

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP J81H02000000001

**DIREZIONE TECNICA
INGEGNERIA DELLE TECNOLOGIE
S.O. ENERGIA E TRAZIONE ELETTRICA**

PROGETTO DEFINITIVO

**COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA
(PONTREMOLESE)
TRATTA PARMA - VICOFERTILE**

Stazione Galleria Artificiale Parma
Relazione di calcolo dell'impianto di terra della cabina MT/BT – cabina lato Vicofertile

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I	P	0	0	0	0	D	1	8	C	L	L	F	0	1	0	0	0	0	6	B
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione definitiva	R. Arcieri	Marzo 2022	M. Castellani	Marzo 2022	G. Fadda	Marzo 2022	G. Guidi Bufferini Ottobre 2022
B	Agg. post verifica tecnica RFI	R. Arcieri	Ottobre 2022	M. Castellani	Ottobre 2022	G. Fadda	Ottobre 2022	

File: IP0000D18CLLF0100006B.docx

n. Elab.: X

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p>TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO Galleria Artificiale Parma – Relazione di calcolo dell'impianto di terra della cabina MT/BT – cabina lato Vicofertile</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D18CL</td> <td>LF0100006</td> <td>B</td> <td>2 di 20</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D18CL	LF0100006	B	2 di 20
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D18CL	LF0100006	B	2 di 20								

INDICE

1	INTRODUZIONE.....	3
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	4
2.1	ELABORATI DI PROGETTO.....	4
2.2	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	5
3	APPROCCIO TECNICO NORMATIVO.....	7
3.1	SIMBOLOGIE E TERMINOLOGIE ADOTTATI.....	7
4	DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA.....	8
5	CONFIGURAZIONE DEL SISTEMA DISPERDENTE.....	10
5.1	CALCOLO DELLA RESISTENZA DI TERRA DEL DISPERSORE.....	10
5.2	VERIFICA DELLA TENSIONE DI CONTATTO AMMISSIBILE U_{TP}	12
6	COLLEGAMENTO DEL NEUTRO.....	13
7	DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA IN RELAZIONE AL COMPORTAMENTO TERMICO ED ALLA RESISTENZA ALLA CORROSIONE.....	14
7.1	DIMENSIONAMENTO DEL CONDUTTORE DI TERRA PER GUASTI LATO MT.....	14
7.2	DIMENSIONAMENTO DEL CONDUTTORE DI TERRA PER GUASTI LATO BT.....	17
7.3	DIMENSIONAMENTO DEI DISPERSORI IN RELAZIONE ALLA CORROSIONE E ALLE SOLLECITAZIONI MECCANICHE.....	19
8	PROTEZIONE DAI CONTATTI INDIRETTI.....	20

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p>TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO Galleria Artificiale Parma – Relazione di calcolo dell'impianto di terra della cabina MT/BT – cabina lato Vicofertile</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D18CL</td> <td>LF0100006</td> <td>B</td> <td>3 di 20</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D18CL	LF0100006	B	3 di 20
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D18CL	LF0100006	B	3 di 20								

1 INTRODUZIONE

Il presente progetto si inquadra nell'ambito degli interventi di completamento del raddoppio per la linea Parma – La Spezia (Pontremolese), con riferimento in particolare alla tratta Parma - Vicofertile.

Di seguito, nel presente documento, verranno definite le modalità di progettazione, le indicazioni e le prescrizioni per il dimensionamento dell'impianto di terra comprendente la Cabina MT/BT del fabbricato PGEP e il Fabbricato Gestione Area situati nei pressi dell'imbocco lato Vicofertile della Galleria Artificiale Parma.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE) TRATTA PARMA - VICOFERTILE												
PROGETTO DEFINITIVO Galleria Artificiale Parma – Relazione di calcolo dell'impianto di terra della cabina MT/BT – cabina lato Vicofertile	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D18CL</td> <td>LF0100006</td> <td>B</td> <td>4 di 20</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D18CL	LF0100006	B	4 di 20
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D18CL	LF0100006	B	4 di 20								

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Elaborati di Progetto

Gli impianti dovranno essere realizzati secondo quanto riportato nella presente Relazione Tecnica e negli ulteriori elaborati di Progetto Definitivo sotto riportati, ai quali si farà riferimento esplicito od implicito nel prosieguo del presente documento:

Codifica	Titolo
LF01 – Galleria Artificiale Parma	
IP0000D18P9LF0100004	Lay out apparecchiature e impianti di terra PGEP lato Vicofertile - Fabbricato
IP0000D18P9LF0100005	Lay out apparecchiature e impianti di terra lato Vicofertile - Gestore d'area SIAP
IP0000D18P9LF0100002	Planimetria con disposizione apparecchiature LFM e cavidotti PGEP lato Vicofertile - Piazzale

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p>TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO Galleria Artificiale Parma – Relazione di calcolo dell'impianto di terra della cabina MT/BT – cabina lato Vicofertile</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D18CL</td> <td>LF0100006</td> <td>B</td> <td>5 di 20</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D18CL	LF0100006	B	5 di 20
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D18CL	LF0100006	B	5 di 20								

2.2 Riferimenti Normativi

I principali riferimenti normativi di cui si è tenuto conto nello sviluppo della progettazione sono, in linea indicativa ma non esaustiva, i seguenti:

Leggi, Decreti e Circolari:

- D. Lgs. 09/04/08 n.81 “Testo Unico sulla sicurezza”
- DM. 37 del 22/01/08 “Sicurezza degli impianti elettrici, regole per la progettazione e realizzazione, ambiti di competenze professionali”
- L.186 del 1.3.1968 “Realizzazioni e costruzioni a regola d’arte per materiali, apparecchiature, impianti elettrici”

Normative Tecniche:

- **Norma CEI 0-2** Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici
- **Norma CEI 0-3** Guida per la compilazione della dichiarazione di conformità e relativi allegati
- **Norme CEI 64-8/1-2-3-4-5-6-7** Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua (Comprese tutte le varianti a tali norme)
- **Norma CEI 64-12** Guida per l’esecuzione dell’impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario
- **Norma CEI 64-14** Guida alle verifiche degli impianti elettrici utilizzatori
- **CEI 0-16** Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle Imprese distributrici di energia elettrica
- **CEI 0-21** Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica
- **Norma CEI EN 61936-1** Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata. Parte 1: Prescrizioni comuni
- **Norma CEI EN 50522** Messa a terra degli impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata
- **Norma CEI EN50119:** “Linee di Trazione Elettrica”;
- **Norma CEI EN50122-1:** “Applicazioni ferroviarie – Installazioni fisse; Parte 1a: Provvedimenti concernenti la sicurezza elettrica e la messa a terra”;
- **Norma CEI 11-17:** “Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo”;
- **Norma CEI EN60865-1:** “Correnti di corto circuito – Calcolo degli effetti; parte 1a: Definizioni e metodi di calcolo”;

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p>TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO Galleria Artificiale Parma – Relazione di calcolo dell'impianto di terra della cabina MT/BT – cabina lato Vicofertile</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D18CL</td> <td>LF0100006</td> <td>B</td> <td>6 di 20</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D18CL	LF0100006	B	6 di 20
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D18CL	LF0100006	B	6 di 20								

Normative RFI:

- **Istruzione tecnica RFI DTC ST E SP IFS LF 650 A** – Istruzione tecnica per la fornitura e l'impiego dei cavi negli impianti ferroviari del settore energia
- **Specifica tecnica RFI DTC ST E SP IFS ES 728 B** – Sicurezza elettrica e protezione contro le sovratensioni per gli impianti elettrici ferroviari in bassa tensione;

Per quanto non esplicitamente indicato, dovranno in ogni caso essere sempre adottate tutte le indicazioni normative e di legge atte a garantire la realizzazione del sistema a regola d'arte e nel rispetto della sicurezza.

	COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE) TRATTA PARMA - VICOFERTILE												
PROGETTO DEFINITIVO Galleria Artificiale Parma – Relazione di calcolo dell'impianto di terra della cabina MT/BT – cabina lato Vicofertile	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D18CL</td> <td>LF0100006</td> <td>B</td> <td>7 di 20</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D18CL	LF0100006	B	7 di 20
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D18CL	LF0100006	B	7 di 20								

3 APPROCCIO TECNICO NORMATIVO

Gli aspetti tecnici inerenti la progettazione, la realizzazione e le verifiche degli impianti di terra sono stati sviluppati mediante studi teorici ed applicati recepiti nelle normative tecniche di seguito citate:

- CEI EN 50522 Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.;
- CEI EN 61936-1 Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a. - Parte 1: Prescrizioni comuni;

Per quanto non esplicitamente indicato, dovranno in ogni caso essere sempre adottate tutte le indicazioni normative e di legge atte a garantire la realizzazione del sistema a regola d'arte e nel rispetto della sicurezza.

3.1 Simbologie e terminologie adottati

La simbologia adottata è derivata direttamente dalla Norma CEI EN 50522. Di seguito si riportano i simboli ed i termini più frequentemente usati nel presente elaborato:

GRANDEZZA	DEFINIZIONE	SIMBOLO
Terra di riferimento (terra lontana)	Zona della superficie del terreno al di fuori dell'area di influenza di un dispersore o di un impianto di terra	-
Dispersore di fatto	Parte metallica in contatto elettrico con il terreno, direttamente o tramite calcestruzzo, il cui scopo originale non è di mettere a terra ma soddisfa tutti i requisiti di un dispersore	-
Resistività del terreno	Resistività di un tipico campione di terreno	ρ_E
Resistenza di terra	Resistenza tra il dispersore e la terra di riferimento	R_E
Tensione totale di terra	Tensione tra un impianto di terra e la terra di riferimento	U_E
Tensione di contatto (effettiva)	Tensione tra parti conduttrici quando vengano toccate simultaneamente	U_T
Tensione di passo	Tensione tra due punti della superficie del terreno a distanza di 1 m tra loro, distanza che si assume come lunghezza del passo di una persona	U_S
Corrente di guasto a terra	corrente che fluisce dal circuito principale verso terra, o verso parti collegate a terra, nel punto di guasto	I_F
Corrente di terra	Corrente che fluisce a terra tramite la resistenza di terra e determina quindi la tensione totale di terra U_E	I_E

Tabella 1 - Definizioni relative agli impianti di terra

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p>TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Galleria Artificiale Parma –</p> <p>Relazione di calcolo dell'impianto di terra della cabina MT/BT – cabina lato Vicofertile</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D18CL</td> <td>LF0100006</td> <td>B</td> <td>8 di 20</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D18CL	LF0100006	B	8 di 20
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D18CL	LF0100006	B	8 di 20								

4 DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA

Nei sistemi di II e III categoria il progetto dell'impianto di terra deve soddisfare le seguenti esigenze:

- Garantire la sicurezza delle persone contro i contatti indiretti che si manifestano a causa delle correnti di guasto a terra.
- Presentare una sufficiente resistenza meccanica.
- Presentare una sufficiente resistenza nei confronti della corrosione.
- Essere in grado di sopportare termicamente le più elevate correnti di guasto prevedibili.

Le prestazioni devono essere garantite per ciascuno dei diversi livelli di tensione presenti nel sistema MT e BT. Non è invece necessario prendere in considerazione la contemporaneità dei guasti in sistemi con differenti livelli di tensione.

La rete di distribuzione MT nella zona oggetto della fornitura è configurata con neutro compensato; ciò limita i valori delle correnti di guasto a terra a poche decine di ampere.

L'impianto di terra deve essere dimensionato e strutturato in modo da evitare che eventuali tensioni di contatto, stante i tempi di intervento dei dispositivi di protezione contro i guasti omopolari a terra, non superino i valori indicati dalla curva di sicurezza Tensione - Tempo riportata dalla norma CEI EN 50522 § 5.4.3 fig. 4.

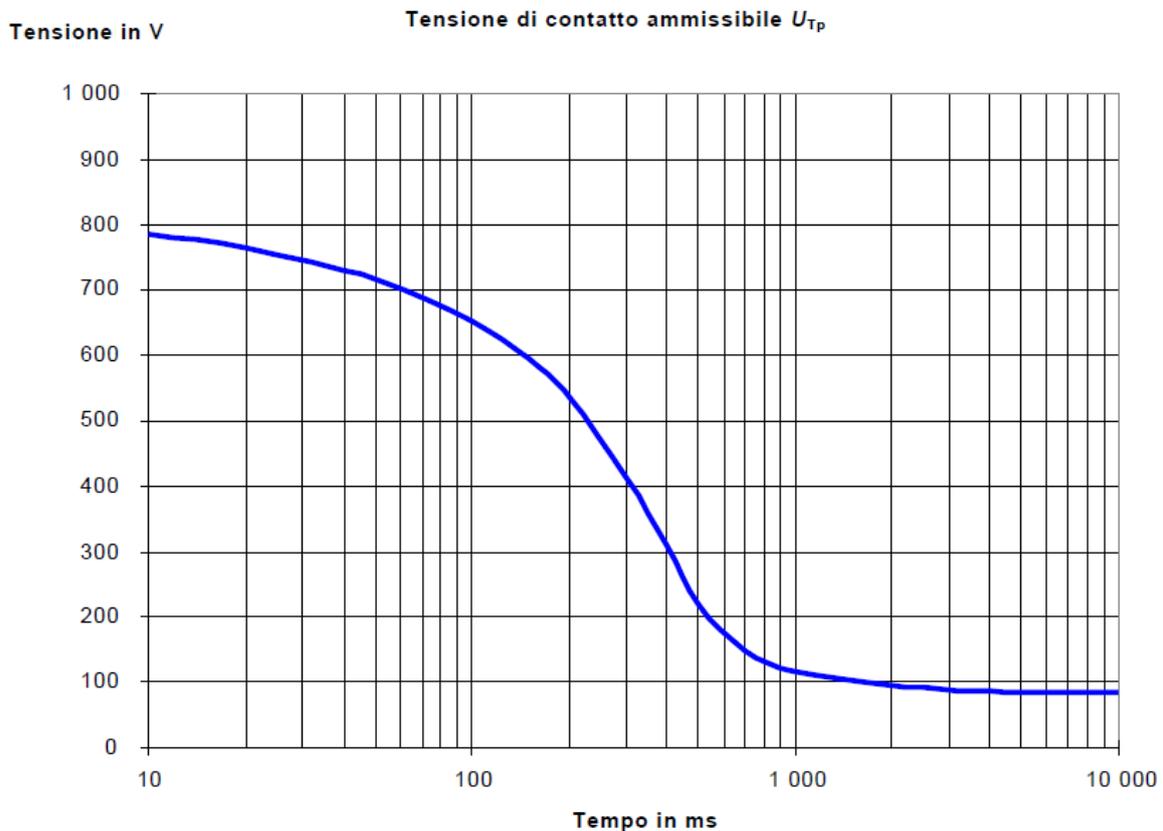


Figura 1 - Tensione di contatto ammissibile U_{Tp} (CEI EN 50522 – Figura 4)

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p>TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO Galleria Artificiale Parma – Relazione di calcolo dell'impianto di terra della cabina MT/BT – cabina lato Vicofertile</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D18CL</td> <td>LF0100006</td> <td>B</td> <td>9 di 20</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D18CL	LF0100006	B	9 di 20
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D18CL	LF0100006	B	9 di 20								

Durata guasto t_f s	Tensione di contatto ammissibile U_{Tp} V
0,05	716
0,10	654
0,20	537
0,50	220
1,00	117
2,00	96
5,00	86
10,00	85

Figura 2 – Valori della tensione di contatto ammissibile U_{Tp} in funzione della durata del guasto t_f (CEI EN 50522 – Tabella B.3)

La procedura per la verifica inizia con l'acquisizione, presso il gestore della rete, dei dati relativi ai punti di allaccio.

• Stato del neutro:	compensato
• I_F : corrente di guasto omopolare a terra	50 [A]
• t_F : tempo massimo di intervento delle protezioni contro i guasti a terra dell'Ente distributore	>10 [s]

In relazione al tempo massimo di intervento delle protezioni si è ricavata la tensione di contatto ammissibile U_{Tp} (cfr. nota di Figura 4 – Tensione di contatto ammissibile – norma CEI EN 50522):

$$U_{Tp}=85 \text{ [V]}$$

Quest' ultimo valore deve essere confrontato con la tensione totale di terra U_E che può essere espressa applicando la formula:

$$U_E=R_E \cdot I_E$$

Secondo la norma CEI EN 50522 § 5.4.3 il sistema disperdente è dimensionato correttamente se il valore della tensione totale di terra, determinato con misure o calcoli, non supera il valore della tensione di contatto ammissibile.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p>TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO Galleria Artificiale Parma – Relazione di calcolo dell'impianto di terra della cabina MT/BT – cabina lato Vicofertile</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D18CL</td> <td>LF0100006</td> <td>B</td> <td>10 di 20</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D18CL	LF0100006	B	10 di 20
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D18CL	LF0100006	B	10 di 20								

5 CONFIGURAZIONE DEL SISTEMA DISPERDENTE

La configurazione del sistema disperdente da adottare dovrà comprendere la rete di terra dei Fabbricati PGEP e Gestione Area imbocco lato Vicofertile, la quale sarà connessa con la rete di terra della Cabina Consegna Energia MT. Le maglie di terra dei Fabbricati e della Cabina Consegna dovranno essere connesse mediante due cavi isolati FG17 G/V di sezione 95 mm².

Il dispersore realizzato per i Fabbricati PGEP e GA imbocco lato Vicofertile sarà unico per entrambi e costituito da una rete magliata perimetrale esterna in corda di rame di sezione 120 mm², interrato sul perimetro dei due edifici alla profondità di 0,6 m circa. La rete di terra è integrata da n. 20 dispersori verticali a picchetto in acciaio ramato di lunghezza pari a 3 m e diametro 20 mm, posti lungo la maglia perimetrale esterna.

Al dispersore così realizzato saranno connesse tutte le masse poste all'interno dei fabbricat. Esse dovranno essere collegate alla barra perimetrale in rame di terra mediante collegamenti in cavo unipolare FG17 450/750 V di sezione minima 120 mm². Il collettore (nodo equipotenziale) collegherà quindi tutte le masse alla maglia perimetrale mediante due cavi isolati unipolari FG17 450/750 V sez. 95mm².

5.1 Calcolo della resistenza di terra del dispersore

Nel seguito è rappresentato il calcolo di dimensionamento della resistenza di terra.

Per la determinazione della resistenza di terra R_t del dispersore è essenziale conoscere il valore ρ_E della resistività del terreno. Poiché, alla data in cui viene compilata la presente relazione di progetto l'area che accoglierà la nuova Cabina MT/bt non è stata ancora definitivamente formata, non è stato possibile eseguire misure utili della resistività elettrica.

In accordo a quanto indicato nella tabella J.1 dell'allegato J (Norma CEI EN 50522):

**Tabella J.1 - Resistività del terreno per correnti alternate
(Gamma dei valori che sono stati misurati frequentemente)**

Tipo di terreno	Resistività del terreno ρ_E Ωm			
Terreno paludoso	da	5	a	40
Terriccio, argilla, humus	da	20	a	200
Sabbia	da	200	a	2 500
Ghiaietto	da	2 000	a	3 000
Pietrisco	Per lo più sotto			1 000
Arenaria	da	2 000	a	3 000
Granito				fino a 50 000
Morena				fino a 30 000

Tabella 2 - Tabella J.1 dell'allegato J (Norma CEI EN 50522)

si può assumere per la resistività elettrica del terreno in maniera cautelativa valore pari a:

$$\rho_E = 100 \Omega m$$

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE) TRATTA PARMA - VICOFERTILE												
PROGETTO DEFINITIVO Galleria Artificiale Parma – Relazione di calcolo dell'impianto di terra della cabina MT/BT – cabina lato Vicofertile	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D18CL</td> <td>LF0100006</td> <td>B</td> <td>11 di 20</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D18CL	LF0100006	B	11 di 20
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D18CL	LF0100006	B	11 di 20								

La resistenza di terra dell'intero sistema disperdente può essere calcolata come parallelo delle resistenze dei singoli sistemi componenti, ossia del dispersore lineare perimetrale e dei dispersori verticali a picchetto.

Il dispersore perimetrale è costituito, come detto, da corda nuda in rame sez. 120mm² interrata a profondità di 0,6m rispetto al piano di calpestio del piazzale, avrà le seguenti caratteristiche geometriche:

- Lunghezza: $L \approx 37,1$ m
- Larghezza: $L \approx 27,3$ m
- Perimetro: $P \approx 128,8$ m
- Area: $A \approx 1013$ m²

Impiegando la formula definita dalla CEI EN 50522 per un dispersore ad anello:

$$Ra = \frac{\rho}{\pi^2 D_a} \ln \frac{2\pi D_a}{d_a} ;$$

- ρ [Ω m] = 100 Resistività del terreno;
- D_a [m] = 35,92 Diametro del cerchio di area equivalente al dispersore ad anello;
- d_a [mm] = 14,00 Diametro del conduttore.

Si ha:

$$\mathbf{Ra = 2,74 \Omega}$$

Tale dispersore lineare, come detto, sarà integrato da un sistema di dispersori verticali a picchetto, costituiti da aste in acciaio ramato infisse nel terreno e collegate al dispersore lineare a mezzo di capocorda in rame bullonati ad appositi collari fissati all'estremità dei picchetti.

I suddetti picchetti, in numero totale di 20, avranno le seguenti caratteristiche geometriche:

- L_p [m]= 3: Lunghezza complessiva del picchetto;
- D_p [mm]= 20: Diametro del picchetto.

La resistenza di un singolo picchetto così costituito può essere calcolata con la seguente formula:

$$R_{p1} = \frac{\rho}{2\pi L_p} \ln \frac{4L_p}{D_p} ;$$

nella quale, sostituendo i valori precedentemente esposti, fornisce il valore:

$$\mathbf{R_p = 33,95 \Omega}$$

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p>TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO Galleria Artificiale Parma – Relazione di calcolo dell'impianto di terra della cabina MT/BT – cabina lato Vicofertile</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D18CL</td> <td>LF0100006</td> <td>B</td> <td>12 di 20</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D18CL	LF0100006	B	12 di 20
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D18CL	LF0100006	B	12 di 20								

Considerando il parallelo dei n°20 picchetti la resistenza complessiva del dispersore verticale assume il valore:

$$R_{Pp} = R_p / N = 33,95 / 20 = 1,7 \Omega$$

La resistenza complessiva dell'impianto disperdente di cabina varrà dunque:

$$R_E = 1 / (1/R_a + 1/R_{Pp}) = 1,05 \Omega$$

5.2 Verifica della tensione di contatto ammissibile U_{tp}

Una volta ottenuto il valore di resistenza di terra R_E è possibile procedere con la verifica del rispetto della tensione di contatto ammissibile U_{tp} seguendo il diagramma di flusso riportato nella Figura 5 della norma CEI EN 50522.

Pertanto, si ha che la tensione totale di terra risulta essere uguale a:

$$U_E = R_E * I_E = 1,05 * 50 = 52,4 \text{ V}$$

SI ha pertanto:

$$U_E < U_{TP} = 85 \text{ V}$$

L'impianto di terra in esame rientra pertanto all'interno delle condizioni previste dalla norma CEI EN 50522.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE) TRATTA PARMA - VICOFERTILE												
PROGETTO DEFINITIVO Galleria Artificiale Parma – Relazione di calcolo dell'impianto di terra della cabina MT/BT – cabina lato Vicofertile	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D18CL</td> <td>LF0100006</td> <td>B</td> <td>13 di 20</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D18CL	LF0100006	B	13 di 20
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D18CL	LF0100006	B	13 di 20								

6 COLLEGAMENTO DEL NEUTRO

Secondo la norma CEI EN 50522 il neutro della bassa tensione può essere collegato alla terra della cabina solo se la tensione totale di terra verifica la seguente condizione:

$$V_T = R_E \cdot I_F \leq 1200 \text{ [V]}$$

$$R_E = 1,05 \text{ [\Omega]}$$

$$V_{T \text{ fabbr}} = 1,05 \times 50 = 52,4 \text{ [V]} < 1200 \text{ [V]}$$

Dato che tale relazione risulta verificata, ogni trasformatore MT/bt verrà posato con la connessione a terra del centro stella degli avvolgimenti secondari. Detta connessione sarà ottenuta mediante collegamento in cavo fra il morsetto del centro stella del trasformatore ed il nodo equipotenziale.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE) TRATTA PARMA - VICOFERTILE												
PROGETTO DEFINITIVO Galleria Artificiale Parma – Relazione di calcolo dell'impianto di terra della cabina MT/BT – cabina lato Vicofertile	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D18CL</td> <td>LF0100006</td> <td>B</td> <td>14 di 20</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D18CL	LF0100006	B	14 di 20
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D18CL	LF0100006	B	14 di 20								

7 DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA IN RELAZIONE AL COMPORTAMENTO TERMICO ED ALLA RESISTENZA ALLA CORROSIONE

Si procede al calcolo delle sezioni minime che devono presentare i conduttori di terra, i conduttori di protezione e gli elementi costituenti i dispersori. La sezione del dispersore deve essere calcolata in relazione all'entità e alla durata della corrente di guasto. Le norme CEI definiscono inoltre le sezioni minime per presentare un'adeguata robustezza nei confronti della corrosione e delle sollecitazioni meccaniche.

Occorre quindi analizzare separatamente tre casi:

- Dimensionamento del conduttore di terra per guasti lato MT;
- Dimensionamento del conduttore di terra per guasto lato BT;
- Dimensionamento del dispersore.

7.1 Dimensionamento del Conduttore di Terra per guasti lato MT

Il calcolo della sezione dei conduttori di terra o dei dispersori di protezione, in funzione del valore e della durata della corrente di guasto è indicato nell'Allegato D della norma CEI EN 50522.

La metodologia proposta fa una distinzione in funzione della durata del guasto. In particolare, nel caso in cui il guasto abbia una durata inferiore a 5 s, l'aumento di temperatura è considerato come un fenomeno adiabatico e la sezione minima del conduttore di terra o del dispersore è pari a:

$$A = \frac{I}{k} \sqrt{\frac{t_f}{\ln \frac{\Theta_f + \beta}{\Theta_i + \beta}}}$$

Dove:

A = sezione trasversale del conduttore [mm^2]

I = $I_F \cdot k_M$ – corrente di guasto [A]

k_M = fattore di divisione

I_F = Valore di corrente di guasto a terra [A]

t_f = tempo di durata del guasto [sec]

k = costante che dipende dal materiale; per rame $k = 226$

β = costante che dipende dal materiale; per rame $\beta = 234,5$

Θ_i = temperatura iniziale del conduttore [$^{\circ}C$]

Θ_f = temperatura finale del conduttore [$^{\circ}C$]

PROGETTO DEFINITIVO

Galleria Artificiale Parma –
Relazione di calcolo dell'impianto di terra della cabina
MT/BT – cabina lato Vicofertile

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
IP00	00	D18CL	LF0100006	B	15 di 20

Come indicato dalla norma EN 50522, è possibile considerare i seguenti valori di temperatura per il conduttore del sistema di messa a terra:

$$\theta_i = 20^{\circ}\text{C} \quad \text{e} \quad \theta_f = 250^{\circ}\text{C}$$

La corrente di guasto lato MT può essere valutata nel seguente modo:

- si assume una potenza di corto circuito della rete S_{cc} pari a 500 MW;
- dato il valore di tensione pari a $V_n=20$ kV, si ha:

$$I_{G,MT} = S_{cc} / (\sqrt{3} \cdot V_n) = 500 \cdot 10^6 / (\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 10^3) = 14,5 \text{ kA}$$

È possibile applicare un coefficiente di riduzione k_M alla corrente di guasto, in quanto i collegamenti tra le masse metalliche afferenti alle apparecchiature MT (collettori locali Fabbricato Cabina MT/BT, box trasformatori, ecc.) ed il sistema di terra vengono effettuati attraverso due conduttori, i quali saranno connessi in due diversi punti dell'impianto. Con questa configurazione è possibile affermare che la corrente di guasto si dividerà nei diversi conduttori.

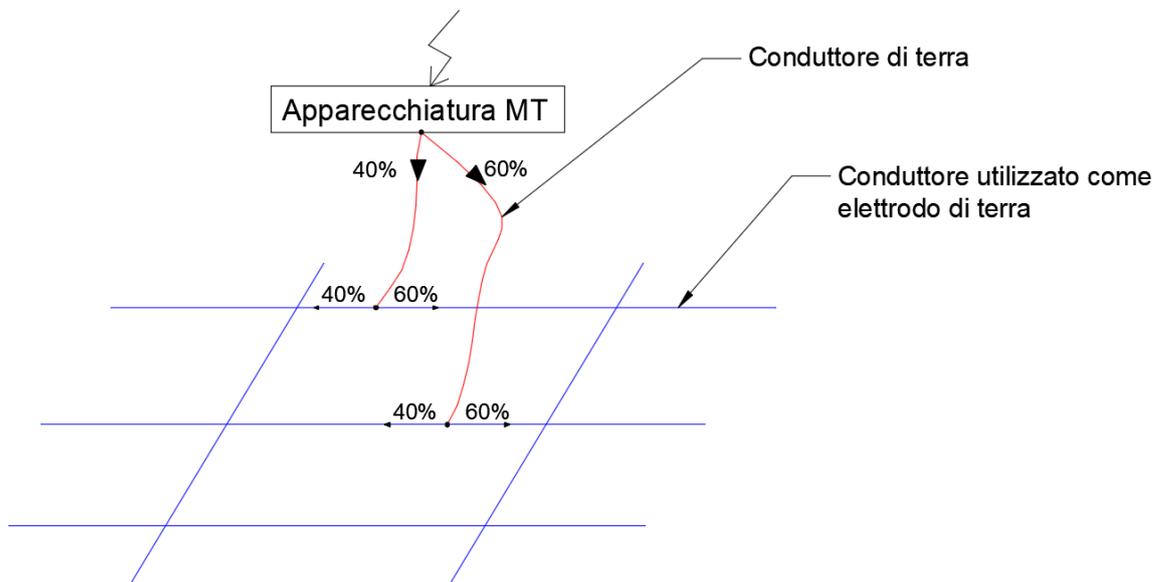


Figura 3-Fattore di divisione k_M

Come mostrato dalla figura, in via cautelativa è stato considerato un conduttore più carico – rapporto 60/40 ($k_M=0,6$).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE) TRATTA PARMA - VICOFERTILE												
PROGETTO DEFINITIVO Galleria Artificiale Parma – Relazione di calcolo dell'impianto di terra della cabina MT/BT – cabina lato Vicofertile	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D18CL</td> <td>LF0100006</td> <td>B</td> <td>16 di 20</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D18CL	LF0100006	B	16 di 20
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D18CL	LF0100006	B	16 di 20								

Si assume come tempo d'intervento delle protezioni il valore di 0,4 s.

Nella tabella seguente è mostrato che le sezioni adottate sono adeguate alle sezioni minime calcolate con le formule prescritte dalla norma.

Condotto di Terra									
I_F [kA]	k_M	I [kA]	K [A·√s/mm ²]	t_F [s]	β [°C]	θ_f [°C]	θ_i [°C]	Sezione trasversale minima – A [mm ²]	Sezione trasversale utilizzata A [mm ²]
14,5	0,6	8,7	226	0,4	234,5	250	20	30,3	95

Tabella 3 - Dimensionamento termico - Calcolo della Sezione minima

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE) TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO Galleria Artificiale Parma – Relazione di calcolo dell'impianto di terra della cabina MT/BT – cabina lato Vicofertile</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D18CL</td> <td>LF0100006</td> <td>B</td> <td>17 di 20</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D18CL	LF0100006	B	17 di 20
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D18CL	LF0100006	B	17 di 20								

7.2 Dimensionamento del conduttore di Terra per guasti lato BT

Sono soggetti al guasto lato BT i seguenti conduttori:

- collegamenti a terra delle masse BT (quadro BT);
- collegamenti a terra dei box / grigliati di contenimento trasformatori;
- collegamenti a terra del centro stella dell'avvolgimento secondario dei trasformatori.

Per detti conduttori, la sezione del conduttore di terra non deve essere inferiore a quella ricavata dall'applicazione dell'art. 543.1.1 della norma CEI 64-8/5:

$$A = \frac{\sqrt{I_g^2 \cdot t}}{k}$$

dove:

I_g = corrente di guasto a terra, in ampere;

t = tempo di eliminazione del guasto in secondi;

k = coefficiente che tiene conto delle caratteristiche del materiale che costituisce il conduttore e delle temperature iniziali e finali (per conduttori in rame isolati EPR si ha $k = 143 [A \cdot \sqrt{s/mm^2}]$).

La situazione più critica si verifica quando:

- 1) avviene un guasto a terra immediatamente a valle dell'avvolgimento secondario del trasformatore (in tal caso l'impedenza del conduttore di fase si può ritenere nulla);
- 2) il guasto a terra è franco;
- 3) il tempo di intervento delle protezioni sia stimato a 0,01 secondi (t_{bt}) (intervento della protezione lato BT).

La corrente di guasto più elevata si verifica per un cortocircuito fase-terra al secondario del trasformatore:
 $I_G = I_{K1} = I_K$.

$$I_G = I_k = \frac{100 \cdot S_N}{u_{cc\%} \cdot \sqrt{3} \cdot U}$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE) TRATTA PARMA - VICOFERTILE												
PROGETTO DEFINITIVO Galleria Artificiale Parma – Relazione di calcolo dell'impianto di terra della cabina MT/BT – cabina lato Vicofertile	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D18CL</td> <td>LF0100006</td> <td>B</td> <td>18 di 20</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D18CL	LF0100006	B	18 di 20
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D18CL	LF0100006	B	18 di 20								

$$I_G = I_k = \frac{100 \cdot 630 \cdot 10^3}{6 \cdot \sqrt{3} \cdot 400} \cong 15,15 \text{ kA}$$

Ciò fa sì che la minima sezione ammissibile per i sopra citati conduttori sarà:

$$A_{\text{teorica}} = \frac{\sqrt{I_g^2 \cdot t}}{k} = 10,6 \text{ mm}^2$$

Tutti i conduttori utilizzati per i collegamenti tra il dispersore e tutti i collettori ubicati nel Fabbricato Cabina MT/BT e nel Fabbricato Tecnologico dovranno avere una sezione commerciale maggiore di quella calcolata e dovranno essere realizzati con almeno una coppia di conduttori per garantire la ridondanza.

La verifica è valida anche per il collegamento del centro stella dei trasformatori MT/BT al collettore della cabina MT/BT, per i quali sono stati scelti due conduttori di sezione pari a 95 mm² ognuno.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p>TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO Galleria Artificiale Parma – Relazione di calcolo dell'impianto di terra della cabina MT/BT – cabina lato Vicofertile</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D18CL</td> <td>LF0100006</td> <td>B</td> <td>19 di 20</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D18CL	LF0100006	B	19 di 20
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D18CL	LF0100006	B	19 di 20								

7.3 Dimensionamento dei dispersori in relazione alla corrosione e alle sollecitazioni meccaniche

I dispersori, essendo direttamente a contatto con il terreno, devono essere costruiti con materiale in grado di sopportare la corrosione. Essi devono resistere alle sollecitazioni meccaniche durante la loro installazione e a quelle che si verificano durante il servizio ordinario.

L'allegato C della norma CEI EN 50522 fornisce i valori minimi della sezione dei conduttori per garantire la resistenza meccanica e alla corrosione.

Allegato C (normativo)

Materiale e dimensioni minime dei dispersori per garantirne la resistenza meccanica e alla corrosione

Materiale		Tipo di dispersore	Dimensione minima				
			Corpo			Rivestimento/guaina	
			Diame- tro mm	Sezio- ne mm ²	Spes- sore mm	Valori singoli μm	Valori medi μm
Acciaio	Zincato a caldo	Piattina ^(b)		90	3	63	70
		Profilati (incl. piatti)		90	3	63	70
		Tubo	25		2	47	55
		Barra tonda per picchetto	16			63	70
		Tondo per dispersore orizzontale	10				50
	Con guaina di piombo ^(a)	Tondo per dispersore orizzontale	8			1 000	
	Con guaina di rame estrusa	Barra tonda per picchetto	15			2 000	
Con guaina di rame elettrolitico	Barra tonda per picchetto	14,2			90	100	
Rame	Nudo	Piattina		50	2		
		Tondo per dispersore orizzontale		25 ^(c)			
		Corda	1,8 ^(d)	25			
		Tubo	20		2		
	Stagnato	Corda	1,8 ^(d)	25		1	5
	Zincato	Piattina		50	2	20	40
	Con guaina di piombo ^(a)	Corda	1,8 ^(d)	25		1 000	
	Filo tondo		25		1 000		

(a) Non idoneo per posa diretta in calcestruzzo. Si raccomanda di non usare il piombo per ragioni di inquinamento.
(b) Piattina, arrotondata o tagliata con angoli arrotondati.
(c) In condizioni eccezionali, dove l'esperienza mostra che il rischio di corrosione e di danno meccanico è estremamente basso, si può usare 16 mm².
(d) Per fili singoli.

Dimensioni minime dei conduttori – EN50522

Quindi nel caso di conduttore in corda di rame, la sezione minima indicata dalla norma è pari a 25 mm² rispettata dalla scelta del conduttore di rame nudo da 120 mm² ipotizzato per la rete di terra in esame.

Per quanto concerne i dispersori verticali, costituiti da picchetti in barra tonda in acciaio zincato a caldo, le dimensioni minime indicate sono pari a 16 mm di diametro, ampiamente rispettata da quelli ipotizzati per la rete di terra in esame aventi un diametro pari a 20 mm.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE) TRATTA PARMA - VICOFERTILE												
PROGETTO DEFINITIVO Galleria Artificiale Parma – Relazione di calcolo dell'impianto di terra della cabina MT/BT – cabina lato Vicofertile	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D18CL</td> <td>LF0100006</td> <td>B</td> <td>20 di 20</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D18CL	LF0100006	B	20 di 20
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D18CL	LF0100006	B	20 di 20								

8 PROTEZIONE DAI CONTATTI INDIRETTI

Guasto sulla bassa tensione gestita con sistema TN-S

Si dovranno scegliere dei dispositivi di protezione che abbiano una corrente tale da garantire il rispetto della seguente relazione:

$$Z_s \times I_a \leq U_0$$

dove:

U_0 = tensione nominale in c.a. (valore efficace tra fase e terra);

Z_s = impedenza dell'anello di guasto che comprende la sorgente, il conduttore attivo fino al punto di guasto ed il conduttore di protezione tra il punto di guasto e la sorgente;

I_a = corrente che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione entro 0,4 secondi (Norma CEI 64-8/4 - Tabella 41A).