



**LA SPEZIA  
CONTAINER TERMINAL**



Autorità di Sistema Portuale  
del Mar Ligure Orientale  
Porti di La Spezia e  
Marina di Carrara



PORTO DI LA SPEZIA  
AMPLIAMENTO TERMINAL RAVANO

## PROGETTO ESECUTIVO

TITOLO ELABORATO

### DIMENSIONAMENTO RETE DI TERRA

CODICE ELABORATO

21 08 PE R512 01

Rev.	Data	Causale
0	05/05/2023	Emissione finale per verificatore
1	08/01/2024	Aggiornamento elaborato
2		
3		

IL COMMITTENTE



LSCT S.p.a.  
Viale San Bartolomeo, 20  
19126 - La Spezia (SP)  
C.F.00072960115 - P.IVA 00859620114

IL PROGETTISTA



Modimar Project S.r.l.  
Via Asmara, 72 - 00199 Roma (RM)  
P. IVA 16016151009



GES - Geotechnical Engineering Service S.r.l.  
Via Sandro Totti, 7/A - 60131 Ancona (AN)  
P. IVA 02528430420



GeoEquipe - Studio Tecnico Associato  
Via Sandro Pertini, 55 - 62029 Tolentino (MC)  
P. IVA 00817500432

Dimensioni foglio:

**A4**

Redatto:

e-Engineering

Controllato:

Sanzone

Approvato:

Tartaglino

Note:



## **DIMENSIONAMENTO RETE DI TERRA**



## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>SCOPO</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>NORME E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>DOCUMENTI DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>3</b>
<b>2.2</b>	<b>NORME DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>DESCRIZIONE DEL SISTEMA ELETTRICO</b> .....	<b>4</b>
<b>3.1</b>	<b>SISTEMA DI DISTRIBUZIONE PRIMARIA</b> .....	<b>4</b>
<b>3.2</b>	<b>SISTEMA DI DISTRIBUZIONE SECONDARIA</b> .....	<b>4</b>
<b>3.3</b>	<b>SISTEMA IN CORRENTE CONTINUA</b> .....	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>CARATTERISTICHE DEL TERRENO</b> .....	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>REQUISITI DI SICUREZZA</b> .....	<b>5</b>
<b>6</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI DI TERRA</b> .....	<b>5</b>
<b>6.1</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DEL DISPERSORE DI TERRA RISPETTO A ALLA CORROSIONE E ALLE SOLLECITAZIONI MECCANICHE</b> .....	<b>5</b>
<b>6.2</b>	<b>DIMENSIONAMENTO TERMICO DEL DISPERSORE DI TERRA AL C.TO C.TO</b> .....	<b>5</b>
<b>7</b>	<b>DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI TERRA</b> .....	<b>6</b>
<b>7.1</b>	<b>DISPERSORE DI TERRA</b> .....	<b>6</b>
<b>8</b>	<b>VERIFICA DI ADEGUATEZZA IMPIANTO DI TERRA (TENSIONI DI CONTATTO E DI PASSO)</b> .....	<b>7</b>
<b>8.1</b>	<b>SISTEMA DI MEDIA TENSIONE (MT)</b> .....	<b>7</b>
<b>8.2</b>	<b>SISTEMA DI BASSA TENSIONE (BT)</b> .....	<b>8</b>



## 1 SCOPO

La presente relazione è riferita al sistema di terra primario del nuovo terminale marino “Ravano” del porto di La Spezia.

I seguenti aspetti vengono analizzati:

- calcolo dimensionale dei conduttori di terra primaria;
- verifica delle tensioni di passo e di contatto;

finalizzati alla verifica di idoneità dei conduttori della terra primaria dell’impianto a sopportare le correnti di guasto che si verificano nei sistemi elettrici di MT e di BT e alla verifica di assenza di rischio per le persone in presenza di guasti verso terra all’interno delle aree di impianto.

Costituiscono oggetto del dimensionamento:

- la cabina elettrica d’impianto denominata LSCT-Ravano;
- le sottocabine di piazzale;

e i relativi sistemi elettrici di distribuzione a 15kV e a 400V;

Al fine di evitare possibili trasferimenti di potenziali elettrici da altri sistemi adiacenti, il sistema di terra del nuovo terminale LSCT Ravano dovrà essere connesso con i sistemi di terra primaria dell’intera area portuale.

## 2 NORME E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- 21\_08\_PE\_R501 – Criteri generali di progettazione del sistema elettrico;
- 21\_08\_PE\_TP02 – Schema elettrico unifilare generale.
- 21\_08\_PE TP21 – Planimetria impianto di terra primaria
- 21\_08\_PE TP22 – Sezioni tipiche impianto di terra primaria

### 2.2 NORME DI RIFERIMENTO

La corretta esecuzione dell’impianto di terra è eseguita con riferimento alla vigente normativa di riferimento:

CEI EN-50522	Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in corrente alternata.
--------------	---



CEI 61936-1	Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata.
CEI 64-8	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua.

Le caratteristiche del sistema di terra e la sua rispondenza ai requisiti di sicurezza delle suddette norme CEI devono essere verificate a valle della sua realizzazione mediante misure in sito. Il progetto detta i principi dimensionali e topologici del sistema di terra, ma non esime dalla realizzazione delle prove ai sensi del DPR 462/01.

### 3 DESCRIZIONE DEL SISTEMA ELETTRICO

#### 3.1 SISTEMA DI DISTRIBUZIONE PRIMARIA

- tensione nominale di esercizio: 15000V;
- tipo di distribuzione: 3 fasi;
- frequenza: 50Hz;
- sistema di messa a terra: IT;
- stato del neutro: connesso a terra tramite resistore da 100 A (come esistente);
- corrente di cortocircuito monofase: 100 A x 5 sec.

#### 3.2 SISTEMA DI DISTRIBUZIONE SECONDARIA

- tensione nominale di esercizio: 400/230V;
- tipo di distribuzione: 3 fasi + N;
- frequenza: 50Hz;
- sistema di messa a terra: TN-S;
- stato del neutro: connesso a terra francamente;
- corrente di cortocircuito monofase: 28kA (presunta da 21\_08\_PE\_R505).

#### 3.3 SISTEMA IN CORRENTE CONTINUA

- tensione nominale di esercizio: 110 V;
- tipo di distribuzione: P - N;



- sistema di messa a terra: IT.

#### **4 CARATTERISTICHE DEL TERRENO**

La resistività del sottosuolo sarà assunta conservativamente pari a 300  $\Omega\text{m}$ , considerando la posa del dispersore a una profondità di 600 mm sotto il livello del terreno in agglomerato cementizio (calcestruzzo 150  $\Omega\text{m}$ ), assumendo un fattore di disomogeneità del terreno del 50%.

#### **5 REQUISITI DI SICUREZZA**

La funzione del sistema di terra dal punto di vista della sicurezza delle persone è quella di garantire che le tensioni di passo e di contatto siano inferiori ai limiti considerati come pericoloso. I limiti sono basati sul tempo di intervento delle protezioni.

Considerando cautelativamente un tempo di intervento del guasto non superiore a 1 sec, la curva delle tensioni di contatto ammissibili (CEI EN 50522) indica un limite di poco superiore a 100V.

#### **6 DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI DI TERRA**

##### **6.1 DIMENSIONAMENTO DEL DISPERSORE DI TERRA RISPETTO A ALLA CORROSIONE E ALLE SOLLECITAZIONI MECCANICHE**

In accordo alla norma CEI EN-50522 la sezione minima dei conduttori del dispersore di terra in rame con riferimento alla resistenza meccanica e alla corrosione è:

$$25 \text{ mm}^2$$

##### **6.2 DIMENSIONAMENTO TERMICO DEL DISPERSORE DI TERRA AL C.TO C.TO**

Il sistema di terra del nuovo terminale Ravano sarà globale, comune ai sistemi di media e alla bassa tensione. Il dimensionamento termico sotto guasto del dispersore di terra va fatto considerando la tenuta termica del conduttore alla massima corrente di guasto verso terra del sistema elettrico (CEI EN 61936-1) che si verifica in Bassa Tensione (TN-S). I sistemi MT (15kV) e Corrente Continua (110V) danno contributo trascurabile alle correnti di guasto a

terra essendo il primo un sistema IT compensato con resistore da 100A e il secondo isolato da terra (IT).

Si assume, conservativamente, che l'intera corrente di guasto si richiuda attraverso il conduttore di PE con contributo del solo dispersore orizzontale di terra, trascurando il contributo del terreno e dei dispersori verticali.

Partendo dal dato di corrente di guasto di § 3.2 si assume una ripartizione 70% - 30% tra conduttore di PE e dispersore (orizzontale) di terra della corrente nel punto di guasto (CEI EN-50522), si calcola la sezione minima dei conduttori del dispersore di terra con la formula dell'annesso D della stessa norma basata su riscaldamento adiabatico dei conduttori, come di seguito:

$$S_{min} \geq \frac{I}{K} \sqrt{\frac{t}{\ln \frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta}}} = 38.6 \text{ mm}^2$$

con:

$I = 0.3 \cdot 28000 \text{ A}$	(massima corrente di guasto del dispersore);
$K = 226$	(costante del rame);
$t = 0.8 \text{ sec}$	(tempo di intervento della protezione - conservativo);
$\theta_f = 300^\circ\text{C}$	(temperatura finale);
$\theta_i = 20^\circ\text{C}$	(temperatura iniziale);
$\beta = 234,5^\circ\text{C}$	(reciproco del coeff. di temperatura di resistenza del rame).

Sarà:

$$S = 50 \text{ mm}^2$$

## 7 DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI TERRA

### 7.1 DISPERSORE DI TERRA

Il dispersore di terra dell'impianto sarà realizzato con anello chiuso che comprenda l'intera area degli impianti all'interno del quale è ricavata una rete costituita da conduttori in corda di rame nuda stagnata da  $95\text{mm}^2$  interrata a una profondità di 600 mm, posati ad anello attorno alle masse elettriche d'impianto alla distanza di circa 1m, tra di loro interconnessi. Le giunzioni saranno realizzate con connettori a compressione tipo "crimpit" isolati.



Il dispersore sarà collegato alle barrette collettrici fuori terra con due corde di rame isolata da 95 mm<sup>2</sup> protetta da tubo in PVC. Le barre collettrici saranno costituite da piastre forate in acciaio inossidabile.

La rete di terra dell'intero impianto dovrà essere connessa in più punti con la rete di terra esistente dell'area portuale.

Il dispersore orizzontale sarà integrato con altri dispersori verticali a picchetto, in acciaio zincato da 2" e 2.4 metri di lunghezza, interrati in appositi pozzetti ispezionabili distribuiti in più punti dell'area del terminale per favorire il drenaggio in profondità delle correnti.

Il progetto prevede che alla maglia di terra siano collegate (per l'equipotenzialità) tutte le masse metalliche delle apparecchiature elettriche, le strutture metalliche e tutte le altre masse estranee dell'impianto.

## **8 VERIFICA DI ADEGUATEZZA IMPIANTO DI TERRA (TENSIONI DI CONTATTO E DI PASSO)**

### **8.1 SISTEMA DI MEDIA TENSIONE (MT)**

Il sistema di terra risulta costituito da una maglia di conduttori in rame interrati alla profondità di 600 mm circa che copre l'intera area dell'impianto da interconnettere in più punti con la rete di terra esistente dell'intera area portuale.

Solo ai fini del seguente calcolo la rete di impianto sarà considerata isolata per verificare l'adeguatezza dei livelli di sicurezza per guasti interni.

Trascurando conservativamente il contributo dei dispersori verticali, la resistenza di terra di un sistema può essere calcolata in prima approssimazione con l'equazione:

$$R_E = \frac{\rho}{4} \cdot \sqrt{\frac{\pi}{A}} = 0.37 \Omega$$

dove:

- $\rho = 300 \Omega \cdot m$  è la resistività del terreno (agglomerato cementizio);
- $A = 130000 \text{ m}^2$  (circa) è la superficie dell'area protetta.

Considerata la corrente di guasto a terra di 100A si ottiene una tensione totale di terra:

$$U_{Tp} = R_E \cdot I_G = 37 \text{ V}$$





Si conclude che il sistema è sicuro contro gli effetti delle correnti di guasto verso terra del sistema MT.

## **8.2 SISTEMA DI BASSA TENSIONE (BT)**

La resistenza di terra non gioca alcun ruolo nella determinazione delle condizioni di pericolo da tensioni di contatto e di passo per guasti verso terra del sistema BT. Le correnti si richiudono sui conduttori di PE (TN-S) senza interessare la rete di terra primaria.

Inoltre, tutti i circuiti BT saranno protetti con dispositivi differenziali che escludono la necessità di verifica dei loops di guasto.