

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP J81H0200000001

## S.O. ENERGIA E TRAZIONE ELETTRICA

### PROGETTO DEFINITIVO

#### COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA - LA SPEZIA (PONTREMOLESE)

#### TRATTA PARMA - VICOFERTILE

Cabina TE di Vicofertile

Relazione e progetto impianto di terra

SCALA:

-

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

I P 0 0 0 0 D 1 8 C L S E 0 2 0 0 0 0 5 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	M. Laurini 	Mar. 2022	M. Laurini 	Mar. 2022	G. Fadda 	Mar. 2022	G. Guidi Buffarini Mar. 2022 

File: IP000D18CLSE0200005A - Piazzale CTE Vicofertile - Relazione e progetto impianto di terra.docx

## INDICE

<b>1 - GENERALITÀ</b> .....	<b>3</b>
<b>2 - OGGETTO</b> .....	<b>3</b>
<b>3 - RIFERIMENTI</b> .....	<b>3</b>
<b>3.1 – RIFERIMENTI NORMATIVI E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>3</b>
<b>3.2 – RIFERIMENTI AD ELABORATI DI PROGETTO</b> .....	<b>5</b>
<b>4. CRITERI PROGETTUALI</b> .....	<b>5</b>
<b>5. CONFIGURAZIONE DELL’IMPIANTO</b> .....	<b>7</b>
<b>5.1 – IMPIANTO DI TERRA ESTERNO AL FABBRICATO</b> .....	<b>7</b>
<b>5.2 – IMPIANTO DI TERRA INTERNO AGLI SHELTER</b> .....	<b>8</b>
<b>6. VERIFICA DEL SISTEMA DI MESSA A TERRA</b> .....	<b>9</b>
<b>6.1 – DIMENSIONAMENTO IN RELAZIONE ALLA CORROSIONE E ALLE      SOLLECITAZIONI MECCANICHE</b> .....	<b>10</b>
<b>6.2 - VERIFICA DELLE TENSIONI DI PASSO E CONTATTO</b> .....	<b>11</b>
<b>6.2.1 - CALCOLO DELLA RESISTENZA DI TERRA DEL DISPERSORE</b> .....	<b>11</b>
<b>6.2.2 - VERIFICA DELLE TENSIONI AMMISSIBILI</b> .....	<b>13</b>
6.2.2.1 PARAMETRI DELLA CORRENTE DI GUASTO A TERRA (Guasto 3kVcc) .....	13
6.2.2.2 LIMITI DELLE TENSIONI DI PASSO E CONTATTO (Guasto 3kVcc).....	15
6.2.2.3 VERIFICA DELLE TENSIONI AMMISSIBILI (Guasto 3kVcc) .....	17
<b>6.3 – DIMENSIONAMENTO CON RIFERIMENTO AL COMPORTAMENTO TERMICO</b> ....	<b>19</b>
<b>7. CONCLUSIONI</b> .....	<b>21</b>

## 1 - GENERALITÀ

Nella presente relazione tecnica viene descritto il dimensionamento dell'impianto di terra da realizzarsi a servizio della nuova Cabina TE di Vicofertile.

## 2 - OGGETTO

Oggetto della presente relazione è quello di fornire i dettagli progettuali dell'impianto di terra a servizio del nuovo impianto di trazione elettrica.

Per la realizzazione dell'impianto saranno prese a riferimento le norme tecniche vigenti ed i criteri progettuali e costruttivi di Italferr e di RFI.

## 3 - RIFERIMENTI

La presente relazione di calcolo, nonché tutta la documentazione progettuale che verrà successivamente citata, è conforme alle indicazioni contenute negli elaborati standard, per quanto applicabili, presi a riferimento.

Nei punti seguenti sono citati i principali documenti tecnici cui nel seguito della relazione sarà fatto esplicito o implicito riferimento.

### 3.1 – RIFERIMENTI NORMATIVI E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

Per la redazione del presente progetto sono state adottate le Norme CEI nella loro edizione più recente nonché le Norme Tecniche, Istruzioni e Circolari RFI vigenti, delle quali si elencano qui di seguito le principali:

- D.lgs. del 9/04/2008 - Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 Agosto 2007, n°123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro;

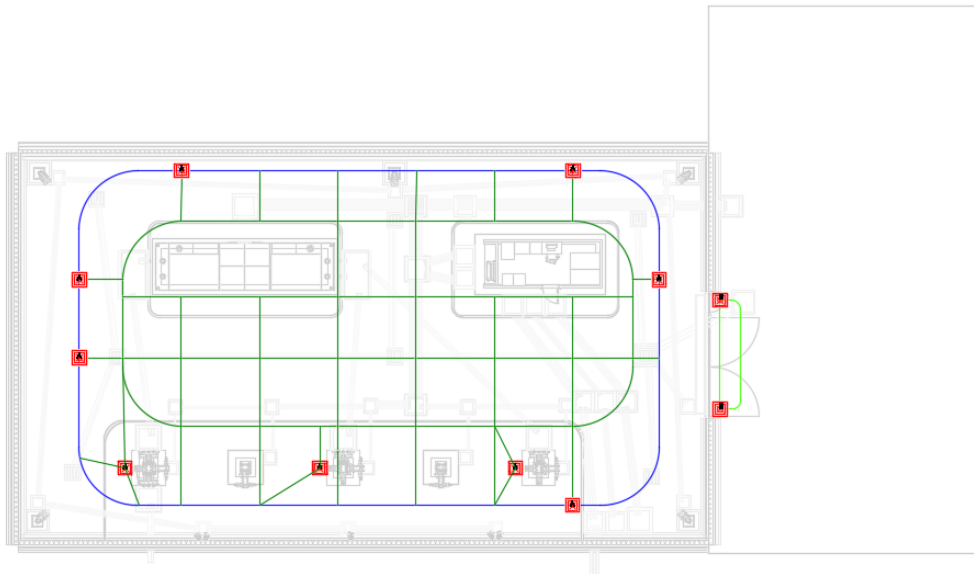
- DPR n° 462 del 22/10/2001 - Regolamento di semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi;
- D.M.n°37 del 22-1-2008 - Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici;
- ANSI / IEEE Std 80 - Guide for Safety in AC Substation Grounding.
- CEI EN 50119 - Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane Impianti fissi Linee aeree di contatto per trazione elettrica;
- CEI EN 50122-1 - Applicazioni ferroviarie Installazioni fisse Parte 1: Provvedimenti di protezione concernenti la sicurezza elettrica e la messa a terra;
- CEI EN 50122-2 - Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane Impianti fissi Parte 2: Protezione contro gli effetti delle correnti vaganti causate da sistemi di trazione a corrente continua;
- CEI EN 60865 -1 - Correnti di corto circuito Calcolo degli effetti Parte 1: Definizioni e metodi di calcolo;
- CEI EN 60865 -1/Ed - Correnti di corto circuito Calcolo degli effetti Parte 1: Definizioni e metodi di calcolo;
- CEI EN 50522 - Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.;
- TE 13 - Prove e verifiche periodiche degli impianti di terra di protezione delle sottostazioni elettriche Edizione 1984;
- TE 50 - Norme tecniche per la fornitura di apparecchiature di misura per il rilievo della tensione di passo e di contatto negli impianti di messa a terra Edizione 1983
- DPRMOSL1311-2018 - Verifica degli impianti di terra di protezione delle SSE
- DPR MO SL 07 11 – Verifica degli impianti di terra di protezione delle Linee di Contatto 3kVcc e 25kVca, delle Cabine TE 3kVcc e dei posti di parallelo 25kVca

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.

### 3.2 – RIFERIMENTI AD ELABORATI DI PROGETTO

Costituiscono parte integrante della presente relazione gli elaborati di progetto di seguito riepilogati, ai quali si rimanda per gli aspetti di dettaglio non esplicitamente menzionati nel presente documento:

- IP0000D18PASE0200004A - Piazzale CTE Vicofertile - Impianto di terra



**Figura 1– Impianto di terra di Piazzale**

## 4. CRITERI PROGETTUALI

L'impianto di terra dovrà essere progettato secondo i criteri richiamati negli elaborati di riferimento e dovrà inoltre soddisfare i seguenti requisiti:

- Avere adeguata resistenza meccanica e resistenza alla corrosione;
- Essere in grado di sopportare, dal un punto di vista termico, le più elevate correnti di guasto prevedibili;
- Essere in grado di evitare danni a componenti elettrici ed a beni;

- Garantire la sicurezza delle persone contro le tensioni che si manifestano sugli impianti di terra per effetto delle correnti di guasto.

I parametri da prendere in considerazione nel dimensionamento degli impianti di terra sono quindi:

- Valore della corrente di guasto a terra;
- Tempo di eliminazione del guasto a terra;
- Resistività del terreno.

L'impianto di terra realizza la protezione dai contatti indiretti mediante il criterio "interruzione automatica dell'alimentazione", che è il solo metodo ammesso per gli impianti elettrici alimentati da sistemi di categoria superiore alla I.

Per attuare un'efficace protezione dai contatti indiretti, la normativa vigente prevede che tutte le masse del sistema siano collegate direttamente e stabilmente a terra.

Se una qualunque delle apparecchiature appartenenti a tali sistemi diviene sede di un guasto, può verificarsi il "tensionamento" indebito di masse, parti metalliche normalmente fuori tensione, con il conseguente pericolo di contatti indiretti.

È inoltre previsto un collegamento, attraverso un dispositivo cortocircuitatore, tra la rete di terra ed il circuito di ritorno TE. Tale dispositivo pone in continuità metallica, e quindi elettrica, l'impianto di terra con il binario nel caso in cui la differenza di potenziale tra i due circuiti superi, in caso di guasto, un valore prefissato.

In questo modo il circuito di ritorno contribuisce a disperdere la corrente di guasto, limitando di conseguenza l'aliquota che fluisce attraverso la maglia di terra e di conseguenza limitando le tensioni pericolose che si generano.

Pertanto, la rete di terra deve avere caratteristiche tali da garantire che le tensioni di contatto e di passo che si stabiliscono durante il guasto si mantengano, in ogni caso, al di sotto dei valori consentiti dalle norme.

Per quanto riguarda il dispositivo cortocircuitatore, la specifica di riferimento è la RFI DMA IM LA SP IFS 370 A: Dispositivo di collegamento del negativo 3kVcc all'impianto di terra di SSE e cabine TE.

Le masse metalliche presenti all'interno degli shelter saranno collegate al dispersore tramite apposito relè di massa (conforme alla specifica RFI DMA IM LA SP IFS 371 A), il quale ha la funzione di comandare l'intervento immediato delle protezioni TE in caso di basso isolamento o guasto a terra.

Tutte le masse metalliche che fuoriescono dall'area di piazzale quali tubazioni per l'allacciamento a servizi vari, potenzialmente pericolose perché potrebbero "portare" fuori dal piazzale tensioni pericolose in caso di guasto, andranno opportunamente isolate per mezzo giunti isolanti.

## **5. CONFIGURAZIONE DELL'IMPIANTO**

### **5.1 – IMPIANTO DI TERRA ESTERNO AL FABBRICATO**

L'impianto di terra di sarà costituito essenzialmente da un dispersore orizzontale a rete magliata realizzato in corda di rame nudo da 120 mm<sup>2</sup>. Tale dispersore sarà realizzato ad una quota di 50 cm di profondità per le maglie interne e ad una quota di 150 cm di profondità per l'anello perimetrale.

La dimensione delle singole maglie sarà mediamente di 4x4 m, in modo da realizzare una superficie pressoché equipotenziale su tutta l'area interessata dall'impianto. Lo sviluppo superficiale complessivo della rete, con particolare riferimento alla lunghezza del conduttore perimetrale, sarà oggetto di verifica del presente calcolo.

L'impianto sarà integrato da una serie di dispersori verticali costituiti da puntazze di acciaio ramato infisse nel terreno. L'estremità superiore del dispersore verticale dovrà essere protetta da dei pozzetti ispezionabili del tipo a fondo aperto e completi di relativi chiusini.

Le armature metalliche delle strutture realizzate in cemento armato contribuiscono notevolmente alla dispersione della corrente di terra a condizione di realizzare le armature come sistemi metallici continui. Ciò si ottiene collegando tra loro, con efficaci legature in fil di ferro o meglio con punti di saldatura forte, tutti i ferri d'armatura delle fondazioni durante la loro

formazione.

Il numero e le dimensioni dei dispersori verticali saranno verificati nell'ambito del seguente calcolo di progetto, trascurando in prima analisi ed a titolo precauzionale, i contributi dei dispersori di fatto.

Il dispersore orizzontale dell'impianto di messa a terra dovrà inoltre avere un'estensione tale da contenere abbondantemente al proprio interno tutte le apparecchiature tensionabili in modo evitare l'insorgere di tensioni pericolose nel suolo degli ambienti esterni limitrofi.

Per quanto riguarda la geometria del dispersore, sarà evitata la presenza di vertici o antenne che favorirebbero lo stabilirsi di zone ad intensa attività disperdente con conseguenze indesiderate (tensioni pericolose) sul gradiente di potenziale che si stabilisce nel terreno.

Al fine di soddisfare i criteri di sicurezza, è regola generale che, osservando le prescrizioni per la tensione di contatto, vengano soddisfatte le prescrizioni per la tensione di passo.

Nelle zone più periferiche, cioè in prossimità delle maglie d'angolo del dispersore orizzontale, le tensioni di passo possono assumere valori più elevati e pertanto, per fronteggiare questa evenienza, i conduttori perimetrali saranno interrati, come detto, a profondità maggiore dal resto della rete. In tal modo si riduce, in superficie, il gradiente di potenziale al proprio intorno.

## **5.2 – IMPIANTO DI TERRA INTERNO AGLI SHELTER**

Ciascuno shelter a fornitura ONAE (RFI) sarà dotato di un proprio impianto di terra interno ai box. A cura appaltatore, vi sarà la connessione di ciascun impianto di terra alla rete di piazzale attraverso le apposite prese previste sul lato di ogni shelter. Inoltre, come precedentemente descritto, lo shelter M6 sarà dotato di un dispositivo cortocircuitatore, il quale dovrà essere opportunamente connesso al circuito di ritorno TE.



## **6. VERIFICA DEL SISTEMA DI MESSA A TERRA**

Il dimensionamento / verifica della rete di terra verrà effettuato secondo le indicazioni fornite dalla normativa di riferimento in relazione alla/al:

1. Corrosione e alle sollecitazioni meccaniche;
2. Verifica delle tensioni di passo e di contatto;
3. Comportamento termico.

Per la valutazione dei potenziali di passo e contatto, è stato utilizzato il software commerciale XGSLab modellando gli elementi di dispersione, le caratteristiche del terreno e le caratteristiche della corrente di guasto a terra. Il software calcola la resistenza di terra, la tensione totale di terra e determina il potenziale di contatto da confrontare con i limiti prescritti dalla norma al fine di verificare l' idoneità del sistema di messa a terra.

## 6.1 – DIMENSIONAMENTO 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		
		Diametro mm	Sezione mm <sup>2</sup>	Spessore mm	Valori singoli µm	Valori medi µm	
Acciaio	Zincato a caldo	Piattina <sup>(b)</sup>		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 <sup>(a)</sup>	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 <sup>(c)</sup>			
		Corda	1,8 <sup>(d)</sup>	25			
		Tubo	20		2		
	Stagnato	Corda	1,8 <sup>(d)</sup>	25		1	5
	Zincato	Piattina		50	2	20	40
	Con guaina di piombo <sup>(a)</sup>	Corda	1,8 <sup>(d)</sup>	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 mm<sup>2</sup>.  
 (d) Per fili singoli.

**Figura 2 - Dimensioni minime dei conduttori – EN50522**

Come indicato dalla norma, nel caso di conduttore in corda di rame, la sezione minima è pari a 25 mm<sup>2</sup>. L'impianto di terra della Cabina sarà realizzato con corda di rame nudo da 120 mm<sup>2</sup>, pertanto tale prescrizione risulta essere verificata.

## 6.2 - VERIFICA DELLE TENSIONI DI PASSO E CONTATTO

### 6.2.1 - CALCOLO DELLA RESISTENZA DI TERRA DEL DISPERSORE

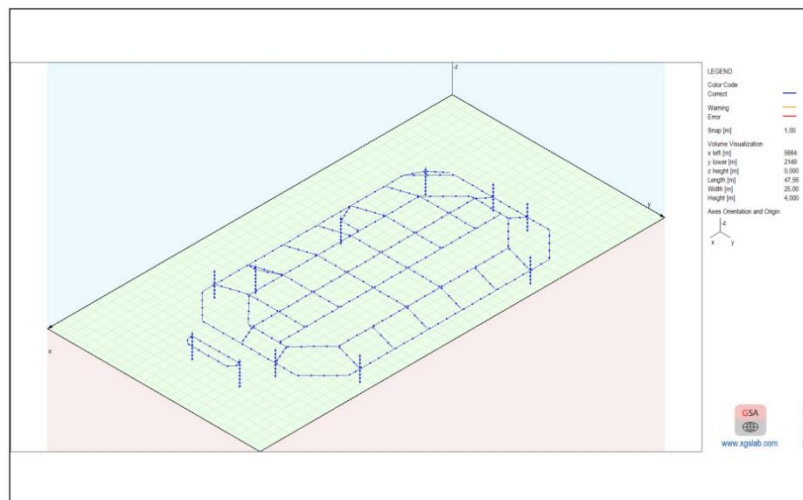
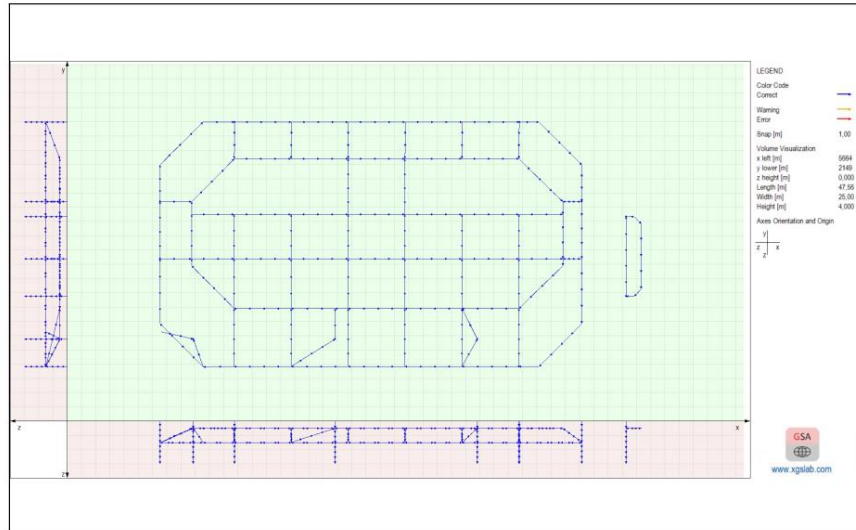
Per il calcolo della resistenza di terra nel software sono state implementate la geometria e le caratteristiche dei conduttori dell'impianto di terra.

Sulla base della formazione geo-litologica del suolo desunta a partire dall'ubicazione impianto, e sulla base, inoltre, di 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 $\rho_{\epsilon}$ $\Omega m$	
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	

è stato implementato un modello uniforme del terreno con resistività del suolo pari a  $\rho = 200 \Omega m$ .



**Figura 3 – Implementazione dell'impianto di terra**

Con queste caratteristiche il software permette di calcolare una resistenza di terra pari a circa:

$$R_T = 3,786\Omega$$

Con l'obiettivo di contenere le tensioni potenzialmente pericolose, è stato considerato uno strato superficiale (SCL) di 13cm con resistività pari a 10.000  $\Omega \cdot m$  per le zone ricoperte da asfalto (cfr. standard IEEE 80 – asfalto umido) coerentemente alla finitura di piazzale che dovrà essere realizzata.

## 6.2.2 - VERIFICA DELLE TENSIONI AMMISSIBILI

### 6.2.2.1 PARAMETRI DELLA CORRENTE DI GUASTO A TERRA (Guasto 3kVcc)

La determinazione della corrente di terra  $I_t$  che la maglia di terra di Cabina è chiamata a disperdere è basata sulla schematizzazione del sistema elettrico, considerando binario e linea di contatto tramite parametri distribuiti.

Il valore della corrente di terra, valutato tramite un software di calcolo elettrico, è stato determinato facendo riferimento allo schema circuitale delle figure seguenti.

Nel modello elettrico sono stati assunti i seguenti parametri:

- Resistenza interna delle SSE con due gruppi da 5,4MW assunta pari a 0,1Ω;
- Resistenza interna delle SSE con un gruppo da 5,4MW assunta pari a 0,2Ω;
- Resistenza della Linea di contatto considerata pari a:
  - 0,0648 Ω/km caratteristica di una sezione equivalente di 320 mm<sup>2</sup>;
  - 0,0458 Ω/km caratteristica di una sezione equivalente di 440 mm<sup>2</sup>.
- Resistenza di terra dell'impianto pari a 3,786 Ω (si veda paragrafo precedente);
- Resistenza chilometrica del binario pari a 0,015 Ω/km;

Per la schematizzazione del binario si è fatto riferimento al modello a "T" di seguito riportato:

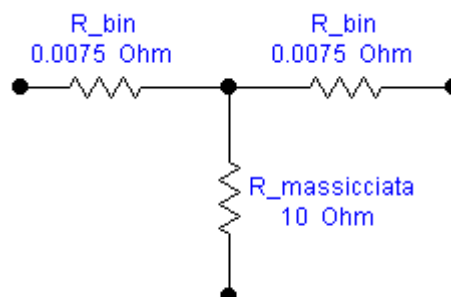
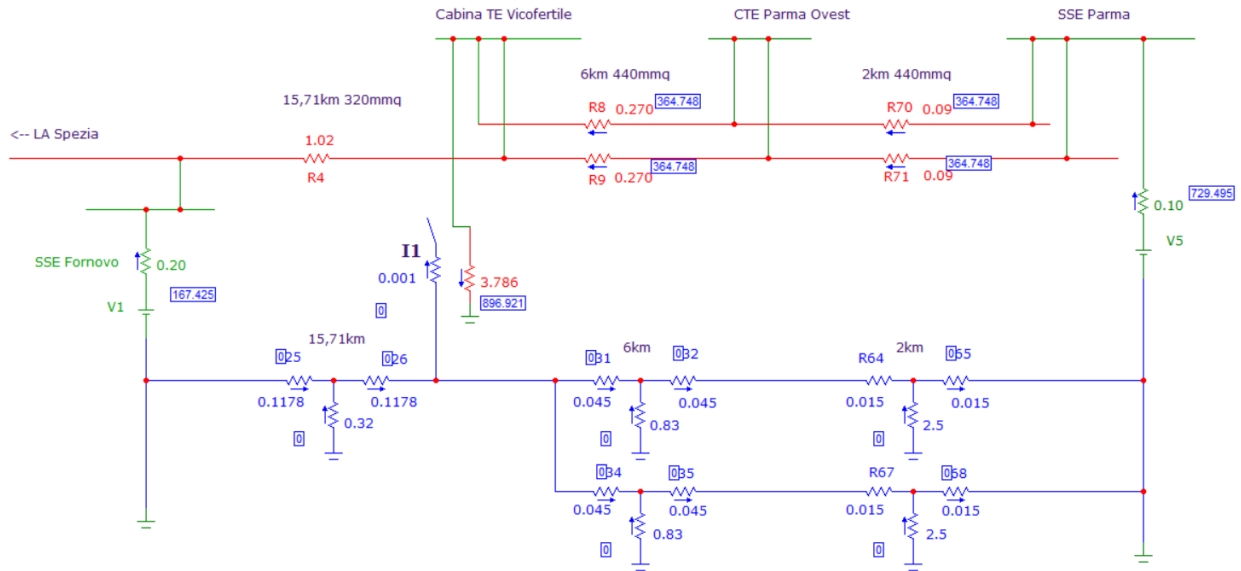
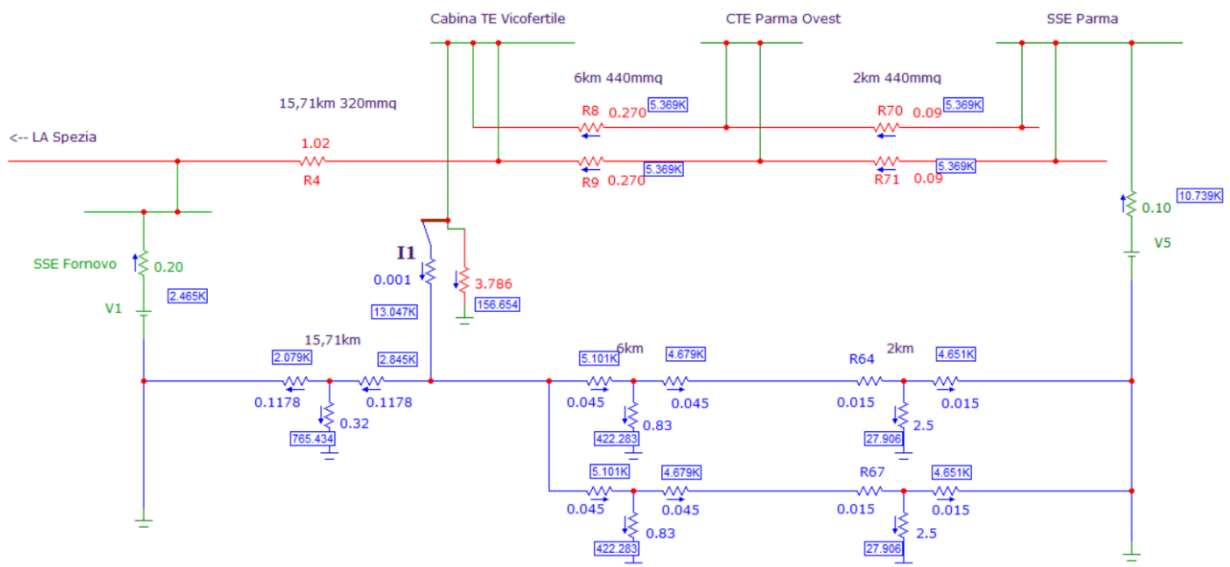


Figura 4 – Schematizzazione elettrica del binario



**Figura 5 – Guasto di Sbarra in cabina prima dell'intervento del cortocircuitatore**



**Figura 6 – Guasto di Sbarra in cabina dopo l'intervento del cortocircuitatore**

Tenuto conto che l'impianto di terra ha una resistenza, calcolata nei punti precedenti, pari a  $R_T = 3,786\Omega$ , supponendo un guasto franco a terra sulla sbarra positiva di Cabina, ed assumendo pari a 3600V la tensione alle sbarre delle sottostazioni adiacenti, dalle simulazioni

si ricavano i seguenti valori per la corrente drenata a terra dall'impianto di terra:

$$I_{t1} \cong 900 A$$

$$I_{t2} \cong 157 A$$

Essi rappresentano rispettivamente la corrente di terra prima e dopo l'intervento del dispositivo cortocircuitatore.

L'intervento di detto cortocircuitatore viene schematizzato nel circuito equivalente con la chiusura dell'interruttore presente nel circuito sopra rappresentato.

La corrente  $I_{t1}$  interessa la maglia di terra per un tempo breve (prossimo a 0,02 sec.) fino all'intervento del dispositivo di collegamento al circuito di ritorno (cortocircuitatore). Dopo l'intervento di tale dispositivo la maglia di terra dell'impianto sarà interessata da una piccola parte della corrente di guasto, identificata dal valore  $I_{t2}$ , con conseguente riduzione delle tensioni pericolose.

Per la valutazione delle tensioni potenzialmente pericolose, a favore di sicurezza, sarà considerato il valore di corrente  $I_t = I_{t1} = 900A$  che interessa la maglia di terra per un tempo pari a:

$$t_f = 0,1 \text{ sec}$$

Tale valore è in linea con le tempistiche di eliminazione del guasto da parte degli organi di protezione (extrarapido).

#### 6.2.2.2 LIMITI DELLE TENSIONI DI PASSO E CONTATTO (Guasto 3kVcc)

Il dispersore dovrà essere tale da impedire che, con la corrente di guasto a terra  $I_t$ , non si verifichino tensioni di contatto superiori ai valori indicati dalla norma.

Dato il tempo di eliminazione del guasto  $t_f = 0,1 \text{ sec}$ , il valore della tensione di contatto effettiva ammissibile, desunto dalla norma EN 50122, è pari  $U_{tp} = 625,00V$ , mentre il valore della tensione di passo ammissibile è pari a  $U_{sp} = 1962V$ .

In conformità alla norma, tali valori tengono in considerazione un valore di resistenza delle scarpe pari a  $1000\Omega$ .

<i>t</i>	<i>U<sub>te,max</sub></i>	<i>U<sub>te,max</sub></i>
	lunga durata	breve durata
<i>s</i>	<i>V</i>	<i>V</i>
> 300	120	–
300	150	–
1	160	–
0,9	165	–
0,8	170	–
0,7	175	–
< 0,7	–	350
0,6	–	360
0,5	–	385
0,4	–	420
0,3	–	460
0,2	–	520
0,1	–	625
0,05	–	735
0,02	–	870

**Legenda**  
*t* tempo di durata  
*U<sub>te,max</sub>* tensione di contatto effettiva ammissibile

**Tab. 1 – Tensione di Contatto ammissibile EN 50122**

Si fa presente che come indicato dalla norma 50522, “È regola generale che, osservando le prescrizioni per la tensione di contatto, vengano soddisfatte le prescrizioni per la tensione di passo, perché i limiti delle tensioni di passo sono maggiori di quelli di contatto a causa del diverso percorso della corrente attraverso il corpo.”



### 6.2.2.3 VERIFICA DELLE TENSIONI AMMISSIBILI (Guasto 3kVcc)

Al fine di valutare i potenziali pericolosi che si presentano a seguito di un guasto a terra, con il software è stata determinata la tensione di contatto  $U_t$  con l'obiettivo di verificare che:

$$U_t < U_{tp}$$

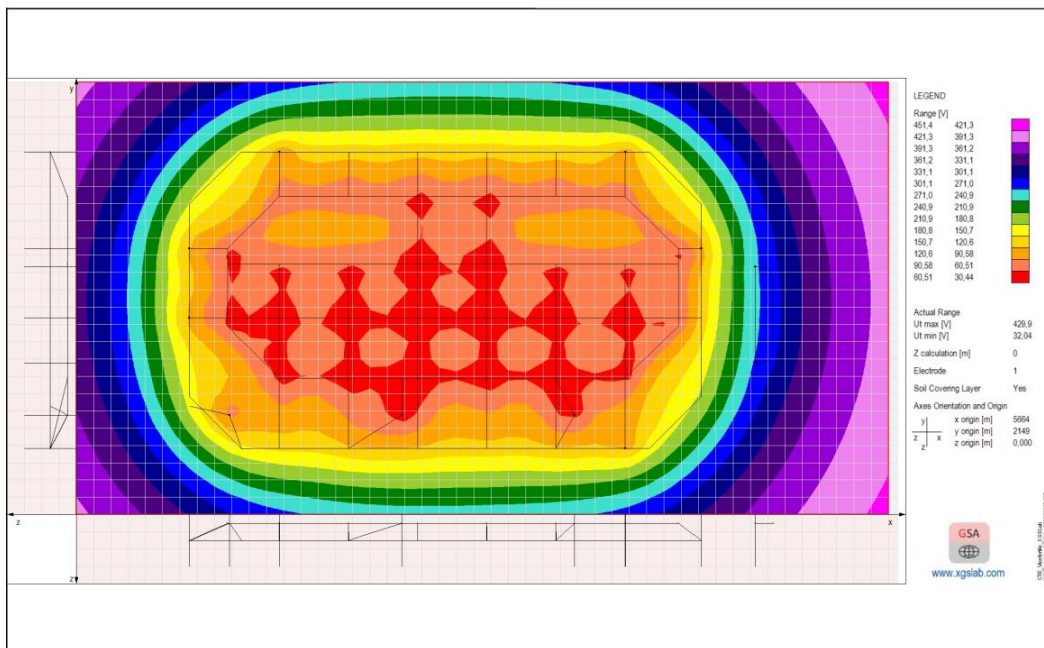
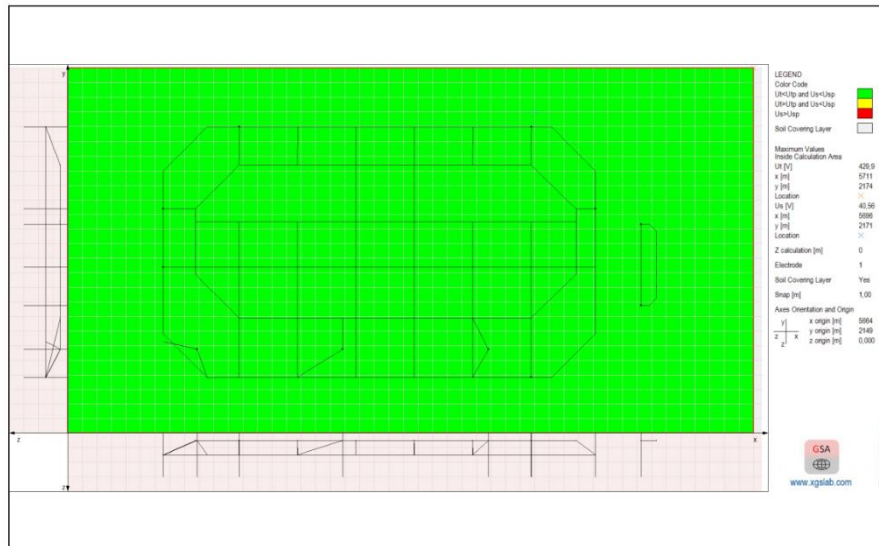
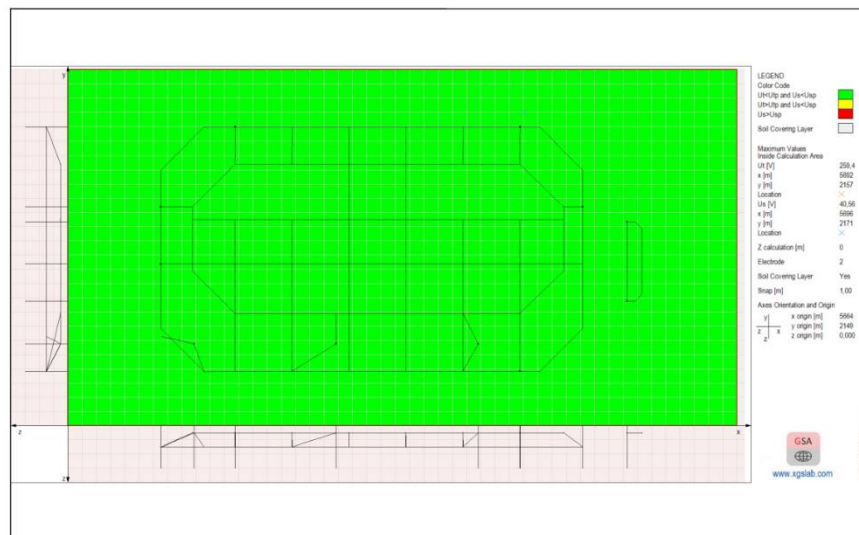


Figura 7 – Tensione di Contatto  $U_t$  calcolata considerando lo strato superficiale di asfalto (SCL)



**Figura 8 – Zona sicura (dove  $U_t < U_{tp}$  ed  $U_s < U_{sp}$ ) interna al piazzale, calcolata considerando lo strato superficiale di asfalto (SCL)**



**Figura 9 – Zona sicura (dove  $U_t < U_{tp}$  ed  $U_s < U_{sp}$ ), esterna al piazzale, calcolata considerando lo strato superficiale di asfalto (SCL)**

Come mostrato dalla figura, la tensione di contatto  $U_t$  determinata con il software considerando lo strato superficiale di asfalto, è sempre inferiore alla tensione ammissibile  $U_{tp}$  prescritta dalla norma EN 50522. Pertanto, nelle ipotesi considerate, è possibile affermare che il dimensionamento e la geometria della maglia di terra soddisfano le prescrizioni normative.

### 6.3 – DIMENSIONAMENTO CON RIFERIMENTO AL COMPORTAMENTO TERMICO

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<sup>2</sup>]

$I = I_F \cdot k_M$  – 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  $k = 226$

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

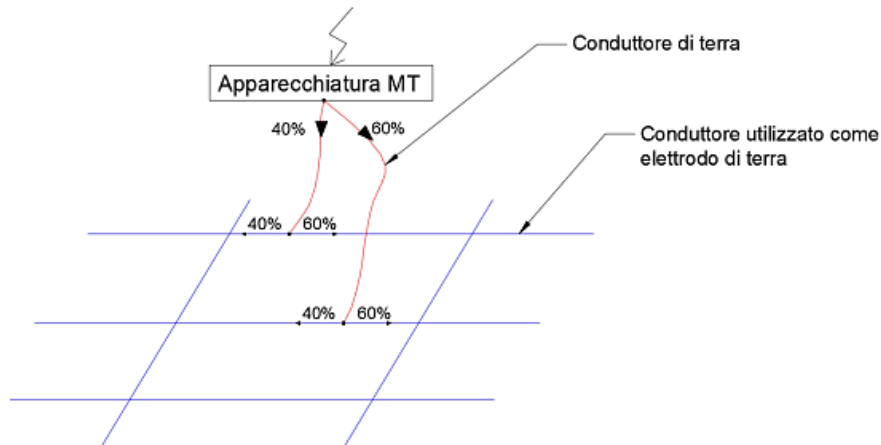
$\theta_i$  = temperatura iniziale del conduttore [°C]

$\theta_f$  = temperatura finale del conduttore [°C]

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

$$\theta_i = 20^\circ\text{C} \text{ e } \theta_f = 300^\circ\text{C}$$

Ciascuna struttura metallica di sostegno delle apparecchiature 3kV sarà connessa al sistema di messa a terra attraverso due conduttori da 115mm<sup>2</sup> connessi in due punti differenti dell'impianto. Con questa configurazione è possibile affermare che la corrente di guasto si dividerà nei diversi conduttori.


**Figura 10 – Fattore di divisione  $k_M$** 

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

Nella tabella seguente è mostrato che le sezioni adottate sono adeguate alle sezioni minime calcolate con le formule prescritte dalla norma nella condizione più gravosa considerando le correnti ed i tempi di eliminazione del guasto indicate nei capitoli precedenti.

Corrente di guasto sistema 3kVcc:

Conduttore di Terra									
IF [A]	kM	I [A]	k	tf [sec]	b	$\theta_f$	$\theta_i$	Sezione trasversale minima - A [mm <sup>2</sup> ]	Sezione trasversale utilizzata - A [mm <sup>2</sup> ]
900	0,6	540	226	0,1	234,5	300	20	0,9	115
Conduttore di terra utilizzato come elettrodo di terra (Maglia di terra)									
IF [A]	kM	I [A]	k	tf [sec]	b	$\theta_f$	$\theta_i$	Sezione trasversale minima - A [mm <sup>2</sup> ]	Sezione trasversale utilizzata - A [mm <sup>2</sup> ]
540	0,6	324	226	0,1	234,5	300	20	0,5	120

**Tab. 2 – Dimensionamento termico - Calcolo della Sezione minima**

## 7. CONCLUSIONI

Il dimensionamento dell'impianto di terra, condotto sulla base dei criteri fondamentali (resistenza meccanica e alla corrosione, tenuta termica, sicurezza delle persone) indicati dalle normative di riferimento determina valori di tensioni di contatto conformi ai limiti normativi.

È bene notare che, il DPR n° 462 del 22/10/2001 prescrive, che la messa in esercizio degli impianti elettrici di messa a terra non può essere effettuata prima della verifica eseguita dall'installatore che deve rilasciare la dichiarazione di conformità. Tale dichiarazione equivale a tutti gli effetti ad omologazione dell'impianto.

Pertanto, la verifica finale e le prove ad impianto costruito da effettuare in sito secondo gli allegati H, L ed M della norma EN 50522, sono necessarie e fondamentali.

Per quanto concerne le verifiche periodiche, lo stesso DPR prescrive quanto segue:

*“il datore di lavoro è tenuto ad effettuare regolare manutenzione dell'impianto, nonché a far sottoporre lo stesso a verifica periodica ogni 5 anni, ad esclusione di quelli installati nei cantieri, in locali adibiti ad uso medico e negli ambienti a maggior rischio in caso di incendio per i quali la periodicità è biennale.”*

Pertanto, l'impianto di terra di dovrà essere verificato a scadenze non superiori di 5 anni analizzando l'efficienza dell'impianto di terra mediante le seguenti prove periodiche previste dalla TE13:

- Misura della resistenza della maglia di terra;
- Verifica dell'integrità dei conduttori di protezione e dei conduttori di terra;
- Misura delle tensioni di passo e delle tensioni di contatto.