

**MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI
STRUTTURA TECNICA DI MISSIONE**




COMUNE DI TORINO



**METROPOLITANA AUTOMATICA DI TORINO
LINEA 2 – TRATTA POLITECNICO – REBAUDENGO**

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA
Lotto generale: Politecnico - Rebaudengo**


PROGETTO DEFINITIVO		 INFRATRASPORTI S.r.l.												
DIRETTORE PROGETTAZIONE Responsabile integrazione discipline specialistiche	IL PROGETTISTA													
Ing. R. Crova Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino n. 60385	Ing. R. Crova Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino n. 60385	INTERFACCIA OPERE CIVILI - SISTEMA RELAZIONE GENERALE												
		ELABORATO								REV.		SCALA	DATA	
		MT	L2	T1	A0	D	SIS	GEN	R	001	Int.	Est.	-	20/10/2023
BIM MANAGER Geom. L. D'Accardi											0	1		

AGGIORNAMENTI

Fg. 1 di 1


REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	VISTO
0	EMISSIONE	31/03/22	Vari	FAz	RCr	RCr
1	EMISSIONE FINALE A SEGUITO DI VERIFICA PREVENTIVA	20/10/23	Vari	FAz	RCr	RCr
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-

<table border="1"> <tr> <td>LOTTO 0</td> <td>CARTELLA</td> <td>13.0</td> <td>01</td> <td>MTL2T1A0D</td> <td>SISGENR001</td> </tr> </table>	LOTTO 0	CARTELLA	13.0	01	MTL2T1A0D	SISGENR001	<p align="center">STAZIONE APPALTANTE</p> <p align="center">DIRETTORE DI DIVISIONE INFRASTRUTTURE E MOBILITÀ Ing. R. Bertasio</p> <p align="center">RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. A. Strozzi</p>
LOTTO 0	CARTELLA	13.0	01	MTL2T1A0D	SISGENR001		


 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta funzionale 1: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

INDICE


1.	INTRODUZIONE	6
1.1	PREMESSA	6
1.2	LA REVISIONE DEL PFTE	7
1.3	LA PROGETTAZIONE DEFINITIVA	8
2.	INQUADRAMENTO GENERALE	9
3.	CARATTERISTICHE GENERALI DEL SISTEMA	14
3.1	CARATTERISTICHE PRIMARIE	14
3.2	CARATTERISTICHE FUNZIONALI DELL'INFRASTRUTTURA	15
3.3	CARATTERISTICHE FUNZIONALI DEL MATERIALE ROTABILE	15
3.3.1	INDIPENDENZA DEL MATERIALE ROTABILE DAL SEGNALAMENTO A BORDO E A TERRA¹⁶	
4.	INFORMAZIONI SULLA CAPACITÀ DI TRASPORTO	18
4.1	PREMESSA	18
4.2	DETTAGLI SUL TEMPO DI GIRO	19
4.3	MODELLI DI TRAZIONE	20
4.4	ALTRE INFORMAZIONI SULLA CAPACITÀ DI TRASPORTO	22
5.	TRACCIATO	23
5.1	CRITERI DI PROGETTAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICHE	23
5.1.1	RAGGI DI CURVATURA PLANIMETRICI	23
5.1.2	RACCORDI PLANIMETRICI	24
5.1.3	PENDENZE ALTIMETRICHE	24
5.1.4	RACCORDI ALTIMETRICI	24
5.2	TRACCIATO DI RIFERIMENTO	24
5.2.1	TRATTA REBAUDENGO – VERONA	24
5.2.1.1	Tratta Verona - Porta Nuova	25
5.2.1.2	Tratta Porta Nuova – Politecnico	25
6.	ESERCIZIO DELLA TRATTA E DIMENSIONAMENTO MATERIALE ROTABILE	26
7.	INTERFACCIA OPERE CIVILI-SISTEMA	27

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

7.1	SPECIFICHE DI INTERFACCIA	28
7.1.1	VERIFICHE DI CIRCOLABILITÀ	28
7.1.2	VERIFICHE DI PESO MASSIMO STATICO	29
8.	TIPOLOGIE DI ARMAMENTO	30
8.1	SISTEMA SU GOMMA	30
8.1.1	LA VIA DI CORSA	30
8.1.2	TIPOLOGIE DI SEZIONE	31
8.1.2.1	Piattaforma a raso nel deposito-officina	31
8.1.2.2	Galleria artificiale a sezione rettangolare	31
8.1.2.3	Galleria a sezione circolare o policentrica	32
8.1.3	PISTE DI ROTOLAMENTO	32
8.1.4	GUIDA LATERALE	33
8.1.5	APPARECCHI DI VIA	34
8.2	SISTEMA SU FERRO	36
8.2.1	ARMAMENTO CON TRAVERSE BI-BLOCCO	36
8.2.1.1	La via di corsa	36
8.2.1.2	Binario di linea	36
8.2.1.3	Galleria artificiale a sezione rettangolare	37
8.2.1.4	Galleria a sezione circolare o policentrica	37
8.2.1.5	Scambi di linea	37
8.2.2	ARMAMENTO CON BINARIO SU BALLAST	39
8.2.3	ARMAMENTO ANTIVIBRANTE	40
8.2.3.1	La fondazione	42
8.2.3.2	La vasca flottante	42
8.2.3.3	Lo stopper	42
8.2.3.4	Il blocchetto estraibile	43
8.2.3.5	Il binario	43
9.	PRESCRIZIONI FUNZIONALI GENERALI	44
9.1	REQUISITI DEL SISTEMA DI TRASPORTO	44
9.1.1	ANALISI DI RISCHIO NELLE METROPOLITANE - PROPOSTA DI APPROCCIO METODOLOGICO PER LA VALUTAZIONE E ACCETTAZIONE DEL RISCHIO NELLE METROPOLITANE (ALLEGATO 1)	44
9.1.2	AFFIDABILITÀ / DISPONIBILITÀ / MANUTENIBILITÀ / SAFETY (RAMS)	44
9.1.2.1	Introduzione	44
9.1.2.2	Gestione delle attività RAMS	46
9.1.2.3	Organizzazione	47
9.1.2.4	RAMS Manager	47
9.1.2.5	Project Manager	47
9.1.2.6	Manager di Interfaccia	48
9.1.2.7	Manager Sotto-Sistemi	48

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

9.1.2.8	Manager Acquisti Fornitori e sub-contratti	48
9.1.2.9	Documentazione	48
9.1.2.10	Revisioni e avanzamenti	48
9.1.2.11	Politiche tipiche delle RAMS	49
9.1.2.12	Sorgenti di DATI per la Analisi RAMS	49
9.1.2.13	Indicatori della RAMS	49
9.1.3	EMC (ELECTROMAGNETIC COMPABILITY) - REQUISITI GENERALI DI SISTEMA	51
9.1.3.1	Documentazione da produrre	52
9.1.3.2	Piano di controllo	52
9.1.3.3	EMC Piano di Management	52
9.1.3.4	EMC Report delle attività di progetto	53
9.1.3.5	Requisiti per le Emissioni Elettromagnetiche Interferenti (EMI)	53
9.1.3.6	Rolling Stock	53
9.1.3.7	Immunità e limitazione delle Emissioni	54
9.1.3.8	Requisiti aggiuntivi di sistema	54
9.1.4	OBIETTIVI TECNICI DELLA EMC	55
9.1.4.1	Classificazione degli effetti elettromagnetici	55
9.1.4.2	Messa terra, Cablaggi e protezione da correnti vaganti	56
9.1.4.3	Cablaggi e messa a terra	56
9.1.4.4	Protezione dalle correnti Vaganti	57
9.1.5	ELETTRODOTTI AT LUNGO IL TRACCIATO	58
9.1.5.1	Protezione contro le correnti vaganti	63
9.1.6	CYBER SECURITY	64
9.1.6.1	Integrazione della Cyber Security nel progetto	65
9.1.6.2	Modello di prevenzione del Rischio	65
9.1.6.3	Benefici nell'adottare la Cyber Protection	66
9.1.6.3.1	<i>Benefici</i>	66
9.1.6.3.2	<i>Oscuramento</i>	66
9.1.6.3.3	<i>Regolamentazione accessi</i>	66
9.1.6.4	Azioni sulla rete informatica	67
9.2	INTRODUZIONE DELLE BICICLETTE	74
9.3	AGGIORNAMENTI TECNOLOGICI E PRODEUTICITÀ	77
10.	PROPOSTA DI APPROCCIO METODOLOGICO PER LA VALUTAZIONE E ACCETTAZIONE DEL RISCHIO NELLE METROPOLITANE (ALLEGATO 1)	79
11.	CONSULTAZIONE DI MERCATO 2021 (ALLEGATO 2)	79


 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1.	Key-plan della Linea 2	7
Figura 2.	Key-plan della Linea 2 – tratta funzionale 1 e 2 : Politecnico-Rebaudengo	10
Figura 3.	Armamento su gomma tipo 1, 2 e 3	34
Figura 4.	Armamento su ferro galleria TBM e C&C	38
Figura 5.	Armamento su ballast	39
Figura 6.	Armamento massivo su ferro per galleria in TBM e galleria artificiale C&C	41
Figura 7.	Aree di impatto del campo magnetico da elettrodotti (verde) (Fonte: Portale CEM-ARPA Regione Piemonte) in rosso il tracciato della Linea 2 (Tratta Stazione Rebaudengo - Stazione Bologna)	59
Figura 8.	Zoom dell'area tra Deposito Rebaudengo e Stazione Bologna ove sono riportati in verde le aree di impatto degli elettrodotti esistenti e in arancione gli elettrodotti in cavo 132 kV che attualmente sono in fase di progettazione	59
Figura 9.	Sezione tipo lungo passante ferroviario (fonte Terna)	60
Figura 10.	Sezione tipo nuovo cavidotto lungo ex trincea ferroviaria: a sx particolare della passerella tralicciata, a dx: disposizione dei conduttori, disposizione del canale schermante e DPA per il rispetto dei 3 μ T (Fonte: I-reti)	61
Figura 11.	Vista in sezione longitudinale rispetto all'asse del cavidotto e posizionata in corrispondenza dell'ex trincea ferroviaria con posa su passerella (a sx) e (a dx) Posa a "L" su passerella tralicciata tra via Sempione e via Gottardo (fonte: Ireti)	62
Figura 12.	Dati: Sorgenti e dispositivi	70
Figura 13.	Esempi di fissaggio bici interno treno	75
Figura 14.	Esempio di regolamentazione accesso bici	76

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1.	Elenco delle WBS delle opere incluse nel 1° lotto funzionale	11
Tabella 2.	Tabella: WBS incluse nel 2° lotto funzionale	12
Tabella 3.	Tempi di giro AW2 e AW3 per 10, 11, 12 treni	21
Tabella 4.	Numero treni necessari	21
Tabella 5.	Parametri RAMS	50
Tabella 6.	Azioni sulla rete informatica – Lista di controllo	68

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

1. INTRODUZIONE

La presente relazione generale si inserisce nell'ambito della documentazione relativa alla Progettazione Definitiva della Linea 2 della Metropolitana di Torino - tratta Politecnico-Rebaudengo.

Nel seguito si riporta un riepilogo dell'iter progettuale che va dal Documento di Progettazione Preliminare fino all'incarico per la redazione della Progettazione Definitiva.


1.1 Premessa

La linea 2 della metropolitana di Torino avrà uno sviluppo totale di circa 28 km e comprenderà 32 stazioni. La linea sarà di tipo "automatico leggero" senza conducente, di caratteristiche simili a quelle della linea 1, ma si differenzierà necessariamente da essa in termini di "sistema ferroviario" e di dimensioni dei rotabili, anche per tener conto dello sviluppo tecnologico intervenuto.

Coerentemente con le fasi progettuali precedenti, **la linea guida progettuale è quella di stabilire una geometria delle stazioni e della galleria che possa essere compatibile con tutti i principali sistemi di metropolitana automatica presenti sul mercato senza selezionare un sistema "proprietario".**

Il Progetto di Fattibilità Tecnica Economica (nel seguito detto anche PFTE) della Linea 2 della Metropolitana di Torino è stato sviluppato nel 2019 e validato dal RUP, ai sensi dell'art. 26, comma 8, del D.Lgs. 50/2016 e s.m.i. in data 8 gennaio 2020. Il tracciato dell'intera linea, nella sua configurazione finale, è suddiviso in tre tratte principali di seguito descritte:

- Tratta centrale:
 - estensione circa 15700 m;
 - numero di stazioni 23.
- Tratta nord (che corrisponde al prolungamento nord-est):
 - estensione circa 6500 m;
 - numero di stazioni 4.
- Tratta sud (che corrisponde al prolungamento sud-ovest):
 - estensione circa 5700 m;
 - numero di stazioni 5.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

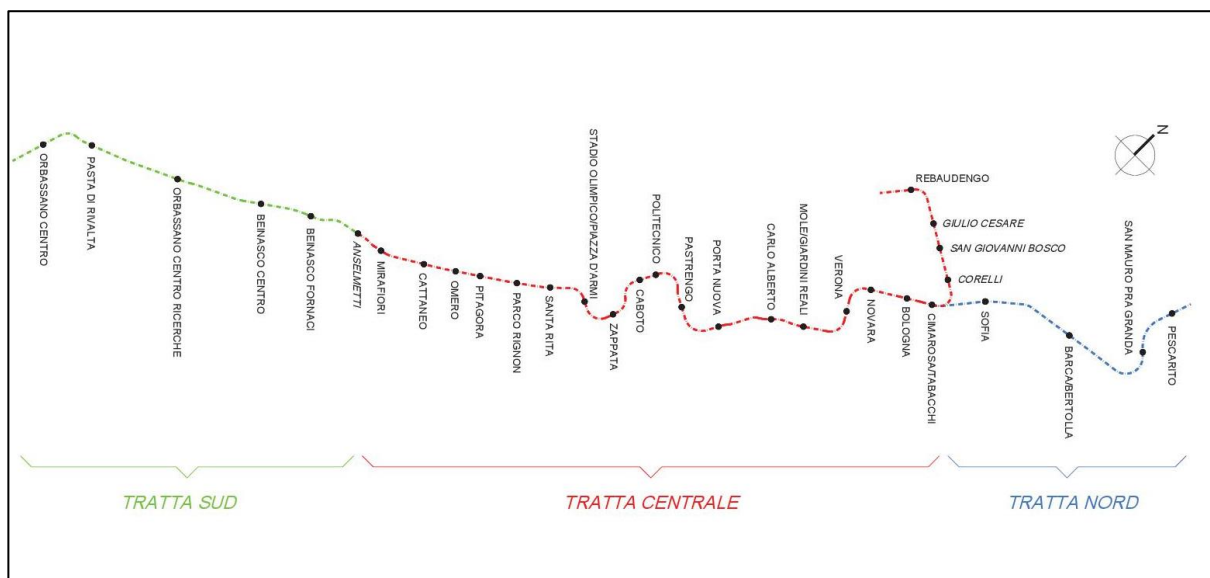



Figura 1. Key-plan della Linea 2

1.2 La revisione del PFTE

Al fine di rendere funzionale la tratta, è stato necessario introdurre le seguenti opere/modifiche:

- Ampliamento del manufatto denominato Retrostazione Rebaudengo, modificandone la configurazione al fine di disporre di un deposito-officina, caratterizzato da un nuovo layout funzionale che permetta di eseguire gli interventi di manutenzione ordinaria programmata sui treni, oltre che il parcheggio di 7 treni in stalli predisposti e complessivamente di 10 treni a fine servizio, considerando le postazioni in officina e lavaggio.
- la stazione Politecnico è stata approfondita di un livello, passando quindi dalla tipologia a 3 livelli individuata nel PFTE ad una tipologia a 4 livelli interrati; questa modifica, derivante dall'abbassamento della livelletta nel tratto compreso tra le stazioni adiacenti a quella del Politecnico, ovvero Stazione Caboto e Stazione Pastrengo, si è resa necessaria al fine di realizzare un tronchino in retrostazione a sud della Stazione Politecnico, avente la duplice funzione di permettere durante il servizio della linea l'inversione di marcia dei treni ed a fine servizio il parcheggio in linea di 4 vetture;
- introduzione di un pozzo di estrazione della Tunnel Borin Machine (TBM) che scaverà la galleria di linea nella tratta dal fondo del manufatto del pozzo Novara in direzione Politecnico.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

1.3 La progettazione definitiva

Il Progetto Definitivo è sviluppato a partire dalla Revisione del PFTE finalizzata all'adeguamento delle esigenze connesse allo stralcio progettuale della tratta funzionale prioritaria Politecnico – Rebaudengo con indicazione delle caratteristiche tecnico-funzionali che ne rendano possibile l'esercibilità.


In continuità con le direttive impartite nell'ambito delle precedenti fasi di Progettazione, dove **la decisione tecnica dell'Amministrazione è stata quella di non perseguire la scelta dell'interoperabilità e quindi di lasciare aperta l'individuazione del Sistema per la Linea 2 della Metropolitana di Torino, anche nella presente fase di progettazione definitiva, l'infrastruttura è stata dimensionata considerando un "inviluppo" progettuale delle soluzioni tecnologiche e del materiale rotabile, basate sulle caratteristiche di un Sistema "ottimale"**, non proprietario, ma avente per ogni sotto funzione, il miglior compromesso tra specifiche e costi realizzativi, utilizzando le migliori tecnologie disponibili al momento della realizzazione dell'opera. Alcuni punti fermi sono mandatori, ossia che il Sistema sia di tipo "Driveless", ad automazione integrale e dotato dei più recenti sistemi di sicurezza.

Sulla base di quanto specificato, la corrispondente progettazione definitiva è stata redatta per le opere civili, ed in particolare per la parte impiantistica, appunto in riferimento al possibile inviluppo delle soluzioni tecniche mediante la predisposizione funzionale di spazi e disponibilità tecniche al fine di adottare una delle possibili tipologie di sistema (indipendentemente dal produttore) menzionate nella documentazione PFTE che il progettista ha ricevuto come base di progetto.

Nell'ambito della progettazione Definitiva, nei limiti di quanto sopra citato, sono state sviluppate tutte le predisposizioni impiantistiche afferenti all'ambito di Sistema, tra le principali:

- Progetto funzionale, architettonico e strutturale per stazioni, pozzi, galleria e Deposito
- Modellazione di esercizio relativamente alla tratta Rebaudengo-Politecnico
- Progetto impianto di media tensione relativo alla tratta Rebaudengo-Politecnico
- Progetto di predisposizione vie cavi correnti/forti e correnti deboli per stazioni, pozzi, galleria e Deposito
- Progetto impianto di ventilazione di emergenza di stazione, galleria, Deposito e relative modellazioni
- Progetto idraulico dell'intera infrastruttura

Il Sistemista selezionato sarà poi tenuto alla redazione del Progetto Esecutivo relativo alla propria proposta tecnica complessiva, all'adattamento e ottimizzazione di quanto predisposto in sede di Progetto Definitivo nell'ambito dell'interfaccia con le Opere Civili e alle corrispondenti predisposizioni impiantistiche rimanendo nell'alveo delle soluzioni tecniche e funzionali proposte in progetto, nel rispetto degli ingombri massimi disponibili per le stazioni, le gallerie, i pozzi, i manufatti, il Deposito.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

Il Sistemista sarà oltremodo tenuto all'aggiornamento delle parti progettuali impiantistiche in termini di impianti legati alla gestione dell'emergenza e alla relativa modellazione, in termini di alimentazione elettrica, di controllo Scada etc. questo al fine di tarare le soluzioni tecniche adottate sulle caratteristiche effettive del materiale rotabile proposto e degli altri componenti e parti di impianto di Sistema a partire dalle porte di banchina, dagli impianti correnti deboli, dai dispositivi di interfaccia con i passeggeri in stazione, fino alla disposizione effettiva delle aree e macchinari per la manutenzione del materiale rotabile nel Deposito etc.

Il Sistemista dovrà effettuare le verifiche e le successive modifiche e ottimizzazioni relative al tracciato, alla compatibilità della sagoma del materiale rotabile e quindi dalla compatibilità con il Profilo Minimo degli Ostacoli (PMO) e dall'architettura del veicolo proposto.

Il Sistemista dovrà verificare e garantire la compatibilità della composizione del convoglio e il numero massimo dei veicoli previsti in una composizione. Tale dato è necessario per garantire la compatibilità con la lunghezza delle banchine in stazione pari a 60 m.


2. INQUADRAMENTO GENERALE

La realizzazione dell'intera linea 2, che include la tratta centrale da Anselmetti a Rebaudengo ed i prolungamenti Nord e Sud, avverrà per lotti successivi sulla base della disponibilità dei finanziamenti.

In funzione delle risorse stanziare dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, l'Amministrazione intende appaltare la tratta funzionale "Rebaudengo – Politecnico".

Alla luce di quanto sopra, la progettazione definitiva della prima tratta funzionale Rebaudengo-Politecnico è articolata in due lotti costruttivi:

- **1° lotto costruttivo: "Rebaudengo-Bologna"** che si sviluppa tra il deposito/officina Rebaudengo ed il pozzo Novara per una lunghezza complessiva di circa 4,0km, comprende: un primo tratto di 570m di galleria naturale a foro cieco realizzata con metodo tradizionale, il successivo tratto in galleria artificiale per una lunghezza pari a 2.390m, 6 stazioni (Rebaudengo, Giulio Cesare, San Giovanni Bosco, Corelli, Cimarosa/Tabacchi, Bologna), n. 6 pozzi intertratta aventi funzione di ventilazione della linea e un pozzo di inizio tratta ricavato all'interno del manufatto del deposito/officina Rebaudengo, e la di un manufatto di predisposizione per la realizzazione della futura diramazione nord verso San Mauro Torinese;
- **2° lotto costruttivo: "Bologna-Politecnico"**, che si sviluppa tra il pozzo Novara ed il pozzo terminale ubicato a fine tratta, nell'estremità sud del retrostazione Politecnico, comprende un tratto di galleria di linea pari a 5.7km, n. 7 stazioni (Novara, Verona, Mole/Giardini Reali, Carlo Alberto, Porta Nuova, Pastrengo, Politecnico), n. 7 pozzi di intertratta aventi funzione di ventilazione della linea, n. 1 avente funzione di uscita di emergenza ed un pozzo terminale per l'estrazione della TBM. In questo lotto la galleria di linea è realizzata a foro cieco con metodo meccanizzato con l'ausilio di una TBM-EPB, che

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

avvierà gli scavi dal pozzo Novara (realizzato nell'ambito del 1° lotto costruttivo) dove è prevista l'installazione del cantiere della TBM fino al retrostazione Politecnico.

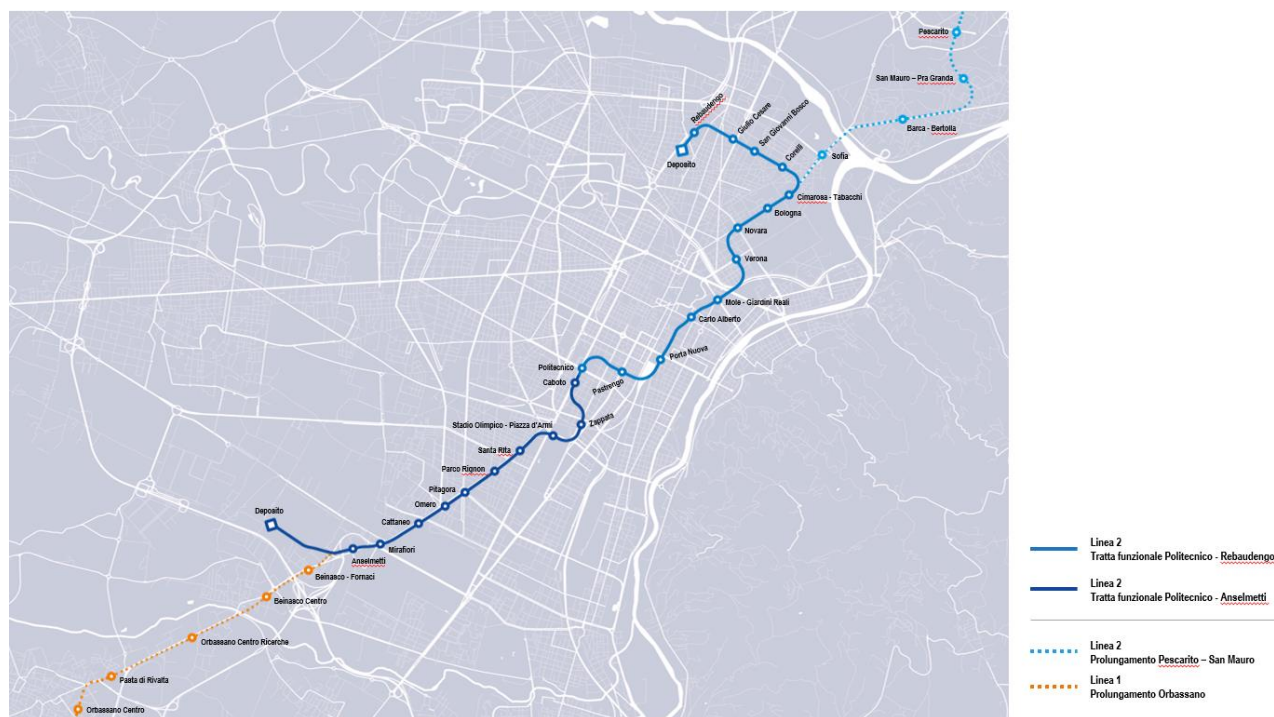



Figura 2. Key-plan della Linea 2 – tratta funzionale 1 e 2 : Politecnico-Rebaudengo

La prima tratta funzionale della Linea 2 della Metropolitana di Torino, inclusa tra le stazioni Rebaudengo e Politecnico, si colloca interamente nel territorio comunale di Torino, presenta una lunghezza di circa 9,7 km, e, procedendo da nord verso sud, si sviluppa a partire dalla stazione di corrispondenza con la stazione F.S. Rebaudengo-Fossata, *prosegue lungo la ex trincea ferroviaria posta tra via Gottardo e via Sempione dove sono ubicate tre stazioni Giulio Cesare, S. Giovanni Bosco e Corelli*. Da quest'ultima, il tracciato passa lungo via Bologna, al fine di servire meglio gli insediamenti dell'area interessata esistenti e futuri con le fermate intermedie Cimarosa-Tabacchi, Bologna e Novara. Dopo la fermata Novara, il tracciato si allontana dall'asse di Via Bologna mediante una curva in direzione sud-est e si immette sotto l'asse di Corso Verona fino alla Stazione Verona ubicata in Largo Verona. Dopo la fermata Verona, sotto attraversato il fiume Dora e Corso Regina Margherita, la linea entra nel centro storico della città con le fermate Mole/Giardini Reali e Carlo Alberto, portandosi poi in corrispondenza di via Lagrange, sino ad arrivare alla stazione Porta Nuova, posta lungo via Nizza, che sarà una fermata di corrispondenza sia con la linea F.S. che con la Linea 1 della metropolitana di Torino. Dalla fermata Porta Nuova il tracciato prosegue lungo l'allineamento di via Pastrengo, per poi curvare in direzione sud per portarsi su corso Duca degli Abruzzi fino alla fermata Politecnico.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

La prima tratta funzionale è costituita dalle seguenti opere:

- 13 stazioni sotterranee
- 13 pozzi intertratta aventi funzione di ventilazione
- 1 pozzo di ventilazione ad inizio tratta incluso nel manufatto del deposito/officina Rebaudengo
- 1 uscita di emergenza ed accesso dei soccorsi
- 2 pozzi terminali provvisori, di cui uno a fine tratta funzionale per l'estrazione della TBM, posto all'estremità del tronchino in retrostazione Politecnico e l'altro alla fine della galleria a foro cieco realizzata con metodo tradizionale, nel tratto di galleria tra le stazioni Rebaudengo e Giulio Cesare.
- La galleria di linea è costituita da:
 - ✓ la galleria naturale a foro cieco realizzata con scavo tradizionale per una lunghezza complessiva di 570m circa, che va dal manufatto di retrostazione Rebaudengo alla Stazione Rebaudengo e da quest'ultima al pozzo terminale PT2 ubicato alla fine dello scavo a foro cieco e costituisce l'inizio della galleria artificiale;
 - ✓ la galleria artificiale in Cut&Cover ad uno o due livelli, per una lunghezza complessiva di circa 2.390m che collega il pozzo PT2 e le stazioni Giulio Cesare, San Giovanni Bosco, Corelli, Cimarosa/Tabacchi, Bologna fino al manufatto in retrostazione Bologna che include anche il pozzo Novara;
 - ✓ la galleria naturale realizzata in scavo meccanizzato mediante una TBM (Tunnel Borin Machine) avente diametro di 10,00m, che andrà dal Pozzo Novara fino al tronchino in retrostazione Politecnico per una lunghezza complessiva di circa 5.175m;
- il manufatto in retrostazione Rebaudengo, avente la funzione di deposito-officina, per la manutenzione ordinaria programmata sui treni, oltre che il parcheggio di 7 treni in stalli predisposti e complessivamente di 10 treni a fine servizio, considerando le postazioni in officina e lavaggio;
- la predisposizione per la realizzazione del manufatto di bivio nella diramazione nord verso San Mauro Torinese.

Schematicamente, le WBS relative alle opere che compongono il progetto, distinte per i due lotti funzionali summenzionati, sono indicate nelle seguenti tabelle.

Tabella 1. Elenco delle WBS delle opere incluse nel 1° lotto funzionale

WBS	Descrizione WBS	Da PK	A PK	Sviluppo [m]
DRB	Deposito Officina Rebaudengo	15+236,86	15+589,47	352,61
PRB	Pozzo di inizio tratta incluso nel manufatto del deposito/officina Rebaudengo			
GN1	Galleria di linea naturale con metodo tradizionale da DRB a SRB	14+957,25	15+236,86	279,61
SRB	Stazione Rebaudengo	14+853,85	14+957,25	103,40
GN2	Galleria di linea naturale con metodo tradizionale da SRB fino al pozzo costruttivo PT2	14+561,22	14+853,85	292,63
PT2	Pozzo terminale estremità est della galleria artificiale – pozzo costruttivo per lo scavo della galleria a foro cieco dalla PK 14+560 verso stazione Rebaudengo	14+533,80	14+561,22	27,42



WBS	Descrizione WBS	Da PK	A PK	Sviluppo [m]
GA1	Galleria di linea artificiale da PT2 a SGC	14+151,04	14+533,80	382,76
PGC	Pozzo di intertratta Giulio Cesare		14+431,34	
SGC	Stazione Giulio Cesare	14+062,29	14+151,04	88,75
GA2	Galleria di linea artificiale da SGC a SSG	13+693,32	14+062,29	368,97
PSG	Pozzo di intertratta San Giovanni Bosco		13+902,27	
SSG	Stazione San Giovanni Bosco	13+605,13	13+693,32	88,19
GA3	Galleria di linea artificiale da SGC a SCO	13+122,58	13+605,13	482,55
PCO	Pozzo di intertratta Corelli		13+397,59	
SCO	Stazione Corelli	13+032,99	13+122,58	89,59
GA4	Galleria di linea artificiale da SCO a SCI - Manufatto di bivio nord e ramo ovest	12+398,84	13+032,99	634,15
PCI	Pozzo di intertratta Cimarosa/Tabacchi		12+672,97	
SCI	Stazione Cimarosa/Tabacchi	12+268,56	12+398,84	130,28
GA5	Galleria di linea artificiale da SCI a SBO	11+956,53	12+268,56	312,03
PBO	Pozzo di intertratta Bologna		12+074,00	
SBO	Stazione Bologna	11+838,94	11+956,53	117,59
GA6	Galleria di linea artificiale da SBO a PNO - Manufatto Retrostazione Bologna	11+630,34	11+838,94	208,60
PNO	Pozzo di intertratta Novara - pozzo partenza TBM	11+602,34	11+630,34	28,00

Tabella 2. Tabella: WBS incluse nel 2° lotto funzionale

WBS	Descrizione WBS	Da PK	A PK	Sviluppo [m]
PNO	Pozzo di intertratta Novara - pozzo partenza TBM	11+593,99	11+630,34	36,35
GT1	Galleria di linea naturale in TBM da PNO a SNO	11+273,21	11+593,99	320,78
SNO	Stazione Novara	11+207,21	11+273,21	66,00
GT2	Galleria di linea naturale in TBM da SNO a SVR	10+561,33	11+207,21	645,88
PVR	Pozzo di intertratta Verona		10+879,70	
SVR	Stazione Verona	10+487,44	10+561,04	73,60
GT3	Galleria di linea naturale in TBM da SVR a SMO	9+571,27	10+487,14	915,87
PMO	Pozzo di intertratta Mole/Giardini Reali		10+034,19	
EMO	Pozzo di Emergenza Mole		9+926,33	
SMO	Stazione Mole/Giardini Reali	9+505,27	9+571,27	66,00
GT4	Galleria di linea naturale in TBM da SMO a SCA	8+972,37	9+505,27	532,90
PCA	Pozzo di intertratta Carlo Alberto		9+144,80	
SCA	Stazione Carlo Alberto	8+901,17	8+972,37	71,20
GT5	Galleria di linea naturale in TBM da SCA a SPN	8+032,42	8+901,17	868,75
PPN	Pozzo di intertratta Porta Nuova		8+526,72	
SPN	Stazione Porta Nuova - interconnessione con Linea 1	7+942,82	8+032,42	89,60




CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta:
Politecnico – Rebaudengo

Interfaccia Opere Civili-Sistema
Relazione generale

01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

WBS	Descrizione WBS	Da PK	A PK	Sviluppo [m]
GT6	Galleria di linea naturale in TBM da SPN a SPA	7+104,05	7+942,82	838,77
PPA	Pozzo di intertratta Pastrengo		7+415,42	
SPA	Stazione Pastrengo	7+038,05	7+104,05	66,00
GT7	Galleria di linea naturale in TBM da SPA a SPO	6+203,85	7+038,05	834,20
PPO	Pozzo di intertratta Politecnico		6+805,94	
SPO	Stazione Politecnico	6+132,65	6+203,85	71,20
GT8	Galleria di linea naturale in TBM da SPO a P01	5+926,01	6+132,65	206,64
PCB	Pozzo di intertratta Caboto		5+993,04	
PT1	Pozzo terminale della 1^ tratta funzionale nel retrostazione Politecnico (pozzo di estrazione della TBM)	5+906,81	5+926,01	19,20


 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

3. CARATTERISTICHE GENERALI DEL SISTEMA

3.1 Caratteristiche Primarie

Le caratteristiche primarie della linea 2 sono:

- Sistema a guida automatica con veicolo di tipo bidirezionale, dotato di intercomunicante, ad alimentazione elettrica ed automazione integrale senza macchinista a bordo;
- Modalità di funzionamento: UTO
- Driverless con livello di automazione GoA4
- Sistema su ferro o gomma
- Sistema di segnalamento su comunicazione CBTC
- Capacità di trasporto della linea di circa 16.000 PPHPD a regime;
- Cadenzamento minimo in servizio di circa 90/180 secondi;
- Cadenzamento minimo in servizio di circa 180 secondi in caso di attivazione parziale della linea;
- Tempo di sosta medio previsto per ciascuna stazione pari a 20 s
- Capacità di trasporto passeggeri per singolo treno (max 400 in AW2 per la totalità delle casse componenti il singolo convoglio);
- Sistema di controllo SCADA (separato dal controllo MEP: Scada IGNS)
- Alimentazione elettrica treno: 750/1500 Vcc;
- Alimentazione da terza rotaia, guida centrale, guida laterale, catenaria etc;
- Rete di alimentazione in media tensione a 22kV;
- Lunghezza banchina pari a 60 m;
- Porte automatiche di banchina costituite da pannelli fissi e scorrevoli a protezione dei passeggeri, sono previste barriere della lunghezza di 60 m, con numero di porte di accesso per singola via dipendenti dal nr. di porte del treno selezionato (2-3 per carrozza indicativamente), oltre alle uscite di sicurezza e 2 porte di fine piattaforma per ciascuna via;
- Varchi ed emettitori (una o due linee a seconda della tipologia di stazione)

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

3.2 Caratteristiche funzionali dell'infrastruttura

Su questa base sono stati effettuate le analisi e definiti i requisiti dimensionali/funzionali di:


- Deposito: stima capacità di stazionamento (flotta pari a 14 treni comprese le riserve)
- Deposito locali tecnici e officine di manutenzione (ordinaria)
- Posto Centrale di controllo presso il Deposito (presso Palazzina esterna uffici)
- Galleria di Linea (Naturale, C&C, TBM);
- Pozzi di ventilazione/manufatti e locali tecnici (14 pozzi)
- Stazioni: aree aperte al pubblico e vie di fuga (7 tipologie base)
- Stazioni: impianti di sollevamento ascensori e scale mobili
- Stazioni: locali tecnici e vani di ventilazione
- Armamento su ferro: rotaie con traverse a due blocchi, calcestruzzo di ricarica, terza rotaia o pantografo per alimentazione elettrica
- Armamento su gomma: costituita da due piste di rotolamento, da due rotaie di guida laterali e alimentazione elettrica, calcestruzzo di ricarica

Ci si riferisca per la progettazione funzionale delle stazioni e della galleria alla Cartella 7 del progetto Definitivo, in particolare alla Relazione MTL2T1A0DFUNS00R001 e relativi elaborati in riferimento alle singole stazioni e all'elaborato MTL2T1A0DFUNGA0T001 in riferimento alle varie sezioni tipo della galleria.

3.3 Caratteristiche funzionali del materiale rotabile

In merito al Materiale rotabile di seguito i principali requisiti tecnici e funzionali:

- Scartamento 1.435 mm (soluzione armamento su ferro);
- Larghezza cassa: variabile fino 2700 mm (salvo altre proposte con larghezze e morfologia compatibili con l'infrastruttura);
- Velocità massima fino a 80 km/h;
- Interfacciamento con il sistema;
- Circolabilità del treno con pendenze fino al 4%;
- Impianti di telecomunicazione di sistema;
- Guida manuale (MD);
- Comfort di marcia ed acustico;
- Riscaldamento, ventilazione, climatizzazione (eventuali misure anti-pandemia);
- Qualità dell'aria all'interno del veicolo e interazione con il volume della galleria;
- Illuminazione LED;
- Sistemi informativi di bordo.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

- Caratteristiche di resistenza al fuoco dei componenti e parti principali della vettura, ai sensi della EN 45545.
- Possibilità di trasporto biciclette a seguito e relativi sistemi di blocco

Sono state inoltre definite:

- Sicurezza
- Correnti vaganti.
- Compatibilità elettromagnetica.
- Dimensionamento Casse.
- Dimensionamento Carrelli.
- Tipologia Impianto pneumatico.
- Tipologia Impianto di frenatura.
- Apparecchiature diagnostiche.
- Attività di Manutenzione

Prestazioni da definire con il materiale rotabile selezionato:

- In regime normale;
- In regime degradato.

Requisiti RAMS (Allegato 1):


Valore minimo atteso per il rotabile 99.7 di Affidabilità;

- Disponibilità;
- Manutenibilità;
- Sicurezza.

3.3.1 Indipendenza del Materiale rotabile dal segnalamento a bordo e a terra

Il controllo automatico di un treno, ovvero il CBTC con il suo ambiente, è un sistema che può essere indipendente dal materiale rotabile stesso. Infatti, il veicolo è considerato come un corpo rigido in movimento, con proprie caratteristiche statiche (massa, dimensioni e sagoma statica) e dinamiche (sagoma dinamica, spazio di frenata, velocità, accelerazione, ecc.) che, viste dal CBTC, lo rendono un oggetto proprio.

Il CBTC è una tecnica di segnalamento indipendente dal sistema in movimento, che ne completa il controllo permettendo di integrare il sistema a terra con quello a bordo, rispettando tutti i vincoli dinamici e di sicurezza intrinseca nell'ambito degli standard di automazione presenti e futuri. Le interfacce tra la CBTC e i vari sottosistemi devono essere standard, sia per i produttori di materiale rotabile che per i fornitori di soluzioni di automazione.


 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

È quindi perfettamente possibile rendere indipendente l'oggetto del materiale rotabile da quello del CBTC sul mercato, a condizione che le interfacce tra i vari prodotti siano correttamente specificate.

Sarà necessario specificare nei futuri contratti almeno le seguenti condizioni:

- operative e di manutenzione,
- MCO (mantenimento in condizioni operative),
- interfacce tra i sistemi e più in generale con l'ambiente metropolitana (ad es. sicurezza antincendio, porte di banchina, ecc.),
- funzionamento in modalità nominale e degradata.

In questo modo la stazione appaltante potrà gestire un unico sistema di segnalamento e automazione, potendo integrare sulla linea materiale rotabile di produttori differenti.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

4. INFORMAZIONI SULLA CAPACITÀ DI TRASPORTO

4.1 Premessa

Il numero dei passeggeri stabilito come valore di riferimento progettuale della linea completa nell'ambito del PFTE è considerato pari a **16000 PPHPD**. Ipotizzando un intervallo caratteristico di esercizio della linea pari a 90 s, la conseguente capacità del rotabile risulta necessariamente di circa 400 passeggeri, considerando un massimo di 4 pass/m2 (AW2).


Il dimensionamento del sistema dal punto di vista del carosello completo dei treni nella tratta in progettazione Politecnico / Rebaudengo e ritorno, è stato calcolato in modo rigoroso utilizzando modelli più aggiornati rispetto allo studio fatto nel PFTE e si sono presi a riferimento i precedenti studi trasportistici specializzandoli sulla tratta in esame. Il carico massimo riscontrato sulla linea, dimensionante per la progettazione definitiva della tratta in oggetto, è di circa **3850 PPHPD** nell'ora di punta del mattino. Nei prossimi paragrafi vengono illustrate alcune tabelle e grafici che mettono in evidenza i dati di capacità oraria in funzione dei parametri dinamici più importanti e dei tempi di esercizio del rotabile, utili ai fini di un opportuno pre-dimensionamento del sistema.

I calcoli preliminari di capacità e di frequenza sono anche funzione dei parametri di marcia e di sosta dei treni e anche dei tempi delle 2 inversioni ai tronchini.

I requisiti commerciali richiedono di fissare un range accettabile di capacità totale del sistema nei diversi regimi di esercizio in termini di:

- ❖ **PPHPD** = Numero di passeggeri trasportati ogni ora per direzione, il requisito dipende dal numero di treni disponibili configurati in maniera opportuna e tali da soddisfare a loro volta i requisiti di:
 - **F = Frequenza** (massima) = Numero di passaggi ora = $\frac{3600}{T_{giro} [sec]}$
 - **Tgiro** = Tempo per effettuare un giro completo con inversioni al tronchino incluse.

L'analisi rigorosa della dinamica del carosello treni deve essere studiata attraverso la soluzione delle equazioni della dinamica semplificate dalla introduzione di modelli matematici opportuni.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

4.2 Dettagli sul Tempo di Giro

Il calcolo del tempo necessario a percorrere un giro completo include:

- ❖ la somma di tutti i tempi di marcia tra una stazione e l'altra;
- ❖ la somma dei tempi di sosta in ogni stazione inclusi tutti i tempi tecnici e di setup;
- ❖ i tempi per invertire la direzione in ognuno dei 2 capolinea (come si è descritto nei paragrafi precedenti).

Il tempo di un giro è la durata complessiva necessaria a un treno per partire da un punto iniziale di riferimento compiere un intero giro andata/ritorno per poi tornare allo stesso punto.

Per ragioni pratiche si considera la partenza dalla banchina di uno dei 2 capo linea e si torna nella stessa banchina dopo avere fatto la inversione. Quindi il tempo di giro vale:

$$T_g = 2 * [(n - 1) * T_p + n * T_s + T_m]$$

Dove sono state introdotte le grandezze seguenti:


- T_p = tempo di marcia medio (in secondi) di percorrenza tra una stazione e la successiva
 $= \frac{\sum_{i=1}^{n+1} T_m[i]}{n+1}$;
- n = numero di stazioni o fermate;
- T_s = Tempo di sosta medio per stazione (potrebbe essere diverso per ogni stazione);
- $T_m = T_{i1} + T_{i2}$ tempo totale di inversione (è diverso per i 2 tronchini Rebaudengo e Politecnico ma usiamo valori medi).

Il tracciato della linea 2 con le corrette distanze tra gli assi di stazione contempla un tempo di percorrenza $T_m[i]$ diverso stazione per stazione, per cui il tempo medio di marcia $T_m = \frac{\sum_{i=1}^{n+1} T_m[i]}{n+1}$ diventa, la sommatoria sui tempi divisa per il numero delle tratte in esame. Il calcolo del tempo di marcia è mostrato nel prossimo paragrafo relativo alla trazione. Il tempo di sosta è stato fissato nel PFTE in 20 secondi; il calcolo è rigoroso secondo la formula specifica che si riporta per completezza:

$$T_s = \left(\frac{(Boarding + Alighting) \times \frac{Headway}{3600}}{Nb\ doors \times Nb\ lanes \times \frac{Flow\ Rate}{60}} \right) + Technical\ times$$

In questa fase si considerano fissi i tempi di sosta utilizzando

$$T_s = 20\ secondi$$

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

4.3 Modelli di Trazione


La presente analisi è redatta preliminarmente con un profilo di velocità a trapezi, in cui si individuano 3 regioni di movimento:

- ❖ la prima ad accelerazione costante;
- ❖ quella centrale a velocità fissa costante;
- ❖ e infine la terza regione a decelerazione costante.

Il modello consente di ricavare molti parametri preliminari e rappresenta un involuppo sufficiente per dimensionare i parametri dinamici più importanti. La frequenza e il numero di treni impiegati influenzano la capacità oraria del sistema. La capacità oraria è quindi data dal numero di treni ora per la classe di passeggeri scelta. La configurazione dei convogli è molto importante; ogni treno è formato dalla composizione di più carrozze e quindi è possibile modulare il numero passeggeri per ora sulla base della domanda oraria che dipende da fattori legati alle abitudini e tipologia dei passeggeri etc. (scuole, lavoro, feste, eventi etc.). La capacità influenza la parte variabile della Massa di ogni treno e quindi la potenza necessaria per ogni treno che è rappresentata dalla somma di quella dinamica divisa per la efficienza + la potenza degli ausiliari a bordo treno.

Nelle tabelle 3 e 4 seguenti, vengono definiti i parametri necessari a soddisfare le capacità commerciale richiesta considerando cautelativamente nel calcolo nr. 2 treni aggiuntivi di margine.

Per il calcolo, si è fatto riferimento a due criteri di verifica della capacità considerando come esempio, rispettivamente: 300 e 400 passeggeri per treno, valori compatibili con i valori di riferimento maggiormente utilizzati in letteratura tecnica 400 p in AW2 e 600 p in AW3, e quindi ne consegue che la verifica è stata redatta in termini conservativi .

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

Di seguito le tabelle con i valori numerici ottenuti applicando le equazioni base riportate ad inizio paragrafo.

Tabella 3. Tempi di giro per 2 diverse capacità passeggeri/treno e per 10, 11, 12 treni


PPHPD	Capacità /treno PP		numero treni					
	300	400	10		11		12	
	Headway [sec]	Headway [sec]	Tempo di Giro[sec] 300PP; N=10	Tempo di Giro[sec] 400PP; N=10	Tempo di Giro[sec] 300PP; N=11	Tempo di Giro[sec] 400PP; N=11	Tempo di Giro[sec] 300PP; N=12	Tempo di Giro[sec] 400PP; N=12
4000	270	360	2700	3600	2970	3960	3240	4320
5000	216	288	2160	2880	2376	3168	2592	3456
6000	180	240	1800	2400	1980	2640	2160	2880
7000	154	206	1543	2057	1697	2263	1851	2469
8000	135	180	1350	1800	1485	1980	1620	2160
9000	120	160	1200	1600	1320	1760	1440	1920
10000	108	144	1080	1440	1188	1584	1296	1728
11000	98	131	982	1309	1080	1440	1178	1571
12000	90	120	900	1200	990	1320	1080	1440

Il calcolo è eseguito su due possibili tempi di giro ossia: 1800 secondi, come limite inferiore, e 2160 secondi limite suggerito nel PFTE includendo tronchini e margini per ogni stazione.

Tabella 4. Numero treni necessari per 2 capacità/treno e 2 tempi di giro

PPHPD	Tgiro		Tgiro	
	1800		2160	
	Numero Treni 300PP	Numero Treni 400PP	Numero Treni 300PP	Numero Treni 400PP
4000	9	7	10	8
5000	10	8	12	10
6000	12	10	14	11
7000	14	11	16	13
8000	15	12	18	14
9000	17	13	20	16
10000	19	15	22	17
11000	20	16	24	19
12000	22	17	26	20

Tutti i risultati presentati sono validi per la tratta ridotta Rebaudengo Politecnico e ritorno con 2 inversioni complete al capolinea.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

I tempi di sosta e il tempo di inversione di marcia ai capolinea sono importanti. La frequenza e il numero di treni impiegati influenzano la capacità oraria del sistema. La capacità oraria è quindi data dal numero di treni ora per la classe di passeggeri scelta. La configurazione dei convogli è sostanziale, ogni treno è formato dalla composizione di più carrozze e quindi è possibile modulare il numero passeggeri per ora sulla base della domanda oraria che dipende da fattori legati alle abitudini e tipologia dei passeggeri etc. La capacità influenza, come anticipato, la parte variabile della Massa di ogni treno e quindi la potenza necessaria per ogni treno che è la somma di quella dinamica divisa per la efficienza con l'aggiunta della potenza degli ausiliari a bordo treno. Tempi complessivi per la percorrenza di un giro che siano al di sotto dei 1900-2000 secondi, rappresentano il limite delle prestazioni con il numero di treni compatibile definito dalle analisi tecnico/economiche. Si possono sopporre discreti margini di riduzione delle potenze al fine di ottenere una capacità complessiva compresa tra i 6-7000 passeggeri ora per direzione. Nella prossima fase di progetto sarà cura dei sistemisti dare evidenza di uno studio mirato a ottimizzare i suddetti parametri in gioco.

Rimandiamo alle relazioni tecniche specialistiche (Elab. 02_MTL2T1A0DESEGENR001 – Relazione Generale di Studio dell'esercizio) il calcolo dettagliato dei parametri trasportistici considerando il limite oggettivo della mancanza di scelta in questa fase del Sistema specifico e quindi I numeri indicati sono gli inviluppi delle situazioni possibili.


4.4 Altre informazioni sulla capacità di trasporto

Il numero dei passeggeri seduti, come noto, è differente per ciascuna tipologia e produttore di rotabile, i posti a sedere di riferimento sono stati inseriti nella relazione 01_MTL2T1A0DSISGENR002-0-0, ma non rappresentano un vincolo.

In ogni caso tale numero rappresenterà, unitamente alla disposizione delle aree dedicate ai passeggeri con mobilità ridotta (disposte secondo i criteri mandatori) e alle aree dedicate alle bici, un criterio di premialità fermo restando il numero minimo dei passeggeri da trasportare per singolo treno in relazione alla capacità di trasporto massima.

In via orientativa si avrà per ciascun convoglio (composizione di veicoli):

- Sedute fisse: 15-20% del numero dei passeggeri
- Sedute ribaltabili: possibile rateo aggiuntivo fermo restando il 15% di sedute fisse.
- Aree dedicate alle per sedie a rotelle: min. 2 (possibilmente con segnalazione uso postazione)
- Aree dedicate all'ingresso delle bici: min. 2 (possibilmente con segnalazione uso stallo)

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

5. TRACCIATO

5.1 Criteri di progettazione e caratteristiche geometriche

Sulla base delle indicazioni derivanti dalla precedente fase di progettazione PFTE, il tracciato piano-altimetrico è stato sostanzialmente confermato, nella tratta funzionale “Politecnico-Rebaudengo”.

Nel complesso, **il tracciato è stato progettato, in conformità con le esigenze del Committente, in modo tale da essere compatibile con le varie tipologie di rotabili attualmente in commercio.**

Ci si riferisca per il tracciato alla Cartella 5 del progetto Definitivo, in particolare alla Relazione MTL2T1A0DTRCG00R001 e relativi elaborati planimetrici e profili.

Ci si riferisca per la progettazione funzionale delle stazioni e della galleria alla Cartella 7 del progetto Definitivo, in particolare alla Relazione MTL2T1A0DFUNS00R001 e relativi elaborati in riferimento alle singole stazioni e all’elaborato MTL2T1A0DFUNGA0T001 in riferimento alle varie tipologie di galleria.


Ci si riferisca per la progettazione funzionale delle stazioni e della galleria alla sez. 14 del progetto Definitivo, in particolare alla Relazione MTL2T1A1DFUNDRBR001 e relativi elaborati in riferimento al Deposito-Officina.

5.1.1 Raggi di curvatura planimetrici

Dal punto di vista planimetrico, per il tratto di linea, la cui galleria sarà realizzata con metodo meccanizzato (TBM), si è cercato di utilizzare raggi di curvatura non inferiori a 250 m per le seguenti ragioni:

- possibilità di utilizzare senza inconvenienti macchine TBM per la realizzazione delle gallerie di linea a foro cieco;
- opportunità di limitare al massimo, in caso di adozione di un sistema su ferro, il consumo delle rotaie ed in particolare la loro usura ondulatoria, che si manifesta con significativa rilevanza e frequenza su rotaie impiegate in curve di raggio inferiore a tale valore;
- opportunità di mantenere anche in curva la massima velocità del rotabile, assunta pari ad 80 km/h, mantenendo nei limiti raccomandati i valori dei parametri di comfort quali l’accelerazione non compensata, il contraccolpo e lo sghembo.

In alcuni tratti di tracciato, per soddisfare le esigenze di inserimento urbanistico dell’infrastruttura metropolitana, è stato necessario ridurre il raggio di curvatura fino a 200m e conseguentemente la velocità di progetto è stata assunta pari a 60km/h; in questi tratti, il tracciato si sviluppa in galleria artificiale realizzata con il metodo cut&cover o in galleria

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

naturale a foro cieco, scavata con metodi tradizionali nel tratto intercluso tra la fine della galleria artificiale (Pozzo PT2) e la stazione Rebaudengo.

5.1.2 Raccordi planimetrici

Si sono adottati raccordi planimetrici rettilineo-curva di tipo clotoideale, calibrandone la lunghezza in modo da soddisfare tanto il massimo sghebo di 60 mm/s quanto il massimo contraccolpo di 0.40 m/s^3 passando dal sovrizzo nullo in rettilineo al sovrizzo di progetto in curva. Tale sovrizzo massimo è stato calibrato in modo da permettere, oltre che di mantenere l'accelerazione non compensata al di sotto del valore limite di 1.0 m/s^2 , di minimizzare la lunghezza della clotoide di raccordo. Il valore del sovrizzo raggiunge così il valore massimo di 150 mm solo per curve di raggio inferiore o uguale a 250 m, garantendo una velocità di progetto tra 75 e 80 km/h su curve di raggio tra 225 e 250 m.

5.1.3 Pendenze altimetriche

Per quanto riguarda le pendenze altimetriche adottate, si ritiene utile far presente che la normativa UNIFER relativa ai sistemi di metropolitana su ferro, prevede una pendenza massima del 3.5 % che, in caso di necessità, è possibile superare fino ad un massimo del 4.0 %. Per i sistemi automatici su gomma, invece, si prevedono normalmente pendenze che non superino il limite del 6 % anche se, teoricamente, può essere accettata una pendenza massima pari al 7 % ed oltre. Si considera il limite del 6 % perché, in caso di emergenza, un treno guasto e fermo in linea deve poter essere spinto dal successivo fino alla stazione seguente. Infatti, per essere in grado di spingere il treno guasto, ovvero trainare un peso pari al doppio del normale in esercizio, il treno di soccorso ha di norma necessità che le pendenze non superino il valore di circa il 6 %.

Si è dunque ritenuto opportuno, finché non sarà stata definita la scelta di sistema e del tipo di materiale rotabile su ferro o su gomma, adottare cautelativamente la pendenza massima prevista per il sistema su ferro pari al 4 %.

5.1.4 Raccordi altimetrici


I raccordi altimetrici adottati sono di tipo circolare, con raggio minimo 2000 m in entrata e uscita dalle stazioni e raggio di almeno 3000 m in linea.

5.2 Tracciato di riferimento

Il tracciato previsto nel PFTE, pur rimanendo nell'ambito del medesimo "corridoio infrastrutturale" è stato modificato come illustrato nel seguito.

5.2.1 Tratta Rebaudengo – Verona

La prima tratta si sviluppa in galleria a foro cieco a partire dal Deposito/Officina Rebaudengo (manufatto che in PFTE aveva solo funzione di Deposito treni e non quella di officina), e fino alla stazione della metropolitana di corrispondenza con la stazione ferroviaria Rebaudengo-Fossata. Da questa stazione, a differenza del PFTE dove era prevista una galleria artificiale a 2 livelli

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

interrati, il tracciato continua in galleria naturale a foro cieco, fa una curva in direzione est per sottopassare il ponte di Via Toscanini/Via Cigna e prosegue in galleria artificiale nel tratto che insiste lungo la ex trincea ferroviaria posta tra via Gottardo e via Sempione. In fase di Progetto definitivo, oltre alla modifica della metodologia di realizzazione della galleria di linea, finalizzata a minimizzare gli impatti sull'area Parco Sempione e ad evitare la chiusura al traffico di Via Toscanini/Via Cigna, è stato necessario abbassare la livelletta nel tratto tra la Stazione Rebaudengo e la PK 14+500 circa. Alla stessa PK è stato quindi introdotto un pozzo avente carattere costruttivo – denominato PT2, realizzato in C&C e funzionale allo scavo della galleria di linea dall'ex trincea ferroviaria verso la stessa Stazione.

Il tracciato, a partire dal pozzo PT2, prosegue lungo la ex trincea ferroviaria posta tra via Gottardo e via Sempione dove sono ubicate tre stazioni Giulio Cesare, S. Giovanni Bosco e Corelli. Da quest'ultima, il tracciato passa lungo via Bologna, al fine di servire meglio gli insediamenti dell'area interessata esistenti e futuri con le fermate intermedie Cimarosa-Tabacchi, Bologna e Novara. Dopo la fermata Novara, il tracciato si allontana dall'asse di Via Bologna mediante una curva in direzione sud-est e si immette sotto l'asse di Corso Verona fino alla Stazione Verona ubicata in Largo Verona.

5.2.1.1 Tratta Verona - Porta Nuova


Dopo la fermata Verona, sotto attraversato il fiume Dora, la linea sotto-attraversa il centro storico, dove si collocano le fermate Mole/Giardini Reali e Carlo Alberto, portandosi poi in corrispondenza di via Lagrange. La tratta termina con la fermata Porta Nuova, posta lungo via Nizza, al fine di migliorare la corrispondenza con la stazione ferroviaria e la Linea 1, anche in considerazione delle difficoltà legate alla presenza di alberi di eccezionale pregio nel giardino Sambuy ed alle preesistenze archeologiche accertate già nella precedente fase di PFTE.

5.2.1.2 Tratta Porta Nuova – Politecnico

La tratta Porta Nuova-Politecnico, in cui la linea 2 attraversa e serve un'area centrale molto attrattiva della città, è stata progettata con i seguenti obiettivi principali:

- Individuare le stazioni in modo che le loro aree d'influenza fossero in grado di servire nel miglior modo possibile i principali attrattori della zona (Politecnico e la storica stazione ferroviaria di Porta Nuova);
- realizzare una corrispondenza funzionalmente adeguata con le stazioni F.S. di Porta Nuova e con la Linea 1 a Porta Nuova;
- assicurare un alto livello funzionale sia al tracciato che alle stazioni per garantire un ottimo livello del servizio metropolitano.

Dalla fermata Porta Nuova il tracciato prosegue lungo l'allineamento di via Pastrengo, per poi curvare in direzione sud per portarsi su corso Duca degli Abruzzi fino alla fermata Politecnico. La tratta si conclude con l'introduzione di un pozzo di estrazione della *Tunnel Borin Machine* (TBM), denominato PT1.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

6. ESERCIZIO DELLA TRATTA E DIMENSIONAMENTO MATERIALE ROTABILE

Per determinare le prestazioni, le caratteristiche ed i costi di esercizio della linea devono essere considerati i seguenti elementi:

- tempo di corsa (tempo impiegato dal treno per andare da un capolinea ad un altro);
- frequenza della linea (intervallo tra due treni);
- flotta (numero totale di treni richiesti per l'esercizio).


Dai dati emersi dagli studi di traffico, e confermate tutte le ipotesi di dimensionamento del servizio formulate e descritte nel documento MTL2T1A0DTRAGENR001, al fine di garantire un servizio adeguato sulla tratta, si è stimata una flotta pari a 14 treni per la tratta Rebaudengo – Politecnico.

Tale numero di rotabili risulta compatibile con:

- frequenze minime idonee a soddisfare la domanda e a fornire un servizio adeguato alle necessità dell'utenza;
- la disponibilità di stalli di parcheggio nelle aree di deposito lungo la tratta (Deposito Rebaudengo, terzo binario nel Retrostazione Bologna e Retrostazione Politecnico);
- la possibilità di effettuare gli interventi di manutenzione periodica fino a quelli definiti di CICLO LUNGO - REVISIONE INTERMEDIA (previsti al raggiungimento di 600.000 km percorsi, *cf. MTO2PFDPFUNDEPR001-00-B del PFTE*) presso l'Officina Rebaudengo.

L'assenza di stalli di parcheggio notturno in linea permette:

- l'ottimale gestione della manutenzione notturna in linea;
- la possibilità dell'utilizzo notturno della linea quale pista di prova.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

7. INTERFACCIA OPERE CIVILI-SISTEMA


Lo scopo di una metropolitana moderna è di trasportare il maggior numero possibile di passeggeri, alla massima velocità commerciale e in condizioni sicurezza e regolarità dell'esercizio: tutto ciò si consegue tramite gli impianti ferroviari (o di "Sistema"), costituiti da un insieme di "sottosistemi" quali il Materiale Rotabile, l'armamento, l'elettrificazione e il sistema di regolazione del traffico a sua volta composto dal segnalamento, il distanziamento dei treni e l'automazione integrale.

L'elevato grado di utilizzazione degli impianti, la ripetitività delle operazioni, i distanziamenti minimi tra i treni, i perturbamenti accidentali della circolazione e la rapidità richiesta negli interventi di regolazione del traffico rendono indispensabili, per le metropolitane, alti livelli di automazione, in modo da sfruttare la potenzialità massima delle linee stesse ed assicurare un corretto svolgimento dell'esercizio, che è gestito in maniera unitaria dal Posto Centrale (PCC). Esso fornisce le informazioni sulla posizione dei treni attraverso sistemi per il riconoscimento automatico degli stessi. Il rispetto dell'orario e la conseguente regolarità dell'esercizio, funzione svolta attraverso la formazione degli itinerari, sono fattori molto importanti che dovranno essere impostati con la massima cura.

Il progetto del sistema e la definizione delle sue interfacce nei confronti delle Opere Civili non individua nessun riferimento specifico o "proprietario", ma ne definisce il livello prestazione necessario alle successive fasi progettuali e il perimetro delle interfacce geometriche e tecnologiche del progetto delle opere civili.

Numerosi sistemi di metropolitana automatica sono operativi da anni con successo, incluso quello della linea 1, il VAL 208. Rispetto ad esso la scelta tecnica dell'Amministrazione è stato quello di **non perseguire la scelta dell'interoperabilità** e quindi di lasciare aperta la scelta del Sistema per la linea 2.

Di conseguenza, il progetto è stato redatto tenendo in conto la necessità di un "involuppo" progettuale delle soluzioni tecnologiche e del materiale rotabile, descrivendo le caratteristiche del Sistema "ottimale", non proprietario, ma avente per ogni sotto funzione, il miglior compromesso tra specifiche e costi realizzativi, utilizzando le migliori tecnologie disponibili al momento della realizzazione dell'opera che avverrà non prima del prossimo quinquennio. Alcuni punti fermi sono comunque mandatori, ossia che il Sistema sarà di tipo "Driverless", ad automazione integrale GoA 4 e dotato dei più recenti sistemi di sicurezza.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

7.1 Specifiche di interfaccia

7.1.1 Verifiche di circolabilità

La compatibilità fra le tratte della linea 2 e il materiale rotabile proposto dovrà essere verificata ai sensi delle relazioni inerenti al materiale rotabile ed al tracciato MTL2T1A0DSISGENR002 e MTL2T1A0DTRCG00R001 secondo i criteri stabiliti nella UNI 7360.

Per il rotabile selezionato dovranno essere determinate in relazione alla UNI 7361:

- sagoma cinematica
- sagoma limite
- sagoma limite delle parti basse

Dovrà inoltre essere effettuata la verifica di circolabilità del treno per la tratta considerando che il PMO (Profilo Minimo degli Ostacoli) deve essere opportunamente valutato per tenere conto delle previste tolleranze di costruzione e di esercizio dell'infrastruttura, verificando le seguenti condizioni:


- Lo sviluppo della sagoma cinematica del materiale rotabile deve essere interamente contenuto all'interno del PMO con un franco minimo ovunque di 100mm.
- Lo sviluppo della sagoma limite del materiale rotabile deve essere interamente contenuto all'interno del PMO con un franco minimo ovunque di 30mm.
- Lo sviluppo della sagoma limite delle parti basse del materiale rotabile deve essere interamente contenuto all'interno del PMO con un franco minimo ovunque di 30mm.
- Lo scostamento laterale massimo del rotabile dovuto al complesso dei giuochi e dei consumi, alle dissimmetrie di costruzione e di carico, al molleggio e al complesso delle interazioni tra binario e rotabile che non deve essere maggiore di 150 mm.

Il Profilo Minimo degli Ostacoli (PMO) assunto per il progetto della linea e delle opere civili nelle dovrà essere verificato per:

- Stazioni
- Galleria (tutte le tipologie)
- Deposito

In aggiunta le verifiche di PMO devono tenere in considerazione:


- Criteri per la valutazione delle parti alte della linea di contatto in catenaria rigida
- Criteri per la verifica delle parti basse della linea di contatto a terza o quarta rotaia
- Criteri per la verifica del contenimento dell'inviluppo degli spazi di sicurezza e del relativo percorso di evacuazione.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

7.1.2 Verifiche di peso Massimo statico

Il peso massimo statico per asse del Veicolo in condizioni di carico eccezionale deve essere verificato e indicato sia per il veicolo su rotaia che per il veicolo su gomma. Ai fini della determinazione del carico statico per asse si devono ottemperare i criteri stabiliti dalla norma UNI EN 15663 per il materiale rotabile

I pesi massimi di riferimento per asse (con max 6 pass/m²) relativi ai principali rotabili sul mercato sono citati nell'elaborato MTL2T1A0DSISGENR002, par. 4.2 tabella 2.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

8. TIPOLOGIE DI ARMAMENTO

Come già specificato, non essendo definito il sistema che sarà adottato per la linea 2 della metropolitana automatica di Torino, il materiale rotabile potrà essere o su gomma o su ferro.

Ne consegue che dovranno essere prese in considerazione le differenti tipologie di armamento utilizzabili nei due casi.

Tutte le soluzioni di armamento prese in esame soddisfano i seguenti requisiti fondamentali:

- stabilità geometrica del binario;
- facilità ed economicità di manutenzione;
- contenimento delle emissioni sonore e delle vibrazioni;
- elevato isolamento elettrico del binario.

8.1 Sistema su gomma

L'ottimizzazione delle opere civili e delle tecnologie costruttive, un ottimale inserimento nel contesto ambientale, il contenimento dei costi e dei tempi per la messa in esercizio della linea, gli elevati standard prestazionali e di confort del materiale rotabile, hanno fatto del sistema "su gomma" un'adeguata alternativa al più tradizionale sistema su ferro, così da essere adottato in un cospicuo numero di metropolitane di nuova realizzazione e di sistemi di "people-mover" ad automatismo integrale.

Ogni via di corsa, destinata ad una singola direzione di marcia, è costituita da due piste di rotolamento, da due rotaie di guida laterali, che servono anche per l'alimentazione elettrica e da linee di trasmissione terra-veicoli.


Le piste di rotolamento sono metalliche o in calcestruzzo; le rotaie di guida sono formate da un profilato ad H montato su isolatori.

Nel caso dei deviatori, in corrispondenza del cambio di via, la guida laterale è sostituita da una guida centrale di tipo ferroviario, che agisce sui telai di guida di ciascun veicolo.

8.1.1 La via di corsa

Gli elementi che costituiscono la via di corsa compresi gli elementi di attrezzaggio della via sono:

- due piste di rotolamento in acciaio posate su piastre in ghisa nel caso di "via ancorata" (utilizzata nell'attraversamento delle stazioni), su traversine e blocchetti di calcestruzzo nel caso di "via montata su traverse" (utilizzata lungo le gallerie di linea);
- due barre di guida laterali che servono anche da alimentazione elettrica;
- i deviatori;
- le rotaie di guida centrali in corrispondenza delle comunicazioni e nel deposito;

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

- i passaggi cavi e le polifore;
- il calcestruzzo di "ammorsamento";
- il calcestruzzo di "ricarica";
- il sistema di drenaggio;
- le banchine laterali di emergenza.

Sono presenti nel panorama tecnico di settore (relativi a rotabili su gomma) ulteriori soluzioni proprietarie che consistono in sistemi di armamento che prevedono differenti tipologie di piste di rotolamento e sistemi di guida e alimentazione del rotabile (concetto tecnico, materiale, dimensione) che seguono una particolare ed esclusiva geometria. Tali soluzioni sono comunque da annoverare tra le possibili, qualora pienamente compatibili con la progettazione funzionale e strutturale delle opere civili previste per la Linea 2 (gallerie, stazioni e deposito), anche se non descritte nel dettaglio nella presente relazione generale.

Nel caso di rotolamento su calcestruzzo l'alimentazione potrà essere posta nella sezione centrale in alternativa alle barre laterali.

8.1.2 Tipologie di sezione

8.1.2.1 Piattaforma a raso nel deposito-officina

La piattaforma a raso andrà adottata per i binari interni al deposito.

Il "calcestruzzo di via", su cui poggia l'intero armamento, è costituito da una pista longitudinale di cemento armato di 25 cm di spessore, che consente il fissaggio degli elementi costituenti la via (piste di rotolamento, piastre in ghisa, barre di guida laterali) per ancoraggio diretto. Le piste sono appoggiate su uno strato in calcestruzzo magro o di misto cementato.


La sezione prevede inoltre l'alloggiamento tra le vie di corsa di canalette per la raccolta delle acque e di polifore porta cavi necessarie per l'alimentazione delle guide di "trazione".

8.1.2.2 Galleria artificiale a sezione rettangolare

Nel caso di galleria artificiale a sezione rettangolare, gli elementi costituenti la via sono collocati su un getto di calcestruzzo armato di spessore variabile.

Lateralmente la sede su cui circolano i treni è delimitata da due percorsi pedonali realizzati in calcestruzzo all'interno dei quali vengono annegate le polifore necessarie per l'alloggiamento della parte impiantistica.

La larghezza delle passerelle laterali sarà tale da garantire sempre un'area libera di 60 cm di larghezza e 200 cm di altezza, e il piano di circolazione dei pedoni sarà orizzontale e situato a circa 100 cm al di sopra del piano di rotolamento.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

Il drenaggio delle acque di piattaforma avviene attraverso due canalette realizzate in opera che seguono longitudinalmente lo sviluppo del binario, che vengono interrotte ogni 20 m, massimo, da un pozzetto di drenaggio ed una tubazione di raccolta ($\phi = 160$ mm) che trasferisce l'acqua nel collettore centrale collocato in asse alla galleria ($\phi = 315$ mm) annesso nel calcestruzzo di ricarica.

In curva l'adeguamento del profilo della via alla eventuale sopraelevazione potrà richiedere un adeguato incremento nella quota del calcestruzzo di ricarica che normalmente ha un andamento orizzontale.

8.1.2.3 Galleria a sezione circolare o policentrica

La distribuzione delle sezioni circolare o policentrica è analoga a quella precedentemente descritta, con le traverse e i blocchetti per la posa della via collocati su un calcestruzzo di ricarica, all'interno del quale sono collocati anche i dispositivi di drenaggio.

Le opere di raccolta acque verso i punti di evacuazione sono costituite da:

- canaline di recupero delle acque lungo i piedritti delle opere;
- canaline trasversali che portano le acque verso il condotto centrale situato sull'asse della galleria superficiale scatolare, o verso il collettore centrale nella galleria circolare;
- opere di inserzione dei condotti o del collettore nelle vasche sotterranee di raccolta poste sotto le stazioni e sotto i pozzi di intertratta e dalle quali le acque vengono sollevate, per mezzo di pompe, e recapitate nel sistema fognario cittadino.

8.1.3 Piste di rotolamento


I convogli rotolano su due piste metalliche di 250 mm di larghezza, poste con interasse di 1620 mm.

Queste piste di rotolamento sono costituite da profili in acciaio, a forma di "I", le cui caratteristiche sono:

- | | |
|------------------|--------|
| • larghezza | 250 mm |
| • altezza | 120 mm |
| • spessore anima | 12 mm |

Nei tratti in sotterraneo, i profilati che costituiscono le piste di rotolamento vengono uniti testa a testa con saldatura alluminotermica; eventualmente, nei tratti all'aperto, non presenti nella tratta "Politecnico-Rebaudengo", al fine di assorbire i movimenti di dilatazione e minimizzare gli sforzi dovuti agli effetti termici, i profili sono uniti per "steccatura".

Nella via "ancorata" gli appoggi delle piste di rotolamento sono realizzati mediante piastre in ghisa che vengono introdotte tra la superficie del calcestruzzo di via e le piste stesse, e consentono di sopraelevarle rispetto al calcestruzzo, mentre nella via su traversine, gli appoggi delle piste di rotolamento sono assicurati da traversine e blocchetti di calcestruzzo armato; le prime hanno lunghezza pari a 2700 mm, larghezza pari a 400 mm e altezza pari a 230 mm.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

8.1.4 Guida laterale

La guida laterale del veicolo è realizzata mediante due profilati in acciaio disposti lateralmente alla via di corsa e fissati a supporti isolanti. Tali guide servono anche per l'alimentazione della linea.

Le barre di guida sono costituite da profilati metallici HEB 140 in acciaio, di dimensioni 140 x 140 mm, con spessore dell'anima pari a 7 mm e spessore delle ali pari a 12 mm.

In corrispondenza dei deviatori (e del passaggio a livello interno al deposito-officina), le barre di guida sono interrotte; in queste tratte la guida dei veicoli viene assicurata da una rotaia a gola centrale entro cui va ad inserirsi l'apposita rotella metallica del veicolo.

Le barre di guida sono supportate da isolatori del tipo detto "verticale" la cui descrizione è oggetto del paragrafo seguente.

Tali isolatori verticali sono dei pezzi termoplastici o termoindurente che assicurano l'isolamento elettrico in maniera permanente, anche in presenza degli sforzi meccanici cui sono sottoposti gli isolatori nelle condizioni normali di funzionamento.



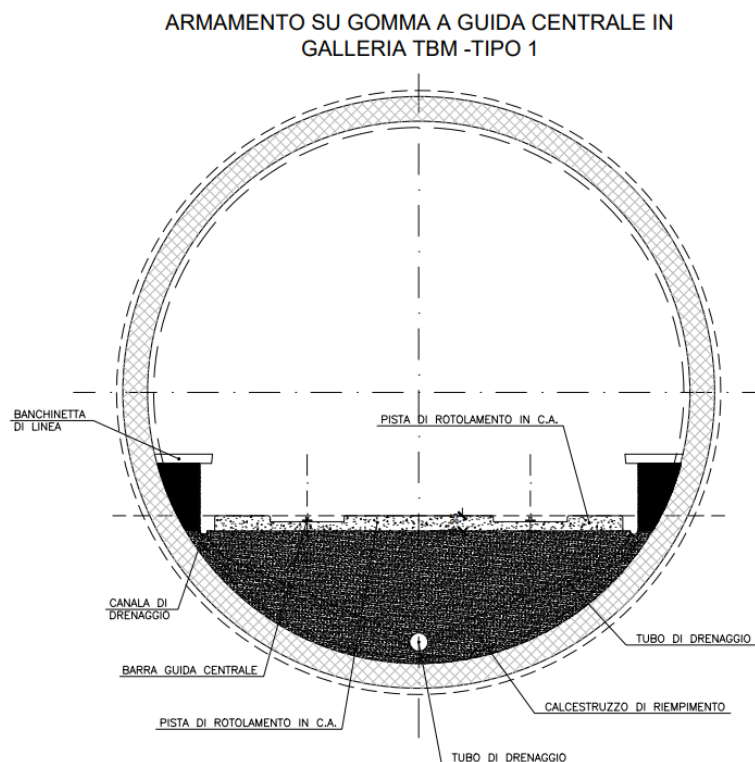
8.1.5 Apparecchi di via

I differenti vincoli del tracciato e di esercizio della linea richiedono l'utilizzo di diversi tipi di apparecchiature quali le comunicazioni di via, i deviatori e la rotaia di guida centrale in corrispondenza delle stazioni.

Il principio di guida consiste nel creare sull'asse della pista una scanalatura (a livello delle piste di rotolamento) nella quale si vanno ad inserire delle rotelle ad asse orizzontale solidali con il telaio di guida del veicolo. Ogni elemento dello scambio è smontabile indipendentemente dalle altre apparecchiature di tipo corrente (scanalatura, piste di rotolamento, barre di guida, ecc.).

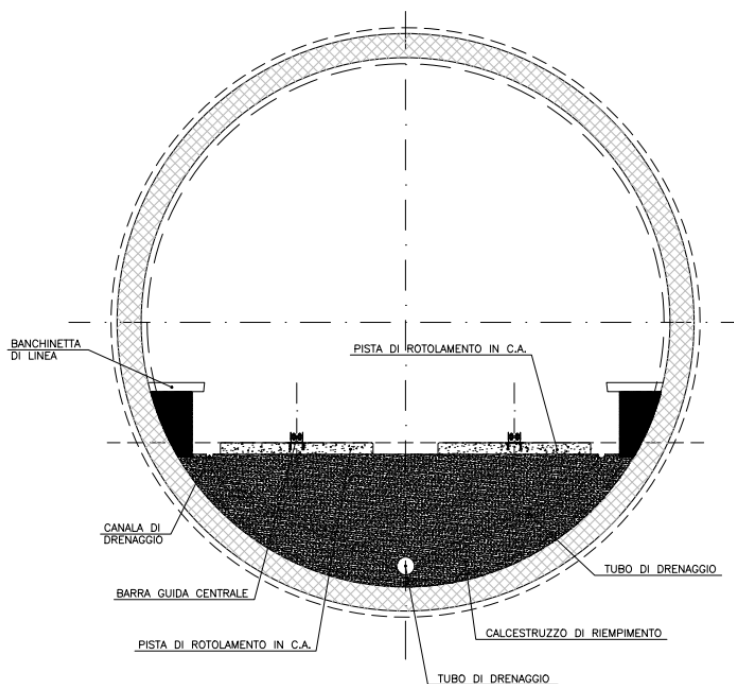
Nelle zone dei deviatori le barre di guida sono interrotte sul lato interno delle due vie di corsa ed eventualmente anche sul lato esterno. Gli inviti di inserimento della ruota di guida e dello strisciante sono realizzati con pezzi metallici speciali giuntati e saldati sulle barre guida.

Figura 3. Armamento su gomma tipo 1, 2 e 3

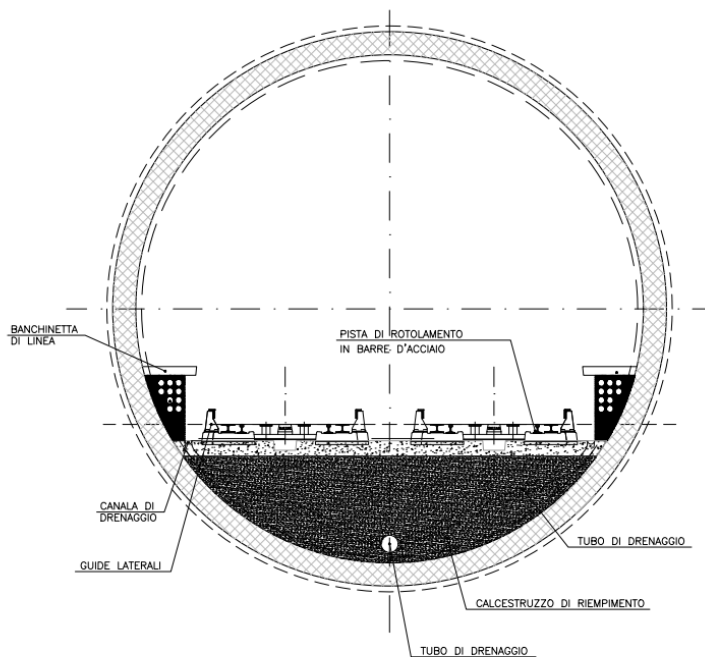





ARMAMENTO SU GOMMA A GUIDA CENTRALE IN
GALLERIA TBM - TIPO 2



ARMAMENTO SU GOMMA A GUIDA LATERALE IN
GALLERIA TBM



 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

Sono presenti nel panorama tecnico di settore (relativi a rotabili su gomma) ulteriori soluzioni proprietarie che consistono in sistemi di armamento che prevedono differenti tipologie di piste di rotolamento e sistemi di guida e alimentazione del rotabile (concetto tecnico, materiale, dimensione) che seguono una particolare ed esclusiva geometria. Tali soluzioni sono comunque da annoverare tra le possibili, qualora pienamente compatibili con la progettazione funzionale e strutturale delle opere civili previste per la Linea 2 (gallerie, stazioni e deposito), anche se non descritte nella presente relazione generale.

8.2 Sistema su ferro

Occorre preliminarmente considerare che i sistemi su ferro possono essere alimentati sia per mezzo della terza rotaia sia attraverso l'utilizzo della catenaria.

In questo caso è previsto un sistema su calcestruzzo e uno su ballast: il primo da utilizzare in galleria, il secondo da utilizzare eventualmente nelle aree deposito all'aperto, non presenti nella tratta "Politecnico-Rebaudengo".

8.2.1 Armamento con traverse bi-blocco

8.2.1.1 *La via di corsa*


Per questo sistema di armamento gli elementi che costituiscono la via di corsa sono:

- rotaie;
- traverse a due blocchi;
- organi di attacco elastici;
- deviatori;
- passaggi cavi e polifore;
- calcestruzzo di "chiusura";
- calcestruzzo di "ricarica";
- rete elettrosaldata;
- drenaggi;
- banchine laterali di emergenza

8.2.1.2 *Binario di linea*

L'armamento è caratterizzato da una rotaia da 50-60 Kg/m fissata tramite organi di attacco elastici a una traversa bi-blocco in cemento armato.

Detta traversa è annegata in un getto di calcestruzzo previa interposizione sotto i blocchetti di una piastra di materiale microcellulare inglobata a sua volta in una cuffia di gomma che foderà la parte inferiore del blocchetto.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

Le traverse saranno disposte ad un passo di 60 cm e, con il sistema di alimentazione della terza rotaia, ogni 5,0-5,5 metri sarà adottata una traversa speciale con uno dei due blocchetti più lungo, recante la predisposizione per ricevere il fissaggio della rotaia suddetta.

Per quanto riguarda gli scambi la loro parte metallica è ancorata tramite organi di attacco elastici a traversoni di appoggio in c.a.p. a loro volta annegati in un getto di calcestruzzo previa interposizione sotto gli stessi traversoni di piastre di materiale microcellulare appoggiate a loro volta su soles in gomma.

8.2.1.3 Galleria artificiale a sezione rettangolare

Le traverse sono annegate in uno strato di calcestruzzo detto di "ammorsamento" dello spessore di 25 cm, appoggiato sul calcestruzzo di riempimento e delimitato lateralmente da due polifore portacavi che fungono da percorso pedonale laterale.

Centralmente è collocata una canaletta portacavi in cui trovano alloggio gli impianti di alimentazione della terza rotaia.

Lo smaltimento delle acque di piattaforma viene assicurato attraverso due tubi da 160 mm di diametro che corrono parallelamente ai due binari e che vengono interrotti ogni 20 m da un pozzetto 30x35 cm.

8.2.1.4 Galleria a sezione circolare o policentrica

L'intero pacchetto dell'armamento, costituito da "calcestruzzo di ammorsamento", traversine, biblocco e rotaie, è appoggiato su uno strato variabile di calcestruzzo magro detto di riempimento.

Il drenaggio avviene attraverso un tubo centrale annegato nello strato più basso di calcestruzzo, interrotto ogni 40 m da un pozzetto di ispezione all'interno del quale convogliano le acque due tubazioni laterali da 160 mm di diametro.

Una polifora laterale permette l'alloggiamento dei cavi di sistema e svolge funzione di camminamento di sicurezza.

8.2.1.5 Scambi di linea

In generale, gli scambi di linea sono realizzati con rotaie da 50-60 Kg/m che vengono posate inclinate a 1/20 su tutta la lunghezza dello scambio ed ancorate a traversoni in c.a.p.

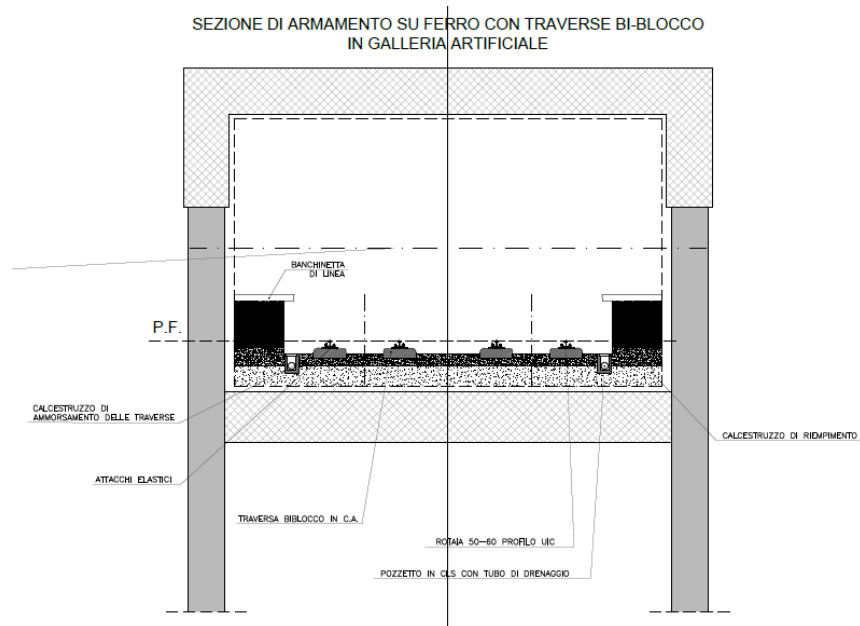
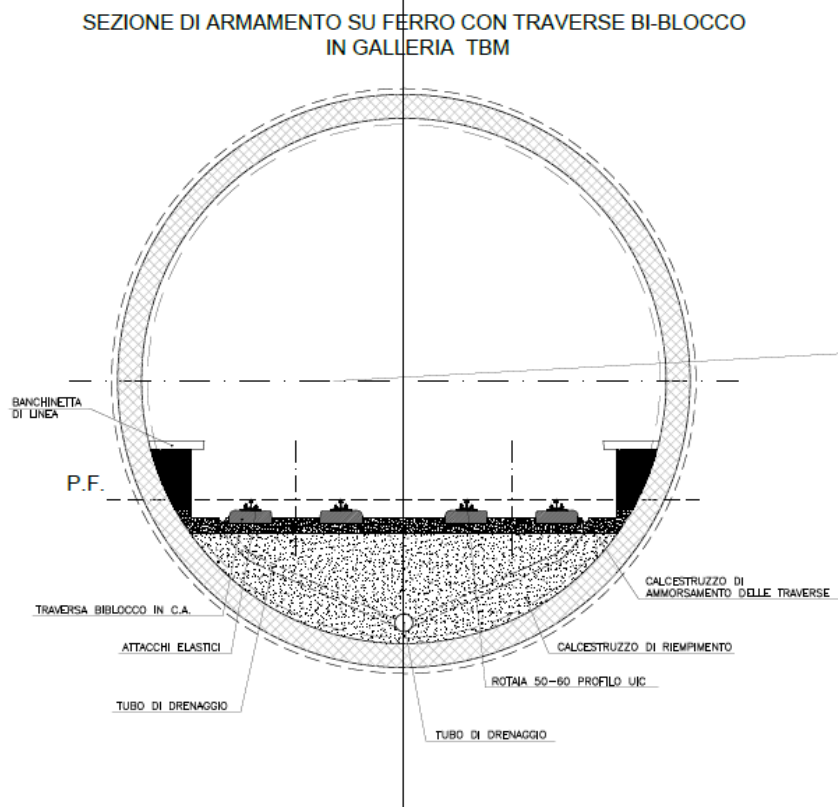


Figura 4. Armamento su ferro galleria TBM e C&C



8.2.2 Armamento con binario su ballast

L'armamento standard su ballast, che può essere utilizzato nelle aree dei depositi all'aperto, non previste per la Tratta "Politecnico-Rebaudengo", è caratterizzato da una rotaia da 50-60 Kg/m fissata tramite organi di attacco elastici a una traversa bi-blocco in cemento armato che a sua volta è appoggiata su una massicciata ferroviaria realizzata con pietrisco.

Il pietrisco considerato per la formazione della massicciata avrà spessore variabile, ma tale da garantire sempre almeno 35 cm di materiale sotto la traversina.

Le rotaie, la cui lunghezza sarà definita in fase esecutiva in funzione della minore o maggiore facilità di movimentazione delle stesse, sono saldate fra di loro con procedimento di saldatura alluminotermica.

Le traverse saranno disposte ad un passo di 60 cm.

La parte metallica dello scambio sarà ancorata tramite organi di attacco tipo "K" a traversoni di appoggio in legno a loro volta appoggiati su massicciata ferroviaria realizzata con pietrisco.

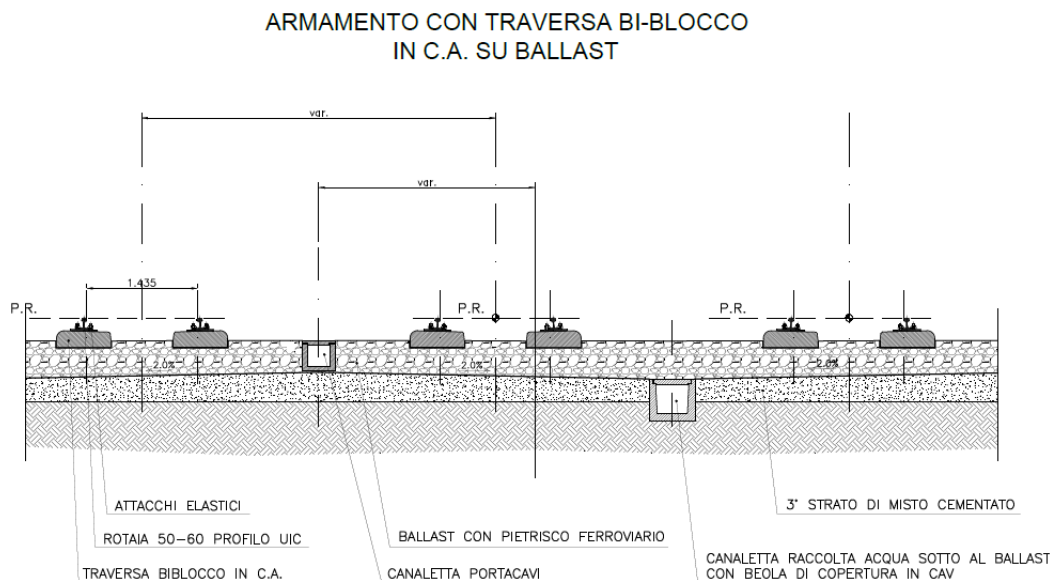



Figura 5. Armamento su ballast

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

8.2.3 Armamento antivibrante

Il documento "Studio vibrazionale" (cod. MTL2T1A0DAMBGENR006), a cui si rimanda per i dettagli, riporta lo studio previsionale dell'impatto sia da vibrazioni sia da rumore indotto per via strutturale determinato dal passaggio dei treni su sistema su ferro.

La scelta di tale tipologia di armamento prevede l'applicazione di interventi mitigativi su determinate tratte definite dallo studio previsionale.

Le risultanze dello studio previsionale basate su uno spettro "tipo" ricavato dalla letteratura tecnica come riferimento per le vibrazioni emesse dai convogli "su ferro", giacché allo stato attuale non è stato ancora definito il materiale rotabile di possibile impiego, hanno evidenziato elementi di criticità acustica lungo alcuni tratti di linea e la possibilità di potenziale presenza di disturbo vibrotattile in aree più limitate. È pertanto opportuno valutare e fornire indicazioni prestazionali per l'adozione di armamenti ferroviari antivibranti finalizzati alla eliminazione degli elementi di criticità riscontrati.

L'armamento massivo utilizza componenti tradizionali impiegati negli armamenti senza ballast installati su vasche flottanti in cemento armato ordinario confezionate in stabilimento, sostenute da elementi elastomerici discreti impiegati "a secco".

Il rispetto della geometria del binario in fase di installazione dell'armamento è garantito attraverso dalla corretta messa in opera delle rotaie e dei componenti tradizionali del sistema ed il successivo getto di malta di allettamento tra le vasche flottanti ed i componenti tradizionali.

Tra il sottofondo dell'armamento e il centro di alcune vasche è disposto un manufatto metallico chiamato "stopper", che ha la funzione di contrastare le azioni orizzontali generate sull'armamento dal serpeggiamento del treno, dalle sue accelerazioni e frenate, dalle forze centrifughe prodotte durante il suo passaggio in curva e dalle azioni longitudinali di natura termica.

Il sistema di armamento massivo, pertanto, possiede le caratteristiche dell'armamento senza ballast e, contemporaneamente, risolve i problemi di inquinamento ambientale da rumore e da vibrazioni, grazie al corretto dimensionamento degli elementi smorzanti.

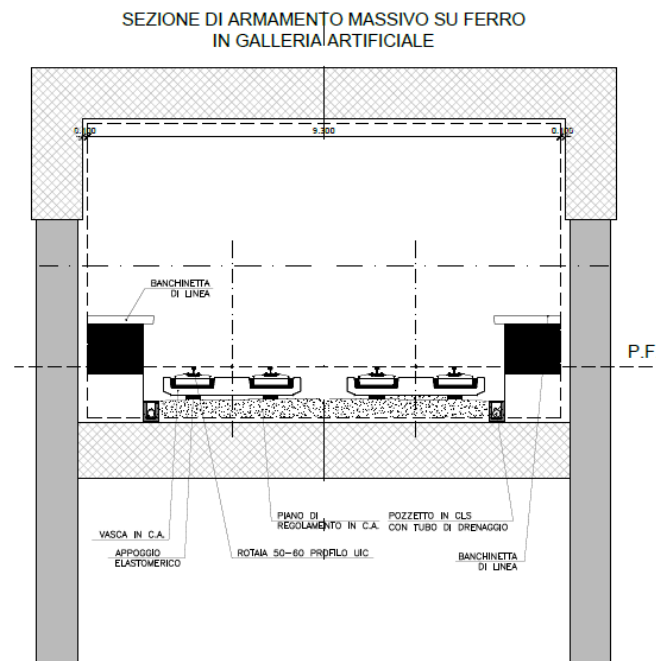
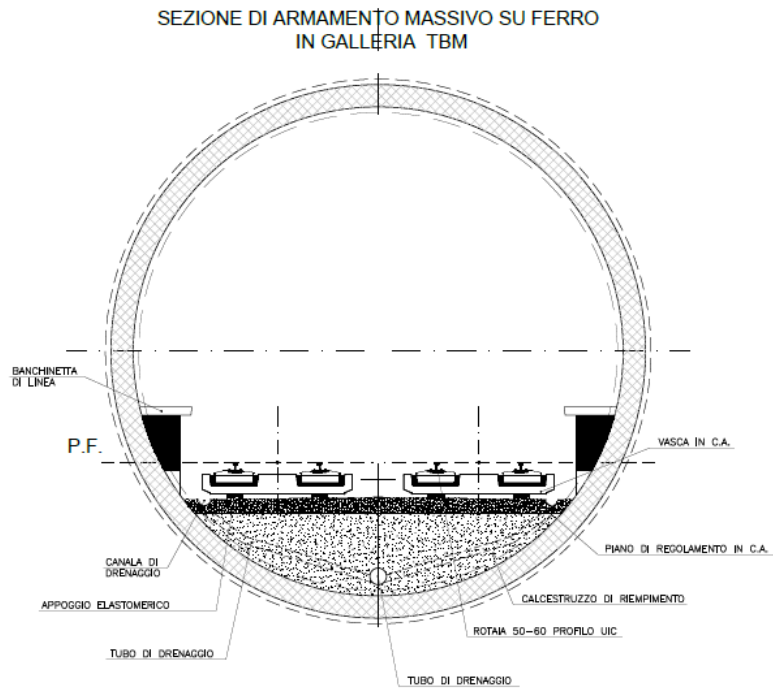



Figura 6. Armamento massivo su ferro per galleria in TBM e galleria artificiale C&C

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

Le cinque componenti principali del sistema di armamento massivo sono:

- la fondazione;
- la vasca flottante;
- lo stopper;
- il blocchetto estraibile;
- il binario.

8.2.3.1 La fondazione

L'armamento massivo può essere installato su qualsiasi sottofondo in calcestruzzo già realizzato alla quota d'appoggio dell'armamento o ricavato con un getto, debolmente armato, di appoggio.

La quota definitiva del piano di appoggio è stabilita in base alle caratteristiche del binario (dimensioni della rotaia e tipo di organo di attacco) e delle vasche flottanti.

8.2.3.2 La vasca flottante

La vasca flottante è il componente caratterizzante il sistema ed è realizzata in cemento armato prefabbricato.

Le vasche sono installate su elementi sotto-vasca disposti direttamente sul piano di appoggio dell'armamento in coppie distribuite a quinconce lungo la linea in modo che sotto ogni vasca, in corrispondenza delle rotaie, siano disposti:


- due elementi in mezzera della vasca, da un lato del binario;
- un elemento in corrispondenza dei giunti tra la vasca e le vasche attigue, dall'altro lato del binario.

8.2.3.3 Lo stopper

Tra il sottofondo dell'armamento e il centro di alcune vasche è disposto un manufatto metallico chiamato stopper, che ha la funzione di contrastare le azioni orizzontali generate dal serpeggiamento del treno, dalle accelerazioni e frenate, e dalle forze centrifughe prodotte durante la marcia in curva.

Tale elemento è formato da un pistone di acciaio con flangia, fissato al piano di appoggio dell'armamento mediante idonei ancoraggi, che scorre all'interno di una camicia di acciaio ancorata con getto di completamento alla vasca.

Normalmente è necessario installare uno stopper ogni 2 ÷ 3 vasche; in casi estremamente particolari (raggi di curvatura oltremodo ridotti, velocità di transito dei treni in curva notevolmente variabili, ecc.) può essere necessario installare uno stopper ogni vasca.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

8.2.3.4 *Il blocchetto estraibile*

Il blocchetto estraibile è formato essenzialmente da un manufatto di calcestruzzo prefabbricato disposto tra la vasca flottante ed il binario.


I blocchetti estraibili, avvolti da una scarpa polimerica con suola elastomerica aggiuntiva, sono annegati nella vasca tramite malta di allettamento. Gli elementi in gomma che avvolgono il blocchetto consentono:

- una moderata deformabilità tra il blocchetto e la vasca, che produce un effetto filtro delle frequenze più elevate;
- la sostituibilità in esercizio del blocchetto qualora le esigenze della manutenzione o dell'esercizio lo richiedano.

8.2.3.5 *Il binario*

La scelta del tipo di rotaie e del loro organo di attacco tiene conto delle esigenze derivanti dall'opportunità di utilizzare componenti omogenei con quelli installati lungo la linea priva di massivo.

Ai fini delle prestazioni globali dell'armamento il tipo di organo di attacco delle rotaie produce un effetto limitato in quanto tali prestazioni dipendono fondamentalmente dalla massa flottante dell'armamento.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

9. PRESCRIZIONI FUNZIONALI GENERALI

9.1 Requisiti del Sistema di trasporto

9.1.1 Analisi di Rischio nelle Metropolitane - Proposta di approccio metodologico per la valutazione e accettazione del rischio nelle metropolitane (Allegato 1)

Gli aspetti legati alla sicurezza del sistema di trasporto dovranno essere analizzati e coordinati con gli aspetti di sicurezza legati alle opere civili ed agli impianti non di sistema, in coerenza ed aderenza alle Linee Guida emesse dal Comitato Tecnico Permanente per la sicurezza nei sistemi di trasporto ad impianti fissi del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Gruppo di lavoro Analisi di Rischio nelle Metropolitane - Proposta di approccio metodologico per la valutazione e accettazione del rischio nelle metropolitane (Consultare **Allegato 1**).

9.1.2 Affidabilità / disponibilità / manutenibilità / safety (RAMS)

Si richiede una Affidabilità & Disponibilità del sistema di trasporto pari almeno a 99,7%

Il Sistemista dovrà specificare di rispettare il criterio richiesto con la dimostrazione del corretto rispetto dei vari sistemi, sottosistemi, impianti e opere civili che compongono il contesto di trasporto.


La metodologia dovrà essere sviluppata dal Sistemista e validata dall'ente Appaltante.

9.1.2.1 Introduzione

La presente sezione illustra brevemente tutti gli argomenti che sono afferenti all'analisi RAMS. In particolare, con riferimento ai sistemi di trasporto e, più in dettaglio, a quelli relativi alle linee metropolitane. La RAMS analysis rappresenta una complessa architettura di indicatori qualitativi e quantitativi che descrivono tutte le caratteristiche funzionali e operative di un Sistema complesso quale quello in esame. Il Sistema e tutti i suoi componenti interni ed esterni devono soddisfare i requisiti RAMS in tutte le fasi dalla progettazione, dalla costruzione fino alla fine della manutenzione. E un processo di lungo termine che deriva dall'applicazione di tutte le discipline tecniche, manageriali e di esperienza sui sistemi di tipo ferroviario e metropolitano. Le linee guida per lo sviluppo e la applicazione delle RAMS sono tutte incluse nella norma EN 50126.

Il paragrafo illustra i principali argomenti che saranno necessari per lo studio RAMS per la seconda linea delle Metropolitane di Torino.

I sistemi ferroviari e metropolitani sono oggetti tecnici di elevata complessità e sono caratterizzati da un elevato costo. Sono sistemi di lunga gestazione e progettazione dove l'applicazione delle metodologie RAMS devono essere adottate da subito per poi gestire in modo ottimale le successive fasi di realizzazione, collaudo e manutenzione. La progettazione di questi sistemi è molto estesa e varia dipendendo da numerosi parametri. Si deve sottostare a numerosi vincoli

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

già in sede di progetto come nella realizzazione anche in tema di Salute e Sicurezza. I vincoli di regolamentazione in termini di Sicurezza dei lavori, quelli legati alla salute umana e alla eco sostenibilità nonché tutta la serie di normative per i sistemi e per i sottosistemi interni ed esterni, richiede di realizzare un accurato Piano RAMS da affiancare al piano generale dei lavori.

I seguenti sottosistemi devono sottostare alle normative e requisiti RAMS oggetto del presente paragrafo:

- Armamento;
- Porte di Banchina;
- Apparat di Bordo e Terra legati all'automatismo;
- Sistemi di telecomunicazione, Reti Radio e Scada;
- Terminalistica, sistemi di Bigliettazione;
- Apparat di BT/MT e alimentazione della Trazione.


Occorre garantire la minima possibilità di avere sistemi e componenti ad alto rischio di guasto, eventi negativi che possano disturbare il corretto funzionamento degli impianti. La sicurezza dei sistemi di trasporto e del materiale rotabile è fortemente legata alla qualità già messa in evidenza nell'ambito del progetto e della costruzione. Inoltre, un avanzato e accurato piano di manutenzione deve essere quindi studiato e realizzato già in sede di progetto e testato in fase di realizzazione. Occorre quindi sincronizzare e mettere in relazione tra loro:

- Piano della progettazione;
- Piano dei lavori;
- Piano della manutenzione;
- Piano RAMS.

Gli obiettivi più evidenti della applicazione dei requisiti RAMS sono quelli di utilizzare tutte le informazioni operative, per soddisfare i requisiti della norma EN 50126, la quale richiede al Sistema e ai suoi componenti, procedure e azioni di:

- **Reliability:** è la abilità o capacità del Sistema e dei suoi componenti di seguire le funzionalità operative richieste, alla qualità necessaria e nei tempi previsti;
- **Availability:** è la disponibilità del Sistema e di tutti i componenti a restare e mantenere le specifiche richieste e di durare nel tempo;
- **Maintainability:** la capacità di mantenere o riportare le funzionalità ai valori iniziali, verificandone periodicamente i parametri e gli indicatori richiesti e gestendone tutte le situazioni di guasto con possibilità di prevederne accadimento usando metodologie statistiche, Big-Data e Machine Learning;
- **Safety:** Garantire la assenza di rischi per la salute, incidenti o accadimenti negativi dovuti alla operatività del Sistema e nel corso di tutto l'iter realizzativo. Deve rendere minimi o, meglio, nulli tutti gli accadimenti catastrofici.

In accordo con la EN 50126, l'analisi RAMS rappresenta un processo di progettazione, monitoraggio e miglioramento degli indicatori descritti in precedenza nel ciclo di vita della

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

Metropolitana in tutti i suoi aspetti. Il processo di determinazione delle proprietà RAMS avviene per gradi e si può considerare a stadi successivi, in quanto entra in tutte le fasi del ciclo di vita della progettazione e realizzazione dell'opera in esame. Sono necessarie alcune inizializzazioni per definire i parametri rappresentativi del Piano RAMS e, una volta definiti i target, si delinea successivamente il documento da seguire.

Nel settore ferroviario e in particolare delle Metropolitane, come detto, un ruolo determinante è la quantità e l'accuratezza delle informazioni operative; pertanto, queste devono essere recuperate e catturate come vedremo nella descrizione dei Big-Data e della IA con ogni mezzo a disposizione e contestualmente memorizzate in opportuni Data Base su mezzo fisico o su Cloud. In merito alla manutenzione, i dati devono essere esaustivi per dare le informazioni più complete possibili sulle cause di guasto, prevenirne l'accadimento e definire i piani di manutenzione associati.

Si elencano alcune linee guida che saranno inserite nella documentazione di Capitolato di Appalto.

Il progetto dovrà avere un alto livello di dipendenza dai requisiti RAMS che saranno richiesti.


Un piano di realizzazione dei requisiti RAMS dovrà essere redatto dai sistemisti e dovrà includere come minimo:

- organigramma e responsabili del progetto RAMS,
- concetti base del progetto RAMS e come verranno realizzati;
- attività che saranno implementate: verifica, valutazione e validazione delle RAMS;
- elenco delle Milestones a cui sono associate le consegne del progetto RAMS;
- il piano operativo di realizzazione.

9.1.2.2 *Gestione delle attività RAMS*

Uno degli obiettivi principali che si prefigge la implementazione del processo RAMS, è quello di guidare nel modo migliore ed efficiente la progettazione e la realizzazione dei sistemi e sottosistemi della linea 2 di Torino. Questo nel rispetto dei capitolati di gara e di tutti i requisiti illustrati nella documentazione progettuale. L'approccio di management deve seguire un insieme di procedure e raccomandazioni tra le quali:

- ❖ Per ognuno dei package di progetto esprimere chiaramente obiettivi e metodologie al fine di ottenere il loro raggiungimento;
- ❖ Una descrizione precisa delle metodologie che si intende seguire per la realizzazione degli obiettivi;
- ❖ Seguire con precisione la pianificazione temporale degli items RAMS, correggendo eventuali difformità, ritardo o non conformità;
- ❖ Gestire i teams di lavoro che seguano nello sviluppo i precedenti punti;
- ❖ Programmare degli Audit interni per assicurare la rispondenza ai requisiti RAMS;
- ❖ Documentare periodicamente circa i risultati raggiunti, le criticità e le revisioni progettuali;

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

È dunque necessario adottare un approccio integrato per assicurare, ad ogni stadio o fase dei lavori, la corretta applicazione delle RAMS, questo attraverso una fase preliminare di progetto che deve tenere conto dei:

- ❖ Requisiti di Sistema;
- ❖ Requisiti di Sotto Sistema;

Attraverso le fasi del progetto, quelle della operatività e del Commissioning fino alla fase manutentiva.

9.1.2.3 Organizzazione

Una chiara e ben definita organizzazione è necessaria per applicare i requisiti RAMS in un progetto di queste dimensioni. Le caratteristiche principali minime richieste sono:


- Una precisa e dettagliata definizione delle responsabilità;
- Un adeguato dimensionamento delle risorse umane dedicate;
- Per ognuno dei livelli del progetto designare un responsabile che conosca i dettagli e le capacità del personale ad esso dedicato.

9.1.2.4 RAMS Manager

- ❖ Questa figura è responsabile di tutte le attività RAMS.
- ❖ Deve pianificare e portare a termine tutti i processi RAMS descritti e deve assicurare che siano soddisfatti tutti i criteri richiesti, inoltre deve garantire che si seguano le procedure definite a livello di progettazione.
- ❖ Garantisce che vengano adottate tutte le operazioni necessarie a soddisfare i requisiti RAMS per il sistema e per i sottosistemi, in armonia con tutti gli aspetti contrattuali.
- ❖ Verifica che gli aspetti progettuali siano coerenti con i requisiti RAMS e a livello preventivo ne verifica la fattibilità.
- ❖ È incaricato di preparare le procedure di Test, collabora con il Responsabile della Sicurezza, è responsabile di tutta la documentazione mediante la preparazione dei report progressivi pianificati.

9.1.2.5 Project Manager

- ❖ Il Project Manager in collaborazione con il RAMS manager coordinerà le attività in maniera tale da soddisfare i requisiti della RAMS e ne curerà la effettiva realizzazione, focalizzandosi sui requisiti di progetto e costruzione.
- ❖ È sua responsabilità assicurare che il RAMS manager possa dare un fattivo contributo già nel corso della progettazione attraverso meeting periodici.
- ❖ Entrambi introdurranno anche le necessarie capacità tecniche per ogni disciplina al fine di assicurare i massimi livelli nella progettazione e nella esecuzione dei lavori.
- ❖ Le giuste interazioni e le mutue influenze di ciascuna disciplina verranno attualizzate nel migliore dei modi, attraverso una comunicazione efficace e continua.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

- ❖ Qualsiasi cambiamento nel progetto sarà registrato e discusso nel corso delle riunioni periodiche, alle quali parteciperanno tutte le figure chiave del lavoro.

9.1.2.6 *Manager di Interfaccia*

- ❖ Questa figura deve coordinare, in collaborazione con il RAMS Manager, tutte le attività atte ad assicurare che tutte le procedure RAMS vengano effettivamente seguite e attuate.
- ❖ Si focalizzerà principalmente sulle attività che riguardano le interazioni tra il Sistema con i suoi sottosistemi e tra il Sistema e tutte le interfacce esterne.

9.1.2.7 *Manager Sotto-Sistemi*

- ❖ Questa figura è a supporto del RAMS manager per assicurare l'effettiva messa in campo dei requisiti RAMS anche in funzione degli aspetti contrattuali attraverso incontri e riunioni frequenti nel corso delle attività.

9.1.2.8 *Manager Acquisti Fornitori e sub-contratti*

- ❖ Un continuo controllo e monitoraggio dei Fornitori e subappaltatori deve essere condotto con cura e grande precisione, occorre verificare di continuo che i lavori dei suddetti seguano i requisiti, le prescrizioni e i processi del Piano RAMS oltre a quelli del piano generale di Management.

9.1.2.9 *Documentazione*

È necessario provvedere ad un dossier in relazione al Piano delle attività.


Il dossier deve contenere al minimo:

- Relazione di commento;
- Piano RAMS;
- Configurazione del Sistema;
- Analisi di predizione di affidabilità (Reliability);
- Analisi dei modi e degli effetti dei guasti (FMECA);
- Analisi di Manutenzione preventiva;
- Analisi di Manutenzione correttiva;
- Analisi di Sicurezza;

9.1.2.10 *Revisioni e avanzamenti*

Per assicurare una adeguata gestione delle RAMS, il loro progresso e la applicabilità, sono necessarie riunioni adeguate e con periodicità ottimale. Per valutare il progresso delle RAMS occorre nelle review verificare tutti i documenti e analizzare tutti gli items del piano di RAMS. Occorre anche verificare, che i documenti richiesti e previsti dal piano della progettazione siano stati emessi e aggiornati. Il team che dovrà gestire le RAMS può essere molto articolato in funzione della complessità del progetto e diverse figure sono necessarie per gestire l'intero processo. Tra questi:

- Project Manager;

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

- Engineering Manager;
- System Manager;
- Safety and Security Manager;
- System Assurance Manager;
- Site Manager.

Nelle organizzazioni complesse, tutte le figure sopra, possono coesistere e gestire le RAMS ad altissimo livello assicurando quindi uno svolgimento del progetto e della costruzione in massima Qualità, Sicurezza e nei tempi richiesti.

Opportuni gruppi di lavoro, diversi nelle varie fasi operative, possono essere costituiti per gestire opportune riunioni di avanzamento con le massime competenze specifiche.

Tra questi:

- ❖ Riunioni dedicate alla Sicurezza;
- ❖ Riunioni di verifica della "Compliance" con i requisiti RAMS;
- ❖ Verifica che le Policy delle RAMS siano soddisfatte.

9.1.2.11 Politiche tipiche delle RAMS

I livelli di Sicurezza necessari da raggiungere nel progetto e nella realizzazione devono tenere conto di molteplici aspetti, lungo tutto il corso dei lavori.

Questi aspetti devono essere rispettati attraverso la guida della organizzazione manageriale descritti sopra.

Occorre realizzare un opportuno flusso operativo attraverso i processi di valutazione, verifica e validazione.

9.1.2.12 Sorgenti di DATI per la Analisi RAMS

Per conseguire una corretta analisi RAMS, soprattutto in termini di Reliability, è necessario introdurre una corretta e sofisticata raccolta dati. Un opportuno controllo passivo e attivo sulle operazioni deve essere adottato. In un test /osservazione di tipo attivo i dati sono collezionati attraverso procedure e forme speciali. L'osservazione passiva delle operazioni che si occupa invece di processare solo i dati esistenti memorizzati in file opportuni. Devono includere come minimo:

- ❖ Registro delle manutenzioni correttive;
- ❖ Registro delle manutenzioni periodiche o programmate;
- ❖ Manuale di manutenzione e registro per ogni Sistema e sottosistema.

9.1.2.13 Indicatori della RAMS

Le proprietà RAMS sono descritte da numerosi indicatori di natura qualitativa e quantitativa. La corretta selezione di questi parametri dipende dall'oggetto sotto esame e dagli obiettivi che ci si propone per la funzionalità del sottosistema. La natura molto complessa di queste scelte ci guida



a seguire con grande cura e attenzione i suggerimenti e requisiti delle norme EN 50126 e EN 61703. Attualmente le due normative non sono ritenute più sufficienti a coprire il sempre crescente numero di indicatori e parametri da avere reso necessario introdurne altre come estensione.

*RAMS analysis of railway vehicles' lifecycle**Analiza RAMS w cyklu istnienia kolejowych środków transportu**Table 2. Reliability indicators for railway means of transport*

Parameter	Symbol	Unit
Failure Rate	$\lambda(t)$	[No. of fail./hr]
Mean Up Time	MUT	[hr]
Mean Time To Failure	MTTF	[hr]
Mean Distance to Failure	MDTF	[km]
Mean Time Between Failure	MTBF	[hr]
Medium Distance Between Failure	MDBF	[km]
Distribution function of correct operation time	F(t)	Zero-dimensional
Reliability function	R(t)	Zero-dimensional

Table 3. Maintainability indicators for railway means of transport

Parameter	Symbol	Unit
Medium Down Time	MDT	[hr]
Medium Time/Distance to Maintenance	MTBM/MDBM	[hr], [km]
Mean Time /Distance Between Maintenance (corrective, c) or (preventive, p)	MTBM(c)/MDBM(c), MTBM(p)/MDBM(p),	[hr], [km]
Mean Time To (planned) Maintenance	MTTM(p)	[hr]
Mean Time To Repair	MTR	[hr]


Table 4. Availability indicators for railway means of transport

Parameter	Symbol	Unit
Instantaneous availability	A(t)	Zero-dimensional
Operational availability	A _o	Zero-dimensional
Actual availability	A _r	Zero-dimensional

Table 5. Safety indicators for railway means of transport

Parameter	Symbol	Unit
Probability of a hazardous event in the time „t”	F _H (t)	Zero-dimensional
Mean Time To Hazardous Failure	MTTHF	[hr]
Mean Time Between Hazardous Failures	MTBHF	[hr]
Mean probability of a hazardous event	H	Zero-dimensional
Consequences of a hazardous event	Z(c)	Human casualties, financial losses

Tabella 5. Parametri RAMS

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

9.1.3 EMC (Electromagnetic Compability) - Requisiti Generali di Sistema

Occorre evitare gli effetti avversi alla salute relativi alle correnti elettriche e ai Campi Elettromagnetici indotti sull'ambiente e sulle persone.

Profilo normativo:

- Direttiva Europea di riferimento: 2014/30/UE EMC concernente l'armonizzazione delle legislazioni degli Stati membri relative alla compatibilità elettromagnetica.
- EN50121 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - Compatibilità elettromagnetica.

La compatibilità elettromagnetica del Sistema dovrà essere assicurata.

Il Sistema non deve disturbare le Parti di Interfaccia e tutti i sottosistemi delle terze parti.

Il Sistema deve risultare immune dai disturbi delle Parti di Interfaccia e dai dispositivi installati dalle terze parti.

Il Sistemista deve sviluppare e applicare opportune procedure per la protezione delle persone, degli equipaggiamenti dalle emissioni elettromagnetiche e dagli effetti sull'intera rete. Stessa cura dovrà essere adottata sul materiale rotabile.

I rischi EMC dovranno includere gli effetti negativi indotti da:


- ❖ Tensioni;
- ❖ Correnti;
- ❖ Interferenze Elettromagnetiche.

Si dovrà provvedere ad un elenco permanente di procedure di Compatibilità Elettromagnetica, necessarie ad assicurare operazioni sicure sulla intera rete di trasporto.

Le procedure di sicurezza EMC dovranno includere una documentazione esaustiva da sottoporre alla Committente e alle commissioni di sicurezza responsabili.

Opportune sessioni di formazione dovranno essere pianificate a tutto lo staff e al personale di servizio e si devono necessariamente includere:

- ❖ Personale di servizio;
- ❖ Personale di Manutenzione;
- ❖ Parti di Interfaccia;
- ❖ Tutte le parti coinvolte nelle varie fasi.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

9.1.3.1 Documentazione da produrre

Generalità

È necessario sviluppare, mantenere e applicare la documentazione seguente per la revisione tecnica da parte della stazione appaltante:

- ❖ Total Earthing and Bonding Concept;
- ❖ Piano di Controllo;
- ❖ Piano di Gestione;
- ❖ Report sulle attività di progettazione relative alla EMC;
- ❖ Report sulle attività di testing e collaudo relative alla EMC.

La documentazione dovrà tenere conto delle caratteristiche di Sistema.

I requisiti per le terze parti e per le Interfacce dovranno essere prodotti e trasferiti da parte del Contraente.

I Sistemisti saranno responsabili della realizzazione delle misure che saranno descritte in un opportuno "**Measure Report Plan**" da produrre per la verifica alla stazione Appaltante o al gestore dell'esercizio.

Sarà necessario coordinare e integrare le attività di messa in atto dei lavori di Sistema, relativi alla EMC, con tutti i componenti della Interfaccia per assicurare la corretta esecuzione delle procedure e delle prescrizioni. Occorre verificare tutta la documentazione relativa alle interfacce delle terze parti.

9.1.3.2 Piano di controllo

È necessario sviluppare, mantenere e far applicare il piano di controllo della EMC.

Il Piano di controllo dovrà contenere come minimo:

- ❖ Indicazioni su tutti i potenziali rischi e danni alle persone e ai sistemi;
- ❖ Descrizione delle misure tecniche e gli strumenti necessari ad assicurare la funzionalità del Sistema e delle terze parti per evitare i rischi e i danni indotti;


Il Piano di Controllo dovrà essere continuamente aggiornato.

La prima versione del piano verrà sottoposta alla verifica dei tecnici preposti dalla stazione appaltante, che potranno in qualsiasi momento chiederne l'aggiornamento.

9.1.3.3 EMC Piano di Management

È necessario sviluppare, mantenere e far applicare il piano di management della EMC.

Il Piano di Management dovrà contenere come minimo:

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

- ❖ la metodologia di realizzazione delle contromisure EMC;
- ❖ il piano temporale di realizzazione;
- ❖ inclusione delle terze parti e di altre figure nominate dal contraente;
- ❖ attività di testing e relative procedure di accettazione;
- ❖ attività di interfaccia.

Il Piano di Management dovrà essere continuamente aggiornato.

La prima versione del piano verrà sottoposta alla verifica dei tecnici preposti dalla stazione appaltante, che potranno in qualsiasi momento chiederne l'aggiornamento.

9.1.3.4 *EMC Report delle attività di progetto*

È necessario sviluppare, mantenere e far applicare il piano di progetto della EMC.

Il Piano di Progetto dovrà contenere come minimo:

- ❖ Descrizione delle misure eseguite;
- ❖ Assicurare la conformità delle misure di EMC relative alla rete di Sistema;
- ❖ Analisi delle sorgenti di rischio e dei relativi componenti produttori le emissioni elettromagnetiche interferenti (EMI);
- ❖ Analisi dei rischi e dei danni;
- ❖ Contromisure prese per evitare disturbi e danni relativi;
- ❖ Misure prese per assicurare la funzionalità del Sistema e delle terze parti;
- ❖ Misure prese per chiarificare le interfacce critiche;
- ❖ Lista dei punti aperti.

Il Piano di Progetto dovrà essere continuamente aggiornato.


La prima versione del piano verrà sottoposta alla verifica dei tecnici preposti dalla stazione appaltante, che potranno in qualsiasi momento chiederne l'aggiornamento.

9.1.3.5 *Requisiti per le Emissioni Elettromagnetiche Interferenti (EMI)*

Si devono evitare le emissioni elettromagnetiche interferenti degli equipaggiamenti di Sistema, delle terze parti e delle interfacce. Tutte le funzionalità della rete, del materiale di rotolamento e delle terze parti e interfacce non deve influenzarsi vicendevolmente ed essere quindi immune da interferenze, oltre a non produrne.

9.1.3.6 *Rolling Stock*

Occorre immunizzare la rete di Sistema, il materiale ferroviario e le interfacce dalle emissioni elettromagnetiche adottando opportune misure di protezione. Le radiazioni non ionizzanti generate dai suddetti sistemi ed equipaggiamenti non devono indurre rischi alla salute e alle cose

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

e devono essere altresì proibiti ed evitati tutti gli avversi fenomeni di natura elettrica e magnetica da essi generati.

9.1.3.7 Immunità e limitazione delle Emissioni

A riguardo delle radiazioni non-ionizzanti sarà necessario seguire le indicazioni della normativa vigente in Italia ed essere quindi in regola con le seguenti norme:

- ❖ IEC 61000
- ❖ ICNIRP
- ❖ EN 50121
- ❖ EN 50121-3
- ❖ EN 50121-4
- ❖ EN 50121-5

riguardanti le emissioni interferenti.

Gli equipaggiamenti, dunque, dovranno sottostare ai livelli massimi indicate dalla normativa, dove non esistessero indicazioni si dovranno indicare I livelli di emissione massimi da rispettare dimostrandone la validità tecnica.

Tutte le parti coinvolte dovranno accettare questi livelli o collaborare alla definizione se problematica.

Qualora nonostante tutte le contro misure e le procedure adottate, un evento EMI dovesse prodursi occorre che il sistema o interfaccia coinvolti mantengano uno stato di Sicurezza.

9.1.3.8 Requisiti aggiuntivi di sistema

I requisiti di EMC devono includere:


- ❖ Controllo delle correnti di fuga;
- ❖ Sicurezza magnetica ed elettrica;
- ❖ Controllo delle interferenze.

La EMC dovrebbe assicurare operazioni in Sicurezza e in regime di affidabilità e deve mitigare i rischi per la salute umana.

Le misure adottate devono ridurre le interferenze mutue tra i sistemi e gli equipaggiamenti elettrici (EMI) e le interferenze legate ai Campi Elettromagnetici indotti su e tra i sistemi stessi.

Devono essere prevenute le seguenti situazioni:

- ❖ Inaccettabili tensioni o correnti di contatto;
- ❖ Guasti e malfunzionamenti delle installazioni elettriche incluse le installazioni di terze parti e delle interfacce;

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

Il controllo e la attenuazione delle correnti vaganti minimizzano altri fenomeni, tra i quali la corrosione delle strutture rinforzate, negli scambi etc.

La protezione da queste correnti è un importante aspetto nella progettazione dei sistemi a Corrente continua su Rotaia sopra tutto in prossimità della frenatura in stazione.

Tali temi dovranno essere esplicitamente trattati dal Sistemista sulla base della proposta tecnica adottata e dalla relativa configurazione di alimentazione (terza rotaia, catenaria rigida, guida centrale o guida laterale). Su questa base è stato in ogni caso predisposto un sistema di messa a terra e separazione dielettrica della galleria per ciascuna intertratta nell'ambito delle opere non di sistema, si faccia riferimento alla Cartella 12.

9.1.4 Obiettivi Tecnici della EMC

Il Sistema, con incluse le Interfacce e gli equipaggiamenti delle terze parti, dovrebbe essere elettricamente sicuro. In questo contesto la Sicurezza elettrica deve includere la protezione degli esseri viventi, delle strutture e di tutti gli equipaggiamenti.

Il Contraente è il responsabile della Sicurezza elettrica, della protezione dalle correnti vaganti e del controllo dalle interferenze.


Le attività di EMC devono coprire tutte le installazioni ed in particolare:

- ❖ Installazioni EHV/HV;
- ❖ Installazioni di Media Tensione a 50 Hz;
- ❖ Installazioni a basso voltaggio 50 Hz and gli UPS;
- ❖ Sistema di Trazione;
- ❖ Installazioni di Sicurezza per la salute;
- ❖ Sistemi di terze parti;
- ❖ Impianti di telecomunicazioni e segnalamento.

9.1.4.1 Classificazione degli effetti elettromagnetici

I seguenti items sono una prima classificazione degli effetti elettromagnetici che devono essere controllati e ridotti fino a non essere causa di danni, pericoli per la salute etc.:

- ❖ Il Sistema non deve indurre pericoli alla salute umana in relazione alle emissioni elettromagnetiche;
- ❖ Devono essere evitati gli avversi effetti della corrente elettrica e dei campi sull'ambiente e sulle persone;
- ❖ La compatibilità elettromagnetica del Sistema deve essere assicurata;
- ❖ Il Sistema non deve disturbare le terze parti e le Interfacce;
- ❖ Il Sistema deve essere immune dalle emissioni di terze parti e dalle Interfacce;
- ❖ Le interruzioni legate ai disturbi sopra descritti vanno gestite e non devono interrompere la continuità del servizio.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

Procedure di Sicurezza dovranno essere sviluppate per assicurare le persone e gli impianti dai rischi delle emissioni.

9.1.4.2 *Messa terra, Cablaggi e protezione da correnti vaganti*

Occorre assicurare che tutte le operazioni di messa a terra, cablaggi e interconnessioni oltre alla protezione dalle correnti vaganti siano realizzate e coordinate con grande cura dalle parti responsabili.

Occorre altresì prevenire e assicurare la inesistenza di correnti o tensioni di contatto inaccettabili e che le strutture non siano danneggiate per esempio dalla corrosione dovuta alle correnti vaganti.

Tutti i conduttori devono essere dimensionati per assicurare le operazioni ai valori limite del loro uso considerando le correnti massime dovute a guasti, corto circuito o assorbimenti anomali in regime di emergenza o in situazione di servizio degradato.

Le eventuali interazioni mutue dovute ai conduttori di ritorno nella trazione in continua e la messa a terra dei cavi di ritorno siano opportunamente progettate.

I cablaggi la messa a terra devono soddisfare gli Standard relativi alle norme IEC 62128 e EN 50162.

9.1.4.3 *Cablaggi e messa a terra*

La corrente di trazione di ritorno della linea deve essere isolata da terra.


La linea e il deposito/officina dovrebbero essere reciprocamente isolati utilizzando strutture separate

Nella Officina o in ambienti simili, la corrente di ritorno di trazione deve essere collegata alla terra del fabbricato civile. Queste sezioni di via dovranno essere separate elettricamente dalle sezioni utilizzando degli isolatori di via che dovranno rispettare i requisiti seguenti:

- ❖ La effettiva tensione di contatto non deve eccedere il limite di percezione secondo la norma IEC 62128-1 attraverso la continua verifica del potenziale della rotaia verso terra;
- ❖ misurazioni appropriate dovranno essere eseguite qualora si superassero le tensioni prescritte dalla norma al punto precedente;
- ❖ Durante le normali operazioni le rotaie, tra la linea e il deposito, dovranno essere isolate;
- ❖ Durante le normali operazioni la terza via dovrà essere isolata;

Il Sistema di messa a terra del deposito dovrà essere collegato con la terra di struttura/edificio.

Nel caso le installazioni a terra fossero annegate nel cemento, è necessario ispezionare la zona prima della colata, e i risultati della ispezione devono essere documentati e sottoposti alla direzione lavori.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

Il Contraente sarà responsabile del coordinamento della interfaccia EMC con la ingegneria di Sistema specialmente per il coordinamento della messa a terra.

Il circuito di ritorno della corrente di trazione sarà isolato dalla struttura con blocchi isolanti opportuni.

Le normative IEC 62128-1, EN 50124, sono quelle di riferimento per lo shock elettrico, che deve essere evitato ai passeggeri e al Sistema e tenuto sotto controllo.

Essendo libera la scelta del tipo di Trazione e del relativo armamento le proposte dovranno soddisfare le normative vigenti per la posa degli impianti di messa a terra per sistemi di trazione con terza rotaia o con Catenaria seguendo le norme applicabili:

- CEI50122-1 , -2
- CEI50163.
- CEI50159 le linee di contatto aeree.

9.1.4.4 *Protezione dalle correnti Vaganti*

La rete di ritorno della Trazione dovrebbe essere isolata, includendo opportuni raccordi di isolamento per minimizzare le correnti vaganti. Le normative IEC 62128-2 e EN 50162, sono quelle di riferimento da applicare.

Le correnti vaganti devono essere considerate e attenuate già a livello di progetto. Dove non fosse possibile le correnti vaganti dovranno essere limitate e incanalate in maniera tale da non generare effetti avversi.

Tutti i conduttori e le strutture dovranno essere opportunamente protetti dalle correnti vaganti in caso di normali condizioni di funzionamento nominale e anche in caso di guasto e in presenza di correnti transitorie.


Il calcolo o la stima delle correnti vaganti e delle correnti di guasto per il dimensionamento dei conduttori I seguenti input vanno considerati come minimo:

- ❖ Massima corrente operativa;
- ❖ Massima corrente di corto circuito;
- ❖ Conduttanza dei cavi di 0.7 S/km per via (2 binari a terra) utile per il calcolo delle correnti vaganti.

Deve essere approntato un Sistema automatico di monitoraggio per la detenzione delle correnti vaganti e per la misura dell'isolamento tra il binario e la terra per evitare un trasferimento delle correnti vaganti alla rete.

Il valore Massimo delle correnti vaganti deve essere calcolato e fornito alle parti.

La messa a terra e i collegamenti devono includere come minimo gli aspetti seguenti:

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

- ❖ Configurazione dei conduttori dei cavi di terra e di sistema;
- ❖ Dimensionamento di tutti i conduttori;
- ❖ Materiali scelta e requisiti;
- ❖ Metodi di trasporto, stoccaggio e installazione;
- ❖ Descrizione della messa a terra e del cablaggio;
- ❖ Descrizione delle interfacce;
- ❖ Protezione dalle correnti vaganti;
- ❖ Criteri di progetto e di calcolo della messa a terra;

In riferimento alla progettazione degli impianti di terra sono presenti in progetto Cartella 12 gli elaborati relativi agli impianti di terra che sono stati redatti per ogni parte d'opera:

- Deposito
- Stazioni
- Pozzi
- Gallerie (tutte le tipologie)

Per la protezione da correnti vaganti sono stati inseriti in galleria (progetto opere civili):

Impianti di terra nelle gallerie

Al fine di proteggere l'infrastruttura dalle correnti vaganti dovute a sistemi di trazione, sono stati inseriti i giunti dielettrici tra stazioni e gallerie.

L'impianto di terra è quindi indipendente per le gallerie, ed è costituito da un dispersore a maglia che troverà allocazione generalmente nel pozzo di ventilazione del tronco di galleria considerato e da questo proseguirà con i collettori di terra longitudinali, ai quali saranno collegate, tramite i conduttori PE, le masse e masse estranee di galleria.

L'impianto di terra in ogni pozzo è progettato in conformità alle prescrizioni delle norme CEI EN 61936-1 (CEI 99-2) pubbl. 2022-05.

9.1.5 Elettrodotti AT lungo il tracciato

Nelle aree interessate dal progetto è stata riscontrata la presenza di n.2 elettrodotti rispettivamente ad altissima (220kV) e alta tensione (132 kV) in cavo interrato (Rif. Studio di Impatto Ambientale MTL2T1A0DAMBGENR001-0-3). Di tale possibile interferenza il Sistemista dovrà tenere conto nella progettazione dei sistemi presenti nella zona di attraversamento.

Mediante l'utilizzo del Portale CEM – campi elettromagnetici in Piemonte di ARPA Piemonte sono state individuate le sorgenti di radiazioni a bassa frequenza nell'ambito di studio (Figura 7).



Figura 7. Aree di impatto del campo magnetico da elettrodotti (verde) (Fonte: Portale CEM- ARPA Regione Piemonte) in rosso il tracciato della Linea 2 (Tratta Stazione Rebaudengo - Stazione Bologna)

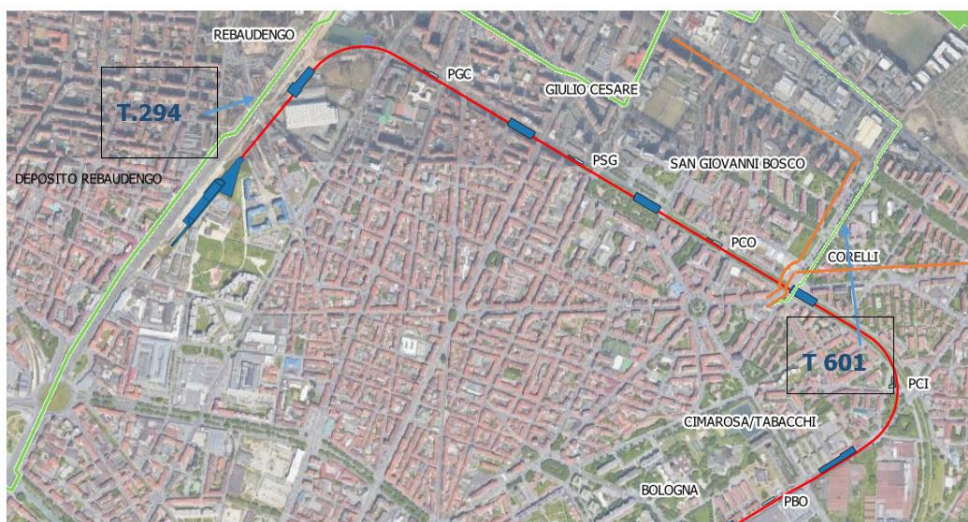


Figura 8. Zoom dell'area tra Deposito Rebaudengo e Stazione Bologna ove sono riportati in verde le aree di impatto degli elettrodotti esistenti e in arancione gli elettrodotti in cavo 132 kV che attualmente sono in fase di progettazione

Il primo elettrodotto in cavo interrato a 220 kV denominato T.294 Stura – Arbarello, corre parallelamente al tracciato della Linea 2 nella sezione che si sviluppa tra il Deposito Rebaudengo

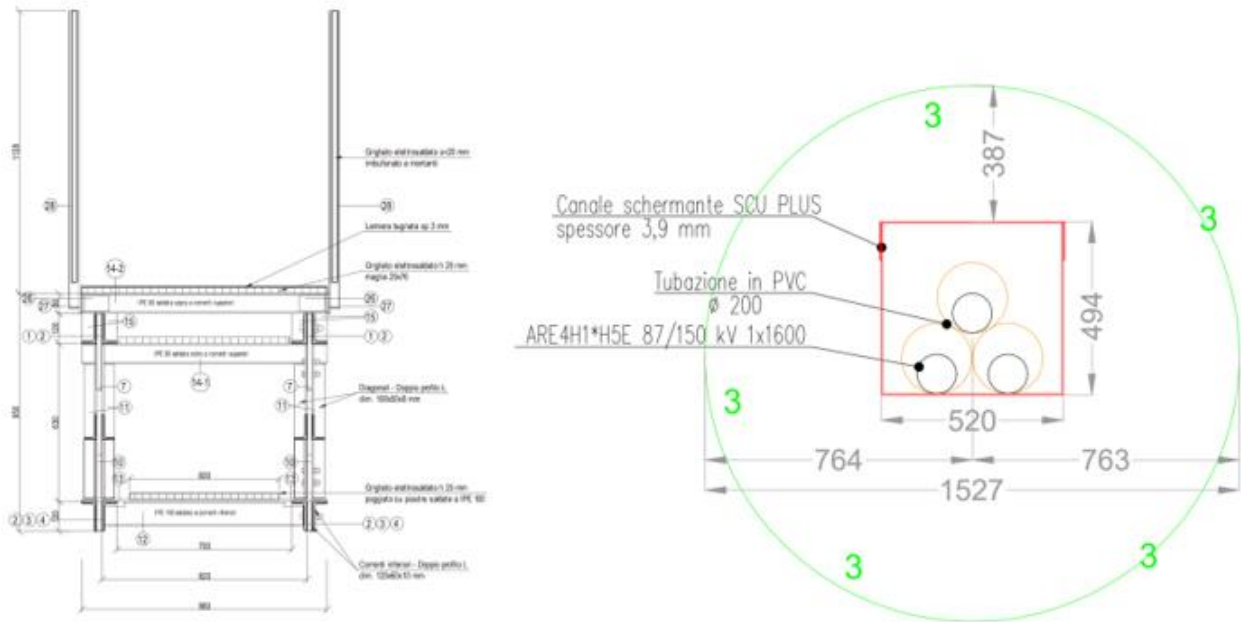


Figura 10. Sezione tipo nuovo cavidotto lungo ex trincea ferroviaria: a sx particolare della passerella tralicciata, a dx: disposizione dei conduttori, disposizione del canale schermante e DPA per il rispetto dei 3 μ T (Fonte: I-reti)

La richiesta di incremento di potenza in prelievo sulla RTN per la cabina primaria "Michelin Stura" ha determinato la necessità realizzare un ulteriore elettrodotto denominato T.930 "Monterosa – Michelin Stura". Anche tale esecuzione avverrà prima della realizzazione del progetto della Linea 2 della metropolitana.

L'elettrodotto T930 nel tratto tra via Sempione e via Gottardo (ex trincea ferroviaria) sarà sempre realizzato mediante una passerella tralicciata che non interferirà con i manufatti del progetto della Linea 2. A valle della realizzazione del progetto della metropolitana, la passerella di attraversamento della trincea ferroviaria sarà interrata rispetto al piano stradale.

Il cavidotto sarà esercito alla tensione di 132 kV e costituito da una terna composta di tre cavi unipolari realizzati con conduttore in rame, isolante in XLPE, schermatura in rame e guaina esterna in polietilene. Ciascun conduttore di energia avrà una sezione indicativa di 1200 mm².

I cavi interrati saranno installati in condizioni normali in una trincea della profondità di 1,6 m, con disposizione delle fasi a trifoglio e con collegamento di tipo cross-bonding.

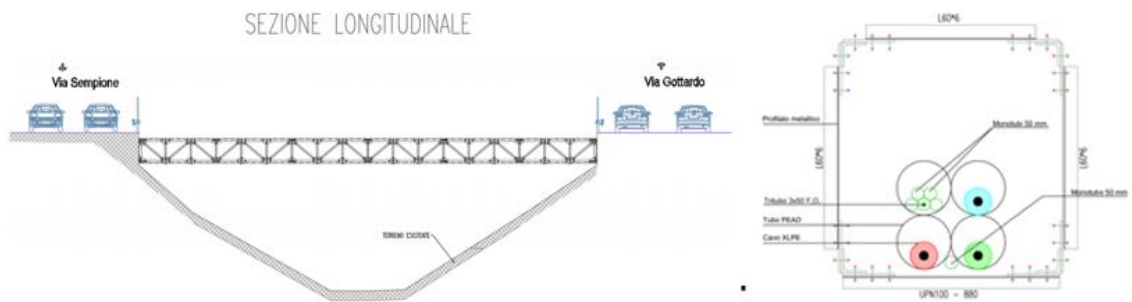



Figura 11. Vista in sezione longitudinale rispetto all'asse del cavidotto e posizionata in corrispondenza dell'ex trincea ferroviaria con posa su passerella (a sx) e (a dx) Posa a "L" su passerella tralicciata tra via Sempione e via Gottardo (fonte: Ireti)

La figura 7 riporta le aree di impatto dei campi elettromagnetici in verde; come è facilmente riscontrabile tale area di impatto generata dagli elettrodotti in cavo interrato si esaurisce a pochi metri dall'asse dell'elettrodotto stesso. Essa è principalmente dipendente della tensione nominale, massima portata in corrente e configurazione geometrica dei conduttori.

Nel tratto di attraversamento della futura area verde di ricucitura urbana che contraddistinguerà l'ex trincea ferroviaria in seguito alla realizzazione della metropolitana, l'eventuale permanenza di prolungata di persone ha determinato l'esigenza di una struttura schermante del cavo interrato al fine di minimizzare i livelli di esposizione di induzione magnetica alla superficie calpestabile finale.

In base a quanto rilevato, l'ambito di studio in cui si colloca il progetto non risulta essere particolarmente soggetto a inquinamento elettromagnetico da sorgenti a frequenza estremamente bassa frequenza.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

9.1.5.1 *Protezione contro le correnti vaganti*

Particolare importanza riveste il problema delle correnti vaganti per i fenomeni corrosivi da esse prodotti: la protezione contro queste correnti è definita nella Norma CEI EN 50122- 2 Pubbl. 2023-03.

Per impedire perciò che correnti vaganti possano fluire lungo le strutture di galleria, causando così una connessione indesiderata tra aree differenti, le strutture di galleria in cemento armato saranno suddivise in sezioni longitudinali per mezzo di giunti isolanti; in particolare per ogni stazione sono previsti due giunti isolanti immediatamente a monte e a valle della stessa, ed il tronco di galleria tra due stazioni è isolato rispetto alle stesse.


Inoltre, le armature in acciaio delle gallerie in cemento armato ed i componenti della galleria in materiali ferrosi non devono avere nessuna connessione conduttrice a tubi e cavi localizzati esternamente alla galleria o al circuito di ritorno o a qualsiasi Sistema adiacente che non sia isolato da terra.

Viceversa, saranno effettuate connessioni delle armature di galleria ai propri terminali di terra in maniera da soddisfare i requisiti di messa a terra per provvedimenti protettivi, per cui i conci di galleria, e le masse estranee presenti saranno tutti interconnessi tra loro ed al proprio dispersore di terra per mezzo di un conduttore longitudinale.

Perciò per ogni tronco di galleria sarà realizzata una rete di terra (T.G.), del tipo previsto per le stazioni, in corrispondenza del pozzo di ventilazione con dimensioni complessive pari a 5x5 m circa.

In corrispondenza dei giunti tra gallerie e stazioni saranno fornite cassette di controllo giunti in cui sono riportate, a due morsetti distinti, le corde di terra da 120 mm² provenienti dai due sistemi contigui.

Per ogni stazione, dalle cassette di controllo dei giunti partiranno cavetti 2x1,5 mm² che collegheranno appositi quadretti, ubicati nei locali QGBT-1/2 (o eventualmente nei locali cortocircuatori a cura del progetto di Sistema), per il controllo delle differenze di potenziale tra le terre dei diversi tronchi.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

9.1.6 Cyber Security

La metropolitana essendo un organo automatizzato e trasportando del pubblico, si deve dotare di una politica di alta efficienza riguardo ai Cyber attacchi.

In particolare, una attenzione molto alta deve essere prestata a riguardo del sistema di Pilotaggio Automatico.

La introduzione della Cyber Security nei nuovi sistemi di trasporto intelligente è ormai data per scontata da tutti gli operatori del settore. La generalizzazione dei componenti elettronici e lo sviluppo della scienza dell'informazione e delle tecnologie di comunicazione a livello delle infrastrutture e del materiale rotabile crea nuovi livelli di rischio a causa del sempre più difficile discernimento tra i segnali di Sicurezza mandati dai sistemi e i possibili segnali mandati da un attacco informatico. La possibilità che si inseriscano segnali non voluti, rumore e attacchi di "Malware" diventa sempre più frequente anche per la notevole mole di dati che viaggiano lungo le reti e nello spazio aereo attraverso il Wi-Fi.

La sempre più crescente digitalizzazione dei sistemi procede di pari passo con la necessità di accrescere la Cyber Security. Occorre quindi gestire i processi implementando le normative ISO dedicate tra le quali ISO27001 insieme ad alcune procedure di Sicurezza ferroviaria quali le IEC 62433 -2 -1 etc.

Negli ultimi anni i sistemi ferroviari hanno sofferto di diversi attacchi che hanno principalmente interferito sui sistemi di informazione ai passeggeri e sui sistemi di ticketing.


I Cyber-Risks non possono essere dissociati dai rischi legati al servizio normale di un Sistema complesso quale una metropolitana.

Se il malintenzionato prendesse il controllo della postazione centrale ci potrebbero essere seri guai per l'intero Sistema di esercizio.

Il confine tra Sicurezza della metropolitana e CyberSecurity non è ancora oggi stato ben determinato e quindi è essenziale chiarire il funzionamento alla interfaccia tra i due mondi attraverso un approfondimento dei sistemi di Sicurezza di tipo ferroviario e quelli di tipo informatico.

I sistemi in oggetto e gli operatori sono sempre più frequentemente sotto attacco da parte di hacker specializzati che si inseriscono sulle reti sotto forma di pacchetti di segnale simili a quelli normalmente scambiati.

Il sempre più crescente grado di connettività delle infrastrutture e del materiale rotabile ne accresce la superficie di impatto, ma allo stesso tempo offre un sempre più alto livello di performance in termini di supervisione dei dati, aggiornamento delle difese e permettendo quindi un possibile maggior controllo e prevenzione dagli attacchi. La Cyber Security è critica nel settore dei trasporti collettivi rendendo sempre più importanti la analisi dei rischi connessi e la gestione degli stessi.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

La integrazione della Cyber Security all'interno dell'iter di progettazione del Sistema permette una migliore gestione dei rischi associati e ne previene possibili futuri danni al sistema stesso.

9.1.6.1 *Integrazione della Cyber Security nel progetto*

Al fornitore del Sistema sarà richiesto di integrare i requisiti della Cyber Security all'interno del progetto dell'intero Sistema permettendo quindi una maggiore efficacia a controbattere eventuali future attacchi riducendone l'impatto, prevenendo meglio il rischio.

9.1.6.2 *Modello di prevenzione del Rischio*

Si cerca di aggregare i rischi simili identificandoli nei vari sottosistemi. E quindi si raggruppano I sottosistemi in zone dove ci sono profili di rischio simili. In questo modo si utilizzano mezzi di contrasto dedicati al profilo di rischio trovato. I controlli fisici e I Cyber Control sono quindi adattati e specializzati alla area di competenza.

Le normative di riferimento sono la ISA99 e la IEC 62443 e le seguenti:

- EN50126 (RAMS) – Railway Applications
- EN50128 (Rail Control and Protection) Safety Critical Development
- EN50129 (Rail Safety Related) Safety Related Communication for Signalling
- EN50159 (Rail Safety Related Communications) Communications, Signalling

Si raccomandano i seguenti elementi procedurali indipendentemente dal tipo di rischio in essere:


- ❖ Identificare il pericolo;
- ❖ Identificare il target e/o l'apparato sotto attacco;
- ❖ Identificare le misure di controllo;
- ❖ Valutare quantitativamente il rischio;
- ❖ Implementare le opportune contro misure;
- ❖ Redigere opportuna documentazione;
- ❖ Condurre le revisioni periodiche.

I passi da compiere sono I seguenti:

- ❖ Identificazione;
- ❖ Protezione;
- ❖ Detezione;
- ❖ Rispondi
- ❖ Recupera.

Più nel dettaglio si propongono alcune azioni necessarie per attenuare i rischi da Cyber Attack:

- ❖ L'adozione di nuove tecnologie, quali block-chain, Intelligenza Artificiale e IoT potrebbe rappresentare un terreno per futuri attacchi informatici che hanno come obiettivo il furto

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

di informazioni riservate o il blocco dell'erogazione di servizi essenziali, anche con finalità terroristiche;

- ❖ Adozione di un modello integrato di indirizzo e governo della security in grado di far convergere la gestione della sicurezza fisica e cibernetica in un unico punto di comando e controllo e garantire l'adozione di principi generali e logiche di intervento operative uniformi;
- ❖ Realizzazione e operatività di un polo specialistico in cui convergono le risorse umane e tecnologiche più avanzate per prevenire, rilevare e contrastare gli attacchi informatici;
- ❖ Modello di gestione e controllo volto alla classificazione delle informazioni in relazione alle caratteristiche di riservatezza al fine di proteggere le informazioni da possibili violazioni;
- ❖ Miglioramento della capacità di prevenzione delle minacce informatiche;
- ❖ La nuova dimensione digitale potrà favorire l'offerta di servizi più efficienti e personalizzati;
- ❖ Istituzione di un ente esterno di controllo periodico della capacità di opposizione agli attacchi.

Il fornitore del Sistema dovrà analizzare approfonditamente e adottare tutte le raccomandazioni necessarie alla prevenzione dei possibili Cyber-Attacks già nelle fasi di progettazione e nel corso della messa in esercizio.

9.1.6.3 Benefici nell'adottare la Cyber Protection

9.1.6.3.1 Benefici

Protezione della infrastruttura attraverso il concetto di divisione in multi-zone dove specializzare la mitigazione del rischio con specifici strumenti definiti ad hoc.

9.1.6.3.2 Oscuramento

Gli indirizzi IP chiave sono oscurati o nascosti opportunamente riducendone il rischio di identificazione.


Questo reduce l'impatto di essere tracciati da un eventuale "Malaware".

9.1.6.3.3 Regolamentazione accessi

Politiche forti di controllo accessi, assegnazione indirizzi e continua verifica degli indirizzi e della cronologia di uso.

Tra I principali elementi da considerare ci sono i seguenti molto importanti:

- ❖ Sicurezza nella memorizzazione e gestione dei dati, specie quelli sensibili della rete;
- ❖ Creazione e concentrazione in un unico centro di prevenzione;
- ❖ Metodologia di conservazione dei dati della manutenzione;
- ❖ Sicurezza nella trasmissione delle informazioni;

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

9.1.6.4 Azioni sulla rete informatica

Si devono adottare tutta una serie di implementazioni di Sicurezza sulla rete:

- ❖ **Protezione end-to-end:** ottimizza gli accessi, la Sicurezza di rete, e gestisce I collegamenti dei dispositivi esterni, esegue un continuo audit della situazione;
- ❖ **Introduzione di Fire Wall e segmentazione** della rete: la segmentazione permette di gestire diverse tipologie di traffico e permette di isolare parti della rete reindirizzando opportunamente il traffico;
- ❖ **In-built cyber security application**, integrated with the network.


I sistemi che potenzialmente possono essere esposti alla cyber security sono i circuiti elettronici di interlocking, i sistemi di protezione, i sistemi automatici di gestione dei blocchi, i sistemi di tracking dei veicoli, tutti I sistemi di comunicazione. Il controllo di accesso è fondamentale come salvaguardia del sistema di sicurezza. Si formano delle liste di controllo di accesso che devono essere verificate e controllate frequentemente.

I requisiti tecnici di sistema (IEC 62443-3-3) e di prodotto (IEC 62443-4-2) sono valutati attraverso 4 livelli di sicurezza (SL).

I differenti livelli indicano un diverso grado di sicurezza contro gli attacchi (IEC 62443-1-1 e sono di seguito indicati:


- SL - 0: nessun requisito di Protezione;
- SL -1: Protezione contro gli usi non sicuri di tipo accidentale o non intenzionali;
- SL 2: Protezione contro attacchi intenzionali con mezzi semplici e risorse limitate con esperienza generale e poca motivazione;
- SL 3: Protezione contro attacchi intenzionali con mezzi sofisticati e risorse moderate con conoscenza specifica e motivazione moderata;
- SL 4: Protezione contro attacchi intenzionali con mezzi sofisticati e risorse avanzate con conoscenza specifica e motivazione elevata;

L'obiettivo della ISO 27001 è proteggere la riservatezza, l'integrità e la disponibilità delle informazioni in un'azienda.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

Area	Tabella 2.1: i controlli essenziali di Cyber security (Italian Cyber Security Report 2016)
Inventario dispositivi e software	Esiste ed è mantenuto aggiornato un inventario dei sistemi, dispositivi, software, servizi e applicazioni informatiche in uso all'interno del perimetro aziendale.
	I servizi web (social network, cloud computing, posta elettronica, spazio web, ecc.) offerti da terze parti a cui si è registrati sono quelli strettamente necessari.
	Sono individuate le informazioni, i dati e i sistemi critici per l'azienda affinché siano adeguatamente protetti.
	È stato nominato un referente che sia responsabile per il coordinamento delle attività di gestione e di protezione delle informazioni e dei sistemi informatici.
Governance	Sono identificate e rispettate le leggi e/o i regolamenti con rilevanza in tema di cyber security che risultino applicabili per l'azienda.
Protezione da malware	Tutti i dispositivi che lo consentono sono dotati di software di protezione (antivirus, anti malware, ecc) regolarmente aggiornato.
Gestione password e account	Le password sono diverse per ogni account, della complessità adeguata e viene valutato l'utilizzo dei sistemi di autenticazione più sicuri offerti dal provider del servizio (es. autenticazione a due fattori).
	Il personale autorizzato all'accesso, remoto o locale, ai servizi informatici dispone di utenze personali non condivise con altri; l'accesso è opportunamente protetto; i vecchi account non più utilizzati sono disattivati.
	Ogni utente può accedere solo alle informazioni e ai sistemi di cui necessita e/o di sua competenza.
Formazione e consapevolezza	Il personale è adeguatamente sensibilizzato e formato sui rischi di cybersecurity e sulle pratiche da adottare per l'impiego sicuro degli strumenti aziendali (es. riconoscere allegati e-mail, utilizzare solo software autorizzato, ...). I vertici aziendali hanno cura di predisporre per tutto il personale aziendale la formazione necessaria a fornire almeno le nozioni basilari di sicurezza.
Protezione dei dati	La configurazione iniziale di tutti i sistemi e dispositivi è svolta da personale esperto, responsabile per la configurazione sicura degli stessi. Le credenziali di accesso di default sono sempre sostituite.
	Sono eseguiti periodicamente backup delle informazioni e dei dati critici per l'azienda (identificati al controllo 3). I backup sono conservati in modo sicuro e verificati periodicamente.
Protezione delle reti	Le reti e i sistemi sono protetti da accessi non autorizzati attraverso strumenti specifici (es: Firewall e altri dispositivi/software anti-intrusione).
Prevenzione e mitigazione	In caso di incidente (es. venga rilevato un attacco o un malware) vengono informati i responsabili della sicurezza e i sistemi vengono messi in sicurezza da personale esperto.
	Tutti i software in uso (inclusi i firmware) sono aggiornati all'ultima versione consigliata dal produttore. I dispositivi o i software obsoleti e non più aggiornabili sono dismessi.

Tabella 6. Azioni sulla rete informatica – Lista di controllo

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

Tutte le azioni indicate in tabella 6 e le Normative citate sono applicabili anche al Sistema Scada che è il cuore operativo dell'intera struttura.

9.1.7 IA-Big Data

Big Data, Intelligenza Artificiale, Data Analytics, Machine Learning, Data Science, Cloud: tutte queste espressioni sono ad oggi attuali nel contesto delle Opere di Sistema.

Si assiste con sempre maggiore intensità alla introduzione nella gestione dei Sistemi di Trasporto Intelligenti (ITS) della Intelligenza Artificiale (IA) e delle tecniche di Machine Learning.

La continua crescita delle popolazioni urbane ha messo in rilievo la necessità di introdurre sistemi di trasporto intelligente che nel tempo diventeranno sempre di più rilevanti.

La ragione per questo è che non si può più prescindere dalla gestione del problema a causa della sempre più intensa quantità di dati, eventi e bisogni legati all'uso sempre più grande dei sistemi di trasporto.

Il controllo del traffico, i flussi di persone che utilizzano i diversi sistemi di trasporto e la necessità di integrarli per ottimizzarne la fruizione richiedono di applicare tutte le nuove discipline legate ai dati.

Questo tipo di dati legati al traffico e a tutti gli eventi possibili all'interno di un sistema di trasporto è molto numeroso ed è in crescita continua. I tools tradizionali sono inadeguati a risolvere questi problemi.


Per questa ragione si richiede di introdurre anche per la Linea 2 della metropolitana, oggetto del documento, un sistema di rilevazione dati e un software di analisi e gestione degli stessi.

I sistemi di trasporto odierni producono una grande quantità di dati (Big Data) che possono influenzare e avere un forte impatto anche dal punto di vista della progettazione dei sistemi stessi. Lo scopo è rendere gli ITS affidabili, efficienti e profittabili. Di recente sono letteralmente esplosi gli studi relativi ai Big Data con la nascita di nuove figure come:

- Big Data Analyst;
- Data Scientist;

Lo studio dei Big Data nei sistemi ITS richiede di individuare le sorgenti dei dati e di affinare le metodologie di acquisizione dei dati e quindi sorge la necessità di proporre le giuste metodologie e piattaforme software che possono essere esterne o integrate sul sistema stesso. Tra le categorie di utilizzo ci sono:

- Analisi degli incidenti;
- Studio del flusso passeggeri o del traffico dei treni;
- Pianificazione del Servizio;
- Pianificazione del Personale;

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

- Management Control;
- Maintenance Analysis
- Etc.

I dati possono essere elaborati attraverso tecniche di Data Mining, di Machine e Deep Learning, Intelligenza Artificiale in genere ma anche attraverso i Social.

La "Sentiment Analysis" è una tecnica applicabile per la estrazione di informazioni utili dai dati sui social.

Analizzando per esempio i post o le discussioni inerenti ai Trasporti si possono estrarre informazioni utili ad orientare il produttore a introdurre dispositivi e servizi che possono incontrare i gusti o agevolare le esigenze dei viaggiatori o dei fruitori del Trasporto.

I Sistemi Intelligenti sono nati fin dal lontano 1970, essi incorporano tecnologie sempre più avanzate che possono includere:

- ❖ Tecnologie elettroniche quali ad esempio: sensori avanzati, telecamere, rilevatori etc;
- ❖ Tecnologie di Trasmissione dei Dati;
- ❖ Tecnologie di controllo intelligente;

Lo scopo è agevolare le funzioni di esercizio e dare ai clienti il maggior supporto operativo possibile. I Dati possono essere ottenuti attraverso sorgenti o dispositivi diversi:

- ❖ IC Smart Cards;
- ❖ Cellulari;
- ❖ Sistemi GPS;
- ❖ Sensori;
- ❖ Sistemi Video/CCTV
- ❖ Social Media.

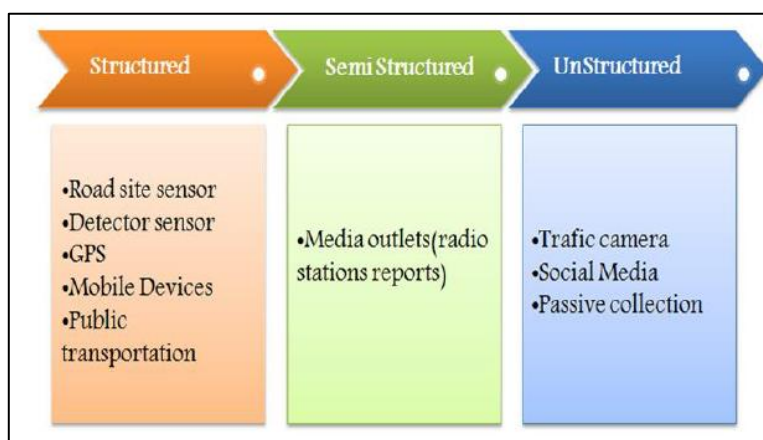



Figura 12. Dati: Sorgenti e dispositivi

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

I requisiti funzionali sopra esposti richiedono una piattaforma HW/SW che sia in grado di:

- ❖ Gestire una grande quantità di dati di traffico e di informazioni provenienti dal sistema, tenendo conto che la quantità di questi crescerà in maniera esponenziale;
- ❖ La capacità di gestire i dati in tempo reale;
- ❖ I sistemi sw dovranno avere in basso tempo di latenza tra la memorizzazione del dato e la sua fruibilità;
- ❖ I dati dovranno essere reperibili anche attraverso terminali mobili e scaricabili da APP opportune;
- ❖ Parte di questi dati saranno disponibili ai passeggeri per integrare le informazioni usuali presenti nelle stazioni o a bordo treno.

La piattaforma che si proporrà, deve avere molte funzionalità e dovrà essere:

- ❖ Scalabile con il crescere del numero dei dati;
- ❖ Integrabile all'interno dei software e dei dispositivi esistenti;
- ❖ Facilmente mantenibile;
- ❖ Standard in termini di Data Base Management;
- ❖ Fare buon uso dei dati collezionati;
- ❖ In caso di estensioni di linea o di tecnologie potersi facilmente adattare.

Utilizzando opportune tecniche di "Data Analytics" si possono estrarre dati omogenei e strutturati da un insieme enorme di dati non correlati o sconnessi.


La analisi dei Big Data ha permesso di ridurre la complessità nella memorizzazione dei dati, nella loro analisi e nella loro gestione.

Sono utilizzabili numerose piattaforme software in grado di gestire una così grande mole di dati e tra questi citiamo: Apache, Hadoop e Spark e altre ne nasceranno nei prossimi anni.

La Big Data Analytics è una disciplina software che sicuramente migliorerà le prestazioni e la efficienza dei sistemi complessi ma richiede la necessità di gestire una enorme mole di dati per dare informazioni o per supportare le decisioni in tempo reale ai direttori del traffico, per esempio, o per prevenire problemi legati alla sicurezza del sistema, ai passeggeri o per gestire le operazioni più complesse che negli anni saranno crescenti e sempre più diffuse.

Sarà possibile gestire e prevedere il flusso di traffico in tempo reale attraverso la acquisizione, catalogazione ed elaborazione del gran numero di dati disponibili si potranno elaborare pianificazioni di viaggio modellate sulle esigenze reali o sulla situazione del momento anche contingente.

Saranno anche di supporto, attraverso opportune APP, scaricabili dagli utenti, alla gestione personalizzata del viaggio permettendo al passeggero di accedere a numerosi servizi in tempo reale che andranno dalla visione della situazione dell'arrivo treni, alla automazione degli accessi, alla pianificazione del viaggio avendo visibilità delle coincidenze o la possibilità di comunicare con chat intelligenti con gli operatori stessi.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

La Big Data analysis può migliorare il livello di sicurezza attraverso l'utilizzo di sensori avanzati e di tecniche sofisticate di acquisizione ottenendo in tempo reale un grande numero di informazioni sul trasporto, tra le quali sono richieste: il controllo dinamico della presenza dei passeggeri imbarcati per singola vettura connesso alla trasmissione delle informazioni presso la stazione di arrivo al fine di consentire ai passeggeri la preselezione della carrozza da utilizzare, la esatta collocazione degli allarmi per singola vettura al fine della gestione delle procedure di allarme incendio, il numero di biciclette presenti in ogni vettura (ove consentito), eventuale rilievo di presenza di oggetti non custoditi all'interno delle carrozze.

La gestione e l'utilizzo dei dati descritti e delle informazioni conseguenti potranno essere utilizzate per la prevenzione di eventi incidentali in tempo reale al fine di mitigarne i rischi con azioni di prevenzione, manutenzione o gestione.

Il supporto alla manutenzione a guasto o proattiva è notevole utilizzando le tecniche di Big Data Analytics.

9.1.8 Criteri di sanificazione e depurazione dell'aria – Covid 19 e pandemie

L'evoluzione del Covid 19, ma anche delle possibili future pandemie, richiede una serie di misure cautelari al fine della riduzione della diffusione dei contagi. La OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità) prescrive le seguenti azioni:


- ❖ Massimizzare il rinnovo dell'aria all'interno dei veicoli;
- ❖ Migliorare il trattamento dell'aria per ridurre il carico o densità dei virus;
- ❖ Distribuire meglio le persone lungo le carrozze con opportuni sistemi sulle piattaforme o a livello tornelli;
- ❖ Fare delle campagne di informazione in caso di peggioramento globale della infezione.

Il Sistemista dovrà specificare le azioni correttive da intraprendere in termini di protezione e qualità dell'aria rispondenti ai requisiti normativi vigenti al fine di contrastare la proliferazione delle possibili pandemie. Tale requisito dovrà essere aggiornato nella fase di progettazione del materiale rotabile per mezzo di dispositivi intercambiabili dal punto di vista della classe di filtrazione.

9.1.9 HVAC – Criteri di progetto e dimensionamento

I sistemi di trattamento dell'aria a bordo del treno negli anni hanno subito una trasformazione in termini di portata e di complessità sempre più adeguata alla domanda di comfort e di salute pubblica. Le diverse esigenze climatiche sono soddisfatte con opportune modalità di lavoro dei sistemi a bordo.

Di conseguenza si richiede una grande attenzione alle procedure di progettazione e conduzione degli impianti HVAC a servizio di ambienti del treno. Tali azioni dovranno considerare le raccomandazioni contenute nei documenti pubblicati da ISS, REHVA, ASHRAE e AICARR.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

Dovranno essere previsti sistemi con impostazioni predefinite tali da garantire il controllo completo degli agenti atmosferici di maggiore importanza come:

- ❖ Raffrescamento dell'aria;
- ❖ Riscaldamento;
- ❖ Deumidificazione;
- ❖ Consumo energetico;
- ❖ Sovrapressioni e riduzione rumore acustico;
- ❖ Acqua di condensa.

Il comparto passeggeri deve essere quindi dotato di impianto di climatizzazione, conforme alla UNI EN 14750. In ottemperanza alla norma si determina per i veicoli la classificazione in categoria B secondo i seguenti parametri:

Raffrescamento (Summer Zone)

- Temperatura esterna: 40°C
- Umidità relativa: 40%
- Irraggiamento solare equivalente: 800 W/m²


Riscaldamento (Winter Zone):

- Temperatura esterna: -20°C
- Irraggiamento solare equivalente: 0 W/m²

L'impianto di climatizzazione dovrà funzionare con continuità anche in presenza di un carico passeggeri corrispondente alla condizione di carico eccezionale di progetto (6 pass/m²) o superiori e a temperature esterne estreme superiori a quella massima richiesta al punto precedente. Le prestazioni in termini di temperatura e umidità relativa garantite in tale condizione dovranno essere dichiarate dal Fornitore del materiale rotabile in sede di offerta.

L'impianto HVAC al fine di contrastare la proliferazione di possibili epidemie/pandemie dovrà consentire il trattamento dell'aria con opportuni filtri o sistemi equivalenti. Le misure adottate dovranno essere in linea con le prescrizioni vigenti in materia di prevenzione sanitaria.

Allo stesso modo è richiesta la riduzione dell'ingresso e circolazione del particolato nella cabina passeggeri derivanti dall'ingresso di aria fresca non trattata dalla galleria (per mezzo del sistema di condizionamento), è quindi richiesto almeno un doppio stadio di filtrazione.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

9.2 Introduzione delle Biciclette

È universalmente noto che poter unire il trasporto pubblico con il trasporto su bici nelle piccole e medie città sia una combinazione ideale. In molti paesi Europei i ciclisti sono importanti alimentatori delle modalità pubbliche di trasporto: un esempio, in Olanda il 33% dei passeggeri in treno sono fruitori anche della bicicletta.

Infatti, è una combinazione ideale in quanto unisce il trasporto breve (in bici) e quello a lunga percorrenza (treno o metrò). È quindi sempre più richiesta la possibilità di combinare i due tipi di trasporto, anche per la sempre più ampia diffusione delle piste ciclabili nelle città e la sempre più impellente necessità di usare l'auto solo nei casi in cui non sia possibile farne a meno. Su questa base si è ritenuto di introdurre il trasporto delle biciclette a bordo treno.

Occorre separare quindi gli aspetti del solo trasporto a bordo, verificandone quindi la fattibilità e le modalità, da quelli pratici e logistici come: ospitare una bici ordinaria o ridurre opportunamente una bici pieghevole prima di farla salire a bordo.

Occorre anche tenere presente alcuni aspetti sistemistici legati alle esigenze di capacità di trasporto e spazio a bordo, nei limiti della sicurezza del passeggero e delle cose. Il numero di bici a bordo per carrozza, la facilità di inserire la bici, la Sicurezza per le persone e nel corso del viaggio e il fissaggio sono aspetti che è richiesto di considerare e sviluppare al fornitore del Sistema e del Materiale Rotabile.

Su questa base il Sistemista dovrà proporre la migliore soluzione al fine di evitare la limitazione dello spazio per i passeggeri con particolare attenzione alle ore di punta e dare al tempo stesso il servizio ai passeggeri provvisti di bici al seguito.


È richiesto di bilanciare le necessità dei ciclisti con le regole di Sicurezza della salute degli altri passeggeri ed evitare in caso di emergenza che le bici a bordo diventino un ostacolo alla evacuazione rapida dei passeggeri alla stazione più vicina.

Le stesse bici devono essere sicure e non costituire fonte di principi di incendio, essere a norma con le regole di bordo e non avere asperità pericolose per le persone sedute e in piedi.

Stabiliti i requisiti progettuali relativi alla sistemazione a bordo treno delle biciclette, occorrerà supportare questa fase con una campagna di comunicazione rivolta agli "Stake Holders", le autorità e la cittadinanza.

Per quanto concerne la progettazione funzionale il tema è stato sviluppato, tra le altre, nella Cartella 7 e in particolare nella Relazione MTL2T1A0DFUNS00R001.

Le stazioni sono state predisposte per l'accesso delle bici e per lo spostamento tra i vari livelli per mezzo degli ascensori. Dovranno essere selezionate a cura del Sistemista e del futuro gestore delle aree di stazionamento in stazione delle bici in attesa dell'arrivo del treno, idonea segnalazione dovrà rendere noto ai passeggeri la disponibilità di stalli nelle vetture ove saranno previsti.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

9.2.1 Adattamento nei mezzi di trasporto modale

Esistono opzioni che permettono di alloggiare le biciclette all'interno dei mezzi di trasporto su ferrovia o in metropolitana. Le soluzioni che dovranno essere proposte per il progetto Linea 2 Torino devono considerare la bicicletta alla stessa stregua del bagaglio del passeggero e quindi non devono essere considerati separate o separabili.

Le vetture dovranno essere adattate al fine da consentire il caricamento di un determinato numero di bici a bordo unitamente al relativo passeggero. Dovrà essere definita un'area all'interno delle carrozze adibite al trasporto delle bici da configurare con sistemi opportuni a contenere e bloccare i mezzi. Il sistema di blocco delle bici dovrà generare un segnale da trasmettere al Posto di Controllo al fine di rendere noto ai passeggeri in attesa in stazione la eventuale disponibilità di stalli all'interno del treno in arrivo.




Figura 13. Esempi di fissaggio bici interno treno

In aggiunta si specifica che tali aree presenti nelle carrozze dovranno essere ubicate nella sezione di testa/coda treno al fine di confinare le zone di attesa in banchina nelle aree corrispondenti, il tutto allo scopo di non ostacolare il deflusso dei passeggeri dal treno. Unitamente tale requisito consentirà di evitare l'interferenza tra bici e passeggeri in spostamento all'interno del treno stesso.

Le porte della vettura poste in corrispondenza delle aree di stazionamento delle bici dovranno essere di dimensione idonea al passaggio confortevole dei mezzi e dei passeggeri. La posizione delle porte di accesso alle vetture dovrà essere, inoltre, segnalata sulle corrispondenti porte di banchina.

9.2.2 Trasporto dall'esterno a bordo treno

La possibilità di accedere alle stazioni con bici al seguito è garantita orizzontalmente attraverso il passaggio della linea di controllo in corrispondenza del varco dedicato ai disabili motori, mentre per gli spostamenti in verticale esclusivamente attraverso l'uso degli ascensori, vista anche la presenza di stazioni profonde a 3 e 4 Livelli interrati.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

Il trasporto potrà avvenire considerando la presenza di una sola bici per singolo tragitto verticale (salita o discesa).

In corrispondenza della banchina saranno individuate delle aree di sosta dedicate alle bici in attesa dell'arrivo del treno. Tali aree saranno ubicate in corrispondenza della vettura predisposta, ad esempio utilizzando l'area disponibile in corrispondenza delle sedute ischiatiche (se presenti) o delle specifiche aree dedicate, possibilmente ubicate in prossimità delle porte di accesso/uscita del treno delle vetture predisposte.


9.2.3 Regolamentazione del servizio

Per quanto concerne la disciplina della gestione dell'accesso si rimanda alla fase di redazione del Regolamento di Esercizio da predisporre a cura del fornitore del Sistema e al Gestore Operativo della Linea. Tale regolamento dovrà essere inoltre sottoposto all'approvazione degli organi competenti ministeriali e discusso dal Comando Provinciale dei VVF nell'ambito dell'esame progetto per quanto concerne le strategie antincendio e di evacuazione dei passeggeri.

In conclusione, si specifica che la Linea 2 è funzionalmente progettata per la gestione integrata delle piste ciclabili e delle velostazioni che saranno predisposte in corrispondenza delle fermate, unitamente al bike sharing o ad altri sistemi di trasporto leggero come monopattini, bici pieghevoli etc.



Figura 14. Esempio di regolamentazione accesso bici

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

9.3 Aggiornamenti tecnologici e prodeuticità

Nell'ambito dello sviluppo tecnologico disponibile ad oggi e atteso nei prossimi anni, si richiede al Sistemista l'adozione di tutti i provvedimenti atti al miglioramento delle prestazioni e alla disponibilità tecnica di sistemi all'avanguardia nel contesto di progettazione di riferimento.

Già nell'ambito delle consultazioni pubbliche di mercato erano stati richiesti sistemi come:


- Controllo presenza e flusso dei passeggeri a bordo treno (con riscontro in stazione).
- Possibilità di imbarcare bici con stalli dedicati e in sicurezza (con riscontro in stazione).
- Possibilità di ospitare a bordo treno sistemi di protezione attiva antincendio atti alla mitigazione della potenza di incendio.
- Sistemi di filtrazione aria esterna in ingresso nel sistema A/C di cabina per la riduzione del particolato e fattori inquinanti presenti in galleria.
- Sistemi di filtrazione aria (per la parte di ricircolo A/C) atti al contrasto, alla diffusione e alla proliferazione dei fattori pandemici.

In aggiunta si possono identificare primariamente i seguenti elementi:

- Limitazione dei fattori inquinanti dovuti alla marcia del treno in galleria.
- Controllo CO₂ aria interno cabina al fine della possibile regolazione del sistema di A/C realizzando un risparmio energetico ove possibile (fermo restando il criterio del rispetto della quantità di aria esterna necessaria ai sensi della normativa di riferimento).
- Disponibilità della sola ventilazione di cabina anche in caso di avaria del materiale rotabile con fuori tensione.
- Indicazione in corrispondenza delle porte di banchina del grado di affollamento delle cabine per mezzo di una segnalazione facilmente identificabile (posta sulla sommità del carter e possibilmente con indicazione in corrispondenza delle porte delle vetture con maggiore disponibilità).
- Disponibilità del segnale relativo al controllo del flusso dei passeggeri al sistema Scada al fine di utilizzare il dato per la regolazione degli impianti di stazione nelle principali fasce di affollamento.
- Integrazione sul sistema informativo multimodale (al PCC e in Stazione)
- Integrazione su App per i passeggeri delle principali informazioni e funzioni per accesso alla linea metropolitana.
- Integrazione di sistemi intelligenti di sicurezza passeggeri e monitoraggio comportamento in treno e in stazione.

Sistemi di controllo e verifica sicurezza passeggeri in treno e in stazione sono considerati fattori propedeutici delle porte di banchina (rif. MTL2T1A0DSISGENR003)

- Lo studio della resistenza strutturale delle porte di banchina nella condizione di incendio così come richiesto al par. 9.8.
- Lo studio della resistenza alla pressione dovuta al passaggio dei treni così come richiesto al par. 9.9.


 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

- Il conferimento di idonee proprietà e caratteristiche termiche alle porte di banchina in funzione della riduzione delle dispersioni verso la galleria in funzione del condizionamento della stazione par. 9.10.

Accesso e fruizione di passeggeri con ridotta mobilità e disabilità

Rappresenta elemento, non solo sotto l'aspetto propedeutico dal punto di vista normativo, ma di grande importanza per la Linea 2 il rispetto assoluto e il miglioramento di tutte le possibili predisposizioni per l'accesso e il trasporto dei passeggeri con ridotta mobilità e disabilità sia motoria che di altra natura all'interno del treno.

Tale contesto deve rappresentare un elemento di continuità con le predisposizioni già presenti in stazione come percorsi segnalati, segnali acustici, ascensori tra banchina e atrio e atrio e esterno, varchi dedicati a disabili motori e ipovedenti.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Interfaccia Opere Civili-Sistema Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1

10. PROPOSTA DI APPROCCIO METODOLOGICO PER LA VALUTAZIONE E ACCETTAZIONE DEL RISCHIO NELLE METROPOLITANE (ALLEGATO 1)

Consultare **Allegato 1**.

11. CONSULTAZIONE DI MERCATO 2021 (ALLEGATO 2)

Consultare **Allegato 2**.

**MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI
STRUTTURA TECNICA DI MISSIONE**



COMUNE DI TORINO



**METROPOLITANA AUTOMATICA DI TORINO
LINEA 2 – TRATTA POLITECNICO – REBAUDENGO**

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA
Lotto generale: Politecnico - Rebaudengo**

PROGETTO DEFINITIVO		 INFRASTRUTTURE PER LA MOBILITÀ INFRA TRASPORTI S.r.l.												
DIRETTORE PROGETTAZIONE Responsabile integrazione discipline specialistiche	IL PROGETTISTA													
Ing. R. Crova Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino n. 60385	Ing. R. Crova Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino n. 60385	INTERFACCIA OPERE CIVILI - SISTEMA ALLEGATO 1 PROPOSTA DI APPROCCIO METODOLOGICO PER LA VALUTAZIONE E ACCETTAZIONE DEL RISCHIO NELLE METROPOLITANE												
		ELABORATO							REV.		SCALA	DATA		
		MT	L2	T1	A0	D	SIS	GEN	R	001	Int.	Est.	-	20/10/2023
BIM MANAGER Geom. L. D'Accardi											0	1		

AGGIORNAMENTI

Fig. 1 di 1

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	VISTO
0	EMISSIONE	31/03/22	Vari	FAz	RCr	RCr
1	EMISSIONE FINALE A SEGUITO DI VERIFICA PREVENTIVA	20/10/23	Vari	FAz	RCr	RCr
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-

<table border="1"> <tr> <td>LOTTO 0</td> <td>CARTELLA</td> <td>13.0</td> <td>01</td> <td>MTL2T1A0D</td> <td>SISGENR001</td> </tr> </table>	LOTTO 0	CARTELLA	13.0	01	MTL2T1A0D	SISGENR001	<p align="center">STAZIONE APPALTANTE</p> <p align="center">DIRETTORE DI DIVISIONE INFRASTRUTTURE E MOBILITÀ Ing. R. Bertasio</p> <p align="center">RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. A. Strozzi</p>
LOTTO 0	CARTELLA	13.0	01	MTL2T1A0D	SISGENR001		



CITTA' DI TORINO

**Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta
funzionale 1: Politecnico – Rebaudengo**

Interfaccia Opere Civili-Sistema
Relazione generale – Allegato 1

01_MTL2T1A0DSISGENR001-0-1 - ALLEGATO 1



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

Comitato Tecnico Permanente per la sicurezza nei sistemi di trasporto ad impianti fissi

Gruppo di lavoro Analisi di Rischio nelle Metropolitane

Proposta di approccio metodologico per la valutazione e accettazione del rischio nelle metropolitane

Gruppo di Lavoro

Elena Molinaro

Antonio Carcaterra

Valter Di Mario

Alessandro Focaracci

Regina La Medica

Gabriele Malavasi

Michele Marrocco

Maria Grazia Marzoni

Luca Stantero

Sommario

1	Introduzione	4
2	Metodologia di analisi di rischio	5
2.1	Processo di valutazione del rischio.....	5
2.2	Rischio associato al singolo pericolo e indicatori di rischio.....	6
2.3	Fasi dell'analisi di rischio	6
2.4	Descrizione e caratterizzazione del sistema.....	6
2.5	Identificazione e classificazione dei pericoli.....	9
2.6	Definizione e caratterizzazione delle misure di sicurezza	11
2.7	Calcolo delle frequenze di accadimento dei pericoli. Albero delle cause	11
2.8	Identificazione degli scenari evolutivi, stima delle frequenze e delle conseguenze . Albero degli eventi	12
2.8.1	Individuazione degli scenari	12
2.8.2	Calcolo delle frequenze associate agli scenari di evoluzione dei pericoli	13
2.8.3	Calcolo delle conseguenze.....	15
2.8.4	Modelli di calcolo per la stima delle conseguenze	18
2.9	Calcolo del rischio.....	21
3	Accettabilità del rischio	22
3.1	Livelli di accettabilità del rischio Sociale	22
3.2	Livelli di accettabilità del rischio individuale	23
4	Documentazione.....	24
4.1	Caratterizzazione del sistema.....	24
4.2	Identificazione dei pericoli	24
4.3	Misure di sicurezza	24
4.4	Calcolo delle frequenze	24
4.5	Calcolo delle conseguenze.....	25
4.6	Calcolo del rischio.....	25
	Definizioni.....	26
	ALLEGATO 1: CRITERIO DI ACCETTABILITA' DEL RISCHIO INDIVIDUALE	28
	ALLEGATO 2: CRITERIO DI ACCETTABILITA' DEL RISCHIO SOCIALE.....	29

1 Introduzione

Scopo del presente documento è la definizione del processo di dimostrazione della sicurezza per una metropolitana.

Ai fini della dimostrazione della sicurezza la metropolitana deve essere considerata un sistema chiuso. Tuttavia devono essere valutati, ove ragionevolmente praticabile, i rischi indotti da fattori esterni che abbiano impatto sul sistema stesso. La dimostrazione di sicurezza deve pertanto dare evidenza che tutti i rischi siano opportunamente controllati e si basa sulle seguenti fasi:

1. caratterizzazione del sistema,
2. analisi, valutazione del rischio e definizione dei requisiti di sicurezza per rendere il rischio accettabile,
3. dimostrazione del raggiungimento dei requisiti di sicurezza.

Nel presente documento vengono definite le metodologie da applicare per le suddette fasi, nonché l'intera documentazione che assicuri la dimostrazione di corretta implementazione delle stesse.

L'analisi di rischio per una metropolitana è di tipo quantitativo e deve valutare complessivamente gli effetti di tutti i sottosistemi architettonico-strutturale-tecnologico, umani, ambientali e normativo-procedurali sulle frequenze di accadimento degli eventi pericolosi e sulle conseguenze da essi derivanti.

2 Metodologia di analisi di rischio

2.1 Processo di valutazione del rischio

Il processo di dimostrazione della sicurezza è effettuato mediante una valutazione analitica del rischio di tipo iterativo (Figura 1).

La Figura 1 illustra il processo di valutazione del rischio che si compone di tre fasi principali:

- analisi di rischio,
- accettazione del rischio,
- riduzione del rischio.

L'analisi di rischio consente di calcolare il rischio associato ad un sistema conoscendo i pericoli e le misure di sicurezza.

I pericoli sono intesi come sorgente potenziale di conseguenze dannose per persone e cose.

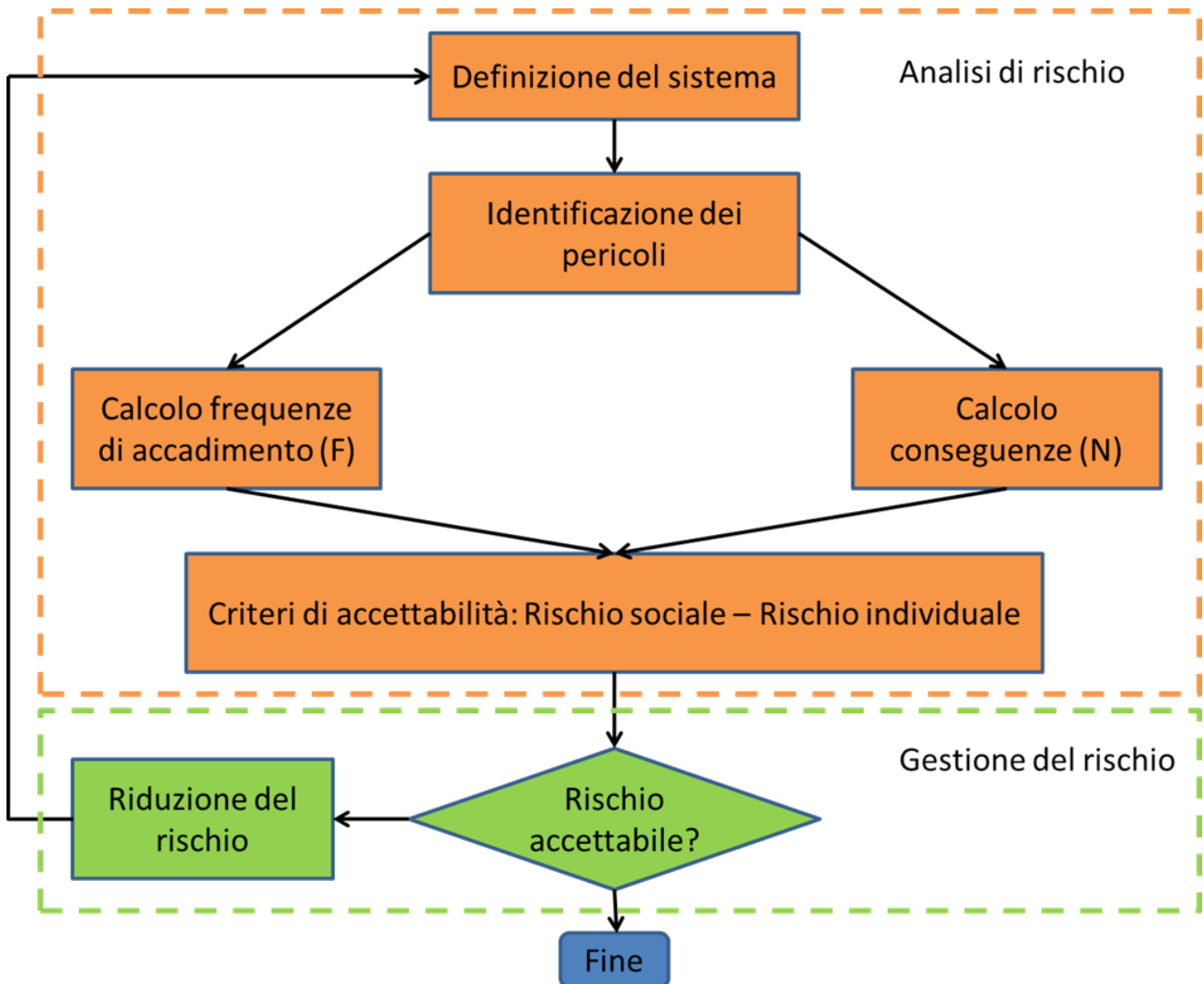


Figura 1

Il confronto con i criteri di accettazione del rischio è il processo che consente di verificare se il livello di rischio è accettabile o non accettabile.

In caso di rischio non accettabile si devono introdurre ulteriori misure di sicurezza.

La fase di riduzione del rischio mediante l'adozione di misure di sicurezza integrative non è oggetto del presente documento, ma riguarda la fase di progettazione.

2.2 Rischio associato al singolo pericolo e indicatori di rischio

Il rischio connesso a una metropolitana è ottenuto sommando i contributi relativi ad ogni singolo pericolo individuato.

Il rischio R associato ad un singolo pericolo è ottenuto come il prodotto tra la frequenza di accadimento F espressa su base annua ed il numero di fatalità N associati al pericolo stesso come mostrato nella relazione (1).

$$(1) \quad R = F \times N$$

Gli indicatori di rischio adottati sono:

- il rischio sociale, rappresentato come curva cumulata complementare (Curva F-N) sul piano Frequenza -Numero di Fatalità (F-N) riferito all'anno ed al km di linea; per ogni valore di fatalità la curva rappresenta la frequenza di accadimento con la quale, a seguito di tutti gli incidenti ipotizzabili, si ha nel sistema un danno non superiore a quel valore di fatalità;
- il rischio individuale, riferito alla frequenza ed al km di linea con cui si può verificare il danno di riferimento, cioè la morte di un individuo, è calcolato come valore del rischio riferito all'anno ed al km di linea rapportato al numero di utenti della linea nel periodo di riferimento.

Tali indicatori sono da confrontare con i criteri di accettazione riportati al Cap. 3.

2.3 Fasi dell'analisi di rischio

La metodologia per valutare il livello di sicurezza di una linea metropolitana prevede le seguenti fasi:

1. descrizione e caratterizzazione del sistema,
2. identificazione e classificazione dei pericoli,
3. individuazione e caratterizzazione delle misure di sicurezza e dei relativi requisiti,
4. calcolo delle frequenze di accadimento dei pericoli; albero delle cause,
5. identificazione degli scenari evolutivi, stima delle frequenze e conseguenze; albero degli eventi,
6. calcolo delle conseguenze per tutti gli scenari possibili,
7. calcolo del rischio,
8. accettabilità del rischio.

2.4 Descrizione e caratterizzazione del sistema

La caratterizzazione del sistema prevede uno studio della linea dal punto di vista della sicurezza degli utenti considerando nello specifico l'architettura delle stazioni e della linea, la geometria delle opere civili, il tracciato, la funzionalità del sistema di trasporto, il traffico, le dotazioni di sicurezza strutturali ed impiantistiche, le procedure di emergenza e l'identificazione delle mutue interazioni tra i sottosistemi.

La descrizione del sistema deve essere coerente con i sottosistemi (strutturali, funzionali e operativi di terra e di bordo) identificati e comprendere almeno i seguenti:

- opere civili,
- alimentazione elettrica,
- ventilazione,
- spegnimento automatico incendio,
- rilevazione incendio,
- porte di banchina,
- armamento,
- materiale rotabile,
- comunicazione, videosorveglianza, antintrusione,
- illuminazione,
- segnalamento, comando e controllo del traffico,
- gestione e supervisione e acquisizione dati,
- procedure e piani di emergenza.

Ai fini dell'analisi di rischio il sistema deve essere suddiviso in porzioni con caratteristiche omogenee sulla base di:

- caratteristiche della linea: in sotterraneo, in rilevato, in trincea, su viadotto, con cambio di sezione trasversale,
- caratteristiche delle stazioni: all'aperto, sotterranee, profonde, aspetti architettonico-funzionali, dotazioni impiantistiche,
- tipologia di armamento, numero di binari, presenza di intersezioni e deviatori,
- tipologia di segnalamento e impianti tecnologici,
- caratteristiche delle gallerie e stazioni sotterranee: numero di canne, presenza di cameroni, distanza tra le uscite di emergenza, tipologia di ventilazione, impianti di comunicazione, impianti di alimentazione di emergenza, ecc.

Le porzioni del sistema con caratteristiche omogenee costituiscono i sottocasi a cui si applicano le procedure di calcolo delle frequenze e delle conseguenze descritte ai paragrafi 2.7 e 2.8.

La documentazione necessaria a dare evidenza dell'analisi svolta deve comprendere un fascicolo descrittivo del sistema e delle sue interfacce.

La documentazione deve contenere:

- la struttura del sistema suddivisa in sottocasi (con l'individuazione di sottosistemi e parti),
- le interfacce tra i sottosistemi all'interno dei sottocasi,
- le interfacce interne tra le parti individuate di uno stesso sottosistema,
- le interfacce tra i sottocasi,
- le interfacce tra il sistema e l'ambiente.

Il fascicolo deve contenere l'elenco delle norme applicabili riferite alle varie parti dei sottosistemi analizzati e può fare riferimento ad allegati che descrivano nel dettaglio i sottosistemi e le parti di questi ultimi.

GDL Analisi di rischio nelle metropolitane

Nella Figura 2 si riporta un esempio di struttura del sistema suddiviso in sottocasi, sottosistemi e parti del sottosistema.

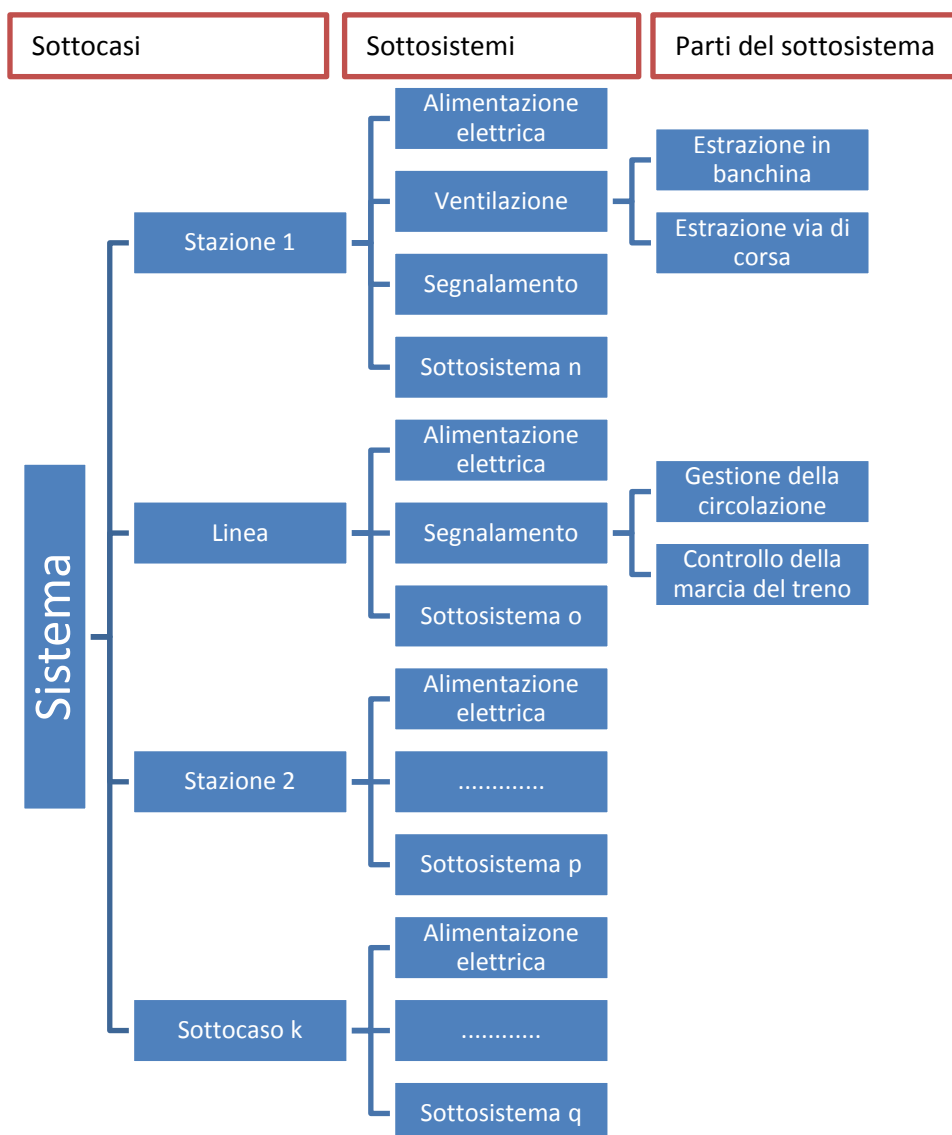


Figura 2

2.5 Identificazione e classificazione dei pericoli

L'identificazione dei pericoli deve essere effettuata per ciascun sottocaso e deve mettere in evidenza tutti gli eventi che possono avere conseguenze dannose.

Per ciascun pericolo devono essere valutate le cause e definite le misure di sicurezza necessarie per la riduzione del rischio.

I pericoli connessi ad una metropolitana sono suddivisi nelle seguenti tipologie:

1. pericoli generici,
2. pericoli meccanici,
3. pericoli termofluidodinamici.

Pericoli generici

La categoria *Pericoli generici* considera almeno:

- caduta di persone,
- perdita di trazione,
- anomalia apertura porte,
- folgorazione,
- intrusione nella linea.

Per queste tipologie di eventi il rischio deve essere determinato sulla base delle statistiche incidentali o delle analisi RAM per la determinazione delle frequenze di accadimento e mediante analisi statistiche significative, modelli referenziati di letalità, di simulazione, e tecniche del giudizio degli esperti per la stima delle conseguenze.

Pericoli meccanici

La categoria *Pericoli meccanici* considera almeno:

- collisione,
- deragliamento.

Per queste tipologie di eventi il rischio deve essere determinato sulla base delle statistiche incidentali o delle analisi RAM per la determinazione delle frequenze di accadimento e mediante analisi statistiche significative, modelli referenziati di letalità e di simulazione per la stima delle conseguenze.

Pericoli termofluidodinamici

La categoria *Pericoli termofluidodinamici* considera almeno:

- incendio,
- rilascio di sostanze tossiche e nocive,
- esplosione,

dove il rilascio di sostanze tossiche e nocive e l'esplosione si intendono come pericoli interni al sistema.

Per queste tipologie di eventi il rischio deve essere determinato sulla base delle statistiche incidentali o delle analisi RAM, per quanto riguarda le frequenze di accadimento, e mediante modelli termofluidodinamici di incendio-rilascio-esplosione, modelli di esodo o altri modelli di simulazione referenziati per quanto riguarda le conseguenze.

La documentazione deve riportare:

- la descrizione del procedimento seguito per l'identificazione dei pericoli (secondo standard riconosciuti in ambito nazionale, europeo o internazionale),
- il registro degli eventi pericolosi (Vedi Paragrafo 2.6).

2.6 Definizione e caratterizzazione delle misure di sicurezza

Le misure di sicurezza hanno lo scopo di preservare o ridurre ad un livello accettabile il rischio associato alla linea e sono riferite ad una o più tipologie di pericoli, a una specifica tipologia di opera (impianti tecnologici, opere civili, materiale rotabile) e alle modalità gestionali.

Le misure di sicurezza possono essere distinte in misure di prevenzione (finalizzate alla riduzione della frequenza di accadimento di uno dei pericoli identificati) e misure di protezione (finalizzate alla riduzione delle conseguenze).

Per ciascun pericolo devono essere individuate tutte le misure di sicurezza da mettere in atto al fine di conseguire gli obiettivi di sicurezza di cui al capitolo 3 in termini di accettabilità del rischio sociale ed individuale.

L'analisi svolta per l'identificazione dei pericoli deve tenere conto di tutti i precursori che possono evolvere nei pericoli individuati.

L'elenco di tutti i pericoli identificati, unitamente alle misure di sicurezza adottate e l'individuazione dell'eventuale soggetto che deve metterle in atto, costituisce il registro degli eventi pericolosi (Hazard Log) del sistema.

Per ciascun pericolo devono essere elencate le misure di sicurezza previste, suddivise per tipologia. Per ogni misura di sicurezza deve essere indicata: l'azione preventiva o protettiva, la funzione svolta, le caratteristiche prestazionali, i criteri di dimensionamento/verifica adottati, il livello di integrità richiesto (dove applicabile), l'eventuale soggetto che deve metterle in atto.

Le prestazioni delle misure di sicurezza devono essere utilizzate per l'analisi del rischio. In questo contesto, per quanto riguarda le caratteristiche prestazionali, devono essere indicati gli elaborati progettuali, nei quali sono contenute le verifiche effettuate, eventualmente integrati da rapporti specifici.

Per quanto attiene le misure di sicurezza gestionali, devono essere descritte compiutamente tutte le procedure adottate in condizioni di funzionamento normale, degradato e di emergenza.

Per la definizione delle misure di sicurezza si deve adottare, se necessario, un procedimento iterativo.

2.7 Calcolo delle frequenze di accadimento dei pericoli. Albero delle cause

Le frequenze di accadimento di ciascun pericolo sono calcolate a partire dai tassi di accadimento degli eventi incidentali associati al pericolo considerato e devono tener conto delle dimensioni e delle modalità di utilizzazione del sistema metropolitano.

La frequenza di accadimento di ciascun pericolo deve essere valutata mediante l'analisi delle cause che possono portare al verificarsi dei pericoli.

Per ogni pericolo devono essere identificate nel sistema, suddiviso in sottosistemi e parti, quelle funzioni di sottosistemi, o componenti, procedure operative, comportamenti umani (es. esercizio, manutenzione, ecc.) il cui fallimento possa contribuire al verificarsi dell'evento (funzioni di sicurezza).

Partendo dalle cause, l'analisi viene sviluppata secondo un albero delle cause, con operazioni logiche di AND/OR, fino a giungere al pericolo considerato.

L'albero delle cause parte dalle funzioni di sottosistemi o componenti per le quali può essere direttamente stabilita una frequenza determinata sulla base di dati statistici o da giudizio ingegneristico tramite analisi RAM.

Un metodo diffusamente accettato per presentare l'interazione tra guasti di sistemi, sottosistemi e componenti è descritto nella norma IEC61025-Fault tree analysis (FTA) e può essere utilizzato sia per i guasti casuali sia per quelli di tipo sistematico.

E' necessario inoltre effettuare una analisi dei "guasti di modo comune" per identificare gli eventi effettivamente indipendenti.

Qualora la complessità del sistema lo richieda possono essere sviluppati dei sottoalberi.

Le frequenze di accadimento dei pericoli devono essere inoltre confrontate con i valori derivanti dall'analisi statistica dei dati, ove disponibili, degli incidenti avvenuti nelle metropolitane nazionali e internazionali¹ o in sistemi simili la cui analogia deve essere supportata da adeguate motivazioni.

Nel caso in cui i valori delle frequenze di accadimento stimati con metodi diversi siano sensibilmente differenti tra loro è necessario adottare il più cautelativo ovvero di fornire adeguate giustificazioni.

Le frequenze di accadimento sono calcolate per ciascun sottocaso individuato e sono relative alla porzione di linea a cui si riferiscono (si veda 2.4).

La documentazione deve contenere la descrizione dettagliata delle assunzioni, del processo seguito e dei risultati ottenuti.

2.8 Identificazione degli scenari evolutivi, stima delle frequenze e delle conseguenze . Albero degli eventi

L'Albero degli Eventi rappresenta l'evoluzione degli eventi successivi al verificarsi del pericolo.

Per ciascun pericolo devono essere individuati gli eventi che determinano tutti i possibili scenari di evoluzione del pericolo relativi al sistema nella sua complessità strutturale e di esercizio, considerando tutti i sottocasi relativi alle diverse porzioni di linea.

Ciascun ramo dell'albero degli eventi rappresenta il singolo scenario per il quale deve essere calcolato il valore delle conseguenze in termini di numero di fatalità.

Per la definizione dell'albero degli eventi devono essere considerate in modo esplicito o indiretto l'affidabilità e l'efficienza dei sottosistemi.

2.8.1 Individuazione degli scenari

Gli scenari per cui sono calcolate le conseguenze sono riferiti a ciascun sottocaso individuato e sono relativi alla porzione di linea a cui si riferiscono (si veda Paragrafo 2.4).

¹ (Nota della Commissione: A tal fine sarebbe utile disporre, presso il MIT, di una banca dati incidentale aggiornata periodicamente.)

Per ciascuna tipologia di pericolo, in funzione delle caratteristiche della porzione di linea considerata, deve essere definita una serie di eventi che possono verificarsi nell'evoluzione dell'emergenza e che individuano lo scenario evolutivo.

In funzione della localizzazione del pericolo devono essere considerati tutti gli eventi connessi ai sottosistemi presenti nella porzione di linea considerata e inoltre quelli connessi almeno a:

- Presenza agenti in linea
- Presenza treni
- Velocità e frequenza dei treni
- Affollamento
- Procedure di emergenza
- Invasione binario adiacente
- Urto contro altre strutture
- Coinvolgimento di più treni

Per i pericoli generici e meccanici ogni ramo dell'albero degli eventi corrisponde ad uno scenario.

I pericoli termofluidodinamici sono ad alto contenuto stocastico pertanto ad ogni ramo dell'albero degli eventi devono essere associati più sottoscenari per i quali sono calcolate le conseguenze secondo il metodo Monte Carlo o similari.

2.8.2 Calcolo delle frequenze associate agli scenari di evoluzione dei pericoli

La frequenza di accadimento f_{mn} del generico ramo n dell'albero degli eventi si calcola a partire dalla frequenza di accadimento f_m del pericolo m considerato mediante la relazione (2):

$$(2) \quad f_{mn} = f_m \cdot P_n$$

dove P_n è la probabilità associata al ramo n, data dal prodotto delle probabilità condizionate associate ai singoli eventi.

Le probabilità condizionate devono considerare l'efficacia dei sistemi di sicurezza in termini di affidabilità, disponibilità, manutenibilità e prestazioni.

Nella Tabella I viene rappresentato in forma grafica esemplificativa l'Albero degli Eventi per un pericolo m. La probabilità di accadimento della singola conseguenza finale è data dal prodotto delle probabilità di accadimento dei singoli eventi (P_i) che concorrono alla definizione dei rami associati alla conseguenza stessa. Le conseguenze D_{m1}, \dots, D_{mj} vengono associate a ciascun ramo dell'albero. Le frequenze di accadimento delle suddette sono indicate con f_{m1}, \dots, f_{mj} .

PERICOLO m [frequenza]	Scenario	Evento 1 [probabilità]	Evento 2 [probabilità]	Evento 1 [probabilità]	Frequenza Scenario	Conseguenze Scenario
f_m	1	P_1	P_2	P_3	$f_{m1}=f_m * P_1 * P_2 * P_3$	D_{m1}
f_m	2	P_1	P_2	$1-P_3$	$f_{m2}=f_m * P_1 * P_2 * (1-P_3)$	D_{m2}
f_m	3	P_1	$1-P_2$	P_3	$f_{m3}=f_m * P_1 * (1-P_2) * P_3$	D_{m3}
f_m	4	P_1	$1-P_2$	$1-P_3$	$f_{m4}=f_m * P_1 * (1-P_2) * (1-P_3)$	D_{m4}
f_m	5	$1-P_1$	P_2	P_3	$f_{m5}=f_m * (1-P_1) * P_2 * P_3$	D_{m5}
f_m	6	$1-P_1$	P_2	$1-P_3$	$f_{m6}=f_m * (1-P_1) * P_2 * (1-P_3)$	D_{m6}
f_m	7	$1-P_1$	$1-P_2$	P_3	$f_{m7}=f_m * (1-P_1) * (1-P_2) * P_3$	D_{m7}
f_m	8	$1-P_1$	$1-P_2$	$1-P_3$	$f_{m8}=f_m * (1-P_1) * (1-P_2) * (1-P_3)$	D_{m8}

Tabella I

Ciascuno scenario è rappresentato dalle combinazioni dei soli eventi che definiscono situazioni effettive dal punto di vista logico e che concorrono a determinare la frequenza e le conseguenze dello scenario stesso (Fig 3).

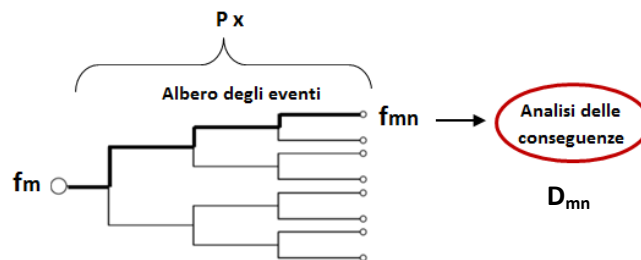


Figura 3

Quando l'evoluzione del pericolo è caratterizzata da elevati contenuti stocastici (incendio, sostanze tossiche, urto, esodo), con variabili di tipo aleatorio, ad ogni ramo dell'albero degli eventi devono essere associati più sottoscenari per i quali sono calcolate le conseguenze secondo il metodo tipo Monte Carlo (vedi ad esempio lo schema esemplificativo in figura 4).

Il numero di sottoscenari da analizzare deve essere statisticamente significativo e portare alla definizione di una funzione di distribuzione delle conseguenze.

L'insieme dei sottoscenari simulati costituisce un campione della distribuzione di tutti i possibili scenari che si possono ottenere combinando in tutti i modi possibili i parametri che li definiscono.

Il numero di sottoscenari minimo può essere valutato considerando come indicatore il valore medio delle fatalità di tutti i sottoscenari simulati.

Criteria per l'individuazione del numero minimo di sottoscenari

Per campioni di grandi dimensioni l'intervallo di confidenza della media, quindi l'errore massimo, diminuisce all'aumentare del numero di campioni e aumenta con l'aumentare del livello di confidenza.

Fissato il livello di confidenza (ad es. 99%) e l'errore massimo che si vuole accettare per la media (ad es. 10%) si determina il numero minimo di campioni (cioè di sottoscenari) a cui corrisponde un intervallo di confidenza della media inferiore all'errore massimo prefissato.

L'esperienza mostra che per alcuni pericoli (ad es. incendio) le variabili che governano il fenomeno sono numerose e caratterizzate da ampi campi di variabilità; i corrispondenti modelli di simulazione (ad es. i modelli termo-fluidodinamici) sono complessi ed il numero di simulazioni significative arriva a valori molto elevati (anche migliaia).

2.8.3 Calcolo delle conseguenze

Le conseguenze associate agli scenari evolutivi, funzioni delle prestazioni del sistema, sono calcolate con metodi quantitativi elaborando i dati statistici a disposizione con tecniche note e referenziate, utilizzando modelli di calcolo referenziati (modelli di letalità, CFD-Fluidodinamica computazionale, modelli di esodo) e funzioni di distribuzione rappresentative delle conseguenze reperite in letteratura tecnica o assunte e in tal caso opportunamente giustificate.

I risultati dei calcoli devono essere elaborati al fine di ottenere una distribuzione di probabilità delle conseguenze per ciascun pericolo.

I parametri da considerare nella valutazione delle conseguenze attraverso i modelli ovvero attraverso parametrizzazioni statistiche sono almeno:

- caratteristiche plano altimetriche del tracciato,
- caratteristiche della sezione trasversale (area, vie di esodo),
- caratteristiche degli impianti di sicurezza (rilevazione e localizzazione dell'evento incidentale, attivazione e gestione impianti di antincendio, ventilazione, comunicazione, alimentazione emergenza, ecc.),
- caratteristiche del materiale rotabile (impianti di sicurezza, tempo di esodo, ecc.),
- caratteristiche del sistema di comando e controllo (velocità di esercizio, distanza tra due treni successivi, ecc.),
- caratteristiche dell'evento incidentale (magnitudo, evoluzione, popolazione esposta, condizioni climatiche, ecc.),
- caratteristiche dei piani di emergenza (modalità e tempi di intervento dei servizi di soccorso, ecc.)

L'analisi deve essere effettuata per ciascun sottocaso.

Le conseguenze sono calcolate per ogni scenario associato a ciascun ramo dell'albero degli eventi.

Raggruppando tutti i rami dell'albero degli eventi relativi a ciascun pericolo si ottiene quindi un insieme di coppie frequenza - numero di fatalità (F-N), che devono essere ordinate per valori di N crescenti.

La procedura di calcolo può quindi essere così sintetizzata:

- calcolo delle frequenze associate a ciascun ramo dell'albero degli eventi,

- scelta e formulazione delle tecniche e dei modelli per la determinazione delle conseguenze in funzione della tipologia di pericolo,
- calcolo delle conseguenze per tutti i rami dell'albero degli eventi per la determinazione della distribuzione di probabilità delle conseguenze associata al singolo pericolo.

Pericoli generici

I valori delle conseguenze da associare a ciascuno scenario sono determinati attraverso l'analisi statistica su dati significativi o l'impiego di modelli referenziati di letalità e di simulazione; in caso di impossibilità di utilizzare le tecniche precedenti si può fare ricorso al giudizio degli esperti.

Per ciascun ramo dell'albero degli eventi è calcolato il valore medio del numero di fatalità a cui è associato il valore di frequenza calcolato per quel ramo.

Pericoli meccanici

I valori delle conseguenze da associare a ciascuno scenario sono determinati attraverso l'analisi statistica su dati significativi, l'impiego di modelli referenziati di letalità e di simulazione.

Per ciascun ramo dell'albero degli eventi è calcolato il valore del numero di fatalità a cui è associato il valore di frequenza calcolato per quel ramo.

Pericoli termofluidodinamici

I valori delle conseguenze sono determinati con l'ausilio di modelli termofluidodinamici e modelli di esodo tenendo conto della variabilità dei parametri più significativi.

In particolare le conseguenze dei pericoli di tipo termofluidodinamico sono calcolate mediante l'adozione dell'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio attraverso:

- la simulazione di eventi di incendio-esplosione e rilascio di sostanze tossiche e nocive con modelli termofluidodinamici di tipo non stazionario,
- la simulazione del processo di esodo degli utenti in galleria ed in stazione mediante modelli almeno monodimensionali che tengano conto dell'effetto della visibilità e delle condizioni ambientali sulla velocità di esodo,
- la stima della sopravvivenza di ogni singolo utente mediante la dose frazionaria efficace (FED) calcolata sulla base delle caratteristiche di genere, età, stato di salute.

Per ogni singolo ramo dell'albero degli eventi si simulano un numero jn di sottoscenari da cui si ottiene una distribuzione che lega la probabilità relativa al numero di fatalità.

I sottoscenari sono generati con tecniche tipo Monte Carlo variando i parametri caratteristici di ciascun evento (ad es. posizione del treno, potenza dell'incendio, condizioni meteo, numero di passeggeri sul treno etc...)

Per ogni sottoscenario generato si ottiene un valore di fatalità. Raggruppando i sottoscenari con lo stesso valore di fatalità si ottiene una distribuzione di frequenza dei valori di fatalità.

La probabilità p_{mnh} di accadimento di h fatalità si calcola dividendo il numero dei sottoscenari a cui è associata lo stesso valore di fatalità h (indicato con SS_{nh}) per il numero totale J_n dei sottoscenari simulati per il singolo ramo n , come descritto in (3):

$$(3) \quad p_{mnh} = \frac{SS_{nh}}{J_n}$$

Nella tabella II viene esemplificato il calcolo delle probabilità P_{mnh} per un ipotetico albero di eventi con 8 scenari.

Scenario n	Numero di sottoscenari	Probabilità di accadimento di eventi con 1 fatalità. (SSn1=numero di sottoscenari dello scenario n con 1 fatalità)	Probabilità di accadimento di eventi con 2 fatalità. (SSn2=numero di sottoscenari dello scenario n con 2 fatalità)	...	Probabilità di accadimento di eventi con h fatalità. (SSnh=numero di sottoscenari dello scenario n con h fatalità)
1	J_1	$P_{m11}=SS_{11}/J_1$	$P_{m12}=SS_{12}/J_1$	...	$P_{m1h}=SS_{1h}/J_1$
2	J_2	$P_{m21}=SS_{21}/J_2$	$P_{m22}=SS_{22}/J_2$	...	$P_{m2h}=SS_{2h}/J_2$
3	J_3	$P_{m31}=SS_{31}/J_3$	$P_{m32}=SS_{32}/J_3$	...	$P_{m3h}=SS_{3h}/J_3$
4	J_4	$P_{m41}=SS_{41}/J_4$	$P_{m42}=SS_{42}/J_4$	...	$P_{m4h}=SS_{4h}/J_4$
5	J_5	$P_{m51}=SS_{51}/J_5$	$P_{m52}=SS_{52}/J_5$	...	$P_{m5h}=SS_{5h}/J_5$
6	J_6	$P_{m61}=SS_{61}/J_6$	$P_{m62}=SS_{62}/J_6$	...	$P_{m6h}=SS_{6h}/J_6$
7	J_7	$P_{m71}=SS_{71}/J_7$	$P_{m72}=SS_{72}/J_7$	...	$P_{m7h}=SS_{7h}/J_7$
8	J_8	$P_{m81}=SS_{81}/J_8$	$P_{m82}=SS_{82}/J_8$	...	$P_{m8h}=SS_{8h}/J_8$

Tabella II

La figura 4 mostra il risultato sotto forma di istogramma che si ottiene per ciascun ramo dell'albero degli eventi riportando per ciascun numero di fatalità h il valore della corrispondente probabilità P_{mnh} .

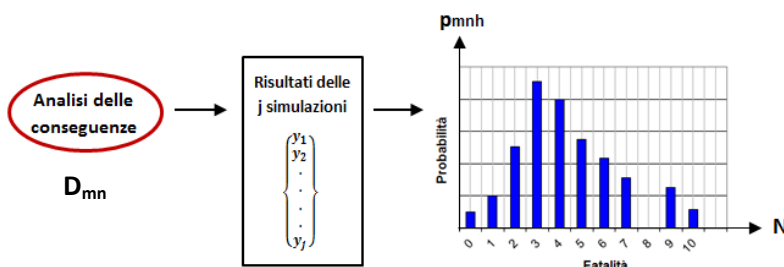


Figura 4

La frequenza relativa al gruppo di scenari a cui è associato lo stesso numero di fatalità h è definita:

$$(4) \quad f_{mh} = \sum_n (f_{mn} \cdot p_{mnh})$$

Nella tabella III viene esemplificato il calcolo delle frequenze f_{mh} per un ipotetico pericolo m con un albero di eventi di 8 scenari.

Frequenza di eventi con 1 fatalità	Frequenza di eventi con 2 fatalità	...	Frequenza di eventi con h fatalità
$F_{m1} = f_{m1} \cdot P_{m11} + f_{m2} \cdot P_{m21} + \dots + f_{m8} \cdot P_{m8}$ 1	$F_{m2} = f_{m1} \cdot P_{m12} + f_{m2} \cdot P_{m22} + \dots + f_{m8} \cdot P_{m8}$ 2	...	$F_{mh} = f_{m1} \cdot P_{m1h} + f_{m2} \cdot P_{m2h} + \dots + f_{m8} \cdot P_{m8}$ h

Tabella III

I valori di frequenza e fatalità relativi a tutti i rami dell'albero degli eventi sono quindi raggruppati per numero di fatalità sommando i valori di frequenza associati al medesimo numero di fatalità.

La documentazione deve contenere la descrizione dettagliata delle assunzioni, del processo seguito e dei risultati ottenuti.

2.8.4 Modelli di calcolo per la stima delle conseguenze

I modelli meccanici e termofluidodinamici adottati per le simulazioni, condotte per ogni singolo ramo dell'albero degli eventi, devono tenere conto dei parametri che condizionano il calcolo del rischio in termini di valutazione delle conseguenze.

Sulla base delle caratteristiche geometriche ed impiantistiche del sistema, i modelli devono stimare una funzione di distribuzione delle conseguenze da associare allo scenario simulato.

I modelli sono formulati a partire da analisi statistiche dei dati a disposizione (modelli regressivi), da modelli analitici e numerici di impatto, per collisione e deragliamento, e di tipo termofluidodinamico ed esodo, per l'incendio. I modelli devono essere risolti con tecniche statistiche del tipo Monte Carlo al fine di ottenere una funzione di distribuzione delle conseguenze.

I modelli regressivi sono utilizzati come funzioni di distribuzione a priori e possono essere combinati con i modelli numerici ed analitici al fine di ottenere stime a posteriori.

In assenza di dati affidabili si può ricorrere a modelli analitici e numerici che in ogni caso devono essere coerenti con la fenomenologia dei processi, aggiornati secondo la letteratura di settore ed in linea con le indicazioni fornite dalle normative vigenti.

I modelli analitici e numerici che consentono l'uso del metodo tipo Monte Carlo per le variabili stocastiche adottano funzioni di distribuzione che simulano l'evoluzione nello spazio e nel tempo dei fattori nocivi per la vita umana e permettono di valutare per ciascun individuo coinvolto dall'evento le sue condizioni di salute fino al cessato pericolo.

Per i modelli meccanici devono essere considerati come fattori di danno almeno i seguenti parametri:

- caratteristiche e prestazioni dei convogli (velocità di urto, massa dei veicoli, tipologia di merce trasportata),
- velocità dei convogli,
- caratteristiche del segnalamento,
- caratteristiche delle opere civili,
- geometria e piano schematico della linea,
- distanziamento e cadenzamento dei convogli,
- numero e tipologia di utenti.

Per i modelli termofuidodinamici e di esodo, già ampiamente diffusi nella pratica ingegneristica, devono essere considerati almeno i seguenti parametri:

- caratteristiche dell'incendio: posizione, potenza e tempi di crescita variabili in funzione della ventilazione e degli impianti di mitigazione e spegnimento,
- velocità dell'aria dovuta a ventilazione naturale e meccanica,
- tempi di rilevazione degli eventi ed attivazione degli utenti,
- velocità di esodo in funzione dell'affollamento, della visibilità, dello stato di salute, e delle dimensioni delle vie di fuga,
- numero e tipologia degli utenti,
- incertezze sulla direzione di esodo, impossibilità di attraversare il focolaio,
- posizione degli utenti rispetto all'incendio ed alle vie di fuga.
- numero di treni interessati dall'esodo.

In particolare per i modelli di incendio devono essere considerati come fattori di danno almeno i seguenti parametri:

- temperatura dell'aria,
- concentrazione di monossido di carbonio,
- flusso termico,
- concentrazione di eventuali altre sostanze tossiche presenti in quantità significative.

I modelli possono derivare dalla pratica ingegneristica ed essere pertanto consolidati nelle applicazioni oppure possono essere sviluppati o adattati per il caso specifico utilizzando le relazioni fisico matematiche che governano i fenomeni; questi richiedono una fase di validazione finalizzata alla verifica dell'attitudine del modello a riprodurre gli scenari evolutivi del sistema conseguenti i pericoli ipotizzati.

L'applicazione del modello al caso specifico richiede una fase di calibrazione per definire i parametri caratteristici del sistema.

In figura 5 si illustra il processo completo dall'albero degli eventi all'applicazione dei modelli per il calcolo della funzione di distribuzione delle conseguenze.

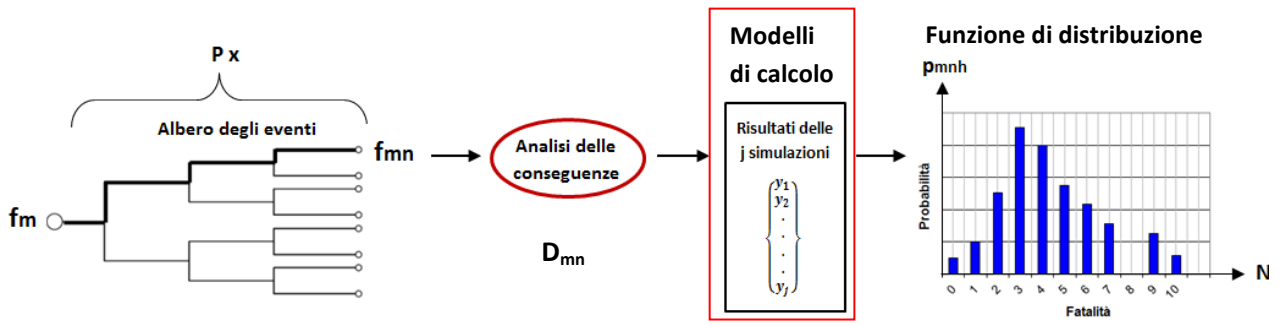


Figura 5

2.9 Calcolo del rischio

A partire dalle curve cumulate complementari relative ai singoli sottocasi, la curva di rischio cumulato globale associata alla linea si calcola sommando i contributi in termini di frequenza di accadimento cumulata per ciascun valore di fatalità associato ai diversi sottocasi. Si ottiene così una distribuzione di frequenza di accadimento in funzione di ciascun valore delle conseguenze ovvero delle coppie F-N.

La curva cumulata complementare associata al sottocaso j-esimo è, nel piano F– N, l'insieme dei punti che rappresentano, per ogni fatalità h, il valore della frequenza cumulata FC_{jh} . La frequenza cumulata FC_{jh} è la somma di tutte le frequenze corrispondenti a valori di fatalità k maggiori di h (5).

$$(5) \quad FC_{jh} = \sum_{k>h} F_{jk}$$

La curva relativa al singolo sottocaso è ottenuta considerando i contributi di tutti i pericoli.

Il **rischio complessivo** R_C è definito come integrale della curva cumulata complementare FC_h che corrisponde all' area sottesa dalla curva stessa per valori di fatalità h da 1 al numero massimo di fatalità ottenuto N_{max} (6):

$$(6) \quad R_C = \int_{h=1}^{h=N_{max}} FC_h dh$$

Il **rischio individuale**, si calcola come rischio complessivo diviso per il numero di persone potenzialmente esposte al rischio, E (7):

$$(7) \quad R_I = \frac{R_C}{E}$$

Fatti salvi i casi in cui si prevede una limitazione al numero di passeggeri per singolo convoglio, da valutarsi caso per caso, l'esposizione E coincide con il numero di passeggeri attesi per anno nelle condizioni di esercizio di riferimento per le linee in progettazione e con il numero medio di viaggiatori trasportati nell'anno per le linee esistenti.

La documentazione deve contenere la descrizione dettagliata delle assunzioni, del processo seguito e dei risultati ottenuti.

3 Accettabilità del rischio

Per rischio sociale si intende l'insieme dei valori che definiscono il livello di rischio associato alla coppia conseguenze - frequenza (annua) riferita alle conseguenze, intendendosi per conseguenze la morte di oltre N individui; nel caso specifico il livello di rischio sociale si rappresenta con la curva (F,N).

Per rischio individuale si intende il valore di frequenza (annua) con cui si può verificare il danno di riferimento, cioè la morte di un individuo; nel caso specifico si esprime come valore numerico. Il rischio individuale definisce il valore atteso di rischio annuo per passeggero per km.

Dal confronto della curva del rischio con le curve limite sul piano Frequenza- Numero di Fatalità viene dedotta l'accettabilità del rischio sociale.

Il valore del rischio individuale va confrontato con i valori limite fissati. Per la verifica di accettabilità i valori delle frequenze vanno riferiti all'unità di lunghezza della linea.

Entrambi i confronti devono dare esito positivo: il rischio calcolato deve essere inferiore al livello di rischio tollerabile.

3.1 Livelli di accettabilità del rischio Sociale

Al fine di identificare una soglia di accettabilità viene introdotto un criterio di limitazione sul piano *Frequenza cumulata -Numero di fatalità* costituito dall'area compresa tra la curva che rappresenta per ogni valore di fatalità la massima frequenza accettabile, per km e per anno, e quella che rappresenta la frequenza minima, per km e per anno, della zona di attenzione.

Nella Figura 6 si riporta il criterio di accettabilità rappresentato dalle curve frequenza cumulata – Numero di fatalità che definiscono le zone di non accettabilità, zona di attenzione, zona di accettabilità.

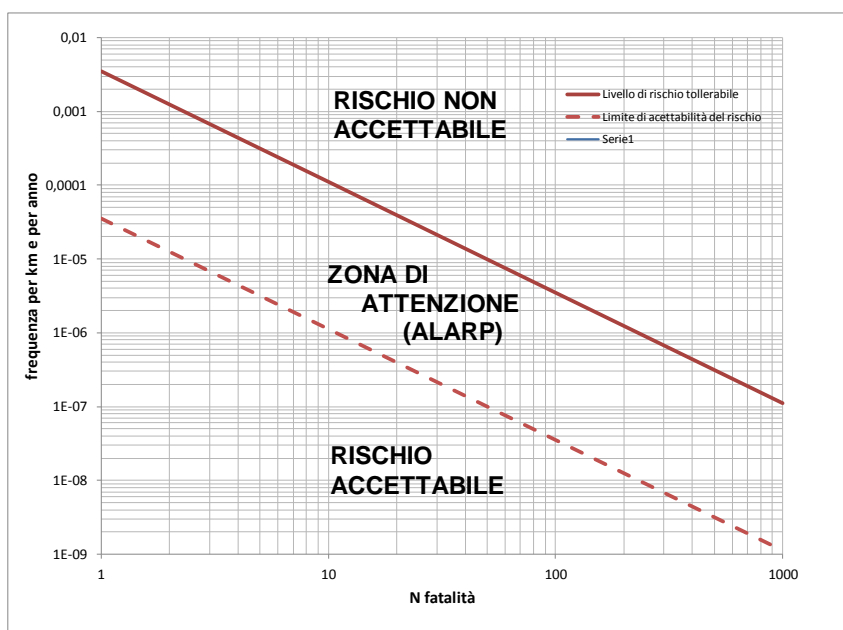


Figura 6

Qualora il rischio si trovi nella zona di accettabilità condizionata (zona ALARP) è richiesto di documentare in modo esauriente la precisione e rappresentatività dei dati utilizzati nonché l'accuratezza della procedura. Nel caso il rischio ricada nella zona di non accettabilità esso deve essere riportato all'interno della zona di accettabilità mediante l'incremento delle prestazioni dei sistemi ovvero l'introduzione di ulteriori misure di sicurezza di tipo impiantistico o gestionale.

Il confronto con i limiti di accettabilità va effettuato anche per le singole porzioni di linea e, qualora si riscontri il superamento dei limiti di tollerabilità, ricadendo il valore complessivo nella zona di accettabilità condizionata, è opportuno, individuate le cause del superamento, valutare misure di sicurezza integrative idonee. Le eventuali misure integrative devono essere valutate nell'ambito di un approccio costi-efficacia.

In allegato 4 si riportano i criteri utilizzati per la definizione dei livelli quantitativi delle soglie di accettabilità.

3.2 Livelli di accettabilità del rischio individuale

La soglia di attenzione per il rischio individuale è fissata a $2 \cdot 10^{-12}$ fatalità per persona per km per anno e la soglia di inaccettabilità a $2 \cdot 10^{-10}$ fatalità per persona per km per anno come mostrato in Figura 7.

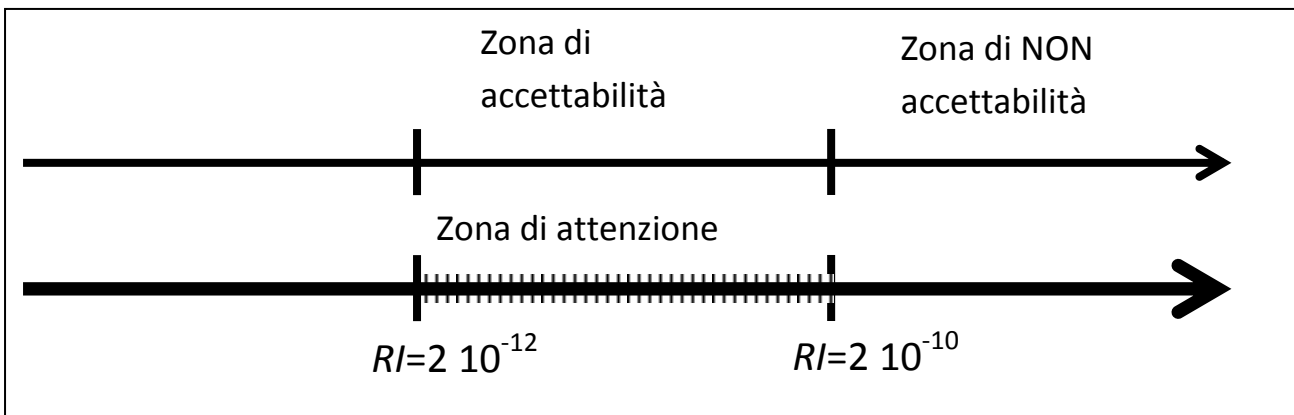


Figura 7

4 Documentazione

La documentazione deve contenere la descrizione dettagliata delle assunzioni, del processo seguito e dei risultati ottenuti per tutte le fasi dell'analisi.

4.1 Caratterizzazione del sistema

La documentazione necessaria a dare evidenza dell'analisi svolta deve comprendere un fascicolo descrittivo del sistema e delle sue interfacce e deve contenere:

- la struttura del sistema suddivisa in sottocasi (con l'individuazione di sottosistemi e parti)
- le interfacce tra i sottosistemi all'interno dei sottocasi,
- le interfacce interne tra le parti individuate di uno stesso sottosistema.
- le interfacce tra i sottocasi,
- le interfacce tra il sistema e l'ambiente.

Il fascicolo può fare riferimento ad allegati che descrivano nel dettaglio i sottosistemi e le parti di questi ultimi.

Il fascicolo deve inoltre contenere l'elenco delle norme applicabili riferite alle varie parti dei sottosistemi analizzati.

4.2 Identificazione dei pericoli

La documentazione deve riportare:

- la descrizione del procedimento seguito per l'identificazione dei pericoli (secondo standard riconosciuti in ambito nazionale, europeo o internazionale),
- il registro degli eventi pericolosi (Vedi Paragrafo 2.6).

4.3 Misure di sicurezza

La documentazione deve riportare:

- l'elenco di tutti i pericoli identificati (Hazard Log).
- le misure di sicurezza previste, suddivise per tipologia (azione preventiva o protettiva, funzione svolta, caratteristiche prestazionali, criteri di dimensionamento/verifica, elaborati progettuali, livello di integrità richiesto, dove applicabile, eventuale soggetto che deve metterle in atto).
- le procedure adottate per le misure di sicurezza gestionali in condizioni di funzionamento normale, degradato e di emergenza

4.4 Calcolo delle frequenze

La documentazione deve contenere la descrizione dettagliata delle assunzioni, del processo seguito e dei risultati ottenuti per il calcolo delle frequenze ed in particolare:

- l'analisi statistica dei dati,
- l'albero delle cause,
- il tasso di accadimento degli eventi pericolosi,

- la frequenza di accadimento di ciascun pericolo per ciascuna parte di linea.

4.5 Calcolo delle conseguenze

La documentazione deve contenere la descrizione dettagliata delle assunzioni, del processo seguito e dei risultati ottenuti per il calcolo delle conseguenze ed in particolare:

- una descrizione dei modelli utilizzati,
- i dati di input ed i risultati dei modelli,
- gli alberi degli eventi per ciascun pericolo e per ciascuna parte di linea con le relative probabilità e conseguenze attese,
- le funzioni di distribuzione o i valori delle conseguenze per ciascun pericolo e per ciascuna parte di linea.

4.6 Calcolo del rischio

I risultati dell'analisi di rischio devono essere riportati sotto forma di:

- curve cumulate complementari per km di linea e per anno globali, relative ai singoli pericoli e/o categoria di pericoli ed alle singole porzioni di linea,
- rischio individuale per km di linea e per anno globali e relativi ai singoli pericoli e/o categoria di pericoli ed alle singole porzioni di linea.

Definizioni

- 1) «analisi di rischio», l'impiego sistematico di tutte le informazioni disponibili per individuare gli eventi pericolosi e stimare il rischio;
- 2) «criteri di accettazione del rischio», i criteri di riferimento rispetto ai quali viene valutata l'accettabilità di un rischio specifico. Tali criteri servono a determinare se il livello di un determinato rischio è sufficientemente basso da rendere superflua qualsiasi azione immediata volta a ridurlo ulteriormente;
- 3) «codice di buona pratica», una serie di regole scritte che, se applicate correttamente, possono servire a controllare uno o più eventi pericolosi specifici;
- 4) «conseguenza catastrofica» o «fatalità», i decessi e/o le lesioni multiple gravi causati da un incidente;
- 5) «determinazione dei rischi», il procedimento basato sull'analisi dei rischi finalizzato a determinare il raggiungimento di un livello di rischio accettabile;
- 6) «dossier di sicurezza» è il dossier elaborato per ottenere l'autorizzazione di messa in servizio finalizzato a dimostrare che il sistema è conforme a tutti i requisiti di sicurezza necessari affinché risultino accettabili i rischi connessi agli eventi pericolosi individuati.
- 7) «evento pericoloso»: sorgente potenziale di conseguenze dannose per persone e cose;
- 8) «fatalità», i decessi e/o le lesioni multiple gravi causati da un incidente;
- 9) «funzioni di sicurezza»: funzioni espletate da sottosistemi connessi alla sicurezza
- 10) «gestione dei rischi», l'applicazione sistematica di strategie, procedure e pratiche di gestione all'analisi, alla valutazione e al controllo dei rischi;
- 11) «guasto di modo comune»: il risultato di uno o più eventi che, a causa di dipendenze, causano la coincidenza del guasto di componenti in due o più canali separati di un sistema ridondante, portando il sistema al fallimento nello svolgere la funzione ad esso ascritta; guasti che non risultano statisticamente indipendenti,
- 12) «incidente»: evento improvviso indesiderato e non intenzionale o specifica catena di siffatti eventi aventi conseguenze dannose;
- 13) «individuazione degli eventi pericolosi», il procedimento consistente nell'individuare, elencare e caratterizzare gli eventi pericolosi;
- 14) «metropolitana»: Sistema di trasporto rapido di massa di elevata portata e frequenza nell'ambito delle conurbazioni, costituito da veicoli automotori o rimorchiati dai medesimi a guida vincolata con circolazione regolata da segnali e completamente autonoma da qualsiasi altro tipo di traffico (rif. UNI 8379);
- 15) «misure di sicurezza», un insieme di interventi finalizzati a ridurre la probabilità di un evento pericoloso o ad attenuarne le conseguenze affinché sia raggiunto e/o preservato un livello di rischio accettabile;
- 16) «pericolo» proprietà o qualità intrinseca di un determinato fattore avente il potenziale di causare danni;
- 17) «punti di interazione», tutti i punti d'interazione nel ciclo di vita di un sistema o di un sottosistema, compresi il funzionamento e la manutenzione, nei quali vari operatori lavorano insieme per gestire i rischi;
- 18) «registro degli eventi pericolosi» o «hazard log», il documento nel quale vengono registrati, con tutti gli estremi necessari, gli eventi pericolosi individuati, le misure connesse, la loro origine e il riferimento all'organizzazione incaricata di gestirli;
- 19) «requisiti di sicurezza», le caratteristiche di sicurezza (qualitative o quantitative) che un determinato sistema e il relativo funzionamento (comprese le norme operative) deve presentare affinché siano conseguiti gli obiettivi di sicurezza stabiliti per legge o dall'impresa;
- 20) «rischio», la combinazione tra la frequenza alla quale si verificano incidenti o inconvenienti dannosi (causati da un evento pericoloso) e il livello di gravità del danno. Ai fini del presente decreto il rischio è definito come il prodotto tra la frequenza e l'entità del danno.
- 21) «Rischio sociale»: per rischio sociale si intende l'insieme dei valori che definiscono il livello di rischio associato alla coppia danno, frequenza (annua) riferita al danno, intendendosi per danno la morte di oltre N individui, nell'impianto considerato; nel caso specifico il livello di rischio sociale si rappresenta con la curva (f,N) generata utilizzando i valori di frequenza f cumulata, calcolati valutando la frequenza di ciascun evento pericoloso che comporti, nell'impianto considerato, un danno di riferimento maggiore di N (un numero di decessi maggiore o uguale a N unità).
- 22) «Rischio individuale»: per rischio individuale si intende il valore di frequenza (annua) con cui, nell'impianto considerato, si può verificare il danno di riferimento, cioè la morte di un individuo; nel caso specifico si esprime come valore numerico ottenuto con l'integrale dell'area sottesa dalla curva che rappresenta il rischio sociale rapportato alla popolazione esposta nell'impianto nel corso di un anno.
- 23) «sicurezza», l'assenza di un rischio inaccettabile;

- 24) «sistema»: insieme di componenti tecnologiche, umane, normative, ambientali che concorrono alla realizzazione del trasporto;
- 25) «sistema di riferimento», sistema che, a valle di un'analisi di rischio e nella pratica, ha dimostrato di presentare un livello di rischio accettabile e rispetto al quale è possibile valutare, per comparazione, l'accettabilità dei rischi derivanti da un sistema soggetto a valutazione;
- 26) «sottosistemi»: il risultato della suddivisione dell'impianto in assiemi e sottoassiemi.
- 27) «stima dei rischi», il procedimento utilizzato per misurare il livello dei rischi analizzati, comprendente le seguenti fasi: definizione delle cause, stima della frequenza, analisi delle conseguenze, combinazione di tali fattori;
- 28) «tecnica del giudizio degli esperti», tecnica di natura qualitativa che si basa sul patrimonio conoscitivo di un gruppo di esperti (es. Delphi)
- 29) «valutazione dei rischi», il procedimento complessivo comprendente l'analisi dei rischi e la determinazione dei rischi.

ALLEGATO 1: CRITERIO DI ACCETTABILITA' DEL RISCHIO INDIVIDUALE

Criterion adottato dal DM 28.10.2005 (Decreto Gallerie Ferroviarie)

“Secondo i dati di letteratura per i rischi liberamente assunti viene registrato statisticamente un rischio individuale per anno compreso tra 10^{-1} e 10^{-5} , mentre per quelli involontari si va da 10^{-6} a 10^{-8} .

Ipotizzando in modo cautelativo, che ciascun utente percorra in media 1000km/anno sul sistema ferroviario, il rischio individuale in galleria viene fissato il 10^{-9} fatalità/(passeggeri*km*anno). Per quanto sopra esposto il rischio individuale definisce il valore atteso di rischio annuo per passeggero per km; la soglia di attenzione è fissata a 10^{-11} e la soglia di inaccettabilità a 10^{-9} .” (DM.28.10.2005 Decreto Gallerie Ferroviarie).

Criterion di accettabilità e di attenzione per il trasporto pubblico locale

La soglia di attenzione e quella di accettabilità possono essere valutate con riferimento ai seguenti assunti:

- Valore di rischio atteso annuo per il rischio involontario: 10^{-6} a 10^{-8} (eventi con fatalità per persona per anno), analogo a quello del DM 28.10.2005.
- Percorso medio annuo per persona su trasporto pubblico.

Il percorso medio annuo per persona sul trasporto pubblico può essere stimato con le seguenti ipotesi:

- Ipotesi 1: rapporto tra la domanda di trasporto soddisfatta, escludendo le autovetture private, e la popolazione totale
- Ipotesi 2: rapporto tra la domanda di trasporto soddisfatta, escludendo le autovetture private, e la popolazione ridotta (adottando un coefficiente di riduzione proporzionale al rapporto tra passeggeri*km con auto private ed il totale)
- Ipotesi 3: tempo medio trascorso giornalmente sul trasporto pubblico per la velocità media commerciale.
- Ipotesi 4: valutazione intermedia per limitarsi alla quota di percorso sul trasporto pubblico locale

Il percorso medio annuo sul trasporto pubblico e le corrispondenti soglie di rischio per persona per anno sono riportati nella tabella 1

Tabella 1 Percorso medio e corrispondenti soglie di rischio

	<i>Rischio involontario minimo annuo [eventi/(Persona*anno)]</i>	<i>Rischio involontario massimo annuo [eventi/(persona*anno)]</i>	<i>Percorso medio annuo per persona su trasporto pubblico [km/(persona*anno)]</i>	<i>Rischio involontario. Soglia di attenzione [eventi/(Persona*anno*km)]</i>	<i>Rischio involontario. Soglia di inaccettabilità [eventi/(persona*anno*km)]</i>
D.M. 2005	1,00E-08	1,00E-06	1,00E+03	1,00E-11	1,00E-09
IPOTESI 1 (da statistiche trasporti)	1,00E-08	1,00E-06	2,72E+03	3,67E-12	3,67E-10
IPOTESI 2 (da statistiche trasporti)	1,00E-08	1,00E-06	1,49E+04	6,71E-13	6,71E-11
IPOTESI 3(da utente medio)	1,00E-08	1,00E-06	5,48E+03	1,83E-12	1,83E-10
IPOTESI 4	1,00E-08	1,00E-06	5,00E+03	2,00E-12	2,00E-10

Le ipotesi 1 e 2 sono calcolate con riferimento a “EU Energy and Transport in Figures 2006”

Se si adottassero le soglie corrispondenti all'ipotesi 4 i rischi individuali calcolati per le metropolitane di Roma, Brescia e Milano rimarrebbero al di sotto della soglia di inaccettabilità (Tabella 2)

Tabella 2. Rischio calcolato per le Metropolitane di Roma, Brescia, Milano

<i>ROMA C (Cop) Rischio</i> [eventi/(persona*anno*km)]	<i>BRESCIA (Cop) Rischio</i> [eventi/(persona*anno*km)]	<i>BRESCIA (Mil) Rischio</i> [eventi/(persona*anno*km)]	<i>M5 Rischio</i> [eventi/(persona*anno*km)]
1,82E-11	2,97E-11	9,26E-12	1,25E-11

La percorrenza annua dell'ipotesi 4, pari a 5000km/anno, corrisponde ad una permanenza media giornaliera su mezzi di trasporto di poco meno di 1 ora ed un percorso di circa 15km ipotizzando una velocità commerciale di circa 15km/h.

ALLEGATO 2: CRITERIO DI ACCETTABILITA' DEL RISCHIO SOCIALE

Criterion basato sulla curva Frequenza-Fatalità

La relazione tra la frequenza e il danno misurato in fatalità corrisponde al criterio di assumere costante il prodotto della frequenza F per le fatalità N eventualmente elevato ad un esponente diverso da 1:

$$F * N^Y = A$$

Per ricavare la curva è necessario fissare un punto nel piano FN ed il valore dell'esponente Y

Valori di partenza per la definizione della curva

Nella tabella 3 è riportato un elenco di criteri, di valori del "Aversion Factor" e del rischio individuale per la costruzione della curva Frequenza - Fatalità

Tabella 3 Confronto tra curve Frequenza – Fatalità, esponente e rischio individuale

Comparison of FN-curve criterion line, individual risk and risk aversion factor (Adopted from Trobjevic, U.K.)

Criterion	FN-Criterion Line	Aversion Factor	Individual Risk
UK (R2P2)	1.00E-02	1	1.00E-05
UK-Old	1.00E-03	2	1.00E-05
UK-New	1.00E-03	1.5	3.00E-06
Dutch-Old	1.00E-03	2	1.00E-05
Dutch-New	1.00E-03	2	1.00E-06

(Fonte: Trbojevic, V.M. (2005). Risk Criteria in EU. European Safety and Reliability Association. ESREL Conference-Tricity Poland, 27-30 June 2005)

La curva F-N (Frequenza – Fatalità) del DM.28.10.2005 corrisponderebbe ad un valore della Y pari a 1,5 e ad una lunghezza media di linea di circa 12,5 km. La differenza, a parità di fatalità, tra la curva del limite di inaccettabilità e quella del limite di attenzione è pari a 10^{-2}

I criteri seguiti per definire l'accettabilità del rischio sociale non hanno valenza universale, in generale, sono individuati in funzione del valore che, nei vari Paesi, viene dato sia alla vita umana che all'ambiente. Ne consegue che nell'espressione che lo definisce, $F = A N^{-Y}$, particolare attenzione è posta nella definizione

dei valori da assegnare al coefficiente A e all'esponente γ che individuano, nel piano logaritmico, una famiglia di curve.

Posto che viene universalmente riconosciuto che l'applicazione del criterio che annulla il rischio non sia logicamente attuabile, il problema si focalizza sul periodo di tempo nel corso del quale l'occorrenza di una fatalità possa ritenersi accettabile. In generale, si sono considerati i livelli di rischio che risultano impliciti nella natura umana e ne è disceso il riferimento al valore dell'aspettativa di vita che, nei Paesi industrializzati, è ipotizzata dell'ordine dei 100 anni. Statisticamente quindi si è generalmente accettato un rischio intrinseco per la vita umana di 10^{-2} all'anno, per tutte le persone.

In merito al coefficiente γ , il problema etico si sposta in una sfera differente in quanto si prende in considerazione il peso che viene dato all'occorrenza di eventi che coinvolgono un numero di persone superiore all'unità e che potrebbero definirsi catastrofici, anche dal punto di vista ambientale, con evidenti implicazioni del danno che superano il valore dato alla vita umana. Dal dibattito internazionale è emersa una convergenza su valori di γ compresi tra 1 e 2.

A titolo esemplificativo, nella figura 1 sono riportate alcune curve che descrivono nel piano logaritmico, che riporta in ascisse il numero delle fatalità (N) e in ordinate la frequenza di accadimento per anno di un numero di fatalità $\geq N$, l'equazione sopra citata e che sono determinate per diversi valori assegnati ai parametri A e k.

Dal confronto delle curve appare evidente che la "1" (A = 0.1 e k =1) e la "2" (A = 0.01 e k =1) individuano limiti superiori di accettabilità del rischio che possono definirsi rispettivamente moderati e severi, al pari delle curve 4 (A = 0.01 e k =2) e 5 (A = 0.0001 e k =1) che individuano limiti inferiori di accettabilità del rischio. La curva 3 (A = 0.1 e k =2) potrebbe essere definita di livello medio di severità.

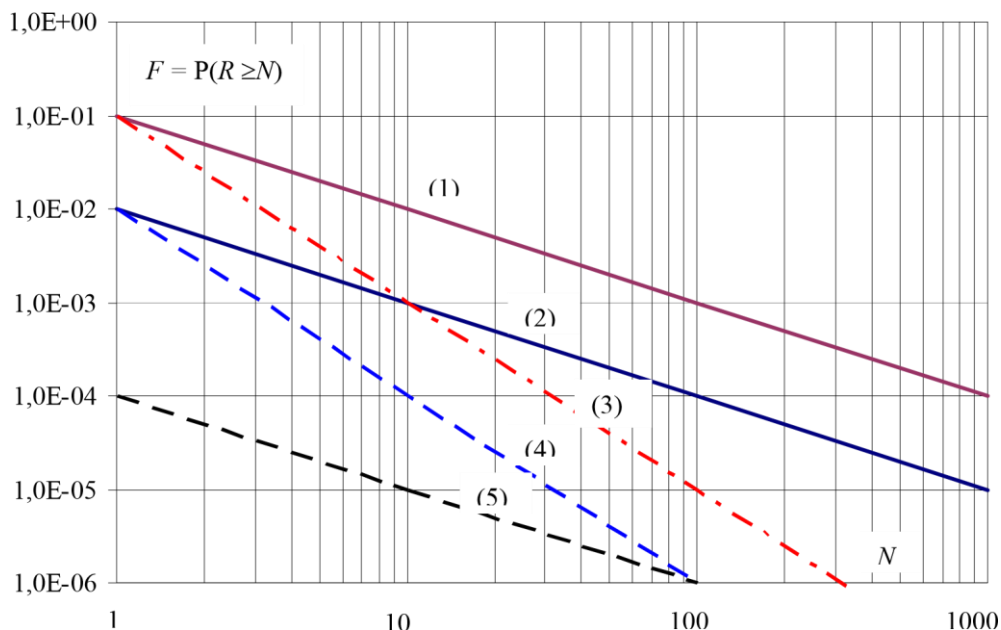


Figura 1. Esempi di curve frequenza-fatalità

Di fatto, assegnando a γ un valore pari a 1, si adotta un criterio che considera non egualmente tollerabile sia il contributo dato da più eventi caratterizzati da bassi valori di N sia quello dato da un ridotto numero di eventi caratterizzati da valori di N elevati.

Appare evidente che utilizzare un valore di γ pari a 1.5, già adottato nel decreto del 2005 per le gallerie ferroviarie, sia un ragionevole compromesso tra i due approcci sopra citati.

3.3 Determinazione della curva F-N (Frequenza - Fatalità) per il trasporto pubblico locale (metropolitane)

I parametri per la costruzione delle curve curva F-N (Frequenza - Fatalità) sono i seguenti:

- Frequenza di riferimento per il calcolo di A: 1/5000 eventi/anno
- Fatalità di riferimento per il calcolo di A: 50
- Esponente della curva y: 1,5
- Lunghezza media della linea: 20km
- Differenza, a parità di fatalità, tra la curva del limite di inaccettabilità e quella del limite di attenzione: 10^{-2}

Nella figura 2 sono riportate le curve così ottenute confrontate con quelle del DM 28.10.2005 e quelle che si otterrebbero adottando lunghezze di linea pari a 10km e 30 km

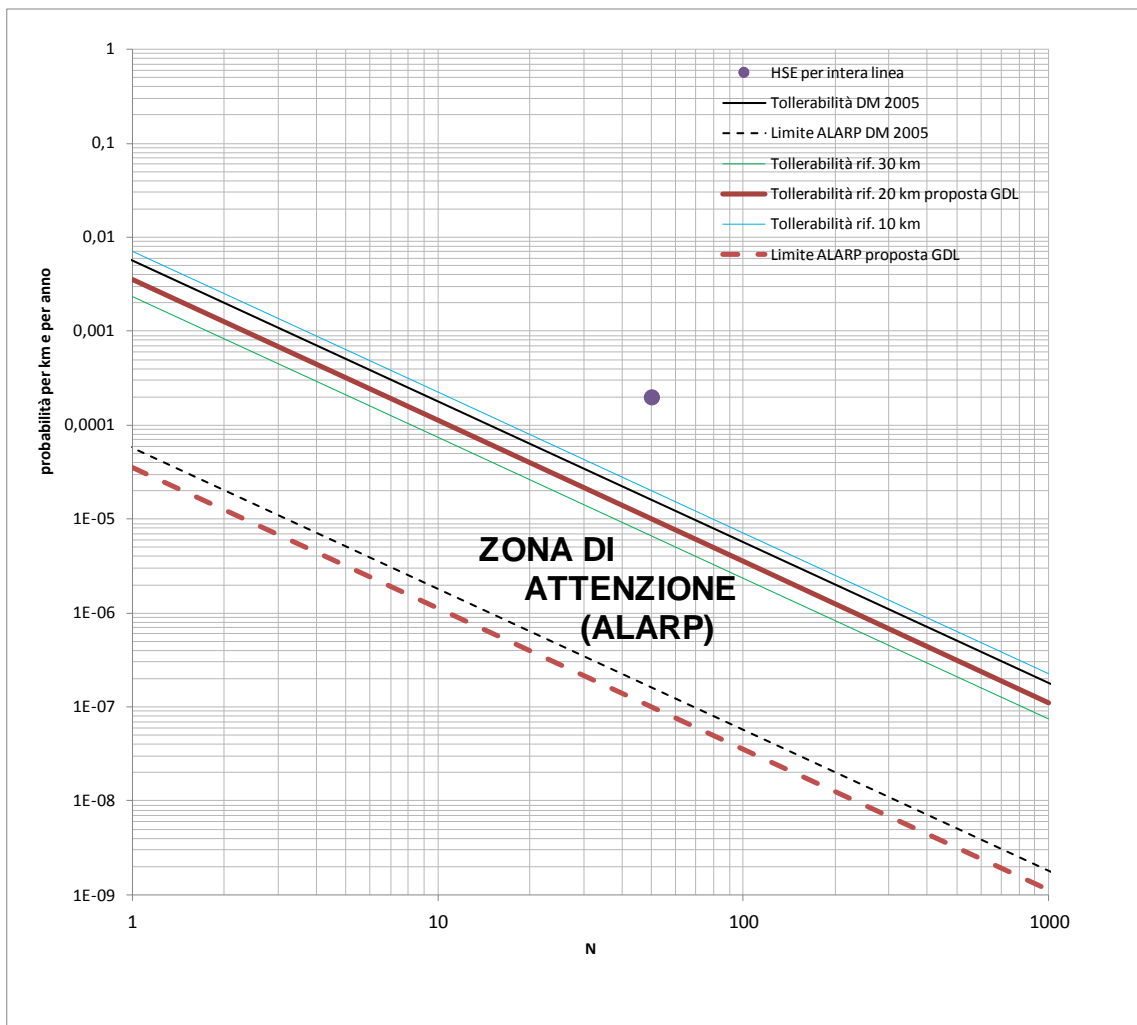


Figura 2 - Ipotesi di Curve F-N (Frequenza - Fatalità) per linee metropolitane