

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

CONSORZIO:

HIRPINIA - ORSARA AV

SOCI:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



PROGETTO ESECUTIVO

ITINERARIO NAPOLI - BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA

SE00 – SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE

SE01 – SSE ARIANO

ELABORATI A CARATTERE GENERALE SSE ARIANO

RELAZIONE IMPIANTO DI TERRA

APPALTATORE	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE	PROGETTISTA
Consorzio HIRPINIA - ORSARA AV Il Direttore Tecnico Ing. P. M. Gianvecchio 08/06/2022	Il Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche Ing. G. Cassani	 Ing. M. De Leo

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

I	F	2	O	0	0	E	Z	Z	C	L	S	E	0	1	0	0	0	0	1	B	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	C 08.00 - Emissione 180gg	E. Pezza	08/02/2022	R. Stella	08/02/2022	M. Simeone	08/02/2022	Ing. M. Simeone
B	C 08.01 – A valle del contraddittorio	E. Pezza	08/06/2022	R. Stella	08/06/2022	M. Simeone	08/06/2022	
								08/06/2022

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI M-INGEGNERIA GCF ELETTRI-FER							<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF3A</td> <td>02</td> <td>E ZZ CL</td> <td>SE0100 001</td> <td>B</td> <td>2 di 19</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF3A	02	E ZZ CL	SE0100 001	B	2 di 19													

Indice

1.	PREMESSA E SCOPO	3
2.	RIFERIMENTI.....	4
2.1.	RIFERIMENTI NORMATIVI	4
2.2.	RIFERIMENTI AD ELABORATI DI PROGETTO	5
3.	CRITERI PROGETTUALI.....	6
4.	CONFIGURAZIONE DELL’IMPIANTO	8
4.1.	IMPIANTO DI TERRA DI PIAZZALE	8
4.2.	IMPIANTO DI TERRA DEL FABBRICATO.....	9
5.	DIMENSIONAMENTO.....	10
5.1.	CALCOLO DELLA RESISTENZA DI TERRA DEL DISPERSORE.....	10
5.2.	VERIFICA DELLE TENSIONI DI PASSO E DI CONTATTO PER GUASTI IN C.A.	11
5.2.1.	SCELTA DEI PARAMETRI PROGETTUALI	11
5.2.2.	VERIFICA DELLE TENSIONI DI PASSO E DI CONTATTO.....	12
5.3.	VERIFICA DELLE TENSIONI DI CONTATTO PER GUASTI IN C.C.	13
5.3.1.	SCELTA DEI PARAMETRI PROGETTUALI	13
5.3.2.	VERIFICA DELLE TENSIONI DI CONTATTO	14
5.4.	DIMENSIONAMENTO IN RELAZIONE ALLA CORROSIONE E ALLE SOLLECITAZIONI MECCANICHE	16
5.5.	DIMENSIONAMENTO CON RIFERIMENTO AL COMPORTAMENTO TERMICO.....	17
6.	CONCLUSIONI	19

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI M-INGEGNERIA GCF ELETTRI-FER	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE IMPIANTO DI TERRA	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO SE0100 001	REV. B	FOGLIO 4 di 19

2. RIFERIMENTI

La presente relazione di calcolo, nonché tutta la documentazione progettuale che verrà successivamente citata, è conforme alle prescrizioni tecniche contenute nelle Norme CEI e le norme tecniche di RFI.

Nei punti seguenti vengono citati i principali documenti tecnici cui nel prosieguo della relazione verrà fatto esplicito od implicito riferimento.

2.1. Riferimenti normativi

Per la esecuzione 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:

- **NT TE118:** Norme Tecniche per la costruzione delle condutture di contatto e di alimentazione a corrente continua a 3kV;
- **RFI DMA IM LA SP IFS 370 A:** Dispositivo di collegamento del negativo 3kVcc all'impianto di terra di SSE e cabine TE;
- **Norme CEI EN50119 (9.2):** Linee di Trazione Elettrica;
- **Norme CEI EN50122-1 (9.6):** Applicazioni ferroviarie – Installazioni fisse; Parte 1^a: Provvedimenti concernenti la sicurezza elettrica e la messa a terra;
- **Norme CEI EN 50522** Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.;
- **Norme CEI EN60865 -1 (11-26):** Correnti di corto circuito – Calcolo degli effetti; parte 1^a: Definizioni e metodi di calcolo;
- **Istruzione FS C.3/70:** Istruzione per il circuito di ritorno TE e per i circuiti di terra sulle linee elettrificate a 3kV;
- **D.M. 22-1-2008 n. 37:** Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11- quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici;
- **DL n°81 del 9.04.2008** concernente le procedure di attuazione per la sicurezza sul lavoro;

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

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI M-INGEGNERIA GCF ELETTRI-FER	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE IMPIANTO DI TERRA	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO SE0100 001	REV. B	FOGLIO 6 di 19

3. CRITERI PROGETTUALI

L'impianto di terra della nuova SSE di Ariano dovrà essere progettato secondo i riferimenti richiamati al punto precedente e soddisfare inoltre i seguenti requisiti:

- a) avere adeguata resistenza meccanica e resistenza alla corrosione;
- b) essere in grado di sopportare, dal un punto di vista termico, le più elevate correnti di guasto prevedibili;
- c) essere in grado di evitare danni a componenti elettrici ed a beni;
- d) 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.

In un impianto in cui sono presenti sistemi elettrici in Bassa ed Alta Tensione (secondo definizione CEI 50522 par. 3.1.3 e 3.1.4), le prescrizioni precedenti devono essere soddisfatte per ciascuno dei sistemi.

Non è necessario prendere in considerazione la contemporaneità di guasti in sistemi con tensioni diverse.

L'impianto di terra realizza la protezione dai contatti indiretti mediante il criterio di **“interruzione automatica dell'alimentazione”**, che è il solo metodo ammesso per gli impianti elettrici alimentati da sistemi in Alta Tensione.

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 e 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 in 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.*

Poiché poi all'interno del fabbricato esistono altri impianti elettrici utilizzatori, sia in MT che in bt, anche per essi occorrerà prevedere la messa a terra di sicurezza.

In relazione al fatto che il fabbricato e tutti gli impianti residenti cadono all'interno del piazzale di SSE e che pertanto non è possibile realizzare per essi impianti di terra elettricamente indipendenti dal precedente, l'impianto di messa a terra sarà **UNICO** e ad esso saranno collegate tutte le masse e le masse estranee delle apparecchiature presenti all'interno del fabbricato.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI M-INGEGNERIA GCF ELETTRI-FER	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE IMPIANTO DI TERRA	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO SE0100 001	REV. B	FOGLIO 8 di 19

4. CONFIGURAZIONE DELL'IMPIANTO

4.1. Impianto di terra di piazzale

Così come riportato sull'elaborato grafico:

- **IF3A02EZZP9SE0100003:** Piazzale SSE impianti / Impianto di terra;

l'impianto di terra di piazzale sarà costituito essenzialmente da un dispersore orizzontale a rete magliata realizzata in corda di rame nudo da 120mm², interrato a circa 60cm di profondità in corrispondenza delle zone interne di piazzale ed a circa 120cm di profondità in corrispondenza dell'anello perimetrale.

La sezione della corda di rame che costituisce il dispersore è ampiamente sovrabbondante rispetto a quella minima prescritta dalla normativa in relazione alle sollecitazioni termiche ed alla loro resistenza meccanica. Tuttavia essa viene normalmente impiegata negli impianti ferroviari, sia per la facile reperibilità del conduttore (corde portanti per TE) sia per tenere conto della eventualità che sui conduttori stessi si verificano migrazioni di materiale per effetto delle corrosioni elettrolitiche prodotte dalle correnti vaganti.

La dimensione delle singole maglie sarà mediamente di 5x5m, 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 nel presente calcolo.

L'impianto verrà integrato con dispersori verticali, costituiti da puntazze in acciaio ramato infisse nel terreno corredate di pozzetti ispezionabili e dai "dispersori di fatto" rappresentati dalle armature metalliche relative alle fondazioni sia del fabbricato sia delle apparecchiature di piazzale.

Le fondazioni delle strutture realizzate in cemento armato contribuiscono notevolmente alla dispersione delle correnti di guasto, a condizione di realizzare la continuità metallica tra le fondazioni ed il dispersore intenzionale. 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, la collocazione e le dimensioni dei dispersori verticali verranno verificati nell'ambito del presente documento, trascurando, a titolo precauzionale, il contributo dei dispersori di fatto.

Oltre a presentare i valori di resistenza di terra tali da contenere le tensioni pericolose, l'impianto di terra dovrà essere tale da contenere al proprio interno tutte le apparecchiature che possono diventare sede di tensioni pericolose a seguito di guasto a terra. Inoltre per evitare che possano instaurarsi tensioni pericolose al suolo a ridosso del confine dell'area di SSE l'elemento disperdente più periferico dovrà trovarsi "abbondantemente" all'interno dell'area di SSE.

Pertanto il conduttore perimetrale risulterà circa 3m più interno rispetto alla recinzione dell'area, e presenterà un andamento il più possibile morbido e regolare, poiché la presenza di vertici o antenne favorirebbe lo stabilirsi di zone ad intensa attività disperdente, con conseguenze indesiderabili sul gradiente di potenziale che si stabilisce nel terreno.

Per lo stesso motivo gli elementi dei cancelli metallici di accesso al piazzale non saranno collegati alla rete di terra di sottostazione, ma saranno dotati di un dispersore proprio. Tale accorgimento si rende necessario per evitare l'instaurarsi di tensioni pericolose tra le masse metalliche dei cancelli e le eventuali masse esterne all'area di piazzale.

In caso di guasto, la tensione di contatto (definita dalla norma CEI EN 50522 cap. 3.4.14, 3.4.15, 3.4.16) può assumere valori pericolosi nell'area di sottostazione e pertanto il progetto del dispersore verrà eseguito con particolare riferimento a questi valori.

Solo nelle zone periferiche, cioè in prossimità del conduttore perimetrale, le tensioni di passo possono assumere valori più elevati. Per fronteggiare questa evenienza, i conduttori perimetrali saranno interrati a profondità maggiore in modo da modificare il profilo del gradiente di potenziale.

La norma CEI 50522 non richiede la verifica della tensione di passo (art.4.3 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

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI M-INGEGNERIA GCF ELETTRI-FER	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE IMPIANTO DI TERRA	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO SE0100 001	REV. B	FOGLIO 10 di 19

5. DIMENSIONAMENTO

5.1. Calcolo della resistenza di terra del dispersore

Come mostrato dal citato elaborato:

- **IF3A02EZZP9SE0100003:** Piazzale SSE impianti / Impianto di terra;

Il dispersore di piazzale è costituito da una rete magliata di superficie pari a circa 3.115 m², con lato di magliatura mediamente pari a circa 5m.

Per la determinazione della resistenza di terra R_t del dispersore è essenziale conoscere il valore ρ_t della resistività del terreno. Poiché, alla data in cui viene compilata la presente relazione di progetto l'area che accoglierà la nuova SSE 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	

per quanto riguarda la resistività elettrica del terreno si assume un valore cautelativamente elevato ed identico sia per gli strati superficiali che per quelli profondi pari a 120 Ωm .

quindi definiremo per gli strati superficiali:

$$\rho_E = 120 \Omega m$$

per gli strati più profondi, destinati ad accogliere i dispersori verticali a picchetto:

$$\rho_P = 120 \Omega m$$

La resistenza R_r della rete magliata può essere calcolata con la formula (CEI 50522, allegato J2)

$$R_r = \frac{\rho_E}{2d}$$

dove d è il diametro del cerchio di area equivalente alla rete magliata, pari a circa 63m.

Sostituendo i valori numerici si ricava il seguente valore:

$$R_r = 0,95 \Omega$$

L'impianto a maglia sarà integrato da dispersori verticali costituiti da paletti di acciaio ramato di diametro pari a 20mm e lunghezza 7,5m, ciascuno dei quali presenta una resistenza di terra R'_p pari a:

$$R'_p = \frac{\rho}{2\pi L} \times \ln \frac{4 \cdot L}{d}$$

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI M-INGEGNERIA GCF ELETTRI-FER	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE IMPIANTO DI TERRA	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO SE0100 001	REV. B	FOGLIO 11 di 19

in cui L e d sono rispettivamente la profondità d'infissione (lunghezza) ed il diametro del tondo di cui è costituito il picchetto. Con i valori già forniti, si ottiene:

$$R_p = 18,63\Omega$$

Ai fini della verifica verranno considerati n°32 picchetti distribuiti nel piazzale di SSE; pertanto la resistenza di terra dei picchetti, considerati in parallelo, sarà:

$$R_{pp} = R_p / 32 = 0,58 \Omega$$

Pertanto la resistenza teorica totale R_T dell'intero dispositivo di dispersione, costituito dal parallelo dei due dispersori parziali (rete e picchetti) sarà pari a:

$$R_T = \frac{R_r R_{pp}}{R_r + R_{pp}} = 0,36\Omega$$

Si noti che nella determinazione di R_T non si è tenuto conto del contributo (tutt'altro che trascurabile) dei dispersori di fatto.

5.2. Verifica delle tensioni di passo e di contatto per guasti in C.A.

5.2.1. Scelta dei parametri progettuali

I parametri significativi per il dimensionamento dell'impianto di terra sono:

- la corrente totale di guasto a terra I_{GT} ;
- il tempo d'eliminazione del guasto t_G ;

La corrente di guasto I_{GT} da introdurre nel calcolo è quella che circola per effetto del cedimento dell'isolamento del sistema elettrico d'alimentazione. Tale corrente, che dipende dalle caratteristiche della rete di alimentazione in AT, è fornita dall'Ente produttore insieme al tempo d'eliminazione del guasto.

In questa fase di progetto vengono utilizzati come valori di corrente di guasto e tempo di intervento delle protezioni, valori comunicati dall'ente erogatore per SSE del tutto simili aumentati prudenzialmente del 50%. Nel seguito del progetto, sarà cura dell'appaltatore chiedere i valori reali per la SSE in oggetto.

Il valore ipotizzato per la corrente di guasto è:

$$I_t = 7,17 \text{ kA},$$

mentre come tempo di eliminazione del guasto da parte delle protezioni a monte si assume il valore molto prudenziale di

$$t_G = 0,24 \text{ s}.$$

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI M-INGEGNERIA GCF ELETTRI-FER	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE IMPIANTO DI TERRA	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO SE0100 001	REV. B	FOGLIO 12 di 19

5.2.2. 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 precedente paragrafo si verifichino in qualsivoglia punto dell'impianto tensioni di contatto pari o superiori ai valori della seguente tabella:

Tensione ammissibile nel corpo umano in funzione della durata del guasto (EN 50522 tab. B.3)

Tempo di eliminazione del guasto [s]	Tensione [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

Nel caso in esame (tempo di intervento delle protezioni pari a 0,24s, interpolando i valori della tabella si ottiene che il valore di tensione da non superare è pari a:

$$U_{tp} = 447V.$$

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:

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

in cui I_{tr} è l'aliquota della corrente di terra I_t dispersa dal solo dispersore a rete magliata e L_M è lo sviluppo totale della magliatura, che nel caso specifico vale $L_M=1300m$.

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:

$$I_{tr} = I_t \frac{R_{pp}}{R_r + R_{pp}} = 2722,05$$

$$I_{tp} = I_t \frac{R_r}{R_r + R_{pp}} = 4453,95A$$

e, con gli altri valori precedentemente forniti, risulta:

$$V_c = 175,89V$$

Tale valore risulta inferiore a quello limite di 447V, pertanto l'impianto così configurato è idoneo alla protezione nei confronti di tensionamenti indebiti;

Anche se non richiesto dalla normativa è opportuno per le zone più periferiche del piazzale 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.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI M-INGEGNERIA GCF ELETTRI-FER	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE IMPIANTO DI TERRA	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO SE0100 001	REV. B	FOGLIO 14 di 19

valvola di tensione, valutando l'aliquota I_b della corrente di guasto che, fin dai primissimi istanti del corto circuito, fluisce verso il binario attraverso il collegamento dispersore – diodo – negativo – binario, e decurtando la corrente totale di guasto I_g di questa quantità.

Infatti, dopo il tempo t_v di intervento del cortocircuitatore (si assume realisticamente $t_v=0,01s$), si chiude il collegamento diretto tra questi due dispersori, il che consente al binario di dissipare la maggior parte della corrente di guasto, riservando alla rete di terra il compito di disperdere solo la quantità residua.

Detti r_b e g_b rispettivamente la resistenza unitaria e la conduttanza unitaria di un binario 60UNI, cui vengono mediamente attribuiti i valori:

$$r_b = 0,021 \Omega/km \qquad g_b = 0,1 S/km$$

si ricava la resistenza di questo dispersore di "soccorso" mediante l'espressione:

$$R_b = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{r_b}{g_b}} = 0,229 \Omega$$

La corrente di guasto I_t realmente dispersa dalla rete di terra di SSE viene calcolata dunque mediante l'espressione:

$$I_t = I_G \cdot \frac{R_b}{R_T + R_b}$$

e, con i valori già forniti per le varie grandezze, vale:

$$I_t = 5430,27 A$$

La residua parte:

$$I_b = I_G - I_t \approx 8569,73 A$$

verrà invece dispersa dai binari.

5.3.2. Verifica delle tensioni di contatto

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

Condizioni di breve durata (EN 50122 tab. 6)

Tempo di eliminazione del guasto [s]	Tensione [V]
0,02	870
0,05	735
0,10	625
0,20	520
0,30	460
0,40	420
0,50	385
0,60	360
0,70	350

Nel caso in esame (tempo di intervento delle protezioni pari a 0,1s. si ottiene che il valore di tensione da non superare è pari a:

$$U_{tp} = 625V.$$

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI M-INGEGNERIA GCF ELETTRI-FER	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE IMPIANTO DI TERRA	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO SE0100 001	REV. B	FOGLIO 15 di 19

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:

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

in cui I_{tr} è l'aliquota della corrente di terra I_t dispersa dal solo dispersore a rete magliata.

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:

$$I_{tr} = I_t \frac{R_{pp}}{R_r + R_{pp}} = 2059,85$$

$$I_{tp} = I_t \frac{R_r}{R_r + R_{pp}} = 3370,42$$

e, con gli altri valori precedentemente forniti, risulta:

$$\mathbf{V_c = 133,10V}$$

Tale valore risulta inferiore a quello limite di 625V, pertanto l'impianto così configurato è idoneo alla protezione nei confronti di tensionamenti indebiti;

Anche se non richiesto dalla normativa è opportuno per le zone più periferiche del piazzale 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 applicata la formula prudenziale

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

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 del cerchio equivalente che nel caso in oggetto è pari a 63 m.

Sostituendo i valori otteniamo

$$\mathbf{V_p=249,29V}$$

Pertanto tale valore è inferiore a quello massimo ammissibile pari a 625V.

Anche se il valore ottenuto risulta rispondente alle richieste normative è previsto per migliorare l'efficienza dell'impianto nei confronti della tensione di contatto il rivestimento di tutta l'area di piazzale contenente apparecchiature e masse metalliche con pavimentazioni ad elevata resistività (pietrisco, conglomerato bituminoso, pavimentazioni in calcestruzzo, ecc) in modo da aumentare sensibilmente la resistenza di contatto con il suolo; dopo la pavimentazione sarà comunque opportuno procedere alla misura in campo delle tensioni di contatto e nel caso i valori non soddisfacessero le richieste normative sarà necessario utilizzare, per assimilazione, i provvedimenti M presenti nella Norma CEI EN 50522 all'Allegato E.

Inoltre abbiamo previsto l'interramento dei conduttori periferici della rete ad una profondità sensibilmente maggiore rispetto agli altri elementi del dispersore (1,2m per quello più esterno e 0,6m per quello precedente) questo provvedimento renderà sensibilmente più basso il gradiente di tensione nelle zone marginali del piazzale

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI M-INGEGNERIA GCF ELETTRI-FER	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE IMPIANTO DI TERRA	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO SE0100 001	REV. FOGLIO B 16 di 19

5.4. 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		
		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.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI M-INGEGNERIA GCF ELETTRI-FER	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE IMPIANTO DI TERRA	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO SE0100 001	REV. B	FOGLIO 18 di 19

Ciascuna struttura metallica sarà connessa al sistema di messa a terra attraverso due conduttori da 120mm² connessi in due punti differenti dell'impianto.

Con questa configurazione è possibile affermare che la corrente di guasto si dividerà nei diversi conduttori; prudenzialmente consideriamo invece $k_M = \text{fattore di divisione} = 1$ quindi ipotizziamo che l'intera corrente di guasto percorra cadaun conduttore e in tale condizione verifichiamo la sezione minima nelle due condizioni: guasto CC e guasto CA.

Guasto CC									
IF [A]	kM	I [A]	k	tf [sec]	b	θf	θi	Sezione minima rame-A [mm ²]	Sezione utilizzata - A [mm ²]
14000	1	14000	226	0,1	234,5	300	20	22,75	120

Guasto CA									
IF [A]	kM	I [A]	k	tf [sec]	b	θf	θi	Sezione minima rame-A [mm ²]	Sezione utilizzata - A [mm ²]
7176	1	7176	226	0,24	234,5	300	20	20,00	120

Tab. – Dimensionamento termico - Calcolo della Sezione minima

APPALTATORE: Consortio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI M-INGEGNERIA GCF ELETTRI-FER	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE IMPIANTO DI TERRA	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO SE0100 001	REV. B	FOGLIO 19 di 19

6. CONCLUSIONI

Dalle ipotesi di calcolo effettuate e quanto confrontato rispetto ai valori suggeriti dalle Normative di riferimento per le tensioni contatto e per quelle di passo ammissibili dalle Normative Vigenti il progetto può ritenersi corretto.

Il dimensionamento dell'impianto di terra è stato condotto sulla base di 3 criteri fondamentali:

- Resistenza meccanica e alla corrosione;
- Tenuta termica;
- Sicurezza delle persone.

Si ricorda che il DPR 462 del 2001 prescrive, al Capo II, 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.

Per quanto concerne le verifiche periodiche, lo stesso DPR (cfr. punto 4 Capo II) 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, le successive verifiche saranno di competenza dell'Ente Distributore e di RFI per le rispettive parti d'impianto.

Le Sottostazioni elettriche devono quindi essere verificate a scadenze non superiori i 5 anni.

Inoltre, il MO RFI_DPR MO SL 07 1 che riguarda l'applicazione della Procedura RFI DPR P SL 01 1 0 stabilisce di verificare l'efficienza dell'impianto di terra mediante le seguenti prove periodiche:

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

Lo stesso MO stabilisce anche le modalità di esecuzione delle prove da eseguire.