

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. TECNOLOGIE CENTRO

PROGETTO DEFINITIVO

VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA – PESCARA

RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA – CHIETI

LOTTO 2 - TRATTA PM SAN GIOVANNI TEATINO - CHIETI

FABBRICATO TECNOLOGICO E LOCALE DI CONSEGNA STAZIONE DI CHIETI

Relazione di calcolo impianti di terra

SCALA:

-

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

IA4S 02 D 18 CL LF0200 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Aut. Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	J. Rodriguez 	15.06.2019	M. Castellani 	15.06.2019	T. Paoletti 	15.06.2019	G. Saffarini Ing. G. Saffarini Ufficio Tecnico Dipartimento Centro Roma m. 7812

File: IA4S02D18CLLF0200001A.doc

n. Elab.: 22-81

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>4</b>
2.1	ELABORATI DI PROGETTO .....	4
2.2	RIFERIMENTI NORMATIVI .....	4
<b>3</b>	<b>IMPIANTI DI TERRA .....</b>	<b>7</b>
3.1	SIMBOLOGIA E TERMINOLOGIA ADOTTATE .....	7
3.2	DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA.....	8
3.3	CONFIGURAZIONE DEL SISTEMA DISPERDENTE .....	10
3.3.1	<i>Anello Perimetrale Fabbricato .....</i>	<i>11</i>
3.3.1	<i>Verifica delle tensioni di passo e di contatto.....</i>	<i>13</i>

## 1 INTRODUZIONE

Nell'ambito del progetto relativo al raddoppio ferroviario della tratta Pescara Porta Nuova – Chieti sono previsti i seguenti interventi per la parte relativa agli impianti Luce e Forza Motrice:

- Fermata Pescara San Marco
- Parcheggio superficiale Fermata Pescara San Marco
- Fermata Pescara Aeroporto
- Parcheggio superficiale Fermata Pescara Aeroporto
- P.M. San Giovanni Teatino
- Parcheggio superficiale P.M. San Giovanni Teatino
- Fermata Madonna delle Piane
- Parcheggio superficiale Fermata Madonna delle Piane
- Stazione di Chieti

Il presente documento descrive in dettaglio le scelte tecniche, i criteri e le soluzioni adottate nella progettazione dell'impianto di terra a servizio del fabbricato tecnologico e del locale consegna della stazione di Chieti.

## 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:

<b>LF05 FABBRICATO TECNOLOGICO E LOCALE DI CONSEGNA STAZIONE DI CHIETI</b>																				
Planimetrie fabbricati con percorsi dei cavidotti e particolari costruttivi	I	A	4	S	0	2	D	1	8	P	Z	L	F	0	2	0	0	0	0	1
Planimetria con disposizione delle apparecchiature LFM e particolari costruttivi	I	A	4	S	0	2	D	1	8	P	Z	L	F	0	2	0	0	0	0	2
Planimetria generale dell'impianto di terra	I	A	4	S	0	2	D	1	8	P	B	L	F	0	2	0	0	0	0	1
Planimetria illuminazione piazzale – percorsi delle canalizzazioni principali	I	A	4	S	0	2	D	1	8	P	8	L	F	0	2	0	0	0	0	1
Planimetria illuminazione punte scambi e RED con disposizione delle apparecchiature LFM	I	A	4	S	0	2	D	1	8	P	8	L	F	0	2	0	0	0	0	2
Schemi elettrici unifilari e fronti quadri BT	I	A	4	S	0	2	D	1	8	D	X	L	F	0	2	0	0	0	0	1
Schemi elettrici unifilari e fronti quadri MT	I	A	4	S	0	2	D	1	8	D	X	L	F	0	2	0	0	0	0	2
Relazione di calcolo impianti di terra	I	A	4	S	0	2	D	1	8	C	L	L	F	0	2	0	0	0	0	1
Studio illuminotecnico	I	A	4	S	0	2	D	1	8	C	L	L	F	0	2	0	0	0	0	2

### 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.M. 22 gennaio 2008, n. 37, "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";

- D.Lgs. 9 aprile 2008, n. 81, "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro";
- D.Lgs. 3 agosto 2009, n. 106, "Disposizioni integrative e correttive del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro";
- Regolamento Europeo 305/2011 "Regolamento dei prodotti da costruzione";
- Decreto legislativo 16 giugno 2017 n.106 "Adeguamento della normativa nazionale alle disposizioni del regolamento (UE) n. 305/2011, che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE".

#### **Normative Tecniche:**

- CEI 0-2 "Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici";
- CEI 0-16 "Condizioni tecniche per la connessione alle reti di distribuzione dell'energia elettrica a tensione nominale superiore ad 1 kV";
- CEI EN 60529 (CEI 70-1) - Gradi di protezione degli involucri (Codice IP);
- Norma CEI EN 50122-1:2011 "Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - Impianti fissi – Sicurezza elettrica, messa a terra e circuito di ritorno. Parte 1: Provvedimenti di protezione contro lo shock elettrico";
- Norma CEI EN 50122-2 ed. 2012 "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 99-3 (EN50522) "Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a."
- CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica, linee in cavo"
- CEI 11-25 "Calcolo di correnti di cortocircuito nelle reti trifasi a corrente alternata"
- CEI 11-1 "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata"
- CEI 17-5 "Apparecchiature a bassa tensione: Interruttori automatici"
- CEI 20-20 "Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale fino a 450/750V"
- CEI 20-22 "Prova d'incendio sui cavi elettrici"
- CEI 20-35 "Prove sui cavi elettrici sottoposti al fuoco"
- CEI 20-36 "Prova di resistenza al fuoco di cavi elettrici"
- CEI 34-21 "Apparecchi d'illuminazione: prescrizioni generali e prove"

- CEI 34-22 “Apparecchi di illuminazione - Parte II: Prescrizioni particolari. Apparecchi di emergenza”
- CEI 64-8 “Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale 1000Vca e a 1500Vcc”
- Nota tecnica RFI.DTC.DNS\A0011\P\2007\715 “Disposizioni integrative per la protezione contro le sovratensioni di apparati e impianti”
- Nota tecnica RFI-DMA\A0011\P\2007\3553. “Sistemi integrati di alimentazione e protezione”
- Linea Guida RFI DMA IM LA LG IFS 300 A “Quadri elettrici di M.T. di tipo modulare prefabbricato”
- Linea Guida RFI DMA IM LA LG IFS 500 A “Sistemi di governo per impianti di trasformazione e di distribuzione energia elettrica”
- ES 728 “Provvedimenti di protezione concernenti la sicurezza elettrica e la messa a terra negli impianti di categoria 0 (zero) ed I (prima) su linee di trazione elettrica a corrente continua a 3000 V e linee ferroviarie non elettrificate”
- IS 732 rev. D “Sistema integrato di alimentazione e protezione per impianti di sicurezza e segnalamento”
- Nota tecnica RFI/TC.SS/009/523 “Protezione contro le sovratensioni dell’alimentazione degli impianti di sicurezza e segnalamento”
- Nota tecnica RFI /TC.SS.TB /009/318 “Protezione contro le sovratensioni dei sistemi di controllo e di distanziamento dei treni;
- CEI 64-8 V4 ed. 31/05/2017 “Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua”;
- Specifica Tecnica di fornitura di trasformatori LF666.

### 3 IMPIANTI DI TERRA

In tutte le aree di competenza sarà previsto un impianto di terra secondo quanto previsto dalle norme CEI e dalla Specifica Tecnica IS728 ed.1999, ed in particolare sarà realizzato un anello intorno al fabbricato, costituito da corda di rame da 120 mm<sup>2</sup> nuda direttamente interrata, integrato da dispersori verticali in acciaio ramato, ubicati in appositi pozzetti ispezionabili. L'impianto di terra sarà attestato ai collettori di terra interni al fabbricato, al quale si attesteranno i conduttori di protezione delle varie linee di alimentazione.

Inoltre, saranno eseguiti i collegamenti equipotenziali delle tubazioni metalliche e delle masse estranee.

Gli aspetti tecnici inerenti la progettazione, la realizzazione e le verifiche degli impianti di terra sono stati sviluppati mediante studi teorici ed applicati che sono stati recepiti nelle normative tecniche, normative che sono state aggiornate ed integrate in relazione agli sviluppi delle conoscenze tecniche;

- CEI 99-2 "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata;
- CEI 99-3 "Messa a terra degli impianti elettrici a 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 1500 in corrente continua" Parte4: Prescrizioni per la sicurezza;

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 Simbologia e Terminologia Adottate

Di seguito si riportano i simboli ed i termini più frequentemente usati nel presente capitolo:

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.	-

GRANDEZZA	DEFINIZIONE	SIMBOLO
Resistività del terreno	Resistenza elettrica specifica del terreno	$\rho_E$
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	Parte della tensione totale di terra a cui può essere sottoposta una persona assumendo che la corrente fluisca attraverso il corpo umano da una mano ai piedi	$U_T$
Tensione di passo	Parte della tensione totale di terra a cui può essere sottoposta una persona con un passo di ampiezza 1m, assumendo che la corrente fluisca attraverso il corpo umano da piede a piede	$U_S$
Corrente di guasto a terra	Corrente che fluisce dal circuito principale verso terra o verso parti collegate a terra, nel punto di guasto (a terra)	$I_F$
Corrente di terra	Corrente che fluisce a terra tramite la resistenza di terra e determina quindi la tensione Tensione totale di terra $U_E$	$I_E$

### 3.2 Dimensionamento dell'Impianto di Terra

Nei sistemi di 2° e 3° categoria il progetto dell'impianto di terra deve soddisfare le seguenti esigenze:

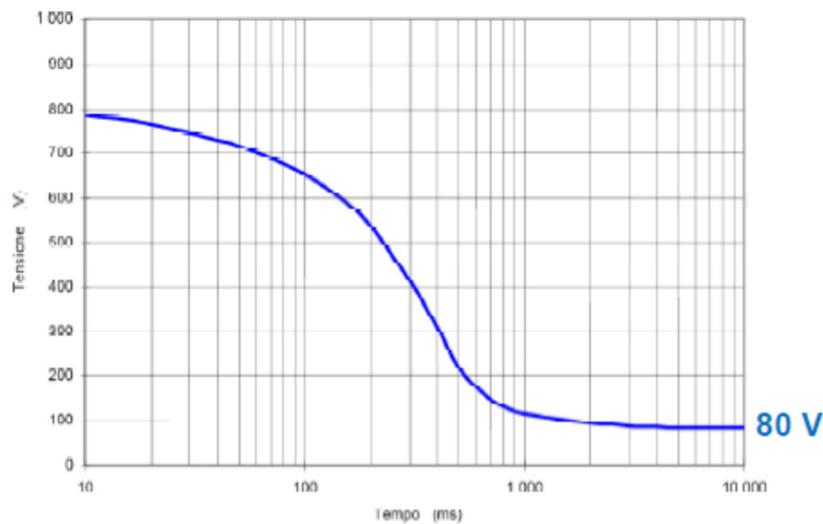
- Garantire la sicurezza delle persone contro le tensioni di contatto e le tensioni di passo che si manifestano a causa delle correnti di guasto a terra.
- Presentare una sufficiente resistenza meccanica.
- Presentare una sufficiente resistenza nei confronti della corrosione.
- Essere in grado di sopportare 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 italiana di distribuzione MT è configurata con neutro isolato, ciò limita i valori delle correnti di guasto a terra a poche centinaia 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 99-3.



**Figura 1 - Curva tensione – tempo**

Durata del guasto a terra tF	Tensione di contatto ammissibile UTp
0,05	716
0,10	654
0,20	537
0,50	220
1,00	117
2,00	96
5,00	86
10,00	85

**Tabella dei valori limite**

La procedura per il dimensionamento inizia con l'acquisizione presso il gestore della rete dei dati relativi al punto di allaccio alla rete elettrica di distribuzione. I dati utilizzati per il dimensionamento sono:

- $I_F$ : corrente di guasto omopolare a terra 50 [A]
- $T_F$ : tempo massimo di intervento delle protezioni contro i guasti a terra  $\gg 10$  [s]

In relazione al tempo massimo di intervento delle protezioni si ricavano le tensione di contatto ammissibile  $U_{TP}$  (dalla curva di sicurezza tensione-tempo):

$$U_{TP-TERR} = 85 V$$

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

$$U_E = R_E * I_F$$

Imponendo che sia verificata la seguente disuguaglianza, si ricava il valore della resistenza di terra che si deve conseguire in modo da garantire la limitazione della tensione di contatto  $U_{TP}$ :

$$U_E = R_E * I_F \leq U_{TP}$$

$$R_E \leq \frac{U_{TP}}{I_F}$$

Si ottiene quindi, essendo rispettivamente:

$$I_F = 50; \quad U_{TP} = 85; \quad \rightarrow R_E \leq 1,7 \Omega$$

Questa condizione rappresenta una condizione sufficiente ma non necessaria.

### 3.3 Configurazione del Sistema Disperdente

Occorre stabilire in relazione alle caratteristiche del terreno, e alla pianta del fabbricato, quali siano i dispersori ed i tipi di posa che permettano di ottenere la limitazione delle tensioni di passo e contatto e dei potenziali trasferiti.

La resistività del terreno rappresenta il parametro di maggior aleatorietà nella trattazione esposta. Essa infatti oltre a dipendere dalla natura del terreno come riportato nella seguente

tabella, è anche fortemente legata alle fluttuazioni dei parametri ambientali, soprattutto umidità:

Tipo di terreno	Resistività del terreno $\rho_E$
Terreno paludoso	Da 5 a 40
Terriccio, argilla, humus	Da 20 a 200
Sabbia	Da 200 a 2500
Ghiaretto	Da 2000 a 3000
Pietrisco	Generalmente inferiore a 2000
Arenaria	Da 2000 a 3000
Granito	Da 15000 a 30000
Asfalto bituminoso	Da 20000 a 30000

Per caratterizzare il sito dal punto di vista della resistività potrebbe risultare opportuna una campagna di misure con il metodo di Wenner.

Tuttavia si può pensare di fissare il valore della resistività a:

$$\rho_E = 100 \Omega m$$

Qualora le condizioni del terreno risultassero avverse questo valore può essere facilmente ottenuto asportando il terreno intorno al dispersore e sostituendolo con terreno vegetale ad elevata conducibilità.

Dal momento che “la maggior parte” della resistenza di terra è concentrata nei pressi del dispersore la quantità di terreno da sostituire non è eccessiva.

### 3.3.1 Anello Perimetrale Fabbricato

Si è scelta per la realizzazione dell'impianto disperdente, in relazione alle esigenze funzionali ed alla pianta del fabbricato, una tipologia di impianto costituita:

- Dispersore a maglia in corda di rame ricotto da 120 mm<sup>2</sup> di sezione, interrato ad una profondità di circa 100 cm lungo tutto il perimetro del fabbricato. Le dimensioni dell'anello di terra sono 161 m di perimetro che racchiudono un'area di circa 864 m<sup>2</sup>;

- Sistema di n° 14 dispersori puntuali rappresentati da picchetti di acciaio componibili di lunghezza almeno pari a 3 m, dotati di pozzetti per ispezione e morsetto di collegamento, infissi nel terreno e connessi al dispersore perimetrale.

Profondità di infissione del picchetto:  $L_p = 3 \text{ m}$

Diametro del picchetto:  $D_p = 0,02 \text{ m}$

Il calcolo rigoroso della resistenza di terra per un impianto così configurato richiede un approccio analitico molto complesso, in quanto i dispersori non si possono considerare indipendenti tra loro ma si influenzano reciprocamente.

Tuttavia, in prima approssimazione, la resistenza totale può essere calcolata come risultante delle resistenze in parallelo dell'anello perimetrale e dei picchetti.

Calcolo della resistenza dell'anello perimetrale

$$R_{anelloT} = \frac{\rho_E}{\pi^2 D} \ln \frac{2\pi D}{d}$$

Dove:

L = lunghezza piattina in m

$$D = \frac{L}{\pi} = 51,25 \text{ m (diametro equivalente del dispersore ad anello)}$$

d = diametro del dispersore realizzato con conduttori in corda (0,014 m)

Sostituendo i valori numerici si ottiene:

$$R_{anelloT} = 1,99 \Omega$$

Calcolo della resistenza di un singolo picchetto

Resistenza di un singolo picchetto:

$$R_p = \frac{\rho_E}{2\pi L_p} \ln \frac{4L_p}{D_p} = 33,94 \Omega$$

Considerando i picchetti in parallelo tra loro e trascurando la presenza della corda, si ha:

$$R_{ptot//} = R_p/14 = 2,42 \Omega$$

La resistenza totale (picchetti e corda di rame) del dispersore sarà pari a:

$$R_E = \frac{R_{pTOT} * R_{anelloT}}{R_{pTOT} + R_{anelloT}} = 1,09 \Omega \leq 1,6 \Omega$$

Si prescrive di eseguire le misure della resistenza di terra ad ultimazione dei lavori, al fine di verificare i valori qui calcolati in approssimazione e eventualmente adottare azioni correttive.

**3.3.1 Verifica delle tensioni di passo e di contatto**

Il dispersore così dimensionato dovrà essere tale da impedire che, con la corrente di guasto a terra di cui al paragrafo 3.2, si verifichino in qualsivoglia punto dell'impianto tensioni di contatto e di passo pari o superiori ai valori della seguente tabella:

Durata del guasto a terra tF	Tensione di contatto ammissibile UTp
0,05	716
0,10	654
0,20	537
0,50	220
1,00	117
2,00	96
5,00	86
10,00	85

Nel caso in esame (tempo di intervento delle protezioni pari a 10s) si ottiene che il valore di tensione da non superare è pari a:

$$U_{tp} = 80V$$

Poiché, specialmente nelle zone interne alla rete di terra, la tensione di contatto  $V_c$  assume valori sempre superiori a quelli della tensione di passo  $V_p$ , conviene riferirsi alla prima, il cui valore, per il dispersore impiegato, viene fornito dalla formula semiempirica:

$$V_c = 0,7 \frac{\rho_E * I_{tr}}{L_M}$$

Dove

$I_{tr}$  è l'aliquota della corrente di terra  $I_F$  dispersa dal solo dispersore a rete magliata

$L_M$  è la lunghezza totale della rete magliata pari a 161 m.

Poiché la rete ed il sistema dei paletti aggiuntivi si ripartiscono la corrente di terra in ragione inversa delle loro resistenze di terra, si ricava:

$$I_{tr} = I_F * \frac{R_{pTOT}}{R_{pTOT} + R_{anelloT}} = 50 * \frac{2,42}{2,42 + 1,99} = 27,44 A$$

$$I_{tp} = I_F * \frac{R_{anelloT}}{R_{pTOT} + R_{anelloT}} = 50 * \frac{1,99}{2,42 + 1,99} = 22,56 A$$

e, con gli altri valori precedentemente forniti, risulta:

$$V_c = 0,7 \frac{\rho_E * I_{tr}}{L_M} = 0,7 \frac{100 * 27,44}{161} = 11,93 V$$

Tale valore risulta inferiore a quello limite di 80V, pertanto l'impianto così configurato può considerarsi sufficiente alla protezione nei confronti di tensionamenti indebiti.

Nelle zone più periferiche del piazzale conviene valutare anche il valore che assume la tensione di passo  $V_p$ , poiché in corrispondenza del perimetro esterno la dispersione di corrente è più attiva e quindi aumentano i gradienti di potenziale.

Per le zone suddette viene impiegata la formula prudenziale:

$$V_p = 4 \frac{\rho_E * I_{tr}}{d^2}$$

che tiene conto dei fenomeni suddetti maggiorando il valore della  $V_p$  di oltre tre volte rispetto a quelli che la stessa tensione di passo assume all'interno della rete. Nella formula il termine "d" rappresenta la diagonale della superficie rettangolare occupata dalla rete di terra, che nel caso in oggetto viene assunta pari a circa 117 m.

Sostituendo i valori, si ha:

$$V_p = 4 \frac{100 * 27,44}{117^2} = 0,80 V$$

Tali valore risultano sensibilmente inferiori a quello massimo ammissibile di 80V esposto nella precedente tabella per  $t = 10s$ .

Si prescrive in ogni caso all'appaltatore di effettuare i calcoli dell'impianto di terra considerando il reale valore (misurato) di resistività del terreno.