altri servizi di trasporto
- [7] Il rischio di incendio nelle gallerie ferroviarie: L'elaborazione di Piani di Emergenza Esterna. Dottorando: Giovanni Rainoldi. XXV Corso di Dottorato in Infrastrutture e Trasporti. Curriculum in Ingegneria Ferroviaria Tutore: Gabriele Malavasi. Cotutore: Roberto Maja.
- [8] Borghetti F., Gandini P., "Individuazione di metodi e raccomandazioni a supporto della generazione di scenari di rischio incidentale nelle gallerie stradali e ferroviarie, Impianto normativo gallerie ferroviarie" Dipartimento IN.D.A.CO. Unità di Ricerca D.I.S. – Sistemi di Mobilità Laboratorio Mobilità e Trasporti, 2012.
- [9] <http://www.treccani.it/>
- [10] <https://www.salini-impregilo.com/en/>
- [11] [www.metro4milano.it](http://www.metro4milano.it)
- [12] <http://www.rfi.it>
- [13] Roberto Maja, "Sistemi e servizi di trasporto: elementi generali", Dispensa del corso Tecnica ed Economia dei Trasporti Laurea specialistica in Ingegneria Civile Orientamento Infrastrutture Viarie, Laboratorio Mobilità e Trasporti - Dipartimento IN.D.A.CO, Ottobre 2008.
- [14] [http://www.treccani.it/enciclopedia/curve-f-n\\_\(Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica\)/](http://www.treccani.it/enciclopedia/curve-f-n_(Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica)/)

- 
- [15] Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Decreto 28 ottobre 2005: “Sicurezza nelle gallerie ferroviarie”. (GU n.83 del 8-4-2006 - Suppl. Ordinario n. 89).
- [16] [www.dding.it](http://www.dding.it)
- [17] SALVATORE LEONARDI, FRANCESCO NICOSIA, SASCIA CANALE, “Pericolosità stradale ed interventi per ottenere l'isorischio di percorrenza”, 2014.
- [18] [http://www.treccani.it/enciclopedia/curve-f-n\\_\(Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica\)/](http://www.treccani.it/enciclopedia/curve-f-n_(Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica)/)
- [19] ANAS S.p.A. Condirezione Generale Tecnica, Direzione Centrale Progettazione, “Linee Guida per la progettazione della sicurezza nelle Gallerie Stradali secondo la normativa vigente”, ottobre 2009.
- [20] John B. Cornwell and Mark M. Meyer, Risk Acceptance Criteria or “How Safe is Safe Enough?”, atti del II Risk Control Seminar Petróleos de Venezuela Puerto La Cruz, Venezuela October 13, 1997.
- [21] Decreto Ministeriale del 10 marzo 1998, Criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione dell'emergenza nei luoghi di lavoro (S.O. n. 81 a G.U. del 7 aprile 1998, n. 81).
- [22] D.P.R. 11 luglio 1980, n. 753, Nuove norme in materia di polizia, sicurezza e regolarità dell'esercizio delle ferrovie e di altri servizi di trasporto. (GU n.314 del 15-11-1980 - Suppl. Ordinario).
- [23] <http://www.questconsult.com/papers/risk-acceptance-criteria>
- [24] UIC Codex-779-9 “Safety un railway tunnels”, edizione settembre 2002.
- [25] UNI – UNIFER 8379, Sistemi di trasporto su rotaia od altra guida vincolante. Termini e definizioni.
- [26] UNI 7508:1996, Metropolitane. Banchine di stazione.
- [27] <http://www.sottomilano.it/mezzi.htm>
- [28] UNI 11168-1:2006, Accessibilità delle persone ai sistemi di trasporto rapido di massa - Parte 1: Criteri progettuali per le metropolitane
- [29] UNI 9604:1989, Metropolitane. Atrii di stazione. Direttive di progettazione
- [30] [www.hilti.it](http://www.hilti.it)
- [31] <http://italy.hitachirail.com/>
- [32] UNI 7744:1998, Metropolitane - Corridoi, scale fisse, scale mobili e ascensori nelle stazioni - Direttive di progettazione. Data entrata in vigore: 30 settembre 1998.
- [33] <http://urbanrail.net/eu/it/mil/milano.htm>
- [34] Atti del IV Convegno Nazionale, SICUREZZA ED ESERCIZIO FERROVIARIO, Soluzioni e Strategie per lo Sviluppo del Trasporto Ferroviario, Roma, 2 ottobre 2015.
- [35] *D.Lgs. 10 agosto 2007, n. 162 [s.m.i.]: Attuazione delle direttive 2004/49/CE e 2004/51/CE relative alla sicurezza e allo sviluppo delle ferrovie comunitarie.* (GU n.234 del 8-10-2007 - Suppl. Ordinario n. 199).
- [36] REGOLAMENTO (CE) N. 1192/2003 DELLA COMMISSIONE del 3 luglio 2003 che modifica il regolamento (CE) n. 91/2003 del Parlamento europeo e del Consiglio relativo alle statistiche dei trasporti ferroviari.
- [37] Gianfrancesco Monopoli, “soccorso in metro”, OBIETTIVO SICUREZZA, n.4, marzo 2007, p.18-27
- [38] Alessandro Paola, “metropolitana e sicurezza”, OBIETTIVO SICUREZZA, n.3, marzo 2007, p.10-17 e allegati
- [39] D.M. 21 ottobre 2015 Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio delle metropolitane. (G.U. n. 253 del 30/10/2015)
- [40] Direttiva regionale in materia di gestione delle emergenze regionali”, approvata con D.g.r. 6 marzo 2017 n. X/6309.

- 
- [41] D.Lgs 26 giugno 2015, n. 105, Attuazione della direttiva 2012/18/UE relativa al controllo del pericolo di incidenti rilevanti connessi con sostanze pericolose. (G.U. 14 luglio 2015, n. 161 - S.O. n. 38)
- [42] DIRETTIVA DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI “Indirizzi operativi per la gestione delle emergenze”, 3 dicembre 2008.
- [43] Circolare del Direttore Generale Della Pubblica Sicurezza Franco Gabrielli –25 maggio 2017 e 7 GIUGNO 2017 , Qualificazione degli aspetti di SAFETY e SECURITY al fine di individuare le migliori strategie operative.
- [44] Circolare del Capo Dipartimento Dei Vigli Del Fuoco, Del Soccorso Pubblico E Della Difesa Civile Bruno Frattasi, “Manifestazioni pubbliche. Indicazioni di carattere tecnico in merito a misure di SAFETY”, 19 giugno 2017.
- [45] Capo di gabinetto Dott. Morcone, “Modelli organizzativi per garantire alti livelli di sicurezza in occasione di manifestazioni pubbliche, 28 luglio 2017.
- [46] Circolare 11001/110/(10) emanata dal Ministero degli Interni il 28 luglio 2017
- [47] Dir.P.C.M. 6 aprile 2006, Coordinamento delle iniziative e delle misure finalizzate a disciplinare gli interventi di soccorso e di assistenza alla popolazione in occasione di incidenti stradali, ferroviari, aerei ed in mare, di esplosioni e crolli di strutture e di incidenti con presenza di sostanze pericolose.
- [48] Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri del 6 aprile 2006, pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 87 del 13 aprile 2006.
- [49] D.P.C.M del 3 dicembre 2008 “Organizzazione e funzionamento di SISTEMA”
- [50] Direttiva del Capo Dipartimento della Protezione Civile del 02/05/2006 “Indicazioni per il coordinamento operativo di emergenze dovute a incidenti stradali, ferroviari, aerei e in mare, a esplosioni e crolli di strutture e a incidenti di carichi pericolosi, che possano coinvolgere un elevato numero di persone”.
- [51] Giovanni Rainoldi, Gabriele Malavasi, Roberto Maja “Rischio di incendio nelle gallerie ferroviarie - L’elaborazione di Piani di Emergenza Esterna”
- [52] Zuliani Antonio, “Azioni e reazioni nell'emergenza. tutto quello che si deve sapere sui comportamenti umani per costruire un piano di emergenza”, EPC edizioni 2017.
- [53] AMT Genova, “PIANO D’EMERGENZA ED EVACUAZIONE PER LA METROPOLITANA”, Revisione 03, aprile 2014.
- [54] Prefettura di Palermo, Piano di Emergenza e Soccorso” per la galleria ferroviaria “Serragalluzzo” ubicata nel Comune di Carini, settembre 2013.
- [55] [https://it.wikipedia.org/wiki/Metropolitana\\_di\\_Genova](https://it.wikipedia.org/wiki/Metropolitana_di_Genova)
- [56] <https://www.amt.genova.it>
- [57] [http://italy.hitachirail.com/metro-genova\\_495.html](http://italy.hitachirail.com/metro-genova_495.html)
- [58] <http://genovaunderground.net>
- [59] [https://web.archive.org/web/20060203090153/http://www.trail.liguria.it/Mobil\\_passeggeri/metro\\_genova.htm](https://web.archive.org/web/20060203090153/http://www.trail.liguria.it/Mobil_passeggeri/metro_genova.htm)
- [60] <https://web.archive.org/web/20060513111453/http://www.genovametro.com:80/frames/storia.htm>
- [61] Metropolitana di Genova, Regolamento Circolazione Treni, Parte 2a del Regolamento d’Esercizio del 20 novembre 2012.
- [62] [www.vigilfuoco.it/](http://www.vigilfuoco.it/)
- [63] <https://www.repubblica.it/esteri/2016/03/02/foto>
- [64] AMT Genova, Regolamento Circolazione Treni (RCT) Parte II del Regolamento d’Esercizio del 20 novembre 2012.
- [65] <https://www.codiceappalti.it>
- [66] <https://www.ingenio-web.it/>
- [67] UNI EN 13306:2018, Manutenzione - Terminologia di manutenzione.

- [68] Decreto Legislativo 18 aprile 2016, n. 50, "Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché' per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture" (Nuovo codice appalti), pubblicato nel S.O. n. 10 relativo alla Gazzetta Ufficiale, Serie Generale n. 91 del 19 aprile 2016.
- [69] Ministero Delle Infrastrutture E Dei Trasporti Decreto, "Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»", 17 gennaio 2018, G.U. Serie Generale n.42 del 20-02-2018, Suppl. Ordinario n. 8, 17 gennaio 2018.
- [70] Borghetti F., Gandini P., "Individuazione di metodi e raccomandazioni a supporto della generazione di scenari di rischio incidentale nelle gallerie stradali e ferroviarie, Impianto normativo gallerie ferroviarie", Dipartimento IN.D.A.CO. Unità di Ricerca D.I.S. - Sistemi di Mobilità Laboratorio Mobilità e Trasporti, 2012.
- [71] Alfred Haack, Joerg Schreyer, "Emergency Scenarios for Tunnels and Underground Stations in Public Transport", Fourth International Symposium on Tunnel Safety and Security, Frankfurt am Main, Germany, 17-19/03/2010.