

**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. F. Azzarone Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino n. 12887J	IMPIANTI NON DI SISTEMA – ELABORATI GENERALI IMPIANTI ELETTRICI – GALLERIE, POZZI E MANUFATTI - RELAZIONE TECNICA VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI FULMINAZIONE												
		ELABORATO							REV.		SCALA	DATA		
		MT	L2	T1	A0	D	IEL	G00	R	004	Int.	Est.	-	05/05/2023
BIM MANAGER Geom. L. D'Accardi											0	0		

AGGIORNAMENTI

Fg.1 di 15

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	VISTO
0	EMISSIONE	05/05/2023	GSC	FAZ	FAZ	RCR
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-

<table border="1"> <tr> <td>LOTTO 0</td> <td>CARTELLA</td> <td>12.1</td> <td>12</td> <td>MTL2T1A0D</td> <td>IELG00R004</td> </tr> </table>						LOTTO 0	CARTELLA	12.1	12	MTL2T1A0D	IELG00R004	STAZIONE APPALTANTE DIRETTORE DI DIVISIONE INFRASTRUTTURE E MOBILITÀ Ing. R. Bertasio RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. A.Strozziro					
LOTTO 0	CARTELLA	12.1	12	MTL2T1A0D	IELG00R004												

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Generale Politecnico - Rebaudengo
Impianti non di sistema - Elaborati Generali - Impianti Elettrici – Galleria, pozzi e manufatti - Relazione tecnica valutazione del rischio di fulminazione	12_MTL2T1A0DIELG00R004-0-0.DOCX

INDICE

1.	PREMESSA	3
2.	NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO	3
3.	INDIVIDUAZIONE DELLA STRUTTURA DA PROTEGGERE	3
4.	DATI INIZIALI	4
4.1	DENSITÀ ANNUA DI FULMINI A TERRA	4
4.2	DATI RELATIVI ALLA STRUTTURA	4
4.3	DATI RELATIVI ALLE LINEE ELETTRICHE ESTERNE	5
4.4	DEFINIZIONE E CARATTERISTICHE DELLE ZONE	5
5.	CALCOLO DELLE AREE DI RACCOLTA DELLA STRUTTURA E DELLE LINEE ELETTRICHE ESTERNE	6
6.	VALUTAZIONE DEI RISCHI	7
6.1	RISCHIO R1: PERDITA DI VITE UMANE	7
6.1.1	CALCOLO DEL RISCHIO R1	7
6.1.2	ANALISI DEL RISCHIO R1	7
6.2	RISCHIO R2: PERDITA DI SERVIZI PUBBLICI ESSENZIALI	7
6.2.1	CALCOLO DEL RISCHIO R2	7
6.2.2	ANALISI DEL RISCHIO R2	8
7.	SCELTA DELLE MISURE DI PROTEZIONE	8
8.	CONCLUSIONI	9
9.	APPENDICI	10

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Generale Politecnico - Rebaudengo
Impianti non di sistema - Elaborati Generali - Impianti Elettrici – Galleria, pozzi e manufatti - Relazione tecnica valutazione del rischio di fulminazione	12_MTL2T1A0DIELG00R004-0-0.DOCX

1. PREMESSA

Questo documento contiene:

- la relazione sulla valutazione dei rischi dovuti al fulmine;
- la scelta delle misure di protezione da adottare ove necessarie.

I calcoli sono stati sviluppati con il Software Zeus® edito da TNE srl.

2. NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO

Questo documento è stato elaborato con riferimento alle seguenti norme:

- CEI EN 62305-1 "Protezione contro i fulmini. Parte 1: Principi generali" - Febbraio 2013;
- CEI EN 62305-2 "Protezione contro i fulmini. Parte 2: Valutazione del rischio"- Febbraio 2013;
- CEI EN 62305-3 "Protezione contro i fulmini. Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone" - Febbraio 2013;
- CEI EN 62305-4 "Protezione contro i fulmini. Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture" - Febbraio 2013;
- CEI 81-29 "Linee guida per l'applicazione delle norme CEI EN 62305" - Novembre 2020;
- CEI EN IEC 62858 "Densità di fulminazione. Reti di localizzazione fulmini (LLS) - Principi generali" - Maggio 2020.

3. INDIVIDUAZIONE DELLA STRUTTURA DA PROTEGGERE

L'individuazione della struttura da proteggere è essenziale per definire le dimensioni e le caratteristiche da utilizzare per la valutazione dell'area di raccolta.

Le strutture oggetto della presente relazione risultano essere i manufatti sulla linea in questione, e riguardanti i pozzi di ventilazione:

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Generale Politecnico - Rebaudengo
Impianti non di sistema - Elaborati Generali - Impianti Elettrici – Galleria, pozzi e manufatti - Relazione tecnica valutazione del rischio di fulminazione	12_MTL2T1A0DIELG00R004-0-0.DOCX

- Pozzo di ventilazione Rebaudengo PRB, Pozzo di ventilazione Giulio Cesare PGC,
- Pozzo di ventilazione San Giovanni Bosco PSG, Pozzo di ventilazione Corelli PCO,
- Pozzo di ventilazione Cimarosa/Tabacchi PCI, Pozzo di ventilazione Bologna PBO,
- Pozzo di ventilazione Novara PNO, Pozzo di ventilazione Verona PVR,
- Pozzo di ventilazione Mole/Giardini Reali PMO, Pozzo di ventilazione Carlo Alberto PCA,
- Pozzo di ventilazione Porta Nuova PPN, Pozzo di ventilazione Pastrengo PPA,
- Pozzo di ventilazione Politecnico PPO, Pozzo di ventilazione Caboto PCB.

Le strutture che si vogliono proteggere coincidono con edifici ognuno a sé stante, fisicamente separati da altre costruzioni, anche se interrati rispetto al piano di campagna.

Per tali edifici, essendo del tipo interrato, non si prevede la verifica del calcolo di probabilità di fulminazione a meno del Pozzo Emergenza Mole (EMO), collocato tra la Stazione Carlo Alberto (SCA) ed il Pozzo di ventilazione Mole/Giardini Reali (PMO), che presenta l'ingresso in superficie, sopraelevato dal piano di campagna, a mezzo di torrino, di dimensioni in pianta di 7,90 mt x 7,60 mt per un'altezza di 3,70 mt.

Pertanto, ai sensi dell'art. A.2.2 della norma CEI EN 62305-2, le dimensioni e le caratteristiche della struttura da considerare sono quelle dell'edificio stesso.

4. DATI INIZIALI

4.1 Densità annua di fulmini a terra

La densità annua di fulmini a terra al kilometro quadrato nella posizione in cui è ubicata la struttura vale:

$$N_g = 5,23 \text{ fulmini/anno km}^2$$

4.2 Dati relativi alla struttura

Il volume della struttura è approssimato per eccesso per considerare eventuali appendici. Visto l'esito del calcolo che definisce la struttura autoprotetta si sono mantenute a favore di sicurezza.

La destinazione d'uso prevalente della struttura è: Servizio - Trasporti

In relazione anche alla sua destinazione d'uso, la struttura può essere soggetta a:

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Generale Politecnico - Rebaudengo
Impianti non di sistema - Elaborati Generali - Impianti Elettrici – Galleria, pozzi e manufatti - Relazione tecnica valutazione del rischio di fulminazione	12_MTL2T1A0DIELG00R004-0-0.DOCX

- perdita di vite umane
- perdita di servizio pubblico

In accordo con la norma CEI EN 62305-2 per valutare la necessità della protezione contro il fulmine, deve pertanto essere calcolato:

- rischio R1;
- rischio R2;

Le valutazioni di natura economica, volte ad accertare la convenienza dell'adozione delle misure di protezione, non sono state condotte perché espressamente non richieste dal Committente.

L'edificio ha struttura portante in cemento armato con ferri d'armatura continui.

4.3 **Dati relativi alle linee elettriche esterne**

La struttura è servita dalle seguenti linee elettriche:

- Linea di energia: BT
- Linea di segnale: TD

Le caratteristiche delle linee elettriche sono riportate nell'Appendice *Caratteristiche delle linee elettriche*.

4.4 **Definizione e caratteristiche delle zone**

Tenuto conto di:

- compartimenti antincendio esistenti e/o che sarebbe opportuno realizzare;
- eventuali locali già protetti (e/o che sarebbe opportuno proteggere specificamente) contro il LEMP (impulso elettromagnetico);
- i tipi di superficie del suolo all'esterno della struttura, i tipi di pavimentazione interni ad essa e l'eventuale presenza di persone;

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Generale Politecnico - Rebaudengo
Impianti non di sistema - Elaborati Generali - Impianti Elettrici – Galleria, pozzi e manufatti - Relazione tecnica valutazione del rischio di fulminazione	12_MTL2T1A0DIELG00R004-0-0.DOCX

- le altre caratteristiche della struttura e, in particolare il lay-out degli impianti interni e le misure di protezione esistenti;

sono state definite le seguenti zone:

Z1: Struttura

Le caratteristiche delle zone, i valori medi delle perdite, i tipi di rischio presenti e le relative componenti sono riportate nell'Appendice *Caratteristiche delle Zone*.

5. CALCOLO DELLE AREE DI RACCOLTA DELLA STRUTTURA E DELLE LINEE ELETTRICHE ESTERNE

L'area di raccolta AD dei fulmini diretti sulla struttura è stata valutata graficamente secondo il metodo indicato nella norma CEI EN 62305-2, art. A.2, ed è riportata nel disegno (Allegato *Grafico area di raccolta AD*).

L'area di raccolta AM dei fulmini a terra vicino alla struttura, che ne possono danneggiare gli impianti interni per sovratensioni indotte, è stata valutata graficamente secondo il metodo indicato nella norma CEI EN 62305-2, art. A.3, ed è riportata nel disegno (Allegato *Grafico area di raccolta AM*).

Le aree di raccolta AL e AI di ciascuna linea elettrica esterna sono state valutate analiticamente come indicato nella norma CEI EN 62305-2, art. A.4 e A.5.

I valori delle aree di raccolta (A) e i relativi numeri di eventi pericolosi all'anno (N) sono riportati nell'Appendice *Aree di raccolta e numero annuo di eventi pericolosi*.

I valori delle probabilità di danno (P) per il calcolo delle varie componenti di rischio considerate sono riportate nell'Appendice *Valori delle probabilità P per la struttura non protetta*.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Generale Politecnico - Rebaudengo
Impianti non di sistema - Elaborati Generali - Impianti Elettrici – Galleria, pozzi e manufatti - Relazione tecnica valutazione del rischio di fulminazione	12_MTL2T1A0DIELG00R004-0-0.DOCX

6. VALUTAZIONE DEI RISCHI

6.1 Rischio R1: perdita di vite umane

6.1.1 Calcolo del rischio R1

I valori delle componenti ed il valore del rischio R1 sono di seguito indicati.

Z1: Struttura

RA: 2,49E-06

RB: 4,97E-07

RU(L-FM): 3,38E-07

RV(L-FM): 6,76E-08

RU(TEL-TD): 8,44E-07

RV(TEL-TD): 1,69E-07

Totale: 4,40E-06

Valore totale del rischio R1 per la struttura: 4,40E-06

6.1.2 Analisi del rischio R1

Il rischio complessivo $R1 = 4,40E-06$ è inferiore a quello tollerato $RT = 1E-05$

6.2 Rischio R2: perdita di servizi pubblici essenziali

6.2.1 Calcolo del rischio R2

I valori delle componenti ed il valore del rischio R2 sono di seguito indicati.

Z1: Struttura

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Generale Politecnico - Rebaudengo
Impianti non di sistema - Elaborati Generali - Impianti Elettrici – Galleria, pozzi e manufatti - Relazione tecnica valutazione del rischio di fulminazione	12_MTL2T1A0DIELG00R004-0-0.DOCX

RB: 2,77E-07

RC: 1,39E-05

RM: 4,81E-05

RV(L-FM): 3,77E-08

RW(L-FM): 1,88E-06

RZ(L-FM): 0,00E+00

RV(TEL-TD): 9,41E-08

RW(TEL-TD): 4,71E-06

RZ(TEL-TD): 0,00E+00

Totale: 6,90E-05

Valore totale del rischio R2 per la struttura: 6,90E-05

6.2.2 Analisi del rischio R2

Il rischio complessivo R2 = 6,90E-05 è inferiore a quello tollerato RT = 1E-03

7. SCELTA DELLE MISURE DI PROTEZIONE

Poiché il rischio complessivo R1 = 4,40E-06 è inferiore a quello tollerato RT = 1E-05 , non occorre adottare alcuna misura di protezione per ridurlo.

Poiché il rischio complessivo R2 = 6,90E-05 è inferiore a quello tollerato RT = 1E-03 , non occorre adottare alcuna misura di protezione per ridurlo.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Generale Politecnico - Rebaudengo
Impianti non di sistema - Elaborati Generali - Impianti Elettrici – Galleria, pozzi e manufatti - Relazione tecnica valutazione del rischio di fulminazione	12_MTL2T1A0DIELG00R004-0-0.DOCX

8. CONCLUSIONI

Rischi che non superano il valore tollerabile: R1 R2

Secondo la norma CEI EN 62305-2 la protezione contro il fulmine non è necessaria.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Generale Politecnico - Rebaudengo
Impianti non di sistema - Elaborati Generali - Impianti Elettrici – Galleria, pozzi e manufatti - Relazione tecnica valutazione del rischio di fulminazione	12_MTL2T1A0DIELG00R004-0-0.DOCX

9. APPENDICI

APPENDICE - Caratteristiche della struttura

Dimensioni: Lunghezza 7,90 mt Larghezza 7,60 mt Altezza 3,70 mt

Coefficiente di posizione a favore di sicurezza: si è considerato l'edificio "in area con oggetti di altezza uguale o inferiore" (CD = 0,5). Visto l'esito positivo della verifica si è mantenuto quanto sopra.

Schermo esterno alla struttura: assente

Densità di fulmini a terra (fulmini/anno km²) Ng = 5,23

APPENDICE - Caratteristiche delle linee elettriche

Caratteristiche della linea: BT

La linea ha caratteristiche uniformi lungo l'intero percorso

Tipo di linea: energia – interrata e o tubazioni in polifora di galleria

Lunghezza (m) L = 400

Resistività (ohm x m) $\rho = 400$

Coefficiente ambientale (CE): urbano

Eventuale schermo collegato alla stessa terra delle apparecchiature alimentate: $1 < R \leq 5$ ohm/km

Caratteristiche della linea: TD

La linea ha caratteristiche uniformi lungo l'intero percorso

Tipo di linea: segnale – interrata e o tubazioni in polifora di galleria

Lunghezza (m) L = 400

Resistività (ohm x m) $\rho = 400$

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Generale Politecnico - Rebaudengo
Impianti non di sistema - Elaborati Generali - Impianti Elettrici – Galleria, pozzi e manufatti - Relazione tecnica valutazione del rischio di fulminazione	12_MTL2T1A0DIELG00R004-0-0.DOCX

Coefficiente ambientale (CE): urbano

Eventuale schermo collegato alla stessa terra delle apparecchiature alimentate: $1 < R \leq 5$ ohm/km

APPENDICE - Caratteristiche delle zone

Caratteristiche della zona: Struttura

Tipo di zona: interna

Tipo di pavimentazione: cemento ($r_t = 0,01$)

Rischio di incendio: ordinario ($r_f = 0,01$)

Pericoli particolari: elevato rischio di panico ($h = 10$)

Protezioni antincendio: automatiche ($r_p = 0,2$) manuali ($r_p = 0,5$)

Schermatura di zona: assente

Protezioni contro le tensioni di contatto e di passo: nessuna

Impianto interno: Luce-FM

Alimentato dalla linea BT

Tipo di circuito: Cond. attivi e PE con stesso percorso (spire fino a 10 m^2) ($K_{s3} = 0,2$)

Tensione di tenuta: 1,0 kV

Sistema di SPD - livello: Assente ($PSPD = 1$)

Frequenza di danno tollerabile: 1,0

Impianto interno: TEL-TD

Alimentato dalla linea TD

Tipo di circuito: Cavo schermato o canale metallico ($K_{s3} = 0,0001$)

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Generale Politecnico - Rebaudengo
Impianti non di sistema - Elaborati Generali - Impianti Elettrici – Galleria, pozzi e manufatti - Relazione tecnica valutazione del rischio di fulminazione	12_MTL2T1A0DIELG00R004-0-0.DOCX

Tensione di tenuta: 1,0 kV

Sistema di SPD - livello: Assente (PSPD =1)

Frequenza di danno tollerabile: 1,0

Valori medi delle perdite per la zona: Struttura

Rischio 1

Tempo per il quale le persone sono presenti nella struttura (ore all'anno): 7860

Perdita per tensioni di contatto e di passo (relativa a R1) LA = LU = 8,97E-05

Perdita per danno fisico (relativa a R1) LB = LV = 1,79E-05

Rischio 2

Perdita per danno fisico (relativa a R4) LB = LV = 1,00E-05

Perdita per avaria di impianti interni (relativa a R2) LC = LM = LW = LZ = 5,00E-04

Rischi e componenti di rischio presenti nella zona: Struttura

Rischio 1: Ra Rb Ru Rv

Rischio 2: Rb Rc Rm Rv Rw Rz

APPENDICE - Frequenza di danno

Impianto interno 1 Zona: Struttura

Linea: BT

Circuito: Luce-FM

FS Totale: 0,1277

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Generale Politecnico - Rebaudengo
Impianti non di sistema - Elaborati Generali - Impianti Elettrici – Galleria, pozzi e manufatti - Relazione tecnica valutazione del rischio di fulminazione	12_MTL2T1A0DIELG00R004-0-0.DOCX

Frequenza di danno tollerabile: 1,0

Circuito protetto: SI

Impianto interno 2 Zona: Struttura

Linea: TD

Circuito: TEL-TD

FS Totale: 0,0372

Frequenza di danno tollerabile: 1,0

Circuito protetto: SI

APPENDICE - Aree di raccolta e numero annuo di eventi pericolosi

Struttura

Area di raccolta per fulminazione diretta della struttura AD = 1,06E-02 km²

Area di raccolta per fulminazione indiretta della struttura AM = 4,60E-01 km²

Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura ND = 2,77E-02

Numero di eventi pericolosi per fulminazione indiretta della struttura NM = 2,41E+00

Linee elettriche

Area di raccolta per fulminazione diretta (AL) e indiretta (AI) delle linee:

BT: AL = 0,016000 km² AI = 1,600000 km²

TD: AL = 0,040000 km² AI = 4,000000 km²

Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta (NL) e indiretta (NI) delle linee:

BT: NL = 0,004184 NI = 0,418400

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Generale Politecnico - Rebaudengo
Impianti non di sistema - Elaborati Generali - Impianti Elettrici – Galleria, pozzi e manufatti - Relazione tecnica valutazione del rischio di fulminazione	12_MTL2T1A0DIELG00R004-0-0.DOCX

TD : NL = 0,010460 NI = 1,046000

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Generale Politecnico - Rebaudengo
Impianti non di sistema - Elaborati Generali - Impianti Elettrici – Galleria, pozzi e manufatti - Relazione tecnica valutazione del rischio di fulminazione	12_MTL2T1A0DIELG00R004-0-0.DOCX

APPENDICE - Valori delle probabilità P per la struttura non protetta

Zona Z1: Struttura

PA = 1,00E+00

PB = 1,0

PC (Luce-FM) = 1,00E+00

PC (TEL-TD) = 1,00E+00

PC = 1,00E+00

PM (Luce-FM) = 4,00E-02

PM (TEL-TD) = 1,00E-08

PM = 4,00E-02

PU (Luce-FM) = 9,00E-01

PV (Luce-FM) = 9,00E-01

PW (Luce-FM) = 9,00E-01

PZ (Luce-FM) = 0,00E+00

PU (TEL-TD) = 9,00E-01

PV (TEL-TD) = 9,00E-01

PW (TEL-TD) = 9,00E-01

PZ (TEL-TD) = 0,00E+00